



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Διδακτορική Διατριβή

**Μια Μεθοδολογία Ανάπτυξης
και μια Αρχιτεκτονική Λογισμικού
για τις Εφαρμογές Κινητού Ηλεκτρονικού Εμπορίου
με Επίγνωση της Περιβάλλουσας Κατάστασης**

Μπένου Πουλχερία

Τρίπολη
Φεβρουάριος 2012

Τριμελής Επιτροπή

- Βασιλάκης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής
- Σελλής Τιμολέων, Καθηγητής
- Βρεχόπουλος Αδάμ, Επίκουρος Καθηγητής

Επταμελής Επιτροπή

- Βασιλάκης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής
- Σελλής Τιμολέων, Καθηγητής
- Βρεχόπουλος Αδάμ, Επίκουρος Καθηγητής
- Λέπουρας Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής
- Χατζηαντωνίου Δαμιανός, Επίκουρος Καθηγητής
- Τρυφονόπουλος Χρήστος, Λέκτορας
- Κολοκοτρώνης Νικόλαος, Λέκτορας

Περίληψη

Το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο κερδίζει τα τελευταία χρόνια την προσοχή τόσο των ερευνητών όσο και της βιομηχανίας λογισμικού σαν μια εμπλουτισμένη μορφή του ηλεκτρονικού εμπορίου για τον κινούμενο χρήστη.

Οι κινητές υπηρεσίες μέσω των οποίων υλοποιείται το κινητό εμπόριο, λειτουργούν σε εξαιρετικά δυναμικά περιβάλλοντα με ποικιλομορφία χαρακτηριστικών και κάτω από γρήγορα μεταβαλλόμενες συνθήκες. Τα χαρακτηριστικά και οι συνθήκες αυτών των περιβαλλόντων –τα οποία καλούνται *περιβάλλουσα κατάσταση (context)*– μπορούν να αξιοποιηθούν προκειμένου να προσφερθούν καινοτόμες και επαυξημένες υπηρεσίες οι οποίες θα διευκολύνουν την αλληλεπίδραση του χρήστη-υπολογιστή, θα προσελκύσουν νέους πελάτες και θα διατηρήσουν την αφοσίωση των υπαρχόντων πελατών. Επομένως, οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, οι οποίες λειτουργούν στο διευρυμένο πλαίσιο του «*οπουδήποτε και οποτεδήποτε*», θα πρέπει να είναι ευέλικτες και να προσαρμόζουν την συμπεριφορά τους κατάλληλα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος λειτουργίας τους. Δηλαδή θα πρέπει να μπορούν να προσαρμόζουν σε μια συγκεκριμένη περιβάλλουσα κατάσταση (*context*), τα συστατικά τους που είναι αντιληπτά από τον χρήστη, δηλαδή το *περιεχόμενο* που προσφέρουν, τις *λειτουργίες* που παρέχουν, όπως επίσης και τις *διεπαφές* μέσω των οποίων είναι προσπελάσιμες.

Πολλές προτάσεις για τον ορισμό της περιβάλλουσας κατάστασης έχουν διατυπωθεί σε επιστημονικούς χώρους συγγενείς προς το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο, ωστόσο δεν έχει ακόμα παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη και τυποποιημένη μεθοδολογική προσέγγιση για τον προσδιορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης, προσαρμοσμένη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των

εφαρμογών του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Αυτή είναι μια από τις προκλήσεις αντιμετωπίζουμε σε αυτή τη διδακτορική διατριβή, με την πρόταση ενός εννοιολογικού μοντέλου που περιλαμβάνει: i) έναν σαφή και τυποποιημένο ορισμό της περιβάλλουσας κατάστασης, ii) την περιγραφή των ιδιαίτερών της χαρακτηριστικών σαν μετα-δεδομένα, iii) μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της και iv) την παρουσίαση μιας επέκτασης των διαγραμμάτων UML για την αναπαράστασή της, προσαρμοσμένα κατάλληλα στην ιδιαίτερη φύση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Από τη στιγμή που η περιβάλλουσα πληροφορία (δηλαδή οι παράμετροι της περιβάλλουσας κατάστασης) μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου έχει προσδιοριστεί, το επόμενο βήμα για την επίτευξη του στόχου της προσαρμογής είναι η διαδικασία της συλλογής της περιβάλλουσας πληροφορίας από τις διάφορες πηγές, η επεξεργασία της και η διανομή της στις συνιστώσες του λογισμικού που θα τη χρησιμοποιήσουν προκειμένου να προσφέρουν προσαρμοστικές εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Προκειμένου να συμπληρώσουμε τα εργαλεία διαχείρισης της περιβάλλουσας κατάστασης παρουσιάζουμε μια αρχιτεκτονική λογισμικού για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας κατάλληλη για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Περιγράφουμε τη λειτουργικότητα και τα χαρακτηριστικά των επιμέρους συνιστωσών λογισμικού, όπως επίσης και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

Η χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας προκειμένου να επιτευχθεί ο τελικός στόχος της προσαρμογής, θα πρέπει να γίνει από ένα υποσύστημα το οποίο θα σχεδιαστεί με έναν τέτοιο τρόπο ώστε να απλοποιεί και να ομογενοποιεί τη διαδικασία της προσαρμογής και ταυτόχρονα να προωθεί την ανεξαρτησία του κώδικα της κύριας εφαρμογής από τον κώδικα που θα πραγματοποιήσει την

προσαρμογή. Αντιμετωπίζοντας αυτή την πρόκληση, σε αυτή τη διατριβή προτείνουμε μια προσέγγιση ανάπτυξης προσαρμοστικών εφαρμογών κινητού εμπορίου η οποία στηρίζεται στην αρχή του *διαχωρισμού των ενδιαφερόντων*, (*separation of concerns*), που προσφέρει το *προσανατολισμένο σε απόψεις υπόδειγμα προγραμματισμού* (*aspect-oriented paradigm*). Με τον σαφή διαχωρισμό της εργασίας που απαιτείται για την ανάπτυξη της λογικής της κύριας εφαρμογής από την εργασία που απαιτείται για την υλοποίηση της προσαρμογής της συμπεριφορά της, αυτή η προσέγγιση μειώνει την προσπάθεια ανάπτυξης των εφαρμογών και παράλληλα υποστηρίζει την ευελιξία, την αποτελεσματική διαχείριση και συντήρηση των προσαρμοστικών εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Abstract

Mobile commerce is gaining importance in the recent years, as an enhanced version of e-commerce for the moving user. The mobile services through which m-commerce takes place operate in highly dynamic environments with diverse characteristics and under varying conditions. The characteristics and conditions of these environments – called *context*– can be exploited in order to offer a suitable user experience and deliver innovative and enhanced mobile services that will facilitate user interaction, attract new customers and maintain existing ones. Therefore, mobile commerce applications adhering to “anytime and anywhere” paradigm are required to be flexible. They should be able to adapt their user-perceived constituent parts, i.e. their *interface*, *services* and *content* towards a certain context. Several proposals for definition of context have been already proposed originating from various areas related to mobile commerce. However, an integrated, formal and methodological approach for the determination and representation of context, adjusted to special characteristics of mobile commerce applications, has not been insofar presented. This is one challenge we address in this thesis, through a conceptual model that includes: i) a clear and formal definition of context, ii) the depiction of its specific characteristics as metadata, iii) a methodology for its determination and iv) the presentation of an extension of UML class and case diagrams for its representation, all of them tailored to the special nature of mobile commerce applications.

Once the context information for an m-commerce application has been determined, the next step in order to achieve the goal of adaptivity is to capture the context information from its sources, process and distribute it to the software components that will use it. In order to offer a complete suite of tools for context management, we propose a software architecture for context information management

suitable for m-commerce applications. We describe the functionality and characteristics of its components, as well as the interaction among these different components.

The usage of context information in order to achieve the ultimate goal of adaptivity should be done from a subsystem designed in such way that will simplify and homogenize the relevant processes and at the same time promote the independence of the code of the main application from the adaptation code. Addressing this issue, in this thesis we propose an approach for developing adaptive mobile commerce applications, adhering to the *separation of concerns* principle, which is offered by the *aspect-oriented* paradigm. By clearly separating the work required for the development of the application logic from that required for enabling application's adaptive behavior, this approach reduces the development effort and at the same time promotes the flexibility, manageability and maintainability of adaptive m-commerce applications.

Ευχαριστίες

Πολλοί άνθρωποι συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, άλλοι πιο άμεσα και άλλοι πιο έμμεσα.

Πρώτα από όλους και περισσότερο από όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο επιβλέποντα μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Κωνσταντίνο Βασιλάκη, ο οποίος μου παρείχε αμέριστη υποστήριξη, εμπύχωση και έμπνευση σε όλη τη διάρκεια της διδακτορικής υποψηφιότητάς μου. Χωρίς την πεποίθησή του σε εμένα, τη συνεχή καθοδήγηση, την επιμονή και τη συναίσθηση του, δεν θα είχα φτάσει ποτέ σε αυτό το σημείο.

Ιδιαίτερα επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Δρ. Τιμολέοντα Σελλή, σαν μέλος της τριμελούς επιτροπής εποπτείας του διδακτορικού μου, για τις εύστοχες υποδείξεις του και τη γενικότερη συμβολή του στη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στο άλλο μέλος της τριμελούς επιτροπής, τον Επίκουρο Καθηγητή και Επιστημονικό Υπεύθυνο της ερευνητικής ομάδας ELTRUN-IMES του ερευνητικού κέντρου ELTRUN, του Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Δρ. Αδάμ Βρεχόπουλο, ο οποίος υπήρξε ανεκτίμητος σύμβουλος και ήταν ο πρώτος που ενθάρρυνε το ενδιαφέρον μου για το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω το σεβασμό και την εκτίμησή μου για τους: Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Γεώργιο Λέπουρα, Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Δαμιανό Χατζηαντωνίου, Λέκτορα Δρ. Χρήστο Τρυφονόπουλο και Λέκτορα Δρ. Νικόλαο Κολοκοτρώνη, σαν μέλη της επταμελούς επιτροπής του διδακτορικού μου.

Ευχαριστώ τον καθένα από αυτούς ξεχωριστά για την αποδοχή αυτής της πρόσκλησης.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην υπόλοιπη ομάδα του ELTRUN-IMES του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών και ειδικότερα στον Δρ. Βασίλειο Κουτσιούρη, για την γόνιμη ανταλλαγή απόψεων πάνω στα θέματα του ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης και την διάθεση των αποτελεσμάτων των ερευνών που διεξάγονται στο ELTRUN για το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο και τη διάχυτη υπολογιστική.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία στην οποία εργάζομαι, την Ethnodata A.E., για την παροχή χρήσιμων συμβουλών και αποτελεσμάτων, από την εμπειρία της στην ανάπτυξη εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου στον ευρύτερο τραπεζικό χώρο στην Ελλάδα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και όλους τους φίλους μου, για την πολύτιμη στήριξη που μου παρείχαν στα εμπόδια που συνάντησα σε αυτή την διαδρομή αλλά και μοιράστηκαν τον ενθουσιασμό μου για *“αυτά τα καταπληκτικά σενσοράκια”*. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στο φίλο μου Νίκο Βέβε για την επιμέλεια των κειμένων των δημοσιεύσεων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγό μου Απόστολο Μουτιάκα, για όλες εκείνες τις στιγμές που μοιράστηκα μαζί του σε αυτήν την πορεία. Τον ευχαριστώ για τις επαναλαμβανόμενες τεχνικές συζητήσεις στο σπίτι, την απόλυτη υποστήριξη και την εμπιστοσύνη του σε εμένα. *Σε αυτόν αφιερώνω αυτή τη διατριβή με πολύ αγάπη.*

Δημοσιεύσεις σχετικές με αυτή τη διατριβή

1. Benou, P., Bitos, V.: *Developing Mobile Commerce Applications*. Journal of Electronic Commerce in Organizations, vol. 6, no.1, pp. 63-78, (2008).
2. Benou P., Vassilakis C.: *Exploiting Context in Mobile Applications*, Encyclopedia of Information Science and Technology, Second Edition, pp. 1491-1497, (2009).
3. Benou P., Vassilakis C.: *The Conceptual Model of Context for Mobile Commerce Applications*, Journal of Electronic Commerce Research, vol. 10, no. 2, pp. 130-165, Springer-Verlag, (2010).
4. Benou P., Vassilakis C.: *A Software Architecture for Provision of Context-Aware Web-based m-Commerce Applications*, Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2011).
5. Benou P., Vassilakis C, Vrechopoulos A.: *Context Management for m-Commerce Applications: Determinants, Methodology and the Role of Marketing*, Information Technology and Management, Springer-Verlag, (Under Review).
6. Benou P., Vassilakis C.: *A Context Management Architecture for m-Commerce Applications*, Central European Journal of Computer Science, Springer-Verlag, (Under Review).

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΑΥΤΗ ΤΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ	10
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	11
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	15
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
1.1	Το ΚΙΝΗΤΡΟ 17
1.1.1	<i>Το υπόβαθρο του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου</i> 18
1.1.2	<i>Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου</i> 21
1.1.2.1	Οι ιδιαιτερότητες των συσκευών (Devices Properties)..... 21
1.1.2.2	Οι ιδιαιτερότητες των δικτύων (Networks' Properties)..... 21
1.1.2.3	Τα χαρακτηριστικά του χρήστη..... 23
1.1.2.4	Η κινητικότητα του χρήστη 23
1.1.2.5	Η προστασία των προσωπικών δεδομένων..... 24
1.1.2.6	Τα χαρακτηριστικά του προϊόντος..... 25
1.1.3	<i>Ο ρόλος της περιβάλλουσας κατάστασης στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου</i> 26
1.1.3.1	Η έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης 26
1.1.3.2	Ο ρόλος της περιβάλλουσας κατάστασης στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου 29
1.1.3.3	Η ανάγκη για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της περιβάλλουσας κατάστασης..... 32
1.2	Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ 34
1.3	Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ 35
1.3.1	<i>Το εννοιολογικό μοντέλο</i> 35
1.3.2	<i>Η αρχιτεκτονική λογισμικού για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας</i> 36
1.3.3	<i>Η προσαρμογή της εφαρμογής στην περιβάλλουσα κατάσταση</i> 38
1.4	Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ 40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ	42
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ 42
2.2	ΟΙ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΟΙ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ 42
2.3	ΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ 45
2.3.1	<i>Κινητές συσκευές και έξυπνοι αισθητήρες</i> 45
2.3.2	<i>Τεχνολογίες για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων</i> 47
2.3.2.1	Η 1 ^η γενιά (1G) 48
2.3.2.2	Η 2 ^η γενιά (2G) 49
2.3.2.3	Η γενιά 2.5 (2.5G)..... 50
2.3.2.4	Η 3 ^η γενιά (3G) 51
2.3.2.5	Η επερχόμενη 4 ^η γενιά (4G) 52
2.3.3	<i>Συμπληρωματικές τεχνολογίες για τη μετάδοση δεδομένων</i> 53
2.3.3.1	Ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks - WLAN) 53
2.3.3.2	Bluetooth 54
2.3.3.3	Radio Frequency Identification – (RFID)..... 55
2.3.3.4	Κινητό internet..... 56
2.3.3.4.1	Wireless Application Protocol (WAP)..... 57
2.3.3.4.2	The i-mode..... 58
2.3.4	<i>Τεχνικές εντοπισμού θέσης</i> 59
2.4	ΣΥΝΟΨΗ 61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ	64

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	64
3.2	ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ 64	
3.2.1	Κινητές εφαρμογές οικονομικού τομέα.....	67
3.2.2	Κινητή διαφήμιση	70
3.2.3	Κινητές αγορές.....	72
3.2.4	Κινητή παροχή πληροφοριών	73
3.2.5	Κινητή διασκέδαση	74
3.2.6	Κινητή διαχείριση στόλου-αποθέματος	74
3.2.7	Κινητή ολοκλήρωση εφοδιαστικής αλυσίδας.....	74
3.2.8	Κινητές εφαρμογές διαχείρισης σχέσεων με πελάτες.....	75
3.3	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ	75
3.3.1	Εφαρμογές άμεσης σύνδεσης με το διαδίκτυο	76
3.3.2	Λειτουργία πληροφόρησης.....	80
3.3.3	Ασύγχρονη λειτουργία ή λειτουργία βασισμένη στον εξυπηρετούμενο.....	82
3.3.4	Φωνητική λειτουργία.....	84
3.4	ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ	86
3.4.1	Ζητήματα που αφορούν τη διοίκηση.....	87
3.4.2	Ζητήματα που αφορούν τη διαδικασία ανάπτυξης.....	88
3.4.3	Ζητήματα που αφορούν τους χρήστες	91
3.4.4	Ζητήματα σχετικά με την περιβάλλουσα κατάσταση.....	93
3.5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ.....		96
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	96
4.2	Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ.....	97
4.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (1 ^{ΟΞ} ΑΞΟΝΑΣ)	100
4.3.1	Μελετώντας την περιβάλλουσα κατάσταση	100
4.3.2	Η ανάλυση των χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	103
4.3.2.1	Οι οντότητες της περιβάλλουσας κατάστασης μιας λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά και οι σχέσεις τους.....	103
4.3.2.2	Η ανομοιογένεια της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	106
4.3.2.3	Ιστορικότητα της περιβάλλουσας πληροφορίας	108
4.3.2.4	Η πολυμορφική όψη της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	109
4.4	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ, ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (2 ^{ΟΞ} ΑΞΟΝΑΣ).....	109
4.4.1	Η συλλογή της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	109
4.4.2	Απόκτηση, αποθήκευση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	112
4.4.2.1	Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας απευθείας από τους αισθητήρες	112
4.4.2.2	Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού, χωρίς χρήση εξυπνέτη περιβάλλουσας πληροφορίας	114
4.4.2.3	Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού, με χρήση κεντρικού εξυπνέτη περιβάλλουσας πληροφορίας	116
4.4.2.4	Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ομοτίμων οντοτήτων (με κατανομημένους τους εξυπνέτες περιβάλλουσας πληροφορίας στους εξυπηρετούμενους)	120
4.4.2.5	Ομαδοποίηση των παραπάνω αρχιτεκτονικών	121
4.4.3	Μοντέλα αναπαράστασης της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	122
4.5	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (3 ^{ΟΞ} ΑΞΟΝΑΣ).....	127
4.5.1	Ορίζοντας εφαρμογές με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης.....	127
4.5.2	Συστήματα με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης	129
4.5.3	Μηχανισμοί προσαρμογής	132
4.5.3.1	Πού θα γίνει η προσαρμογή	132
4.5.3.2	Πώς θα γίνει η προσαρμογή	134
4.5.3.2.1	Η παραμετρική προσαρμογή.....	134
4.5.3.2.2	Η προσαρμογή με σύνθεση.....	135

4.5.3.2.2.1	Ο διαχωρισμός των ασχολιών και η προσανατολισμένη σε απόψεις προσέγγιση	135
4.5.3.2.2.2	Ο αντικατοπτρισμός της υπολογιστικής.....	138
4.5.3.2.2.3	Σχεδιασμός στηριζόμενος σε συνιστώσες λογισμικού.....	140
4.5.3.3	Πότε θα γίνει η προσαρμογή μέσω σύνθεσης.....	140
4.5.3.4	Προσαρμογή οδηγούμενη από πολιτική.....	141
4.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	144
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ..... 146		
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	146
5.2	ΟΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	147
5.3	Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ	149
5.3.1	<i>Η έννοια της περιβάλλουσας πληροφορίας.....</i>	149
5.3.2	<i>Ο τυπικός ορισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας.....</i>	153
5.3.3	<i>Η μετα-πληροφορία της περιβάλλουσας πληροφορίας.....</i>	156
5.4	Ο ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	160
5.4.1	<i>Η διαγραμματική απεικόνιση της περιβάλλουσας πληροφορίας.....</i>	160
5.4.2	<i>Η χρήση των διαγραμμάτων περιπτώσεων χρήσης και κλάσεων της UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης.....</i>	162
5.4.3	<i>Η μεθοδολογία ανάπτυξης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.....</i>	164
5.5	ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΧΡΗΣΗΣ UML ΜΕ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	179
5.6	ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΛΑΣΕΩΝ UML ΜΕ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	181
5.7	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	184
5.8	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ.....	199
5.9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	207
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ 209		
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	209
6.2	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	210
6.3	Ο ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	212
6.3.1	<i>Τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας: Η συλλογή και η διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας.....</i>	214
6.3.2	<i>Ο Διανομέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας: λεπτομέρειες διεπαφών και ανταλλασσόμενα μηνύματα.....</i>	222
6.3.2.1	<i>Η διεπαφή ContextQuery.....</i>	224
6.3.2.2	<i>Η διεπαφή ContextNotification.....</i>	226
6.3.2.3	<i>Η διεπαφή ContextReflection.....</i>	229
6.3.2.4	<i>Η διεπαφή ContextDataStoreCom.....</i>	230
6.3.2.5	<i>Η ContextDiscoverable διεπαφή.....</i>	231
6.3.3	<i>Ο Διερμηνέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας.....</i>	233
6.3.4	<i>Ο Πράκτορας Ανακάλυψης Περιβάλλουσας Πληροφορίας.....</i>	235
6.3.5	<i>Η Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας.....</i>	240
6.4	ΘΕΜΑΤΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ.....	241
6.5	ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	244
6.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	253
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ 256		
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	256
7.2	Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ.....	258
7.2.1	<i>Η δομή μιας διαδικτυακής εφαρμογής.....</i>	258
7.2.2	<i>Τα βήματα ανάπτυξης μιας ΕΚΗΕ.....</i>	260
7.3	Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	265
7.3.1	<i>Η σκιαγράφιση της προσαρμογής.....</i>	265
7.3.2	<i>Ο ρόλος του Προσανατολισμένου σε Απόψεις Προγραμματισμού.....</i>	271
7.4	Ο ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	275
7.4.1	<i>Συνοπτική Περιγραφή του Διαχειριστή Προσαρμογής.....</i>	275

7.4.2	<i>Το Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής</i>	278
7.4.3	<i>Η Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα</i>	282
7.4.4	<i>Ο Καταναλωτής Περιβάλλουσας Πληροφορίας</i>	284
7.4.5	<i>Η Συνιστώσα Προσαρμογής (Adaptation Module)</i>	286
7.4.5.1	Η Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας	286
7.4.5.2	Η Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου	288
7.4.5.3	Η Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης.....	289
7.5	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	290
7.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	297
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		300
8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	300
8.2	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	300
8.3	Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΈΡΕΥΝΑΣ - ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ	302
8.4	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ	311
8.4.1	<i>Οι διαφορές μεταξύ κινητού εμπορίου και κινητού επιχειρείν</i>	311
8.4.2	<i>Η Διαχείριση της Περιβάλλουσας Κατάστασης στις Εφαρμογές Κινητού Ηλεκτρονικού Επιχειρείν</i>	316
8.5	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ	320
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....		324
A.1	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	324
A.1.1	Η ΣΕΛΙΔΑ TICKETSRESERVATION	324
A.1.2	Η ΣΕΛΙΔΑ MOVIESELECTION	331
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		336

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 1: Η αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας.....	37
Σχήμα 2: Η αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Προσαρμογής.....	39
Σχήμα 3: Κόμβοι αισθητήρων διασκορπισμένοι σε ένα πεδίο αισθητήρων [3].....	47
Σχήμα 4: Τα συστατικά ενός κόμβου αισθητήρα [3].....	47
Σχήμα 5: Γενιές προτύπων κινητής επικοινωνίας [226].....	48
Σχήμα 6: Ιεραρχική δομή κυψελών στο UMTS [226].....	52
Σχήμα 7: Η θέση του κινητού επιχειρείν.....	65
Σχήμα 8: Εφαρμογές με άμεση σύνδεση [214].....	77
Σχήμα 9: Λειτουργία πληροφόρησης [214].....	81
Σχήμα 10: Ασύγχρονη λειτουργία [214].....	84
Σχήμα 11: Φωνητική λειτουργία [214].....	85
Σχήμα 12: Εξυπηρέτης φωνής [98].....	86
Σχήμα 13: Λειτουργικότητα των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ.....	99
Σχήμα 14: Ο σχεδιασμός του μεσίτη περιβάλλουσας πληροφορίας στο CoBrA [40].....	118
Σχήμα 15: Κατάταξη των τρόπων προσαρμογής των εφαρμογών.....	134
Σχήμα 16: Χρήση προσανατολισμένου σε ασχολίες προγραμματισμού για υλοποίηση προσαρμογής.....	137
Σχήμα 17: Αντικατοπτρισμός της υπολογιστικής.....	139
Σχήμα 18: Ο μετασχηματισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	149
Σχήμα 19: Πεδία περιβάλλουσας κατάστασης.....	152
Σχήμα 20: Ο προσδιορισμών των στοιχείων της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	161
Σχήμα 21: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης.....	180
Σχήμα 22: Διαγράμματα κλάσεων UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης.....	183
Σχήμα 23: Απόσπασμα ενοτήτων που επεκτείνουν τις αρχικές περιπτώσεις χρήσης με ενσωμάτωση περιβάλλουσας κατάστασης.....	198
Σχήμα 24: Η αρχιτεκτονική μιας ΕΚΗΕ-ΕΠΚ.....	212
Σχήμα 25: Ο Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας.....	213
Σχήμα 26: Ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας.....	216
Σχήμα 27: Εκλέπτυνση της διεπαφής περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας.....	219
Σχήμα 28: Απάντηση σε μία αίτηση queryContext.....	225
Σχήμα 29: Μοντέλο δημοσιοποίησης-συνδρομής.....	227
Σχήμα 30: Παράδειγμα μιας ειδοποίησης ενημέρωσης θέσης.....	228
Σχήμα 31: Παράδειγμα συνθήκης ειδοποίησης.....	229
Σχήμα 32. Παράδειγμα ενός διαχειριστή προσαρμογής που εγγράφεται συνδρομητής σε πολλαπλά περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας.....	239
Σχήμα 33: Παράδειγμα ενός διαχειριστή προσαρμογής που ερωτά ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας.....	239
Σχήμα 34: Ο Διαχειριστής Προσαρμογής (Adaptation Manager).....	277
Σχήμα 35: Το τμήμα Αίτησης/Απόκρισης ενός αρχείου διαμόρφωσης.....	279
Σχήμα 36: Αρχείο Διαμόρφωσης της σελίδας TicketsReservation.....	330
Σχήμα 37: Απόσπασμα από το Αρχείο Διαμόρφωσης της σελίδας MovieSelection.....	332
Σχήμα 38: Εικόνες από τις προσαρμοσμένες (και μη) σελίδες TicketsReservation και MovieSelection.....	333

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1: Εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν.....	66
Πίνακας 2: Αρχιτεκτονικές και τρόποι διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας.....	122
Πίνακας 3: Πίνακας περιβάλλουσας κατάστασης-κατάστασης/σεναρίου-προσαρμοστικής υπηρεσίας	171
Πίνακας 4: Παράδειγμα πίνακα περιβάλλουσας κατάστασης-κατάστασης/σενάριο-προσαρμοστικής υπηρεσίας	194
Πίνακας 5: Διαφορές και επικαλύψεις μεταξύ υπαρχουσών προσεγγίσεων και της προτεινόμενης μεθοδολογίας.....	206
Πίνακας 6: Διαφορές και επικαλύψεις μεταξύ υπαρχουσών προσεγγίσεων και της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής.....	252

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Το Κίνητρο

Η αυξημένη δημοτικότητα των νέων φορητών και ενσωματωμένων υπολογιστικών συσκευών και η έλευση των τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας έχει διευρύνει τις περιοχές που εφαρμόζεται η υπολογιστική (computation). Η υπολογιστική επεκτείνεται από τα στατικά περιβάλλοντα των σταθερών υπολογιστών (desktop PCs) σε ευρύτερες τοποθεσίες όπως αυτοκίνητα, εμπορικά κέντρα, πάρκα και χώρους διασκέδασης. Μικρές συσκευές όπως οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (personal digital assistants - PDAs) και τα κινητά-έξυπνα τηλέφωνα με τις ποικίλες δυνατότητες, επιτρέπουν την οπουδήποτε και οποτεδήποτε πρόσβαση στην πληροφορία και τη διεξαγωγή ηλεκτρονικών συναλλαγών.

Το νέο τεχνολογικό περιβάλλον επιτρέπει στο ηλεκτρονικό εμπόριο (e-commerce) να διευρύνει το φάσμα των εφαρμογών και των χρηστών του, σε μια νέα μορφή εμπορίου γνωστή με τον όρο *κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο (mobile electronic commerce)*. Σύμφωνα με το [18], ως *“Κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο (m-commerce) ορίζεται κάθε δραστηριότητα που σχετίζεται με μια εμπορική συναλλαγή (ακόμα και δυνητική) - μια ανταλλαγή υπηρεσιών ή αγαθών με χρήμα -, διενεργείται μέσω ασύρματων και κινητών δικτύων επικοινωνίας και χρησιμοποιεί ασύρματες και κινητές συσκευές σαν διεπαφές»*.

Η διαδικασία της σχεδίασης και ανάπτυξης των εφαρμογών κινητού εμπορίου είναι από τη φύση της πιο περίπλοκη και απαιτητική σε σύγκριση με τις παραδοσιακές εφαρμογές, εξαιτίας του ότι αυτές οι εφαρμογές εκτελούνται σε ποικίλα και ανομοιογενή περιβάλλοντα, σε αντίθεση με τις “παραδοσιακές εφαρμογές” που εκτελούνται στα σχετικά σταθερά περιβάλλοντα των desktop PCs. Η

ανεξαρτήτως χώρου και χρόνου δυνατότητα χρήσης αυτών των εφαρμογών, το μεγάλο εύρος των χρηστών, καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τόσο των ίδιων των συσκευών όσο και των δικτύων που χρησιμοποιούν, συνθέτουν ένα νέο περιβάλλον λειτουργίας. Τα χαρακτηριστικά του νέου αυτού περιβάλλοντος υπαγορεύουν περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, αλλά προσφέρουν και νέες δυνατότητες οι οποίες θα πρέπει να αξιοποιηθούν για την παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, με στόχο τη μεγαλύτερη ικανοποίηση των αναγκών του τελικού χρήστη και την αύξηση του αριθμού των διενεργούμενων κινητών εμπορικών συναλλαγών.

1.1.1 Το υπόβαθρο του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

Το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο αποτελεί τη συνισταμένη πολλών σύγχρονων εξελίξεων στο χώρο της τεχνολογίας και της πληροφορικής. Τα τελευταία χρόνια έχουμε βιώσει μια πρωτοφανή υιοθέτηση του internet και των τεχνολογιών υπολογιστικής και επικοινωνίας, σε πάρα πολλές δραστηριότητες του σύγχρονου ανθρώπου. Οι εξελίξεις στο χώρο της κινητής υπολογιστικής (mobile computing), των πανταχού παρούσων συσκευών (ubiquitous devices), της τεχνολογίας λογισμικού (software engineering), των ασυρμάτων τεχνολογιών και των τεχνολογιών αισθητήρων (wireless and sensor technologies), προσφέρουν τη δυνατότητα για την εισαγωγή και υιοθέτηση πιο εκλεπτυσμένων και φιλικών στο χρήστη υπηρεσιών [57]. Ταυτόχρονα, οι υπολογιστικές συσκευές γίνονται ολοένα και μικρότερες, εφοδιάζονται με ποικίλες τεχνολογίες αίσθησης (sensing technologies) και η υπολογιστική γίνεται ολοένα και περισσότερο ενσωματωμένη στις δραστηριότητες του σημερινού ανθρώπου και διεσπαρμένη στο φυσικό περιβάλλον του.

Πολλά πεδία έρευνας έχουν προσφέρει τεχνολογικές εξελίξεις οι οποίες έχουν υιοθετηθεί από το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο:

- Η πανταχού παρούσα ή διάχυτη (pervasive) υπολογιστική, υποστηρίζει το όραμα του Mark Weiser [249] για διαφανή ενσωμάτωση της υπολογιστικής στο περιβάλλον του χρήστη και την καθημερινή ζωή του. Καθημερινά αντικείμενα εμποτίζονται με υπολογιστικές δυνατότητες, ώστε να επιτρέπουν στους χρήστες τους να αλληλεπιδρούν με υπολογιστικές συσκευές περισσότερο φυσικά και χωρίς να απαιτείται να βρίσκονται μπροστά σε ένα σταθερό υπολογιστή [57]. Πολλά επιστημονικά πεδία συνεργάζονται προκειμένου να υλοποιηθεί η πανταχού παρούσα υπολογιστική, συμπεριλαμβανομένης της κινητής υπολογιστικής, της κατανεμημένης υπολογιστικής, των δικτύων αισθητήρων (sensor networks), της υπηρεσιοστρεφούς υπολογιστικής (service-oriented computing) και της τεχνητής νοημοσύνης (artificial intelligence) [57].
- Η κατανεμημένη υπολογιστική σχετίζεται με την συντονισμένη συνεργασία και χρήση κατανεμημένων υπολογιστών και εφαρμογών. Αντιμετωπίζει θέματα όπως η διαφάνεια των επικοινωνιών (communication transparency), η συνέπεια και ο ταυτοχρονισμός των δεδομένων (data consistency and concurrency), η κλιμάκωση των συστημάτων (system scalability), ο συγχρονισμός και η ανομοιογένεια.
- Η κινητή υπολογιστική αναφέρεται στη δυνατότητα ενσωμάτωσης υπολογιστικής ισχύος σε φορητές και ασύρματες συσκευές. Βασίζεται σε τεχνολογίες όπως το Wi-Fi, το Bluetooth, το GPRS και το UMTS [3], [88], [226], [228], προκειμένου να επιτευχθεί η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών.

- Τα δίκτυα αισθητήρων αναφέρονται σε δίκτυα πολλών κατανεμημένων συσκευών αισθητήρων (sensor devices), τα οποία μπορούν να παρακολουθούν και να καταγράφουν διάφορες παραμέτρους του φυσικού περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η κίνηση, η παρουσία ανθρώπων, κ.λπ. [3], [104]. Αυτό το πεδίο έρευνας έχει να αντιμετωπίσει θέματα που σχετίζονται με τον τρόπο που θα αντεπεξέλθουν αυτές οι συσκευές, σε αυστηρούς περιορισμούς αναφορικά με τις υπολογιστικές τους δυνατότητες, την ισχύ της μπαταρίας, το ψηφιακό εύρος ζώνης και τη μνήμη.
- Το ηλεκτρονικό εμπόριο (e-commerce), κάνοντας χρήση των τεχνολογιών του internet, αποτελεί ένα νέο και τάχιστο τρόπο εξυπηρέτησης των καταναλωτών, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών και προϊόντων [5]. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στην προσωπική προσαρμογή (personalization) των σελίδων που προσφέρονται για τη διεξαγωγή του ηλεκτρονικού εμπορίου, προσαρμόζοντας τις στις ιδιαιτερότητες και τις επιθυμίες κάθε χρήστη για πιο φιλικό και αποτελεσματικό ηλεκτρονικό εμπόριο.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις που προαναφέραμε μεταφέρουν την υπολογιστική από το μοντέλο του σταθερού υπολογιστή (desktop), σε ένα περιβάλλον όπου η υπολογιστική είναι διαθέσιμη οποιαδήποτε ώρα της ημέρας και σε οποιονδήποτε χώρο. Αυτή η νέα κατάσταση που διαμορφώνεται, προσδίδει στο κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και παρέχει πολλές ευκαιρίες που αν εκμεταλλευτούν σωστά, μπορούν να καταστήσουν το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο ένα αποτελεσματικό σύμμαχο του ηλεκτρονικού εμπορίου.

1.1.2 Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

Το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο, συγκρινόμενο με το απλό ηλεκτρονικό εμπόριο -που διενεργείται μέσω internet με τη βοήθεια των κλασσικών σταθερών PCs- έχει ένα πλήθος από μοναδικά χαρακτηριστικά, τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά και να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά σχετίζονται με τις συσκευές, τα δίκτυα, το χρήστη και το περιβάλλον του, καθώς επίσης και με το ίδιο το προϊόν ή την υπηρεσία την οποία εμπορεύεται μία κινητή ηλεκτρονική συναλλαγή.

1.1.2.1 Οι ιδιαιτερότητες των συσκευών (Devices Properties)

Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου χρησιμοποιούν ετερογενείς τύπους συσκευών, όπως απλά κινητά τηλέφωνα (simple mobile phones), έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smart mobile phones), προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (PDAs), βομβητές (pagers), αισθητήρες (sensors) κ.λπ. Αυτές οι συσκευές έχουν συχνά σοβαρούς περιορισμούς αναφορικά με την επεξεργαστική ισχύ, τη χωρητικότητα μνήμης, τη χωρητικότητα δίσκου, τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, τις δυνατότητες επικοινωνίας, το ψηφιακό εύρος ζώνης και τις δυνατότητες εισόδου/εξόδου των πληροφοριών π.χ. μικρή οθόνη ή μικρό πληκτρολόγιο [206], [232]. Η επιτυχία των εφαρμογών που χρησιμοποιούν αυτές τις συσκευές, έγκειται στην ικανότητα τους να προσαρμόζονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των συσκευών, καθώς και στην ικανότητα τους να ξεπερνούν τους περιορισμούς των υπολογιστικών πόρων.

1.1.2.2 Οι ιδιαιτερότητες των δικτύων (Networks' Properties)

Η απαραίτητη δικτυακή υποδομή για την κινητή και ασύρματη υπολογιστική συμπεριλαμβάνει ποικίλα ασύρματα δίκτυα, όπως τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

(cellular networks), τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (wireless LANs), τις δημόσιες και ιδιωτικές ραδιοσυχνότητες, τα δορυφορικά δίκτυα και άλλες παρόμοιες τεχνολογίες.

Σε αντίθεση με τα ενσύρματα δίκτυα, τα ασύρματα δίκτυα προσθέτουν νέες προκλήσεις. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν αυτά τα δίκτυα δεν μπορούν να επικοινωνήσουν πάντα με το δίκτυο και οι λόγοι είναι πολλοί. Για παράδειγμα, η διακοπή της σύνδεσης με το δίκτυο μπορεί να γίνει με πρωτοβουλία του χρήστη (π.χ. βραδινές ώρες ή όταν ο χρήστης βρίσκεται σε κάποια συνάντηση). Πολλές φορές κρίνεται σκόπιμη η διακοπή της σύνδεσης με το δίκτυο για λόγους μείωσης του κόστους ή της κατανάλωσης ενέργειας.

Επίσης, πολλές φορές τα κανάλια επικοινωνίας στα ασύρματα δίκτυα έχουν περιορισμένη χωρητικότητα συγκρινόμενα με τα ενσύρματα δίκτυα [203], με αποτέλεσμα να απαιτούνται ενέργειες από την εφαρμογή προκειμένου να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της συνεχούς μετάδοσης ενός αρχείου βίντεο (video file streaming) μέσω ενός ασύρματου δικτύου, θα πρέπει να γίνει προσαρμογή της ποιότητας του βίντεο ώστε να ταιριάζει στο διαθέσιμο κάθε φορά εύρος ζώνης, χωρίς να διακόπτεται η εμπειρία του χρήστη. Επίσης, το εύρος ζώνης θα υποδείξει τον τύπο των εικόνων που θα μεταδοθούν προς έναν browser (π.χ. υψηλής έναντι χαμηλής ευκρίνειας), προκειμένου να επιτευχθεί μια αποδεκτή ταχύτητα “κατεβάσματος” (downloading) [172].

Επιπρόσθετα, οι ασύρματες επικοινωνίες είναι πιο επιρρεπείς σε λάθη και πολλές φορές απαιτούν την επανάληψη της μετάδοσης των δεδομένων, πολύ πιο συχνά από ό,τι στα ενσύρματα δίκτυα. Μια άλλη ιδιαιτερότητα των κυψελωτών δικτύων (cellular networks) και των δορυφορικών δικτύων είναι η δυνατότητα καθολικής ή πολλαπλής εκπομπής πληροφοριών (broadcasting ή multicasting) [231] σε χρήστες που βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή ή έχουν τα ίδια ενδιαφέροντα. Για

παράδειγμα μπορούν να αποσταλούν μαζικά πληροφορίες για τις τιμές κάποιων μετοχών ή διαφημιστικά μηνύματα. Η δυνατότητα ταυτόχρονης μετάδοσης πληροφοριών, προσφέρει ένα αποτελεσματικό τρόπο διανομής της πληροφορίας σε ένα μεγάλο αριθμητικά πληθυσμό.

1.1.2.3 Τα χαρακτηριστικά του χρήστη

Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου απευθύνονται σε ένα κοινό με μεγάλη ποικιλία, όσον αφορά τα προσωπικά του χαρακτηριστικά, τις προτιμήσεις, τις γνώσεις σχετικά με υπολογιστές, τις δεξιότητες, τις ανάγκες και τις επιθυμίες του και κατά συνέπεια αυτές οι εφαρμογές θα πρέπει να ικανοποιούν τις ανάγκες [28] και τις ιδιαιτερότητες ενός μεγάλου εύρους χρηστών [136]. Επιπρόσθετα, η χρήση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου πολλές φορές γίνεται εκ παραλλήλου με άλλες δραστηριότητες του χρήστη -π.χ. ενώ ο χρήστης οδηγεί το αυτοκίνητό του, ή ενώ ψωνίζει σε ένα εμπορικό κέντρο-, κατά συνέπεια θα πρέπει να μην «ενοχλούν» το χρήστη (non-intrusive) και να απαιτούν τη λιγότερη δυνατή προσοχή του. Συνεπώς, οι συμβατικοί τρόποι επικοινωνίας χρήστη-υπολογιστή (π.χ. ποντίκι, πληκτρολόγιο, οθόνη) θα πρέπει να επαυξηθούν με εναλλακτικούς τρόπους επικοινωνίας (π.χ. implicit input, voice interfaces) [60], [120], ενώ κάποιες λειτουργίες θα πρέπει να τις εκτελεί αυτόματα η εφαρμογή χωρίς την παρέμβαση του χρήστη, όπως για παράδειγμα στοχευμένη διαφήμιση με βάση τη θέση του χρήστη (location-based targeted advertising).

1.1.2.4 Η κινητικότητα του χρήστη

Εξαιτίας της κινητικότητας του χρήστη η χρήση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου επεκτείνεται στον χώρο και το χρόνο. Με τη χρήση μιας ασύρματης φορητής συσκευής, ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε

πληροφορία πραγματικού χρόνου και σε εφαρμογές, ανεξάρτητα από το χώρο που βρίσκεται και τον χρόνο. Έτσι ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί άμεσα για συγκεκριμένα γεγονότα, για παράδειγμα για προσφορές προϊόντων σε ένα εμπορικό κέντρο ή να λάβει πληροφορία ευαίσθητη στο χρόνο (time-sensitive information), η αξία της οποίας έγκειται στην έγκαιρη χρήση της, (π.χ. η υπέρβαση ενός προκαθορισμένου ορίου για την τιμή μιας μετοχής).

Το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται κάθε φορά ο χρήστης ενώ χρησιμοποιεί μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, καθώς και ο χρόνος που συμβαίνει αυτό, έχουν ποικίλα και μεταβαλλόμενα με ταχείς ρυθμούς χαρακτηριστικά, (π.χ. θερμοκρασία, κίνηση, θόρυβος, ώρα της ημέρας κ.λπ.). Αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζουν την καταναλωτική συμπεριφορά και τις πληροφοριακές ανάγκες του χρήστη και μπορούν να αξιοποιηθούν [190] από μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου για πιο αποτελεσματικό ηλεκτρονικό εμπόριο.

1.1.2.5 Η προστασία των προσωπικών δεδομένων

Πολλά από τα δεδομένα που αναφέρονται στον χρήστη και ενδιαφέρουν μία εφαρμογή δύναται να δοθούν από τον ίδιο, είτε να συλλεγούν από φυσικούς αισθητήρες ή να προκύψουν μέσα από διαδικασίες συλλογιστικής. Η συλλογή των πληροφοριών των σχετικών με τον χρήστη από αισθητήρες (π.χ. location sensors) ή η παροχή τους από τον ίδιο το χρήστη καθώς και η καταγραφή των συνηθειών και των προτιμήσεων του, εγείρει σημαντικά ζητήματα αναφορικά με την προστασία των προσωπικών του δεδομένων. Παρόμοια ζητήματα τίθενται και για πληροφορίες που αναφέρονται στον χρήστη και έχουν προκύψει μέσα από διαδικασίες συλλογιστικής (π.χ. η αντιστοίχιση GPS συντεταγμένων με θέσεις, όπως «ο χρήστης βρίσκεται στο τραίνο» ή «στο σπίτι» [178]). Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να έχουμε πιο σοβαρή παραβίαση των προσωπικών δεδομένων σε σχέση με τα μη μεταφρασμένα δεδομένα

(uninterpreted data), από τη στιγμή που τα μεταφρασμένα δεδομένα φέρουν περισσότερη πληροφορία σχετική με το χρήστη.

Ο Westin [250] ορίζει τον όρο *privacy* σαν *“την απαίτηση των προσώπων, των ομάδων ή των οργανισμών να καθορίζουν από μόνοι τους πότε, πώς και σε ποιά έκταση θα μεταδίδονται οι προσωπικές πληροφορίες που τους αφορούν”*. Η ιδιωτικότητα (*privacy*) είναι μια πολυδιάστατη έννοια που περιλαμβάνει την εξέταση ζητημάτων και την πρόβλεψη τεχνικών λύσεων και διαδικαστικών εγγύων σχετικά με τη συλλογή, την ακατάλληλη πρόσβαση, τα λάθη και τη δευτερεύουσα χρήση σε προσωπικά δεδομένα [21], [258], [260]. Επομένως ο χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει τους τρόπους με τους οποίους θα χρησιμοποιηθούν τα προσωπικά του δεδομένα και να ελέγχει πως αυτά μεταδίδονται και σε ποιόν [31].

Επιπρόσθετα βήματα για την διασφάλιση της ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων αποτελούν: i) η αποστολή των προσωπικών δεδομένων χωρίς την αποκάλυψη της ταυτότητας του χρήστη στον πάροχο υπηρεσιών που θα τα χρησιμοποιήσει για την παροχή προσαρμοστικών υπηρεσιών [225] ii) η κρυπτογράφηση των προσωπικών δεδομένων που αποθηκεύονται στην φορητή συσκευή [170], με σκοπό την προστασία τους σε περίπτωση κλοπής ή απώλειας της συσκευής, iii) η εξασφάλιση από τους παρόχους υπηρεσιών ότι διασφαλίζουν την προστασία των προσωπικών δεδομένων από μη εξουσιοδοτημένη χρήση ή μεταπώληση [170] και την προστασία από αυθαίρετη πρόσβαση ή κλοπή των βάσεων δεδομένων που τηρούν τα προσωπικά δεδομένα.

1.1.2.6 Τα χαρακτηριστικά του προϊόντος

Σε αντίθεση με άλλες κατηγορίες εφαρμογών κινητής υπολογιστικής, (π.χ. εφαρμογές διασκέδασης, ή φορητού γραφείου), οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

έχουν ένα κεντρικό σημείο ενδιαφέροντος. Αυτό το σημείο είναι το προς πώληση προϊόν ή υπηρεσία.

Το εμπορεύσιμο αγαθό (υλικό ή άυλο), που διαπραγματεύεται μια συναλλαγή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος, καθώς η προστιθέμενη αξία μιας συναλλαγής κινητού εμπορίου έγκειται στη δυνατότητα της προώθησης και της πώλησης του αγαθού μέσα σε ένα διευρυμένο πλαίσιο χώρου και χρόνου (anytime/anywhere). Επομένως τα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή της υπηρεσίας που προσφέρεται θα πρέπει να αξιοποιηθούν με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο, ώστε να παράξουν την προστιθέμενη αξία που θα πρέπει να προσφέρει η κινητή ηλεκτρονική συναλλαγή.

1.1.3 Ο ρόλος της περιβάλλουσας κατάστασης στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

1.1.3.1 Η έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης

Η κινητικότητα (mobility) του χρήστη και κατά συνέπεια των συσκευών και των εφαρμογών, έχουν καταστήσει παρωχημένη την έννοια της σταθερότητας (stability) που ίσχυε στα παραδοσιακά καταμεμημένα συστήματα και η έννοια των δυναμικών περιβαλλόντων λειτουργίας έχει αναδειχθεί [36]. Όπως είδαμε, σε αυτά τα περιβάλλοντα οι διαθέσιμοι υπολογιστικοί πόροι ποικίλουν και οι απαιτήσεις του χρήστη μεταβάλλονται καθώς αυτός αλλάζει δραστηριότητες και στόχους. Το περιβάλλον είναι περισσότερο δυναμικό και ο χρόνος χρήσης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου επεκτείνεται. Τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος λειτουργίας των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, δηλαδή τα χαρακτηριστικά των συσκευών, των δικτύων, του χρήστη, του φυσικού

περιβάλλοντος και του προϊόντος είναι γνωστά με τον όρο *περιβάλλουσα κατάσταση* (“*context*”).

Πολλές από τις παραμέτρους που συνθέτουν την περιβάλλουσα κατάσταση έχουν μελετηθεί στην σύγχρονη έρευνα κυρίως στην περιοχή της i) *διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής*, όπως επίσης και στην περιοχή της ii) *κινητής υπολογιστικής* και στην περιοχή της iii) *προσωπικής προσαρμογής*.

A) Στην περιοχή της *διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής*, το όραμα του Mark Weiser για διαφανή συνύφανση της τεχνολογίας με το περιβάλλον του χρήστη, οδήγησε στην μελέτη των παραμέτρων που συνθέτουν το λειτουργικό περιβάλλον μιας εφαρμογής, με σκοπό την επαύξησή του με ευφυΐα προς όφελος του χρήστη. Πρώτος ο Schilit [203], [204], [205] εισήγαγε την έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης σαν “*τη θέση, την ταυτότητα των ανθρώπων γύρω από το χρήστη, την ώρα, την εποχή, τη θερμοκρασία, κ.λπ.*”. Αργότερα και άλλοι ερευνητές όρισαν την περιβάλλουσα κατάσταση μέσα από μια σειρά απαριθμήσεων [25], [178]. Ο Dey [53] υιοθέτησε ένα πιο γενικό ορισμό σύμφωνα με τον οποίο “*περιβάλλουσα κατάσταση είναι κάθε πληροφορία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει την κατάσταση μιας οντότητας. Μια οντότητα είναι ένα πρόσωπο, ένας τόπος ή ένα αντικείμενο που μπορεί να θεωρηθεί σχετικό με την αλληλεπίδραση του χρήστη με μια εφαρμογή, συμπεριλαμβανομένου του χρήστη και της εφαρμογής*”.

Επίσης όρισε μια εφαρμογή σαν έχουσα *επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης* (*context aware*), “*εάν χρησιμοποιεί την περιβάλλουσα κατάσταση προκειμένου να παρέχει σχετική πληροφορία ή υπηρεσίες στο χρήστη, όπου η σχετικότητα εξαρτάται από την (τρέχουσα) εργασία του χρήστη*”.

Η προσέγγιση του ορισμού της περιβάλλουσας κατάστασης μέσα από μια σειρά από απαριθμήσεις, έχει το μειονέκτημα ότι η περιβάλλουσα κατάσταση

μοντελοποιείται πολύ αυστηρά και εξειδικευμένα και επομένως παράμετροι που δεν εμφανίζονται στη λίστα της απαρίθμησης δεν λαμβάνονται υπόψη. Επιπρόσθετα οι απαριθμήσεις οι οποίες υπαγορεύουν συγκεκριμένες τεχνικές υλοποίησης, μπορεί να αποδειχθούν ακατάλληλες για μια συγκεκριμένη περίπτωση. Η εναλλακτική προσέγγιση του ορισμού της περιβάλλουσας κατάστασης μέσα από έναν γενικό ορισμό που θεωρητικά θα μπορούσε να συμπεριλάβει οποιαδήποτε πληροφορία σαν παράμετρο της περιβάλλουσας κατάστασης, όντως παρέχει ελευθερία στην επιλογή των παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης που θα κριθούν κατάλληλες για μια συγκεκριμένη περίπτωση. Όμως αυτός ο ορισμός θα πρέπει να συμπληρωθεί με εργαλεία και μεθόδους για τον προσδιορισμό και τη μοντελοποίηση όλων των σχετικών παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης, διαφορετικά θα παραμείνει ελλιπής και η δυνατότητα της εφαρμογής για προσαρμογή θα ελαττωθεί. Πράγματι τα σημερινά συστήματα με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης αξιοποιούν μόνο ένα μικρό μέρος της περιβάλλουσας κατάστασης, συνήθως παραμέτρους που σχετίζονται με τη θέση του χρήστη και την ταυτότητά του [217].

B) Στην περιοχή της *κινητής υπολογιστικής*, η περιβάλλουσα κατάσταση έχει διερευνηθεί με σκοπό την ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων, όπου ο κύριος στόχος προσαρμογής είναι η *πολυκαναλική παράδοση (multichannel delivery)* και η *δικτυακή προσαρμογή (network adaptation)*. Η *πολυκαναλική παράδοση (multichannel delivery)* επιχειρεί την παροχή υπηρεσιών μέσα από εφαρμογές ιστού (web applications), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα από ποικίλες φορητές συσκευές με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Η *δικτυακή προσαρμογή (network adaptation)*, από την άλλη πλευρά, αντιμετωπίζει κυρίως δύο θέματα. Το πρώτο θέμα είναι η *αυτονομία των επικοινωνιών (communications' autonomy)*, δηλαδή η προσαρμογή της εφαρμογής σε ξαφνικές διακοπές του δικτύου (είτε προέρχονται από

τον χρήστη είτε από τη δικτυακή υποδομή, π.χ. έλλειψη μπαταρίας ή σήματος). Το δεύτερο θέμα της δικτυακής προσαρμογής αφορά στην προσαρμογή των υπηρεσιών στις μεταβολές του εύρους ζώνης του δικτύου (network bandwidth) (π.χ. αλλαγή από Wi-Fi σε GPRS). Η μεταβολή στο εύρος ζώνης (bandwidth) συχνά υπαγορεύει την ανάγκη για αλλαγή στο μεταδιδόμενο περιεχόμενο δεδομένων [lossy vs. lossless compression mechanisms, αλλαγή στην ανάλυση ή στην ποιότητα των πολυμέσων (change of multimedia resolution or quality)] ή μεταβολή στο πρωτόκολλο (underlying protocol) [8].

Γ) Τέλος, το θέμα της *προσωπικής προσαρμογής (personalization)*, έχει διερευνηθεί σε πολλές περιοχές ανάπτυξης εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των προσαρμοστικών διεπαφών (adaptive user interfaces) [89] και επιδιώκει την προσαρμογή της συμπεριφοράς του συστήματος στις ικανότητες, στις τρέχουσες εργασίες και στις επιθυμίες του χρήστη. Η προσωπική προσαρμογή επίσης εξετάζει θέματα της προσαρμογής του περιεχομένου (content adaptation), μέσα από την έρευνα που διεξάγεται στην περιοχή των *συστημάτων φιλτραρίσματος και εισήγησης πληροφοριών (information filtering and recommender systems)* [7]. Τα πληροφοριακά συστήματα χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες με στόχο να παρουσιάσουν στον χρήστη πληροφορία περισσότερο σχετική με τις τρέχουσες ανάγκες του. Στην περιοχή της προσωπικής προσαρμογής (personalization), η έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης περιστρέφεται γύρω από τον χρήστη (user) και τις προτιμήσεις του (preferences).

1.1.3.2 Ο ρόλος της περιβάλλουσας κατάστασης στις εφαρμογές

κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

Όλες οι προαναφερόμενες περιοχές έρευνας εξετάζουν από διαφορετικές σκοπιές την περιβάλλουσα κατάσταση που πιθανόν να μπορεί να αξιοποιήσει μια κινητή

εφαρμογή. Επιπρόσθετα στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, μια σειρά από επιπρόσθετους λόγους υπαγορεύουν μια πιο εξειδικευμένη ανάλυση και αντιμετώπιση της περιβάλλουσας κατάστασης:

1. Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου στοχεύουν από τη φύση τους στην πραγματοποίηση πωλήσεων. Επομένως θα πρέπει επιπρόσθετα να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες της περιβάλλουσας κατάστασης που είναι ειδικοί και σχετίζονται με τον χώρο των πωλήσεων [30], [141], [150]. Τέτοιοι παράγοντες είναι η παροχή καινοτόμων υπηρεσιών που θα αυξήσουν το μερίδιο αγοράς και η χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας (context information) για να αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες πώλησης [145]. Για παράδειγμα, μια μέρα με ξαφνική και καταρρακτώδη βροχή, η παροχή πληροφόρησης προς τους πελάτες ενός πολυκαταστήματος για τα καταστήματα εντός του πολυκαταστήματος που πουλούν ομπρέλες ή αδιάβροχα. Ένας άλλος παράγοντας είναι οι χρονικοί περιορισμοί που υπαγορεύονται για την ολοκλήρωση μιας συναλλαγής. Για παράδειγμα η συναλλαγή για την αγορά ενός ηλεκτρονικού εισιτηρίου θα πρέπει να ολοκληρωθεί πριν φτάσει ο χρήστης στο σταθμό του τρένου. Επίσης, οι προσφορές προϊόντων τοπικών καταστημάτων θα πρέπει να φτάσουν έγκαιρα σε έναν κινούμενο οδηγό, πριν απομακρυνθεί από την περιοχή των καταστημάτων που κάνουν την προσφορά. Επιπρόσθετα, η διατήρηση της αφοσίωσης του πελάτη στην εφαρμογή και στο προϊόν, είναι ένας ακόμα παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο πλαίσιο του σχεδιασμού των εφαρμογών του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.
2. Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου στοχεύουν σε ένα ευρύ φάσμα χρηστών και συσκευών, χωρίς δυνατότητα ωστόσο για την

εκπαίδευση των χρηστών [όπως για παράδειγμα σε μια εφαρμογή υποβοηθούμενης μάθησης (computer-assisted learning application) με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης που χρησιμοποιείται σε ένα πανεπιστήμιο [27]] ή τη δυνατότητα για εξαίρεση κάποιων συσκευών. Η αποτυχία για την παροχή της κατάλληλης διεπαφής, (interface), προσαρμοσμένης στις ανάγκες του κάθε χρήστη [30] ή ο αποκλεισμός μιας συσκευής, θα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των πωλήσεων που θα πραγματοποιηθούν και κατά συνέπεια δεν θα επιτευχθεί ο στόχος της εφαρμογής του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (που είναι η αύξηση των πωλήσεων).

3. Ο χώρος των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικός σε σχέση με άλλες περιοχές κινητών εφαρμογών που αξιοποιούν την περιβάλλουσα κατάσταση. Για παράδειγμα ένα περιβάλλον υποβοηθούμενης μάθησης με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης (computer-assisted context-aware learning environment) που χρησιμοποιείται σε ένα σχολείο θεωρείται “δεδομένο” και δεν μπορεί να αλλάξει. Αντίθετα σε ένα περιβάλλον κινητού εμπορίου υπάρχουν ένα πλήθος από εναλλακτικές εφαρμογές και η μετάβαση σε μια εφαρμογή του ανταγωνισμού είναι κάτι πολύ εύκολο, (πληκτρολογώντας ένα διαφορετικό URL ή χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό bookmark).
4. Τέλος η ανάλυση της οικονομικής αποτελεσματικότητας (cost effectiveness), είναι ένα από τα κυριότερα θέματα που θα πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά κατά τον σχεδιασμό των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Πληροφορίες σχετικές με την ομάδα στόχευσης (target group) των σχεδιαζόμενων υπηρεσιών, το κόστος συλλογής και

αξιοποίησης της περιβάλλουσας κατάστασης και η προστιθέμενη αξία που θα προκύψει από την χρήση συγκεκριμένων παραγόντων της περιβάλλουσας κατάστασης, θα πρέπει να εξεταστεί πολύ προσεκτικά, τόσο από ειδικούς τεχνικούς (για να καθορίσουν κατά πόσο η εκάστοτε προτεινόμενη λύση είναι εφικτή από τεχνική άποψη), όσο και από επιχειρηματικούς αναλυτές προκειμένου να προεκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της επένδυσης.

Όλοι οι παραπάνω λόγοι προσθέτουν παραμέτρους που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν εξετάζεται το θέμα της περιβάλλουσας κατάστασης στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Η ανάπτυξη εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου οι οποίες είναι “ενήμερες” για την περιβάλλουσα κατάσταση μέσα στην οποία λειτουργούν και προσαρμόζουν την λειτουργία τους με βάση αυτή την πληροφορία, επαυξάνει την λειτουργικότητά τους καθώς αυτές μπορούν να προσφέρουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες στους χρήστες τους και ταυτόχρονα προάγουν την αποτελεσματικότητάς τους με την αύξηση των διενεργούμενων συναλλαγών [27], [30].

1.1.3.3 Η ανάγκη για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της περιβάλλουσας κατάστασης

Στο χώρο του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου όσο και στους συγγενείς με αυτό χώρους [136], [137], η έρευνα για την περιβάλλουσα πληροφορία (δηλαδή για τις παραμέτρους της περιβάλλουσας κατάστασης) δεν έχει φτάσει σε ένα ώριμο στάδιο ώστε να επιτρέπει την αξιοποίηση ενός εκτεταμένου φάσματος παραμέτρων [217] για την παροχή εμπορικά επιτυχημένων εφαρμογών με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Αυτό συμβαίνει κυρίως, εξ αιτίας της μη επαρκούς αντιμετώπισης από την τεχνολογία λογισμικού των προκλήσεων που σχετίζονται με:

- Την ανάλυση και τον προσδιορισμό των απαιτήσεων των εφαρμογών για περιβάλλουσα πληροφορία (context information).
- Τους μηχανισμούς σύλληψης, επεξεργασίας και διανομής της περιβάλλουσας πληροφορίας.
- Το σχεδιασμό και την υλοποίηση εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, οι οποίες θα αξιοποιήσουν μεγάλο εύρος παραμέτρων περιβάλλουσας κατάστασης για την προσαρμογή τους και την παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (added value services).

Ο μεγαλύτερος όγκος της σύγχρονης έρευνας έχει εστιάσει στην ανάπτυξη κατάλληλης υποδομής για να αντιμετωπίσει το δεύτερο θέμα. Ειδικότερα, ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στην πρόταση υποδομών που θα συλλέξουν και θα διαχειριστούν στοιχεία της περιβάλλουσας κατάστασης προερχόμενα κυρίως από φυσικούς αισθητήρες. Έτσι δεν έχουν προταθεί λύσεις που θα αντιμετωπίζουν επαρκώς άλλες όψεις της περιβάλλουσας κατάστασης (π.χ. περιβάλλουσα κατάσταση που σχετίζεται με τον χρήστη ή τη συγκεκριμένη εφαρμογή) και θα είναι εξειδικευμένες για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Επίσης, σε σχέση με το πρώτο θέμα, δεν έχει προταθεί κάποια μεθοδολογική προσέγγιση για τον προσδιορισμό και την αποτύπωση των παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης και φυσικά ούτε για περιβάλλουσα κατάσταση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Σχετικά με το τρίτο θέμα, είτε έχουν προταθεί λύσεις για προσαρμογή οι οποίες αξιοποιούν περιορισμένο αριθμό παραμέτρων περιβάλλουσας κατάστασης, είτε η απόπειρα για προσαρμογή έχει γίνει μέσα στην ίδια την εφαρμογή, γεγονός που εγείρει θέματα, συντήρησης, εξάρτησης, επαναχρησιμοποίησης και διαχείρισης του λογισμικού.

1.2 Η Θέση της Διατριβής

Η παρούσα διατριβή υποστηρίζει πως τόσο οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάπτυξης εφαρμογών όσο και αυτές που έχουν προκύψει από τη σύγχρονη έρευνα, δεν διαθέτουν τις κατάλληλες μεθοδολογίες και εργαλεία προκειμένου να ανταποκριθούν στις προκλήσεις που υπαγορεύονται από τη δυνατότητα αξιοποίησης της περιβάλλουσας κατάστασης από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Προκειμένου να καλύψει αυτό το κενό, η παρούσα διατριβή προτείνει μια σειρά από δομές και εξειδικευμένα εργαλεία για την υποστήριξη θεμάτων που έχουν να κάνουν με τον ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, τον προσδιορισμό, την αναπαράσταση, την σύλληψη, την επεξεργασία, τη διανομή και την αξιοποίηση της, με σκοπό την παροχή προσαρμοζόμενων υπηρεσιών υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Η συνεισφορά της παρούσας διατριβής είναι η παροχή ενός εννοιολογικού μοντέλου για τον προσδιορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας, μιας μεθοδολογίας για τον κατά περίπτωση προσδιορισμό της και μιας αρχιτεκτονικής λογισμικού για την υποστήριξη της ανάλυσης, του σχεδιασμού και της υλοποίησης εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, οι οποίες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους, (context-aware applications) και προσαρμόζουν τις λειτουργίες τους σε αυτό, (adaptive applications). Η παρούσα διατριβή επίσης προτείνει έναν τρόπο με τον οποίο μπορεί να εμπλουτιστεί μία εφαρμογή χωρίς επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης με δυνατότητες προσαρμογής που λαμβάνουν υπ' όψιν την περιβάλλουσα πληροφορία, διατηρώντας την περιγραφή και υλοποίηση των μηχανισμών προσαρμογής διακριτά σε σχέση με την ίδια την εφαρμογή, αυξάνοντας έτσι την ευελιξία της και τη συντηρησιμότητά της.

1.3 Η Προσέγγιση

Η έρευνα που παρουσιάζεται σε αυτή τη διατριβή καταλήγει στην πρόταση μιας σειράς εργαλείων, για τη διαχείριση και αξιοποίηση της περιβάλλουσας κατάστασης από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζει:

- Ένα εννοιολογικό μοντέλο για τον ορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης, καθώς και μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της.
- Μια αρχιτεκτονική λογισμικού για τη σύλληψη, την επεξεργασία και τη διανομή των παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης.
- Ένα μοντέλο δόμησης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου προκειμένου να είναι δυνατόν να δεχθούν προσαρμογή, καθώς και την αρχιτεκτονική του λογισμικού που θα επιτελέσει την διαδικασία της προσαρμογής.

Οι ακόλουθες παράγραφοι περιγράφουν τα παραπάνω εργαλεία με περισσότερες λεπτομέρειες.

1.3.1 Το εννοιολογικό μοντέλο

Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου απαιτείται μια πλήρης και στέρεη αντίληψη των εννοιών και των δομών που σχετίζονται με τη σύλληψη και τη διαχείριση της περιβάλλουσας κατάστασης. Αυτή η αντίληψη πρέπει να μην περιέχει ασάφειες και να είναι κοινή για όλες τις εμπλεκόμενες ομάδες χρηστών (πελάτες, αναλυτές συστημάτων, παρόχους υπηρεσιών, επιχειρησιακούς αναλυτές, κ.λπ.).

Στοχεύοντας στο σχηματισμό αυτής της κοινής αντίληψης, παρουσιάζουμε ένα εννοιολογικό μοντέλο για την ξεκάθαρη και ακριβή μοντελοποίηση των θεμάτων των

εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου που σχετίζονται με την περιβάλλουσα κατάσταση με έναν τρόπο ανεξάρτητο από λεπτομέρειες υλοποίησης. Οι απαιτήσεις αυτού του μοντέλου έχουν προκύψει από την συγκριτική μελέτη μεμονωμένων μοντέλων της περιβάλλουσας κατάστασης, (π.χ. [217]), καθώς και από την αποτίμηση (evaluation) πραγματικών και υποθετικών σεναρίων χρήσης [192]. Αυτό το μοντέλο περιλαμβάνει:

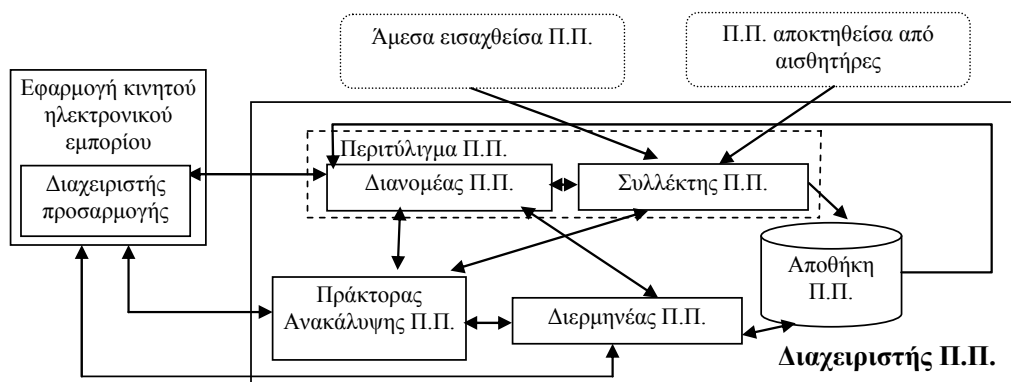
- Μια ξεκάθαρη και τυποποιημένη σημασιολογία για την περιβάλλουσα πληροφορία (context information).
- Την αποτύπωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της.
- Μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία για τον κατά περίπτωση προσδιορισμό της.
- Ένα καλά θεμελιωμένο εργαλείο για την αναπαράσταση της, στηριγμένο στα ευρέως χρησιμοποιούμενα και κοινώς αποδεκτά διαγράμματα της UML (UML diagrams).

1.3.2 Η αρχιτεκτονική λογισμικού για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της προσαρμογής των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, το επόμενο βήμα μετά τη διαδικασία του προσδιορισμού και της αποτύπωσής της περιβάλλουσας πληροφορίας, είναι ο σχεδιασμός των κατάλληλων συστημάτων λογισμικού τα οποία θα τη συλλέξουν, θα την επεξεργαστούν και θα τη διανείμουν στις ενδιαφερόμενες εφαρμογές (οι οποίες θα τη χρησιμοποιήσουν για την προσαρμογή π.χ. διαχειριστές προσαρμογής).

Ο σχεδιασμός του υποσυστήματος το οποίο θα διαχειριστεί την περιβάλλουσα πληροφορία (context information) μπορεί να τυποποιηθεί, από τη στιγμή που αποτελεί μια τυπική και επαναλαμβανόμενη διαδικασία για κάθε εφαρμογή κινητού

ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Σε αυτή τη θέση παρουσιάζουμε μια αρχιτεκτονική λογισμικού για τη συνιστώσα εκείνη του λογισμικού που θα διαχειριστεί την περιβάλλουσα κατάσταση, τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)*, κατάλληλη για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Η αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Οι συνιστώσες λογισμικού του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager) που αποτυπώνονται στο σχήμα 1: i) θα συλλέξουν την περιβάλλουσα πληροφορία από τις διάφορες πηγές (*Συλλέκτης Π.Π.-Context Gatherer*), ii) θα την επεξεργαστούν και θα την μετασχηματίσουν σε ένα υψηλότερο βαθμό αφάιρσης (*Διερμηνέα Π.Π.-Context Interpreter*), iii) θα την αποθηκεύσουν (*Αποθήκη Π.Π.-Context Storage*), iv) θα την διανεύουν (*Διανομέας Π.Π.-Context Distributor*) στα ενδιαφερόμενα μέρη, (π.χ. διαχειριστές προσαρμογής) και v) θα την καταστήσουν ανιχνεύσιμη (*Πράκτορας Ανακάλυψης Π.Π.-Context Discovery Agency*) από τα ενδιαφερόμενα μέρη.

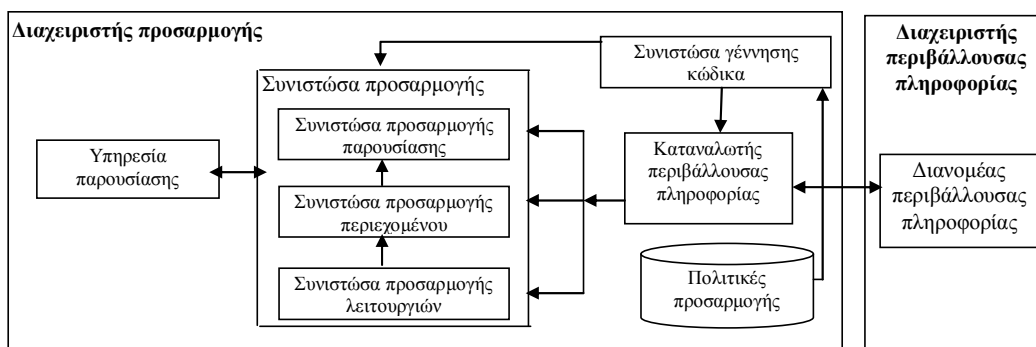
1.3.3 Η προσαρμογή της εφαρμογής στην περιβάλλουσα

κατάσταση

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της προσαρμογής των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, θα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες συνιστώσες λογισμικού οι οποίες θα αξιοποιήσουν την περιβάλλουσα πληροφορία που παρέχει ο Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας ώστε να προσαρμόσουν τη βασική εφαρμογή. Η προσαρμογή μιας εφαρμογής αναφέρεται στο περιεχόμενο (*content adaptation*), στις λειτουργίες (*operation or functionality adaptation*) και στην παρουσίαση της εφαρμογής (*presentation adaptation*). Μία επιλογή για την υλοποίηση της προσαρμογής της βασικής εφαρμογής είναι αυτή να γίνει μέσα στον ίδιο τον κώδικα της βασικής εφαρμογής, με δομές υπό συνθήκη εκτέλεσης (*conditional statements*) που θα διαφοροποιούν την συμπεριφορά της εφαρμογής ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Όμως σε αυτήν την περίπτωση εγείρονται θέματα i) διαχείρισης του λογισμικού, δεδομένου ότι ο κώδικας της κύριας εφαρμογής θα είναι αναμειγμένος με τον κώδικα της προσαρμογής, ii) μη δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης των συνιστωσών της κύριας εφαρμογής, δεδομένου ότι θα περιέχουν και τον κώδικα της προσαρμογής, iii) δυσκολιών αλλαγής του κώδικα της κύριας εφαρμογής κάθε φορά που θα προκύπτει ανάγκη για νέα προσαρμογή και iv) δυσκολίες συντήρησης του κώδικα της προσαρμογής, δεδομένου του ότι αυτός θα είναι διασκορπισμένος σε όλη την κύρια εφαρμογή.

Προκειμένου να αποφύγουμε τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα της μείξης του κώδικα της κύριας εφαρμογής με τον κώδικα της προσαρμογής, χρησιμοποιούμε την αρχή του διαχωρισμού των ενδιαφερόντων (*separation of concerns principle*) [129] όπως επίσης και την τεχνική των πολιτικών προσαρμογής (*adaptation policies ή αλλιώς configuration files*) [243] προκειμένου να απομονώσουμε τα θέματα της

προσαρμογής από τα θέματα της κύριας εφαρμογής. Έτσι επιλέγουμε η προσαρμογή να γίνει εκτός της κύριας εφαρμογής στα πλαίσια μιας ξεχωριστής συνιστώσας λογισμικού, του *Διαχειριστή Προσαρμογής (Adaptation Manager)* (Σχήμα 2) χρησιμοποιώντας της δυνατότητες που προσφέρει το *προσανατολισμένο σε απόψεις υπόδειγμα ανάπτυξης (aspect-oriented paradigm)* [65].



Σχήμα 2: Η αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Προσαρμογής

Ο *Καταναλωτής Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Consumer)* της αρχιτεκτονικής αντλεί την περιβάλλουσα πληροφορία από τον *Διανομέα Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Distributor - συνιστώσα λογισμικού του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας)*. Η *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα (Code Generator)* χρησιμοποιώντας τις *Πολιτικές Προσαρμογής (Adaptation Policies)*, οι οποίες περιγράφουν τις λειτουργίες προσαρμογής της βασικής εφαρμογής δημιουργεί τον κώδικα ο οποίος θα επιτελέσει την προσαρμογή. Τέλος, η *Συνιστώσα Προσαρμογής (Adaptation Module)* επιτελεί την προσαρμογή των λειτουργιών (*Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργιών - Operation Adaptation Module*), του περιεχομένου (*Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου - Content Adaptation Module*) και των χαρακτηριστικών εμφάνισης (*Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης - Presentation Adaptation Module*) της κύριας εφαρμογής, προσφέροντας στον τελικό χρήστη μια υπηρεσία παρουσίασης προσαρμοσμένη στις ιδιαιτερότητες της περιβάλλουσας πληροφορίας και τις ανάγκες του χρήστη.

1.4 Η Δομή της Διατριβής

Το περιεχόμενο της παρούσας διατριβής οργανώνεται ως ακολούθως:

Στο Κεφάλαιο 2 θα εξετάσουμε το γενικότερο πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργούν οι εφαρμογές του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Ειδικότερα θα σκιαγραφήσουμε το τεχνολογικό πλαίσιο μέσα στο οποίο δραστηριοποιείται το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο και θα αναφερθούμε συνοπτικά στους εμπλεκόμενους σε αυτό.

Στο Κεφάλαιο 3 θα επισκοπήσουμε ένα πλήθος εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου που προσφέρονται σήμερα, ομαδοποιημένες ανά είδος εμπορικής δραστηριότητας και θα τις κατηγοριοποιήσουμε, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τις τεχνολογίες που εμπλέκονται στη λειτουργία τους.

Στο Κεφάλαιο 4 πραγματευόμαστε θέματα σχετικά με την περιβάλλουσα κατάσταση και την επίγνωση περιβάλλουσας κατάστασης. Θα προσδιορίσουμε τις κατηγορίες της περιβάλλουσας πληροφορίας έτσι όπως τις έχει καταγράψει η σύγχρονη έρευνα και θα παρουσιάσαμε τεχνικές μοντελοποίησης και απόκτησής της, όπως επίσης και διάφορους τρόπους αξιοποίησής της για την παροχή προσαρμοστικών εφαρμογών.

Στο Κεφάλαιο 5 θα δώσουμε τους τυπικούς ορισμούς της περιβάλλουσας πληροφορίας για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και θα προτείνουμε μια μεθοδολογία για τον κατά περίπτωση προσδιορισμό της. Επίσης θα παρουσιάσουμε μια επέκταση των διαγραμμάτων UML για την αναπαράστασή της και θα δώσουμε μία ανάλυση σεναρίου (scenario analysis) για την αποσαφήνιση των βημάτων της μεθοδολογίας και τη συσχέτιση κάθε βήματος με τους ορισμούς της περιβάλλουσας πληροφορίας. Τέλος, θα αποτιμήσουμε τη συνεισφορά των

ζητημάτων που πραγματευόμαστε στο συγκεκριμένο κεφάλαιο στην αντίστοιχη επιστημονική περιοχή.

Στο Κεφάλαιο 6 θα σκιαγραφήσουμε την αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής ηλεκτρονικού εμπορίου που αντιλαμβάνεται και χρησιμοποιεί την περιβάλλουσα πληροφορία. Θα παρουσιάσουμε αναλυτικότερα τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)*, δηλαδή τη συνιστώσα εκείνη του λογισμικού που συλλαμβάνει, επεξεργάζεται και διανέμει την περιβάλλουσα πληροφορία. Θα συζητήσουμε θέματα υλοποίησης της αρχιτεκτονικής και θα συγκρίνουμε την προτεινόμενη προσέγγιση με άλλες προτάσεις από τη βιβλιογραφία. Επίσης θα αποτιμήσουμε την καταλληλότητα της αρχιτεκτονικής για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Στο Κεφάλαιο 7 θα περιγράψουμε τη διαδικασία προσαρμογής μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου στις μεταβολές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Θα αναλύσουμε τη δομή μιας διαδικτυακής εφαρμογής και τα βήματα ανάπτυξής της που θα επιτρέψουν να είναι επιδεκτική προσαρμογής (*adaptation ready*). Θα περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο θα προσαρμοστεί μια τέτοια εφαρμογή αξιοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρει το προσανατολισμένο σε απόψεις υπόδειγμα ανάπτυξης και θα αναλύσουμε τη δομή του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, εκείνης δηλαδή της συνιστώσας λογισμικού που θα επιτελέσει την προσαρμογή.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 8 συνοψίζουμε τη συνεισφορά της παρούσας διατριβής στο χώρο και σκιαγραφούμε συναφή θέματα για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Πλαίσιο Εφαρμογών Κινητού Εμπορίου

2.1 Εισαγωγή

Οι εξελίξεις στο χώρο των φορητών και ασύρματων επικοινωνιών έχουν επιτρέψει σε ένα μεγάλο αριθμό ηλεκτρονικών υπηρεσιών να μπορούν να επεκταθούν στο νέο τεχνολογικό περιβάλλον και ταυτόχρονα παρέχουν τη δυνατότητα για δημιουργία καθαρά νέων και καινοτόμων υπηρεσιών [143], [233]. Η ευρεία διαθεσιμότητα των φορητών συσκευών και των ασύρματων δικτύων, οι μειούμενες τιμές, η βελτίωση του εύρους ζώνης, η προώθηση από τους κατασκευαστές, η κουλτούρα χρήσης των handsets και η έκρηξη του ηλεκτρονικού εμπορίου, είναι παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτηση [75] και επιτυχία των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε το γενικότερο πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργούν οι εφαρμογές του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Ειδικότερα θα σκιαγραφήσουμε το τεχνολογικό πλαίσιο μέσα στο οποίο δραστηριοποιείται το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο και θα αναφέρουμε συνοπτικά τους εμπλεκόμενους σε αυτό. Εξετάζοντας το γενικότερο πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργούν οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, αποκτούμε μια πιο σαφή εικόνα για τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία τους και έτσι κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης της μεθοδολογίας ανάπτυξης τους και του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής τους θα είναι δυνατόν να ληφθούν υπόψη όλοι οι σχετικοί παράγοντες.

2.2 Οι Εμπλεκόμενοι στο Κινητό Ηλεκτρονικό Εμπόριο

Το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο είναι μια σύνθετη διαδικασία και περιλαμβάνει ένα πλήθος εμπλεκόμενων οντοτήτων [12], οι οποίες συνιστούν την *αλυσίδα αξίας* (value

chain) του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου [88]. Αν και η ανάλυση των στρατηγικών στόχων, των πλεονεκτημάτων και των αξιών που μοιράζονται αυτοί οι εμπλεκόμενοι είναι έξω από το αντικείμενο της παρούσας διατριβής, θα αναφερθούμε συνοπτικά σε αυτούς, προκειμένου να αποκτήσουμε μια σαφή εικόνα του πλαισίου μέσα στο οποίο λειτουργεί το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο και των οντοτήτων που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με την ανάπτυξη των εφαρμογών. Η αλυσίδα αξίας του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου απαρτίζεται από τις ακόλουθες οντότητες:

- *Διαχειριστές Δικτύων Κινητής Επικοινωνίας (Mobile Network Operators (MNOs))*: Ο κύριος ρόλος των MNOs είναι η διαχείριση και λειτουργία των δικτύων κινητής και ασύρματης επικοινωνίας. Πολλές φορές αυτοί έχουν και τον ρόλο του παρόχου φορητών υπηρεσιών (mobile service provider), π.χ. παρέχοντας κάποια πύλη (portal), εκμεταλλευόμενοι έτσι τη σχέση χρέωσης λογαριασμού που έχουν με τους πελάτες τους.
- *Πάροχοι Δικτυακού Εξοπλισμού (Network Equipment Providers)*: Είναι οι εταιρείες οι οποίες κατασκευάζουν την υποδομή και τις συσκευές που απαιτούνται για την λειτουργία των φορητών και ασύρματων δικτύων επικοινωνίας.
- *Κατασκευαστές Κινητών Συσκευών (Device Manufactures)*: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι κατασκευαστές όλων των ειδών των συσκευών που χρησιμοποιούν οι τελικοί χρήστες.
- *Πάροχοι Τεχνολογικών Πλατφορμών (Technology Platform Vendors)*: Αυτοί παρέχουν τα λειτουργικά συστήματα και τους microbrowsers των φορητών συσκευών.
- *Πάροχοι Ασύρματης Πρόσβασης στο Διαδίκτυο (Wireless Internet Service Providers (WISPs))*: Αυτοί παρέχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω των

κινητών και ασύρματων δικτύων επικοινωνίας ή/και παρέχουν τη λειτουργία δημόσιων σημείων πρόσβασης σε WLANs, παρέχοντας έτσι υπηρεσίες διαδικτύου μέσω WLAN hotspots.

- *Πάροχοι Ασύρματων Εφαρμογών και Υπηρεσιών (Wireless Application Service Providers (WASPs))*: Ο ρόλος τους είναι να αναπτύξουν και να φιλοξενήσουν εφαρμογές για φορητές και ασύρματες συσκευές και απευθύνονται σε εταιρείες που επιθυμούν να διεξάγουν δραστηριότητες κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου αλλά δεν διαθέτουν τους κατάλληλους υπολογιστικούς πόρους.
- *Προγραμματιστές Εφαρμογών (Application Developers)*: Αυτοί κατασκευάζουν τις εφαρμογές που είτε λειτουργούν off-line στις συσκευές, είτε λειτουργούν on-line, κάνοντας χρήση των ασύρματων δικτύων ή σαν υπηρεσίες φορητού διαδικτύου.
- *Πάροχοι Περιεχομένου (Content Providers)*: Αυτοί δημιουργούν και παρέχουν το περιεχόμενο που προσφέρεται στους τελικούς χρήστες. Η ειδική κατηγορία παρόχων περιεχομένου, οι οποίοι συλλέγουν το περιεχόμενο από άλλους παρόχους περιεχομένου και το ενώνουν σε ένα πιο κατάλληλο πακέτο, καλούνται *συναθροιστές περιεχομένου (content aggregators)*. Για παράδειγμα, ένας τέτοιος πάροχος περιεχομένου αντλεί περιεχόμενο για την τρέχουσα αξία των μετοχών (σε πραγματικό χρόνο) από το χρηματιστήριο, οικονομικά νέα από πρακτορεία ειδήσεων και οικονομικές αναλύσεις από εταιρείες συμβούλων και προσφέρει όλες αυτές τις πληροφορίες σε ένα νέο ενοποιημένο πακέτο.
- *Πάροχοι Κινητών Πυλών (Mobile Portal Providers)*: Οι κινητές πύλες λειτουργούν σαν σημεία εισόδου για περιεχόμενο και υπηρεσίες που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα. Αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν σαν *οριζόντια*

(*horizontal*) αν περιλαμβάνουν περιεχόμενο και υπηρεσίες για ένα ευρύ φάσμα αγορών και *κάθετα* (*vertical*) αν στοχεύουν σε μια συγκεκριμένη αγορά. Αν ειδικεύονται κυρίως στην παροχή πληροφοριών καλούνται *προσανατολισμένα στην πληροφορία* ή *στο περιεχόμενο* (*information or content-oriented*), ενώ καλούνται *προσανατολισμένα στην επικοινωνία* (*communication-oriented*) αν παρέχουν μηχανισμούς επικοινωνίας όπως email, στιγμιαία μηνύματα (*instant messages*) και ημερολόγια και *προσανατολισμένα στο εμπόριο* (*commerce-oriented*) αν παρέχουν υπηρεσίες διεξαγωγής συναλλαγών, όπως τραπεζικές συναλλαγές, συναλλαγές αγορών, δημοπρασιών, κ.λπ.

- *Εταιρείες Εμπορίου (Trading Companies)*: Είναι οι εταιρείες οι οποίες διεξάγουν τις δραστηριότητες κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και εμπορεύονται τα διάφορα προϊόντα και υπηρεσίες.
- *Καταναλωτές (Consumers)*: Οι καταναλωτές είναι ο τελικός στόχος του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και οι οποίοι είναι είτε μεμονωμένα άτομα, είτε εταιρείες, είτε πελάτες εταιρειών.

2.3 Το Τεχνολογικό Πλαίσιο του Κινητού Ηλεκτρονικού

Εμπορίου

2.3.1 Κινητές συσκευές και έξυπνοι αισθητήρες

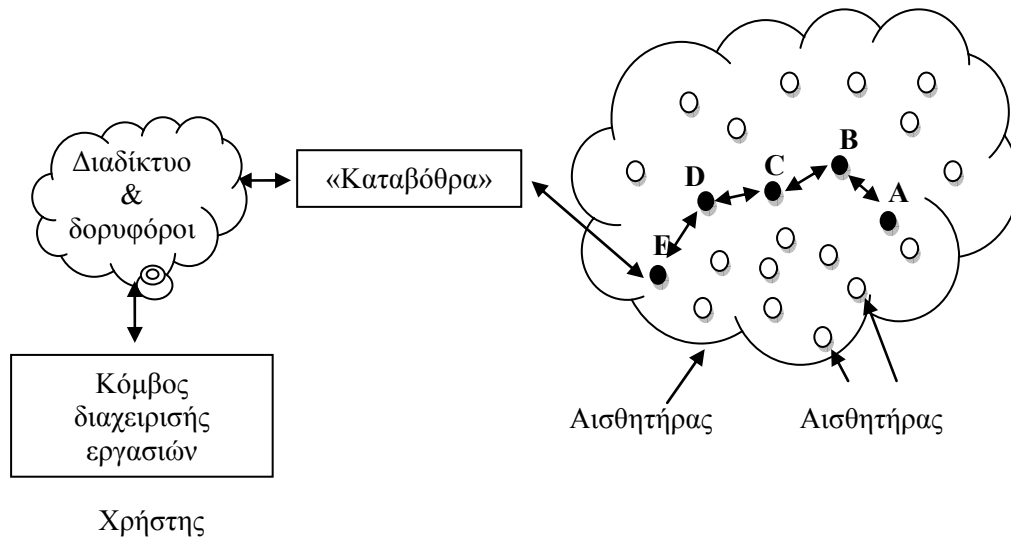
Ο αριθμός και τα είδη των φορητών συσκευών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παροχή υπηρεσιών με χρήση κινητών ή ασύρματων δικτύων είναι τεράστιος και συνεχώς αυξάνεται. Στις φορητές συσκευές συμπεριλαμβάνονται οι *φορητές συσκευές χειρός* (*handheld devices*), τα *κινητά τηλέφωνα* (*mobile phones*) και τα *έξυπνα κινητά τηλέφωνα* (*smartphones*). Οι φορητές συσκευές έχουν δυνατότητα πρόσβασης στο

διαδίκτυο και χρησιμοποιούν τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας για την μετάδοση της φωνής και των δεδομένων.

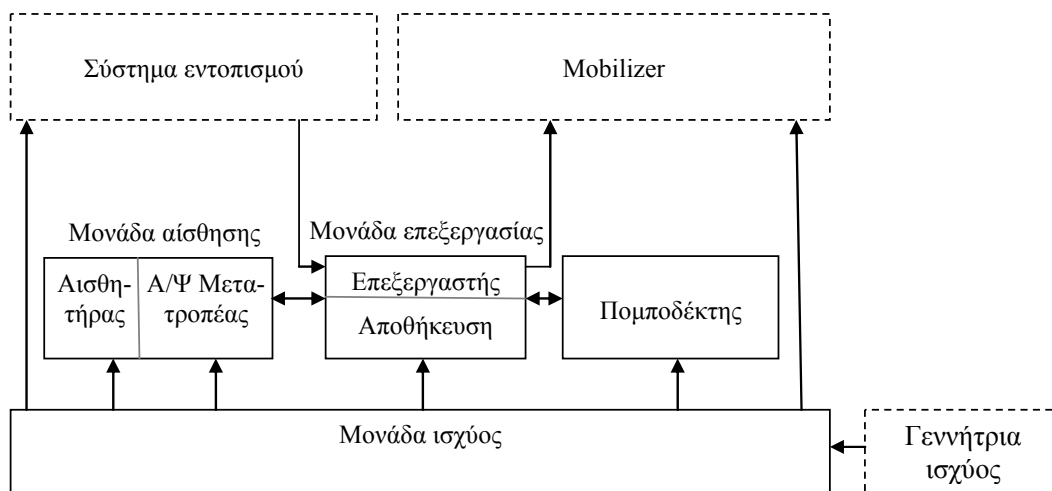
Μια φορητή συσκευή χειρός, γνωστή και με τον όρο φορητός υπολογιστής χειρός (handheld computer) ή απλά handheld, είναι μια μικρή και ελαφριά υπολογιστική συσκευή που χωρά σε μια τσέπη (rocket-sized). Οι φορητές συσκευές χειρός διαθέτουν οθόνη αφής ή/και ένα μικρό πληκτρολόγιο προκειμένου να ενεργοποιηθούν οι εφαρμογές που διαθέτουν και να γίνει η εισαγωγή των δεδομένων. Διαθέτουν ενσωματωμένο modem/fax και έχουν δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές μέσω τοπικής ασύρματης δικτύωσης ή/και κινητής επικοινωνίας. Τα λειτουργικά συστήματα που κυριαρχούν είναι το Android, το Palm OS, το Symbian (εξέλιξη του EPOC), το Blackberry OS και το Windows Mobile OS [98]. Σε αυτήν την κατηγορία των φορητών συσκευών υπάγονται οι Προσωπικοί Ψηφιακοί Βοηθοί (Personal Digital Assistants - PDAs).

Τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα [10] είναι κινητά τηλέφωνα που διαθέτουν μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ και πιο προηγμένη διασυνδεσιμότητα (connectivity) σε σχέση με τα συμβατά κινητά τηλέφωνα. Υποστηρίζουν πρωτόκολλα τόσο κινητής όσο και ασύρματης επικοινωνίας. Παρέχουν εξελιγμένες δυνατότητες όπως εφαρμογές Java, έγχρωμη απεικόνιση και πολυφωνικούς ήχους κλήσης. Τα λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (όπως και για τα mobile phones) είναι συνήθως proprietary systems όπως το RTOS και το GEOS. Επίσης το Symbian OS της Nokia, το Android της Google, το iOS της Apple, το RIM BlackBerry OS, το Windows Phone της Microsoft, το Bada της Samsung είναι μερικά από τα πιο πρόσφατα λειτουργικά συστήματα των έξυπνων κινητών τηλεφώνων.

Οι έξυπνοι αισθητήρες (smart sensors), (Σχήμα 4), είναι μικροσκοπικές συσκευές που καταγράφουν διάφορες παραμέτρους του περιβάλλοντος τους [104] και μπορούν να κωδικοποιούν και να μεταδίδουν αυτές τις πληροφορίες [3] (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Κόμβοι αισθητήρων διασκορπισμένοι σε ένα πεδίο αισθητήρων [3]



Σχήμα 4: Τα συστατικά ενός κόμβου αισθητήρα [3]

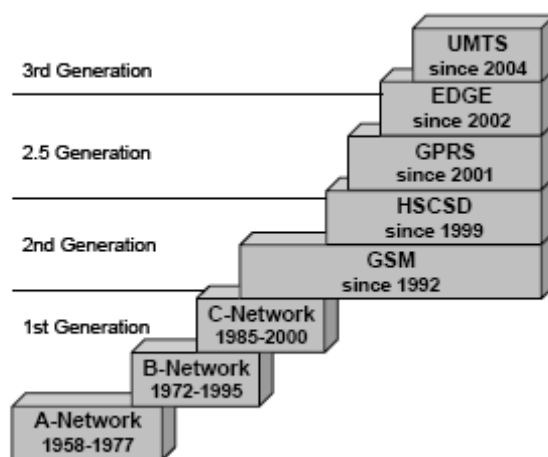
2.3.2 Τεχνολογίες για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων

Τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας (wireless telecommunication networks) ομαδοποιούνται σε τρεις τεχνολογικές γενιές (generations of technologies) [226]. Ανάμεσα στη 2^η και στη 3^η γενιά υπάρχει μια μεταβατική περίοδος γνωστή με τον

όρο 2.5 G (Σχήμα 5). Αυτές οι γενιές και οι αντίστοιχες τεχνολογίες περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους. Σημειώνεται ότι από τη 2^η γενιά και μετά, η συγκεκριμένη κατάταξη εστιάζεται κυρίως στα δίκτυα κινητών τηλεπικοινωνιών, ενώ οι τεχνολογίες για ασύρματη δικτύωση υπολογιστών σε τοπική κλίμακα δεν καλύπτονται από τη συγκεκριμένη κατάταξη και περιγράφονται ξεχωριστά στην υποενότητα 2.3.3.

2.3.2.1 Η 1^η γενιά (1G)

Η πρώτη γενιά των φορητών και ασύρματων επικοινωνιών είναι προσανατολισμένη στη μετάδοση φωνής. Αυτά τα συστήματα δεν είναι κατάλληλα για μοντέρνες υπηρεσίες κινητού εμπορίου εξαιτίας της χαμηλής ποιότητας της μετάδοσης των δεδομένων, την ανεπαρκή χρήση του περιορισμένου φάσματος συχνοτήτων, την περιορισμένη ικανότητα κρυπτογράφησης και της αδυναμία τους να μεταδώσουν μη φωνητικά δεδομένα [88].



Σχήμα 5: Γενιές προτύπων κινητής επικοινωνίας [226]

2.3.2.2 Η 2^η γενιά (2G)

Οι ασύρματες επικοινωνίες δεύτερης γενιάς βασίζονται στις τεχνολογίες της πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access - TDMA) και της πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση κώδικα (Code Division Multiple Access - CDMA) [88]. Έχουν παγκόσμια χρήση και επιτρέπουν τόσο τη μετάδοση φωνής όσο και δεδομένων π.χ. fax, SMS. Παραδείγματα συστημάτων 2ης γενιάς είναι το Global System for Mobile Communication (GSM), το Personal Access Communication Systems (PACS) και το Digital European Cordless Telephone DECT) [228].

Το GSM είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πρότυπο στην Ευρώπη, και επιτρέπει τη μετάδοση των δεδομένων με μια σχετικά χαμηλή ταχύτητα (9.6 Kbps). Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του GSM περιλαμβάνονται:

- Παρέχει ένα ευρύ φάσμα από υπηρεσίες επικοινωνίας φωνής και δεδομένων.
- Έχει συμβατότητα με τα ενσύρματα δίκτυα.
- Διαθέτει αυτόματες διαδικασίες περιαγωγής (roaming) και μεταπομπής (handover).
- Υποστηρίζει διαφόρων τύπων φορητές συσκευές.
- Είναι ανεξάρτητο από κατασκευαστές συσκευών.

Ένα βασικό μειονέκτημα του GSM (εκτός από τη χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων), είναι το γεγονός ότι είναι μια τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος (circuit-switched technology). Αυτό σημαίνει ότι δεσμεύει ένα κανάλι για τη μετάδοση των δεδομένων για όλη τη διάρκεια της χρήσης του. Για παράδειγμα αν ένα χρήστης καλέσει μια σελίδα WAP (Wireless Application Protocol page), τότε δεσμεύεται ένα κανάλι για αυτή τη διαδικασία, το οποίο παραμένει ανοικτό ακόμα και όταν ολοκληρωθεί η αποστολή όλων των δεδομένων και η εμφάνισή τους στην οθόνη της κινητής συσκευής. Σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης χρεώνεται για το

συνολικό χρόνο που χρησιμοποίησε το κανάλι επικοινωνίας και όχι για τον όγκο των δεδομένων που μεταδόθηκαν. Εξαιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων, το GSM δεν είναι το πλέον κατάλληλο για την παροχή καινοτόμων υπηρεσιών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Το High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) αποτελεί μια εξέλιξη του GSM και επιτρέπει την μετάδοση των δεδομένων με μεγαλύτερη ταχύτητα (28.8 Kbps).

2.3.2.3 Η γενιά 2.5 (2.5G)

Το ενδιάμεσο στάδιο στη μετάβαση από τη γενιά 2G στη 3G είναι γνωστό σαν 2.5G. Δύο τεχνολογίες είναι γνωστές σε αυτήν την γενιά: i) το General Packet Radio Service (GPRS) και ii) το Enhanced Data-rates for Global Evolution (EDGE).

Το GPRS είναι μια «μη φωνητική» υπηρεσία, η οποία επιτρέπει αυξημένες ταχύτητες στη μετάδοση δεδομένων της τάξης των 56-114 Kbps [88]. Αν και στηρίζεται στο GSM δεν είναι μια τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος αλλά μια τεχνολογία μεταγωγής πακέτων, το οποίο σημαίνει ότι προκειμένου να αποσταλούν τα δεδομένα τεμαχίζονται σε μικρά πακέτα τα οποία δρομολογούνται από το δίκτυο σε διαφορετικά κανάλια. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να γίνει καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου, εφόσον αυτοί χρησιμοποιούνται μόνο κατά τη διάρκεια διαχείρισης κάθε πακέτου δεδομένων [228]. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα αυτών των δικτύων συγκαταλέγονται: i) η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων, που μπορεί να φτάσει τα 115.2 Kbps, ii) η δυνατότητα να είναι ο χρήστης “always on”, χωρίς να απαιτείται νέα σύνδεση (εγκαθίδρυση κυκλώματος) προκειμένου να ληφθούν πληροφορίες, iii) η δυνατότητα χρήσης καινοτόμων υπηρεσιών, όπως WAP-pages, internet, e-mail, κ.λπ. και iv) το πιο ελκυστικό κόστος, δεδομένου του ότι οι χρήστες δεν χρεώνονται για το χρόνο σύνδεσης αλλά για τον όγκο των δεδομένων που μεταφέρονται.

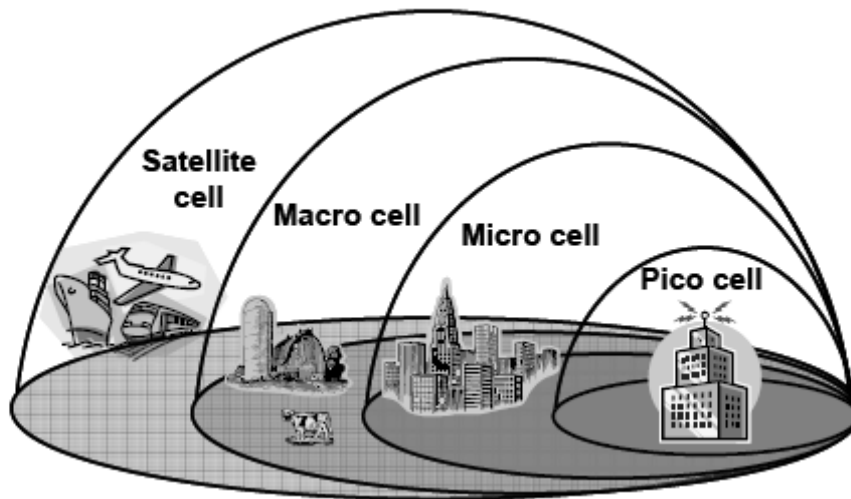
Το EDGE είναι μια τεχνολογία η οποία στηρίχτηκε στο GPRS και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή υπηρεσιών πολυμέσων (multimedia services) [228]. Μπορεί να μεταδώσει τόσο φωνή όσο και δεδομένα με ταχύτητες μέχρι και 384 Kbps, δηλαδή σχεδόν 3 φορές μεγαλύτερες από αυτές των δικτύων GPRS.

2.3.2.4 Η 3^η γενιά (3G)

Η τεχνολογία 3G, πέρα από τις φωνητικές επικοινωνίες, παρέχει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών π.χ. διαδραστικές υπηρεσίες πολυμέσων (interactive multimedia services), βιντεοτηλεφωνία (video telephony) και υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο διαδίκτυο. Το Ευρωπαϊκό πρότυπο 3G καλείται Universal Mobile Telephone Standard (UMTS) και στηρίζεται σε μια τεχνολογία ραδιοπρόσβασης που καλείται πολλαπλή πρόσβαση ευρείας ζώνης με διαίρεση κώδικα (Wideband Code Division Multiple Access - WCDMA). Η υψηλή ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων είναι κατάλληλη για εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real-time applications) και εφαρμογές με αυστηρούς χρονικούς περιορισμούς (time-critical applications).

Το UMTS λειτουργεί με μια ιεραρχική δομή κυψελών (cell structure) (Σχήμα 6), η οποία αποτελείται από διαφορετικούς τύπους κυψελών [228]:

- *Pico cells*: Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων στα pico cells, είναι έως 2048 Kbps, εφόσον η συσκευή παραμένει σε μια γεωγραφική περιοχή που δεν ξεπερνά τα 50 μέτρα σε διάμετρο κάλυψης π.χ. σε ένα κτίριο.
- *Micro cells*: Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων φτάνει τα 384 Kbps σε ένα εύρος 50-350 μέτρα.



Σχήμα 6: Ιεραρχική δομή κυψελών στο UMTS [226]

- *Macro cells:* Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων φτάνει τα 144 Kbps σε ένα εύρος από 350 μέτρα έως 20 χιλιόμετρα.
- *Satellite cells:* Το UMTS υποστηρίζει υπηρεσίες περιαγωγής (universal roaming) και παρέχει παγκόσμια κάλυψη. Για το λόγο αυτό εκτός των επίγειων συστημάτων χρησιμοποιούνται και δορυφορικά συστήματα [228]. Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων στα satellite cells είναι 9.6 Kbps.

2.3.2.5 Η επερχόμενη 4^η γενιά (4G)

Η αναμενόμενη τεχνολογία 4G θα είναι ο διάδοχος της 2.5G και 3G τεχνολογίας και αναμένεται να προσφέρει [226]:

- Διαφανή περιαγωγή ανάμεσα σε 2.5G, 3G και WLAN, ώστε η κινητή συσκευή να αναγνωρίζει αυτόματα την παρουσία δικτύου υψηλότερου εύρους ζώνης και αυτόματα να συνδέεται σε αυτό. Αυτή η αλλαγή του δικτύου θα συμβαίνει χωρίς την διακοπή των υπαρχουσών συνδέσεων. Έτσι η τεχνολογία WLAN, η οποία είναι μια συμπληρωματική προς τα κινητά δίκτυα

τεχνολογία, θα μπορεί να γίνει ένα αναπόσπαστο μέρος του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

- Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων αναμένεται να αγγίζει και ενδεχομένως να ξεπεράσει τα 100 Mbps. Το γεγονός αυτό θα επιτρέψει την παροχή εφαρμογών με υψηλές απαιτήσεις δεδομένων π.χ. ζωντανή μετάδοση βίντεο.
- Οι τεχνολογίες 2G και 2.5G αναμένεται να συνεχίσουν να υφίστανται, από τη στιγμή που τα δίκτυα 3G/UMTS δεν αναμένεται να καλύψουν όλες τις γεωγραφικές περιοχές [55].

2.3.3 Συμπληρωματικές τεχνολογίες για τη μετάδοση δεδομένων

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε δύο πρότυπα για την μετάδοση δεδομένων τα οποία αν και δεν χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων σε φορητές συσκευές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αυτόν τον σκοπό. Επίσης θα περιγράψουμε μια τεχνολογία αυτόματης αναγνώρισης και πρόσκτησης δεδομένων.

2.3.3.1 Ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks - WLAN)

Η τεχνολογία WLAN χρησιμοποιείται για ασύρματη επικοινωνία σε τοπικά δίκτυα (LAN) και θεωρητικά παρέχει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 54 Mbps [143], στην πράξη όμως οι ταχύτητες ανέρχονται σε 20 Mbps (το νεώτερο πρωτόκολλο 802.11n δίνει θεωρητική ταχύτητα έως 300 Mbps και σε πρακτικό επίπεδο ταχύτητα έως 150 Mbps). Τα περισσότερα WLAN συστήματα στηρίζονται σε ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε από το Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) και χρησιμοποιεί την, ελεύθερη για χρήση (unlicensed), συχνότητα 2.4 GHz. Το σημείο

σύνδεσης της ασύρματης συσκευής (π.χ. laptop) παρέχεται από τα σημεία πρόσβασης (access points, γνωστά και σαν hotspots), τα οποία είναι συνδεδεμένα στο τοπικό δίκτυο. Το WLAN συνήθως έχει μέγιστο εύρος κάλυψης 100-300 μέτρα.

Το βασικότερο μειονέκτημα των WLAN είναι πως δεν είναι δυνατή η μεταπομπή (handover) μιας δικτυακής σύνδεσης μεταξύ δύο σημείων πρόσβασης. Αυτό σημαίνει πως η σύνδεση (και η εκάστοτε μεταφορά δεδομένων που είναι σε εξέλιξη), διακόπτονται όταν ο χρήστης βγει εκτός της εμβέλειας ενός WLAN και εισέλθει στην εμβέλεια ενός άλλου. Εξ αιτίας αυτού του μειονεκτήματος των WLAN δεν φαίνεται αυτή λύση να είναι μια βιώσιμη σε mobile telecommunication standards, όπως το UMTS. Όμως μπορεί να λειτουργήσει σαν ένα συμπληρωματικό standard του UMTS όπου οι συνδρομητές θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το WLAN [253] για εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις σε όγκο δεδομένων ενώ βρίσκονται εκτός γραφείου ή σπιτιού.

2.3.3.2 Bluetooth

Το Bluetooth είναι μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία φορητών συσκευών και PC. Έχει καθιερωθεί σαν ένα χρήσιμο εργαλείο του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, το οποίο εξυπηρετεί διάφορες επιχειρηματικές ανάγκες όπως οι κινητές πληρωμές και η άμεση προώθηση προϊόντων (direct marketing). Οι κύριοι λόγοι για την επιτυχία του Bluetooth είναι [226]:

- Επιτρέπει την δημιουργία ad-hoc networks.
- Επιτρέπει την μετάδοση φωνής και δεδομένων.
- Μια συσκευή Bluetooth μπορεί να επικοινωνήσει με οποιαδήποτε άλλη συσκευή Bluetooth.

- Επιτρέπει τον συγχρονισμό δεδομένων διαφορετικών συσκευών (π.χ. μεταφορά αρχείων μουσικής ή video από το PC στη συσκευή και αντίστροφα).

Το Bluetooth λειτουργεί στην ελεύθερη συχνότητα (non-licensed frequency) των 2.4 GHz του επιχειρηματικού, ιατρικού και επιστημονικού φάσματος. Είναι μια χαμηλού κόστους αλλά και περιορισμένης εμβέλειας τεχνολογία με ακτίνα κάλυψης 10-100 μέτρων, ανάλογα με την εκπεμπόμενη ισχύ. Μια συσκευή Bluetooth μπορεί να μεταδώσει δεδομένα με ταχύτητα από 432.6 Kbps έως 724 Kbps. Η τεχνολογία Bluetooth παρέχει μηχανισμούς ασφάλειας μέσω τεχνικών αυθεντικότητας και κρυπτογράφησης με τη χρήση κρυφών κλειδιών 1, 40 και 64 bits. Έτσι θεωρείται μια υψηλής ταχύτητας, ασφαλής και χαμηλού κόστους τεχνολογία, η οποία απαιτεί χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (low energy-consuming technology) και έτσι είναι κατάλληλη για τις κινητές συσκευές παρά την περιορισμένη της εμβέλεια [32].

2.3.3.3 Radio Frequency Identification – (RFID)

Η τεχνολογία *Ασύρματης Αναγνώρισης μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification-RFID)* [194] είναι μια τεχνολογία αυτόματης αναγνώρισης και πρόσκτησης δεδομένων, η οποία χρησιμοποιεί τις ραδιοκυματικές συχνότητες. Τα δύο βασικά συστατικά της τεχνολογίας RFID είναι οι ετικέτες *RF (RF tags)* και οι *αναγνώστες RF (RF scanners)*, οι οποίοι είναι ικανοί να σαρώσουν αυτόματα τις ετικέτες. Όταν οι ετικέτες βρίσκονται μέσα στο πεδίο κάλυψής των αναγνωστών, μπορούν να μεταδώσουν τις πληροφορίες που φέρουν σε ένα κεντρικό υπολογιστή, ο οποίος διαθέτει μια κατάλληλη εφαρμογή λογισμικού.

Οι ετικέτες αποτελούνται από ένα πηνίο κεραίας, μέσα σε μια θήκη από γυαλί ή πλαστικό, συγκολλημένο σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. Μπορούν να

λειτουργήσουν σε συχνότητες 100-500KHz, 1-15MHz και 0,85-5,8 GHz. Οι ετικέτες ταξινομούνται σε:

- i) *Ενεργές Ετικέτες Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (Active RFID Tags):*
τροφοδοτούνται από μία εσωτερική μπαταρία, η οποία τους επιτρέπει να έχουν ενσωματωμένο αναμεταδότη και έτσι έχουν μεγάλο εύρος κάλυψης.
- ii) *Παθητικές Ετικέτες Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (Passive RFID Tags):*
λειτουργούν χωρίς ενσωματωμένη πηγή ισχύος, λαμβάνοντας την απαραίτητη ενέργεια από τη συσκευή ανάγνωσης. Έτσι εκπέμπουν την πληροφορία που είναι αποθηκευμένη σε αυτές μόνο όταν βρεθούν στο εύρος ανάγνωσης ενός αναγνώστη ραδιοσυχνοτήτων.
- iii) *Ημι-παθητικές Ετικέτες Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (Semi-passive RFID Tags):* έχουν ενσωματωμένη πηγή ισχύος, ωστόσο για την εκπομπή της αποθηκευμένης σε αυτές πληροφορίας χρησιμοποιούν και την ενέργεια που λαμβάνουν κατά την διάρκεια εισαγωγής τους στο πεδίο μιας συσκευής ανάγνωσης.

Η τεχνολογία RFID έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, συμπεριλαμβάνοντας τον εντοπισμό της θέσης ατόμων και προϊόντων, την πληρωμή διοδίων, την ενεργοποίηση αισθητήρων που βρίσκονται ενσωματωμένοι στις ετικέτες, την παρακολούθηση αποθεμάτων, την ενίσχυση της αγοραστικής εμπειρίας στο κατάστημα [137], την προστασία κατά των κλοπών και τις δυναμικές πολιτικές εμπορικής προώθησης.

2.3.3.4 Κινητό internet

Στις υποενότητες 2.3.2 και 2.3.3 περιγράψαμε τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για μετάδοση φωνής και δεδομένων. Ωστόσο τα μεταδιδόμενα δεδομένα θα πρέπει να παρουσιαστούν στην κινητή συσκευή του χρήστη με μία κατάλληλη και απλή διεπαφή χρήστη. Σε αυτή την παράγραφο θα περιγράψουμε δύο προγραμματιστικά

πρότυπα για τη δόμηση και την εμφάνιση των δεδομένων στην κινητή συσκευή και συγκεκριμένα το WAP και το i-mode

2.3.3.4.1 Wireless Application Protocol (WAP)

Το WAP είναι ένα ανοικτό (open) και καθολικό πρότυπο το οποίο παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1998 (WAP 1.0). Έχει αναπτυχθεί από το WAP Forum, μια κοινοπραξία εταιρειών/ηγετών στο χώρο της κατασκευής κινητών τηλεφώνων συμπεριλαμβανομένων των Ericsson, Motorola και Nokia. Ο στόχος του WAP ήταν η δημιουργία των προδιαγραφών για την ανάπτυξη εφαρμογών οι οποίες θα μπορούσαν να λειτουργήσουν με τη βοήθεια των ασύρματων δικτύων επικοινωνίας (mobile telecommunications networks) και να μεταδώσουν περιεχόμενο internet στις κινητές συσκευές ανεξάρτητα από την τεχνολογία μετάδοσης που χρησιμοποιούν τα δίκτυα μετάδοσης [226].

Οι εφαρμογές WAP [186] μπορούν να συνταχθούν με τη βοήθεια της Wireless Mark-up Language (WML), μια γλώσσα που μοιάζει με την Hypertext Mark-up Language (HTML). Η WML μπορεί να λειτουργήσει με τους περιορισμούς που θέτουν οι κινητές συσκευές (π.χ. μικρή οθόνη, περιορισμένες δυνατότητες εισαγωγής δεδομένων, συνδέσεις μικρού εύρους και περιορισμένοι επεξεργαστικοί και αποθηκευτικοί πόροι). Μια πύλη WAP λειτουργεί σαν διερμηνευτής (interpreter) ανάμεσα στην κινητή συσκευή και στον εξυπηρετή ιστού (web server) και είναι η συσκευή η οποία κωδικοποιεί και αποκωδικοποιεί την πληροφορία, μεταφράζοντας αιτήσεις και περιεχόμενο από HTTP/HTML σε WAP/WML, ούτως ώστε ο εξυπηρετής και η κινητή συσκευή να μπορούν να επικοινωνήσουν [226].

Η νέα έκδοση του WAP, το WAP 2.0, ορίζει μια νέα προγραμματιστική γλώσσα την “Extensible Hypertext Mark-up Language Mobile Profile” (XHTMLMP), η οποία είναι βασισμένη στην HTML και υποστηρίζει τόσο το WAP

όσο και το i-mode. Το βασικότερο πλεονέκτημα του WAP είναι η ανοικτή φύση του, το οποίο το καθιστά ελκυστικό τόσο για τους προγραμματιστές όσο και για τους παρόχους εφαρμογών.

2.3.3.4.2 The i-mode

Η ιαπωνική εταιρεία κινητής τηλεφωνίας NTT DoCoMo (NTT) εισήγαγε το i-mode το 1999 σαν ένα ανοικτό πρότυπο (open standard) βασισμένο στη προγραμματιστική γλώσσα iHTML (i-mode compatible HTML). Είναι βασισμένο στην τεχνολογία δικτύων μεταγωγής πακέτων και έτσι είναι συμβατό με τις τεχνολογίες GPRS και UMTS επιτρέποντας έτσι ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών τύπου *άντλησης* (pull) καθώς και υπηρεσιών *προώθησης* (push) [226]. Οι συμβατοί με i-mode ιστοχώροι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- *Ιστοχώροι περιεχομένου από επίσημους παρόχους:* Οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι ενσωματωμένες στο μενού i-mode και μπορούν να προσπελαστούν κάνοντας κλικ σε ένα αντικείμενο του μενού. Οι πάροχοι περιεχομένου πληρώνουν μια προμήθεια στην NTT για τη συγκέντρωση των χρεώσεων των λογαριασμών των χρηστών.
- *Ιστοχώροι περιεχομένου από ανεπίσημους παρόχους:* Αυτοί οι ιστοχώροι μπορούν να προσπελαστούν πληκτρολογώντας τη διεύθυνση στον κινητό browser, όπως και στους συνήθεις ιστοχώρους. Αυτοί οι πάροχοι πρέπει να έχουν δικό τους μηχανισμό συγκέντρωσης των χρεώσεων για τις υπηρεσίες που παρέχουν.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του i-mode σε σχέση με το WAP είναι:

- Οι επίσημοι πάροχοι δεν είναι υποχρεωμένοι να αναπτύξουν τον δικό τους μηχανισμό πληρωμών και πληρώνουν σχετικά χαμηλή προμήθεια.

- Η iHTML έχει αναπτυχθεί σαν ένα υποσύνολο της HTML έτσι ώστε το περιεχόμενο του internet να μπορεί να μεταφερθεί στο i-mode με τα λιγότερα προβλήματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του προγραμματιστικού κόστους. Ωστόσο η XHTMLMP, -γλώσσα η οποία παρουσιάστηκε στο WAP 2.0 και βασίζεται στην HTML- αναιρεί αυτό το πλεονέκτημα καθώς είναι συμβατή τόσο με το WAP όσο και με το i-mode.

Το κυριότερο μειονέκτημα του i-mode είναι ότι απαιτεί ειδικές συσκευές που να είναι συμβατές με το i-mode [226]. Η κλειστή (proprietary) φύση των υπηρεσιών i-mode, είναι ο άλλος λόγος που το i-mode δεν έχει επεκταθεί σε ευρεία κλίμακα έξω από την Ιαπωνία.

2.3.4 Τεχνικές εντοπισμού θέσης

Η γνώση της ακριβούς θέσης των φορητών συσκευών, των φορητών αντικειμένων και των χρηστών, πολλές φορές είναι εξαιρετικά χρήσιμη για τις εφαρμογές του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Εφαρμογές που μπορούν να αξιοποιήσουν αυτή την πληροφορία είναι ενδεικτικά η κινητή διαφήμιση, η διαχείριση στόλου, η ιχνηλάτηση αντικειμένων και οι βασισμένες στη θέση υπηρεσίες πληροφόρησης (π.χ. για την ανεύρεση του πλησιέστερου εστιατορίου, θεάτρου ή χώρου στάθμευσης αυτοκινήτων).

Εξαιτίας της σπουδαιότητας της θέσης (location) των συσκευών, των χρηστών και των αντικειμένων στο κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο, κρίνεται σκόπιμο να συζητηθούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι τεχνικές προσδιορισμού θέσης που διατίθενται σήμερα. Αυτές οι τεχνικές συμπεριλαμβάνουν i) τις βασιζόμενες σε δορυφόρους, ii) τις βασιζόμενες σε κυψελωτά δίκτυα, iii) τις βασιζόμενες σε ασύρματα δίκτυα και iv) τις βασιζόμενες σε συστήματα RFID, όπως αναλυτικά περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

- GPS and Assisted GPS (A-GPS)*: Αυτή είναι μια τεχνική εντοπισμού θέσης για φορητές συσκευές και καλείται έτσι διότι η φορητή συσκευή είναι το κύριο μέσο για τον προσδιορισμό της θέσης του χρήστη και στηρίζεται στο Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού - Global Positioning System (GPS). Το GPS αποτελείται από 24 δορυφόρους τοποθετημένους σε τροχιά 20.000 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της γης, οι οποίοι μεταδίδουν κωδικοποιημένα σήματα. Το GPS-λήπτης, το οποίο είναι ενσωματωμένο στη φορητή συσκευή, χρησιμοποιεί αυτά τα σήματα προκειμένου να προσδιορίσει τις γεωγραφικές του συντεταγμένες – *γεωγραφικό μήκος, πλάτος και ύψος*- με ακρίβεια 10 μέτρων ή και λιγότερο. Η συσκευή GPS πρέπει να έχει καθαρή οπτική επαφή με τουλάχιστον 4 δορυφόρους ώστε να μπορεί να υπολογίσει τη θέση της. Στην Assisted GPS τεχνική, ο πάροχος της κινητής τηλεφωνίας (mobile network provider) μπορεί, με τη βοήθεια ενός εξυπηρετή-βοηθού, να βοηθήσει τη συσκευή κατευθύνοντας την να «κοιτάζει» σε συγκεκριμένους δορυφόρους. Στη συνέχεια ο εξυπηρετή-βοηθός συλλέγει δεδομένα από τη συσκευή, προκειμένου να εκτελέσει σύνθετους υπολογισμούς για τον προσδιορισμό της θέσης της συσκευής, τους οποίους η ίδια η συσκευή δεν μπορεί να εκτελέσει λόγω της περιορισμένης υπολογιστικής της ισχύος.
- GPS εσωτερικού χώρου (Indoor GPS)*: Το Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Εσωτερικού Χώρου (Indoor Global Positioning System) έχει αναπτυχθεί εξαιτίας του γεγονότος ότι το δορυφορικό GPS δεν είναι διαθέσιμο σε εσωτερικούς χώρους, διότι το σήμα είναι πολύ αδύναμο για να διεισδύσει σε κτίρια. Το σήμα από ένα GPS *εσωτερικού χώρου* εκπέμπεται από ένα πλήθος από «ψεύδο-δορυφόρους» και είναι παρόμοιο με το δορυφορικό σήμα GPS [258].

- *Ταυτοποίηση κυψέλης (Cell Identification) ή Κυψέλη προέλευσης (Cell of Origin - COO)*: Αυτή η μέθοδος αναφέρεται ως *βασισζόμενη στο δίκτυο*, διότι χρησιμοποιείται το ασύρματο δίκτυο προκειμένου να προσδιοριστεί η θέση της συσκευής. Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στο γεγονός ότι ο πάροχος κινητής τηλεφωνίας έχει τη δυνατότητα να προσδιορίζει με προσέγγιση τη θέση της κινητής συσκευής, μέσω της κυψέλης (cell) που χρησιμοποιεί η συσκευή σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Μεγαλύτερη ακρίβεια για τον προσδιορισμό της θέσης μπορεί να επιτευχθεί με τις μεθόδους *Angle of Arrival (AOA)* και *Time of Arrival (TOA)* [88].
- *Wireless Local Area Networks (WLANs)*: Σε ένα περιβάλλον WLAN, η θέση μια φορητής συσκευής καθορίζεται από τη θέση του σημείου πρόσβασης στο δίκτυο (access point of the connection) [236].
- *Radio Frequency Identification (RFID)*: Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο [194], η θέση μιας συσκευής, ενός αντικειμένου ή ενός χρήστη που φέρει μια ετικέτα RFID, μπορεί να προσδιοριστεί από τη θέση του σταθερού αναγνώστη (stationary reader) που συλλαμβάνει τα σήματα που εκπέμπει η ετικέτα RFID.

2.4 Σύνοψη

Για τη διεξαγωγή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου απαιτείται η εμπλοκή ενός μεγάλου αριθμού επιχειρηματικών οντοτήτων, γεγονός που υπαγορεύει την κρισιμότητα τόσο της συνεργασίας τους όσο και της ικανοποίησης των αναγκών τους. Τα οφέλη από τη λειτουργία μιας εφαρμογής ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να εξεταστούν για καθέναν από τους εμπλεκόμενους που θα παίξουν κύριο ρόλο στην λειτουργία της εκάστοτε εφαρμογής, ώστε να μεγιστοποιηθεί το αναμενόμενο όφελος από τη χρήση της.

Ταυτόχρονα, για την λειτουργία μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι διαθέσιμη μια πληθώρα τεχνολογιών η οποία θα πρέπει να αξιολογηθεί και να επιλεγεί κατά περίπτωση προσεκτικά, προκειμένου να υποστηρίξει αποτελεσματικά τις εκάστοτε εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Σε περιπτώσεις που απαιτείται η λειτουργία των εφαρμογών σε ανομοιογενή δίκτυα και συσκευές, θα πρέπει να διασφαλιστεί πως τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της εφαρμογής ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά όλων αυτών των δικτύων και των συσκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εφαρμογές Κινητού Ηλεκτρονικού Εμπορίου

3.1 Εισαγωγή

Αφού περιγράψαμε συνοπτικά τις τεχνολογίες που εμπλέκονται στη διεξαγωγή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου στο προηγούμενο κεφάλαιο, θα συνεχίσουμε με την περιγραφή των κατηγοριών των εφαρμογών που προσφέρονται σήμερα και κάνουν χρήση αυτών των τεχνολογιών. Έτσι σε αυτό το κεφάλαιο, θα επισκοπήσουμε ένα πλήθος εφαρμογών που προσφέρονται σήμερα, ομαδοποιημένες ανά είδος εμπορικής δραστηριότητας και θα τις κατηγοριοποιήσουμε χρησιμοποιώντας σαν κριτήριο τις τεχνολογίες που εμπλέκονται στη λειτουργία τους.

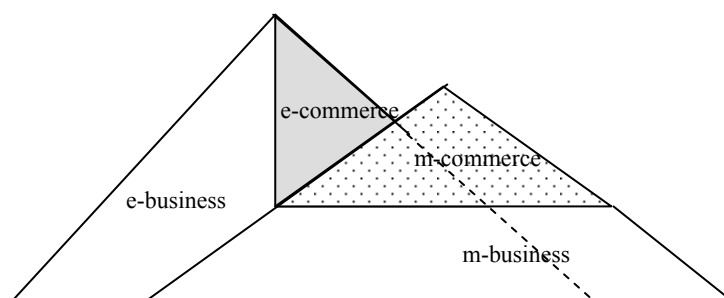
Εξετάζοντας τη φύση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου αποκτούμε μια πιο σαφή εικόνα για το είδος των υπηρεσιών που μπορούν να προσφερθούν μέσα από αυτές. Επιπρόσθετα ομαδοποιώντας τις σε κατηγορίες, κατανοούμε τις τεχνολογικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία τους. Αυτό θα μας επιτρέψει να λάβουμε υπόψη όλους τους σχετικούς παράγοντες κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης της μεθοδολογίας ανάπτυξής τους και του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής τους.

3.2 Οι Κατηγορίες Εφαρμογών Κινητού Ηλεκτρονικού

Εμπορίου και Κινητού Ηλεκτρονικού Επιχειρείν

Όπως ακριβώς το ηλεκτρονικό επιχειρείν (e-business) είναι μια ευρεία έννοια, η οποία περιλαμβάνει το ηλεκτρονικό εμπόριο (e-commerce) [238], έτσι και το κινητό

επιχειρείν (m-business) περιλαμβάνει το κινητό εμπόριο (m-commerce) και επιπρόσθετα τέμνεται με το ηλεκτρονικό επιχειρείν, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7: Η θέση του κινητού επιχειρείν

Το κινητό επιχειρείν, εκτός του κινητού εμπορίου, περιλαμβάνει και άλλες δραστηριότητες όπως το φορητό γραφείο (mobile office), τη φορητή/απομακρυσμένη ιατρική (mobile medicine), τη φορητή/απομακρυσμένη μάθηση (mobile learning) κ.λπ. Στην παρούσα διατριβή, αν και θα περιοριστούμε μόνο στις εφαρμογές του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, θα παραθέσουμε μια σύντομη περιγραφή σχετικά με το πώς η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να επεκταθεί σε εφαρμογές κινητού επιχειρείν (κεφάλαιο 8) και κατά συνέπεια σε αυτό το κεφάλαιο αναφερόμαστε συνοπτικά και στις εφαρμογές κινητού επιχειρείν.

Αν και η λίστα με τις πιθανές εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν είναι δυνητικά ιδιαίτερα εκτενής, κάτω από τα μοντέλα *Επιχείρηση προς Επιχείρηση* (B2B) και *Επιχείρηση προς Καταναλωτή* (B2C), σε αυτό το κεφάλαιο θα συζητήσουμε μόνο τις σημαντικές κατηγορίες αυτών των εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών εφαρμογών (mobile financial applications), των εφαρμογών προώθησης προϊόντων (mobile advertising applications), των εφαρμογών αγορών (mobile shopping applications) και κάποιες άλλες κατηγορίες (Πίνακας 1), με περισσότερες λεπτομέρειες.

Κατηγορίες εφαρμογών κινητού επιχειρείν	
Εφαρμογές	Παραδείγματα υπηρεσιών
Κινητές εφαρμογές οικονομικού τομέα	Κινητή τραπεζική Κινητές χρηματοπιστηριακές υπηρεσίες Κινητές πληρωμές
Κινητή διαφήμιση	Άμεση προώθηση προϊόντων (με επίγνωση περιβάλλουσας κατάστασης) Κινητά ενημερωτικά δελτία (newsletters)
Κινητές αγορές	Κινητές λιανικές πωλήσεις Κινητή πώληση εισιτηρίων Κινητές υπηρεσίες κρατήσεων Κινητές δημοπρασίες
Κινητή πληροφόρηση	Τρέχουσες οικονομικές, αθλητικές, ειδησεογραφικές και ταξιδιωτικές πληροφορίες
Κινητή διασκέδαση	Κατέβασμα μουσικής και ήχων κλήσης Κατέβασμα βίντεο και ψηφιακών εικόνων
Κινητή διαχείριση στόλου-αποθέματος	Παρακολούθηση οχημάτων και αγαθών
Κινητή ολοκλήρωση εφοδιαστικής αλυσίδας	Διαχείριση προϊόντων και υπηρεσιών
Κινητές εφαρμογές διαχείρισης σχέσεων με πελάτες (CRM)	Αυτοματισμοί για ομάδες πωλήσεων Διαχείριση εταιρικών επαφών

Πίνακας 1: Εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν

3.2.1 Κινητές εφαρμογές οικονομικού τομέα

Οι κινητές εφαρμογές οικονομικού τομέα (mobile financial applications) είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά μέρη του κινητού εμπορίου και αποτελεί ένα νέο κανάλι παροχής υπηρεσιών στους οικονομικούς οργανισμούς. Αυτό το νέο κανάλι δίνει τη δυνατότητα στους οικονομικούς οργανισμούς να παρέχουν υπηρεσίες μεγαλύτερης προστιθέμενης αξίας και ταυτόχρονα να μειώσουν το λειτουργικό κόστος τους. Αυτές οι εφαρμογές συμπεριλαμβάνουν την κινητή τραπεζική (mobile banking), τις κινητές χρηματιστηριακές υπηρεσίες (mobile brokerage services) και τις κινητές πληρωμές (mobile payments).

- Κινητή τραπεζική: Οι απλούστερες μορφές λύσεων κινητής τραπεζικής, δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το υπόλοιπο του λογαριασμού τους μέσω ενός αιτήματος που αποστέλλεται με SMS, είτε έπειτα από μια φωνητική κλήση μέσω ενός διαδραστικού συστήματος απόκρισης σε φωνή (Interactive Voice Response – IVR system). Υπάρχουν βέβαια και πιο σύνθετες τραπεζικές υπηρεσίες που προσφέρονται μέσα από το ασύρματο διαδίκτυο [156]. Οι πελάτες μπορούν να παρακολουθούν το λογαριασμό τους και τις συναλλαγές της πιστωτικής τους κάρτας, να μεταφέρουν κεφάλαια από λογαριασμό σε λογαριασμό και να εξοφλούν λογαριασμούς μέσα από μία διεπαφή βασισμένη σε μενού [102]. Επιπρόσθετα μπορούν να πληροφορηθούν τις ισοτιμίες συναλλάγματος, τα τρέχοντα επενδυτικά επιτόκια και να ενημερωθούν για νέα επενδυτικά προϊόντα. Επίσης μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικές με επαγγελματικά, καταναλωτικά και οικογενειακά δάνεια, όπως και να πληροφορηθούν για τις θέσεις των πλησιέστερων σε αυτούς μηχανών

αυτόματης ανάληψης μετρητών (ATMs) και των τραπεζικών υποκαταστημάτων.

- *Κινητές χρηματιστηριακές υπηρεσίες:* Ολοένα και περισσότερες χρηματιστηριακές εταιρείες κινούνται προς την παροχή κινητών χρηματιστηριακών υπηρεσιών, καθώς συνειδητοποιούν τις ευκαιρίες που προσφέρονται για να διαφοροποιηθούν από τον ανταγωνισμό και προκειμένου να προσελκύσουν νέους πελάτες [150]. Οι επενδυτές, είτε επαγγελματίες είτε ιδιώτες, μπορούν να διεξάγουν τις επενδυτικές τους δραστηριότητες ενώ βρίσκονται έξω από το γραφείο ή το σπίτι. Οι κινητές χρηματιστηριακές υπηρεσίες προσφέρουν λειτουργίες όπως: λήψη μηνυμάτων για τις μεταβολές των τιμών των μετοχών, δυνατότητα για αγορά και πώληση μετοχών, options, αμοιβαίων κεφαλαίων και άλλων επενδυτικών προϊόντων, καθώς και επισκόπηση και διαγραφή παραγγελιών, όπως επίσης και λήψη μηνυμάτων κατά την εκτέλεση μιας παραγγελίας και τη διαχείριση του χαρτοφυλακίου [168].
- *Κινητές πληρωμές:* Μια από τις ενδιαφέρουσες εφαρμογές του κινητού εμπορίου είναι οι κινητές πληρωμές [84], [125]. Αυτές ταξινομούνται στις *μικροπληρωμές* (micropayments) –για πληρωμές μέχρι 10 ευρώ- και στις *μακροπληρωμές* (macropayments) για μεγαλύτερα ποσά. Επιπρόσθετα διακρίνονται σε *επιτόπιες* (proximity payments) και *απομακρυσμένες* (remote payments) πληρωμές, ανάλογα με το αν η πληρωμή λαμβάνει χώρα στο σημείο της πώλησης, ή από απόσταση και με την παρεμβολή ενός δικτύου φορητής και ασύρματης επικοινωνίας, αντίστοιχα [102]. Οι *μικροπληρωμές* στο σημείο πώλησης περιλαμβάνουν αγορές μικρής αξίας από καταστήματα και περίπτερα, όπως αναψυκτικά, τσιγάρα, γρήγορο φαγητό και στιγμιαίες

φωτογραφίες. Ένα παράδειγμα απομακρυσμένης μικροπληρωμής αποτελεί η αγορά περιεχομένου μέσω φορητών συσκευών όπως ring tones, logos, παιχνιδιών και πληροφοριών. Παραδείγματα επιτόπιας μακροπληρωμής είναι οι πληρωμές υπηρεσίας αυτόματου πλυσίματος αυτοκινήτου, υπηρεσίας στάθμευσης αυτοκινήτου, ταξί, αγορών λιανικής και εστιατορίου. Παράδειγμα απομακρυσμένων μακροπληρωμών αποτελούν η αγορά υλικών προϊόντων και υπηρεσιών. Ένας χαρακτηριστικός τρόπος για την χρέωση στις κινητές πληρωμές είναι η προσθήκη του ποσού της χρέωσης στον μηνιαίο λογαριασμό του κινητού τηλεφώνου, χωρίς πρόσθετη επιβάρυνση του χρήστη με έξοδα εγγραφής στην αντίστοιχη υπηρεσία. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα χρέωσης του αντίστοιχου ποσού της παρεχόμενης υπηρεσίας ή του αγοραζόμενου προϊόντος στον λογαριασμό της πιστωτικής κάρτας του χρήστη [61]. Μια άλλη δυνατότητα πληρωμής είναι η απευθείας χρέωση του τραπεζικού λογαριασμού του πελάτη ή ενός ειδικού λογαριασμού ο οποίος χρησιμοποιείται μόνο για πληρωμές μέσω φορητών συσκευών για λόγους ασφάλειας. Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα, για τις πληρωμές στο σημείο πώλησης (POS), να πραγματοποιούνται μέσω της τεχνολογίας Bluetooth [160]. Η ηλεκτρονική πληρωμή μπορεί να φορτωθεί σε μια φορητή συσκευή και να μεταφερθεί στη μηχανή πώλησης μέσω ενός δικτύου προσωπικής επικοινωνίας (personal area network).

Οι μικρο-πληρωμές (micro-payments) δύναται να ολοκληρωθούν με το ακόλουθο σενάριο:

- Ο χρήστης πλησιάζει μια μηχανή πώλησης και στέλνει ένα μήνυμα μέσω ενός κινητού τηλεφώνου στον τηλεφωνικό αριθμό της μηχανής και επιλέγει το προϊόν που επιθυμεί να αγοράσει.

- Το μήνυμα φτάνει στον εξυπηρέτη που φιλοξενείται από τον διαχειριστή του ασύρματου δικτύου ή από έναν τρίτο εταίρο.
- Ο εξυπηρέτης ταυτοποιεί τον χρήστη και ελέγχει τον λογαριασμό του.
- Όταν προσδιοριστεί ο χρήστης, ο εξυπηρέτης στέλνει ένα μήνυμα πίσω στη μηχανή πώλησης δίνοντας εντολή να εξυπηρετήσει την αίτηση.
- Η χρέωση του προϊόντος ενσωματώνεται στον μηνιαίο λογαριασμό του χρήστη.

3.2.2 Κινητή διαφήμιση

Οι εφαρμογές κινητής διαφήμισης (mobile advertising) παραδίδουν στους καταναλωτές πληροφορίες προώθησης προϊόντων χρησιμοποιώντας κινητά τηλέφωνα και PDAs [191]. Οι διαφημίσεις μπορούν να σταλούν μέσω SMS ή MMS για διάφορους χώρους ενδιαφέροντος στην εγγύτητα του χρήστη (καταστήματα, εστιατόρια, πολυκαταστήματα), χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο ασύρματης επικοινωνίας [30]. Όταν υπάρχει επικοινωνία Wi-Fi ή Bluetooth, οι διαφημίσεις μπορούν να σταλούν με τη μορφή ενημερωτικών μηνυμάτων (notification messages) [1]. Επιπρόσθετα, οι διαφημίσεις μπορούν να σταλούν σε όλους τους χρήστες μιας συγκεκριμένης περιοχής ή σε χρήστες με συγκεκριμένα ενδιαφέροντα και επιθυμίες, ανεξάρτητα από την τρέχουσα θέση τους [145]. Αυτός ο τρόπος προώθησης μηνυμάτων διαφήμισης είναι γνωστός με τον όρο μέθοδος διαφήμισης τύπου προώθησης (“push”).

Επιπρόσθετα υπάρχει η μέθοδος διαφήμισης τύπου άντλησης (“pull”), η οποία επιτρέπει στο χρήστη να αιτείται σελίδες οι οποίες περιέχουν ενσωματωμένη πληροφορία σχετικά με ένα προϊόν ή υπηρεσία για την οποία ενδιαφέρεται ο χρήστης. Οι διαχειριστές δικτύων κινητής επικοινωνίας βρίσκονται σε μια εξαιρετικά πλεονεκτική θέση που τους επιτρέπει να εκμεταλλευτούν την κινητή διαφήμιση και

αυτό διότι γνωρίζουν τα δημογραφικά στοιχεία του χρήστη, την τρέχουσα θέση του και τις αγοραστικές του συνήθειες –αν διαθέτουν κάποια πύλη- και έτσι μπορούν να επιτύχουν πιο στοχευμένη διαφήμιση.

Υπάρχουν τέσσερα βασικά σημεία τα οποία διαφοροποιούν την κινητή προώθηση προϊόντων από τις πιο παραδοσιακές μορφές προώθησης προϊόντων. Μια κινητή προώθηση προϊόντων:

- *εμπεριέχει τη συγκατάθεση του χρήστη*: σε αντίθεση με το μοντέλο διακοπής (interruption model) που χαρακτηρίζει τη διαφήμιση μέσω τηλεόρασης, την απ' ευθείας προώθηση προϊόντων και άλλες μορφές μαζικής προώθησης προϊόντων, στην κινητή προώθηση προϊόντων ο χρήστης παρέχει τη συγκατάθεσή του προκειμένου να λαμβάνει διαφημίσεις.
- *είναι στοχευόμενη (targeted)*: οι εκάστοτε προσφορές και διαφημίσεις μπορούν να προσαρμοστούν στα δεδομένα του κάθε μεμονωμένου χρήστη και έπειτα από την σύμφωνη γνώμη του να χρησιμοποιηθούν πληροφορίες για αυτόν και τις συνήθειες του.
- *είναι “ζωντανή” (“live”)*: δεδομένων των δυνατοτήτων των κινητών τηλεφώνων, οι απαντήσεις και αντιδράσεις των καταναλωτών σε συγκεκριμένες προσφορές μπορούν να τύχουν επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο [188].
- *είναι αμφίδρομη (two-way)*: με τη χρήση των κινητών τηλεφώνων, οι καταναλωτές μπορούν όχι μόνο να απαντήσουν σε συγκεκριμένες προσφορές αλλά και να ζητήσουν συγκεκριμένες πληροφορίες ή να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους (π.χ. προσφορές κάποιας συγκεκριμένης κατηγορίας ή μάρκας), όπως επίσης να μοιραστούν πληροφορίες με άλλους χρήστες κινητών τηλεφώνων.

3.2.3 Κινητές αγορές

Οι κινητές αγορές περιλαμβάνουν τη λιανεμπορική (retailing), τα εισιτήρια (tickets) και τις δημοπρασίες (auctions):

- *Λιανεμπορική (Mobile Retailing)*: Πολλοί κατασκευαστές επιτρέπουν στους πελάτες τους i) να αγοράσουν προϊόντα κάνοντας χρήση των κινητών τηλεφώνων και των PDAs, και ταυτόχρονα ii) να κάνουν γρήγορες αναζητήσεις για προϊόντα, iii) να συγκρίνουν τιμές, iv) να παραγγέλλουν και να παρακολουθούν την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η παραγγελία τους [233]. Βιβλία, CDs και είδη σούπερ μάρκετ [137] είναι τα καθημερινά προϊόντα που αγοράζει ο χρήστης και τα οποία γνωρίζει πολύ καλά και απλώς χρειάζεται ένα εργαλείο για να τα παραγγείλει. Έτσι μπορεί να αγοράσει προϊόντα στον ελεύθερο χρόνο του, ανεξάρτητα από τις ώρες λειτουργίας των καταστημάτων και τη γεωγραφική θέση στην οποία βρίσκεται [168].
- *Εισιτήρια (Mobile Ticketing)*: Μια από τις πιο δημοφιλείς υπηρεσίες που παρέχονται μέσω φορητών συσκευών είναι η αγορά εισιτηρίων. Ο χρήστης μπορεί να προμηθευτεί εισιτήρια μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιώντας μηνύματα SMS ή MMS [164]. Το ηλεκτρονικό εισιτήριο μπορεί να περιλαμβάνει συνοπτικές πληροφορίες σχετικές με την συναλλαγή –το όνομα του καταναλωτή, τον αριθμό των ατόμων που ταξιδεύουν, το μέσο πληρωμής, την ώρα αναχώρησης και την ώρα άφιξης, κ.λπ. Πιθανές εφαρμογές των κινητών εισιτηρίων συμπεριλαμβάνουν: i) τις μεταφορές (αεροπλάνα, τρένα, πλοία, λεωφορεία, τραμ), ii) τις κοινωνικές εκδηλώσεις (συναυλίες, θέατρα, μουσεία, αθλητικές εκδηλώσεις) και iii) άλλες επιχειρήσεις (γυμναστήρια, solarium, spa).

- *Κρατήσεις (Mobile Reservations)*: Οι κρατήσεις μέσω φορητών συσκευών είναι μια από τις πιο δημοφιλείς υπηρεσίες του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Οι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το κινητό τους τηλέφωνο προκειμένου να έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρονικό σύστημα κρατήσεων ξενοδοχείων και εστιατορίων, να ελέγχουν τις τιμές και τη διαθεσιμότητα και τέλος να πραγματοποιούν ή να τροποποιούν μια κράτηση.
- *Δημοπρασίες (Mobile Auctions)*: Οι φορητές συσκευές παρέχουν το ιδανικό περιβάλλον για δημοπρασίες και πολλοί οίκοι δημοπρασιών (όπως το eBay που διεξάγει δημοπρασίες online) έχουν επεκτείνει τις δραστηριότητες τους στα ασύρματα περιβάλλοντα. Ο βασικός λόγος για αυτήν την επέκταση είναι το γεγονός ότι οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να συνεχίσουν να συμμετέχουν σε μια δημοπρασία ακόμα και αν δεν βρίσκονται μπροστά σε ένα PC. Επιπρόσθετες δυνατότητες που μπορούν να παρέχονται από τις κινητές δημοπρασίες, εκτός της υποβολής προσφορών (του «χτυπήματος») για τα προσφερόμενα αντικείμενα, είναι η ανεύρεση τιμών, η προβολή εικόνων του αντικειμένου της δημοπρασίας και ο έλεγχος της λίστας της δημοπρασίας.

3.2.4 Κινητή παροχή πληροφοριών

Όπως και στο διαδίκτυο, υπάρχει τεράστια ποσότητα πληροφοριών που μπορούν να προσφερθούν χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές. Αυτές μπορεί να παρέχονται με τη μορφή ενός SMS ή ενός MMS ή μπορούν να προσφερθούν μέσα από τις πύλες κινητής πληροφόρησης. Δύναται να αφορούν, νέα για τα διάφορα αθλήματα, ή το πρόγραμμα των σινεμά, των θεάτρων, της τηλεόρασης, και του ραδιοφώνου, καθώς και λεπτομέρειες για τα δρομολόγια των τρένων, των λεωφορείων και των αεροπλάνων [227].

3.2.5 Κινητή διασκέδαση

Οι διαθέσιμες ψηφιακές υπηρεσίες διασκέδασης και η αύξηση του εύρους ζώνης επικοινωνίας επιτρέπει στους χρήστες να αγοράσουν παιχνίδια, μουσική και video [112] μέσω των φορητών και ασύρματων συσκευών.

3.2.6 Κινητή διαχείριση στόλου-αποθέματος

Αυτή η κατηγορία εφαρμογών περιλαμβάνει την καταγραφή της τρέχουσας θέσης (tracking) διαφόρων προϊόντων, οχημάτων μεταφοράς προϊόντων και ακόμα και ανθρώπων [237]. Η καταγραφή της τρέχουσας θέσης των προϊόντων επιτρέπει στους προμηθευτές να καθορίσουν με ακρίβεια τον χρόνο παράδοσής στους πελάτες και να βελτιώσουν τις υπηρεσίες που προσφέρουν. Η καταγραφή της εκάστοτε τρέχουσας θέσης των μεταφορικών οχημάτων και των ανθρώπων μπορεί να αξιοποιηθεί για αποτελεσματικότερη διαχείριση του στόλου των μεταφορικών οχημάτων (fleet management). Ένα άλλο παράδειγμα είναι το «just-in-time delivery» εξαρτημάτων σε ένα εργοστάσιο συναρμολόγησης που στηρίζεται στο ρυθμό κατανάλωσης των υπαρχόντων εξαρτημάτων.

3.2.7 Κινητή ολοκλήρωση εφοδιαστικής αλυσίδας

Η ολοκλήρωση (integration) των επιχειρηματικών διαδικασιών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain) είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την αποτελεσματικότητα του εμπορίου. Επιπρόσθετα, η ακριβής και έγκαιρη πληροφόρηση των εμπορικών στελεχών που βρίσκονται εκτός γραφείου είναι κρίσιμη για την επιτυχία μιας επιχείρησης. Με την ασύρματη επικοινωνία υπάρχει η δυνατότητα για έναν αντιπρόσωπο φαρμακευτικών ειδών για παράδειγμα, να ελέγχει την διαθεσιμότητα ενός προϊόντος στην αποθήκη, να παραγγέλλει συγκεκριμένα προϊόντα ή να έχει ασφαλή πρόσβαση σε οικονομικά στοιχεία από ένα σύστημα

διαχείρισης και σχεδιασμού πόρων επιχειρήσεων [Enterprise Resource Planning (ERP) system] [237].

3.2.8 Κινητές εφαρμογές διαχείρισης σχέσεων με πελάτες

Οι ασύρματες επικοινωνίες και η κινητή πρόσβαση επιτρέπει την επέκταση του εύρους των συστημάτων Διαχείρισης της Σχέσης με τον Πελάτη (Customer Relationship Management – CRM systems) έξω από την εταιρεία [207], στους εργαζομένους και στις συνεργαζόμενες εταιρείες (partners). Μια από τις πιο ελκυστικές λειτουργίες των κινητών εφαρμογών διαχείρισης σχέσεων με πελάτες είναι ο αυτοματισμός στις διαδικασίες των ομάδων πωλήσεων (sales force automation). Κρίσιμα δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν από τους πωλητές ενώ βρίσκονται στο δρόμο, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών επαφών (contact management information), στοιχείων παραγγελιών και διαθεσιμότητας προϊόντων.

3.3 Αρχιτεκτονικές Εφαρμογών Κινητού Ηλεκτρονικού

Εμπορίου

Διάφορες τεχνολογικές παράμετροι, π.χ. οι συσκευές, τα δίκτυα και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο θα υλοποιηθεί μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Ανάλογα με τις τεχνολογίες που εμπλέκονται στην υλοποίηση και την λειτουργία τους [14], οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες [32], [214]: i) *άμεσης σύνδεσης με το διαδίκτυο* (online web) ή *βασισμένες σε εφαρμογές πλοήγησης* (browser-based), ii) *ενημέρωσης* (notification), iii) *ασύγχρονες* (asynchronous) ή *βασισμένες στον εξυπηρετούμενο* (client-based) και iv) *εφαρμογές φωνής* (voice applications). Μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου μπορεί να αναπτυχθεί με έναν μόνο από τους παραπάνω τρόπους ή με συνδυασμό τους.

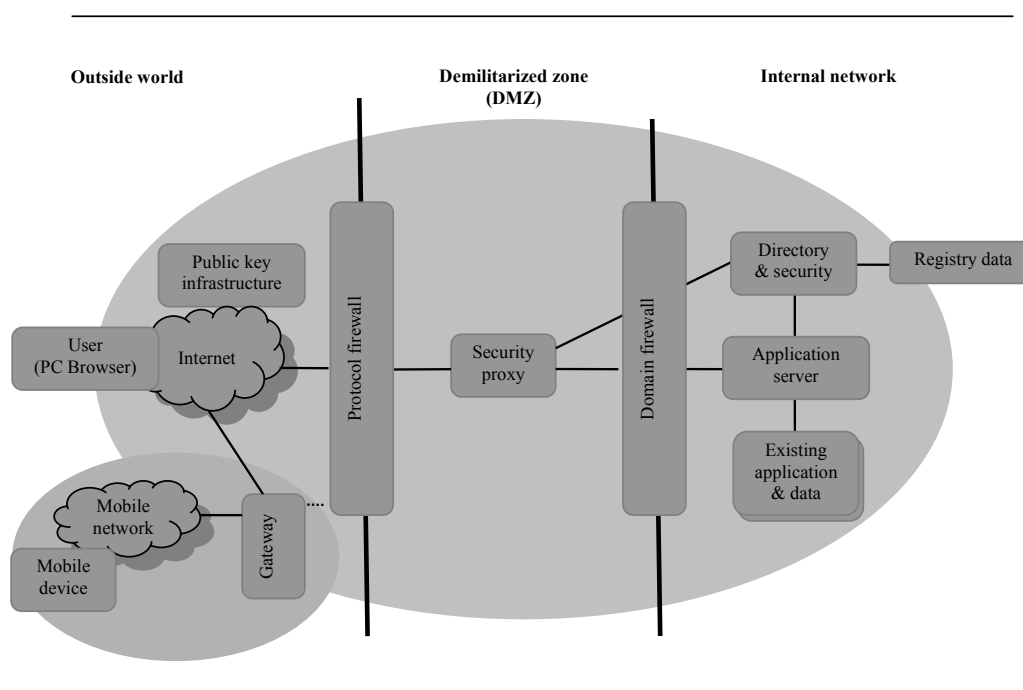
3.3.1 Εφαρμογές άμεσης σύνδεσης με το διαδίκτυο

Οι εφαρμογές άμεσης σύνδεσης με το διαδίκτυο παράγουν τη διεπαφή χρήστη στον εξυπηρέτη, η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται στη φορητή συσκευή και παρουσιάζεται με γραφικό τρόπο στον χρήστη με τη βοήθεια ενός προγράμματος πλοήγησης. Παραδείγματα εφαρμογών άμεσης σύνδεσης με το διαδίκτυο είναι οι υπηρεσίες που βασίζονται στο WAP και στο i-mode. Το κύριο πλεονέκτημα των εφαρμογών που βασίζονται σε εφαρμογές πλοήγησης είναι ότι η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται αποκλειστικά στον εξυπηρέτη, συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη για επιπρόσθετο λογισμικό ή σημαντική επεξεργαστική ισχύ στη φορητή συσκευή. Επιπρόσθετα, δεν απαιτούνται από τους χρήστες ειδικές ικανότητες και γνώση της τεχνολογίας προκειμένου να εγκαταστήσουν την εφαρμογή στη συσκευή τους. Εκτός από τις προαναφερθείσες υπηρεσίες WAP και i-mode, οι οποίες είναι ειδικά σχεδιασμένες για κινητά τηλέφωνα, υπάρχει η δυνατότητα για χρήση των τυπικών υπηρεσιών με άμεση σύνδεση με το διαδίκτυο, μέσω συσκευών που προσομοιάζουν σε υπολογιστές, όπως είναι τα PDAs. Η διεπαφή χρήστη των κλασικών υπηρεσιών διαδικτύου (που υλοποιείται συνήθως μέσω HTML), προσφέρεται σε μια τροποποιημένη μορφή ώστε να μπορεί να εμφανιστεί στη μικρή, σε μέγεθος οθόνη των PDAs.

Οι βασισμένες σε προγράμματα πλοήγησης εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου είναι δημοφιλείς για τις εταιρείες, διότι δεν απαιτούν επιπρόσθετο μεγάλο κόστος τεχνικής υποδομής και για τους καταναλωτές διότι είναι γνώστες της χρήσης αυτού του μοντέλου εφαρμογών. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των εφαρμογών που είναι βασισμένες σε προγράμματα πλοήγησης είναι ότι είναι προσπελάσιμες μόνο από συγκεκριμένους τύπους φορητών συσκευών π.χ. PDAs. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι πως ο χρήστης θα πρέπει να προετοιμάσει τη συναλλαγή ενώ είναι συνδεδεμένος με

το δίκτυο, αυξάνοντας έτσι το κόστος χρήσης του δικτύου. Η πρόοδος της τεχνολογίας για υλοποίηση εφαρμογών ιστού χωρίς άμεση σύνδεση (offline web applications [246]) αναμένεται να αμβλύνει τις επιπτώσεις του συγκεκριμένου μειονεκτήματος, εισάγοντας όμως πρόσθετο κόστος υλοποίησης για τους παρόχους υπηρεσιών.

Η αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου έχει κοινά στοιχεία με την αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής ηλεκτρονικού εμπορίου, η οποία είναι μια τυπική αρχιτεκτονική τριών επιπέδων. Σε αυτή τη διάταξη (Σχήμα 8):



Σχήμα 8: Εφαρμογές με άμεση σύνδεση [214]

- Το *μετωπικό τείχος προστασίας (protocol firewall)* μεριμνά ώστε οι χρήστες του διαδικτύου να έχουν πρόσβαση στην *αποστρατικοποιημένη ζώνη (demilitarized zone – DMZ)* ανάλογα με την εξουσιοδότησή τους – τυπικά μόνο στους αντιπροσώπους υπηρεσιών διαδικτύου (web server), ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και μεταφοράς αρχείων που βρίσκονται εκεί.

Αυτό υλοποιείται επιτρέποντας την πρόσβαση σε συγκεκριμένες δικτυακές θύρες και αποκλείοντας την πρόσβαση σε άλλες δικτυακές θύρες.

- Ο *αντιπρόσωπος ασφάλειας (security proxy)* είναι διαχωρισμένος από τον εξυπηρέτη εφαρμογών και είναι τοποθετημένος στην αποστρατικοποιημένη ζώνη. Είναι υπεύθυνος να δρομολογεί τις αιτήσεις στον εξυπηρέτη εφαρμογών διαδικτύου (και τυχόν σε άλλους εξυπηρέτες). Το πλεονέκτημα χρήσης του αντιπροσώπου ασφάλειας είναι πως επιτρέπει την μεταφορά του εξυπηρέτη εφαρμογών και όλης της επιχειρηματικής λογικής της εφαρμογής πίσω από το εταιρικό τείχος προστασίας (domain firewall). Ο αντιπρόσωπος ασφάλειας εκτελεί δύο λειτουργίες. Πρώτον “συλλαμβάνει” (intercepts) τις εισερχόμενες αιτήσεις και μετασχηματίζει τα διαπιστευτήρια των χρηστών (users credentials) σε μία μορφή που είναι κατάλληλη για τον τελικό εξυπηρέτη εφαρμογών. Δεύτερον διαχειρίζεται τη δρομολόγηση των αιτήσεων σε διακριτούς εξυπηρέτες εφαρμογών, ανάλογα με τη διαμόρφωση της τοπολογίας του δικτύου.
- Το *εταιρικό τείχος προστασίας (domain firewall)* εμποδίζει τους μη εξουσιοδοτημένους χρήστες, οι οποίοι εισήλθαν από την αποστρατικοποιημένη ζώνη, να αποκτήσουν πρόσβαση στο εσωτερικό δίκτυο. Ο ρόλος αυτού του τείχους προστασίας είναι να διασφαλίσει ότι μόνο αιτήσεις που ξεκινούν από το διαδίκτυο και διήλθαν νομότυπα από την αποστρατικοποιημένη ζώνη (και υποβλήθηκαν στους κατάλληλους ελέγχους και μετασχηματισμούς) θα φτάσουν τελικά στο εταιρικό δίκτυο.
- Ο *εξυπηρέτης εφαρμογών (application server)* εκτελεί την εφαρμογή η οποία υλοποιεί την επιχειρηματική λογική και επικοινωνεί με τα συστήματα βάσεων

δεδομένων και ενδεχομένως με άλλα εσωτερικά (back-end) πληροφοριακά συστήματα.

- Ο εξυπηρέτης ασφάλειας (*security server*) παρέχει πληροφορίες για τους χρήστες και τα επίπεδα πρόσβασης που έχουν αυτοί στις εφαρμογές. Αυτός ο εξυπηρέτης παρέχει τις υπηρεσίες ασφάλειας, π.χ. την υπηρεσία αυθεντικοποίησης (*authentication*). Οι πληροφορίες που αντλούνται από τα καταχωρημένα δεδομένα περιλαμβάνουν τις ταυτότητες χρηστών (*user ids*), τα συνθηματικά (*passwords*), τα πιστοποιητικά (*certificates*), τις ομάδες πρόσβασης (*access groups*), κ.λπ.
- Εσωτερικά συστήματα (*back-end systems*) και βάσεις δεδομένων, είναι τα εσωτερικά πληροφοριακά συστήματα του οργανισμού και οι βάσεις δεδομένων-αποθηκευτικοί χώροι όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα, αντίστοιχα.
- Δικτυακή πύλη (*gateway*): Οι διαφορετικές συσκευές που χρησιμοποιούν οι χρήστες ενδέχεται να χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και γλώσσες παρουσίασης των δεδομένων (*presentation languages*) και ενδέχεται να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά εμφάνισης (*display characteristics*). Για τον λόγο αυτό πολλές φορές απαιτείται η υλοποίηση μιας δικτυακής πύλης (*gateway*) η οποία θα συνδέσει τα ανομοιογενή δίκτυα και τις διάφορες φορητές συσκευές (Σχήμα 8).

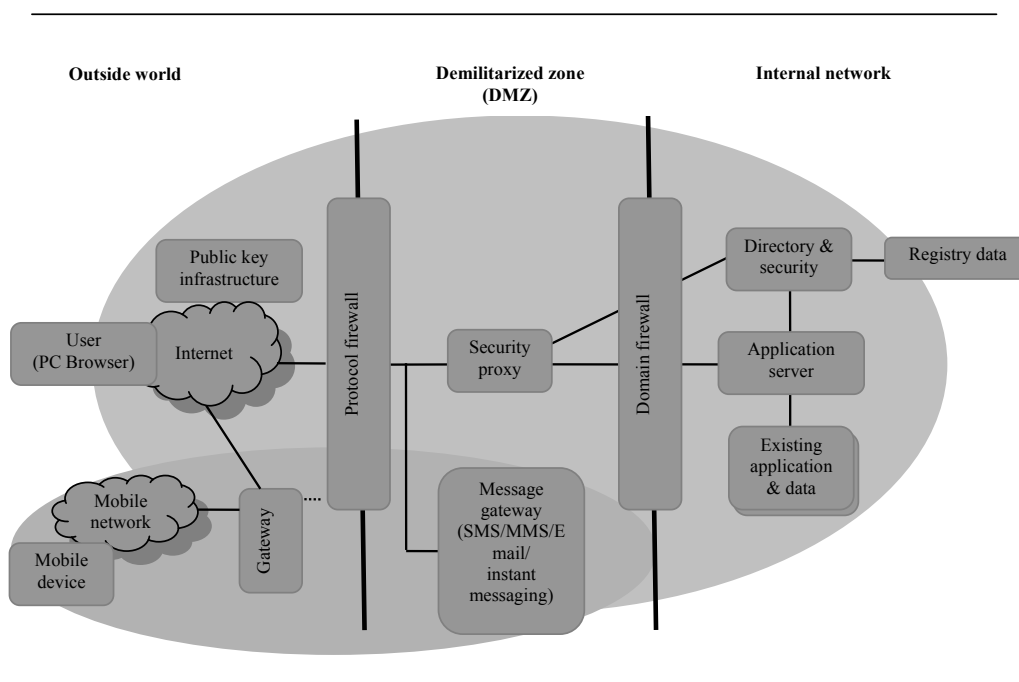
Μια κοινή υλοποίηση της βασισμένης σε εφαρμογές πλοήγησης τοπολογίας αποτελείται από μια συσκευή με υποστήριξη WAP, η οποία λειτουργεί στην περιοχή κάλυψης ενός δικτύου κινητής επικοινωνίας (*mobile cellular network*) και μια δικτυακή πύλη που περιλαμβάνει ένα λογισμικό πύλης WAP [212]. Η πύλη WAP είναι υπεύθυνη για τον μετασχηματισμό μιας αίτησης WAP σε μία αίτηση HTTP με

τελικό προορισμό μια εφαρμογή ιστού και αντίστροφα για τη μετατροπή μιας σελίδας HTML σε σελίδα WML (Wireless Markup Language) κατά την αποστολή περιεχομένου στη φορητή συσκευή [14]. Αυτή η πύλη μπορεί να υλοποιηθεί από τον διαχειριστή του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και να συνδεθεί στο κοινόχρηστο διαδίκτυο. Αυτός ο τρόπος υλοποίησης είναι ο πιο συνηθισμένος και είναι πολύ σημαντικός για τον πάροχο ασύρματων υπηρεσιών για την παροχή υπηρεσιών στους συνδρομητές του (subscribers). Αυτός ο τρόπος υλοποίησης φαίνεται στο Σχήμα 8 σαν μια συμπαγής γραμμή. Εναλλακτικά η υλοποίηση της πύλης μπορεί να γίνει από τον «πάροχο λύσεων κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου» (m-commerce solution provider) όπου το κινητό δίκτυο παρέχει μια απευθείας σύνδεση σε αυτή τη δικτυακή πύλη και δεν απαιτείται η ανάμειξη του δημόσιου διαδικτύου. Αυτή η επιλογή παρουσιάζεται στο Σχήμα 8 σαν μια διακεκομμένη γραμμή. Αυτός ο τρόπος υλοποίησης της δικτυακής πύλης είναι κατάλληλος για την παροχή υπηρεσιών στα άτομα μιας επιχείρησης που χρειάζονται κινητή πρόσβαση σε υπηρεσίες του εταιρικού δικτύου.

3.3.2 Λειτουργία πληροφόρησης

Η *λειτουργία πληροφόρησης (notification mode)* επιτρέπει την υλοποίηση ηλεκτρονικού εμπορίου με την μορφή μηνυμάτων πραγματικού χρόνου (real-time messages) ή ειδοποιήσεων (alerts) στις φορητές συσκευές (Σχήμα 9). Αυτά τα μηνύματα πυροδοτούνται όταν λάβει χώρα ένα συγκεκριμένο προκαθορισμένο γεγονός π.χ. όταν εκτελεστεί μια συναλλαγή σε έναν λογαριασμό του χρήστη. Εναλλακτικά αυτά τα μηνύματα μπορούν να αποστέλλονται σαν απάντηση/επιβεβαίωση σε μηνύματα/αιτήματα του χρήστη. Για παράδειγμα ένα μήνυμα ενός χρήστη μπορεί να περιλαμβάνει μια οδηγία για διενέργεια μιας συναλλαγής ή ένα αίτημα για πληροφόρηση της κατάσταση ενός τραπεζικού

λογαριασμού [226]. Η επικοινωνία με μηνύματα μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:



Σχήμα 9: Λειτουργία πληροφόρησης [214]

- Άμεσα μηνύματα (instant messages): είναι τεχνολογία επικοινωνίας η οποία επιτρέπει την πραγματικού χρόνου επικοινωνία μέσω internet, με αποστολή μηνυμάτων κειμένου.
- SMS: Το Short Message Service επιτρέπει την ανταλλαγή μηνυμάτων κειμένου και είναι διαθέσιμο σε κινητά δίκτυα επικοινωνίας GSM, GPRS και UMTS [117]. Ο χρήστης στέλνει ένα κατάλληλα διαμορφωμένο SMS με προκαθορισμένες εντολές για κάποια από τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Ο εξυπηρετής εφαρμογών λαμβάνει το μήνυμα, το αποκωδικοποιεί και εκτελεί τις οδηγίες/εντολές του μηνύματος, εφόσον το αίτημα προέρχεται από εξουσιοδοτημένο χρήστη. Η χρήση της τεχνολογίας SMS είναι ιδανική επιλογή για την προώθηση της πληροφορίας σε επικοινωνία ένας-προς-έναν ή ένας-προς-πολλούς. Οι υπηρεσίες SMS μπορούν να προσφερθούν τόσο με τη

μέθοδο άντλησης, όσο και με τη μέθοδο προώθησης όπως αναφέραμε πιο πάνω.

- MMS: Το Multimedia Message Service επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων που περιέχουν αντικείμενα πολυμέσων (multimedia objects - εικόνες, ήχο, βίντεο, εμπλουτισμένο κείμενο) και είναι διαθέσιμο σε κινητά δίκτυα επικοινωνίας GPRS και UMTS [117]. Ο τρόπος επικοινωνίας είναι παρόμοιος με την επικοινωνία με SMS. Η μόνη διαφορά έγκειται στο εκτεταμένο εύρος και την ποιότητα των υπηρεσιών τύπου προώθησης π.χ. χρηματιστηριακά διαγράμματα, πληροφορίες προϊόντων και προσφορές.

Προκειμένου να είναι αποτελεσματική η διεξαγωγή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με λειτουργία πληροφόρησης, θα πρέπει να υπάρχει κάλυψη δικτύου και ο χρήστης να είναι συνεχώς συνδεδεμένος (“always on”). Στο Σχήμα 9 φαίνεται πώς η λειτουργία πληροφόρησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση μιας λύσης κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Η *πύλη μηνυμάτων (message gateway)* εγκαθίσταται προκειμένου να παρέχει τα διαφορετικά επίπεδα επικοινωνίας μηνυμάτων (messaging communication stacks), να εκτελεί τη διαχείριση ουρών μηνυμάτων (message queue management) και τη διαχείριση συμβάντων ειδοποίησης (notification event management).

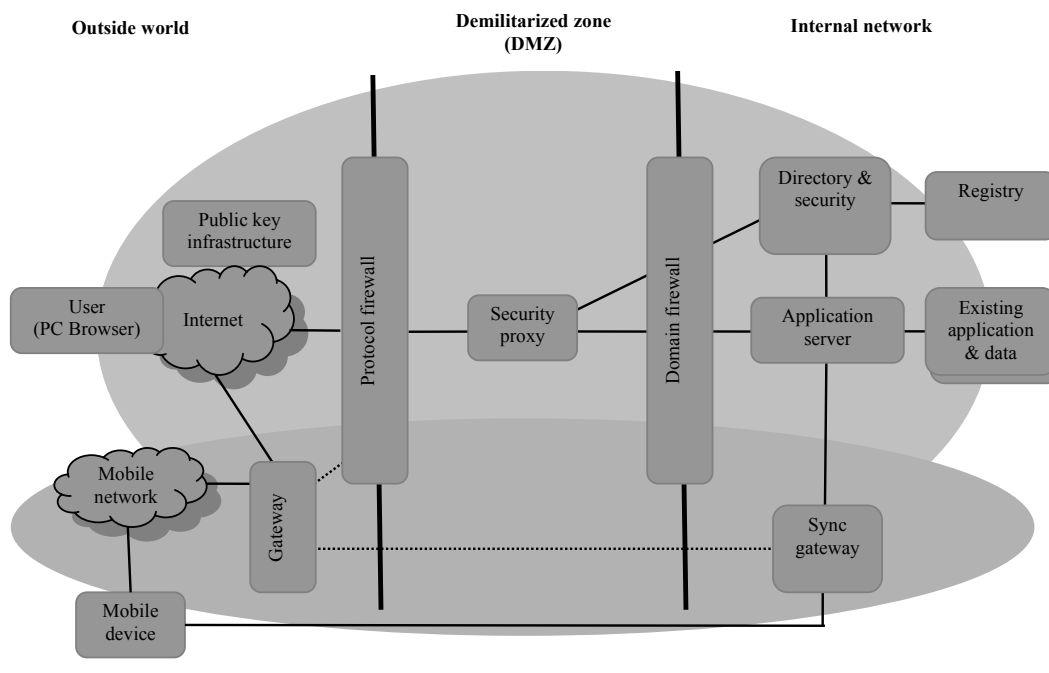
3.3.3 Ασύγχρονη λειτουργία ή λειτουργία βασισμένη στον εξυπηρετούμενο

Οι βασισμένες στον εξυπηρετούμενο εφαρμογές είναι αυτές που απαιτούν την εγκατάσταση λογισμικού στη φορητή συσκευή. Οι συναλλαγές μπορούν να προετοιμαστούν χωρίς άμεση σύνδεση (offline) με εισαγωγή όλων των απαραίτητων λεπτομερειών. Όταν όλα τα απαραίτητα δεδομένα έχουν εισαχθεί, γίνεται σύνδεση με τον εξυπηρετή και μεταδίδονται τα δεδομένα. Η μετάδοση των δεδομένων προς τον

εξυπηρετή και η λήψη από τον εξυπηρετούμενο των δεδομένων του εξυπηρετή που έχουν υποστεί αλλαγές (μετά την τελευταία ενημέρωση του εξυπηρετούμενου), θα επιτρέψει τον συγχρονισμό των δεδομένων του εξυπηρετούμενου και του εξυπηρετή. Ο παραπάνω συγχρονισμός μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους [98]: i) με το μοντέλο του *τοπικού συγχρονισμού (local synchronization)* και ii) με το μοντέλο του *απομακρυσμένου συγχρονισμού (remote synchronization)*. Στο μοντέλο του *τοπικού συγχρονισμού*, ο συγχρονισμός μπορεί να επιτευχθεί μέσω μιας σύνδεσης RS232, μιας σύνδεσης USB ή μιας σύνδεσης Bluetooth, ενώ στο μοντέλο του *απομακρυσμένου συγχρονισμού*, ο συγχρονισμός μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενσύρματης ή ασύρματης δικτυακής επικοινωνίας. Συνήθως πριν την μετάδοση των δεδομένων πραγματοποιείται κάποιος έλεγχος για την ασφαλή μετάδοσή τους. Οι βασισμένες στον εξυπηρετούμενο εφαρμογές επιλέγονται διότι ένα σημαντικό τμήμα της εμπορικής συναλλαγής πραγματοποιείται χωρίς άμεση σύνδεση, μειώνοντας έτσι τον χρόνο σύνδεσης και κατά συνέπεια και το κόστος. Επίσης αυτή η δυνατότητα είναι πολύ σημαντική για τους κινητούς χρήστες σε περιπτώσεις όπου το ασύρματο δίκτυο είναι αργό ή σε περιπτώσεις όπου η ποιότητα του σήματος (wireless signal) είναι χαμηλή.

Προκειμένου να εγκατασταθεί και να εκτελεστεί μια βασισμένη στον εξυπηρετούμενο εφαρμογή στη φορητή συσκευή θα πρέπει: i) η συσκευή να έχει την κατάλληλη χωρητικότητα δίσκου, μνήμης και επεξεργαστικής ισχύος προκειμένου να μπορεί να εκτελέσει το λογισμικό και ii) το λογισμικό να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να είναι κατάλληλο για την περιορισμένη σε διαστάσεις οθόνη, τη χαμηλή επεξεργαστική ισχύ και τη μικρή χωρητικότητα δίσκου και μνήμης της συσκευής. Τα PDAs, τα έξυπνα τηλέφωνα και τα Blackberry έχουν συνήθως τις κατάλληλες δυνατότητες υλικού ώστε να τρέξουν αποτελεσματικά αυτού του είδους τις

εφαρμογές. Τα κινητά τηλέφωνα νέας γενιάς είναι επίσης εφοδιασμένα με τους κατάλληλους πόρους ώστε να διαχειριστούν το λογισμικό αυτής της κατηγορίας. Το λογισμικό εγκαθίσταται είτε στη SIM, είτε σε εξωτερική κάρτα μνήμης.



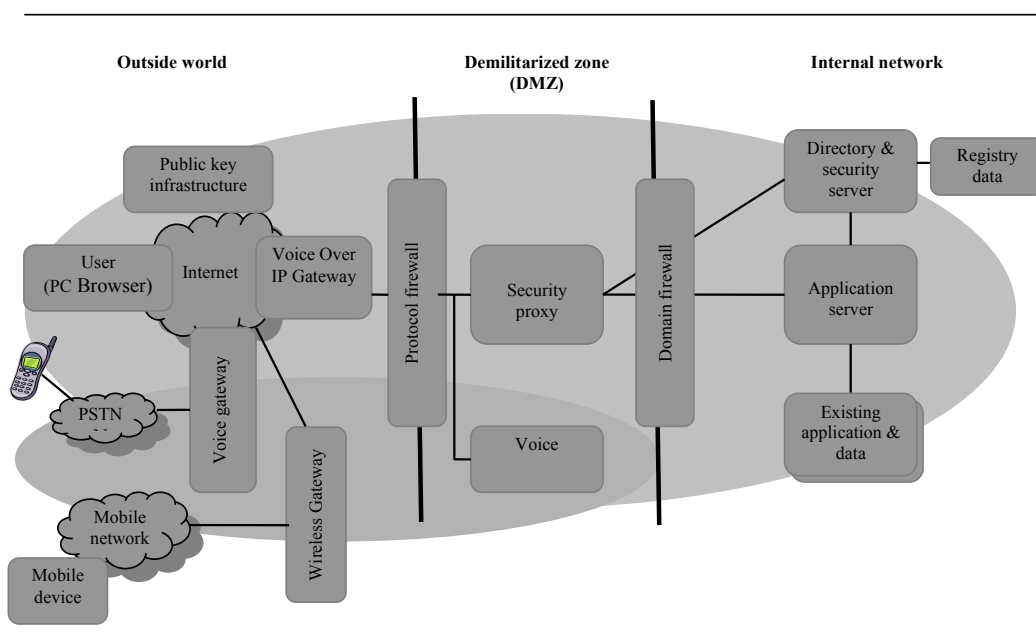
Σχήμα 10: Ασύγχρονη λειτουργία [214]

Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται η αρχιτεκτονική του ασύγχρονου τρόπου επικοινωνίας. Η φορητή συσκευή μπορεί να συγχρονιστεί με τη βοήθεια της πύλης συγχρονισμού (sync gateway) (που κρατά πληροφορίες συγχρονισμού των διάφορων φορητών συσκευών με τον εξυπηρέτη), μέσω μιας τοπικής ή απομακρυσμένης σύνδεσης.

3.3.4 Φωνητική λειτουργία

Οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την φωνητική αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής είναι αρκετά ώριμες σήμερα και ξεπερνούν τα προβλήματα του μικρού πληκτρολογίου και της μικρής οθόνης των φορητών συσκευών. Αυτές οι τεχνολογίες απεικονίζονται στο Σχήμα 11. Η πύλη φωνής πάνω από IP (Voice over IP -VoIP-

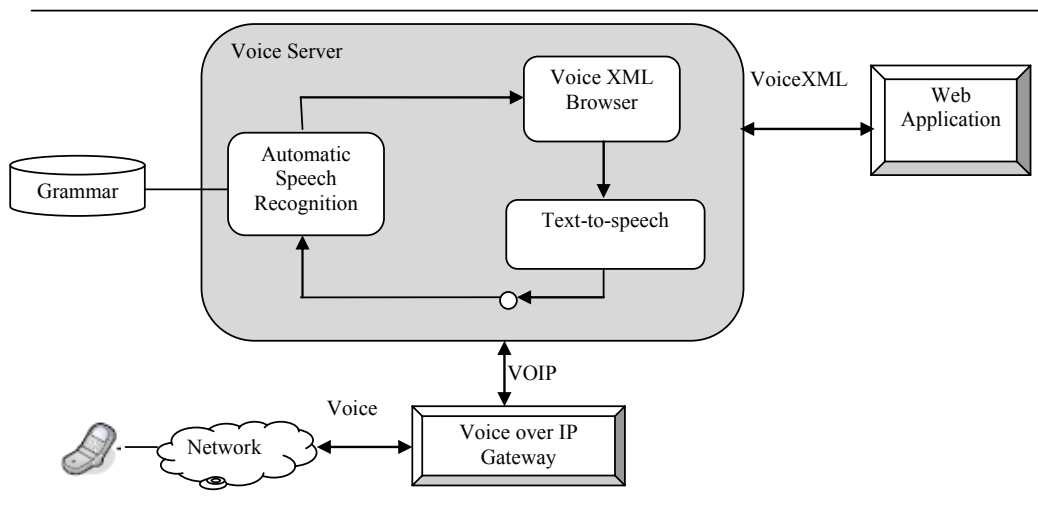
gateway) είναι ένας εξυπηρέτης ο οποίος μετασχηματίζει το αναλογικό φωνητικό σήμα σε ψηφιακό φωνητικό σήμα. Στη συνέχεια επικοινωνεί με τον εξυπηρέτη φωνής (Voice Server) και του αποστέλλει τα ψηφιακά φωνητικά σήματα σε πακέτα μέσω του διαδικτύου. Ο εξυπηρέτης φωνής, αφού μετασχηματίσει τα φωνητικά μηνύματα σε κείμενο, στέλνει αιτήσεις HTTP στον εξυπηρέτη εφαρμογών ιστού. Ο εξυπηρέτης εφαρμογών ιστού με τη σειρά του επιστρέφει απαντήσεις χρησιμοποιώντας επισημειώσεις VoiceXML, τις οποίες ο εξυπηρέτης φωνής μετατρέπει σε ρεύματα (streams) φωνής πάνω από IP και τα οποία προωθεί στην πύλη φωνής πάνω από IP. Η πύλη φωνής πάνω από IP με τη σειρά της προωθεί τα πακέτα δεδομένων είτε στην πύλη φωνητικού δικτύου, είτε στην πύλη ασύρματης επικοινωνίας ώστε τελικά να αποσταλούν στους χρήστες του σταθερού και του ασύρματου δικτύου.



Σχήμα 11: Φωνητική λειτουργία [214]

Ο φωνητικός τρόπος αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή απαιτεί υποσυστήματα αυτόματης αναγνώρισης της φωνής (Automatic Speech Recognition) και σύνθεσης φωνής από κείμενο (Text-to-Speech). Εξαιτίας όμως της περιορισμένης

επεξεργαστικής ισχύος των σημερινών φορητών συσκευών οι παραπάνω μετασχηματισμοί γίνονται στο εξυπηρέτη φωνής (Σχήμα 12).



Σχήμα 12: Εξυπηρέτης φωνής [98]

Ο εξυπηρέτης φωνής λειτουργεί ως αντιπρόσωπος του εξυπηρέτη ιστού, που μετασχηματίζει και μεταδίδει το περιεχόμενο του εξυπηρέτη ιστού σαν φωνή/ομιλία (speech) και αντίστροφα. Ο Voice XML Browser δέχεται σαν είσοδο κείμενο από την αυτόματη αναγνώριση ομιλίας (automatic speech recognition) και αποστέλλει αιτήσεις HTTP στην εφαρμογή ιστού προκειμένου να λάβει ως απόκριση το κείμενο για μια νέα φωνητική σελίδα. Λειτουργεί με αντίστοιχο τρόπο με τον HTML browser. Λέγοντας ο χρήστης φράσεις-εντολές παράγει το ίδιο αποτέλεσμα με το κλικ που θα έκανε σε έναν σύνδεσμο, μεταβαίνοντας έτσι σε μια νέα σελίδα VoiceXML.

3.4 Οδηγίες για την Ανάπτυξη Εφαρμογών Κινητού

Ηλεκτρονικού Εμπορίου

Έπειτα από i) τη μελέτη των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, που παρουσιάσαμε στις προηγούμενες ενότητες αυτού του κεφαλαίου και ii) λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλομορφία και τις ιδιαιτερότητες των τεχνολογιών που εμπλέκονται

στην ανάπτυξή τους, που συζητήσαμε στο κεφάλαιο 2, καθώς και iii) τη νέα διάσταση που προσδίδει σε αυτές τις εφαρμογές η χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας, όπως συζητήσαμε στο κεφάλαιο 1 και αναλύουμε περαιτέρω στο κεφάλαιο 4 και κινούμενοι προς την κατεύθυνση για το σχηματισμό μιας μεθοδολογίας και μιας αρχιτεκτονικής λογισμικού για αυτές τις εφαρμογές, παρουσιάζουμε μια σειρά οδηγιών που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, αφού πρώτα συνοψίσουμε τις ιδιότητες του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

3.4.1 Ζητήματα που αφορούν τη διοίκηση

- *Ιδιότητα δ1: Η χρήση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού επεκτείνεται στο χώρο και στο χρόνο.*

Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού θα πρέπει να επινοηθούν νέα και καινοτόμα services τα οποία θα επιτρέψουν στις εταιρείες να παραμείνουν σε μια ανταγωνιστική θέση στο μέλλον.

Οδηγία δ1: Οι διοικητές θα πρέπει να ενθαρρύνουν τη γέννηση νέων καινοτόμων προτάσεων για λύσεις κινητού εμπορίου.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με i) την λεπτομερή εξέταση των εφαρμογών ηλεκτρονικού εμπορίου και τις δυνατότητες που έχουν για επέκταση στο κινητό περιβάλλον, ii) την παρακολούθηση των εξελίξεων που προσφέρει η τεχνολογία, iii) τη διερεύνηση διεθνών πρακτικών και iv) την ενθάρρυνση για συζητήσεις brainstorming για καινοτόμες υπηρεσίες.

- *Ιδιότητα δ2: Μερικές φορές η ανταπόδοση της επένδυσης (the return of investment) -σε απόλυτους αριθμούς- δεν δικαιολογεί το κόστος μιας κινητής λύσης.*

Οδηγία δ2: Οι προς ανάπτυξη καινοτόμες λύσεις κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου δεν στοχεύουν μόνο στη γένεση κερδών αλλά και στη φήμη της εταιρείας, στην απόκτηση γνώσης και απόκτηση στρατηγικού πλεονεκτήματος. Είναι επίσης σημαντικό να μην βρεθεί η εταιρεία πίσω από τον ανταγωνισμό.

- *Ιδιότητα δ3: Η ανάπτυξη εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι μια σύνθετη διαδικασία στην οποία συμμετέχουν πολλοί εμπλεκόμενοι.*

Οδηγία δ3: Ο ρόλος και τα συμφέροντα καθενός από τους εμπλεκόμενους θα πρέπει να οριστούν προσεκτικά, όπως επίσης να μοιραστούν τα οφέλη σε μια διευθέτηση που εμπεριέχει κέρδη για όλους (“win-win situation”).

- *Ιδιότητα δ4: Υπάρχει σχετική έλλειψη εμπειρίας για την ανάπτυξη κινητών εφαρμογών.*

Η κινητή και ασύρματη τεχνολογία είναι σχετικά πρόσφατες, όπως επίσης πρόσφατη είναι η ανάπτυξη λύσεων κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Οδηγία δ4: Οι εταιρείες θα πρέπει να αναπτύξουν δια-επιχειρησιακές συνεργασίες κατά την ανάπτυξη λύσεων κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ώστε να αλληλοσυμπληρώνουν τις γνώσεις τους και τα ανταγωνιστικά τους πλεονεκτήματα.

3.4.2 Ζητήματα που αφορούν τη διαδικασία ανάπτυξης

- *Ιδιότητα α1: Υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος τεχνολογιών που υποστηρίζουν τον κινούμενο χρήστη.*

Οδηγία α1: Θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά και να συγκρίνονται μεταξύ τους οι εναλλακτικές τεχνολογίες που προσφέρονται και να επιλέγονται κάθε φορά τα εκάστοτε κατάλληλα εργαλεία, πλατφόρμες, πρωτόκολλα, συσκευές και δίκτυα.

- *Ιδιότητα α2: Υπάρχει έλλειψη μεγάλης εμπειρίας σχετικά με την ανάπτυξη κινητών εφαρμογών από τους σχεδιαστές και τους προγραμματιστές.*

Στα κινητά περιβάλλοντα, είναι πιο δύσκολο σε σχέση με τα παραδοσιακά περιβάλλοντα, να προσδιοριστούν οι μη αναμενόμενες δυσκολίες που απορρέουν από τη νέα τεχνολογία και τις νέες καταστάσεις που προκύπτουν.

Οδηγία α2: Κατά την ανάπτυξη συστημάτων κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να επιδιώκονται προσεγγίσεις που εμπεριέχουν ανάπτυξη πρωτοτύπων [144].

- *Ιδιότητα α3: Ο διαθέσιμος χρόνος για να βγει μια εφαρμογή στην αγορά (time to market), είναι μικρός [133].*

Η γρήγορη ανάπτυξη μιας εφαρμογής είναι εξαιρετικά κρίσιμη στα κινητά περιβάλλοντα, καθώς η τεχνολογία γρήγορα ξεπερνιέται και συχνά ισχυροί παράγοντες ανταγωνισμού πιέζουν για γρήγορες λύσεις.

Οδηγία α3: Για την ανάπτυξη συστημάτων κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να επιλέγονται προσεγγίσεις ταχείας ανάπτυξης (rapid application development).

- *Ιδιότητα α4: Η συλλογή και εκμετάλλευση της περιβάλλουσας πληροφορίας των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου καθιστά τον κώδικα πιο σύνθετο.*

Η μείξη του κώδικα για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας και του κώδικα για την προσαρμογή με τον κώδικα της κύριας εφαρμογής, καθιστά τον κώδικα της κύριας εφαρμογής πιο σύνθετο, δύσκολο να συντηρηθεί και αδύνατο να επαναχρησιμοποιηθεί.

Οδηγία α4: Κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να αναζητηθούν τεχνικές διαχωρισμού

των ασχολιών που αφορούν την περιβάλλουσα πληροφορία και την προσαρμογή (“separation of context and adaptivity concerns”) από τις λειτουργίες της κύριας εφαρμογής.

- *Ιδιότητα α5: οι κινητές εφαρμογές πρόκειται να χρησιμοποιηθούν από πολλές ανομοιογενείς συσκευές με διαφορετικές διεπαφές π.χ. φωνητική διεπαφή.*

Το κύριο θέμα μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου –σε έναν σχεδιασμό ανεξάρτητο διεπαφής– είναι οι εργασίες (tasks) και οι υποεργασίες (subtasks) οι οποίες αυτή υλοποιεί [11].

Οδηγία α5α: Η δομή μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να περιγράφεται σε όρους εργασιών και υποεργασιών [173] μαζί με τη σχετική διάταξη πλοήγησης.

Οδηγία α5β: Η επιχειρηματική λογική μίας εφαρμογής ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να υλοποιείται μέσα από διακριτές υπηρεσίες οι οποίες θα συναθροίζονται σε μία ενότητα παρουσίασης (presentation unit).

- *Ιδιότητα α6: Οι χρήστες δεν έχουν μεγάλη εμπειρία από τη χρήση εφαρμογών κινητού εμπορίου, επομένως είναι δύσκολο να προσδιορίσουν τις απαιτήσεις τους.*

Οδηγία α6: Κατά την διαδικασία συλλογής των απαιτήσεων των χρηστών, θα πρέπει να ακολουθηθούν επαναλαμβανόμενες και καθοδηγούμενες από σενάρια (scenario-driven) προσεγγίσεις.

- *Ιδιότητα α7: Το χωρο-χρονικό περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου δυσχεραίνει την αξιολόγηση των κινητών υπηρεσιών πριν δοθούν για ευρεία χρήση, δεδομένου ότι πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα ρεαλιστικό περιβάλλον δοκιμών [109].*

Οδηγία α7α: Οι δοκιμές πεδίου (field tests) και ο σχεδιασμός αξιολόγησης θα πρέπει να σχεδιασθούν και να εκτελεστούν προσεκτικά.

Οδηγία α7β: Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να εκλεπτόνονται και να προσαρμόζονται στα πραγματικά περιβάλλοντα λειτουργίας τους μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία και επαναλαμβανόμενους βρόχους ανατροφοδότησης.

3.4.3 Ζητήματα που αφορούν τους χρήστες

- *Ιδιότητα χ1: Το κοινό στο οποίο στοχεύουν οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι πολύ ευρύτερο σε σχέση με το κοινό των εφαρμογών σταθερών υπολογιστών και με έλλειψη ομοιογένειας.*

Οδηγία χ1: Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, είναι εξαιρετικά κρίσιμο το να προσδιοριστούν οι πιθανές ομάδες χρηστών-στόχοι, η ηλικία τους, η κουλτούρα τους, οι γνωσιακές τους ικανότητες, καθώς και οι ανάγκες τους για πληροφόρηση και επικοινωνία.

Οδηγία χ1β: Η ευρεία αποδοχή και χρήση των εφαρμογών του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την χρηστικότητα τους σε όρους ευκολίας εκμάθησης και χρήσης.

- *Ιδιότητα χ2: Ο χρήστης μπορεί να παρέχει περιορισμένη και διαλείπουσα προσοχή σε μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου σε μεγάλο εύρος χρόνου.*

Όταν ο χρήστης αλληλεπιδρά με την εφαρμογή συνήθως είναι απασχολημένος με άλλα ζητήματα, δεδομένου ότι πολλές φορές διεξάγει ταυτόχρονα και άλλες δραστηριότητες (π.χ. περπατάει, συνομιλεί, ψωνίζει).

Οδηγία χ2α: Η εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να είναι σαφές ότι προσφέρει υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας, όπως εξοικονόμηση χρόνου και αυξημένη αποτελεσματικότητα.

Οδηγία χ2β: Οι απλές λύσεις θα αποδειχθούν καλύτερες από τις σύνθετες λύσεις.

Οδηγία χ2γ: Θα πρέπει να εμφανίζεται στο χρήστη μόνο η πληροφόρηση που είναι χρήσιμη για την εκάστοτε λειτουργία.

Οδηγία χ2δ: Κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι απαιτούμενες ενέργειες για την επίτευξη των αποτελεσμάτων.

Οδηγία χ2ε: Θα πρέπει να διερευνάται η δυνατότητα χρήσης εύχρηστων διεπαφών χρήσης (π.χ. διεπαφών φωνής)

- *Ιδιότητα χ3: Η δραστηριότητα του κινούμενου χρήστη λαμβάνει χώρα σε “εξάρσεις” (spurts) [133].*

Οδηγία χ3: Θα πρέπει να υπάρχει μια αυστηρή αντιστοίχιση ανάμεσα στις υπηρεσίες των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και στις εργασίες που προσπαθεί να ολοκληρώσει ο χρήστης.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον προσδιορισμό των βασικών εργασιών και των υποεργασιών τις οποίες εκτελεί ο χρήστης προκειμένου να πετύχει έναν συγκεκριμένο στόχο.

- *Ιδιότητα χ4: Στα κινητά περιβάλλοντα οι συσκευές είναι συνήθως ατομικές.*
Αν και το μεγάλο εύρος των χρηστών που χρησιμοποιεί τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου υπαγορεύει “γενίκευση” (generalization), το γεγονός ότι οι φορητές συσκευές είναι προσωπικές υπαγορεύει την ανάγκη για “εξειδίκευση” (specialization).

Οδηγία χ4: Θα πρέπει να παρέχονται προσωποποιημένες υπηρεσίες, προσαρμοσμένες στις προτιμήσεις των χρηστών και στις ιδιαιτερότητες των συσκευών.

3.4.4 Ζητήματα σχετικά με την περιβάλλουσα κατάσταση

- *Ιδιότητα π1: Τα κινητά περιβάλλοντα είναι δυναμικά και η περιβάλλουσα κατάσταση αλλάζει γρήγορα.*

Οδηγία π1: Θα πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί σύλληψης και διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας προκειμένου αυτή να χρησιμοποιηθεί για την παροχή προσαρμοστικών κινητών υπηρεσιών.

- *Ιδιότητα π2: Συγκρινόμενες με τους επιτραπέζιους υπολογιστές, οι κινητές συσκευές έχουν μικρή οθόνη, περιορισμένες δυνατότητες αλληλεπίδρασης, χαμηλή επεξεργαστική ισχύ, μικρή μνήμη και περιορισμένες δυνατότητες δικτύωσης (network capabilities).*

Οδηγία π2: Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού των κινητών εφαρμογών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη θέματα σχετικά με την απόδοση και τις δυνατότητες των συσκευών και των δικτύων.

- *Ιδιότητα π3: Τα κυψελωτά δίκτυα (cellular networks) έχουν δυνατότητες καθολικής και πολλαπλής εκπομπής.*

Οδηγία π3: Μέσω των κινητών εφαρμογών μπορεί να επιτευχθεί μαζική διανομή πληροφορίας, σε χρήστες που έχουν τα ίδια ενδιαφέροντα ή που βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική θέση (π.χ. τιμές μετοχών, ή διαφημιστικά μηνύματα).

- *Ιδιότητα π4: Η ίδια εφαρμογή θα πρέπει να μπορεί λειτουργεί σε διαφορετικές συσκευές.*

Οδηγία 4: Οι κινητές εφαρμογές θα πρέπει να προσφέρουν συνεπή (consistent) λειτουργικότητα και διεπαφές χρήστη σε όλες τις διαφορετικές συσκευές που δύναται να εκτελούνται.

3.5 Συμπεράσματα

Στις κατηγορίες εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου που παρουσιάσαμε σε αυτό το κεφάλαιο και των διαθέσιμων αρχιτεκτονικών τους, μπορεί να υπαχθεί ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Οι σχεδιαστές αυτών των εφαρμογών θα πρέπει να σχεδιάσουν και να παρουσιάσουν καινοτόμες υπηρεσίες λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που το νέο φορητό περιβάλλον θέτει, αλλά και εκμεταλλευόμενοι τις μοναδικές ευκαιρίες που προσφέρει.

Δεδομένης της πολυπλοκότητας των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, η οποία προκύπτει από το πλήθος των εμπλεκόμενων, το σύνθετο και ιδιαίτερο τεχνολογικό περιβάλλον και την κινητικότητα του χρήστη, η ανάπτυξη αυτών των εφαρμογών δεν θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με έναν αυθαίρετο και κατά περίπτωση τρόπο. Αυτές οι εφαρμογές δεν θα πρέπει να αναπτυχθούν άλλοτε θεωρώντας τις σαν προέκταση των εφαρμογών ιστού και άλλοτε σαν μια ειδική μορφή της αρχιτεκτονικής εξυπηρετούμενου-εξυπηρετή προσαρμοσμένης σε ασύρματα περιβάλλοντα, αλλά με μια νέα και μεθοδολογική προσέγγιση που θα λαμβάνει υπόψη της όλους τους ιδιαίτερους παράγοντες που συναντώνται στα φορητά περιβάλλοντα. Οι οδηγίες που διατυπώθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο, με βάση τις ιδιαιτερότητες των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, θα αποτελέσουν χρήσιμη πληροφορία κατά τη διατύπωση της μεθοδολογίας ανάπτυξης και της αρχιτεκτονικής αυτών των εφαρμογών που θα συζητήσουμε στα κεφάλαια 5, 6 και 7.

Στη δημοσίευση “*Developing Mobile Commerce Applications*”, που αναφέρουμε στη σελίδα 10, έχουν συζητηθεί οι κατηγορίες των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού

εμπορίου καθώς και οι οδηγίες για την ανάπτυξη αυτών των εφαρμογών, που παρουσιάσαμε σε αυτό το κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Επίγνωση Περιβάλλουσας Κατάστασης και

Προσαρμογή

4.1 Εισαγωγή

“The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.”

Mark Weiser, 1991, [249].

Πριν περίπου δύο δεκαετίες, ο Mark Weiser περιέγραφε το όραμά του για την «πανταχού παρούσα υπολογιστική» (ubiquitous computing) [249]. Περιέγραφε την πανταχού παρούσα υπολογιστική σαν ένα καινούργιο πρότυπο όπου τα υπολογιστικά συστήματα θα ενσωματώνονταν «απρόσκοπτα» (seamlessly) στην καθημερινή ζωή των χρηστών τους. Ο Weiser πίστευε πως η τεχνολογία των υπολογιστών θα έπρεπε να είναι πανταχού παρούσα για τους ανθρώπους και τόσο φυσική, όπως συμβαίνει με μια «μη-υπολογιστική τεχνολογία» όπως π.χ. η γραφή. Στις μέρες μας, αν και δεν έχει υλοποιηθεί το όραμα του Weiser σε όλη του την έκταση, βιώνουμε μια ολοένα πιο διάχυτη και πανταχού παρούσα υπολογιστική, η οποία συναντάται και στις υπηρεσίες του ηλεκτρονικού εμπορίου. Μια από τις συνιστώσες αυτής της πανταχού παρούσας υπολογιστικής αποτελεί η επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης («context awareness»), την οποία θα μελετήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο και πάντα μέσα από το πρίσμα των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Έτσι, σε αυτό το κεφάλαιο θα συζητήσουμε θέματα σχετικά με την περιβάλλουσα κατάσταση και την επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Θα

προσδιορίσουμε κατηγορίες της περιβάλλουσας πληροφορίας έτσι όπως τις έχει καταγράψει η σύγχρονη έρευνα και θα παρουσιάσαμε τεχνικές μοντελοποίησης και απόκτησης της, όπως επίσης και διάφορες τρόπους αξιοποίησής της για την παροχή προσαρμοστικών εφαρμογών.

4.2 Ο Ρόλος της Περιβάλλουσας Κατάστασης στον Σχεδιασμό των Εφαρμογών Κινητού Ηλεκτρονικού Εμπορίου

Ένα μέρος από το σύνολο των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που έχουν οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, οφείλεται στην συνεχόμενη μεταβολή του περιβάλλοντος λειτουργίας τους (βλέπε ενότητα 1.1.2). Αυτή η μεταβολή του περιβάλλοντος, καθιστά αναγκαία μια ριζικά νέα προσέγγιση στη διαδικασία σχεδιασμού τους. Αναζητώντας προτάσεις που έχουν γίνει για αντίστοιχα θέματα, σε “συγγενείς” χώρους του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, οδηγούμαστε στην προσέγγιση της «επίγνωσης της περιβάλλουσας κατάστασης».

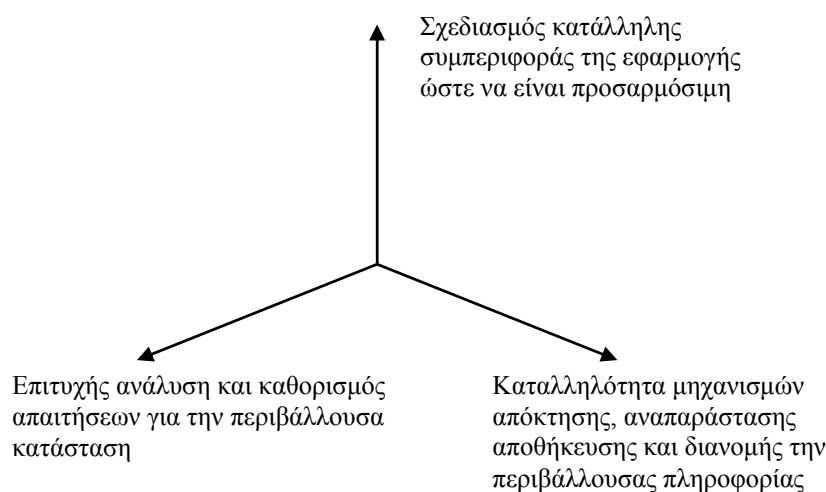
Η προσέγγιση της επίγνωσης της περιβάλλουσας κατάστασης έχει προταθεί ως μια καινοτόμος τεχνική στο χώρο της διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής (pervasive and ubiquitous computing), για την ανάπτυξη εφαρμογών με απαιτήσεις για ευελιξία, μερική αυτονομία και προσαρμογή, κάτω από τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι περιορισμένοι υπολογιστικοί πόροι. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αξιοποιεί την περιβάλλουσα κατάσταση, την πληροφορία δηλαδή που περιβάλλει την αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής, προκειμένου να μειώσει τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης (user input) και να πετύχει την προσαρμογή (adaptation), στο δυναμικό περιβάλλον λειτουργίας και στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του χρήστη. Αν και η χρήση της περιβάλλουσας κατάστασης στα συστήματα της διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής είναι ένα θέμα που

έχει συζητηθεί εκτενώς στις μέρες μας, εντούτοις έχει αναπτυχθεί ένα σχετικά μικρό σε εύρος σύνολο εφαρμογών, όπως τουριστικοί οδηγοί (tourist guides), υπενθυμιστές (reminders) και εργαλεία επικοινωνίας (communication tools) [40], που αξιοποιούν ένα σχετικά μικρό και απλό υποσύνολο της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου έχουμε επίσης περιορισμένα παραδείγματα, όπου κυρίως έχει αξιοποιηθεί η τρέχουσα θέση του χρήστη, όπως π.χ. σε συστήματα διαφήμισης με βάση την τοποθεσία [141] και κάποιες από τις προτιμήσεις του χρήστη (user preferences), όπως σε εφαρμογές προσωπικής προσαρμογής, (personalization) σελίδων ιστού, οι οποίες προσαρμόζονται στο προφίλ του χρήστη και εμφανίζονται σε φορητές συσκευές. Αυτές οι εφαρμογές, αν και έχουν προωθηθεί για εμπορική κατανάλωση, έχουν σχετικά μικρή εξάπλωση χωρίς ιδιαίτερη μελέτη της ανατροφοδότησης από τους χρήστες (user feedback). Υπάρχουν βέβαια και εφαρμογές που αξιοποιούν μεγαλύτερο εύρος περιβάλλουσας πληροφορίας, όπως π.χ. εφαρμογές αγορών (mobile shopping) [137], όμως αυτές βρίσκονται στο στάδιο αξιολόγησης τους μετά από τη χρήση τους σε πραγματικά περιβάλλοντα.

Η περιορισμένη εξάπλωση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση περιβάλλουσας κατάστασης (ΕΚΗΕ-ΕΠΚ), οδηγεί στην μελέτη των συνιστωσών που απαρτίζουν μια εφαρμογή με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης (ΕΕΠΚ) και των προϋποθέσεων που είναι απαραίτητες για την επιτυχή ανάπτυξη και λειτουργία της. Αυτές οι συνιστώσες και προϋποθέσεις περιλαμβάνουν τόσο i) την εύστοχη *ανάλυση και καθορισμό των απαιτήσεων για την περιβάλλουσα πληροφορία* όσο και ii) τους *κατάλληλους μηχανισμούς για την απόκτηση, αποθήκευση και την διανομή της*. Επιπρόσθετα, κλειδί για την επιτυχία αυτών των συστημάτων αποτελεί iii) *ο σχεδιασμός της κατάλληλης συμπεριφοράς των*

επιμέρους εφαρμογών, οι οποίες θα αξιοποιήσουν την περιβάλλουσα πληροφορία για να παρέχουν προσαρμοζόμενες υπηρεσίες (adaptive services).



Σχήμα 13: Λειτουργικότητα των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ

Οι προαναφερόμενες τρεις συνιστώσες συνθέτουν τους άξονες στους οποίους στηρίζεται η λειτουργικότητα των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ (Σχήμα 13). Στις επόμενες παραγράφους θα αναλύσουμε αυτούς τους άξονες, θα συζητήσουμε και θα αξιολογήσουμε τις διαθέσιμες τεχνικές. Η μεθοδολογία (κεφάλαιο 5) και η αρχιτεκτονική λογισμικού (κεφάλαιο 6 και κεφάλαιο 7) που προτείνονται για τις ΕΚΗΕ-ΕΠΚ, έχουν αναπτυχθεί με γνώμονα την κάλυψη των μέχρι σήμερα ελλείψεων που έχουν παρατηρηθεί στην σύγχρονη έρευνα σε αυτούς τους τρεις άξονες, λαμβάνοντας υπόψη βέβαια τις ιδιαιτερότητες του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

4.3 Ανάλυση και Καθορισμός των Απαιτήσεων για την

Περιβάλλουσα Κατάσταση (1^{ος} άξονας)

4.3.1 Μελετώντας την περιβάλλουσα κατάσταση

Ο όρος «περιβάλλουσα κατάσταση» ορίζεται σύμφωνα με το λεξικό Merriam-Webster's σαν “*οι αλληλοσχετιζόμενες συνθήκες μέσα στις οποίες κάτι υπάρχει ή λαμβάνει χώρα*”, (“*the interrelated conditions in which something exists or occurs*”). Στον τομέα της υπολογιστικής με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης (context-aware computing), όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο κεφάλαιο 1, πολλές φορές οι ερευνητές έχουν ορίσει την περιβάλλουσα κατάσταση μέσα από απαριθμήσεις (enumerations) [25], [203], [206]. Τέτοιες απαριθμήσεις για την περιβάλλουσα κατάσταση, ήταν πολύ συχνό φαινόμενο στην αρχή της έρευνας για τα συστήματα με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Οι Dey και Abowd [53] πρότειναν ένα γενικότερο ορισμό για την περιβάλλουσα κατάσταση, όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο. Ο ορισμός του Dey είναι πιο περιεκτικός και γενικός και καθιστά πιο εύκολο για τον σχεδιαστή εφαρμογών να απαριθμήσει τις συνιστώσες της περιβάλλουσας κατάστασης για μια δεδομένη εφαρμογή και να επιλέξει τις κατάλληλες παραμέτρους.

Προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητή και διαχειρίσιμη, η περιβάλλουσα πληροφορία κατηγοριοποιήθηκε με διάφορα κριτήρια. Έτσι μια κατηγοριοποίηση έγινε σύμφωνα με την οντότητα με την οποία σχετίζεται η περιβάλλουσα πληροφορία, ως εξής:

- *περιβάλλουσα κατάσταση χρήστη (user context)*: Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει πληροφορία η οποία αναφέρεται στον χρήστη της εφαρμογής. Μέρος αυτής της πληροφορίας σχετίζεται με το θέμα της προσωπικής

προσαρμογής (personalization), όπου δίνεται η δυνατότητα προσαρμογής των προϊόντων και των υπηρεσιών σε μικρότερες ή μεγαλύτερες ομάδες χρηστών ή και σε μεμονωμένους χρήστες. Παραδείγματα τέτοιου είδους πληροφορίας αποτελούν η ταυτότητα του χρήστη, η θέση του, οι άνθρωποι γύρω του, η κοινωνική του κατάσταση, η δραστηριότητές του, το προσωπικό του προφίλ (user profile) [203].

- *Περιβάλλουσα κατάσταση υπολογιστικής (Computing context)*: Αυτή η κατηγορία πληροφορίας σχετίζεται με παραμέτρους του υπολογιστικού περιβάλλοντος όπως, τα χαρακτηριστικά του υλικού, τα χαρακτηριστικά του λογισμικού, η διασυνδεσιμότητα του δικτύου (network connectivity), το εύρος ζώνης της επικοινωνίας (communication bandwidth), οι κοντινοί υπολογιστικοί πόροι όπως εκτυπωτές, οθόνες και άλλες συσκευές [207].
- *Περιβάλλουσα κατάσταση φυσικού περιβάλλοντος (Physical context)*: Αυτή η πληροφορία περιγράφει παράγοντες του περιβάλλοντος που μπορούν να μετρηθούν με ειδικούς αισθητήρες. Παραδείγματα αυτών των μετρήσεων αποτελεί η ένταση του φωτός, το επίπεδο θορύβου, η θερμοκρασία, η υγρασία κ.λπ. [207].
- *Περιβάλλουσα κατάσταση χρόνου*: Αυτή η κατηγορία πληροφορίας σχετίζεται με τον χρόνο π.χ. την ώρα της ημέρας, την εβδομάδα, το μήνα, την εποχή του χρόνου, την τοπική ώρα [207].
- *Περιβάλλουσα κατάσταση σχετική με την εφαρμογή και το πεδίο (Application/domain-specific context)*: Επιπλέον, ανεξάρτητα από τις προηγούμενες κατηγορίες υφίσταται και η περιβάλλουσα κατάσταση που είναι σχετική με την εφαρμογή και το πεδίο, η οποία ποικίλει ανάλογα με τη σημασιολογία των δεδομένων του εκάστοτε συστήματος [19].

Επιπρόσθετα, η περιβάλλουσα πληροφορία, η οποία περιγράφει την περιβάλλουσα κατάσταση, μπορεί να ομαδοποιηθεί με βάση την προέλευσή της, σε δύο ευρείες κατηγορίες: i) την *πρωτεύουσα*, και ii) τη *δευτερεύουσα* περιβάλλουσα πληροφορία [101]. Η πρωτεύουσα περιβάλλουσα πληροφορία προέρχεται κατευθείαν από τους αισθητήρες ή από άλλες πηγές πληροφορίας, ενώ η δευτερεύουσα περιβάλλουσα πληροφορία συμπεραίνεται από την πρωτεύουσα. Για παράδειγμα το όνομα μιας πόλης, το οποίο προκύπτει μετά από μετασχηματισμό των συντεταγμένων της βάσει του συστήματος GPS, αποτελεί δευτερεύουσα περιβάλλουσα πληροφορία.

Η περιβάλλουσα κατάσταση μπορεί να διακριθεί με βάση χρονικά χαρακτηριστικά, (temporal characteristics) και να κατηγοριοποιηθεί σαν *στατική* ή *δυναμική* [101]. Η στατική περιβάλλουσα κατάσταση δεν αλλάζει πολύ συχνά (ή και καθόλου – π.χ. το επώνυμο ή η ημερομηνία γέννησης ενός ανθρώπου), ενώ η δυναμική περιβάλλουσα κατάσταση αλλάζει (π.χ. η θέση ενός ατόμου που οδηγεί). Πολλές φορές οι εφαρμογές δεν ενδιαφέρονται μόνο για την *τρέχουσα* περιβάλλουσα κατάσταση (*present context*) αλλά και για *παρελθοντικές* (*past context*), έτσι απαιτούνται ιστορικά αρχεία για την αποθήκευσή της. Επίσης πολλές φορές απαιτείται η πρόβλεψη της *μελλοντικής* περιβάλλουσας πληροφορίας (*future context*).

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παρόχων της περιβάλλουσας πληροφορίας και των καταναλωτών της μπορεί να χαρακτηριστεί είτε σαν i) *με προώθηση περιβάλλουσας πληροφορίας* (“context push”) όταν οι πάροχοι περιβάλλουσας ενημερώνουν με δική τους πρωτοβουλία τους καταναλωτές της περιβάλλουσας πληροφορίας για τις τιμές των διαφόρων παραμέτρων, είτε σαν ii) *με άντληση περιβάλλουσας πληροφορίας* (“context pull”) όταν η παροχή περιβάλλουσας πληροφορίας στους καταναλωτές γίνεται κατόπιν αίτησης των τελευταίων.

4.3.2 Η ανάλυση των χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας πληροφορίας

Πριν προχωρήσουμε στην περαιτέρω ανάλυση των χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας πληροφορίας θα αποσαφηνίσουμε τις έννοιες της περιβάλλουσας κατάστασης και της *περιβάλλουσας πληροφορίας*. Η έννοια της **περιβάλλουσας κατάστασης**, μιας λειτουργίας η οποία διεκπεραιώνεται μέσω μιας εφαρμογής, αναφέρεται σε ένα σύνολο συνθηκών-καταστάσεων οι οποίες περιβάλλουν αυτή τη λειτουργία και είναι σχετικές με την ολοκλήρωσή της. Η **περιβάλλουσα πληροφορία** μιας λειτουργίας, είναι το σύνολο των δεδομένων (data) της περιβάλλουσας κατάστασης της λειτουργίας, τα οποία είναι δυνατόν να συλλεχθούν από αισθητήρες (sensors ή services), ή από τον χρήστη ή να εξαχθούν από μηχανισμούς “συλλογιστικής”.

Η περαιτέρω ανάλυση των χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας πληροφορίας είναι απαραίτητη, προκειμένου να δώσουμε τον ορισμό της για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και να ορίσουμε μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της, καθώς και τα μετα-δεδομένα που αυτή θα φέρει.

4.3.2.1 Οι οντότητες της περιβάλλουσας κατάστασης μιας λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά και οι σχέσεις τους.

Στα πρώτα συστήματα στα οποία καταγράφηκε και χρησιμοποιήθηκε η περιβάλλουσα πληροφορία, αυτή σχηματοποιήθηκε σε μια σειρά από χαρακτηριστικά –τα οποία πολλές φορές ήταν πολύ περιορισμένα (identity, location, time)- και αναφέρονταν σε μία συγκεκριμένη οντότητα, είτε στο ‘άτομο’ (person), είτε στην οντότητα ‘υπολογιστικό μέσο’ δηλ. συσκευή/δίκτυο (device/network), είτε στο περιβάλλον. Στη συνέχεια, και καθώς οι τεχνικές απόκτησης της περιβάλλουσας

πληροφορίας επεκτάθηκαν, η φύση της μελετήθηκε και κατανοήθηκε πιο βαθιά και οι μηχανισμοί εκμετάλλευσής της βελτιώθηκαν, έγινε διεύρυνση της έννοιάς της και των δυνατών περιπτώσεων στις οποίες μπορεί να αξιοποιηθεί. Από αυτή τη διεύρυνση της έννοιας της περιβάλλουσας πληροφορίας, προέκυψε η ανάγκη για μια πιο συστηματική προσέγγιση για τον καθορισμό της, μέσα από το πρίσμα των λειτουργιών που επιτελεί η εφαρμογή η οποία τη χρησιμοποιεί.

Σημαντικό στοιχείο, για τον καθορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας μιας λειτουργίας, είναι να προσδιοριστούν οι διαφορετικές συνθήκες/καταστάσεις κάτω από τις οποίες αυτή η λειτουργία διεκπεραιώνεται. Στη συνέχεια θα πρέπει να αναζητηθούν οι **οντότητες** οι οποίες υφίστανται σε αυτές τις συνθήκες/καταστάσεις και από των οποίων τα χαρακτηριστικά εξαρτάται η ολοκλήρωση αυτής της λειτουργίας. Έπειτα από τον καθορισμό των οντοτήτων, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι σχέσεις μεταξύ τους καθώς και τα χαρακτηριστικά τους εκείνα, των οποίων οι τιμές είναι δυνατόν να «μετρηθούν» και τα οποία αποτελούν την περιβάλλουσα πληροφορία.

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε πως ανεξάρτητα από το σύστημα που αναλύουμε (π.χ. κινητή τραπεζική ή κινητές αγορές), έχουμε αναφορικά με την περιβάλλουσα κατάσταση που μας επηρεάζει, οντότητες και σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων και μεταξύ των οντοτήτων και των χαρακτηριστικών τους (attributes), όπως άλλωστε σε κάθε πληροφοριακό σύστημα. Υπάρχουν κάποιες γενικές οντότητες, ανεξάρτητες από το σύστημα που αναλύουμε και κοινές για όλα τα συστήματα (χρήστης, υπολογιστική συσκευή, δίκτυο, χρόνος κ.λπ.), καθώς επίσης και οντότητες οι οποίες σχετίζονται σημασιολογικά με την πληροφορία του εκάστοτε πληροφοριακού συστήματος. Ο Strang σχηματοποίησε τις οντότητες της περιβάλλουσας κατάστασης, τα χαρακτηριστικά και τις σχέσεις τους, στο μοντέλο ASC (Aspect-Scale-Context

model) που πρότεινε [218], εισάγοντας τις έννοιες της *άποψης* (aspect), της *κλίμακας* (scale), της *οντότητας* (entity), της *περιβάλλουσας κατάστασης* (context), της *περιβάλλουσας πληροφορίας* (context information) και της *κατάστασης* (situation). Με τον όρο “οντότητα” περιέγραψε οποιαδήποτε αντικείμενο π.χ. τόπος ή άτομο. Με τον όρο “περιβάλλουσα πληροφορία” όρισε κάθε πληροφορία που μπορεί να χαρακτηρίσει την “κατάσταση” (situation) στην οποία βρίσκεται μια “οντότητα” (entity). Με τον όρο “άποψη” όρισε μια κατηγοριοποίηση της περιβάλλουσας πληροφορίας, ενώ με τον όρο “κλίμακα” περιέγραψε τις διαφορετικές μορφές που δύναται να λάβει μία περιβάλλουσα πληροφορία π.χ. τα διαφορετικά συστήματα μέτρησης του χρόνου ή του χώρου. Επιπλέον, σε αυτό το μοντέλο, *συναρτήσεις απεικόνισης* (mapping functions) μετασχηματίζουν την περιβάλλουσα πληροφορία από μία κλίμακα σε μία άλλη.

Σχετικά με τις γενικές οντότητες που συναντούμε σε κάθε σύστημα, οι Chen et.al. [41] έδωσαν τη δική τους προσέγγιση στην οντολογία “SOUPA” (Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications). Πιο συγκεκριμένα όρισαν δύο υποκατηγορίες αυτής της οντολογίας, την *βασική οντολογία* (Core ontology) για να περιγράψουν τις γενικές οντότητες και την *οντολογία επέκτασης* (Extension ontology) για να περιγράψουν οντότητες σχετικές με την εφαρμογή και το πεδίο. Στη βασική οντολογία, το *άτομο* (person), η *δραστηριότητα* (action), η *πολιτική ασφάλειας* (security policy), οι *υπολογιστικοί παράγοντες* (Agents & BDI), ο *χρόνος* (time), ο *χώρος* (space) και το *γεγονός* (event), είναι οι βασικές οντότητες. Αντίστοιχη αποτύπωση έκαναν οι Preuveneers et. al. [184], στην “Extensible Context Ontology”, με βασικές οντότητες τον *χρήστη* (user), το *περιβάλλον* (environment), την *πλατφόρμα* (platform) και την *υπηρεσία* (service). Παρόμοια οι Gu et al. [96] στο SOCAM middleware (Service-Oriented Context-Aware middleware) στηρίχθηκαν σε ένα

μοντέλο περιβάλλουσας πληροφορίας όπου το άτομο (person), η θέση (location), η δραστηριότητα (activity) και το υπολογιστικό περιβάλλον (computational entity) -όπως η συσκευή (device), το δίκτυο (network), η εφαρμογή (application), το service κ.λπ.- είναι οι βασικές έννοιες της περιβάλλουσας κατάστασης. Η μοντελοποίηση αυτής της περιβάλλουσας πληροφορίας έγινε με την οντολογία “CONON”, (CONtext ONtology), που πρότειναν.

4.3.2.2 Η ανομοιογένεια της περιβάλλουσας πληροφορίας

Οι Henrisken και Idluska [101] έχουν επισημάνει την ανομοιογένεια (heterogeneity) της περιβάλλουσας πληροφορίας με βάση τις παραμέτρους «ποιότητα» και «χρονική ισχύ». Αυτές οι δύο παράμετροι εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο έχει αποκτηθεί η περιβάλλουσα πληροφορία (μέσω αισθητήρων, συλλογιστικής ή με απ’ ευθείας εισαγωγή) και από το πόσο συχνά αλλάζει η περιβάλλουσα πληροφορία (στατική ή δυναμική).

Η περιβάλλουσα πληροφορία μπορεί να συλλεχθεί είτε από αισθητήρες (π.χ. αισθητήρες ανίχνευσης θέσης), είτε μέσα από διαδικασίες καταχώρησης από τον χρήστη (προφίλ, εργαλεία χρονοπρογραμματισμού που καταγράφουν τις δραστηριότητες του χρήστη), είτε να παραχθεί ως αποτέλεσμα “συλλογισμών” πάνω σε υπάρχουσα πληροφορία. Το γεγονός ότι η περιβάλλουσα πληροφορία συλλέγεται από τις παραπάνω διαφορετικές πηγές οδηγεί σε μεγάλη ανομοιογένεια όσον αφορά την ποιότητα της πληροφορίας (quality) και τη χρονική ισχύ της [101]:

- **Χρονική ισχύς:**
 - Η περιβάλλουσα πληροφορία η οποία συλλέγεται από αισθητήρες είναι δυναμική και ακόμα και όταν δεν αλλάζει υπόκειται σε συχνές ενημερώσεις εξαιτίας της συνεχόμενης ή της περιοδικής μέτρησής της και κατά συνέπεια έχει περιορισμένη χρονική ισχύ.

- Η περιβάλλουσα πληροφορία η οποία καταχωρείται από τον *χρήστη* μπορεί να είναι ισχυρά στατική (static) ή λιγότερο στατική (dynamic). Στην πρώτη κατηγορία ανήκει π.χ. το φύλο του χρήστη, ενώ στη δεύτερη κατηγορία οι συνάδελφοι με τους οποίους συνεργάζεται ο χρήστης. Η χρονική ισχύς αυτής της πληροφορίας είναι παντοτινή για τη στατική πληροφορία και όχι συχνά μεταβαλλόμενη για την δυναμική.
- Η περιβάλλουσα πληροφορία η οποία είναι *παραγόμενη*, έχει χρονική ισχύ που ποικίλει και εξαρτάται ισχυρά από τη χρονική ισχύ της πληροφορίας που ελήφθη υπ' όψιν για την παραγωγή της.

- **Ποιότητα:**

- Η περιβάλλουσα πληροφορία που *συλλέγεται από αισθητήρες* έχει συνήθως χαμηλή ποιότητα εξαιτίας σφαλμάτων στη μέτρησή της (sensing errors), αποτυχιών μέτρησης (sensor failures), προσωρινής διακοπής της σύνδεσης των δικτύων και καθυστερήσεων κατά τη διανομή της.
- Η στατική περιβάλλουσα πληροφορία η οποία *καταχωρείται από τον χρήστη* έχει συνήθως υψηλή ποιότητα. Η δυναμική πληροφορία δύναται να έχει και χαμηλή ποιότητα η οποία οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος κατά την εισαγωγή των στοιχείων και από παράλειψη του χρήστη να καταχωρήσει αλλαγές που πραγματοποιούνται σε αυτή την πληροφορία.
- Η *παραγόμενη* περιβάλλουσα πληροφορία έχει πολλές φορές χαμηλή ποιότητα, εξαιτίας της ανακρίβειας στα δεδομένα εισόδου (imperfect

input) ή ατελειών στον μηχανισμό εξαγωγής νέας περιβάλλουσας πληροφορίας από την πρωτογενή πληροφορία.

4.3.2.3 Ιστορικότητα της περιβάλλουσας πληροφορίας

Πολλές φορές οι εφαρμογές δεν ενδιαφέρονται μόνο για την τρέχουσα τιμή μιας συνιστώσας της περιβάλλουσας πληροφορίας (current context), αλλά και για τιμές που αυτή είχε στο παρελθόν (past context), ή για τιμές που δύναται να έχει στο μέλλον (future context), ή για τις μεταβολές των τιμών αυτών σε ένα χρονικό διάστημα (context changes).

Για τον λόγο αυτό πολλές φορές κρίνεται απαραίτητη η καταγραφή των τιμών που λαμβάνουν τα διάφορα συστατικά μέρη της περιβάλλουσας πληροφορίας σε ιστορικά αρχεία.

Έτσι μπορεί να αξιοποιηθεί η παρελθούσα περιβάλλουσα πληροφορία ώστε να γίνουν προβλέψεις (predictions) για πιθανές τιμές που μπορεί να πάρει η περιβάλλουσα πληροφορία στο μέλλον, π.χ. από τη θέση του χρήστη τα τελευταία 10 λεπτά, να προβλεφθεί η θέση που ενδεχομένως αυτός θα έχει στα επόμενα 5 λεπτά. Επίσης οι μελλοντικές τιμές που δύναται να πάρει κάποιο στοιχείο (element) της περιβάλλουσας πληροφορίας (future context), ενδέχεται να είναι χρήσιμη πληροφορία π.χ. οι δραστηριότητες του χρήστη για τις επόμενες 2 ώρες όπως αυτές έχουν καταγραφεί σε ένα χρονοπρογραμματιστή (user scheduling software), μπορούν να αξιοποιηθούν για την αποστολή των κατάλληλων μηνυμάτων στον χρήστη. Οι αλλαγές στην τιμή ενός στοιχείου της περιβάλλουσας πληροφορίας (context changes), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να πυροδοτήσουν αλλαγές στη συμπεριφορά της εφαρμογής, π.χ. αν η μεταβολή στην τιμή μιας μετοχής υπερβεί κάποιο όριο να ειδοποιείται ο χρήστης.

4.3.2.4 Η πολυμορφική όψη της περιβάλλουσας πληροφορίας

Ανάλογα με τον μηχανισμό που αποκτούμε την περιβάλλουσα πληροφορία δύναται να την έχουμε σε διαφορετικές μορφές π.χ. ανάλογα με τον τύπο συσκευής GPS ή χρονομέτρησης που χρησιμοποιούμε. Κατά συνέπεια απαιτείται η αποθήκευση πληροφορίας μετα-δεδομένων που περιγράφει τη μονάδα μέτρησης δεδομένων (metric), ώστε η πληροφορία να καταστεί επεξεργάσιμη από τις εφαρμογές, χωρίς να ενσωματώνονται στις τελευταίες παραδοχές που είναι δυνατόν να μεταβληθούν στο μέλλον.

Πολλές φορές οι μηχανισμοί συλλογής της περιβάλλουσας πληροφορίας μας παρέχουν πληροφορία που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την εφαρμογή και κατά συνέπεια αυτό το κενό θα πρέπει να καλυφθεί μέσα από διαδικασίες μετασχηματισμού και αφαίρεσης. (transformation and abstraction procedures) κάνοντας χρήση των μετα-δεδομένων της περιβάλλουσας πληροφορίας π.χ. ο εξυπηρέτης εντοπισμού μας δίνει συντεταγμένες, ενώ εμείς θέλουμε το γραφείο ενός συγκεκριμένου κτιρίου.

4.4 Μηχανισμοί Απόκτησης, Αναπαράστασης, Αποθήκευσης

και Διανομής της Περιβάλλουσας Πληροφορίας (2^{ος} άξονας)

4.4.1 Η συλλογή της περιβάλλουσας πληροφορίας

Η περιβάλλουσα πληροφορία μπορεί να συλλεχθεί με ποικίλους μηχανισμούς, οι οποίοι περιλαμβάνουν: αισθητήρες που μετρούν διάφορες παραμέτρους του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και προγραμματιστικές διεπαφές (APIs) που δίνουν πληροφορίες για τα στοιχεία του υπολογιστικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, ηλεκτρονικά αρχεία που καταχωρούνται από τους χρήστες δίνουν πληροφορίες για τις π.χ. προτιμήσεις του χρήστη, πίνακες (tables) της εκάστοτε εφαρμογής δίνουν

πληροφορία σχετική με τη συγκεκριμένη εφαρμογή/πεδίο και τέλος διαδικασίες συλλογιστικής πάνω στην υπάρχουσα περιβάλλουσα πληροφορία δύναται να παράξουν νέα, υψηλότερου επιπέδου, περιβάλλουσα πληροφορία [9].

Πιο συγκεκριμένα :

- *Για το Φυσικό περιβάλλον (Physical context):* αισθητήρες (sensors) μπορούν να ανιχνεύσουν χαρακτηριστικά του φωτός, του ήχου καθώς επίσης και τις τιμές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, της ατμοσφαιρικής πίεσης κ.ο.κ. Επίσης αισθητήρες κίνησης (motion sensors) ανιχνεύουν την κίνηση προσώπων και αντικειμένων, π.χ. την ταχύτητα και την κατεύθυνση, ενώ αισθητήρες αφής ανιχνεύουν το άγγιγμα των αντικειμένων π.χ. οθονών και φορητών συσκευών [179].
- *Για το Υπολογιστικό περιβάλλον (Computing context):* ρουτίνες του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος (kernel functions) και APIs των κατασκευαστών, δίνουν τις εκάστοτε τιμές διαφόρων παραμέτρων του υπολογιστικού περιβάλλοντος. Παράμετροι που μπορούν να μετρηθούν είναι ο τύπος της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU) και η συχνότητα της, το εύρος ζώνης του δικτύου (network bandwidth-upstream και downstream), οι διαθέσιμες συσκευές του δικτύου, η λογική διεύθυνσή τους (logic address) και τα διαθέσιμα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Επίσης, μπορούν να αντληθούν τα χαρακτηριστικά των συσκευών, πληροφορίες για το αποθηκευτικό σύστημα (π.χ. partitions and capacity of storage system) και τα διάφορα συστατικά μέρη του λογισμικού, όπως η έκδοση του λειτουργικού συστήματος, οι εικονικές μηχανές (virtual machines) που είναι εγκατεστημένες, ο τύπος και οι δυνατότητες συσκευών εισόδου (π.χ. πληκτρολόγιο, ποντίκι, οθόνες αφής κ.τ.λ.) και εξόδου (οθόνη, ηχεία, συνθέτες ομιλίας κ.ο.κ.).

- *Για την σχετική με τον χρήστη πληροφορία (User context):* αυτή αντλείται είτε από το προφίλ του χρήστη (user profile), είτε από πίνακες που έχουν την σχετική πληροφορία.
- *Για τον χρόνο (Time context):* Η ώρα αντλείται είτε από το ρολόι των υπολογιστικών συσκευών, είτε από διάφορες ρουτίνες (π.χ. η εποχή, η ημέρα της εβδομάδος κ.λπ.).
- *Για τη Θέση (Location):* Η πληροφορία της θέσης, είτε αναφέρεται σε πρόσωπα είτε σε αντικείμενα, ανιχνεύεται με διάφορους τρόπους οι οποίοι παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.3.4.
- *Για την περιβάλλουσα πληροφορία εφαρμογής/πεδίου (Application/domain-specific context):* αυτή αντλείται από τις δομές αποθήκευσης των δεδομένων της εκάστοτε εφαρμογής (π.χ. βάσεις δεδομένων, αρχεία xml, κ.λπ.).

Η περιβάλλουσα πληροφορία μπορεί να ενταχθεί με βάση τον τρόπο απόκτησής της σε μία από τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- *Περιβάλλουσα πληροφορία αποκτηθείσα από αισθητήρες (Sensed context):* αυτή η περιβάλλουσα πληροφορία συλλέγεται από το περιβάλλον μέσω φυσικών αισθητήρων ή αισθητήρων λογισμικού (ταυτότητα, θερμοκρασία, χρόνος).
- *Περιβάλλουσα πληροφορία που εισήχθη άμεσα (Context explicitly provided):* αυτή είναι η περιβάλλουσα πληροφορία η οποία παρέχεται από τον χρήστη, για παράδειγμα τα στοιχεία σε ένα προφίλ χρήστη.
- *Συμπερανεθείσα περιβάλλουσα πληροφορία (Derived context):* αυτό το είδος της περιβάλλουσας πληροφορίας συμπεραίνεται/υπολογίζεται από πρωτογενή περιβάλλουσα πληροφορία, για παράδειγμα το όνομα μιας πόλης από τις συντεταγμένες της βάσει του GPS.

4.4.2 Απόκτηση, αποθήκευση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας

Ένα υπολογιστικό σύστημα μπορεί να αποκτήσει την περιβάλλουσα πληροφορία από αισθητήρες υλικού ή λογισμικού (hardware or software sensors), όπως έχει περιγραφεί στην ενότητα 4.4.1. Οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές σχεδιασμού των υπαρχόντων συστημάτων για την απόκτηση και τη διανομή αυτού του είδους της περιβάλλουσας πληροφορίας μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες:

- Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας απευθείας από τους αισθητήρες.
- Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού (middleware) χωρίς τη χρήση κεντρικού εξυπηρέτη περιβάλλουσας πληροφορίας.
- Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού με χρήση κεντρικού εξυπηρέτη περιβάλλουσας πληροφορίας.
- Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ομοτίμων οντοτήτων (peer to peer).

4.4.2.1 Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας απευθείας από τους αισθητήρες

Τα πρώτα συστήματα ΕΠΚ, αποκτούσαν την περιβάλλουσα πληροφορία απευθείας από τους αισθητήρες, χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο ενδιάμεσο λογισμικό για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτά τα συστήματα είχαν εστιάσει σε ένα συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας ή σε ένα συγκεκριμένο είδος περιβάλλουσας

πληροφορίας π.χ. τη θέση (location) ή/και την ταυτότητα του χρήστη (identity). Παράδειγμα τέτοιων συστημάτων αποτελεί το σύστημα Active Badge [248], το οποίο αναπτύχθηκε στα ερευνητικά εργαστήρια της Olivetti και το οποίο κατηύθυνε τις τηλεφωνικές κλήσεις ενός εργαζομένου στο πλησιέστερο σε αυτόν τηλέφωνο. Παρόμοιο σύστημα είναι το σύστημα τηλεμεταφοράς (teleporting) το οποίο περιγράφεται από τους Bennett et al. [17].

Πιο πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί το rocket PC με επίγνωση περιβάλλουσας κατάστασης [104], όπου το σύστημα ΕΠΚ αποκτά την περιβάλλουσα πληροφορία από αισθητήρες που βρίσκονται πάνω στη συσκευή (αισθητήρες εγγύτητας, αισθητήρες αφής, και αισθητήρες κλίσης). Από τους αισθητήρες εγγύτητας (proximity range sensors), το σύστημα αποκτά την απόσταση μεταξύ των αντικειμένων που βρίσκονται στην εγγύτητα της συσκευής. Από τους αισθητήρες αφής (touch sensors), το σύστημα γνωρίζει κατά πόσο ο χρήστης κρατά την συσκευή και για πόσο χρόνο. Από τους αισθητήρες κλίσης (tilt sensors), το σύστημα γνωρίζει τον προσανατολισμό της οθόνης. Σήμερα, με την πρόσφατη εξέλιξη των «τεχνολογιών αίσθησης» (sensing technologies), μπορεί να αποκτηθεί ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος περιβάλλουσας πληροφορίας και να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της λειτουργικότητας των εφαρμογών ΕΠΚ [78].

Η μέθοδος της απευθείας πρόσβασης στους αισθητήρες από τις υψηλού επιπέδου εφαρμογές, έχει το πλεονέκτημα ότι προσφέρει την περιβάλλουσα πληροφορία με μια σχετική ευκολία χωρίς να απαιτείται ειδικό λογισμικό για τη διαχείρισή της. Από την άλλη πλευρά όμως, αυτή η μέθοδος έχει το μειονέκτημα ότι κάθε εφαρμογή χωριστά θα πρέπει να διαχειριστεί την επικοινωνία με τους αισθητήρες, με αποτέλεσμα όταν αλλάξει η τεχνολογία των αισθητήρων ή προστεθούν νέοι αισθητήρες θα πρέπει να αναθεωρηθούν όλες αυτές οι εφαρμογές.

4.4.2.2 Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού, χωρίς χρήση εξυπηρέτη περιβάλλουσας πληροφορίας

Η χρήση του ενδιάμεσου λογισμικού, για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας, αντιμετωπίζει τα μειονεκτήματα που έχει η προσέγγιση της απευθείας πρόσβασης στους αισθητήρες υλικού ή λογισμικού. Η ιδέα πίσω από τη χρήση ενδιάμεσου λογισμικού είναι να αποφορτιστούν οι υψηλού επιπέδου εφαρμογές από τις χαμηλού επιπέδου λεπτομέρειες της «αίσθησης» (sensing) και της διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας και αυτές οι λειτουργίες να μεταβιβαστούν στο ενδιάμεσο λογισμικό. Με αυτόν τον τρόπο οι υψηλού επιπέδου εφαρμογές εστιάζουν στο πώς θα αξιοποιήσουν την περιβάλλουσα πληροφορία και όχι στο πώς θα την αποκτήσουν και θα τη διαχειριστούν. Σε αυτή την προσέγγιση το ενδιάμεσο λογισμικό είναι συνήθως εγκατεστημένο στην ίδια συσκευή που εκτελείται και η υψηλού επιπέδου εφαρμογή, χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο.

Στο Odyssey project [172] πράκτορες με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης (context-aware agents) είναι υλοποιημένοι πάνω από μια υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού προκειμένου να συλλέγουν την κατάσταση του δικτύου επικοινωνίας. Σε αυτή την υλοποίηση οι πράκτορες, το ενδιάμεσο λογισμικό και η εφαρμογή που χρησιμοποιεί την περιβάλλουσα πληροφορία είναι εγκατεστημένα όλα στην ίδια συσκευή.

Η αρχιτεκτονική που παρουσιάστηκε στο Hydrogen project [106] δεν χρησιμοποιεί κάποια κεντρική συνιστώσα, διακρίνει όμως την περιβάλλουσα πληροφορία σε τοπική (*'context of the device itself'*) και απομακρυσμένη (*'context from another device'*). Η αρχιτεκτονική έχει τρία επίπεδα: Το επίπεδο *προσαρμογέα* (Adaptor layer) το οποίο είναι υπεύθυνο για τη συλλογή της περιβάλλουσας

πληροφορίας ερωτώντας τους αισθητήρες, το *επίπεδο διαχείρισης* (management layer) που είναι υπεύθυνο για την παράδοση της περιβάλλουσας πληροφορίας, και το *επίπεδο προσαρμογής* (Adaptation layer) το οποίο πραγματοποιεί την προσαρμογή της εφαρμογής.

Το Context Toolkit [54], αποτελεί μια ακόμα υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού για την απόκτηση της περιβάλλουσας πληροφορίας και συνίσταται από επαναχρησιμοποιήσιμα (reusable) και με ικανότητα κλιμάκωσης (scalable) δομικά μέρη (modules). Ουσιαστικά αυτή η εργαλειοθήκη (toolkit) είναι μια απλή κατανεμημένη πλατφόρμα (distributed platform) η οποία αποτελείται από τρεις βασικές συνιστώσες και πιο συγκεκριμένα:

- *τα widgets*: λειτουργούν σαν περιτυλίγματα των αισθητήρων υλικού, αποκτούν την περιβάλλουσα πληροφορία και απομονώνουν την υψηλού επιπέδου εφαρμογή από τις λεπτομέρειες της «αίσθησης» (sensing details).
- *οι διερμηνείς (interpreters)*, προσφέρουν ένα επίπεδο αφαίρεσης της περιβάλλουσας πληροφορίας και τη μετασχηματίζουν έτσι ώστε να είναι κατάλληλη για χρήση από τις υψηλού επιπέδου εφαρμογές (π.χ. το κτίριο που βρίσκεται ο χρήστης, όπως προκύπτει από τις γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης του χρήστη).
- *οι συναθροιστές (aggregators)*: συναθροίζουν πληροφορία η οποία αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη οντότητα από διαφορετικές πηγές.

Αν και οι βασισμένες σε ενδιάμεσο λογισμικό προσεγγίσεις διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας διευκολύνουν την ανάπτυξη των εφαρμογών ΕΠΚ, προϋποθέτουν τη χρήση των συγκεκριμένων πλαισίων ανάπτυξης και την ύπαρξη των συγκεκριμένων συνιστωσών στο περιβάλλον λειτουργίας. Ένα ακόμα πρόβλημα με αυτές τις προσεγγίσεις απόκτησης της περιβάλλουσας πληροφορίας, είναι το γεγονός

ότι επιφορτίζεται η συσκευή-εξυπηρετούμενου με, πολλές φορές, δαπανηρούς σε πόρους υπολογισμούς αναφορικά με τη διερμηνεία και τη συνάθροιση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Επιπρόσθετα, προκειμένου να επιτευχθεί μία γενική προγραμματιστική διεπαφή ανάμεσα στην υψηλού επιπέδου εφαρμογή και στους αισθητήρες, θα πρέπει να δεσμευτούν για τις λειτουργίες του ενδιάμεσου λογισμικού σημαντικοί υπολογιστικοί πόροι όπως επεξεργαστική ισχύς, μνήμη και εύρος δικτύου, κάτι που δημιουργεί πρόβλημα στις συσκευές με περιορισμένους πόρους όπως τα κινητά τηλέφωνα

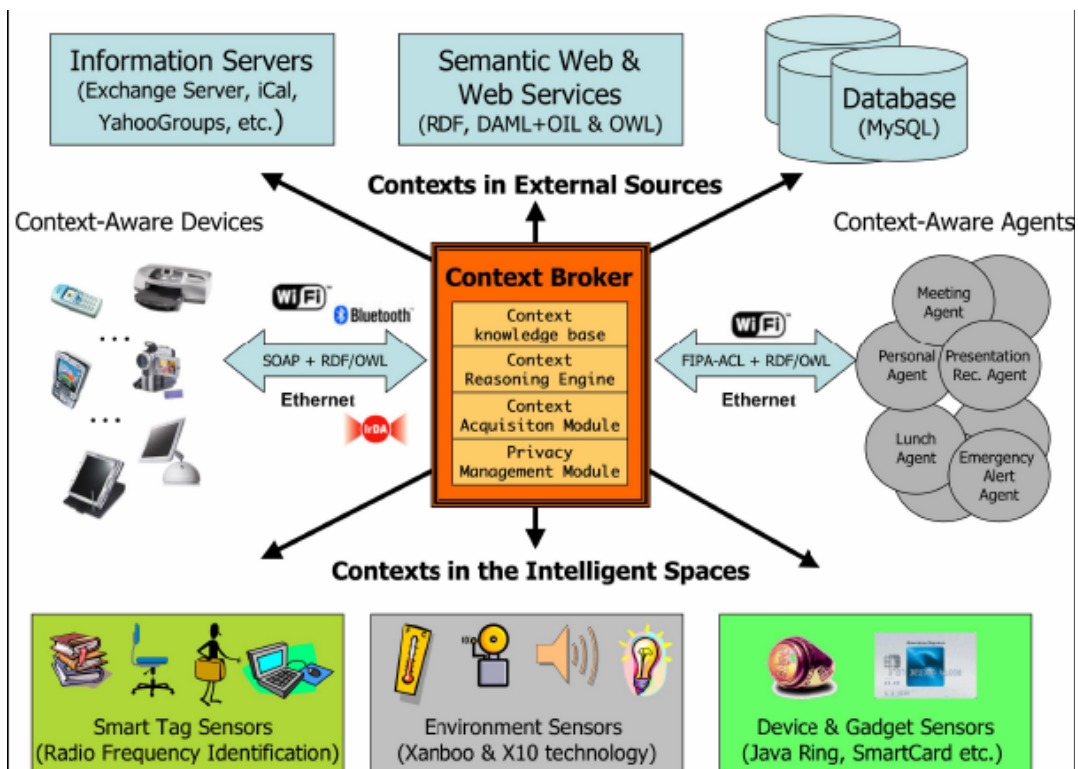
4.4.2.3 Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ενδιάμεσου λογισμικού, με χρήση κεντρικού εξυπηρετή περιβάλλουσας πληροφορίας

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα από την χρήση των προσεγγίσεων ενδιάμεσου λογισμικού οι οποίες επεξεργάζονται την περιβάλλουσα πληροφορία στους εξυπηρετούμενους, προτάθηκαν λύσεις που εισάγουν την έννοια του κεντρικού εξυπηρετή περιβάλλουσας πληροφορίας (context server). Οι εξυπηρετές περιβάλλουσας πληροφορίας είναι υπολογιστικές και αποθηκευτικές οντότητες οι οποίες συλλέγουν και επεξεργάζονται την περιβάλλουσα πληροφορία κεντρικά και τη διανέμουν στις ενδιαφερόμενες εφαρμογές σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον.

Οι εξυπηρετούμενες εφαρμογές αποκτούν πρόσβαση στα δεδομένα του εξυπηρετή με δύο διαφορετικούς τρόπους: *σύγχρονα* και *ασύγχρονα* (*synchronously & asynchronously*). Στην *σύγχρονη* μέθοδο ο εξυπηρετούμενος «ερωτά» τον εξυπηρετή για αλλαγές στην περιβάλλουσα πληροφορία με μια απομακρυσμένη κλήση μεθόδου (remote method call). Ουσιαστικά στέλνει μια «ερώτηση», ζητώντας κάποια από τη διαθέσιμη περιβάλλουσα πληροφορία και αναμένει έως ότου απαντήσει ο

εξυπηρετής. Η *ασύγχρονη* μέθοδος λειτουργεί μέσω «εγγραφής» (subscription) σε συγκεκριμένα «γεγονότα» (events) για τα οποία ενδιαφέρεται η εξυπηρετούμενη εφαρμογή. Σε περίπτωση που «λάβει χώρα το συγκεκριμένο γεγονός», άλλοτε απλώς ενημερώνεται ο εξυπηρετούμενος και άλλοτε εκτελείται μια μέθοδος του εξυπηρετούμενου με την τεχνική call back.

Ο Me-Centric Domain Server [181], σύστημα ανεπτυγμένο από τον Perich, αποτελεί ένα παράδειγμα κεντρικού εξυπηρετή περιβάλλουσας πληροφορίας. Σε αυτό το σύστημα ο φυσικός κόσμος είναι διαιρεμένος σε μικρο-κόσμους -π.χ. γραφείο, χώρος συνεδριάσεων κ.λπ.-, για καθένα από τους οποίους ο Domain Server συντηρεί την αντίστοιχη περιβάλλουσα πληροφορία και το διανέμει στην Me-Centric εφαρμογή. Με παρόμοιο τρόπο, στο CoBrA σύστημα (Context Broker Architecture) [40], που ανέπτυξε ο Chen, κεντρικό ρόλο παίζει ο *μεσίτης περιβάλλουσας πληροφορίας* (Context Broker) (Σχήμα 14:) ο οποίος είναι μια υπολογιστική οντότητα που εκτελείται σε έναν σταθερό υπολογιστή με επάρκεια σε πόρους. Αυτός ο εξυπηρετής λαμβάνει στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας από τους πράκτορες των συσκευών και τους αισθητήρες που βρίσκονται στο περιβάλλον του, τις επεξεργάζεται, τις αποθηκεύει και τις διανέμει στις ενδιαφερόμενες εφαρμογές.



Σχήμα 14: Ο σχεδιασμός του μεσίτη περιβάλλουσας πληροφορίας στο CoBrA [40]

Μια άλλη κεντρικοποιημένη προσέγγιση βασισμένη σε ενδιάμεσο λογισμικό που έχει σχεδιαστεί για κινητές εφαρμογές ΕΠΚ, είναι αυτή που προτάθηκε από τους Fahy και Clarke [74] στο CASS project (Context-Awareness Sub-Structure). Το ενδιάμεσο λογισμικό περιέχει έναν *διερμηνέα* (Interpreter), μία *συνιστώσα ανάκτησης περιβάλλουσας πληροφορίας* (ContextRetriever), μία *μηχανή κανόνων* (Rule Engine) και μία *συνιστώσα παρακολούθησης αισθητήρων* (SensorListener). Ο SensorListener «παρακολουθεί» για ενημερώσεις από τους αισθητήρες που βρίσκονται σε απομακρυσμένους εξυπηρέτες, οι οποίοι καλούνται «κόμβοι αισθητήρων» (sensor nodes). Η συλλεγμένη πληροφορία αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων από τον SensorListener. Ο ContextRetriever είναι υπεύθυνος για την ανάκτηση της αποθηκευμένης πληροφορίας για την περιβάλλουσα κατάσταση. Και οι δύο αυτές συνιστώσες χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες ενός διερμηνέα.

To Service-Oriented Context-Aware Middleware (*SOCAM*) [96] το οποίο παρουσιάστηκε από τους Gu et al., αποτελεί ένα ακόμα ενδιάμεσο λογισμικό με τη χρήση κεντρικοποιημένου εξυπηρέτη για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Σε αυτό το ενδιάμεσο λογισμικό ο εξυπηρέτης καλείται *διερμηνέας περιβάλλουσας πληροφορίας* και συλλέγει την περιβάλλουσα πληροφορία από τους κατανεμημένους *παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας* (context providers), την επεξεργάζεται και την παρέχει στους εξυπηρετούμενους.

To Location-based Publish/Subscribe Service (*LPSS*) είναι επίσης μια αξιοσημείωτη προσέγγιση. Το *LPSS* έχει υλοποιηθεί στα πλαίσια ανάπτυξης της πλατφόρμας Pervaho [70], που ουσιαστικά είναι η υλοποίηση ενός μηχανισμού δημοσιοποίησης-συνδρομής ΕΠΚ (context-aware public-subscribe mechanism), που έχει σαν βάση την πλατφόρμα Java ME. Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί έναν κεντρικό εξυπηρέτη για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας και επεκτείνει τους κλασσικούς μηχανισμούς δημοσιοποίησης-συνδρομής που βασίζονται σε περιεχόμενο (content-based) και θέμα (topic-based), ενσωματώνοντας περιβάλλουσα πληροφορία φυσικού περιβάλλοντος και πεδίου εφαρμογής. Αν και το εύρος των στοιχείων της περιβάλλουσας πληροφορίας που χρησιμοποιείται είναι πολύ περιορισμένο (μόνο η θέση του χρήστη και κάποιες προτιμήσεις του), η αξιολόγηση της απόδοσής του έδειξε πως ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία νέων συνδρομών και δημοσιοποιήσεων, όπως και η παράδοση πληροφορίας που ταιριάζει με τα κριτήρια είναι μέσα σε αποδεκτά όρια.

4.4.2.4 Απόκτηση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από υποδομή ομοτίμων οντοτήτων (με κατανεμημένους τους εξυπηρέτες περιβάλλουσας πληροφορίας στους εξυπηρετούμενους)

Οι πιο πρόσφατες προτάσεις για την διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας, προεκτείνουν την προσανατολισμένη στον εξυπηρέτη προσέγγιση σε μια αρχιτεκτονική ομοτίμων οντοτήτων (Peer to Peer - P2P). Σε αυτήν την προσέγγιση, κάθε υπολογιστική συσκευή είναι υπεύθυνη για τη λήψη και διαχείριση ενός μέρους της περιβάλλουσας πληροφορίας και συνεργάζεται με άλλες υπολογιστικές συσκευές στην εγγύτητά της προκειμένου να ανταλλάσσει περιβάλλουσα πληροφορία. Αυτή η προσέγγιση έχει παρουσιαστεί στο ενδιάμεσο λογισμικό Pace, το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια του AWARENESS project [100]. Σε αυτό το ενδιάμεσο λογισμικό οι φορητές και οι σταθερές συσκευές είναι υπεύθυνες να αποκτήσουν να μεταφράσουν και να ανταλλάξουν την περιβάλλουσα πληροφορία.

Παρόμοια η υποδομή Context Fabric [110] αποτελεί μια ακόμα αρχιτεκτονική ομοτίμων οντοτήτων για διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτό το πλαίσιο αποτελείται από τέσσερα βασικά δομικά στοιχεία: την *υπηρεσία γεγονότων περιβάλλουσας πληροφορίας* (Context Event Service), την *υπηρεσία ερωτήσεων περιβάλλουσας πληροφορίας* (Context Query Service), την *υπηρεσία αυτόματης δημιουργίας διαδρομών* (Automatic Path Creation Service) και την *υπηρεσία διαχείρισης αισθητήρων* (Sensor Management Service). Αυτές οι υπηρεσίες εγκαθίστανται στη φορητή συσκευή και παρέχουν την περιβάλλουσα πληροφορία σε εφαρμογές που είναι εγκατεστημένες στην ίδια συσκευή και σε γειτονικές της συσκευές.

Το πλαίσιο διαχείρισης περιβάλλουσας πληροφορίας (Context Managing Framework) [135], το οποίο παρουσιάστηκε από τους Koripää et al., αποτελεί ένα ακόμα ενδιάμεσο λογισμικό που εκτελείται στη φορητή συσκευή και συνίσταται από τέσσερις συνιστώσες: τον *διαχειριστή περιβάλλουσας πληροφορίας* (context manager), τους *εξυπηρετές πόρων* (resource servers), τις *υπηρεσίες αναγνώρισης περιβάλλουσας πληροφορίας* (context recognition services) και την *εφαρμογή* (application). Οι εξυπηρετές πόρων και η εφαρμογή εκτελούνται στη φορητή συσκευή ενώ οι υπηρεσίες αναγνώρισης περιβάλλουσας πληροφορίας μπορεί να εκτελούνται είτε τοπικά είτε κατανεμημένα. Ανάλογη αρχιτεκτονική έχει προταθεί και στο MADAM project [179].

Συγκρινόμενη με την προσέγγιση που συμπεριλαμβάνει εξυπηρετή περιβάλλουσας πληροφορίας, η προσέγγιση ομοτίμων οντοτήτων καθιστά τις φορητές συσκευές ικανές να υποστηρίξουν εφαρμογές με επίγνωση περιβάλλουσας κατάστασης, ακόμα και αν ο εξυπηρετής δεν είναι διαθέσιμος λόγω π.χ. απουσίας δικτύου, αλλά από την άλλη πλευρά απαιτεί μεγαλύτερους υπολογιστικούς πόρους από τις φορητές συσκευές.

4.4.2.5 Ομαδοποίηση των παραπάνω αρχιτεκτονικών

Στα παραπάνω συστήματα άλλοτε ο εξυπηρετούμενος και άλλοτε ο εξυπηρετής εκτελεί, είτε την διαδικασία λήψης της περιβάλλουσας πληροφορίας, είτε την επεξεργασία της, είτε την αποθήκευσή της, είτε την διανομή της, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.

<div style="text-align: center;">Λειτουργία</div> <div style="text-align: center;">Τρόπος διαχείρισης περιβάλλουσας πληροφορίας</div>	<i>Ποιος αποκτά την περιβάλλουσα Πληροφορία</i>	<i>Ποιος επεξεργάζεται την περιβάλλουσα Πληροφορία</i>	<i>Ποιος αποθηκεύει την περιβάλλουσα Πληροφορία</i>	<i>Ποιος διανέμει την περιβάλλουσα Πληροφορία</i>
<i>Απευθείας από τους αισθητήρες</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	-	<i>εξυπηρετούμενος</i>
<i>Με χρήση ενδιάμεσου λογισμικού στον εξυπηρετούμενο, χωρίς εξυπηρέτη</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	-	<i>εξυπηρετούμενος</i>
<i>Με χρήση ενδιάμεσου λογισμικού στον κεντρικό εξυπηρέτη</i>	<i>εξυπηρετούμενος & εξυπηρέτης</i>	<i>εξυπηρετούμενος & εξυπηρέτης</i>	<i>εξυπηρέτης</i>	<i>εξυπηρέτης</i>
<i>Με αρχιτεκτονική ομοτίμων οντοτήτων με καταναμημένους εξυπηρέτες</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>	<i>εξυπηρετούμενος</i>

Πίνακας 2: Αρχιτεκτονικές και τρόποι διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας

4.4.3 Μοντέλα αναπαράστασης της περιβάλλουσας πληροφορίας

Προκειμένου να αξιοποιηθεί η περιβάλλουσα πληροφορία, η οποία παρέχεται από τους μηχανισμούς απόκτησης που αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, θα πρέπει αυτή να αποθηκευτεί στις κατάλληλες δομές δεδομένων. Υπάρχουν πολλοί τρόποι σύμφωνα με τους οποίους μπορεί να μοντελοποιηθεί/αναπαρασταθεί και να αποθηκευτεί η περιβάλλουσα πληροφορία. Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί ένα πλήθος από μοντέλα περιβάλλουσας πληροφορίας (context models), κάποια από τα οποία βασίζονται σε σχήματα αναπαράστασης συγκεκριμένων κατασκευαστών-ερευνητών

(proprietary representation schemes) και άλλα σε πιο τυπικά μοντέλα δεδομένων (formal data models). Τα σημερινά μοντέλα της περιβάλλουσας πληροφορίας ανήκουν σε μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Μοντέλα κλειδιού-τιμής (key-value models):** οι απλές δομές δεδομένων της μορφής (κλειδί, τιμή) εισήχθησαν για πρώτη φορά από τους Theimer και Welch [205] στο φορητό περιβάλλον υπολογιστικής της PARC's. Άλλα συστήματα που έχουν υιοθετήσει αυτή την αναπαράσταση είναι τα [22], [54], [101], [169]. Αν και αυτή η αναπαράσταση παρέχει ένα γρήγορο και εύκολο τρόπο για την καταχώρηση και ενημέρωση της περιβάλλουσας πληροφορίας, ωστόσο δεν έχει κάποια δομή και κατά συνέπεια είναι δύσκολο να διαχειριστεί περιπτώσεις όπου ο αριθμός των κλειδιών ή/και των τιμών αυξηθεί σημαντικά και επίσης δεν παρέχει μηχανισμούς για ελέγχους της εγκυρότητας των δεδομένων.
- **Μοντέλα βασιζόμενα στον ιστό (web-based models):** σε αυτό το μοντέλο περιβάλλουσας πληροφορίας, κάθε οντότητα (άτομο, τοποθεσία ή αντικείμενο), αντιστοιχεί σε μια μη δομημένη σελίδα ιστού η οποία ανακτάται μέσω ενός URL. Το Cooltown Project [130] βασίζεται σε αυτό το μοντέλο, το οποίο προορίζεται να χρησιμοποιηθεί περισσότερο από ανθρώπους και λιγότερο από εφαρμογές
- **Αντικειμενοστρεφή μοντέλα (object-oriented models):** Αυτά τα μοντέλα [45], [97], [106] στηρίζονται σε μια αντικειμενοστρεφή προσέγγιση στην οποία η περιβάλλουσα πληροφορία είναι δομημένη ως μια σειρά από οντότητες (entities). Αυτή η μοντελοποίηση πολλές φορές χρησιμοποιεί μια παραλλαγή του μοντέλου οντοτήτων-συσχετίσεων (entity relationship model) και αποθηκεύει την περιβάλλουσα πληροφορία σε σχεσιακές βάσεις

δεδομένων. Αν και τα αντικειμενοστρεφή μοντέλα έχουν τα πλεονεκτήματα της ενθυλάκωσης (encapsulation) και της επαναχρησιμοποίησης (reusability), συνήθως σχεδιάζονται για ένα συγκεκριμένο πεδίο περιβάλλουσας πληροφορίας. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι πως η αναπαραστώμενη πληροφορία δεν διαθέτει εκφραστικότητα (expressiveness) και επεκτασιμότητα (extensibility).

- **Μοντέλα σχημάτων σημειώσεων (markup scheme models):** Η χρήση γλωσσών σημειώσεων –όπως η XML– είναι μια ακόμα μέθοδος για να μοντελοποιηθεί η περιβάλλουσα πληροφορία με ένα ευέλικτο και δομημένο τρόπο. Τα προφίλ (profiles) είναι ένα κλασσικό παράδειγμα αυτού του είδους της μοντελοποίησης. Για παράδειγμα το CC/PP (Composite Capabilities Preferences Profile) είναι ένα πλαίσιο βασισμένο στη γλώσσα RDF (Resource Description Framework) που περιγράφει τις προτιμήσεις του χρήστη και τις δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά των συσκευών. Ωστόσο η χρήση των προφίλ για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας δεν είναι κατάλληλη όταν οι σχέσεις και οι περιορισμοί (constraints) της περιβάλλουσας πληροφορίας είναι πολύπλοκα. Τα μοντέλα της κατηγορίας σχημάτων σημειώσεων [15], [50], [131] είναι συνήθως επεκτάσεις του ανωτέρω προτύπου, με μη σταθερή ιεραρχία και προσπαθούν να καλύψουν υψηλότερο βαθμό δυναμικότητας της περιβάλλουσας πληροφορίας. Χρησιμοποιώντας την XML για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας παρέχεται ένα συντακτικό για την αναπαράσταση (representation) και η δυνατότητα διαλειτουργικότητας (interoperability), αλλά είναι αδύνατο να δοθεί μια σημασιολογική αναπαράσταση που είναι

απαραίτητη για τον διαμοιρασμό της γνώσης (knowledge sharing) και τη συλλογιστική επί της περιβάλλουσας πληροφορίας (context reasoning).

- **Γραφικά μοντέλα (graphical models):** Γραφικά μοντέλα, όπως η UML (Unified Modelling Language) [13] και το ORM (Object-Role Modeling) [101], έχουν επεκταθεί κατάλληλα ώστε να είναι δυνατή η αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας με αυτά. Από αυτά τα μοντέλα στη συνέχεια, μέσω κατάλληλου μετασχηματισμού, προκύπτει το μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων [209], [256] -εργαλείο απαραίτητο για το σχεδιασμό μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων- του πληροφοριακού συστήματος που θα διαχειρίζεται και θα αξιοποιεί την περιβάλλουσα πληροφορία. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα γραφικά μοντέλα έγκεινται στην δυνατότητα μιας άρτιας αναπαράστασης της δομής της περιβάλλουσας πληροφορίας, καθώς και του παραγόμενου μοντέλου οντοτήτων-συσχετίσεων που προκύπτει από αυτά.
- **Μοντέλα βασισμένα στη λογική (logic-based models):** Η λογική (logic) ορίζει τις συνθήκες (conditions) κάτω από τις οποίες προκύπτει μια συνεπαγόμενη έκφραση (concluding expression) ή γεγονός (fact), από άλλες εκφράσεις ή γεγονότα -μια διαδικασία γνωστή σαν συλλογιστική (reasoning) ή συμπερασμός (inferencing). Οι συνθήκες αυτές είναι διατυπωμένες σε μια σειρά από κανόνες (rules). Σε ένα μοντέλο περιβάλλουσας πληροφορίας βασισμένο στη λογική (logic based context model) [42], [189], η περιβάλλουσα πληροφορία ορίζεται -καταχωρείται και ενημερώνεται- με τη μορφή γεγονότων (facts) ή προκύπτει μέσα από κανόνες (rules). Ένα από τα πρώτα μοντέλα βασισμένα στη λογική, είναι αυτό που πρότεινε ο McCarthy στην εργασία του Formalizing Context [157], [158]. Παράδειγμα ενός σχετικά

πρόσφατου μοντέλου βασισμένου στη λογική αποτελεί το Sensed Context Model [92], που προτάθηκε από τους Gray και Salber. Τα βασισμένα στη λογική μοντέλα, αν και επιτρέπουν έναν ακριβή καθορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας δεν συνεισφέρουν στην οργάνωση και διαχείρισή της και δεν επιτρέπουν τον έλεγχο (validation) αυτής ως προς τη δομή της.

- **Μοντέλα βασισμένα σε οντολογίες (ontology-based models):** Οι οντολογίες ορίζουν όρους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να αναπαραστήσουν μια γνωστική περιοχή [239]. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούν *κλάσεις* (classes) -οι οποίες επίσης αποκαλούνται και έννοιες (concepts)– οι οποίες περιγράφουν βασικές έννοιες μιας γνωστικής περιοχής, *χαρακτηριστικά* (properties ή roles) για να περιγράψουν τις διάφορες ιδιότητες των κλάσεων και *σχέσεις* (relationships) μεταξύ των κλάσεων. Πιστεύεται πως οι οντολογίες θα γίνουν το πιο κατάλληλο μοντέλο για την αναπαράσταση και τη συλλογιστική (reasoning) της περιβάλλουσας πληροφορίας για τους ακόλουθους λόγους [16]: i) επιτρέπουν τον διαμοιρασμό της γνώσης (knowledge sharing) μέσα από ένα κοινό σύνολο από έννοιες, ii) επιτρέπουν αποτελεσματική συλλογιστική (reasoning) ώστε να εξαχθεί υψηλότερου επιπέδου περιβάλλουσα πληροφορία από χαμηλότερου επιπέδου πληροφορία, καθώς έχουν αναπτυχθεί πολλά εργαλεία που επιτρέπουν την συλλογιστική πάνω σε οντολογίες και (iii) επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα (interoperability). Παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι τα [41], [96].

Στα προηγούμενα είδη μοντέλων, η περιβάλλουσα πληροφορία αναπαρίσταται χρησιμοποιώντας προγραμματιστικά αντικείμενα (programming objects) και οριζόμενες κατά περίπτωση δομές δεδομένων (ad-hoc data structures), χωρίς

ωστόσο να έχει προταθεί ένας ορισμός προσανατολισμένος για αναπαράσταση από τα υπολογιστικά συστήματα που να είναι ανεξάρτητος από τεχνολογίες και τεχνικές υλοποίησης.

4.5 Σχεδιασμός Κατάλληλης Συμπεριφοράς Εφαρμογών με

Επίγνωση της Περιβάλλουσας Κατάστασης (3ος άξονας)

4.5.1 Ορίζοντας εφαρμογές με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης

Ο όρος *επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης* (context-awareness) εμπεριέχει δύο έννοιες: i) την έννοια της *αντίληψης* της περιβάλλουσας πληροφορίας και ii) την έννοια της *προσαρμοστικότητας* (adaptivity), που πηγάζει από την επίγνωση (awareness) της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η προσαρμοστικότητα (adaptivity ή adaptability) ορίζεται ως η ικανότητα μιας υπηρεσίας ή εφαρμογής να αντιδρά στο περιβάλλον λειτουργίας της και να αλλάζει τη συμπεριφορά της ανάλογα με την περιβάλλουσα πληροφορία. Ο όρος *υπολογιστική με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης* (context-aware computing) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Schilit και Theimer [204], για να περιγράψει λογισμικό που προσαρμόζεται ανάλογα με τη θέση του χρήστη, την παρουσία άλλων ανθρώπων και αντικειμένων, όπως επίσης και στις αλλαγές αυτών μέσα στον χρόνο.

Οι Fickas, Korteum και Segall [77] ορίζουν τις εφαρμογές ΕΠΚ, (αποκαλούμενες και *καθοδηγούμενες από το περιβάλλον* - environment-directed) ως τις εφαρμογές οι οποίες παρακολουθούν τις μεταβολές του περιβάλλοντος και προσαρμόζουν τις λειτουργίες τους σύμφωνα με προκαθορισμένες ή από τον χρήστη οριζόμενες οδηγίες. Οι Dey και Abowd [53] χαρακτηρίζουν ένα σύστημα ως «*με επίγνωση της*

περιβάλλουσας κατάστασης» εάν χρησιμοποιεί την περιβάλλουσα κατάσταση για να παρέχει σχετική πληροφορία ή υπηρεσίες στους χρήστες, όπου η σχετικότητα εξαρτάται από την τρέχουσα λειτουργία που επιτελεί ο χρήστης.

Οι λειτουργίες τις οποίες θα πρέπει να υλοποιεί μια εφαρμογή ΕΠΚ, σύμφωνα με το [203], είναι οι εξής:

- *Επιλογή εγγυτέρων (proximate selection)*: είναι μια τεχνική επιπέδου διεπαφής χρήστη όπου δίνεται έμφαση στα πλησιέστερα αντικείμενα και η δυνατότητα για εύκολη επιλογή τους (π.χ. εκτυπωτές).
- *Αυτόματη αναδιαμόρφωση με βάση την περιβάλλουσα κατάσταση (automatic contextual reconfiguration)*: είναι η διαδικασία προσθήκης νέων συνιστωσών, η αφαίρεση υπαρκτών συνιστωσών και η αλλαγή στη σύνθεση των συνιστωσών με βάση τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.
- *Πληροφόρηση και εντολές με βάση την περιβάλλουσα κατάσταση (contextual information and command)*: τα ερωτήματα (queries) μπορούν να παράγουν διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με την περιβάλλουσα κατάσταση τη στιγμή που υποβάλλονται. Παρόμοια, η περιβάλλουσα κατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να διαμορφωθούν και να παρουσιαστούν εντολές σχετικές με την περιβάλλουσα κατάσταση (“contextual commands” – π.χ. οι επιλογές που εμφανίζονται όταν γίνεται δεξί κλικ σε ένα αντικείμενο).
- *Ενέργειες που πυροδοτούνται με βάση την περιβάλλουσα κατάσταση (context-triggered actions)*: Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κανόνες “if-then” προκειμένου να καθοριστεί πως ένα σύστημα ΕΠΚ θα προσαρμοστεί ή να καθοριστούν γεγονότα που όταν συμβούν θα πυροδοτήσουν μια προσαρμογή.

Οι Dey και Abowd [53] προτείνουν πως τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να διαθέτει μια εφαρμογή ΕΠΚ είναι τα ακόλουθα:

- Η *παρουσίαση (presentation)* πληροφοριών και υπηρεσιών στους χρήστες ανάλογα με την περιβάλλουσα κατάσταση ή η χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας για την πρόταση κατάλληλων επιλογών.
- Η *αυτόματη εκτέλεση (automatic execution)* μιας υπηρεσίας σύμφωνα με τις αλλαγές στην περιβάλλουσα κατάσταση.
- Η *σημείωση* της περιβάλλουσας κατάστασης (*tagging of context*), η τοποθέτηση δηλαδή ετικετών και άλλης μετα-πληροφορίας πάνω στην περιβάλλουσα πληροφορία για μεταγενέστερη ανάκτηση.

4.5.2 Συστήματα με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης

Στα πρώτα συστήματα ΕΠΚ η συλλογή και η εκμετάλλευση της περιβάλλουσας πληροφορίας ήταν συνυφασμένη στον ίδιο τον κώδικα του συστήματος, δηλαδή δεν ήταν διαχωρισμένη σε διαφορετικά υποσυστήματα, αφενός μεν εξαιτίας του περιορισμένου εύρους της περιβάλλουσας πληροφορίας που χρησιμοποιείτο και αφετέρου λόγω του πρώιμου σταδίου στο οποίο βρίσκονταν αυτού του είδους οι εφαρμογές.

Το πρώτο σύστημα ΕΠΚ ήταν το Active Badge System [248] το οποίο αναπτύχθηκε στο Olivetti Research Lab. Μια εξέλιξη αυτού του συστήματος ήταν το σύστημα ParcTab, το οποίο αναπτύχθηκε από το Xerox Palo Alto Research Center και χρησιμοποιούσε PDAs προκειμένου να προσφέρει μια σειρά από εφαρμογές γραφείου ΕΠΚ [203]. Παράλληλα με αυτά τα έργα, έγιναν και άλλες προσπάθειες οι οποίες οδήγησαν σε συστήματα ΕΠΚ -χωρίς να είναι σε αυτά απαραίτητα διαχωρισμένη η συμπεριφορά διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας από την συμπεριφορά της προσαρμογής (adaptation)- και τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής [56]:

- **Εννοιολογικά πλαίσια (conceptual frameworks):** αυτά εστιάζουν στην αρχιτεκτονική των συστημάτων ΕΠΚ και εισαγάγουν μεθόδους για τη σύλληψη, την επεξεργασία και τη διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας στα ενδιαφερόμενα μέρη. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι το Context Toolkit από το Georgia Institute of Technology [54] και το Cooltown από τη Hewlett-Packard [130].
- **Πλατφόρμες υπηρεσιών (service platforms):** Αυτές οι πλατφόρμες επιτρέπουν τη γρήγορη ανάπτυξη και ανίχνευση υπηρεσιών προκειμένου να παρέχουν την κατάλληλη λειτουργικότητα σύμφωνα με την περιβάλλουσα κατάσταση. Παραδείγματα τέτοιων πλατφορμών είναι η αρχιτεκτονική M3 από το University of Queensland [113] και η πλατφόρμα για προσαρμοστικές υπηρεσίες (platform for adaptive applications) από το Lancaster University [62].
- **Περιβάλλοντα συσκευών (appliance environments):** αυτά προσπαθούν να υποστηρίξουν τη διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε συλλογές από συσκευές. Παραδείγματα τέτοιων περιβαλλόντων είναι το περιβάλλον Ektara από το MIT [52] και το Universal Information Appliance από την IBM [72].
- **Υπολογιστικά περιβάλλοντα (computing environments):** αυτά προωθούν την υπολογιστική ΕΠΚ αποδεσμεύοντας τον χρήστη από τη συσκευή και εκτελούν λειτουργίες για λογαριασμό του χρήστη. Παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι το PIMA από την IBM [11].

Ο Chen [40] όρισε τις διαφορετικές απόψεις (aspects) της κινητής υπολογιστικής ΕΠΚ (context-aware mobile computing) με βάση το είδος της προσαρμογής (adaptation) που προσφέρουν. Έτσι τα κινητά συστήματα ΕΠΚ διακρίνονται σε αυτά που:

- **Επαυξάνουν την διεπαφή με το χρήστη (enhancing user interfaces):** η βελτίωση της διεπαφής (interface) στις εφαρμογές που εκτελούνται στις φορητές συσκευές είναι πολύ σημαντική εξαιτίας των περιορισμένων δυνατοτήτων εισόδου (π.χ. μικρά πληκτρολόγια) και εξόδου (π.χ. μικρές οθόνες). Σε αυτές τις συσκευές για να «βρει» ο χρήστης ένα πλήκτρο ή να αποκτήσει τον έλεγχο της οθόνης πολλές φορές απαιτεί σημαντική προσπάθεια και ένα μεγάλο μέρος της προσοχής του χρήστη. Προκειμένου να αντιμετωπίσουν αυτά τα θέματα οι Hinckley et al [104] ανέπτυξαν ένα σύστημα ΕΠΚ το οποίο υπολόγιζε τη θέση και την κατεύθυνση της φορητής συσκευής και ενεργοποιούσε μια εφαρμογή φωνητικών σημειώσεων (voice memo application) ή αυτόματα αναπροσάρμοζε τη φόρμα της εφαρμογής σε κατακόρυφο (portrait) ή οριζόντιο (landscape) προσανατολισμό. Ανάλογες εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί από τους Schilit et al. [203] και τον Rekimoto [193].
- **Κατευθύνουν τη συμπεριφορά της προσαρμογής (guiding adaptation behavior):** σε πολλά συστήματα ΕΠΚ διάφοροι παράμετροι του περιβάλλοντος καθοδηγούν τη λειτουργικότητα (functionality/behavior) της εφαρμογής. Για παράδειγμα όταν «ρέει» (streaming) ένα αρχείο βίντεο (video file) δια μέσω ενός ασύρματου δικτύου, εάν η εφαρμογή είναι ικανή να ανιχνεύσει αλλαγές στο εύρος ζώνης του δικτύου (network bandwidth), τότε αυτή μπορεί να προσαρμόσει την “ποιότητα ροής” (streaming quality) του βίντεο χωρίς να περισπά την προσοχή του χρήστη [203].

Το εύρος ζώνης του δικτύου επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μια ιστοσελίδα ΕΠΚ προκειμένου να αποφασίσει τον τύπο της εικόνας (type of

image file) που θα πρέπει να ζητήσει από έναν εξυπηρέτη ιστού, προκειμένου να πετύχει μια αποδεκτή ταχύτητα κατεβάσματος [172].

- **Καθιστούν εφικτές τις εφαρμογές έξυπνων χώρων (Enabling Smart Space Applications):** Οι ερευνητές πιστεύουν ότι η χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα υπολογιστικά συστήματα προκειμένου αυτά να μπορούν να προβλέψουν τις ανάγκες του χρήστη και να λειτουργήσουν για λογαριασμό του. Η θέση (location) και η ταυτότητα (identity) του χρήστη έχουν χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως το Σύστημα Υποβοήθησης Αγορών (Shopping Assistant System), που περιγράφουν οι Asthana et al. [6], προκειμένου να προταθούν προϊόντα στο χρήστη και να προσδιοριστεί η θέση τους στο κατάστημα. Όμοια στο [145] έχει χρησιμοποιηθεί το προφίλ του χρήστη και η θέση του προκειμένου να επιτευχθεί στοχευμένη διαφήμιση μέσω φορητών συσκευών.

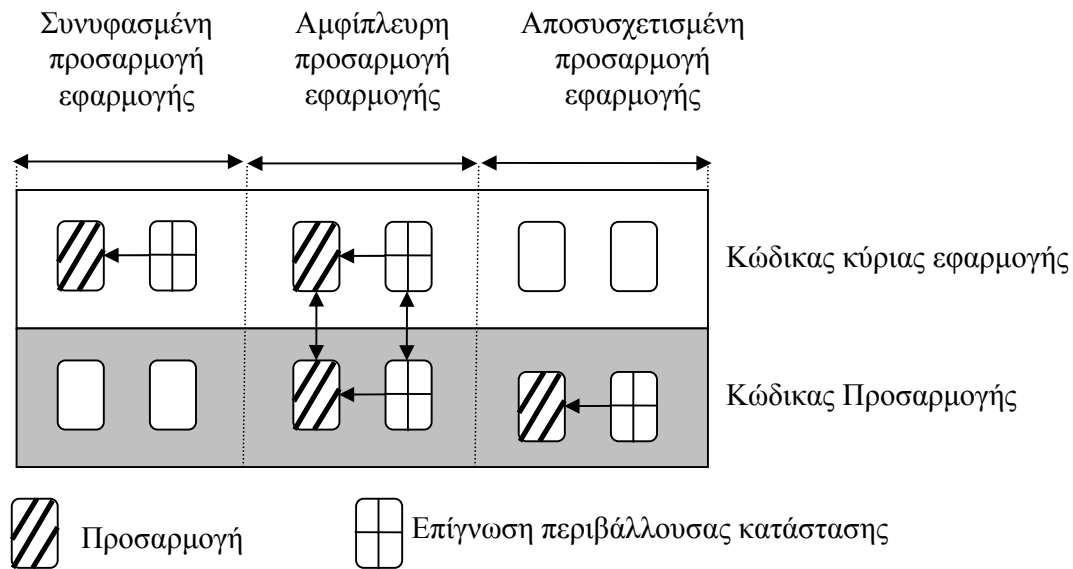
4.5.3 Μηχανισμοί προσαρμογής

4.5.3.1 Πού θα γίνει η προσαρμογή

Το ερώτημα “πού θα γίνει η προσαρμογή” αναφέρεται στη θέση του συστήματος εντός της συνολικής αρχιτεκτονικής, όπου θα προσαρτηθεί ο κώδικας της προσαρμογής. Αυτή η προσθήκη μπορεί να γίνει στο *λειτουργικό σύστημα*, στην *πλατφόρμα* ή στην *εφαρμογή* [219]. Παράδειγμα προσαρμογής στο λειτουργικό σύστημα έχουμε στο Odyssey project, όπου έγινε επέκταση του λειτουργικού συστήματος προκειμένου να υποστηρίξει τη δυναμική σύνθεση [172]. Παράδειγμα προσαρμογής στην πλατφόρμα αποτελεί η επέκταση των εικονικών μηχανών (virtual machines), η οποία επιτρέπει τη «σύλληψη» και την «αναδρομολόγηση» των κλήσεων του λειτουργικού κώδικα [179]. Αν και η προσαρμογή στην πλατφόρμα

προσφέρει “διαφάνεια” (transparency) στην εφαρμογή, εφαρμόζεται για κώδικα που έχει γραφεί για να εκτελεστεί στη συγκεκριμένη πλατφόρμα. Παραδείγματα προσαρμογής στην εφαρμογή αποτελούν [49], [105], [199], [221]. Σύμφωνα με το [200], όταν η προσαρμογή γίνεται: (i) μέσα στην εφαρμογή καλείται *ελεύθερη προσαρμογή (laisser-faire adaptation)*, (ii) αποκλειστικά εκτός εφαρμογής, καλείται *προσαρμογή διαφανής στην εφαρμογή (application-transparent adaptation)* και (iii) τόσο εντός όσο και εκτός της εφαρμογής, καλείται *προσαρμογή με επίγνωση από την εφαρμογή (application – aware adaptation)*.

Δεδομένου του ότι ο προσανατολισμός μας είναι η μελέτη της προσαρμογής σε επίπεδο εφαρμογής (application-level adaptation), δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο με την προσαρμογή στο λειτουργικό σύστημα και την προσαρμογή στο ενδιάμεσο λογισμικό. Όμως παρά το γεγονός του ότι θα μελετήσουμε την προσαρμογή που γίνεται εξ ολοκλήρου μέσα στην εφαρμογή, τίθεται εκ νέου το ερώτημα “πού θα γίνει η προσαρμογή”, δηλαδή κατά πόσο ο κώδικας της προσαρμογής θα είναι συνυφασμένος με τον κώδικα που παρέχει τις κύριες λειτουργίες της εφαρμογής ή είναι ανεξάρτητος από αυτόν. Έτσι εισάγουμε τι ακόλουθες έννοιες, αν ο κώδικας προσαρμογής: i) είναι αποκλειστικά εντός του πρωτογενούς κώδικα της κύριας εφαρμογής, η προσαρμογή καλείται *συνυφασμένη προσαρμογή εφαρμογής (interweaved application adaptation)*, ii) αν είναι τόσο εντός όσο και εκτός του πρωτογενούς κώδικα της κύριας εφαρμογής, η προσαρμογή καλείται *αμφίπλευρη προσαρμογή εφαρμογής (bilateral application adaptation)* και iii) αν είναι αποκλειστικά εκτός του πρωτογενούς (source) κώδικα της κύριας εφαρμογής, η προσαρμογή καλείται *αποσυσχετισμένη προσαρμογή εφαρμογής (decoupled application adaptation)* (Σχήμα 15).



Σχήμα 15: Κατάταξη των τρόπων προσαρμογής των εφαρμογών

4.5.3.2 Πώς θα γίνει η προσαρμογή

Υπάρχουν δυο γενικοί μηχανισμοί οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση της προσαρμογής του κώδικα: η *παραμετρική προσαρμογή* (*parameter adaptation*) και η *προσαρμογή με σύνθεση* (*compositional adaptation*).

4.5.3.2.1 Η παραμετρική προσαρμογή

Η *παραμετρική προσαρμογή* κάνει χρήση παραμέτρων για τον καθορισμό της συμπεριφοράς του προγράμματος. Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί και για την προσαρμογή και ρύθμιση του πρωτοκόλλου TCP με έλεγχο των παραμέτρων που ρυθμίζουν την αναμετάδοση (*retransmission*) σε περιπτώσεις συμφόρησης (*congestion*) του δικτύου [103]. Στα πλαίσια της κινητής υπολογιστικής έχει γίνει χρήση αυτής της τεχνικής για την ανάπτυξη κάποιων συστημάτων ΕΠΚ όπως το *Aura* [215], το *Context Toolkit* [54] και το *Ektara* [52], όπου η προσαρμογή της συμπεριφοράς της εφαρμογής ρυθμίζεται από τις τιμές των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος (*environmental properties*). Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι οι εν δυνάμει διαφορετικές μορφές προσαρμογής πρέπει να είναι σταθερές και

γνωστές εκ των προτέρων, δηλαδή δεν είναι δυνατή η διαχείριση μιας νέας μορφής προσαρμογής η οποία δεν έχει προβλεφθεί κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της κύριας εφαρμογής. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη προσέγγιση προσφέρει το πλεονέκτημα της επίτευξης της προσαρμογής με σχετική ευκολία, χωρίς την ανάπτυξη εξειδικευμένου κώδικα και επιπλέον προσφέρει στις εφαρμογές πολύ καλή απόδοση (performance).

4.5.3.2.2 Η προσαρμογή με σύνθεση

Η προσαρμογή με σύνθεση έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του αλγόριθμου ή των δομικών συστατικών του προγράμματος, έτσι ώστε αυτό να «ταιριάζει» στο τρέχον περιβάλλον λειτουργίας της εφαρμογής [2], [126]. Συγκριτικά με την παραμετρική προσαρμογή, η προσαρμογή με σύνθεση επιτρέπει την υιοθέτηση νέων αλγορίθμων προσαρμογής οι οποίοι δεν είχαν προβλεφθεί κατά τη διάρκεια σχεδιασμού και ανάπτυξης της κύριας εφαρμογής.

Οι βασικές τεχνολογίες οι οποίες επιτρέπουν την υλοποίηση της προσαρμογής με σύνθεση είναι [159]: *α) ο διαχωρισμός των «ασχολιών» (separation of concerns), β) ο αντικατοπτρισμός της υπολογιστικής (computational reflection) και γ) ο βασισμένος σε συνιστώσες σχεδιασμός (component-based design).*

4.5.3.2.2.1 Ο διαχωρισμός των ασχολιών και η προσανατολισμένη σε απόψεις προσέγγιση

Ο διαχωρισμός των ασχολιών (separation of concerns) επιτρέπει τον διαχωρισμό της ανάπτυξης της λειτουργικής συμπεριφοράς της εφαρμογής (functional behavior) από απόψεις που δεν εντάσσονται στη βασική της λειτουργική συμπεριφορά, οι οποίες αναφέρονται και ως διατέμνοντα ενδιαφέροντα (“cross-cutting concerns”). Ένα διατέμνον ενδιαφέρον είναι μια λειτουργία η οποία δεν μπορεί να οριστεί στα πλαίσια

μίας ξεχωριστής συνιστώσας και αυτό γιατί η συγκεκριμένη λειτουργία θα πρέπει να ενσωματωθεί σε πολλές και άσχετες μεταξύ τους συνιστώσες της κύριας εφαρμογής π.χ. διαδικασίες καταγραφής (logging) ή ασφάλειας (security). Η διαδικασία της προσαρμογής (adaptation) μπορεί να θεωρηθεί σαν θέμα/άποψη που δεν εντάσσεται στη βασική λειτουργική συμπεριφορά της εφαρμογής δηλαδή ως διατέμνον ενδιαφέρον. Η πιο ευρέως διαδεδομένη τεχνική για τον διαχωρισμό της λειτουργικής συμπεριφοράς μιας εφαρμογής από τα διατέμνοντα ενδιαφέροντα είναι η τεχνική του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού (aspect-oriented programming – AOP) [129].

Η τεχνική AOP [65] είναι μια μεθοδολογία προγραμματισμού η οποία επιτρέπει στα διατέμνοντα ενδιαφέροντα να οριστούν σαν “*απόψεις*” (aspects) και στη συνέχεια να ενσωματωθούν στην κύρια εφαρμογή μέσω μιας διαδικασίας που καλείται *συνύφανση* (weaving).

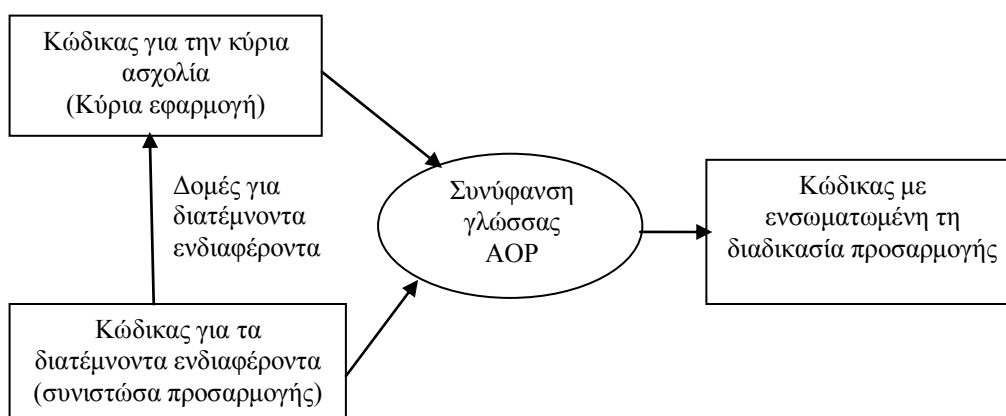
Οι προσανατολισμένες σε απόψεις γλώσσες προγραμματισμού, εισάγουν την έννοια της άποψης (aspect) ως μια δομή η οποία χρησιμοποιείται για να ενθυλακώσει (encapsulate) ένα διατέμνον ενδιαφέρον και η οποία “*συνυφαίνεται*” στον κώδικα της κύριας εφαρμογής είτε κατά τη μεταγλώττιση (compile time), είτε κατά τη φόρτωση (load time), είτε κατά την εκτέλεση (runtime). Μία άποψη ορίζεται με τους εξής όρους:

- *σημεία τομής* (“pointcuts”) - μια συλλογή από σημεία συνένωσης (“join points”) δηλαδή θέσεις μέσα στην κύρια εφαρμογή όπου η συμβουλή (βλέπε επόμενη πρόταση) θα “*συνυφανθεί*”
- *συμβουλές* (“advices”) – κώδικας ο οποίος θα εκτελεστεί πριν την εκτέλεση, μετά την εκτέλεση ή σε αντικατάσταση ενός σημείου συνένωσης δηλαδή

αντικαθιστώντας το [συμβουλές «πριν» (before), «μετά» (after) και «περί» (around), αντίστοιχα]

- *δηλώσεις μεταξύ τύπων* (“inter-type declarations”) — ένας μηχανισμός για την προσθήκη μεθόδων (methods) και χαρακτηριστικών (properties) στις κλάσεις της κύριας εφαρμογής [91].

Η τεχνική AOP επιτρέπει την παραγωγή κώδικα - δηλαδή των απόψεων-, ο οποίος αναπτύσσεται χωριστά και χωρίς γνώση της κύριας εφαρμογής και στη συνέχεια «συνυφαίνεται» σε συγκεκριμένες ομάδες από σημεία συνένωσης της κύριας εφαρμογής -όπως φαίνεται στο Σχήμα 16-, με αποτέλεσμα την επίτευξη του «διαχωρισμού των ενδιαφερόντων» (separation of concerns).



Σχήμα 16: Χρήση προσανατολισμένου σε ασχολίες προγραμματισμού για υλοποίηση προσαρμογής

Η αξιοποίηση της τεχνικής AOP για την επίτευξη της προσαρμογής της κύριας εφαρμογής στις μεταβαλλόμενες παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας, έγκειται στον καθορισμό των συνθηκών οι οποίες θα εξαρτώνται από τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας και οι οποίες θα επιτρέψουν σε συγκεκριμένα σημεία συνένωσης της κύριας εφαρμογής να «προσαρμοστούν», σύμφωνα με τις λειτουργίες που υπαγορεύει ο κώδικας της σχετικής συμβουλής.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο μεγάλος βαθμός ανεξαρτησίας των εμπλεκομένων στην ανάπτυξη και εκτέλεση της κύριας εφαρμογής και των εμπλεκομένων στην ανάπτυξη και λειτουργία της προσαρμογής, η δυνατότητα εύκολης αλλαγής του κώδικα των κλάσεων της κύριας εφαρμογής και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των καθώς και η ευκολία συντήρησης και ελέγχου του κώδικα προσαρμογής.

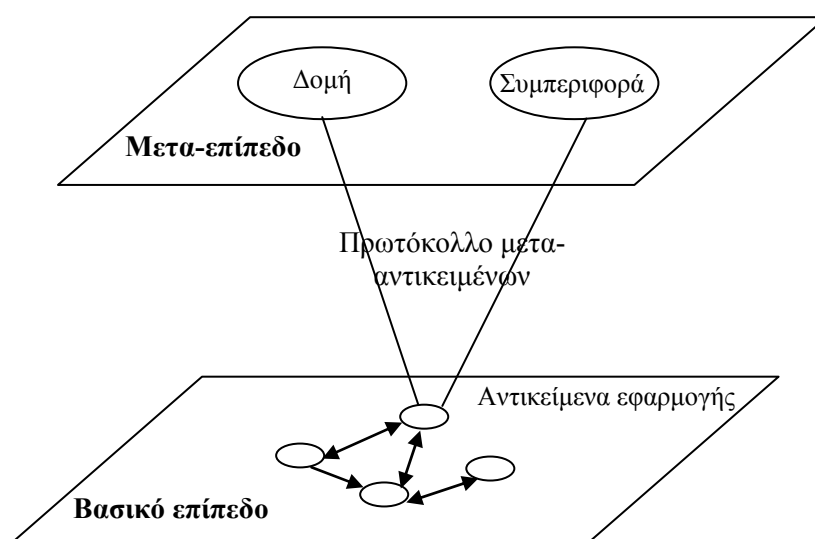
4.5.3.2.2.2 Ο αντικατοπτρισμός της υπολογιστικής

Ένα “αντικατοπτρίζον υπολογιστικό σύστημα” (reflective computational system) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο “συλλογίζεται” (reasons) επί του εαυτού του και “δρα” (acts) για λογαριασμό του. Ο “αντικατοπτρισμός” (reflection), μέσω της “επιθεώρησης” (inspection) και της “ενδοσκόπησης” (introspection), επιτρέπει σε ένα σύστημα να “αποκαλύψει” λεπτομέρειες σχετικές με τη δομή και τη συμπεριφορά του σε ένα υψηλό επίπεδο, αποκρύπτοντας περιττές λεπτομέρειες, ώστε να είναι δυνατή η τροποποίηση και η επέκταση της συμπεριφοράς του (intercession).

Η Maes [153] όρισε ένα μετα-σύστημα (meta-system) ως ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο αποθηκεύει μετα-δεδομένα (metadata), τα οποία αντιπροσωπεύουν πληροφορίες για ένα άλλο υπολογιστικό σύστημα το οποίο ονομάζεται “βασικό σύστημα” (base-system). Τα μετα-δεδομένα είναι ενεργά συνδεδεμένα με το “βασικό σύστημα” το οποίο αναπαριστούν, δηλαδή αν αλλάξει το βασικό σύστημα τότε αλλάζουν και τα μετα-δεδομένα κατάλληλα και αντίστροφα αν αλλάξουν τα μετα-δεδομένα τότε θα πρέπει να αλλάξει και το βασικό σύστημα αντίστοιχα. Ένα “αντικατοπτρίζον υπολογιστικό σύστημα” (reflective system) είναι ένα μετα-σύστημα (meta-system) για το οποίο το “βασικό σύστημα” είναι ο εαυτός του [128], δηλαδή τα μετα-δεδομένα αντιπροσωπεύουν ένα μέρος του ίδιου συστήματος. Αυτά τα μετα-δεδομένα, μέσω διαδικασιών “ενδοσκόπησης” (introspection), μπορούν να

“επιθεωρηθούν” (inspect) και να χρησιμοποιηθούν ή να αλλαχθούν ώστε να επιτευχθεί η προσαρμογή του βασικού συστήματος.

Ο “δομικός αντικατοπτρισμός” (structural reflection) παρέχει πληροφορίες σχετικές με τη δομή του βασικού συστήματος με τη μορφή μετα-δεδομένων (π.χ. τις δομές των δεδομένων, τους τύπους των δεδομένων, την ιεραρχία των κλάσεων, τις διεπαφές που υλοποιεί, κ.λπ.). Παράδειγμα δομικού αντικατοπτρισμού αποτελεί η εξέταση ενός αντικειμένου προκειμένου να γίνουν γνωστές οι μέθοδοί του που μπορούν να κληθούν. Ο “συμπεριφορικός αντικατοπτρισμός”, (behavioural reflection) είναι η ικανότητα για την αλλαγή της αναπαράστασης του συστήματος ώστε να αλλαχθεί και να προσαρμοστεί η συμπεριφορά του βασικού συστήματος.



Σχήμα 17: Αντικατοπτρισμός της υπολογιστικής

Σε μια αντικειμενοστρεφή προγραμματιστική γλώσσα, ένα μετα-αντικείμενο είναι ένα αντικείμενο το οποίο διατηρεί πληροφορίες σχετικές με την υλοποίηση ενός άλλου αντικειμένου [33]. Το σύνολο των μετα-αντικειμένων που αναπαριστούν ένα συγκεκριμένο αντικείμενο αποτελούν το *μετα-επίπεδο* αυτού του αντικειμένου. Το σύνολο των μετα-αντικειμένων που αναπαριστούν όλα τα βασικά αντικείμενα μιας εφαρμογής αποτελούν το *μετα-επίπεδο* αυτής της εφαρμογής, δεδομένου ότι μια

εφαρμογή είναι μια συλλογή από αντικείμενα. Η επικοινωνία του βασικού επιπέδου (base level) και του μετα-επιπέδου (meta-level) διενεργείται μέσα από ένα σύνολο καλά ορισμένων διεπαφών (interfaces). Όλες αυτές οι διεπαφές καλούνται πρωτόκολλο μετα-αντικειμένων (meta-object protocol or MOP) [29], όπως φαίνεται στο Σχήμα 17. Σε μια αντικειμενοστρεφή γλώσσα προγραμματισμού, ένα πρωτόκολλο μετα-αντικειμένων μπορεί να θεωρηθεί μία επέκταση του μοντέλου των αντικειμένων (object model) το οποίο μπορεί να “εξεταστεί” και να χρησιμοποιηθεί για την προσαρμογή.

Ο αντικατοπτρισμός (reflection) είναι αυτός ο μηχανισμός ο οποίος επιτρέπει στην προσανατολισμένη σε απόψεις προσέγγιση την “συνύφανση” του κώδικα προσαρμογής με τον κώδικα της κύριας εφαρμογής κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης.

4.5.3.2.2.3 Σχεδιασμός στηριζόμενος σε συνιστώσες λογισμικού

Ο αντικειμενοστρεφής σχεδιασμός και πιο πρόσφατα ο στηριζόμενος σε συνιστώσες σχεδιασμός, επιτρέπει τη δυναμική επανασύνθεση του κώδικα. Ο στηριζόμενος σε συνιστώσες σχεδιασμός προσφέρει δύο τρόπους σύνθεσης κώδικα: τη *στατική σύνθεση* (static composition) και τη *δυναμική σύνθεση* (dynamic composition). Στη στατική σύνθεση θα πρέπει ο προγραμματιστής να συνθέσει τις διάφορες συνιστώσες οι οποίες κατά τη μεταγλώττιση θα παράξουν την εφαρμογή. Στη δυναμική σύνθεση ο προγραμματιστής μπορεί να προσθέσει, να διαγράψει ή να τροποποιήσει τις συνιστώσες της εφαρμογής κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης.

4.5.3.3 Πότε θα γίνει η προσαρμογή μέσω σύνθεσης

Η προσαρμογή μέσω σύνθεσης μπορεί να γίνει σε διάφορα στάδια της ζωής της εφαρμογής. Δύο είναι οι κύριοι τύποι της σύνθεσης: η *στατική* και η *δυναμική* σύνθεση. Η *στατική σύνθεση* μπορεί να γίνει κατά την διάρκεια της ανάπτυξης, της

μεταγλώττισης ή της φόρτωσης. Ένα πρόγραμμα το οποίο συντίθεται κατά την ανάπτυξη, έχει τη διαδικασία προσαρμογής ενσωματωμένη (hardwired) μέσα στον κώδικα και συνεπώς δεν μπορεί να αλλάξει η προσαρμοσμένη συμπεριφορά χωρίς να αλλάξει ο κώδικας. Αν η σύνθεση γίνεται κατά τη μεταγλώττιση, τότε η εφαρμογή προκειμένου να αποκτήσει την προσαρμοσμένη συμπεριφορά χρειάζεται απλώς επανα-μεταγλώττιση (recompilation). Αν η σύνθεση γίνει κατά τη φόρτωση, τότε η ενσωμάτωση του κώδικα προσαρμογής στην κύρια εφαρμογή γίνεται κατά την διάρκεια του “φορτώματος” των συνιστωσών, συνεπώς δεν απαιτείται να είναι διαθέσιμος ο πρωτογενής κώδικας, αλλά η προσαρμογή εφαρμόζεται απευθείας στον εκτελέσιμο κώδικα του συστήματος. Στη *δυναμική σύνθεση*, η διαδικασία προσαρμογής τροποποιεί την κύρια εφαρμογή κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, είτε αντικαθιστώντας/τροποποιώντας κάποιες ήδη χρησιμοποιούμενες συνιστώσες, είτε προσθέτοντας νέες συνιστώσες. Προκειμένου ένα πλαίσιο βασισμένο σε συνιστώσες να παρέχει δυναμική σύνθεση, θα πρέπει να υποστηρίζει την *ύστερη σύνδεση* (late binding), η οποία επιτρέπει την ένωση συμβατών συνιστωσών κατά την εκτέλεση μέσω καλά ορισμένων διεπαφών.

4.5.3.4 Προσαρμογή οδηγούμενη από πολιτική

Πολλά από τα προσαρμοστικά συστήματα (adaptive systems) αναθέτουν εξ ολοκλήρου την διαδικασία της προσαρμογής σε κάποιον “Διαχειριστή Προσαρμογής” (Adaptation Manager), του οποίου οι λειτουργίες είναι είτε (α) διασκορπισμένες και συνυφασμένες στον κώδικα της κύριας εφαρμογής, είτε (β) ανεξάρτητες και έξω από τον κώδικα της κύριας εφαρμογής [48]. Αυτός ο “Διαχειριστής Προσαρμογής” αναλαμβάνει τον έλεγχο για: i) να αποφανθεί αν θα πρέπει να γίνει η προσαρμογή, ii) να επιλέξει το είδος της προσαρμογής και τέλος iii) να εκτελέσει την ίδια την διαδικασία της προσαρμογής. Από τη στιγμή που η λογική για την επιλογή της

κατάλληλης προσαρμογής και ο ίδιος ο μηχανισμός εκτέλεσης της είναι ενσωματωμένα στον “Διαχειριστή Προσαρμογής” και τις περισσότερες φορές εξαρτημένα από τη σημασιολογία της εκάστοτε εφαρμογής, αυτό καθιστά τον “Διαχειριστή Προσαρμογής” μη ευέλικτο και ακατάλληλο για γενική χρήση. Από τη στιγμή που η λογική της προσαρμογής (adaptation logic) είναι ενσωματωμένη μέσα στον κώδικα του “Διαχειριστή Προσαρμογής”, αυτός ο κώδικας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο διαφορετικό σύστημα χωρίς να ξαναγραφεί/τροποποιηθεί ώστε να ενσωματώσει τη λογική προσαρμογής του νέου συστήματος. Επίσης αυτός ο κώδικας δεν είναι ικανός να ανταποκριθεί ούτε σε αλλαγές στην λογική προσαρμογής του συστήματος για το οποίο έχει γραφεί και οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί κατά την διάρκεια συγγραφής του.

Η λύση ενός μοντέλου όπου η λογική προσαρμογής ορίζεται δυναμικά από τον χρήστη σε κάποιο αρχείο διαμόρφωσης (configuration file) και το οποίο στη συνέχεια φορτώνεται, μεταφράζεται σε κώδικα και εκτελείται από τον “Διαχειριστή Προσαρμογής”, δίνει τη λύση στα μειονεκτήματα του στατικού “Διαχειριστή Προσαρμογής” που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Ένα τέτοιο αρχείο διαμόρφωσης περιέχει τις δυναμικές “προδιαγραφές πολιτικής” (policy specifications) οι οποίες θα καθορίσουν τη φύση της προσαρμογής (το “Τι”), τη θέση της προσαρμογής (το “Πού”) και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα γίνει η προσαρμογή (το “Πότε”). Η λύση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για το καθορισμό πολιτικών ασφάλειας και διαχείρισης σε συστήματα κατανομημένων αντικειμένων (distributed object systems), όπως π.χ. η Ponder policy language η οποία αναπτύχθηκε από το Imperial College του Λονδίνου [59]. Παρόμοια το πλαίσιο πολιτικών REI (REI policy framework) [119], αποτελεί ένα ανεξάρτητο εφαρμογής σύστημα διαχείρισης ασφάλειας, βασισμένο σε πολιτικές.

Αντίστοιχες λύσεις έχουν εφαρμοστεί και στον τομέα των εφαρμογών ΕΠΚ. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι “προδιαγραφές πολιτικής” απαρτίζονται από κανόνες πολιτικής προσαρμογής (adaptation policy rules) οι οποίοι αποτελούνται από i) ένα έναυσμα (“trigger”), το οποίο συχνά πυροδοτείται ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας παρακολούθησης (monitoring operation), ii) μια ενέργεια (“action”) η οποία εκτελείται σαν απόκριση στο έναυσμα, και iii) από έναν στόχο (“target”) της ενέργειας, ο οποίος περιγράφει το τμήμα του συστήματος στο οποίο θα εφαρμοστεί η ενέργεια. Στο έργο CARISMA [36], το οποίο υλοποιήθηκε από το University College του Λονδίνου, αναπτύχθηκε ένα ενδιάμεσο λογισμικό για την παροχή υπηρεσιών με διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με την περιβάλλουσα πληροφορία που λαμβάνεται από το περιβάλλον εκτέλεσης, με ένα τρόπο παρόμοιο με το μοτίβο στρατηγικής (strategy pattern) [196]. Οι υπηρεσίες επιλέγονταν σύμφωνα με την περιβάλλουσα πληροφορία τη σχετική με το χρήστη, την εφαρμογή ή το υπολογιστικό περιβάλλον, μέσα από ένα «προφίλ εφαρμογής» (“application profile”) το οποίο ήταν υλοποιημένο με τη μορφή ενός εγγράφου XML.

Η προσέγγιση RAM (Reflection for Adaptable Mobility) [23], χρησιμοποιεί το διαχωρισμό των λειτουργικών ασχολιών (“functional concerns”) από τις μη λειτουργικές ασχολίες (“non-functional concerns”) με μία τεχνική παρόμοια με την τεχνική του προσανατολισμένου στις απόψεις. Οι περιέκτες (“containers”), τα μετα-αντικείμενα που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα και τα οποία υλοποιούν την προσαρμογή, επιλέγονται κατά την εκτέλεση από μία μηχανή προσαρμογής, η οποία χρησιμοποιεί αρχεία πολιτικής εφαρμογής και συστήματος γραμμένα σε μια γλώσσα που προσομοιάζει με σχήμα και τα οποία φορτώνονται κατά την εκκίνηση της εφαρμογής. Παρόμοια το ενδιάμεσο λογισμικό Chisel [128], χρησιμοποιεί τις έννοιες των μετα-τύπων (“metatypes”) και του αντικατοπτρισμού, συνδυασμένες με ένα

δυναμικά οριζόμενο αρχείο διαμόρφωσης πολιτικής (policy configuration file) το οποίο επιτρέπει τη μη προκαθορισμένη προσαρμογή (“unanticipated adaptation”) των υπηρεσιών της κύριας εφαρμογής.

4.6 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο συζητήσαμε θέματα σχετικά με την περιβάλλουσα πληροφορία και την επίγνωσή της. Προσδιορίσαμε τις κατηγορίες της περιβάλλουσας πληροφορίας έτσι όπως τις έχει καταγράψει η σύγχρονη έρευνα και παρουσιάσαμε τεχνικές μοντελοποίησης και απόκτησης της περιβάλλουσας πληροφορίας, όπως επίσης και μεθόδους για την εκμετάλλευσή της.

Αν και οι σύγχρονοι ερευνητές έχουν προσεγγίσει ένα αριθμό από θέματα σχετικά με την κατανόηση της περιβάλλουσας πληροφορίας, τη μοντελοποίηση, την επεξεργασία και τη διανομή της, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση προκειμένου να αποσαφηνιστούν περισσότερο τα σχετικά θέματα. Θα πρέπει να αναζητηθούν οι καλύτερες τεχνικές από τους αναλυτές για την εκμείευση των απαιτήσεων των χρηστών σχετικά με την προσαρμοστικότητα (adaptivity) βάσει της περιβάλλουσας πληροφορίας και να σχεδιαστούν πλαίσια τα οποία θα διευκολύνουν την ανάπτυξη των εφαρμογών ΕΠΚ και τα οποία θα αντιμετωπίζουν εκτός της διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας, το θέμα του προσδιορισμού της και το θέμα της προσαρμογής έξω από την κύρια εφαρμογή.

Επιπρόσθετα και δεδομένου ότι μελετάμε την περιβάλλουσα πληροφορία και τη χρήση της από τις εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου, θα πρέπει να εστιάσουμε σε εκείνες τις απόψεις της περιβάλλουσας πληροφορίας που ενδιαφέρουν και δύναται να χρησιμοποιηθούν από αυτές τις εφαρμογές και να σχεδιάσουμε τεχνικές ανάπτυξης εφαρμογών για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας και την προσαρμογή

της κύριας εφαρμογής με βάση την περιβάλλουσα πληροφορία, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του ηλεκτρονικού εμπορίου.

Στη δημοσίευση “ *Exploiting Context in Mobile Applications* ”, που αναφέρουμε στη σελίδα 10, έχει συζητηθεί η έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης, οι κατηγορίες της και οι τρόποι σύλληψής της, τα μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αναπαράστασή της καθώς και οι λειτουργίες που θα πρέπει να παρέχει μια κινητή εφαρμογή με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, έτσι όπως έχει μελετηθεί από τη σύγχρονη έρευνα και παρουσιάσαμε σε αυτό το κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μεθοδολογία και Εργαλεία για τον Προσδιορισμό και την Αναπαράσταση της Περιβάλλουσας Πληροφορίας

5.1 Εισαγωγή

Η αξιοποίηση της περιβάλλουσας κατάστασης μέσα στην οποία λειτουργεί μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, είναι αφενός μεν κλειδί για την επιτυχή λειτουργία της και αφετέρου καθιστά την ανάπτυξη μιας τέτοιας εφαρμογής μια περισσότερο σύνθετη διαδικασία. Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (ΕΚΗΕ), απαιτείται μια πλήρης και στέρεη αντίληψη των εννοιών και των δομών που σχετίζονται με τον καθορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας, όπως επίσης μια μεθοδολογία που να υποστηρίζει όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής αυτών των εφαρμογών. Στοχεύοντας στον σχηματισμό αυτής της κοινής αντίληψης, σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε ένα εννοιολογικό μοντέλο για την ξεκάθαρη και ακριβή μοντελοποίηση των θεμάτων που σχετίζονται με την περιβάλλουσα πληροφορία των ΕΚΗΕ με ένα τρόπο ανεξάρτητο από τον τρόπο υλοποίησής τους. Επίσης προτείνουμε μια μεθοδολογία ανάπτυξης εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου μέσα από συγκεκριμένα βήματα, η οποία διευκολύνει την ανίχνευση και τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας που δύναται να αξιοποιηθεί από την εκάστοτε εφαρμογή.

Η συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου οργανώνεται ως εξής: Η ενότητα 5.2 παρουσιάζει μια σύντομη επισκόπηση των απαιτήσεων που θα πρέπει να καλύπτει ένα εννοιολογικό μοντέλο για την περιβάλλουσα κατάσταση. Η ενότητα 5.3 δίνει τον

τυπικό ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και προσδιορίζει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Στην ενότητα 5.4 προτείνεται μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας και οι ενότητες 5.5 και 5.6 περιγράφουν μια επέκταση των διαγραμμάτων UML για την αναπαράστασή της. Η ενότητα 5.4 περιλαμβάνει ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας (scenario analysis), παραθέτοντας συγκεκριμένα παραδείγματα και αποσαφηνίζοντας τα βήματα της μεθοδολογίας, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύει τη σχέση κάθε βήματος με τους τυπικούς ορισμούς της περιβάλλουσας κατάστασης και της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η ενότητα 5.8 εξετάζει σχετικές εργασίες και τις συγκρίνει με το προτεινόμενο εννοιολογικό μοντέλο, ενώ παράλληλα αποτιμά τη συνεισφορά της προτεινόμενης προσέγγισης στο χώρο. Τέλος, η ενότητα 5.9 ολοκληρώνει το κεφάλαιο.

5.2 Οι Απαιτήσεις

Η παρουσίαση ενός εννοιολογικού μοντέλου, το οποίο θα προωθήσει την κοινή αντίληψη για τις έννοιες και τις δομές που σχετίζονται με τον ορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα δώσει ένα ισχυρό πλεονέκτημα κατά την διάρκεια του σχεδιασμού των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ. Οι απαιτήσεις (requirements) αυτού μοντέλου προκύπτουν από την συγκριτική ανάλυση υπαρχόντων μοντέλων της περιβάλλουσας πληροφορίας [217], καθώς και από τη μελέτη και αξιολόγηση πραγματικών και υποθετικών σεναρίων χρήσης [192], και είναι τα ακόλουθα:

- *Να καθίσταται σαφής η σημασιολογία της περιβάλλουσας πληροφορίας με έναν τυπικό τρόπο:* Η σημασιολογία (semantics) του μοντέλου καθώς και η αναπαράσταση της πρέπει να αποτυπωθούν με έναν σαφή, εύκολο και τυπικό τρόπο, προκειμένου η περιβάλλουσα πληροφορία να είναι αξιοποιήσιμη από όλους τους εμπλεκομένους.

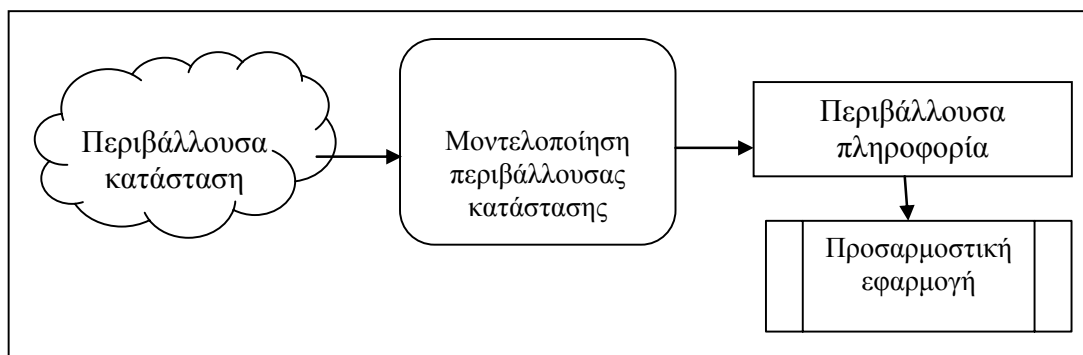
- *Να επιτρέπει την κατανεμημένη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας:* Δεδομένης της κινητικότητας του χρήστη (mobility), η περιβάλλουσα πληροφορία συλλέγεται σε διαφορετικά σημεία του χώρου και του χρόνου και ως εκ τούτου η αναπαράστασή της θα πρέπει να είναι συμβατή με ένα μοντέλο κατανεμημένης διαχείρισής της.
- *Να παρέχει τη δυνατότητα για έλεγχο της εγκυρότητας της πληροφορίας (information validation):* Η πολυπλοκότητα της περιβάλλουσας πληροφορίας καθώς και η κατανεμημένη φύση της την καθιστούν επιρρεπή σε λάθη. Κατά συνέπεια απαιτούνται μηχανισμοί ελέγχου της εγκυρότητάς της ως προς το μοντέλο περιβάλλουσας πληροφορίας που χρησιμοποιείται, αμέσως μόλις αυτή συλλέγεται.
- *Να λαμβάνει υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας πληροφορίας:* η περιβάλλουσα πληροφορία έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία θα πρέπει να αποτυπωθούν και να αναπαρασταθούν στο μοντέλο, έτσι ώστε κατά τη διαδικασία επεξεργασίας της να εξασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή ποιότητα στο παραγόμενο αποτέλεσμα.
- *Να είναι εξελίξιμο και επεκτάσιμο:* Καθώς οι εφαρμογές εξελίσσονται, οι νέες υπηρεσίες που αναπτύσσονται μπορεί να απαιτούν και να εισάγουν νέα είδη περιβάλλουσας πληροφορίας, τα οποία θα πρέπει εύκολα να μπορούν να ενσωματώνονται στο μοντέλο.
- *Να συνεκτιμά το περιβάλλον λειτουργίας:* Τα κινητά υπολογιστικά περιβάλλοντα προσθέτουν έναν ακόμα βαθμό δυσκολίας δεδομένου ότι είναι κατανεμημένα, ανομοιογενή, με αναξιόπιστες πολλές φορές επικοινωνίες. Επίσης οι συσκευές έχουν περιορισμένες δυνατότητες σε όρους μνήμης, επεξεργαστικής ισχύος, εύρους ζώνης και διάρκειας ζωής μπαταρίας. Αυτά τα

χαρακτηριστικά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό του μοντέλου, καθώς αυτό θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση και τη μεταφορά της περιβάλλουσας πληροφορίας.

5.3 Ο Ορισμός της Περιβάλλουσας Πληροφορίας για τις Εφαρμογές Κινητού Ηλεκτρονικού Εμπορίου

5.3.1 Η έννοια της περιβάλλουσας πληροφορίας

Έπειτα από την ανάλυση των εννοιών που σχετίζονται με την περιβάλλουσα κατάσταση [18], [233], [241], [242], ορίζουμε την *περιβάλλουσα κατάσταση* (context) ως το σύνολο όλων των δυνατών συνθηκών και καταστάσεων που περιβάλλουν μια ηλεκτρονική εμπορική λειτουργία, ενώ την *περιβάλλουσα πληροφορία*, (context information), σαν το σύνολο των δεδομένων της περιβάλλουσας κατάστασης της λειτουργίας. Η περιβάλλουσα κατάσταση είναι λοιπόν ένα αφηρημένο μοντέλο το οποίο μέσα από μια σειρά σχεδιαστικών και διαχειριστικών εργασιών θα μετασχηματιστεί σε στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας, τα οποία θα αξιοποιηθούν από την ΕΚΗΕ ώστε αυτή να δώσει τελικά τις προσαρμοστικές λειτουργίες (adaptive services) (Σχήμα 18).



Σχήμα 18: Ο μετασχηματισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας

Στις διάφορες φάσεις της ανάλυσης, του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των ΕΚΗΕ εκείνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι η *περιβάλλουσα πληροφορία* και στα πλαίσια της ανάπτυξης του εννοιολογικού μοντέλου δίνουμε τον ορισμό της:

“Περιβάλλουσα πληροφορία μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι κάθε τμήμα πληροφορίας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει την κατάσταση μιας οντότητας, η οποία μπορεί να θεωρηθεί σχετική με την αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η κατάσταση της οντότητας μπορεί να είναι είτε στατική είτε δυναμικά μεταβαλλόμενη, ενώ η σχέση/συνάφεια της οντότητας με την αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής μπορεί να προκύψει από το ενδεχόμενο να αξιοποιηθεί η πληροφορία που περιγράφει την κατάσταση της οντότητας προκειμένου να βελτιστοποιηθεί αυτή η αλληλεπίδραση, με στόχο την μεγιστοποίηση της εμπορικής αξίας της εφαρμογής.”

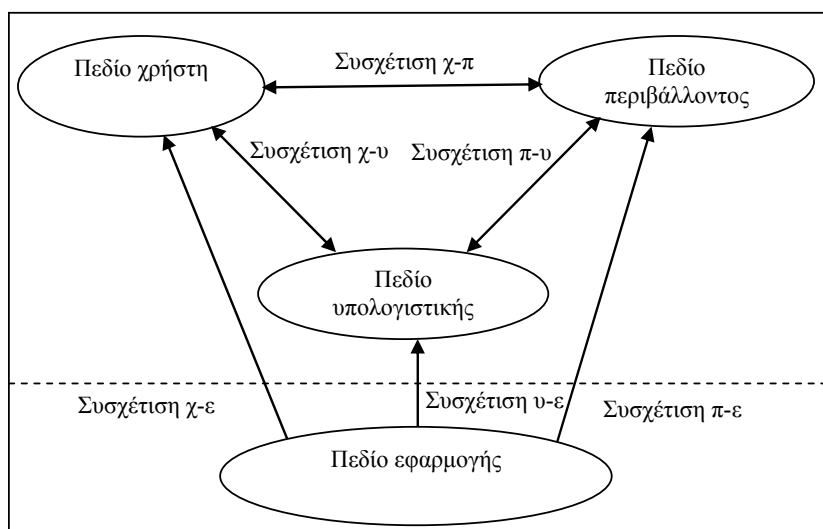
Με τον όρο “*οντότητα*” (entity), αναφερόμαστε τόσο στον όρο *οντότητα* (“entity”) όσο και στον όρο *συσχέτιση* (“relationship”) του μοντέλου οντοτήτων-συσχετίσεων (μοντέλο ΟΣ - ER-Model) [107]. Για λόγους σαφήνειας θα αποκαλούμε “*βασικές οντότητες*” (base entities) τις οντότητες του μοντέλου ΟΣ, ενώ τις “*relationships*” του μοντέλου ΟΣ θα τις αποκαλούμε “*συσχετιστικές οντότητες*” (associative entities).

Ο ορισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας που δόθηκε παραπάνω, επιχειρεί να περιορίσει το εύρος της περιβάλλουσας πληροφορίας όπως αυτό προσδιορίστηκε στον ορισμό που έδωσε ο Dey [53], σύμφωνα με τον οποίο “ *περιβάλλουσα πληροφορία είναι κάθε πληροφορία που μπορεί να χαρακτηρίσει την κατάσταση μιας οντότητας.....*”, περιορίζοντας αυτήν την πληροφορία στο τμήμα “*η οποία (οντότητα) μπορεί να θεωρηθεί σχετική με την αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συγκεκριμένη εφαρμογή*”. Θεωρούμε σημαντικό τον παραπάνω περιορισμό στον ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας, γιατί επιτρέπει στους αναλυτές και τους σχεδιαστές της

εφαρμογής να περιορίσουν το εύρος κάλυψης της περιβάλλουσας πληροφορίας μόνο στο τμήμα εκείνο που αυτοί σκοπεύουν ή μπορούν να αξιοποιήσουν, γεγονός που οδηγεί σε μια πιο διαχειρίσιμη φάση ανάλυσης και σχεδιασμού της εφαρμογής. Επιπρόσθετα ο παραπάνω ορισμός επιχειρεί να παρουσιάσει δύο διαφορετικές όψεις της περιβάλλουσας πληροφορίας: την όψη/έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης όπως την αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι (“*οντότητες οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν σχετικές με την αλληλεπίδραση του χρήστη με την συγκεκριμένη εφαρμογή*”) και την όψη/έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης όπως αυτή γίνεται αντιληπτή στο χώρο της τεχνολογίας λογισμικού (“*κάθε τμήμα πληροφορίας το οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει την κατάσταση μιας οντότητας (entity)*”). Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται στην ενότητα 5.4.3, περιλαμβάνει κατάλληλα βήματα για την προσέγγιση της έννοιας της περιβάλλουσας πληροφορίας όπως την αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι, καθώς και βήματα για τον μετασχηματισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας σε έννοιες που είναι αντιληπτές στον χώρο της τεχνολογίας λογισμικού.

Προκειμένου να διευκολύνουμε τη διαδικασία του προσδιορισμού και της ταξινόμησης των οντοτήτων των οποίων η κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί σαν περιβάλλουσα πληροφορία για μια ΕΚΗΕ, εισάγουμε μια υψηλού επιπέδου ομαδοποίηση των βασικών οντοτήτων σε αντιστοιχία με τα διάφορα πεδία περιβάλλουσας κατάστασης που μπορούν να διακριθούν. Έτσι ορίζουμε σαν πεδία περιβάλλουσας κατάστασης τα ακόλουθα: το *πεδίο χρήστη (user domain)*, το *πεδίο υπολογιστικής (computing domain)*, το *πεδίο περιβάλλοντος (environment domain)* και το *πεδίο εφαρμογής (application-specific domain)* (Σχήμα 19). Τα πεδία περιβάλλουσας πληροφορίας καλούνται επίσης και *ομάδες οντοτήτων (entity groups)*, διότι ομαδοποιούν τις οντότητες που σχετίζονται με τον ίδιο actor. Το *πεδίο χρήστη*

περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με το χρήστη. Το *πεδίο υπολογιστικής* περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την υπολογιστική (και τηλεπικοινωνιακή) υποδομή. Το *πεδίο περιβάλλοντος* περιλαμβάνει πληροφορίες για τον χρήστη και το περιβάλλον του, όπως η θέση, η ώρα, οι καιρικές συνθήκες, κ.λπ. Το *πεδίο εφαρμογής* περιλαμβάνει πληροφορίες οι οποίες είναι εννοιολογικά συσχετιζόμενες με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Παρατηρούμε πως οι τρεις πρώτες ομάδες είναι κοινές για όλες τις κατηγορίες ΕΚΗΕ, ενώ η 4^η ομάδα (πεδίο εφαρμογής) είναι εξειδικευμένη για κάθε κατηγορία εφαρμογών ή ακόμα και σε επίπεδο εφαρμογής. Στο Σχήμα 19 αυτή η διάκριση συμβολίζεται με μια διακεκομμένη γραμμή.



Σχήμα 19: Πεδία περιβάλλουσας κατάστασης

Ανάμεσα στις βασικές οντότητες αυτών των τεσσάρων πεδίων μπορεί να υπάρχουν συσχετίσεις. Συσχετίσεις μπορεί να υπάρχουν είτε ανάμεσα σε βασικές οντότητες του ίδιου πεδίου, είτε σε βασικές οντότητες που ανήκουν σε διαφορετικά πεδία. Οι οντότητες που προκύπτουν από αυτές τις συσχετίσεις ονομάζονται, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, *συσχετιστικές οντότητες*. Οι συσχετίσεις ανάμεσα σε οντότητες διαφορετικών πεδίων έχουν αποτυπωθεί στο Σχήμα 19 σαν γραμμές με ετικέτες “Συσχέτιση χ-π”, “Συσχέτιση χ-υ”, “Συσχέτιση π-υ”, “Συσχέτιση υ-ε”, “Συσχέτιση

χ-ε”, “Συσχέτιση π-ε”. Οι συσχετιστικές οντότητες που προκύπτουν από συσχετίσεις βασικών οντοτήτων που ανήκουν στο ίδιο πεδίο, κατατάσσονται στο ίδιο πεδίο με αυτό που ανήκουν οι βασικές οντότητες. Για την κατηγοριοποίηση των συσχετιστικών οντοτήτων που προκύπτουν από συσχετίσεις βασικών οντοτήτων που ανήκουν σε διαφορετικά πεδία, οι αναλυτές θα πρέπει να λάβουν υπόψη τη σημασιολογία της σχέσης – αν κάποια από συσχετιστικές οντότητες θεωρείται πιο σημαντική ή ακόμα και τα χαρακτηριστικά της φιλοσοφίας που ακολουθείται κατά την ανάπτυξη (π.χ. μοντέλο με επίκεντρο τον χρήστη (user-centric model) έναντι του βασιζόμενου στις διαδικασίες μοντέλου (process-based model)). Για παράδειγμα η συσχετιστική οντότητα «συσκευή πρόσβασης χρήστη» (user access device) (μια συσχέτιση ανάμεσα στη βασική οντότητα “χρήστης” που ανήκει στο πεδίο χρήστη και στη βασική οντότητα “συσκευή” που ανήκει στο πεδίο υπολογιστικής) κατατάσσεται πιο φυσικά στο πεδίο χρήστη από τη στιγμή που τα χαρακτηριστικά της σχέσης είναι περισσότερο προσανατολισμένα στον χρήστη. Η φορά των βελών στο Σχήμα 19, δείχνει το πεδίο στο οποίο κατατάσσονται οι συσχετιστικές οντότητες που προκύπτουν.

5.3.2 Ο τυπικός ορισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας

Πριν προχωρήσουμε στην αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας δίνουμε μια σειρά ορισμών, που θα διευκολύνουν την τυποποίηση αυτής της αναπαράστασης και περιγράφουν πιο αναλυτικά και ολοκληρωμένα τον ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας που δώσαμε στην ενότητα 5.3.1.

Ορισμός 1: Μια οντότητα O_i της περιβάλλουσας κατάστασης ορίζεται ως μια πραγματική ή αφηρημένη οντότητα του πραγματικού κόσμου (tangible or intangible real-world entity), π.χ. μία συσκευή, ο χώρος, ένα CD, ένα ηλεκτρονικό προϊόν, όπως ένα αρχείο mp3 ή μια παραγγελία ενός πελάτη.

Ορισμός 2: Το πεδίο περιβάλλουσας κατάστασης είναι μια υψηλού επιπέδου αφαίρεση, η οποία διαμοιράζει τις οντότητες του πραγματικού κόσμου στις ακόλουθες κατηγορίες: {*χρήστης, υπολογιστική, περιβάλλον, εφαρμογή*}.

Ορισμός 3: Μια οντότητα του πραγματικού κόσμου O_i , μπορεί να μοντελοποιηθεί με την χρήση ενός συνόλου από ιδιότητες (properties), οι οποίες περιγράφουν συγκεκριμένες απόψεις (aspects) της οντότητας O_i και από έναν αριθμό συσχετίσεων (relationships), οι οποίες περιγράφουν τον τρόπο που σχετίζεται η οντότητα με άλλες οντότητες. Το σύνολο που περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά (properties και relationships) για την οντότητα O_i θα το συμβολίσουμε σαν $A_i = \{a_{i,1}, a_{i,2}, \dots, a_{i,m}\}$. Σημειώνουμε ότι οι συσχετίσεις μπορούν να μοντελοποιηθούν και ως σημασιολογία «τμήμα του» (“part-of” semantics).

Ορισμός 4: Την *κατάσταση* (state) μιας οντότητας O_i κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης συναλλαγής t τη συμβολίζουμε σαν $S_i(t)$ και προκύπτει έπειτα από την ανάθεση συγκεκριμένων τιμών σε κάθε χαρακτηριστικό (property) του συνόλου A_i . Κάθε τιμή μπορεί να είναι είτε ατομική (atomic), είτε τύπου εγγραφής (record-typed), είτε τύπου πίνακα (array-typed) ή κάποιος συνδυασμός των παραπάνω. Οι τιμές των χαρακτηριστικών μπορεί να χαρακτηρίζονται, ανάλογα με τον τρόπο απόκτησής τους, είτε *αποκτηθείσα από αισθητήρες* (π.χ. συγκεντρώνονται από φυσικούς ή λογικούς αισθητήρες), είτε *συμπερανθείσα* (π.χ. προκύπτουν έπειτα από την επεξεργασία των τιμών άλλων χαρακτηριστικών), είτε *άμεσα εισαχθείσα* (π.χ. ο χρήστης εισάγει την τιμή). Η κατάσταση (state) της οντότητας O_i όπως περιγράφηκε παραπάνω είναι τελικά η περιβάλλουσα πληροφορία (context information) της οντότητας O_i κατά την διάρκεια της συναλλαγής t .

Ορισμός 5: Την περιβάλλουσα κατάσταση (context) μιας συναλλαγής t , τη συμβολίζουμε με $C(t)$ και την ορίζουμε σαν μια συλλογή των καταστάσεων (states)

όλων των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου O_i οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν σχετικές με τον χρήστη, την εκτελούμενη εφαρμογή ή την αλληλεπίδραση τους κατά τη διάρκεια της συναλλαγής t . Πιο τυπικά $C(t) = \cup_k S_k(t)$ για όλες τις οντότητες O_k οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν σχετικές με τη συναλλαγή t .

Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς, η περιβάλλουσα πληροφορία (context information) μιας συγκεκριμένης συναλλαγής μπορεί να συμβολιστεί από ένα σύνολο τετράδων (*πεδίο αντικειμένων πραγματικού κόσμου, αντικείμενο πραγματικού κόσμου, χαρακτηριστικό, τιμή*). Το στοιχείο *αντικείμενο πραγματικού κόσμου* (world object) δηλώνει το αντικείμενο/οντότητα του οποίου ένα συγκεκριμένο κομμάτι πληροφορίας μας ενδιαφέρει π.χ.:

- μια συγκεκριμένη μετοχή (stock share), η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την “περιγραφή της μετοχής”, τις “ημερήσιες τιμές της μετοχής”, τον “κατάλογο των μετόχων”.
- η θέση (location) – η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες για το γεωγραφικό μήκος (longitude), το γεωγραφικό πλάτος (latitude), αλλά και πληροφορίες “υψηλότερου” επιπέδου όπως “το γραφείο”, “το σπίτι” κ.λπ.

Το στοιχείο *πεδίο αντικειμένων πραγματικού κόσμου* (*object context domain*) καθορίζει το πεδίο περιβάλλουσας πληροφορίας στο οποίο ανήκει το αντικείμενο. Το στοιχείο *χαρακτηριστικό* (*attribute*) προσδιορίζει το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό που μετριέται, και το στοιχείο *τιμή* (*value*) προσδιορίζει την ακριβή τιμή του χαρακτηριστικού κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης συναλλαγής.

Σημειώνουμε πως το επίπεδο αφαίρεσης που θεωρούμε κάθε φορά στην επιλογή μιας οντότητας, εξαρτάται από τις απαιτήσεις (requirements) της συγκεκριμένης κατηγορίας της εφαρμογής που αναπτύσσεται, καθώς και από την προσωπική επιλογή του αναλυτή συστημάτων. Για παράδειγμα, ένα PDA μπορεί να

μοντελοποιηθεί σαν μια μοναδική οντότητα του πραγματικού κόσμου O_{pda} , η οποία έχει χαρακτηριστικά (properties) που αναπαριστούν το πληκτρολόγιο, την οθόνη κ.λπ. ή εναλλακτικά κάθε ένα από αυτά τα τμήματα μπορούν να μοντελοποιηθούν σαν διαφορετικές οντότητες και να συνδεθούν με την οντότητα O_{pda} με σχέσεις του τύπου “part-of” (π.χ. FIPA Device Ontology Specification” [79]). Αυτές οι επιλογές μοντελοποίησης δεν επηρεάζουν τη γενικότητα της μεθόδου μοντελοποίησης, από τη στιγμή που ο στόχος της συλλογής όλων των απαραίτητων πληροφοριών για την περιβάλλουσα κατάσταση μπορεί να επιτευχθεί ανεξάρτητα από το γεγονός του κατά πόσο αυτή η πληροφορία έχει αναπαρασταθεί σαν η τιμή ενός χαρακτηριστικού μιας συνδεδεμένης οντότητας ή σαν μια τιμή ενός χαρακτηριστικού μιας οντότητας του οποίου η τιμή είναι μία δομή.

5.3.3 Η μετα-πληροφορία της περιβάλλουσας πληροφορίας

Η περιβάλλουσα πληροφορία είναι ανομοιογενής όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των επιμέρους στοιχείων της – π.χ. ποιότητα (quality) και διάρκεια (persistence) [111]. Η ιδιότητα της ανομοιογένειας απορρέει τόσο από την ποικιλομορφία των πηγών από τις οποίες συλλέγεται, όσο και από την ίδια τη φύση της περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. οι τιμές κάποιων στοιχείων της μεταβάλλονται στη διάρκεια του χρόνου, ενώ κάποιες άλλες παραμένουν σταθερές). Η *συλεχθείσα από αισθητήρες περιβάλλουσα πληροφορία*, είναι τυπικά περισσότερο δυναμική, με την έννοια ότι αλλάζει συχνά και πολλές φορές είναι ατελής, γεγονός που αποδίδεται σε σφάλματα αίσθησης, σε αποτυχία λειτουργίας των αισθητήρων, σε διακοπή του δικτύου και σε καθυστερήσεις που οφείλονται στη γεωγραφική διασπορά των αισθητήρων [92]. Η *άμεσα εισαχθείσα περιβάλλουσα πληροφορία* μπορεί να είναι είτε *δυναμική*, είτε *στατική* – με την έννοια ότι αλλάζει λιγότερο συχνά- και είναι επιρρεπής σε ανθρώπινα λάθη [101]. Τέλος η

derived περιβάλλουσα πληροφορία μπορεί να είναι ατελής λόγω ατελών στοιχείων εισόδου (inputs) ή λόγω μη αποτελεσματικών μηχανισμών συλλογιστικής [111].

Κατά συνέπεια, προκειμένου να αποτυπώσουμε αυτές τις παραμέτρους στα επιμέρους στοιχειώδη τμήματα της περιβάλλουσας πληροφορίας [101], [111], οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν από τους “καταναλωτές” αυτής της πληροφορίας, χρησιμοποιούμε ένα σύνολο από χαρακτηριστικά (properties), τα οποία ουσιαστικά αποτελούν τις *μετα-πληροφορίες της περιβάλλουσας πληροφορίας (context information metadata)*. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- *Πηγή (Source)*: Αναφέρεται στον πάροχο και στην υπηρεσία αίσθησης που παρέχει την τιμή π.χ. φυσικός αισθητήρας, υπηρεσία εφαρμογής.
- *Περιγραφή (Human-Readable Description)*: Αυτό το χαρακτηριστικό δίνει μια σύντομη περιγραφή της ιδιότητας που μετράται.
- *Ελάχιστη-Μέγιστη Τιμή: (Minimum-Maximum Value)*: Αυτό το ζεύγος χαρακτηριστικών δίνει την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που μπορεί να λάβει η ιδιότητα που μετράται.
- *Χρονόσημο (Timestamp)*: Αναφέρεται στην ημερομηνία και ώρα παραγωγής της τιμής. Μια αποτύπωση σε δευτερόλεπτα αναμένεται να είναι κατάλληλη για τις περισσότερες εφαρμογές. Αυτή η μετα-πληροφορία (metadata) έχει περισσότερη αξία για τη δυναμική περιβάλλουσα πληροφορία.
- *Εμπιστοσύνη (Confidence)*: Αυτό το χαρακτηριστικό εκφράζει το βαθμό βεβαιότητας για την ορθότητα της τιμής της περιβάλλουσας πληροφορίας. Για δυναμική περιβάλλουσα πληροφορία η εμπιστοσύνη μπορεί να πάρει την μορφή της “πιθανότητας ορθότητας” (probability of correctness) και μπορεί να καθοριστεί έπειτα από μια σειρά δοκιμών (trials) – για παράδειγμα ελέγχοντας την ακρίβεια της συσκευής αίσθησης ή αποτιμώντας τη

σχετικότητα ενός διαφημιζόμενου προϊόντος με τις πραγματικές αγορές που πραγματοποίησε ο χρήστης προκειμένου να εκτιμηθεί η ακρίβεια των προτιμήσεων των χρηστών. Όταν αφορά στατική περιβάλλουσα πληροφορία, το μετα-χαρακτηριστικό της εμπιστοσύνης μπορεί να εκφράζει τη βεβαιότητα του παραγωγού της για την ορθότητά της τιμής της (credibility)¹.

- *Συχνότητα (Frequency)*: Περιγράφει τη συχνότητα με την οποία καταγράφεται μια συγκεκριμένη τιμή. Μπορεί να καταχωρηθεί είτε για στατική είτε για δυναμική πληροφορία.
- *Περίοδος εγκυρότητας (Validity Period)*: Περιγράφει την χρονική διάρκεια για την οποία είναι έγκυρη η πληροφορία π.χ. για να χρησιμοποιηθεί χωρίς να ανακτηθεί πιο πρόσφατη τιμή.
- *Μονάδα μέτρησης (Metric)*: Περιγράφει τη μονάδα (unit/scale) στην οποία καταγράφεται η τιμή της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η καταγραφή αυτής της μετα-πληροφορίας κρίνεται απαραίτητη σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικά συστήματα μέτρησης από διαφορετικούς παρόχους της περιβάλλουσας πληροφορίας, προκειμένου να είναι οι τιμές συγκρίσιμες μεταξύ τους. Επιλέξαμε να συμπεριλάβουμε τη μονάδα μέτρησης ως τμήμα των μετα-δεδομένων και όχι ως μέρος της τιμής (όπως για παράδειγμα προτείνεται στο [134]) προκειμένου να διευκολύνουμε αριθμητικές λειτουργίες και συγκρίσεις επί των τιμών. Για παράδειγμα εάν η τιμή της θερμοκρασίας είναι “9” και τα αντίστοιχα μετα-δεδομένα δείχνουν πως η θερμοκρασία είναι αποτυπωμένη σε βαθμούς Κελσίου, τότε είναι εύκολο να συγκριθεί αυτή η τιμή με μια τιμή-κατώτατο όριο “15” και η οποία

¹ Πολλοί ερευνητές κάνουν διάκριση ανάμεσα στην *ακρίβεια (accuracy)*, η οποία είναι ένα αντικειμενικό μέτρο της “πιθανότητας ορθότητας” (probability of correctness) και στην *εμπιστοσύνη (confidence)*, η οποία είναι ένα υποκειμενικό μέτρο για το ίδιο μέγεθος. Από τη στιγμή που η αντικειμενικότητα δεν μπορεί να οριστεί και να εκφραστεί ποσοτικά, εμείς υιοθετούμε ένα μέτρο –την εμπιστοσύνη– για αυτό το θέμα.

μπορεί να συμπεριληφθεί σε μια συνθήκη προσαρμογής μιας υπηρεσίας. Εάν η μονάδα μέτρησης είχε συμπεριληφθεί στην τιμή, τότε προκειμένου να γίνει μια σύγκριση, ανάμεσα στο “9 °C” και στο “15 °C”, που να έχει νόημα, θα έπρεπε να προηγηθεί ένα βήμα συντακτικής ανάλυσης (μέσω του οποίου θα εξαχθεί η τιμή και η μονάδα μέτρησης), γεγονός όμως το οποίο θα μείωνε την ταχύτητα της διαδικασίας σύγκρισης.

- *Εμπιστευτικότητα (Confidentiality)*: Αυτό το χαρακτηριστικό δείχνει το βαθμό στον οποίο ένα τμήμα πληροφορίας είναι προσωπικό ή ευαίσθητο (private or sensitive) σε χρήση χωρίς περιορισμούς και θα πρέπει να οριστεί σε ποιόν και κάτω από ποιές προϋποθέσεις θα αποκαλύπτεται, στο πλαίσιο του ορισμού των πολιτικών ασφαλείας και ιδιωτικότητας (security and privacy policies), όπως θα δούμε στην ενότητα 5.4.3. Αυτό το χαρακτηριστικό θα πρέπει να αντικατοπτρίζει και όλες τις απαιτήσεις ιδιωτικότητας και εμπιστευτικότητας που απορρέουν από τη νομοθεσία (π.χ. UK Data Protection Act [234], EU Data Protection Directive [71]), την πολιτική του οργανισμού/εταιρείας και τις επιλογές του χρήστη, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να απεικονίζει την κλάση ιδιωτικότητας κάθε τμήματος πληροφορίας (π.χ. ευαίσθητα δεδομένα έναντι προσωπικών δεδομένων).

Σημειώνουμε ότι δεν είναι απαραίτητο να καταχωρηθούν όλες οι παραπάνω μετα-πληροφορίες σε κάθε στοιχείο περιβάλλουσας πληροφορίας. Τα χαρακτηριστικά-μετα-πληροφορίες που θα αποδοθούν σε κάθε στοιχείο της περιβάλλουσας πληροφορίας θα καθοριστούν έπειτα από εξέταση του τρόπου απόκτησης της τιμής του στοιχείου της περιβάλλουσας πληροφορίας, κατά πόσο η τιμή είναι δυναμική ή όχι καθώς και από το βαθμό δυναμικότητας της τιμής. Οι μετα-πληροφορίες δύναται να χρησιμοποιηθούν από την εφαρμογή που θα κάνει χρήση της

περιβάλλουσας πληροφορίας, προκειμένου να “εκτιμήσει” την ποιότητα της περιβάλλουσας πληροφορίας και να επιλέξει δεδομένα τα οποία ικανοποιούν συγκεκριμένες προδιαγραφές.

5.4 Ο Προσδιορισμός και η Αναπαράσταση της Περιβάλλουσας Πληροφορίας

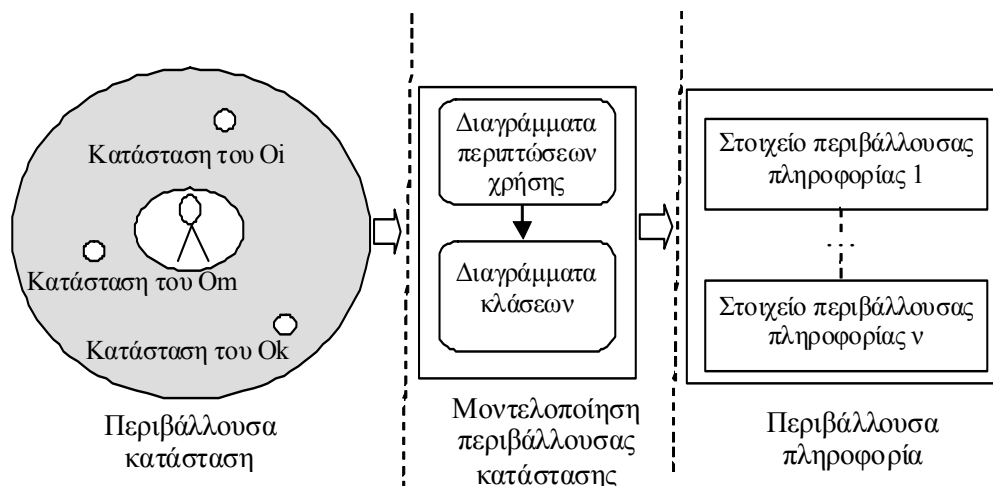
5.4.1 Η διαγραμματική απεικόνιση της περιβάλλουσας πληροφορίας

Για τις ΕΚΗΕ-ΕΠΚ θα πρέπει να καθοριστεί η περιβάλλουσα κατάσταση μέσα στην οποία θα λειτουργήσουν (situation of usage). Αυτό θα γίνει με τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας κατάστασης και τη μοντελοποίηση της περιβάλλουσας πληροφορίας και την απόδοση συγκεκριμένων τιμών (μαζί με την σχετική μετα-πληροφορία), η οποία τελικά θα αξιοποιηθεί για την παραγωγή προσαρμοστικών υπηρεσιών (adaptive services). Μια διαγραμματική απεικόνιση των εννοιών που σχετίζονται με την περιβάλλουσα κατάσταση και των μεταξύ τους σχέσεων, εμπλουτισμένη με τις κατάλληλες επισημειώσεις (annotations) –οι οποίες θα ποσοτικοποιήσουν και θα διευκρινίσουν συγκεκριμένες όψεις αυτών των εννοιών-, αναμένεται να είναι χρήσιμη σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης μιας ΕΚΗΕ (ανάλυση απαιτήσεων, σχεδιασμός και ανάπτυξη), από τη στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί σαν μια “κοινή γλώσσα” για όλους τους εμπλεκόμενους (χρήστες, αναλυτές, σχεδιαστές και προγραμματιστές).

Στην περιοχή ανάπτυξης εφαρμογών γενικού σκοπού, η Unified Modeling Language (UML) [162] έχει καθιερωθεί σαν ένα πρότυπο και σαν ένας κοινά αποδεκτός τρόπος για τον καθορισμό και την μοντελοποίηση των εννοιών και των συνιστωσών ενός συστήματος λογισμικού. Η UML είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο υλοποίησης της εφαρμογής και κατά συνέπεια παρέχει ευελιξία κατά τη φάση της

υλοποίησης. Τα εργαλεία UML δύναται να επεκταθούν κατάλληλα ώστε να συμπεριλάβουν τα ειδικά θέματα της περιβάλλουσας κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης (*use case diagrams*) -τα οποία περιγράφουν τις εργασίες ενός συστήματος και τους actors που εμπλέκονται σε αυτές-, μπορούν να επεκταθούν κατάλληλα ώστε να συμπεριλάβουν τις διαφορετικές καταστάσεις της περιβάλλουσας πληροφορίας στα πλαίσια των οποίων διεκπεραιώνονται αυτές οι εργασίες.

Επιπρόσθετα, τα διαγράμματα κλάσεων της UML (*UML class diagrams*) μπορούν να τυποποιήσουν τον τρόπο που οι οντότητες της περιβάλλουσας κατάστασης όπως και τα χαρακτηριστικά τους και οι μεταξύ τους σχέσεις, “συλλαμβάνονται”, καταγράφονται και σχεδιάζονται σε ένα εννοιολογικό επίπεδο. Τα διαγράμματα κλάσεων μπορούν να επεκταθούν ώστε να συμπεριλάβουν τις κατάλληλες επισημειώσεις οι οποίες θα αποτυπώσουν τις ιδιαιτερότητες της περιβάλλουσας πληροφορίας, με έναν εύκολα εφαρμόσιμο τρόπο που να είναι πλήρως συμβατός με την αντικειμενοστρεφή φιλοσοφία.



Σχήμα 20: Ο προσδιορισμών των στοιχείων της περιβάλλουσας πληροφορίας

Η περιβάλλουσα κατάσταση λοιπόν μέσα από μια σειρά από σχεδιαστικές λειτουργίες, οι οποίες υιοθετούν την προσέγγιση της UML, θα μετασχηματιστεί σε

συγκεκριμένα στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας, τα οποία στη συνέχεια θα αξιοποιηθούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή των υπηρεσιών της κύριας εφαρμογής (Σχήμα 20). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 20, η περιβάλλουσα κατάσταση μιας λειτουργίας που εκτελεί ένα χρήστης, απαρτίζεται από τις καταστάσεις των αντικειμένων Oi, Ok, Om, κ.λπ. που περιβάλλουν αυτή τη λειτουργία και τα οποία διαδραματίζουν έναν ρόλο στην ευρύτερη κατάσταση κάτω από την οποία εκτελείται αυτή η λειτουργία. Η κατάσταση καθενός από αυτά τα αντικείμενα θα μετασχηματιστεί σε στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας με τη βοήθεια μιας κατάλληλης μεθοδολογίας και μέσα από μια διαδικασία μοντελοποίησης η οποία θα χρησιμοποιήσει τα επεκταμένα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης και διαγράμματα κλάσεων της UML.

5.4.2 Η χρήση των διαγραμμάτων περιπτώσεων χρήσης και κλάσεων της UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης

Σύμφωνα με το [19], μια αρχική, υψηλού επιπέδου και αφηρημένη περιγραφή του προς ανάπτυξη συστήματος θα βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως τους actors και τις εργασίες, καθώς και για πιο προχωρημένα θέματα, όπως κατά πόσο το σύστημα είναι πραγματοποιήσιμο, κρίσιμα θέματα στη διεπαφή χρήστη και πιθανούς κινδύνους (risks). Για τον σκοπό αυτό, οι περιπτώσεις χρήσης της UML έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τυπικών συστημάτων λογισμικού. Η καθοδηγούμενη από τον στόχο προσέγγιση που υιοθετούν οι περιπτώσεις χρήσης της UML οδηγεί σε ένα μοντέλο απαιτήσεων (requirements model) προσανατολισμένο

στον χρήστη, μέσα από μια ιεραρχική δόμηση των στόχων (goals) και των υπο-στόχων (sub-goals), εστιάζοντας στην “πρόθεση/επιδίωξη” (intention) του χρήστη.

Στην απεικόνιση των στόχων/υπο-στόχων (διαγραμματική και με μορφή κειμένου) περιγράφονται, χωρίς πολλές λεπτομέρειες, οι λειτουργίες που εκτελούνται στα πλαίσια της εκπλήρωσης του στόχου/υπο-στόχου. Όμως σε αυτή την περιγραφή δεν απεικονίζονται οι διαφορετικές καταστάσεις/συνθήκες στο πλαίσιο των οποίων διεκπεραιώνονται αυτές οι εργασίες (π.χ. συνθήκες κίνησης, καιρού, αλλαγές τιμών στοιχείων περιβάλλουσας πληροφορίας, κ.λπ.) και οι οποίες αποτελούν την περιβάλλουσα κατάσταση της λειτουργίας (task). Όμως αυτά τα διαγράμματα μετά από την κατάλληλη επέκταση μπορούν να υποστηρίξουν την αποτύπωση της περιβάλλουσας κατάστασης κάθε βασικής λειτουργίας. Αυτό μπορεί να γίνει μέσα από μια περιγραφή των σεναρίων στα πλαίσια των οποίων θα διεκπεραιωθεί αυτή η βασική λειτουργία. Η μορφή που θα πάρουν τα επεκταμένα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της UML παρουσιάζεται στην ενότητα 5.5, έπειτα από την παρουσίαση της μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Από τη στιγμή που θα προσδιοριστούν οι οντότητες των οποίων τα χαρακτηριστικά συνθέτουν την περιβάλλουσα κατάσταση μιας εφαρμογής (μέσα από τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα 5.4.3), θα πρέπει στη συνέχεια να γίνει η απεικόνιση των οντοτήτων, των χαρακτηριστικών τους καθώς και των σχέσεων μεταξύ τους με ένα τυποποιημένο εργαλείο. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθούν τα διαγράμματα κλάσεων της UML που αποτελούν ένα ευρέως αποδεκτό εργαλείο μοντελοποίησης. Ωστόσο αυτά τα διαγράμματα θα πρέπει να επεκταθούν κατάλληλα, όπως θα παρουσιάσουμε στην ενότητα 5.6, προκειμένου να

μπορέσουν να υποστηρίξουν την αποτύπωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας πληροφορίας.

5.4.3 Η μεθοδολογία ανάπτυξης των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

Ο βασικός σκοπός μιας μεθοδολογία ανάπτυξης εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι να υποστηρίξει την διαδικασία ανάπτυξης αυτών των εφαρμογών σε κάθε φάση της. Δεδομένου ότι η διαφορά μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (m-commerce) σε σχέση με μια κλασική εφαρμογή ηλεκτρονικού εμπορίου (e-commerce) έγκειται στην εμπλοκή της περιβάλλουσας κατάστασης, κύριος σκοπός της μεθοδολογίας είναι η ανάδειξη και ο προσδιορισμός των οντοτήτων της περιβάλλουσας κατάστασης οι οποίες εμπλέκονται στα σενάρια/καταστάσεις που πλαισιώνουν τις επιμέρους λειτουργίες της εφαρμογής και στη συνέχεια η μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών αυτών των οντοτήτων ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν για την παροχή προσαρμοστικών υπηρεσιών.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία θα εστιάσει στα σενάρια/καταστάσεις στα πλαίσια των οποίων θα εκτελεστεί μια λειτουργία (task) της κύριας εφαρμογής. Κατά την περιγραφή των διαφορετικών σεναρίων/καταστάσεων θα διαφανούν τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (*real-world objects*) τα οποία διαδραματίζουν βασικό ρόλο σε αυτά τα σενάρια/καταστάσεις, λαμβάνοντας υπόψη τη διάσταση της κινητικότητας του χρήστη. Αυτά τα αντικείμενα αντιστοιχούν στις οντότητες που είναι ενδεχομένως σχετικές με την εν λόγω λειτουργία. Ο “βαθμός της συνάφειας” μιας οντότητας με την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή, όπως περιγράφηκε στον ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα καθοριστεί έπειτα από τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών κάθε οντότητας που δύναται να μετρηθούν και να ποσοτικοποιηθούν, καθώς επίσης και από τον καθορισμό εκείνων

των χαρακτηριστικών που θα αξιοποιηθούν από την εφαρμογή για να παρέχει προσαρμοστικές υπηρεσίες.

Φυσικά, τα σχετικά αντικείμενα του πραγματικού κόσμου ποικίλουν ανάλογα με την κατηγορία της ΕΚΗΕ. Παρόλα αυτά, κάποια από αυτά τα αντικείμενα μπορούν να θεωρηθούν σαν πολύ πιο πιθανό από άλλα να είναι σχετικά (relevant), για τις περισσότερες κατηγορίες ΕΚΗΕ. Από το πεδίο χρήστη τα πιο πιθανά αντικείμενα είναι αυτά που απαντούν στις ερωτήσεις: ‘ποιός είναι ο χρήστης’ (who) (ταυτότητα, προτίμηση, διάθεση), ‘πού είναι ο χρήστης’ (where) (θέση), ‘πότε είναι ο χρήστης’ (when) (χρόνος), ‘τι κάνει ο χρήστης’ (what) (δραστηριότητα, πρόθεση). Από το πεδίο υπολογιστικής τα πιο πιθανά αντικείμενα είναι η ‘συσκευή’ (device), το ‘δίκτυο’ (communication network) και το ‘μέσο επικοινωνίας’ (communication channel) (π.χ. οθόνη, ανάδραση ήχου, δόνηση κ.λπ.). Από το πεδίο περιβάλλοντος είναι ο ‘χώρος’ (space), ο ‘χρόνος’ (time) και οι ‘περιβαλλοντολογικές συνθήκες’ (environmental conditions). Από το πεδίο εφαρμογής πιο πιθανά αντικείμενα είναι τα κύρια αντικείμενα του συστήματος, δηλαδή αυτά τα αντικείμενα γύρω από τα οποία περιστρέφεται το σύστημα π.χ. το προϊόν. Για παράδειγμα σε μια εφαρμογή κινητής διαφήμισης είναι το (διαφημιζόμενο) ‘προϊόν’, σε μια εφαρμογή κινητής τραπεζικής είναι ο ‘λογαριασμός’ και η ‘πληρωμή’, σε μια εφαρμογή κινητής έκδοσης εισιτηρίων είναι το ‘εισιτήριο’, σε μια εφαρμογή κινητής παροχής πληροφοριών είναι το αντικείμενο της πληροφορίας π.χ. ο ‘καιρός’, ο ‘ποδοσφαιρικός αγώνας’ ή η ‘θεατρική παράσταση’, κ.λπ. Η παραπάνω λίστα των αντικειμένων μπορεί να εμπλουτιστεί από οποιοδήποτε, ακόμα και πολύ απίθανο αντικείμενο, οι πληροφορίες των καταστάσεων του οποίου μπορεί να αξιοποιηθούν για να επαυξήσουν την προσαρμοστικότητα των υπηρεσιών.

Η διαδικασία που περιγράψαμε σε γενικές γραμμές παραπάνω, μπορεί να αποτυπωθεί πιο τυπικά στα ακόλουθα βήματα:

- **1^ο Βήμα:** Οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης (marketing executives) (συμβουλευόμενοι τις μελέτες για τις ομάδες-στόχους και για το προϊόν/υπηρεσία) διατυπώνουν τις στρατηγικές προώθησης για κάθε προϊόν/υπηρεσία και καθορίζουν τις καινοτόμες υπηρεσίες με στόχο την προσέλκυση νέων πελατών και την διατήρηση της αφοσίωσης των υπαρχόντων [155]. Για κάθε μια από τις στρατηγικές και τις καινοτόμες υπηρεσίες, καθορίζονται σε ένα υψηλό επίπεδο τα θέματα της περιβάλλουσας κατάστασης που θα πρέπει να διερευνηθούν.
- **2^ο Βήμα:** Οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης διαμορφώνουν τις κατάλληλες μελέτες (research designs) μέσω των οποίων θα μπορεί να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα κάθε στρατηγικής, οι πολιτικές διατήρησης της αφοσίωσης των πελατών και γενικότερα η ικανοποίηση των πελατών από τη χρήση της εφαρμογής. Αυτό το βήμα εκτελείται στα αρχικά στάδια της ανάλυσης έτσι ώστε να είναι εφικτός ο καθορισμός σαφών και αντικειμενικών στόχων (και να αποφευχθούν οι περιπτώσεις όπου οι στόχοι και οι μέθοδοι αποτίμησης ορίζονται εκ των υστέρων με ένα ad-hoc τρόπο που θα επιτρέψει σε οποιοδήποτε αποτέλεσμα να χαρακτηριστεί σαν επιτυχία) και να είναι εφικτή η ενσωμάτωση κατάλληλων μηχανισμών παρακολούθησης και συλλογής των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της ΕΚΗΕ. Αυτές οι μελέτες θα πρέπει να περιλαμβάνουν και τεχνικές αποτίμησης της αποτελεσματικότητας από την ενσωμάτωση της περιβάλλουσας κατάστασης, συνολικά και όπου είναι εφικτό ανά περίπτωση [139], [140].

- **3^ο Βήμα:** Οι στρατηγικές προώθησης, οι καινοτόμες υπηρεσίες και οι κλασικές/τυπικές λειτουργίες της ΕΚΗΕ αποτυπώνονται σε λειτουργίες τις οποίες θα πρέπει να παρέχει η ΕΚΗΕ.
- **4^ο Βήμα:** Κάθε μια βασική λειτουργία Λ της εφαρμογής περιγράφεται με κείμενο και αποτυπώνεται στα συνήθη διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της UML, περιγράφοντας τους κύριους στόχους του συστήματος που σχετίζονται με την εμπορική αξία του προϊόντος. Σε αυτό το βήμα καταγράφεται η κύρια λειτουργικότητα του συστήματος, χωρίς να γίνεται αναφορά στην περιβάλλουσα κατάσταση. Για παράδειγμα «Ο χρήστης αναζητεί χώρο στάθμευσης» (αρχική λειτουργία-task Λ). Η «αρχική» υπηρεσία (initial service) η οποία θα υποστηρίξει τη λειτουργία είναι αυτή που θα παρέχει «έναν κατάλογο από χώρους στάθμευσης». Επίσης καταγράφονται οι μετρικές που θα επιτρέψουν την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας.
- **5^ο Βήμα:** Σε αυτό το βήμα οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης ορίζουν τα διαφορετικά σενάρια/ καταστάσεις στα πλαίσια των οποίων λαμβάνει χώρα η λειτουργία Λ, λαμβάνοντας υπόψη της υψηλού επιπέδου όψεις της περιβάλλουσας κατάστασης όπως αυτές προέκυψαν στο βήμα 1. Ένα σενάριο/κατάσταση θα μπορούσε να έχει τη μορφή *«Μια βροχερή μέρα, ένας χρήστης X, ο οποίος διαθέτει ένα κινητό τηλέφωνο με δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας, οδηγεί στο κέντρο της πόλης Z, αναζητώντας χώρο στάθμευσης»*. Οι ειδικοί της τεχνολογίας θα συνεισφέρουν σε αυτό το βήμα, διερευνώντας λεπτομερώς τις παραμέτρους της περιβάλλουσας κατάστασης και τις δυνατότητες αίσθησης (sensing capabilities), π.χ. αποσαφηνίζοντας τη φράση *«κινητό τηλέφωνο με δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας»* σε *«με δυνατότητες UMTS ή/και Bluetooth ή/και Wi-Fi»* επισημαίνοντας τις

δυνατότητες και τους περιορισμούς κάθε τεχνολογίας. Οι μελέτες που ορίστηκαν για τους υψηλού επιπέδου παράγοντες της περιβάλλουσας κατάστασης στο βήμα 2 θα εξεταστούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Οι μετρικές που ορίστηκαν στο βήμα 4 θα πρέπει να εμπλουτιστούν με μετρικές της περιβάλλουσας κατάστασης που θα είναι κατάλληλες για την συγκεκριμένη περίπτωση, ώστε να μπορεί να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της προσφερόμενης λειτουργίας στη συγκεκριμένη περίπτωση. Για παράδειγμα θα πρέπει να καταγραφεί η μετρική «καιρικές συνθήκες» για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής ως προς την προώθηση του προϊόντος/υπηρεσίας σε μια «υπαίθρια αγορά» (outdoor market), από τη στιγμή που τα αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες.

- **6^ο Βήμα:** Σε αυτό το βήμα για κάθε σενάριο/κατάσταση προσδιορίζονται οι κρίσιμοι παράγοντες της περιβάλλουσας πληροφορίας (critical factors). Αυτοί περιλαμβάνουν α) τα αντικείμενα που εμπλέκονται στο πώς (*how*) θα παραδοθεί η πληροφορία στον χρήστη, και β) στους actors οι οποίοι (έμμεσα ή άμεσα) εμφανίζονται στο σενάριο και μπορεί να επηρεάσουν την απόφαση του χρήστη σχετικά με την αγορά ή όχι του προϊόντος/υπηρεσίας. Για παράδειγμα το σενάριο/κατάσταση του βήματος 5, περιλαμβάνει τη φράση «*μια βροχερή μέρα*» που σχετίζεται με τον actor “καιρικές συνθήκες” και μπορεί να οδηγήσει τον χρήστη στην επιλογή «κλειστός χώρος στάθμευσης» (έναντι του «υπαίθριος χώρος στάθμευσης»). Τα αντικείμενα που εμφανίζονται στο σενάριο/κατάσταση της λειτουργίας Λ, αποτελούν ένα πρώτο σημείο εκκίνησης της διαδικασίας ανίχνευσης των κρίσιμων

παραγόντων της περιβάλλουσας κατάστασης της λειτουργίας. Ωστόσο κάποια από αυτά τα αντικείμενα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι τελικά μη σχετικά (ή ανέφικτο να αξιοποιηθούν) και θα αγνοηθούν αργότερα στο βήμα 11, ενώ άλλα μη εμφανή αντικείμενα στην περιγραφή του σεναρίου, μπορεί να προστεθούν στον κατάλογο των κρίσιμων παραγόντων αργότερα στο βήμα 10.

- **7^ο Βήμα:** Τα σενάρια/καταστάσεις και οι πιθανές προσαρμοστικές / επαυξημένες υπηρεσίες (που προσδιορίστηκαν στο βήμα 1 και στο βήμα 5) εξετάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια προκειμένου να καθοριστεί το πώς επηρεάζεται η εφαρμογή από το κάθε στοιχείο της περιβάλλουσας πληροφορίας. Σε αυτό το βήμα καταλήγουμε στις τελικά προσαρμοστικές υπηρεσίες που θα παρέχονται από το σύστημα και οι οποίες θα αυξήσουν την εμπορική αξία της εφαρμογής, αφού προηγουμένως απαντήσουμε στα ερωτήματα:

- *Τι μορφή θα πάρει η κύρια πληροφορία (core information) κάθε λειτουργίας (task) κάτω από τις ειδικές συνθήκες του σεναρίου;*
(προσαρμογή περιεχομένου - content adaptation)
- *Ποιές επιπρόσθετες πληροφορίες ή λειτουργικότητα θα πρέπει να προσφερθούν στο χρήστη κάτω από τις ειδικές συνθήκες κάθε σεναρίου;*
(προσαρμογή λειτουργιών - operation adaptation)
- *Πώς θα παρουσιαστεί στο χρήστη η πληροφορία/λειτουργικότητα;*
(προσαρμογή παρουσίασης - presentation adaptation)

Οι προτεινόμενες προσαρμοστικές υπηρεσίες θα πρέπει να ικανοποιούν τον τελικό χρήστη, να προάγουν την υιοθέτηση του ηλεκτρονικού εμπορίου και επομένως θα πρέπει να εξετάζεται λεπτομερώς ο σχεδιασμός τους, ώστε να είναι δυνατή η συμβατότητα τους αναφορικά με τη συμπεριφορά του χρήστη

(behavioural compatibility), η συμβατότητα τους με τις ανάγκες (needs compatibility), να διακρίνονται για μικρότερη πολυπλοκότητα (less complexity) και να έχουν δυνατότητα για δοκιμές (trialability) [155].

- **8^ο Βήμα:** Σε αυτό το βήμα καθορίζονται τα χαρακτηριστικά (properties) των κρίσιμων παραγόντων κάθε σεναρίου / κατάστασης που μας ενδιαφέρουν. Επιπρόσθετα θα οριστούν και θα καταγραφούν οι σχέσεις των χαρακτηριστικών των κρίσιμων παραγόντων με τα σενάρια/καταστάσεις. Προκειμένου να διευκολύνουμε και να τυποποιήσουμε αυτή τη διαδικασία, οι κρίσιμοι παράγοντες μαζί με τα χαρακτηριστικά τους (properties) που μας ενδιαφέρουν και τις αντίστοιχες προσαρμοστικές υπηρεσίες (adaptive services) καταγράφονται σε ένα πίνακα. Οι στήλες αυτού του πίνακα αντιστοιχούν στα σενάρια/καταστάσεις (με τις σχετικές προσαρμοστικές υπηρεσίες) και οι γραμμές αντιστοιχούν στους κρίσιμους παράγοντες με τα χαρακτηριστικά τους. Το κελί (i,j) σημειώνεται με ένα X, αν το χαρακτηριστικό της γραμμής i διαδραματίζει κάποιο ρόλο στο σενάριο/κατάσταση της στήλης j. Επομένως κάθε σενάριο/κατάσταση μπορεί να καθοριστεί από μια λογική έκφραση π.χ. ((attr₁=val₁) and (attr₂=true) and ... and (attr_n=val_n)). Ο πίνακας αυτός (ο Πίνακας 3 αποτελεί ένα παράδειγμα) ουσιαστικά εξυπηρετεί την καταγραφή για το ποιοί παράγοντες της περιβάλλουσας κατάστασης σχετίζονται με κάθε σενάριο/κατάσταση.

Σημειώνεται πως ο Πίνακας 3 δεν έχει δημιουργηθεί με σκοπό να αποτυπώσει την πολυπλοκότητα της περιβάλλουσας κατάστασης των ΕΚΗΕ, η σκοπιμότητα του είναι να συνδέσει τους κρίσιμους παράγοντες που προσδιορίστηκαν στο βήμα 6 με τις αντίστοιχες προσαρμοστικές υπηρεσίες που προσδιορίστηκαν στα βήματα 1 και 7. Οι παράγοντες της περιβάλλουσας

Σενάρια/καταστάσεις-προσαρμοστικές-Εμπλουτισμένες υπηρεσίες Κρίσιμοι παράγοντες (μεταβλητές περιβάλλουσας κατάστασης)	Σενάριο 1/ κατάσταση 1 – Προσαρμοστική - εμπλουτισμένη υπηρεσία 1	Σενάριο 2/ κατάσταση 2 – Προσαρμοστική - εμπλουτισμένη υπηρεσία 2	Σενάριο 3/ κατάσταση 3 – Προσαρμοστική - εμπλουτισμένη υπηρεσία 3
<i>Περιβάλλον</i>				
Θερμοκρασία		x		
Άνεμος	x			
Ηλιοφάνεια		x	x	
Θέση	x			
<i>Συσκευή</i>				
Κανάλι	x			
Μέγεθος οθόνης		x		
Μνήμη			x	
<i>Θέση στάθμευσης</i>				
Είδος θέσης στάθμευσης	x			
Απόσταση από κέντρο πόλης		x		
Χωρητικότητα	x		x	

Πίνακας 3: Πίνακας περιβάλλουσας κατάστασης-κατάστασης/σεναρίου-προσαρμοστικής υπηρεσίας

κατάστασης που επηρεάζουν κάθε σενάριο μπορούν να αποτυπωθούν με γραφικό τρόπο στα επεκταμένα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της UML που περιγράφουμε στη συνέχεια. Σε αυτή τη φάση οι κρίσιμοι παράγοντες αναπαριστούν αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (real-world objects) που συνιστούν την περιβάλλουσα κατάσταση. Παρόλα αυτά απαιτείται λεπτομερής εξέταση και μοντελοποίηση προκειμένου να παραχθούν οι

οντότητες του ορισμού 3 (ενότητα 5.3.2) που αφορούν την περιβάλλουσα κατάσταση. Θα πρέπει δηλαδή να ακολουθηθεί μια διαδικασία μοντελοποίησης λογισμικού, π.χ. η UML [162] ή η μεθοδολογία Booch [251], προκειμένου να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων και οι μεταξύ τους σχέσεις ώστε να προκύψουν τα αντικείμενα λογισμικού (software artefacts) για την αναπαράσταση και διαχείριση των οντοτήτων της περιβάλλουσας πληροφορίας.

- **9^ο Βήμα:** Σε αυτό το βήμα, επανεξετάζουμε τη λίστα με τους κρίσιμους παράγοντες προκειμένου να αναγνωρίσουμε συνδυασμούς χαρακτηριστικών που θα μπορούσαν να δώσουν νέα σενάρια/καταστάσεις που αν αξιοποιηθούν θα αυξήσουν την εμπορική αξία της εφαρμογής. Για παράδειγμα μπορούμε να συνδυάσουμε τη θέση του και την πρόθεση του χρήστη με τις καιρικές συνθήκες π.χ. *«ο χρήστης θέλει να πάει σε ένα συγκεκριμένο εμπορικό κέντρο (location/intention) μια εξαιρετικά βροχερή μέρα, επομένως ο χώρος στάθμευσης θα πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στον προορισμό του»*. Το νέο σενάριο/κατάσταση θα πρέπει να καταγραφεί και θα πρέπει να επαναληφθούν τα βήματα της μεθοδολογίας από το 6 και μετά. Αυτό είναι απαραίτητο από τη στιγμή που θα πρέπει το νέο σενάριο/κατάσταση να καταγραφεί και να αναλυθεί, να προσδιοριστούν οι νέοι κρίσιμοι παράγοντες του νέου σεναρίου/κατάστασης και οι επαυξημένες υπηρεσίες που μπορεί να προσφερθούν.
- **10^ο Βήμα:** Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 1-9 προκειμένου να προσδιοριστούν περισσότερα σενάρια/καταστάσεις και/ή κρίσιμοι παράγοντες που δεν είχαν αρχικά προσδιοριστεί και που μπορούν να επηρεάσουν την εμπορική αξία της εφαρμογής. Στο παράδειγμα με την αναζήτηση χώρου στάθμευσης, ο *χρόνος*

(*time*), θα μπορούσε να είναι ένας νέος κρίσιμος παράγοντας, εφόσον ληφθεί υπόψη πως η τιμή για την παροχή υπηρεσίας στάθμευσης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την ώρα μέσα στη μέρα και οι χρήστες θα πρέπει να είναι ενήμεροι για αυτές τις μεταβολές. Με αυτόν τον τρόπο οι κρίσιμοι παράγοντες λαμβάνονται σταδιακά υπόψη και οι λεπτομέρειες θα αναδειχθούν προοδευτικά, όπως προτείνεται στην προσέγγιση της σταδιακής εκλέπτυνσης [252].

- **11^ο Βήμα:** Οι ειδικοί της τεχνολογίας, οι προγραμματιστές και αναλυτές εφαρμογών και οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης θα πρέπει να εξετάσουν τα χαρακτηριστικά (properties) των κρίσιμων παραγόντων προκειμένου να καθορίσουν τον τρόπο συλλογής τους και το βαθμό στον οποίο είναι εφικτή η αυτόματη συλλογή τους. Αυτή η διερεύνηση θα πρέπει να περιλαμβάνει και την εξέταση της δυνατότητας ή όχι, να συλλεγούν οι τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας με βάση την υπάρχουσα τεχνολογία και την εκτίμηση του κόστους που συνεπάγεται από μια τέτοια αυτόματη συλλογή. Επιπρόσθετα θα πρέπει να εξεταστεί το κόστος που θα προκύψει από την ενσωμάτωση των κατάλληλων αισθητήρων, την ανάπτυξη ή την ενοικίαση υπηρεσιών (services) που θα διαχειριστούν τα δεδομένα της περιβάλλουσας πληροφορίας και τη χρέωση του χρήστη για την παροχή υπηρεσιών που θα χρησιμοποιήσουν την περιβάλλουσα πληροφορία [154], [155]. Σαν αποτέλεσμα αυτής της επανεξέτασης θα είναι πιθανόν να αφαιρεθούν από τον αρχικό σχεδιασμό κάποιες προσαρμοστικές/επαυξημένες υπηρεσίες ή να μειωθεί ο βαθμός αυτοματοποίησης της συλλογής των δεδομένων της περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. κάποια χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας πληροφορίας

θα δίνονται από το χρήστη αντί να συλλαμβάνονται από αισθητήρες ή θα παρέχονται από διαδικασίες συλλογιστικής).

- **12^ο Βήμα:** Οι ειδικοί της τεχνολογίας, οι προγραμματιστές και αναλυτές εφαρμογών και οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης, θα πρέπει να εξετάσουν εκ νέου τους κρίσιμους παράγοντες προκειμένου να καθορίσουν τα προσωπικά ή ευαίσθητα δεδομένα (private/sensitive data) και να καθορίσουν κατά πόσο η χρήση τους είναι απαραίτητη για την υλοποίηση των προσαρμοστικών υπηρεσιών και κατά πόσο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για την εφαρμογή. Από την άλλη πλευρά η χρήση προσωπικών ή ευαίσθητων δεδομένων ενδεχομένως να αυξήσει την δυνατότητα προσαρμογής των παρεχόμενων υπηρεσιών και να προσφέρει μεγαλύτερη προστιθέμενη αξία στους χρήστες. Ωστόσο η διατήρηση των προσωπικών ή ευαίσθητων δεδομένων συνδέεται με ένα σύνολο κινδύνων, όπως:
 - Οι χρήστες μπορεί να διστάζουν να δώσουν ευαίσθητα ή προσωπικά δεδομένα και κατά συνέπεια να αποφεύγουν εντελώς τη χρήση των υπηρεσιών που τα απαιτούν.
 - Η απόφαση για αποθήκευση και επεξεργασία ευαίσθητων και προσωπικών δεδομένων μπορεί να απαιτήσει επιπρόσθετο διαχειριστικό φόρτο (π.χ. ενημέρωση των κυβερνητικών αρχών για την πρόθεση αποθήκευσης και συντήρησης ευαίσθητων και προσωπικών δεδομένων, απόκτηση των κατάλληλων αδειών, κ.λπ.) και επιπρόσθετο τεχνολογικό φόρτο, όπως εγκατάσταση και συντήρηση συστημάτων ασφαλείας (τείχη προστασίας, συστήματα ανίχνευσης παραβιάσεων της ασφάλειας, κ.λπ.). Επίσης μπορεί να απαιτηθεί η πρόσληψη νέου προσωπικού ή η

εκπαίδευση του υφιστάμενου προσωπικού για την διαχείριση και συντήρηση των αυξημένων κανόνων ασφαλείας.

- Σε περίπτωση παραβίασης των κανόνων ασφαλείας, θέμα το οποίο θα οδηγήσει σε διαρροή των τηρούμενων ευαίσθητων και προσωπικών δεδομένων, ο οργανισμός θα είναι νομικά υπόλογος και θα υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στη φήμη του οργανισμού.

Τα παραπάνω θέματα θα πρέπει να εξεταστούν συνολικά και ανά στοιχείο της περιβάλλουσας πληροφορίας. Επομένως οι σχεδιαστές της εφαρμογής θα πρέπει να αντιμετωπίσουν θέματα [175,] όπως:

1. Ποιά πληροφορία είναι προσωπική και με ποιόν συνδέεται;
2. Από ποιόν θα πρέπει να αποκρύπτεται η ευαίσθητη/προσωπική πληροφορία;
3. Ποιά πλεονεκτήματα απορρέουν από την παροχή ή όχι της συγκεκριμένης πληροφορίας και ποιός ενδιαφέρεται για αυτή;

Στην ουσία θα πρέπει να καθοριστεί ποιά πληροφορία είναι ιδιωτική (private) και το μοντέλο της πολιτικής ιδιωτικότητας (privacy policy model) [63], [154], το οποίο ορίζει σε ποιόν και κάτω από ποιές προϋποθέσεις διανέμονται τα προσωπικά δεδομένα. Ο χαρακτηρισμός μιας πληροφορίας ως «ιδιωτική» (private) μπορεί να γίνει με τη χρήση του μετα-δεδομένου “*εμπιστευτικότητα*” στο αντίστοιχο διάγραμμα κλάσεων UML

Ο ορισμός του μοντέλου πολιτικής ιδιωτικότητας έγκειται στον ορισμό των *πρακτικών δεδομένων (data practices)* που περιγράφουν τους τρόπους με τους οποίους θα γίνει η διαχείριση των προσωπικών δεδομένων. Παραδείγματα τέτοιων πρακτικών είναι ο *λόγος (purpose)* [που περιγράφει τους λόγους για τους οποίους θα χρησιμοποιηθεί αυτή η πληροφορία

συμπεριλαμβανομένου του κατά πόσο ο χρήστης θα δώσει ρητά (*explicitly*) τη συναίνεσή του ή θα απαγορεύσει τη χρήση των προσωπικών του δεδομένων για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό], ο *αποδέκτης* (*recipient*) (π.χ. ποιός συλλέγει τα δεδομένα και με ποιόν τα μοιράζεται, όπως θυγατρικές εταιρείες) και ο *χρόνος διατήρησης* (*retention time*) (π.χ. για πόσο χρονικό διάστημα θα διατηρηθούν οι πληροφορίες) [257]. Οι πρακτικές δεδομένων μπορούν να αναπαρασταθούν με τη χρήση του λεξιλογίου P3P (*P3P vocabulary*) [46], αν και θα πρέπει το λεξιλόγιο P3P να επεκταθεί προκειμένου να συμπεριλάβει τις διαφορετικές παραμέτρους της περιβάλλουσας κατάστασης που θεωρούνται σημαντικές [170]. Όλοι οι πάροχοι υπηρεσιών που θα χρησιμοποιήσουν το σύστημα διαχείρισης της περιβάλλουσας κατάστασης προκειμένου να ανακτήσουν περιβάλλουσα πληροφορία, θα πρέπει να έχουν την υποχρέωση να τηρούν την πολιτική ιδιωτικότητας (*privacy policy*), η οποία εκφράζεται μέσω των πρακτικών δεδομένων.

Προκειμένου να ανακτηθούν οι απαιτήσεις των χρηστών για ιδιωτικότητα (*users' privacy demands*) μπορεί να ακολουθηθεί η προσέγγιση της ερώτησης των χρηστών για τις προτιμήσεις ιδιωτικότητας. Η γλώσσα ανταλλαγής προτιμήσεων P3P (*P3P preference exchange language - APPEL*) [47] μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γλώσσα έκφρασης των προτιμήσεων των χρηστών. Η APPEL προσφέρει έναν ορισμό των προτιμήσεων του χρήστη που είναι αναγνώσιμος από υπολογιστή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκρίσεις με μια πολιτική ιδιωτικότητας (*privacy policy*). Επιπρόσθετα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές μηχανισμών στάθμισης (*weighting mechanisms*) [63], οι οποίες προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο της ιδιωτικότητας των χρηστών όπως επίσης και διαφορετικές εικονικές

ταυτότητες (virtual identifications - IDs) για τα διάφορα τμήματα των προσωπικών δεδομένων που μεταδίδονται π.χ. η χρήση ψευδώνυμων (pseudonyms), όταν ο χρήστης επιτρέπει τη μετάδοση προσωπικών δεδομένων [115].

Έπειτα από την εξέταση των παραπάνω θεμάτων, ο οργανισμός/εταιρεία μπορεί να αποφασίσει να μεταβάλλει τους κρίσιμους παράγοντες ή κάποια χαρακτηριστικά τους που είχε αποφασίσει να συμπεριλάβει σε κάθε σενάριο/κατάσταση, για τα οποία το συνολικό κόστος που προκύπτει από τη χρήση τους υπερβαίνει τα αναμενόμενα οφέλη. Επίσης ο οργανισμός/εταιρεία ίσως επιλέξει να χρησιμοποιήσει περιορισμένες εκδοχές (“cut-down” versions) των σεναρίων, στα οποία δεν θα απαιτείται η χρήση των προσωπικών/ευαίσθητων δεδομένων, προκειμένου να εξυπηρετήσει χρήστες που αρνούνται να παρέχουν προσωπικά/ευαίσθητα δεδομένα. Αυτό το βήμα ενδεχομένως να χρειάζεται να τυποποιηθεί περισσότερο, υιοθετώντας ειδικές μεθόδους για την ανίχνευση των απαιτήσεων για την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων στη φάση της συλλογής των απαιτήσεων και του σχεδιασμού του συστήματος, (π.χ. η μέθοδος PriS [122], [123]).

- **13^ο Βήμα:** Σε αυτό το βήμα εκτελείται μια τελική επανάληψη όλων των προηγούμενων βημάτων. Ο Πίνακας 3 εξετάζεται προσεκτικά, προκειμένου να προσδιοριστούν καινοτόμες υπηρεσίες οι οποίες δεν είχαν συμπεριληφθεί στις αρχικές προδιαγραφές και οι οποίες θα μπορούσαν να προσφέρουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην εφαρμογή και να ενισχύσουν την αφοσίωση των χρηστών στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

- **14^ο Βήμα:** Αρχίζει η φάση σχεδιασμού του συστήματος. Από τη στιγμή που τα αντικείμενα λογισμικού της ΕΚΗΕ θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους κρίσιμους παράγοντες, τα κλασικά διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης UML θα πρέπει να επεκταθούν ώστε να φιλοξενήσουν αυτήν την πληροφορία. Οι καταγεγραμμένες καταστάσεις μαζί με τους αντίστοιχους κρίσιμους παράγοντες (και τα χαρακτηριστικά τους), όπως επίσης και οι αντίστοιχες προσαρμοστικές/επαυξημένες υπηρεσίες, θα καταγραφούν στα επεκταμένα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης UML.

Οι κρίσιμοι παράγοντες θα υποστούν μια επιπρόσθετη επεξεργασία -που περιγράφεται στην ενότητα 5.6- προκειμένου να παραχθούν οι οντότητες του ορισμού 3 (ενότητα 5.3.2) της περιβάλλουσας κατάστασης και να συνταχθούν τα επεκταμένα διαγράμματα κλάσεων UML. Μια επέκταση των διαγραμμάτων κλάσεων UML με ενσωματωμένες τις κατάλληλες επισημειώσεις για την περιβάλλουσα κατάσταση παρουσιάζεται στην ενότητα 5.6. Προκειμένου να διαχειριστούμε τις απαιτήσεις ιδιωτικότητας για τα προσωπικά και ευαίσθητα δεδομένα, μπορούν να υιοθετηθούν κατάλληλες σχεδιαστικές τεχνικές όπως μοτίβα σχεδιασμού για ιδιωτικότητα (privacy design patterns) [166], [180].

Στη συνέχεια το σύστημα μπορεί να υλοποιηθεί και να εγκατασταθεί. Η υλοποίηση του συστήματος θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει και ένα υποσύστημα το οποίο θα διαχειριστεί την περιβάλλουσα πληροφορία. Στο κεφάλαιο 6 της παρούσας διατριβής παρουσιάζουμε την αρχιτεκτονική ενός τέτοιου υποσυστήματος σαν ένα βοηθητικό εργαλείο για την ανάπτυξη ΕΚΗΕ-ΕΠΚ. Η υλοποίηση της προσαρμοστικής συμπεριφοράς της βασικής εφαρμογής στις παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας, μπορεί να

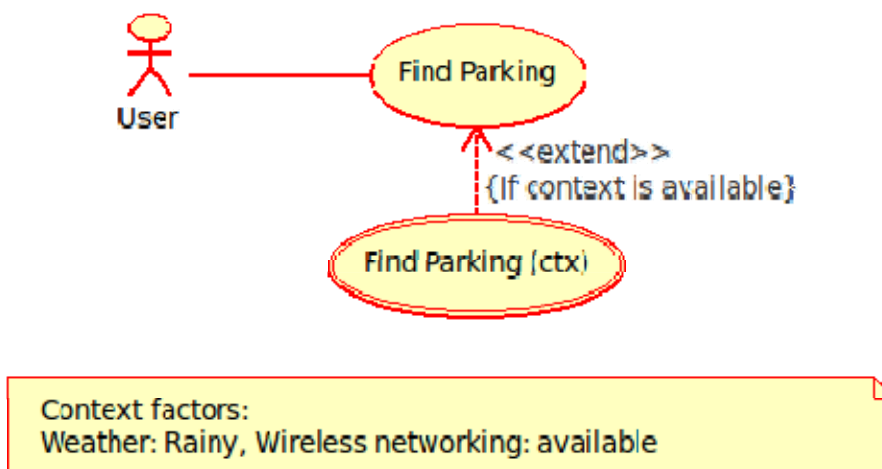
υποστηριχθεί από μια σχετική αρχιτεκτονική προσαρμογής που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 7 της παρούσας διατριβής, επίσης σαν ένα βοηθητικό εργαλείο.

- **15^ο Βήμα:** Στην μετά την εγκατάσταση φάση και όταν οι κατάλληλες πληροφορίες έχουν συλλεγεί, οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης θα αποτιμήσουν την αποτελεσματικότητα της στρατηγικής προώθησης, τη διατήρηση της αφοσίωσης του χρήστη, τις προσεγγίσεις προσέλκυσης νέων πελατών, την συμπερίληψη των παραγόντων της περιβάλλουσας κατάστασης και τη γενική λειτουργία της ΕΚΗΕ. Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα αυτής της αποτίμησης οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης θα πρέπει να επανεξετάσουν τα θέματα αποτελεσματικότητας της ΕΚΗΕ πυροδοτώντας, αν απαιτηθεί, την επανεκτέλεση συγκεκριμένων βημάτων της μεθοδολογίας.

5.5 Τα Διαγράμματα Περιπτώσεων Χρήσης UML με Επίγνωση της Περιβάλλουσας Κατάστασης

Οι παράγοντες της περιβάλλουσας κατάστασης που προσδιορίστηκαν σε κάθε σενάριο, μέσα από τη μεθοδολογία που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο, θα πρέπει να είναι σαφώς ορισμένοι και να καταγραφούν με ένα τυποποιημένο μέσο αναπαράστασης, εύκολα κατανοητό από όλους τους εμπλεκομένους που θα λάβουν μέρος στη μελέτη εφικτότητας (feasibility study) και στις φάσεις της συλλογής των απαιτήσεων, της ανάλυσης και του σχεδιασμού της εφαρμογής. Για αυτό το σκοπό θα πρέπει να συνταχθούν τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Στα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, καταγράφονται τα σενάρια χρήσης τα οποία επηρεάζονται από την περιβάλλουσα κατάσταση και για κάθε σενάριο ποιοί

παράγοντες της περιβάλλουσας κατάστασης λαμβάνονται υπόψη και ποιές προσαρμοστικές υπηρεσίες θα προσφερθούν.



Σχήμα 21: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης

Ένα παράδειγμα διαγράμματος περίπτωσης χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης παρουσιάζεται στο Σχήμα 21. Για κάθε περίπτωση χρήσης της ΕΚΗΕ η οποία πρέπει να συμπεριλάβει την περιβάλλουσα κατάσταση, θα δημιουργηθεί μία επιπρόσθετη περίπτωση χρήσης με το ίδιο όνομα με την αρχική περίπτωση χρήσης και με την επισημείωση “(ctx)”, από τη στιγμή που η νέα περίπτωση χρήσης είναι μια επέκταση της αρχικής και λαμβάνει υπόψη την περιβάλλουσα κατάσταση. Η νέα περίπτωση χρήσης δηλώνεται με τη χρήση του σχήματος της διπλής έλλειψης, προκειμένου να είναι οπτικά διακριτή από την αντίστοιχη της που δεν έχει επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Οι δύο περιπτώσεις χρήσης συνδέονται με την τυποποιημένη συσχέτιση επέκτασης της UML (“extend”) και η ετικέτα στο βέλος δηλώνει τη συνθήκη κάτω από την οποία εφαρμόζεται αυτή η επέκταση (*if context is available*). Οι συγκεκριμένοι παράγοντες περιβάλλουσας πληροφορίας που θα πρέπει να είναι διαθέσιμοι, καταγράφονται με λεπτομέρεια στην περιοχή τεκμηρίωσης της επεκταμένης περίπτωσης χρήσης,

προκειμένου να αποφύγουμε την υπερφόρτωση της διαγραμματικής αναπαράστασης. Η περιοχή τεκμηρίωσης της επεκταμένης περίπτωσης χρήσης θα φιλοξενήσει τις επιπρόσθετες λεπτομέρειες π.χ. ποιά προσαρμογή προβλέπεται για αυτή την περίπτωση χρήσης (προσαρμογή περιεχόμενου, λειτουργικότητας ή παρουσίας) και τα σενάρια κάτω από τα οποία θα λάβει χώρα αυτή η προσαρμογή. Ένα παράδειγμα περίπτωσης χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης σε μορφή κειμένου δίνεται στην ενότητα 5.7.

5.6 Τα Διαγράμματα Κλάσεων UML με Επίγνωση

Περιβάλλουσας Κατάστασης

Οι κρίσιμοι παράγοντες που συνθέτουν την περιβάλλουσα κατάσταση και τα χαρακτηριστικά τους, (όπως αυτά έχουν καθοριστεί από τη μεθοδολογία και καταγραφεί στο πρότυπο που ορίζει ο Πίνακας 3), θα υποστούν στη συνέχεια μια τυπική διαδικασία μοντελοποίησης τεχνολογίας λογισμικού, (π.χ. UML [162] ή μεθοδολογία Booch [251]), προκειμένου να καθοριστούν τελικά οι οντότητες, (ορισμός 1 της περιβάλλουσας κατάστασης – ενότητα 5.3.2) με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά και τις μεταξύ τους συσχετίσεις, (ορισμός 3 της περιβάλλουσας κατάστασης – ενότητα 5.3.2). Αυτές οι οντότητες και οι σχέσεις τους θα αποτυπωθούν στα επεκταμένα διαγράμματα κλάσεων UML, στα οποία η επέκταση αναφέρεται στην συμπερίληψη των ειδικών χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας πληροφορίας. Ειδικότερα θα συμπεριληφθούν:

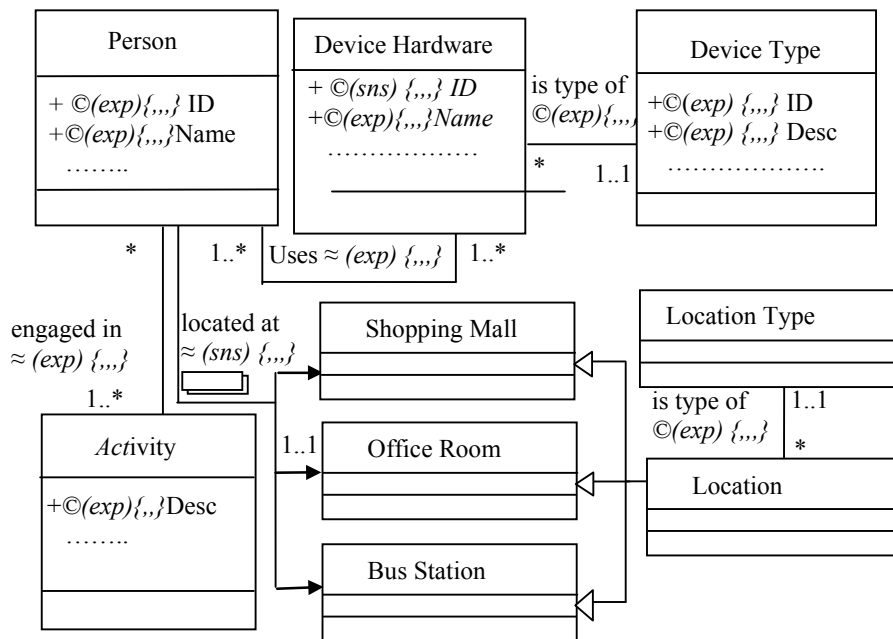
- Η *δυναμικότητα της τιμής* κάθε χαρακτηριστικού, δεδομένου ότι η περιβάλλουσα πληροφορία διακρίνεται σε *στατική (static)* και *δυναμική (dynamic)*, ανάλογα με το πόσο συχνά αλλάζει η τιμή της.

- Ο *τρόπος απόκτησης* της τιμής κάθε χαρακτηριστικού (*συλεχθείσα από αισθητήρες, άμεσα εισαχθείσα, συμπερανθείσα*).
- Η *μετα-πληροφορία* που συνοδεύει κάθε χαρακτηριστικό αναφορικά με την πηγή του, την περιγραφή του, την ελάχιστη-μέγιστη τιμή, το χρονόσημο απόκτησης, την εμπιστοσύνη, τη συχνότητα ανανέωσης, την περίοδο εγκυρότητας, τη μονάδα μέτρησης και την εμπιστευτικότητα.
- Η *ανάγκη για ιστορικότητα* των τιμών της πληροφορίας.
- Η *αλλαγή της οντότητας συσχέτισης*, οι περιπτώσεις δηλαδή που κάποιο στιγμιότυπο της κλάσης Α παύει να συσχετίζεται με κάποιο στιγμιότυπο της κλάσης Β και ξεκινά να συσχετίζεται με κάποιο στιγμιότυπο της κλάσης Γ. Αυτή η δυνατότητα είναι σημαντική για τις προσαρμοστικές υπηρεσίες διότι η αλλαγή της οντότητας συσχέτισης κάνει διαθέσιμα νέα αντικείμενα περιβάλλουσας κατάστασης ή νέες μεθόδους αίσθησης ή τερματίζει την διαθεσιμότητα των αντικειμένων περιβάλλουσας κατάστασης ή των μεθόδων αίσθησης. Με τη σειρά της αυτή η αλλαγή πυροδοτεί αλλαγές στη διεπαφή χρήστη, στην επεξεργασία και στα διαθέσιμα δεδομένα. Για παράδειγμα η αλλαγή της θέσης του χρήστη από ένα στιγμιότυπο της κλάσης “Γραφείο” σε ένα στιγμιότυπο της κλάσης του “Εμπορικό κέντρο”, μπορεί να ανακαλέσει από τη διεπαφή χρήστη το αντικείμενο “Ανάγνωση εταιρικών μηνυμάτων” και να τοποθετήσει το αντικείμενο “Λήψη προσφορών”.

Ένα παράδειγμα ενός επεκταμένου διαγράμματος κλάσεων UML φαίνεται στο Σχήμα 22. Οι επισημειώσεις (annotations) που έχουν χρησιμοποιηθεί περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

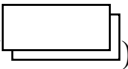

Για την απεικόνιση των οντοτήτων –και σε συνέπεια με τα διαγράμματα κλάσεων της UML- χρησιμοποιούνται παραλληλόγραμμα χωρισμένα σε τρία

τμήματα. Στο πάνω μέρος αποτυπώνεται το όνομα της κλάσης, στο μεσαίο μέρος τα χαρακτηριστικά (properties) της οντότητας και στο κάτω μέρος ορίζονται οι λειτουργίες που αυτή θα παρέχει. Οι συσχετίσεις της (associations) με άλλες οντότητες αποτυπώνονται με γραμμές μεταξύ των οντοτήτων (—) όπου φαίνεται και ο βαθμός της συσχέτισης (π.χ. 0..1, 1, 1..*) [162]. Με την ειδική συσχέτιση της γενίκευσης (generalization) (\dashv) αποτυπώνονται οι σχέσεις γονέα-απογόνου των κλάσεων. Πάνω σε κάθε χαρακτηριστικό (property) ή συσχέτιση (association) με άλλη οντότητα σημειώνονται οι ειδικές πληροφορίες που σχετίζονται με την ειδική φύση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Πρώτα σημειώνεται η δυναμικότητα της πληροφορίας, μετά ο τρόπος απόκτησής της, μετά οι μετα-πληροφορίες που αυτή θα φέρει και τέλος η ιστορικότητα και η ενδεχόμενη αλλαγή της οντότητας συσχέτισης.



Σχήμα 22: Διαγράμματα κλάσεων UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης

Ειδικότερα:

- Η *δυναμικότητα της πληροφορίας* αποτυπώνεται με:
 - το σύμβολο © για στατική πληροφορία
 - το σύμβολο ≈ για δυναμική πληροφορία
- Ο *τρόπος απόκτησής της πληροφορίας* σημειώνεται με:
 - (sns): για *συλλεχθείσα από αισθητήρες περιβάλλουσα πληροφορία*
 - (exp): για *άμεσα εισαχθείσα περιβάλλουσα πληροφορία*
 - (drv): για *συμπερανθείσα περιβάλλουσα πληροφορία*
- Τα *μετα-δεδομένα (metadata)* που αυτή θα φέρει αποτυπώνονται σαν μια σειρά από τιμές, η καθεμιά εκ των οποίων αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο τμήμα μετα-πληροφορίας π.χ. {πηγή, περιγραφή, ελάχιστη-μέγιστη τιμή, χρονόσημο, εμπιστοσύνη, συχνότητα, περίοδος εγκυρότητας, μονάδα μέτρησης εμπιστευτικότητα}.
- Η *ανάγκη για ιστορικότητα των τιμών της πληροφορίας* αποτυπώνεται με διπλό παραλληλόγραμμα ()
- Η *αλλαγή της οντότητας* σε μία συσχέτιση (association) αποτυπώνεται με ένα βέλος με πολλά άκρα () , ένα άκρο για κάθε πιθανή συσχέτιση.

5.7 Παράδειγμα Εφαρμογής της Μεθοδολογίας

Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η χρήση της μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης, καθώς επίσης και η σχέση της μεθοδολογίας με τους ορισμούς της περιβάλλουσας κατάστασης και της περιβάλλουσας πληροφορίας που δόθηκαν στις παραγράφους 5.3.1 και 5.3.2, θα περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί η μεθοδολογία στην περίπτωση μιας ΕΚΗΕ-ΕΠΚ η οποία θα υποστηρίξει το ακόλουθο σενάριο:

“Θεωρούμε ένα χρήστη, ο οποίος είναι καταναλωτής βιολογικών προϊόντων και ο οποίος βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή -π.χ. το κέντρο της πόλης ή στο προάστιο X- και ψάχνει για ένα συγκεκριμένο προϊόν”.

Η ΕΚΗΕ θα πρέπει να προσφέρει τουλάχιστον πληροφορίες με τα βιολογικά προϊόντα που προσφέρονται από τα καταστήματα –στην εγγύτητα του χρήστη- τα οποία καταχωρούν στοιχεία στη βάση δεδομένων της. Οι παράμετροι της περιβάλλουσας πληροφορίας που θα απαιτηθούν καθώς και οι προσαρμοστικές υπηρεσίες που θα προσφερθούν, θα αναδειχθούν μέσα από τα ακόλουθα βήματα:

Βήμα 1: Οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης, με βάση μελέτες που έχουν διεξαχθεί, σκιαγραφούν το προφίλ των χρηστών-καταναλωτών βιολογικών προϊόντων αλλά και των ίδιων των προϊόντων. Οι χρήστες βιολογικών προϊόντων αναζητούν φυσικά και ως επί το πλείστον ακατέργαστα προϊόντα, τα οποία παράγονται με φυσικές διαδικασίες και χωρίς τη χρήση χημικών λιπασμάτων, τοξικών φυτοφαρμάκων, ορμονών και χρωστικών. Ως εκ τούτου ενδιαφέρονται για τα συστατικά των προϊόντων, για στοιχεία παραγωγής τους και είναι διατεθειμένοι να *«κοπιάσουν περισσότερο»* προκειμένου να προμηθευτούν αυτά τα υψηλής ποιότητας προϊόντα. Η εξειδικευμένη διαδικασία παραγωγής αυτών των προϊόντων, καθιστά την προσφορά τους πιο περιορισμένη σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα και κατά συνέπεια τα σημεία πώλησης αλλά και η διαθεσιμότητα αυτών των προϊόντων είναι σχετικά περιορισμένα. Επίσης και η τιμή αυτών των προϊόντων είναι υψηλότερη σε σχέση με τα αντίστοιχα συμβατικά εξαιτίας των ειδικών μεθόδων παραγωγής τους. Κατά συνέπεια ο καταναλωτής αυτών των προϊόντων θα πρέπει να υποβοηθείται από τη σύγχρονη τεχνολογία του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ώστε να προσδιορίζει σχετικά καταστήματα στην εγγύτητά του και να διευκολύνεται η προσπάθεια ανεύρεσης σχετικών καταστημάτων και προϊόντων ανεξάρτητα από τις καιρικές

συνθήκες που επικρατούν. Επίσης και δεδομένης της υψηλής τιμής αυτών των προϊόντων είναι πιο επιτακτική η ανάγκη να ενημερώνεται για τυχόν προσφορές καταστημάτων, στοιχείο το οποίο αποτελεί και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του εκάστοτε καταστήματος. Επίσης οι μελέτες για τις ομάδες-στόχους έδειξαν πως οι καταναλωτές αυτών των προϊόντων είναι άτομα υψηλού μορφωτικού επιπέδου και συνήθως πολυάσχολοι, κατά συνέπεια θα πρέπει να τους παρέχονται τα μέσα για την ανεύρεση αυτών των προϊόντων με ένα γρήγορο τρόπο και ανεξάρτητα από την τρέχουσα κινητική τους κατάσταση.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, μέσα από αυτό το βήμα σκιαγραφούνται οι υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας που θα πρέπει να προσφερθούν από την εφαρμογή καθώς και (σε ένα υψηλό επίπεδο αφαίρεσης) τα θέματα της περιβάλλουσας κατάστασης που θα πρέπει να εξεταστούν.

Βήμα 2: Οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης καθορίζουν τις μελέτες (π.χ. ερωτηματολόγια που υποβάλλονται ηλεκτρονικά) βάσει των οποίων θα αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής. Χρησιμοποιώντας ερωτήσεις που σχετίζονται με την ταχύτητα και τη συχνότητα ανεύρεσης καταστημάτων/προϊόντων στις εκάστοτε συνθήκες (καιρικές, εποχής, ώρα της ημέρας). Επίσης χρησιμοποιούνται ερωτήσεις για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα της παρεχόμενης πληροφόρησης και κατά πόσο αυτή ήταν κατάλληλη και κάλυπτε τις τρέχουσες πληροφοριακές ανάγκες των χρηστών, καθώς και ερωτήσεις για τη μορφή της παρεχόμενης πληροφόρησης και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την παροχή της (π.χ. κείμενο, ήχος, εικόνα). Τέλος ζητείται από τους χρήστες να προτείνουν χαρακτηριστικά της εφαρμογής τα οποία θα βελτιώναν τη χρηστικότητα και τη γενικότερη αξία της εφαρμογής, ώστε αξιολογηθεί το εύρος κάλυψης των αναγκών

από την τρέχουσα εφαρμογή, αλλά και να αξιολογηθούν οι προτάσεις και ενδεχομένως να ενσωματωθούν σε μεταγενέστερες εκδόσεις της εφαρμογής.

Βήμα 3: Σε αυτό το βήμα αποτυπώνονται οι καινοτόμες υπηρεσίες και οι τυπικές λειτουργίες της εφαρμογής. Εδώ, στο παράδειγμα ανεύρεσης καταστημάτων που προσφέρουν ένα συγκεκριμένο βιολογικό προϊόν, η τυπική λειτουργία της εφαρμογής είναι η παροχή *“μιας λίστας με τα καταστήματα που προσφέρουν το προϊόν Π”*. Οι καινοτόμες υπηρεσίες που μπορούν να προσφερθούν είναι πληροφορίες για καταστήματα που διαθέτουν το συγκεκριμένο προϊόν και βρίσκονται στην εγγύτητα του χρήστη, οι τιμές του προϊόντος, πληροφορίες για τα συστατικά του προϊόντος, προσφορές καταστημάτων, πληροφορίες για ανοικτά καταστήματα μια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας, παροχή πληροφοριών και με άλλους τρόπους πέραν του κειμένου.

Βήμα 4: Χρησιμοποιούμε μια από τις τυπικές πρακτικές τεχνολογίας λογισμικού (π.χ. [73]) και τα κλασσικά διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της UML προκειμένου να ορίσουμε την εν λόγω τυπική λειτουργία χωρίς καμία αναφορά στην περιβάλλουσα κατάσταση, π.χ. *“Ο χρήστης X ψάχνει για το βιολογικό προϊόν Π”*. Αυτή είναι η λειτουργία (task) A και η *“αρχική υπηρεσία”* (initial service) που θα υποστηρίξει αυτή τη λειτουργία θα παρέχει *“μια λίστα με τα καταστήματα που προσφέρουν το προϊόν Π μαζί με τις αντίστοιχες τιμές τους”*.

Βήμα 5: Εξετάζουμε λεπτομερώς την περιβάλλουσα κατάσταση IK του χρήστη X ενώ αυτός εκτελεί τη λειτουργία A , δηλαδή την περιβάλλουσα κατάσταση $C(t)$ του ορισμού 5 της παραγράφου 5.3.2. Η εν λόγω περιβάλλουσα κατάσταση, όπως την αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι, είναι ένα σύνολο των καταστάσεων που περιβάλλουν τη λειτουργία A (ο ορισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας που δόθηκε στην ενότητα 5.3.1). Επομένως προκειμένου να συλλάβουμε αυτήν την πλευρά/όψη της περιβάλλουσας πληροφορίας, ξεκινάμε περιγράφοντας τις διαφορετικές

καταστάσεις/σενάρια στα πλαίσια των οποίων ο χρήστης X εκτελεί τη λειτουργία Λ. Ταυτόχρονα προσδιορίζουμε σε ποια σημεία θα διαφοροποιηθεί η συγκεκριμένη λειτουργία Λ, σε καθεμία κατάσταση/σενάριο. Αυτό το βήμα μας επιτρέπει να σκιαγραφήσουμε την προσαρμοστικότητα της εφαρμογής σε συγκεκριμένες καταστάσεις και οι συνθήκες προσαρμογής θα υποδείξουν τους παράγοντες της περιβάλλουσας κατάστασης που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτό είναι συνεπές με τον ορισμό της περιβάλλουσας κατάστασης που δόθηκε στην ενότητα 5.3.1, όπου ορίζει ότι “... η *σχέση/συνάφεια της οντότητας με την αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής μπορεί να προκύψει από το ενδεχόμενο να αξιοποιηθεί η πληροφορία που περιγράφει την κατάσταση τη οντότητας προκειμένου να βελτιστοποιηθεί αυτή η αλληλεπίδραση, με στόχο την μεγιστοποίηση της εμπορικής αξίας της εφαρμογής*”.

Στη συνέχεια παραθέτουμε κάποιες καταστάσεις και τις αντίστοιχες προσαρμοστικές/επαυξημένες λειτουργίες για κάθε μια από αυτές.

1. **Κατάσταση 1:** “*Ο χρήστης, ο οποίος χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη συσκευή, εκτελεί τη λειτουργία Λ, δηλαδή ψάχνει για ένα συγκεκριμένο βιολογικό προϊόν*”. Αυτή η κατάσταση θεωρείται σαν κατάσταση-κλειδί κοινή για όλες τις άλλες καταστάσεις και ταυτόχρονα είναι η ελάχιστη πληροφορία που παρέχεται στην εφαρμογή από τη συσκευή. Οι ειδικοί της τεχνολογίας και οι επιχειρηματικοί αναλυτές θα προτείνουν παραλλαγές της αρχικής υπηρεσίας (“μια λίστα των καταστημάτων που προσφέρουν το προϊόν Π μαζί με τις αντίστοιχες τιμές τους”) λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των συσκευών και τη διαθέσιμη πληροφορία για το χρήστη (που μπορεί να είναι πληροφορία για την ομάδα στην οποία ανήκει ο χρήστης). Έτσι η εφαρμογή θα μπορεί να παρέχει την υπηρεσία προστιθέμενης αξίας “*Δείξε τα συστατικά του προϊόντος*”, από τη στιγμή

που είναι πολύ πιθανό ένας καταναλωτής βιολογικών προϊόντων να ενδιαφέρεται για αυτή την πληροφορία.

Στη συνέχεια θα διευρύνουμε την περιβάλλουσα κατάσταση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας μέσα από μια πιο λεπτομερή εξέταση περισσότερων όψεων της περιβάλλουσας κατάστασης.

2. **Κατάσταση 2:** (Ενώ ο χρήστης) *“βρίσκεται σε κίνηση (π.χ. περπατάει, οδηγεί), αυτός εκτελεί τη λειτουργία A”*. Σε αυτή την περίπτωση η προστιθέμενη αξία για τη λειτουργία θα μπορούσε να είναι *“η μεταφορά της πληροφορίας για το προϊόν να πραγματοποιείται με ακουστικό τρόπο”*.
3. **Κατάσταση 3:**(Ο χρήστης) *“κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής ή κρύας ή χιονισμένης μέρας εκτελεί τη λειτουργία A”*. Σε αυτή την περίπτωση η προστιθέμενη αξία για τη λειτουργία θα μπορούσε να είναι *“να εμφανίζονται πρώτες στη λίστα οι προσφορές από τα πλησιέστερα καταστήματα ”*.
4. **Κατάσταση 4:** (Ο χρήστης) *“σε μια συγκεκριμένη ώρα μιας ημέρας της εβδομάδας εκτελεί τη λειτουργία A”*. Σε αυτήν την περίπτωση, η προστιθέμενη αξία της λειτουργίας θα μπορούσε να είναι *“η λίστα των καταστημάτων να περιλαμβάνει μόνο τα καταστήματα που είναι ανοικτά τη συγκεκριμένη ώρα”*. Εναλλακτικά τα κλειστά καταστήματα θα μπορούσαν να παραμείνουν στη λίστα αλλά να εμφανίζονται σε μια διαφορετική περιοχή της διεπαφής του χρήστη.
5. **Κατάσταση 5:** (Ο χρήστης) *“ενώ βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη θέση εκτελεί τη λειτουργία A”*. Σε αυτή την περίπτωση η προστιθέμενη αξία για τη λειτουργία θα μπορούσε να είναι *“η εμφάνιση των προσφορών από τα πλησιέστερα καταστήματα στην αρχή της λίστας ”*.

6. **Κατάσταση 6:** (Ο χρήστης) “ενώ βρίσκεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο εμπορικό κέντρο εκτελεί τη λειτουργία A ”. Σε αυτή την περίπτωση, η προστιθέμενη αξία για τη λειτουργία θα ήταν αν θα μπορούσε “να δείχνει μόνο τις προσφορές από τα καταστήματα του συγκεκριμένου εμπορικού κέντρου”, (οι άλλες προσφορές θα μπορούσαν να είναι κρυμμένες ή διαθέσιμες σε μια διαφορετική περιοχή της διεπαφής του χρήστη, όπως και στην περίπτωση της κατάστασης 4). Σημειώνουμε πως αυτή η περίπτωση είναι διαφορετική από εκείνη που περιγράψαμε στην κατάσταση 5, από τη στιγμή που η προστιθέμενη αξία στηρίζεται σε μια υψηλότερου επιπέδου μετάφραση της “θέσης”.

Βήμα 6: Κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος, προσδιορίζουμε τους κρίσιμους παράγοντες για κάθε κατάσταση/σενάριο. Η κατάσταση περιγράφεται μέσα από μια “αφαίρεση”, η οποία περιλαμβάνει μόνο τις οντότητες του φυσικού περιβάλλοντος (βλέπε ορισμό 1 της παραγράφου 5.3.2), που σχετίζονται με αυτή την κατάσταση και οι οποίοι τελικά είναι οι κρίσιμοι παράγοντες που θα υποστηρίξουν την συγκεκριμένη κατάσταση.

1. **Κατάσταση 1:** “Ο χρήστης, ο οποίος χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη συσκευή, εκτελεί τη λειτουργία A , δηλαδή ψάχνει για ένα συγκεκριμένο βιολογικό προϊόν”. Οι κρίσιμοι παράγοντες της λειτουργίας που αναδεικνύονται σε αυτήν την περιγραφή είναι ο “Χρήστης”, η “Συσκευή” και το “Βιολογικό Προϊόν”.
2. **Κατάσταση 2:** (Ενώ ο χρήστης) “βρίσκεται σε κίνηση (π.χ. περπατάει, οδηγεί), εκτελεί τη λειτουργία A ”. Σε αυτήν την περίπτωση, ο επιπρόσθετος κρίσιμος παράγοντας της λειτουργίας είναι η “ κατάσταση κίνησης του χρήστη”.

3. **Κατάσταση 3:** (Ο χρήστης) “ κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής ή πολύ κρύας ή χιονισμένης ημέρας, εκτελεί τη λειτουργία Α”. Σε αυτήν την περίπτωση, οι επιπρόσθετοι κρίσιμοι παράγοντες είναι η “Θερμοκρασία του περιβάλλοντος”, η “Βροχή” και το “Χιόνι”.
4. **Κατάσταση 4:** (Ο χρήστης) “μια συγκεκριμένη ώρα μιας συγκεκριμένης μέρας της εβδομάδας εκτελεί την λειτουργία Α”. Σε αυτήν την περίπτωση ο επιπρόσθετος κρίσιμος παράγοντας είναι ο “Χρόνος”, και ειδικότερα τα χαρακτηριστικά η “τρέχουσα ώρα”, η “ημερομηνία” και η “ημέρα της εβδομάδας”.
5. **Κατάσταση 5:** (Ο χρήστης) “ενώ βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη θέση εκτελεί τη λειτουργία Α”. Σε αυτήν την περίπτωση ο επιπρόσθετος κρίσιμος παράγοντας είναι η “Θέση του Χρήστη” (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος).
6. **Κατάσταση 6:** (Ο χρήστης) “ενώ βρίσκεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο εμπορικό κέντρο εκτελεί τη λειτουργία Α”. Σε αυτήν την περίπτωση ο επιπρόσθετος κρίσιμος παράγοντας είναι η “Θέση του Χρήστη” (μετάφραση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους σε υψηλότερο επίπεδο).

Βήμα 7: Σε αυτό το βήμα εξετάζουμε λεπτομερώς την αρχική υπηρεσία και τις υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας που έχουν επαυξηθεί με την περιβάλλουσα κατάσταση, τα οποία σκιαγραφήθηκαν στο βήμα 1 και προσδιορίστηκαν στο βήμα 5, προκειμένου να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο αυτές θα μεταφέρουν την πληροφορία. Σε αυτό το βήμα παράγονται οι τελικές προσαρμοστικές υπηρεσίες αλλά και οι επιπρόσθετες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας, πιθανόν σαν συνδυασμοί των καταστάσεων που προσδιορίστηκαν στο βήμα 5. Για παράδειγμα, στην κατάσταση 4, μια επιπρόσθετη στήλη μπορεί να συμπεριλαμβάνει την ώρα που κλείνουν τα

καταστήματα, ή η εισαγωγή χρωματικής κωδικοποίησης για τον χρόνο που υπολείπεται προκειμένου να κλείσει κάθε κατάσταση (π.χ. κόκκινο για τα καταστήματα που θα κλείσουν σε 15 λεπτά, πορτοκαλί για τα καταστήματα που θα κλείσουν σε μια ώρα και πράσινο για τα καταστήματα που θα παραμείνουν ανοικτά για περισσότερο από μία ώρα). Επίσης μπορούν να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά των συσκευών, προκειμένου να καθοριστεί ο καλύτερος τρόπος για την μεταβίβαση της πληροφορίας (π.χ. η οθόνη της συσκευής είναι μικρή, ή είναι επιθυμητά συγκεκριμένα χρώματα αντί επιπρόσθετης στήλης). Οι παραπάνω επαυξήσεις φέρνουν στο προσκήνιο το “Κατάστημα” και τη “Συσκευή” σαν επιπρόσθετους κρίσιμους παράγοντες της κατάστασης.

Βήμα 8: Σε αυτό το βήμα καταγράφουμε όλες τις καταστάσεις μαζί με τις προσαρμοστικές/επαυξημένες υπηρεσίες και τους αντίστοιχους κρίσιμους παράγοντες (οντότητες του πραγματικού κόσμου) μαζί με τα χαρακτηριστικά τους. Υπενθυμίζεται πως στο βήμα 6 εξετάσαμε τις διαφορετικές καταστάσεις κάτω από τις οποίες εκτελείται η λειτουργία και προσδιορίσαμε τις οντότητες του πραγματικού κόσμου (κρίσιμους παράγοντες) που σχετίζονται με κάθε κατάσταση. Στο βήμα 8, επιχειρούμε να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά κάθε οντότητας που μας ενδιαφέρουν, προκειμένου να παράγουμε τις υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας που περιγράψαμε στα προηγούμενα βήματα. Αυτά τα χαρακτηριστικά τελικά μοντελοποιούν την κατάσταση κάθε οντότητας του πραγματικού κόσμου. Επιπρόσθετα αυτά τα χαρακτηριστικά, μέσα από την κατάλληλη διαδικασία μοντελοποίησης (ενότητα 5.6 - Τα Διαγράμματα Κλάσεων UML με Επίγνωση Περιβάλλουσας Κατάστασης), τελικά θα σχηματίσουν “την κατάσταση μιας οντότητας” που αναφέρθηκε στον ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας (ενότητα 5.3.1), ή ισοδύναμα την “κατάσταση $S_i(t)$ ” του ορισμού 4 (ενότητα 5.3.2).

Σημειώνουμε πως τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται σε αυτό το βήμα δεν είναι απαραίτητως απλά δεδομένα (π.χ. χαρακτηριστικά με ατομικές τιμές [64]), αλλά μπορεί να είναι περισσότερο σύνθετα, όπως σύνθετες τιμές (composite values), επαναλαμβανόμενες τιμές (repeating values) ή συσχετίσεις με άλλες οντότητες τύπου «τμήμα-του» (part-of relation). Ο Πίνακας 4 αποτυπώνει τις οντότητες που εμπλέκονται σε κάθε κατάσταση και τα χαρακτηριστικά κάθε οντότητας που μας ενδιαφέρουν. Σημειώνουμε πως για αποφυγή επανάληψης της πληροφορίας, ο Πίνακας 4 συμπεριλαμβάνει ακόμα μια κατάσταση (στήλη που αφορά στα εποχικά προϊόντα) η οποία δεν έχει ακόμα περιγραφεί και η οποία θα περιγραφεί στο βήμα 9, παρακάτω.

Βήμα 9: Σε αυτό το βήμα συνδυάζονται τα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας κατάστασης (context characteristics) προκειμένου να διερευνηθούν νέα πιθανά σενάρια/καταστάσεις. Για παράδειγμα, το τμήμα της ημερομηνίας που αντιπροσωπεύει τον μήνα μπορεί να αξιοποιηθεί προκειμένου να σχηματιστεί το ακόλουθο σενάριο/κατάσταση: (ο χρήστης) *“κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης εποχής εκτελεί τη λειτουργία A”*. Η προστιθέμενη αξία σε αυτή την περίπτωση είναι η εμφάνιση εποχικών προϊόντων (π.χ. εποχικά φρούτα και λαχανικά, βιολογικά αντηλιακά κ.λπ.). Από τη στιγμή που θα καθοριστεί ένα νέο σενάριο/κατάσταση, απαιτείται μια επανάληψη της μεθοδολογίας από το βήμα 6 και μετά, προκειμένου να διαφανούν νέα χαρακτηριστικά των κρίσιμων παραγόντων και ακόμα και νέοι κρίσιμοι παράγοντες. Στο παράδειγμά μας, τα νέα χαρακτηριστικά που αναδύονται και θα προσδιοριστούν με την επανάληψη του βήματος 6, είναι η *“εποχή του χρόνου”* και η *“ένδειξη εποχιακού προϊόντος”* (τμήμα της περιβάλλουσας κατάστασης του πεδίου της εφαρμογής).

Βήμα 10: Θα γίνει επανάληψη των βημάτων 1-9, προκειμένου να προσδιοριστούν νέα σενάρια/καταστάσεις και νέοι κρίσιμοι παράγοντες – ή τα χαρακτηριστικά τους-, τα οποία δεν είχαν προσδιοριστεί στην πρώτη επανάληψη της μεθοδολογίας. Στο παράδειγμά μας κανένα νέο σενάριο/κατάσταση ή κρίσιμος παράγοντας δεν προκύπτει στο παρόν βήμα.

Σενάρια/καταστάσεις -προσαρμοστικές- Εμπλουτισμένες υπηρεσίες	κατάσταση 1 του βήματος προσαρμοστική υπηρεσία: “χρήστης με συγκεκριμένη συσκευή”- “εμφάνιση και των συστατικών του προϊόντος”	κατάσταση 2 του βήματος προσαρμοστική υπηρεσία: “μία συγκεκριμένη ώρα” - “εμφάνιση των ανοικτών καταστημάτων με χρωματική κωδικοποίηση”	κατάσταση 4 του βήματος επανάληψη)- προσαρμοστική υπηρεσία: “μία συγκεκριμένη εποχή” - “εμφάνιση εποχικών προϊόντων”	κατάσταση 6 (σε βήματος 2 - προσαρμοστική υπηρεσία: “μία πολύ ζεστή ημέρα”- “εμφάνιση μόνο προσφορών από τα πλησιέστερα καταστήματα”
Κρίσιμοι παράγοντες (μεταβλητές περιβάλλουσας κατάστασης)				
Χρήστης				
ταυτότητα	X	X	X	X
όνομα				
Συσκευή				
κανάλι	X	X	X	X
μέγεθος οθόνης	X	X	X	X
Περιβάλλον				
Θερμοκρασία				X
Ηλιοφάνεια-Βροχή-Χιόνι				X
Ημερομηνία		X	X	
Βιολογικό προϊόν				
Συστατικά	X			
Κατάστημα πώλησης προϊόντος		X		
Σχετικά προϊόντα			X	

Πίνακας 4: Παράδειγμα πίνακα περιβάλλουσας κατάστασης-κατάστασης/σενάριο-προσαρμοστικής υπηρεσίας

Βήμα 11: Σε αυτό το βήμα εξετάζεται κατά πόσο είναι εφικτή η συλλογή κάθε μεταβλητής της περιβάλλουσας κατάστασης, καθώς και το κόστος και ο βαθμός της αυτοματοποίησης αυτής της συλλογής. Για παράδειγμα προκειμένου να αναπαρασταθεί η κατάσταση 3 του βήματος 5 με μεταβλητές της περιβάλλουσας κατάστασης, απαιτείται η γνώση της τρέχουσας θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με αισθητήρες θερμοκρασίας ενσωματωμένους στην συσκευή, ή εναλλακτικά η συσκευή μπορεί να συλλέγει αυτήν την πληροφορία από αισθητήρες που βρίσκονται στην εγγύτητά της. Οι ειδικοί της τεχνολογίας, ωστόσο, μπορεί να προτείνουν πως μια συσκευή που είναι εφοδιασμένη με GPS, μπορεί να διαβιβάζει τις τρέχουσες συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) σε έναν εξυπηρέτη εφαρμογών και ο εξυπηρέτης μπορεί να ερωτά μία υπηρεσία παροχής μετεωρολογικών πληροφοριών (π.χ. [94]) προκειμένου να ανακτήσει τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες στην περιοχή του χρήστη. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ενσωματωθεί και στην υλοποίηση της προσαρμοστικής υπηρεσίας, δηλ. ο χρήστης παρέχει την τρέχουσα θέση του στην προσαρμοστική υπηρεσία αναζήτησης βιολογικών προϊόντων και αυτή επικοινωνεί με την υπηρεσία παροχής μετεωρολογικών πληροφοριών για να ανακτήσει τη θερμοκρασία. Ο περιορισμός των βημάτων επικοινωνίας μεταξύ συσκευής χρήστη και τρίτων υπηρεσιών βοηθά στην ταχύτερη διεκπεραίωση της υπηρεσίας και τον περιορισμό του κόστους.

Βήμα 12: Σε αυτό το βήμα οι ειδικοί της τεχνολογίας, οι προγραμματιστές και αναλυτές εφαρμογών και οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης θα πρέπει να εξετάσουν εκ νέου τους κρίσιμους παράγοντες προκειμένου να εξετάσουν τα προσωπικά ή ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα και να καθορίσουν κατά πόσο η χρήση τους είναι απαραίτητη για την υλοποίηση των προσαρμοστικών υπηρεσιών και κατά πόσο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για την εφαρμογή. Στο συγκεκριμένο

παράδειγμα δεν απαιτούνται προσωπικά ή ευαίσθητα δεδομένα πέραν της ταυτότητας και της θέσης του χρήστη και των οποίων η χρήση θα πρέπει να γίνεται κατόπιν σχετικής συναίνεσης του χρήστη. Για την ταυτότητά του συναινεί από τη στιγμή που έχει γραφεί συνδρομητής σε μια τέτοια εφαρμογή συμπληρώνοντας τα ελάχιστα απαραίτητα στοιχεία της ταυτότητάς του. Αναφορικά με τη θέση του θα πρέπει να του ζητηθεί η σύμφωνη γνώμη του κατά τη διαδικασία της εγγραφής. Εναλλακτικά θα μπορούσε να εξεταστεί ο αποκλεισμός πληροφοριών που απαιτούν τη θέση του χρήστη, για χρήστες που αρνούνται να δώσουν τη σχετική συγκατάθεση. Δεδομένου όμως, έπειτα από τις σχετικές μελέτες που έγιναν, η θέση του χρήστη είναι πληροφορία που οι χρήστες γνωρίζουν πως ούτως ή άλλως είναι γνωστή από το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και δεν είναι απρόθυμοι στο να χρησιμοποιηθεί, δεν εξετάζονται σενάρια αποκλεισμού πληροφοριών που σχετίζονται με τη θέση του χρήστη. Απαιτείται ωστόσο στη φόρμα εγγραφής του χρήστη να αναγράφεται εμφανώς η δέσμευση της εφαρμογής να χρησιμοποιήσει τις οποιεσδήποτε προσωπικές πληροφορίες αποκλειστικά για λογαριασμό της και να μην τις χρησιμοποιήσει για άλλους σκοπούς ή να τις αποκαλύψει σε τρίτα μέρη.

Βήμα 13: Σε αυτό το βήμα εξετάζεται λεπτομερώς ο Πίνακας 4 και εκτελείται μια επανάληψη όλων των προηγούμενων βημάτων της μεθοδολογίας, προκειμένου να προσδιοριστούν καινοτόμες υπηρεσίες οι οποίες θα δώσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην εφαρμογή και θα ενδυναμώσουν την αφοσίωση του χρήστη σε αυτή. Για παράδειγμα, στην κατάσταση 6, *“ο χρήστης εκτελεί τη λειτουργία Α ενώ αυτός βρίσκεται σε ένα εμπορικό κέντρο”*, η προστιθέμενη αξία θα είναι *“η παρουσίαση στους χρήστες μόνο των καταστημάτων του συγκεκριμένου εμπορικού κέντρου”*. Αυτή η υπηρεσία θα μπορούσε να επαυξηθεί με συγκεκριμένη λειτουργικότητα, για παράδειγμα να εμφανίσει ειδικές προσφορές από τα

καταστήματα του ίδιου εμπορικού κέντρου ή/και να προτείνει επιπρόσθετα γειτονικά καταστήματα τα οποία διαθέτουν το συγκεκριμένο προϊόν σε μια σημαντικά χαμηλότερη τιμή.

Βήμα 14: Στη συνέχεια, η ανάλυση της περιβάλλουσας πληροφορίας που πραγματοποιήθηκε στα προηγούμενα βήματα, ενσωματώνεται στα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της UML που παράχθηκαν στο βήμα 4, προκειμένου να δημιουργηθούν οι περιπτώσεις χρήσης με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Ειδικότερα, θα ενσωματωθεί i) ένα τμήμα/παράγραφος όπου θα φαίνονται οι κρίσιμοι παράγοντες και τα χαρακτηριστικά τους για όλα τα σενάρια/καταστάσεις και ii) ένα τμήμα/παράγραφος όπου για κάθε σενάριο/κατάσταση θα φαίνονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μια λεκτική περιγραφή της κατάστασης
- Οι αντίστοιχοι κρίσιμοι παράγοντες
- Οι αντίστοιχες προσαρμοστικές/επαυξημένες υπηρεσίες.

Ένα παράδειγμα περίπτωσης χρήσης με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης φαίνεται στο Σχήμα 23.

Όταν ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία θα έχουν καταγραφεί όλες οι οντότητες του πραγματικού κόσμου που είναι σχετικές με κάθε λειτουργία και τα χαρακτηριστικά τους. Μέσα από τη διαδικασία μοντελοποίησης που περιγράφηκε στην ενότητα 5.6 (Τα Διαγράμματα Κλάσεων UML με Επίγνωση Περιβάλλουσας Κατάστασης), θα προσδιοριστούν οι οντότητες λογισμικού και τα χαρακτηριστικά τους (ορισμός 3 της παραγράφου 5.3.2). Το ζεύγος (χαρακτηριστικό, τιμή) για όλα τα χαρακτηριστικά μιας οντότητας, αποτελεί ουσιαστικά την περιβάλλουσα πληροφορίας $S_i(T)$ της λειτουργίας Λ (ορισμός 4 της παραγράφου 5.3.2). Η περιβάλλουσα κατάσταση της λειτουργίας Λ είναι η ένωση όλων των καταστάσεων

Λειτουργία Λ: Ο χρήστης αναζητά ένα συγκεκριμένο βιολογικό προϊόν	
Αρχική υπηρεσία: Εμφάνιση λίστας καταστημάτων που προσφέρουν το συγκεκριμένο προϊόν συμπεριλαμβάνοντας και την τιμή	
<u>ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ</u>	
ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ (ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)	
<i>Κρίσιμος παράγων:</i> Χρήστης	
<i>Χαρακτηριστικά:</i> ταυτότητα, όνομα, ...	
<i>Κρίσιμος παράγων:</i> Συσκευή	
<i>Χαρακτηριστικά:</i> κανάλι, μέγεθος οθόνης, μνήμη	
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ-ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	
Κατάσταση 1	
<i>Περιγραφή:</i>	Ο χρήστης, ο οποίος χρησιμοποιεί μία συγκεκριμένη συσκευή πρόσβασης, εκτελεί τη λειτουργία Λ (αναζητά ένα συγκεκριμένο βιολογικό προϊόν)
<i>Κρίσιμοι παράγοντες:</i>	Χρήστης, Συσκευή, Βιολογικό προϊόν
<i>Προσαρμοστικές υπηρεσίες:</i>	Εμφάνιση των συστατικών του προϊόντος. Χρήση λιγότερων ή/και μικρότερων εικόνων
Κατάσταση 2	
<i>Περιγραφή:</i>	(Ενώ ο χρήστης) βρίσκεται σε κίνηση (π.χ. βαδίζει, οδηγεί), εκτελεί τη λειτουργία Λ
<i>Κρίσιμοι παράγοντες:</i>	Κατάσταση χρήστη
<i>Προσαρμοστικές υπηρεσίες:</i>	Η πληροφορία για το προϊόν δίνεται με ηχητικό τρόπο

Σχήμα 23: Απόσπασμα ενοτήτων που επεκτείνουν τις αρχικές περιπτώσεις χρήσης με ενσωμάτωση περιβάλλουσας κατάστασης

των εμπλεκόμενων οντοτήτων, ή πιο τυπικά, $C(T) = \cup_k S_k(t)$. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας μοντελοποίησης θα αποτυπωθεί στα διαγράμματα κλάσεων UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, όπως περιγράφηκε στην ενότητα 5.6.

Σε αυτή τη φάση μπορεί να αρχίσει η υλοποίηση του συστήματος, το οποίο θα περιλαμβάνει εκτός της βασικής εφαρμογής και ένα υποσύστημα που θα διαχειριστεί την περιβάλλουσα πληροφορία και θα τη διανείμει (*Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας - Context Manager*), καθώς και ένα υποσύστημα το οποίο θα προσαρμόσει την κύρια εφαρμογή στις μεταβολές της περιβάλλουσας πληροφορίας (*Διαχειριστής Προσαρμογής - Adaptation Manager*). Την αρχιτεκτονική αυτών των υποσυστημάτων την περιγράφουμε σαν βοηθητικά εργαλεία στα κεφάλαια 6 και 7 αντίστοιχα, της παρούσας διατριβής.

Βήμα 15: Στην μετά την εγκατάσταση φάση του συστήματος, οι ειδικοί της εμπορικής προώθησης θα συλλέξουν τις πληροφορίες που καθορίστηκαν στο βήμα 2 της μεθοδολογίας, προκειμένου να αποτιμήσουν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής και να αποφανθούν κατά πόσο απαιτείται η επανεκτέλεση συγκεκριμένων βημάτων της μεθοδολογίας για τροποποίηση της εφαρμογής.

5.8 Σύγκριση του Προτεινόμενου Μοντέλου με Υπάρχοντα

Τα περισσότερα μοντέλα αναπαράστασης της περιβάλλουσας κατάστασης που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα προτείνουν μια βασισμένη σε οντότητες προσέγγιση για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας, με εξαίρεση τα *μοντέλα κλειδιών-τιμών* και τα *βασισμένα στη λογική μοντέλα*. Οι *βασισμένες σε οντότητες προσεγγίσεις* συμπεριλαμβάνουν τα *μοντέλα σχημάτων σημειώσεων*, τα *αντικειμενοστρεφή μοντέλα*, τα *γραφικά μοντέλα* και τα *βασισμένα σε οντολογίες μοντέλα*, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 4. Όλα αυτά τα μοντέλα τελικά αναπαριστούν τις οντότητες της περιβάλλουσας κατάστασης σαν ένα σύνολο από αλληλοσχετιζόμενες οντότητες, χρησιμοποιώντας τα αντικείμενα δεδομένων ('data artefacts') που προτείνονται από την εκάστοτε προσέγγιση και την εκάστοτε τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση. Αυτά τα μοντέλα, με εξαίρεση τα γραφικά μοντέλα, έχουν τα

πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς που υπαγορεύονται από την τεχνολογία υλοποίησης και επομένως αναπαριστούν τα ειδικά θέματα της περιβάλλουσας κατάστασης με περισσότερη ή λιγότερη επιτυχία.

Τα γραφικά μοντέλα [101] από την άλλη πλευρά, αναπαριστούν τις έννοιες της περιβάλλουσας κατάστασης σε γραφικά περιβάλλοντα κάνοντας χρήση ειδικών συμβόλων (notations). Σε αυτά τα μοντέλα, η περιβάλλουσα πληροφορία διακρίνεται σε *στατική* και σε *δυναμική*, ενώ η δυναμική πληροφορία διαχωρίζεται περαιτέρω σε *συλλεχθείσα από αισθητήρες*, *συμπερανθείσα* και *εισαχθείσα σε προφίλ (profiled)*. Ο όρος *εισαχθείσα σε προφίλ* χρησιμοποιείται για πληροφορία που έχει εισαχθεί από τον χρήστη και αλλάζει σπάνια. Σε αυτό το σημείο, στη δική μας προσέγγιση αντικαταστήσαμε τον όρο *εισαχθείσα σε προφίλ* με τον όρο *άμεσα εισαχθείσα*, προκειμένου να συμπεριλάβουμε πληροφορία που παρέχεται από το χρήστη κατά την εκτέλεση. Επιπρόσθετα, η *στατική* πληροφορία δεν είναι απαραίτητα *άμεσα εισαχθείσα* (όπως υποδηλώνεται από την απουσία υποκατηγοριών στην ταξινόμηση της περιβάλλουσας κατάστασης από την Henricksen [101]), αλλά μπορεί να είναι *συλλεχθείσα από αισθητήρες*, *συμπερανθείσα* ή *άμεσα εισαχθείσα (εισαχθείσα σε προφίλ)*. Επομένως υιοθετήσαμε την ταξινόμηση *συλλεχθείσα από αισθητήρες*, *συμπερανθείσα* και *άμεσα εισαχθείσα* για όλα τα στοιχεία της περιβάλλουσας πληροφορίας. Επιπρόσθετα, το μοντέλο που παρουσιάζει η Henricksen [101] εισάγει την έννοια των *απλών συσχετίσεων (simple associations)* για την αναπαράσταση των ιδιοτήτων των οντοτήτων και την έννοια των *σύνθετων συσχετίσεων (composite associations)* για την αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων. Οι σύνθετες συσχετίσεις διαχωρίζονται περαιτέρω σε i) *συσχετίσεις συλλογών (collection associations)*, οι οποίες χρησιμοποιούνται για συσχετίσεις οι οποίες δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες (συνδέονται με τον λογικό τελεστή «και»), ii)

εναλλακτικές συσχετίσεις (*alternative associations*), οι οποίες χρησιμοποιούνται για συσχετίσεις οι οποίες είναι αμοιβαία αποκλειόμενες (συνδέονται με τον λογικό τελεστή «ή»), όπως επίσης και για εναλλακτικές αναπαραστάσεις (*alternative representations*) της ίδιας πληροφορίας, iii) *χρονικές συσχετίσεις (temporal associations)* για την αποτύπωση των ιστορικών δεδομένων των χαρακτηριστικών της περιβάλλουσας. Τέλος, το μοντέλο αντικειμένων-ρόλων (*object-role model - ORM*) αντιστοιχίζεται στο σχεσιακό σχήμα προκειμένου να διευκολυνθεί η υλοποίηση σε συμβατικά σχεσιακά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (*Relational Data Base Management Systems - RDBMS*). Το κυριότερο μειονέκτημα αυτών των αναπαραστάσεων ωστόσο είναι πως τα γραφικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης απαιτούν εκτεταμένο χώρο (κάθε οντότητα, χαρακτηριστικό ή μετα-δεδομένο δεσμεύει χώρο στο διάγραμμα) καθώς και επιπρόσθετη εργασία για την μετατροπή του μοντέλου αντικειμένων-ρόλων σε σχεσιακό σχήμα..

Πολλές από τις πιο πρόσφατες δουλειές υιοθετούν οντολογίες για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης, όπως ο Tao Gu, et.al [222] και ο Κοριπράä [135], προκειμένου να είναι συμβατή η ανάπτυξη με τις τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού (*semantic web*), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα στο χώρο του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Η κεντρική οντότητα σε αυτά τα συστήματα είναι η θέση του χρήστη και οι καθημερινές και συνήθειες εργασίες/δραστηριότητες που αυτός εκτελεί ενώ βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη θέση. Σε αυτά τα περιβάλλοντα χρησιμοποιείται ένα περιορισμένο εύρος της περιβάλλουσας κατάστασης (συνήθως ταυτότητα χρήστη, θέση και δραστηριότητα), και μόνο η “θέση” αναλύεται περισσότερο. Επιπρόσθετα τα ‘έξυπνα περιβάλλοντα’ (*intelligent environments*) τα οποία κάνουν χρήση της περιβάλλουσας κατάστασης,

έχουν συνήθως έναν πιο ευρύ στόχο (broad target) –π.χ. “την υποβοήθηση του χρήστη για ένα μεγάλο σχετικά εύρος καθημερινών δραστηριοτήτων τις οποίες εκτελεί ενώ βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη θέση”- και όχι σε ένα εστιασμένο στόχο (focused target), -όπως στην κινητή πώληση εισιτηρίων, στις κινητές λιανικές πωλήσεις κ.λπ.

Η εργασία που παρουσιάζεται στο [135] στοχεύει σε κινητές εφαρμογές, ωστόσο οι έννοιες της περιβάλλουσας κατάστασης είναι περιορισμένες από τη στιγμή που το μεγαλύτερο τμήμα του συστήματος διαχείρισης της περιβάλλουσας κατάστασης που προτείνεται εκτελείται στη φορητή συσκευή και επομένως και οι συνιστώσες της περιβάλλουσας κατάστασης που χρησιμοποιούνται είναι περιορισμένες . Η οντολογία που περιγράφεται στο [135] χρησιμοποιεί τις έννοιες *θέση*, *χρόνος*, *χρήστης*, *συσκευή* και *περιβαλλοντικοί παράγοντες* (ήχος, φως, θερμοκρασία, υγρασία), χωρίς ωστόσο να περιγράφονται λεπτομέρειες για τις σχέσεις ή για την περιβάλλουσα κατάσταση πεδίου εφαρμογής, το οποίο είναι μεγάλης σημασίας για τις ΕΚΗΕ. Τέλος, αυτή η εργασία περιλαμβάνει ένα API υλοποιημένο στην πλατφόρμα Symbian. Το API έχει σχεδιαστεί με τη διαδικαστική (procedural) φιλοσοφία, κατά συνέπεια απαιτούνται κάποιες τροποποιήσεις προκειμένου να είναι κατάλληλο για άλλα περιβάλλοντα υλοποίησης π.χ. για αντικειμενοστρεφείς πλατφόρμες.

Το Semantic Web Architecture for Context-Awareness, που παρουσιάζεται στα [82], [83], [163], [198], [211], είναι μια σημαντική δουλειά η οποία αντιμετωπίζει θέματα που σχετίζονται με την οργάνωση της περιβάλλουσας κατάστασης και την παροχή της με τεχνολογίες ιστού. Σε αυτήν την αρχιτεκτονική, η περιβάλλουσα κατάσταση αναπαρίσταται με χρήση οντολογιών και οργανώνεται γύρω από την κεντρική έννοια του χρήστη με τη μορφή *πόρων περιβάλλουσας κατάστασης (context resources)*, τα οποία αντιστοιχούν σε υπηρεσίες ιστού (web services). Μια σημαντική

έννοια σε αυτή τη δουλειά είναι αυτή των κανόνων κλήσης υπηρεσιών (*service invocation rules*), όπου τα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας πληροφορίας αντιστοιχίζονται σε εξωτερικές υπηρεσίες. Η δουλειά η οποία παρουσιάζεται στο [82] επίσης περιλαμβάνει τις απόψεις της δυναμικής γνώσης (*dynamic knowledge*) και έχει αποτυπωθεί με κανόνες, μια σειρά από συνθήκες με τις αντίστοιχες ενέργειες.

Στην περιοχή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ο ρόλος και η σημασία της περιβάλλουσας κατάστασης έχει μελετηθεί στο [136] και έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για τη σύλληψη, την αναπαράσταση [35] και την εκμετάλλευση της στις διάφορες περιοχές του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου π.χ. κινητή διαφήμιση [146] και κινητή παροχή πληροφόρησης [43].

Η προσέγγισή μας, όμοια με τις άλλες δουλειές που συζητήθηκαν πιο πάνω, ακολουθεί τη βασισμένη σε οντότητες προσέγγιση για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης, από τη στιγμή που μέσα από μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να οριστεί η περιβάλλουσα πληροφορία εστιάζοντας στην κατάσταση των οντοτήτων που συνθέτουν την περιβάλλουσα κατάσταση. Έτσι μειώνεται η συνολική πολυπλοκότητα της περιβάλλουσας κατάστασης στο επίπεδο της περιβάλλουσας πληροφορίας των οντοτήτων που τη συνθέτουν.

Η προσέγγιση που προτείνουμε επεκτείνει τις προαναφερόμενες δουλειές στα ακόλουθα σημεία:

- i. Παρέχει μια θεωρητική θεμελίωση της περιβάλλουσας κατάστασης, της περιβάλλουσας πληροφορίας και της σχέσης μεταξύ τους, στην περιοχή των εφαρμογών του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.
- ii. Παρέχει μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας για τις ΕΚΗΕ, μέσα από μια σειρά από βήματα τα οποία οδηγούν από την ευρεία έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης της

λειτουργίας σε συγκεκριμένα στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτά τα στοιχεία είναι ουσιαστικά τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου τα οποία είναι σχετικά με την περιβάλλουσα κατάσταση μιας λειτουργίας. Επιπρόσθετα, η συσχέτιση «τμήμα του», σε μια αναπαράσταση οντοτήτων του πραγματικού κόσμου (π.χ. FIPA ontology [79]), μπορεί να αξιοποιηθεί για την περαιτέρω αποσύνθεση των οντοτήτων και τη μείωση της πολυπλοκότητας, από τη στιγμή που η ανάλυση της περιβάλλουσας κατάστασης εκτελείται σε “απλούστερες” οντότητες και τα αποτελέσματα συντίθενται προκειμένου να ανακτηθεί η συνολική περιβάλλουσα κατάσταση που απαιτείται.

- iii. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την παροχή όψεων της περιβάλλουσας κατάστασης οι οποίες είναι απαραίτητες στην περιοχή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου όπως η εμπορική αξία, οι επιχειρηματικές ευκαιρίες, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, κ.λπ.
- iv. Εισάγει ένα διαγραμματικό εργαλείο για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτό το εργαλείο επεκτείνει με συνέπεια τα διαγράμματα UML, τα οποία είναι ευρέως αποδεκτά και κατάλληλα για χρήση σε μια αντικειμενοστρεφή προσέγγιση για τη σύλληψη της περιβάλλουσας πληροφορίας ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει την ανάπτυξη με αντικειμενοστρεφείς τεχνολογίες. Επιπρόσθετα αυτά τα εργαλεία –σε αντίθεση με τα γραφικά μοντέλα- δεν απαιτούν εκτεταμένο χώρο για την απεικόνιση της περιβάλλουσας πληροφορίας και επομένως είναι κατάλληλα για εφαρμογές με μεγάλο αριθμό στοιχείων περιβάλλουσας πληροφορίας.

- v. Η μεθοδολογία σύλληψης της περιβάλλουσας πληροφορίας δεν απαιτεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία για την υλοποίηση (π.χ. υπηρεσίες ιστού ή διαδικαστικά μοντέλα προγραμματισμού), δίνοντας έτσι μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας σε αυτούς που θα την υλοποιήσουν ώστε να μπορούν να επιλέξουν τα πλέον κατάλληλα μέσα για την υλοποίηση των υπηρεσιών.

Ο Πίνακας 5 ομαδοποιεί τις διαφορές και τις επικαλύψεις ανάμεσα στις υπάρχουσες προσεγγίσεις και στην προτεινόμενη μεθοδολογία για την ανίχνευση, τον προσδιορισμό και την αναπαράσταση της περιβάλλουσας πληροφορίας.

<i>Μεθοδολογία προσδιορισμού & ορισμού περιβάλλουσας κατάστασης (Π.Κ.)</i>	<i>Προτεινόμενη προσέγγιση</i>	<i>Προσέγγιση γραφικών μοντέλων (π.χ. [101])</i>	<i>Οντολογικές αναπαραστάσεις ([222],[135])</i>	<i>Αρχιτεκτονική σημασιολογικού ιστού για επίγνωση περιβάλλουσας κατάστασης ([82],[83],[163],[198],[211])</i>
<i>Περιλαμβάνει θεωρητικό υπόβαθρο για την Π.Κ.;</i>	Ναι	Όχι, υιοθετεί τον ορισμό του Dey.	Όχι	Όχι
<i>Παρέχει μεθοδολογία προσδιορισμού & ορισμού Π.Κ.;</i>	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι. Στοχεύει κυρίως στην προσαρμογή υπηρεσιών και όχι στον προσδιορισμό και την αναπαράσταση της Π.Π..
<i>Παρέχει μεθοδολογία για ανάδειξη απόψεων της Π.Κ. που σχετίζονται με το ηλεκτρονικό εμπόριο;</i>	Ναι	Όχι	Όχι. Είναι διαθέσιμες λίγες οντολογίες για συγκεκριμένες εφαρμογές.	Όχι. Στοχεύει κυρίως στην προσαρμογή υπηρεσιών και όχι στον προσδιορισμό και την αναπαράσταση της Π.Π..
<i>Παρέχει διαγραμματική αναπαράσταση της Π.Κ.;</i>	Ναι	Ναι	Μπορεί να γίνει μέσω οπτικοποιήσεων οντολογιών ([127]), αλλά με γενικό τρόπο που δεν είναι προσαρμοσμένος στις ανάγκες της Π.Κ.	Μπορεί να γίνει μέσω οπτικοποιήσεων οντολογιών ([127]), αλλά με γενικό τρόπο που δεν είναι προσαρμοσμένος στις ανάγκες της Π.Κ.
<i>Καταλληλότητα διαγραμματικής αναπαράστασης για μεγάλο εύρος παραγόντων Π.Κ.</i>	Ναι	Περιορισμένη, λόγω αυξημένων απαιτήσεων χώρου.	Εξαρτάται από την οπτικοποίηση οντολογίας και την ικανότητά της να κλιμακώνεται ώστε να παρουσιάζει αποτελεσματικά μεγάλες οντολογίες ([127]).	Εξαρτάται από την οπτικοποίηση οντολογίας και την ικανότητά της να κλιμακώνεται ώστε να παρουσιάζει αποτελεσματικά μεγάλες οντολογίες ([127]).
<i>Αναπαράσταση της Π.Κ. με τρόπο ανεξάρτητο υλοποίησης</i>	Ναι, η Π.Κ. αναπαρίσταται με διαγράμματα UML	Στοχευμένο στο ORM και σε υλοποίηση σε σχεσιακές βάσεις.	Κυρίως στοχεύει σε διαδικαστικά περιβάλλοντα	Κυρίως στοχεύει στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική.
<i>Αναπαράσταση της Π.Κ. με τρόπο κατάλληλο για χρήση από αντικειμενοστρεφείς τεχνολογίες;</i>	Ναι, η Π.Κ. αναπαρίσταται με διαγράμματα UML	Μερικώς, λόγω της στόχευσης σε σχεσιακές βάσεις.	Οι οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αντικειμενοστρεφείς τεχνολογίες, ωστόσο η προσέγγιση στοχεύει κυρίως σε διαδικαστικά περιβάλλοντα.	Οι οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αντικειμενοστρεφείς τεχνολογίες..

Πίνακας 5: Διαφορές και επικαλύψεις μεταξύ υπάρχουσών προσεγγίσεων και της προτεινόμενης μεθοδολογίας

5.9 Συμπεράσματα

Η εκμετάλλευση της περιβάλλουσας κατάστασης μέσα στην οποία λειτουργούν οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου αποτελεί κλειδί για την επιτυχή λειτουργία τους, όμως καθιστά πιο πολύπλοκη την διαδικασία ανάπτυξης αυτών των εφαρμογών. Προκειμένου να τυποποιηθεί και να διευκολυνθεί η διαδικασία ανάπτυξης αυτών των εφαρμογών, είναι απαραίτητο να προωθηθεί μια κοινή αντίληψη των εννοιών που σχετίζονται με την περιβάλλουσα κατάσταση και ειδικότερα θα πρέπει να απαντηθούν ερωτήσεις όπως *“ποιές παράμετροι της περιβάλλουσας κατάστασης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για το προς ανάπτυξη σύστημα;”*, *“ποιοί αισθητήρες και αλγόριθμοι συλλογιστικής απαιτούνται;”*, *“ποιά περιβάλλουσα κατάσταση θα πυροδοτήσει την εκτέλεση ποιών υπηρεσιών;”* και *“πώς θα γίνει η προσαρμογή των υπηρεσιών σύμφωνα με την περιβάλλουσα κατάσταση;”*.

Σε αυτό το κεφάλαιο και προκειμένου να διευκολύνουμε την ανάπτυξη των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ, παρουσιάσαμε ένα τυποποιημένο πλαίσιο για την αναπαράσταση των θεμάτων που άπτονται της περιβάλλουσας κατάστασης, την εισαγωγή μιας μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό των παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης και μια επέκταση των διαγραμμάτων UML τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για την καταγραφή των απαιτήσεων που υπαγορεύει η χρήση της περιβάλλουσας κατάστασης. Η πρότασή μας προσφέρει υψηλό βαθμό εκμετάλλευσης της περιβάλλουσας πληροφορίας και επομένως διευκολύνει την ανάπτυξη καινοτόμων υπηρεσιών θα οποία θα προσθέσουν εμπορική αξία και θα προσφέρουν μεγαλύτερη χρηστικότητα στην εφαρμογή. Η σαφής καταγραφή των παραμέτρων που σχετίζονται με την περιβάλλουσα κατάσταση, όπως των υπηρεσιών αίσθησης περιβάλλουσας κατάστασης, των μεθόδων συναγωγής και των δομών αναπαράστασης, μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη επαναχρησιμοποίηση για

αυτές τις συνιστώσες, από διαφορετικά έργα ανάπτυξης με παρόμοια στοιχεία ανάπτυξης (development artifacts). Τέλος η απόδοση των μετα-πληροφοριών στις τιμές που συνιστούν την περιβάλλουσα πληροφορία θα αυξήσει την αξία τους, εφόσον οι εφαρμογές θα έχουν μεγαλύτερη γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των στοιχείων της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η τυποποίηση των μετα-πληροφοριών μπορεί να επιτρέψει σε πολλούς παρόχους να προσφέρουν την ζητούμενη περιβάλλουσα πληροφορία και κατά συνέπεια να μειωθεί το κόστος ανάπτυξης και χρήσης των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ καθώς και οι αντίστοιχοι χρόνοι υλοποίησης.

Στη δημοσίευση *“The Conceptual Model of Context for Mobile Commerce Applications”* και στη δημοσίευση *“Context Management for m-Commerce Applications: Determinants, Methodology and the Role of Marketing”*, που αναφέρουμε στη σελίδα 10, έχουν παρουσιαστεί τα θέματα που πραγματευόμαστε σε αυτό το κεφάλαιο, δηλαδή οι ορισμοί της περιβάλλουσας κατάστασης και της περιβάλλουσας πληροφορίας, τα επεκταμένα διαγράμματα UML για την αναπαράστασή της, η μεθοδολογία προσδιορισμού της περιβάλλουσας πληροφορίας καθώς και ένα παράδειγμα για την πληρέστερη κατανόηση της εφαρμογής της. Επίσης στη δεύτερη δημοσίευση συζητείται η δυνατότητα χρήσης των παραπάνω προτεινόμενων εργαλείων από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Η Αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Περιβάλλουσας

Πληροφορίας

6.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία του σχεδιασμού του υποσυστήματος το οποίο θα διαχειρίζεται και θα αξιοποιεί την περιβάλλουσα πληροφορία, είναι μια διαδικασία κοινή για όλες ΕΚΗΕ-ΕΠΚ. Παρά το γεγονός ότι η περιβάλλουσα κατάσταση που διαχειρίζεται καθεμιά ΕΚΗΕ-ΕΠΚ μπορεί να είναι εντελώς διαφορετική, μια καλά ορισμένη αρχιτεκτονική λογισμικού με τυποποιημένες τις διεπαφές (interfaces) μεταξύ των συνιστωσών λογισμικού (components) που διαχειρίζονται την περιβάλλουσα κατάσταση και προς τους εξυπηρετούμενους που θα την καταναλώσουν και επιπρόσθετα με δυνατότητες επέκτασης σε όρους α) των παραγόντων της περιβάλλουσας πληροφορίας που μπορεί να διαχειριστεί, και β) των μεθόδων που διαθέτει για τη σύλληψη της περιβάλλουσας πληροφορίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πράξη για να υποστηρίξει τις απαιτήσεις για διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας σε κάθε ΕΚΗΕ-ΕΠΚ. Μια τέτοια τυποποιημένη αρχιτεκτονική θα είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που θα επιταχύνει την ανάπτυξη των εφαρμογών με ΕΠΚ [100] και θα ελαχιστοποιήσει τις πιθανότητες λαθών και παραλείψεων. Επιπρόσθετα θα αυξήσει τις πιθανότητες επαναχρησιμοποίησης των διάφορων συνιστωσών λογισμικού, από τη στιγμή που οι συνιστώσες λογισμικού της περιβάλλουσας πληροφορίας που θα έχουν αναπτυχθεί για κάποια εφαρμογή θα μπορούν να ενσωματωθούν σε άλλες εφαρμογές με μικρές ή καθόλου αλλαγές.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα σκιαγραφήσουμε την αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής ηλεκτρονικού εμπορίου που αντιλαμβάνεται και χρησιμοποιεί την περιβάλλουσα πληροφορία. Θα παρουσιάσουμε αναλυτικότερα τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)*, δηλαδή τη συνιστώσα εκείνη του λογισμικού που συλλαμβάνει, επεξεργάζεται και διανέμει την περιβάλλουσα πληροφορία. Θα συζητήσουμε θέματα υλοποίησης της αρχιτεκτονικής για τις διάφορες κατηγορίες εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και θα κάνουμε σύγκριση με παρόμοιες προτάσεις. Επίσης θα αποτιμήσουμε την καταλληλότητα της αρχιτεκτονικής για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

6.2 Απαιτήσεις και Γενική Αρχιτεκτονική

Η διεθνής εμπειρία και η αποτύπωση της σύγχρονης έρευνας [51], [142], [259], στους χώρους της διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής, υπαγορεύουν πως ένα υποσύστημα διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα:

- Να *Συλλαμβάνει (Capture)* την περιβάλλουσα πληροφορία από τις διάφορες πηγές της, οι οποίες είναι οι φυσικοί αισθητήρες, οι λογικοί αισθητήρες και οι χρήστες. Αυτή η δυνατότητα συμπεριλαμβάνει και την “ανακάλυψη” (discovery) των πηγών της περιβάλλουσας πληροφορίας που βρίσκονται στην εγγύτητα της συνιστώσας λογισμικού που θα καταναλώσει την περιβάλλουσα πληροφορία.
- Να *Αποθηκεύει (Store)* την περιβάλλουσα πληροφορία ή κάποιο τμήμα της για μεταγενέστερη εκμετάλλευση της.
- Να *Διερμηνεύει (Interpret)* την περιβάλλουσα πληροφορία σε ένα “υψηλότερο” επίπεδο, ώστε να έχει περισσότερο νόημα και χρησιμότητα για

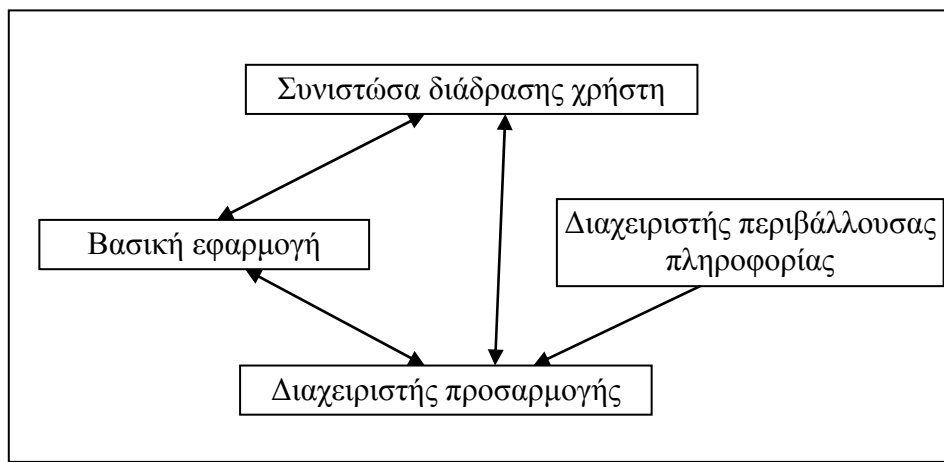
την εφαρμογή που θα την αξιοποιήσει. Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την μετάφραση του ζεύγους (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος) σε μια αναπαράσταση της μορφής “σπίτι”, “γραφείο” ή “εμπορικό κέντρο”.

- Να *Μεταφέρει (Transit)* την περιβάλλουσα πληροφορία στην εφαρμογή που θα τη χρησιμοποιήσει. Η μεταφορά θα πρέπει να υποστηρίζει δύο τύπους: α) με την πρωτοβουλία να λαμβάνεται από την εφαρμογή που θα χρησιμοποιήσει την περιβάλλουσα πληροφορία [μοντέλο αίτησης-απόκρισης (request/response) ή άντλησης (pull)], ή β) με την πρωτοβουλία να λαμβάνεται από το υποσύστημα διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας [μοντέλο δημοσιοποίησης-συνδρομής (publish/subscribe) ή προώθησης (push)], από τη στιγμή που και οι δύο τρόποι θεωρούνται χρήσιμοι στις ΕΚΗΕ-ΕΠΚ [38].
- Να *Προσαρμόζει (Adapt)* τη συμπεριφορά της εφαρμογής σύμφωνα με την περιβάλλουσα πληροφορία.

Με γνώμονα την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, η προτεινόμενη αρχιτεκτονική μιας ΕΚΗΕ-ΕΠΚ αποτυπώνεται στο Σχήμα 24 και αποτελείται από τα εξής δομικά μέρη:

- Τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)*, ο οποίος συλλέγει, μετασχηματίζει, αποθηκεύει και διανέμει την περιβάλλουσα πληροφορία.
- Τη *Βασική Εφαρμογή (Core Application)*, η οποία διαχειρίζεται την επιχειρηματική λογική (business logic) της εφαρμογής και η οποία είναι ανεπηρέαστη από τις μεταβολές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

- Τον *Διαχειριστή Προσαρμογής (Adaptation Manager)*, ο οποίος χρησιμοποιεί την περιβάλλουσα πληροφορία προκειμένου να διεκπεραιώσει τη διαδικασία της προσαρμογής των υπηρεσιών που παρέχει η Βασική Εφαρμογή (Core Application).
- Την *Ενότητα Διεπαφής Χρήστη (User Interaction Module)* η οποία εμφανίζει τις προσαρμοσμένες υπηρεσίες στον τελικό χρήστη .



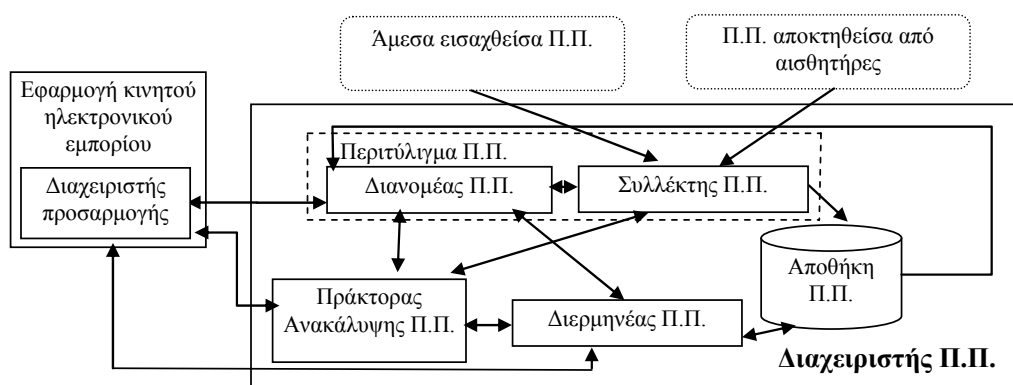
Σχήμα 24: Η αρχιτεκτονική μιας ΕΚΗΕ-ΕΠΚ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις λειτουργίες και τα συστατικά μέρη του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)*. Στο επόμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 7) θα αναλύσουμε τα υπόλοιπα συστατικά μέρη της αρχιτεκτονικής.

6.3 Ο Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Ο *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)* είναι η συνιστώσα εκείνη της εφαρμογής η οποία είναι υπεύθυνη: i) για τη *συλλογή (gathering)*, της περιβάλλουσας πληροφορίας από τις διάφορες “πηγές” του περιβάλλοντος της εφαρμογής, ii) για τη *διερμηνεία της (interpretation)*, σε ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, iii) για την *αποθήκευσή της (storing)*, για μεταγενέστερη χρήση, iv) για τη

διανομή της (*distribution*), στο τμήμα της εφαρμογής που θα πραγματοποιήσει την προσαρμογή (*adaptation*), και ν) για την ανακάλυψη (*discovery*), της περιβάλλουσας πληροφορίας που δύναται να παρέχει στα ενδιαφερόμενα μέρη, δηλαδή στους Διαχειριστές Προσαρμογής των διαφόρων εφαρμογών, οι οποίοι θα χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες του συγκεκριμένου Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας προκειμένου να επιτύχουν την προσαρμογή (*adaptation*) της εκάστοτε βασικής εφαρμογής.



Σχήμα 25: Ο Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Κατά αντιστοίχιση με τις παραπάνω λειτουργίες, τα λειτουργικά τμήματα που συνθέτουν το *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Manager)* (Σχήμα 25), είναι τα ακόλουθα:

- Ο *Συλλέκτης Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Gatherer)*
- Ο *Διερμηνέας Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Interpreter)*
- Η *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Storage)*
- Ο *Διανομέας Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Distributor)*
- Ο *Πράκτορας Ανακάλυψης Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Discovery Agency)*

Στη συνέχεια προχωρούμε στην περιγραφή καθενός από τα λειτουργικά τμήματα που απαρτίζουν τον Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας, όπως επίσης και των

αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιμέρους λειτουργικών τμημάτων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας και του Διαχειριστή Προσαρμογής.

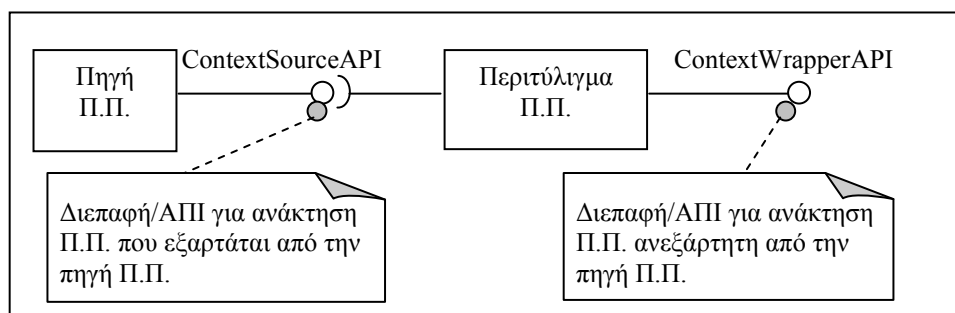
6.3.1 Τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας: Η συλλογή και η διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας

Ο *Συλλέκτης Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Gatherer)* είναι το υποσύστημα εκείνο το οποίο είναι υπεύθυνο για τη συλλογή της περιβάλλουσας πληροφορίας από τις διάφορες πηγές. Η συλλογή της περιβάλλουσας πληροφορίας μπορεί να γίνει είτε από *φυσικούς αισθητήρες* (π.χ. αισθητήρες θέσης όπως το GPS, αισθητήρες ταυτοποίησης όπως έξυπνες κάρτες (smartcards) ή αναγνώστες δακτυλικών αποτυπωμάτων (fingerprint readers), αισθητήρες κίνησης, κ.λπ.) [86], είτε από *λογικούς αισθητήρες* (π.χ. APIs του λειτουργικού συστήματος μιας συσκευής που δίνουν πληροφορίες για την επεξεργαστική ισχύ, τα διαθέσιμα στοιχεία υλικού, το αποθηκευτικό σύστημα της συσκευής, το εγκατεστημένο λογισμικό, τον χρόνο, κ.λπ.). Στους λογικούς αισθητήρες θα πρέπει να συμπεριληφθούν και οι ρουτίνες εκείνες που αντλούν πληροφορίες από τη βάση δεδομένων της βασικής εφαρμογής και σχετίζονται εννοιολογικά με την εκάστοτε εφαρμογή (π.χ. ποιός είναι ο συνδεδεμένος χρήστης, ποιά είναι η καταγεγραμμένη συμπεριφορά του μέχρι τώρα, κ.ο.κ.). Επίσης, μία ακόμη πηγή περιβάλλουσας πληροφορίας είναι ο *χρήστης*, ο οποίος παρέχει την *άμεσα εισαγόμενη περιβάλλουσα πληροφορία* (π.χ. πληροφορία που παρέχεται απευθείας από το χρήστη, όπως το φύλο του, η ημερομηνία γέννησης, κ.λπ. - κάποιες από αυτές τις πληροφορίες αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων της κύριας εφαρμογής και ανακτώνται από εκεί). Ανάλογα με τον τρόπο που συλλέγεται η περιβάλλουσα πληροφορία (φυσικοί αισθητήρες, λογικοί αισθητήρες, ή χρήστες) θα πρέπει να σχεδιαστούν και οι μηχανισμοί για τη σύλληψή της.

Οι φυσικοί αισθητήρες (*physical sensors*) αντιδρώντας σε κάποια διέγερση του περιβάλλοντος παράγουν συνήθως αριθμητικές εξόδους (*numerical outputs*), οι οποίες μπορούν να συλλεγούν χρησιμοποιώντας χαμηλού επιπέδου πρωτόκολλα εξειδικευμένα για κάθε συγκεκριμένη συσκευή (*device-specific protocols*). Οι λογικοί αισθητήρες υλοποιούνται μέσω APIs λογισμικού, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα ενδιαφερόμενα μέρη προκειμένου να ανακτήσουν την επιθυμητή περιβάλλουσα πληροφορία. Οι λογικοί αισθητήρες (*logical sensors*) μπορούν να διαβάσουν τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας από ένα και μόνο φυσικό αισθητήρα ή να συνδυάσουν τιμές από πολλούς φυσικούς αισθητήρες [108]. Η περιβάλλουσα πληροφορία είναι διαθέσιμη από τους λογικούς αισθητήρες είτε μέσα από μια διαδικασία περιοδικής παρακολούθησης (*polling*) ή είναι διαθέσιμη μέσω ενός μηχανισμού ειδοποίησης –*notification mechanism*– (π.χ. μια API του λειτουργικού συστήματος παρέχει ειδοποιήσεις όταν προστεθεί νέος αποθηκευτικός χώρος). Τέλος, οι αισθητήρες παροχής πληροφοριών για τον χρήστη (*user information sensors*), - δηλαδή οι αισθητήρες που παρέχουν την περιβάλλουσα πληροφορία που αναφέρεται στο χρήστη (π.χ. η ηλικία ή οι προτιμήσεις του)- δεν ανακτούν αυτήν την πληροφορία από μηχανισμούς αίσθησης (*sensing mechanisms*), αλλά είτε από γραφικές διεπαφές (*graphical interfaces*), είτε μέσα από διαδικασίες ολοκλήρωσης της πληροφορίας (*information integration procedures*), -για παράδειγμα έπειτα από τη συντακτική ανάλυση και την επεξεργασία ενός αρχείου XML, την ανάκτηση της πληροφορίας από έξυπνες κάρτες, κ.λπ.

Η ενσωμάτωση των δεδομένων των αισθητήρων στις εφαρμογές απαιτεί πολλές φορές χαμηλού επιπέδου κωδικοποίηση και συχνά οδηγεί σε εφαρμογές με ισχυρή σύζευξη (*tightly coupled applications*) και με περιορισμένη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης (*reusability*) [51]. Για τον λόγο αυτό και προκειμένου να

αποσυνδέσουμε τις εφαρμογές από την διαδικασία “αίσθησης”, υιοθετούμε την προσέγγιση των περιτυλιγμάτων περιβάλλουσας πληροφορίας (*context wrappers*), εισάγουμε δηλαδή μια συνιστώσα λογισμικού η οποία αναλαμβάνει την ευθύνη να διαβάσει την περιβάλλουσα πληροφορία από την πηγή της, αποκρύπτοντας τις ιδιομορφίες και ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης πηγής της περιβάλλουσας πληροφορίας και καθιστώντας την περιβάλλουσα πληροφορία διαθέσιμη για εκμετάλλευση μέσα από μια τυποποιημένη διεπαφή (*interface*), κοινή για όλα τα είδη της περιβάλλουσας πληροφορίας. Στο Σχήμα 26 παρουσιάζουμε την ιδέα του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας (*context wrapper*) μέσω ενός διαγράμματος UML. Φυσικά τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας θα περιλαμβάνουν και κώδικα ο οποίος εξαρτάται από την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας και επομένως για κάθε διαφορετική πηγή περιβάλλουσας πληροφορίας απαιτείται και ένα διαφορετικό περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας. Ωστόσο η χρήση του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας παρέχει την δυνατότητα της διαχείρισης νέων πηγών περιβάλλουσας πληροφορίας ή της αντικατάστασης ή της μεταβολής των υπάρχουσών, με τη δημιουργία ενός νέου περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας ή με την μετατροπή ενός υπαρκτού, αφήνοντας ανέπαφη την υπόλοιπη ΕΚΗΕ-ΕΠΚ και το υποσύστημα διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας.



Σχήμα 26: Ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας

Ως τμήμα της εσωτερικής τους λειτουργίας, τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας μπορούν να κρατούν/εναποθηκεύουν στην τοπική μνήμη τους (*cache*), την τελευταία αποκτηθείσα τιμή από τον αισθητήρα που διαχειρίζονται, προκειμένου να επιταχύνουν της επεξεργασία των αιτημάτων που δέχονται για περιβάλλουσα πληροφορία.

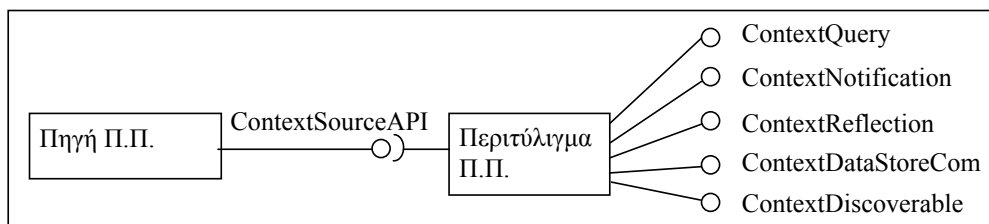
Σχετικά με τη συνεργασία τους με άλλες συνιστώσες λογισμικού, τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας θα παρέχουν την ακόλουθη λειτουργικότητα:

1. Θα επιτρέπουν σε εξωτερικές οντότητες (π.χ. στους διαχειριστές προσαρμογής των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ) να ανακτούν (*retrieve*) τις τιμές που παράγει η πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας που διαχειρίζονται, υλοποιώντας έτσι το μοντέλο άντλησης (*pull*). Σαν απάντηση σε ένα τέτοιο αίτημα, το περιτύλιγμα θα εξετάζει την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας για μια νέα τιμή ή θα χρησιμοποιεί την τελευταία ανακτηθείσα τιμή που διατηρεί στην τοπική μνήμη του, εφόσον αυτή κριθεί έγκυρη ή θα ανακτά μια τιμή την οποία έχει προηγουμένως αποθηκεύσει στην *Αποθήκη της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*.
2. Θα επιτρέπουν σε εξωτερικές οντότητες να εγγράφονται *συνδρομητές* (*subscribers*) σε ειδοποιήσεις (*notifications*) που παρέχονται από το περιτύλιγμα. Αυτές οι ειδοποιήσεις επιτρέπουν στις ενδιαφερόμενες εφαρμογές να πληροφορούνται για τις αλλαγές στις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας που διαχειρίζεται το συγκεκριμένο περιτύλιγμα. Ειδοποιήσεις αποστέλλονται οποτεδήποτε ικανοποιείται μια συνθήκη που όρισε ο συνδρομητής. – π.χ. για ένα περιτύλιγμα που διαχειρίζεται μια συσκευή GPS, μια συνθήκη θα μπορούσε να είναι “η

θέση έχει αλλάξει 200 μέτρα ή περισσότερο”. Ο μηχανισμός συνδρομής υλοποιεί ουσιαστικά το μοντέλο δημοσιοποίησης-συνδρομής (ή προώθησης - push).

3. Θα αποθηκεύουν (*store*) τις τιμές που ανακτούν στην *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* για μελλοντική χρήση.
4. Θα παρέχουν λειτουργίες *αντανάκλασης* (*reflection capabilities*), μέσω των οποίων θα ερωτώνται για τις ιδιότητες της περιβάλλουσας πληροφορίας που “μετρούν” (π.χ. την ταυτότητα του χρήστη, τη θέση του), για τα συναφή μετα-δεδομένα κάθε ιδιότητας (π.χ. αν το περιτύλιγμα μετρά την θερμοκρασία, μια ένδειξη κατά πόσο η θερμοκρασία μετριέται σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ) και για τις ειδοποιήσεις που παρέχουν (π.χ. για ένα περιτύλιγμα που μετρά την θερμοκρασία, οι ειδοποιήσεις θα μπορούσαν να είναι: “η θερμοκρασία αυξήθηκε”, “η θερμοκρασία μειώθηκε”, “η θερμοκρασία άλλαξε”, “η θερμοκρασία ξεπέρασε ένα όριο” κ.λπ.).
5. Θα έχουν τη δυνατότητα να *εγγράφονται* (*register*) στον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (*Context Information Discovery Agency*). Αυτή η εγγραφή επιτρέπει στο περιτύλιγμα να είναι ανιχνεύσιμο από άλλες συνιστώσες λογισμικού (π.χ. περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας, διαχειριστές προσαρμογής, κ.λπ.), όπως περιγράφεται στην ενότητα 6.3.2.5 που ακολουθεί. Επίσης θα έχουν τη δυνατότητα να *απεγγράφονται* (*unregister*) από τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (*Context Discovery Agency*) όταν διακόπτουν τη λειτουργία τους.
6. Θα επιτρέπουν την ανίχνευσή τους από τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (*Context Discovery Agency*). Έτσι θα

επιτρέπουν στον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* να τα συμπεριλάβει στη λίστα που διαθέτει με τους παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να υλοποιηθεί στην πράξη με την καθολική εκπομπή (broadcasting) από τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* αιτήματος για ανίχνευση παρόχων συγκεκριμένης περιβάλλουσας πληροφορίας και την αυτόματη καταχώρηση στη λίστα του εκείνων των περιτυλιγμάτων που θα απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα. Επιπρόσθετα, αυτές οι καθολικές εκπομπές επιτρέπουν στον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* να καθορίζει ποιά περιτυλίγματα παραμένουν σε λειτουργία και ποιά έχουν διακόψει τη λειτουργία τους.



Σχήμα 27. Εκλέπτυνση της διεπαφής περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας

Σύμφωνα με τη προηγούμενη λίστα προσφερόμενης λειτουργικότητας, η διεπαφή ενός περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας που έχει αποτυπωθεί στο Σχήμα 26, μπορεί να εκλεπτυνθεί (refine) όπως φαίνεται στο Σχήμα 27.

Ουσιαστικά, τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας υλοποιούν τον *Συλλέκτη της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και τον *Διανομέα της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* της αρχιτεκτονικής που αποτυπώνεται στο Σχήμα 25. Ο κώδικας που διευκολύνει την επικοινωνία με τη διεπαφή ContextSourceAPI (Σχήμα 26) υλοποιεί τον *Συλλέκτη της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και ο κώδικας που υλοποιεί την ανεξάρτητη από την πηγή περιβάλλουσας πληροφορίας διεπαφή/API (και ειδικότερα

τις διεπαφές *ContextQuery* και *ContextNotification* στο Σχήμα 27) υλοποιεί τον *Διανομέα της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*. Ειδικότερα η *ContextQuery* και η *ContextNotification* διεπαφή στο Σχήμα 27 υλοποιούν τη διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας στα ενδιαφερόμενα μέρη, ενώ οι διεπαφές *ContextReflection*, *ContextDiscoverable* και *ContextDataStoreCom* διευκολύνουν τα θέματα της διανομής της περιβάλλουσας πληροφορίας σε όλη την αρχιτεκτονική.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού που παρουσιάστηκαν ανωτέρω, προκειμένου να οριστεί ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας, ο σχεδιαστής του θα πρέπει να ορίσει τα ακόλουθα:

- i) τις ιδιότητές του.
- ii) τα μετα-δεδομένα των ιδιοτήτων του.
- iii) τις ειδοποιήσεις που θα παρέχει.
- iv) τον μηχανισμό μέσω του οποίου το περιτύλιγμα θα αντλεί τις τιμές από τις πηγές της περιβάλλουσας πληροφορίας.
- v) τις συνθήκες κάτω από τις οποίες η ανακτηθείσα τιμή θα αποθηκεύεται στην αποθήκη περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου να αποφευχθεί η υπερφόρτωση της αποθήκης περιβάλλουσας πληροφορίας με τιμές που δεν χρειάζονται. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας GPS μπορεί να αποθηκεύει την τιμή της περιβάλλουσας πληροφορίας στην αποθήκη περιβάλλουσας πληροφορίας, εφόσον αυτή έχει μεταβληθεί πάνω από 0.5 χιλιόμετρα από την τελευταία αποθηκευμένη τιμή ή εάν δεν έχει αποθηκευτεί άλλη τιμή την τελευταία ώρα.
- vi) τον αλγόριθμο μέσω του οποίου το περιτύλιγμα θα αποφασίσει πως θα απαντήσει σε ένα ερώτημα που θα δεχθεί, δηλαδή αν θα χρησιμοποιήσει την τιμή από την τοπική μνήμη, αν θα ανακτήσει την τιμή από την *Αποθήκη*

Περιβάλλουσας Πληροφορίας, ή αν θα ανακτήσει μια καινούργια τιμή από την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Οι λεπτομέρειες των διεπαφών, μέσω των οποίων τα περιτύλιγματα επικοινωνούν με εξωτερικές οντότητες (π.χ. λεπτομέρειες αναφορικά με τους διαλόγους ερώτησης-απάντησης –request response dialogues- και τα μηνύματα ειδοποίησης –notification messages), περιγράφονται στην ενότητα 6.3.2 που ακολουθεί. Θα πρέπει να σημειώσουμε πως ο σχεδιασμός που παρουσιάστηκε παραπάνω υποστηρίζει και διατάξεις (configurations) όπου το περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας δεν βρίσκεται στην ίδια μηχανή που βρίσκεται η πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας που διαχειρίζεται. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις όπου ο αισθητήρας είναι μια ενσωματωμένη συσκευή, με περιορισμένες δυνατότητες επικοινωνίας και επεξεργαστική ισχύ ή αυξημένη ανάγκη για οικονομία ενέργειας. Σε αυτές τις περιπτώσεις το μόνο που απαιτείται από τον αισθητήρα είναι να παρέχει την τιμή που μετρά (π.χ. μέσω μιας σύνδεσης RS-232 ή μέσω Bluetooth), ενώ το περιτύλιγμα της περιβάλλουσας πληροφορίας θα τρέχει σε κατάλληλο υλικό και θα αναλαμβάνει τις λειτουργίες της συλλογής και διανομής της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας παρέχει πληροφορία προερχόμενη από μια συγκεκριμένη πηγή περιβάλλουσας πληροφορίας. Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις η πληροφορία που απαιτείται για μια οντότητα (πρόσωπο, τοποθεσία ή αντικείμενο), απαιτεί τη συνάθροιση τμημάτων πληροφορίας που προέρχεται από πολλαπλά περιτύλιγματα περιβάλλουσας πληροφορίας και ενδεχομένως θα πρέπει να συνδυαστεί με πληροφορία που είναι αποθηκευμένη στην *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας*. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η εισαγωγή συνιστωσών λογισμικού (software components) τα οποία υλοποιούν αυτή τη συνάθροιση και τα οποία ονομάζουμε *περιτύλιγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας*. Έχουν

παρόμοια λειτουργικότητα με αυτήν των περιτυλιγμάτων περιβάλλουσας πληροφορίας, με την έννοια ότι μπορούν να απαντήσουν σε ερωτήματα (queries), να παράγουν ειδοποιήσεις (notifications) και να αποθηκεύσουν (store) την περιβάλλουσα πληροφορία που αποκτούν. Αυτές οι συνιστώσες λογισμικού μπορούν με τη σειρά τους να ερωτούν (query) ή να εγγράφονται (subscribe) σε άλλα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας προκειμένου να ανακτήσουν στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας για τα οποία ενδιαφέρονται. Επιπρόσθετα έχουν τη δυνατότητα να αντλούν περιβάλλουσα πληροφορία από την *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, την οποία μπορούν να συναθροίζουν με την πληροφορία που έχουν λάβει από τα περιτυλίγματα (είτε μέσω ερωτημάτων, είτε μέσω ειδοποιήσεων) και να την παρέχουν στα ενδιαφερόμενα μέρη για περαιτέρω αξιοποίηση. Τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας είναι παρόμοια με τους λογικούς αισθητήρες, με τη διαφορά ότι η περιβάλλουσα πληροφορία αντλείται από τα περιτυλίγματα της περιβάλλουσας πληροφορίας αντί από APIs που εξαρτώνται από την πηγή περιβάλλουσας πληροφορίας.

6.3.2 Ο Διανομέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας: λεπτομέρειες διεπαφών και ανταλασσόμενα μηνύματα

Ο *Διανομέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (δηλαδή οι διεπαφές *ContextQuery* και *ContextNotification* του περιτυλιγματος περιβάλλουσας πληροφορίας), αναλαμβάνει την αποστολή να παρέχει την περιβάλλουσα πληροφορία στα ενδιαφερόμενα μέρη (δηλαδή στους διαχειριστές προσαρμογής των ΕΚΗΕ-ΕΠΚ) με έναν ομοιόμορφο και τυποποιημένο τρόπο. Ειδικότερα επιτρέπει τη διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας σύμφωνα και με τα μοντέλα *αίτησης-απόκρισης (request-response)* και *πυροδότησης από γεγονός (event-triggered)* [25], που αντιστοιχούν στην άντληση (“pull”) και στην προώθηση (“push”) της περιβάλλουσας πληροφορίας [38].

Σύμφωνα με μοντέλο αίτησης-απόκρισης η περιβάλλουσα πληροφορία παρέχεται ως απάντηση σε συγκεκριμένα ερωτήματα, ενώ σύμφωνα με το μοντέλο πυροδότησης από συμβάν ο *Διανομέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* φροντίζει να αποστέλλει την περιβάλλουσα πληροφορία στους *συνδρομητές (subscribers)* μόλις λάβουν χώρα συγκεκριμένα γεγονότα. Ο *Διανομέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* υλοποιείται μέσω των μηχανισμών ερώτησης (query) και ειδοποίησης (notification) που είναι ενσωματωμένοι στα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας και ειδικότερα με τις διεπαφές *ContextQuery* και *ContextNotification* αντίστοιχα. Αυτές οι διεπαφές συμπληρώνονται με τις διεπαφές *ContextReflection*, *ContextDiscoverable* και *ContextDataStoreCom*, οι οποίες διευκολύνουν τα θέματα της διανομής της περιβάλλουσας πληροφορίας σε όλη την αρχιτεκτονική. Ο μηχανισμός ερώτησης εξυπηρετεί την *κατ' απαίτηση (on-demand)* παροχή της περιβάλλουσας πληροφορίας, με την πρωτοβουλία να ξεκινά από την ενδιαφερόμενη εφαρμογή. Ο μηχανισμός ειδοποιήσεων (αναφερόμενος επίσης και ως δημοσιοποίηση-συνδρομή), είναι κατάλληλος για επαναλαμβανόμενες απαιτήσεις για περιβάλλουσα πληροφορία, όπου η ενδιαφερόμενη εφαρμογή απλά δηλώνει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες επιθυμεί να ενημερώνεται για τις αλλαγές στην τιμή της περιβάλλουσας πληροφορίας. Ωστόσο ο καταναλωτής της περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. ο διαχειριστής προσαρμογής μιας ΕΚΗΕ) θα πρέπει να κωδικοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να δέχεται ασύγχρονα και να επεξεργάζεται τα εισερχόμενα μηνύματα ειδοποίησης (notification messages). Τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας υλοποιούν τόσο τον μηχανισμό ερωτήσεων όσο και τον μηχανισμό ειδοποιήσεων μέσα από διεπαφές που είναι ομοιόμορφες για όλα τα περιτυλίγματα. Η ομοιομορφία είναι απαίτηση-κλειδί, δεδομένου ότι με αυτόν τον τρόπο οι εφαρμογές μπορούν να επικοινωνούν με τα περιτυλίγματα ανεξάρτητα από τις λεπτομέρειες υλοποίησης κάθε περιτυλίγματος.

6.3.2.1 Η διεπαφή ContextQuery

Η διεπαφή για τον μηχανισμό ερωτήσεων έχει τη μορφή:

queryContext(timeSpecification, attributeList)

Η παράμετρος *attributeList* ορίζει τις ιδιότητες που παρέχονται από τον αισθητήρα και ζητούνται στα πλαίσια της συγκεκριμένης αίτησης. Αυτός ο προσδιορισμός είναι απαραίτητος από τη στιγμή που τα περιτύλιγματα περιβάλλουσας πληροφορίας μπορούν να συνδεθούν σε πηγές περιβάλλουσας πληροφορίας, (φυσικοί αισθητήρες, λογικοί αισθητήρες, χρήστες), που παρέχουν τιμές πολλών ιδιοτήτων και μόνο κάποιες από αυτές χρειάζονται (για παράδειγμα ένα μετεωρολογικός αισθητήρας μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τη θερμοκρασία, την υγρασία, κ.λπ. και να χρειαζόμαστε να ανακτήσουμε μόνο την τιμή της θερμοκρασίας). Από τη στιγμή που το *timeliness* είναι μια σημαντική παράμετρος της περιβάλλουσας πληροφορίας [19], ο μηχανισμός ερωτήσεων επιτρέπει στον ερωτώντα να καθορίσει πόσο πρόσφατη (“fresh”) θα πρέπει να είναι η περιβάλλουσα πληροφορία μέσω του προσδιορισμού *timeSpecification*. Οι διαθέσιμες επιλογές για αυτόν τον προσδιορισμό είναι:

- *QueryCurrent*: αυτός ο προσδιορισμός ορίζει ότι το περιτύλιγμα θα πρέπει να ανακτήσει μια νέα τιμή από την πηγή περιβάλλουσας πληροφορίας και να την επιστρέψει. Σε κάποιες περιπτώσεις η ανάκτηση μιας νέας τιμής πιθανόν να μην έχει νόημα (π.χ. το ονοματεπώνυμο του χρήστη δεν αλλάζει) και τότε το περιτύλιγμα απλά επιστρέφει την τιμή που θα κρίνει κατάλληλη (όπως στην περίπτωση *QueryAny*).
- *QueryRecent*: αυτός ο προσδιορισμός ορίζει ότι το περιτύλιγμα είτε (α) θα πρέπει να ανακτήσει μια νέα τιμή από την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας και να την επιστρέψει, είτε (β) θα πρέπει να επιστρέψει την τελευταία τιμή που έχει ήδη διαβάσει από την πηγή της περιβάλλουσας

πληροφορίας και την έχει αποθηκεύσει στην τοπική μνήμη του. Έτσι το περιτύλιγμα θα πρέπει να υλοποιήσει ένα αλγόριθμο που θα αποφασίζει ποιά είναι η βέλτιστη επιλογή για την επιστροφή της τιμής ενός συστατικού περιβάλλουσας πληροφορίας.

- *QueryAny*: αυτός ο προσδιορισμός ορίζει ότι το περιτύλιγμα είτε (α) θα πρέπει να ανακτήσει μια νέα τιμή από την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας και να την επιστρέψει, είτε (β) θα πρέπει να επιστρέψει την τελευταία τιμή που έχει ήδη διαβάσει από την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας και την έχει αποθηκεύσει στην τοπική μνήμη του, είτε (γ) θα πρέπει να ανακτήσει την τιμή από την *Αποθήκη της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και να την επιστρέψει. Όμοια με τον προσδιορισμό *QueryRecent*, θα πρέπει το περιτύλιγμα να υλοποιήσει έναν αλγόριθμο που θα αποφασίζει ποιά είναι η βέλτιστη επιλογή για την επιστροφή της τιμής ενός συστατικού περιβάλλουσας πληροφορίας.

```
<ContextItem>
  <ContextAttributeName>Temperature</ContextAttributeName>
  <value>24.8</value>
  <metadata>
    <units>CelciusDegrees</units>
    <lastSensedTime>2010-04-08T12:32:11Z</lastSensedTime>
  </metadata>
</ContextItem>
```

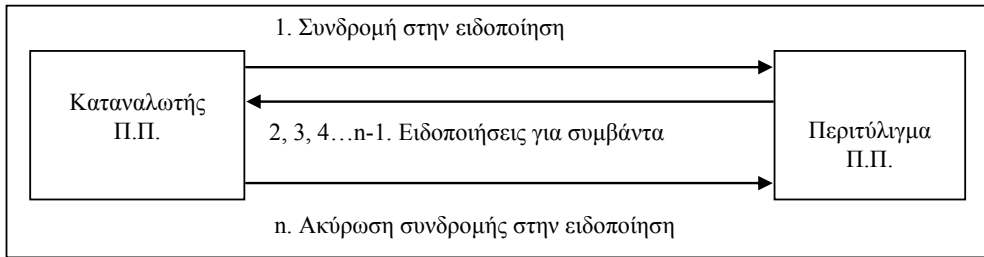
Σχήμα 28: Απάντηση σε μία αίτηση queryContext

Σε όλους τους τύπους ερωτημάτων που περιγράφηκαν παραπάνω, θα πρέπει ο εξυπηρετούμενος που αιτείται περιβάλλουσα πληροφορία να ορίσει στο περιτύλιγμα τις ιδιότητες που ζητά και το περιτύλιγμα θα επιστρέψει την κατάλληλα διαμορφωμένη απάντηση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 28. Αυτή η σχεδίαση αποσυνδέει

τον μηχανισμό ερωτήσεων από τις λεπτομέρειες υλοποίησης για την ανάκτηση της τιμής της περιβάλλουσας πληροφορίας, (π.χ. παρέχοντας την ίδια διεπαφή για έναν σαρωτή RFID, για έναν αισθητήρα πατωμάτων ή για έναν επεξεργαστή εικόνων βίντεο για την ανίχνευση παρουσίας ατόμων) και έτσι επιτρέπει στην εφαρμογή να σχεδιαστεί με έναν τρόπο ανεξάρτητο από την εκάστοτε συσκευή αίσθησης (sensing device).

6.3.2.2 Η διεπαφή ContextNotification

Ο μηχανισμός ειδοποίησης (notification mechanism) του περιτύλιγματος περιβάλλουσας πληροφορίας ενεργοποιείται όταν μια συνιστώσα λογισμικού (software component), η οποία ενδιαφέρεται να λαμβάνει ειδοποιήσεις σχετικά με ένα τμήμα της περιβάλλουσας πληροφορίας, θέτει/ορίζει μια συνδρομή (*subscription*) για μια ειδοποίηση που παράγεται από το περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας (ροή 1 στο Σχήμα 29). Κάθε συνδρομή συμπληρώνεται από μια *συνθήκη ειδοποίησης* (*notification condition*), η οποία ορίζει τις καταστάσεις κάτω από τις οποίες ένας συγκεκριμένος συνδρομητής επιθυμεί να λαμβάνει ειδοποιήσεις. Εκτός από την τρέχουσα τιμή ενός συστατικού της περιβάλλουσας πληροφορίας, η συνθήκη μπορεί να αναφέρεται και σε προγενέστερες συλλεγόμενες τιμές, χρήσιμες για την παραγωγή ειδοποιήσεων όταν μια μεταβολή στην τιμή έχει ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο (π.χ. $temperature - previousNotificationTemperature > 0.5$). Επίσης, η συνθήκη μπορεί να αναφέρεται και σε πληροφορία που έχει σχέση με τον χρόνο (π.χ. παράγαγε μια ειδοποίηση κάθε μία ώρα, ανεξάρτητα από το αν έχει αλλάξει η τιμή) ή να αναφέρεται στην τιμή κάποιου μετα-δεδομένου κάποιου συστατικού της περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. έλεγξε κατά πόσο η θερμοκρασία μετράται σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ και όρισε ανάλογα το όριο της ειδοποίησης στη συνθήκη).



Σχήμα 29: Μοντέλο δημοσιοποίησης-συνδρομής

Κάθε φορά που το περιτύλιγμα ανιχνεύει ότι ικανοποιείται η συνθήκη κάποιας ειδοποίησης, αποστέλλει μια ειδοποίηση στον καταναλωτή της περιβάλλουσας πληροφορίας που είχε θέσει τη σχετική συνδρομή (ροές 2 έως n-1 στο Σχήμα 29). Τέλος, ο καταναλωτής της περιβάλλουσας πληροφορίας μπορεί να ακυρώσει/τερματίσει τη συνδρομή με ένα αίτημα ακύρωσης συνδρομής (ροή n στο Σχήμα 29).

Επομένως, μια υπηρεσία ειδοποίησης ορίζεται πλήρως μέσα από τα ακόλουθα στοιχεία: i) το όνομα της ειδοποίησης (notification service name), ii) τις ιδιότητες (attributes) που παρακολουθεί και τον τύπο (type) αυτών, και iii) τα συστατικά (elements) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχηματισμό συνθηκών ειδοποιήσεων, όπως επίσης και τους τύπους (types) αυτών. Σύμφωνα με αυτή την περιγραφή, μια υπηρεσία ειδοποίησης (notification service) που σχετίζεται με τη θέση του χρήστη φαίνεται στο Σχήμα 30.

```

<Notification>
  <name>LocationUpdateNotification</name>
  <attributes>
    <attribute name="location" type="String"/>
    <attribute name="identity" type="integer"/>
  </attributes >
  <conditionElements>
    <conditionElement name="location" type="String"/>
    <conditionElement name="previousNotificationLocation" type="String"/>
    <conditionElement name="identity" type="integer"/>
    <conditionElement name="currentTimestamp" type="datetime"/>
    <conditionElement name="previousNotificationTimestamp" type="datetime"/>
  </conditionElements>
</Notification>

```

Σχήμα 30: Παράδειγμα μιας ειδοποίησης ενημέρωσης θέσης

Η διεπαφή μια υπηρεσίας ειδοποίησης (notification service) υλοποιεί το μοντέλο δημοσιοποίησης-συνδρομής μέσα από τις ακόλουθες λειτουργίες [165]:

- *subscribe(n)*: επιτρέπει σε έναν εξυπηρετούμενο να εγγραφεί ως συνδρομητής σε μια ειδοποίηση *n*.
- *unsubscribe(n)*: επιτρέπει σε έναν εξυπηρετούμενο να διακόψει τη συνδρομή του από την ειδοποίηση *n*, στην οποία είναι ήδη συνδρομητής.
- *advertise(n)*: δημοσιοποιεί την διαθεσιμότητα μιας ειδοποίησης *n*, καθιστώντας την ικανή να δεχτεί συνδρομές από τα ενδιαφερόμενα μέρη .
- *unadvertise(n)*: ανακαλεί τη δημοσιοποίηση της διαθεσιμότητας της ειδοποίησης, καθιστώντας ανίκανη να δεχτεί περαιτέρω συνδρομές.
- *sendNotification(n)*: ελέγχει τις ενεργές συνδρομές στην ειδοποίηση *n* και στέλνει την ειδοποίηση σε όλους τους συνδρομητές που η αντίστοιχη συνθήκη αποτιμάται αληθής (*true*).

Όταν ένα ενδιαφερόμενο μέρος επιθυμεί να εγγραφεί ως συνδρομητής σε ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας, θα πρέπει να ορίσει: i) την ταυτότητά του, ii) τη θέση του, π.χ. τη διεύθυνση στην οποία θα πρέπει να αποσταλεί η ειδοποίηση, iii) την ειδοποίηση στην οποία εγγράφεται συνδρομητής, iv) τις ιδιότητες και τα αντίστοιχα μετα-δεδομένα που επιθυμεί να λαμβάνει μαζί με την ειδοποίηση, και v) τη συνθήκη κάτω από την οποία θα αποστέλλεται η ειδοποίηση. Μια απλή συνθήκη περιλαμβάνει (α) το όνομα της ιδιότητας ή του μετα-δεδομένου, (β) τον τελεστή σύγκρισης, και (γ) την τιμή με την οποία θα συγκριθεί η τιμή της ιδιότητας ή του μετα-δεδομένου. Μια συνθήκη μπορεί να είναι είτε μια απλή συνθήκη ή ένας συνδυασμός συνθηκών, συνδεδεμένων με τους λογικούς τελεστές σύζευξης, διάζευξης και άρνησης (and, or, not). Ο ορισμός μιας συνθήκης μπορεί επίσης να περιλαμβάνει και αριθμητικές εκφράσεις. Ένα παράδειγμα μιας συνθήκης μιας συνδρομής ειδοποίησης περιγράφεται στο Σχήμα 31.

```
<NotificationCondition>
    <attribute name="identity"/>
    <operator comp="="/>
    <value val="14"/> <!-- user id for user to be notified -->
</NotificationCondition>
```

Σχήμα 31: Παράδειγμα συνθήκης ειδοποίησης

6.3.2.3 Η διεπαφή ContextReflection

Η διεπαφή ContextReflection επιτρέπει στα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας να ερωτώνται σχετικά με τις δυνατότητες που προσφέρουν και ειδικότερα:

1. Για ποιές ιδιότητες της περιβάλλουσας πληροφορίας (context attributes) παρέχουν πληροφορίες. Για κάθε ιδιότητα, παρέχεται μια λίστα με τα συναφή

μετα-δεδομένα που περιγράφουν την ιδιότητα (π.χ. a human-readable description), την τιμή (π.χ. η μονάδα μέτρησης) καθώς και πληροφορίες για την απόκτηση της (π.χ. ακρίβεια, περίοδος ανανέωσης της τιμής, ελάχιστη και μέγιστη υποστηριζόμενη τιμή). Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να ανακτηθούν μέσω της μεθόδου *queryContextAttributes* της διεπαφής *ContextReflection*.

2. Ποιές ειδοποιήσεις (notifications) εκδίδει. Για κάθε ειδοποίηση, επιστρέφεται η πληροφορία που φαίνεται στο Σχήμα 31. Οι ειδοποιήσεις μπορούν να ανακτηθούν μέσω της μεθόδου *queryNotifications* της διεπαφής *ContextReflection*.

6.3.2.4 Η διεπαφή *ContextDataStoreCom*

Η διεπαφή *ContextDataStoreCom* περιλαμβάνει όλα τα μέσα για την επικοινωνία με την αποθήκη δεδομένων, είτε πρόκειται για την αποθήκευση των τιμών που ανακτώνται από την πηγή της περιβάλλουσας πληροφορίας για περαιτέρω ανάγνωση, είτε πρόκειται για ερωτήματα επί των αποθηκευμένων τιμών, όταν ο αλγόριθμος που υλοποιείται από τη μέθοδο *QueryAny* απαιτεί να επιστραφεί μια τέτοια τιμή. Αναλυτικότερα η διεπαφή *ContextDataStoreCom* περιλαμβάνει τις ακόλουθες μεθόδους:

1. *storeContextItemValue*, η οποία δέχεται την τιμή ενός συστατικού της περιβάλλουσας πληροφορίας μαζί με τα σχετικά του μετα-δεδομένα (βλέπε Σχήμα 30) και τα αποθηκεύει στην αποθήκη δεδομένων.
2. *retrieveContextItemValue*, η οποία δέχεται ένα όρισμα για το στοιχείο της περιβάλλουσας πληροφορίας το οποίο θα πρέπει να ανακτηθεί (π.χ. θερμοκρασία, θέση, κ.λπ.) μαζί με συνθήκες επί των τιμών των ιδιοτήτων ή/και των μεταδεδομένων (όμοια με το παράδειγμα *NotificationCondition*

στο Σχήμα 31). Η μέθοδος σχηματίζει το αίτημα και θέτει την αντίστοιχη ερώτηση στην αποθήκη δεδομένων της περιβάλλουσας πληροφορίας και επιστρέφει την απάντηση της αποθήκης δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει την τιμή της ιδιότητας και τα αντίστοιχα μετα-δεδομένα (βλέπε Σχήμα 30).

Επίσης η διεπαφή *ContextDataStoreCom* περιλαμβάνει μεθόδους για την ανακάλυψη της αποθήκης της περιβάλλουσας πληροφορίας και τη σύνδεση με αυτή. Αυτές οι μέθοδοι καλούνται εσωτερικά από τις μεθόδους *storeContextItemValue* και *retrieveContextItemValue*.

6.3.2.5 Η *ContextDiscoverable* διεπαφή

Η διεπαφή *ContextDiscoverable* επιτρέπει στο περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας να είναι δυναμικά ανιχνεύσιμο από τις αντίστοιχες συνιστώσες του λογισμικού μέσα στην αρχιτεκτονική διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας και στη συνέχεια να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους καταναλωτές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η διεπαφή *ContextDiscoverable* συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες μεθόδους:

1. *registerToDiscoveryAgency*, η οποία στέλνει ένα μήνυμα στον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, μέσω του οποίου ανακοινώνει την ύπαρξη του συγκεκριμένου περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας. Το μήνυμα περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με τη διεύθυνση του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας και τις ιδιότητες που παρέχει. Επιπλέον πληροφορίες σχετικές με τις ιδιότητες (και τα διαθέσιμα μετα-δεδομένα) και τις ειδοποιήσεις που παρέχονται από το περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας μπορούν να ανακτηθούν από τα ενδιαφερόμενα μέρη, έπειτα από επικοινωνία με τη διεπαφή *ContextReflection* του συγκεκριμένου περιτυλίγματος. Ο *Πράκτορας*

Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας, θα πρέπει να εισαγάγει αυτή την πληροφορία στο αποθετήριο του (repository) και να συμπεριλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με το συγκεκριμένο περιτύλιγμα περιβάλλουσας στις απαντήσεις των ερωτημάτων, τα οποία ζητούν πληροφορίες για πηγές παροχής των ιδιοτήτων που παρέχει το συγκεκριμένο περιτύλιγμα. Το μήνυμα καταχώρησης (registration message) μπορεί επιπρόσθετα να περιέχει πληροφορίες σχετικές με τα χαρακτηριστικά ανίχνευσης του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίες π.χ. μπορεί να ορίζει πως είναι επιθυμητό ο *Πράκτορας Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* να αποστέλλει με χαμηλή συχνότητα μηνύματα τύπου *respondToContextConsumer* (βλ. μήνυμα 4, στη συνέχεια) προς αυτή τη συσκευή (ή ότι αυτή η συσκευή θα απαντά σποραδικά στα μηνύματα αυτά), προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια και εύρος ζώνης δικτύου.

2. *unregisterFromDiscoveryAgency*, η οποία στέλνει ένα μήνυμα στον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, το οποίο ανακοινώνει πως το συγκεκριμένο περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας παύει την λειτουργία του. Ο *Πράκτορας Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* θα πρέπει να αποσύρει τις πληροφορίες τις σχετικές με το συγκεκριμένο περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας από το αποθετήριο του (repository) και να μην συμπεριλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με το συγκεκριμένο περιτύλιγμα σε επόμενες απαντήσεις σχετικών ερωτημάτων.
3. *respondToContextConsumer*, η οποία υποστηρίζει την αυτόματη ανακάλυψη του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας από τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*. Αυτή η μέθοδος δέχεται και επεξεργάζεται ένα null request (ορίζεται μόνο το όνομα της μεθόδου) και

απαντά σε αυτό το μήνυμα με ένα μήνυμα το οποίο περιλαμβάνει τη διεύθυνση του περιτυλίγματος. Με αυτήν την πληροφορία, ο *Πράκτορας Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* μπορεί να ελέγξει αν το περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας είναι ήδη καταχωρημένο στην αποθήκη του (repository) και εάν όχι, να ξεκινήσει μια διαδικασία καταχώρησης μέσω της *requestRegistration* μεθόδου (που περιγράφεται στο 4). Ο *Πράκτορας Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* μπορεί να χρησιμοποιήσει το *respondToContextConsumer* request προκειμένου να εντοπίσει περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας που έχουν διακόψει τη λειτουργία τους ή δεν είναι δυνατόν να προσπελαστούν και τα οποία δεν έχουν εκτελέσει προηγουμένως την αντίστοιχη διαδικασία *unregistration* (π.χ. γιατί εξαντλήθηκε η μπαταρία τους και δεν τερμάτισαν ομαλά τη λειτουργία τους).

4. *requestRegistration*, αυτή η μέθοδος καλείται από τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* προκειμένου να πυροδοτήσει την εκτέλεση της μεθόδου *registerToDiscoveryAgency*. Αυτή η μέθοδος θα κληθεί από τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* όταν λάβει μια απάντηση από ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας το οποίο δεν είναι καταχωρημένο στο αποθετήριο του (registry).

6.3.3 Ο Διερμηνέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Ο *Διερμηνέας της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (Context Interpreter) είναι το στοιχείο εκείνο της αρχιτεκτονικής το οποίο παράγει υψηλότερου επιπέδου περιβάλλουσα πληροφορία, σε αντίθεση με τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας που παράγουν χαμηλού επιπέδου δεδομένα περιβάλλουσας πληροφορίας. Ειδικότερα συλλέγει πρωτογενή δεδομένα από τον *Διανομέα Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και

από την *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και εφαρμόζει διαδικασίες συμπερασμού σύμφωνα με κανόνες που έχουν οριστεί. Για παράδειγμα μπορεί να ανακτήσει τις συντεταγμένες GPS που είναι σχετικές με τη θέση του χρήστη και να δώσει τη θέση του πάνω σε ένα συγκεκριμένο δρόμο (π.χ. «70^ο χιλιόμετρο Αθηνών-Λαμίας»), είτε να αποφανθεί εάν ένας χρήστης βρίσκεται στο «γραφείο», στο «σπίτι» ή «εν κινήσει». Η διαδικασία συμπερασμού μπορεί να συντελείται είτε με χρήση απλών κανόνων if/then, είτε με πιο σύνθετους αλγόριθμους και τεχνικές. Οι πιο διαδεδομένες σύνθετες τεχνικές συλλογιστικής συμπεριλαμβάνουν τη συλλογιστική πάνω από οντολογίες (ontology reasoning) και τη μηχανική μάθηση (machine learning). Η τεχνική συλλογιστικής πάνω από οντολογίες συνίσταται στην παραγωγή νέων γεγονότων (facts) στηριζόμενη τόσο στη γνώση των συγκεκριμένων ήδη γνωστών γεγονότων, όσο και στην αξιοποίηση της πληροφορίας που είναι αποθηκευμένη στην οντολογία με τη μορφή κλάσεων και των μεταξύ τους συσχετίσεων [225]. Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης (π.χ. Bayesian networks, decision trees), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δόμηση στατιστικών μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία χρησιμοποιούν χαμηλού επιπέδου στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας, προκειμένου να προβλέψουν, για παράδειγμα, τη συμπεριφορά του χρήστη και να αποφασίσουν αυτόματα για την πρόθεσή του (intention) [81].

Οι *Διερμηνείς Περιβάλλουσας Πληροφορίας* ακολουθούν τις προδιαγραφές των περιτυλιγμάτων περιβάλλουσας πληροφορίας. Καταναλώνουν την περιβάλλουσα πληροφορία από τις πηγές περιβάλλουσας πληροφορίας (τον *Διανομέα Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και την *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας*) και την διαθέτουν (αφού προηγουμένως τη μετασχηματίσουν) σε άλλους καταναλωτές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα εισόδου συλλέγονται από τυποποιημένες πηγές, η υλοποίηση των *Διερμηνέων Περιβάλλουσας*

Πληροφορίας μπορεί να απλοποιηθεί σημαντικά από τη στιγμή που δεν απαιτείται η συγγραφή εξειδικευμένου κώδικα για την άντληση της περιβάλλουσας πληροφορίας από τους αισθητήρες. Αντί αυτού, η συλλογή των δεδομένων μπορεί να οριστεί δηλωτικά απλώς με την παράθεση των πηγών περιβάλλουσας πληροφορίας και κάποιων σχετικών παραμέτρων (π.χ. κατά πόσο τα δεδομένα θα συλλεγούν βάσει του μοντέλου προώθησης ή άντλησης, ποιά θα είναι η συχνότητα ανάκτησης στο μοντέλο έλξης).

Σύμφωνα με τις παραπάνω προδιαγραφές, προκειμένου να οριστεί ένας *Διερμηνέας Περιβάλλουσας Πληροφορίας* θα πρέπει να οριστεί i) η πληροφορία η οποία πρόκειται να μεταφραστεί (π.χ. συγκεκριμένα χαρακτηριστικά), ii) τα χαρακτηριστικά περιβάλλουσας πληροφορίας που θα προκύψουν ως αποτέλεσμα της “μετάφρασης”, iii) η διαδικασία η οποία θα πραγματοποιήσει τη μετάφραση, και iv) οι ειδοποιήσεις που παρέχονται (αν θα παρέχονται). Οι *Διερμηνείς Περιβάλλουσας Πληροφορίας* υλοποιούν τις διεπαφές *ContextQuery*, *ContextNotification*, *ContextReflection*, *ContextDataStoreCom* και *ContextDiscoverable*, επομένως είναι και οι ίδιοι *Διανομείς Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και παρέχουν τις υπηρεσίες (services) που περιγράφηκαν στην ενότητα 6.3.2.

6.3.4 Ο Πράκτορας Ανακάλυψης Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Ο *Πράκτορας Ανακάλυψης Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (Discovery Agency) υλοποιεί δυνατότητες αποθήκευσης πληροφορίας σχετικής με τους παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας (τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας, τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας, τους διερμηνείς περιβάλλουσας πληροφορίας), προκειμένου αυτοί να μπορεί να εντοπιστούν και παρέχει πληροφορίες στα ενδιαφερόμενα μέρη για το πως θα επικοινωνήσουν μαζί τους. Επιπρόσθετα, παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον ίδιο ώστε να μπορεί να

εντοπιστεί από τους παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτή η λειτουργικότητα είναι προσπελάσιμη μέσω των ακόλουθων λειτουργιών:

- *addDiscoveredContextObject*: προσθέτει πληροφορία σχετικά με ένα πάροχο περιβάλλουσας πληροφορίας στο αποθετήριο του (registry).
- *registerContextProvider*: αυτή η μέθοδος συλλαμβάνει το μήνυμα που αποστέλλεται από τη μέθοδο *registerToDiscoveryAgency* της διεπαφής *ContextDiscoverable* του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας. Ως απάντηση στη λήψη ενός τέτοιου μηνύματος, η μέθοδος *registerContextProvider* καλεί τις μεθόδους *queryContextAttributes* και *queryNotifications* της διεπαφής *ContextReflection* του περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας, προκειμένου να συλλέξει πληροφορίες σχετικές με τις ιδιότητες (attributes), τις ειδοποιήσεις (notifications) και τα σχετικά μετα-δεδομένα (metadata) που παρέχονται από το συγκεκριμένο περιτύλιγμα. Όταν έχουν συλλεγεί όλες αυτές οι πληροφορίες, καλείται η μέθοδος *addDiscoveredContextObject* του πράκτορα, προκειμένου να εισάγει αυτές τις πληροφορίες στο αποθετήριο (registry) του πράκτορα.
- *removeDiscoveredContextObject*: διαγράφει την καταχώρηση των πληροφοριών για έναν πάροχο περιβάλλουσας πληροφορίας από το αποθετήριο (registry) του *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*.
- *unregisterContextProvider*: αυτή η μέθοδος συλλαμβάνει το μήνυμα που στέλνει η μέθοδος *unregisterFromDiscoveryAgency* της διεπαφής *ContextDiscoverable* του περιτυλίγματος περιβάλλουσας

πληροφορίας. Ως απάντηση σε αυτό το μήνυμα, η μέθοδος *unregisterContextProvider* καλεί τη λειτουργία *removeDiscoveredContextObject* προκειμένου να διαγράψει τον συγκεκριμένο πάροχο περιβάλλουσας πληροφορίας από το αποθετήριο του πράκτορα.

- *queryForDiscoveredContextObjects*: επιτρέπει στα ενδιαφερόμενα μέρη να ερωτήσουν τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* για τους διαθέσιμους παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας που έχει αποθηκεύσει στο αποθετήριό του.
- *respondToContextProvider*: η λειτουργία αυτή επιτρέπει στον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* να είναι ανιχνεύσιμος από τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας, από τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας και τους διερμηνείς περιβάλλουσας πληροφορίας, προκειμένου στην συνέχεια να εγγραφούν σε αυτόν.

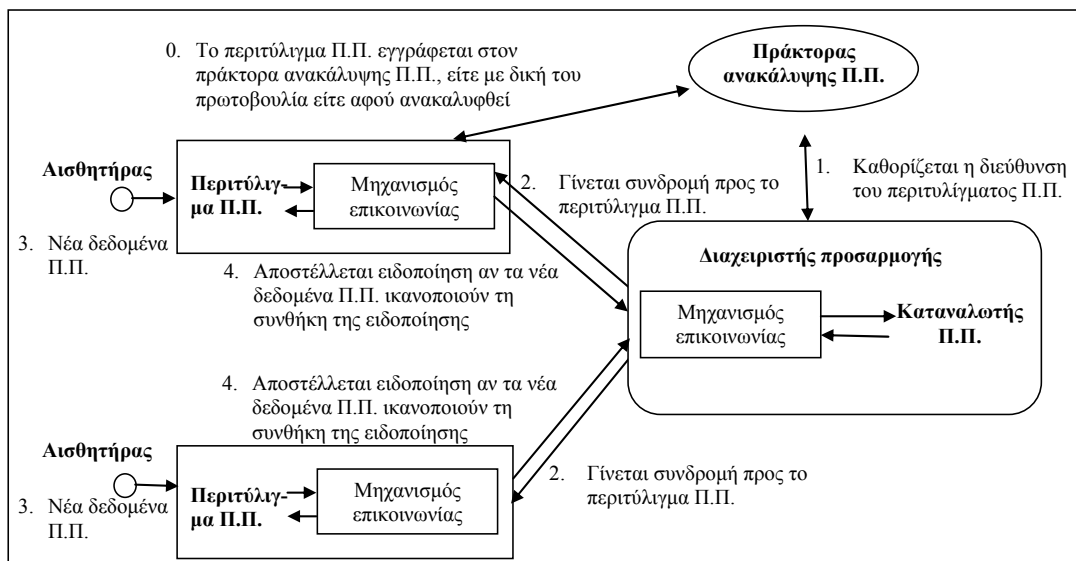
Όταν ενεργοποιείται ένας πάροχος περιβάλλουσας πληροφορίας, αναζητεί τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (με την έκδοση ενός ερωτήματος προς την υπηρεσία *respondToContextProvider*) και στη συνέχεια εγγράφεται σε αυτόν καλώντας την υπηρεσία *registerToDiscoveryAgency*. Οι πληροφορίες που αποστέλλονται για την εγγραφή του παρόχου είναι: i) η ταυτότητά του, ii) η διεύθυνση στην οποία βρίσκεται (π.χ. αν η επικοινωνία γίνεται με διόδους (sockets) TCP/IP, η διεύθυνση θα περιλαμβάνει τη διεύθυνση IP και τον αριθμό θύρας), iii) τα χαρακτηριστικά (attributes) που παρέχει και τα σχετικά μετα-δεδομένα τους, και iv) τις ειδοποιήσεις (notifications) που παρέχει. Ο *Πράκτορας Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* καλεί την *addDiscoveredContextObject* λειτουργία

του, προκειμένου να καταχωρήσει στο αποθετήριό του, τους παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας που έχει ανιχνεύσει με την έκδοση ενός ερωτήματος προς την υπηρεσία *respondToContextConsumer* την οποία υλοποιούν οι πάροχοι περιβάλλουσας πληροφορίας.

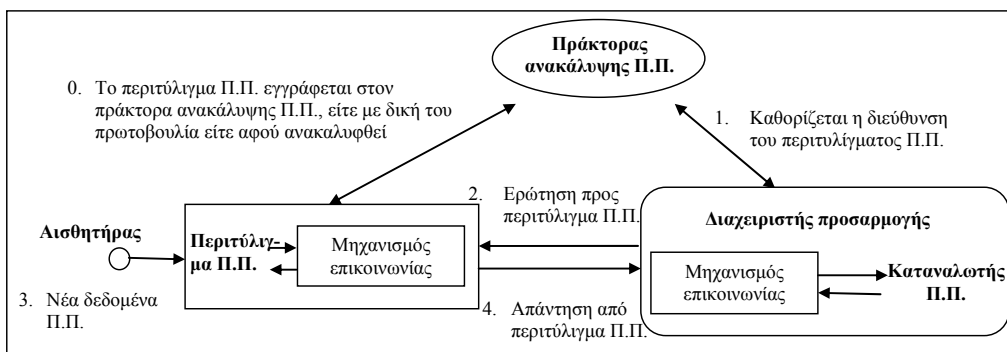
Όταν ένας πάροχος περιβάλλουσας πληροφορίας διακόπτει τη λειτουργία του, θα πρέπει να καλέσει την *unregisterFromDiscoveryAgency* λειτουργία του *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* προκειμένου αυτός να διαγράψει τον πάροχο από το αποθετήριό του. Ωστόσο οι πάροχοι περιβάλλουσας πληροφορίας μπορούν να διακόψουν αιφνίδια τη λειτουργία τους (π.χ. λόγω ανεπάρκειας μπαταρίας) και σε αυτές τις περιπτώσεις δεν μπορούν να έρθουν σε επαφή με τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* προκειμένου να εκτελέσουν την λειτουργία διαγραφής από το αποθετήριο του πράκτορα. Προκειμένου ο πράκτορας να διατηρήσει ενημερωμένο το αποθετήριό του με τους ενεργούς παρόχους, εκτελεί περιοδικούς ελέγχους προκειμένου να διαπιστώσει την διαθεσιμότητα των παρόχων περιβάλλουσας πληροφορίας που έχει καταχωρήσει στο αποθετήριό του, εκδίδοντας ένα ερώτημα *respondToContextConsumer* και αυτόματα διαγράφοντας όσους παρόχους δεν απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα (ή σε ένα πλήθος διαδοχικών ερωτημάτων).

Τέλος οι καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας (οι διαχειριστές προσαρμογής, τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας και οι διερμηνείς περιβάλλουσας πληροφορίας) μπορούν να καλέσουν τη λειτουργία *queryForDiscoveredContextObjects* του *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, προκειμένου να εντοπίσουν τους παρόχους περιβάλλουσας πληροφορίας που παρέχουν κάποια συγκεκριμένη περιβάλλουσα πληροφορία. Το Σχήμα 32 απεικονίζει την πλήρη ακολουθία των μηνυμάτων από την στιγμή που ένας

καταναλωτής περιβάλλουσας πληροφορίας ερωτά τον *Πράκτορα Ανακάλυψης της Περιβάλλουσας Πληροφορίας* για τη διεύθυνση ενός περιτυλίγματος περιβάλλουσας πληροφορίας, έως το σημείο που λαμβάνει τις ζητούμενες ειδοποιήσεις (notifications). Σημειώνεται ότι τα μηνύματα 3 και 4 μπορούν να επαναλαμβάνονται πολλές φορές. Το Σχήμα 33 απεικονίζει την αντίστοιχη ακολουθία μηνυμάτων για το μοντέλο ερώτησης/απάντησης (query/response) και σε αυτήν την περίπτωση τα μηνύματα 2,3 και 4 μπορούν να επαναλαμβάνονται πολλές φορές.



Σχήμα 32. Παράδειγμα ενός διαχειριστή προσαρμογής που εγγράφεται συνδρομητής σε πολλαπλά περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας



Σχήμα 33: Παράδειγμα ενός διαχειριστή προσαρμογής που ερωτά ένα περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας

6.3.5 Η Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Η *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* επιτρέπει την μακράς διάρκειας αποθήκευση περιβάλλουσας πληροφορίας, η οποία παράγεται από τους παρόχους. Από τη στιγμή που αποθηκεύεται, η περιβάλλουσα πληροφορία μπορεί να ανακτάται από τους καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας σε μεταγενέστερες χρονικές στιγμές. Με αυτόν τον τρόπο, η *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* παίζει το ρόλο μιας ενδιάμεσης μνήμης (buffer) ανάμεσα στους παρόχους και τους καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας, αποσυνδέοντας τον χρόνο παραγωγής από τον χρόνο κατανάλωσης της περιβάλλουσας πληροφορίας. Ταυτόχρονα παρέχει τη δυνατότητα για αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, η οποία θα ήταν αδύνατο να συντελεστεί σε άλλες συνιστώσες. Ειδικότερα η *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* μπορεί να έχει τις ακόλουθες χρήσεις:

1. οι παραγωγοί περιβάλλουσας πληροφορίας (τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας, τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας και οι διερμηνείς περιβάλλουσας πληροφορίας), μπορούν να αποθηκεύσουν στην *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* την πληροφορία που συλλέγουν από τους αισθητήρες. Οι καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας (οι διαχειριστές προσαρμογής, τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας και οι διερμηνείς περιβάλλουσας πληροφορίας) μπορούν να ανακτήσουν την αποθηκευμένη περιβάλλουσα πληροφορία, σε περιπτώσεις που ο πάροχος περιβάλλουσας πληροφορίας δεν είναι διαθέσιμος όταν ζητούνται δεδομένα από αυτόν.
2. τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας μπορούν να αποθηκεύουν στην *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* τα δεδομένα που ανακτούν από τους αισθητήρες και να τα ανακτήσουν αργότερα από την *Αποθήκη*

Περιβάλλουσας Πληροφορίας προκειμένου να απαντήσουν σε ερωτήματα που δέχονται χωρίς να ανακτούν εκ νέου δεδομένα από τον αισθητήρα. Αυτό μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο σε πολλές περιπτώσεις, όπως στην περίπτωση της μη διαθεσιμότητας του αισθητήρα (π.χ. λόγω προβλημάτων επικοινωνίας ή ανεπάρκειας της μπαταρίας), ή στην περίπτωση μιας προσπάθειας υλοποίησης μιας πολιτικής εξοικονόμησης της ενέργειας του αισθητήρα, κ.λπ.

3. η *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας* είναι το φυσικό μέσο για την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων περιβάλλουσας πληροφορίας που θα επιτρέψουν την διεξαγωγή εργασιών όπως εξόρυξη συμπεριφοράς (behavior mining), προκειμένου να βελτιωθεί η ΕΚΗΕ-ΕΠΚ και για την παροχή νέων υπηρεσιών στους χρήστες.

Οι λεπτομέρειες υλοποίησης της *Αποθήκης Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, οι οποίες περιλαμβάνουν τη μορφή αποθήκευσης, τις πολιτικές για την εκκαθάριση παλαιών δεδομένων, την γλώσσα ερωτημάτων (query language) (π.χ. SQL ή SPARQL), είναι πέρα από το αντικείμενο της παρούσας διατριβής.

6.4 Θέματα Υλοποίησης της Αρχιτεκτονικής

Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ανάλογα με την αρχιτεκτονική που υιοθετούν, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες [76]. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει εφαρμογές που τρέχουν αποκλειστικά στη φορητή συσκευή και ανταλλάσσουν δεδομένα με έναν απομακρυσμένο εξυπηρέτη (π.χ. εφαρμογές J2ME ή Windows CE). Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει εφαρμογές που τρέχουν σε κάποιο εξυπηρέτη και ανταλλάσσουν με τη φορητή συσκευή μόνο μηνύματα (π.χ. εφαρμογές SMS και MMS). Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει εφαρμογές που τρέχουν σε ένα πρόγραμμα πλοήγησης και ανταλλάσσουν δεδομένα με έναν απομακρυσμένο εξυπηρέτη χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο ιστού (HTTP, WAP, κ.λπ.). Σύμφωνα με τους

Quah και Seet [187], η προσαρμογή (adaptation) αυτών των εφαρμογών ουσιαστικά συνίσταται στη χρήση των τιμών της περιβάλλουσας πληροφορίας προκειμένου i) να τροποποιηθούν (customize) τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον εκάστοτε χρήστη (*content adaptation*), και/ή ii) να προσαρμοσθούν τα εμφανισιακά χαρακτηριστικά της εφαρμογής -presentation properties- (*presentation adaptation*), και/ή iii) να τροποποιηθεί η λειτουργικότητα της εφαρμογής (*operational adaptation*). Προκειμένου να επιτευχθεί η *προσαρμογή παρουσίασης* και η *προσαρμογή λειτουργιών*, θα πρέπει η περιβάλλουσα πληροφορία να είναι διαθέσιμη εκεί που παράγεται η διεπαφή (interface) για τις εφαρμογές που βασίζονται σε προγράμματα πλοήγησης και τις εφαρμογές που βασίζονται σε μηνύματα ή εκεί που εκτελείται η εφαρμογή για τις “desktop-like” εφαρμογές.

Αναφορικά με την πρώτη κατηγορία ΕΚΗΕ (δηλαδή εφαρμογές που τρέχουν αποκλειστικά στη φορητή συσκευή), η διεπαφή δημιουργείται κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της εφαρμογής (development time) ενώ στη συνέχεια η εφαρμογή εκτελείται στη φορητή συσκευή. Αντίθετα, για τις εφαρμογές της δεύτερης και της τρίτης κατηγορίας (βασισμένες σε προγράμματα πλοήγησης και μηνύματα, αντίστοιχα), τόσο η γένεση της διεπαφής όσο και η εφαρμογή της λογικής της εφαρμογής (application logic) πραγματοποιούνται στον απομακρυσμένο εξυπηρέτη κατά τον χρόνο εκτέλεσης της εφαρμογής. Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη τους περιορισμούς των υπολογιστικών πόρων των σημερινών φορητών συσκευών, η πλήρης (full-scale) διαχείριση και εκμετάλλευση της περιβάλλουσας πληροφορίας στη φορητή συσκευή φαίνεται ανέφικτη. Ειδικότερα αν απαιτούνται πολυάριθμα στοιχεία (elements) περιβάλλουσας πληροφορίας και προηγμένες τεχνικές διερμηνείας, η συνεχής ενημέρωση των συχνά μεταβαλλόμενων στοιχείων (volatile elements) της περιβάλλουσας πληροφορίας συνεπάγεται αυξημένο κόστος

επικοινωνίας και κατανάλωσης ενέργειας της μπαταρίας, που είναι δύο επιπρόσθετοι αποτρεπτικοί παράγοντες για την υιοθέτηση της προσαρμογής στην φορητή συσκευή. Επομένως η προτεινόμενη αρχιτεκτονική είναι κυρίως κατάλληλη για εφαρμογές της δεύτερης και της τρίτης κατηγορίας (βασισμένες σε προγράμματα πλοήγησης και μηνύματα, αντίστοιχα), όπου ο απομακρυσμένος εξυπηρέτης είναι κυρίως υπεύθυνος για τις περισσότερες λειτουργίες και η φορητή συσκευή λειτουργεί σαν ένα εξάρτημα παρουσίασης και αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Ωστόσο η προτεινόμενη αρχιτεκτονική μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από τις εφαρμογές της πρώτης κατηγορίας (εφαρμογές που τρέχουν αποκλειστικά στη φορητή συσκευή), με την προϋπόθεση ότι τα στοιχεία της περιβάλλουσας πληροφορίας που διαχειρίζεται είναι λίγα και οι λειτουργίες προσαρμογής δεν απαιτούν εκτεταμένους πόρους.

Πρέπει να σημειωθεί πως τα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη συλλογή και παροχή της περιβάλλουσας πληροφορίας, μπορούν να φιλοξενηθούν στις φορητές συσκευές και στις τρεις κατηγορίες των ΕΚΗΕ. Έτσι οι πάροχοι περιβάλλουσας πληροφορίας που παρέχουν πληροφορία σχετική με τον χρήστη (π.χ. ταυτότητα, θέση) ή τη φορητή συσκευή (μέγεθος οθόνης, δυνατότητες εισόδου κ.λπ.) εκ φύσεως θα φιλοξενηθούν στη φορητή συσκευή. Επίσης η φορητή συσκευή μπορεί να φιλοξενήσει και τα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας που συλλαμβάνουν δεδομένα από περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας που βρίσκονται στην εγγύτητά τους (π.χ. αισθητήρες καιρικών συνθηκών ή κίνησης). Η περιβάλλουσα πληροφορία που συλλαμβάνεται από παρόχους που φιλοξενούνται στη φορητή συσκευή θα μεταδοθεί στον κεντρικό εξυπηρέτη, ο οποίος στη συνέχεια θα τροφοδοτήσει τις σχετικές συνιστώσες προσαρμογής κατάλληλα ή θα αποθηκεύσει αυτήν την πληροφορία στην *Αποθήκη Περιβάλλουσας Πληροφορίας*.

6.5 Αποτίμηση και Σύγκριση με Σχετικές Εργασίες

Στη σύγχρονη έρευνα διάφοροι ερευνητές έχουν προτείνει συστήματα λογισμικού με στόχο τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Κάθε μια από αυτές τις προσεγγίσεις στηρίζεται στις ειδικές απαιτήσεις που σχετίζονται με την θέση των αισθητήρων (τοπικοί ή απομακρυσμένοι), τον αριθμό των χρηστών (ένας ή πολλοί χρήστες) και τους διαθέσιμους πόρους της συσκευής του χρήστη, η οποία μπορεί να είναι κάποιος προσωπικός υπολογιστής υψηλών προδιαγραφών ή μια μικρή φορητή συσκευή [9]. Επομένως με βάση αυτές τις απαιτήσεις, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τύπους αρχιτεκτονικών λογισμικού για την διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας [40]:

- (i) *Απευθείας προσπέλαση των αισθητήρων (Direct sensor access)*: Σε αυτή την προσέγγιση, οι αισθητήρες είναι ενσωματωμένοι στη φορητή συσκευή που χρησιμοποιείται. Το λογισμικό εξυπηρετούμενου συλλέγει την περιβάλλουσα πληροφορία απευθείας από τους αισθητήρες, αυτό ωστόσο συνεπάγεται πως τα προγράμματα οδήγησης (drivers) για τις συσκευές αίσθησης είναι ενσωματωμένα (hardwired) στην εφαρμογή. Επιπλέον περιορίζονται σημαντικά οι δυνατότητες για φορητότητα (portability) και επεκτασιμότητα (expandability), εξαιτίας της παρουσίας των προγραμμάτων οδήγησης μέσα στην εφαρμογή [177]. Αυτή η προσέγγιση δεν είναι κατάλληλη για κατανεμημένα συστήματα, διότι δεν μπορούν να διαχειριστούν καλά την ταυτόχρονη προσπέλαση των αισθητήρων που μπορεί να απαιτείται από πολλαπλές εφαρμογές (π.χ. μια εφαρμογή υποβοηθούμενης οδήγησης βασισμένη σε GPS και μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου βασισμένη στη θέση του χρήστη, απαιτούν ταυτόχρονη προσπέλαση στη

συσκευή GPS). Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων αποτελούν το Active Badge [248] και το Context-Aware Pocket PC [104].

(ii) *Χρήση ενδιάμεσου επιπέδου (Middleware-based)*: Αυτή η προσέγγιση εισάγει μια αρχιτεκτονική επιπέδων με στόχο την απόκρυψη των χαμηλού επιπέδου λεπτομερειών αίσθησης (low-level sensing details). Από τη στιγμή που το ενδιάμεσο επίπεδο (middleware) έχει τυποποιηθεί, οποιεσδήποτε αλλαγές στις διαθέσιμες συσκευές αίσθησης (sensing devices) ή οποιεσδήποτε άλλες λεπτομέρειες για την επικοινωνία με τη συσκευή αίσθησης δεν απαιτούν αλλαγές στην εφαρμογή και επομένως δεν υποβαθμίζεται η φορητότητα (portability). Ένα παράδειγμα συστήματος που ακολουθεί αυτή την προσέγγιση είναι αυτό που προτείνεται στο Odyssey project [172]. Το σύστημα *Location-based Publish/Subscribe Service (LPSS)* [70] αποτελεί άλλη μια αξιοσημείωτη πρόταση αυτής της κατηγορίας.

(iii) *Χρήση εξυπηρετή περιβάλλουσας πληροφορίας (Server-based)*: Αυτή η προσέγγιση εισάγει μία κεντρική συνιστώσα καλούμενη *εξυπηρετής περιβάλλουσας πληροφορίας*, η οποία συλλαμβάνει την περιβάλλουσα πληροφορία από τους αισθητήρες. Οι εξυπηρετούμενοι επικοινωνούν με τον εξυπηρετή μόνο για να ανακτήσουν την περιβάλλουσα πληροφορία, επομένως απαλλάσσονται από τις χαμηλού επιπέδου λεπτομέρειες και λειτουργίες που απαιτούν αυξημένους πόρους (resource-intensive operations). Παραδείγματα συστημάτων που έχουν υιοθετήσει αυτήν την αρχιτεκτονική και έχουν συζητηθεί στο κεφάλαιο 4 αποτελούν το σύστημα που προτάθηκε από τους Korripää et al [135], η αρχιτεκτονική SOCAM (Service-oriented Context-Aware Middleware) [96], το σύστημα που προτάθηκε από τους Fahy και

Clarke [74] στο έργο CASS (Context-Awareness Sub-Structure), η CoBrA (Context Broker Architecture) [40] και τοContext Toolkit [54].

Η πιο διαδεδομένη αρχιτεκτονική είναι αυτή που χρησιμοποιεί μία ή περισσότερες κεντρικοποιημένες συνιστώσες για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας και κάποιες κατανεμημένες συνιστώσες για τη συλλογή της περιβάλλουσας πληροφορίας (context server paradigm).

Οι τρόποι διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας που προαναφέραμε, διαφέρουν μεταξύ τους αναφορικά με (α) την έκταση/ευρύτητα (comprehensiveness) των στοιχείων της περιβάλλουσας πληροφορίας που μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά, (β) τη θέση μέσα στο δίκτυο των διαφόρων διαφορετικών συνιστωσών που θα εκτελέσουν τις διάφορες λειτουργίες διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας, και (γ) το φάσμα των λειτουργιών που παρέχουν για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη πως η έννοια της περιβάλλουσας πληροφορίας χρησιμοποιείται εκτεταμένα στις περιοχές της διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής, τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα στοχεύουν στην παροχή λειτουργιών διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας σε έξυπνα περιβάλλοντα - smart spaces- [37], [90], [96] (π.χ. έξυπνα οχήματα -smart vehicles-, έξυπνα δωμάτια -intelligent rooms-, έξυπνοι συνεδριακοί χώροι -smart conferences places-, κ.λπ.). Σε αυτά τα περιβάλλοντα, η περιβάλλουσα πληροφορία μεταφέρεται από τα σημεία συλλογής της (π.χ. από απομακρυσμένους αισθητήρες) στον κεντρικό εξυπνέτη διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας χρησιμοποιώντας δίκτυα Wi-Fi, Bluetooth και Ethernet, σε αντίθεση με τα δίκτυα GPRS/UMTS που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Από τη μελέτη των παραπάνω προτάσεων προκύπτει πως η διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας στο χώρο της πανταχού παρούσας και διάχυτης υπολογιστικής, είτε: i) είναι προσανατολισμένη σε έξυπνα περιβάλλοντα, με κύριο στόχο την παροχή περιβάλλουσας πληροφορίας (που προέρχεται κυρίως από φυσικούς αισθητήρες) σε επίπεδο υπηρεσιών και χωρίς τυποποιημένες δυνατότητες ανίχνευσης της περιβάλλουσας πληροφορίας και επέκτασης της χρήσης της για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (π.χ. για την υποστήριξη της προσαρμογής της παρουσίας), είτε ii) πραγματοποιείται στη φορητή συσκευή, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα οι λειτουργίες διαχείρισης να είναι πολύ περιορισμένες (έλλειψη *συμπερανθείσας* ή *συναθροιζόμενης* πληροφορίας, αποθήκευσης δεδομένων, μετα-δεδομένων, κ.λπ.), εξαιτίας των περιορισμένων υπολογιστικών πόρων της συσκευής. Επίσης, iii) αυτά τα συστήματα διαχειρίζονται μόνο ένα μικρό μέρος της περιβάλλουσας πληροφορίας, κάνοντας χρήση συγκεκριμένων μοντέλων αναπαράστασης (π.χ. key-value models [54], XML models [131] ή domain-oriented ontologies [40] όπως space ontologies) και εκτελώντας πολύ συγκεκριμένες λειτουργίες διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας, δεδομένου ότι η επεξεργασία των δεδομένων της περιβάλλουσας κατάστασης ορίζεται αυστηρά με βάση τα συγκεκριμένα σενάρια προσαρμογής που υποστηρίζει το εκάστοτε σύστημα [97].

Έπειτα από τη μελέτη προτάσεων διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας που έχουν γίνει στον ευρύτερο χώρο του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου [137], [145], [147], [171], [174], [178], [185], [197], [210], [230], προκύπτει πως δεν έχει προταθεί μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική, η οποία να:

- i) διαχειρίζεται όλα τα είδη περιβάλλουσας πληροφορίας (χρήστη, περιβάλλοντος, υπολογιστικής, εφαρμογής), ανεξάρτητα από την πηγή που

- προέρχεται η πληροφορία (από φυσικούς ή λογικούς αισθητήρες ή από τον χρήστη) και ανεξάρτητα από το πεδίο της εφαρμογής. Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται κάποιες λιγότες παράμετροι της περιβάλλουσας πληροφορίας, χωρίς να επιτρέπουν στον σχεδιαστή της εφαρμογής να επιλέξει το μοντέλο αναπαράστασης ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε εφαρμογής.
- ii) συλλέγει την περιβάλλουσα πληροφορία με έναν πλήρη και τυποποιημένο τρόπο, μέσα από τυποποιημένες διεπαφές, ώστε να διευκολύνεται η εργασία των προγραμματιστών (που χρειάζεται να γνωρίζουν τις λεπτομέρειες μόνο μιας διεπαφής) και να προάγεται η επαναχρησιμοποίηση των συνιστωσών λογισμικού.
 - iii) αξιοποιεί τις πλήρεις δυνατότητες των πηγών περιβάλλουσας πληροφορίας: τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται κάποιες απλές παράμετροι περιβάλλουσας πληροφορίας καλώντας κάποια υπηρεσία, ενώ η πηγή μπορεί να προσφέρει και άλλες παραμέτρους περιβάλλουσας πληροφορίας και μετα-δεδομένα.
 - iv) προσφέρει δυνατότητα για την εφαρμογή προηγμένων διαδικασιών συμπερασμού και συνάθροισης της περιβάλλουσας πληροφορίας: οι περισσότερες προσεγγίσεις απλώς ανακτούν τις τιμές κάποιων παραμέτρων από τις πηγές.
 - v) προσφέρει τη δυνατότητα για χρήση και αξιοποίηση μετα-δεδομένων, προκειμένου να αποτιμηθεί η ποιότητα της περιβάλλουσας πληροφορίας: με εξαίρεση κάποιες προτάσεις όπως π.χ. [147], αυτή η δυνατότητα απουσιάζει παντελώς ή είναι πολύ περιορισμένη.
 - vi) προσφέρει την δυνατότητα για αποθήκευση της περιβάλλουσας πληροφορίας, ώστε να αποσυνδεθεί η παραγωγή από τη διανομή της και να υποστηρίξει τη

διαθεσιμότητα της περιβάλλουσας πληροφορίας σε περιπτώσεις που ο πάροχος δεν είναι διαθέσιμος ή παρατηρούνται δυσλειτουργίες στο δίκτυο (π.χ. μικρό εύρος ζώνης, αδυναμία προσπέλασης μιας υπηρεσίας). Ωστόσο υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις, όπως π.χ. το ESCAPE framework [230] που προσφέρει κάποια περιορισμένη δυνατότητα αποθήκευσης στη συσκευή και στον κεντρικό εξυπηρέτη και το COPAL [147] που υποστηρίζει την αποθήκευση περιβάλλουσας πληροφορίας μέσω μιας επέκτασης (plugin).

vii) μπορεί εύκολα να διαχειρίζεται νέες παραμέτρους της περιβάλλουσας κατάστασης, απλά με την υλοποίηση κάποιας επέκτασης για τη διαχείριση των δεδομένων μιας νέας πηγής: αντίθετα, οι περισσότερες προτάσεις διαχειρίζονται ένα πολύ περιορισμένο και σταθερό υποσύνολο των παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης.

Ανακεφαλαιώνοντας, οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, παρουσιάζουν μια σοβαρή έλλειψη μιας αρχιτεκτονικής, η οποία να διαχειρίζεται την περιβάλλουσα πληροφορία, χωρίς να θέτει περιορισμούς στο εύρος και τον αριθμό των σχετικών παραμέτρων, ενώ ταυτόχρονα να παρέχει δυνατότητες επεξεργασίας (π.χ. συμπερασμού, συνάθροισης) και αποθήκευσης της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Η προτεινόμενη προσέγγιση υιοθετεί τη χρήση ενδιάμεσου επιπέδου (middleware) για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας, χρησιμοποιώντας τόσο κεντρικοποιημένες συνιστώσες (κυρίως για τη επεξεργασία, αποθήκευση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας) και κάποιες κατακευματισμένες συνιστώσες για τη σύλληψη της περιβάλλουσας πληροφορίας. Αυτή η διάταξη είναι κατάλληλη για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου για τους ακόλουθους λόγους:

- i. Μία και μόνο συνιστώσα λογισμικού (*ο Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας*) θα διαχειριστεί τα θέματα που απορρέουν από την ταυτόχρονη προσπέλαση των αισθητήρων.
- ii. Η κεντροποιημένη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας ανακουφίζει τις φορητές συσκευές από το φόρτο να διαχειριστούν οι ίδιες την περιβάλλουσα πληροφορία.. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό από τη στιγμή που οι πόροι των φορητών συσκευών είναι λιγστοί. Επιπρόσθετα η κεντροποιημένη διαχείριση και αποθήκευση, επιτρέπει τη χρήση μεγάλων όγκων δεδομένων περιβάλλουσας πληροφορίας και την εκτέλεση σύνθετων και προηγμένων τεχνικών διερμηνείας όταν απαιτούνται.
- iii. Η διεπαφή χρήστη των βασισμένων στον ιστό ΕΚΗΕ, εκτελείται σε ένα κεντρικό εξυπηρετή και λαμβάνοντας υπόψη πως και η αποθήκευση της περιβάλλουσας πληροφορίας γίνεται από κεντροποιημένες συνιστώσες, οι συνιστώσες αυτές μπορούν να επικοινωνούν μέσω δικτύων μεγάλου εύρους ζώνης, απαλλάσσοντας τη φορητή συσκευή από την ανάγκη για συνεχή μεταφορά της περιβάλλουσας πληροφορίας μέσω αργών και ακριβών καναλιών. Η χρήση αυτών των καναλιών περιορίζεται σε έναν απόλυτα ελάχιστο αριθμό μηνυμάτων που απαιτούνται για να μεταφέρουν περιβάλλουσα πληροφορία από τις πηγές σύλληψης της, κατευθείαν στον κεντρικό εξυπηρετή ή στα περιτυλίγματα συνάθροισης περιβάλλουσας πληροφορίας και στους διερμηνείς περιβάλλουσας πληροφορίας. Η χρήση των κατανεμημένων περιτυλιγμάτων περιβάλλουσας πληροφορίας επιτρέπει τη σύλληψη της περιβάλλουσας πληροφορίας από απομακρυσμένες θέσεις (κινητές συσκευές, αισθητήρες καιρικών συνθηκών και κίνησης, κ.λπ.).

- iv. Η βασισμένη σε συνιστώσες αρχιτεκτονική επιτρέπει την υλοποίηση με χρήση της τεχνολογίας των υπηρεσιών ιστού, η οποία προάγει την ανεξαρτησία από προγραμματιστική γλώσσα, λειτουργικό σύστημα ή ενδιάμεσο λογισμικό, ενώ ταυτόχρονα εγγυάται την διαλειτουργικότητα που είναι μια σημαντική απαίτηση για τις βασισμένες στον ιστό ΕΚΗΕ.
- v. Η προτεινόμενη προσέγγιση για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας αποκρύπτει τις χαμηλού επιπέδου λεπτομέρειες αίσθησης από τους καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας (συναθροιστές, διερμηνείς, διαχειριστές προσαρμογής, εφαρμογές). Επιπρόσθετα, ο κώδικας της κύριας ΕΚΗΕ δεν χρειάζεται να λαμβάνει ειδοποιήσεις, καθώς αυτές προωθούνται στον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*. Έτσι εξαλείφεται η ανάγκη για χρήση προηγμένων προγραμματιστικών τεχνικών, όπως ξεχωριστών νημάτων (threads) για τη λήψη των ειδοποιήσεων (notifications) ή η κλήση χειριστών σημάτων κατά την άφιξη μιας εισερχόμενης ειδοποίησης, απλοποιώντας έτσι την υλοποίηση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και μειώνοντας την πιθανότητα λαθών του κώδικα (bugs).
- vi. Τέλος, η προτεινόμενη αρχιτεκτονική είναι αρκετά γενική ώστε να υποστηρίξει τις ανάγκες για περιβάλλουσα πληροφορία ενός ευρέως φάσματος εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης και επιπρόσθετα οι υλοποιημένες συνιστώσες λογισμικού του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* μιας εφαρμογής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μια άλλη εφαρμογή, ανέπαφες ή με μικρές τροποποιήσεις.

Ιδιότητα Σύστημα διαχείρισης Π.Π.	Χρήση ενδιάμεσων λογισμικού	Χρήση κεντρικού εξυπηρετή διαχείρισης Π.Π.	Χρήση ενός σταθερού υπολογιστή υψηλών προδιαγραφών ως εξυπηρετή (αποθήκευση, διεργασία, διανομή)	Χρήση πράκτορα ανακάλυψης	Εύρος της Π.Π. που διαχειρίζεται το σύστημα	Κατάλληλότητα για ΕΚΗΕ
Προτεινόμενη προσέγγιση	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Context Toolkit [54]	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Μόνο δεδομένα απ' ευθείας από αισθητήρες	Περιορισμένη, κυρίως στοχευμένη σε εφαρμογές βασισμένες σε αισθητήρες
Korpiä, Context Management System [135]	Ναι	Ναι	Όχι, η κεντρική διαχείριση εκτελείται στη φορητή συσκευή	Όχι	Περιορισμένη, διότι οι εξυπηρετές κεντρικής διαχείρισης εκτελούνται στην κεντρική συσκευή	Ναι, ωστόσο προσανατολισμένη σε εφαρμογές που εκτελούνται στη φορητή συσκευή, όχι σε εφαρμογές που εκτελούνται σε προγράμματα πλοήγησης.
SOCAM [96]	Ναι	Ναι	Ναι, χρειάζεται έναν εξυπηρετή για κάθε πεδίο (π.χ. πεδίο οχημάτων)	Ναι	Περιορισμένη και διαμερισμένη σε διαφορετικά πεδία	Κατάλληλη για έξυπνους χώρους με περιορισμένο εύρος π.χ. έξυπνα οχήματα.
CASS [74]	Ναι	Ναι, διατηρεί ωστόσο αντίγραφο της Π.Π. στις φορητές συσκευές.	Ναι	No	Περιορισμένη, κυρίως Π.Π. από αισθητήρες και θέση από GPS.	Κυρίως προσανατολισμένη σε έξυπνους χώρους με περιορισμένο εύρος π.χ. έξυπνες περιοχές παρουσίασης.
CoBrA [40]	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Κατάλληλη για έξυπνους χώρους με περιορισμένο εύρος π.χ. έξυπνα δωμάτια.
Hydrogen [106]	Ναι	Ναι	Όχι, υλοποιούνται στη φορητή συσκευή.	Όχι	Περιορισμένη, λόγω της ανεπάρκειας πόρων στη φορητή συσκευή. Κυρίως διαχειρίζεται τον χρόνο τη θέση, τα χαρακτηριστικά της συσκευής και τις προσωπικές πληροφορίες.	Το πλαίσιο εκτελείται στη φορητή συσκευή και κυρίως απευθύνεται σε αυτοδύναμες (stand-alone) εφαρμογές που χρησιμοποιούν ασύρματα τοπικά δίκτυα (συμπεριλαμβανομένου του Bluetooth) για ανταλλαγή Π.Π. μεταξύ συσκευών
Copal [147]	Ναι	Ναι	Περιορισμένα	Ναι	Όχι, μόνο από αισθητήρες	Κατάλληλη για έξυπνους χώρους
ESCAPE framework [230]	Ναι, όμως είναι P2P	Περιορισμένα	Περιορισμένα	Περιορισμένα	Όχι	Κατάλληλη για επείγουσες καταστάσεις

Πίνακας 6: Διαφορές και επικαλύψεις μεταξύ υαρχουσών προσεγγίσεων και της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής

Ο Πίνακας 6 συνοψίζει τις διαφορές και επικαλύψεις ανάμεσα στις υπάρχουσες προσεγγίσεις και στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας.

6.6 Συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός του υποσυστήματος που θα διαχειριστεί την περιβάλλουσα πληροφορία μπορεί να τυποποιηθεί, δεδομένου ότι αποτελεί μια τυποποιημένη και επαναλαμβανόμενη διαδικασία για κάθε ΕΚΗΕ. Επιπρόσθετα η ενθυλάκωση της λογικής και των διαδικασιών για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας σε ένα ξεχωριστό σύστημα παρέχει μοναδικά πλεονεκτήματα αναφορικά με τις δυνατότητες διαχείρισης (manageability), συντήρησης (maintainability) και την ταχύτητα ανάπτυξης των εφαρμογών.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάσαμε μια υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική λογισμικού για τη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας κατάλληλη για τις εφαρμογές κινητού εμπορίου. Επιπρόσθετα περιγράψαμε τη λειτουργικότητα και τα χαρακτηριστικά καθεμίας συνιστώσας της αρχιτεκτονικής όπως επίσης και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των διαφορετικών συνιστωσών. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική είναι αρθρωτή (modular), αποκρύπτει την πολυπλοκότητα που σχετίζεται με τις διαφορετικές μεθόδους αίσθησης (sensing methods), τις ποικίλες πηγές περιβάλλουσας πληροφορίας και τις διαφορετικές τεχνολογίες πρόσβασης σε αυτές (access technologies). Επιπρόσθετα οδηγεί σε μια διαφανή προς τον χρήστη υποδομή (user-transparent infrastructure) η οποία παρέχει στους προγραμματιστές εφαρμογών τις κατάλληλες υπηρεσίες που διευκολύνουν και επιταχύνουν την ανάπτυξη των ΕΚΗΕ. Τέλος παρουσιάσαμε τις κυριότερες διαφορές και τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής σε σχέση με άλλες προτάσεις της σύγχρονης βιβλιογραφίας.

Εκτός από την τυποποίηση του διαχειριστή περιβάλλουσας πληροφορίας, που παρουσιάσαμε σε αυτό το κεφάλαιο, κλειδί για την επιτυχή χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου για την παροχή προσαρμοστικών υπηρεσιών, αποτελεί η τυποποίηση του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, δηλαδή εκείνης της συνιστώσας που θα επιτελέσει την προσαρμογή της κύριας εφαρμογής. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζουμε μια προσέγγιση για αυτήν τη τυποποίηση, ακολουθώντας την *αρχή του διαχωρισμού των ενδιαφερόντων* (*separation of concerns principle*) που προσφέρει το υπόδειγμα προσανατολισμού σε απόψεις (aspect-oriented paradigm) [129].

Στη δημοσίευση “*A Software Architecture for Provision of Context-Aware Web-based m-Commerce Applications*” και στη δημοσίευση “*A Context Management Architecture for m-Commerce Applications*”, που αναφέρουμε στη σελίδα 10, παρουσιάζουμε την αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας. Επιπλέον στη δεύτερη δημοσίευση αποτιμούμε την αποτελεσματικότητα του Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας μέσα από τη χρήση του για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Η Αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Προσαρμογής

7.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την αρχιτεκτονική του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, δηλαδή εκείνου του υποσυστήματος λογισμικού το οποίο θα χρησιμοποιήσει την περιβάλλουσα πληροφορία που διαχειρίζεται ο *Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας* προκειμένου να προσαρμόσει τις λειτουργίες της κύριας εφαρμογής. Η χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας για την παροχή προσαρμοστικών εφαρμογών, προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα τόσο για τους παρόχους αυτών των εφαρμογών όσο και για τους τελικούς χρήστες. Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- i) Οι πάροχοι μπορούν να προσφέρουν τη λειτουργικότητα της ίδιας βασικής εφαρμογής σε ένα ευρύ φάσμα συσκευών και δικτύων, προσεγγίζοντας έτσι περισσότερους χρήστες ανεξάρτητα από τη θέση τους και το χρόνο. Επίσης εκμεταλλευόμενοι τις παραμέτρους του περιβάλλοντος (π.χ. τη θέση) μπορούν να προσφέρουν καινοτόμες υπηρεσίες (π.χ. πληροφορίες για θέατρα και εστιατόρια στην εγγύτητα του χρήστη, διαφημίσεις προϊόντων με βάση τη θέση), με αποτέλεσμα την προσέλκυση νέων πελατών και τη διατήρηση της αφοσίωσης των υπαρχόντων.
- ii) Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα και το πλεονέκτημα να λαμβάνουν έγκαιρη και ενδιαφέρουσα πληροφόρηση ανεξάρτητα από το χρόνο και τη θέση στην οποία βρίσκονται. Παραδείγματα, αποτελούν οι προσφορές ενός πολυκαταστήματος στο οποίο βρίσκονται οι χρήστες, πληροφορίες για χώρους

στάθμευσης αυτοκινήτων και θέατρα στην εγγύτητά τους, λίστες προϊόντων και υπηρεσιών σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους, τιμές μετοχών που ξεπερνούν ένα προκαθορισμένο όριο.

Προκειμένου να μπορεί μια βασική εφαρμογή να προσαρμοστεί θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη κατάλληλα ώστε να μπορεί να επιδέχεται προσαρμογή. Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την αρχιτεκτονική μιας προσαρμοστικής εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ορίζοντας τις συνιστώσες λογισμικού που τη συνθέτουν και τη λειτουργικότητά καθεμιάς από αυτές. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε μια προσέγγιση προσανατολισμένη σε απόψεις (aspect-oriented) για την επίτευξη της προσαρμογής της βασικής εφαρμογής. Ειδικότερα, θα παρουσιάσουμε μια προσέγγιση για το *πότε*, *πού* και *πώς* θα ενσωματωθεί η προσαρμογή σε μια εφαρμογή κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Προκειμένου να παρουσιάσουμε αυτή την πρόταση, υιοθετούμε μια προσέγγιση δύο σταδίων. Στο πρώτο στάδιο περιγράφουμε τον σχεδιασμό της βασικής εφαρμογής, χωρίς να λάβουμε υπόψη τα χαρακτηριστικά προσαρμογής, ορίζοντας όμως τα αντικείμενα της εφαρμογής τα οποία θα είναι δυνατόν να επιδέχονται προσαρμογή, παράγοντας έτσι μια εφαρμογή “έτοιμη για προσαρμογή” (“adaptation-ready”), στην οποία θα μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί η προσαρμογή. Στο δεύτερο στάδιο περιγράφουμε την αρχιτεκτονική λογισμικού η οποία θα αξιοποιήσει τις δομές που προσφέρει ο προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός (aspect-oriented programming), ώστε να συνυφανθεί η λογική της προσαρμογής στην μη προσαρμοστική εφαρμογή του πρώτου σταδίου.

Το υπόλοιπο κεφάλαιο οργανώνεται ως εξής: Στην ενότητα 7.2 παρουσιάζουμε τα βασικά συστατικά μέρη μια εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, καθώς και τον τρόπο που θα πρέπει αυτή να δομηθεί ώστε να επιδέχεται μελλοντική

προσαρμογή. Στην ενότητα 7.3 αναλύουμε τη διαδικασία της προσαρμογής και αναφερόμαστε συνοπτικά στις δομές του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να υλοποιηθεί η προσαρμογή. Στην ενότητα 7.4 παρουσιάζουμε τον *Διαχειριστή Προσαρμογής (Adaptation Manager)*, στα πλαίσια του οποίου θα πραγματοποιηθεί η προσαρμογή, χρησιμοποιώντας τις δομές του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού που συζητούνται στην ενότητα 7.3. Στην ενότητα 7.5 συγκρίνουμε την παρούσα πρόταση με αντίστοιχες στο χώρο. Στην ενότητα 7.6 συνοψίζουμε τα συμπεράσματα αυτού του κεφαλαίου.

7.2 Η ανάπτυξη μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου

7.2.1 Η δομή μιας διαδικτυακής εφαρμογής

Προκειμένου να είναι εφικτή η διαδικασία της προσαρμογής –η οποία θα επιτελεστεί στα πλαίσια του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, όπως αναλύεται στην ενότητα 7.4- θα πρέπει η βασική εφαρμογή να είναι σχεδιασμένη κατάλληλα ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν μελλοντικά οι λειτουργίες της προσαρμογής. Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση του σχεδιασμού της βασικής εφαρμογής κατά τρόπο που να διευκολύνει την εκτέλεση της προσαρμογής, θα αναλύσουμε τη δομή μιας διαδικτυακής εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Επιλέγουμε να εστιάσουμε σε διαδικτυακές εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, καθώς η πλειοψηφία των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου υλοποιούνται πλέον με τεχνολογίες διαδικτύου και έτσι η εμβάθυνση στη λειτουργία της διαδικτυακής εφαρμογής θα συνεισφέρει στην πληρέστερη κατανόηση της διαδικασίας προσαρμογής που περιγράφουμε στην ενότητα 7.4.

Το μοντέλο υπερκειμένου (hypertext model) ορίστηκε στη γλώσσα WebML [39] για να περιγράψει τον τρόπο που οργανώνεται το περιεχόμενο (content) μιας εφαρμογής διαδικτύου σε δομή υπερκειμένου και συνακόλουθα τον τρόπο με τον οποίο πλοηγείται ο χρήστης εντός του περιεχομένου αυτού. Μια διαδικτυακή εφαρμογή περιλαμβάνει ένα βασικό μοντέλο δεδομένων (που συνηθέστατα αποτυπώνεται με κάποια μεθοδολογία, π.χ. UML ή ER), μία βασική επιχειρηματική λογική και ένα μοντέλο πλοήγησης (navigation model), που τελικά συνδιαμορφώνουν μια *συλλογή σελίδων* [39]. Οι *σελίδες δεδομένων* φέρουν την πληροφορία του μοντέλου δεδομένων μετασχηματισμένη μέσω της επιχειρηματικής λογικής και οργανώνονται μέσω του μοντέλου πλοήγησης ώστε να διανέμουν αυτή την πληροφορία στους χρήστες με έναν εύχρηστο τρόπο. Μια σελίδα διαδικτύου συνίσταται από ένα σύνολο από *ενότητες περιεχομένου (content units)* οι οποίες είναι υποδοχείς στοιχειωδών τμημάτων *πληροφορίας*, τα οποία ανακτώνται από τις πηγές δεδομένων. Κάθε ενότητα περιεχομένου έχει μια σειρά από *ιδιότητες παρουσίασης (presentation properties)* και συγκεκριμένη *λειτουργικότητα (functionality)*.

Η *βασική εφαρμογή* αποτελείται από μία συνεπή *διεπαφή χρήστη* [148] και από ένα αριθμό από *υπηρεσίες (services)* οι οποίες υλοποιούν τη βασική λειτουργικότητα του συστήματος, χωρίς επίγνωση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η *διεπαφή χρήστη* αποτελείται από τις σελίδες (web pages) οι οποίες με τη σειρά τους συντίθενται από τις *ενότητες περιεχομένου*. Οι *υπηρεσίες* είναι εκείνες οι συνιστώσες της εφαρμογής οι οποίες τροφοδοτούν με δεδομένα και λειτουργικότητα τις ενότητες περιεχομένου. Οι υπηρεσίες δεν έχουν επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης και η συμπεριφορά τους παραμένει η ίδια και ανεξάρτητη από τις μεταβολές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Επιπρόσθετα, αυτές οι υπηρεσίες καθιστούν διαθέσιμη τη λειτουργικότητά τους μέσα από μια σειρά από διακριτές εναλλακτικές επιλογές

καλούμενες *διεπαφές υπηρεσιών* (*service interfaces*) (π.χ. πολυμεσική εκδοχή, έναντι εκδοχής απλού κειμένου), προκειμένου να υποστηρίξουν τις διαφορετικές προτιμήσεις κατά τη διαδικασία της προσαρμογής. Παρόμοιες δομές χρησιμοποιούνται και σε άλλες μεθοδολογίες σχεδιασμού διαδικτυακών εφαρμογών συμπεριλαμβανομένων των UWE [99], [182] και Hera [213], [240].

7.2.2 Τα βήματα ανάπτυξης μιας ΕΚΗΕ

Προκειμένου να σχεδιαστεί μια σελίδα μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου θα πρέπει τελικά να σχεδιαστούν τα συστατικά της μέρη, δηλαδή οι ενότητες περιεχομένου που την απαρτίζουν. Ο σχεδιασμός μιας ενότητας περιεχομένου ανάγεται στον καθορισμό/σχεδιασμό των συνιστωσών της ενότητας ήτοι: i) της *διεπαφής* της, δηλαδή των στοιχείων ελέγχου (controls) που περιλαμβάνει, ii) των *ιδιοτήτων παρουσίασης* της διεπαφής, iii) των δεδομένων με τα οποία θα τροφοδοτηθεί και iv) της επιπρόσθετης λειτουργικότητας της, π.χ. δυνατότητα εισαγωγής μιας νέας εγγραφής, ή δυνατότητα αναλυτικότερης πληροφόρησης για μια εγγραφή (π.χ. μέσω μετάβασης σε μια νέα σελίδα) ή δυνατότητα για πλοήγηση σε μια νέα σελίδα.

Ο καθορισμός/σχεδιασμός των παραπάνω συστατικών μερών μιας ενότητας περιεχομένου, μπορεί να γίνει μέσα από αντίστοιχες μεθόδους κατάλληλων υπηρεσιών σε μια αρθρωτή (modular) προσέγγιση. Ο τεμαχισμός του σχεδιασμού μιας ενότητας περιεχομένου, στον σχεδιασμό των επιμέρους μεθόδων για τον καθορισμό της διεπαφής χρήστη, των ιδιοτήτων παρουσίασης της διεπαφής, των δεδομένων και της λειτουργικότητας της, θα μας επιτρέψει να πετύχουμε την διαδικασία της προσαρμογής με ένα πιο ευέλικτο τρόπο, όπως θα δούμε στις επόμενες παραγράφους.

Επομένως η βασική εφαρμογή θα πρέπει να σχεδιαστεί με κατάλληλο τρόπο, (ενότητες περιεχομένου με τις αντίστοιχες μεθόδους τους), ώστε να δύναται να προσαρμοστεί. Ένας σχεδιασμός της βασικής εφαρμογής που επιτρέπει τη διαδικασία της προσαρμογής, μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από τα ακόλουθα βήματα, τα οποία ακολουθούν τη φιλοσοφία σχεδιασμού της WebML [39]:

Βήμα 1: Κατά τη διάρκεια του υψηλού επιπέδου σχεδιασμού της εφαρμογής, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι διαφορετικές σελίδες της εφαρμογής και οι ενότητες περιεχομένου που μπορεί να περιλαμβάνει η κάθε σελίδα.

Βήμα 2: Στον λεπτομερή σχεδιασμό της εφαρμογής, για κάθε ενότητα περιεχομένου ορίζουμε την υπηρεσία που θα παρέχει το περιεχόμενο για την ενότητα, προσδιορίζοντας τις εναλλακτικές διεπαφές της υπηρεσίας (π. χ. πολυμεσική εκδοχή, ή εκδοχή απλού κειμένου) και τελικά καθορίζουμε τις εναλλακτικές ενότητες περιεχομένου της αρχικής ενότητας περιεχομένου.

Βήμα 3: για κάθε υπηρεσία που ορίστηκε στο βήμα 2, ορίζουμε τις κατάλληλες μεθόδους που υλοποιούν τις σχετικές προδιαγραφές και πιο αναλυτικά:

Βήμα 3α: Για κάθε ενότητα περιεχομένου θα οριστεί η μέθοδος που θα την αρχικοποιήσει [π.χ. θα δημιουργήσει ένα στιγμιότυπο (instance) της κλάσης που την υλοποιεί] και θα την ενσωματώσει στη σελίδα.

Βήμα 3β: Για κάθε ενότητα περιεχομένου θα οριστεί η μέθοδος που θα ανακτήσει το περιεχόμενο της (π.χ. μέσω υποβολής ενός ερωτήματος στη βάση δεδομένων).

Βήμα 3γ: Για κάθε ενότητα περιεχομένου θα οριστεί η μέθοδος που θα ορίσει τα σχετικά με την παρουσίαση χαρακτηριστικά (presentation-related properties) της.

Βήμα 3δ: Για κάθε ενότητα περιεχομένου θα οριστούν οι μέθοδοι που θα παρέχουν την επιπρόσθετη λειτουργικότητά της (πέραν της άντλησης των δεδομένων, για παράδειγμα την εισαγωγή των στοιχείων μιας συναλλαγής στη βάση δεδομένων, ή την κλήση μιας υπηρεσίας κράτησης).

Βήμα 3ε: Για κάθε ενότητα περιεχομένου θα οριστούν οι μέθοδοι οι οποίες θα δημιουργήσουν τον κώδικα που θα υποστηρίξει την αλληλεπίδραση του χρήστη με τη σελίδα.

Βήμα 4: Σε αυτό το βήμα θα διακριθούν και θα καθοριστούν τα αντικείμενα κάθε ενότητας περιεχομένου τα οποία μπορούν να δεχθούν προσαρμογή. Παραδείγματα αντικειμένων που μπορούν να δεχθούν προσαρμογή αποτελούν: i) τα ερωτήματα που υποβάλλονται στη βάση δεδομένων, ii) το πλήθος και το είδος των στηλών που εμφανίζεται σε έναν πίνακα, iii) η ταξινόμηση των εγγραφών σε έναν πίνακα (π.χ. ταξινόμηση σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη), iv) το είδος των εγγραφών που εμφανίζονται σε έναν πίνακα (π.χ. αποκλεισμός κάποιων εγγραφών σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη), v) η γλώσσα παρουσίασης των δεδομένων και των τίτλων (σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη), vi) οι ιδιότητες παρουσίασης των αντικειμένων (π.χ. μέγεθος γραμματοσειράς, πάχος γραμματοσειράς, χρώμα φόντου), vii) οι ιδιότητες των εικόνων που εμφανίζονται (μέγεθος και ανάλυση εικόνας), viii) τα διαφορετικά λεκτικά των τίτλων των αντικειμένων (π.χ. το όνομα μιας ετικέτας ή το όνομα ενός κουμπιού), ix) οι διαφορετικές υπηρεσίες (services) που δύναται εναλλακτικά να κληθούν (π.χ. στο πάτημα ενός κουμπιού η κλήση μιας υπηρεσίας κράτησης (*reservation*) ή η κλήση μιας υπηρεσίας κράτησης με έκπτωση (*discountReservation*), x) οι διαφορετικές σελίδες στις οποίες μπορεί να οδηγήσει ένας σύνδεσμος πλοήγησης (navigation link). Αυτό το βήμα είναι παρόμοιο με το βήμα διεθνοποίησης (internalization step) της διαδικασίας ανάπτυξης μιας

πολυγλωσσικής εφαρμογής [68], [69], [176], όπου διακρίνονται τα διάφορα στοιχεία (elements) και οι λειτουργίες (operations) που είναι αντικείμενα *τοπικής προσαρμογής* (localization) (ένα διακριτό βήμα που ακολουθεί τη διαδικασία διεθνοποίησης).

Μετά την ολοκλήρωση αυτού του βήματος θα έχουν καθοριστεί i) οι διαφορετικές υπηρεσίες που δύναται να παρέχει μια ενότητα περιεχομένου (π.χ. εμφάνιση κειμένου ή εικόνας, αναλυτικές ή συνοπτικές πληροφορίες), με την επιλογή εναλλακτικών ενότητων περιεχομένων της αρχικής ενότητας περιεχομένου, ii) οι συμπληρωματικές ενότητες περιεχομένου που δύναται να εμφανιστούν σε μια σελίδα (π.χ. ενότητα περιεχομένου με πρόσθετες πληροφορίες, εφόσον το επιτρέπει το τρέχον εύρος ζώνης), iii) τα σχετικά με τη λειτουργικότητα χαρακτηριστικά (operation-related properties) των αντικειμένων που θα επιδέχονται προσαρμογή (π.χ. η υπηρεσία που θα κληθεί στο πάτημα ενός κουμπιού), iv) τα σχετικά με το περιεχόμενο χαρακτηριστικά (content-related properties) των αντικειμένων που θα επιδέχονται προσαρμογή (π.χ. το ερώτημα που θα υποβληθεί στη βάση δεδομένων, ο τίτλος που θα εμφανιστεί σε ένα λεκτικό, η γλώσσα παρουσίασης των δεδομένων), και v) τα σχετικά με την παρουσίαση χαρακτηριστικά (presentation-related properties) των αντικειμένων που θα επιδέχονται προσαρμογή (π.χ. το μέγεθος γραμματοσειράς και το χρώμα φόντου).

Βήμα 5: Στη συνέχεια θα πρέπει να οριστεί η μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας (default page behavior), χωρίς να ληφθεί υπόψη η περιβάλλουσα πληροφορία (π.χ. για περιπτώσεις που για οποιαδήποτε λόγο ο *Διαχειριστής Περιβάλλουσας Πληροφορίας* αδυνατεί να παρέχει περιβάλλουσα πληροφορία, ή για περιπτώσεις που ο χρήστης της εφαρμογής επιλέγει να μην παράσχει περιβάλλουσα πληροφορία που τον αφορά ή να μην δώσει εξουσιοδότηση για χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας που τον αφορά). Ο ορισμός της μη προσαρμοστικής συμπεριφοράς της

σελίδας (default page behavior), συνίσταται στον καθορισμό της πληροφορίας και της λειτουργικότητας κάθε σελίδας, μέσα από: i) την επιλογή συγκεκριμένων ενότητων περιεχομένου, ii) τον ορισμό των default υπηρεσιών που θα κληθούν να εφοδιάσουν την κάθε ενότητα περιεχομένου με περιεχόμενο και λειτουργικότητα και iii) την απόδοση default τιμών στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων που ορίστηκαν στο βήμα 4 και τα οποία θα είναι δυνατόν να προσαρμοστούν (τα σχετικά με λειτουργικότητα, περιεχόμενο και παρουσίαση χαρακτηριστικά).

Η δόμηση μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου σύμφωνα με τον τρόπο που προαναφέραμε, θα επιτρέψει την προσαρμογή της βασικής εφαρμογής, i) επιλέγοντας ανάμεσα σε εναλλακτικές ενότητες περιεχομένου και εμφανίζοντας ή όχι ενότητες περιεχομένου (με την κλήση ή μη των μεθόδων που αρχικοποιούν κάθε ενότητα περιεχομένου και την ενσωματώνουν στη σελίδα), ii) αποδίδοντας τιμές στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων που δύναται να προσαρμοστούν (τα σχετικά με λειτουργικότητα, περιεχόμενο και παρουσίαση χαρακτηριστικά), με βάση τους κανόνες προσαρμογής και τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, και iii) εγγέροντας πρόσθετη λειτουργικότητα στη σελίδα με κλήση κώδικα έξω από την κύρια εφαρμογή (με τεχνικές που προσφέρει ο προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός), πριν ή μετά την κλήση συγκεκριμένων μεθόδων της κύριας εφαρμογής (π.χ. για την υλοποίηση διαδικασιών ταξινόμησης ή αποκλεισμού εγγραφών που ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων και πριν εμφανιστούν στον τελικό χρήστη, έξω από την κύρια εφαρμογή και σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη).

7.3 Η διαδικασία της προσαρμογής

7.3.1 Η σκιαγράφηση της προσαρμογής

Δεδομένης μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου η οποία έχει σχεδιαστεί με τη μεθοδολογία που περιγράψαμε στην ενότητα 7.2, ώστε να επιδέχεται μελλοντική προσαρμογή και ενός υποσυστήματος το οποίο συλλέγει, επεξεργάζεται και διανέμει την περιβάλλουσα πληροφορία –δηλαδή του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 6- το επόμενο ζητούμενο μιας προσαρμοστικής εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου είναι η διαδικασία της ίδιας της προσαρμογής. Εύλογα ερωτήματα που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό αυτής της διαδικασίας είναι i) *πότε θα γίνει η προσαρμογή*, ii) *ποιές θα είναι οι εργασίες προσαρμογής (adaptation tasks)*, iii) *πού θα γίνει η προσαρμογή* και iv) *πώς θα γίνει η προσαρμογή*, θέματα τα οποία αναπτύσσουμε στις επόμενες παραγράφους.

- i) *“Πότε θα γίνει η προσαρμογή”*: Αναλύοντας τον τρόπο με το οποίο λειτουργεί μια εφαρμογή ιστού, παρατηρούμε πως υιοθετεί το μοντέλο *αίτησης-απάντησης*: ο εξυπηρετούμενος στέλνει μία αίτηση (request) στον εξυπηρέτη, ο οποίος με τη σειρά του ετοιμάζει την απάντηση (response) την οποία προωθεί πίσω στον εξυπηρετούμενο. Η αίτηση συνίσταται σε ένα URL το οποίο προσδιορίζει τον επιθυμητό πόρο (resource - web page) και ενδεχομένως κάποιες παραμέτρους, cookies, επικεφαλίδες και άλλα στοιχεία που συμπληρώνουν το URL. Ο πόρος (resource) που αντιστοιχεί στην απάντηση μπορεί να μην είναι προκατασκευασμένος (δηλ. να πρόκειται για το περιεχόμενο ενός αρχείου) αλλά να δημιουργείται δυναμικά από την εφαρμογή ιστού. Στην περίπτωση των προσαρμοστικών εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, η απάντηση (response), εξαρτάται, πέρα από το URL και τις παραμέτρους του αιτήματος και

από τις τιμές που έχει η περιβάλλουσα πληροφορία. Λαμβάνοντας έτσι υπ' όψιν ότι:

1. η φύση της περιβάλλουσας πληροφορίας είναι δυναμική (π.χ. η τοποθεσία ενός χρήστη αλλάζει γρήγορα καθώς αυτός κινείται, ενώ ως αποτέλεσμα της μετακίνησης αυτής μπορεί να αλλάξει και το εύρος ζώνης της σύνδεσής του, λόγω της εισόδου του σε περιοχή που καλύπτεται από σήμα 3G ή διαθέτει σύνδεση Wi-Fi).
2. το εύρος τιμών που μπορεί να λαμβάνουν πολλές παράμετροι της περιβάλλουσας πληροφορίας είναι τόσο μεγάλο, που είναι πρακτικά αδύνατο να προκατασκευαστούν στατικοί πόροι που να ανταποκρίνονται σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τιμών των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας

οδηγούμαστε στην επιλογή της *δυναμικής προσαρμογής* [124], δηλαδή στην υλοποίηση της προσαρμογής με δημιουργία των σελίδων κατά τον χρόνο εκτέλεσης (runtime), σε αντιδιαστολή με την *στατική προσαρμογή* [85]), όπου η προσαρμογή συνίσταται στην επιλογή ανάμεσα σε πόρους που έχουν καθοριστεί κατά το στάδιο σχεδιασμού της εφαρμογής. Ουσιαστικά το τμήμα της προσαρμοσμένης εφαρμογής που εκτελείται στον εξυπηρέτη θα εξετάσει το URL, τις παραμέτρους που παρέχονται από το αίτημα και τη διαθέσιμη περιβάλλουσα πληροφορία και θα παράγει σαν απάντηση μια προσαρμοσμένη σελίδα, σύμφωνα με τους κανόνες της προσαρμογής. Οι κανόνες προσαρμογής θα είναι αποθηκευμένοι στο *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής* (όπως θα δούμε στην ενότητα 7.4.2) και θα μεταφράζονται δυναμικά σύμφωνα με τις τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Οι εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου πέραν της απάντησης στα αιτήματα των χρηστών, συχνά παίρνουν την πρωτοβουλία να ενημερώνουν (notify) τους χρήστες αναφορικά με διάφορα γεγονότα (events), π.χ. προσφορές σε ένα πολυκατάστημα. Οι ειδοποιήσεις υλοποιούν το *μοντέλο προώθησης* της πληροφορίας (*push model*) και είναι αντικείμενο προσαρμογής όμοια με το *μοντέλο άντλησης* της πληροφορίας (*pull model*), από τη στιγμή που για παράδειγμα οι ειδοποιήσεις για τις προσφορές ενός πολυκαταστήματος θα πρέπει να σταλούν μόνο στους χρήστες που θα βρίσκονται στο πολυκατάστημα κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης προσφοράς και πιθανόν μόνο στους χρήστες που ενδιαφέρονται για το συγκεκριμένο προϊόν. Από τη στιγμή που οι ειδοποιήσεις είναι από τη φύση τους δυναμικές, επομένως το δυναμικό μοντέλο προσαρμογής είναι κατάλληλο και για αυτή την περίπτωση.

ii) “*Ποιές θα είναι οι εργασίες προσαρμογής*”: Ένα άλλο θέμα που προκύπτει σχετικά με την προσαρμογή, είναι “*ποιές είναι ουσιαστικά οι εργασίες της προσαρμογής (adaptation tasks) που θα πρέπει να υλοποιήσει η εφαρμογή*”. Τοποθετώντας τον χρήστη στο κέντρο του ενδιαφέροντος της εφαρμογής, ακολουθώντας έτσι μια user-centered προσέγγιση [244], η λειτουργία της προσαρμογής [124], [26], θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- *Προσαρμογή περιεχομένου (content adaptation)*: καθορίζει είτε το είδος (π.χ. κείμενο ή εικόνα), είτε τα στοιχεία δεδομένων (π.χ. συγκεκριμένες στήλες ή γραμμές ενός πίνακα της βάσης δεδομένων) της πληροφορίας της βασικής εφαρμογής τα οποία, με βάση τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα ανακτηθούν και θα παρουσιαστούν στον χρήστη.
- *Η προσαρμογή λειτουργιών (operation adaptation)*: αναφέρεται στην προσθήκη, την αφαίρεση ή την αντικατάσταση συγκεκριμένων επιμέρους

λειτουργιών της βασικής εφαρμογής, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Παραδείγματα προσαρμογής αυτού του είδους είναι: i) η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της δυνατότητας “εκτύπωσης” ανάλογα με το αν βρίσκεται στην εγγύτητα κάποιος εκτυπωτής, ii) η συμπερίληψη ή ο αποκλεισμός συγκεκριμένων στοιχείων ελέγχου (control elements) στη σελίδα π.χ. η εμφάνιση ενός συνδέσμου για μια σελίδα «Συντήρηση και επισκευή», για χρήστες που έχουν πραγματοποιήσει την αγορά μιας ηλεκτρικής συσκευής ή η εμφάνιση μόνο στοιχείων ελέγχου για πρόσβαση σε αθλητικές ειδήσεις (αποκλείοντας στοιχεία ελέγχου που οδηγούν σε νέα άλλων κατηγοριών). Τέτοιες απαιτήσεις μπορούν να προκύπτουν από την επεξεργασία πληροφοριών για το προφίλ του χρήστη.

- *Η προσαρμογή παρουσίασης (presentation adaptation)*: αναφέρεται στον καθορισμό των ιδιοτήτων παρουσίασης (χρώμα, μέγεθος, γραμματοσειρά, θέση, κ.λπ.) της διεπαφής της εφαρμογής. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να έχει ζητήσει την παρουσίαση κειμένου με μεγαλύτερη γραμματοσειρά για να διευκολύνεται στην ανάγνωση (απαίτηση που απορρέει από τις προτιμήσεις του χρήστη) ή μπορεί να έχει επιλέξει μεγαλύτερη αντίθεση (contrast) χρωμάτων, αν αυτός βρίσκεται σε χώρο με έντονο φωτισμό (απαίτηση που απορρέει από το περιβάλλον του χρήστη).

iii) *“Πού θα γίνει η προσαρμογή”*: έχοντας εστιάσει σε διαδικτυακές εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, οι επιλογές που διατίθενται αναφορικά με το που θα γίνει η προσαρμογή είναι: i) *στην πλευρά του εξυπηρέτη (server-side*, δηλαδή στη μηχανή που φιλοξενεί την εφαρμογή και παράγει τις σελίδες) και ii) *στην πλευρά του εξυπηρετούμενου (client-side*, δηλαδή στη φορητή συσκευή του χρήστη στην οποία χρησιμοποιείται το πρόγραμμα πλοήγησης-browser). Η

εκτέλεση της προσαρμογής στην πλευρά του εξυπηρέτη έχει το πλεονέκτημα ότι πραγματοποιείται σε μια πλούσια σε πόρους μηχανή (σε αντίθεση με τη συσκευή του χρήστη η οποία έχει περιορισμένη μνήμη, επεξεργαστική ισχύ κ.λπ.) και διευκολύνει την κεντρικοποιημένη διαχείριση της περιβάλλουσας πληροφορίας (η οποία προτιμάται σε σχέση με άλλες κατανομημένες προσεγγίσεις) και περιορίζει τα δεδομένα και τον κώδικα που θα πρέπει να σταλούν στον εξυπηρετούμενο (από τη στιγμή που η προσαρμογή θα γίνει στον εξυπηρετούμενο, ο εξυπηρετούμενος θα χρειαστεί όλα τα δεδομένα και τις διατάξεις παρουσίασης (presentation layouts) οι οποίες πιθανόν να χρησιμοποιηθούν και τον κώδικα για να επιλέξει κατάλληλα σε κάθε περίπτωση). Από την άλλη πλευρά, η εκτέλεση της προσαρμογής στον εξυπηρετούμενο έχει καλύτερο χρόνο απόκρισης (από τη στιγμή που όλα τα δεδομένα και ο κώδικας έχουν μεταφορτωθεί στον εξυπηρετούμενο), δεδομένου ότι δεν απαιτείται αποστολή αίτησης στον εξυπηρέτη και λήψη απόκρισης από αυτόν για να ενημερώσει την εμφανιζόμενη σελίδα. Ωστόσο η Ajax τεχνολογία [24], επιτρέπει στις εφαρμογές ιστού να προσκομίσουν από τον εξυπηρέτη μόνο τμήματα της σελίδας που έχουν υποστεί ενημέρωση αντί να προσκομίζουν ολόκληρη τη σελίδα, μειώνοντας έτσι τον χρόνο απόκρισης για τις προσαρμοστικές εφαρμογές με εκτέλεση της προσαρμογής στον εξυπηρέτη. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, υιοθετούμε την εκτέλεση της προσαρμογής στον εξυπηρέτη για τη δική μας προσέγγιση.

Ένα άλλο θέμα αναφορικά με το “*πού θα γίνει η προσαρμογή*”, είναι κατά πόσο ο κώδικας που θα πραγματοποιήσει την προσαρμογή θα βρίσκεται μέσα στον κώδικα της κύριας εφαρμογής ή έξω από αυτόν. Η προσαρμογή εντός της βασικής εφαρμογής μπορεί να γίνει με παραμετροποίηση των μεθόδων των

κλάσεων που υλοποιούν την επιχειρηματική λογική της εφαρμογής, έτσι ώστε να δέχονται σαν παραμέτρους τις ιδιότητες της περιβάλλουσας πληροφορίας και με βάση τις τιμές αυτών παραμέτρων να καθορίζονται οι λειτουργίες της προσαρμογής μέσα σε αυτές τις μεθόδους, π.χ. με εντολές if/then. Αν και αυτός ο τρόπος προσαρμογής πολλές φορές απαιτεί λιγότερο χρόνο ανάπτυξης, τα μειονεκτήματα της μείξης του κώδικα της προσαρμογής με τον κώδικα της βασικής εφαρμογής, περιλαμβάνουν: i) την αύξηση του βαθμού σύζευξης [183] του κώδικα της εφαρμογής, από τη στιγμή που θα υπάρχει μείξη της λογικής της κύριας εφαρμογής με τη λογική της προσαρμογής, ii) αυξημένη δυσκολία των εργασιών συντήρησης του κώδικα, από τη στιγμή που αλλαγές στη λογική της εφαρμογής θα απαιτούν και αλλαγές στη λογική της προσαρμογής και αντίστροφα, και iii) μειωμένη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τόσο του κώδικα της κύριας εφαρμογής όσο και του κώδικα της προσαρμογής, από τη στιγμή που οι δυο κώδικες θα είναι αναμειγνυόμενοι και προσαρμοσμένοι για μια συγκεκριμένη περίπτωση.

Τα παραπάνω μειονεκτήματα μας οδηγούν στην απόρριψη αυτού του είδους της προσαρμογής. Αποδεχόμενοι λοιπόν τη φιλοσοφία του *διαχωρισμού ενδιαφερόντων* (*separation of concerns*), υιοθετούμε την υλοποίηση της *λογικής της προσαρμογής* (*adaptation logic*) εκτός της βασικής εφαρμογής και μέσα σε ένα *ενδιάμεσο λογισμικό προσαρμογής* (*adaptation middleware*), στα πλαίσια του οποίου θα διεκπεραιώνονται οι λειτουργίες της προσαρμογής.

iv) “*Πώς θα γίνει η προσαρμογή*”: Οι επιμέρους διαδικασίες της προσαρμογής μιας εφαρμογής, μπορούν να θεωρηθούν σαν *διατέμνοντα ενδιαφέροντα*

(*crosscutting concerns*)² της επιχειρηματικής λογικής της βασικής εφαρμογής [65] (με την ευρύτερη έννοια του όρου). Ένας δόκιμος τρόπος να υλοποιηθούν τα διατέμνοντα ενδιαφέροντα είναι η χρήση των προγραμματιστικών δομών που προσφέρει ο *προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός* (*aspect oriented programming*) [129]. Αυτές οι δομές (*join points, pointcuts, advices, aspects, intertype declarations*), σε συνδυασμό με τον *σχεδιασμό βάσει συνιστωσών* (*component-based design*) [159], [220] και τον *αντικατοπτρισμό της υπολογιστικής* (*computational reflection*) [153], [159], θα μας επιτρέπουν να προσαρμόσουμε τη συμπεριφορά της εφαρμογής, με τον τρόπο που θα παρουσιάσουμε στις επόμενες παραγράφους.

7.3.2 Ο ρόλος του Προσανατολισμένου σε Απόψεις

Προγραμματισμού

Προκειμένου να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να επιτελεστεί η προσαρμογή με τη χρήση των προγραμματιστικών δομών που προσφέρει ο *προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός*, θα παρουσιάσουμε συνοπτικά αυτές τις δομές, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- **Σημείο συνένωσης (Join Point):** Ένα *σημείο συνένωσης* είναι μια καλά ορισμένη θέση μέσα στο κύριο πρόγραμμα όπου ένα *ενδιαφέρον* (*concern*) *διατέμνει* (*crosscut*) την εφαρμογή. *Σημεία συνένωσης* μπορεί να είναι κλήσεις μεθόδων (*method calls*), εκτελέσεις μεθόδων (*method executions*), κλήσεις μεθόδων κατασκευής (*constructor invocations*), χειριστές εξαιρέσεων (*exception handlers*), ανακτήσεις τιμής πεδίου (*field*

² Ο όρος «διατέμνοντα ενδιαφέροντα» αναφέρεται λειτουργικότητες που δεν εντάσσονται άμεσα στην επιχειρηματική λογική της εφαρμογής αλλά θεωρείται απαραίτητο να ενσωματωθούν σ' αυτή. Τυπικά παραδείγματα είναι η τήρηση ημερολογίων, η διαχείριση μνήμης, ο συγχρονισμός κ.λπ.

get), θέσεις τιμής πεδίου (field set) και άλλα σημεία της εκτέλεσης ενός προγράμματος. Το επόμενο παράδειγμα δίνει ένα σημείο συνένωσης, το οποίο περιγράφει την μέθοδο *updateTables()* της κλάσης *DBTrans* :

```
public String DBTrans.updateTables(String);
```

- **Σημείο τομής (Pointcut):** Ένα σημείο τομής είναι μια δομή του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού, που ομαδοποιεί σημεία συνένωσης και πληροφορεί την προσανατολισμένη σε απόψεις γλώσσα (aspect oriented language) για το πότε θα πρέπει να «ταιριάζει» (match) το σημείο συνένωσης. Για παράδειγμα μπορεί να θέλουμε η προσανατολισμένη σε απόψεις γλώσσα να ταιριάζει το σημείο συνένωσης κατά την κλήση (call) μιας μεθόδου ενός αντικειμένου από ένα άλλο (ή ακόμη και από το ίδιο το αντικείμενο). Προκειμένου να πετύχουμε αυτό ορίζουμε έναν προσδιοριστή (designator) με το όνομα *call()* που δέχεται το σημείο συνένωσης σαν παράμετρο:

```
call(public String DBTrans.updateTables(String))
```

Αυτός ο προσδιοριστής ορίζει στην προσανατολισμένη σε απόψεις γλώσσα ότι θα «ταιριάζει» το σημείο συνένωσης “*public String DBTrans.updateTables(String)*” μόνο όταν είναι τμήμα κλήσης μεθόδου (method call). Προκειμένου να ομαδοποιηθούν προσδιοριστές χρησιμοποιούμε τη δομή του σημείου τομής. Ένα σημείο τομής έχει τη μορφή:

```
Pointcut updateTable() :
```

```
call(public String DBTrans.updateTables(String))
```

Τα σημεία τομής χρησιμοποιούνται στις δομές των συμβουλών.

- **Συμβουλή (advice):** Μία συμβουλή είναι μια δομή του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού, η οποία περιλαμβάνει τον κώδικα που θα εκτελεστεί όταν θα «ταιριάζει» ένα σημείο συνένωσης ενός σημείου τομής. Ο κώδικας της συμβουλής μπορεί να εκτελεστεί σε τρεις διαφορετικές θέσεις από τη στιγμή που θα «ταιριάζει» ένα σημείο τομής: *πριν (before)*, *μετά (after)* και *περί (around)*. Ένα παράδειγμα μιας συμβουλής με θέση «πριν» είναι το ακόλουθο:

```
before(String s) : updateTables(s) {
    System.out.println("Passed parameter – " + s);
}
```

Όταν το σημείο τομής “*updateTables()*” πυροδοτηθεί, τότε θα εκτελεστεί ο κώδικας της συμβουλής. Παράμετροι εισόδου μπορούν να εισαχθούν στη συμβουλή και να χρησιμοποιηθούν από τον κώδικά της. Επίσης μέσα στον κώδικα της συμβουλής μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στα αντικείμενα που σχετίζονται με το συγκεκριμένο σημείο τομής, π.χ. στο στιγμιότυπο μιας κλάσης. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αξιοποιήσουμε και να επηρεάσουμε τις λειτουργίες μιας κλάσης (π.χ. *reference type variables*), έξω από την κύρια εφαρμογή.

- **Απόψεις (aspects):** Οι απόψεις είναι δομές του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού, οι οποίες σχηματίζονται με τον ίδιο τρόπο που σχηματίζονται οι κλάσεις και επιτρέπουν την πλήρη ενθυλάκωση (*encapsulation*) του κώδικα που σχετίζεται με ένα ορισμένο ενδιαφέρον (*concern*). Ένα παράδειγμα μιας άποψης είναι το ακόλουθο:

```
public aspect TableAspect {
    pointcut updateTable(String s) :
```

```

call(public String DBTrans.updateTables(String)) && args(s);
before(String s) : updateTables(s) {
    System.out.println("Passed parameter – " + s);
}
}

```

- **Δηλώσεις μεταξύ τύπων (Intertype declarations):** Οι δηλώσεις μεταξύ τύπων επιτρέπουν τη μεταβολή των κλάσεων και των κληρονομικών ιεραρχιών (inheritance hierarchies) έξω από τον αρχικό ορισμό της κλάσης. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να προσθέσουμε μεθόδους (methods), συναρτήσεις κατασκευής (constructors) και πεδία (fields) σε μια ήδη υπάρχουσα κλάση εντός μιας *άποψης* ή να υλοποιήσουμε νέες διεπαφές (interfaces).

Με τη χρήση των παραπάνω προγραμματιστικών δομών μπορεί να υλοποιηθεί η προσαρμογή μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Έτσι η επιπρόσθετη λειτουργικότητα, η οποία απαιτείται σε κάποιες διαδικασίες προσαρμογής, μπορεί να προστεθεί πριν ή μετά την κλήση κάποιας μεθόδου (*συμβουλές με θέση «πριν» ή «μετά»*), ή με την αντικατάσταση ολόκληρης της μεθόδου (*συμβουλές με θέση «περί»*) π.χ. για περιπτώσεις αντικατάστασης ενοτήτων περιεχομένου που εμφανίζονται στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας, ή και με προσθήκη μεθόδων με τη χρήση των *δηλώσεων μεταξύ τύπων*, γεγονός που μας επιτρέπει να υλοποιήσουμε την προσαρμογή λειτουργιών και κάποια είδη προσαρμογής περιεχομένου. Η δυνατότητα της επιστροφής ενός αντικειμένου ενός *σημείου συνένωσης* της βασικής εφαρμογής και η μετέπειτα επεξεργασία του από τη σχετική *συμβουλή*, δίνει τη δυνατότητα να επηρεαστεί η συμπεριφορά της εφαρμογής, όσον αφορά την απόδοση τιμών σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (properties) της εφαρμογής εκτός βασικής εφαρμογής,

και μέσα στη *συμβουλή* που θα πραγματοποιήσει την προσαρμογή, τεχνική που έχουμε υιοθετήσει για την υλοποίηση της προσαρμογής του περιεχομένου, της παρουσίασης και κάποιων περιπτώσεων λειτουργικότητας.

Στην επόμενη παράγραφο παρουσιάζουμε τις συνιστώσες λογισμικού που απαρτίζουν τον *Διαχειριστή Προσαρμογής* και συζητάμε πως κάθε μια από αυτές τις συνιστώσες θα χρησιμοποιήσει τις δομές που προσφέρει ο προανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός, που αναφέραμε παραπάνω, για να πετύχει την προσαρμογή της κύριας εφαρμογής.

7.4 Ο Διαχειριστής Προσαρμογής

7.4.1 Συνοπτική Περιγραφή του Διαχειριστή Προσαρμογής

Η διαδικασία της προσαρμογής πραγματοποιείται εξ ολοκλήρου μέσα στα πλαίσια του *Διαχειριστή Προσαρμογής* μέσα από συγκεκριμένες λειτουργίες οι οποίες επιτελούνται από τα δομικά συστατικά του μέρη (Σχήμα 34).

Ειδικότερα η *Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης* (Presentation Adaptation Module) εκτελεί την προσαρμογή της παρουσίασης, η *Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου* (Content Adaptation Module) εκτελεί την προσαρμογή του περιεχομένου και η *Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργιών* (Operation Adaptation Module) εκτελεί την προσαρμογή των λειτουργιών -ουσιαστικά αυτές οι συνιστώσες υλοποιούν την προσαρμογή. Η δημιουργία των παραπάνω συνιστωσών γίνεται με γένεση κώδικα κατά την διαδικασία της εγκατάστασης της εφαρμογής.

Ο *Καταναλωτής Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (Context Consumer) παράγεται με γένεση κώδικα κατά τη διαδικασία εγκατάστασης της εφαρμογής και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος (runtime) θα αναλάβει να επικοινωνήσει με τον *Διανομέα Περιβάλλουσας Πληροφορίας* του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας*

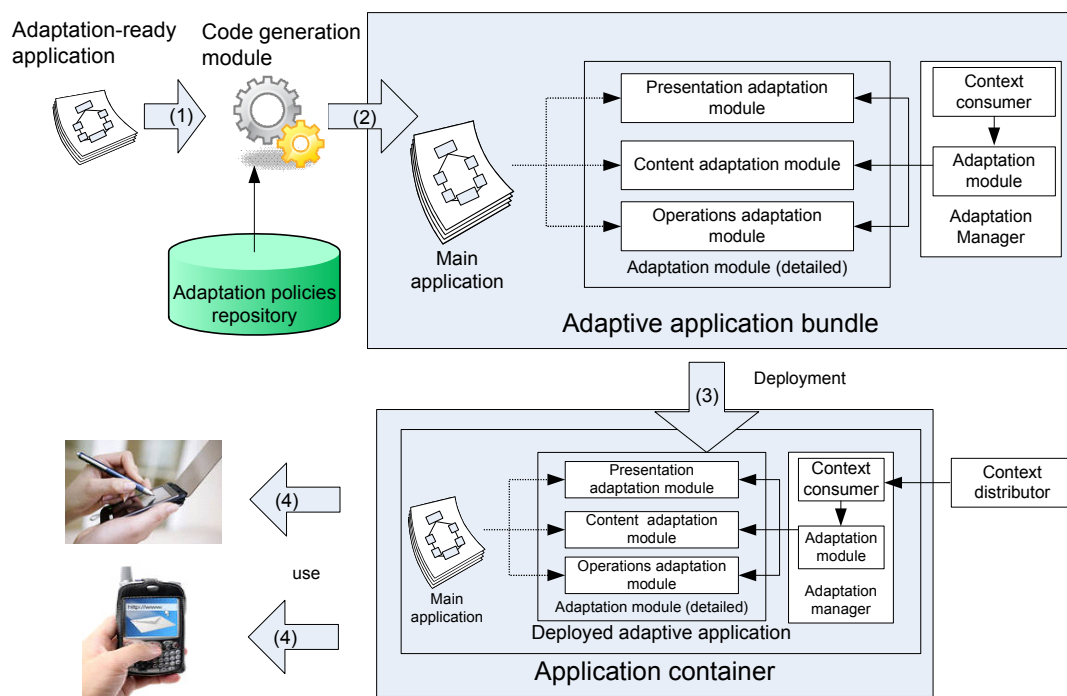
Πληροφορίας, προκειμένου να τροφοδοτήσει τις τρεις προηγούμενες συνιστώσες προσαρμογής με περιβάλλουσα πληροφορία.

Το *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής* (Adaptation Policies Repository) διατηρεί τους κανόνες βάσει των οποίων πραγματοποιείται η προσαρμογή. Η γένεση του κώδικα για τη δημιουργία των *Συνιστωσών Προσαρμογής Περιεχομένου, Λειτουργιών και Παρουσίασης* γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους κανόνες προσαρμογής, όπως αυτοί είναι ορισμένοι στο *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής*, και πραγματοποιείται από τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα* (*Code Generator Module*), κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης της εφαρμογής. Η επιλογή αυτή είναι σύμφωνη με τη φιλοσοφία του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού, όπου η συνύφανση του κώδικα της *άποψης* με τον κώδικα της κύριας εφαρμογής (*aspect weaving*), μπορεί να γίνει και κατά τη διαδικασία της μεταγλώττισης της εφαρμογής πριν την εγκατάστασή της. Προφανώς, η αλλαγή των κανόνων της πολιτικής προσαρμογής, καθιστά αναγκαία την επανάληψη της διαδικασίας εγκατάστασης της εφαρμογής ώστε να ενσωματωθούν οι νέοι κανόνες. Ωστόσο, η υποστήριξη για επανεγκατάσταση (*redeployment*) σε παραγωγικά περιβάλλοντα που έχει ενσωματωθεί σε εξυπηρετές εφαρμογών³, μπορεί να εγγυηθεί ότι μία τέτοια ενέργεια επανεγκατάστασης δεν θα επηρεάσει την εξυπηρέτηση των χρηστών που χρησιμοποιούν την εφαρμογή.

Η γενική αρχιτεκτονική του *Διαχειριστή Προσαρμογής* αποτυπώνεται στο Σχήμα 34. Δεδομένης: i) μιας εφαρμογής έτοιμης για προσαρμογή (*adaptation-ready application*), η οποία δεν γνωρίζει την περιβάλλουσα πληροφορία και δεν είναι προσαρμοστική (*context-agnostic and non-adaptive application*) και έχει προκύψει μέσα από τη διαδικασία που περιγράψαμε στην ενότητα 7.2.2, και ii) ενός

³ Π.χ. http://download.oracle.com/docs/cd/E13222_01/wls/docs92/deployment/redeploy.html#wp1021219

Αποθετηρίου Πολιτικών Προσαρμογής (*Adaptation Policies Repository*) που αποθηκεύει του κανόνες προσαρμογής, παράγεται με γένεση κώδικα ο *Διαχειριστής Προσαρμογής* της εφαρμογής. Ο κώδικας του *Διαχειριστή Προσαρμογής* συνυφαίνεται με τον κώδικα της κύριας εφαρμογής κατά τη διαδικασία της μεταγλώττισης της εφαρμογής και πριν τη διαδικασία της εγκατάστασης. Η προσαρμοστική εφαρμογή που προκύπτει, θα χρησιμοποιήσει κατά τη διαδικασία της εκτέλεσης (runtime) τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας και θα προσφέρει τις προσαρμοσμένες λειτουργίες της στον τελικό χρήστη.



Σχήμα 34: Ο Διαχειριστής Προσαρμογής (*Adaptation Manager*)

Η υιοθέτηση της αρχής του “*διαχωρισμού των ενδιαφερόντων*” (*separation of concerns*) για τον διαχωρισμό της κύριας λειτουργικότητας της εφαρμογής από τη λογική της προσαρμογής (*adaptation logic*), μας οδήγησε στην εισαγωγή μιας νέας συνιστώσας λογισμικού για κάθε σελίδα, την *Συνιστώσα Προσαρμογής* (*Adaptation Module*) της σελίδας, μέσα στα όρια της οποίας θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της προσαρμογής, δηλαδή η προσαρμογή της λειτουργικότητας, του περιεχομένου και

της παρουσίασης (*operation, content and presentation adaptation*). Ουσιαστικά, για κάθε σελίδα κατά την εγκατάσταση της εφαρμογής δημιουργείται κατάλληλος κώδικας για να χειριστεί την προσαρμογή της λειτουργικότητας, του περιεχομένου και της παρουσίασης. Ο κώδικας αυτός δημιουργείται με τεχνικές γένεσης κώδικα (*generative programming*) σε αυτή τη φάση, ενώ κατά την παραγωγική λειτουργία της εφαρμογής αντλεί στοιχεία περιβάλλουσας πληροφορίας και εκτελεί τις κατάλληλες προσαρμογές, όπως θα δούμε στις επόμενες παραγράφους. Ο κώδικας αυτός περιστοιχίζεται και από τις κατάλληλες δομές του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού ώστε να επιτευχθεί η προσαρμογή της κύριας σελίδας.

Συνεχίζουμε με μια πιο λεπτομερή περιγραφή των δομικών συστατικών που συμβάλλουν στη δημιουργία του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, αλλά και του ίδιου του *Διαχειριστή Προσαρμογής*.

7.4.2 Το Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής

Το *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής (Adaptation Policies Repository)* περιέχει τους κανόνες προσαρμογής (*adaptation rules*) σύμφωνα με τους οποίους θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της προσαρμογής, (π.χ. *εάν ικανοποιείται η συνθήκη χ, τότε θα πυροδοτηθεί η προσαρμοσμένη λειτουργία ψ*). Για κάθε σελίδα της εφαρμογής υπάρχει ένα *αρχείο διαμόρφωσης (configuration file)*, στο *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής*, το οποίο έχει δύο τμήματα: i) το τμήμα *Αίτησης/Απόκρισης (Request/Response part)* και ii) το τμήμα *Προώθησης (Push part)*. Η διάρθρωση αυτή του αρχείου διαμόρφωσης αντανακλά το γεγονός ότι η *Συνιστώσα Προσαρμογής (Adaptation Module)* κάθε σελίδας έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει δύο μοντέλα προσαρμογής: i) το μοντέλο *Αντλησης (Request/Response)* και ii) το μοντέλο *Προώθησης (Push)*. Στο μοντέλο *Αντλησης*, η προσαρμογή –αν απαιτείται- γίνεται κατά τη διάρκεια της διαμόρφωσης της απάντησης (*response*) σε μια αίτηση (*request*)

του εξυπηρετούμενου. Στο μοντέλο *Προώθησης*, η προσαρμογή –αν απαιτείται– γίνεται όταν με πρωτοβουλία του εξυπηρετή, διαμορφώνεται η πληροφορία που θα σταλεί στον εξυπηρετούμενο.

```
Page=BestOffers  
Context Params=CTX_USR_A_userGroup,CTX_USR_P_userLanguage,  
CTX_USR_A_location,CTX_USR_A_intention  
DefaultContentUnits=CU2, CU3  
AdditionalContentUnits=CU1, CU4, CU5  
Operation Adaptation  
  
If (CTX_USR_A_userGroup == “g1” OR CTX_USR_A_userGroup == “g2”) -->  
    CU1(“Show”), CU2(“Hide”);  
If (CTX_USR_A_intention == “CasualShopping”) -->  
    CU3(“Hide”), CU4(“Show”);  
if (CTX_USR_A_intention == “OfferHunting”) -->  
    CU5(“Show”);  
If (CTX_USR_A_userGroup == “g1”)  
    L_P_transactionService<-- “paymentViaCreditCard”;  
else  
    L_P_transactionService<-- “onlyReservation”;  
  
Content Adaptation  
L_P_dataSource <-- “Select id, description, price, discount  
From products, shops, malls  
Where malls.location =”+ CTX_USR_A_location + ” and  
shops.hostedIn = malls.Id and products.SoldBy =  
shops.id “ /* select items sold in current mall */  
Order By discount desc”;  
L_P_language<-- CTX_USR_P_userLanguage;  
L_P_reportType<--“pdf”;  
L_P_imageResolution<--”200dpi”;  
  
After(call (public DataSet GetRecords())):  
{call sortProductsDataSet(DataSet myDataSet);}  
  
Presentation Adaptation  
L_P_fontSize<-- “8pt”;  
L_P_backgroundColor<--“black”;  
L_P_linkStyle<--“underline”;
```

Σχήμα 35: Το τμήμα Αίτησης/Απόκρισης ενός αρχείου διαμόρφωσης

Το μοντέλο που ακολουθούμε για την περιγραφή του τμήματος *Αίτησης/Απόκρισης* του αρχείου διαμόρφωσης, είναι το *CA (Condition, Action)* [243].

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο θα πρέπει να οριστούν οι *συνθήκες* (*Conditions*), που θα πρέπει να ικανοποιούν οι τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας και η *λειτουργία* της *προσαρμογής* (*Action*) η οποία θα εκτελεστεί όταν ικανοποιούνται αυτές οι συνθήκες.

Το μοντέλο που ακολουθούμε για την περιγραφή του τμήματος *Πρώτωσης* του αρχείου διαμόρφωσης, είναι το *ECA* (*Event, Condition, Action*) [58]. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο θα πρέπει να οριστεί το *γεγονός* (*event*), το οποίο ενδεχομένως θα πυροδοτήσει μια προσαρμογή, καθώς και οι *συνθήκες* (*conditions*) που θα πρέπει να ικανοποιούν οι τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, καθώς και η *λειτουργία προσαρμογής* (*Action*), η οποία θα εκτελεστεί όταν συμβεί το γεγονός και ταυτόχρονα πληρούνται και οι συνθήκες.

Στο Σχήμα 35 παρουσιάζουμε το τμήμα *Αίτησης/Απόκρισης* ενός αρχείου διαμόρφωσης. Το αρχείο διαμόρφωσης που παρουσιάζεται στο Σχήμα 35, όπως και κάθε αρχείο διαμόρφωσης, περιλαμβάνει:

- i) πληροφορίες για την περιβάλλουσα πληροφορία που απαιτείται (*ContextParams*).
- ii) πληροφορίες για τις ενότητες περιεχομένου που εμφανίζονται στην μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας (*DefaultContentUnits*).
- iii) πληροφορίες για τις επιπρόσθετες διαθέσιμες ενότητες περιεχομένου (*AdditionalContentUnits*) που δύναται να χρησιμοποιηθούν από τη σελίδα.
- iv) την υποενότητα *Operation Adaptation*, όπου ορίζονται: α) ποιές ενότητες περιεχομένου θα εμφανιστούν ή θα αποκρυφτούν ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας και β) οι τιμές των σε σχετικών με τη

λειτουργικότητα χαρακτηριστικών ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

- v) την υποενότητα *Content Adaptation*, όπου ορίζονται: α) οι τιμές των σχετικών με το περιεχόμενο χαρακτηριστικών και β) οι μέθοδοι που θα εκτελεστούν για περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας
- vi) την υποενότητα *Presentation Adaptation*, όπου ορίζονται οι τιμές των σχετικών με την παρουσίαση χαρακτηριστικών, ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Οι κανόνες προσαρμογής και οι εργασίες της προσαρμογής που θα καταχωρηθούν στις εκάστοτε υποενότητες του αρχείου διαμόρφωσης κάθε σελίδας, προκύπτουν κατά τη φάση της ανάλυσης των απαιτήσεων για την περιβάλλουσα πληροφορία και τον καθορισμό των προσαρμοστικών υπηρεσιών που θα παρέχονται από τη σελίδα (όπως περιγράψαμε στην ενότητα 5.4.3). Κατά τη διαδικασία σύνταξης των διαγραμμάτων περιπτώσεων χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης (ενότητα 5.5), για κάθε επιμέρους λειτουργία της εφαρμογής, ορίζονται τόσο οι καταστάσεις (situations) κάτω από τις οποίες θα πραγματοποιηθεί η προσαρμογή όσο και η ίδια λειτουργία/εργασία της προσαρμογής. Οι καταστάσεις κάτω από τις οποίες θα πραγματοποιηθεί η προσαρμογή, αφού αναλυθούν στα συστατικά τους μέρη, δηλαδή στις παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας που συμμετέχουν (ενότητα 5.4.3, Πίνακας 3), θα δώσουν τελικά τις συνθήκες προσαρμογής, δηλαδή τους κανόνες προσαρμογής.

Όπως προκύπτει και από την ανωτέρω περιγραφή, τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης UML με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, τα οποία είναι το προϊόν της ανάλυσης των απαιτήσεων μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου για

περιβάλλουσα πληροφορία και προσαρμοστικές υπηρεσίες, περιέχουν ουσιαστικά τις συνθήκες και τις εργασίες της προσαρμογής, και αυτά (συνθήκες και εργασίες προσαρμογής) καταγράφονται, στις υποενότητες *Operation*, *Content*, και *Presentation Adaptation του αρχείου διαμόρφωσης*. Τα σχετικά με λειτουργικότητα, περιεχόμενο και παρουσίαση χαρακτηριστικά (operation, content and presentation-related properties), που εμφανίζονται στις αντίστοιχες subsections του *αρχείου διαμόρφωσης*, έχουν σκιαγραφηθεί κατά τη φάση της ανάλυσης των απαιτήσεων για περιβάλλουσα πληροφορία και κατά τη διαδικασία του καθορισμού των προσαρμοστικών υπηρεσιών της σελίδας (ενότητα 5.4.3) και έχουν πάρει την τελική μορφή τους κατά τη διαδικασία προετοιμασίας της κύριας εφαρμογής ώστε αυτή να είναι έτοιμη για προσαρμογή (ενότητα 7.2.2).

Η κατασκευή του αρχείου διαμόρφωσης για κάθε σελίδα, που ουσιαστικά καθορίζει τις λειτουργίες της προσαρμογής, μπορεί να αποδειχθεί μια εξαιρετικά χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία, ειδικά σε περιπτώσεις εφαρμογών με μεγάλο αριθμό σελίδων και μεγάλο πλήθος σεναρίων. Για το λόγο αυτό, η κατασκευή και η χρήση ενός βοηθητικού προγράμματος (utility program), το οποίο θα διευκολύνει την παραγωγή αυτών των *αρχείων διαμόρφωσης*, κρίνεται εξαιρετικά χρήσιμη.

7.4.3 Η Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα

Η *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα (Code Generator)* είναι εκείνη η συνιστώσα λογισμικού που θα παράξει τον κώδικα που θα υλοποιήσει τον *Διαχειριστή Προσαρμογής*. Ουσιαστικά:

- i) θα παράξει τον κώδικα που θα φέρει περιβάλλουσα πληροφορία στην *Συνιστώσα Προσαρμογής (Adaptation Module)* κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος από τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*,

δηλαδή τον κώδικα που θα υλοποιήσει τον *Καταναλωτή Περιβάλλουσας Πληροφορίας (Context Consumer)*.

- ii) θα μετασχηματίσει σε κώδικα, τους κανόνες προσαρμογής που είναι αποθηκευμένοι στο *αρχείο διαμόρφωσης* και ειδικότερα θα σχηματίσει τους κανόνες προσαρμογής της *Συνιστώσας Προσαρμογής (Adaptation Module)* και ειδικότερα των *συνιστωσών προσαρμογής της λειτουργικότητας, του περιεχομένου και της παρουσίασης (operation, content and presentation adaptation modules)*. Αυτοί οι κανόνες θα αποφανθούν κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, για α) ποιές ενότητες περιεχομένου θα περιλαμβάνει η σελίδα ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, β) ποιές τιμές θα ανατεθούν στα σχετικά με λειτουργικότητα, περιεχόμενο και παρουσίαση χαρακτηριστικά και γ) πότε και ποιά επιπρόσθετη λειτουργικότητα θα προστεθεί σε μια ενότητα περιεχομένου (π.χ. περαιτέρω επεξεργασία του συνόλου δεδομένων), σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Στη συνέχεια ο κώδικας του *Διαχειριστή Προσαρμογής* θα επιτελέσει την προσαρμογή της λειτουργικότητας, του περιεχομένου και της παρουσίασης (*operation, content and presentation adaptation*). Δηλαδή θα δ) ενσωματώσει τις κατάλληλες ενότητες περιεχομένου στη σελίδα, ε) θα αποδώσει στα αντικείμενα της σελίδας και κάθε ενότητας περιεχομένου τις κατάλληλες τιμές και στ) θα εφαρμόσει επιπρόσθετες “εργασίες” σε αντικείμενα της ενότητας περιεχομένου (π.χ. ταξινόμηση ή φιλτράρισμα εγγραφών), σύμφωνα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Η παραπάνω προσαρμογή θα προσαρτηθεί στη σελίδα, ορίζοντας κατάλληλα *σημεία τομής*, που συνήθως είναι κλήσεις μεθόδων της σελίδας και των ενοτήτων περιεχομένου και υλοποιώντας στις αντίστοιχες

συμβουλές τον κατάλληλο κώδικα που θα επιτελέσει το κάθε είδος προσαρμογής. Περισσότερες λεπτομέρειες, αναφορικά με τις δομές του προανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθούν για την προσαρμογή, δίνουμε στις επόμενες παραγράφους όπου αναλύουμε τις *Συνιστώσες Προσαρμογής Λειτουργικότητας, Περιεχομένου και Παρουσίασης* (*operation, content and presentation adaptation modules*) της αρχιτεκτονικής.

Ο παραπάνω κώδικας, που αναφέραμε στα i και ii, ο οποίος ουσιαστικά υλοποιεί τον *Διαχειριστή Προσαρμογής*, ενθυλακώνεται σε μία *άποψη* η οποία θα συνυφανθεί με την κύρια εφαρμογή κατά τη διαδικασία της μεταγλώττισης της εφαρμογής. Ο συνυφασμένος κώδικας θα εγκατασταθεί και κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος και ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας θα παρέχει τις προσαρμοσμένες υπηρεσίες στον τελικό χρήστη.

7.4.4 Ο Καταναλωτής Περιβάλλουσας Πληροφορίας

Ο *Καταναλωτής Περιβάλλουσας Πληροφορίας* (*Context Consumer*) είναι εκείνη η συνιστώσα λογισμικού του *Διαχειριστή Προσαρμογής* που θα φέρει την περιβάλλουσα πληροφορία στη *Συνιστώσα Προσαρμογής* (*Adaptation Module*) κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, και ειδικότερα στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας* (*Operation Adaptation Module*), στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου* (*Content Adaptation Module*) και στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης* (*Presentation Adaptation Module*), τόσο στην υλοποίηση του μοντέλου *Αίτησης/Απόκρισης*, όσο και στην υλοποίηση του μοντέλου *Πρώθησης*. Επιπρόσθετα στην υλοποίηση του μοντέλου *Πρώθησης* θα ανιχνεύσει το γεγονός (event) και θα πυροδοτήσει τη διαδικασία της προσαρμογής (την οποία θα εκτελέσουν η *Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας*, η *Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου* και η *Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης*). Δηλαδή σε αυτήν την περίπτωση η

διαδικασία προσαρμογής θα γίνει με πρωτοβουλία του *Καταναλωτή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*. Ο κώδικας που θα υλοποιήσει τον *Καταναλωτή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, δημιουργείται κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα από τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα*.

Προκειμένου να υλοποιηθεί το μοντέλο *Αίτησης/Απόκρισης* της προσαρμογής, κατά τη διαδικασία της γένεσης κώδικα και με βάση τις πληροφορίες που είναι καταχωρημένες στο *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής* για τη σελίδα (*ContextParams* section του αρχείου διαμόρφωσης) δημιουργείται ο κατάλληλος κώδικας ο οποίος θα συλλέξει την περιβάλλουσα πληροφορία που απαιτείται για τη σελίδα (δηλαδή ο κώδικας που κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, θα έρθει σε επαφή με τον *Διανομέα Περιβάλλουσας Πληροφορίας* του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και θα αντλήσει τις κατάλληλες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας που απαιτούνται). Στη συνέχεια προωθεί τις αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας*, στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου* και στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης*, οι οποίες καλούνται διαδοχικά προκειμένου να διεκπεραιώσουν τις διαδικασίες της προσαρμογής.

Προκειμένου να υλοποιηθεί το μοντέλο *Πρώθησης* της προσαρμογής, είναι απαραίτητο ο *Καταναλωτής Περιβάλλουσας Πληροφορίας* να αναλύσει τα σενάρια του τμήματος *Πρώθησης* του αρχείου διαμόρφωσης (π.χ. όταν ξεκινά τη σύνοδο (session) ο χρήστης) και για κάθε έναν από τους κανόνες *ECA* να απομονώσει τα γεγονότα για τα οποία θέλει να ειδοποιηθεί. Στη συνέχεια και αφού συμβουλευθεί τον *Πράκτορα Ανακάλυψης Περιβάλλουσας Πληροφορίας* του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, εγγράφεται για ειδοποιήσεις (notifications) στα κατάλληλα περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας. Μόλις ειδοποιηθεί για κάποιο γεγονός

από κάποιο περιτύλιγμα περιβάλλουσας πληροφορίας, στη συνέχεια προσδιορίζει κατά πόσο ικανοποιούνται οι συνθήκες (*conditions*) του κανόνα ECA, με βάση τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Στη συνέχεια προωθεί τις παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας με τις αντίστοιχες τιμές τους στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας*, στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου* και στη *Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης*, οι οποίες καλούνται διαδοχικά προκειμένου να διεκπεραιώσουν τις διαδικασίες προσαρμογής.

7.4.5 Η Συνιστώσα Προσαρμογής (Adaptation Module)

7.4.5.1 Η Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας

Η *Συνιστώσα Προσαρμογής Λειτουργικότητας (Operation Adaptation Module)* δημιουργείται κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα από τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα* και υλοποιεί την προσαρμογή των λειτουργιών της σελίδας (*operation adaptation*). Ουσιαστικά περιλαμβάνει τον κώδικα, ο οποίος κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εφαρμογής και με βάση τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα αποφανθεί για το α) ποιές ενότητες περιεχομένου θα περιλαμβάνονται τελικά στη σελίδα και β) ποιές τιμές θα λάβουν τα σχετικά με τη λειτουργικότητα χαρακτηριστικά. Επίσης, περιλαμβάνει τον κώδικα ο οποίος θα επιτελέσει την προσαρμογή. Δηλαδή τον κώδικα που i) θα αποκρύψει τις ενότητες περιεχομένου που εμφανίζονται στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας και δεν θα πρέπει να εμφανίζονται σύμφωνα με τους κανόνες προσαρμογής και τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, καθώς και ii) θα συμπεριλάβει στη σελίδα τις ενότητες περιεχομένου που δεν εμφανίζονται στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας αλλά θα πρέπει να εμφανίζονται, σύμφωνα με τους κανόνες προσαρμογής και τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Ακόμα iii) θα

μεταβάλλει τις τιμές των σχετικών με τη λειτουργικότητα χαρακτηριστικών, τόσο σε επίπεδο σελίδας όσο και σε επίπεδο κάθε εμφανιζόμενης ενότητας περιεχομένου.

Προκειμένου να επιτευχθεί η προσαρμογή που περιγράψαμε παραπάνω:

- i) για κάθε ενότητα περιεχομένου που εμφανίζεται στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας, ορίζεται κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα, μία *συμβουλή με θέση «περί»* στην κλήση της μεθόδου που αρχικοποιεί την ενότητα περιεχομένου και την ενσωματώνει στη σελίδα (ενότητα 7.2.2, Βήμα 3α), στην οποία *συμβουλή* ορίζεται κενή συμπεριφορά, εφόσον αυτό ορίζουν οι κανόνες προσαρμογής και σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Ουσιαστικά με αυτόν τον τρόπο απενεργοποιείται η κλήση της μεθόδου που θα αρχικοποιούσε την ενότητα περιεχομένου και θα την ενσωμάτωνε στη σελίδα, με αποτέλεσμα αυτή η ενότητα περιεχομένου να μην συμπεριλαμβάνεται στη δημιουργούμενη έκδοση της σελίδας.
- ii) για κάθε ενότητα περιεχομένου που δεν εμφανίζεται στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας, ορίζεται μία *συμβουλή με θέση «μετά»* στην κλήση μιας “κενής” μεθόδου που υποδεικνύει τη θέση που δύναται να ενσωματωθεί η ενότητα περιεχομένου και στην οποία *συμβουλή* αρχικοποιείται η ενότητα περιεχομένου και ενσωματώνεται στη σελίδα, εφόσον αυτό ορίζουν οι κανόνες προσαρμογής και σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Δεν χρειάζεται να ασχοληθούμε με την υπόλοιπη λειτουργικότητα της ενότητας περιεχομένου, αυτή είναι ενθυλακωμένη μέσα στην ενότητα περιεχομένου (π.χ. στην κλάση που την διαχειρίζεται).
- iii) τόσο για τη σελίδα όσο και για κάθε ενότητα περιεχομένου, ορίζεται μία *συμβουλή με θέση «μετά»*, για κάθε κλήση μεθόδου (τόσο σε επίπεδο σελίδας όσο και σε επίπεδο κάθε ενότητας περιεχομένου) στην οποία αρχικοποιούνται

τα σχετικά με τη λειτουργικότητα χαρακτηριστικά (είτε σε επίπεδο σελίδας είτε σε επίπεδο ενότητας περιεχομένου), στην οποία *συμβουλή* μεταβάλλονται οι τιμές όποιων σχετικών με τη λειτουργικότητα χαρακτηριστικών, (π.χ. το όνομα της υπηρεσίας που θα κληθεί στο πάτημα ενός κουμπιού), ορίζονται από τους κανόνες προσαρμογής και τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

7.4.5.2 Η Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου

Η *Συνιστώσα Προσαρμογής Περιεχομένου (Content Adaptation Module)* δημιουργείται κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα, από τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα* και υλοποιεί την προσαρμογή του περιεχομένου της σελίδας (*content adaptation*). Ουσιαστικά περιλαμβάνει τον κώδικα, ο οποίος κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος και με βάση τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα αποφανθεί για α) ποιές τιμές θα λάβουν τα σχετικά με το περιεχόμενο χαρακτηριστικά και β) κατά πόσο θα εφαρμοστούν επιπρόσθετες “εργασίες” επί του περιεχομένου. Επίσης περιλαμβάνει τον κώδικα ο οποίος θα επιτελέσει την προσαρμογή, δηλαδή τον κώδικα που i) θα μεταβάλλει τις τιμές των σχετικών με το περιεχόμενο χαρακτηριστικών, τόσο της σελίδας όσο και κάθε εμφανιζόμενης ενότητας περιεχομένου, και ii) θα εφαρμόσει τις επιπρόσθετες “εργασίες” επί του περιεχομένου για κάθε ενότητα περιεχομένου.

Προκειμένου να επιτευχθεί η προσαρμογή που περιγράψαμε παραπάνω:

- i) τόσο για τη σελίδα όσο και για κάθε ενότητα περιεχομένου, ορίζεται κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα, μία *συμβουλή με θέση «μετά»*, για κάθε κλήση μεθόδου (της σελίδας και κάθε ενότητας περιεχομένου) στην οποία αρχικοποιούνται τα σχετικά με το περιεχόμενο χαρακτηριστικά (είτε σε επίπεδο σελίδας είτε σε επίπεδο ενότητας περιεχομένου), στην οποία *συμβουλή* μεταβάλλονται οι τιμές όποιων σχετικών με το περιεχόμενο χαρακτηριστικών,

(π.χ. η ερώτηση που θα ανακτήσει δεδομένα από τη βάση δεδομένων, η γλώσσα εμφάνισης των δεδομένων, η ανάλυση μιας εικόνας), ορίζονται από τους κανόνες προσαρμογής και τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

- ii) για κάθε επιπρόσθετη εργασία που θα πρέπει να επιτελεσθεί επί του περιεχομένου (π.χ. ταξινόμηση ή αποκλεισμός εγγραφών σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη), ορίζεται μία *συμβουλή με θέση «πριν» ή «μετά»* -ανάλογα με τι ορίζει η οδηγία του κανόνα στην υποενότητα προσαρμογής περιεχομένου (Content Adaptation subsection) του *αρχείου διαμόρφωσης* (Σχήμα 35)-, στη μέθοδο που ορίζεται στην αντίστοιχη οδηγία και στην οποία *συμβουλή* καλείται η μέθοδος που θα επιτελέσει την πρόσθετη εργασία επί του περιεχομένου (Σχήμα 35).

7.4.5.3 Η Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης

Η *Συνιστώσα Προσαρμογής Παρουσίασης (Presentation Adaptation Module)* δημιουργείται κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα από τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα* και υλοποιεί την προσαρμογή της παρουσίασης της σελίδας (*presentation adaptation*). Ουσιαστικά περιλαμβάνει τον κώδικα, ο οποίος κατά την διάρκεια εκτέλεσης της εφαρμογής και με βάση τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα αποφανθεί για ποιές τιμές θα λάβουν τα σχετικά με την παρουσίαση χαρακτηριστικά. Επίσης περιλαμβάνει τον κώδικα ο οποίος θα επιτελέσει την προσαρμογή, δηλαδή τον κώδικα που θα μεταβάλλει τις τιμές των σχετικών με την παρουσίαση χαρακτηριστικών, τόσο της σελίδας όσο και κάθε εμφανιζόμενης ενότητας περιεχομένου.

Προκειμένου να επιτευχθεί η προσαρμογή παρουσίασης που περιγράψαμε παραπάνω, τόσο για τη σελίδα, όσο και για κάθε ενότητα περιεχομένου, ορίζεται, κατά τη διαδικασία γένεσης κώδικα, μία *συμβουλή με θέση «μετά»*, για κάθε κλήση μεθόδου (τόσο σε επίπεδο σελίδας όσο και σε επίπεδο κάθε ενότητας περιεχομένου)

στην οποία αρχικοποιούνται τα σχετικά με την παρουσίαση χαρακτηριστικά (είτε σε επίπεδο σελίδας είτε σε επίπεδο ενότητας περιεχομένου), στην οποία *συμβουλή* μεταβάλλονται οι τιμές όποιων σχετικών με την παρουσίαση χαρακτηριστικών, (π.χ. μέγεθος γραμματοσειράς, χρώμα φόντου), ορίζονται από τους κανόνες προσαρμογής και τις τρέχουσες τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας.

Προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα όσα προαναφέραμε, αλλά και για να δείξουμε την εφικτότητα υλοποίησης της προσαρμογής μιας διαδικτυακής εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με τη χρήση του *Διαχειριστή Προσαρμογής* που περιγράψαμε σε αυτό το κεφάλαιο, στο Παράρτημα Α της παρούσας διατριβής παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα (case study) για την προσαρμογή δύο σελίδων μιας εφαρμογής κράτησης εισιτηρίων σινεμά.

7.5 Σύγκριση με αντίστοιχες προτάσεις

Στις περισσότερες εργασίες που έχουν παρουσιαστεί από τη σύγχρονη έρευνα για τη δημιουργία προσαρμοστικών εφαρμογών, η προσαρμογή πραγματοποιείται μέσα στον κώδικα της κύριας εφαρμογής [80], [95], [195], [202], [208]. Ωστόσο, τα μειονεκτήματα της μείξης του κώδικα της προσαρμογής με τον κώδικα της κύριας εφαρμογής, που αναφέραμε στην ενότητα 7.3.1, δεν καθιστούν αυτήν την επιλογή ως ιδανικότερη λύση.

Προκειμένου να αποφευχθούν τα μειονεκτήματα της μείξης του κώδικα της κύριας εφαρμογής με τον κώδικα της προσαρμογής, έχουν χρησιμοποιηθεί η αρχή του *διαχωρισμού των ενδιαφερόντων* (*separation of concerns*) [129], όπως επίσης και τα *αρχεία διαμόρφωσης* (*configuration files*) [243]. Το RAM (Reflection for Adaptable Mobility) [23] σύστημα διακρίνει τα ενδιαφέροντα λειτουργικότητας που δεν σχετίζονται με την κινητικότητα (“non-mobile functional concerns”) από τα ενδιαφέροντα που σχετίζονται με την κινητικότητα (“mobility concerns”) με μια

τεχνική παρόμοια με αυτή του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού. Μια παρόμοια διάκριση των ενδιαφερόντων έχει υιοθετηθεί στο [114], όπου οι περιέκτες (*containers*), δηλαδή τα μετα-αντικείμενα (*meta-objects*) που χρησιμοποιούνται από το συγκεκριμένο σύστημα, υλοποιούν την προσαρμογή. Οι περιέκτες επιλέγονται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της εφαρμογής από την *μηχανή προσαρμογής*, χρησιμοποιώντας αρχεία πολιτικής εφαρμογής και συστήματος (*application* και *system policy files*) γραμμένα σε μια schema-like γλώσσα και τα οποία φορτώνονται κατά το χρόνο έναρξης της εφαρμογής. Παρόμοια το ενδιάμεσο λογισμικό Chisel [128], χρησιμοποιεί την έννοια των μετα-τύπων (*metatypes*) και τεχνικές αντικατοπτρισμού (*reflection techniques*), συνδυαζόμενες με δυναμικά οριζόμενα *αρχεία διαμόρφωσης πολιτικής (policy configuration files)*, επιτρέποντας έτσι την *προσαρμογή κατά μη προβλεφθέντα τρόπο* (“*unanticipated adaptation*”) των υπηρεσιών της κύριας εφαρμογής.

Το Carisma [36] είναι ένα ενδιάμεσο λογισμικό για εφαρμογές με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, βασισμένο στον *αντικατοπτρισμό* (*reflection*) και στα *μετα-δεδομένα* (*metadata*). Η προσαρμογή λαμβάνει χώρα μέσω των *μετα-δεδομένων* και των *προφίλ εφαρμογών (application profiles)*. Οι Yang, et al. [254] περιγράφουν μια διαδικασία που χρησιμοποιεί την προσανατολισμένη σε απόψεις τεχνική για να υποστηρίξει τη δυναμική προσαρμογή. Αρχικά, κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής, χρησιμοποιούνται *απόψεις* και συνύφανση με το κύριο πρόγραμμα, μέσω της οποίας επεκτείνεται το πρόγραμμα με λειτουργίες προσαρμογής. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, ο *πυρήνας προσαρμογής (adaptation kernel)* ελέγχει τις συνθήκες για κάθε κανόνα προσαρμογής, προκειμένου να καθοριστεί κατά πόσο θα πρέπει να εφαρμοστεί προσαρμογή και στη συνέχεια και εφόσον ικανοποιούνται οι συγκεκριμένες συνθήκες εκτελεί την προσαρμογή. Οι Munnelly, et

al. [167] παρουσιάζουν μια αρθρωτή προσέγγιση για συστήματα με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, ενθυλακώνοντας τη διαχείριση διαφορετικών τύπων περιβάλλουσας πληροφορίας, χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση προσανατολισμένη σε απόψεις.

Οι Maciel da Costa et al. [152] παρουσιάζουν μια προσαρμοστική αρχιτεκτονική ενδιάμεσου λογισμικού, η οποία βασίζεται σε *απόψεις* προκειμένου να υποστηρίξει την προσαρμογή. Οι κύριες συνιστώσες λογισμικού σε αυτή την προσέγγιση είναι ο *Adaptation Manager* και ο *Adaptation Policy Manager*. Ο *Adaptation Manager* αποφασίζει για το ποιά στρατηγική προσαρμογής θα υιοθετηθεί, με βάση τα δεδομένα που προμηθεύεται από το *inspection task* που διαχειρίζεται κάθε πόρο (resource). Ο *Adaptation Policy Manager* φορτώνει τις πολιτικές προσαρμογής που είναι αποθηκευμένες σε ένα *προφίλ εφαρμογής (application profile)*. Ο *Adaptation Manager* παρακολουθεί κάποιες παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας (συνδεσιμότητα, εύρος ζώνης, ενέργεια, μνήμη) και εκτελεί την προσαρμογή σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές αυτών των παραμέτρων. Τις παραπάνω παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας διαχειρίζονται ο *Διαχειριστής Σύνδεσης (Connection Manager)*, ο *Διαχειριστής Δικτύου (Network Manager)*, ο *Διαχειριστής Ενέργειας (Power Manager)* και ο *Διαχειριστής Μνήμης (Memory Manager)*, αντίστοιχα.

Οι Prezerakos et al [185] παρουσιάζουν μια καθοδηγούμενη από μοντέλα (model-driven) σύνθεση υπηρεσιών ιστού (web services) με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης χρησιμοποιώντας την *ContextUML* και τις *απόψεις*. Η προτεινόμενη προσέγγιση οργανώνει την περιβάλλουσα πληροφορία σε ένα σύνολο από κλάσεις, οι οποίες παρέχουν συγκεκριμένες παραμέτρους περιβάλλουσας πληροφορίας μέσω υπηρεσιών ιστού. Ειδικότερα χρησιμοποιεί ένα μοντέλο

περιβάλλουσας πληροφορίας (βασισμένο στην ContextUML) προκειμένου να συσχετίσει τις παραμέτρους περιβάλλουσας πληροφορίας με τις πηγές που παρέχουν τις τιμές τους και στη συνέχεια να συσχετίσει τις λειτουργίες των υπηρεσιών ιστού και των παραμέτρων τους με τις παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας και με λειτουργίες μετασχηματισμού, οι οποίες θα μεταβάλλουν τα στοιχεία εισόδου ή εξόδου των υπηρεσιών ιστού ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας. Στη συνέχεια, οι υπηρεσίες ιστού και τα μοντέλα ContextUML μετασχηματίζονται σε αρχεία XML και τροφοδοτούν ένα εργαλείο μετασχηματισμού το οποίο παράγει κώδικα Java. Οι πληροφορίες του μοντέλου *ContextUML* που αναφέρονται στην απαίτηση για περιβάλλουσα πληροφορία, χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν τα *σημεία τομής* και οι αντίστοιχές τους *συμβουλές*. Αν και η προτεινόμενη προσέγγιση διαχειρίζεται την κλήση υπηρεσιών ιστού έξω από την κύρια εφαρμογή, ανάλογα με τις τιμές της περιβάλλουσας πληροφορίας, ωστόσο έχει κάποια βασικά μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημα είναι ότι διαχειρίζεται μόνο προσαρμογή που αναφέρεται σε επιχειρηματική λογική (και βρίσκεται ενσωματωμένη στις υπηρεσίες ιστού) και δεν ασχολείται με την προσαρμογή της παρουσίασης ή της πλοήγησης (navigation) που αποτελεί ένα βασικό θέμα στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου που βασίζονται σε προγράμματα πλοήγησης (browsers). Δεύτερον μεταβιβάζει τις τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας στις υπηρεσίες ιστού, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος της προσαρμογής να βρίσκεται μέσα στην κύρια εφαρμογή και κατά συνέπεια η προτεινόμενη προσέγγιση διαθέτει όλα τα μειονεκτήματα της μείξης του κώδικα της προσαρμογής με τον κώδικα της κύριας εφαρμογής, που αναφέραμε στην ενότητα 7.3.1. Αντίθετα η δική μας προσέγγιση διακρίνει τα αντικείμενα που είναι υποψήφια για προσαρμογή και η τροποποίηση των χαρακτηριστικών τους μεταβιβάζεται στη *Συνιστώσα Προσαρμογής*

του *Διαχειριστή Προσαρμογής* και ο αντίστοιχος κώδικας αναπτύσσεται και συντηρείται ξεχωριστά και επομένως όλη η λογική της προσαρμογής βρίσκεται έξω από την κύρια εφαρμογή. Ένα άλλο μειονέκτημα της προσέγγισης των Prezerakos et al. [185], είναι πως ο κώδικας που διαχειρίζεται την περιβάλλουσα πληροφορία (π.χ. ο κώδικας που αντλεί τις τιμές των παραμέτρων από τις πηγές της περιβάλλουσας πληροφορίας) είναι αναμειγνυόμενος με τον κώδικα που διαχειρίζεται την προσαρμογή και αυτό προσθέτει έναν ακόμα βαθμό δυσκολίας σε περίπτωση που απαιτηθεί αλλαγή του παρόχου περιβάλλουσας πληροφορίας. Τέλος, η μη χρήση αποθετηρίου πολιτικών προσαρμογής (adaptation policy file repository), έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται σημαντική παρέμβαση του προγραμματιστή σε περιπτώσεις αλλαγής της λογικής της προσαρμογής, επέκτασης της προσαρμογής ή αλλαγή του παρόχου περιβάλλουσας πληροφορίας. Μια παρόμοια προσέγγιση έχει προταθεί και στο [210].

Οι Ortiz et al. [174] ασχολούνται με το θέμα της προσαρμογής των υπηρεσιών ιστού και της εφαρμογής στη φορητή συσκευή, χωρίς τη χρήση διαχειριστή περιβάλλουσας πληροφορίας για τη διαχείριση και επεξεργασία της περιβάλλουσας πληροφορίας και αντιμετωπίζουν αποκλειστικά το θέμα προσαρμογής εφαρμογών που τρέχουν στη φορητή συσκευή (π.χ. εφαρμογές J2ME). Η προσέγγιση που προτείνεται αξιοποιεί ένα πολύ μικρό υποσύνολο της περιβάλλουσας κατάστασης (π.χ. τύπος συσκευής, τύπος πλατφόρμας, συγκεκριμένες προτιμήσεις χρήστη) και στηρίζεται στον εξυπηρέτη για την εκτέλεση της επιχειρηματικής λογικής (μέσω της υλοποίησης των υπηρεσιών ιστού), προσθέτοντας παραμέτρους περιβάλλουσας πληροφορίας στην επικεφαλίδα του μηνύματος SOAP (έτσι το βασικό SOAP μήνυμα μένει ανέπαφο και επομένως οι υπηρεσίες ιστού που υλοποιούν την επιχειρηματική λογική δεν χρειάζεται να τροποποιηθούν). Η προσαρμογή των υπηρεσιών ιστού

γίνεται στον εξυπηρέτη, εξάγοντας τις τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας από την επικεφαλίδα του SOAP μηνύματος και στη συνέχεια με τη χρήση των δομών που προσφέρει ο προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός, επιλέγεται τελικά η υπηρεσία ιστού που θα κληθεί. Για την προσαρμογή του κώδικα που εκτελείται στον εξυπηρετούμενο, χρησιμοποιούνται πάλι *απόψεις*, όμως η προσαρμογή περιορίζεται σε λιγοστά χαρακτηριστικά παρουσίασης (μέγεθος και χρώμα γραμματοσειράς, χρώμα φόντου) σύμφωνα με τις αντίστοιχες προτιμήσεις του χρήστη. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική είναι κατάλληλη για εφαρμογές που εκτελούνται στον εξυπηρετούμενο και καταναλώνουν υπηρεσίες ιστού, με περιορισμένες απαιτήσεις για προσαρμογή, από τη στιγμή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο λίγες παράμετροι της περιβάλλουσας κατάστασης και η διαδικασία της προσαρμογής εκτελείται στον, με λιγοστούς πόρους, εξυπηρετούμενο. Η επιλογή της εκτέλεσης της διαδικασίας προσαρμογής στον εξυπηρετούμενο, έχει το μειονέκτημα i) της επιφόρτισης της φορητής συσκευής με επιπρόσθετο κόστος σε υπολογιστικούς πόρους, ii) τον σημαντικό περιορισμό των πιθανών λειτουργιών προσαρμογής εξαιτίας των λιγοστών υπολογιστικών πόρων της συσκευής και iii) την απουσία άλλων πηγών περιβάλλουσας πληροφορίας εκτός από αυτές που είναι διαθέσιμες στη φορητή συσκευή (π.χ. εκτός από τα χαρακτηριστικά της συσκευής ή τις προτιμήσεις του χρήστη), διαφορετικά θα απαιτείτο μια σημαντική σε όγκο μεταφορά δεδομένων από τον εξυπηρέτη ή άλλες κατακεμημένες πηγές περιβάλλουσας πληροφορίας, προς τον εξυπηρετούμενο. Επίσης η απουσία διαχειριστή περιβάλλουσας πληροφορίας σε αυτήν την προσέγγιση δεν επιτρέπει i) την χρήση επεξεργασμένης περιβάλλουσας πληροφορίας, ii) τη χρήση περιβάλλουσας πληροφορίας προερχόμενης έξω από τη φορητή συσκευή (π.χ. από μια υπηρεσία παροχής μετεωρολογικών δεδομένων) χωρίς η επιλογή του παρόχου να

είναι ενσωματωμένη στην κύρια εφαρμογή (διαφορετικά θα απαιτούνταν επιπρόσθετοι υπολογιστικοί πόροι για τον προσδιορισμό των ενεργών εναλλακτικών παρόχων), iii) τη χρήση μετα-δεδομένων για τον καθορισμό της ποιότητας της περιβάλλουσας πληροφορίας και τη δρομολόγηση της κατάλληλης προσαρμογής ανάλογα με την ποιότητα, iv) τη χρήση της αποθήκης περιβάλλουσας πληροφορίας, προκειμένου να μειωθεί ο όγκος των δεδομένων που αποστέλλονται στον εξυπηρέτη (π.χ. οι προτιμήσεις του χρήστη) και v) την απρόσκοπτη χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας όταν ο πάροχος δεν είναι προσπελάσιμος (π.χ. αν η φορητή συσκευή δεν μπορεί να επικοινωνήσει με τους δορυφόρους GPS, μπορεί φυσικά να χρησιμοποιηθεί η τελευταία θέση της συσκευής, αλλά αυτό θα απαιτούσε τη συγγραφή επιπρόσθετου κώδικα, ενώ αντίθετα στην προτεινόμενη προσέγγιση θα μπορούσε να ανακτηθεί αυτόματα με την κατάλληλη κλήση μιας υπηρεσίας του διαχειριστή περιβάλλουσας πληροφορίας).

Συνοψίζοντας, οι τεχνικές χρήσης των *μετα-αντικειμένων* και *μετα-τύπων* που έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη της προσαρμογής, αποτελούν εξειδικευμένες τεχνικές και συνιστούν λύσεις με περιορισμένη φιλικότητα και απλότητα για μαζική αξιοποίηση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Οι τεχνικές του προσανατολισμένου σε απόψεις προγραμματισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη της προσαρμογής, στις περισσότερες περιπτώσεις είτε στοχεύουν στην προσαρμογή μόνο της επιχειρηματικής λογικής, είτε χρησιμοποιούν ένα μικρό υποσύνολο των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, χωρίς υποδομή να μπορούν διευρύνουν το σύνολο των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη. Οι προτεινόμενες προσεγγίσεις για προσαρμογή υλοποιούνται στην φορητή συσκευή (εκτός της προσαρμογής των υπηρεσιών ιστού [174], [185]), με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται από τη μια η συσκευή για την υλοποίηση των εργασιών προσαρμογής και από την

άλλη οι περιορισμένοι υπολογιστικοί πόροι της συσκευής δεν επιτρέπουν σύνθετες εργασίες προσαρμογής. Επίσης, σε πολλές από τις προτεινόμενες προσεγγίσεις, τα θέματα της προσαρμογής που αντιμετωπίζονται, αναφέρονται όχι τόσο στην προσαρμογή της λειτουργικότητας της κύριας εφαρμογής, αλλά στην προσαρμογή των παραμέτρων του περιβάλλοντος λειτουργίας της εφαρμογής, π.χ. ενέργεια, μνήμη, εύρος ζώνης, σε αντίθεση με την προτεινόμενη στην παρούσα διατριβή προσέγγιση όπου είναι δυνατή και η προσαρμογή της λειτουργικότητας της κύριας εφαρμογής. Τέλος, στις περισσότερες προσεγγίσεις είναι περιορισμένη η χρήση των αρχείων διαμόρφωσης της προσαρμογής (adaptation policy files), τα οποία προσφέρουν πιο ευέλικτη προσαρμογή, σε αντίθεση με τη δική μας προτεινόμενη προσέγγιση όπου το βασικότερο συστατικό της δημιουργίας του *Διαχειριστή Προσαρμογής* είναι το *Αποθετήριο Πολιτικών Προσαρμογής*.

7.6 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάσαμε τον σχεδιασμό του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, στα πλαίσια του οποίου θα πραγματοποιηθεί η προσαρμογή μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Αφού αναλύσαμε τη δομή μιας διαδικτυακής εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και περιγράψαμε τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να δομηθεί ώστε να επιδέχεται μελλοντική προσαρμογή, προτείναμε μια προσέγγιση προσανατολισμένη σε απόψεις προκειμένου να συνυφανθεί η προσαρμοστική συμπεριφορά στην βασική εφαρμογή. Με αυτόν τον τρόπο πετύχαμε την ενθυλάκωση της λογικής της προσαρμογής, σε μια ξεχωριστή συνιστώσα λογισμικού έξω από την κύρια εφαρμογή. Το πλεονέκτημα της προσέγγισης που προτείνουμε είναι: i) η δυνατότητα υλοποίησης όλων των ειδών της προσαρμογής (λειτουργικότητας, περιεχομένου και παρουσίασης), ii) η δυνατότητα ενός μεγάλου φάσματος λειτουργιών προσαρμογής (αυτές που περιγράφηκαν στην ενότητα 7.2.2 Βήμα 4 αλλά

και όλες όσες αναφέρονται στη σύγχρονη βιβλιογραφία [40], [54], [74], [96], [106], [135], [147], [259]), iii) η δυνατότητα εύκολης συντήρησης του κώδικα της κύριας εφαρμογής (εφόσον δεν συμπεριλαμβάνει τον κώδικα προσαρμογής) και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του, iii) η δυνατότητα καλύτερου ελέγχου του κώδικα προσαρμογής (εφόσον δεν είναι διασκορπισμένος μέσα στην κύρια εφαρμογή) και η εύκολη τροποποίηση του ώστε να συμπεριλάβει νέα είδη προσαρμογής (με τη χρήση του *Αποθετηρίου Πολιτικών Προσαρμογής* και της *Συνιστώσας Γέννησης Κώδικα*), iv) η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της *Συνιστώσας Γέννησης Κώδικα* από διαφορετικές προσαρμοστικές εφαρμογές, και v) ο μεγάλος βαθμός ανεξαρτησίας, των εμπλεκομένων στην κύρια εφαρμογή και των εμπλεκομένων στην εφαρμογή προσαρμογής (από τη στιγμή που οι αντίστοιχες εργασίες μπορούν να υλοποιηθούν σε ένα μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα και παράλληλα).

Στη δημοσίευση “*A Context Management Architecture for m-Commerce Applications*”, που αναφέρουμε στη σελίδα 10, συζητάμε την αρχιτεκτονική του Διαχειριστή Προσαρμογής, και παρουσιάζουμε μια εφαρμογή για τη χρήση του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συζήτηση και Συμπεράσματα

8.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας διατριβής και θα προσδιορίσουμε θέματα που προτείνουμε για μελλοντική διερεύνηση. Στην ενότητα 8.2 κάνουμε μια σύντομη ανασκόπηση των θεμάτων που μας απασχόλησαν, στην ενότητα 8.3 συνοψίζουμε τη συμβολή της παρούσας έρευνας, στην ενότητα 8.4 πραγματευόμαστε τη δυνατότητα αξιοποίησης των εργαλείων που προτάθηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης από τις εφαρμογές κινητού επιχειρείν και στην ενότητα 8.5 συζητάμε θέματα τα οποία μπορούν να διερευνηθούν σε συναφείς με την παρούσα έρευνα εργασίες.

8.2 Ανασκόπηση

Η έννοια της *επίγνωσης της περιβάλλουσας κατάστασης* έχει αναδυθεί σαν ένα σημαντικό και επιθυμητό χαρακτηριστικό των εφαρμογών του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Αυτό το χαρακτηριστικό σχετίζεται με την ικανότητα των εφαρμογών να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους σε αυτό, με στόχο την ικανοποίηση του τελικού χρήστη/καταναλωτή και την αύξηση των διενεργούμενων πωλήσεων. Σε αυτή τη διατριβή, υποστηρίξαμε πως ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών είναι μια σύνθετη και με πολλές προκλήσεις εργασία και η έλλειψη των κατάλληλων εργαλείων για να την υποστηρίξουν, δικαιολογεί την τυποποίηση των συναφών

εννοιών, την ανάπτυξη μεθοδολογιών και την εισαγωγή βοηθητικών εργαλείων σχεδιασμού και ανάπτυξης αυτών των εφαρμογών.

Σε αυτή την εργασία προτείναμε μια ολοκληρωμένη λύση για την ανάπτυξη προσαρμοστικών εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Στο κεφάλαιο 4 προσδιορίσαμε τους τρεις βασικούς άξονες στους οποίους στηρίζεται η αποτελεσματική λειτουργικότητα των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Αυτοί οι τρεις άξονες είναι i) ο καθορισμός των απαιτήσεων της εφαρμογής για περιβάλλουσα πληροφορία και η αναπαράστασή της, ii) ο σχεδιασμός των κατάλληλων μηχανισμών για τη σύλληψη, επεξεργασία και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας, και iii) ο σχεδιασμός της κατάλληλης συμπεριφοράς της εφαρμογής ώστε αυτή να μπορεί να προσαρμοστεί στις μεταβολές της περιβάλλουσας κατάστασης. Λαμβάνοντας υπόψη τις ελλείψεις που έχουν παρατηρηθεί στην ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών, τυποποιήσαμε την έννοια της *περιβάλλουσας κατάστασης* και της *περιβάλλουσας πληροφορίας*, με τρόπο που να διευκολύνει τόσο την εύκολη κατανόησή τους από όλους τους εμπλεκόμενους στην ανάπτυξη αυτών των εφαρμογών, αλλά και την αναπαράστασή τους προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από τα υπολογιστικά συστήματα. Επίσης προτείναμε μια μεθοδολογία προσδιορισμού της περιβάλλουσας πληροφορίας για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου που πρόκειται να την αξιοποιήσουν, κατάλληλη για όλο τον κύκλο ζωής αυτών των εφαρμογών. Κατανοώντας τη σπουδαιότητα της τυποποίησης του υποσυστήματος που θα συλλέξει, θα επεξεργαστεί και θα διανείμει την περιβάλλουσα πληροφορία στις συνιστώσες του λογισμικού που θα την αξιοποιήσουν, προτείναμε την αρχιτεκτονική ενός τέτοιου υποσυστήματος σαν ένα βοηθητικό εργαλείο λογισμικού. Αντιλαμβανόμενοι την πολυπλοκότητα που προσθέτει η ενσωμάτωση της δυνατότητας για προσαρμογή στις

εφαρμογές, προτείναμε μια τεχνική σχεδιασμού εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου που τις εφοδιάζει με τη δυνατότητα να επιδέχονται μελλοντική προσαρμογή και παρουσιάσαμε μια πρόταση για την αρχιτεκτονική του υποσυστήματος που θα επιτελέσει την προσαρμογή της κύριας εφαρμογής στις μεταβολές της περιβάλλουσας κατάστασης.

8.3 Η Συμβολή της Παρούσας Έρευνας - Αποτίμηση

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, βρίσκεται σε πολύ πρωταρχικό στάδιο και αυτές οι εφαρμογές είτε λειτουργούν και δοκιμάζονται σε συνθήκες προσομοίωσης, είτε χρησιμοποιούν λιγιστές παραμέτρους της περιβάλλουσας πληροφορίας π.χ. τη θέση του χρήστη. Η περιορισμένη χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου οφείλεται στο γεγονός ότι i) η ανάπτυξη αυτών των εφαρμογών απαιτεί μια σημαντική επιπρόσθετη σχεδιαστική και προγραμματιστική εργασία, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν τα κατάλληλα εργαλεία που θα την υποστηρίξουν και θα την επιταχύνουν, ii) υπάρχουν κοινωνικά εμπόδια που σχετίζονται με τα προσωπικά δεδομένα και iii) δεν έχουν γίνει κατανοητά τα πραγματικά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει η αξιοποίηση της περιβάλλουσας πληροφορίας. Οι προτάσεις και τα εργαλεία που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας απαντούν στα παραπάνω θέματα και κυρίως διευκολύνουν και επιταχύνουν την ανάπτυξη αυτών των εφαρμογών όπως αναλύουμε στις επόμενες παραγράφους.

Η έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης όπως αυτή προσεγγίστηκε από την πρόσφατη έρευνα στην περιοχή της διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής, είτε ήταν πολύ συγκεκριμένη και περιορισμένη σε συγκεκριμένες απαριθμήσεις [25], [178], είτε ήταν πολύ γενική, θεωρητική [53] και όχι άμεσα εκμεταλλεύσιμη από τα

υπολογιστικά συστήματα. Στη περιοχή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, δεν υπήρξε κάποια εξειδικευμένη αντιμετώπιση της έννοιας της *περιβάλλουσας κατάστασης* και δεν επιχειρήθηκε να αποσαφηνιστεί η έννοια του όρου, παρά το γεγονός ότι εδώ δεν εστιάζουμε σε έξυπνα και διαδραστικά περιβάλλοντα όπως συμβαίνει στην περιοχή της πανταχού παρούσας και διάχυτης υπολογιστικής, αλλά ο στόχος αυτών των εφαρμογών είναι τελικά η προώθηση των προϊόντων και η αύξηση των πωλήσεων. Επίσης, η μοντελοποίηση της *περιβάλλουσας πληροφορίας* στην περιοχή της διάχυτης και πανταχού παρούσας υπολογιστικής (όπου έχουν παρουσιαστεί οι περισσότερες σχετικές εργασίες) έγινε τις περισσότερες φορές με βάση τα εκάστοτε εργαλεία ανάπτυξης (π.χ. XML ή οντολογίες) και όχι με μέσα αναπαράστασης ανεξάρτητα από τα εργαλεία υλοποίησης, ώστε να μην εισάγονται δεσμεύσεις που απορρέουν από τις συγκεκριμένες τεχνολογίες και τεχνικές. Τέλος, το μεγάλο κενό που παρατηρήθηκε στην έρευνα γύρω από την *περιβάλλουσα πληροφορία*, είναι εκείνο αναφορικά με ένα τυποποιημένο ορισμό κατάλληλο για την αναπαράστασή της από υπολογιστικά συστήματα, ανεξάρτητο από τεχνικές υλοποίησης και μια τυποποιημένη διαδικασία για τον κατά περίπτωση προσδιορισμό της. Με άλλα λόγια, απουσίαζαν οι κατάλληλες διαδικασίες που θα μας επέτρεπαν -ακόμη και στην περίπτωση που γνωρίζαμε θεωρητικά τι είναι *περιβάλλουσα κατάσταση* μιας εφαρμογής- να την προσδιορίσουμε κατά περίπτωση.

Απαντώντας στα παραπάνω κενά, σε αυτή την διατριβή προτείνουμε μια θεωρητική θεμελίωση της *περιβάλλουσας κατάστασης*, της *περιβάλλουσας πληροφορίας* καθώς και της σχέσης μεταξύ τους, με τρόπο ώστε να είναι κατανοητές οι συναφείς έννοιες από όλους τους εμπλεκομένους και να είναι κατάλληλες για αναπαράσταση από τα υπολογιστικά συστήματα, με τρόπο ανεξάρτητο από τα μέσα υλοποίησης. Επίσης δώσαμε μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της

περιβάλλουσας πληροφορίας για τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, μέσα από μια σειρά διακριτών βημάτων τα οποία οδηγούν από την ευρεία έννοια της περιβάλλουσας κατάστασης της λειτουργίας, σε συγκεκριμένες παραμέτρους περιβάλλουσας πληροφορίας, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν από τις εφαρμογές για την παροχή προσαρμοστικών υπηρεσιών. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει βήματα για την ανάδειξη όψεων της περιβάλλουσας κατάστασης τα οποία είναι απαραίτητα στην περιοχή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, όπως η εμπορική αξία, οι επιχειρηματικές ευκαιρίες, τα προσωπικά δεδομένα και η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας της προσαρμοστικής εφαρμογής. Επίσης, εισάγαμε ένα διαγραμματικό εργαλείο για την αναπαράσταση της περιβάλλουσας κατάστασης. Αυτό το εργαλείο επεκτείνει με συνεπή τρόπο τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης και κλάσεων της UML τα οποία είναι ευρέως αποδεκτά και κατάλληλα για χρήση με αντικειμενοστρεφείς τεχνολογίες.

Προκειμένου να συμπληρώσουμε τα εργαλεία που θα απλοποιήσουν και θα επιταχύνουν τις σχεδιαστικές και προγραμματιστικές εργασίες της ανάπτυξης εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, προτείναμε μια αρχιτεκτονική λογισμικού για το υποσύστημα που θα συλλέξει, θα επεξεργαστεί και θα διανείμει την περιβάλλουσα πληροφορία (δηλαδή τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*). Η ενθυλάκωση του κώδικα που θα πραγματοποιήσει την συλλογή, επεξεργασία και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας σε μια ξεχωριστή συνιστώσα, προσφέρει τη δυνατότητα να αποκρυφθούν οι χαμηλού επιπέδου λεπτομέρειες αίσθησης από τις εφαρμογές που θα χρησιμοποιήσουν την περιβάλλουσα πληροφορία, ενώ ταυτόχρονα προάγει την τυποποίηση των διεπαφών μέσω των οποίων οι καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας θα αντλήσουν τιμές. Η κεντρικοποιημένη διαχείριση της

περιβάλλουσας πληροφορίας που προτείνουμε, είναι κυρίως κατάλληλη για εφαρμογές διαδικτύου που κάνουν χρήση προγραμμάτων πλοήγησης (browser-based applications) και για εφαρμογές πληροφόρησης (notification applications) και αυτό γιατί ανακουφίζει τις φορητές συσκευές από τον φόρτο διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας. Αν λάβουμε υπόψη i) πως σε κάποιες περιπτώσεις υλοποίησης του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος αριθμός πηγών περιβάλλουσας πληροφορίας και ii) τους αυξημένους ρυθμούς παραγωγής δεδομένων περιβάλλουσας πληροφορίας των φυσικών φαινομένων (κάποιες όψεις της περιβάλλουσας κατάστασης αλλάζουν πολύ συχνά και επομένως και ο ρυθμός παραγωγής των αντίστοιχων δεδομένων είναι μεγάλος), η επεξεργασία και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από τη φορητή συσκευή θα καταναλώσει ένα σημαντικό μέρος των υπολογιστικών της πόρων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό από τη στιγμή που οι πόροι των φορητών συσκευών είναι περιορισμένοι και ενδεχομένως και δαπανηροί στη χρήση τους (π.χ. το δίκτυο κινητής επικοινωνίας). Ο στηριζόμενος σε συνιστώσες λογισμικού σχεδιασμός που υιοθετήσαμε, επιτρέπει την υλοποίηση με χρήση της τεχνολογίας υπηρεσιών ιστού, η οποία προάγει την ανεξαρτησία από προγραμματιστική γλώσσα, λειτουργικό σύστημα ή ενδιάμεσο λογισμικό, ενώ ταυτόχρονα εγγυάται την διαλειτουργικότητα, που είναι μια σημαντική απαίτηση για τις διαδικτυακές εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου.

Επίσης, αξιοποιώντας τις τεχνικές που προσφέρει ο προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός, προτείναμε την αρχιτεκτονική εκείνου του υποσυστήματος (δηλαδή του *Διαχειριστή Προσαρμογής*), που θα αξιοποιήσει την περιβάλλουσα πληροφορία προκειμένου να προσαρμόσει την κύρια εφαρμογή στις μεταβολές της περιβάλλουσας κατάστασης και θα παρέχει προσαρμοστικές και επαυξημένες

υπηρεσίες. Η ενθουλάκωση της λογικής της προσαρμογής σε μια ξεχωριστή συνιστώσα λογισμικού έξω από την κύρια εφαρμογή, προσφέρει μια σειρά πλεονεκτήματα όπως την μείωση του βαθμού σύζευξης [183] του κώδικα της εφαρμογής, την ευκολία συντήρησης του κώδικα, από τη στιγμή που αλλαγές στη λογική της εφαρμογής δεν θα απαιτούν και αλλαγές στη λογική της προσαρμογής και αντίστροφα και την αυξημένη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τόσο του κώδικα της κύριας εφαρμογής όσο και του κώδικα της προσαρμογής, από τη στιγμή που οι δυο κώδικες δεν θα είναι αναμειγνυόμενοι και προσαρμοσμένοι για μια συγκεκριμένη περίπτωση.

Προκειμένου να αποτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και του *Διαχειριστή Προσαρμογής* και δεδομένου ότι η ερώτηση “πόσο αποτελεσματική είναι η χρήση τους;” είναι μια μάλλον γενική ερώτηση και δύσκολο να απαντηθεί, την καθιστούμε πιο συγκεκριμένη υιοθετώντας τρία ειδικά κριτήρια αποτίμησης που προτάθηκαν στο [93]: α) *Πληρότητα (Completeness)*: αυτό το κριτήριο καθορίζει κατά πόσο η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, είναι επαρκώς ισχυρή και επεκτάσιμη ώστε να υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων, β) *Πολυπλοκότητα (Complexity)*: αυτό το κριτήριο καθορίζει πόσο δύσκολη είναι η συγγραφή κώδικα για προσαρμοστικές εφαρμογές, υιοθετώντας τον σχεδιασμό της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, δηλαδή αποτιμά την προγραμματιστική προσπάθεια που απαιτείται και τον αντίκτυπο στην παραγωγικότητα των προγραμματιστών, γ) *Χρησιμότητα (Utility)*: αυτό το κριτήριο καθορίζει κατά πόσο η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από

άλλους, προκειμένου να υλοποιηθούν σχετικές συνιστώσες λογισμικού για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών με εκτεταμένες απαιτήσεις προσαρμογής. Στο Παράρτημα Α της παρούσας διατριβής συζητούμε την υλοποίηση μιας εφαρμογής-case study, η οποία χρησιμοποιείται σαν παράδειγμα προκειμένου να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της πειραματικής μας αποτίμησης.

Πληρότητα (Completeness): Η χρήση όλων των ειδών περιβάλλουσας πληροφορίας (*χρήστη, περιβάλλοντος, υπολογιστικής και εφαρμογής*) από την εφαρμογή-case study, έδειξε ότι τα παρεχόμενα είδη περιβάλλουσας πληροφορίας από τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, υποστήριξαν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις της εφαρμογής σε περιβάλλουσα πληροφορία και επέτρεψαν την προσαρμογή ενός ευρέως φάσματος λειτουργιών. Η υλοποίηση όλων των ειδών προσαρμογής που έχουν προταθεί στην σύγχρονη βιβλιογραφία (*λειτουργικότητας, περιεχομένου και παρουσίασης*) από την εφαρμογή-case study, έδειξε πως τόσο η υιοθέτηση των *αρχείων διαμόρφωσης* όσο και η χρήση των προγραμματιστικών δομών που προσφέρει ο προσανατολισμένος σε απόψεις προγραμματισμός (π.χ. *απόψεις, σημεία τομής*) για την παροχή μιας προσαρμοστικής εφαρμογής, αποδείχτηκαν επαρκή και αποτελεσματικά και συνεπώς και ο *Διαχειριστής Προσαρμογής* αποδεικνύεται επαρκής και αποτελεσματικός. Οι τύποι προσαρμογής που παρουσιάζονται στην εφαρμογή-case study είναι αντιπροσωπευτικοί και υποδεικνύουν πως με τη χρήση της πληροφορίας που παρέχεται από τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, μπορούν να υλοποιηθούν και άλλοι τύποι προσαρμογής, όπως αυτοί που αναφέρονται στην ενότητα 7.2.2, βήμα 4, όπως επίσης και όλοι οι τύποι προσαρμογής που προτείνονται από τη σύγχρονη βιβλιογραφία ([40], [54], [74], [96], [106], [135], [147], [259]).

Επιπρόσθετα, η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* υποστηρίζει την δυνατότητα i) να χρησιμοποιηθούν υπηρεσίες παροχής περιβάλλουσας πληροφορίας από τρίτα μέρη (π.χ. μια υπηρεσία ιστού που δίνει μετεωρολογικές προβλέψεις όπως για παράδειγμα *rainProbability*), ii) να χρησιμοποιηθεί περιβάλλουσα πληροφορία παρεχόμενη από κατανεμημένους κόμβους και iii) να χρησιμοποιηθεί πληροφορία από απομακρυσμένους πόρους (π.χ. αισθητήρες, υπηρεσίες, φορητές συσκευές). Η υποστήριξη όλων αυτών των παρόχων περιβάλλουσας πληροφορίας, είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, εξαιτίας της κινητικότητας του χρήστη, της απαίτησης για χρήση παραμέτρων του περιβάλλοντος και γενικότερα παραμέτρων περιβάλλουσας πληροφορίας προερχόμενης από απομακρυσμένα σημεία. Τέλος, η δυνατότητα χρήσης μετα-δεδομένων (π.χ. το μετα-δεδομένο *confidence* για το χαρακτηριστικό *temperature* ή το *rainProbability* της εφαρμογής-case study) επιτρέπει την υλοποίηση πιο αποτελεσματικών προσαρμοστικών λειτουργιών. Για παράδειγμα, αν η τιμή του μετα-δεδομένου *confidence* για την παράμετρο της περιβάλλουσας πληροφορίας *badWeather* στην εφαρμογή-case study είναι μικρότερη από ένα συγκεκριμένο όριο, θα μπορούσε να μην αποκλείονται οι ταινίες που προβάλλονται σε θερινές αίθουσες σινεμά από τον πίνακα μιας εφαρμογής κράτησης εισιτηρίων σινεμά, αλλά να εμφανίζεται ένα μήνυμα στο χρήστη που επιχειρεί να πραγματοποιήσει μια κράτηση από την εφαρμογή, που να τον πληροφορεί ότι “Σε περίπτωση άσχημων καιρικών συνθηκών, οι προβολές σε θερινές αίθουσες θα ακυρωθούν. Η κράτηση θα συνεχίσει να ισχύει για μια εσωτερική αίθουσα προβολής. Σε μια τέτοια περίπτωση θα αποσταλεί σχετικό SMS”.

Πολυπλοκότητα (Complexity): Η τυποποίηση των συνιστωσών λογισμικού του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη από διαφορετικές ομάδες προγραμματιστών, (π.χ. μια ομάδα μπορεί να υλοποιεί τα διάφορα *περιτυλίγματα περιβάλλουσας πληροφορίας*, ενώ μια άλλη ομάδα μπορεί να υλοποιεί άλλες συνιστώσες λογισμικού, όπως τον *Πράκτορα Ανακάλυψης Περιβάλλουσας Πληροφορίας*), φυσικά απαιτείται ένας έλεγχος ολοκλήρωσης (integration test) έπειτα από την ανάπτυξη των μεμονωμένων συνιστωσών λογισμικού. Η χρήση του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής, δεν επιφέρει επιπρόσθετο προγραμματιστικό κόστος δεδομένης της γέννησης κώδικα από τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα*. Ο χρόνος για τη δόμηση της κύριας εφαρμογής με τρόπο ώστε να επιτρέπει την μετέπειτα προσαρμογή της (ενότητα 7.2.2) και για τη δημιουργία των *αρχείων διαμόρφωσης* των σελίδων, προσθέτει μια επιβάρυνση περίπου 15%, σε σχέση με μια αντίστοιχη εφαρμογή που δεν θα είχε τη δυνατότητα για προσαρμογή. Ωστόσο, αυτή η επιβάρυνση αντισταθμίζεται από τα οφέλη που προσφέρει η προσαρμοστική εφαρμογή. Ο χρόνος για την ανάπτυξη των προσαρμοστικών λειτουργιών της εφαρμογής (π.χ. για την ανάπτυξη επιπρόσθετων μεθόδων, όπως για παράδειγμα της μεθόδου *excludeOutdoorMovies(DataSet moviesDataSet)* που αναφέρουμε στην εφαρμογή-case study), εξαρτάται φυσικά από το εύρος της προσαρμογής. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειώσουμε πως αυτός ο κώδικας θα αναπτυσσόταν ούτως ή άλλως εφ' όσον αναπτυσσόταν οι συγκεκριμένες λειτουργίες (είτε σε επίπεδο προσαρμογής είτε ως αυτόνομες λειτουργικότητες), ενώ τώρα δεν απαιτείται η υλοποίηση μέσα στην κύρια εφαρμογή του κώδικα που θα παρείχε την περιβάλλουσα πληροφορία από τις πηγές της.

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, μειώνει σημαντικά την προσπάθεια που απαιτείται για αλλαγές στη λογική της προσαρμογής, από τη στιγμή που αυτές οι αλλαγές πραγματοποιούνται απλά με την επιμέλεια των *αρχείων διαμόρφωσης*, την κλήση της *Συνιστώσας Γέννησης Κώδικα* και την επανεγκατάσταση της εφαρμογής, (εκτός φυσικά της περίπτωσης που θα πρέπει να υλοποιηθεί μια νέα μέθοδος για μια προσαρμοστική λειτουργία). Εκτιμάται πως η εξοικονόμηση χρόνου σε αυτή τη φάση αγγίζει το 80% και αυτή η εξοικονόμηση είναι εξαιρετικά σημαντική, δεδομένου ότι η φάση συντήρησης των εφαρμογών απαιτεί τους περισσότερους προγραμματιστικούς πόρους σε όλη τη διάρκεια ζωής της εφαρμογής (67%, σύμφωνα με το [201]).

Χρησιμότητα (Utility): Από την εμπειρία μας από την ανάπτυξη εφαρμογών που ακολουθούν το μοντέλο WebML (ή παρόμοια μοντέλα), μπορούμε να πούμε πως τόσο η τυποποίηση του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* όσο και του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, επιτρέπει την προσαρμογή ενός μεγάλου αριθμού διαδικτυακών εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου. Επίσης η παροχή *συμπερανθείσας* περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. της παραμέτρου *badWeather* του περιβάλλοντος που αναφέρουμε στην εφαρμογή-case study) απαλλάσσει τον προγραμματιστή από την επιπρόσθετη εργασία της μετάφρασης της περιβάλλουσας πληροφορίας σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Αυτό διευκολύνει τη σύνταξη των *αρχείων διαμόρφωσης*, ενώ ταυτόχρονα παρέχει τυποποιημένες συνιστώσες λογισμικού οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από άλλες εφαρμογές απλοποιώντας και επιταχύνοντας έτσι την διαδικασία της ανάπτυξης. Η απομόνωση των μηχανισμών αίσθησης της περιβάλλουσας πληροφορίας από τους μηχανισμούς διανομής, διευκολύνει την αντικατάσταση των παρόχων περιβάλλουσας πληροφορίας. Η ενθυλάκωση της διαδικασίας σύλληψης, επεξεργασίας και διανομής της

περιβάλλουσας πληροφορίας σε μια ξεχωριστή συνιστώσα λογισμικού (δηλαδή στον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*), απαλλάσσει του καταναλωτές περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. τη συνιστώσα του *Καταναλωτή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* του *Διαχειριστή Προσαρμογής*), από την ανάγκη να έρθουν σε επαφή με τις διάφορες πηγές περιβάλλουσας πληροφορίας (και ενδεχομένως μέσα από διαφορετικές διεπαφές). Αυτό επιτρέπει τη αυτόματη γένεση του κώδικα του *Διαχειριστή Προσαρμογής*, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει επαναχρησιμοποιήσιμες συνιστώσες λογισμικού (δηλαδή τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, τη *Συνιστώσα Γέννησης Κώδικα* και ενδεχομένως κάποιες λειτουργίες προσαρμογής, π.χ. συγκεκριμένες μεθόδους όπως μια *excludeRecords* ή μια *changeGridViewAttributes*), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν ή με μικρές τροποποιήσεις από άλλες εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης.

8.4 Περιβάλλουσα Κατάσταση και Εφαρμογές Κινητού

Επιχειρείν

8.4.1 Οι διαφορές μεταξύ κινητού εμπορίου και κινητού επιχειρείν

Αν και το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο (m-commerce) και το κινητό ηλεκτρονικό επιχειρείν (m-business) έχουν ομοιότητες και πολλές φορές στη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, καλύπτουν τελικά διαφορετικά είδη εφαρμογών. Το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο αναφέρεται μόνο σε συναλλαγές που εμπεριέχουν χρηματική αξία και οι οποίες διενεργούνται μέσω φορητών και ασυρμάτων δικτύων επικοινωνίας και φορητών συσκευών [18]. Ο MacDonald [151] συνοψίζει το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο σαν την “*απόκτηση χρήματος μέσω τηλεφώνου*”. Από την άλλη πλευρά ο Gerpott [87], ορίζει το κινητό ηλεκτρονικό επιχειρείν σαν “*ένα γενικό όρο*

του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, που όμως καλύπτει επιπρόσθετες διαδικασίες, στις οποίες δεν εμπλέκεται ο οικονομικός παράγοντας, της εταιρείας/οργανισμού με τη χρήση κινητών υπηρεσιών”. Επομένως το κινητό ηλεκτρονικό επιχειρείν, μπορεί να οριστεί σαν τη διεξαγωγή επιχειρηματικών συναλλαγών μέσω φορητών και ασύρματων δικτύων επικοινωνίας με χρήση φορητών συσκευών, προσαρμόζοντας τον ορισμό από το [121] σύμφωνα με τον οποίο «το ηλεκτρονικό επιχειρείν περιλαμβάνει τόσο τα μετωπικά εργαλεία όσο και τα εργαλεία back-office που διαμορφώνουν τον πυρήνα της μηχανής που οδηγεί τις σύγχρονες επιχειρηματικές συναλλαγές. Με την ευρύτερη έννοια, το ηλεκτρονικό επιχειρείν είναι η συνολική στρατηγική του επαναπροσδιορισμού των παλαιών επιχειρηματικών μοντέλων με τη βοήθεια της τεχνολογίας προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αξία για τον πελάτη και τα οφέλη». Από την άλλη πλευρά το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο ορίζεται σαν ένα υποσύνολο του κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν που αναφέρεται σε εμπορικές συναλλαγές, δηλαδή πώληση υπηρεσιών και προϊόντων με ανταλλαγή χρήματος. Η πώληση βιβλίων και CDs μέσω διαδικτύου είναι από τα πλέον γνωστά παραδείγματα του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ενώ αντίθετα μια υπηρεσία που ειδοποιεί για έναν ασθενή που έχει υποστεί καρδιακή προσβολή και στέλνει ένα ασθενοφόρο σε αυτόν, θεωρείται υπηρεσία κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν και όχι υπηρεσία κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου [224].

Παραδείγματα εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν αποτελούν: i) η κινητή αυτοματοποίηση του δυναμικού των πωλητών, ii) η κινητή αυτοματοποίηση της δύναμης των εξωτερικών συνεργατών, iii) η κινητή διαχείριση αποθέματος, iv) η κινητή διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, v) η κινητή διαχείριση στόλου, vi) η κινητή ολοκλήρωση εφοδιαστικής αλυσίδας, vii) η κινητή διαχείριση σχέσεων με πελάτες [207]. Σε αυτές τις εφαρμογές, υπάρχει μια σημαντική ποικιλία αναφορικά με

τις σχετικές επιχειρησιακές διαδικασίες που εμπλέκονται, σε αντίθεση με το κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο όπου η εμπλοκή επιχειρησιακών διαδικασιών είναι περιορισμένη (π.χ. διαφήμιση και παρουσίαση προϊόντων και υπηρεσιών, αποδοχή παραγγελίας από τον πελάτη, αποδοχή πληρωμής, παράδοση προϊόντων).

Ο βασικός στόχος των προαναφερόμενων εφαρμογών του κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν δεν είναι το κέρδος, με την χρηματική έννοια του όρου, όπως συμβαίνει με τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, το κέρδος προκύπτει έμμεσα. Ο κύριος στόχος των εφαρμογών κινητού επιχειρείν και ανάλογα με την κατηγορία της εφαρμογής, είναι η αύξηση της παραγωγικότητας, η ικανοποίηση του πελάτη [245], η μείωση του κόστους, η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και η καλύτερη εικόνα της εταιρείας [73], η υποστήριξη της ιχνηλασιμότητας των προϊόντων [247], η καλύτερη διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων [4] και η παροχή πιο αποτελεσματικών υπηρεσιών [4], [44], [73]. Επομένως η χρήση της περιβάλλουσας κατάστασης από τις εφαρμογές κινητού επιχειρείν, θα πρέπει να στοχεύει στην ενίσχυση των παραπάνω πλεονεκτημάτων που απορρέουν από τη χρήση αυτών των εφαρμογών.

Επιπρόσθετα, οι εφαρμογές κινητού επιχειρείν απευθύνονται στους εργαζόμενους των εταιρειών που προσφέρουν αυτές τις εφαρμογές, παρά στο ευρύ κοινό. Αυτό περιορίζει την ανάγκη για διατήρηση της αφοσίωσης των χρηστών, από τη στιγμή που οι εργαζόμενοι μιας εταιρείας δεν έχουν την επιλογή να μεταβούν σε μια εφαρμογή του ανταγωνισμού (το ίδιο συμβαίνει και στις υπηρεσίες κινητής διακυβέρνησης [229]). Το περιορισμένο εύρος των χρηστών αυτών των εφαρμογών, τροποποιεί τα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας κατάστασης τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, αναφορικά με τα ακόλουθα:

- *Οι ικανότητες και δεξιότητες των χρηστών στους υπολογιστές διαφέρουν λιγότερο, από τη στιγμή που οι εταιρείες και οι οργανισμοί εκπαιδεύουν τους εργαζομένους στη χρήση των εφαρμογών κινητού επιχειρείν και όλοι οι χρήστες έχουν έναν ελάχιστο βαθμό ικανοτήτων και δεξιοτήτων στους υπολογιστές. Από την άλλη πλευρά, οι εφαρμογές κινητού εμπορίου συνήθως απευθύνονται σε ένα ευρύ κοινό όπου η εκπαίδευση δεν είναι εφικτή και οι εφαρμογές θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άτομα με πολύ στοιχειώδεις δεξιότητες στους υπολογιστές.*
- *Η συναισθηματική πλευρά των χρηστών είναι λιγότερη σημαντική: οι εργαζόμενοι των εταιρειών και των οργανισμών αναμένεται να αποδώσουν ανεξάρτητα από την συναισθηματική κατάσταση στην οποία βρίσκονται.*
- *Οι συσκευές που χρησιμοποιούν οι χρήστες διαφέρουν λιγότερο: οι εταιρείες και οι οργανισμοί στις περισσότερες περιπτώσεις προμηθεύονται προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (PDAs) ή έξυπνα τηλέφωνα, για την πρόσβαση στις εφαρμογές κινητού επιχειρείν. Οι συσκευές παραγγέλλονται μαζικά και κατά συνέπεια οι διαφορετικοί τύποι συσκευών είναι περιορισμένοι σε 1-5 (π.χ. ανάλογα με τα επίπεδα κατάταξης προσωπικού), ενώ στο κινητό ηλεκτρονικό εμπόριο το πλήθος των διαφορετικών συσκευών είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερο.*
- *Ένα σημαντικό τμήμα των δεδομένων που απαιτούνται για τις εφαρμογές κινητού επιχειρείν είναι γνωστό εκ των προτέρων. Αυτό επιτρέπει τη φόρτωση των δεδομένων στη συσκευή (όταν ο χρήστης έχει πρόσβαση στο εταιρικό δίκτυο), προκειμένου να μειωθεί το κόστος της επικοινωνίας για την ανάκτηση των δεδομένων μέσω των τηλεφωνικών δικτύων. Η*

ανάκτηση των δεδομένων μέσω των τηλεφωνικών δικτύων μπορεί να μειωθεί σε εκείνα τα δεδομένα που τροποποιήθηκαν μετά το τελευταίο φόρτωμα. Παρόμοιες τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιστροφή των δεδομένων στα πληροφοριακά συστήματα του οργανισμού, (π.χ. αποθήκευση των παραγγελιών στη συσκευή και φόρτωμα στο πληροφοριακό σύστημα του οργανισμού κατά την επιστροφή στο γραφείο). Από την άλλη πλευρά, θα πρέπει να διασφαλιστεί η ασφάλεια των δεδομένων που φορτώνονται στη συσκευή π.χ. για περιπτώσεις κλοπής ή απώλειας της συσκευής.

- *Τα θέματα των προσωπικών δεδομένων είναι περιορισμένα.* Η εταιρεία έχει το δικαίωμα να διατηρεί στο σύστημα διαχείρισης προσωπικού, ένα σημαντικό πλήθος προσωπικών δεδομένων για τους χρήστες των εφαρμογών κινητού επιχειρείν και τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσαρμοστικότητα των εφαρμογών κινητού επιχειρείν. Επιπρόσθετα, κάποιες πληροφορίες που μπορούν να θεωρηθούν σαν προσωπικά δεδομένα στην περιοχή του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (π.χ. η τρέχουσα θέση του χρήστη) δεν θεωρούνται προσωπικά δεδομένα για τις εφαρμογές κινητού επιχειρείν (π.χ. η θέση του φορτηγού και κατά συνέπεια και του οδηγού). Αυτό απλοποιεί το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των εφαρμογών, με την αφαίρεση περιορισμών για το που μια επεξεργασία δεδομένων θα λάβει χώρα και για το ποιά δεδομένα θα είναι διαθέσιμα σε ποιά συνιστώσα λογισμικού.

8.4.2 Η Διαχείριση της Περιβάλλουσας Κατάστασης στις Εφαρμογές Κινητού Ηλεκτρονικού Επιχειρείν

Όμοια με τη περίπτωση των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, ο προσδιορισμός, η διαχείριση και η αξιοποίηση της περιβάλλουσας κατάστασης αποτελεί μια επαναλαμβανόμενη και ανεξάρτητη διαδικασία στον κύκλο ζωής των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν και επομένως απαιτείται ένα θεωρητικό πλαίσιο για τη διαχείριση και την τυποποίηση αυτών των διαδικασιών. Το εννοιολογικό μοντέλο που παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 5 (το οποίο περιλαμβάνει και έναν ορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας προσανατολισμένο στα υπολογιστικά συστήματα) και μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας πληροφορίας, καθώς και την αναπαράστασή της με τη χρήση των επεκταμένων διαγραμμάτων περιπτώσεων χρήσης και κλάσεων της UML, μπορεί να εφαρμοστεί και στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν με κάποιες διαφοροποιήσεις.

Πιο συγκεκριμένα ο ορισμός της περιβάλλουσας πληροφορίας που δώσαμε στην ενότητα 5.3.1, θα πρέπει να τροποποιηθεί ώστε να αντικατοπτρίζει το στόχο της προσαρμογής των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν, ως εξής :

“Περιβάλλουσα πληροφορία μιας εφαρμογής κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν είναι κάθε τμήμα πληροφορίας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει την κατάσταση μιας οντότητας, η οποία μπορεί να θεωρηθεί σχετική με την αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η κατάσταση της οντότητας μπορεί να είναι είτε στατική είτε δυναμικά μεταβαλλόμενη, ενώ η σχέση/συνάφεια της οντότητας με την αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής μπορεί να προκύψει από το ενδεχόμενο να αξιοποιηθεί η πληροφορία που περιγράφει την κατάσταση τη οντότητας προκειμένου να βελτιστοποιηθεί αυτή η αλληλεπίδραση, με στόχο την μεγιστοποίηση των ωφελειών που προκύπτουν από τη χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής”

Η τροποποίηση του παραπάνω ορισμού είναι σημαντική, από τη στιγμή που επιτρέπει τη συμπερίληψη περισσότερων παραμέτρων της περιβάλλουσας κατάστασης στις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν, συγκριτικά με τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου, (οποιαδήποτε παράμετρος *μεγιστοποιεί τα οφέλη*, σε αντίθεση με τη *μεγιστοποίηση της εμπορικής αξίας της εφαρμογής*). Οι τυποποιημένοι ορισμοί της περιβάλλουσας πληροφορίας που περιγράψαμε στην ενότητα 5.3.2, είναι επαρκώς γενικοί και ανεξάρτητοι από τον επιχειρηματικό στόχο και τις απαιτήσεις της εφαρμογής και κατά συνέπεια μπορούν να μείνουν αμετάβλητοι και στην περιοχή των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν.

Οι κατηγορίες των οντοτήτων της περιβάλλουσας κατάστασης που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5.3.1- Σχήμα 18, (χρήστη, υπολογιστικής, περιβάλλοντος και εφαρμογής) παραμένουν, αν και θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση α) στη θέση και το χρόνο, και β) στην περιβάλλουσα κατάσταση εφαρμογής/πεδίου. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τις ερευνητικές εργασίες που αναλύουν μοντέλα και διαδικασίες του κινητού επιχειρείν [34], [94], [132], [235], όπου η έμφαση κατά τη διαδικασία της ανάλυσης για μοντελοποίηση της προσαρμογής δίνεται στο *Ποιός, Τι, Πότε* και *Πού*, με τα πρώτα τρία χαρακτηριστικά να σχετίζονται, με τη λειτουργικότητα της εφαρμογής (*Ti*) και τους επιχειρησιακούς κανόνες για την προσπέλαση των δεδομένων (*Ποιός, Πότε*) και το τέταρτο χαρακτηριστικό να σχετίζεται με τη θέση του χρήστη.

Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές μεταξύ των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου και κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν που παρουσιάστηκαν παραπάνω, η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.4.3 μπορεί να τροποποιηθεί με τον ακόλουθο τρόπο:

- Στο βήμα 1, η διοίκηση και οι επιχειρησιακοί αναλυτές θα πρέπει να καθορίσουν ποιές υπηρεσίες κινητού επιχειρείν θα πρέπει να αναπτυχθούν, προκειμένου να προωθηθούν οι στόχοι που επιδιώκονται από την υιοθέτηση της εφαρμογής κινητού επιχειρείν (βλέπε ενότητα 8.4.1). Για κάθε μια από τις καινοτόμες υπηρεσίες, θα πρέπει να διερευνηθούν σε ένα υψηλό επίπεδο τα θέματα της περιβάλλουσας κατάστασης. Επίσης σε αυτό το βήμα, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι επιχειρησιακές διαδικασίες που θα πρέπει να ανασχεδιαστούν ή να επανυλοποιηθούν προκειμένου να υποστηρίξουν τα θέματα του κινητικότητας του χρήστη.
- Στο βήμα 2, θα πρέπει να σχεδιαστούν οι μελέτες για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας και της επιτυχίας της εφαρμογής κινητού επιχειρείν. Θα πρέπει να συλλεγούν πληροφορίες μέσω των κατάλληλων ερωτηματολογίων για τη χρηστικότητα των κινητών επιχειρηματικών διαδικασιών, για την καταλληλότητα του κινητού εργασιακού περιβάλλοντος και την επίπτωση της κινητής εργασίας στην παραγωγικότητα [245]. Επίσης μπορούν να συλλεγούν και αντικειμενικές πληροφορίες μέσω του συστήματος π.χ. ο μέσος χρόνος εξυπηρέτησης ενός αιτήματος του πελάτη. Αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να προσδιοριστούν σε αυτό το βήμα, ώστε να συμπεριληφθούν στην εφαρμογή οι κατάλληλοι μηχανισμοί παρακολούθησης που θα συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα.
- Στο βήμα 3, οι υπηρεσίες που προσδιορίστηκαν στο βήμα 1 θα αποτυπωθούν σε λειτουργίες, οι οποίες θα πρέπει να ενσωματωθούν στην εφαρμογή κινητού επιχειρείν.

- Τα βήματα 4-11, ουσιαστικά παραμένουν τα ίδια. Ωστόσο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διαφορές αναφορικά με τις δεξιότητες των χρηστών στους υπολογιστές και τις εφαρμογές κινητού επιχειρείν (πιο σύνθετες λειτουργίες ενδεχομένως να πρέπει να ενσωματωθούν χωρίς ωστόσο τον κίνδυνο απομάκρυνσης των χρηστών από την εφαρμογή), τη σχετική ομοιομορφία των φορητών συσκευών (π.χ. μπορεί να θεωρηθεί πως η συσκευή θα διαθέτει έναν δέκτη GPS, η ανάλυση της οθόνης είναι τουλάχιστον 320 x 480 κ.λπ.), το γεγονός ότι μόνο ένα τμήμα των δεδομένων θα φορτωθούν στη συσκευή (επομένως το κόστος επικοινωνίας θα είναι μειωμένο) κ.λπ. Επίσης ο συναισθηματικός παράγοντας των χρηστών χρήζει μικρότερης προσοχής.
- Το βήμα 12, αναφορικά με τα προσωπικά δεδομένα μπορεί να παραλειφθεί ή να περιοριστεί σημαντικά στη συντήρηση και επεξεργασία των ευαίσθητων δεδομένων, καθώς και στην προστασία των δεδομένων σε περιπτώσεις κλοπής ή απώλειας της συσκευής.
- Τα βήματα 3-14, παραμένουν τα ίδια.
- Το βήμα 15, θα πρέπει να αντικατασταθεί με ένα βήμα όπου θα αποτιμάται η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής αναφορικά με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει. Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της αποτίμησης, η διοίκηση της εταιρείας και οι επιχειρησιακοί αναλυτές θα επανεξετάσουν τις διαδικασίες της εφαρμογής κινητού επιχειρείν και ενδεχομένως αναπυροδοτήσουν συγκεκριμένα βήματα της μεθοδολογίας.

Η αποτύπωση των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση των επεκταμένων διαγραμμάτων περιπτώσεων χρήσης και κλάσεων της UML, που παρουσιάστηκαν στις ενότητες 5.5 και 5.6. Η αρχιτεκτονική διαχείρισης και αξιοποίησης της περιβάλλουσας πληροφορίας που παρουσιάστηκε στα κεφάλαια 6 και 7, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις διαδικτυακές εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν, επιτρέποντας την διαχείριση και αξιοποίηση της περιβάλλουσας πληροφορίας σε εξυπηρετές με αυξημένους υπολογιστικούς πόρους.

8.5 Μελλοντική Έρευνα

Ένα από τα βασικά θέματα που θα πρέπει να εξεταστούν σε μεγαλύτερο βάθος αναφορικά με τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης είναι η διαχείριση των προσωπικών δεδομένων. Στο βήμα 12 της μεθοδολογίας, στην ενότητα 5.4.3, εξετάσαμε σε ένα υψηλό επίπεδο τα θέματα που σχετίζονται με τα προσωπικά δεδομένα (τη διστακτικότητα των χρηστών να παρέχουν προσωπικά δεδομένα, την προσθήκη διαχειριστικού κόστους αυτών των δεδομένων από τους οργανισμούς, τα νομικά προβλήματα που απορρέουν από την κλοπή ή τη μη ορθή χρήση αυτών των δεδομένων). Επίσης τονίσαμε τη σημαντικότητα της ανάπτυξης ενός μοντέλου πολιτικής ασφαλείας των δεδομένων και την ενσωμάτωση σε αυτό το μοντέλο, των διαδικασιών και ενεργειών που θα διασφαλίσουν την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων που απαιτούνται από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Ωστόσο απαιτείται μια περαιτέρω ανάλυση αυτού του βήματος της μεθοδολογίας, προκειμένου μέσα από επιμέρους τυποποιημένα βήματα να ανιχνεύονται τα προσωπικά δεδομένα, να καθορίζονται τρόποι για τη λήψη της σύμφωνης γνώμης του χρήστη, να αναζητούνται τρόποι παροχής προσωπικών δεδομένων χωρίς να αποκαλύπτεται η ταυτότητα του χρήστη, να αξιολογούνται τα

οφέλη της εφαρμογής από τη χρήση των προσωπικών δεδομένων ή τα μειονεκτήματα από τη μη χρήση τους. Επίσης, θα πρέπει να αναζητηθούν τρόποι, ώστε εμπλουτιστεί το μοντέλο ασφάλειας προσωπικών δεδομένων του οργανισμού, ώστε να συμπεριλάβει τα θέματα της χρήσης της περιβάλλουσας κατάστασης και να προταθούν εργαλεία ή να επεκταθούν ήδη υπάρχοντα για την υλοποίηση των πολιτικών ιδιωτικότητας (privacy policies) και τη σύγκριση των προτιμήσεων του χρήστη αναφορικά με τα προσωπικά του δεδομένα και των εφαρμοζόμενων πολιτικών ασφαλείας του οργανισμού και την επίλυση αντικρουόμενων προτιμήσεων.

Αναφορικά με την προσαρμογή των εφαρμογών στις μεταβολές της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα πρέπει να αναλυθούν και να προσδιοριστούν οι μηχανισμοί επίλυσης των αντιφάσεων (conflicts) που μπορεί να προκύψουν κατά τον καθορισμό των ενεργειών της προσαρμογής στα *αρχεία διαμόρφωσης του Αποθετηρίου Πολιτικών Προσαρμογής*. Επίσης, θα πρέπει να προταθούν και να υλοποιηθούν τα κατάλληλα εργαλεία που θα αυτοματοποιήσουν τη δημιουργία των *αρχείων διαμόρφωσης* (π.χ. στηριζόμενα σε ιδιότητες αντανάκλασης των εφαρμογών), δεδομένου ότι η χειροκίνητη δημιουργία αυτών των αρχείων μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρονοβόρα και επίπονη σε εφαρμογές με μεγάλο αριθμό σελίδων και αυξημένο πλήθος σεναρίων προσαρμογής.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα το οποίο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, είναι η αποτίμηση της αποτελεσματικότητας των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης. Αυτό είναι σχετικά δύσκολο, από τη στιγμή που δεν είναι διαθέσιμες τέτοιες εφαρμογές σε μεγάλη κλίμακα ώστε να προσφέρουν τη σχετική εμπειρία από τη χρήση τους και συνήθως δεν προνοούνται μηχανισμοί για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητάς τους. Στο βήμα 2 και 15 της μεθοδολογίας (ενότητα 5.4.3), αναφέραμε τη σημαντικότητα και τον τρόπο σύνταξης

και χρήσης αυτών των ερευνών. Ωστόσο τα σχετικά θέματα της χρηστικότητας των εφαρμογών κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου με επίγνωση της περιβάλλουσας κατάστασης, της αποτελεσματικότητας των πολιτικών προώθησης των προϊόντων, της διατήρησης της αφοσίωσης και προσέλκυσης των πελατών και γενικότερα της αποτελεσματικότητας των εφαρμογών από την ενσωμάτωση της περιβάλλουσας πληροφορίας, θα πρέπει να αναλυθούν σε μεγαλύτερο βάθος από τους ειδικούς εμπορικής προώθησης. Και στη συνέχεια, θα πρέπει να προταθούν τρόποι προσδιορισμού των μετρικών που θα πρέπει να συλλεγούν, οι τρόποι συλλογής τους και οι μέθοδοι για την αποκωδικοποίηση των πληροφοριών που φέρουν οι συγκεκριμένες μετρικές, ώστε να πυροδοτηθεί ο προσδιορισμός νέων προσαρμοστικών και επαυξημένων λειτουργιών, από την ανάγνωση των μελετών αποτίμησης.

Τέλος, η διαχείριση και αξιοποίηση της περιβάλλουσας κατάστασης από τις εφαρμογές κινητού ηλεκτρονικού επιχειρείν θα πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο, να επεκταθεί και να τυποποιηθεί, καθώς σε πολλές περιπτώσεις τέτοιων εφαρμογών η χρήση ενός κεντρικοποιημένου *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και ενός *Διαχειριστή Προσαρμογής* μπορεί αποδειχθεί ότι δεν είναι αρκετά επαρκής και αποτελεσματική. Και αυτό γιατί, σε κάποιες περιπτώσεις τέτοιων εφαρμογών ίσως κρίνεται καλύτερη η κατανεμημένη διαχείριση ενός μέρους της περιβάλλουσας πληροφορίας (με ταυτόχρονη υποστήριξη από ένα κεντρικό σύστημα) [230] και με τη χρήση τεχνολογιών τοπικής δικτύωσης (π.χ. Bluetooth). Με αυτό τον τρόπο διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας, σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν τα θέματα της καθυστερημένης διανομής της εξαιτίας δυσλειτουργιών του δικτύου (π.χ. απουσία σήματος) ή του χρόνου που απαιτείται για την αποστολή της περιβάλλουσας πληροφορίας που συλλαμβάνεται από τους

εξυπηρετούμενους στον εξυπηρέτη, την επεξεργασία της και τη δρομολόγηση της εκ νέου στους ενδιαφερόμενους εξυπηρετούμενους. Ένα σημαντικό θέμα που έχει αναδυθεί στα κατακευματισμένα συστήματα διαχείρισης της περιβάλλουσας πληροφορίας (π.χ. στα συστήματα ομοτίμων - peer to peer) και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, είναι η προσαρμοστική διαχείριση και διανομή της περιβάλλουσας πληροφορίας από τις φορητές συσκευές [15], [22], [66], [118], [169]. Αυτού του είδους η προσαρμογή, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τόσο στοιχεία της ίδιας της περιβάλλουσας πληροφορίας όσο και των μετα-δεδομένων της, ώστε να βελτιστοποιηθούν οι σχετικές εργασίες λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς τόσο των δικτύων όσο και των ίδιων των φορητών συσκευών.

Παράρτημα Α

A.1 Παράδειγμα Προσαρμοστικής Εφαρμογής

Προκειμένου να δείξουμε την επάρκεια και την αποτελεσματικότητα χρήσης του *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και τη δυνατότητα υλοποίησης του *Διαχειριστή Προσαρμογής* για τις ΕΚΗΕ-ΕΠΚ, θα παρουσιάσουμε στις επόμενες παραγράφους την ανάπτυξη μιας εφαρμογής-case study για την κράτηση εισιτηρίων σινεμά, χρησιμοποιώντας το περιβάλλον ASP.NET [67]. Θα συζητήσουμε την χρήση της περιβάλλουσας πληροφορίας και τη διαδικασία της προσαρμογής για δύο σελίδες, τη σελίδα *TicketsReservation* και τη σελίδα *MovieSelection*. Για την προσαρμογή αυτών των σελίδων γίνεται χρήση όλων των ειδών περιβάλλουσας πληροφορίας (*χρήστη, περιβάλλοντος, υπολογιστικής, εφαρμογής*) και υλοποιούνται όλοι οι τύποι προσαρμογής (*λειτουργικότητας, περιεχομένου, παρουσίασης*).

A.1.1 Η σελίδα *TicketsReservation*

Έπειτα από την ανάλυση των απαιτήσεων, αποφασίσαμε πως για τη σελίδα *TicketsReservation* οι μη προσαρμοστικές (default) και προσαρμοστικές (adapted) λειτουργίες που θα παρέχονται θα είναι αυτές που φαίνονται στα (i)-(vii) πιο κάτω. Για κάθε μια από αυτές τις λειτουργίες διακρίνουμε τις ενότητες περιεχομένου (content units) και τις παραμέτρους περιβάλλουσας πληροφορίας που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία της προσαρμογής.

- i) Ο χρήστης επιλέγει μια από τις διαθέσιμες ταινίες της ημέρας (μέσω της σελίδας *MovieSelection*– βλέπε Σχήμα 38, έκτη εικόνα) και εμφανίζεται η *TicketsReservation* σελίδα προκειμένου να πραγματοποιήσει την κράτηση των

εισιτηρίων του. Η μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας (default page behavior) (βλέπε Σχήμα 38 - πρώτη εικόνα), είναι να παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να ορίσει τον αριθμό των εισιτηρίων και με το πάτημα ενός κουμπιού να καλέσει την *onlyReservation* υπηρεσία (service), μέσω της οποίας θα πραγματοποιηθεί η κράτηση των θέσεων (*Ενότητα Περιεχομένου 1- Content Unit 1*). Επιπρόσθετα, στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας, εμφανίζονται βασικές πληροφορίες για την ταινία και ειδικότερα ο τίτλος της ταινίας, μια σύντομη περιγραφή της υπόθεσης και οι ηθοποιοί (*Ενότητα Περιεχομένου 2- Content Unit 2*), όπως επίσης και πληροφορίες σχετικές με την κριτική του κοινού και των ειδικών για την ταινία (*Ενότητα Περιεχομένου 3 - Content Unit 3*).

- ii) Ανάλογα με την *paymentMode* προτίμηση του χρήστη (user preference), θα υπάρχει η δυνατότητα για: α) μόνο κράτηση θέσεων (με κλήση στην *onlyReservation* υπηρεσία), β) κράτηση και πληρωμή μέσω πιστωτικής κάρτας (έπειτα από μετάβαση στη σελίδα *PaymentViaCreditCard*) και γ) κράτηση και πληρωμή μέσω τραπεζικού λογαριασμού (έπειτα από μετάβαση στη σελίδα *PaymentViaBankAccount*). Οι παραπάνω εναλλακτικές δυνατότητες έχουν οριστεί σε ένα σχετικό κανόνα προσαρμογής (*adaptation rule*) που έχει καταχωρηθεί στο αρχείο διαμόρφωσης (*configuration file*) της σελίδας (Σχήμα 36).
- iii) Ανάλογα με την προτίμηση *accessMode* του χρήστη, θα υπάρχει η δυνατότητα μη εμφάνισης των πληροφοριών των σχετικών με την κριτική του κοινού και των ειδικών για την ταινία (*Ενότητα Περιεχομένου 3- Content Unit 3*, βλέπε Σχήμα 38- δεύτερη εικόνα).

- iv) Ανάλογα με την *musicFriendly* προτίμηση του χρήστη, θα υπάρχει η δυνατότητα για επιπρόσθετη πληροφόρηση αναφορικά με την μουσική της ταινίας και ανάλογα με την τρέχουσα τιμή της παραμέτρου *bandwidth* της περιβάλλουσας πληροφορίας, η σχετική πληροφορία θα εμφανίζεται άλλοτε ως κείμενο (*Ενότητα Περιεχομένου 4 - Content Unit 4*, βλέπε Σχήμα 38- τρίτη εικόνα) και άλλοτε ως εικόνα (*Ενότητα Περιεχομένου 5 - Content Unit 5*, βλέπε Σχήμα 38- τέταρτη και πέμπτη εικόνα). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τη τρέχουσα τιμή της παραμέτρου *bandwidth* της περιβάλλουσας πληροφορίας, η ανάλυση (resolution) της εικόνας θα προσαρμόζεται (βλέπε Σχήμα 38- πέμπτη εικόνα), μέσω ανάθεσης της κατάλληλης τιμής στο σχετικό περιεχομένου-αναφερόμενου χαρακτηριστικό (content-related property) του αντικειμένου της κύριας εφαρμογής. Ανάλογα με τον σχεδιασμό της κύριας εφαρμογής, αυτό μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν α) μια μεταβλητή που περιέχει τη διαδρομή -path- στο οποίο βρίσκεται η εικόνα, β) μια μεταβλητή που περιέχει το όνομα της στήλης ενός πίνακα μιας βάσης δεδομένων από την οποία η εν λόγω εικόνα θα ανακτηθεί, κ.λπ. Οι σχετικές πληροφορίες που ορίζουν την προσαρμογή της ανάλυσης της εικόνας καθορίζονται σε έναν σχετικό κανόνα προσαρμογής που είναι αποθηκευμένος στο αρχείο διαμόρφωσης της σελίδας (βλέπε Σχήμα 36).
- v) Ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη, θα επιλεγεί η κατάλληλη γλώσσα εμφάνισης των τίτλων και του περιεχομένου της σελίδας (βλέπε Σχήμα 38- πέμπτη εικόνα), όπως επίσης θα καθοριστούν και οι τιμές των σχετικών με την παρουσίαση χαρακτηριστικών (presentation-related properties) μέγεθος γραμματοσειράς, πάχος γραμματοσειράς (έντονη ή μη γραφή) και χρώμα φόντου του τίτλου και των περιοχών εμφάνισης δεδομένων (βλέπε Σχήμα 38-

όλες οι εικόνες). Τα σχετικά χαρακτηριστικά γλώσσας (χαρακτηριστικά σχετιζόμενα με το περιεχόμενο), των επηρεαζόμενων αντικειμένων της σελίδας θα λάβουν την κατάλληλη τιμή ανάλογα με την προτίμηση γλώσσας του χρήστη, π.χ. θα τροποποιηθεί κατάλληλα η τιμή μιας μεταβλητής που περιέχει το όνομα της διαδρομής *-path-* που έχει αποθηκευθεί το αρχείο που περιλαμβάνει τους πόρους που εξαρτώνται από τη γλώσσα ή/και θα τροποποιηθεί μια συνθήκη η οποία καθορίζει τους πόρους που εξαρτώνται από τη γλώσσα που θα ανακτηθούν από μια βάση δεδομένων (βλέπε Σχήμα 36).

- vi) Ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου *cinemaCritic* της περιβάλλουσας πληροφορίας, που αναφέρεται στον χρήστη (και η οποία δηλώνει κατά πόσο ο χρήστης έχει την ιδιότητα του κριτικού σινεμά) και την τιμή της *moviePremiereStatus* παραμέτρου της περιβάλλουσας πληροφορίας, που αναφέρεται στην εφαρμογή (και η οποία δηλώνει κατά πόσο η συγκεκριμένη προβολή της ταινίας αποτελεί πρεμιέρα), θα εμφανιστεί ένα μήνυμα στην *TicketReservation* σελίδα το οποίο θα ενημερώνει το χρήστη για την προσφορά έκπτωσης 50% επί των τιμών των εισιτηρίων (βλέπε Σχήμα 38-δεύτερη εικόνα). Σε περίπτωση που θα πρέπει να κληθεί η υπηρεσία *onlyReservation*, αυτή θα αντικατασταθεί με την κλήση της *discountReservationService* υπηρεσίας, η οποία λαμβάνει υπόψη την έκπτωση στον υπολογισμό της τιμής των εισιτηρίων (αυτή η λειτουργικότητα δίνεται σαν παράδειγμα εναλλακτικής κλήσης υπηρεσιών ανάλογα με τον κανόνα προσαρμογής – βλέπε Σχήμα 36).
- vii) Επίσης, ανάλογα με την προτίμηση *accessMode* του χρήστη και την τρέχουσα τιμή της παραμέτρου *bandwidth* του συστήματος, θα δίνεται η δυνατότητα

αντί για την εμφάνιση ενός πεδίου όπου ο χρήστης απλά θα εισάγει τον επιθυμητό αριθμό εισιτηρίων (δηλαδή θα γίνει απόκρυψη της Ενότητας Περιεχομένου 1 - Content Unit 1), να εμφανιστεί ένας πίνακας που θα περιέχει τις ζώνες της αίθουσας του σινεμά και τα διαθέσιμα καθίσματα κάθε ζώνης (Ενότητα Περιεχομένου 6- Content Unit 6, βλέπε Σχήμα 38- τρίτη εικόνα). Η Ενότητα Περιεχομένου 6 συμπεριλαμβάνει τα κατάλληλα στοιχεία ελέγχου (controls), ώστε ο χρήστης να θέσει τον αριθμό των καθισμάτων που επιθυμεί και στη ζώνη που επιθυμεί.

Για κάθε μια από τις έξι ενότητες περιεχομένου (content units), οι οποίες έχουν υλοποιηθεί σαν user controls [67], έχει οριστεί μια μέθοδος *InitCU()* στη σελίδα. Για τις ενότητες περιεχομένου που εμφανίζονται στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας (default page behavior), αυτή η μέθοδος αρχικοποιεί (initializes) την ενότητα περιεχομένου (content unit) και την ενσωματώνει στη σελίδα. Για τις υπόλοιπες ενότητες περιεχομένου, οι οποίες δεν εμφανίζονται στην μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας, η συμπεριφορά αυτής της μεθόδου είναι να μην κάνει κάτι, απλά αποτελεί ένα “άγκιστρο” στο οποίο η *άποψη* θα συνδέσει τον κώδικα ο οποίος θα αρχικοποιήσει (initialize) την ενότητα περιεχομένου και θα την ενσωματώσει στη σελίδα.

Για κάθε ενότητα περιεχομένου που *εμφανίζεται* στην μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας, στην *Page_PreInit()* μέθοδο της σελίδας (που αποτελεί μια τυποποιημένη μέθοδο η οποία καλείται πάντα πριν την αρχικοποίηση της σελίδας στο περιβάλλον ASP.NET [67]), καλείται η αντίστοιχη *InitCU()* μέθοδος για κάθε ενότητα περιεχομένου. Για τις ενότητες περιεχομένου οι οποίες *εμφανίζονται* στη μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας αλλά *πρέπει να μην εμφανίζονται στην προσαρμοσμένη σελίδα*, σύμφωνα με τους κανόνες της προσαρμογής του αρχείου

διαμόρφωσης και τις τρέχουσες τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, ορίζεται μία συμβουλή με θέση «περί» στην κλήση της *InitCU()* μεθόδου με κενή συμπεριφορά (null behavior), που ουσιαστικά απενεργοποιεί την κλήση της μεθόδου *InitCU()*, με αποτέλεσμα τη μη εμφάνιση της αντίστοιχης ενότητας περιεχομένου στην προσαρμοσμένη σελίδα.

Για κάθε ενότητα περιεχομένου που δεν εμφανίζεται στην μη προσαρμοστική συμπεριφορά της σελίδας αλλά πρέπει να εμφανίζεται στην προσαρμοσμένη σελίδα, σύμφωνα με τους κανόνες προσαρμογής του αρχείου διαμόρφωσης και τις τρέχουσες τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, μία συμβουλή με θέση «μετά» στην κλήση της σχετικής μεθόδου *InitCU()* θα φροντίσει να αρχικοποιήσει την ενότητα περιεχομένου και να την ενσωματώσει στη σελίδα.

Για την αντικατάσταση της κλήσης της υπηρεσίας *onlyReservation* από την κλήση στην υπηρεσία *discountReservationService* ή τη μετάβαση στη σελίδα *PaymentViaCreditCard* ή στη σελίδα *PaymentViaBankAccount*, θα χρησιμοποιηθεί μία συμβουλή με θέση «περί» στην κλήση της υπηρεσίας *onlyReservation*, η οποία θα φροντίσει για την κατάλληλη κλήση ή τη μετάβαση στην άλλη σελίδα (βλέπε Σχήμα 36).

Όλες οι σελίδες και οι ενότητες περιεχομένου μια εφαρμογής έτοιμης για προσαρμογή (adaptation-ready application) θα πρέπει να υλοποιούν τις μεθόδους *MakeOperation()*, *MakeContent()* και *MakePresentation()*, στις οποίες θα αποδίδονται default τιμές στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, δηλαδή στα χαρακτηριστικά τα σχετικά με τη λειτουργικότητα, το περιεχόμενο και την παρουσίαση (*operation, content and presentation-related properties*) αντίστοιχα (τα αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά που είναι πιθανόν να υποστούν προσαρμογή διακρίθηκαν

```

Page= TicketsReservation
ContextParams= CTX_COM_A_bandwidth , CTX_USR_A_accessMode, CTX_USR_A_paymentMode,
CTX_APP_A_moviePremiereStatus, CTX_USR_A_cinemaCritic,
CTX_USR_A_musicFriendly, CTX_USR_P_language, CTX_USR_P_pagelblFontSize,
CTX_USR_P_pagelblFontWeight, CTX_USR_P_pagelblBackgroundColor, CTX_USR_P_bodylblFontSize,
CTX_USR_P_bodylblFontWeight, CTX_USR_P_bodytxtFontSize, CTX_USR_P_bodytxtFontWeight
DefaultContentUnits = CU1, CU2, CU3
AdditionalContentUnits= CU4, CU5, CU6

Operation Adaptation
//content units visibility rules
if (CTX_USR_A_accessMode == "limited") --> CU3("Hide");
if (CTX_USR_A_accessMode == "full" AND CTX_COM_A_bandwidth >= 10) -->
    CU6("Show"), CU1("Hide");
if (CTX_USR_A_musicFriendly == "true" AND CTX_COM_A_bandwidth < 10) --> CU4("Show");
if (CTX_USR_A_musicFriendly == "true" AND CTX_COM_A_bandwidth >= 10) -->CU5("Show");

// operation adaptation rules
//the following rules illustrate how adaptation rules can invoke services or pages
if (CTX_USR_A_paymentMode == "onlyReservation" AND
    CTX_APP_A_moviePremiereStatus = "true" AND CTX_USR_A_cinemaCritic ="true") {
    L_A_buttonReserveService.action <-- "callService";
    L_A_buttonReserveService.args <-- "discountReservationService";
}

if (CTX_USR_A_paymentMode == "viaCreditCard") {
    L_A_buttonReserveService.action <-- "callPage";
    L_A_buttonReserveService.args <-- "~/PaymentViaCreditCard.aspx";
}

if (CTX_USR_A_paymentMode == "viaBankAccount") {
    L_A_buttonReserveService.action <-- "callPage";
    L_A_buttonReserveService.args <-- "~/PaymentViaBankAccount.aspx";
}

Around(call (public onlyReservation())):
{call alternativeReservationService(String L_A_buttonReserveService.action, String
    L_A_buttonReserveService.args, int L_P_discountPercentage);}
}

Content Adaptation
// content adaptation rules
// image paths are built by the application using the pattern /images/imageName_rXX.png
// where XX is substituted by the resolution, whose value is drawn from property L_P_image.resolution
if (CTX_USR_A_musicFriendly == "true" AND CTX_COM_A_bandwidth < 11)
    L_P_image.resolution <-- "20";
if (CTX_USR_A_musicFriendly == "true" AND CTX_COM_A_bandwidth >=11)
    L_P_image.resolution <-- "100";

// the application loads language-dependent resources from a properties file whose path is
// /resources/translation_YY.properties where YY is substituted by the appropriate locale
// whose value is drawn from property L_P_language
L_P.language <-- CTX_USR_P_language;

if (CTX_APP_A_moviePremiereStatus = "true" AND CTX_USR_A_cinemaCritic ="true") {
    L_P_showDiscountMessage = "true"; L_P_discountPercentage=50;}

Presentation Adaptation
// presentation adaptation rules
L_P_pagelbl.fontSize <-- CTX_USR_P_pagelblFontSize;
L_P_pagelbl.fontWeight <-- CTX_USR_P_pagelblFontWeight;
L_P_pagelbl.bgColor <-- CTX_USR_P_pagelblBackgroundColor;
L_P_bodylbl.fontSize <-- CTX_USR_P_bodylblFontSize;
L_P_bodylbl.fontWeight <-- CTX_USR_P_bodylblFontWeight;
L_P_bodytxt.fontSize <-- CTX_USR_P_bodytxtFontSize;
L_P_bodytxt.fontWeight <-- CTX_USR_P_bodytxtFontWeight;

```

Σχήμα 36: Αρχείο Διαμόρφωσης της σελίδας TicketsReservation

κατά τον σχεδιασμό της κύριας εφαρμογής – ενότητα 7.2.2 Βήμα 4). Κάθε μια από τις τιμές των χαρακτηριστικών των αντικειμένων που θα πρέπει να τροποποιηθούν, σύμφωνα με τους κανόνες προσαρμογής του *αρχείου διαμόρφωσης* και τις τρέχουσες τιμές των παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, λαμβάνουν τις νέες τιμές μέσω της εκτέλεσης του κώδικα που ενθυλακώνεται σε *συμβουλές με θέση «μετά»*, οι οποίες συνυφαίνονται στις μεθόδους *MakeOperation()*, *MakeContent()* και *MakePresentation()* της σελίδας και κάθε ενότητας περιεχομένου - με άλλα λόγια, αυτός ο κώδικας μεταβιβάζει τις κατάλληλες τιμές στα σχετικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων. Ουσιαστικά ο κώδικας της *συμβουλής* περιλαμβάνει κλήσεις στις μεθόδους *θέσης τιμής (setter methods)* των αντικειμένων για τα σχετικά χαρακτηριστικά και εκτελείται εφόσον η αντίστοιχη συνθήκη του *αρχείου διαμόρφωσης* αποτιμάται σαν “αληθής”. Εικόνες της προσαρμοσμένης σελίδας φαίνονται στο Σχήμα 38.

A.1.2 Η σελίδα *MovieSelection*

Αναφορικά με τη μη προσαρμοστική συμπεριφορά (default behavior) της σελίδας *MovieSelection* (βλέπε Σχήμα 38 - εικόνα (i) της σελίδας), αυτή θα εμφανίζει πληροφορίες σχετικές με τις ταινίες της τρέχουσας ημέρας. Πιο συγκεκριμένα θα εμφανίζονται σε έναν πίνακα, ο τίτλος της ταινίας, η κατηγορία της ταινίας, η αίθουσα προβολής, ο τύπος της αίθουσας προβολής (εσωτερική ή θερινή) και η ώρα έναρξης της προβολής. Οι προσαρμοστικές λειτουργίες που θα παρέχει αυτή η σελίδα, ανάλογα με τη γλώσσα παρουσίασης και άλλα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην παρουσίαση, (όπως πάχος και μέγεθος γραμματοσειράς και χρώμα φόντου), είναι οι ίδιες με αυτές που προσφέρονται από τη σελίδα *TicketsReservation* και δεν θα συζητηθούν περαιτέρω.

```

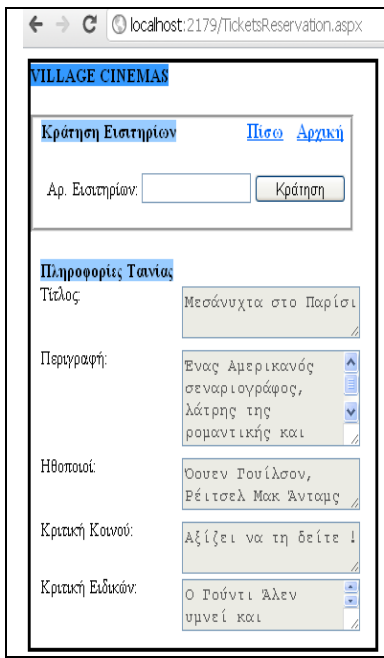
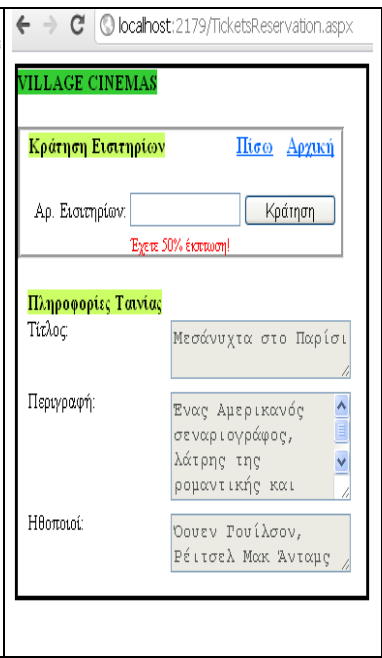
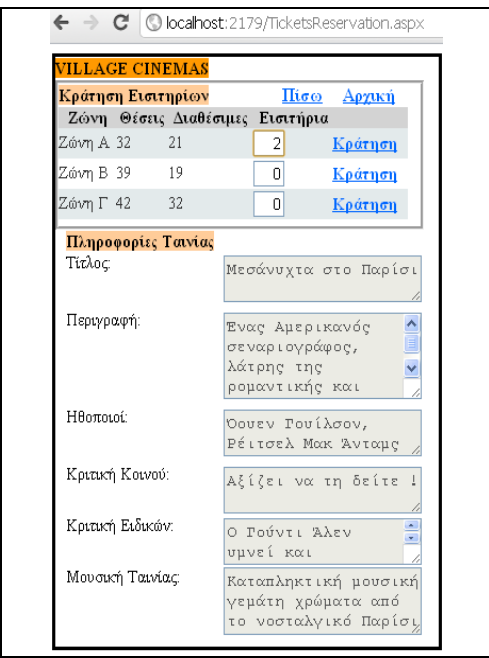
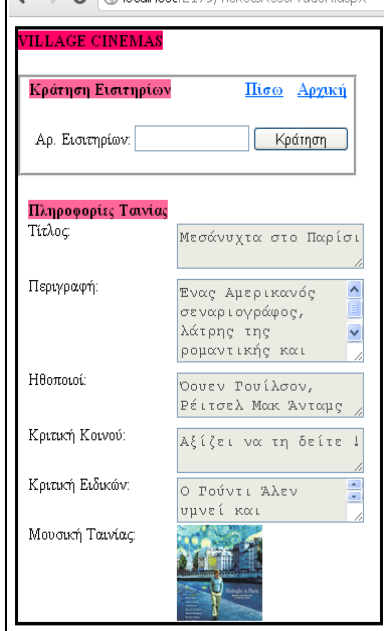
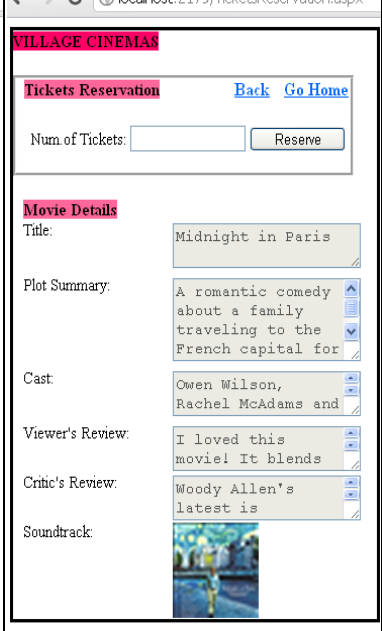
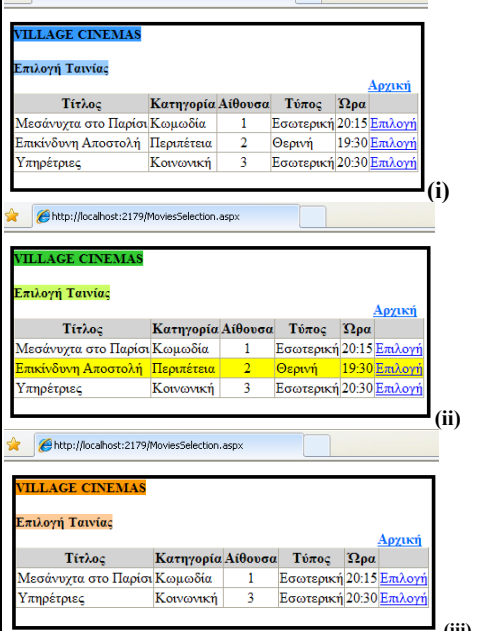
Page= MovieSelection
ContextParams= CTX_ENV_A_badWeather, CTX_APP_A_outdoorClass,
                 CTX_USR_A_userDistance,
                 CTX_APP_A_remainingTimeForMovieStart,
...
Content Adaptation
if(CTX_ENV_A_badWeather = "true"){
    After(call (public DataSet GetRecords())):
    {call excludeOutdoorMovies(DataSet moviesDataSet);} }
...
Presentation Adaptation
if(CTX_USR_A_userDistance >=1500 ) AND
    CTX_APP_A_remainingTimeForMovieStart < 15 {
    After(call (public GridView dataBind())):
    {call markRowAttributes(GridView grdMovies);} }
...

```

Σχήμα 37: Απόσπασμα από το Αρχείο Διαμόρφωσης της σελίδας MovieSelection

Οι επιπρόσθετες προσαρμοστικές λειτουργίες που θα παρέχει η σελίδα, είναι οι ακόλουθες:

- i) Εάν η τιμή της παραμέτρου *badWeather* (η οποία αποτελεί συστατικό περιβάλλουσας πληροφορίας του περιβάλλοντος) αποτιμηθεί ως “αληθής”, τότε οι ταινίες οι οποίες έχουν προγραμματιστεί να προβληθούν σε θερινές αίθουσες θα εξαιρεθούν από τον πίνακα της *MovieSelection* σελίδας, που εμφανίζει τις διαθέσιμες ταινίες (βλέπε Σχήμα 38- εικόνα (iii) της σελίδας). Η *badWeather* παράμετρος είναι *συμπερανθείσα* περιβάλλουσα πληροφορία που παρέχεται από τον *Διαχειριστή Περιβάλλουσας Πληροφορίας* και η τιμή της προκύπτει έπειτα από την επεξεργασία των τιμών των *temperature* και *rainProbability* παραμέτρων της περιβάλλουσας πληροφορίας, με την πρώτη να ανακτάται μέσω μιας υπηρεσίας ιστού που παρέχει μετεωρολογικά δεδομένα και τη δεύτερη να ανακτάται μέσω μιας υπηρεσίας ιστού που παρέχει μετεωρολογικές προβλέψεις.
- ii) Ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου *userDistance* της περιβάλλουσας πληροφορίας, που αναφέρεται στο χρήστη και υποδεικνύει την τρέχουσα

		
<p>Μη προσαρμοσμένη συμπεριφορά: στο κλικ του κουμπιού 'Κράτηση', καλείται η <i>onlyReservation</i> υπηρεσία.</p>	<p>Προσαρμοσμένη συμπεριφορά: αποκρύπτεται μια ενότητα περιεχομένου (κριτική κοινού και ειδικών), τα χρώματα άλλαξαν, εμφανίζεται ένα μήνυμα για έκπτωση και στο κλικ του κουμπιού 'Κράτηση' ο χρήστης μεταφέρεται στη σελίδα <i>PaymentViaCreditCard</i>.</p>	<p>Προσαρμοσμένη συμπεριφορά: Εμφανίζονται δύο ενότητες περιεχομένου που δεν ανήκουν στην default συμπεριφορά της σελίδας (κράτηση για συγκεκριμένη ζώνη και μουσική ταινίας), τα χρώματα άλλαξαν και στο κλικ του κουμπιού 'Κράτηση' ο χρήστης μεταφέρεται στη σελίδα <i>PaymentViaBankAccount</i> page.</p>
<p>σελίδα <i>TicketsReservation</i></p>	<p>σελίδα <i>TicketsReservation</i></p>	<p>σελίδα <i>TicketsReservation</i></p>
		
<p>Προσαρμοσμένη συμπεριφορά: εμφανίζεται εικόνα για την μουσική της ταινίας (αντί κειμένου) και τα χρώματα άλλαξαν.</p> <p>σελίδα <i>TicketsReservation</i></p>	<p>Προσαρμοσμένη συμπεριφορά: η γλώσσα άλλαξε, χρησιμοποιήθηκε διαφορετική ανάλυση στην εικόνα και τα χρώματα άλλαξαν.</p> <p>σελίδα <i>TicketsReservation</i></p>	<p>(i) μη προσαρμοσμένη συμπεριφορά, (ii) οι ταινίες που θα αρχίσουν σε λιγότερο από 15' είναι σε κίτρινο φόντο, (iii) εξαιρούνται οι ταινίες σε θερινές αίθουσες.</p> <p>σελίδα <i>MovieSelection</i></p>

Σχήμα 38: Εικόνες από τις προσαρμοσμένες (και μη) σελίδες *TicketsReservation* και *MovieSelection*

απόσταση του χρήστη από το σινεμά (συμπερανθείσα πληροφορία από την τρέχουσα θέση του χρήστη και τη θέση του σινεμά, με την πρώτη να συλλαμβάνεται από ένα GPS αισθητήρα) και την τιμή της *remainingTimeForMovieStart* παραμέτρου της περιβάλλουσας πληροφορίας η οποία αναφέρεται στην εφαρμογή (και είναι συμπερανθείσα πληροφορία από τις τιμές των παραμέτρων *currentTime* και *movieStartTitme*), κάποιες γραμμές του πίνακα της *MovieSelection* σελίδας που εμφανίζουν τις διαθέσιμες ταινίες θα εμφανιστούν με κίτρινο φόντο (Σχήμα 38- εικόνα (ii) αυτής της σελίδας). Πιο συγκεκριμένα, αν η απόσταση του χρήστη από το σινεμά είναι μεγαλύτερη από 1.500 μέτρα και η ταινία πρόκειται να αρχίσει σε λιγότερο από 15 λεπτά (σύμφωνα με τον κανόνα προσαρμογής του αρχείου διαμόρφωσης, βλέπε Σχήμα 37), τότε η αντίστοιχη γραμμή του πίνακα θα εμφανιστεί με κίτρινο φόντο. Ένα απόσπασμα του αρχείου διαμόρφωσης της σελίδας *MovieSelection* φαίνεται στο Σχήμα 37.

Στο *Content Adaptation* τμήμα (section) αυτού του αρχείου διαμόρφωσης, έχει οριστεί ότι αν η τιμή της παραμέτρου *CTX_ENV_A_badWeather* της περιβάλλουσας πληροφορίας αποτιμηθεί ως "αληθής", τότε θα κληθεί η μέθοδος *excludeOutdoorMovies*, χρησιμοποιώντας μία *συμβουλή με θέση «μετά»* στην κλήση της μεθόδου *GetRecords* της κύριας σελίδας. Αυτή η κλήση θα έχει ως αποτέλεσμα την εξαίρεση των εγγραφών που αναφέρονται σε ταινίες που είχαν προγραμματιστεί να προβληθούν σε θερινές αίθουσες. Στο *Presentation Adaptation* τμήμα (section) αυτού του αρχείου διαμόρφωσης, συμπεριλαμβάνεται ένας κανόνας (συνθήκη και προσαρμοστική λειτουργία), σύμφωνα με τον οποίο πραγματοποιείται η αλλαγή του φόντου των κατάλληλων γραμμών του πίνακα που εμφανίζει τις διαθέσιμες ταινίες,

όπως αναφέραμε παραπάνω στο ii. Εικόνες της προσαρμοσμένης σελίδας *MovieSelection* φαίνονται στο Σχήμα 38.

Η προσαρμογή καθεμιάς από τις προαναφερόμενες σελίδες, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του *PreRequestHandlerExecute* handler [161] και μέσω των κατάλληλων κλήσεων των λειτουργιών του *Καταναλωτή Περιβάλλουσας Πληροφορίας*, ανακτήθηκαν οι τιμές των απαραίτητων παραμέτρων περιβάλλουσας πληροφορίας (όπως αυτές καθορίστηκαν στο αρχείο διαμόρφωσης της εκάστοτε σελίδας) και διατέθηκαν στην *άποψη* που πραγματοποίησε την προσαρμογή της σελίδας. Ο κώδικας που πραγματοποίησε την προσαρμογή ενθυλακώθηκε σε μια κλάση C# (την *AdaptationAspect* class), ενώ η ενσωμάτωση των κατάλληλων ενοτήτων περιεχομένου στη σελίδα, καθώς και η επιπρόσθετη επεξεργασία του περιεχομένου και η εναλλακτική κλήση των υπηρεσιών (services) πραγματοποιήθηκε με την χρήση delegates [116]. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιο πλαίσιο (framework) το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης *απόψεων* στο περιβάλλον του .NET, όπως το Spring.NET [216] ή το LOOM.NET [149].

Βιβλιογραφία

1. Aalto, L., Gothlin, N., Korhonen, J., Ojala, T.: *Bluetooth and WAP push based location-aware mobile advertising system*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications and Services, pp. 49-58, ACM, (2004).
2. Aksit M., Choukair, Z.: *Dynamic, adaptive and reconfigurable systems overview and prospective vision*. In Proceedings of the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems, (2003).
3. Akyildiz, F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E.: *Wireless sensor networks: a survey*. Computer Networks, Vol. 38, Issue 4, pp. 393-422, Elsevier, (2002).
4. Alanen, J., Autio, E.: *Mobile business services: a strategic perspective*. Chapter in Mobile commerce: technology, theory, and applications, ISBN: 1591400449, (2002).
5. Andam, Z.: *e-Commerce and e-Business*. Wikibooks, (2003).
6. Asthana, A., Cravatts, M., Krzyzanowski, P.: *An indoor wireless system for personalized shopping assistance*. In Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, (1994).
7. Avery, C., Zeckhauser, R.: *Recommender Systems for Evaluating Computer Messages*. Communications of the ACM , Vol. 40, No. 3, pp. 88-89, (1997).
8. Badrinath, B., Fox, A., Kleinrock, L., Popek, G., Reiher, P., Satyanarayanan, M.: *A conceptual framework for network and client adaptation*. IEEE Mobile Networks and Applications (MONET), Vol. 5, No. 4, pp. 221-231, (2000).

9. Baldauf, M., Dustdar, S., Rosenberg, F.: *A Survey on Context-Aware Systems*. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, Vol. 2, No. 4, pp. 63-277, (2007).
10. Ballagas, R., Borchers, J., Rohs, M., Sheridan, J.G.: *The Smart Phone: A Ubiquitous Input Device*. Pervasive Computing IEEE, Vol. 5, Issue 1, pp. 70-77, (2006).
11. Banavar, G., Beck, J., Gluzberg, E., Munson, J., Sussman, J., Zukowski, D.: *Challenges: An application model for pervasive computing*. In Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 266-274, (2000).
12. Barnes, S.: *The mobile commerce value chain: analysis and future development*. International Journal of Information Management, Vol. 22, Issue 2, pp. 91-108, (2002).
13. Bauer, J.: *Identification and Modeling of Contexts for Different Information Scenarios in Air Traffic*. Diplomarbeit, (2003)
14. Beji, S., Kadhi, N.: *An Overview of Mobile Applications Architecture and the Associated Technologies*. In Proceedings of the Fourth International Conference on Wireless and Mobile Communications, IEEE, (2008).
15. Bellavista, P., Corradi, A., Magistretti, E.: *REDMAN: An optimistic replication middleware for read-only resources in dense MANETs*. Elsevier Pervasive and Mobile Computing. Vol. 1, No. 3, pp. 279-310, (2005).
16. Ben Mokhtar, S., Fournier, D., Georgantas, N., Issarny V.: *Context-Aware Service Composition in Pervasive Computing Environments*. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Rapid Integration of Software Engineering Techniques, (2005).

17. Bennett, F., Richardson T., Harter, A.: *Teleporting - Making Applications Mobile*. In Proceedings of 1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, (1994).
18. Benou, P., Bitos, V.: *Developing Mobile Commerce Applications*. Journal of Electronic Commerce in Organizations, Vol. 6, No.1, pp. 63-78, (2008).
19. Benou P., Vassilakis C.: *The Conceptual Model of Context for Mobile Commerce Applications*. Electronic Commerce Research, Vol. 10, No. 2, pp. 130-165, Springer-Verlag, (2010).
20. Biegel, G., Cahill, V.: *A framework for developing mobile, context-aware applications*. In Proceedings of the 2nd IEEE Conference on Pervasive Computing and Communication, pp.361–365, (2004).
21. Blount, M., Davis, J., Ebling, M., Jerome, W., Leiba, B., Xuan L., Misra, A.: *Privacy Engine for Context-Aware Enterprise Application Services*. In Proceedings of IEEE/FIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, pp. 94-100, (2008).
22. Boldrini, C., Conti, M., Passarella, A.: *Exploiting users' social relations to forward data in opportunistic networks: The HiBOp solution*. Elsevier Pervasive and Mobile Computing. Vol.4, Issue 5, pp. 633-657, (2008).
23. Bouraqadi-Saâdani,N., Ledoux, T., Südholt, M.: *A Reflective Infrastructure for Coarse-Grained Strong Mobility and its Tool-Based Implementation*. In Invited presentation at the International Workshop on Experiences with Reflective Systems, (2001).
24. Bozdog, E., Mesbah, A., van Deursen, A.: *Comparison of Push and Pull Techniques for Ajax*. In Proceedings of 9th IEEE International Workshop on Web Site Evolution, pp. 15-22, (2007).

25. Brown, J., Bovey, J., Chen, X.: *Context-aware applications: From the laboratory to the marketplace*. IEEE Personal Communication, Vol. 4, No. 5, pp. 58-64, (1997).
26. Brown, P.: *Triggering Information by context*. Personal Technologies, Vol. 2, No. 1, pp. 18-27, Springer-Verlang, (1998).
27. Brown, R., Ryu, H., Parsons, D.: *Mobile helper for university students: a design for a mobile learning environment*. In Proceedings of the 18th Australia conference on Computer-Human Interaction: Design Activities, Artefacts and Environments, pp. 297-300, (2006).
28. Brugnoli, M., Hamard, J., Rukzio, E.: *User Expectations for Simple Mobile Ubiquitous Computing Environments*. In Proceedings of the 2005 Second International Workshop on Mobile Commerce and Services, IEEE, (2005).
29. Buckley, J., Mens, T., Zenger, M., Rashid, A., Kniesel, G.: *Towards a Taxonomy of Software Change*. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice (Special Issue on USE), Vol. 17, No. 5, (2005).
30. Bulander, R., Decker, M., Schiefer, G.: *Comparison of different approaches for mobile advertising*. In Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Mobile Commerce and Services, pp. 174-182, (2005).
31. Butter, T., Deibert, S., Rothlauf, F.: *Using Private and Public Context - An Approach for Mobile Discovery and Search Services*. In T. Kirste, B. Koenig-Ries, K. Pousttchi, and K. Turowski (Eds.), Mobile Informationssysteme - Potentiale, Hindernisse, Einsatz im Rahmen der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), pp. 144-155, (2006).
32. Buttery, S., Sago, A.: *Future Applications of Bluetooth*. BT Technology Journal, Vol. 21, No. 3, pp. 48-55, Springer-Verlag, (2003).

33. Cahill, V.: *The Iguana Reflective Programming Model*. Report: C1-98, DSG, Department of Computer Science, Trinity College Dublin, (1998).
34. Camponovo, G, Pigneur, Y.: *Business model analysis applied to mobile business*. In Proceedings of the 5th International Conference on Enterprise Information Systems, (2003).
35. Cantera Fonseca J.M., Lewis R.: *W3C - Delivery Context Ontology*. <http://www.w3.org/TR/dcontology/>, (2009).
36. Capra, L., Emmerich, W., Mascolo, C.: *CARISMA: Context-Aware Reflective Middleware System for Mobile Applications*. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 29, Issue 10, pp. 929-945, (2003).
37. Caveney D.: *Cooperative Vehicular Safety Applications*. IEEE Control Systems, Vol. 30, Issue 4, pp. 38-53, (2010).
38. Ceri, S., Daniel, F., Matera, M.: *Model-Driven Development of context-aware web applications*. ACM Transactions of Internet Technology, Vol. 7, No. 1, (2007).
39. Ceri, S., Fraternali P., Bongio, A., Brambilla, M., Comai, S., Matera, M.: *Designing Data-Intensive Web Applications*. Morgan Kaufmann Publishers, ISBN: 1-55860-843-5, (2003).
40. Chen, H.: *An Intelligent Broker Architecture for Pervasive Context-Aware systems*. PhD Thesis, University of Maryland, Baltimore County, (2004).
41. Chen, H., Perich, F., Finin, T., Joshi, A.: *SOUPA: standard ontology for ubiquitous and pervasive applications*. In Proceedings of the Fists Annual Conference on Mobile Ubiquitous Systems: Networking and Services, pp. 258-267, (2004).

42. Chetan, S., Al-Muthadi, J., Campbell, R., Mickunas, M.D.: *Mobile Gaia: a middleware for ad-hoc pervasive computing*. In Proceedings of the IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC'05), pp. 223-228, (2005).
43. Chou, S.C., Hsieh, W.T., Gandon, F., Sadeh, N.: *Semantic Web Technologies for Context-Aware Museum Tour Guide Applications*. In Proceedings of the 2005 International Workshop on Web and Mobile Information Systems, (2005).
44. Churchill, F., Munro, J.: *Workplace: mobile technologies and arenas of activity*, SIGGROUP Bulletin, Vol. 22, pp. 3-9, (2001).
45. Conan, D., Rouvou, R., Seinturier, L.: *Scalable processing of context information with COSMOS*. In Proceedings of the 7th IFIP WG 6.1 International Conference on Distributed applications and interoperable systems (DAIS'07), Springer Press, pp. 210-224, (2007).
46. Cranor, L., Dobbs, B., Egelman, S., Hogben, G., Humphrey, J., Langheinrich, M., Marchiori, M., Presler-Marshall, M., Reagle, J., Schunter, M.: *The Platform for Privacy Preferences 1.1 (P3P1.1) Specification W3C Working Draft*, (2004).
47. Cranor, L., Langheinrich, M., Marchiori, M.: *A P3P Preference Exchange Language 1.0 (APPEL1.0) W3C Working Draft*, (2002).
48. Dantas, A., Borba, P.: *Developing J2ME Adaptive Applications Using AspectJ*. Journal of Universal Computer Science, Vol. 9, Issue8, pp. 935-955, (2003).
49. David, P. C., Ledoux, T. , Bouraqadi-Saadani, N. M. N.: *Two-step weaving with reflection using AspectJ*. In Proceedings of the OOPSLA 2001 Workshop on Advanced Separation of Concerns in Object-Oriented Systems, (2001).

50. Debaty, P., Goddi, P., Vorbau, A.: *Integrating the physical world with the web to enable context-enhanced services*. Springer Mobile Networks and Applications. Vol. 10, Issue 4, pp. 385–394, (2005).
51. Devaraju, A., Hoh S., Hartley M.: *A context gathering framework for context-aware mobile solutions*. In Proceedings of the 4th international Conference on Mobile Technology, Applications, and Systems and the 1st international Symposium on Computer Human interaction in Mobile Technology, pp. 39-46, (2007).
52. De Vault, W., Pentland, A. : *The Ektara Architecture: The Right Framework for Context-Aware Wearable and Ubiquitous Computing Applications*. MIT Technical Report, (2000).
53. Dey, A., Abowd, G.: *Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness*. Technical Report 99-22, Georgia Institute of Technology, (1999).
54. Dey, A., Abowd, G., Salber, D.: *A Conceptual framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications*. Human-Computer Interaction Journal, Vol.16, No. 2, pp. 97-166, (2001).
55. Dholakia, N., Dholakia, R., Lehrer, M., Kshetri, N.: *Global Heterogeneity in the Emerging M-Commerce Landscape*. Wireless Communications and Mobile Commerce, (2004).
56. Dockhorn Costa P.: *Towards a Services Platform for Context-Aware Applications*. Master Thesis, University of Twente, Netherlands, (2003).
57. Dockhorn Costa P.: *Architectural Support for Context-Aware Applications*. PhD Thesis, Telematica Instituut, Netherlands, (2007).

58. Dockhorn Costa, P., Pires, F., Sinderen, M.: *Architectural Patterns for Context-Aware Services Platforms*. In Proceedings of the Second International Workshop on Ubiquitous Computing, pp 3-19, (2005).
59. Dulay, N., Lupu, E., Sloman, M., Damianou, N.: *A policy deployment model for the Ponder language*. In Proceedings of International Symposium on Integrated Network Management, pp. 529-543, (2001).
60. Dunlop, M., Brewster, S.: *The Challenge of Mobile Devices for Human Computer Interaction*. Personal and Ubiquitous Computing. Vol. 6, No. 4, pp. 235-236, (2002).
61. Durlacher Research Ltd.: *Mobile Commerce Report*. Retrieved from <http://www.durlacher.com/fr-research-reps.htm>, (2000).
62. Efstratiou, C., Cheverst, K., Davies, N., Friday, A.: *An Architecture for the Effective Support of Adaptive Context-Aware Applications*. In Proceedings of 2nd International Conference in Mobile Data Management, pp. 15-26, (2001).
63. Eldin, A., Wagenaar, R.: *A Privacy Preferences Architecture for Context Aware Applications*. In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Systems and Applications, pp.1110-1113, (2006).
64. Elmasri, R., Navathe, S.: *Fundamentals of Database Systems (4th Edition)*. Addison Wesley, (2003).
65. Elrad, T., Aksit, M., Kitzales, G., Lieberherr, K., Ossher, H.: *Discussing aspects of AOP*. Communications of ACM, Vol. 44, No. 10, (2001).
66. Endler, M., Da Rocha, A.: *Supporting Context-Aware Applications: Scenarios, Models and Architecture*, Tech. Rep. of Computer Science, no. 12/06, University of Rio De Janeiro, (2006).

67. Esposito D.: *Programming Microsoft ASP.NET*. Microsoft Press, ISBN: 0735643385, (2006).
68. Esselink, B.: *A Practical Guide to Localization*. John Benjamins Pub Co, Philadelphia, ISBN: 1588110052, (2000).
69. Esselink, B.: *The evolution of localization, Guide to Localization*. Edited by Multilingual Computing and Technology, http://isg.urv.es/seminars/2003_localization_online/esselink.pdf, (2003).
70. Eugster, P., Garbinato, B., Holzer, A.: *Pervaho: A specialized middleware for mobile context-aware applications*. Electronic Commerce Research, Vol. 9, No. 4, pp. 245-268, Springer-Verlag, (2009).
71. European Commission, *Data Protection Directive 95/46/EC*, <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31995L0046:en:HTML>
72. Eustice, F., Lehman, J., Morales, A., Munson, C., Edlund, S., Guillen, M. : *A Universal Information Appliance*. IBM Systems Journal, Vol. 38, No. 4, pp. 575-601, (1999).
73. Evans, D.: *Business agility: strategies for gaining competitive advantage through mobile business solutions*. FT Press. ISBN: 9780130668370, (2001).
74. Fahy, P., Clarke, S.: *CASS – a middleware for mobile context-aware applications*. In Proceedings of the Workshop on Context Awareness, MobiSys, (2004).
75. Feng, H., Hoegler, T., Stucky, W.: *Exploring the Critical Success Factors for Mobile Commerce*. In Proceedings of the International Conference on Mobile Business, IEEE, (2006).

76. Fertali, K., Horvat, M.: *Comparing architectures of mobile applications*. Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Automation & Information, Vol. 3, Issue 4, pp. 946-952, (2004).
77. Fickas, S., Korteum, G., Segall, Z.: *Software Organization for Dynamic and Adaptable Wearable Systems*. In Proceedings of the 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 56-63, (1997).
78. Finin, T., Labrou, Y., Mayfield, J.: *KQML as an agent communication language*. Software Agents, pp. 291–316, (1997).
79. FIPA Gateways TC: *FIPA Device Ontology Specification*. <http://www.fipa.org/specs/fipa00091/PC00091A.html>, (2001).
80. Flinn, J., Satyanarayanan, M.: *Energy-Aware Adaptation for Mobile Applications*. In Proceedings of the 17th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP), Kiawah Island Resort, SC, (1999).
81. Frank, K., Rockl, M., Nadales, V., Robertson, P., Pfeifer, T.: *Comparison of exact static and dynamic Bayesian context inference methods for activity recognition*. In Proceedings of Pervasive Computing and Communications Workshops, 2010 8th IEEE International Conference, pp. 189-195, (2010).
82. Gandon, F., Sadeh, N.: *A Semantic eWallet to Reconcile Privacy and Context Awareness*. In Proceedings of the Second International Semantic Web Conference, (2003).
83. Gandon, F., Sadeh, N.: *Semantic Web Technologies to Reconcile Privacy and Context Awareness*. Web Semantics Journal. Vol. 1, No. 3, (2004).
84. Gao, J, Edunuru, K., Cai, J., Shim, S.: *P2P-Paid: A Peer-to-Peer Wireless Payment System*. In Proceedings of the 2005 Second International Workshop on Mobile Commerce and Services, IEEE, (2005).

85. Geihs, K., Barone, P., Eliassen, H, Floch, J., Fricke, R., Gjørven, E., Hallsteinsen, S., Horn, G., Khan, M. U., Mamelli, A., Papadopoulos, G. A., Paspallis, N., Reichle, R., Stav, E.: *A comprehensive solution for application-level adaptation*. Software-Practice and Experience, Vol. 39, No. 4, pp. 385-422, (2008).
86. Gellersen, H., Schmidt, A., Beigl, M.: *Multi-Sensor Context-Awareness in Mobile Devices and Smart Artifacts*. ACM Mobile Networks and Applications, Vol. 7, No. 5, pp. 341 –351, (2002).
87. Gerpott, T.: *Wettbewerbsstrategische Positionierung von Mobilfunknetzbetreibern im Mobile Business* (in German). In: Silberer, Günter / Wohlfahrt, Jens/ Wilhelm, Torsten (Hrsg.), Mobile Commerce. Grundlagen, Geschäftsmodelle, Erfolgsfaktoren, pp. 43–63, (2002).
88. Giaglis, G.: *Κινητό και Ασύρματο Επιχειρείν*. Εκδόσεις Σιδέρη, (2004).
89. Good, M., Whiteside, J., Wixon, D., Jones, S.: *Building a User-Derived Interface*. Communications of the ACM (CACM), Vol. 27, No. 10, pp. 1032-1043, (1984).
90. Gorgorin C., Gradinescu V., Diaconescu R., Cristea V., Iftode, L.: *Adaptive Traffic Lights using Car-to-Car Communication*. In Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 21-25, (2007).
91. Gradecki, J., Lesiecki, N.: *Mastering AspectJ: Aspect-Oriented Programming in Java*. Wiley Publishing, (2003).
92. Gray, P., Salber, D.: *Modelling and using sensed context in the design of interactive applications*. In Proceedings of the 8th IFIP Conference on engineering for Human-Computer Interaction, (2001).
93. Grimm R.: *One.world: Experiences with a pervasive computing architecture*. IEEE Pervasive Computing, Vol. 3, Issue 3, pp. 22-30, (2004).

94. Gruhn, V., Köhler, A.: *Modeling and analysis of mobile business processes*. Journal of Enterprise Information Management Vol. 20 No. 6, pp. 657-676, DOI 10.1108/17410390710830718, (2007).
95. Gu, T., Pung, H., Zhang, D.: *A middleware for building context-aware mobile services*. In Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, (2004).
96. Gu, T., Pung, H. K., Zhang, D. Q.: *A Service-Oriented Middleware for Building Context-Aware Services*. Journal of Network and Computer Applications, Elsevier, Vol. 28, Issue 1, pp. 1-18, (2005).
97. Gupta A., Karla A., Boston, D., Borcea C.: *MobiSoC: a middleware for mobile social computing applications*. Mobile Networks and Applications, Vol. 14, Issue 1, pp. 35-52, (2009).
98. Hansmann, U., Merk, L., Nicklous, M., Stober T.,: *Pervasive Computing*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, ISBN: 3-540-00218-9, (2003).
99. Hennicker, R., Koch, N.: *A UML-based Methodology for Hypermedia Design*. In Proceedings of the Unified Modelling Language Conference (UML'2000), LNCS 1939, Springer-Verlag, (2000).
100. Henricksen, K., Indulska, J., McFadden, T., Balasubramaniam, S.: *Middleware for Distributed Context-Aware Systems*. On the Move to Meaningful Internet Systems, Springer-Verlag, LNCS 3760, pp. 846-863, (2005).
101. Henricksen, K., Indulska, J., Rakotonirainy, A.: *Modeling Context Information in Pervasive Computing Systems*. In Proceedings of the 1st International Conference on Pervasive Computing (Pervasive), F. Mattern, M. Naghsineh (eds), LNCS, Vol. 2414, pp. 167–180, Springer-Verlag, (2002).

102. Herzberg, A.: *Payments and banking with mobile personal devices*. Communications of the ACM, Vol. 46, No. 5, pp. 53-58, (2003).
103. Hiltunen, M.A., Schlichting, R.D.: *Adaptive distributed and fault-tolerant systems*. International Journal of Computer Systems Science and Engineering, Vol. 11, pp. 125–133, (1996).
104. Hinckley, K., Pierce, J., Sinclair, M., Horvitz, E.: *Sensing Techniques for Mobile Interaction*. ACM UIST 2000 Symposium on User Interface Software and Technology, CHI Letters, Vo. 2, No. 2, pp. 91-100, (2000).
105. Hirschfeld R., Kawamura, K.: *Dynamic service adaptation*. In Proceedings of the Fourth IEEE International Workshop on Distributed Auto-adaptive and Reconfigurable Systems, (2004).
106. Hofer, T., Schwinger, W., Pichler, M., Leonhartsberger, G., Altmann, J.: *Context-awareness on mobile devices – the hydrogen approach*. In Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 292–302, (2002).
107. Hoffer, J., Prescott, M., McFadden, F.: *Modern Database Management - 7th Edition*. Prentice Hall, 7 edition, (2004).
108. Hoh, S., Devaraju, A., Wong, C.: *A Context Aware Framework for User Centered Services*. In Proceedings of 21st International Symposium Human Factors in Telecommunication, (2008).
109. Holmquist, L., Hook, K., Juhlin, O., Persson P.: *Challenges and opportunities for the design and evaluation of mobile applications*. In Proceedings of the Workshop on Main Issues in Designing Interactive Mobile Services, (2002).
110. Hong, J.: *The context fabric: an infrastructure for context-aware computing*. In Proceedings of CHI '02 on Human factors in computing systems, (2002).

111. Honle, N., Kappeler, P., Nicklas, D., Schwarz, T., Grossmann, M.: *Benefits of Integrating Meta Data into a Context Model*. In Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, pp. 25-29, (2005).
112. Huang, H., Liu, L., Wang, J.: *Diffusion of Mobile Commerce Application in the Market*. In Proceeding of 2nd International Conference on Innovative Computing, Information and Control, (2007).
113. Indulska, J., Loke, S., Ratotonirainy, A., Witana, V., Zaslavsky, A.: *An Open Architecture for Pervasive Systems*. In Proceedings of the 3rd International Working Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems, pp. 175-188, (2001).
114. Jarir, Z., David, P., Ledoux, T.: *Dynamic adaptability of services in enterprise javabeans architecture*. In Proceedings of Seventh International Workshop on Component-Oriented Programming, part of the 16th European Conference on Object-Oriented Programming, (2002).
115. Jendricke, U., Markotten, D.: *Usability meets Security - The Identity-Manager as your Personal Security Assistant for the Internet*. In Proceedings of the 16th Annual Computer Security Applications Conference, pp. 344–353, (2000).
116. Jesse Liberty: *Programming C#*. O'Reilly, ISBN: 0-596-00309-9, (2002).
117. Jørstad, I., Dustdar, S., Thanh, D.: *Evolution of Mobile Services: An Analysis of Current Architectures with Prospect to Future*. Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems, Springer, Vol. 3272/2005, pp. 125-137, (2005).
118. Juszczuk, L., Psaiar, H., Manzoor, A., Dustdar, S.: *Adaptive Query Routing on Distributed Context - The COSINE Framework*. In Proceedings of the tenth

- International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware (MDM '09), pp. 588-593, (2009).
119. Kagal, L., Berners-Lee, T.: *Rein: Where Policies Meet Rules in the Semantic Web*. <http://groups.csail.mit.edu/dig/Rein/rein-paper.pdf>, (2005).
120. Kaikkonen, A., Kallio, T., Kekäläinen, A., Kankainen, A., Cankar, E.: *Usability Testing of Mobile Applications: A Comparison between Laboratory and Field Testing*. Journal of Usability Studies, Vol. 1, Issue 1, pp. 4-16, (2005).
121. Kalakota, R., Robinson, M.: *E-business 2.0: roadmap for success*. Addison-Wesley Professional, ISBN: 0201721651, (2001).
122. Kalloniatis, C., Kavakli, E., Gritzalis S.: *Dealing with privacy issues during the system design process*. In Proceedings of the Fifth IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology, (2005).
123. Kalloniatis, C., Kavakli, E., Gritzalis S.: *Addressing privacy requirements in system design: the PriS method*. Requirements Eng, 13:241–255 DOI 10.1007/s00766-008-0067-3, (2008).
124. Kappel, G., Retschitzegger, W., Schwinger, W.: *Modeling Ubiquitous Web Applications: The WUML Approach*. In Proceedings of the International Workshop on Data Semantics in Web Information System, (2001).
125. Karnouskos, S., Fokus, F.: *Mobile Payment: A Journey through existing Procedures and standardization Initiatives*. Communications Surveys & Tutorials, IEEE, Vol. 6, Issue 4, pp. 44-66, (2004).
126. Kasten, E. P., McKinley, P. K., Sadjadi, S. M., Stirewalt, R.E.K.: *Separating introspection and intercession in metamorphic distributed systems*. In Proceedings of the IEEE Workshop on Aspect-Oriented Programming for Distributed Computing, pp. 465–472, (2002).

127. Katifori, A., Halatsis, C., Lepouras, G., Vassilakis, C., Giannopoulou, E.: *Ontology Visualization Methods - A Survey*. ACM Computing Surveys, Vol. 39, Issue 4, (2007).
128. Keeney, J., Cahill, V.: *Chisel: A Policy-Driven, Context-Aware, Dynamic Adaptation Framework*. In Proceedings of the 4th IEEE international workshop on policies for distributed systems and networks, pp. 3-14, (2003).
129. Kiczales, G., Lamping, J., Mendhekar, A., Maeda, C., Lopes, C., Loingtier, J., Irwin, J.: *Aspect-oriented programming*. In Proceedings of the European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), pp. 220-242, (1997).
130. Kindberg, T., Barton, J.: *A Web-based nomadic computing system*. Computer Networks, Vol. 35, pp. 443-456, (2001).
131. Knappmeyer M., Baker N., Liaquats S., Tonjes R.: *A context provisioning framework to support pervasive and ubiquitous applications*. In Proceedings of the 4th European conference on smart sensing and context, pp. 93-106, (2009).
132. Köhler, A., Gruhn V.: *Analysis of Mobile Business Processes for the Design of Mobile Information Systems*. E-Commerce and Web Technologies, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3182/2004, pp. 109-130, DOI: 10.1007/978-3-540-30077-9_24, (2004).
133. Kolos-Mazuryk, L., Poulisse, G., van Eck, P.: *Requirements engineering for pervasive services*. In Proceedings of the Second Workshop on Building Software for Pervasive Services, pp.18-22, (2005).
134. Korpipää, P., Mäntyjärvi, J.: *An ontology for mobile device sensor-based context awareness*. In Proceedings of CONTEXT, Vol. 2680 of Lecture Notes in Computer Science, pp.451–458, (2003).

135. Korpipää, P., Mäntyjärvi, J., Kela, J., Keränen, H., Malm, E. J.: *Managing Context Information in Mobile Devices*. Pervasive Computing, IEEE, Vol. 2, Issue 3, pp. 42-51, (2003).
136. Koukia, S., Rigou, M., Sirmakessis, S.: *The Role of Context in m-Commerce and the Personalization Dimension*. In Proceedings of the 2006 IEEE/WIC/ACM international conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, pp. 267-276, (2006).
137. Kourouthanassis, P., Spinellis, D., Roussos, G., Giaglis, G.: *Intelligent Cokes and Diapers: MYGROCER ubiquitous computing environment*. In Proceedings of the 1st International Mobile Business Conference, pp. 150-172, (2002).
138. Koutsiouris, V., Vlachos, P., Vrechopoulos, A.: *Developing and Evaluating Mobile Entertainment Applications: the case of the music industry*. In Rauterberg, Matthias (Ed.) Proceedings: Lecture Notes in Computer Science LNCS Vol. 3166, *International Conference of Entertainment Computing*, (2004).
139. Koutsiouris, V., Vrechopoulos, A.: *Consumer Behaviour in Location-Based mobile retail Services: a multidisciplinary approach*. European Association of Education and Research in Commercial Distribution (EAERCD), 15th International Conference, (2009).
140. Koutsiouris, V., Vrechopoulos, A.: *Developing a User Typology in the context of Location Based Mobile Services: A Multidisciplinary Research Approach*. In Proceedings of the Mediterranean Conference on Information Systems, (2009).
141. Koutsiouris, V., Polyxronopoulos, K., Vrechopoulos, A.: *Developing 3G Location Based Services: The Case of an Innovative Entertainment Guide Application*. In Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Business, (2007).

142. Kranenburg, H., Bargh, M.S., Iacob, S., Peddemors, A.: *A context management framework for supporting context-aware distributed applications*. Communications Magazine IEEE, Vol. 44, Issue 8, pp. 67-74, (2006).
143. Krishnamurthy, P., Pahlavan, K.: *Wireless Networks: Where We Are, Where We're Headed*. Prentice Hall, (2002).
144. Krogstie, J., Lyytinen, K., Ophahl, A., Pernini, B., Siau, K., Smolander, K.: *Mobile Information Systems- Research challenges on the conceptual and logical level*. Lecture Notes in computer Science – Advanced Conceptual Modeling Techniques, Vol 2784, pp. 124-135, Springer-Verlag, (2003).
145. Kurkovsky, S., Harihar, K.: *Using ubiquitous computing in interactive mobile marketing*. Personal and Ubiquitous Computing Journal, pp. 227-240, (2006).
146. Kurkovsky, S., Zanev, V., Kurkovsky, A.: *SMMART: using context-awareness in m-commerce*. In Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services (MobileHCI '05), pp. 383-384, (2005).
147. Li, F., Sehic, S., Dustdar, S.: *COPAL: An Adaptive Approach to Context Provisioning*. In Proceedings 6th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, IEEE, (2010).
148. Lohse, G., Spiller, P.: *Internet retail store design: How the user interface influences traffic and sales*. J. Computer-Mediated Communication, (1999).
149. LOOM.NET. <http://loom.codeplex.com/>, (2011).
150. Looney, C., Jessup, L., Valacich, J.: *Emerging mobile business models for mobile brokerage services*. Communications of the ACM, Vol. 47, No. 6, pp. 71-77, (2004).

151. MacDonald, D.: *NTT DoCoMo's i-mode: Developing win-win relationships for mobile commerce*. In B. E. Mennecke & T. Strader Eds., *Mobile Commerce: Technology, theory, and applications*, pp. 1–25, (2003).
152. Maciel da Costa, C., da Silva Strzykalski, M., Bernard, G.: *An Aspect Oriented Middleware Architecture for Adaptive Mobile Computing Applications*. In *Proceedings of 31st Annual International on Computer Software and Applications Conference*, pp. 81-86, (2007).
153. Maes, P.: *Concepts and Experiments in Computational Reflection*. In *Proceedings of ACM Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications (OOPSLA)*, pp. 147-155, (1987).
154. Malhotra, A., Kubowicz, C.: *A Relevancy-Based Services View for Driving Adoption of Wireless Web Services in the U.S.* *Communications of the ACM*, Vol. 52, No. 7, pp.130-134, (2009).
155. Malhotra, A., Segars, A.: *Investigating wireless Web adoption patterns in the U.S.* *Communications of the ACM*, Vol. 48, No. 10, pp. 105-110, (2005).
156. Mallat, N., Rossi, M., Tuunainen, V.: *Mobile banking services*. *Communications of the ACM*, Vol. 47, No. 5, pp. 43-46, (2004).
157. McCarthy, J.: *Notes on formalizing contexts*. In *Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 555–560, (1993).
158. McCarthy, J., Buvac, D.: *Formalizing context (expanded notes)*. In *Working Papers of the AAAI Fall Symposium on Context in Knowledge Representation and Natural Languages*, pp. 99–135, (1997).
159. McKinley, P.K., Sadjadi, S.M., Kasten, E.P., Cheng, B.H.C.: *Composing adaptive software*. *IEEE Computer*, Vol. 37, Issue 7, pp. 56–64, (2004).

160. McKitterick, D., Dowling, J.: *State of the art review of mobile payment technology*. Technical Report, TCD-CS-2003-24, <http://www.scss.tcd.ie/publications/tech-reports/reports.03/TCD-CS-2003-24.pdf>, (2003).
161. Microsoft Corporation: *ASP.NET Application Life Cycle*, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb470252.aspx>, (2011).
162. Miles, R., Hamilton, K.: *Learning UML 2.0*. O'Reilly Media, Inc. (2006).
163. Miller, N., Judd, G., Hengartner, U., Gandon, F., Steenkiste, P. Meng, I. H, Feng M. W., Sadeh, N.: *Context-Aware Computing Using a Shared Contextual Information Service*. In Proceedings of the Pervasive 2004, "Hot Spots", (2004).
164. Mobile Electronic Transaction Ltd.: *MeT white paper on mobile ticketing*. Retrieved from http://www.mobiletransaction.org/pdf/R200/white_papers/MeT_White_paper_on_mobile_ticketing_v1.pdf, (2003).
165. Mühl, G., Fiege, L., Pietzuch, P.: *Distributed Event-Based Systems*. Springer-Verlag, 1st edition, (2006).
166. Munawar, H.: *A collection of privacy design pattern*. In Proceedings of the 2006 conference on Pattern languages of programs, (2006).
167. Munnely, J., Fritsch, S., Clarke, S.: *An Aspect-Oriented Approach to the Modularisation of Context*. In Proceedings of Fifth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.114-124, (2007).
168. Muntermann, J., Rossnagel, H., Rannenber, K.: *Mobile financial information services, security and certification*. In Post-Proceedings of the

- CSES 2004 2nd International Workshop on Certification and security in Inter-Organizations E-Services, (2004).
169. Musolesi, M., Mascolo, C.: *CAR: Context-aware Adaptive Routing for Delay Tolerant Mobile Networks*. IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 8, Issue 2, pp. 246-260, (2009).
170. Myles, G., Friday, A., Davies, N.: *Preserving privacy in environments with location-based applications*. Pervasive Computing IEEE, Vol. 2, Issue 1, pp 56-64, (2003).
171. Newcomb, E., Pashley, T., Stasko, J.: *Mobile Computing in the Retail Arena*. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 337-344, (2003).
172. Noble, B., Satyanarayanan, M., Narayanan, D., Tilton, J., Flinn, J., Walker, K.: *Agile application-aware adaptation for mobility*. In Proceedings of the sixteen ACM Symposium on Operating Systems Principles, pp. 276-287, (1997).
173. Omasreiter, H., Metzker, E.: *A Context-Driven Use Case Creation Process for Specifying Automotive Driver Assistance Systems*. In Proceedings of the 12th IEEE International Requirements Engineering Conference, pp. 334-339, (2004).
174. Ortiz, G., Garcia de Prado A.: *Improving Device-Aware Web Services and their Mobile Clients through an Aspect-Oriented, Model-Driven Approach*. Information and Software Technology, ACM, Vol. 52, No 10, pp. 1080-1093, (2010).
175. Oyomno, W., Jäppinen, P., Kerttula, E.: *Privacy Implications of Context-Aware Services*. In Proceedings of the Fourth International ICST Conference on Communication System Software and Middleware, (2009).

176. Parr, T.: *Web application internationalization and localization in action*. In Proceedings of the 6th International Conference on Web engineering (ICWE '06), Palo Alto, California, USA, (2006).
177. Pascoe, J.: *The Stick-e Note Architecture: Extending the Interface Beyond the User*. In Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces, pp. 261-264, (1997).
178. Pascoe, J.: *Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers*. In Proceedings of the 2nd International Symposium on Wearable Computers, pp. 92-99, (1998).
179. Paspallis, N., Papadopoylos, A.G.: *An Approach for Developing Adaptive Mobile Applications with Separation of Concerns*. In Proceedings of 30th Annual International Computer Software and Applications Conference, IEEE, (2006).
180. Pearson, S., Shen, Y.: *Context-Aware Privacy Design Pattern Selection*. In Trust, Privacy and Security in Digital Business, Katsikas, S., Lopez, J. and Soriano, M. (eds) LNCS Volume 6264/2010, pp. 69-80, DOI: 10.1007/978-3-642-15152-1_7, (2010).
181. Perich, F.: *Me-Centric Domain Server: Changing the Way Services See You*. Technical Report TR-CS-02-19, <http://aisl.umbc.edu/resources/4.pdf>, (2002).
182. Preciado, J.C., Linaje, M., Sanchez-Figueroa, F., Zhang, G., Kroiß, C., Koch, N.: *Designing Rich Internet Applications Combining UWE and RUX-Method*. In Proceedings of the International Conference on Web Engineering (ICWE 2008), IEEE, New York, USA, (2008).
183. Pressman, S.: *Software Engineering - A Practitioner's Approach*. Seventh Edition, McGraw-Hill, ISBN 0073375977, (2009).

184. Preuveneers, D., Van den Bergh, J., Wagelaar, D., Georges, A., Rigole, R., Clerckx, T., Berbers, Y., Coninx, K., Jonckers, V., De Bosschere, K.: *Towards an Extensible Context Ontology for Ambient Intelligence*. *Ambient Intelligence*, Vol. 3295/2004, pp. 148-159, (2004).
185. Prezerakos, N., Tselikas, D., Cortese, G.: *Model-driven Composition of Context-aware Web Services Using ContextUML and Aspects*. In *Proceedings of IEEE International Conference on Web Services*, pp. 320-329, (2007).
186. Qaddour J.: *WAP and Push Technology Integrated into Mobile Commerce Applications*. In *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Systems and Applications*, pp. 779-785, (2006).
187. Quah, J., Seet, V.: *Adaptive WAP Portals*. *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 7, pp. 337-385, (2007).
188. Ranganathan, A., Campbel, R.: *Advertising in a Pervasive Computing Environment*. In *Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Mobile Commerce*, pp. 10-14, (2002).
189. Ranganathan, A., Campbel, R.: *A middleware for context-aware agents in ubiquitous computing environments*. In *Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware (Middleware'03)*, pp. 143-161, (2003).
190. Rao, B., Minakakis, L.: *Evolution of mobile location based services*. *Communications of the ACM*, Vol.16, No. 12, pp.61-65, (2003).
191. Rashid, O., Coulton, P., Edwards, R.: *Providing location based information/advertising for existing phone users*. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 12, No. 1, pp. 3-10, Springer, (2006).
192. Reichle, R., Wagner, M., Khan, M., Geihs, K., Lorenzo, J., Valla, M., Fra, C., Paspallis, N., Papadopoulos, G.: *A Comprehensive Context Modeling*

- Framework for Pervasive Computing Systems*. In Proceedings of the 8th IFIP International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems (DAIS'08), Springer-Verlag, LNCS, Vol. 5053, pp. 281-295, (2008).
193. Rekimoto, J.: *Tilting operations for small screen interfaces*. In Proceedings of the 9th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 167–168, (1996).
194. Roberts, C.: *Radio Frequency Identification (RFID)*. Computers & Security, Elsevier, Vol. 25, Issue 1, pp. 18-26, (2006).
195. Román, M., Hess, C., Cerqueira, R., Ranganathan, A., Campbell, R. : *Gaia: a middleware platform for active spaces*. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Vol. 6 No. 4, (2002).
196. Rossi, G., Garrido, A., Carvalho, S.: *Design Patterns for Object-Oriented Hypermedia Applications*. Pattern Languages of program design, ISBN:0-201-895277, (1996).
197. Rupnik, R., Krisper, M., Bajec, M.: *A new application model for mobile technologies*. International Journal of Information Technology and Management, Vol. 3. Issue 2-4, (2004).
198. Sadeh, N.: *m-Commerce: Technologies, Services and Business Models*. Wiley (2002).
199. Sadjadi, S. M., McKinley, P. K., Stirewalt, R. E. K, Cheng, B. H.: *TRAP: Transparent reflective aspect programming*. Technical Report MSU-CSE-03-31, Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan, (2003).
200. Satyanarayanan, M., Ellis, C.: *Adaptation: The Key to Mobile I/O*. ACM Computing Surveys, Vol. 28, No. 4, (1996).

201. Scach, S.: *Object-Oriented and Classical Software Engineering*. 8th Edition, McGraw-Hill, NY, ISBN: 0-07-337618-3, (2011).
202. Schauerhuber, A., Wimmer, M., Schwinger, W., Kapsammer, E., Retschitzegger, W.: *Aspect-Oriented Modeling of Ubiquitous Web Applications: The aspectWebML Approach*. In Proceedings of 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems, pp. 569- 576, (2007).
203. Schilit, B., Adams, N., Want, R.: *Context-Aware Computing Applications*. In Proceedings of the 1st International Workshop on Mobile Computing systems and Applications, pp. 85-90, (1994).
204. Schilit, B., Theimer, M.: *Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts*. *IEEE Network*, Vol. 8, Issue, 5, pp. 22-32, (1994).
205. Schilit, B.m Theimer, M., Welch, B.: *Customizing mobile applications*. In Proceedings of the USENIX Mobile & Location-Independent Computing Symposium, pp. 129-138, (1993).
206. Schmidt, A., Van Laerhoven, K.: *How to Build Smart Appliances?* *IEEE Personal Communications*, Vol. 8, Issue 4, pp.66-71, (2001).
207. Scornavacca, E., Barnes, J., Huff, L.: *Mobile Business Research Published in 2000-2004: Emergence, Current Status, and Future Opportunities*. *Communications of the Association for Information Systems*, Vol. 17, Article 28, (2006).
208. Senart, A., Cunningham, R., Bouroche, M., O'Connor, N., Reynolds, V., Cahill, V.: *Mo-CoA: Customisable middleware for context-aware mobile applications*. In Proceedings of International Symposium on Distributed Objects and Applications (DOA), (2006).

209. Shah, D., Slaughter, S.: *Transforming UML class diagrams into relational data models*. UML and the Unified Process, ISBN:1-931777-44-6, (2003).
210. Sheng, Z., Pohlenz, S., Yu, J., Wong, H. S., Ngu, A.H.H., Maamar, Z.: *ContextServ: A platform for rapid and flexible development of context-aware Web services*. In Proceedings of the International Conference on Software Engineering, pp. 619-622, (2009).
211. Sheshagiri, M., Sadeh, N., Gandon, F.: *Using Semantic Web Services for Context-Aware Mobile Applications*. In Proceedings of the MobiSys 2004, Workshop on Context Awareness, (2004).
212. Shih, G., Shim, S.: *A service management framework for M-commerce applications*. Journal of Mobile Networks and Applications, ACM, Vol. 7, No 3, pp. 199-212, (2002).
213. Sluijs, K., Houben, G.-J., Broekstra, J., Casteleyn, S.: *Hera-S - Web Design Using Sesame*. In Proceedings of the 6th International Conference on Web Engineering (ICWE 2006), ACM, pp. 337-345, (2006).
214. Song, S.: *Mobile Commerce and Wireless E-Business Applications*. Enabling Technologies for Wireless E-Business, Springer-Verlag, (2006).
215. Sousa, J. P., Garlan, D.: *Aura: an architectural framework for user mobility in ubiquitous computing environments*. In Proceedings of the third Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, pp. 29-43, (2002).
216. Spring.NET. <http://www.springframework.net/>, (2011).
217. Strang, T., Linnhoff-Popien, C.: *A Context Modeling Survey*. In Proceedings of the 1st International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management, (2004).

218. Strang, T., Linnhoff-Popien, C., Frank, K.: *CoOL: A Context Ontology Language to Enable Contextual Interoperability*. Distributed Applications and Interoperable Systems, Vol. 2893/2003, pp. 236-247, Springer-Verlag, (2003).
219. Sun, Z.: *Mobile Ad Hoc Networking: An Essential Technology for Pervasive Computing*. In Proceedings of International Conference on Info-tech and Info-net, pp. 316-21, (2001).
220. Szyperski, C.: *Component Software: Beyond Object-Oriented Programming*. 2nd edition, Addison-Wesley, (2002).
221. Tanter, E., Noye, J., Caromel, D., Cointe, P.: *Partial behavioral reflection: Spatial and temporal selection of reification*. In Proceedings of the 18th ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages and applications, ACM, pp. 27–46, (2003).
222. Tao Gu, X., Hang Wang, X., Pung, H. K., Zhang, D. Q.: *An Ontology-based Context Model in Intelligent Environments*. In Proceedings of Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference, pp. 270-275 (2004).
223. Tarasewich, P.: *Designing Mobile Commerce Applications*. Communications of the ACM, Vol. 46, No. 12, pp. 57-60, (2003).
224. Tatli E. I., Stegemann, D., Lucks, S.: *Security Challenges of Location-Aware Mobile Business*. In Proceedings of the Second IEEE International Workshop on Mobile Commerce and Services (WMCS '05), pp. 84 – 95, (2005).
225. Tatli, E., Stegemann, D., Stefan L.: *Dynamic Anonymity*. In Proceedings of the 4th World Informatika Conference: International Conference on Information Security, WEC'05, (2005).
226. Tiwari, R., Buse, S.: *The Mobile Commerce Prospects: A Strategic Analysis of Opportunities in the Banking Sector*. Hamburg University Press, (2007).

227. Tiwari, R., Buse, S., Herstatt, C.: *From Electronic To Mobile Commerce: Technology Convergence Enables Innovative Business Services*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.9486&rep=rep1&type=pdf>, (2008).
228. Toh, C. K: *The Wireless Network Evolution*. Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems, ACM, (2002).
229. Trimi, S., Sheng, H.: *Emerging trends in M-government*. Communications of the ACM, Vol. 51 No. 5, (2008).
230. Truong, L., Juszczak, L., Manzoor, A., Dustdar, S.: *ESCAPE - An Adaptive Framework for Managing and Providing Context Information in Emergency Situations*. Smart Sensing and Context, Kortuem G., Finney J., Lea R., Sundramoorthy V., Eds., Springer Berlin / Heidelberg, pp. 207-222, (2007).
231. Tsalgatidou, A., Veijalainen, J.: *Mobile Electronic Commerce: Emerging Issues*. In Proceedings of the 1st International Conference on E-Commerce and Web Technologies, Springer, pp. 477-486, (2000).
232. Tsalgatidou, A., Veijalainen, J., Pitoura, E.: *Challenges in Mobile Electronic Commerce*. In Proceedings of the 3rd International Conference on Innovation through E-Commerce, (2000).
233. Turban, E., King, D., Lee, J., Viehland, D.: *Electronic Commerce: A Managerial Perspective*. Prentice Hall, (2004).
234. UK Government, Data Protection Act 1998, <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1998/contents>, (1998).
235. Valiente P, van der Heijden, H.: *A Method to Identify Opportunities for Mobile Business Processes*. Stockholm School of Economics, SSE/EFI

Working Paper Series in Business Administration, (2002). Available at http://swoba.hhs.se/hastba/papers/hastba2002_010.pdf

236. Varshney, U.: *Location management for mobile commerce applications in wireless internet environment*. ACM Transactions on Internet Technology, Vol. 3, No. 3, pp. 236-255, (2003).
237. Varshney, U., Vetter, R.: *A Framework for the Emerging Mobile Commerce Applications*. In Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences, (2001).
238. Varshney, U., Vetter, R.: *Mobile commerce: Framework, applications and networking support*. Mobile Networks and Applications, Vol.7, Issue 3, pp. 185-198, Springer, (2002).
239. Vassilakis, C., Lepouras, G.: *An Ontology for e-Government Public Services*. Encyclopedia of E-Commerce, E-Government and Mobile Commerce, (2006).
240. Vdovjak, R., Frasincar, F., Houben, G. J., Barna, P.: *Engineering Semantic Web Information Systems in Hera*. J WEB ENG, Rinton Press, 1(2), pp. 3-26, (2003).
241. Venkatesh, V., Ramesh, V.: *Web and wireless site usability: Understanding differences and modeling use*. MIS Quarterly, Vol. 30, No. 1, pp. 181-205, (2006).
242. Venkatesh, V., Ramesh, V., Massey, A. P.: *Understanding usability in mobile commerce*. Communications of the ACM, Vol. 46, No. 12, pp. 53-56, (2003).
243. Virgilio, R., Torlone, R., Houben, G.: *Rule-based Adaptation of Web Information Systems*. World Wide Web, Springer, Vol. 10, Issue 4, pp. 443-470, (2007).

244. Vredenburg, K., Isensee, S., Righi, C.: *User Centered Design: An Integrated Approach*. Prentice Hall PTR, ISBN: 0130912956, (2001).
245. Vuolle M., Tiainen M., Kallio T., Vainio T., Kulju, M., Wigelius H.: *Developing a questionnaire for measuring mobile business service experience*. In Proceedings of MobileHCI 2008, pp. 53-62, (2008).
246. W3C: *Offline Web Applications*. <http://www.w3.org/TR/offline-webapps/>, (2008).
247. Wamba, F., Bendavid, Y., Lefebvre, A., Lefebvre, E.: *RFID technology and the EPC network as enablers of mobile business: a case study in a retail supply chain*. International Journal of Networking and Virtual Organisations, Vol. 3, No. 4, pp. 450 – 462, (2006).
248. Want, R., Hopper, A., Falcao, V., Gibbons, J.: *The Active Badge Location System*. ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, (1992).
249. Weiser, M.: *The Computer of the 21st Century*. Scientific American, Vol.265, pp. 66-75, (1991).
250. Westin, A.: *Privacy and Freedom*. Atheneum, New York, (1967).
251. White, I.: *Rational Rose Essentials: Using the Booch Method*. Benjamin-Cummings Publishing Company, Har/Dis edition, (1994).
252. Wirth, N.: *Program Development by Stepwise Refinement*. Communications of the ACM, Vol. 14, No. 4, (1971).
253. Xiaohui, L., Weidong, K.: *A Secure M-Commerce Model Based On Wireless Local Area Network*. In Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, ACM, (2004).

254. Yang, Z., Cheng, B., Sowell, J., Sadjadi, M., McKinley, P.: *An Aspect-Oriented Approach to Dynamic Adaptation*. In Proceedings of the ACM SIGSOFT Workshop on Self-healing Systems (WOSS02), (2002).
255. Ye, J., Coyle, L., Dobson, S., Nixon, P.: *Ontology – based models in pervasive computing systems*. The Knowledge Engineering Review, Vol. 22, Issue 4, pp. 315-347, (2007).
256. Yongzhen O.: *On Mapping Between UML and Entity-Relationship Model*. In Proceedings of UML Workshop 1997, pp.45-57, (1997).
257. Yu, T., Li, N., Antón, A.: *A Formal Semantics for P3P*. In Proceedings of the ACM Workshop on Secure Web Services, (2004).
258. Zeimpekis, V., Giaglis, G., Lekakos, G.: *A taxonomy of indoor and outdoor positioning techniques for mobile location services*. ACM SIGECOM Exchanges, Vol. 3, No. 4, pp.19-27, (2003).
259. Zheng, D., Wang, J., Jia, Y., Han, W. H., Zou, P.: *Middleware Based Context Management for the Component-Based Pervasive Computing*. Lecture Notes in Computer Science, 4610/2007, pp. 71-81, (2007).
260. Zhou, T.: *The Impact of Privacy Concern on M-commerce User Acceptance*. In Proceedings of the 3rd International Conference on Grid and Pervasive Computing, pp. 245-249, (2008).