

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακή Διατριβή στα Πληροφοριακά Συστήματα



Ενδιάμεσο Λογισμικό για Εφαρμογές Διάχυτου Υπολογισμού

Χαρίλαος Τσομπάνης

**Επιβλέπων Καθηγητής
Χρήστος Γκουμόπουλος**

Ιανουάριος 2014

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Ενδιάμεσο Λογισμικό για Εφαρμογές Διάχυτου Υπολογισμού

Χαρίλαος Τσομπάνης

Επιβλέπων Καθηγητής
Χρήστος Γκουμόπουλος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
στα Πληροφοριακά Συστήματα

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

Ιανουάριος 2014

Περίληψη

Η σύγχρονη τεχνολογική εξέλιξη σε υλικό και ο ταυτόχρονος γοργός ρυθμός βελτίωσης του λογισμικού που υπάρχει στις μέρες μας προσφέρει νέες ευκαιρίες για ανάπτυξη και εκμετάλλευση υπηρεσιών σε ένα περιβάλλον διάχυτου υπολογισμού. Ο συνδυασμός των χρηστών με τις προσφερόμενες υπηρεσίες είναι το ενδιαμέσο λογισμικό του οποίου η μελέτη αποτελεί και το πεδίο έρευνας της παρούσας εργασίας. Η παρούσα εργασία θα μελετήσει και θα αναλύσει τις απαιτήσεις ανάπτυξης ενδιαμέσου λογισμικού για εφαρμογές διάχυτου υπολογισμού, θα καταγράψει σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί, θα τις συγκρίνει και τέλος θα προτείνει μια γενική αρχιτεκτονική για το συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογών

Οι εφαρμογές διάχυτου υπολογισμού έχουν δημιουργήσει νέες ανάγκες διασύνδεσης των επί μέρους συστατικών λογισμικού που υπάρχουν στις συσκευές των χρηστών, τις οποίες καλείται το ενδιαμέσο λογισμικό να καλύψει. Οι προδιαγραφές του ενδιαμέσου λογισμικού αποτελούν το πρώτο βήμα κατά το στάδιο σχεδιασμού του στο οποίο πρέπει να λάβουμε υπόψη μας παράγοντες από όλα εκείνα τα πεδία της πληροφορικής τα οποία πλαισιώνουν τη λειτουργία του. Η αρχιτεκτονική του τεχνολογικού εξοπλισμού, το είδος δικτυακής σύνδεσης, ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των συστατικών λογισμικού του ΕΛ, καθώς και ζητήματα όπως η ασφάλεια, η αποδοτικότητα, η προσαρμοστικότητα και η ευελιξία μας απασχολούν από την αρχική φάση σχεδίασης μέχρι και το τελικό στάδιο υλοποίησης.

Στην παρούσα διπλωματική προτείνουμε μια νέα λύση ΕΛ την οποία καλούμε GloSeP και συνδυάζει τα καλύτερα στοιχεία των εννέα εξετασθέντων λογισμικών. Το προτεινόμενο σύστημα GloSeP χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά που κρίνονται και αξιολογούνται λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα αντίστοιχων αξιολογήσεων βασισμένων στην διεθνή βιβλιογραφία καθώς και τα αποτελέσματα της αξιολόγησης εννιά συστημάτων ενδιαμέσου λογισμικού που εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία και τα οποία επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικά δείγματα των τάσεων που υπάρχουν στη σημερινή τεχνολογία ανάπτυξης των συστημάτων ενδιαμέσου λογισμικού. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική εφαρμόζεται σε ένα αντιπροσωπευτικό σενάριο χρήσης όπου αναλυτικά περιγράφεται ο ρόλος και η λειτουργία του κάθε επιμέρους συστατικού λογισμικού από τα οποία αποτελείται.

Λέξεις- κλειδιά : ενδιαμέσο λογισμικό, διάχυτος υπολογισμός, αρχιτεκτονική

Summary

Modern technological developments in hardware and simultaneous rapidly improving software that exists nowadays offer new opportunities for development and utilization of services in an environment of pervasive computing . The conceptual link between users and services offered is the middleware whose study constitutes the scope of this research work. This paper will study and analyze the development requirements of middleware for pervasive computing applications, document technologies that have already been developed, compare them and finally propose a general architecture for the field applications

The applications of pervasive computing have created new interconnection needs of the individual software components that exist on the devices of users, which is the middleware role to fulfil. The middleware functional requirements constitute the first step in the design phase in which we must take into account factors from all those areas of IT that conclude its functionality. The architecture of the hardware equipment, the type of network connection, the type of communication between software components of the middleware, as well as issues such as security, efficiency, adaptability and flexibility are vital components from the initial design phase through the final stage of implementation.

In this thesis we propose a new middleware solution called GloSeP which combines the best elements of the nine tested software. The proposed system GloSep uses features judged and evaluated taking also into account the results of relevant assessments based on the literature and the results of the evaluation of the nine middleware systems discussed in this thesis earlier , which were selected as representative examples of trends that exist in today's technology development of middleware systems. The proposed architecture is applied to a representative scenario where analytically describes in detail the role and functionality of each individual software component in which it is being consisted.

Keywords: middleware, pervasive computation, architecture

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου, όλους τους ανθρώπους που βοήθησαν ο καθένας με τον δικό τους τρόπο, στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ως συνέχεια της προσπάθειας αυτής, την ολοκλήρωσης των σπουδών μου.

- Τον Κύριο Γκουμόπουλο Χρήστο, επιβλέποντα καθηγητή μου, για την άριστη συνεργασία του, την υπομονή του και την επιμονή του για τη σωστή ολοκλήρωση του θέματος μου. Εργάστηκε μαζί μου σε συνεχή βάση, αδιάκοπα, με κύριο χαρακτηριστικό την μέγιστη προσπάθεια που κατέβαλε με τη σωστή του καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου, σε συνάρτηση με την άριστη πανεπιστημιακή του γνώση να διατηρήσω το κείμενο μου λιτό, νοηματικά ξεκάθαρο, σοβαρό, με σωστή δομή και πάνω από όλα τεχνολογικά καταρτισμένο και ολοκληρωμένο από κάθε άποψη.
- Τους γονείς και τους φίλους μου που αποτέλεσαν την πρώτη γραμμή κρούσης σε κάθε συναισθηματική κούραση και που με στήριξαν και με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια δίνοντας μου κουράγιο να κάνω δημιουργικά και όμορφα πράγματα στη ζωή μου.
- Το Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου με τις υψηλές επιπέδου σπουδές που παρέχει, δίνοντας μου την ευκαιρία να γίνω ακόμα καλύτερος άνθρωπος και ένα ακόμη πιο χρήσιμο μέλος της κοινωνίας.
- Τους καθηγητές του πανεπιστημίου που σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου ήταν παρόντες και κράτησαν το ενδιαφέρον μου για το παρόν μεταπτυχιακό αμείωτο, χαρίζοντας γνώση που στα δύσκολα χρόνια που περνάμε μας κάνει ουσιαστικά πλούσιους. Για εμένα αυτοί είναι οι πραγματικοί ήρωες μια κοινωνίας.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Εισαγωγή.....	2
1.2	Καταναεμημένα Συστήματα (ΚΣ).....	5
1.3	Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού (ΣΔΥ).....	6
1.3.1	Προκλήσεις ΣΔΥ.....	8
1.4	Ενδιάμεσο Λογισμικό (ΕΛ).....	10
1.4.1	Προκλήσεις ΕΛ.....	11
1.4.2	Απαιτήσεις ΕΛ.....	12
1.5	Οικοσύστημα Σύγχρονων ΚΣ.....	13
2	ΕΛ για Εφαρμογές Διάχυτου Υπολογισμού	16
2.1	Εισαγωγή.....	17
2.2	Προκλήσεις ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ.....	18
2.3	Ζητήματα Σχεδίασης ΕΛ.....	20
2.3.1	Συστατικά ΕΛ και περιορισμοί.....	20
2.3.2	Είδη επικοινωνίας των συστατικών στοιχείων ΕΛ.....	23
2.4	Ζητήματα Ανάπτυξης ΕΛ.....	25
2.4.1	Ανθρώπινος παράγοντας.....	25
2.4.2	Μοντέλα Ανάπτυξης.....	26
2.4.3	Μεθοδολογία ανάπτυξης ΕΛ.....	27
2.4.4	Εργαλεία Ανάπτυξης.....	29
3	Μελέτη Συστημάτων ΕΛ	30
3.1	Εισαγωγή.....	31
3.2	Κριτήρια Επιλογής.....	31
3.3	Κριτήρια Αξιολόγησης.....	33
3.3.1	3DMA.....	35
3.3.1.1	Περιγραφή.....	35
3.3.1.2	Αξιολόγηση.....	37
3.3.2	Χmiddle.....	41

3.3.2.1 Περιγραφή.....	41
3.3.2.2 Αξιολόγηση.....	42
3.3.3 Pronto.....	44
3.3.3.1 Περιγραφή.....	44
3.3.3.2 Αξιολόγηση.....	45
3.3.4 Peerware.....	47
3.3.4.1 Περιγραφή.....	47
3.3.4.2 Αξιολόγηση.....	49
3.3.5 ReMMOc.....	50
3.3.5.1 Περιγραφή.....	50
3.3.5.2 Αξιολόγηση.....	51
3.3.6 CASS.....	54
3.3.6.1 Περιγραφή.....	54
3.3.6.2 Αξιολόγηση.....	55
3.3.7 Limone.....	58
3.3.7.1 Περιγραφή.....	58
3.3.7.2 Αξιολόγηση.....	60
3.3.8 MobiClique.....	62
3.3.8.1 Περιγραφή.....	62
3.3.8.2 Αξιολόγηση.....	63
3.3.9 IMISSAR.....	67
3.3.9.1 Περιγραφή.....	67
3.3.9.2 Αξιολόγηση.....	72
3.4 Σύγκριση Συστημάτων.....	75
4 Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική ΕΛ για Εφαρμογές ΔΥ.....	82
4.1 Εισαγωγή.....	83
4.2 Αρχιτεκτονικό Μοντέλο.....	85
4.3 “Ένα σενάριο Χρήσης.....	90
4.4 Υπηρεσίες και συστατικά του GloSeP.....	94
4.4.1 Agency Service.....	94
4.4.2 Directory Service.....	94
4.4.3 Routing Service.....	96
4.4.4 Skeleton Storage.....	97

4.4.5	Authentication Server.....	97
4.4.6	WSAN Engine.....	98
4.4.7	Συνδεδεμένη Συσκευή.....	99
4.4.8	Υπηρεσίες Ασφάλειας.....	101
4.5	Σχεδίαση	102
5	Ποιοτική Αξιολόγηση Συστήματος GloSeP.....	110
5.1	Εισαγωγή.....	111
5.2	Ποιοτική Ανάλυση.....	112
5.3	Αξιολόγηση Βάση Σχεδιαστικών Κριτηρίων	116
5.3.1	Ανακάλυψη Υπηρεσιών.....	116
5.3.2	Προσαρμοστικότητα.....	117
5.3.3	Επίγνωση Περιβάλλοντος	118
5.3.4	Ασφάλεια	118
5.3.5	Απόδοση του συστήματος	120
5.3.6	Συνδεσιμότητα Συσκευών.....	122
5.3.7	Διαχείριση Ενέργειας.....	123
5.3.8	Αναπαράσταση Δεδομένων	124
6	Επίλογος.....	126
6.1	Συμπεράσματα.....	127
6.2	Μελλοντικές Κατευθύνσεις.....	129
	Βιβλιογραφία.....	131
	Πίνακας Συντμήσεων	139
A	Συστήματα αναφοράς ΕΛ.....	A-1
A.1	3DMA.....	A-2
A.1.1	Αρχιτεκτονική.....	A-2
A.2	Xmiddle.....	A-4
A.2.1	Αρχιτεκτονική.....	A-4
A.3	Pronto.....	A-5
A.3.1	Αρχιτεκτονική.....	A-5
A.3.1.1	Mobile JMS Client.....	A-8

A.3.1.2	Serveless JMS.....	A-9
A.3.1.3	Gateway.....	A-10
A.3.1.4	Smart caching.....	A-11
A.4	Peerware.....	A-11
A.4.1	Αρχιτεκτονική.....	A-11
A.5	ReMMOc.....	A-14
A.5.1	Αρχιτεκτονική.....	A-14
A.6	CASS.....	A-17
A.6.1	Αρχιτεκτονική.....	A-17
A.7	Limone.....	A-20
A.7.1	Αρχιτεκτονική.....	A-20
A.8	MobiClique.....	A-22
A.8.1	Αρχιτεκτονική.....	A-22
A.9	IMISSAR.....	A-24
A.9.1	Αρχιτεκτονική.....	A-24

Κεφάλαιο 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, Xerox Parc, late 1980's

1.1. Εισαγωγή

Η τεχνολογία στις μέρες μας έχει εισβάλει σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Χρησιμοποιείται υλικό και λογισμικό για τις καθημερινές μας ανάγκες σε ολοένα και αυξανόμενο βαθμό καθώς οι ίδιες μας οι δραστηριότητες βρίσκονται σε άμεση εξάρτηση με την τεχνολογία. Από την άλλη ο βαθμός πολυπλοκότητας των καθημερινών δραστηριοτήτων μας αυξάνει διαρκώς κυρίως λόγω της εξειδίκευσης που κυριαρχεί σε κάθε τομέα της ζωής μας. Αυτό έχει ως συνέπεια οι άνθρωποι να αναζητούν νέες λύσεις και βοήθειες από την τεχνολογία προκειμένου να φέρουμε σε πέρας τις εργασίες μας.

Το πλήθος των υπηρεσιών τεχνολογίας που χρησιμοποιούμε σήμερα έχει αυξηθεί σημαντικά ενώ ταυτόχρονα και το είδος των υπηρεσιών ποικίλει σε σημαντικό βαθμό. Επίσης οι άνθρωποι συνεχίζουν να χρησιμοποιούν υλικό και λογισμικό το οποίο όμως διαφέρει από αυτό που χρησιμοποιούσαν παλαιότερα. Η είσοδος των φορητών και κινητών συσκευών στην καθημερινότητα μας και η ανάγκη μας να χρησιμοποιούμε τις προσφερόμενες από τη τεχνολογία υπηρεσίες οπουδήποτε βρισκόμαστε και οποιαδήποτε στιγμή καθιστά αναγκαία τη συνύπαρξη πολλών διαφορετικών τεχνολογιών υλικού και λογισμικού.

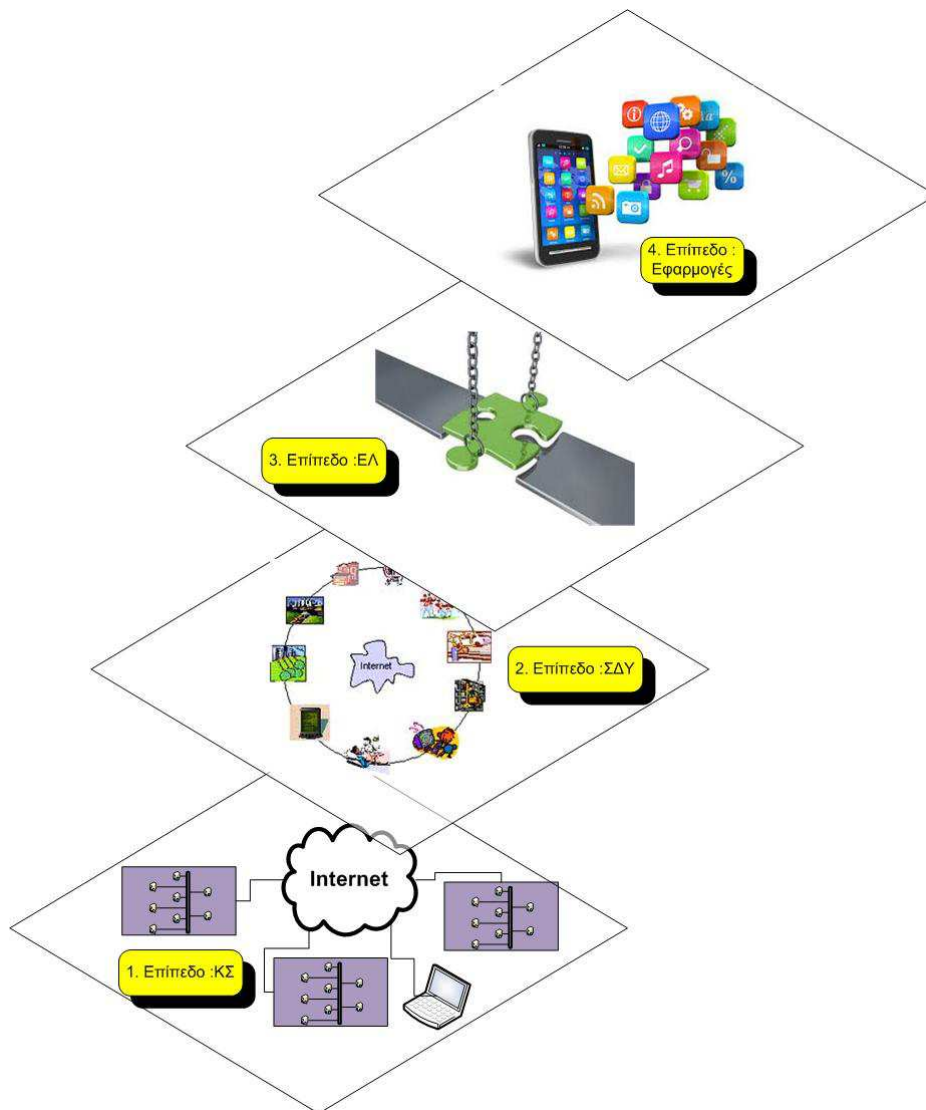
Για να καταστεί εφικτή η χρήση πόρων υλικού και λογισμικού από τον άνθρωπο σε οποιοδήποτε μέρος αυτός βρίσκεται και οποιαδήποτε στιγμή θα πρέπει να υπάρχει ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών υλικού και λογισμικού. Ο συνδεδεμένος κρίκος μεταξύ αυτών των διαφορετικών τεχνολογιών είναι ένα ενδιάμεσο στρώμα λογισμικού το οποίο βρίσκεται νοητά μεταξύ της συσκευής του χρήστη και της συσκευής που προσφέρει την υπηρεσία. Το ενδιάμεσο αυτό στρώμα αναλαμβάνει το ρόλο του μεταφραστή μεταξύ των δυο επικοινωνούντων οντοτήτων.

Στον χώρο των πληροφοριακών συστημάτων αυτό το στρώμα λογισμικού ονομάζεται ενδιάμεσο λογισμικό (ΕΛ). Ο σκοπός του ΕΛ είναι να συνδυάσει υπάρχουσες και διαφορετικού τύπου πληροφορίες δικτύωσης, πληροφορίες προσφερόμενων υπηρεσιών και τεχνολογιών υλοποίησης (προγραμματισμού). Το ΕΛ προσφέρει τη δυνατότητα στα συστήματα τα οποία προσφέρουν υπηρεσίες να εμφανίζονται στον άνθρωπο ως ένα σύστημα διάχυτου υπολογισμού (ΣΔΥ), δηλαδή ως ένα σύστημα υπηρεσιών το οποίο κάνει αισθητή την παρουσία του

ανεξαρτήτως του τύπου στον οποίο βρίσκεται ο κάθε άνθρωπος. Τα συστήματα τα οποία προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές αποτελούν ένα κατακεντημένο υπολογιστικό σύστημα (ΚΣ, distributed system).

Από τα παραπάνω γίνεται ξεκάθαρο ότι ο ρόλος του ενδιαμέσου λογισμικού παρόλο που δεν γίνεται άμεσα αντιληπτός στον χρήστη, ωστόσο αποτελεί κρίσιμο και αναγκαίο κρίκο στην αλυσίδα μιας επιτυχημένης επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων που προσφέρουν σύγχρονες τεχνολογικές υπηρεσίες στις συσκευές του τελικού χρήστη. Η σχεδίαση ενός τέτοιου συστήματος ακολουθεί όλους τους κανόνες της μηχανικής λογισμικού (software engineering) ενώ παράλληλα συνδυάζει το θεωρητικό υπόβαθρο δικτυακών τεχνολογιών και τεχνολογιών δομών δεδομένων. Η ανάπτυξη ενός συστήματος ΕΛ για εφαρμογές διάχυτου υπολογισμού (ΔΥ) είναι μια επίπονη προσπάθεια αφού καλείται ο/η ομάδα αναλυτών/προγραμματιστών να συνδυάσουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες υλικολογισμικού και να δημιουργήσουν μια κοινή γλώσσα για αυτές.

Το οικοσύστημα που εξυπηρετεί τις ανάγκες των ανθρώπων όπως αυτές περιγράφηκαν στις προηγούμενες παραγράφους μπορεί να επιμεριστεί νοητά σε τέσσερα επίπεδα. Στην βάση βρίσκεται το ΚΣ των υπολογιστικών συστημάτων τα οποία είναι συνδεδεμένα δικτυακά μεταξύ τους και λειτουργούν κάτω από ένα κοινό σκοπό. Στο επόμενο επίπεδο συναντάμε το ΣΔΥ όπου τα συστήματα του προηγούμενου επιπέδου λειτουργούν με τέτοιο τρόπο ώστε οι προσφερόμενες υπηρεσίες του να διαχέονται σε κάθε γεωγραφικό χώρο που κινείται ο άνθρωπος και με τέτοιο τρόπο ώστε να μην γίνονται πάντα αντιληπτές. Αμέσως μετά υπάρχει το επίπεδο του ΕΛ το οποίο αναλαμβάνει το ρόλο του μεταφραστή όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ενώ στην κορυφή αυτής της νοητής στοίβας βρίσκονται οι τελικές εφαρμογές που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος από τη συσκευή του.



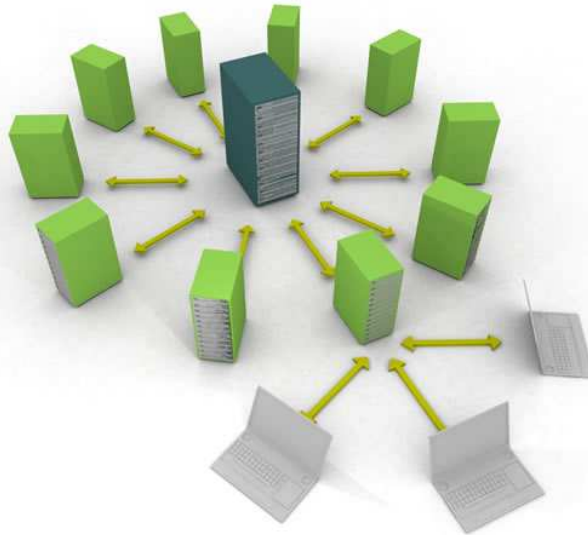
Εικόνα 1.1: Ο συνδετικός ρόλος του ΕΛ σε ένα πληροφοριακό οικοσύστημα που εξυπηρετεί τις ανάγκες των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Στο παρόν κεφάλαιο της διατριβής πραγματοποιείται μια εισαγωγή στους όρους και τις έννοιες που αφορούν στα ΚΣ, στα ΣΔΥ και τις προκλήσεις τους ενώ καταλήγει στον ορισμό του ΕΛ και με αναφορά στις προκλήσεις και τις απαιτήσεις του. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ και αναλύονται ζητήματα σχεδίασης και ανάπτυξης ΕΛ ενώ παράλληλα παρουσιάζονται και στοιχεία αρχιτεκτονικής που αφορούν στο είδος της επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών τμημάτων λογισμικού που αποτελούν το ΕΛ. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κριτήρια βάση των οποίων θα αξιολογηθούν στη συνέχεια υπάρχοντα συστήματα ΕΛ. Τα συστήματα αυτά είναι αντιπροσωπευτικά συστήματα ΕΛ τα οποία είτε έχουν υλοποιηθεί είτε αποτελούν θεωρητικές προτάσεις, οι οποίες έχουν ωστόσο υποβληθεί σε αυστηρό επιστημονικό έλεγχο. Τα εν λόγω συστήματα μελετώνται κυρίως από άποψη αρχιτεκτονικής και αξιολογούνται βάση των κριτηρίων αξιολόγησης. Στο τέταρτο

κεφάλαιο φιλοξενείται η πρόταση ενός αρχιτεκτονικού μοντέλου συστήματος ΕΛ με την ονομασία GloSep. Πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή σε αρχιτεκτονικό επίπεδο καθώς και λεπτομερής παράθεση των χαρακτηριστικών κάθε τμήματος του συστήματος αυτού. Στο ίδιο κεφάλαιο διατυπώνεται ένα πιθανό σενάριο χρήσης του συστήματος στο οποίο φαίνεται ο ρόλος και οι δραστηριότητες του συστήματος αυτού προκειμένου να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του σεναρίου. Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια σύγκριση του προτεινόμενου αρχιτεκτονικού μοντέλου ενδιάμεσου λογισμικού με όσα συστήματα μελετήθηκαν στο τρίτο κεφάλαιο. Η σύγκριση είναι λεπτομερής και πραγματοποιείται για κάθε ένα κριτήριο αξιολόγησης ξεχωριστά. Στο ίδιο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια ποιοτική αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του συστήματος GloSep όπως αυτά έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στο τέταρτο κεφάλαιο. Επίσης παρουσιάζονται στοιχεία τα οποία υποστηρίζουν τα πλεονεκτήματα του συστήματος GloSep ως αποτέλεσμα βελτιώσεων στα οκτώ κριτήρια αξιολόγησης, χρησιμοποιώντας τις βέλτιστες τεχνολογικά παρούσες λύσεις με απώτερο σκοπό την εκμετάλλευση των επιδόσεων αυτών των τεχνολογιών για καλύτερο αποτέλεσμα. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο φιλοξενείται ο επίλογος της παρούσας διατριβής όπου παραθέτονται τα γενικά συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την ολοκλήρωση της ανάλυσης και μελέτης καθώς και πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος GloSep.

1.2. Κατανεμημένα συστήματα

Ένα ΚΣ (εικόνα 1.2) αποτελείται από μια συλλογή αυτόνομων υπολογιστικών συστημάτων που έχουν δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ τους [60], [61]. Στα κατανεμημένα συστήματα κάθε επεξεργαστής μπορεί να έχει ανεξάρτητους επιμέρους στόχους, ωστόσο οι επεξεργαστές όλων των υπολογιστικών συστημάτων τα οποία συμμετέχουν στο κατανεμημένο σύστημα συνεργάζονται με σκοπό να διαμοιραστούν πόρους ή να εκτελέσουν μία κοινή εργασία. Για τους χρήστες τα κατανεμημένα συστήματα είναι ένα ενιαίο συνεκτικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από ανεξάρτητα και αυτόνομα υπολογιστικά συστήματα που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου. Τα συστήματα αυτά αλληλεπιδρούν το ένα με το άλλο με κύριο στόχο να επιτύχουν ένα κοινό σκοπό. Μία εφαρμογή η οποία εκτελείται σε κατανεμημένα συστήματα καλείται κατανεμημένη εφαρμογή. Σήμερα ανάλογα με το είδος της εφαρμογής που εκτελείται σε ΚΣ αυτά χαρακτηρίζονται ως εφαρμογές υπολογιστικού νέφους (cloud computing) αν πρόκειται για εφαρμογές εμπορικού χαρακτήρα ή ως εφαρμογές πλέγματος (GRID Computing) αν πρόκειται για εφαρμογές επιστημονικού χαρακτήρα.



Εικόνα 1.2: Διάταξη ενός κατακευμαμένου συστήματος το οποίο αποτελείται από πολλαπλά συστήματα αυτόνομων υπολογιστών, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του δικτύου υπολογιστών και αλληλεπιδρούν, ώστε να μπορούν να επιτύχουν ένα κοινό σύνολο στόχων.

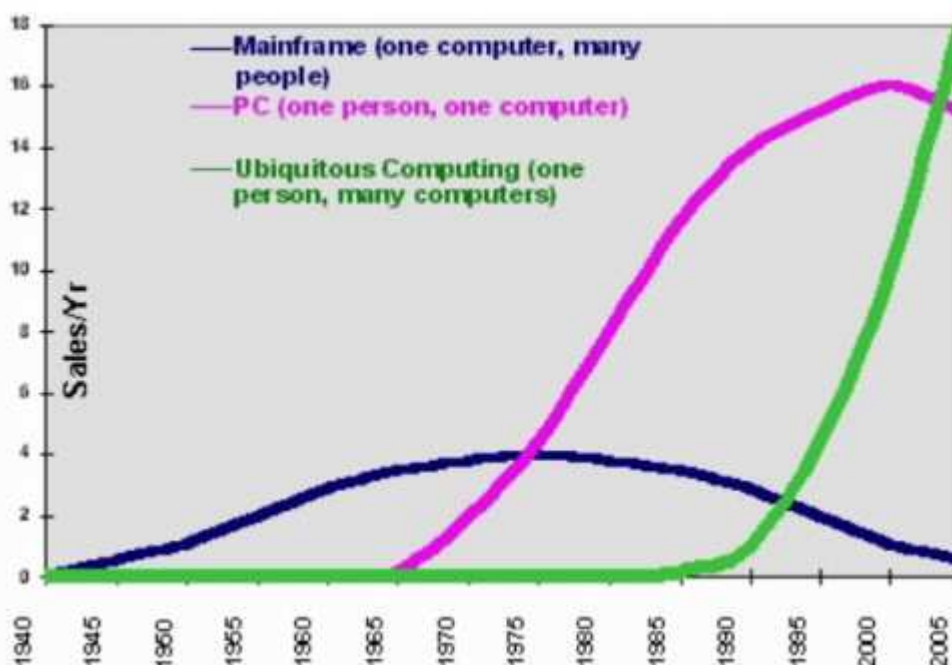
1.3. Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού

Τα ΣΔΥ καθώς και οι ευκαιρίες χρήσης που μας προσφέρουν αλλάζουν τον τρόπο σκέψης μας και επιβάλλουν μια νέα πραγματικότητα με κύριο σκοπό την εξυπηρέτηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων με περισσότερη ευκολία και άνεση. Οι άνθρωποι μέσω των ΣΔΥ [51] έρχονται διαρκώς σε επαφή με αντικείμενα και συσκευές που διαθέτουν ενσωματωμένη υπολογιστική ικανότητα και ισχύ που «διαχέεται» σε οικεία αντικείμενα και περιβάλλοντα μέσα από μια «ήρεμη τεχνολογία» με αποτέλεσμα ο χρήστης χωρίς να το συνειδητοποιεί να αλληλεπιδρά με πολλές υπολογιστικές εφαρμογές χωρίς γεωγραφικό περιορισμό.



Εικόνα 1.3: Απεικόνιση ενός παραδείγματος συσκευής συμμετέχουσας σε ΣΔΥ, πώς εξοπλίζονται αντικείμενα καθημερινής χρήσης με τις δυνατότητες τεχνολογίας πληροφορικής και επικοινωνίας.

Σήμερα συναντάμε ΣΔΥ ολοένα και περισσότερο τριγύρω μας. Η εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος ακολούθησε μία ανοδική πορεία σε σχέση με το πλήθος τους. Τα τρία κύρια κύματα όπως αυτά περιγράφονται [55] στην εικόνα 1.4. Είναι φανερό ότι διανύουμε την εποχή του Διάχυτου Υπολογισμού (Ubiquitous Computing).

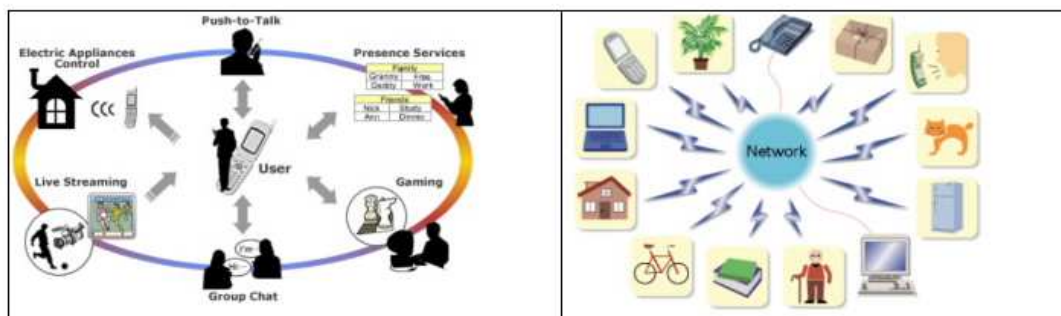


Εικόνα 1.4: Χρήση Τεχνολογιών Πληροφορικής

Το «πανταχού παρών υπολογίζουν» [68], [61] όπως συνηθίζεται να αναφέρεται ο Διάχυτος Υπολογισμός (ΔΥ) κάνει για πρώτη φορά την εμφάνιση του στην ανθρώπινη πραγματικότητα και αναφέρεται σε ένα ενιαίο περιβάλλον μέσα από την σύνθεση των τεχνολογιών πληροφορικής. Ο ΔΥ έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη ποικίλων εφαρμογών όπως

- παρακολούθηση οντοτήτων (π.χ. άνθρωποι, κατοικίδια, αντικείμενα) όπου μέσω ειδικών αισθητήρων μπορεί κάποιος να παρακολουθεί την κίνηση μιας οντότητας στον χώρο
- παρακολούθηση των φυτών όπου ελέγχεται η έλλειψη φωτισμού στα φυτά
- παρακολούθηση λειτουργιών των οικιακών συσκευών
- γεωγραφικός προσδιορισμός θέσης ενός μέσου μεταφοράς (αυτοκίνητο, δίκυκλο)
- ενεργοποίηση εγγραφής ενός τηλεοπτικού γεγονότος

και ακόμα περισσότερα χωρίς ο χρήστης να γνωρίζει το πόσα συστήματα αλληλεπιδρούν μέχρι την επίτευξη του σκοπού του. Στην εικόνα 1.5 παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες από τις εφαρμογές ΔΥ.



Εικόνα 1.5: Εφαρμογές Διάχυτου Υπολογισμού.

Τα ΣΔΥ είναι σύνθετα και η συμπεριφορά τους πολυποίκιλη σε αντιστοιχία με το περιβάλλον δραστηριότητας. Ένα σύστημα μικροσυσκευών, ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, αντικειμένων και αισθητήρων (sensors) δημιουργούν μια ηλεκτρονική κοινωνία και συνεργάζονται ανταλλάσσοντας δεδομένα για την επίτευξη ενός κοινού σκοπού.

1.3.1 Προκλήσεις ΣΔΥ

Οι προκλήσεις [54] που αντιμετωπίζουν τα ΣΔΥ σχετίζονται με το είδος και τον τύπο των συστατικών τους στοιχείων. Επομένως οι προκλήσεις αφορούν τις συσκευές – κόμβους, το είδος σύνδεσης, το χώρο εκτέλεσης καθώς και τις ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το περιβάλλον υπολογισμού.

Κυριότερες προκλήσεις είναι οι παρακάτω :

Συσκευές περιορισμένων φυσικών πόρων (Resource-Constrained Devices)

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα ΣΔΥ είναι ότι οι συσκευές έχουν περιορισμένους πόρους. Συσκευές όπως PDAs, κινητά τηλέφωνα, και συσκευές αναπαραγωγής μουσικής έχουν περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ (CPU), μνήμη και συνδεσιμότητα δικτύου σε σύγκριση με ένα κανονικό PC. Επίσης τα δίκτυα αισθητήρων τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά από συστήματα ΣΔΥ κυρίως για επίγνωση περιβάλλοντος είναι πολύ περιορισμένα σε σύγκριση με έναν υπολογιστή αλλά ακόμη και από τις έξυπνες συσκευές οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω. Ως εκ τούτου, κατά την ανάπτυξη συστημάτων ΣΔΥ, είναι σημαντικό να

αναγνωρίσουμε τους περιορισμούς των συσκευών αυτών και να προσαρμόσουμε τις προσφερόμενες υπηρεσίες αλλά και τον τρόπο προσφοράς τους ικανοποιώντας τους περιορισμούς αυτούς.

Ευμετάβλητο περιβάλλον εκτέλεσης (mobile computing)

Το περιβάλλον εκτέλεσης εφαρμογών σε ΣΔΥ είναι ευμετάβλητο καθώς τα στοιχεία που το αποτελούν (συσκευές, άνθρωποι, υπηρεσίες), χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό αλλαγών στη μορφή και την συμπεριφορά τους. Επίσης το περιβάλλον εκτέλεσης είναι κινητό και μετακινείται μαζί με το χρήστη. Αυτό είναι παρόμοιο με τον αριθμό τηλεφώνου ενός GSM (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών) τηλεφώνου, που μετακινείται με το τηλέφωνο. Σε λειτουργία πραγματικού χρόνου, ο χρήστης θα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει όλα τα απομακρυσμένα δεδομένα και τις υπηρεσίες σε απευθείας σύνδεση (online).

Ετερογένεια συστατικών

Σε ένα ΣΔΥ είναι δυνατόν να συναντήσουμε ποικιλία δικτυακών τεχνολογιών, υλικού, λειτουργικών συστημάτων, γλωσσών προγραμματισμού, υλοποιήσεων από διαφορετικές εταιρίες ανάπτυξης λογισμικού.

Επίγνωση πλαισίου (Context awareness)

Ένα ΣΔΥ που προσπαθεί να είναι ελάχιστα παρεισφρητικό πρέπει να είναι context-aware. Με άλλα λόγια, πρέπει να έχει γνώση της κατάστασης του χρήστη και του περιβάλλοντος χώρου ώστε να τροποποιεί κατάλληλα την συμπεριφορά του. Οι πληροφορίες που αφορούν ένα χρήστη (πληροφορίες πλαισίου) μπορεί να είναι αρκετά πλούσιες και να αποτελούνται από πληροφορίες όπως φυσική θέση, φυσική κατάσταση (θερμοκρασία του σώματος και παλμοί της καρδιάς), συναισθηματική κατάσταση (θυμωμένος ή ήρεμος), καθημερινή συμπεριφορά, κτλ

Πανταχού παρών υπολογισμός (ubiquitous computing)

Αυτός είναι ο γενικός ορισμός της πανταχού παρουσίας, όπου οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες οπουδήποτε, όλη την ώρα. Επίσης ο υπολογισμός είναι «αόρατος» (κανείς δεν αντιλαμβάνεται την παρουσία του) καθώς το υπολογιστικό περιβάλλον μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε. Ο χρήστης είναι σε θέση να χρησιμοποιεί τόσο τοπικές όσο και απομακρυσμένες υπηρεσίες. Κάθε υπηρεσία κάθε περιβάλλοντος είναι διαθέσιμη σε παγκόσμιο επίπεδο.

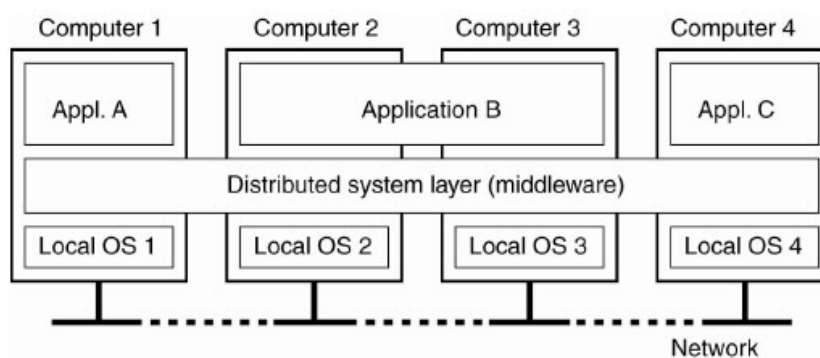
Ασφάλεια (Security and Privacy)

Το θέμα της ιδιωτικότητας, που αποτελεί ένα πρόβλημα στα καταναμημένα συστήματα και στον κινητό υπολογισμό, περιπλέκεται πιο πολύ στον διάχυτο υπολογισμό. Μηχανισμοί Ασφάλειας όπως ο εντοπισμός της θέσης, οι ευφυείς χώροι, και η χρήση των αναπληρωματικών συστημάτων (surrogate systems) παρακολουθούν τους χρήστες σε μόνιμη βάση. Καθώς ένας χρήστης χρησιμοποιεί όλο ένα και πιο πολύ ένα σύστημα ΔΥ, το σύστημα μπορεί να γίνεται πιο έμπειρο σχετικά με τις μετακινήσεις του συγκεκριμένου χρήστη, τη συμπεριφορά του και τις συνήθειές του.

1.4. Ενδιάμεσο λογισμικό (ΕΛ)

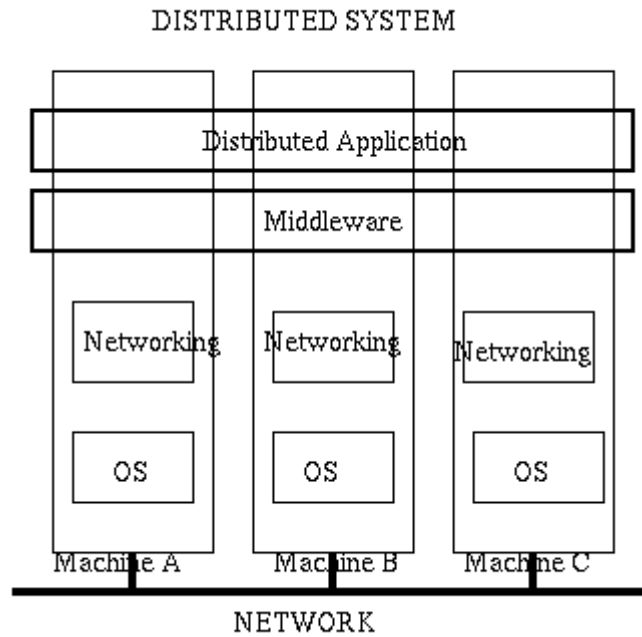
Το ΕΛ είναι ένα στρώμα λογισμικού το οποίο προσφέρει μια αφαίρεση (abstraction) εννοιών σε επίπεδο προγραμματισμού και επικαλύπτει την ετερογένεια δικτύων, υλικού, Λ/Σ και γλωσσών προγραμματισμού λειτουργώντας ως συνδετικός κρίκος

Το Ενδιάμεσο Λογισμικό (Middleware) [62], [65] επιτρέπει την αλληλεπίδραση πολλαπλών διαδικασιών μέσα από ένα σύνολο υπηρεσιών που ως κύριο στόχο έχει να επιδρά ανάμεσα σε πολλαπλά συστήματα ή εφαρμογές. Από αρχιτεκτονικής άποψης το ΕΛ βρίσκεται κάτω από το επίπεδο των εφαρμογών του χρήστη και πάνω από κάθε λειτουργικό σύστημα οποιασδήποτε συσκευής που συμμετέχει στο ΣΔΥ (εικόνα 1.6) & (εικόνα 1.7). Η χρήση ΕΛ επιτρέπει την ευκολότερη ανάπτυξη των εφαρμογών ΔΥ.



Εικόνα 1.6: Διασπορά ενδιάμεσου λογισμικού.

Το ΕΛ [67] συνδέει εφαρμογές, διακινεί πληροφορίες μεταξύ τους παίζοντας τον ρόλο διερμηνέα. Είναι στην ουσία μια βιβλιοθήκη που επιτρέπει στις εφαρμογές να χρησιμοποιούν αυτές τις λειτουργίες αντί να τις υλοποιούν οι ίδιες.



Εικόνα 1.7: ΣΔΥ κατακευμημένης εφαρμογής/ ΕΛ

1.4.1 Προκλήσεις ΕΛ

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε κατά την ανάπτυξη συστημάτων ΕΛ αφορούν τα εγγενή χαρακτηριστικά των ΣΔΥ, και είναι τα παρακάτω:

Ανοιχτή Αρχιτεκτονική

Η υιοθέτηση ανοιχτής αρχιτεκτονικής κυρίως σε υλικό αλλά και σε λογισμικό εξασφαλίζει την μακροβιότητα του ΕΛ, διευρύνει την βάση υποστήριξης και ανάπτυξης του λογισμικού ενώ ταυτόχρονα αποφεύγει την δέσμευση από συγκεκριμένες εταιρίες παροχής υλικού ή ανάπτυξης λογισμικού.

Κλιμάκωση

Λόγω του είδους των προσφερόμενων υπηρεσιών από ένα ΣΔΥ υπάρχει ανάγκη για εξυπηρέτηση ενός μεγάλου αριθμού χρηστών το πλήθος των οποίων διαφέρει αριθμητικά από στιγμή σε στιγμή. Ένα ΕΛ οφείλει να εξυπηρετήσει όσο το δυνατό μεγαλύτερο αριθμό χρηστών και για να το πετύχει αυτό πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να καλύψει μια αλματώδη αύξηση του πλήθους των χρηστών που ζητούν εξυπηρέτηση και να προσαρμόζεται γρήγορα στην αυξανόμενη ζήτηση των υπηρεσιών.

Διαχείριση αστοχιών

Για την διαχείριση αστοχιών τα ΕΛ θα πρέπει να είναι ικανά να ανιχνεύουν κατά το δυνατό περισσότερες αστοχίες, να αποκρύπτουν όσες αστοχίες δεν μπορούν να επαναφέρουν, να υπολογίζουν κάποια σχετική ανοχή σε πιθανές αστοχίες και τέλος να φροντίζουν για πλεονασμό (redundancy) υλικού και λογισμικού. Το ΕΛ οφείλει να εξυπηρετεί αυτές τις ανάγκες προσφέροντας τις σχετικές διευκολύνσεις.

Συγχρονισμός συστατικών

Η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των κόμβων ενός ΣΔΥ πραγματοποιείται χωρίς την παρουσία ενός καθολικού ρολογιού εκτέλεσης εργασιών. Το ΕΛ συμμετέχει στην ανταλλαγή μηνυμάτων και στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται αυτή η ανταλλαγή υποστηρίζοντας έναν αριθμό από τις γνωστές και δοκιμασμένες μεθόδους (Peer to Peer, Queuing Systems κλπ). Ο κυρίαρχος τρόπος ανταλλαγής μηνυμάτων γίνεται μέσω ασύγχρονης (asynchronous) μετάδοσης όπου αυτή απεικονίζεται σε επίπεδο χρόνου (time concurrency) και χώρου (location concurrency), δηλαδή οι κόμβοι ενός ΣΔΥ δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε λειτουργία την ίδια χρονική στιγμή που πραγματοποιείται η ανταλλαγή μηνύματος καθώς επίσης δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται και στο ίδιο τμήμα του κατανεμημένου συστήματος.

1.4.2 Απαιτήσεις ΕΛ

Τα συστήματα ΕΛ οφείλουν κατά την περίοδο λειτουργίας τους να ικανοποιούν ορισμένες ελάχιστες προϋποθέσεις όπως αυτές ορίζονται από την ομάδα ανάπτυξης αλλά και από τους τελικούς χρήστες. Ακολουθούν οι κυριότερες απαιτήσεις:

Αξιοπιστία (reliability) : Με την έννοια αυτή εννοούμε την αξιόπιστη αποστολή και παραλαβή μηνυμάτων από το ΕΛ.

Ασφάλεια (Security): Με την έννοια αυτή εννοούμε την διαφύλαξη των τριών κύριων χαρακτηριστικών της εμπιστευτικότητας (confidentiality) της ακεραιότητας (integrity) και της διαθεσιμότητας (availability) λογισμικού και υλικού σε όποιον εξουσιοδοτημένο χρήστη το επιθυμήσει.

Απόδοση (Performance) : Με την έννοια αυτή εννοούμε την εκτέλεση των ζητούμενων λειτουργιών από το ΕΛ σε εύλογο χρονικό διάστημα.

Προσαρμοστικότητα (adaptability) : Με την έννοια αυτή εννοούμε την ομαλή προσαρμογή ενός ΕΛ σε ήδη υπάρχουσα υποδομή υλικού και λογισμικού.

1.5. Οικοσύστημα σύγχρονων ΚΣ

Στην εικόνα 1.8 απεικονίζονται συνολικά οι σύγχρονες τεχνολογίες δικτύωσης και αρχιτεκτονικής [34], [37] που αφορούν ένα σύγχρονο ΚΣ το οποίο χρησιμοποιεί ως βάση τον άνθρωπο προκειμένου να χρησιμοποιήσει υπηρεσίες τεχνολογία.

Η γεωγραφική διασπορά των κόμβων ενός ΚΣ το χαρακτηρίζει ως τοπικής κλίμακας (localized distributed system) (1) όταν οι κόμβοι βρίσκονται σε σχετικά κοντινή απόσταση ή σφαιρικής κλίμακας (global scale distributed system) (2) όταν οι κόμβοι βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη.

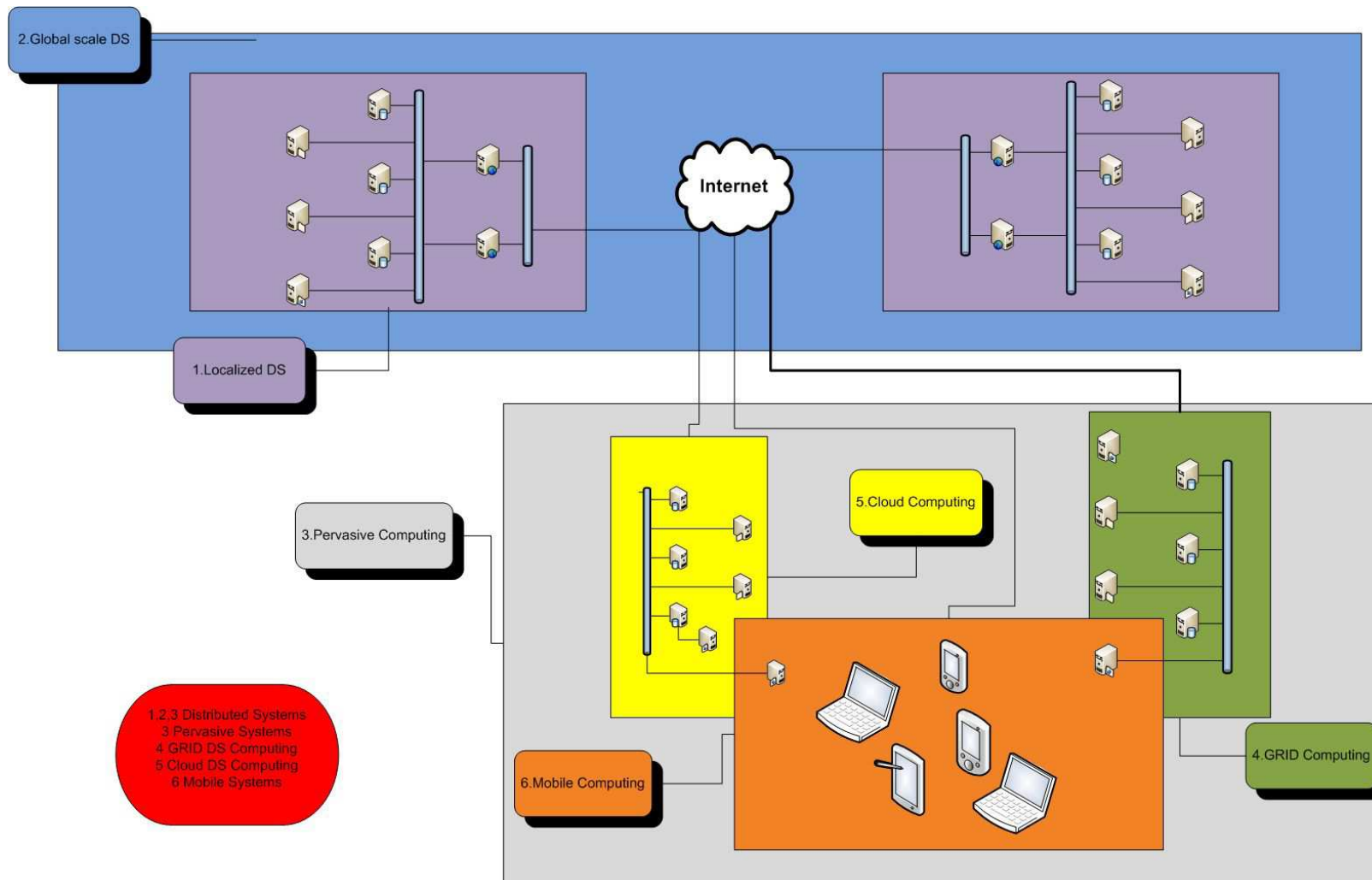
Το ΣΔΥ (3) αποτελεί τη βάση για χρήση υπηρεσιών από τον άνθρωπο ανεξαρτήτως γεωγραφικού χώρου με τρόπο που δεν γίνεται άμεσα αντιληπτός από αυτόν.

Τα Συστήματα Πλέγματος (Grid Systems) (4) ήταν το αποτέλεσμα της σύμπραξης αρκετών πανεπιστημίων προκειμένου να θέσουν κάτω από κοινό έλεγχο τα πληροφοριακά τους συστήματα έτσι ώστε να φέρουν σε πέρας ένα κοινό στόχο.

Το Συστήματα Υπολογιστικού Νέφους (5) (cloud computing) [57], [58] αποτελούν περισσότερο όρο αγορολογίας (marketing) παρά μία νέα καινοτομία στο χώρο των ΚΣ. Με τη βοήθεια Συστοιχιών Υπολογιστικών Συστημάτων (Clustering) οι εταιρείες που κινούνται στο χώρο της παροχής υπηρεσιών πληροφορικής προσφέρουν Λογισμικό και Υλικό με τη μορφή υπηρεσίας γεωγραφικά κατανεμημένης (Software as a Service, Hardware as a Service).

Αρκετοί από τους χρήστες των παραπάνω ΚΣ είναι κινούμενοι και πιθανότατα η δικτυακή τους σύνδεση πραγματοποιείται με ασύρματη ζεύξη. Αυτοί δημιουργούν το χώρο του Κινητού & Ασύρματο Υπολογισμού (Mobile Computing) (6) [65].

Οι τεχνολογίες που απεικονίζονται αποτελούν ενεργό πεδίο έρευνας στις μέρες μας και πολλές φορές ανταλλάσσουν μεταξύ τους μεθόδους και τεχνικές προκειμένου να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο εξέλιξης τους. Το ΕΛ εμφανίζεται σε όλες τις παραπάνω τεχνολογίες και αποτελεί συνδετικό κρίκο και καταλυτικό παράγοντα για την ανάπτυξη εφαρμογών.



Εικόνα 1.8: Τεχνολογίες ΣΔΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΛ για εφαρμογές Διάχυτου Υπολογισμού

*It has become appallingly obvious that our technology has exceeded our humanity.
Albert Einstein*

2.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Gordon Moore, συνιδρυτή της Intel, ο προσωπικός υπολογιστής (PC) "ωριμάζει" μέσα από ένα προσαρμοζόμενο σύστημα για όλες τις δουλειές, σε μια γκάμα συσκευών καθεμία από τις οποίες είναι σχεδιασμένη για να υποστηρίξει συγκεκριμένες εφαρμογές του τελικού χρήστη. Επίσης η συνεχής μετακίνηση των ανθρώπων σε συνδυασμό με την ελάττωση μεγέθους των πληροφοριακών συσκευών (PC, Table, smartphones) έφερε στο προσκήνιο την έννοια της φορητότητας. Με τον όρο αυτό προσδιορίζουμε την ιδιότητα των συσκευών να μπορούν να μεταφερθούν σε διαφορετικά σημεία συνεχίζοντας απρόσκοπτα την παροχή των ίδιων υπηρεσιών. Οι τεχνολογίες [5], [6], [7] που απαιτούν οι πληροφοριακές συσκευές, δηλαδή ευέλικτες οθόνες, αδιάλειπτη παροχή ισχύος και αξιόπιστα και γρήγορα δίκτυα, δεν έχουν ακόμη επιτύχει τον κατάλληλο βαθμό ωριμότητας και διάδοσης. Οπωσδήποτε ο βαθμός ωριμότητας των σχετικών τεχνολογιών αυξάνει διαρκώς, ωστόσο κύριος στόχος είναι η ενσωμάτωση των τεχνολογιών στην καθημερινότητα των ανθρώπων χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη γνώση ή μεγάλη εξοικείωση με το συγκεκριμένο πεδίο τεχνολογίας από την πλευρά των τελικών χρηστών.

Ο ρόλος του ΕΛ, όπως αυτός αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1, βοηθάει στην απόκρυψη τεχνικών λεπτομερειών και η χρήση του αποτελεί ένα είδος αφαίρεσης στην πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν οι σύγχρονες τεχνολογίες. Λόγω της πληθώρας διαφορετικών τεχνολογιών (δικτύωσης, υλικού, λογισμικού) που προσφέρονται, η σύνδεση αυτών των τεχνολογιών θα απαιτούσε από τον τελικό χρήστη την γνώση συγκεκριμένων λεπτομερειών για κάθε μια από αυτές τις τεχνολογίες προκειμένου να χρησιμοποιήσει το σύνολο των προσφερόμενων υπηρεσιών. Στο σημείο αυτό επεμβαίνει το στρώμα ΕΛ το οποίο στην ουσία ενοποιεί όλες αυτές τις διαφορετικές τεχνολογίες παίζοντας τον ρόλο του μεταφραστή. Έτσι η λεπτομέρεια «χάνονται» και ο χρήστης απαιτείται να γνωρίζει μόνο ένα είδος διάδρασης (interactivity) με την κάθε τεχνολογία.

Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιούμε ήδη πολλές πληροφοριακές συσκευές, οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους με την βοήθεια ΕΛ χωρίς ίσως να το γνωρίζουμε: κατάλογοι

διευθύνσεων και ψηφιακά ημερολόγια, ψηφιακοί βοηθοί, συστήματα πλοήγησης στα αυτοκίνητα, ψηφιακές κάμερες και κινητά τηλέφωνα (ίσως οι δύο ταχύτερα αναπτυσσόμενοι τομείς όπου εμφανίζονται ΣΔΥ), ψηφιακές ιατρικές συσκευές, πλατφόρμες δικτυακών παιχνιδιών, αλλά και ηλεκτρικές συσκευές, όπως τηλεοράσεις, ψυγεία και φούρνοι.

Η ικανότητα δικτύωσης των συσκευών προσφέρει νέες δυνατότητες στην επικοινωνία μεταξύ των χρηστών και στην επεξεργασία των διάχυτων πολλές φορές δεδομένων από αυτούς καθώς με τις υπάρχουσες τεχνολογικές εφαρμογές δικτύωσης (wireless, 3G, δορυφόροι, Bluetooth και λοιπά) θα πρέπει να θεωρούμε τις πληροφοριακές συσκευές ως ΣΔΥ, και όχι ως απομονωμένες συσκευές. Σε ένα τέτοιο σενάριο, η συσκευή ως αντικείμενο είναι μόνο ένα κομμάτι του συστήματος. Κάθε τελικός χρήστης διαθέτει μια ή περισσότερες συσκευές ίδιας ή διαφορετικής τεχνολογίας μεταξύ τους οι οποίες είναι συνδεδεμένες μέσω του παγκόσμιου ιστού (WEB) και χρησιμοποιούν υπηρεσίες οι οποίες βρίσκονται διάχυτες σε διαφορετικά μέρη της γης. Η δυνατότητα αυτή προσφέρεται στους τελικούς χρήστες σε όποιο μέρος και αν βρίσκονται. Με τον τρόπο αυτό ο τελικός χρήστης μέσω της συσκευής του αποτελεί ένα τμήμα ενός ΣΔΥ, κάνει χρήση της φορητότητας χρησιμοποιώντας διάχυτες υπηρεσίες ενώ ταυτόχρονα «αγνοεί» τις τεχνικές λεπτομέρειες που κρύβονται πίσω από τις δραστηριότητες του με την βοήθεια του ΕΛ.

2.2 Προκλήσεις ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ

Οι προκλήσεις [64], [31], [66] που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την ανάπτυξη ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ αφορούν θέματα που σχετίζονται με τις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου και τη διαφάνεια στη χρήση των τεχνολογιών. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι ακόλουθες προκλήσεις :

Στρατηγική Προσαρμογής (Adaptation Strategy)

Η προσαρμογή (adaptation) είναι απαραίτητη όταν υπάρχει ένας αποτυχημένος συνδυασμός μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης ενός πόρου. Ο πόρος μπορεί να είναι το εύρος ζώνης ενός ασύρματου δικτύου, η ενέργεια της μπαταρίας ενός κινητού υπολογιστή, η μνήμη, κτλ. Υπάρχουν τρεις εναλλακτικές στρατηγικές για την προσαρμογή στον διάχυτο υπολογισμό.

Κατ' αρχάς, μια εφαρμογή μπορεί από μόνης της να αυτορυθμιστεί έτσι ώστε αυτή να χρησιμοποιεί λιγότερο κάποιον ανεπαρκή πόρο. Αυτή η ρύθμιση όμως μειώνει την απόδοση και

την ποιότητα της εφαρμογής. Δεύτερον, ένας χρήστης μπορεί να ζητήσει από το περιβάλλον να του εγγυηθεί ένα ορισμένο επίπεδο ποιότητας ενός πόρου. Αυτή είναι η προσέγγιση που χρησιμοποιείται από τις Quality of Service (QoS) υπηρεσίες. Τρίτον, το σύστημα μπορεί να προτείνει μια διορθωτική κίνηση (δράση) στο χρήστη. Εάν ο χρήστης ενεργήσει σύμφωνα με τις προτάσεις που του υποδεικνύει το σύστημα είναι πιθανό ότι θα υπάρχουν αρκετοί πόροι για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του.

Διαχείριση Ενέργειας (Energy Management)

Περίπλοκες διαδικασίες όπως η προδραστικότητα και η αυτόματα ρυθμιζόμενη συμπεριφορά (self-tuning) αυξάνουν τις απαιτήσεις για ενέργεια στον κινητό υπολογιστή ενός χρήστη. Συγχρόνως, η πίεση να γίνουν αυτοί οι υπολογιστές ελαφρύτεροι και πιο συμπαγείς θέτει αυστηρούς περιορισμούς στην χωρητικότητα των μπαταριών. Η πρόοδος στην τεχνολογία των μπαταριών και τα χαμηλής ισχύος ολοκληρωμένα κυκλώματα δεν μπορούν από μόνα τους να λύσουν το πρόβλημα. Πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα υψηλότερα επίπεδα του συστήματος.

Επίγνωση πλαισίου (Context Awareness)

Το ΕΛ κατά την λειτουργία του θα πρέπει να ενημερώνει τις συσκευές για κάθε αλλαγή που συμβαίνει στο περιβάλλον εκτέλεσης και να προσαρμόζει ανάλογα τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Επίσης θα πρέπει το ίδιο το ΕΛ να διατηρεί επικοινωνία και συγχρονισμό με πιθανά υπάρχοντα δίκτυα αισθητήρων και να μεταφέρει κάθε αλλαγή από τις μετρήσεις που αντιλαμβάνονται οι αισθητήρες.

Προδραστικότητα και Διαφάνεια

Η προδραστικότητα μπορεί να θεωρηθεί σαν δίκικοπο μαχαίρι. Ένα προδραστικό σύστημα αν δεν είναι προσεκτικά σχεδιασμένο, μπορεί να ενοχλεί το χρήστη και να μην υπάρχει πλέον η έννοια της αορατότητας. Πώς μπορεί να βρεθεί μία μέση λύση; Η αυτόματα ρυθμιζόμενη συμπεριφορά (self-tuning) είναι ένα σημαντικό μέσο σε αυτήν την προσπάθεια.

Αποσυνδεσιμότητα

Οι υπηρεσίες θα πρέπει να μπορούν να εκτελούνται σε κατάσταση αποσύνδεσης ή αδύναμης σύνδεσης [17].

Επίγνωση θέσης

Μια εφαρμογή θα πρέπει να είναι σε θέση να επωφελείται από την κινητότητα και να παρέχει υπηρεσίες με βάση τη θέση [18].

Εξάρτηση από το πλαίσιο

Οι κινητοί χρήστες μπορούν να προσπελάσουν και να χρησιμοποιήσουν πόρους και πληροφορίες, ανάλογα με τη θέση τους. Η διαθεσιμότητα πόρων εξαρτάται από τη θέση. Επίσης, μια υπηρεσία μπορεί να απαιτεί διαφορετικά είδη πόρων, ανάλογα με το περιβάλλον που εκτελείται [19].

Προσαρμοστικότητα

Η ετερογένεια στις συσκευές και τα δίκτυα απαιτεί από μια υπηρεσία να μπορεί να προσαρμόζεται στις μεταβολές του περιβάλλοντος [20].

Συνεργασία

Οι κατανεμημένες υπολογιστικές οντότητες μιας υπηρεσίας θα πρέπει να συντάσσονται και να συνεργάζονται για την επίτευξη των στόχων της υπηρεσίας [21].

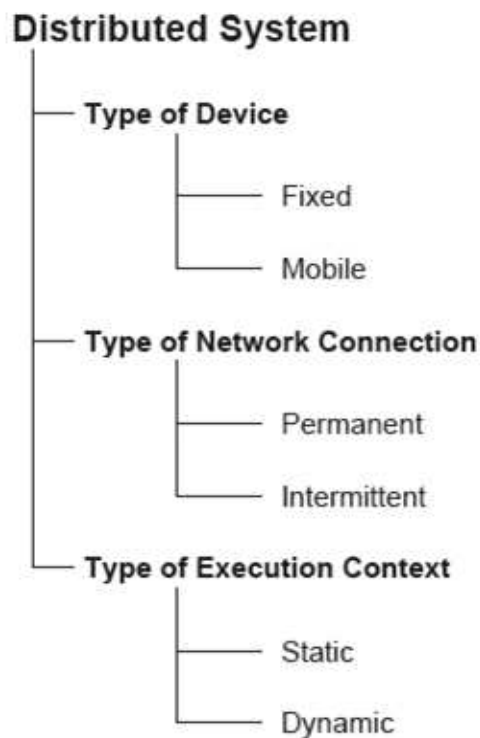
Ασφάλεια

Οι κινητές συσκευές, οι υπηρεσίες που εκτελούνται σε αυτές και τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτές τις συσκευές πρέπει να προστατεύονται από κακόβουλους χρήστες και λογισμικό.

2.3 Ζητήματα σχεδίασης ΕΛ

2.3.1 Συστατικά στοιχεία ΕΛ και περιορισμοί

Κατά την σχεδίαση [16], [13], [53] ΕΛ για εφαρμογές ΣΔΥ εστιάζουμε την προσοχή μας σε τρία σημεία (Εικόνα 2.1):



Εικόνα 2.1: Απεικόνιση των βασικών συστατικών στοιχείων κατά την σχεδίαση ενός ΕΛ

- Τύπος συσκευών :
 - Σταθερές συσκευές : οι κόμβοι είναι σταθεροί ηλεκτρονικοί υπολογιστές με την έννοια ότι δεν μετακινούνται.
 - Κινητές και φορητές συσκευές: οι κόμβοι είναι σταθεροί αλλά και φορητοί και κινητοί ηλεκτρονικές υπολογιστικές συσκευές.

Περιορισμοί τύπου συσκευών

Περιορισμοί πόρων: Οι περιορισμοί σε πόρους των κινητών συσκευών οφείλονται στο μικρό τους μέγεθος, στις μικρές δυνατότητες αποθήκευσης, στην υπολογιστική ισχύ και στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας [16].

Συχνές αποσυνδέσεις από το δίκτυο: Για εξοικονόμηση πόρων (ειδικά λόγω περιορισμένης διάρκειας ζωής της μπαταρίας), οι χρήστες είναι απαραίτητο να αποσυνδέουν τις συσκευές τους από το δίκτυο. Επίσης, κατά τη διάρκεια μετακίνησης μιας συσκευής από μια κυψέλη σε άλλη (διαπομπή), είναι πιθανό να αποσυνδέεται από το δίκτυο για απρόβλεπτο χρονικό διάστημα.

Ασφάλεια Λόγω της κινητότητας: μια συσκευή εκτίθεται σε μια σειρά από κινδύνους. Μια συσκευή είναι πιθανό να κλαπεί ή δεδομένα που περιέχονται σε αυτή να καταστραφούν μερικώς ή ολικώς. Οι κινητές συσκευές είναι πιο εύθραυστες και επιρρεπείς σε φυσικές καταστροφές σε σχέση με τις παραδοσιακές σταθερές συσκευές.

- Τύπος σύνδεσης δικτύου :
 - Μόνιμη σύνδεση : είναι ο τύπος σύνδεσης δικτύου που συναντάται σε εσωτερικά αλλά και εξωτερικά δίκτυα με καλωδίωση κάθε τύπου.
 - Ασυνεχείς σύνδεση : είναι η σύνδεση που συναντάται σε δίκτυα στα οποία μετέχουν φορητές και κινητές συσκευές οι οποίες για παράδειγμα συνδέονται και αποσυνδέονται αναλόγως της γεωγραφικής τους θέσης σε σχέση με το εύρος του δικτύου .

Περιορισμοί Τύπου σύνδεσης δικτύου

Μικρό εύρος ζώνης: Το εύρος ζώνης των ασύρματων δικτύων μπορεί να είναι μικρό, ιδιαίτερα στα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής και όταν υπάρχουν πολλοί χρήστες. **Μεταβλητό εύρος ζώνης:** Ο δυναμικός χαρακτήρας των κινητών δικτύων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δραματική μεταβολή του διαθέσιμου εύρους ζώνης μιας συσκευής.

Αποσύνδεση: Οι ασύρματες συνδέσεις είναι πιθανό να χαθούν ή να μειωθεί το επίπεδο του σήματος λόγω της κινητικότητας του χρήστη.

Άλλοι περιορισμοί: Υψηλά επίπεδα καθυστέρησης δικτύου, συχνές απώλειες πακέτων δεδομένων, υψηλοί ρυθμοί απωλειών κ.α.

- Τύπος περιβάλλοντος εκτέλεσης:
 - Στατικό περιβάλλον : το περιβάλλον λειτουργίας εμφανίζει διαφοροποιήσεις μόνο κατά εξαίρεση.
 - Δυναμικό περιβάλλον : παρατηρούνται διαρκώς αλλαγές στο περιβάλλον λειτουργίας οι οποίες σχετίζονται είτε με τον τύπο συσκευής είτε με τον τύπο σύνδεσης δικτύου.

Περιορισμοί τύπου περιβάλλοντος εκτέλεσης

Ετερογένεια: Ένα περιβάλλον κινητών επικοινωνιών και υπολογισμού είναι δυνατό να αποτελείται από ετερογενή ασύρματα δίκτυα. Ένας κινητός χρήστης είναι πιθανό να χρειασθεί να διασχίσει τα όρια διαφορετικών δικτύων.

Δυναμικό περιβάλλον: Οι υπολογιστικές οντότητες (δηλ. οι κινητές συσκευές), λειτουργούν σε ένα άκρως δυναμικό περιβάλλον.

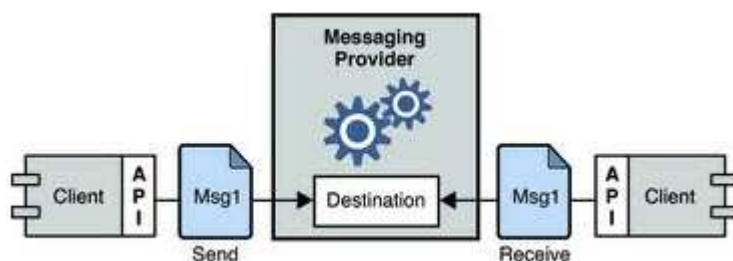
Μεταβλητή διαθεσιμότητα πόρων: Οι διαφορετικές περιοχές σε ένα κινητό περιβάλλον μπορεί να έχουν διαφορετικούς τύπους διαθέσιμων πόρων, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους κινητούς χρήστες.

Τα τρία παραπάνω χαρακτηριστικά καθορίζουν σε αρχικό στάδιο σημαντικούς παράγοντες σχεδίασης έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν οι χρήστες σε σχέση με τον τύπο συσκευής που διαθέτουν, το είδος την δικτυακής σύνδεσης καθώς και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται.

2.3.2 Είδη επικοινωνίας των συστατικών στοιχείων ΕΛ

Έμμεση επικοινωνία (Indirect communication)

Ως έμμεση επικοινωνία [29], [30], [23] ορίζεται η επικοινωνία μεταξύ δυο οντοτήτων τα οποία ανήκουν σε καταναμημένο σύστημα μέσω ενός ενδιάμεσου τρίτου αντικειμένου ο οποίος φέρνει σε επαφή τον αποστολέα και παραλήπτη του μηνύματος όπως απεικονίζεται στην εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2: Επικοινωνία οντοτήτων με χρήση ενδιάμεσου

Τα βασικά σημεία τα οποία αφορούν στην έμμεση επικοινωνία είναι η έννοια του χώρου και του χρόνου. Στην έμμεση επικοινωνία θα πρέπει να επιτυγχάνεται ο μέγιστος διαχωρισμός χώρου και χρόνου μεταξύ των επικοινωνούντων οντοτήτων.

Επικοινωνία ομάδας (group communication) :

Το είδος αυτής της επικοινωνίας προσφέρει μια υπηρεσία κατά την οποία ένα μήνυμα αποστέλλεται σε μια ομάδα παραληπτών. Το είδος αυτής της επικοινωνίας αναπαριστά ένα επίπεδο αφαίρεσης (abstraction) σε σχέση με την multicast επικοινωνία και μπορεί να υλοποιηθεί πάνω από IP multicast πρωτόκολλα ή κάποιο άλλο παρόμοιο διαφανές δίκτυο. Η

επικοινωνία ομάδας προσφέρει ευκολία στην διαχείριση των μελών της ομάδας, στην ανίχνευση σφαλμάτων και προσφέρει αξιοπιστία στην ορθότητα ταξινόμησης των μηνυμάτων.

Συστήματα εκδότη – συνδρομητή (publish – subscribe) :

Είναι το σύστημα κατά το οποίο αντικείμενα εκδότες αποστέλλουν γεγονότα (events) σε μια υπηρεσία έκδοσης (event service) στην οποία συνδρομητές δηλώνουν το ενδιαφέρον τους για συγκεκριμένα γεγονότα μέσω συνδρομής. Ως αποτέλεσμα κάθε αντικείμενο συνδρομητής ενημερώνεται για τα γεγονότα τα οποία τον αφορούν.

Ουρές μηνυμάτων (message queues) :

Αυτό το μοντέλο επικοινωνίας είναι γνωστό και ως προσανατολισμένο σε μήνυμα ΕΛ (message oriented middleware).

Στο είδος αυτής της επικοινωνίας δημιουργούνται δομές δεδομένων οι οποίες αναπαριστούν τις ουρές μηνυμάτων και στις οποίες τα αντικείμενα παραγωγοί (producer) αποστέλλουν τα μηνύματα τους. Τα αντικείμενα καταναλωτές (consumers) από τις ίδιες ουρές παραλαμβάνουν τα μηνύματα με την σειρά που έρχονται. Οι ουρές είναι τύπου πρώτη εισερχόμενη πρώτη εξερχόμενη (first in – first out, FIFO) . Κατά την ανάπτυξη ουρών μηνυμάτων επικεντρωνόμαστε στην πολιτική αναμονής και στον τύπο του πληροφοριακού συστήματος (κεντροποιημένο ή καταναμημένο).

Διαμοιραζόμενη μνήμη :

Είναι ένα είδος αφαίρεσης της πραγματικής μνήμης ενός υπολογιστικού συστήματος το οποίο αναπτύσσεται για τον διαμοιρασμό πληροφορίας μεταξύ υπολογιστών οι οποίοι δεν έχουν κοινή πραγματική μνήμη.

Χώρος πλειάδων (tuple space) :

Το μοντέλο προγραμματισμού που ακολουθούμε κατά την ανάπτυξη χώρου πλειάδων είναι παρόμοιο με την καταναμημένη διαμοιραζόμενη μνήμη και έχει ως στόχο το μέγιστο διαχωρισμό χώρου και χρόνου μεταξύ των συμμετεχόντων οντοτήτων.

Η ασύγχρονη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων ενός καταναμημένου συστήματος υποστηρίζεται με απόλυτα φυσικό τρόπο από ένα ΕΛ βασισμένο σε πλειάδες ταυτόχρονα όμως αποτυγχάνει να

υποστηρίζει λειτουργίες επίγνωσης του περιβάλλοντος λειτουργίας (context awareness). Οι πλειάδες είναι γραμμικός τύπος δεδομένων ο οποίος δεν υποστηρίζει πολύπλοκη και εμφωλιασμένη οργάνωση δεδομένων. Οι αρχές λειτουργίας μιας τέτοιας αλγεβρικής δομής δεδομένων είναι απλή και φτωχή ώστε να μπορεί να αναπαραστήσει και να επηρεάσει την συμπεριφορά του ΕΛ. Μια τέτοια αλλαγή στην συμπεριφορά του ΕΛ θα απαιτούσε μια συντακτικά πλουσιότερη οργανωτική δομή. Τέλος ένα ακόμα μειονέκτημα του ΕΛ βασισμένο σε πλειάδες σχετίζεται με τις ικανότητες συγχρονισμού. Οι πλειάδες είναι πολλαπλά σύνολα κάτι το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να εμφανιστούν αντίγραφα του εαυτού τους στο χώρο. Κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα την δυσλειτουργία της αλγεβρικής δομής οποτεδήποτε ένα αναπαριστώμενο αντικείμενο εμφάνιζε αλλαγές στα στοιχεία του .

2.4 Ζητήματα ανάπτυξης ΕΛ

2.4.1 Ανθρώπινος παράγοντας

Οι εφαρμογές ΕΛ και η σχεδίαση αυτών στηρίζονται στον ανθρώπινο παράγοντα [12]. Σημαντικό ρόλο για τις εφαρμογές οπωσδήποτε παίζει ο ανθρώπινος ρόλος τόσο από την πλευρά του χρήστη όσο και από την πλευρά του δημιουργού καθώς, οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των εφαρμογών καθορίζονται κυρίως από μοτίβα.

Ο χρήστης ανάλογα με τη κοινωνική ή επαγγελματική ομάδα στην οποία ανήκει έχει διαφορετικές ανάγκες αλλά και διαφορετική προσέγγιση στον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιεί μια εφαρμογή. Μία απλούστερη διεπαφή ή μια απόκρυψη πληροφοριών μπορεί να κάνει τη διαφορά από μια επιτυχημένη ή όχι εφαρμογή. Σε κάθε περίπτωση είναι επιθυμητό να δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης της εφαρμογής έτσι ώστε να καλύπτει κατά το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος χρηστών.

Κατά την σχεδίαση της διεπαφής ανθρώπου – υπολογιστή (human computer interaction) η ομάδα ανάπτυξης σε πρώτο στάδιο συγκεντρώνει κατάλογο λειτουργικών απαιτήσεων αλλά και μη λειτουργικών απαιτήσεων (functional and non functional requirements). Σε συστήματα διάχυτου υπολογισμού είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ελέγχου σε πραγματικό πεδίο χρήσης με την συνδρομή ομάδας χρηστών σε αριθμό ικανό προκειμένου να καλυφθούν οι στατιστικές απαιτήσεις της τεχνικής ελέγχου. Η ανατροφοδότηση των αποτελεσμάτων ελέγχου εντός και εκτός εργαστηρίου προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό το είδος και τον τύπο της

μεθοδολογίας ανάπτυξης που θα ακολουθηθεί. Άμεση απάντηση λαμβάνουν τα ερωτήματα τα οποία σχετίζονται με την ανίχνευση προσφερόμενων υπηρεσιών, την διαφάνεια θέσης της φορητής ή κινητής συσκευής, την ασφάλεια, την απόδοση και την ανάπτυξη των μερών του συστήματος.

Ένα συνδυαστικό μοντέλο ανάπτυξης τύπου καταρράκτη και επανάληψης προσφέρει μεγάλη ελαστικότητα σε όλη την διάρκεια υλοποίησης του ενδιάμεσου συστήματος λογισμικού. Το αρχικό στάδιο της συλλογής λειτουργικών και μη λειτουργικών απαιτήσεων διαδέχεται η φάση σχεδίασης κατά την οποία η ομάδα ανάπτυξης με προσέγγιση μοντέλου από κάτω προς τα επάνω (bottom – up approach) διαχωρίζει και συγκεκριμενοποιεί τις λειτουργίες σε τμήματα κώδικα. Στην συνέχεια τα τμήματα αυτά από απλές κλάσεις ομαδοποιούνται σε πακέτα/ τμήματα μέχρις ότου ανεβαίνοντας επίπεδα αφαίρεσης καταλήξει στην ολοκληρωμένη μορφή του συστήματος.

Ένα επιτυχημένο σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού θα πρέπει να πληρεί τις αρχικά υποβαλλόμενες απαιτήσεις για τις λειτουργικές ανάγκες αλλά ταυτόχρονα θα πρέπει να καλύπτει και τις παρακάτω τεχνικές προδιαγραφές.

- Να μπορεί να συνεργαστεί με όσο περισσότερες διαφορετικές και ετερογενείς συσκευές
- Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών να είναι ασφαλής.
- Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών να είναι αποδοτική.
- Το σύστημα να είναι εύκολα επεκτάσιμο.

Το σύστημα να είναι εύκολα διαχωρίσιμο. Δηλαδή να υπάρχει μεγάλη συνοχή των υποτημημάτων αλλά αυτά να μπορούν να λειτουργήσουν με τη μεγαλύτερη δυνατή αυτονομία.

2.4.2 Μοντέλα ανάπτυξης

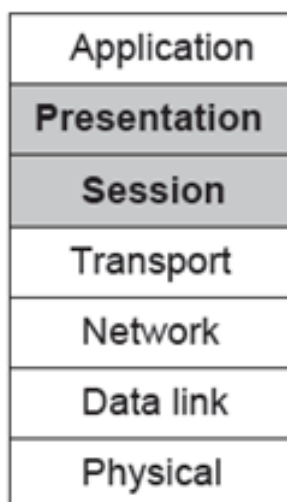
Η ανάπτυξη εφαρμογών [44], [48] για συστήματα ΔΥ φορητών και κινητών συσκευών ακολουθεί τα ίδια μοντέλα ανάπτυξης όπως αυτά ορίζονται από τη Μηχανική Λογισμικού. Στις μέρες μας κάποια υβριδικά μοντέλα τα οποία συνδυάζουν επαναληπτικές διαδικασίες, αλλά και

διαδικασίες αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης και ανάπτυξης προτιμούνται λόγω του μικρού κύκλου ζωής τους.

Επίσης, τεχνικές ελέγχου του λογισμικού αλλά και ευέλικτες (agile) διαδικασίες υιοθετούνται προκειμένου να εξυπηρετηθούν μικρότερες ανάγκες για μεμονωμένα τμήματα λογισμικού.

2.4.3 Μεθοδολογία ανάπτυξης ΕΛ

Η διαδικασία σχεδίασης [54], [22] μιας εφαρμογής η οποία θα εκτελείται σε κατακευματισμένο περιβάλλον μπορεί να αποδειχθεί δύσκολη και επιρρεπείς σε λάθη. Η ομάδα ανάπτυξης μιας τέτοιας εφαρμογής θα πρέπει να διευθετήσει όλα τα ζητήματα τα σχετικά με τις μη λειτουργικές απαιτήσεις. Αυτό όμως μπορεί να επηρεάσει την πορεία ανάπτυξης και να οδηγήσει σε σημαντικές καθυστερήσεις. Στο σημείο αυτό και προς διευκόλυνση των μηχανικών λογισμικού αξιοποιούνται τα συστήματα ΕΛ τα οποία λειτουργούν σε ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ του δικτυακού λειτουργικού συστήματος και της κατακευματισμένης εφαρμογής με σκοπό να χειρισθεί τα ζητήματα των μη λειτουργικών απαιτήσεων των εφαρμογών. Το ΕΛ μπορεί να αντιστοιχισθεί στο πέμπτο και έκτο επίπεδο του ISO/OSI μοντέλου αναφοράς, δηλαδή, στα επίπεδα συνόδου και παρουσίασης.

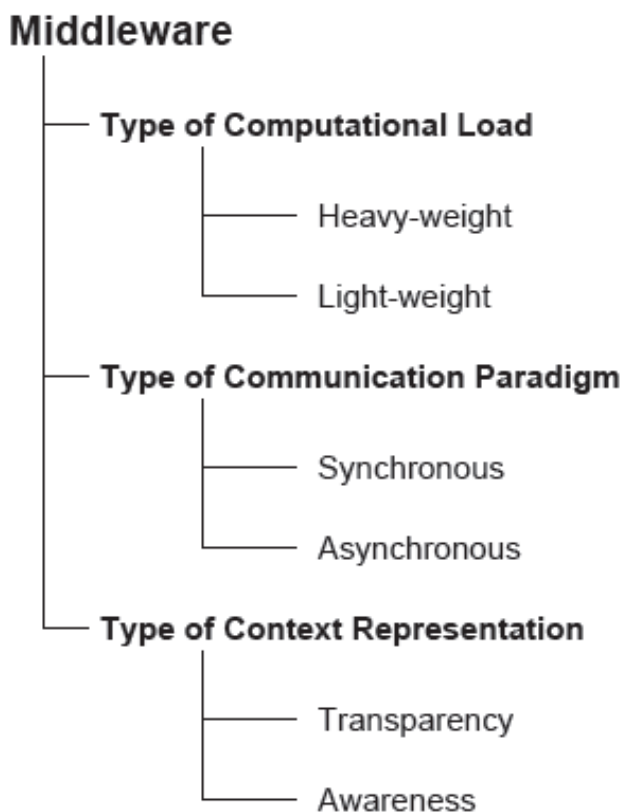


Εικόνα 2.3: Νοητό στάδιο παρουσίας ΕΛ στο μοντέλο αναφοράς ISO/OSI.

Κύριος στόχος του ΕΛ είναι να καταστήσει ικανή την επικοινωνία μεταξύ των κατακευματισμένων κόμβων κάτι το οποίο πραγματοποιεί προσθέτοντας ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης στις διεπαφές συνδεσιμότητας του υποκείμενου δικτυακού λειτουργικού συστήματος.

Το ΕΛ μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε σχέση με τον υπολογιστικό φόρτο, το μοντέλο επικοινωνίας και τον τύπο αναπαράστασης του περιβάλλοντος λειτουργίας.

Στην εικόνα 2.4 παρουσιάζονται οι κατηγορίες των συστημάτων ενδιάμεσου λογισμικού σύμφωνα με τα όσα έχουν ειπωθεί.



Εικόνα 2.4: Κατηγορίες συστημάτων ΕΛ.

Σταθερές συσκευές	Βαρύς φόρτος εργασίας
Μόνιμη σύνδεση	Σύγχρονη επικοινωνία
Στατικό περιβάλλον λειτουργίας	Αδιαφάνεια περιβάλλοντος λειτουργίας

Πίνακας 2.1: Ενδιάμεσο Λογισμικό για ΚΣ Σταθερών Συσκευών.

Φορητές συσκευές	Ελαφρύς υπολογιστικός φόρτος
Ασυνεχής σύνδεση	Ασύγχρονη επικοινωνία
Δυναμικό περιβάλλον λειτουργίας	Διαφάνεια περιβάλλοντος λειτουργίας.

Πίνακας 2.2: Ενδιάμεσο Λογισμικό για ΚΣΦΚΣ.

2.4.4 Εργαλεία Ανάπτυξης

Το ΕΛ αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο κατασκευάσμα [27], [35] το οποίο απαιτεί την συνεργασία αρκετών ειδικοτήτων σχετικών με τη Μηχανική Λογισμικού. Είναι σημαντικό κατά την πρώιμη φάση ανάπτυξης ενός τέτοιου συστήματος να ληφθεί υπόψη η κατά το δυνατό μελλοντική παραμετροποίηση του κώδικα άρα και του συστήματος από τρίτους (εξωτερικές ομάδες ανάπτυξης), οι οποίοι θα αναπτύσσουν εφαρμογές ή απλά πρόσθετα τμήματα (modules) τα οποία θα επεκτείνουν τη λειτουργικότητα του συστήματος ενδιάμεσου λογισμικού.

Ο αρχιτέκτονας λογισμικού (software architecture engineer) πρέπει να λάβει υπόψη του από νωρίς το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (integrated development environment, IDE) το οποίο θα χρησιμοποιηθεί καθώς από τον παράγοντα αυτό καθορίζεται σε μέγιστο βαθμό ο αριθμός ανθρωποωρών (man hour) που απαιτούνται για την ανάπτυξη και τη συντήρηση του συστήματος. Συνήθεις γλώσσες προγραμματισμού οι οποίες χρησιμοποιούνται ακολουθούν το μοντέλο του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού καθώς εξ' αιτίας της πολυπλοκότητας και των ιδιαιτεροτήτων ενός συστήματος ενδιάμεσου λογισμικού μπορούν με περισσότερη ευκολία να αποδώσουν προγραμματιστικά τις έννοιες σε αντικείμενα. Παραδείγματα τέτοιων γλωσσών είναι η Java, η C#, και η Python.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μελέτη Συστημάτων Ενδιάμεσου Λογισμικού

*One machine can do the work of fifty ordinary men. No machine can do the work of one
extraordinary man.
Elbert Hubbard*

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρούμε μια συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση εννέα συστημάτων ΕΛ τα οποία μελετώνται και στην συνέχεια αξιολογούνται σύμφωνα με τα κριτήρια της παραγράφου 3.2 όπως αυτά εμφανίζονται στον πίνακα 3.1. Συγκριτικές παραθέσεις συστημάτων ΕΛ μπορούν επίσης να βρεθούν στις αναφορές [59], [63].

Σε σχέση με αυτές, η μελέτη μας λαμβάνει υπόψη τα κριτήρια επιλογής που χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε μετά από μελέτη ενός μεγάλου αριθμού συστημάτων ΕΛ που αναπτύχθηκαν θεωρητικά ή και πρακτικά την τελευταία δεκαετία να πραγματοποιηθεί η τελική επιλογή των εννέα εξετασθέντων ΕΛ. Στόχος της μελέτης αυτής για την επιλογή των συστημάτων ΕΛ ήταν να καλυφθούν τα κριτήρια αξιολόγησης τα οποία επιλέχθηκαν έτσι ώστε το δείγμα των συστημάτων ΕΛ να εκφράζει ικανοποιητικά ένα μέτρο αξιολόγησης αυτών των συστημάτων.

3.2 Κριτήρια επιλογής

Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία [59] η επιλογή των συστημάτων ΕΛ προς αξιολόγηση έλαβε υπόψη της τα παρακάτω κριτήρια

- **Αρχιτεκτονική συστήματος ΕΛ**

Επιλέχθηκαν συστήματα ΕΛ με αρχιτεκτονική client-server , με ADHOC προσανατολισμό, με διάταξη αστέρο (κεντροποιημένα), συστήματα ομότιμα (PeerTOPeer) καθώς και συστήματα με κατανεμημένη διάταξη. Στις αρχιτεκτονικές που μελετήθηκαν ταυτόχρονα ερευνήθηκε και ο ρόλος των πληροφοριακών συστημάτων ως προς την υποδομή τους (εξυπηρετητές, πελάτες) σε κάθε διαφορετική τοπολογία. Με τον τρόπο αυτό μελετήθηκε η επιρροή της αρχιτεκτονικής κυρίως σε θέματα απόδοσης, ασφάλειας, ανακάλυψης υπηρεσιών, επίγνωσης περιβάλλοντος.

- **Είδη σύνδεσης**

Επιλέχθηκαν συστήματα ΕΛ τα οποία εξυπηρετούν δικτυακές συνδέσεις διαφορετικού τύπου (σταθερή σύνδεση , ασύρματη σύνδεση , bluetooth σύνδεση). Έτσι ερευνήθηκε ο ρόλος κάθε

τύπου σύνδεσης στην απόδοση , στην ασφάλεια, και στην διαχείριση ενέργειας ενός συστήματος ΕΛ.

- **Είδος επικοινωνίας**

Το είδος εσωτερικής επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων λογισμικού που αποτελούν το σύστημα ΕΛ αποτέλεσε άλλο ένα σημείο έρευνας καθώς τα διαφορετικά είδη επικοινωνίας (Public subscribe, message queues κλπ) επηρεάζουν την απόδοση , την ασφάλεια και την ικανότητα διαχείρισης συνδέσεων και αποσυνδέσεων σε ένα σύστημα ΕΛ.

- **Ασφάλεια**

Επιλέχθηκαν συστήματα ΕΛ υποστηρίζουν διαφορετικούς μηχανισμούς ασφάλειας (κρυπτογράφηση, SSL κλπ) καθώς και συστήματα ΕΛ χωρίς μηχανισμούς ασφάλειας έτσι ώστε να ερευνηθεί η επάρκεια των μηχανισμών καθώς και τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα χρήσης μηχανισμού ασφάλειας.

- **Αναπαράσταση δεδομένων**

Η διαχείριση των δεδομένων από ένα σύστημα ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο κυρίως στην απόδοση και την ασφάλεια του συστήματος. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν συστήματα ΕΛ τα οποία χρησιμοποιούν κλασικούς μηχανισμούς αποθήκευσης δεδομένων (Βάσεις δεδομένων, κλασικά συστήματα αρχείων) καθώς και συστήματα ΕΛ που χρησιμοποιούν υβριδικούς μηχανισμούς αποθήκευσης και διαχείρισης αρχείων (GVDS,Tuples κλπ). Με τον τρόπο αυτό μελετήθηκε η συνεισφορά των υβριδικών προσεγγίσεων έναντι των κλασικών προσεγγίσεων ως προς το σκοπό δίχειρης δεδομένων από ένα σύστημα ΕΛ.

- **Τεχνολογία υλοποίησης**

Τα συστήματα ΕΛ που επιλέχθηκαν έχουν υλοποιηθεί με διαφορετικές τεχνολογίες (JAVA, WEBServices, C/C++ κλπ). Έτσι στάθηκε δυνατή μια υποτυπώδης σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών υλοποίησης κυρίως ως προς τη συνεισφορά τους για την ανάπτυξη ευέλικτων συστημάτων ΕΛ από άποψη αρχιτεκτονικής (Modularized design).

Η ανάλυση των συστημάτων ΕΛ που επιλέχθηκαν θα οδηγήσει την παρούσα έρευνα σε συμπεράσματα σχετικά με το τι είδους τεχνολογίες θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να

αναπτυχθεί η τελικά πρόταση ενός συστήματος ΕΛ στο κεφάλαιο 4. τα κριτήρια αξιολόγησης που ακολουθούν στην επόμενη παράγραφο συμπεριλαμβάνουν τους τομείς στους οποίους ανήκει κάθε σύστημα ΕΛ το οποίο θα αναλυθεί και επομένως σύμφωνα με την αξιολόγηση των συστημάτων αυτών από την έρευνα θα αναδυθούν τα στοιχεία εκείνα που κάνουν κάθε σύστημα ΕΛ να ξεχωρίσει σε κάθε επιμέρους κριτήριο. Άρα η τελική πρόταση της παρούσας μελέτης στο κεφάλαιο 5 θα χρησιμοποιήσει τεχνολογίες και στοιχεία τα οποία έχουν προτεύσει κατά την αξιολόγηση που θα πραγματοποιηθεί στο παρόν κεφάλαιο.

Κάθε σύστημα ΕΛ το οποίο μελετήθηκε περιγράφεται σύντομα ως προς τις βασικές λειτουργίες τις οποίες επιτελεί καθώς και ως προς μια γενική εικόνα της τοπολογίας του συστήματος. Μετά την περιγραφή ακολουθεί η κρίση του συστήματος ΕΛ για κάθε ένα από κριτήρια αξιολόγησης τα οποία επιλέχθηκαν ως συνολικό μέτρο απόδοσης της συμπεριφοράς τους. Τέλος για κάθε σύστημα ΕΛ που μελετήθηκες υπάρχει αναλυτική περιγραφή της αρχιτεκτονικής του συστήματος στο παράρτημα Α.

3.3 Κριτήρια Αξιολόγησης

Η αξιολόγηση των συστημάτων ΕΛ πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το στόχο και τον ρόλο του υπό ανάπτυξη συστήματος. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των συστημάτων ΕΛ τα οποία αναφέρθηκαν στις παραγράφους 2.2 και 2.3 και λαμβάνοντας υπόψη το ρόλο ενός συστήματος ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ συγκεντρώθηκαν τα κριτήρια που εμφανίζονται στο ακόλουθο πίνακα.

Από την ανάπτυξη των ζητημάτων σχεδίασης ΕΛ (παρ. 2.2) προκύπτουν τα κριτήρια περί ασφάλειας, απόδοσης, προσαρμοστικότητας τα οποία μεταφέρονται και για την περίπτωση που μελετάμε, δηλαδή συστήματα ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ. Από την ανάλυση των ζητημάτων ανάπτυξης συστημάτων ΕΛ (παρ 2.3) προκύπτουν τα κριτήρια περί διαχείρισης ενέργειας, επίγνωσης περιβάλλοντος και συνδεσιμότητας. Τα κριτήρια αυτά εστιάζουν περισσότερο στο ρόλο των ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ. Στα κριτήρια αυτά προστίθεται η ανακάλυψη υπηρεσιών και η αναπαράσταση δεδομένων. Το σύνολο των οκτώ κριτηρίων που χρησιμοποιούμε εμφανίζεται και στη διεθνή βιβλιογραφία [1], [2], [40], [41], [42] ως ένα ικανό σύνολο κριτηρίων σύμφωνα με το οποίο μπορούμε να κρίνουμε συνολικά ένα ΕΛ λαμβάνοντας υπόψη μας το στόχο και το ρόλο του ΕΛ όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

A/A	Κριτήριο αξιολόγησης
1	Ανακάλυψη υπηρεσιών
2	Προσαρμοστικότητα
3	Επίγνωση περιβάλλοντος
4	Ασφάλεια
5	Απόδοση συστήματος
6	Συνδεσιμότητα συσκευών
7	Διαχείριση ενέργειας
8	Αναπαράσταση δεδομένων

Πίνακας 3.1: Κριτήρια Αξιολόγησης συστημάτων ΕΛ.

Η **ανακάλυψη υπηρεσιών** σχετίζεται με την ευκολία που παρέχεται στον χρήστη και κατ'επέκταση στην συσκευή του να ενημερωθεί για τις προσφερόμενες υπηρεσίες που παρέχονται σε κάποιο περιβάλλον .

Η **προσαρμοστικότητα** του συστήματος αφορά στην ευελιξία που επιδεικνύει το σύστημα ΕΛ σε περίπτωση αλλαγής των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος εκτέλεσης της εφαρμογής. Για ένα σύστημα ΕΛ το ποίο εξυπηρετεί εφαρμογές ΔΥ η προσαρμοστικότητα του συστήματος ΕΛ οδηγεί σε καλύτερη προσαρμογή της εφαρμογής στις παρούσες συνθήκες. Η προσαρμοστικότητα που επιδεικνύει ένα ΚΣ πάνω στο οποίο προσαρμόζονται υπηρεσίες που προσφέρει ένα ΣΔΥ και εξυπηρετούνται από ένα ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ οδηγεί τελικά σε ένα ΕΛ το οποίο δέχεται ως κέρδος αυτή την ικανότητα προσαρμοστικότητας.

Η **επίγνωση περιβάλλοντος** είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας που οφείλει το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού να εξυπηρετεί καθώς οι συνεχείς αλλαγές που παρατηρούνται στο περιβάλλον του χρήστη ια πρέπει να ανταναικλώνονται και στις προσφερόμενες υπηρεσίες διατηρώντας μια ελάχιστη ποιότητα υπηρεσιών.

Ο παράγοντας της **ασφάλειας** κρίνεται επίσης ως ιδιαίτερα σημαντικός καθώς κάθε πληροφοριακό σύστημα οφείλει να διασφαλίζει την ακεραιότητα, την εμπιστευτικότητα και την διαθεσιμότητα όλων των πόρων που αυτό χρησιμοποιεί.

Η **απόδοση** του συστήματος για την περίπτωση των συστημάτων ενδιάμεσου λογισμικού επικεντρώνεται κυρίως στην δικτυακή απόδοση και επομένως διασφαλίζει μια ικανοποιητική ροή κυκλοφορίας έτσι ώστε να εξυπηρετούνται όλοι οι χρήστες του συστήματος.

Το φαινόμενο της συχνής **σύνδεσης και επανασύνδεσης** συσκευών όπως έχουμε αναφέρει νωρίτερα αποτελεί ένα χαρακτηριστικό το οποίο ένα σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού πρέπει να λάβει υπόψη του και να διαμορφώσει τις κατάλληλες συνθήκες συνδεσιμότητας των συσκευών έτσι ώστε η δραστηριότητα αυτή να μην επηρεάζει τις συνδιαλλαγές μεταξύ αυτού και των συνδεδεμένων συσκευών.

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας είναι η κατάλληλη **διαχείριση της ενέργειας**. Η λειτουργία των συσκευών θα πρέπει να επιβαρύνεται κατά το δυνατό λιγότερο από τις δραστηριότητες του συστήματος ενδιάμεσου λογισμικού με στόχο την μέγιστη διάρκεια ζωής τους.

Η **αναπαράσταση δεδομένων**, όπως σε κάθε πληροφοριακό σύστημα, κατέχει σημαντική θέση καθώς κάθε πληροφορία ζωτικής σημασίας για την λειτουργία του συστήματος ενδιάμεσου λογισμικού αποθηκεύεται, διαβάζεται και επεξεργάζεται διαρκώς. Επομένως ένα έξυπνο σύστημα αποθήκευσης δεδομένων θα οδηγήσει σε μια συνολικά αποδοτικότερη λύση.

3.3.1 3DMA

3.3.1.1 Περιγραφή

Το πρώτο σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού για φορητό και κινητό υπολογισμό που θα εξετάσουμε είναι το 3DMA [50]. Η δημιουργία του εν λόγω συστήματος βασίστηκε σε τρία σημεία. Πρώτο στην διασπορά εργασιών και δεδομένων, στην ανεξαρτητοποίηση συσκευών και υπηρεσιών και στην αποσύνθεση εργασιών. Το 3DMA χρησιμοποιεί ένα σύνολο από 'εργάτες' (workers), στην ουσία πρόκειται για τμήματα λογισμικού τα οποία εκτελούν εργασίες για λογαριασμό των χρηστών των συσκευών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μείωση του φόρτου εργασίας για τις φορητές συσκευές καθώς οι εργάτες δραστηριοποιούνται σε ένα ιδεατό

χώρο ο οποίος δημιουργείται από άλλο τμήμα λογισμικού. Οι εργάτες επίσης υποστηρίζουν και όλες τις απαραίτητες ενέργειες για την σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών. Ένα ακόμα κύριο χαρακτηριστικό του 3DMA είναι το γεγονός πως οι δημιουργοί του έθεσαν τον χρήστη ως κέντρο όλης της λογικής σχεδιασμού και ανάπτυξης του συστήματος.

Οι εργάτες επιτρέπουν στις εφαρμογές να αποδεσμευτούν από τις εργασίες καθώς επίσης και να απομακρύνουν τα δεδομένα από αυτές. Επίσης ο συντονισμός των απαραίτητων λειτουργιών για την προσαρμοστικότητα του συστήματος αλλά και όλες οι ενέργειες οι σχετικές με την σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών διεκπεραιώνονται και πάλι από τους εργάτες. Ένας εργάτης μπορεί να εκτελέσει πάνω από μια διαφορετικές ενέργειες ή μπορεί να είναι αφιερωμένος σε μια και μόνο ενέργεια.

Αποσύνθεση εργασιών

Η λογική της αποσύνδεσης εργασιών του 3DMA στηρίζεται και χρησιμοποιεί υπάρχουσες τεχνικές οι οποίες έχουν στόχο να ξεπεράσουν τους περιορισμούς του φορητού και κινητού υπολογισμού. Για παράδειγμα η αποφόρτιση των συσκευών σε ότι έχει να κάνει με τμήματα της ίδιας της εφαρμογής μπορεί να εφαρμοστεί έτσι ώστε μέρος της εφαρμογής να βρίσκεται στην συσκευή ενώ ο πυρήνας να βρίσκεται στον ιδεατό χώρο λογισμικού. Επίσης η απομακρυσμένη εκτέλεση είναι άλλη μια τεχνική η οποία αυξάνει τις επεξεργαστικές δυνατότητες αλλά και διευρύνει το περιβάλλον λειτουργίας της συσκευής. Η απομακρυσμένη εκτέλεση απαιτεί πως η λειτουργικότητα της εφαρμογής θα πρέπει να αποσυντεθεί σε τμήματα τα οποία θα τοποθετηθούν σε ισχυρούς απομακρυσμένους εξυπηρετητές. Το ζήτημα της αποσύνθεσης εργασιών στον 3DMA αντιμετωπίζεται με την διάσπαση της εφαρμογής σε ανεξάρτητα τμήματα λογισμικού τα οποία μπορούν είτε να τοποθετηθούν σε κάποιο εξυπηρετητή είτε να αντικατασταθούν ολοκληρωτικά.

Διασπορά εργασιών και δεδομένων

Η διασπορά εργασιών και δεδομένων αντιμετωπίζει τους ενδογενείς περιορισμούς των φορητών και κινητών συσκευών καθώς και τις διαδικασίες σύνδεσης και αποσύνδεσης. Για παράδειγμα η αποσύνδεση υποστηρίζεται μεταφέροντας ολόκληρη ή μέρη της λειτουργικότητας της εφαρμογής στον ιδεατό χώρο λογισμικού πριν συμβεί η αποσύνδεση. Επίσης είναι δυνατόν να μεταφερθούν τοπικά και οι εκτελούμενες εργασίες οι οποίες σε περίπτωση αποσύνδεσης έχουν την δυνατότητα να συνεχίσουν να εκτελούνται χωρίς την

παρέμβαση του χρήστη. Η διασπορά εργασιών και δεδομένων μπορεί να συμβεί είτε κατά την διάρκεια εκτέλεσης της εφαρμογής είτε νωρίτερα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούν την διασπορά πριν από την εκτέλεση της εφαρμογής δεν λαμβάνουν υπόψη τον δυναμικό χαρακτήρα του φορητού και κινητού υπολογισμού, για τον λόγο αυτό το 3DMA ακολουθεί την διασπορά εργασιών και δεδομένων κατά την εκτέλεση της εφαρμογής. Η διασπορά εργασιών και δεδομένων αυξάνει τη σπατάλη ενέργειας των συσκευών όπως επίσης και τον χρόνο απόκρισης (response time). Ως συνέπεια είναι δυνατόν η αυξανόμενη χρήση ενέργειας να οδηγεί σε εκ νέου επαναλαμβανόμενες αποσυνδέσεις.

Ανεξαρτητοποίηση συσκευών και υπηρεσιών.

Η ανεξαρτητοποίηση συσκευών και υπηρεσιών επιτρέπει σε οντότητες να υπάρχουν ξεχωριστά η κάθε μια από την άλλη κάνοντας έτσι ευκολότερη την αλλαγή, αντικατάσταση ή απομάκρυνση συγκεκριμένων τμημάτων λογισμικού. Η ανεξαρτητοποίηση αυτή ευνοεί την χρήση ασύγχρονου τρόπου επικοινωνίας και τη χρήση αποταμιευτήρων μηνυμάτων (message buffers). Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπίσουν τις επαναλαμβανόμενες αποσυνδέσεις των συσκευών. Σε συστήματα έχοντα επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας είναι συχνή η χρήση των χώρων πλειάδων, έτσι και το 3DMA χρησιμοποιεί χώρο πλειάδων για την αποθήκευση και τον διαμοιρασμό πληροφοριών μεταξύ των χρηστών.

3.3.1.2 Αξιολόγηση

Ανακάλυψη υπηρεσιών

Το σύστημα θεωρείται τύπου εκδότης-συνδρομητής (publish/subscribe) οπότε και όσο αναφορά την εύρεση υπηρεσιών υπάρχει ευκολία δεδομένου ότι η συσκευή θα βρίσκεται σε απόσταση ικανή για σύνδεση με τον ιδεατό χώρο λογισμικού. Δεν χρησιμοποιείται πρωτόκολλο μαζικής αποστολής μηνυμάτων (Multicast) με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται το διαθέσιμο εύρος ζώνης, ενώ ταυτόχρονα το Περιβάλλον εκτέλεσης ΠΕ θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξουν μεγάλο αριθμό ταυτόχρονων ΚΣ με αποτέλεσμα αυξανόμενο υπολογιστικό φόρτο.

Προσαρμοστικότητα

Η προσαρμοστικότητα του συστήματος είναι ένα από τα δυνατά σημεία του 3DMA καθώς η χρήση ανεξάρτητων τμημάτων λογισμικού καθιστά δυνατή την ανάπτυξη Ενεργού αντικειμένου (EA) από τρίτους δημιουργούς ή ακόμη και την κατασκευή έτοιμων βιβλιοθηκών EA που θα υποστηρίζουν νέους τύπους συσκευών οι οποίοι δεν έχουν συναντηθεί νωρίτερα. Επίσης κατά τον ίδιο τρόπο σε EA μπορεί να ανατεθεί η μετατροπή των δεδομένων σε κατάλληλη μορφή έτσι ώστε να υποστηριχθεί το φαινόμενο της ετερογένειας του ενσωματωμένου λογισμικού των φορητών συσκευών.

Επίγνωση περιβάλλοντος

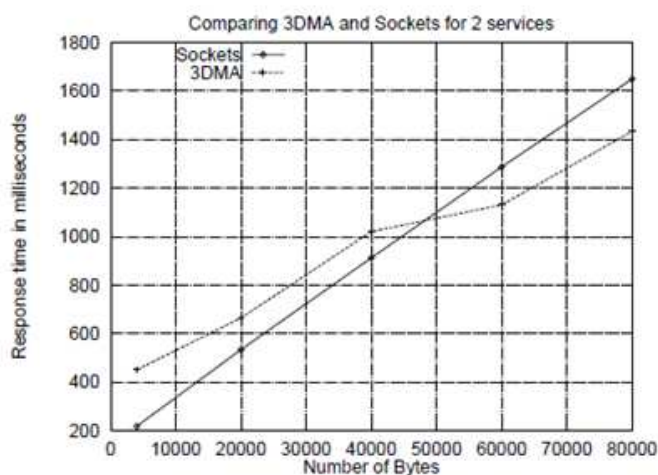
Η επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας με την βοήθεια των εργατών μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί καθώς υπάρχει αφιερωμένος τύπος εργάτη για τον σκοπό αυτό. Σε περίπτωση που ανακύψει ανάγκη για νέο τύπο πληροφορίας περιβάλλοντος η δημιουργία πρόσθετου τύπου εργάτη ή οι συνδυαστικές ενέργειες ήδη υπάρχοντων τύπων εργατών μπορούν να καλύψουν την ανάγκη. Η πληροφορία για την τοποθεσία της συσκευής παρουσιάζει μειωμένο ενδιαφέρον στο 3DMA καθώς το σύστημα χρησιμοποιεί σταθερούς εξυπηρετητές και η εμβέλεια του μειώνεται αναλόγως των προσφερόμενων τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας.

Ασφάλεια

Η ασφάλεια του συστήματος 3DMA κρίνεται από τα τρία βασικά συστατικά του. Τον ιδεατό χώρο λογισμικού, το ΠΕ και τα EA. Το σύστημα χρησιμοποιεί τους εργάτες για να εκτελέσει απομακρυσμένα εργασίες οπότε κρυπτογραφικοί αλγόριθμοί που απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ μπορούν να μεταφερθούν στα EA. Κατά αυτή την έννοια τεχνικές αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης δεν επιβαρύνουν το σύστημα αλλά και τις ΠΕ. Το ιδεατό λογισμικό java board έχει αδύναμα σημεία τις διεπαφές που χρησιμοποιούνται κατά την σύνδεση και αποσύνδεση των ΠΕ όπου εκεί μπορεί να παρεισφρήσει κακόβουλος χρήστης με επιθέσεις τύπου ενδιάμεσου τρίτου προσώπου (man in the middle attack). Αποτελεί μειονέκτημα η απαίτηση ύπαρξης υποδομής σταθερών πληροφοριακών συστημάτων προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες κρυπτογράφησης ενώ σε διαφορετική περίπτωση θα επιβαρυνθούν οι συσκευές με άμεσες συνέπειες στην κατανάλωση ισχύος και στην διάρκεια ζωής του συσσωρευτή.

Απόδοση συστήματος

Η απόδοση του 3DMA σε πραγματικό περιβάλλον λειτουργίας υστερεί στην μετάδοση δεδομένων σε σχέση με συστήματα επικοινωνιών socket και RMI (εικόνα 3.1). Επίσης ο χρόνος απόκρισης αυξάνει γραμμικά σε σχέση με το μέγεθος του μηνύματος που ανταλλάσσεται ενώ ταυτόχρονα απαιτείται περισσότερη επεξεργαστική ισχύς για συνήθεις λειτουργίες απόδοσης εκτέλεσης ενεργειών ή μεταφοράς δεδομένων. Οι δημιουργοί του 3DMA αναγνωρίζουν την υστέρηση αυτή στην απόδοση ωστόσο προβάλλουν ως πλεονεκτήματα του συστήματος την ευκολία διαμοιρασμού δεδομένων, αυξημένης λειτουργικότητας, την αξιοπιστία στην διαχείριση αποσυνδέσεων καθώς και την δυνατότητα απομακρυσμένης εκτέλεσης των εργασιών.



Εικόνα 3.1: EDMA vs Sockets.

Η απόδοση του συστήματος όπως φάνηκε και παραπάνω εμφανίζεται κατώτερη άλλων συμβατικών μορφών επικοινωνίας λόγω του έξτρα κόστους που παρουσιάζεται με την ύπαρξη των εργατών. Δεν γίνεται λόγος για τις δομές δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των πληροφοριών επομένως δεν γνωρίζουμε και τους αλγόριθμους για διάφορες εργασίες όπως για παράδειγμα αναζήτηση, εγγραφή, διαγραφή κτλ. Η χρήση της γλώσσας προγραμματισμού java λόγω του χαρακτήρα της και της χρήσης εικονικής μηχανής (virtual machine) συνεπάγεται μειωμένη απόδοση κατά την χρήση κλήσεων συστήματος (system calls) και ελαφρά μειωμένη απόδοση κατά την χρήση πρωτοκόλλων TCP/IP σύμφωνα με το μοντέλο OSI/ISO.

Συνδεσιμότητα συσκευών

Το 3DMA παρουσιάζεται ικανό κατά την σύνδεση και αποσύνδεση των ΠΕ λόγω της διεύρυνσης των ορίων του καταναμημένου συστήματος από την χρήση του java bard. Οι εργάτες ευρισκόμενοι μέσα στον ιδεατό χώρο λογισμικού είναι σε θέση έχοντας επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας να αναγνωρίζουν άμεσα τις αλλαγές στην κατάσταση συνδεσιμότητας στην κατάσταση των ΠΕ και να εξυπηρετούν τις ανάγκες τους. Το σύστημα είναι σε θέση να μεταφέρει τους εργάτες και στις ΠΕ σε περίπτωση απουσία των ΕΑ με μικρή επιβάρυνση στον αποθηκευτικό χώρο των ΠΕ αλλά και με μια μικρή αύξηση της πιθανότητας εκδήλωσης ρήγματος ασφάλειας στις ΠΕ.

Διαχείριση ενέργειας

Το 3DMA με την χρήση των εργατών δεν επιβαρύνει ιδιαίτερα τις ΠΕ καθώς η λογική γύρω από την οποία αναπτύχθηκε ήταν ακριβώς η μεταφορά των ενεργειών μέσω των εργατών στα ΕΑ. Αυξημένη κατανάλωση ενέργειας θα παρουσιαστεί μόνο στην περίπτωση απουσίας των ΕΑ όπου εκεί τμήματα των εργατών μεταφέρονται στις ΠΕ. Σε περίπτωση που οι εργάτες χρησιμοποιηθούν για προσωρινή αποθήκευση πληροφοριών (caching) οι ΠΕ αποφεύγουν την χρήση των καναλιών επικοινωνίας για μεταφορά πληροφοριών στα ΕΑ και διατηρούν επαφή με τα προσωρινά αντίγραφα που βρίσκονται στον ιδεατό χώρο λογισμικού. Αυτό οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μειωμένης χρήσης του αποθηκευτικού χώρου αλλά και του καναλιού επικοινωνίας.

Αναπαράσταση δεδομένων

Το 3DMA δεν δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην αναπαράσταση των δεδομένων ούτε στα ΕΑ αλλά ούτε και στις ίδιες τις συσκευές. Η χρήση των σταθερών πληροφοριακών συστημάτων μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μπορεί να γίνει χρήση οποιασδήποτε τεχνολογίας αποθήκευσης όπως για παράδειγμα μια απλή βάση δεδομένων ή η χρήση ενός χώρου πλειάδων . Σε κάθε περίπτωση η παρουσία σταθερών πληροφοριακών συστημάτων δίνει προβάδισμα στο 3DMA στο θέμα αναπαράστασης δεδομένων. Καθώς δεν υπάρχουν περιορισμοί για το μέγεθος ή το είδος των πληροφοριών.

3.3.2 Xmiddle

3.3.2.1 Περιγραφή

Το Xmiddle [11] είναι ένα ΕΛ το οποίο χρησιμοποιεί επικοινωνία τύπου σημείο προς σημείο (peer-to-peer). Κύριοι στόχοι κατά την ανάπτυξη του ήταν η δημιουργία αντιγράφων κρίσιμων πληροφοριών και η επαναφορά τους στους εκδότες. Ολόκληρη η διαδικασία βασίζεται στην χρήση της τεχνολογίας XML καθώς η περιγραφή των δεδομένων αλλά και η σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών όπως και η μεταξύ τους επικοινωνία περιγράφονται με έγγραφα XML. Τα δεδομένα περιγράφονται με δενδροειδή μορφή (trees) αντί της χρήσης χώρου πλειάδων. Με τον χώρο πλειάδων δεν μπορούν να περιγράψουν περίπλοκες δομές δεδομένων λόγω της χρήσης ζεύγους κλειδί- τιμή.

Το Xmiddle χρησιμοποιεί όλα τα standards της XML για την αναπαράσταση πληροφορίας και κυρίως την τεχνολογία DOM (Document Object Model). Γίνεται χρήση τύπων οι οποίοι ορίζονται με XML DTDs (Document Type Definition) ή XML Schemas. Για την επαλήθευση των δενδροειδών μορφών δεδομένων χρησιμοποιούνται XML parsers. Το σύστημα είναι σε θέση να φέρει σε πέρας ανταλλαγή υποδέντρων μεταξύ των συσκευών έτσι ώστε κάθε συσκευή να πάρει ακριβώς την πληροφορία την οποία χρειάζεται. Το Xmiddle δεν προϋποθέτει την ύπαρξη υποδομής σταθερών πληροφοριακών συστημάτων. Οι κινητές συσκευές συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας δίκτυα σημείο προς σημείο (ad-hoc networks). Κάθε συσκευή αποθηκεύει όλη την πληροφορία σε ένα δέντρο. Λόγω της δενδροειδούς μορφής υπάρχει ιεραρχία στην πληροφορία και οι σχέσεις μεταξύ των συσκευών μπορούν να οριστούν σε απεριόριστο βαθμό.

Το Xmiddle προσφέρει κατάλληλα εργαλεία για σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών για χρήση των δεδομένων χωρίς να απαιτείται σύνδεση των συσκευών (offline data) για συγχρονισμό και ανεξαρτητοποίηση των εφαρμογών. Μια συσκευή για να ανταλλάξει δεδομένα θα πρέπει ρητά να συνδεθεί σε συγκεκριμένο σημείο του δέντρου άλλης συσκευής. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ήδη σε δικτυακά λειτουργικά συστήματα όπως για παράδειγμα το NFS. Τα σημεία τα οποία προσφέρει μια συσκευή προς σύνδεση ονομάζονται export links. Η χρήση της γλώσσας XML μοιάζει να είναι ταυριαστή με την δενδροειδή αναπαράσταση των δεδομένων καθώς η ίδια λογική ακολουθείται και στα έγγραφα XML.

3.3.2.2 Αξιολόγηση

Ανακάλυψη υπηρεσιών

Η ανακάλυψη των υπηρεσιών στο Xmiddle πραγματοποιείται με ταχείς ρυθμούς λόγω της χρήσης της τεχνολογίας XML. Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι οι προσφερόμενες υπηρεσίες αφορούν την μικρή εμβέλεια σύνδεσης που έχουν οι δυο συσκευές μεταξύ τους. Η συνδεσιμότητα δεν είναι μεταβατική με αποτέλεσμα αν η συσκευή Α χρησιμοποιεί υπηρεσίες προσφερόμενες από την συσκευή Β και η συσκευή Β χρησιμοποιεί υπηρεσίες προσφερόμενες από την συσκευή Γ τότε αυτό δε σημαίνει ότι η συσκευή Α μπορεί να εκμεταλλευτεί τις υπηρεσίες της συσκευής Γ.

Προσαρμοστικότητα

Η προσαρμοστικότητα των συσκευών είναι ικανοποιητική καθώς η τεχνολογία XML υποστηρίζεται από όλες τις συσκευές και αποτελεί πρότυπο. Αυτό σημαίνει πως η περιγραφή των κανόνων σύνδεσης και αποσύνδεσης βασίζεται σε καλά ορισμένους κανόνες και δεν παρουσιάζονται προβλήματα σε νεοεισερχόμενες συσκευές ή προβλήματα συγχρονισμού σε αποσυνδεδεμένες συσκευές. Η δενδροειδής αναπαράσταση των δεδομένων εννοεί την προσαρμοστικότητα καθώς αν οι κανόνες λειτουργίας του συστήματος οριστούν σε υψηλό ιεραρχικό επίπεδο υπάρχει μεγάλο κέρδος στην απόδοση του συστήματος.

Επίγνωση περιβάλλοντος

Η επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας στο σύστημα Xmiddle ευνοείται από την χρήση της τεχνολογίας XML και των καλά ορισμένων τύπων των δεδομένων. Η δυνατότητα προσάρτησης τμήματος του δέντρου πληροφοριών καθώς και ο μη περιορισμός στην χρήση συγκεκριμένου τύπου δέντρων όπως για παράδειγμα το δυαδικό αποτελεί πλεονέκτημα για την συλλογή πληροφοριών περιβάλλοντος σε κάθε συσκευή. Οι αλγόριθμοι αναζήτησης στην δενδροειδή μορφή αναπαράστασης δεδομένων είναι γνωστοί και μεγάλης απόδοσης και εξαιτίας της φύσης των δικτύων σημείο προς σημείο κάθε αλλαγή γίνεται άμεσα αντιληπτή με την ακολουθούμενη προσάρτηση του νέου τμήματος υποδένδρου και την ταυτόχρονη διαγραφή του υπάρχοντος.

Ασφάλεια

Η ασφάλεια στο σύστημα Xmiddle περιορίζεται κάθε φορά στην επικοινωνία μεταξύ ενός ζεύγους συσκευών. Δεν υπάρχουν περιθώρια για χρήση ισχυρών αλγόριθμων κρυπτογράφησης

καθώς όλη η επεξεργασία πραγματοποιείται στις συσκευές. Η αποθήκευση κρίσιμων δεδομένων και η διαφύλαξη τους ορίζεται περισσότερο από το πλαίσιο ασφάλειας που υπάρχει σε κάθε συσκευή και λιγότερο από το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού Xmiddle. Τέλος είναι δύσκολο να υπάρξει υποκλοπή δεδομένων λόγω της μικρής εμβέλειας της συνδεσιμότητας.

Απόδοση συστήματος

Από πλευράς απόδοσης το σύστημα Xmiddle εμφανίζεται ικανοποιητικό καθώς γίνεται μειωμένη χρήση των καναλιών επικοινωνίας εφόσον τις περισσότερες φορές διακινούνται μέσω αυτών αρχεία XML και όχι πραγματικά δεδομένα. Επίσης η χρήση συστήματος έκδοσης δεδομένων όπως αντίστοιχα γίνεται και στα συστήματα ανάπτυξης λογισμικού (versioning systems) περιορίζει στο ελάχιστο την μετακινούμενη πληροφορία και αφορά μόνο τις μεταβολές και όχι ολόκληρα δέντρα ή τμήματα αυτών.

Συνδεσιμότητα συσκευών

Η συνδεσιμότητα στο Xmiddle παρουσιάζει το μειονέκτημα που έχουν όλα τα δίκτυα σημείο προς σημείο. Μια συσκευή επιβαρύνεται πολύ όταν πρόκειται να εξυπηρετήσει πάνω από ένα πελάτη. Η σύνδεση μεταξύ δυο συσκευών πραγματοποιείται ακαριαία με την προσάρτηση ενός export link του εξυπηρετητή από τον πελάτη και την επακόλουθη ανταλλαγή τύπων XML. Σε περίπτωση αποσύνδεσης ο πελάτης διατηρεί αντίγραφο των δεδομένων τοπικά αποθηκεύοντας μόνο το όνομα της συσκευής εξυπηρετητή στο σημείο προσάρτησης του νέου υποτιμήματος δένδρου, ενώ ο εξυπηρετητής αποθηκεύει μόνο το όνομα της συσκευής πελάτη.

Διαχείριση ενέργειας

Η διαχείριση ενέργειας των συσκευών που μετέχουν σε ένα σύστημα Xmiddle είναι πολύ καλή καθώς γίνεται μειωμένη χρήση του καναλιού επικοινωνίας. Κατά την αποθήκευση δεδομένων υπάρχει αυξημένη κατανάλωση ενέργειας η οποία όμως περιορίζεται από την χρήση της δενδροειδούς αναπαράστασης των δεδομένων. Η σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών επηρεάζει συνολικά τις συσκευές όπως σε κάθε άλλο σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού χωρίς επιβάρυνση από την χρήση δικτυακής τεχνολογίας σημείο προς σημείο.

Αναπαράσταση δεδομένων

Για την αναπαράσταση δεδομένων είναι έξυπνη η χρήση της τεχνολογίας XML καθώς είναι πλήρως εναρμονισμένη με την δενδροειδή μορφή αποθήκευσης των πληροφοριών. Ο

περιορισμός του χώρου πλειάδων ως προς την αναπαράσταση περίπλοκων τύπων δεδομένων άρετε με αποτέλεσμα να κερδίζουμε κατά βάθος πληροφορία. Η χρήση του μοντέλου αναφοράς OSI/ISO και η επακόλουθη εκμετάλλευση των επιπέδων ελέγχου και επικοινωνίας μας απαλλάσσει από την ανάγκη δημιουργίας νέου πρωτοκόλλου μετατροπής, μεταφοράς και προστασίας των δεδομένων.

3.3.3 Pronto

3.3.3.1 Περιγραφή

Το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού Pronto [33] βασίζεται στην αποστολή μηνυμάτων και μπορεί να υλοποιηθεί σε κεντροποιημένες ή αποκεντροποιημένες μορφές. Βασικές αρχές κατά την σχεδίαση του αποτέλεσαν η βελτιστοποίηση των δομών δεδομένων, η κάλυψη των φυσικών περιορισμών των συσκευών και η εκμετάλλευση των δικτυακών χαρακτηριστικών.

Το σύστημα Pronto αποτελείται στην ουσία από ένα σύστημα MOM (Message Oriented Middleware) το οποίο δρα ως πελάτης και από ένα σύστημα πύλη (Gateway) το οποίο αποτελεί σημείο αποθήκευσης και επαναπροώθησης των μηνυμάτων. Χρησιμοποιεί το μοντέλο εκδότη/συνδρομητή το οποίο είναι ιδανικό για περιπτώσεις συσκευών με συχνή σύνδεση και αποσύνδεση. Η πύλη προσφέρει ενδιάμεση βοηθητική αποθήκευση (caching), συμπίεση και μετατροπή των δεδομένων καθώς και διαχείριση καταλόγων των συνδρομητών. Το σύστημα MOM προσφέρει το πλεονέκτημα της ανώνυμης ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη ενώ επιπλέον απομακρύνει όλες τις στατικές εξαρτήσεις μεταφέροντας τις σε ένα καταναμημένο περιβάλλον.

Το σύστημα Pronto χρησιμοποιεί την πλατφόρμα JMS (Java Message Service) η οποία προσφέρει μια διεπαφή για επικοινωνία μεταξύ πελατών μέσω καταναμημένων εφαρμογών. Τα περισσότερα συστήματα ενδιάμεσου λογισμικού τα οποία κάνουν χρήση της πλατφόρμας JMS υλοποιούν ένα κεντροποιημένο μοντέλο. Το Pronto μαζί με την αποκεντροποιημένη υλοποίηση του προσφέρει το χαρακτηριστικό της πύλης για αξιόπιστη και αποδοτική μετάδοση πληροφοριών μεταξύ κινητών εφαρμογών και εξυπηρετητών. Για την πραγματοποίηση των παραπάνω κάνει χρήση πρόσθετων βοηθητικών τμημάτων λογισμικού (Plug-in components) για ενδιάμεση βοηθητική αποθήκευση, μετάδοση δεδομένων, συμπίεση δεδομένων και

υποστήριξη σύνδεσης / αποσύνδεσης συσκευών. Το σύστημα Pronto έχει βελτιστοποιηθεί για υψηλή απόδοση σε περιβάλλον ασύρματης δικτύωσης.

3.3.3.2 Αξιολόγηση

Η ευκολία ανακάλυψης των υπηρεσιών στο Pronto εξαρτάται από το μοντέλο που ακολουθεί το σύστημα. Στο κεντροποιημένο μοντέλο ο εξυπηρετητής προσφέρει σημεία έκδοσης στα οποία οι ενδιαφερόμενες συσκευές εκτελούν λειτουργία συνδρομής. Το μοντέλο εκδότη συνδρομητή ευνοεί συσκευές οι οποίες βρίσκονται εκτός εμβέλειας του ασύρματου δικτύου οι οποίες μάλιστα κατά την αποσύνδεση τους μπορούν να μετατρέψουν την συνδρομή τους σε συνδρομή μεγάλης διάρκειας έτσι ώστε κατά την επανασύνδεση τους να συγχρονιστούν μόνο με την λήψη της δέλτα πληροφορίας. Στο αποκεντροποιημένο μοντέλο μεγάλο ρόλο παίζει το είδος της δικτύωσης καθώς οι εμβέλεια μειώνετε για δίκτυα τύπου riconet ή scatternet. Σε αυτή την περίπτωση κάθε συσκευή αποτελεί εν δυνάμει εκδότη αλλά και ενεργό συνδρομητή.

Η προσαρμοστικότητα των συσκευών καθορίζεται από την ύπαρξη εικονικής μηχανής java η οποία αποτελεί προϋπόθεση για οποιοδήποτε ρόλο της συσκευής στο σύστημα . Και στις δυο περιπτώσεις κεντροποιημένου και αποκεντροποιημένου συστήματος οι φορητές συσκευές εναλλάσσουν ρόλους πελάτη και εξυπηρετητή χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις από κάθε ρόλο ενώ η αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων πραγματοποιείται χωρίς την χρήση περιοριστικής τεχνολογίας. Συμπεραίνουμε ότι η προσαρμοστικότητα των συσκευών στο σύστημα pronto είναι ικανοποιητική αφού η πλατφόρμα java αποτελεί συστατικό όλων των λειτουργικών συστημάτων φορητών συσκευών που συναντάμε σήμερα στο εμπόριο.

Η επίγνωση περιβάλλοντος λειτουργίας δεν φαίνεται να αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό για το σύστημα pronto καθώς το μοντέλο εκδότη/συνδρομητή εστιάζει στα δεδομένα. Η διαφάνεια των πληροφοριών μπορεί να καμφθεί μέσω των πρωτοκόλλων IP multicast ή για καλύτερη απόδοση του διαύλου επικοινωνίας μέσω συνδρομών μεγάλης διάρκειας που θα εξυπηρετούν τις συσκευές με συχνές αποσυνδέσεις . Στην περίπτωση του κεντροποιημένου μοντέλου η επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας γίνεται ευκολότερη καθώς οι απαραίτητες πληροφορίες αποθηκεύονται στον JMS server , μετατρέπονται μέσω του συστήματος transform και αναμένουν την λήψη τους από τις συσκευές/συνδρομητές.

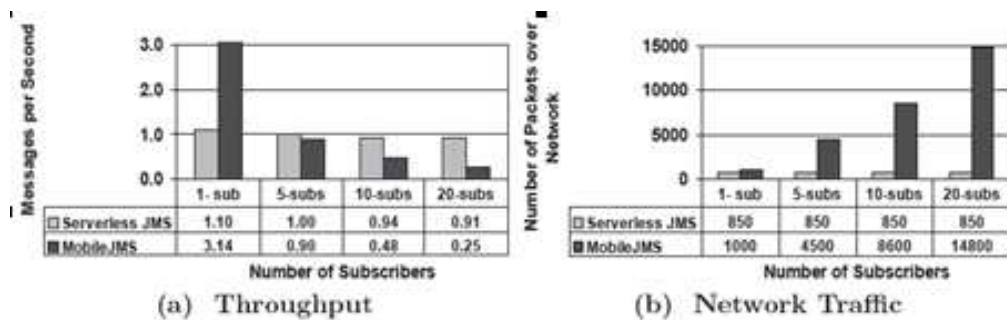
Η ασφάλεια του συστήματος pronto παρουσιάζει σημεία επικινδυνότητας στις εισόδους και εξόδους των εκάστοτε δικτύων καθώς και στις συσκευές οι οποίες αποθηκεύουν τοπικά

αντίγραφα πληροφοριών. Το υποσύστημα transform υποστηρίζει κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των δεδομένων εις βάρος της κατανάλωσης πόρων των συσκευών, ωστόσο αποτελεί μια ισχυρή δικλείδα ασφαλείας τόσο κατά την μεταφορά των δεδομένων όσο και κατά την διάρκεια αποθήκευσης τους. Δεν αναφέρεται σύστημα αυθεντικοποίησης των χρηστών ή των συσκευών κατά την είσοδο τους στο δίκτυο ή πριν από την ανταλλαγή οποιοδήποτε είδους πληροφορίας μεταξύ των συσκευών.

Για την απόδοση του συστήματος Pronto πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των οποίων τα αποτελέσματα έδειξαν ότι :

- Ο αριθμός των συνδρομητών δεν επηρεάζει την απόδοση μια διάταξης serverless JMS , ενώ μια κανονική παράδοση μηνυμάτων σε σύστημα JMS παρουσιάζει γραμμική αναλογία με τον αριθμό των συνδρομητών
- Ο αριθμός των πακέτων που κυκλοφορούν στο δίκτυο παραμένει ο ίδιος καθώς αυξάνει ο αριθμός των συνδρομητών.

Τα παραπάνω απεικονίζονται στην εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2: Σύγκριση επίδοσης μεταξύ Mobile JMS & serverless JMS.[33]

Η συνδεσιμότητα των συσκευών υποστηρίζεται ενδογενώς από το σύστημα pronto καθώς αυτό ακολουθεί το μοντέλο εκδότη/συνδρομητή. Κατά την χρήση του αποκεντροποιημένου μοντέλου οι συσκευές που διατηρούν συνδρομές μεγάλης διάρκειας επανέρχονται στο δίκτυο και λαμβάνοντας στιγμιότυπο μπορούν αμέσως να τεθούν σε λειτουργία στο σημείο ακριβώς από το οποίο σταμάτησαν. Σε περιβάλλον κεντροποιημένου μοντέλου οι συσκευές διατηρούν τοπικό αντίγραφο των πληροφοριών το οποίο μπορούν να επεξεργαστούν ενώ κατά την σύνδεση τους στο δίκτυο πραγματοποιείται αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων από την συσκευή προς τον JMS server και ανάποδα.

Η διαχείριση ενέργειας των συσκευών που χρησιμοποιούν το ενδιάμεσο σύστημα λογισμικού `prondo` είναι ικανοποιητική καθώς η χρήση ενδιάμεσης αποθήκευσης των δεδομένων, η συμπίεση τους και η χρήση δέλτα πληροφορίας για την λήψη αντιγράφων μειώνουν τις απαιτήσεις σε αποθηκευτικό χώρο και συσσωρευτή. Ταυτόχρονα αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας έχουμε κατά την κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των δεδομένων, κατά την συμπίεση τους και κατά την αμφίδρομη ανταλλαγή μηνυμάτων στην περίπτωση εισόδου της συσκευής σε κεντροποιημένο μοντέλο `prondo`.

Για την αναπαράσταση δεδομένων δεν γίνεται ιδιαίτερος λόγος στο σύστημα `prondo` καθώς οι πληροφορίες μεταφέρονται και αποθηκεύονται σε μορφή μηνυμάτων. Δεν χρησιμοποιείται κάποιος αλγόριθμος μετατροπής των δεδομένων ή κάποια άλλη περίπλοκη μορφή δεδομένων που θα μπορούσε να ευνοήσει τις συσκευές βοηθώντας τις να εξοικονομήσουν αποθηκευτικό χώρο ή να διατηρήσουν σε χαμηλό επίπεδο την κυκλοφορία στο κανάλι επικοινωνίας. Η χρήση των τεχνολογιών της πλατφόρμας JMS για την περίπτωση χρήσης του υποσυστήματος `remote gateway` ακολουθεί το παράδειγμα RMI οπότε ούτε σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ελευθερία ή ποικιλία μεταξύ των μορφών αναπαράστασης των δεδομένων.

3.3.4 Peerware

3.3.4.1 Περιγραφή

Το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού `peerware` [39] είναι προσανατολισμένο στην εύρυθμη λειτουργία δικτύων σημείο προς σημείο. Στα δίκτυα αυτά κάθε συσκευή περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα αλλά και τον κώδικα λειτουργιών που απαιτείται για την ορθή λειτουργία της. Δεν είναι απαραίτητο να έρθει σε επαφή με κεντρικό εξυπηρετητή προκειμένου να αντλήσει πληροφορίες είτε για το περιβάλλον λειτουργίας είτε για την εκτέλεση κάποιας διεργασίας. Κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο σημείο προς σημείο είναι αυτόνομος και επικοινωνεί και συντονίζει τις λειτουργίες του μέσω μηνυμάτων με άλλους γειτονικούς ή πιο απομακρυσμένους κόμβους. Η απουσία ή παρουσία εξυπηρετητή δεν επηρεάζει του κόμβους καθώς κάθε κόμβος μπορεί να είναι ταυτόχρονα πελάτης αλλά και εξυπηρετητής.

Το σύστημα `peerware` σχεδιάστηκε με γνώμονα την απόδοση και μινιμαλιστική υλοποίησή του. Χρησιμοποιεί ένα πλήθος δοκιμασμένων τεχνικών και μεθόδων προκειμένου να επιτύχει τον

σκοπό του . Βέβαια σε κάθε χρησιμοποιούμενη τεχνική υπάρχουν αλλαγές στην αρχιτεκτονική αλλά και στον τρόπο λειτουργίας προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι δυο κύριοι στόχοι του.

Publish subscribe system

Το Σύστημα *peerware* είναι ένα σύστημα βασισμένο σε γεγονότα με αυτόνομα τμήματα λογισμικού τα οποία αλληλεπιδρούν μέσω ενός συστήματος συνδρομητή εκδότη. Η επικοινωνία ακολουθεί το ασύγχρονο μοντέλο, προφυλάσσει την ανωνυμία των κόμβων κάτι που αποτελεί χαρακτηριστικό τέτοιου είδους συστημάτων καθώς ο αποστολέας είναι άορατος στους παραλήπτες. Επίσης η επικοινωνία είναι έμμεση εφόσον χρησιμοποιείται το μοντέλο των συνδρομών και οι αλλαγές στην κατάσταση των κόμβων δεν αποθηκεύονται μόνιμα αλλά πραγματοποιούνται με δυναμικό τρόπο.

Tuple space

Ένας χώρος πλειάδων χρησιμοποιείται από το σύστημα *peerware* προκειμένου οι κόμβοι να αποθηκεύσουν τα απαραίτητα δεδομένα πρώτα σε τοπικό επίπεδο ενώ στην συνέχεια μέσω κατάλληλων αλγόριθμων οι τοπικοί αυτοί χώροι πλειάδων συνενώνονται και δημιουργούν ένα καθολικό χώρο πλειάδων τον οποίο χρησιμοποιεί το σύστημα *peerware*. Η επικοινωνία ενός κόμβου μέσω του χώρου πλειάδων μπορεί να απευθύνεται μόνο σε ένα άλλο κόμβο (unicast) ή σε πολλούς ταυτόχρονα (multicast).

Mobile code

Το σύστημα *peerware* κάνει χρήση τις τεχνολογίας φορητού κώδικά με την έννοια ότι είναι δυνατόν τμήματα διεργασιών να μεταφερθούν από τοπικό επίπεδο σε απομακρυσμένο κόμβο και να εκτελεστούν για λογαριασμό του κόμβου κατόχου της διεργασίας. Το μοντέλο αυτό προσδίδει ευελιξία κατά την ανάπτυξη των εφαρμογών που θα βασιστούν σε ένα σύστημα *peerware*.

Global virtual data structures(GVDS)

Με τον όρο *GVDS* αναφερόμαστε σε ένα μοντέλο επικοινωνίας σε ασύρματο περιβάλλον στο οποίο μετέχουν και φορητές συσκευές κατά το οποίο ο συντονισμός των ενεργειών μεταξύ των φορητών κόμβων πραγματοποιείται μέσω ενός ιδεατού χώρου δεδομένων ο οποίος μοιράζεται δυναμικά στους συμμετέχοντες κόμβους.

3.3.4.2 Αξιολόγηση

Η ανακάλυψη των υπηρεσιών στο σύστημα PEERWARE είναι αποδοτική καθώς βασίζεται στις αρχές που διέπουν όλα τα συστήματα ομότιμων κόμβων. Οι προσφερόμενες υπηρεσίες ανακαλύπτονται από γειτονικούς κόμβους, μεταφέρονται ταχύτατα λόγω της χρήσης δενδροειδών δομών ενώ η δυνατότητα απόσπασης τμήματος του δέντρου ενός κόμβου καθιστά δυνατή την γρήγορη ενημέρωση προσφερόμενων υπηρεσιών από κόμβους με τους οποίους δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση.

Η προσαρμοστικότητα που παρουσιάζει το σύστημα PEERWARE είναι μεγάλη καθώς η χρήση μέρους της τεχνολογίας του χώρου πλειάδων με τα ταυτόχρονα πλεονεκτήματα της δενδροειδούς απεικόνισης των δεδομένων προσφέρει ευελιξία ώστε να μπορεί μια συσκευή να μετάσχει στο σύστημα διαθέτοντας μόνο την απαραίτητη υποδομή για το ιδεατό σύστημα GVDS. Κάθε αίτημα για εκτέλεση λειτουργίας σε δεδομένα που δεν είναι τοπικά τοποθετείται στον χώρο πλειάδων και εκτελείται από τον αντίστοιχο κόμβο στο οποίο τα τοπικά δεδομένα θα διενεργηθεί η εν λόγω διαδικασία.

Η επίγνωση περιβάλλοντος στις συσκευές που μετέχουν σε ένα σύστημα PEERWARE δεν φαίνεται να έχει παίξει μεγάλο ρόλο κατά την σχεδίαση του συστήματος καθώς ο στόχος του είναι παρεμφερής με άλλων υπηρεσιών και δικτύων ομότιμων κόμβων όπου σπουδαιότερο ρόλο έχει η χρήση και εκμετάλλευση στατικών υπηρεσιών παρά η προσαρμογή των συσκευών με βάση τις πληροφορίες πλαισίου. Ωστόσο υπάρχει δυνατότητα μέσω το GVDS να αποθηκευτούν πληροφορίες πλαισίου και να χρησιμοποιηθούν όπου κριθεί απαραίτητο.

Η ασφάλεια ενός συστήματος PEERWARE προσφέρει τις ελάχιστες απαραίτητες υπηρεσίες που κρίνονται ικανές προκειμένου να ξεπεραστούν προβλήματα που θα προκαλούσαν ρήγματα στο ιδεατό σύστημα αρχείων. Η αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση χρηστών και συσκευών δεν αναφέρεται ρητά στην περιγραφή του συστήματος ενώ η σχετικοί μηχανισμοί άλλων υπηρεσιών ασφάλεια περνούν σε δεύτερη μοίρα με γνώμονα και πάλι την κατά το δυνατόν πληρέστερη εκμετάλλευση των προσφερόμενων υπηρεσιών.

Η απόδοση του συστήματος PEERWARE είναι ικανοποιητική εφόσον κάθε ενέργεια εκτελείται τοπικά στις συσκευές ακόμη και να απαιτηθεί εκτέλεση ενέργειας σε απομακρυσμένα δεδομένα. Στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται μεταφορά μόνο του αιτήματος από τον κόμβο που εκκινά την διαδικασία στον κόμβο ο οποίος διαθέτει και πάλι τοπικά τα απαραίτητα δεδομένα

τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση της συγκεκριμένης ενέργειας. Τέλος μεταφορά δεδομένων πραγματοποιείται και πάλι από τον κόμβο που εκτέλεσε την ενέργεια μόνο για την αποστολή των τελικών συμπερασμάτων και αποτελεσμάτων.

Η συνδεσιμότητα των φορητών συσκευών σε ένα τέτοιο σύστημα δεν αποτέλεσε κυρίαρχο σημείο κατά την ανάπτυξη του συστήματος ενώ θεωρείται δεδομένη η κοντινή παρουσία τουλάχιστον των πλησιέστερων ομότιμων κόμβων. Η χρήση του καθολικού ιδεατού συστήματος αρχείων βοηθά στην διατήρηση μορφωτύπων σύνδεσης για κάθε συσκευή κάτι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση συχνών συνδέσεων και αποσυνδέσεων.

Η διαχείριση ενέργειας σε ένα σύστημα peerware κρίνεται ικανοποιητική καθώς αυξημένη κατανάλωση παρουσιάζεται μόνο κατά την διάρκεια εκτέλεσης ενεργειών πάνω σε τοπικά δεδομένα καθώς και κατά την μεταφορά αιτημάτων στο καθολικό ιδεατό σύστημα αρχείων. Δεν υπάρχει υπηρεσία αναζήτησης προσφερόμενων υπηρεσιών από το σύστημα ούτε και διαδικασίες πρωτοκόλλων χειραψίας με τοπικούς ή απομακρυσμένους εξυπηρετητές.

Η αναπαράσταση των δεδομένων στις συσκευές που μετέχουν σε ένα σύστημα PEERWARE είναι ένα από τα δυνατά σημεία του συστήματος καθώς η ταυτόχρονη χρήση τεχνολογίας χώρου πλειάδων αλλά και δενδροειδούς απεικόνισης των δομών δεδομένων καθιστά το σύστημα ένα από τα γρηγορότερα που έχουν μελετηθεί. Η δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών μορφών δένδρων (binary trees, b trees) αφήνει περιθώρια για περαιτέρω εξέλιξη και αναβάθμιση της αναπαράστασης των δεδομένων τόσο σε τοπικό όσο και σε καθολικό επίπεδο.

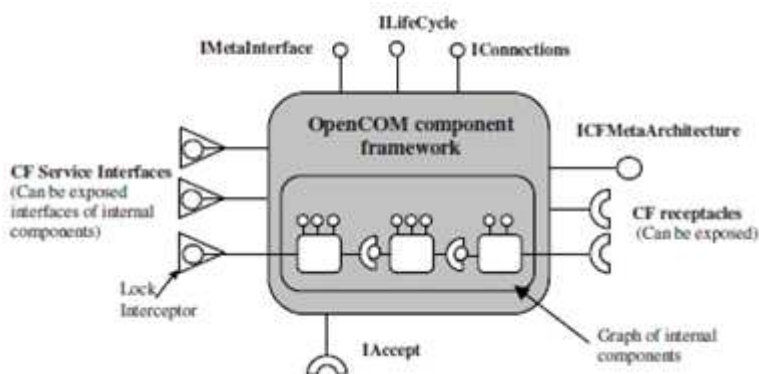
3.3.5 ReMMOc

3.3.5.1 Περιγραφή

Το ενδιάμεσο σύστημα λογισμικού ReMMOc [47] αντιμετωπίζει τον ρόλο του ενδιάμεσου λογισμικού με ολιστικό τρόπο προσπαθώντας να ενσωματώσει κάθε τεχνολογία επικοινωνίας αλλά και κάθε υλοποίηση των τεχνολογιών αυτών. Κύριοι στόχοι του συστήματος είναι να μπορούν οι συσκευές να εντοπίσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες ανεξαρτήτως του πρωτοκόλλου ανακάλυψης που χρησιμοποιείται για την διαφήμιση τους και η ομαλή διάδραση με τις υπηρεσίες αυτές ανεξαρτήτως τύπου ή τεχνολογίας επικοινωνίας. Είναι ένα ανακλαστικό (reflective) ΕΛ το οποίο υποστηρίζει την εξέταση των δεδομένων που έχει στην διάθεση του και

την επαναρύθμιση όλων των παραμέτρων του. Μια εφαρμογή για να λειτουργήσει σε κάποια συσκευή θα πρέπει να προηγηθεί κατάλληλος προγραμματισμός ειδικά για το μοντέλο επικοινωνίας που η εφαρμογή αυτή προσφέρει. Το σύστημα ReMMoC συνδυάζει την αρχιτεκτονική των υπηρεσιών ιστού (web services architecture) σε συνδυασμό με την γλώσσα περιγραφής WSDL (Web services description languages) με την οποία μπορούμε με αφαιρετικό τρόπο να περιγράψουμε τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Η γλώσσα WSDL αποτελεί ένα δυνατό προγραμματιστικό μοντέλο για κάθε ανακλαστικό ΕΛ.

Το σύστημα ReMMoC χρησιμοποιεί και βασίζεται στο μοντέλο τμημάτων λογισμικού (component model) και ειδικότερα στην τεχνολογία OpenCOM. Ένα πλαίσιο εργασίας (component framework) το οποίο προσφέρεται από την τεχνολογία OpenCOM ορίζεται ως ένα σύμβολο κανόνων και συμβολαίων τα οποία τηρούνται και ελέγχουν την διάδραση μεταξύ διαφορετικών τμημάτων λογισμικού. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζεται ένα OpenCOM πλαίσιο εργασίας:



Εικόνα 3.3: Ένα συστατικό πλαίσιο OpenCOM.[47]

3.3.5.2 Αξιολόγηση

Η ανακάλυψη υπηρεσιών που προσφέρεται μέσω του συστήματος ReMMoC αποτελεί μια μοναδική στο είδος της προσέγγιση καθώς το πλαίσιο εργασίας ανακάλυψης υπηρεσιών που αποτελεί ένα από τα δυο βασικά πλαίσια εργασίας του συστήματος αναλαμβάνει ένα ρόλο ανιχνευτή και ταυτόχρονα μεταφραστή για όσες συσκευές δεν διαθέτουν την κατάλληλη υποδομή λογισμικού. Κάθε τεχνολογίας επικοινωνίας που έχει υλοποιηθεί μέχρι σήμερα καθώς και κάθε διαφορετική τεχνική υλοποίησης είναι δυνατόν να προσαρτηθεί στο σύστημα ως ξεχωριστό τμήμα λογισμικού και μέσω της αφαιρετικής περιγραφής των υπηρεσιών να γίνουν αυτές προσβάσιμες σε κάθε συσκευή. Το πρότυπο WSDL είναι εύκολο να υιοθετηθεί από τις συσκευές και να αποτελέσει το όχημα για κάθε πιθανό προορισμό τεχνολογίας σύνδεσης.

Η προσαρμοστικότητα του συστήματος όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό του ReMMoC. Από τα δυο αρχικά πλαίσια εργασίας το ΕΛ μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς τέλος έχοντας ως μοναδικό όριο τον περιορισμό λόγω των φυσικών πόρων των συσκευών. Κάθε νέα τεχνολογία επικοινωνίας ακόμη και αυτές που δεν έχουν υλοποιηθεί έως τώρα, κάθε τεχνολογία υπηρεσίας ασφάλειας αλλά οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία μπορεί να προστεθεί επεκτείνοντας απεριόριστα τα όρια προσαρμογής του συστήματος. Οι συσκευές δεν επιβαρύνονται και δεν αντιλαμβάνονται των νέων τμημάτων στον ΕΛ καθώς συνεχίζουν να χρησιμοποιούν τη διεπαφή μέσω της αφαιρετικής περιγραφής που προσφέρει η γλώσσα WSDL.

Η επίγνωση περιβάλλοντος έχει ως κύριο άξονα την γνώση της τοποθεσίας στην οποία βρίσκεται η συσκευή. Το σύστημα είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί αισθητήρες συλλογής πληροφοριών ανεξαρτήτως είδους (GPS, επιταχυνσιόμετρο , γυροσκόπιο , βαρόμετρο κτλ) καθώς δεν αποτελεί πρόβλημα η επεξεργασία των στοιχείων αφού υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς του επεξεργαστικού φόρτου στο υπολογιστικό νέφος που δημιουργείται μεταξύ των συνδεδεμένων συσκευών. Οι υπηρεσίες τις οποίες εκμεταλλεύονται οι συνδεδεμένες συσκευές είναι κυρίως τοπικές και με την πλήρη υιοθέτηση πρωτοκόλλων επικοινωνίας και τεχνικών υλοποίησης δίνεται η δυνατότητα στο σύστημα να μεταφέρει αιτήματα για χρήση πόρων σε απομακρυσμένους κόμβους.

Η ασφάλεια του συστήματος ReMMoC είδαμε νωρίτερα ότι μπορεί να προστεθεί σε δεύτερο χρόνο ως πρόσθετο πλαίσιο εργασίας αφιερωμένο στην προσφορά υπηρεσιών ασφάλειας. Η εμπιστοσύνη μεταξύ των συσκευών βασίζεται στην λογική των νομάδων και ως κύριο κριτήριο χρησιμοποιείται η πληροφορία πλαισίου σχετική με την τοποθεσία της συσκευής. Η αυθεντικοποίηση και η εξουσιοδότηση εκτελούνται κατά την είσοδο των συσκευών στο σύστημα με αποτέλεσμα να αποφεύγονται επαναλαμβανόμενες ενέργειες κρίσης και αξιολόγησης των χρησιμοποιούμενων πόρων. Επίσης η συσκευή είναι σε θέση να αποθηκεύσει τοπικά τα διακριτικά στοιχεία ελέγχου και να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς να είναι απαραίτητη η μεταφορά τους μέσω ενός ασύρματου πρωτοκόλλου επικοινωνίας.

Η απόδοση του συστήματος σύμφωνα και με μετρήσεις που έγιναν σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας είναι πλήρως ικανοποιητική. Τα τμήματα λογισμικού που αποτελούν το σύστημα ReMMoC αναπτύχθηκαν με στόχο την μείωση του αποθηκευτικού χώρου που καταλαμβάνουν ενώ ταυτόχρονα η υιοθέτηση της τεχνικής της ανάκλασης για την αλλαγή μεταξύ διαφορετικών πρωτοκόλλων δίνει την δυνατότητα για την ελάχιστη αποθήκευση τμημάτων λογισμικού στην

συσκευή. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως το συνδετικό πλαίσιο εργασίας και το πλαίσιο εργασίας ανακάλυψης υπηρεσιών καταλαμβάνουν χώρο λιγότερο από 100KB.

Η συνδεσιμότητα που προσφέρει το σύστημα ReMMoC δεν βασίζεται στην χρήση τοπικών εξυπηρετητών παρά κάνει χρήση της WI-FI τεχνολογίας που διαθέτουν οι συσκευές. Κατά την έννοια αυτή η δυσκολίες που παρουσιάζονται καθώς και τα προβλήματα συχνής σύνδεσης και αποσύνδεσης των συσκευών αντιμετωπίζονται σύμφωνα με τους γνωστούς μηχανισμούς προστασίας την στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP. Μια συσκευή είναι σε θέση να μετάσχει ταυτόχρονα σε δυο ή και παραπάνω μικρότερης εμβέλειας ασύρματα δίκτυα και να χρησιμοποιεί την ίδια εφαρμογή της οποίας η διεπαφή επικοινωνίας να προσφέρεται από δυο ή και παραπάνω πρωτόκολλα επικοινωνίας. Μεγάλο ρόλο για την επίτευξη αυτής της ταυτόχρονης επικοινωνίας παίζει η χρήση και προσθήκη με δυναμικό τρόπο τμημάτων λογισμικού αφιερωμένων σε διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Η διαχείριση της ενέργειας των συσκευών που συμμετέχουν σε ένα σύστημα ReMMoC κρίνεται ικανοποιητική καθώς όπως προαναφέραμε χρησιμοποιείται ο ελάχιστος δυνατός αποθηκευτικός χώρος από τα συμμετέχοντα πλαίσια εργασίας του συστήματος ενώ ταυτόχρονα οι υπηρεσία ανακάλυψης υπηρεσιών πραγματοποιείται κυρίως με ασύγχρονο τρόπο από το ΕΛ. Η συσκευή δεν επαναλαμβάνει περιοδικούς ελέγχους για να ανακάλυψης νέων προσφερόμενων υπηρεσιών ενώ και οι μεταφορά και τροποποίηση των δεδομένων όπως είδαμε νωρίτερα πραγματοποιείται με μια μικρή επιβάρυνση της επεξεργαστικής ισχύος. Τέλος οι παραμένουσες στην μνήμη διεργασίες που είναι απαραίτητες για την λειτουργία του ενδιάμεσου λογισμικού αφήνουν μικρό αποτύπωμα στην μνήμη κάθε συσκευής.

Για την αναπαράσταση των δεδομένων το σύστημα ReMMoC δεν χρησιμοποιεί κάποιο μηχανισμό όπως άλλα συστήματα ενδιάμεσου λογισμικού τα οποία παρουσιάσαμε σε αυτό το κεφάλαιο. Δεν υπάρχει τροποποίηση η συμπίεση των μεταφερόμενων δεδομένων προκειμένου να υπάρξει κάποιο όφελος στην απόδοση, στην ασφάλεια ή στην ευελιξία του συστήματος ενώ η μοναδική χρήση τυποποίησης δομών δεδομένων που συναντάμε βρίσκεται στην περιγραφή των προσφερόμενων υπηρεσιών στα XML αρχεία που παράγονται με την γλώσσα WSDL. Ωστόσο δεν αποτελεί πρόβλημα η χρήση κοινά αποδεκτών λύσεων για την αναπαράσταση των δεδομένων καθώς όπως προαναφέρθηκε η απόδοση του συστήματος κυμαίνεται σε υψηλά συστήματα.

3.3.6 CASS

3.3.6.1 Περιγραφή

Το CASS [15] (context awareness sub-structure) αποτελεί ένα σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού το οποίο βασίζει την λειτουργία του στην ύπαρξη εξυπηρετητή και έχει ως κύριο στόχο την τροφοδότηση φορητών και κινητών συσκευών με όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία σχετική με το περιβάλλον λειτουργίας του. Σημεία κλειδιά κατά την σχεδίαση του συστήματος CASS αποτέλεσαν τα παρακάτω :

- Υποστήριξη του συστήματος για υψηλού επιπέδου αφαιρετική αναπαράσταση των δεδομένων
- Διαχωρισμός των αλληλεπιδράσεων των παραμέτρων του περιβάλλοντος λειτουργίας από την συμπεριφορά της εφαρμογής η οποία τις χρησιμοποιεί.

Τα δυο αυτά σημεία έχουν ως αποτέλεσμα η προσαρμογή της εφαρμογής στις αλλαγές του περιβάλλοντος λειτουργίας να πραγματοποιείται από τους χρήστες και όχι από τον κώδικα της εφαρμογής.

Οι σχεδιαστές του συστήματος CASS υποστηρίζουν πως όσο περισσότερα δεδομένα συλλεχθούν από μια συσκευή τόσο πιο υψηλό επίπεδο αφαίρεσης μπορούμε να επιτύχουμε κατά την περιγραφή των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Συνήθως αρκετά είδη πληροφοριών περιβάλλοντος είναι δύσκολο να συλλεχθούν και να χρησιμοποιηθούν από τους προγραμματιστές εφαρμογών όχι μόνο λόγω της τεχνολογίας των αισθητήρων αλλά κυρίως λόγω της μετάφρασης και του συνδυασμού που απαιτείται για τα δεδομένα αυτά. Για παράδειγμα είναι πιθανό πέντε ή έξι αισθητήρες να είναι προορισμένοι να συλλέγουν πληροφορίες για ένα και μόνο τύπο πληροφορίας περιβάλλοντος. Η πρόγνωση του καιρού όπως την αντιλαμβάνεται ένας χρήστης απαιτεί αρκετές παραμέτρους όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, επίπεδο φωτός, υγρασία κτλ.

Το σύστημα CASS προσφέρει μεγάλη υποστήριξη ακριβώς για το πρόβλημα που αναφέρθηκε παραπάνω και υποστηρίζει την δυνατότητα δημιουργίας αφάιρεσης υψηλού επιπέδου για μεγάλο αριθμό συλλεχθέντων μετρήσεων περιβάλλοντος.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος CASS είναι τα παρακάτω :

- Υποστήριξη λήψης και επεξεργασίας μεγάλου αριθμού μετρήσεων από αισθητήρες
- Δυνατότητα διατήρησης ιστορικού των πληροφοριών περιβάλλοντος
- Άμεση επεξεργασία και μετάφραση των δεδομένων μέτρησης
- Υποστήριξη υψηλού επιπέδου αφαίρεσης λαμβάνοντας υπόψη τους φυσικούς περιορισμούς των φορητών και κινητών συσκευών
- Είναι σύστημα βασισμένο σε γεγονότα έτσι ώστε να μην υπάρχει ανάγκη από την πλευρά των εφαρμογών για ενημέρωση αλλαγών των παραμέτρων λειτουργίας
- Το σύστημα είναι επεκτάσιμο με την έννοια ότι είναι δυνατόν να προστεθούν σε πραγματικό χρόνο νέοι αισθητήρες αλλά και να προσφερθούν τα απαραίτητα εργαλεία για την ρύθμιση και διαχείριση τους
- Ικανοποιητική υποστήριξη διαφάνειας σε διεργασίες που δεν αφορούν άμεσα τον χρήστη
- Διαχωρίζει τις διεργασίες της εφαρμογής από τους κανόνες που ορίζουν την συμπεριφορά του συστήματος και βασίζονται στην γνώση του περιβάλλοντος λειτουργίας

3.3.6.2 Αξιολόγηση

Η ανακάλυψη των υπηρεσιών στο σύστημα CASS δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα καθώς υπάρχει σταθερός εξυπηρετητής ο οποίος φροντίζει να ενημερώνει τις φορητές και κινητές συσκευές που συμμετέχουν στο σύστημα. Η διατήρηση όλης της απαραίτητης πληροφορίας σε σταθερό εξυπηρετητή αποφορτίζει τις συσκευές από την ανάγκη λήψης και ενημέρωσης των προσφερόμενων υπηρεσιών σε σχέση με τον χώρο στον οποίο βρίσκονται. Οι υπηρεσίες και το είδος τους δεν μεταβάλλονται και είναι δυνατόν να προϋπάρχει εγκατεστημένος κατάλογος προσφερόμενων υπηρεσιών στις ίδιες τις συσκευές ή να μεταφέρεται ο κατάλογος ως κανόνας μέσω του υποσυστήματος Mobile context channel.

Η προσαρμοστικότητα που παρουσιάζουν οι συσκευές είναι δεδομένη και περιορισμένη συγκριτικά με άλλα συστήματα που έχουμε ήδη μελετήσει. Ευνοεί το γεγονός του διαχωρισμού των παραμέτρων του περιβάλλοντος λειτουργίας αλλά και του μηχανισμού αποθήκευσης αυτών καθώς οι φορητές και κινητές συσκευές επιφορτίζονται μόνο με το έργο λήψης των απαραίτητων κανόνων που αποστέλλει το υποσύστημα λογισμικού ruleEngine. Μοναδικό είδος πληροφορίας που απαιτείται να διαχειριστεί η φορητή συσκευή η επίγνωση του χώρου στον οποίο βρίσκεται κάτι το οποίο δεν αποτελεί πρόβλημα με τις υπάρχουσες τεχνολογίες εντοπισμού θέσης και δεδομένου ότι βρίσκεται πάντα κοντά σε έναν εξυπηρετητή CASS.

Η επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας για τις φορητές και κινητές συσκευές που συμμετέχουν σε ένα σύστημα CASS έχει μεταφερθεί εξολοκλήρου στον εξυπηρετητή. Η αποθήκευση και η επεξεργασία είδαμε νωρίτερα ότι δεν αποτελεί πρόβλημα και δεν αντιμετωπίζει κανένα φυσικό περιορισμό παρόμοιο με αυτόν που συναντάμε στις φορητές και κινητές συσκευές. Η διαχείριση μεγάλου αριθμού αισθητήρων διαφορετικών για κάθε είδος πληροφορίας που συλλέγουν η ακόμη και ομάδας αισθητήρων αφιερωμένης στο ίδιο είδος πληροφορίας αποτελεί ένα από τα δυνατά σημεία του συστήματος CASS. Το μοναδικό υποσύστημα που βρίσκεται εγκατεστημένο στην φορητή συσκευή και είναι εκφορτισμένο με την ευθύνη παρακολούθησης αλλαγών των παραμέτρων περιβάλλοντος λειτουργίας είναι το changeListener το οποίο συνεργάζεται με το υποσύστημα SensorListener του εξυπηρετητή.

Η ασφάλεια του συστήματος CASS δεν αποτέλεσε κεντρικό άξονα της σχεδίασης του ενδιαμέσου λογισμικού και για τον λόγο αυτό όλες οι προσφερόμενες υπηρεσίες ασφάλειας δεν σχετίζονται με το ρόλο του συστήματος αλλά αποτελούν τμήματα του λειτουργικού συστήματος του εξυπηρετητή. Δεν υπάρχουν υπηρεσίες αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης κατά την λήψη πληροφοριών από τους αισθητήρες κάτι το οποίο σημαίνει πως θα μπορούσε κακόβουλη πληροφορία να εισέρθει στον εξυπηρετητή και να αποθηκευτεί στην βάση δεδομένων. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία λανθασμένου κανόνα ο οποίος στην συνέχεια και πάλι χωρίς αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση θα μπορούσε να μεταφερθεί στη συσκευή προκαλώντας ρήγμα στην ασφάλεια της.

Η απόδοση του συστήματος CASS είναι υψηλή λόγω της ύπαρξης εξυπηρετητή ο οποίος όπως είπαμε νωρίτερα δεν αντιμετωπίζει προβλήματα φυσικών περιορισμών των διαθέσιμων πόρων. Οι συσκευές δέχονται έτοιμη πληροφορία από τον εξυπηρετητή και απλώς διαχειρίζονται το τελικό αποτέλεσμα του κανόνα που τους έχει αποσταλεί. Κανένα υποσύστημα λογισμικού δεν υπάρχει στην φορητή συσκευή το οποίο να εκτελεί και να επεξεργάζεται δεδομένα. Οποιαδήποτε

αλλαγή επιθυμεί ο χρήστης στην συμπεριφορά της εφαρμογής αυτή θα μεταφερθεί ως απλή εντολή και πάλι στον εξυπηρετητή CASS όπου και εκεί θα εκτελεστεί.

Η συνδεσιμότητα των συσκευών που συμμετέχουν σε ένα σύστημα CASS και η συχνή σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών δεν αποτέλεσε σημείο αναφοράς κατά την σχεδίαση του συστήματος. Η γνωσιακή βάση βρίσκεται όπως είδαμε αποθηκευμένη στον εξυπηρετητή ο οποίος διατηρεί κατάλογο των συνδεδεμένων συσκευών στην βάση δεδομένων και είναι σε θέση να διατηρήσει ιστορικό συναλλαγών με κάθε συσκευή είτε αυτή βρίσκεται συνδεδεμένη είτε όχι. Σε περίπτωση αποσύνδεσης μια συσκευής ο εξυπηρετητής CASS μπορεί να σταματήσει άμεσα την αποστολή κανόνων ή να συνεχίσει την όποια διαδικασία καταγράφοντας όμως κάθε συναλλαγή στην βάση δεδομένων κρατώντας ένα προσωρινό μητρώον συναλλαγών (transaction log) το οποίο θα μεταφέρει βήμα βήμα κατά την επανασύνδεση της συσκευής σε αυτήν.

Η διαχείριση της ενέργειας των φορητών και κινητών συσκευών είναι παραπάνω από ικανοποιητική για το σύστημα CASS καθώς οι συσκευές δεν εκτελούν καμιά διεργασία τοπικά δεν χρησιμοποιούν αποθηκευτικό χώρο για την αποθήκευση δεδομένων περιβάλλοντος αλλά και δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιούν περιοδικούς ελέγχους για την ανακάλυψη προσφερόμενων υπηρεσιών. Η συλλογή πληροφοριών δεν γίνεται με απευθείας επαφή με τους αισθητήρες κάτι που θα απαιτούσε χρήση ενεργοβόρων υπηρεσιών αλλά μέσω επαφής με τον εξυπηρετητή και μάλιστα η συλλογή αυτή πραγματοποιείται με μονόδρομο κανάλι επικοινωνίας από τον εξυπηρετητή προς τον εξυπηρετητή.

Για την αναπαράσταση των δεδομένων στο σύστημα CASS είδαμε νωρίτερα ότι χρησιμοποιείται μηχανισμός βάσης δεδομένων. Όπως περιγράψαμε η συλλογή πληροφοριών περιβάλλοντος λειτουργίας αλλά και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτών και της μετατροπής τους σε κανόνες πραγματοποιείται με την αποθήκευση τους υπο την μορφή εγγραφών (records) στην βάση δεδομένων του εξυπηρετητή CASS. Υπάρχει το πλεονέκτημα της χρήσης της γλώσσας SQL για τη διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων και μάλιστα με προσφερόμενο πολύ υψηλό επίπεδο αφαίρεσης των μετρήσεων που πραγματοποιούνται από τους αισθητήρες. Στην Βάση δεδομένων αποθηκεύεται και κάθε τύπος αντικειμένου ή ομάδας πληροφοριών που είναι πιθανών να δημιουργηθεί από τις επιλογές του χρήστη ο οποίος έχει την δυνατότητα να ορίσει δυναμικά τη συμπεριφορά της εφαρμογής.

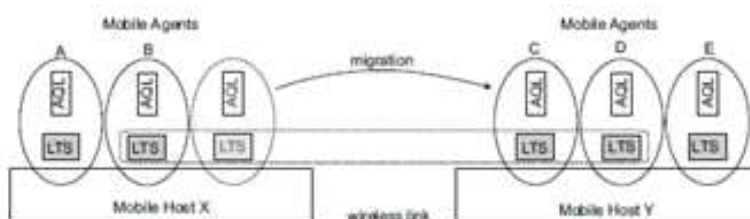
3.3.7 Limone

3.3.7.1 Περιγραφή

Το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού Limone [3] βασίζεται σε ένα δίκτυο πρακτόρων (agents) με την βοήθεια των οποίων προσπαθεί να επιτύχει την καλύτερη δυνατή επικοινωνία μεταξύ των οντοτήτων που συμμετέχουν σε ένα δίκτυο σημείο προς σημείο (ADHOC). Κάθε ένας από τους πράκτορες διατηρεί λίστα 'γνωριμίας' (acquaintance) η οποία σε συνδυασμό με πολιτικές οι οποίες καθορίζουν τις ενέργειες κάθε πράκτορα επιτρέπουν στον κάθε πράκτορα να αποφασίζει αυτόνομα για την σύνδεση ή όχι με κάθε συσκευή. Το σύστημα Limone είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να υποστηρίξει την λογική φορητότητα των πρακτόρων αλλά και την φυσική φορητότητα των κόμβων στο σύστημα.

Οι πράκτορες είναι διεργασίες λογισμικού οι οποίες μπορούν να μετακινηθούν από κόμβο σε κόμβο και να εκτελέσουν λειτουργίες τις οποίες αποφασίζουν αυτόνομα. Κάθε πράκτορας διατηρεί μια λίστα γνωριμίας στην οποία ορίζεται η οπτική του κάθε πράκτορα σε σχέση με τις συσκευές που βρίσκονται σε κοντινή περιμέτρο. Για κάθε πράκτορα το σύστημα Limone ανακαλύπτει άλλους απομακρυσμένους πράκτορες και ανανεώνει την λίστα γνωριμίας του βασισμένο στις πολιτικές γνωριμίας που έχει ο κάθε πράκτορας. Το σύστημα Limone χρησιμοποιεί χώρο πλειάδων για τον συντονισμό των ενεργειών των πρακτόρων με τον ίδιο τρόπο που το πράττουν τα περισσότερα παραδοσιακά συστήματα ενδιάμεσου λογισμικού. Ωστόσο το Limone επιτρέπει σε κάθε πράκτορα να έχει αυστηρό και πλήρη έλεγχο στα τοπικά του δεδομένα, προσφέρει προηγμένες δυνατότητες αναζήτησης βασισμένες σε μοτίβα, επιτρέπει στους πράκτορες να περιορίζουν την εμβέλεια των λειτουργιών τους και προσφέρει μια πλούσια συλλογή από προγραμματιστικές μεθόδους ανάδρασης (reactive programming). Τα παραπάνω αποτελούν την πολιτική γνωριμίας που ορίζει ο κάθε πράκτορας.

Στο παρακάτω εικόνα 3.4 παρουσιάζεται μια τυπική εγκατάσταση του συστήματος Limone.



Εικόνα 3.4: Απεικόνιση του ΕΛ Limone.

Στην εικόνα φαίνεται πως οι πράκτορες αναπαρίστανται ως ελλείψεις. Κάθε πράκτορας διατηρεί τον δικό του χώρο πλειάδων (LTS) και την δική του λίστα γνωριμιών (AQL). Στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο ο πράκτορας C εμφανίζεται να μεταναστεύει στον κόμβο Y.

Από την πλευρά των εφαρμογών που βασίζονται στο σύστημα Limone κάθε συνδιαλλαγή μεταξύ οντοτήτων του συστήματος βασίζεται σε αναφορά ενός μέλους της λίστα γνωριμίας του κάθε πράκτορα. Στο υπολογιστικό μοντέλο του συστήματος Limone περιλαμβάνονται οι φορητές συσκευές, οι φορητοί πράκτορες και τα δεδομένα τα οποία ανήκουν σε κάθε πράκτορα και τα οποία διαμοιράζονται μέσω χώρου πλειάδων.

Κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος Limone είναι :

- Η διαχείριση του περιβάλλοντος λειτουργίας (context management)

Το σύστημα Limone χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο ανακάλυψης βασισμένο σε BEACONS το οποίο πληροφορεί κάθε πράκτορα για την άφιξη ή αναχώρηση άλλων πρακτόρων. Η πληροφόρηση αυτή γίνεται με την αποθήκευση των πρακτόρων που αφίχθησαν ή αναχωρούν στη λίστα γνωριμίας κάθε πράκτορα. Η προσθήκη στην λίστα γίνεται εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις των πολιτικών γνωριμίας.

- Η ρητή πρόσβαση στα δεδομένα (explicit data access)

Κάθε πράκτορας διαθέτει έναν χώρο πλειάδων ο οποίος προσφέρει και όλες τις απαραίτητες διεπαφές λειτουργίας για εισαγωγή ή λήψη πλειάδων. Για λόγους απλότητας και ασφάλειας κανένας πράκτορας δεν μπορεί να εκτελέσει λειτουργία σε χώρο πλειάδων που ανήκει σε άλλο πράκτορα.

- Ο προγραμματισμός ανάδρασης (reactive programming)

Το μοντέλο του προγραμματισμού ανάδρασης προσφέρεται μέσω δομών δεδομένων οι οποίο επιτρέπουν σε ένα πράκτορα να απαντά αυτόματα μόλις εμφανιστεί συγκεκριμένος τύπος ή είδος πλειάδας σε χώρο πλειάδων πρακτόρων που βρίσκονται στην λίστα γνωριμίας του.

- Η φορητότητα Κώδικα (code mobility)

Η φορητότητα κώδικα υποστηρίζεται από το σύστημα Limone επιτρέποντας τους πράκτορες να μεταναστεύουν από ένα κόμβο σε άλλο. Όταν ένας πράκτορας μεταναστεύει το σύστημα Limone αυτόματα ανανεώνει τις πληροφορίες περιβάλλοντος και ανάδρασης του πράκτορα αυτού αλλά και των πρακτόρων που βρίσκονται στην λίστα γνωριμίας του.

3.3.7.2 Αξιολόγηση

Η ανακάλυψη των υπηρεσιών που προσφέρονται σε ένα σύστημα βασισμένο στο ΕΛ Limone είναι επαρκής για τις ανάγκες και των τύπο επικοινωνίας που έχουν ανάγκη οι πράκτορες. Επιτρέποντας σε ένα πράκτορα να περιορίζει την συνεργασία του μόνο με άλλους πράκτορες για τους οποίους έχει δηλώσει ενδιαφέρων ευνοείται η χρήση του συστήματος σε πυκνοκατοικημένα δίκτυα τύπου σημείο προς σημείο. Ο ρόλος του εξυπηρετητή Limone ως ενδιάμεσου στην ανταλλαγή πληροφοριών για τις λίστες γνωριμίας και σε συνδυασμό με την χρήση χώρου πλειάδων επιτρέπει την ταχύτατη ενσωμάτωση της αναγκαίας πληροφορίας σε κάθε πράκτορα.

Η προσαρμοστικότητα που απουσιάζει το σύστημα Limone είναι ικανοποιητική καθώς το επίπεδο αποσύνδεσης μεταξύ των πρακτόρων οδηγεί σε ένα πιο συμπαγές μοντέλο λογισμικού το οποίο βασίζεται σε όσο το δυνατόν λιγότερες υποθέσεις για το υποκείμενο δίκτυο. Κάθε συσκευή χρησιμοποιεί πράκτορα ο οποίος βρίσκεται τοπικά αποθηκευμένος και εκτελεί λειτουργίες, ωστόσο με την ίδια ευκολία και μόλις παρουσιαστούν προβλήματα προσαρμογής τότε ο πράκτορας μπορεί να μεταναστεύσει σε απομακρυσμένη συσκευή και να συνεχίσει να εκτελεί λειτουργίες για λογαριασμό της πρώτης συσκευής.

Η επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας που προσφέρει το σύστημα Limone ανταποκρίνεται στις σύγχρονες ανάγκες χρήσης των κινητών και φορητών. Η προσφερόμενη διαφάνεια είναι αρκετή ώστε να διευκολύνει τον χρήστη αλλά ταυτόχρονα δεν αποκρύπτει σημαντικές πληροφορίες οι οποίες θα επηρέαζαν ή θα μείωναν τον βαθμό χρηστικότητας της εφαρμογής. Ο μηχανισμός ανάδρασης προσφέρει ένα γρήγορο τρόπο ενημέρωσης για κάθε αλλαγή που συντελείται σε κάποιο από τους παράγοντες λειτουργίας του περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό κάθε συσκευή εκμεταλλεύεται σε πραγματικό χρόνο την πληροφορία η οποία αφού φιλτραριστεί από τον διαχειριστή γνωριμιών βρίσκεται διαθέσιμη στη λίστα γνωριμιών της.

Οι μηχανισμοί ασφάλειας που προσφέρονται από το σύστημα Limone είναι η αποδοτικότερη από όσους έχουμε γνωρίσει στα μέχρι τώρα συστήματα ενδιάμεσου λογισμικού που έχουμε μελετήσει. Κάθε πράκτορας διατηρεί τον πλήρη έλεγχο στον τοπικό χώρο πλειάδων του εφόσον όλες οι από μακρυσμένες διεργασίες αποτελούν απλές αιτήσεις απομακρυσμένων πρακτόρων και αποτελούν αντικείμενο μελέτης των πολιτικών γνωριμίας που ορίζονται από τον διαχειριστή λειτουργιών. Το σύστημα είναι σε θέση να προσφέρει υπηρεσίες ασύμμετρης κρυπτογράφησης δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού.

Για την απόδοση του συστήματος Limone πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του χρόνου μετεπιστροφής (round trip time) μιας πλειάδας που αποτελείται από 8 Byte δεδομένων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε αντιπαραβολή με τη χρήση μέσω μηχανισμού επικοινωνίας TCP/IP sockets.

Model	Lines of Code	Time (ms)
Limone	250	50.3
LIME	170	73.6
Raw Sockets	695	44.6

Εικόνα 3.5: Παράσταση μετρήσεων του χρόνου μετ'επιστροφής (round trip time) μιας πλειάδας που αποτελείται από 8 byte δεδομένων. [3]

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το σύστημα Limone προσφέρει ελάχιστο επιπλέον φόρτο σε σχέση με την καθαρή μορφή επικοινωνίας με χρήση sockets, την ίδια στιγμή όμως παρουσιάζεται πολύ αποδοτικότερο σε σχέση με παρόμοια συστήματα ενδιάμεσου λογισμικού βασισμένα σε γεγονότα.

Η συνδεσιμότητα των συσκευών σε ένα σύστημα Limone ευνοείται από την χρήση φίλτρων μέσω του διαχειριστή γνωριμιών αλλά και από την χρήση πλειάδων μέσω του εξυπηρετητή Limone. Κάθε συσκευή αποφορτίζεται από το βάρος διαχείρισης των ενεργειών σύνδεσης και αποσύνδεσης με κάθε συσκευή η οποία βρίσκεται σε κοντινή περίμετρο και στοχευμένα επικοινωνεί μόνο με κόμβους οι οποίοι ικανοποιούν τις πολιτικές γνωριμίας που έχουν ήδη οριστεί.

Στο σύστημα Limone η διαχείριση ενέργειας και πόρων των συνδεδεμένων συσκευών κρατείται σε χαμηλά επίπεδα καθώς η μόνη σπατάλη ενέργειας που συναντάται βρίσκεται στον μηχανισμό

αποστολής BEACONS λόγο της διαρκούς περιοδικής εκπομπής των μηνυμάτων αυτών τα οποία καταναλώνουν ένα σημαντικό ποσό ενέργειας επεξεργαστικών πόρων επίπεδα και εύρους ζώνης του δικτύου. Επίσης λόγο της χρήσης χώρων πλειάδων συναντάμε αποδοτική αποθήκευση με ελάχιστη χρήση αποθηκευτικού χώρου , ενώ και η αποστολή των πλειάδων πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το ελάχιστο δυνατό εύρος ζώνης.

Η αναπαράσταση των δεδομένων στο σύστημα Limone πραγματοποιείται με την χρήση χώρου πλειάδων. Παρόλο που κάθε πράκτορας διαθέτει το δικό του χώρο πλειάδων, ωστόσο ο μέγιστος βαθμός κάθε πλειάδας όπως είδαμε και νωρίτερα αποτελείται από τρία μέλη. Η ανταλλαγή πλειάδων μεταξύ πρακτόρων και συσκευών πραγματοποιείται ταχύτατα , ενώ κατά την μετανάστευση ενός πράκτορα από ένα κόμβο σε άλλο , υπάρχει η δυνατότητα χρήσης πλειάδων της συσκευής προορισμού ως αποτέλεσμα της αίτησης του πράκτορα μετανάστη προς την συσκευή η οποία θα τον φιλοξενήσει εκ νέου.

3.3.8 MobiClique

3.3.8.1 Περιγραφή

Το επόμενο σύστημα που θα μελετήσουμε είναι το mobiclique [32] . Το mobiclique αποτελεί ένα ενδιάμεσο σύστημα λογισμικού του οποίου οι λειτουργίες είναι αφοσιωμένες στην εξυπηρέτηση ενεργειών σχετικών με δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης. Το mobiclique χρησιμοποιεί δίκτυα σημείο προς σημείο ADHOC κοινωνικής δικτύωσης κάνοντας χρήση μιας τριπλής τεχνικής η οποία αποθηκεύει , μεταφέρει και προωθεί μηνύματα από χρήστη σε χρήστη. Δεν απαιτείται η χρήση κεντρικού εξυπηρετητή προκειμένου να λάβουν χώρα οι συνδιαλλαγές ενώ κατά την εκκίνηση του συστήματος χρησιμοποιούνται στοιχεία από ήδη υπάρχοντα κοινωνικά δίκτυα. Επίσης το Mobiclique διαθέτει διεπαφή προγραμματισμού (programming API) έτσι ώστε να ενθαρρύνει τρίτους δημιουργούς λογισμικού να αναπτύξουν εφαρμογές που θα κάνουν χρήση του εν λόγω ενδιάμεσου λογισμικού. Δυο κόμβοι οι οποίοι συνδέονται και χρησιμοποιούν το σύστημα Mobiclique μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα αλλά και να κάνουν χρήση εξειδικευμένων αφηρημένων εννοιών που σχετίζονται με τα κοινωνικά δίκτυα όπως για παράδειγμα η εικονική φιλία (friendship) , εικονικές ομάδες (groups) καθώς και ευρύτερες κοινότητες (communities) οι οποίες σχηματίζονται είτε από τους ίδιους τους χρήστες είτε αυτόματα βάση κοινών δηλωμένων ενδιαφερόντων.

Το σύστημα mobiclique κάνει χρήση της έρευνας που προηγήθηκε στο πανεπιστήμιο MIT με το έργο Serendipity καθώς επίσης και τις αρχιτεκτονικής δικτύου του συστήματος Hagggle. Το Mobiclique επιτρέπει στους χρήστες του να κάνουν χρήση υπηρεσιών που προσφέρονται από κάποιο κοινωνικό μέσω δικτύωσης όπως για παράδειγμα το facebook, να διευρύνουν την άμεσα συνδεδεμένη (online) παρουσία τους μέσω τυχαίων συναντήσεων (opportunistic) που συμβαίνουν στην καθημερινότητα τους. Με άλλα λόγια ο χρήστης μέσω τεχνολογιών δικτύωσης τοπικής εμβέλειας θα μπορεί να διευρύνει για παράδειγμα τις υπηρεσίες του facebook προσθέτοντας «φίλους» οι οποίοι βρίσκονται στον περίγυρο του. Το Mobiclique δεν δημιουργεί νέες υπηρεσίες κοινωνικής δικτύωσης (on line social networking services, OSNs) παρά κάνει χρήση των ήδη υπαρχόντων. Η εκκίνηση του συστήματος Mobiclique πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά του μορφώτυπου (profile) του εκάστοτε χρήστη και επιτρέπει αποκεντροποιημένες δραστηριότητες τύπου σημείο προς σημείο. Η σύνδεση δυο χρηστών φορητών ή κινητών συσκευών οι οποίοι συναντώνται τυχαία αρχικοποιείται με την ανταλλαγή των μορφώτυπων των δυο χρηστών. Επίσης το σύστημα mobiclic διαθέτει υπηρεσία προειδοποίησης για κάθε χρήστη στην τοπική εμβέλεια του οποίου εισέρχεται άλλος χρήστης. Ένα πλεονέκτημα του συστήματος αποτελεί το γεγονός ότι επιτρέπει σε κάθε συσκευή να πραγματοποιήσει παραπάνω από μια ταυτόχρονες συνδέσεις δημιουργώντας έτσι ένα πολύπλοκο σημείο προς σημείο δίκτυο.

Ένας τυπικός μορφώτυπος χρήστη στα συνήθη κοινωνικά μέσα δικτύωσης αποτελείται από πληροφορίες προσωπικές από ένα μοναδικό χαρακτηριστικό για κάθε χρήστη, ένα κατάλογο «φίλων» και ένα κατάλογο κοινωνικών ομάδων με κοινά χαρακτηριστικά. Το Mobiclique διατηρεί τα παραπάνω και προσθέτει και μια σύντομη περιγραφή της κατάστασης του χρήστη. Η αρχική υλοποίηση του συστήματος mobiclique περιορίστηκε μόνο στην χρήση του κοινωνικού μέσου δικτύωσης facebook προκειμένου να αρχικοποιήσει την λειτουργία του. Η προγραμματιστική διεπαφή του δικτύου facebook προσφέρει την δυνατότητα λήψης πληροφοριών για κάθε χρήστη. Έτσι το Mobiclique κατά την αρχικοποίηση του λαμβάνει πλήρη αναφορά του μορφώτυπου κάθε χρήστη, κατάλογο «φίλων» δικτύων και γεγονότων στα οποία ο χρήστης συμμετέχει.

3.3.8.2 Αξιολόγηση

Κατά την δομική του συστήματος Mobiclique αναπτύχθηκαν τρεις εφαρμογές.

- Mobile social networking
Εφαρμογή κατά την οποία η συσκευή ανακαλύπτει άλλες γειτονικές και ο χρήστης έχει την δυνατότητα προσθήκης ή διαγραφής φίλων.
- Asynchronous messaging
Εφαρμογή κατά την οποία μπορεί να αποστείλει μήνυμα σε φίλο ο οποίος έχει ήδη προστεθεί στον κατάλογο φίλων
- Epidemic newsgroups
Εφαρμογή κατά την οποία ο χρήστης με ασύγχρονο τρόπο προσθέτει το μήνυμά του σε κοινή βάση μηνυμάτων.

Για την ανακάλυψη των υπηρεσιών τοπικής εμβέλειας η δοκιμή του συστήματος Mobiclique χρησιμοποίησε την τεχνολογία Bluetooth. Οι παρατηρήσεις έδειξαν ότι μέγιστη χρήση συσκευών ήταν οι οκτώ ώρες, ενώ με αντίστοιχη χρήση WIFI οι συσκευές παρουσίασαν χρόνο ζωής δύο ώρες. Οπότε οι ανακάλυψη των υπηρεσιών είναι περιορισμένη στο σύστημα Mobiclique καθώς σε πραγματικές συνθήκες οι τοπική εμβέλεια που προσφέρει η υπηρεσία Bluetooth είναι περιορισμένη και ειδικότερα για χρήση υπηρεσιών κοινωνικών μέσων δικτύωσης. Η υπηρεσία ανακάλυψης υπηρεσιών εκτελείται κάθε δυο λεπτά, χρόνος οποίος καλύπτει τις ανάγκες τις μικρής εμβέλειας του συστήματος ωστόσο δεν είναι ικανοποιητικός σε συνδυασμό με τον μικρό αριθμό ταυτόχρονων συνδέσεων.

Η προσαρμοστικότητα των συσκευών ευνοείται από την απουσία κεντρικού εξυπηρετητή καθώς επίσης και από την απουσία κοινής βάσης δεδομένων. Κάθε αλλαγή ή προσθήκη στο ενδιαμέσο σύστημα λογισμικού mobiclique είναι αδιαφανής στον χρήστη, ωστόσο καθώς οι υλοποιημένες εφαρμογές δεν έχουν απαίτηση επίγνωσης του περιβάλλοντος λειτουργίας είναι εύκολο να αποθηκευτούν ή να μεταφερθούν όπως ορίζει το μοντέλο επικοινωνίας του συστήματος. Η χρήση της υποδομής και των άμεσα συνδεδεμένων (Online) προσφερόμενων υπηρεσιών από τα κοινωνικά μέσα δικτύωσης δεν προϋποθέτουν συγκεκριμένη διεπαφή με αποτέλεσμα αυτό να διευρύνει το φάσμα των ικανών για σύνδεση συσκευών.

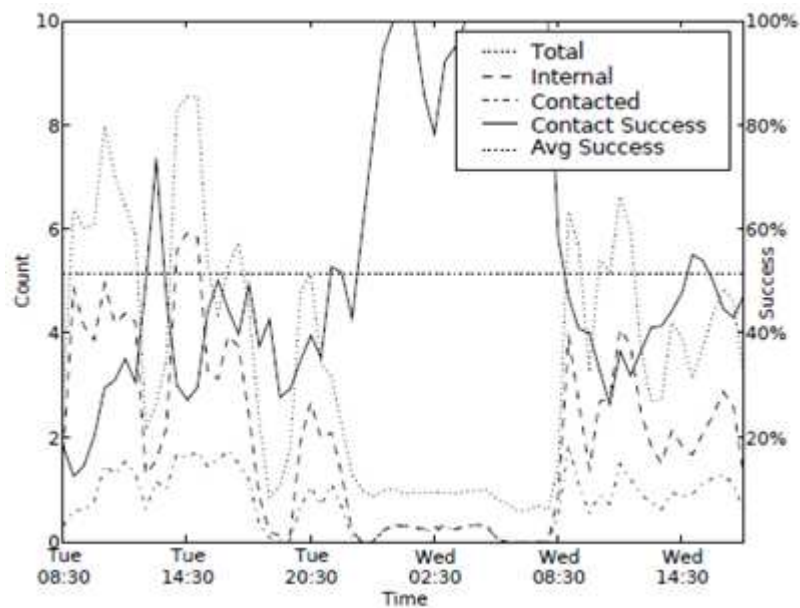
Η επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας των συσκευών δεν έχει βαρύτητα στην υλοποίηση του συγκεκριμένου ενδιαμέσου λογισμικού καθώς η χρήση του περιορίζεται μόνο σε συγκεκριμένου τύπου εφαρμογές σχετικές με επικοινωνία. Η εμβέλεια του συστήματος είναι πολύ μικρή και δεν υπάρχει τουλάχιστον στα υπάρχοντα κοινωνικά μέσα δικτύωσης υπηρεσία η

οποία να μπορεί να αναβαθμιστεί κάνοντας χρήση πληροφοριών σχετικών με το περιβάλλον λειτουργίας μιας συσκευής. Ο ασύγχρονος τρόπος μετάδοσης δεν βοηθάει στην άμεση λήψη πληροφοριών από μια συσκευή προκειμένου αυτή να χρησιμοποιήσει την πληροφορία προς όφελος της.

Όπως είδαμε η υλοποίηση του συστήματος Mobiclique δεν χρησιμοποιεί καμιά τεχνολογία ασφάλειας, ωστόσο υπάρχει δυνατότητα για πραγματοποίηση αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης μέσω μηχανισμού δημόσιου κλειδιού (public key infrastructure PKI) όπως αυτός έχει προταθεί από το πρωτόκολλο HIP (Host identity protocol). Αδύναμο κρίκο για την ασφάλεια του συστήματος αποτελεί το γεγονός την αποθήκευσης των διακριτικών στοιχείων του χρήστη (credentials) είτε στην μνήμη της συσκευής είτε στον μόνιμο αποθηκευτικό χώρο. Κατά την Τρίτη φάση (ανταλλαγής δεδομένων) δίνεται η δυνατότητα σε κακόβουλο χρήστη να ανακτήσει την κρίσιμη πληροφορία είτε σε καθαρή μορφή κειμένου, είτε ακόμη και σε κρυπτογραφημένη μορφή εφόσον αυτή έχει χρησιμοποιηθεί και στην συνέχεια να την χρησιμοποιήσει σε συνδυασμό με τον πλήρη μορφώτυπο του άλλου χρήστη τον οποίο έχει αποκτήσει έχοντας εξουσιοδότηση.

Η απόδοση του συστήματος δεν είναι ικανοποιητική καθώς ο μέγιστος ταυτόχρονος αριθμός συνδέσεων που προσφέρεται από την υπηρεσία Bluetooth είναι εφτά, ενώ το σύστημα Mobiclique επιτρέπει μόλις τρεις. Ο περιορισμός αυτός πραγματοποιήθηκε λόγω των παρεμβολών που παρουσιάζονται σε ένα πυκνό κατοικημένο δίκτυο PICONET. Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι κατά την διάρκεια ανακάλυψης των υπηρεσιών η συσκευή δεν μπορεί να απαντήσει σε αιτήματα άλλων συσκευών. Αρνητικό είναι το γεγονός πως κατά την χρήση του συστήματος παρατηρήθηκε μεγάλη αδράνεια των συσκευών με ταυτόχρονη αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.

Η συνδεσιμότητα του συστήματος δεν αποτελεί το δυνατό σημείο του καθώς οι κινητικότητα των χρηστών επηρεάζει τα ποσοστά επιτυχίας κατά την σύνδεση των συσκευών. Ο μέσος αριθμός επιτυχημένων συνδέσεων που παρατηρήθηκαν κατά την χρήση του συστήματος Mobiclique μόλις που ανέρχεται σε ποσοστό 50 της εκατό. Στην παρακάτω εικόνα 3.6 παρατηρούμε τα ποσοστά επιτυχίας σύνδεσης των συσκευών αλλά και ανακάλυψης των υπηρεσιών σε δίκτυο τοπικής εμβέλειας με συμμετοχή τριών συσκευών.



Εικόνα 3.6: Απεικόνιση των ποσοστών επιτυχίας σύνδεσης των συσκευών αλλά και ανακάλυψης των υπηρεσιών σε δίκτυο τοπικής εμβέλειας με συμμετοχή τριών συσκευών

Η διαχείριση ενέργειας των συσκευών αποτελεί άλλο ένα μειονέκτημα του συστήματος mobiclíque καθώς η χρήση τεχνολογιών συνδεσιμότητας όπως για παράδειγμα Bluetooth ή WIFI Παρουσιάζει αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Κατά την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των χρηστών γίνεται συνεχής χρήση του μόνιμου αποθηκευτικού χώρου κάτι το οποίο επιβαρύνει την συσκευή. Η επαναλαμβανόμενη χρήση υπηρεσίας ανακάλυψης υπηρεσιών οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας ενώ η φύση και ο χαρακτήρας των κοινωνικών μέσων δικτύωσης απαιτούν συνεχή ενημέρωση των πληροφοριών αλλά και χρήση πόρων της συσκευής όπως για παράδειγμα φωτεινότητα της οθόνης που παραμένει ενεργή για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το σύστημα Mobiclíque είναι βασισμένο σε γεγονότα κάτι το οποίο σημαίνει πως η ομάδα ανάπτυξης του mobiclíque χρησιμοποιεί πολύπλοκες εσωτερικές δομές δεδομένων για την αναπαράσταση των γεγονότων αυτών. Κατά την διάρκεια έναρξης σύνδεσης μεταξύ των συσκευών καθώς και για τις υπηρεσίες δρομολόγησης χρησιμοποιούνται λυτές δομές δεδομένων, οι οποίες όπως είδαμε αποτελούν ζεύγη πληροφοριών κλειδιού – τιμής. Οι συσκευές δεν έχουν την ανάγκη αποθήκευσης μεγάλου όγκου πληροφοριών λόγω της περιορισμένης εμβέλειας του συστήματος κάτι το οποίο μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως για την αναπαράσταση των γεγονότων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας τύπος δεδομένων βασισμένος σε χώρο πλειάδων ή ένας δενδροειδής τύπος δεδομένων ο οποίος θα ήταν αποδοτικότερος.

3.3.9 IMISSAR

3.3.9.1 Περιγραφή

Το IMISSAR [24] είναι ένα ενδιάμεσο σύστημα λογισμικού το οποίο προσφέρει επίγνωση πλαισίου, μια έξυπνη γνωσιακή βάση διαχείρισης των σφαλμάτων και αυτόματη αναρρύθμιση των εφαρμογών. Η σχεδίαση του βασίστηκε σε μοντέλο το οποίο δημιουργήθηκε γύρο από τις προσφερόμενες λειτουργίες του ενδιάμεσου λογισμικού. Ένα τέτοιο μοντέλο προσφέρει ευκολία στην υλοποίηση σε διαφορετικές φορητές συσκευές. Επίσης επιτρέπει επαναχρησιμοποίηση των κοινά χρησιμοποιούμενων λειτουργιών και διάσπαση σε τμήματα αυτών.

Η αυτόματη αναρρύθμιση των εφαρμογών είναι μια διαδικασία κατά την οποία το ΕΛ μεταφέρει μια εφαρμογή που εκτελείται σε μια φορητή συσκευή σε ένα ατομικό εξυπηρετητή. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή και ως cyber foraging. Η διεργασία αυτή εκτελείται αυτόματα από το ΕΛ λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες όπως για παράδειγμα ο χρόνος ζωής του συσσωρευτή, κατάσταση του επεξεργαστή, χρήση μνήμης, προσωπικές επιλογές του χρήστη κ. Η επαναρρύθμιση μπορεί να είναι δυναμική ή στατική. Κατά την δυναμική επαναρρύθμιση το ΕΛ λαμβάνει υπόψη τους παραπάνω παράγοντες εκτός από τις επιλογές χρήστη. Κατά την στατική επαναρρύθμιση μια εφαρμογή μπορεί να εκτελεστεί απομακρυσμένα και η επιλογή αυτή να βασιστεί στις αρχικές επιλογές του χρήστη.

Η γνωσιακή βάση πλαισίου προσφέρει δεδομένα που λαμβάνονται υπόψη από την διεργασία αυτόματης επαναρρύθμισης. Τέτοια δεδομένα μπορεί να είναι η τοποθεσία, ο χρόνος και άλλοι παράγοντες.

Η έξυπνη γνωσιακή βάση έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε με την βοήθεια της να πραγματοποιείται διαχείριση των σφαλμάτων που μπορεί να παρουσιαστούν κατά την επαναρρύθμιση των εφαρμογών. Αποθηκεύει σφάλματα και γνωστές λύσεις, είναι ικανή να αιτιολογήσει για πιο λόγο επιλέγει μια συγκεκριμένη λύση καθώς επίσης και να δημιουργήσει νέα ζεύγη σφαλμάτων – λύσεων.

Η μέχρι τώρα λύσεις ενδιάμεσου λογισμικού που έχουν προταθεί για cyber foraging πραγματοποιούν μεταφορά μόνο ενός τμήματος της εφαρμογής που εκτελείται. Το IMISSAR

μεταφέρει ολόκληρη την εφαρμογή σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή διατηρώντας στην φορητή συσκευή του χρήστη μόνο το γραφικό περιβάλλον διεπαφής.

Για την επιτυχή εφαρμογή και ανάπτυξη του συστήματος IMISSAR απαιτείται το ίδιο το ΕΛ, οι εφαρμογές αλλά και ο απομακρυσμένος εξυπηρετητής να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις. Το ΕΛ θα πρέπει να :

- Προσφέρει επίγνωση πλαισίου : αν η συσκευή δεν προσφέρει τέτοια δυνατότητα τότε είναι το ΕΛ που θα πρέπει να την προσφέρει
- Προσφέρει αποδοτική λειτουργία : το ΕΛ θα πρέπει να είναι ικανό να εκτελείται σε συσκευές λιγοστών πόρων.
- Να προσφέρει διαφάνεια
- Να προσφέρει δυνατότητα τμηματοποίησης : είναι επιθυμητό το ΕΛ να μπορεί να προσθέσει στο μέλλον νέα τμήματα λογισμικού στο σύστημα έτσι ώστε να εξυπηρετήσει νέες πιθανές ανάγκες.

Μια εφαρμογή η οποία θα εκτελείται στο σύστημα IMSSAR θα πρέπει :

- Να παρουσιάζει διακριτό διαχωρισμό διεργασιών διεπαφής και υπολογισμού .
- Να παρουσιάζει διαφανείς διαδικασίες RPC.
- Να παρουσιάζει ικανότητα χρήσης αρχείων XML στα οποία αποθηκεύεται η απαραίτητη πληροφορία για την επαναρύθμιση της εφαρμογής ή να αποθηκεύεται η επιλογή του χρήστη για στατική επαναρύθμιση.

Ο απομακρυσμένος εξυπηρετητής θα πρέπει :

- Να διαθέτει αφιερωμένο διαχειριστή επικοινωνίας (communication manager) ο οποίος διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ του εξυπηρετητή και των φορητών συσκευών.

- Να διαθέτει υπηρεσία αποκωδικοποίησης (decryption service) έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η απαραίτητη κρυπτογράφηση κατά την μεταφορά των δεδομένων.

Το σύστημα IMISSAR βασίζει την λειτουργία του σε τέσσερις βασικούς πυλώνες.

Δυναμική επαναρύθμιση (dynamic reconfiguration)

Δυναμική επαναρύθμιση είναι η διαδικασία παρακολούθησης των εφαρμογών, λήψεις αποφάσεων για τις εφαρμογές και τοποθέτηση των εφαρμογών σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή. Η δυναμική επαναρύθμιση συμβαίνει όταν μια αξιοπρόσεκτη αλλαγή στην απόδοση της συσκευής συμβεί και μπορεί να προκληθεί από δυο κύριους παράγοντες : την υψηλή χρήση του επεξεργαστή και την ανεπαρκή μνήμη. Ωστόσο και άλλοι παράγοντες λαμβάνονται υπόψη όπως η ύπαρξη δικτυακής σύνδεσης , περιορισμοί στην χρήση του εύρους ζώνης , προσωπικές επιλογές του χρήστη , διάρκεια ζωής συσσωρευτή , δικτυακός φόρτος και άλλα.

Προκειμένου να ληφθεί απόφαση για την πραγματοποίηση δυναμικής επαναρύθμισης χρησιμοποιείται μια εξίσωση κόστους – απόδοσης. Η εξίσωση κόστους όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.7 (1) συμπεριλαμβάνει αρκετούς παραμέτρους όπως αυτοί που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η εξίσωση απόδοσης όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.7 (2) περιλαμβάνει την χρήση του επεξεργαστή και την χρήση μνήμης. Κάθε μια από τις εξισώσεις υπολογίζεται ξεχωριστά και στην συνέχεια συγκρίνονται τα αποτελέσματα. Αν η εξίσωση απόδοσης είναι μεγαλύτερη από την εξίσωση κόστους τότε το ΕΛ αποφασίζει θετικά για πραγματοποίηση δυναμικής επαναρύθμισης. Παρακάτω παρατίθενται οι σχετικές εξισώσεις :

$$\text{Cost} = \text{Network Type} + \text{Battery Level} + \text{Bandwidth Restrictions} + \text{User Preferences} + \text{Current Network Strength} + \text{Applications Currently Reconfigured} \quad (1)$$

$$\text{Benefit} = \text{Processor Utilization} + \text{Memory Utilization} \quad (2)$$

Εικόνα 3.7: Εξίσωση “Κόστους” (1) & εξίσωση “απόδοσης” (2).

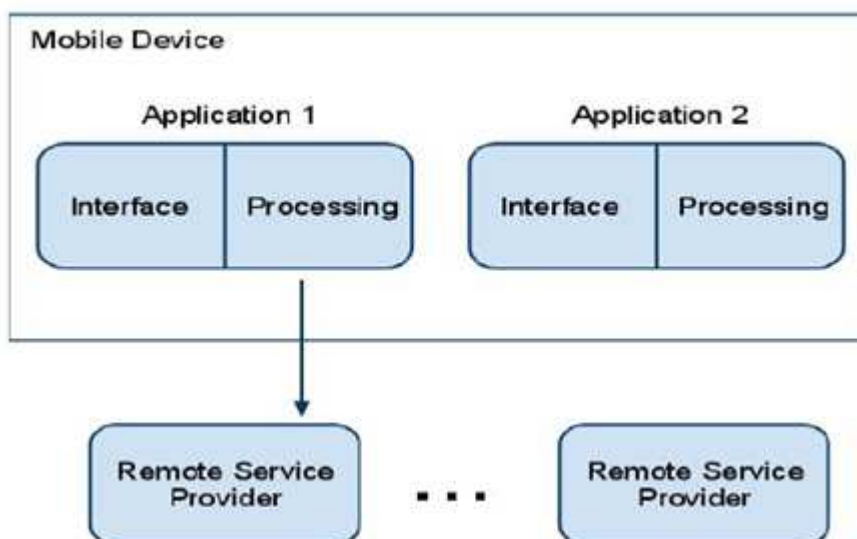
Στις παραπάνω εξισώσεις οι τιμές προστίθενται και συγκρίνονται. Αν η απόδοση είναι μεγαλύτερη τότε μια από τις εκτελούμενες εφαρμογές επιλέγεται για μεταφορά σε

απομακρυσμένο εξυπηρετητή. Στο σημείο αυτό λαμβάνονται υπόψη και οι πληροφορίες που βρίσκονται αποθηκευμένες στο XML αρχείο της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Από την στιγμή που έχει επιλεγεί μια εφαρμογή για μεταφορά σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή το IMISSAR ξεκινά την αναζήτηση αυτού του εξυπηρετητή. Συνδέεται σε υπηρεσία καταλόγου χρησιμοποιώντας με ανώνυμο τρόπο ως στοιχεία την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται η συσκευή σε μια προσπάθεια να βρει τον καταλληλότερο εξυπηρετητή ο οποίος θα βρίσκεται στην κοντινότερη απόσταση από την συγκεκριμένη συσκευή. Μόλις βρεθεί ο εξυπηρετητής τότε ο εξυπηρετητής αρχίζει τις απαραίτητες προετοιμασίες λαμβάνοντας πληροφορίες απευθείας από την συσκευή. Στην συνέχεια το IMISSAR διακόπτει την λειτουργία της συγκεκριμένης εφαρμογής και την μεταφέρει στον απομακρυσμένο εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής αρχίζει την εκτέλεση μιας εικονικής μηχανής (virtual machine) για την συσκευή και ξεκινάει την λήψη της εφαρμογής από την συγκεκριμένη φορητή συσκευή. Όταν η μεταφορά τελειώσει ο εξυπηρετητής αρχίζει (- συνεχίζει) την εκτέλεση της εφαρμογής και το IMISSAR ξανά αρχίζει την εκτέλεση του τμήματος γραφικής διεπαφής στην φορητή διεπαφή του χρήστη. Τα δυο αυτά τμήματα , δηλαδή , η εκτελούμενη εφαρμογή στον απομακρυσμένο εξυπηρετητή και η γραφική διεπαφή στην φορητή συσκευή του χρήστη επικοινωνούν διαρκώς μεταφέροντας δεδομένα με διαδικασίες διαφανούς RPC.

Στατική επαναρύθμιση (Static reconfiguration)

Οι εφαρμογές οι επαναρυθμίζονται με στατικό τρόπο μεταφέρονται πάντα σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται κατά τον χρόνο εγκατάστασης της εφαρμογής αλλά και κατά τον χρόνο εκτέλεσης της. Στην παρακάτω εικόνα 3.8 απεικονίζονται δυο εφαρμογές σε φορητή συσκευή. Και οι δυο εφαρμογές ζητούν μέσω του XML αρχείο τους στατική επαναρύθμιση. Ωστόσο κατά την εγκατάσταση της δεύτερης ο χρήστης επιλέγει η εφαρμογή αυτή να μην μεταφέρεται σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή. Για την εφαρμογή ένα ο χρήστης δεν μεταβάλλει τις αρχικές ρυθμίσεις της και για τον λόγο αυτό η εφαρμογή θα μεταφέρεται διαρκώς σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή.



Εικόνα 3.8: Απεικόνιση δυο εφαρμογών σε φορητή συσκευή. Και οι δυο εφαρμογές ζητούν μέσω του XML αρχείο τους στατική επαναρύθμιση. Ωστόσο κατά την εγκατάσταση της δεύτερης ο χρήστης επιλέγει η εφαρμογή αυτή να μην μεταφέρεται σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή.

Είναι δυνατόν μια εφαρμογή να δηλώσει στο αρχείο XML της ότι επιθυμεί μεταφορά της σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή μόνο εφόσον πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Για παράδειγμα μια εφαρμογή θα μπορούσε κατά την φάση εγκατάστασης της να ζητήσει στατική επαναρύθμιση εφόσον η μνήμη της συσκευής δεν είναι μεγαλύτερη από χ MB.

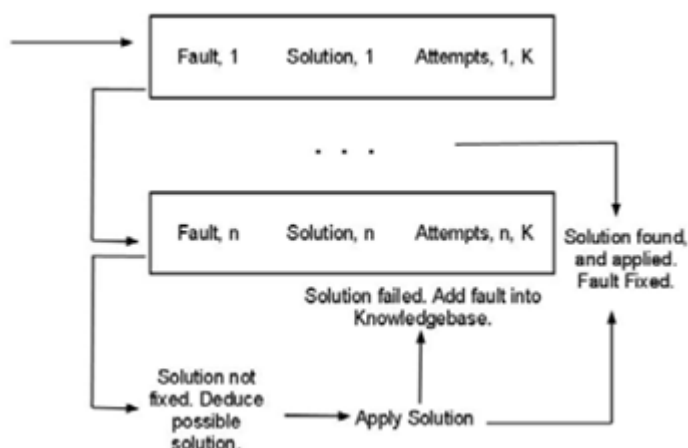
Επαναρύθμιση πλαισίου (contextual reconfiguration)

Η επαναρύθμιση πλαισίου μοιάζει με την δυναμική επαναρύθμιση ωστόσο διαφέρει στο γεγονός ότι αναζητά απομακρυσμένους εξυπηρετητές μόνο στο κοντινό περιβάλλον της συσκευής. Ο λόγος για τον οποίο προτιμάται η επαναρύθμιση πλαισίου είναι το γεγονός ότι η μεταφορά δεδομένων από την φορητή συσκευή σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή ο οποίος βρίσκεται σε κοντινή απόσταση είναι αποδοτικότερη και καταναλώνει λιγότερους πόρους από το αν ο εξυπηρετητής βρισκόταν σε μακρινή απόσταση. Μια τέτοια επαναρύθμιση δεν πραγματοποιείται όταν η συσκευή βρίσκεται σε γρήγορη κίνηση, όπως για παράδειγμα αν ο χρήστης βρίσκεται σε κινούμενο όχημα, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συνεχείς αναζητήσεις για νέους εξυπηρετητές οι οποίες καταναλώνουν ενέργεια.

Έξυπνη γνωσιακή βάση (Intelligence knowledge base)

Η έξυπνη γνωσιακή βάση είναι ένα αποθετήριο σφαλμάτων το οποίο προλαμβάνει πληροφορίες για προηγούμενα σφάλματα τα οποία συνάντησε το IMISSAR καθώς επίσης και τις λύσεις

αυτών. Όταν ένα νέο σφάλμα παρουσιαστεί το IMISSAR αναζητά στην γνωσιακή βάση και εφαρμόζει όποια λύσει αξιολογήσει ως καταλληλότερη. Αν δεν υπάρχει λύση τότε το σύστημα προσπαθεί να κατασκευάσει με λογικά βήματα μια νέα λύση εφαρμόζοντας την τεχνική προσπάθειας και λάθους (trial and error). Αν και αυτή η προσπάθεια αποτύχει το σύστημα καταγράφει το σφάλμα και όλες τις αποτυχημένες προσπάθειες λύσης. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται στην ακόλουθη εικόνα 3.9 :



Εικόνα 3.9: Λειτουργία έξυπνης γνωσιακής βάσης.
 “K = αριθμός προηγούμενων σφαλμάτων”. & “n= αριθμός σφαλμάτων”.

3.3.9.2 Αξιολόγηση

Η ανακάλυψη υπηρεσιών στο σύστημα IMISSAR πραγματοποιείται με χρήση του συστήματος publish-subscribe το οποίο προσφέρεται από τον απομακρυσμένο εξυπηρετητή. Οι φορητές συσκευές πραγματοποιούν συνδρομή στις προσφερόμενες υπηρεσίες ενδιαφέροντος και οι διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων διενεργείται ανενόχλητα στην εμβέλεια του τοπικού εξυπηρετητή. Δεν υπάρχει κατάλογος υπηρεσιών ενώ η συχνή επαναρύθμιση των εφαρμογών προσφέρει την δυνατότητα στις φορητές συσκευές για απευθείας επαφή μεταξύ τους χωρίς την μεσολάβηση του απομακρυσμένου εξυπηρετητή. Η ανακάλυψη υπηρεσιών του συστήματος IMISSAR έχει λάβει υπόψη της όλα τα αρνητικά στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί στο παρελθόν από συστήματα publish-subscribe αλλά και χώρου πλειάδων.

Η προσαρμοστικότητα του συστήματος IMISSAR αποτελεί ένα από τα δυνατά σημεία του καθώς λόγω της αρχιτεκτονικής του είναι πολύ εύκολο να προσαρτηθούν νέα τμήματα λογισμικού τα οποία θα εξυπηρετούν πρώτο εμφανιζόμενες ανάγκες. Ο διαχωρισμός μια εφαρμογής σε υπολογιστικό τμήμα και τμήμα γραφικές διεπαφής ευνοεί την ένταξη νέων

φορητών συσκευών ακόμη και με λειτουργικά συστήματα τα οποία δεν υπάρχουν αυτή την στιγμή τα οποία ωστόσο ακολουθώντας βασικούς κανόνες συγγραφής γενικού προγραμματισμού θα μπορούσαν να ενταχθούν στο σύστημα απροβλημάτιστα. Η χρήση τεχνολογίας XML καθώς και η ύπαρξη βάσεων δεδομένων, τόσο για την γνωσιακή βάση, όσο και για την βάση επίγνωσης πλαισίου βοηθά στην προτυποποίηση των λειτουργιών και διαδικασιών που υποστηρίζει το ΕΛ.

Η επίγνωση πλαισίου που προσφέρεται από το σύστημα IMISSAR στις φορητές συσκευές είναι επίσης άλλο ένα δυνατό σημείο του καθώς συνδυάζεται με την ύπαρξη έξυπνης γνωσιακής βάσης όπου κάθε τύπος πληροφορίας πλαισίου συνδυάζεται με κανόνες αιτιολόγησης και αλγοριθμικές διαδικασίες τεχνίτης νοημοσύνης για την απόδοση λύσεων σε παρουσιαζόμενα προβλήματα. Κάθε φορητή συσκευή είναι σε θέση να αποθηκεύσει δικές της πληροφορίες περιβάλλοντος καθώς επίσης και να κάνει χρήση του αρχείου XML έτσι ώστε να μεταφέρει εντολές που σχετίζονται με τις προσωπικές επιλογές του κάθε χρήστη. Η αυτόματη επαναρύθμιση πραγματοποιείται με την εφαρμογή φίλτρων κάτι που σημαίνει πως όλη η απαραίτητη πληροφορία πλαισίου χρησιμοποιείται και δεν υπάρχει άσκοπη αποθήκευση της.

Η ασφάλεια που παρουσιάζει το σύστημα IMISSAR είναι ικανοποιητική και καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών τόσο από την πλευρά των εφαρμογών όσο και από την πλευρά του ενδιαμέσου λογισμικού. Οι υπηρεσίες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης πραγματοποιούνται στον απομακρυσμένο εξυπηρετητή και αφορούν όλα τα διερχόμενα δεδομένα από την φορητή συσκευή προς τον απομακρυσμένο εξυπηρετητή και ανάποδα. Η βάση δεδομένων πλαισίου είναι σε θέση να αποθηκεύσει και όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση των χρηστών ή των εφαρμογών.

Η απόδοση του συστήματος δεν έχει μετρηθεί σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ωστόσο η απόδοση υπήρξε βασικός πυλώνας κατά την σχεδίαση της αρχιτεκτονικής του ενδιαμέσου λογισμικού IMISSAR με αποτέλεσμα να υπάρχουν αλγόριθμοι σε κάθε τμήμα του ενδιαμέσου λογισμικού οι οποίοι επεμβαίνουν προκειμένου να ληφθεί ή να μη ληφθεί μια απόφαση η οποία θα επηρέαζε την απόδοση του συστήματος. Από την λήψη απόφασης μια επαναρύθμισης πλαισίου όπου αναζητείται μόνο κοντινός εξυπηρετητής μέχρι την αποθήκευση σε βάση δεδομένων τριών μόνο στηλών γίνεται ολοφάνερη η προσπάθεια των σχεδιαστών να στηρίξουν τις αποφάσεις του συστήματος IMISSAR έχοντας ως κύριο κριτήριο την απόδοση.

Η συνδεσιμότητα των φορητών συσκευών δεν αποτελεί πρόβλημα για το σύστημα IMISSAR καθώς λόγω της δεδομένης αρχιτεκτονικής του και της ύπαρξης τοπικών εξυπηρετητών είναι απαραίτητη η παρουσία των φορητών συσκευών στην περιφέρεια των εξυπηρετητών. Διαδικασίες σύνδεσης και αποσύνδεσης των συσκευών αντιμετωπίζονται με τις υπάρχουσες τεχνολογίες και τεχνικές και δεν έχει αναπτυχθεί κάποιο υποσύστημα του IMISSAR αφιερωμένο για το σκοπό αυτό. Κύριος τρόπος σύνδεσης είναι η ασύρματη δικτύωση μέσω wi-fi ενώ δεν γίνεται καμία αναφορά για χρήση πρωτοκόλλου Bluetooth.

Η διαχείριση ενέργειας των συσκευών που μετέχουν σε ένα σύστημα IMISSAR βρίσκεται σε πλήρη αντιστοιχία με την άποψη των σχεδιαστών για υψηλή απόδοση του συνολικού συστήματος. Γίνεται ιδιαίτερη μεταχείριση των συσκευών οι οποίες προστατεύονται σε κάθε τους βήμα έτσι ώστε να δαπανούν την ελάχιστη δυνατή ενέργεια προκειμένου να πραγματοποιήσουν οποιαδήποτε λειτουργία τους. Η χρήση αδιαφάνειας στην επικοινωνία αλλά και η χρήση XML τεχνολογίας ελαχιστοποιεί την μεταφορά δεδομένων μόνο στην φάση αυτόματης επαναρύθμισης. Ακόμη και στην περίπτωση στατικής επαναρύθμισης μια εφαρμογή είναι δυνατή η αποθήκευση της κατάστασης της εφαρμογής στον απομακρυσμένο εξυπηρετητή με στόχο την ελάχιστη δυνατή μεταφορά δεδομένων που θα απαιτηθεί μετά από ενδεχόμενη αποσύνδεση της φορητής συσκευής.

Η αναπαράσταση δεδομένων στο σύστημα IMISSAR βασίζεται στην δοκιμασμένη τεχνολογία των βάσεων δεδομένων. Όπως είδαμε και νωρίτερα η δομή της βάσης δεδομένων πλαισίου είναι μινιμαλιστική ενώ η γνωσιακή βάση δεδομένων χρησιμοποιεί τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης όπου δίνεται έμφαση κυρίως στον τρόπο παραγωγής συμπερασμάτων και κανόνων παρά στην αναλυτική περιγραφή και ταυτόχρονη αποθήκευση γεγονότων και συμβάντων. Με τον τρόπο αυτό ο τοπικό εξυπηρετητής είναι σε θέση με πολύ γρήγορο ρυθμό να εξάγει συμπεράσματα για την πραγματοποίηση μια επαναρύθμισης ή όχι και ταυτόχρονα να μεταφέρει την ελάχιστη πληροφορία προκειμένου να ανανεώσει την γραφική διεπαφή στην φορητή συσκευή του χρήστη.

3.4 Σύγκριση συστημάτων

Απόδοση

Τα συστήματα PRONTO , PEERWARE, REMOC, CASS, LEMONE και IMISSAR παρουσιάζουν αυξημένη απόδοση κατά την λειτουργία τους κάτι το οποίο οφείλεται κυρίως στους μηχανισμούς αναπαράστασης δεδομένων που χρησιμοποιούν. Στα περισσότερα από τα συστήματα αυτά η απόδοση αποτέλεσε ένα κύριο χαρακτηριστικό κατά την φάση της σχεδίασης τους , ενώ ταυτόχρονα η διακινούμενη πληροφορία στο δίκτυο ελαττώθηκε στο μικρότερο δυνατό έτσι ώστε να μην υπάρχει επιβάρυνση ούτε και αυτό τον τομέα. Τα συστήματα XMIDDLE Και MOBICLIQUE δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη απόδοση ωστόσο υπάρχουν χαρακτηριστικά τα οποία διαθέτουν και τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για αύξηση της απόδοσης. Τελευταίο σε απόδοση είναι το σύστημα 3DMA του οποίου οι μετρήσεις δεν κρίνονται αποδεκτές καθώς εμφανίζει μεγάλο χρόνο απόκρισης και υστερεί σε σχέση με όλα τα προαναφερθέντα συστήματα.

Προσαρμοστικότητα

Τα συστήματα 3DMA , XMIDDLE, PRONTO, PEERWARE, REMOC, LIMONE και IMISSAR εμφανίζουν ικανοποιητικά χαρακτηριστικά προσαρμοστικότητας κυρίως λόγω της αρχιτεκτονικής που ακολουθούν η οποία βασίζεται σε ξεχωριστά τμήματα λογισμικού ή στην χρήση πρακτόρων. Επίσης θετική είναι και η χρήση χώρου πλειάδων στα περισσότερα από αυτά η οποία δέχεται με ευκολία κάθε νέο μέλος στο σύστημα. Το σύστημα MOBICLIQUE κυρίως λόγω του περιορισμένου πληθυσμού στον οποίο απευθύνεται (κοινωνικά δίκτυα) δεν παρουσιάζει αυξημένη προσαρμοστικότητα κάτι όμως το οποίο μπορεί να πραγματοποιήσει χρησιμοποιώντας το πολύ καλό API που διαθέτει. Στην χειρότερη θέση βρίσκεται το σύστημα CASS εξαιτίας της χρήσης κανόνων και του καταλόγου υπηρεσιών που χρησιμοποιεί η σταθερή υποδομή του.

Επίγνωση

Τα συστήματα 3DMA, PRONTO, REMOC, CASS, LIMONE και IMISSAR χρησιμοποιούν προς όφελος τους την πληροφορία που λαμβάνουν από το περιβάλλον, κυρίως μέσω δικτύου αισθητήρων, και παρουσιάζουν ικανοποιητική για τον χρήστη επίγνωση περιβάλλοντος. Εκτός του συστήματος CASS το οποίο διαθέτει ειδικό μηχανισμό συμπερασματολογίας τα υπόλοιπα

χρησιμοποιούν ένα υποτυπώδη μηχανισμό απόφασης. Το σύστημα XMIDDLE διαθέτει περιθώρια βελτίωσης κυρίως λόγω της χρήσης τεχνολογία XML ενώ το σύστημα PEERWARE δεν είχε ως στόχο την επίγνωση περιβάλλοντος από το στάδιο της αρχικής του σχεδίασης και ενδιαφέρεται κυρίως για την χρήση στατικών υπηρεσιών.

Ασφάλεια

Τα συστήματα 3DMA , PRONTO, LIMONE και IMISSAR είναι τα μοναδικά τα οποία παρέχουν υπηρεσίες αυθεντικοποίησης και ορισμένα από αυτά και κρυπτογράφηση. Το σύστημα LIMONE χρησιμοποιεί επίσης ασύμμετρη κρυπτογράφηση δημοσίου/ ιδιωτικού κλειδιού εφόσον ο διαχειριστής του συστήματος το επιθυμήσει. Στο σύστημα REMOC Μπορεί να προστεθεί μηχανισμός αυθεντικοποίησης ως ξεχωριστό τμήμα μηχανισμού (module) μετά την αρχική του εγκατάσταση. Τέλος τα συστήματα XMIDDLE , PEERWARE, CASS και MOBICLIQUE δεν διαθέτουν κανενός είδους μηχανισμό ασφάλειας ούτε έχουν την δυνατότητα προσθήκης στο μέλλον.

Συνδεσιμότητα

Από άποψη συνδεσιμότητας όλα τα συστήματα πλην του MOBICLIQUE παρουσιάζουν πολύ καλή απόδοση κατά την διαχείριση σύνδεσης και αποσύνδεσης των συσκευών από το ΕΛ. Το φαινόμενο αυτό δεν αποτελεί έκπληξη καθώς η χρήση ενδιάμεσου λογισμικού λαμβάνει υπόψη της το χαρακτηριστικό αυτό κατά την αρχική φάση σχεδίασης του με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζεται το πρόβλημα κυρίως με χρήση τεχνολογίας publish/subscribe και ταυτόχρονη αποθήκευση της τρέχουσας κατάστασης των συσκευών σε ικανές δομές δεδομένων όπως δενδροειδής μορφές ή χρήση ιδεατών συστημάτων αρχείων (GVDS, PEERWARE). Το σύστημα MOBICLIQUE παρουσιάζει αδυναμία καθώς μόλις το 50% των διακοπτόμενων συνδέσεων μπόρεσαν να επανασυνδεθούν.

Διαχείριση ενέργειας

Τα συστήματα XMIDDLE, PEERWARE, REMOC, LIMONE , CASS και IMISSAR κυρίως λόγω της τμηματοποίησης των διεργασιών και της ανάθεσης τους στη σταθερή υποδομή αποφορτίζουν τις συσκευές από το δύσκολο επεξεργαστικό έργο με αποτέλεσμα την ικανοποιητική διαχείριση ενέργειας. Επίσης Στα συστήματα αυτά έχει ληφθεί μέριμνα έτσι ώστε η διακινούμενη πληροφορία στο δίκτυο να είναι η ελάχιστη προκειμένου να μην καταναλώνονται πόροι της

συσκευής. Τα 3DMA, PRONTO και MOBICLIQUE επιβαρύνουν τις συσκευές είτε με μηχανισμού συμπίεσης και κρυπτογράφησης είτε με πολύ μεγάλη συχνότητα αναζήτησης υπηρεσιών.

Αναπαράσταση δεδομένων

Στα συστήματα PEERWARE, REMOC, CASS, LIMONE και IMISSAR συναντάμε ιδιαίτερα αποδοτικούς μηχανισμούς αποθήκευσης και αναπαράστασης δεδομένων. Το ιδεατό σύστημα αρχείων GVDS η χρήση τεχνολογιών όπως η WSDL , και η χρήση βάσεων δεδομένων σε συνδυασμό με την SQL είναι οι κύριοι μηχανισμοί στους οποίους οφείλεται η αποδοτική χρήση των δεδομένων. Τα συστήματα 3DMA και PRONTO παρουσιάζουν μέτρια επίδοση κατά την χρήση των δεδομένων καθώς αποτέλεσε σημαντικότερο παράγοντα κατά την σχεδίαση τους η ευκολία αναπαράστασης των δεδομένων και όχι η απόδοση δεδομένων. Τέλος το σύστημα XMIDDLE δεν παρουσιάζει ικανοποιητική απόδοση κατά την αναπαράσταση δεδομένων αφού περιορίζεται από τη μεγάλη χρήση τεχνολογίας XML η οποία επιτρέπει αποθήκευση μόνο του ζεύγους κλειδί- τιμή

Ανακάλυψη υπηρεσιών

Στα συστήματα PRONTO, REMOC, CASS, LIMONE και IMISSAR η λειτουργία εύρεση υπηρεσιών λειτουργεί ικανοποιητικά καθώς έχει ληφθεί υπόψη η προσθήκη νέων προσφερόμενων υπηρεσιών η ενημέρωση όσο ήδη υπάρχουν καθώς και η διαγραφή υπηρεσιών οι οποίες σταμάτησαν να υποστηρίζονται . Η ενημέρωση προς τον χρήστη είναι άμεση και σε αυτό βοηθά κυρίως η σταθερή υποδομή υπολογιστικών συστημάτων που διαθέτουν αυτά τα ενδιάμεσα λογισμικά. Το σύστημα 3DMA και PEERWARE μεταφέρουν την ευθύνη της εύρεσης υπηρεσιών στις συσκευές με αποτέλεσμα η ποιότητα της υπηρεσίας αυτής να μην μπορεί να ελεγχθεί κεντρικά. Τέλος το σύστημα XMIDDLE δεν υποστηρίζει ικανοποιητική απόδοση κατά την εύρεση υπηρεσιών καθώς στο ADHOC περιβάλλον που δημιουργείται δεν υπάρχει μεταβατικότητα στην λειτουργία εύρεσης υπηρεσιών.

Σύνοψη

Στον ακόλουθο πίνακα 3.2 εμφανίζονται συνοπτικά τα συστήματα ΕΛ τα οποία μελετήθηκαν καθώς και μια κατηγοριοποίηση της απόδοσης τους για κάθε επιμέρους κριτήριο αξιολόγησης. Σύμφωνα με τα πειραματικά δεδομένα που παρουσιάζονται σε κάθε μελετητική εργασία που

αφορά κάθε ένα από τα συστήματα ΕΛ καθώς και μετά την εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης που επιλέχθηκαν τα συστήματα ΕΛ κατηγοριοποιούνται στις εξής 3 κατηγορίες :

- **Επαρκές**
Είναι το σύστημα ΕΛ το ποίο εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα μετά την εφαρμογή του κριτηρίου αξιολόγησης.
- **Επεκτάσιμο**
Είναι το σύστημα ΕΛ το οποίο δεν εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα ωστόσο υπάρχει δυνατότητα βελτίωσης του συστήματος ΕΛ. Η βελτίωση δίνεται ως δυνατότητα κυρίως λόγω επιλογής μιας ευέλικτης αρχιτεκτονικής του υπο μελέτη συστήματος.
- **Ανεπαρκές**
Είναι το σύστημα ΕΛ το οποίο δεν εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα και ταυτόχρονα δεν υποστηρίζει δυνατότητα βελτίωσης κυρίως λόγω κακής επιλογής αρχιτεκτονικής.

	ΑΠΟΔΟΣΗ	ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΕΠΙΓΝΩΣΗ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΧ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΕΥΡΕΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
3DMA	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επεκτάσιμο	Επεκτάσιμο
XMIDDLE	Επεκτάσιμο	Επαρκές	Επεκτάσιμο	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές
PRONTO	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές
PERRWARE	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επεκτάσιμο
REMOC	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επεκτάσιμο	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές
CASS	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές
LIMONE	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές
MOBICLIQUE E	Επεκτάσιμο	Επεκτάσιμο	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές
IMISSAR	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές	Επαρκές

	Επαρκές
	Επεκτάσιμο
	Ανεπαρκές

Πίνακας 3.2: Στον πίνακα συνοψίζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των συστημάτων ενδιάμεσου λογισμικού τα οποία μελετήθηκαν και τα οποία επηρεάζουν τα οκτώ κριτήρια αξιολόγησης τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την μελέτη των συστημάτων αυτών.

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως εμφανίζονται δυο ΕΛ ως επαρκή και στα οκτώ χαρακτηριστικά στην βάση των οποίων αξιολογούνται. Η χρήση τεχνολογιών υλικού και λογισμικού που χρησιμοποιούν μπορεί να είναι αξιόλογη με δυναμικό χαρακτήρα όμως αν παρατηρήσουμε προσεκτικά θα δούμε πως το Limone προσπαθεί σε πραγματικό χρόνο να μεταφέρει τις πληροφορίες επίγνωσης περιβάλλοντος κάνοντας χρήση πρωτοκόλλου BEACONS

επιηράζοντας αρνητικά το εύρος ζώνης του δικτύου, επιβαρύνοντας το, καθώς επίσης και δεν επιδεικνύει τον μέγιστο σεβασμό όσο αφορά την κατανάλωση ενέργειας προς τις συσκευές αφού αυτές θα πρέπει να πάρουν μέρος στην επεξεργασία της πληροφορίας του περιβάλλοντος. Αυτό βέβαια στο σύνολο της εφαρμογής του μπορεί να μην αποτελεί ουσιαστικό πρόβλημα, όμως αν αυξηθεί η ανάγκη για μεγαλύτερη πληροφορία περιβάλλοντος τότε θα πρέπει το κριτήριο αξιολόγησης της διαχείρισης ενέργειας και το κριτήριο αξιολόγησης της απόδοσης να χαρακτηριστούν ως δυο κριτήρια τα οποία επιδέχονται βελτίωση.

Στην ίδια λογική κινείται και το ενδιάμεσο λογισμικό IMMISAR το οποίο εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας βάσεων δεδομένων (DB) χάνοντας όμως σε απόδοση ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής που θα χρησιμοποιηθεί. Η γνωσιακή βάση που χρησιμοποιεί μπορεί στο σύνολο της εφαρμοστικής του λειτουργίας να μην παρουσιάζει προβλήματα όμως σε περιπτώσεις που αυξηθεί η αποθηκευμένη πληροφορία, η γνωσιακή βάση θα αδυνατεί να εξάγει συμπεράσματα άμεσα και με την ταχύτητα που θα την χαρακτηρίζει το αντίστοιχο κριτήριο αξιολόγησης ως μειωμένης απόδοσης.

Από την παραπάνω αναλυτική μελέτη των εννέα συστημάτων ΕΛ παρατηρούμε πως υπάρχει χώρος για βελτίωση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήρια αξιολόγησης. Στον ακόλουθο πίνακα εμφανίζονται συνοπτικά τα κυριότερα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τα οποία χρησιμοποιούν τα εννέα συστήματα που εξετάστηκαν.

Ο πίνακας 3.3 θα χρησιμοποιηθεί ως συμβουλευτικός οδηγός για την επιλογή συγκεκριμένων τεχνολογικών χαρακτηριστικών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στο προτεινόμενο σύστημα νέας αρχιτεκτονικής πρότασης GloSeP.

	ΑΠΟΔΟΣΗ	ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΕΠΙΓΝΩΣΗ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΧ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΕΥΡΕΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
3DMA	μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης αποσύνδεσης εργασιών Υστερεί σε σχέση με sockets ή RMA	Αυξημένη λόγω modularized architecture	Υπάρχει αφοσιωμένος εργάτης για τον λόγο αυτό	Κρυπτογράφηση από την σταθερή υποδομή	Ευνοείται από publish subscribe Αξιόπιστο	Επιβαρύνεται από την αποσύνδεση εργασιών	ευκολία διαμοιρασμού δεδομένων	
XMIDDLE	Ταχύτητα λόγω trees μειωμένη χρήση στο κανάλι επικοινωνίας Χρήση Versioning system	Ικανοποιητική λόγω XML	Λόγω XML	Ασφάλεια ανατίθεται στην συσκευή	Η συσκευή προσαρτεί το tree σε όποιο σημείο θέλει	Ελάχιστη χρήση δικτύου	Μειονέκτημα όταν υπάρχει μόνο η μορφή κλειδί - τιμή λόγω XML Κάθε συσκευή διατηρεί ένα tree Χρήση OSI/ISO	ταχύτητα Λόγω XML Μειωμένη απόσταση λόγω ADHOC Δεν υπάρχει μεταβατικότητα
PRONTO	Δεν επηρεάζεται από αριθμό χρηστών ίδιος αριθμός πακέτων κυκλοφορεί στο δίκτυο	Ικανοποιητική λόγω Java	Με υποδομή πληροφορία Java στον JMS Server	Στα σημεία εισόδου και εξόδου των δικτύων Κρυπτογράφηση	Οι συσκευές έχουν τοπικά αντίγραφα	Χρήση Δέλτα κρυπτογράφηση , συμπίεση	τίποτα ιδιαίτερο	Με υποδομή Παίρνει μόνο δέλτα πληροφορία κατά την επανασύνδεση
PERFWARE	Αρχιτεκτονική Ταχύτητα λόγω χρήσης trees (Απόσπαση μέρους όταν αποσυνδέεται)	Ικανοποιητική λόγω GVDS (Μια συσκευή απαιτείται να διαθέτει μόνο την κατάλληλη υποδομή GVDS)	Δεν αποτέλεσε στόχο Ενδιαφέρει κυρίως χρήση στατιστικών υπηρεσιών	Δεν αναφέρεται μηχανισμός ασφάλειας	Λόγω ADHOC Χαρακτήρες Χρήση GVDS	Μόνο κατά την εκτέλεση εργασιών έχουν κατανόηση	tuples GVDS Δυνατότητα χρήσης δέντρων	Χρήση PP2 (ομότιμοι κόμβοι)
REMOG	Ικανοποιητική απόδοση	Υποστηρίζει publish subscribe Jini, SCP, UPND Modularized	Υποστηρίζει	Μπορεί να προστεθεί ως Module Authentication	Normal χρήση WiFi, TCP/IP Χρήση modules για κάθε τόπο σύνδεσης	Ελάχιστος αποθηκευτικός χώρος ελάχιστος φόρτος εργασίας Μικροαποτυπωμένη μνήμη	XML WSDL	Ανίχνευση και μετάφραση πολλών τεχνολογιών WSDL

	ΑΠΟΔΟΣΗ	ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΕΠΙΓΝΩΣΗ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΧ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΕΥΡΕΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
CASS	Σταθερή υποδομή	Περιορισμένη	Αισθητήρες	Μειωμένη	transaction log	Μόνο ο Changelistener επιβαρύνει	Data Base	Σταθερή υποδομή
	Δεν επιβαρύνεται η συσκευή		Inference Engine	Δεν αποτέλεσε στόχο			SQL	Χρήση κανόνων για ανανέωση καταλόγων υπηρεσιών
LIMONE	Ελάχιστος δικτυακός φόρτος σε συσχέτιση με socket	Χρήση Πρακτόρων	Πρωτόκολλο BEACONS Μηχανισμός ανάδρασης των πληροφοριών σε real time	Πολιτικές γνωριμίας Ρητή πρόσβαση σε data Ασύμμετρη , crypto public , prime key	tuples space Πολιτικές γνωριμίας	Μόνο το BEACONS επιβαρύνει Αποθηκευτικός χώρος	Tupples space	Επαρκής Χρήση υποδομής ADHOC
	Χαμηλή απόδοση λόγω περιορισμών Bluetooth (PICONET)	API Κοινωνικά Δίκτυα	Δεν αποτελεί στόχο	Δεν υπάρχει Υπάρχει πρόνοια για PKI (public/private)	μόλις 50% οι επιτυχημένες επανασυνδέσεις	Ενεργοβόρα Max κάλυψη υπηρεσιών (κάθε 2 λεπτά)	Πολύπλοκες δομές δεδομένων	Μειωμένη λόγω μικρής εμβέλειας
IMISSAR	Η απόδοση είναι ένα από τα κύρια κριτήρια σχεδίασης	Αρχιτεκτονική XML BD Knowledge Base	Sensors Βάση δεδομένων	Κρυπτογράφηση	Συνήθης διαδικασίες	Ελαχιστοποίηση διακύμανσης δεδομένων Χρήση σταθερής υποδομής για εκτέλεση εργασιών	Data Base Knowledge Base	Επαναρύθμιση

Πίνακας 3.3: Πίνακας αναλυτικών τεχνικών χαρακτηριστικών των υπό μελέτη ΕΛ που αναλύθηκαν στον παρόν κεφάλαιο .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική Ενδιάμεσου Λογισμικού για Εφαρμογές ΔΥ (GloSeP)

People who are really serious about software should make their own hardware.
Alan Kay

4.1 Εισαγωγή

Το σύστημα GloSeP που προτείνεται σαν νέα αρχιτεκτονική πρόταση στο παρόν κεφάλαιο αποτελεί μια συνδυαστική λύση ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ η οποία προέκυψε ως αποτέλεσμα της αξιολόγησης των ΕΛ που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 3 και είναι σε θέση να υποστηρίξει τις ευρέως διαδεδομένες γλώσσες δυναμικού διαδικτυακού προγραμματισμού όπως για παράδειγμα η PHP και η ASP. Θα μπορούσαν επίσης να αναπτυχθούν πλαίσια προγραμματισμού (frameworks) ή ένα εκτεταμένο API το οποίο θα είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί και άλλες γλώσσες προγραμματισμού όπως για παράδειγμα η Java και η Python.

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες ΕΛ όπως αυτές αναλύθηκαν στο κεφάλαιο τρία έχουν μεγάλη χρησιμότητα ωστόσο παρουσιάζουν μεταξύ τους σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά στους τομείς επίγνωσης περιβάλλοντος λειτουργίας, διαχείρισης δεδομένων και υπηρεσιών και τρόπου ανάπτυξης εφαρμογών. Σήμερα, δεν υπάρχει μια κοινώς αποδεκτή λύση ενδιάμεσου λογισμικού η οποία να μπορεί να αντιμετωπίσει το σύνολο ή την πλειονότητα των προβλημάτων που παρουσιάζει η ανάπτυξη εφαρμογών ΔΥ.

Το ΕΛ είναι ένα σύνθετο, πολύπλοκο και περίπλοκο σύστημα. Ο ξεκάθαρος ρόλος που παίζει, ενοποιώντας την ετερογένεια των τεχνολογιών υλικού και λογισμικού, δεν είναι το μόνο χαρακτηριστικό που το εκφράζει. Ένα ΕΛ εξαρτάται από το πεδίο ορισμού του προβλήματος, δηλαδή, από το πεδίο εφαρμογής για το οποίο προορίζεται. Γίνεται λοιπόν κατανοητό πως ο «χαρακτήρας» ενός ΕΛ από τα αρχικά στάδια σχεδιασμού του, ανεξαρτήτως της αρχιτεκτονικής υλοποίησής του, που μπορεί να είναι κοινή σε πολλές περιπτώσεις με άλλα ΕΛ, διαμορφώνεται σύμφωνα με τις ανάγκες που καλείται να διαδραματίσει. Κατά την συνολική μελέτη των εννέα συστημάτων ΕΛ, η οποία πραγματοποιείται στο κεφάλαιο τρία, μας επιδεικνύεται πως το κάθε ΕΛ έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες υλοποίησης, δίνοντας διαφορετικό βαθμό βαρύτητας για κάθε κριτήριο πάνω στο οποίο αξιολογείται.

Βάσει των παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα ΕΛ αξιολογούνται πάνω σε μια κοινή βάση κριτηρίων αλλά κυρίως για το κατά πόσο χρησιμοποιούν τις πιο γρήγορες και ανεπτυγμένες τεχνολογίες υλικού και λογισμικού για κάθε κριτήριο αξιολόγησης ανεξάρτητα με το που ρίχνουν την βαρύτητα υλοποίησής τους.

Είναι αδύνατον τεχνολογικά/τεχνοδομικά ένα ΕΛ να αποτελέσει την εξαίρεση δίνοντας τις μέγιστες επιδόσεις ταυτόχρονα και στα οκτώ χαρακτηριστικά κριτήρια που ορίζουν το μέτρο σύγκρισης του με τα υπόλοιπα ΕΛ. Μπορεί όμως ένα ΕΛ να επιλέξει την καλύτερη δυνατή τεχνολογία υλικού και λογισμικού της παρούσας δεδομένης χρονικής στιγμής για κάθε κριτήριο αξιολόγησης ξεχωριστά και αυτό είναι που θα κάνει τη διαφορά του σε σύγκριση με τα υπάρχοντα και υλοποιημένα ΕΛ.

Η νέα πρόταση αρχιτεκτονικής GloSeP βασίζεται ξεκάθαρα σε αυτή την λογική, που κυρίως λόγω της τμηματοποιημένης της δομής μπορεί να υιοθετήσει την 'υλικολογισμική τεχνολογική Ελίτ' της δεδομένης στιγμής έτσι ώστε να επικρατήσει έναντι των άλλων αρχιτεκτονικών ΕΛ που εξετάσαμε και αξιολογήσαμε στην παρούσα διπλωματική.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [19], [20], [52] τα όρια ενός συστήματος ΔΥ, άρα και του αντίστοιχου συστήματος ΕΛ έχουν επεκταθεί εξ' αιτίας των αλλαγών στην έρευνα τη σχετική με τεχνολογίες όπως είναι το Διαδίκτυο, τις φορητές και ασύρματες τεχνολογίες, τα δίκτυα αισθητήρων και τα δίκτυα RFID. Το ΕΛ θα πρέπει να είναι σε θέση να αποκρύπτει την πολυπλοκότητα και την ετερογένεια των υποκείμενων οντοτήτων και των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα μεταξύ τους και να δημιουργεί ένα λογικό επίπεδο αφαίρεσης μέσω κατάλληλων προγραμματιστικών δομών. Επίσης, προκειμένου να είναι σε θέση να προσφέρει υπηρεσίες βασισμένες στο περιβάλλον λειτουργίας θα πρέπει να προσφέρει στις εφαρμογές τη δυνατότητα αυτή, της επίγνωσης του περιβάλλοντος λειτουργίας. Ο ρόλος του ΕΛ όπως παρουσιάστηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια είναι να αποκρύψει μέρος της πολυπλοκότητας ανάπτυξης των εφαρμογών ΔΥ αναλαμβάνοντας να διεκπεραιώσει λειτουργίες οι οποίες σε διαφορετική περίπτωση θα επιβάρυναν τον προγραμματιστή εφαρμογών. Τέτοιου είδους λειτουργίες είναι για παράδειγμα οι λειτουργίες ασφάλειας και διεκπεραίωσης συναλλαγών.

Έχοντας κατά νου τα όσα αναφέρθηκαν ακολουθεί η πρόταση αρχιτεκτονικής μια θεωρητικής λύσης συστήματος ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ η οποία φιλοδοξεί να χρησιμοποιήσει τα καλύτερα στοιχεία από όσα συστήματα ΕΛ αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3 σε συνδυασμό με προσθήκες ιδεών προς υλοποίηση οι οποίες αφορούν κυρίως το κατανομημένο χαρακτήρα ενός συστήματος ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ. Το προτεινόμενο σύστημα καθώς και τα επιμέρους συστατικά που το χαρακτηρίζουν στοχεύει σε εξυπηρέτηση αναγκών ενός χώρου μεγάλης επισκεψιμότητας, μειωμένων αναγκών μηχανισμών ασφάλειας χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις και ελάχιστης απαίτησης ενέργειας από μέρους των συσκευών των χρηστών. Επίσης το προτεινόμενο

σύστημα εξυπηρετεί χώρους με συχνή σύνδεση/αποσύνδεση συσκευών , γρήγορης μεταβολής στο φόρτο εργασίας και μεγάλη διαθεσιμότητα προσφερόμενων υπηρεσιών.

4.2 Αρχιτεκτονικό μοντέλο

Το προτεινόμενο σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού για εφαρμογές ΔΥ, ονομάστηκε , GloSeP (Global Service Provider). Αποτελεί μια πρόταση [4], [46], [49] η οποία προσφέρει δυνατότητες συνδεσιμότητας σε ασύρματες συσκευές – κόμβους όσο και σε ενσύρματες σε περιβάλλοντα ΔΥ. Η δυνατότητα κλιμάκωσης των προσφερόμενων υπηρεσιών σε διαφορετικούς γεωγραφικούς χώρους οι οποίοι διατηρούν δικτυακή σύνδεση αποτέλεσε την αιτία ονομασίας του συστήματος.

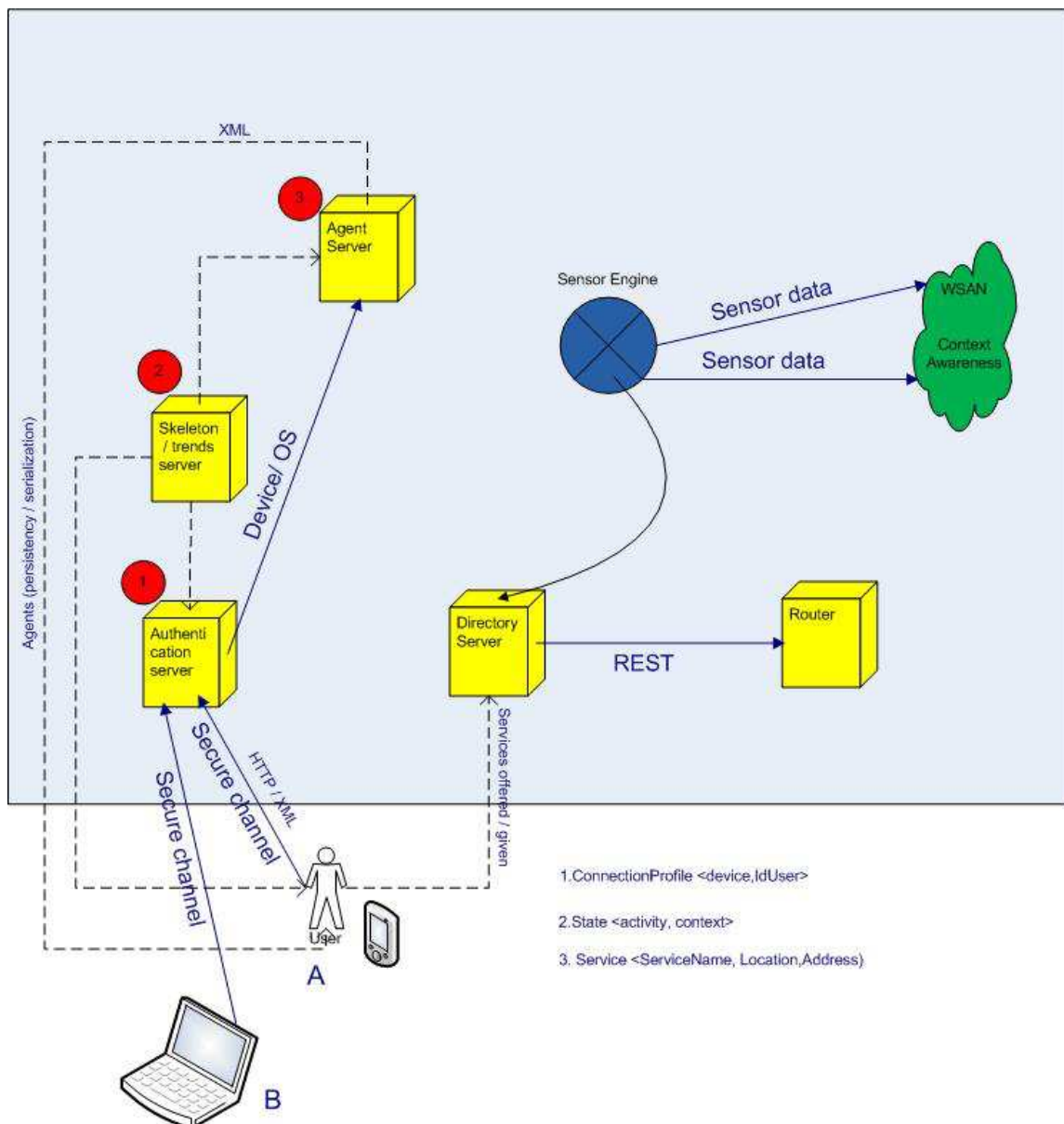
Το σύστημα GloSeP θα μπορεί να εκτελεστεί σε μια ποικιλία συσκευών, όπως:

- Σταθερά υπολογιστικά συστήματα, σταθμοί εργασίας με ενσύρματη (ethernet) ή ασύρματη (Wifi) σύνδεση
- Συσκευές χειρός (Palmtop), έξυπνα τηλέφωνα (Smartphone), φορητές συσκευές με ασύρματη σύνδεση (WiFi, 3G, 4G)

Η αρχιτεκτονική που προτείνεται καθώς και η επιμέρους επιλογές και λεπτομέρειες για κάθε κόμβο που αποτελεί το συνολικό σύστημα ΕΛ αναλύεται διεξοδικότερα στο κεφάλαιο 5. Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η δομή του συστήματος ΕΛ , ο ρόλος κάθε στοιχείου από το οποίο αποτελείται καθώς και η ροή της πληροφορίας από τη στιγμή που μια τελική συσκευή συνδέεται με το σύστημα GloSeP μέχρι τη στιγμή που αυτή αποσυνδέεται.

Το είδος και το πλήθος των προσφερόμενων υπηρεσιών είναι συνάρτηση του πεδίου εφαρμογής. Για παράδειγμα, αν το GloSeP χρησιμοποιηθεί σε μουσειακό χώρο πιθανές προσφερόμενες υπηρεσίες είναι η προβολή σχετικών πληροφοριών για τα εκθέματα σε συνάρτηση με την γεωγραφική θέση του επισκέπτη, η δυνατότητα εκτύπωσης μέρους των πληροφοριών ή φωτογραφιών, η αποθήκευση ιστορικού των χώρων που έχει επισκεφτεί ο χρήστης κ.λπ. Ένα αναλυτικό σενάριο χρήσης του συστήματος GloSeP για την υποστήριξη μιας εφαρμογής ΔΥ, καθώς και η αλληλεπίδραση των συστατικών του παρουσιάζεται παρακάτω στην ενότητα αυτή.

Ένα σημείο που ορίζεται από τα γεωγραφικά όρια ενσύρματων κόμβων το ονομάζουμε κέντρο του συστήματος ενδιαμέσου λογισμικού που προτείνουμε. Πολλά κέντρα μαζί σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες καθορίζουν τα όρια του κατακευματισμένου συστήματος στο οποίο εκτελούνται οι εφαρμογές ΔΥ. Στα όρια κάθε κέντρου, οι παρεχόμενες υπηρεσίες στις ασύρματες συσκευές κόμβους καθορίζονται έχοντας ως κύρια κριτήρια τη λειτουργικότητα και την ελάχιστη κατανάλωση πόρων των συσκευών.

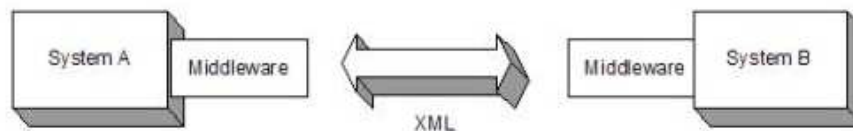


Εικόνα 4.1: Απεικόνιση αφαιρετικής όψης ενός κέντρου EL - GloSeP

Στην εικόνα 1.1 απεικονίζεται μια αφαιρετική όψη ενός κέντρου του ενδιαμέσου λογισμικού. Οι συσκευές A και B αποτελούν εκπρόσωπους ασύρματων και ενσύρματων συσκευών κόμβων αντίστοιχα. Κατά την είσοδο της ασύρματης συσκευής A απαιτείται αυθεντικοποίηση του χρήστη ή της συσκευής προκειμένου να χρησιμοποιήσει όλες ή μέρος των προσφερόμενων

υπηρεσιών. Για τον σκοπό αυτό η συσκευή A επικοινωνεί μέσω ασφαλούς πρωτοκόλλου SSL/TLS με τον Authentication Server. Η συσκευή A από την στιγμή που έχει αυθεντικοποιηθεί έρχεται σε επικοινωνία με τα ακόλουθα υποσυστήματα:

- Τον Agent Server, ο οποίος μέσω της υπηρεσίας agency service μεταφέρει κινητό κώδικα (mobile code) με την μορφή agent στη συσκευή A μέσω του οποίου ο χρήστης αποκτά μια διεπαφή για τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Η υπηρεσία στηρίζεται κυρίως στο πρωτόκολλο HTTP. Ο agent server είναι ικανός να επιλέξει τον τύπο του agent τον οποίο θα αποστείλει επικοινωνώντας με τον skeleton server. Η επιλογή του agent βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τον τύπο της συσκευής η οποία συνδέεται στο σύστημα GloSep καθώς ο agent συγκεντρώνει και χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν κάθε συσκευή (πχ μέγεθος οθόνης, συνήθης αποθηκευτικός χώρος, σύνηθες μέγεθος μνήμης, λοιπά τεχνικά χαρακτηριστικά). Οι πράκτορες είναι διεργασίες λογισμικού οι οποίες μπορούν να μετακινηθούν από κόμβο σε κόμβο και να εκτελέσουν λειτουργίες τις οποίες αποφασίζουν αυτόνομα.
- Τον Directory Server, ο οποίος φιλοξενεί κατάλογο προσφερόμενων υπηρεσιών χρησιμοποιώντας μια ιεραρχική μορφή οντολογιών. Η οντολογία αναπαριστά με τυπικό τρόπο την γνώση για ένα συγκεκριμένο πεδίο προβλήματος ως ένα σύνολο εννοιών οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με συγκεκριμένο τύπο σχέσεων. Χρησιμοποιούνται για την μοντελοποίηση ενός πεδίου προβλήματος καθώς και για τη παραγωγή συμπερασμάτων στο πεδίο προβλήματος. Στην ιεραρχική αυτή δομή οι προσφερόμενες υπηρεσίες αποτελούν οντότητες με τις οποίες συνδέονται οι κόμβοι υπολογιστές οι οποίοι τις προσφέρουν. Η υλοποίηση (περιγραφή οντοτήτων/ σχέσεις οντοτήτων) της ιεραρχικής δομής πραγματοποιείται με χρήση της γλώσσας Web Ontology Language (OWL) και της τεχνολογίας XML εικόνα 4.2. Ένα τμήμα της ιεραρχικής αυτής δομής είναι δυνατόν να αποθηκευτεί στην συσκευή A αφού πρώτα έχει μορφοποιηθεί κατάλληλα (serialization) έτσι ώστε να είναι δυνατή η μόνιμη αποθήκευσή του (persistence).

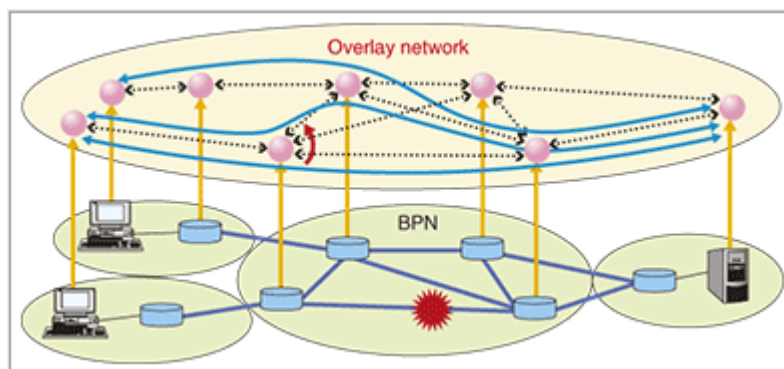


Εικόνα 4.2: Χρήση XML ως διαμεσολαβητή μεταφορά πληροφορίας.

- Τον Skeleton Server, ο οποίος διατηρεί πρότυπα (templates) με τα χαρακτηριστικά του χρήστη (όνομα χρήστη, εξατομικευμένες ρυθμίσεις). Ο skeleton server διατηρεί πληροφορίες σχετικές με την δραστηριότητα του χρήστη, τον τύπο σύνδεσης της συσκευής του καθώς και λεπτομέρειες εξατομίκευσης των υπηρεσιών που αυτός έχει χρησιμοποιήσει. Στόχος είναι η γρήγορη προσαρμογή – επαναφορά του επανασυνδεδεμένου χρήστη στις πιο πρόσφατες ρυθμίσεις που χρησιμοποίησε κατά την τελευταία του σύνδεση. Μόλις ο χρήστης αυθεντικοποιηθεί είναι δυνατόν να μεταβάλλει το προφίλ της συσκευής του σε περίπτωση που έχει συνδεθεί με διαφορετικό τύπο συσκευής αλλά με τα ίδια διακριτικά σύνδεσης (credentials). Ο skeleton server θυμίζει στην λειτουργία του τα skeletons ή templates που χρησιμοποιούν τα λειτουργικά τύπου Unix κατά την αρχικοποίηση ρυθμίσεων νέο εισερχόμενων χρηστών.

Μέσα στα όρια του κέντρου του συστήματος GloSeP δημιουργείται ένας τύπος υπερκείμενου δικτύου (overlay network) το οποίο αποτελείται από τις προσφερόμενες υπηρεσίες – οντότητες και κατά συνέπεια από τους υπολογιστικούς κόμβους οι οποίοι προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές. Το υπερκείμενο δίκτυο χρησιμοποιείται κυρίως για ταχύτερη δρομολόγηση και ανακάλυψη υπηρεσιών μέσα στα γεωγραφικά όρια που ορίζει το σύστημα GloSeP. Ένα υπερκείμενο δίκτυο (εικόνα 4.3) είναι ένα σύνολο ήδη διασυνδεδεμένων κόμβων το οποίο χρησιμοποιεί την φυσική δικτυακή σύνδεση προσφέροντας ένα νέο είδος λογικής σύνδεσης μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Η δρομολόγηση υποβοηθείται από τον κόμβο Router ο οποίος συνεργάζεται με τον directory server. Στα πλαίσια της απαραίτητης επίγνωσης πλαισίου (context awareness) οι ασύρματοι αισθητήρες και actuators δημιουργούν ένα ασύρματο δίκτυο (wireless sensors and actuators network - WSAN), όπου υπάρχει τέτοια απαίτηση, το οποίο επικοινωνεί με τον μηχανισμό WSAN engine. Επίσης με την WSAN engine είναι δυνατή η επικοινωνία και έξυπνων αντικειμένων τα οποία μπορεί να υπάρχουν σε ένα έξυπνο περιβάλλον. Ο μηχανισμός WSAN engine έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων που έχουν ληφθεί καθώς και κλήσης ρουτινών εφαρμογής, οι οποίες μεταβάλλουν αναλόγως το πλαίσιο

λειτουργίας όλων των συνδεδεμένων συσκευών. Για τον σκοπό αυτό ο μηχανισμός WSAE engine επικοινωνεί απευθείας με τον μηχανισμό directory server.



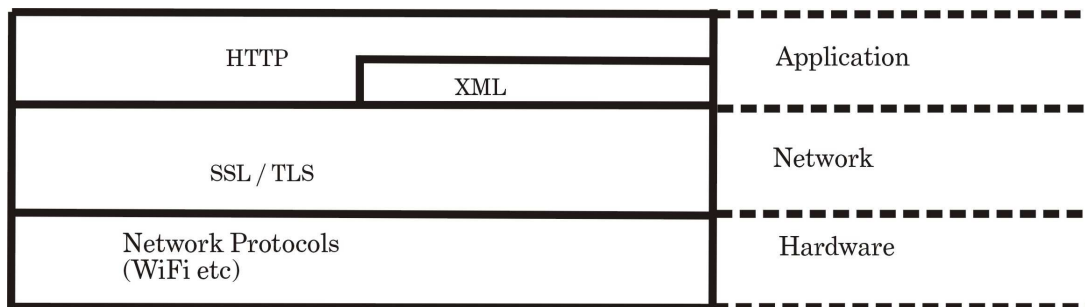
Εικόνα 4.3: Σχηματική παράσταση ενός υπερκείμενου δικτύου.

Η σταθερή υποδομή των διακομιστών (servers) είναι απαραίτητη για την αποδοτική λειτουργία του ΕΛ σε αντίθεση με τη χρήση άλλου τύπου συνδεσιμότητας των υπηρεσιών στους κόμβους θα είχε ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση αλλά και την μείωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Η ιεραρχική δομή αποθήκευσης με χρήση οντολογιών που χρησιμοποιεί το σύστημα GloSeP ισοσκελίζει τα πλεονεκτήματα τέτοιου τύπου συνδεσιμότητας όπως για παράδειγμα η κλιμακωσιμότητα και η ανοχή σε σφάλματα.

Η αρχιτεκτονική του συστήματος GloSeP εννοεί την προσαρμοστικότητα καθώς είναι φανερό πως μπορεί να προστεθεί οποιοσδήποτε νέος τύπος διακομιστή ως αντίγραφο (replicate) με σκοπό την κλιμάκωση και την επάρκεια των διακομιστών. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται μεταξύ των διακομιστών και των συνδεδεμένων συσκευών στηρίζονται σε πρότυπα πρωτόκολλα τα οποία μάλιστα είναι ευρέως διαδεδομένα σε ασύρματες και ενσύρματες συσκευές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ικανότητα του συστήματος GloSeP να δεχθεί μελλοντικά νέου τύπου συνδεδεμένες συσκευές οι οποίες δεν υπάρχουν ακόμη.

Επίσης η δρομολόγηση εντός των ορίων του συστήματος λόγω και της χρήσης υπερκείμενου δικτύου υποστηρίζει συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν διευθυνσιοδότηση IP v4 αλλά και όσες χρησιμοποιούν διευθυνσιοδότηση IP v6.

Στην εικόνα 4.4 παρουσιάζεται η στοιβή πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί το προτεινόμενο σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού. Στο κατώτερο επίπεδο υπάρχουν τα πρωτόκολλα δικτυακής επικοινωνίας όπου βασίζονται στα σημερινά πρότυπα συνδεσιμότητας (TCP/IP, WiFi κλπ.).



Εικόνα 4.4: Στοιβά πρωτοκόλλων ΕΛ GloSeP

Στο δεύτερο επίπεδο χρησιμοποιείται κρυπτογράφηση όπου αυτή απαιτείται μέσω των προτύπων SSL/TLS. Στο ανώτερο επίπεδο η ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών για τις υπηρεσίες χρησιμοποιεί το ευρέως διαδεδομένο πρωτόκολλο HTTP καθώς και την τεχνολογία XML με στόχο την ευκολότερη διακίνηση πληροφορίας μεταξύ ανομοιογενών συσκευών αλλά και την αποφυγή αποκλεισμού από μηχανισμούς ασφάλειας που πιθανόν να υφίστανται στις νεο-εισερχόμενες στο σύστημα συσκευές.

Το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού GloSeP στοχεύει στην υποστήριξη μιας αποδοτικής διαδικασίας ανακάλυψης υπηρεσιών καθώς οι αφιερωμένοι κόμβοι που υπάρχουν για τον σκοπό αυτό (directory server, authentication server) είναι σταθερά πληροφοριακά συστήματα.

Σε κάθε κέντρο του κατακευματισμένου συστήματος παρέχεται η δυνατότητα για υποστήριξη όλων των ρόλων των διακομιστών ενώ μπορεί το κέντρο να λειτουργήσει προσφέροντας κανονική παροχή υπηρεσίας ανακάλυψης προσφερόμενων υπηρεσιών σε περίπτωση που λείπει κάποιος από τους διακομιστές, όπως για παράδειγμα, ο skeleton server ή η υποδομή WSAN engine.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα ένα κατακευματισμένο σύστημα το οποίο θα αποτελείται από πολλά κέντρα με παρόμοια υποδομή διακομιστών θα μπορεί να είναι ευκολότερα διαχειρίσιμο εφόσον προστεθεί ένας νέος τύπος διακομιστή ο οποίος θα έχει συντονιστικό ρόλο μεταξύ των κέντρων.

4.3 Ένα σενάριο χρήσης

Ένα αντιπροσωπευτικό σενάριο χρήσης του συστήματος GloSeP αναφέρεται στην παρουσία ενός επισκέπτη, κατόχου ενός έξυπνου τηλεφώνου, σε ένα δώροφο θαλάσσιο πάρκο (CretaAquarium).

Ο επισκέπτης διαθέτει σύγχρονη έξυπνη συσκευή (smart phone) και επισκέπτεται το θαλάσσιο πάρκο για πρώτη φορά. Μόλις εισέλθει στην ακτίνα δράσης του ασύρματου δικτύου το οποίο προσφέρεται στο θαλάσσιο πάρκο δέχεται μήνυμα πρόσκλησης από τον authentication server ώστε να αποκτήσει πρόσβαση στις διαθέσιμες υπηρεσίες του έξυπνου χώρου. Επειδή ο χρήστης εισέρχεται για πρώτη φορά τα διακριτικά του (όνομα χρήστη, κωδικός πρόσβασης) αποθηκεύονται στον authentication server για κάθε επόμενη πρόσβαση. Η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ της συσκευής του χρήστη και του authentication server πραγματοποιείται με ασφαλή πρωτόκολλα επικοινωνίας (SSL/TLS). Ο authentication server ταυτόχρονα συλλέγει πληροφορίες σχετικές με τα χαρακτηριστικά συσκευής (ΧΣ) τα οποία μεταβιβάζει στον skeleton server.

Από την στιγμή που ο χρήστης έχει εισέλθει στο σύστημα αρχίζει η εσωτερική επικοινωνία των διακομιστών του συστήματος GloSeP για την καλύτερη εξυπηρέτηση του επισκέπτη. Αρχικά ο authentication server έρχεται σε επικοινωνία με τον skeleton server. Ο skeleton server είναι αφιερωμένος στην αποθήκευση στοιχείων και πληροφοριών σχετικών με τα χαρακτηριστικά της κάθε συσκευής που έχει επισκεφθεί μέχρι σήμερα το θαλάσσιο πάρκο. Γίνεται έλεγχος αν τα ΧΣ περιέχονται στη βάση δεδομένων του skeleton server. Σε περίπτωση που άλλος επισκέπτης έχει βρεθεί στο θαλάσσιο πάρκο με ίδια συσκευή τότε ο skeleton server έχει ήδη αποθηκευμένες πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά της συσκευής (μέγεθος οθόνης, είδος επεξεργαστή, μνήμη, φωτογραφική μηχανή κλπ.). Τα χαρακτηριστικά αυτά ο skeleton server τα μεταβιβάζει στον agent server. Αν ο skeleton server δεν διαθέτει πληροφορίες για την συγκεκριμένη συσκευή του επισκέπτη, δημιουργείται μια δομή δεδομένων (tuples) στην οποία αποθηκεύονται όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παραπάνω έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η εξυπηρέτηση του επισκέπτη (μελλοντικά ο skeleton server μπορεί να αντλεί όλα τα χαρακτηριστικά των συσκευών από το διαδίκτυο και από τους αντίστοιχους ιστότοπους της κάθε εταιρίας κατασκευής έξυπνων τηλεφώνων).

Μόλις τα ΧΣ και τα διακριτικά σύνδεσης του χρήστη μεταβιβαστούν στον agent server τότε αυτός με χρήση του πρωτοκόλλου HTTP αποστέλλει λογισμικό τύπου agent στην συσκευή του επισκέπτη. Το λογισμικό αυτό είναι η διεπαφή του επισκέπτη με τις προσφερόμενες στον έξυπνο χώρο υπηρεσίες. Ο επισκέπτης βλέπει στην οθόνη της συσκευής του μια λίστα κυλιόμενη με όλες τις προσφερόμενες υπηρεσίες.

Ο επισκέπτης βρίσκεται μπροστά από ένα μεγάλο ενυδρείο όπου υπάρχουν διαφόρων ειδών ψάρια. Στην οθόνη της συσκευής του η κυλιόμενη λίστα του προσφέρει τη δυνατότητα

εκτύπωσης μιας φωτογραφίας του ενυδρείου (υπηρεσία PrintPhoto). Η υπηρεσία PrintPhoto προσφέρεται στον επισκέπτη μέσω της επικοινωνίας της συσκευής του με τον directory server ο οποίος διατηρεί μια ιεραρχική δομή δεδομένων με όλες τις προσφερόμενες υπηρεσίες εκείνη τη στιγμή. Ο επισκέπτης επιλέγει να πραγματοποιήσει εκτύπωση φωτογραφίας και στην οθόνη του εμφανίζεται αμέσως η επιλογή εκτυπωτή στον οποίο μπορεί να στείλει την φωτογραφία για εκτύπωση ή επιλογή επανάληψης της λήψης. Ο επισκέπτης επιλέγει εκτυπωτή ο οποίος βρίσκεται στον δεύτερο όροφο. Μέχρι αυτή την στιγμή στη συσκευή του χρήστη έχουν αποθηκευτεί σε μορφή tuple πληροφορίες για το προφίλ σύνδεσης του (connection profile), την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (state) καθώς και οι υπηρεσίες τις οποίες έχει ήδη χρησιμοποιήσει, για την περίπτωση μας, η υπηρεσία printPhoto (service).

Ο επισκέπτης απομακρύνεται μερικά μέτρα από το ενυδρείο και εκείνη την στιγμή λαμβάνει ειδοποιητικό ήχο και μήνυμα στη συσκευή του. Το σύστημα GloSeP έχει εντοπίσει καρχαρία μεγάλου μεγέθους, ο οποίος πλησιάζει προς την πρόσοψη του ενυδρείου. Η πληροφορία για την έλευση του καρχαρία έχει μεταδοθεί από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSAN) του οποίου οι αισθητήρες βρίσκονται διάσπαρτοι σε όλο τον χώρο του δώροφου θαλάσσιου πάρκου. Οι αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης μεγάλου όγκου αντικειμένου απέστειλαν πληροφορίες στον WSAN engine server ο οποίος με τη σειρά του ενημέρωσε τον directory server ο οποίος και είναι υπεύθυνος για την προσφορά των διαθέσιμων υπηρεσιών αλλά και την άμεση ενημέρωση του επισκέπτη. Το μήνυμα που εμφανίζεται στην οθόνη του επισκέπτη περιέχει επιλογές για λήψη φωτογραφίας, εκτύπωση φωτογραφίας, αποθήκευση βίντεο και προβολή πληροφοριών σχετικών με το είδος του καρχαρία. Στο σημείο αυτό αν ο επισκέπτης επιλέξει μια από τις διαθέσιμες επιλογές τότε η πληροφορία αυτή αποθηκεύεται στην συσκευή του ως service tuple και αποστέλλεται ταυτόχρονα στον skeleton server ο οποίος διατηρεί ιστορικό για κάθε επισκέπτη. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα GloSeP παρουσιάζει υποτυπώδεις δυνατότητες αυτόματης μάθησης έτσι ώστε να μπορεί να προτείνει περαιτέρω υπηρεσίες ή να διαμορφώσει κατά τον δυνατό καλύτερα το προφίλ ενδιαφερόντων του επισκέπτη.

Σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο ανάπαυσης που υπάρχει στο θαλάσσιο πάρκο και στον οποίο μόλις έχει εισέλθει ο επισκέπτης στην οθόνη της συσκευής του προστίθεται μια νέα υπηρεσία. Ο directory server δίνει την δυνατότητα στον επισκέπτη να περιηγηθεί ηλεκτρονικά σε gallery έτοιμων φωτογραφιών προσφέροντάς του επιλογές για αποθήκευση ή εκτύπωση. Επίσης, στις νεοεισερχόμενες υπηρεσίες εμφανίζεται η επιλογή ενημέρωσης για προγραμματισμένες επιδείξεις οι οποίες θα λάβουν χώρα στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα. Για κάθε επίδειξη προσφέρονται επιλογές, όπως προβολής πληροφοριών, προβολής σχετικού παλαιότερου

φωτογραφικού υλικού, καθώς και οδηγίες μετάβασης στον χώρο επίδειξης (αργότερα το σύστημα GloSeP θα μπορεί να συνδυάσει τη δυνατότητα χρέωσης υπηρεσιών απευθείας με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου μέσω barcode reader ή αυτόματης χρέωσης μέσω του παρόχου κινητής τηλεφωνίας).

Καθώς ο επισκέπτης μεταβαίνει σε επόμενο χώρο ο φωτισμός έχει μειωθεί αισθητά. Μπροστά του αντικρίζει μια ομάδα ψαριών την οποία επιθυμεί να φωτογραφίσει. Αναζητώντας στην κυλιόμενη λίστα των προσφερόμενων υπηρεσιών δεν βρίσκει επιλογή για λήψη και εκτύπωση φωτογραφίας. Το σύστημα GloSeP έχει εντοπίσει την αλλαγή συνθηκών περιβάλλοντος (context awareness) και απέσυρε την δυνατότητα αυτή. Ο directory server οποίος είναι υπεύθυνος για την διατήρηση λίστας των προσφερόμενων υπηρεσιών ενημερώθηκε από το WSAN engine server ο οποίος με την σειρά του έλαβε ενημέρωση από το WSAN ότι οι συνθήκες φωτισμού ξεπέρασαν το κατώτερο όριο (threshold) και απέσυρε τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Η ίδια τακτική απόσυρσης προσφερόμενων υπηρεσιών ακολουθείται από τον directory server και όταν ο επισκέπτης περιέρχεται σε χώρους στους οποίους απαγορεύεται η λήψη φωτογραφιών ή κάποια άλλη υπηρεσία.

Σε όλη τη διάρκεια περιήγησης του επισκέπτη η συσκευή τού εμφανίζει πληροφορίες σχετικές με τον χώρο στον οποίο βρίσκεται δίνοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα στον επισκέπτη να ακούσει ηχητικά αποσπάσματα περιγραφικά του χώρου ή ηχητικά ντοκουμέντα σχετικά με τα θηλαστικά τα οποία αντικρίζει. Ο επισκέπτης επιλέγει να χρησιμοποιήσει τα ακουστικά της συσκευής του προκειμένου να ακούσει τον ήχο των δελφινιών μπρος στα οποία βρίσκεται. Η μετάδοση του ήχου έχει μόλις ξεκινήσει όταν εκείνη τη στιγμή συμβαίνει κάτι απρόοπτο. Η μετάδοση σταματάει ακαριαία, καθώς η συσκευή του χρήστη αποσυνδέθηκε από το ασύρματο δίκτυο. Ο επισκέπτης επαναφέρει τη συνδεσιμότητα της συσκευής του με το σύστημα GloSeP, το οποίο έχει φροντίσει να αποθηκεύσει την τελευταία υπηρεσία που χρησιμοποιούσε ο επισκέπτης του οποίου τα διακριτικά σύνδεσης βρισκόταν αποθηκευμένα στον authentication server. Έτσι για άλλη μια φορά ο κύκλος επικοινωνίας επισκέπτη - authentication server - skeleton server - agent server επαναλαμβάνεται ταχύτατα με πρόσθετο εφόδιο αυτή την φορά τις πληροφορίες που έχουν αποθηκευτεί στην συσκευή του χρήστη. Το tuple service φρόντισε έτσι ώστε κατά την είσοδο της συσκευής εκ νέου στο δίκτυο να επαναφέρει τη δραστηριότητα του χρήστη στο ίδιο σημείο από το οποίο είχε διακοπεί. Προϋπόθεση αποτελεί η μη απομάκρυνση του επισκέπτη από το σημείο στο οποίο βρισκόταν.

Κατά την αποχώρηση του επισκέπτη από το θαλάσσιο πάρκο ένα ευχαριστήριο μήνυμα αποστέλλεται στην συσκευή του υπενθυμίζοντάς του ότι είναι πλέον μέλος του θαλάσσιου πάρκου και οι δραστηριότητες του θα εξατομικευτούν σε κάθε επόμενη του επίσκεψη. Το σύστημα GloSeP θα επιτύχει την εξατομίκευση των υπηρεσιών καθώς διατηρεί πλέον αποθηκευμένο όλο τον σχετικό όγκο πληροφοριών επισκέπτη / συσκευής / δραστηριοτήτων.

4.4 Υπηρεσίες και συστατικά του GloSeP

4.4.1 Agency service

Η υπηρεσία αυτή προσφέρεται από αφοσιωμένο κόμβο (dedicated node) και έχει ως σκοπό την αποστολή μικρών τμημάτων λογισμικού στην κάθε συνδεδεμένη συσκευή λαμβάνοντας υπόψη της δυο παράγοντες :

- τον τύπο της συσκευής για τον οποίο λαμβάνει πληροφορίες από τον skeleton server
- την ταυτότητα του συνδεδεμένου χρήστη για την οποία λαμβάνει πληροφορίες από τον authentication server.

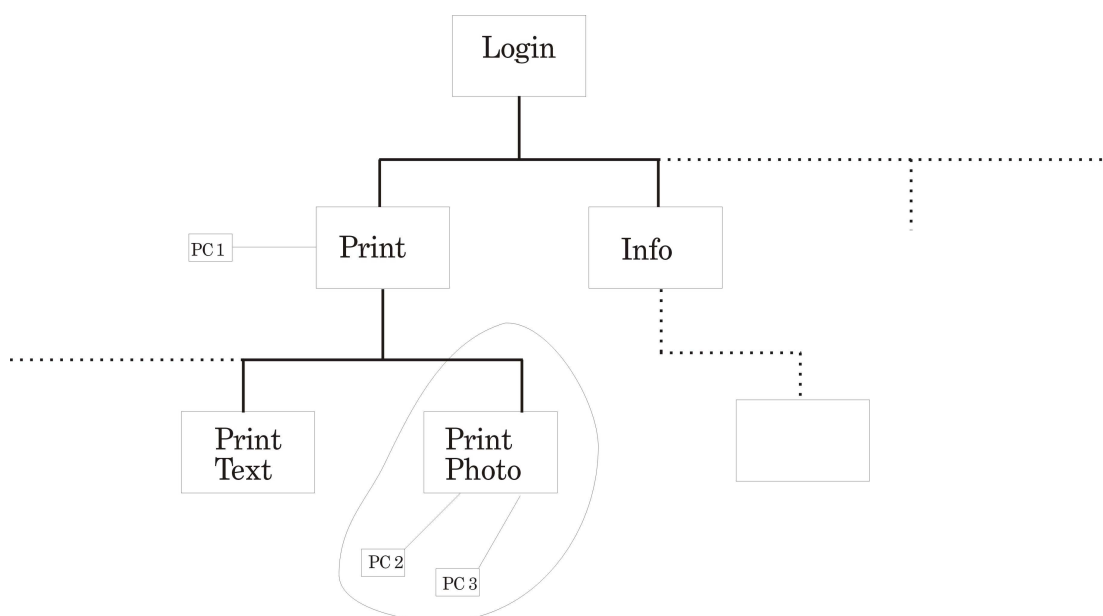
Η αποστολή των δεδομένων βασίζεται στο πρωτόκολλο HTML και την τεχνολογία XML καθώς και τα δυο αυτά πρότυπα αποτελούν μέρος όλως των συσκευών που υπάρχουν σήμερα διαθέσιμες.

Υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης των agent στις συνδεδεμένες συσκευές (serialization/persistency) για την οποία χρησιμοποιείται μια δομή πλειάδων (tuple space). Το είδος των πλειάδων που αποθηκεύονται αναλύεται παρακάτω στην ενότητα 4.4.7.

4.4.2 Directory service

Η αναπαράσταση των δεδομένων αποτελεί ιδιαίτερος κομβικό σημείο κατά την σχεδίαση όλων των συστημάτων ΕΛ καθώς καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και την ταχύτητα απόκρισης του συστήματος. Στο σύστημα GloSeP ο directory server χρησιμοποιεί μια δενδροειδή μορφή η οποία είναι αποδοτική κατά την αναζήτηση. Κόμβους στο δέντρο αυτό αποτελούν οντότητες οι οποίες μοντελοποιούν τις πραγματικές παρεχόμενες υπηρεσίες. Οι

υπηρεσίες αυτές παρουσιάζονται ως ένα σύνολο οντολογιών σε ταξινόμια έτσι ώστε να εκμεταλλευτούμε τα χαρακτηριστικά της αντίστοιχης τεχνολογίας. Το δέντρο αυτό και συγκεκριμένα οι οντότητες αντιπαραβάλλονται σε δεύτερο παράλληλο επίπεδο με τους πληροφοριακούς κόμβους οι οποίοι προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές. Με αυτό τον τρόπο είναι ευκολότερη η διαχείριση των προσφερόμενων υπηρεσιών καθώς δεν δεσμεύονται από τους κόμβους οι οποίοι τις προσφέρουν. Με άλλα λόγια μπορεί κάποιος κόμβος να σταματήσει να παρέχει την υπηρεσία ή να προστεθεί νέος κόμβος που επίσης παρέχει την ίδια υπηρεσία αλλά και στις δυο περιπτώσεις το δέντρο θα παραμείνει ανέπαφο. Στην συσκευή του χρήστη η αποθήκευση δεδομένων γίνεται μέσω μηχανισμού πλειάδων. Το ίδιο ισχύει και για τον skeleton server αλλά και για τον agent server. Μια απεικόνιση της δομής δεδομένων που περιγράφουμε παρουσιάζεται στην εικόνα 4.5.



Εικόνα 4.5: Απεικόνιση δεντροειδούς δομής δεδομένων στον directory server, των κόμβων όπως αυτοί αναπαριστούνται σαν οντότητες οι οποίες μοντελοποιούν τις πραγματικές προσφερόμενες υπηρεσίες.

Εκμεταλλευόμενοι τις ιδιότητες μιας δενδροειδούς ιεραρχικής δομής αλλά και των πλεονεκτημάτων περιγραφής των υπηρεσιών με χρήση οντολογιών επιτυγχάνουμε:

- Ταχύτατη αναζήτηση υπηρεσιών από μέρους των συνδεόμενων συσκευών.
- Δυνατότητα αποθήκευσης μέρους του δέντρου στην συσκευή για μελλοντική χρήση.
- Ευκολία στην προσθήκη νέων κόμβων – υπηρεσιών και μάλιστα σε σημείο που θα ορίζει σχέση κληρονομικότητας με τις ήδη υπάρχουσες προσφερόμενες υπηρεσίες.

- Άμεση γνώση από μέρους του συστήματος των υπηρεσιών που παρουσιάζουν πρόβλημα καθώς και όλων των υπηρεσιών που εξαρτώνται από αυτήν.

Η αρχική επικοινωνία με την συνδεδεμένη συσκευή πραγματοποιείται μέσω του πρωτοκόλλου HTTP για την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τις προσφερόμενες υπηρεσίες από το σύστημα προς την συνδεδεμένη συσκευή αλλά και κατά την αντίθετη φορά από την συσκευή προς το σύστημα σε περίπτωση που η συνδεδεμένη συσκευή είναι σε θέση να διαθέτει επαρκείς διαθέσιμους πόρους. Αν μια συσκευή είναι σε θέση να διαθέσει κάποιους από τους λειτουργικούς πόρους της, όπως για παράδειγμα αποθηκευτικό χώρο, επεξεργαστική ισχύ ή κάποιου είδους υλικό (π.χ. camera, microphone) τότε το GloSeP είναι έτοιμο να υποδεχθεί τη συσκευή αυτή και να την προσθέσει ως μέλος των κόμβων που προσφέρουν κάποια υπηρεσία. Το πρωτόκολλο HTTP επιλέχθηκε ως ένα δοκιμασμένο και καλά ορισμένο πρότυπο επικοινωνίας το οποίο επιπροσθέτως υποστηρίζουν όλες οι συσκευές που διαθέτουν δυνατότητα δικτύωσης.

4.4.3 Routing Service

Για την δρομολόγηση χρησιμοποιείται ένας αφιερωμένος κόμβος ο οποίος αναλαμβάνει την δρομολόγηση στο αδιαφανές δίκτυο που δημιουργείται κάνοντας χρήση πινάκων στους οποίους αντιστοιχεί ονόματα προσφερόμενων υπηρεσιών με τους αντίστοιχους υπολογιστικούς κόμβους οι οποίοι προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές. Στην εικόνα 4.6 απεικονίζεται μια τέτοια δομή πίνακα.

<u>PrintPhoto ()</u>	<u><NameOfNodes></u>

Εικόνα 4.6: Δομή πίνακα αποθήκευσης προσφερόμενων υπηρεσιών με τους αντίστοιχους υπολογιστικούς κόμβους οι οποίοι προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές.

Η επικοινωνία του router με τον directory server είναι απαραίτητη έτσι ώστε να διατηρείται σε συγχρονισμό ο πίνακας αντιστοιχίας καθώς οι προσφερόμενες υπηρεσίες λαμβάνονται ως οντότητες της δενδροειδούς ιεραρχικής μορφής ενώ τα ονόματα των υπολογιστών διατηρούνται και ανανεώνονται από τον router.

4.4.4 Skeleton storage

Στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική ο skeleton server είναι δυνατόν να αποτελεί αποκλειστικό κόμβο ή να ενσωματωθεί με τον authentication server. Σκοπός του κόμβου αυτού είναι η διατήρηση διαφορετικών προφίλ σύνδεσης χρηστών αλλά και προφίλ τύπων συσκευών που έχουν συνδεθεί στο σύστημα τουλάχιστον μια φορά. Κάθε φορά που μια συσκευή συνδέεται στο σύστημα, αν είναι η πρώτη φορά, τότε δημιουργείται ένα προφίλ τύπου συσκευής στο οποίο συμπεριλαμβάνονται πληροφορίες για χαρακτηριστικά της συσκευής όπως π.χ. χωρητικότητα αποθηκευτικού μέσου, ταχύτητα σύνδεσης, μέγεθος οθόνης κλπ.

Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων για όλους τους τύπους συσκευών και για τις οποίες θα έχουμε πληροφορίες έτσι ώστε να πετύχουμε την καλύτερη επίδοση στις προσφερόμενες υπηρεσίες του συστήματός μας. Η επικοινωνία με τις συνδεδεμένες συσκευές πραγματοποιείται μέσω ασφαλούς πρωτοκόλλου.

Ας υποθέσουμε ότι ο χρήστης συνδέεται με κινητή συσκευή η οποία έχει διαστάσεις οθόνης 1280x720 μέσω WiFi. Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται στον skeleton server σε συνδυασμό με το όνομα χρήστη αλλά και το πλήθος των δραστηριοτήτων του. Σε επόμενη επίσκεψη του ίδιου χρήστη ο skeleton server, σε συνεργασία με τον agent server, προσαρμόζουν όλες τις υπηρεσίες του έξυπνου χώρου για τις διαστάσεις οθόνης της κινητής συσκευής του χρήστη.

4.4.5 Authentication server

Ο κόμβος αυτός καθώς και η προσφερόμενη υπηρεσία αυθεντικοποίησης την οποία προσφέρει αποτελούν κυρίαρχο τμήμα του συστήματος για την ασφάλεια οποιασδήποτε ανταλλαγής πληροφοριών. Είναι το πρώτο σημείο του συστήματος με το οποίο έρχεται σε επαφή μια συνδεδεμένη συσκευή. Ο authentication server επικοινωνεί με τον skeleton server, τον agent server και τον directory server. Ο τρόπος αποθήκευσης των διακριτικών σύνδεσης των χρηστών μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας μια μικρογραφία του συστήματος αποθήκευσης κωδικών πρόσβασης σε συστήματα Unix, όπου κάθε κωδικός αποθηκεύεται σε μορφή σκιάς (shadowing). Ο authentication server κατά την επικοινωνία του με τον agent server ανταλλάσσει πληροφορίες σχετικές με τον τύπο της συνδεδεμένης συσκευής τον οποίο έχει εντοπίσει καθώς και για το λειτουργικό σύστημα που αυτή χρησιμοποιεί έτσι ώστε ο agent server με την σειρά του να αποστείλει τον κατάλληλο agent. Παρόμοια τακτική ακολουθείται και έχει δοκιμαστεί από το σύστημα Jini. [72]

Κατά την επικοινωνία του με τον skeleton server αποστέλλει ίδιου τύπου πληροφορίες έτσι ώστε ο skeleton server να τις χρησιμοποιήσει προκειμένου να περιγράψει στατιστικά τις τάσεις (trends) που παρουσιάζονται στα όρια του συγκεκριμένου κέντρου του συστήματος.

Υπάρχει ειδικό τμήμα (connection manager) στον authentication server το οποίο είναι σε θέση να διαχειριστεί απομακρυσμένες συνδέσεις (remote connections).

4.4.6 WSAN engine

Η υποστήριξη της ανάγκης για ΔΥ με επίγνωση πλαισίου καλύπτεται από την ύπαρξη του ασύρματου δικτύου αισθητήρων καθώς και του διακομιστή WSAN engine ο οποίος λαμβάνει και επεξεργάζεται τα δεδομένα από τους αισθητήρες. Η μεταβολή στα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι άμεση καθώς ο διακομιστής WSAN engine επικοινωνεί απευθείας με τον διακομιστή directory server ο οποίος είναι υπεύθυνος για την προβολή των παρεχόμενων υπηρεσιών. Με αυτό τον τρόπο κάθε αλλαγή σε οποιαδήποτε παράμετρο λειτουργίας παρακολουθούμε μέσω του ασύρματου δικτύου αισθητήρων μεταφέρεται άμεσα στην συσκευή του συνδεδεμένου χρήστη. Η επιλογή του τύπου αισθητήρα αφήνεται ανοιχτή κάτι που σημαίνει πως θα μπορούσε κανείς να επιλέξει όχι μόνο παθητικούς αισθητήρες αλλά και ενεργητικούς οι οποίοι θα μπορούσαν χωρίς την διαμεσολάβηση κάποιου άλλου διακομιστή να μεταβάλουν παραμέτρους λειτουργίας του συστήματος. Εναλλακτικά θα μπορούσε η δραστηριότητα του WSAN engine να μεταφερθεί στην συσκευή του χρήστη ως ερώτηση και έτσι να αποφασίσει ο ίδιος ο χρήστης αν θέλει να συμπεριλάβει τα νέα δεδομένα στην όποια δραστηριότητά του. Για παράδειγμα, αν η μεταβολή κάποιας παραμέτρου η οποία σχετίζεται με το περιβάλλον του έξυπνου χώρου αλλάξει κάτι το οποίο θα ωθήσει τον directory server να συμπεριλάβει μια νέα υπηρεσία στις όσες ήδη προσφέρει, τότε υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης ενημερωτικού μηνύματος στον χρήστη για την ύπαρξη της νέας υπηρεσίας και ο τελευταίος να αποφασίσει αν επιθυμεί να την χρησιμοποιήσει ή όχι.

Η ύπαρξη ασύρματων αισθητήρων και ενεργοποιητών εξαρτάται από το είδος των προσφερόμενων υπηρεσιών του κατανεμημένου συστήματος [8], [10], [28]. Λόγω της παθητικότητας των αισθητήρων είναι απαραίτητος ο μηχανισμός WSAN engine, ο οποίος μέσω κάποιου ρολογιού θα λαμβάνει περιοδικά δεδομένα από τους αισθητήρες τα οποία στη συνέχεια θα επεξεργάζεται. Σε περίπτωση που κάποια από τις μεταβλητές που ορίζουν το περιβάλλον του έξυπνου χώρου αλλάξει τότε μέσω ειδικών αλγόριθμων οι οποίοι επεξεργάζονται τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες καλείται η αντίστοιχη ρουτίνα η οποία φροντίζει να

ενημερώσει τον directory server . Για παράδειγμα, σε περίπτωση που η λήψη δεδομένων από τους αισθητήρες οδηγήσει σε συμπέρασμα ότι ο φωτισμός ενός χώρου έχει μειωθεί κάτω από ένα συγκεκριμένο κατώφλι τότε ειδοποιείται ο directory server να αφαιρέσει από τον κατάλογο προσφερόμενων υπηρεσιών τη δυνατότητα λήψης φωτογραφίας από τον συγκεκριμένο χώρο.

Η προσθήκη νέων αισθητήρων οι οποίοι θα μετρούν πληροφορίες για δεδομένα τα οποία δεν έχουμε ακόμη σκεφτεί είναι δυνατή και καλύπτεται με ταυτόχρονη προσθήκη αλγορίθμων στο WSAN engine.

4.4.7 Συνδεδεμένη συσκευή

Το προτεινόμενο σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού δεν θέτει κάποιο περιορισμό στο είδος και τον τύπο των συνδεδεμένων συσκευών. Όπως προαναφέρθηκε υπηρεσίες οι οποίες δεν είναι ενεργοβόρες προσφέρονται σε όλους τους τύπους συσκευών ενώ ενεργοβόρες υπηρεσίες αποκρύπτονται από συσκευές με ελάχιστους πόρους. Η απόφαση αυτή λαμβάνεται από την συνεργασία του agent server με τον skeleton server.

Η αποθήκευση στοιχείων του συστήματος που θα πραγματοποιηθεί στην συνδεδεμένη συσκευή γίνεται με τη μορφή πλειάδων, οι οποίες μπορεί να είναι τριών ειδών :

- Connection profile <device, IDuser>, η πλειάδα αυτή αποστέλλεται από τον authentication server.

Κατά την αρχική επικοινωνία της συσκευής του χρήστη με τον authentication server λαμβάνονται πληροφορίες για τον τύπο της συσκευής καθώς και για το username του χρήστη. Οι πληροφορίες αυτές αποστέλλονται στη συσκευή του χρήστη έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν σε όλη τη διάρκεια της επίσκεψης του χρήστη στον έξυπνο χώρο.

- State <activity, context>, η πλειάδα αυτή αποστέλλεται από τον skeleton server. Ο skeleton server αποθηκεύει πληροφορίες σχετικές με τη δραστηριότητα του χρήστη για παράδειγμα λήψη περαιτέρω πληροφοριών για κάποιο έξυπνο αντικείμενο καθώς και μεταβλητές του περιβάλλοντος του έξυπνου χώρου. Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται και στην συσκευή του χρήστη έτσι ώστε να διατηρηθεί ιστορικό το οποίο σε ενδεχόμενη επόμενη επίσκεψη να επισπεύσει την ίδια ροή δραστηριότητας.

- Service <nameofservise, location, Nodeaddress>, η πλειάδα αυτή αποστέλλεται από τον agent server.

Ο agent server διατηρεί ένα λεπτομερέστερο ιστορικό δραστηριοτήτων του χρήστη αποθηκεύοντας το όνομα της συγκεκριμένης υπηρεσίας – οντολογίας που έχει χρησιμοποιήσει ο χρήστης, τον χώρο στον οποίο χρησιμοποιήθηκε η υπηρεσία καθώς και τον κόμβο ο οποίος εξυπηρέτησε τον χρήστη. Οι πληροφορίες αυτές αποθηκευμένες στην συσκευή του χρήστη μειώνουν τη διακίνηση δεδομένων μεταξύ της συσκευής του και του agent server σε επόμενη επίσκεψη.

Κατά την είσοδο μιας συνδεδεμένης συσκευής στα γεωγραφικά όρια που ορίζουν το κέντρο ο directory server επικοινωνεί με την συσκευή και την ενημερώνει για τις διαθέσιμες υπηρεσίες στο χώρο που βρίσκεται η συσκευή. Ακόμη η δυνατότητα αποθήκευσης της πλειάδας state ωφελεί την συσκευή με αποτέλεσμα την ταχύτερη χρήση της υπηρεσίας την οποία χρησιμοποιούσε κατά την τελευταία επίσκεψη.

Μια κινητή συσκευή η οποία βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το κέντρο ενός καταναμημένου συστήματος που χρησιμοποιεί το ΕΛ GloSeP συνδέεται χρησιμοποιώντας το wifi πρωτόκολλο. Σε περίπτωση αποσύνδεσης της συσκευής για οποιοδήποτε λόγο όπως για παράδειγμα η απομάκρυνση του χρήστη από το κέντρο τότε αποθηκεύεται στην συσκευή η πλειάδα connection profile με τη βοήθεια της οποίας σε επόμενη επανασύνδεση θα αναζητηθεί και θα ευρεθεί άμεσα από τον authentication server. Η υπηρεσία που χρησιμοποιούσε η συνδεδεμένη συσκευή με όλες τις παραμέτρους λειτουργίας αλλά και την κατάσταση στην οποία βρισκόταν αποθηκεύεται στον skeleton server ο οποίος επικοινωνεί απευθείας με τον authentication server. Με αυτό τον τρόπο ένας χρήστης ο οποίος επανασυνδέεται στο σύστημα GloSeP χρησιμοποιεί την πλειάδα connection profile για άμεση επανασύνδεση και στην συνέχεια την πλειάδα state για επαναφορά της κατάστασης της συσκευής του στο σημείο στο οποίο βρισκόταν ακριβώς πριν αποσυνδεθεί. Έπειτα ο agent server σε συνεργασία με τον skeleton server αποστέλλει την πλειάδα service στην συσκευή η οποία συνεχίζει την δραστηριότητα από το σημείο που είχε σταματήσει.

Η σχεδίαση του συστήματος GloSeP επιτρέπει ώστε οι συνδεδεμένες ασύρματες συσκευές να παρουσιάζουν μειωμένη κατανάλωση ενέργειας χωρίς να χάνουν μέρος την προσφερόμενης λειτουργικότητας. Ο αποθηκευτικός χώρος που χρησιμοποιείται είναι ελάχιστος και αφορά μόνο στις πλειάδες που αποθηκεύονται. Μέσω της αποθήκευσης πλειάδων στις συσκευές

αποφεύγεται η συνεχής ανταλλαγή πληροφορίας με τους διακομιστές και άρα μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας στις ασύρματες συσκευές. Όπως προαναφέρθηκε δεν χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι αποκρυπτογράφησης με σκοπό την αποφυγή επιβάρυνσης της επεξεργαστικής μονάδας της ασύρματης συσκευής. Εξ αιτίας του τρόπου με τον οποίο μεταφέρονται οι πληροφορίες από το σύστημα GloSeP προς την συσκευή μειώνεται στο ελάχιστο η περίοδος συνδιαλλαγής της ασύρματης συσκευής με το σύστημα καθώς μέσω του HTML γραφικού περιβάλλοντος ο χρήστης απλώς επιλέγει την επιθυμητή δραστηριότητα και στο κανάλι επικοινωνίας αποστέλλονται μόνο πληροφορίες ελέγχου.

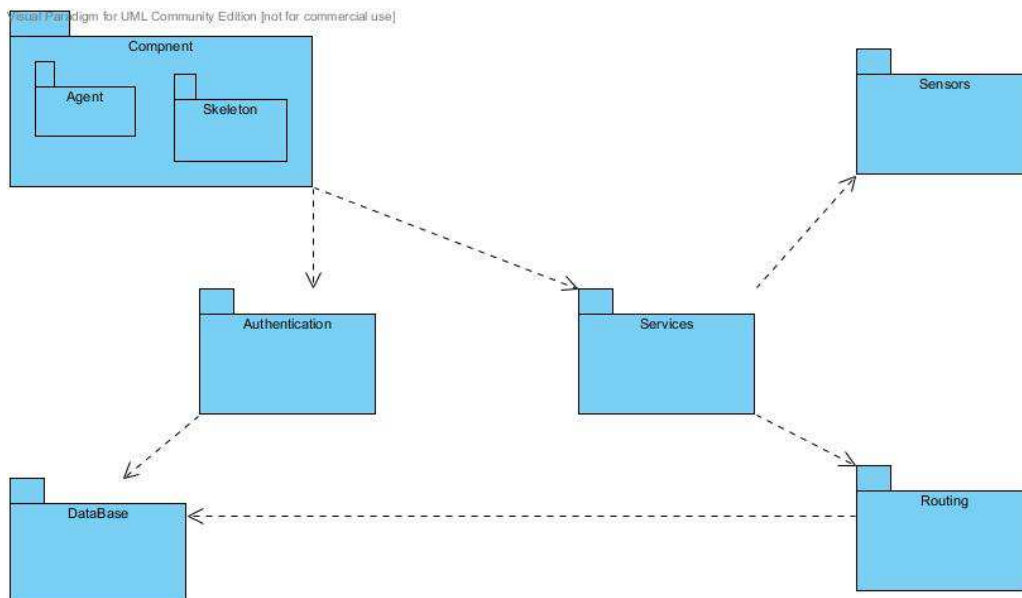
4.4.8 Υπηρεσίες ασφάλειας

Οι μηχανισμοί ασφάλειας που παρέχονται από το σύστημα περιλαμβάνουν κυρίως ασφαλή πρωτόκολλα επικοινωνίας κατά την μετάδοση δεδομένων μεταξύ του authentication server και της συνδεδεμένης συσκευής. Δε χρησιμοποιούνται ισχυροί μηχανισμοί κρυπτογράφησης προκειμένου να προστατευθούν οι συσκευές από την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, ωστόσο λόγω της τμηματοποιημένης αρχιτεκτονικής (modularized architecture) υπάρχει δυνατότητα προσθήκης ισχυρών μηχανισμών κρυπτογράφησης προκειμένου να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές οι οποίες θα απαιτούσαν κάτι τέτοιο (εφαρμογές τραπεζικών συναλλαγών κτλ). Ταυτόχρονα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κρυπτογραφικός μηχανισμός για την επικοινωνία μεταξύ του router και του directory server όπου εξ αιτίας του αδιαφανούς δικτύου και του τρόπου διευθυνσιοδότησης μεταφέρονται κρίσιμα δεδομένα όπως για παράδειγμα το όνομα της συσκευής αλλά και των κόμβων που παρέχουν τις υπηρεσίες. Επίσης στον agent server μπορεί να χρησιμοποιηθεί ασφαλές πρωτόκολλο επικοινωνίας κατά την μετάδοση δεδομένων προς την συνδεδεμένη συσκευή. Εξ αιτίας της χρήσης της τεχνολογίας XML η μεταφορά πληροφορίας με μορφή απλού κειμένου θα έθετε σε κίνδυνο την πλειάδα service η οποία περιέχει πληροφορίες διεύθυνσης IP, το όνομα της υπηρεσίας καθώς και πληροφορίες για γεωγραφικό εντοπισμό του κόμβου που παρέχει την υπηρεσία.

4.5 Σχεδίαση

Σε αυτή την ενότητα δίνεται ένα σύνολο από διαγράμματα κλάσεων που περιγράφουν συνοπτικά τον σχεδιασμό του συστήματος ενδιάμεσου λογισμικού GloSeP.

Το σύστημα λογισμικού έχει διαχωριστεί εννοιολογικά σε πακέτα τα οποία περιγράφουν τις επιμέρους κύριες δραστηριότητες του συστήματος GloSeP. Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των πακέτων ενώ καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε αυτά (τα πακέτα) να περιοριστούν στο ελάχιστο δυνατό δίνοντας έτσι περισσότερη ευελιξία κατά την διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος. Η ίδια λογική ακολουθήθηκε και για τα επιμέρους διαγράμματα κλάσεων όπου ο ορισμός των οντοτήτων που συμμετέχουν περιορίστηκε στο ελάχιστο δυνατό.



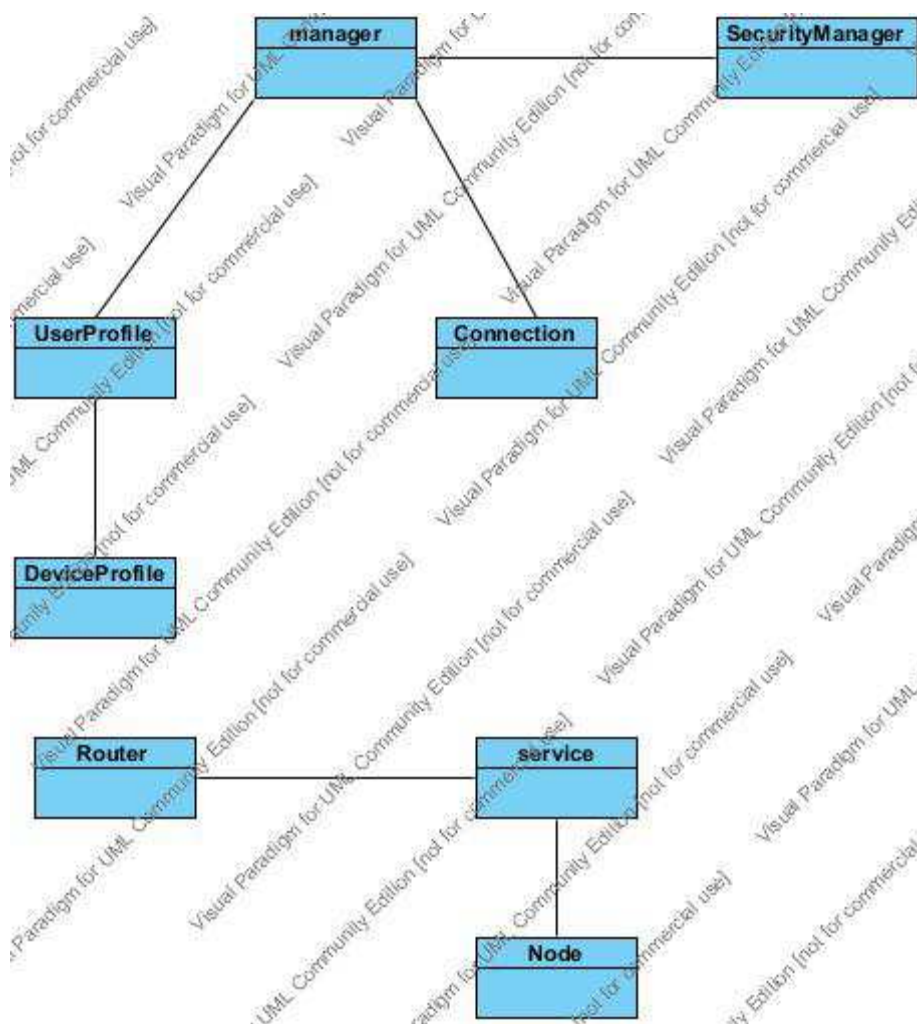
Τα πακέτα που έχουν οριστεί είναι τα παρακάτω:

- **DataBase** : συμπεριλαμβάνονται κλάσεις επικοινωνίας και διαχείρισης της βάσης δεδομένων.
- **Authentication**: Συμπεριλαμβάνονται κλάσεις για την αυθεντικοποίηση των χρηστών στο σύστημα
- **Routing** : Συμπεριλαμβάνονται κλάσεις για την υλοποίηση της δρομολόγησης στο εσωτερικό overlay δίκτυο

- Service : Συμπεριλαμβάνονται κλάσεις δημιουργίας, καταστροφής και διαχείρισης των προσφερόμενων υπηρεσιών.
- Sensors: Συμπεριλαμβάνονται κλάσεις διαχείρισης, λήψης και αποστολής των δεδομένων των αισθητήρων.
- Component : Συμπεριλαμβάνονται τα πακέτα που σχετίζονται με το περιεχόμενο το οποίο φτάνει στο χρήστη.
- Agent : Συμπεριλαμβάνονται κλάσεις που αφορούν την παρουσίαση του περιεχομένου στο χρήστη.
- Skeleton: Συμπεριλαμβάνονται κλάσεις που αφορούν στην εξατομίκευση του περιεχομένου του χρήστη.

DataBase

Στο παρακάτω διάγραμμα κλάσεων απεικονίζονται οι ελάχιστες απαραίτητες κλάσεις οι οποίες διαχειρίζονται τις συνδιαλλαγές του συστήματος με τις βάσεις δεδομένων. Η συμμετοχή της κλάσης security manager καλύπτει τις ανάγκες παροχής υπηρεσιών ασφάλειας κατά την αυθεντικοποίηση των χρηστών. Ενώ στις κλάσεις user profile και device profile πραγματοποιείται η διαχείριση των πληροφοριών για τους χρήστες και τις όποιες συσκευές αυτοί διαθέτουν. Επίσης στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζονται υποτυπωδώς τρεις κλάσεις (router, service , note) οι οποίες διαχειρίζονται την υπηρεσία δρομολόγησης η οποία επιτελείται στα πλαίσια του συστήματος GloSeP. Εδώ παρουσιάζεται εμφανώς η σχέση της έννοιας υπηρεσίας με κάθε κόμβο.

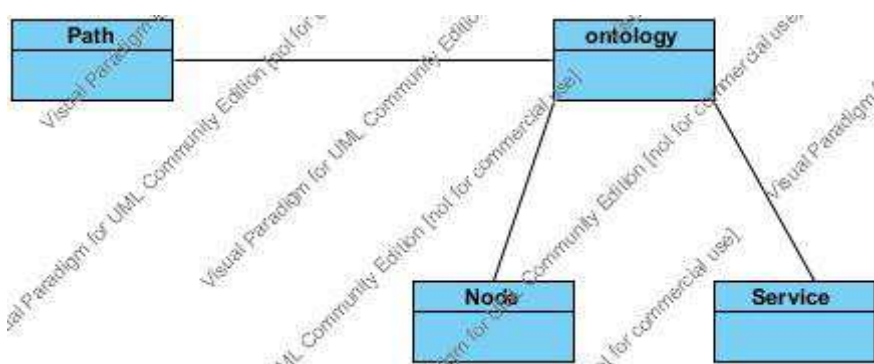


Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- **Manager:** κλάση η οποία διαχειρίζεται την σύνοδο σύνδεσης του χρήστη.
- **Security:** Κλάση η οποία υλοποιεί τους ελέγχους ασφάλειας.
- **Connection:** η σύνδεση κάθε χρήστη ως οντότητα.
- **UserProfile:** Κλάση η οποία αναπαριστά τον χρήστη και τα χαρακτηριστικά του.
- **DeviceProfile:** κλάση η οποία αναπαριστά τον χρήστη και τα χαρακτηριστικά του.
- **Router:** κλάση η οποία διαχειρίζεται το σύνολο των υπηρεσιών από τους κόμβους.
- **Service:** η προσφερόμενη υπηρεσία ως οντότητα.
- **Node:** Ο κόμβος που προσφέρει την υπηρεσία ως οντότητα.

Routing

Στο διάγραμμα κλάσεων του πακέτου routing κομβικό ρόλο παίζει η κλάση ontology η οποία χρησιμοποιείται ως μια αφαιρετική μορφή οντότητας η οποία σχετίζεται και συνδυάζει τον κάθε κόμβο του συστήματος με τις υπηρεσίες τις οποίες αυτός προσφέρει και από τον συνδυασμό αυτό προκύπτει η τελική διαδρομή (path) την οποία διαχειρίζεται και δημιουργεί η κλάση path. Η δρομολόγηση στο σύστημα GloSeP πραγματοποιείται σύμφωνα με το πνεύμα των overlay networks με στόχο την γρηγορότερη εξυπηρέτηση των αναγκών των χρηστών.



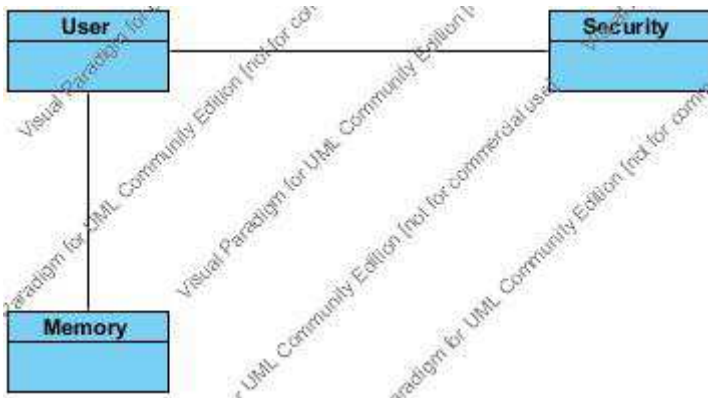
Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- Path: κλάση η οποία αναπαριστά τη διαδρομή μέχρι την προσφερόμενη υπηρεσία.
- Ontology: γενική κλάση οντολογίας του συστήματος δρομολόγησης.
- Node: ο κόμβος ως οντότητα.
- Service : η υπηρεσία ως οντότητα.

Authentication

Το πακέτο authentication συμπεριλαμβάνει την κλάση user η οποία εξυπηρετεί το σκοπό συλλογής πληροφοριών για κάθε χρήστη, την σύνδεσή του με τους προσφερόμενους μηχανισμούς ασφάλειας καθώς και τη διατήρηση μιας προσωρινής μνήμης. Η κλάση memory προσφέρει τη δυνατότητα γρήγορης επανασύνδεσης των συσκευών των χρηστών σε περίπτωση αποσύνδεσής του χωρίς να απαιτείται η επανάληψη της διαδικασίας της αυθεντικοποίησης με τον ίδιο τρόπο όπως αυτή αρχικά είχε πραγματοποιηθεί. Η κλάση security

ενσωματώνει αλγόριθμους οι οποίοι υλοποιούν τους μηχανισμούς ασφάλειας αλλά και δίνει ταυτόχρονα την δυνατότητα ενσωμάτωσης βιβλιοθηκών (Libraries) με έτοιμους μηχανισμούς ασφάλειας.

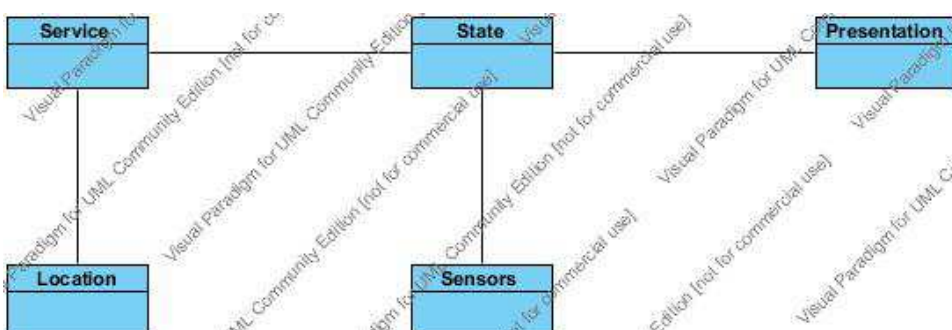


Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- User: κλάση η οποία αναπαριστά τον χρήστη και τα χαρακτηριστικά του.
- Security: κλάση η οποία διαχειρίζεται τα αποτελέσματα των μηχανισμών ασφάλειας.
- Memory : κλάση προσωρινής απομνημόνευσης των διακριτικών σύνδεσης του χρήστη.

Service

Η έννοια της υπηρεσίας στο σύστημα GloSeP είναι πολύ σημαντική και για τον λόγο αυτό το πακέτο service περιλαμβάνει πέντε τουλάχιστον κλάσεις οι οποίες δημιουργούν, περιγράφουν και παρουσιάζουν τις υπηρεσίες αυτές. Η κλάση state δημιουργεί ένα στιγμιότυπο της κατάστασης κάθε προσφερόμενης υπηρεσίας λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες που καταφτάνουν σε αυτή από τους αισθητήρες (sensor class) και φροντίζει για τον τρόπο προβολής του μέσω της κλάσης presentation. Η κλάση Location σχετίζεται με την κλάση service και ομαδοποιεί γεωγραφικά τις προσφερόμενες υπηρεσίες.

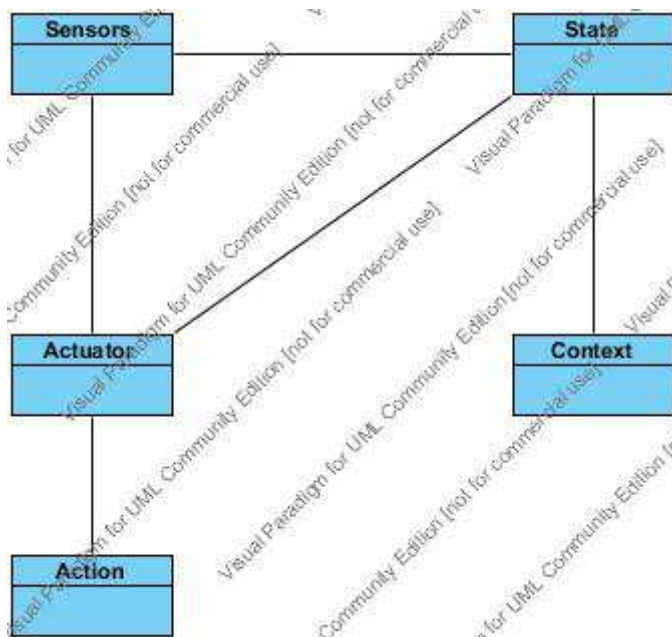


Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- Service: η προσφερόμενη υπηρεσία ως οντότητα.
- State: κλάση η οποία περιγράφει την κατάσταση της υπηρεσίας την τρέχουσα στιγμή.
- Sensors : κλάση η οποία λαμβάνει δεδομένα από τον WSAN engine server.
- Presentation : κλάση η οποία ενημερώνει με πληροφορίες προβολής .
- Location : κλάση η οποία ταξινομεί την προσφερόμενη υπηρεσία με βάση την τοποθεσία.

Sensors

Η ύπαρξη του δικτύου αισθητήρων και του WSAN engine server στο σύστημα GloSeP υποβοηθείται από το πακέτο Sensors στο οποίο διαχειριζόμαστε τους αισθητήρες (sensors class), διαβάζουμε δεδομένα για την κατάσταση τους (state class) μεταφράζοντας παράλληλα κάθε αλλαγή της κατάστασης ως αλλαγή του περιβάλλοντος (context class). Στην συνέχεια η κλάση actuators αναλαμβάνει την επεξεργασία των ληφθέντων δεδομένων και ενσωματώνει κώδικα μιας μικρότερης κλίμακας συμπεριφοράς λήψεως απόφασης. Όποια απόφαση ληφθεί αποστέλλεται στο πακέτο service μέσω της action class.

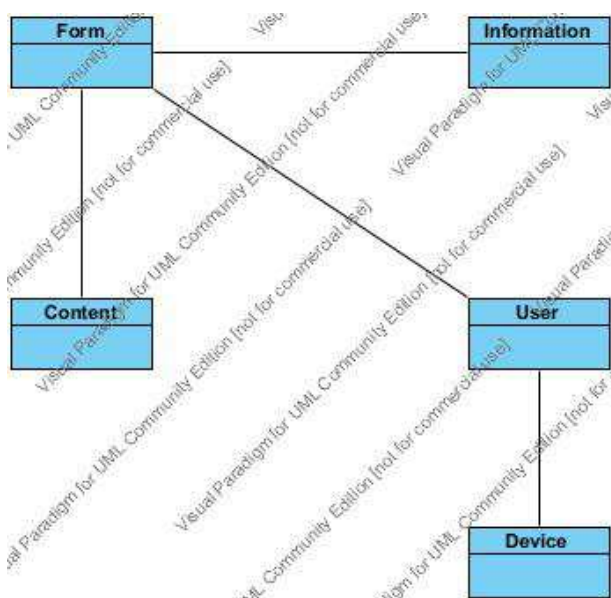


Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- **Sensors:** κλάση η οποία λαμβάνει δεδομένα από τους αισθητήρες.
- **State:** κλάση η οποία παράγει συνολικά συμπεράσματα για την κατάσταση του δικτύου αισθητήρων.
- **Actuator:** κλάση η οποία ενημερώνεται για την κατάσταση του δικτύου αισθητήρων.
- **Context :** κλάση περιγραφής του περιβάλλοντος.
- **Action :** κλάση η οποία αποφασίζει την επιθυμητή αλλαγή.

Content- Agent

Στο πακέτο Content συμπεριλαμβάνονται δυο επιμέρους πακέτα, το agent και το skeleton. Το πακέτο Content είναι υπεύθυνο για την παροχή και κατάλληλη προβολή του περιεχομένου από το σύστημα GloSeP προς την συσκευή του χρήστη. Στο πακέτο agent πραγματοποιείται η δημιουργία της διεπαφής η οποία θα προσφερθεί στον χρήστη μέσω της κλάσης form η οποία αντλεί πληροφορίες από τις κλάσεις user και device. Η κλάση form λαμβάνει υπόψη της πληροφορίες σχετικές με την τρέχουσα κατάσταση του περιβάλλοντος (content class) καθώς και πληροφορίες από τον directory server για πιθανούς περιορισμούς.



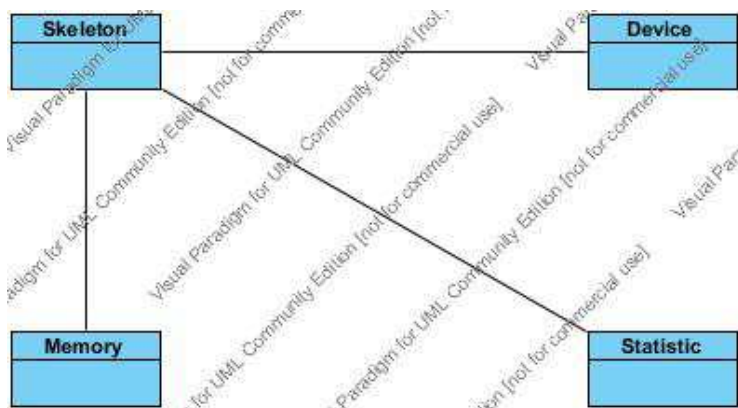
Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- **Form:** κλάση υλοποίησης της διεπαφής χρήστη.

- Information: κλάση λήψης πληροφοριών από τον directory server.
- Context: κλάση απομνημόνευσης πληροφοριών περιβάλλοντος.
- User: κλάση συσχετισμού χρήστη-διεπαφής.
- Device : κλάση συσχετισμού χρήστη-συσσκευής.

Content - Skeleton

Το πακέτο skeleton υλοποιεί μια λειτουργία προς όφελος της απόδοσης του συστήματος GloSeP. Η κλάση skeleton δημιουργεί ένα νοητό χώρο υποδοχής για αποθήκευση στοιχείων σχετικών με κάθε συσκευή που έχει συνδεθεί ποτέ στο σύστημα GloSeP (device class) και δημιουργεί στατιστικά για περαιτέρω μελλοντική ανάλυση (statistic class). Επίσης η κλάση memory διαδραματίζει βοηθητικό ρόλο προσωρινής αποθήκευσης στοιχείων σύνδεσης και προβολής δίνοντας την δυνατότητα στο πακέτο skeleton να λάβει αποδοτικότερα τις τελικές αποφάσεις ου για την αποστολή του κατάλληλου σκελετού.



Οι κλάσεις που έχουν οριστεί συνοψίζονται παρακάτω:

- Skeleton: κλάση δημιουργίας σκελετού και πληροφοριών εξατομίκευσης.
- Device : κλάση συσχετισμού συσκευής και πληροφοριών εξατομίκευσης
- Statistic : κλάση διατήρησης στατιστικών χρήσης περιεχομένου.
- Memory : προσωρινή απομνημόνευση κατάστασης χρήστη και συσκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ποιοτική Αξιολόγηση Συστήματος GloSeP

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for Nature cannot be fooled.

~Richard P. Feynman

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ του συστήματος GloSeP που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 και των συστημάτων ΕΛ που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3.

Αρχικά, αντιπαρατίθεται η αρχιτεκτονική του συστήματος GloSeP σε σχέση με τις αρχιτεκτονικές των συστημάτων ΕΛ αναφοράς καθώς το GloSeP συνδυάζει ιδέες και τεχνολογίες από τα συστήματα αυτά βάση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται παρατηρήσεις που αφορούν το ΕΛ GloSeP, οι οποίες επικεντρώνονται στα οκτώ κριτήρια αξιολόγησης τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στην μελέτη των συστημάτων ΕΛ αναφοράς (δείτε σχετικά το Παράρτημα Α) :

- Ανακάλυψη υπηρεσιών
- Προσαρμοστικότητα
- Επίγνωση περιβάλλοντος
- Ασφάλεια
- Απόδοση συστήματος
- Συνδεσιμότητα συσκευών
- Διαχείριση ενέργειας
- Αναπαράσταση δεδομένων

Επειδή η προσέγγισή μας περιορίστηκε σε αρχιτεκτονικό επίπεδο και σε επίπεδο αρχικού σχεδιασμού δεν είναι φυσικά δυνατόν να πραγματοποιηθούν έλεγχοι σε υλοποιημένο σύστημα έτσι ώστε να έχουμε μια σαφή εικόνα αξιολόγησης. Ωστόσο οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη σχεδίαση και την ανάπτυξη του συστήματος GloSeP είναι καλά

ορισμένες στη διεθνή βιβλιογραφία και μπορούν να προκύψουν προσεγγιστικά αποτελέσματα από το συνδυασμό τους. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει, λοιπόν, μια ποιοτική αξιολόγηση του συστήματος GloSeP βάσει των επιμέρους τεχνολογικών χαρακτηριστικών τα οποία επιλέχθηκαν κατά την σχεδίαση του και που σχετίζονται με τα κριτήρια αξιολόγησης των συστημάτων ΕΛ. Επιλέγοντας τις τοπικά βέλτιστες λύσεις σε κάθε τομέα σχεδίασης του συστήματος GloSeP αποσκοπούμε να επιτύχουμε μια συνολικά βέλτιστη λύση ως πρόταση ενός ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ. Ο ισχυρισμός αυτός ευσταθεί λογικά εφόσον δεν υπάρχουν εξαρτήσεις μεταξύ των συστατικών μερών, με την έννοια των αρνητικών συσχετίσεων, και αν η συνεισφορά των επιμέρους χαρακτηριστικών στο όλο είναι αθροιστική.

Ενα πολύπλοκο σύστημα λογισμικού όπως είναι το GloSeP αλλά και κάθε σύστημα ΕΛ μπορεί να μελετηθεί με τη μέθοδο της τμηματοποίησης και της ανάλυσης κάθε τμήματος ξεχωριστά. Κάθε τμήμα του συστήματος GloSeP χρησιμοποιεί τεχνολογίες και πρωτόκολλα επικοινωνίας, συστήματα διαχείρισης και μεταφοράς αρχείων τα οποία συνεργαζόμενα παρουσιάζουν ένα συνολικό βαθμό απόδοσης και ευελιξίας σε κάθε ένα από τα κριτήρια αξιολόγησης. Για τον λόγο αυτό αν για κάθε τμήμα έχει επιλεγεί η βέλτιστη τεχνολογικά παρούσα λύση τότε το άθροισμα της συνολικής απόδοσης θα μας οδηγήσει σε ένα σύστημα ΕΛ με συνολικά βέλτιστα χαρακτηριστικά. Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο αφορά τα κριτήρια αξιολόγησης αλλά και την μεθοδολογία μέτρησης βασίζονται σε βιβλιογραφικές αναφορές και μελέτες αλλά και στην ήδη υπάρχουσα και επικρατούσα επιστημονική άποψη για τον ορισμό του βέλτιστου αποτελέσματος.

5.2 Ποιοτική ανάλυση

Τα συστήματα ΕΛ τα οποία μελετήθηκαν στο κεφάλαιο 3 χρησιμοποιούν διάφορα είδη επικοινωνίας μεταξύ των επικοινωνούντων κόμβων του δικτύου [9], [14], [45], [38]. Τα περισσότερα από αυτά βασίζονται στο σύστημα publish-subscribe καθώς η ασύγχρονη μορφή επικοινωνίας που προσφέρει το σύστημα αυτό διευκολύνει και εξυπηρετεί τους σκοπούς μιας φορητής/κινητής συσκευής. Οι συχνές συνδέσεις και αποσυνδέσεις δεν επηρεάζουν τη ροή των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα και εξυπηρετούνται από το ΕΛ. Στο σύστημα GloSeP επιλέχθηκε το είδος επικοινωνίας publish-subscribe το οποίο εξυπηρετείται από τον directory server, ο οποίος διαφημίζει τις προσφερόμενες υπηρεσίες δίνοντας την δυνατότητα στο χρήστη να εγγραφεί ή να χρησιμοποιήσει όσες αυτός επιθυμεί. Στο σύστημα 3DMA και στο REMMOC χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία java για την υλοποίηση του συστήματος public-subscribe. Το

σύστημα GloSeP έχει τη δυνατότητα να υλοποιήσει ένα υποτυπώδες σύστημα publish-subscribe με τεχνολογίες WEB συνδυάζοντας όπου κριθεί αναγκαίο τεχνολογίες όπως η AJAX, JAVASCRIPT προκειμένου να αποδοθεί μεγαλύτερη διαδραστικότητα στη διεπαφή του χρήστη. Οι αλλαγές οι οποίες παρατηρούνται στο περιβάλλον λειτουργίας (context awareness) μεταφέρονται ακαριαία μέσω των τεχνολογιών AJAX ή JAVASCRIPT μεταβάλλοντας τη διεπαφή του χρήστη αφαιρώντας ή προσθέτοντας επιλογές. Στο σύστημα XMIDDLE χρησιμοποιήθηκε επικοινωνία peer to peer ενώ στο σύστημα PRONTO χρησιμοποιήθηκε τεχνολογία MOM (Message oriented middleware). Η περίπτωση επικοινωνίας peer to peer στο σύστημα GloSeP απορροφήθηκε καθώς θεωρήθηκε αναγκαία η ύπαρξη διακομιστών, οι οποίοι επωμίζονται τη λειτουργία και διαχείριση των εσωτερικών διεργασιών του συστήματος GloSeP (Service discovery, authentication, overlay network routing). Επίσης, με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η επιβάρυνση των συσκευών του χρήστη οι οποίες σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να φέρουν σε πέρας όλες τις παραπάνω εσωτερικές διεργασίες του συστήματος.

Το σύστημα REMMOC χρησιμοποιεί τεχνολογία web services σε συνδυασμό με την γλώσσα προγραμματισμού WSDL. Παρόλη την πολυπλοκότητα του συστήματος υιοθετήθηκε η ιδέα χρήσης μιας περιγραφικής γλώσσας όπως η WSDL όπου στην περίπτωση του συστήματος GloSeP είναι η OWL με την οποία περιγράφονται οι κόμβοι ως οντότητες. Η διαφήμιση και προσφορά των διαθέσιμων υπηρεσιών από τον directory server του συστήματος GloSeP μοιάζει με τη διαχείριση γεγονότων του συστήματος CASS. Και στα δύο συστήματα (GloSeP, CASS) ένα δίκτυο αισθητήρων υπάρχει προκειμένου να συμπεριλάβουμε σε πραγματικό χρόνο τις αλλαγές που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον λειτουργίας. Στο σύστημα CASS υπάρχει η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων (inference engine) κάτι που υιοθετήθηκε ως ιδέα στο σύστημα GloSeP και υλοποιείται από τον directory server σε συνεργασία με τον WSAN engine server. Μια γνωσιακή βάση όπως αυτή που χρησιμοποιείται στο σύστημα CASS δεν κρίθηκε αναγκαία καθώς οι αλλαγές στο περιβάλλον είναι παροδικές και επαναλαμβανόμενες οπότε κάθε μεταβολή σε παράμετρο του περιβάλλοντος φιλτράρεται και συλλέγεται από τον WSAN engine server και μεταφέρεται στον directory server όπου λαμβάνεται η απόφαση αντίδρασης.

Το σύστημα 3DMA και το σύστημα LIMONE χρησιμοποιούν πράκτορες προκειμένου να εκτελεστούν διεργασίες στις συσκευές του χρήστη αλλά και σε υποσυστήματα που αποτελούν μέρος της αρχιτεκτονικής τους. Στο σύστημα GloSeP επιλέχθηκε η χρήση πρακτόρων μόνο για τις συσκευές του χρήστη καθώς θεωρήθηκε ότι μεταφορά και διακίνηση πρακτόρων μεταξύ διακομιστών που αποτελούν μέρος του συστήματος GloSeP θα αποτελούσε επανάληψη και άσκοπη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης.

Το σύστημα PRONTO χρησιμοποιεί ρητά όπως φαίνεται και από την αρχιτεκτονική του τεχνολογία caching κάτι που επαναλαμβάνεται στο σύστημα GloSeP με την χρήση του διακομιστή skeleton server. Έχοντας κατά νου την επαναχρησιμοποίηση ως ιδέα στην μηχανική λογισμικού η χρήση του skeleton server βοηθάει ώστε κάθε πληροφορία που εισέρχεται για πρώτη φορά στο σύστημα GloSeP να μένει με σκοπό να επαναχρησιμοποιηθεί. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγουμε επανάληψη της αρχικής ρύθμισης που απαιτείται σε κάθε νέο συνδεδεμένη συσκευή με το σύστημα GloSeP.

Το σύστημα MOBICLIQUE το οποίο βασίζεται σε αδόμητες (adhoc) συνδέσεις χρησιμοποιεί ομάδες ή κοινότητες (groups/communities) χρηστών οι οποίοι έχουν ένα κοινό ενδιαφέρον για μια ή περισσότερες δραστηριότητες. Το σύστημα GloSeP μέσω της μικρής βάσης δεδομένων που δημιουργείται στον skeleton server μέσω της πλειάδας state βάσει των χαρακτηριστικών των συσκευών αλλά και στον directory server βάσει της αποθήκευσης της πλειάδας service χρησιμοποιεί μια υβριδική μορφή ομαδοποίησης χρηστών. Σε πιθανή μελλοντική υλοποίηση του συστήματος GloSeP μια τέτοια λειτουργία ομαδοποίησης θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί στον agent server αποφορτίζοντας τον directory server και τον skeleton server από την λειτουργία αυτή.

Παρομοίως σε πιθανή μελλοντική υλοποίηση του συστήματος GloSeP το σύστημα REMMOC το οποίο ακολουθεί το component model θα μπορούσε να αποτελέσει δείκτη ως προς μια κατεύθυνση ανάπτυξης του GloSeP έτσι ώστε κάθε ξεχωριστή λειτουργία του συστήματος να εξυπηρετείται από ξεχωριστό τμήμα λογισμικού. Αποφεύγοντας μια μονολιθική ανάπτυξη και τμηματοποιώντας κάθε προσφερόμενη υπηρεσία στο αντίστοιχο τμήμα λογισμικού αυξάνεται η κλιμακωσιμότητα του συστήματος και ακολουθείται μια ανοιχτή αρχιτεκτονική. Με τον τρόπο αυτό είναι ευκολότερη η προσθήκη αλλά και η αφαίρεση τμημάτων λογισμικού όπου κριθεί αναγκαίο και όταν παρουσιαστεί ένας νέος τύπος υπηρεσίας. Επίσης, η χρήση πολιτικής γνωριμίας [limone] που χρησιμοποιεί το σύστημα LIMONE θα μπορούσε να εξυπηρετήσει το σύστημα GloSeP και ειδικότερα τον διακομιστή directory server για τη λήψη αποφάσεων προσφοράς υπηρεσιών, τον authentication server για την παροχή πρόσβασης ή την απόρριψη συνδεδεμένων χρηστών και τον skeleton server για τη λήψη αποφάσεων κατάλληλων ρυθμίσεων για κάθε συσκευή.

Μια υλοποίηση του συστήματος ΕΛ, GloSeP βάσει των όσων έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο 4 εξασφαλίζει τα τρία κύρια χαρακτηριστικά ασφάλειας (εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα, διαθεσιμότητα) με την ύπαρξη μηχανισμών όπως η αυθεντικοποίηση που πραγματοποιείται

από τον authentication server. Σε δεύτερο στάδιο το σύστημα GloSeP θα μπορούσε να υποστηρίξει και εξουσιοδότηση (authorization) σε περίπτωση που θελήσουμε να διαβαθμίσουμε το διακινούμενο περιεχόμενο πληροφοριών βάση σημαντικότητας. Οι προσφερόμενες υπηρεσίες του συστήματος εξυπηρετούνται από τη σταθερή υποδομή που συμπεριλαμβάνει τον directory server τον WSAE engine server και τον routing server. Το GloSeP δεν υποστηρίζει ADHOC συνδεσιμότητα ωστόσο η ποιότητα των υπηρεσιών μέσω της σταθερής υποδομής μπορεί να διατηρηθεί σε ικανοποιητικά επίπεδα τα οποία θα ελέγχονται ευκολότερα. Σε συνδυασμό με τις υπηρεσίες που προσφέρει ο WSAE engine server μέσω των πληροφοριών που λαμβάνονται από το δίκτυο αισθητήρων καλύπτεται μια από τις βασικότερες ανάγκες που καλείται να καλύψει το ΕΛ, αυτή της επίγνωσης περιβάλλοντος. Τα περισσότερα συστήματα που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο 3 δεν συμπεριλαμβάνουν δίκτυο αισθητήρων κάτι το οποίο προσδίδει στο GloSeP πλεονέκτημα τουλάχιστον ως προς την προσαρμοστικότητα του συστήματος στις αλλαγές που συμβαίνουν στο περιβάλλον.

Στον παρακάτω πίνακα 5.1 συνοψίζουμε τα σημεία επιρροής κατά τη σχεδίαση του ΕΛ GloSeP. Από κάθε ΕΛ το οποίο εξετάστηκε χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά εκείνα τα οποία κρίθηκε ότι εξυπηρετούν την εφαρμογή του συστήματος GloSeP στο πεδίο ορισμού του.

3DMA	Λογική τμηματοποιημένης Αρχιτεκτονικής Authentication-skeleton server
Xmiddle	Ιεραρχική δενδροειδή μορφή (αναπαράσταση δεδομένων) Προσθήκη tuple space στα φύλλα του δέντρου
Pronto	object oriented Γλώσσες προγραμματισμού Διαχωρισμός front end / back end
Peerware	GVDS (Δημιουργία overlay network)
ReMMoC	Web services Web services front end
CASS	Χρήση Σταθερής υποδομής Προσθήκη Skeleton server (ιστορικό)
Limone	Πολιτική γνωριμίας Skeleton server
Mobiclique	Χρήση κοινωνικών δικτύων Μελλοντική επέκταση του συστήματος GloSeP
Immisar	Χρήση δικτύου αισθητήρων για επίγνωση περιβάλλοντος Τμηματοποιημένη αρχιτεκτονική Διακριτοί ρόλοι εξυπηρετητών

Πίνακας 5.1: Σημεία επιρροής κατά το σχεδιασμό του ΕΛ GloSeP.

5.3 Αξιολόγηση βάσει σχεδιαστικών κριτηρίων

5.3.1 Ανακάλυψη Υπηρεσιών

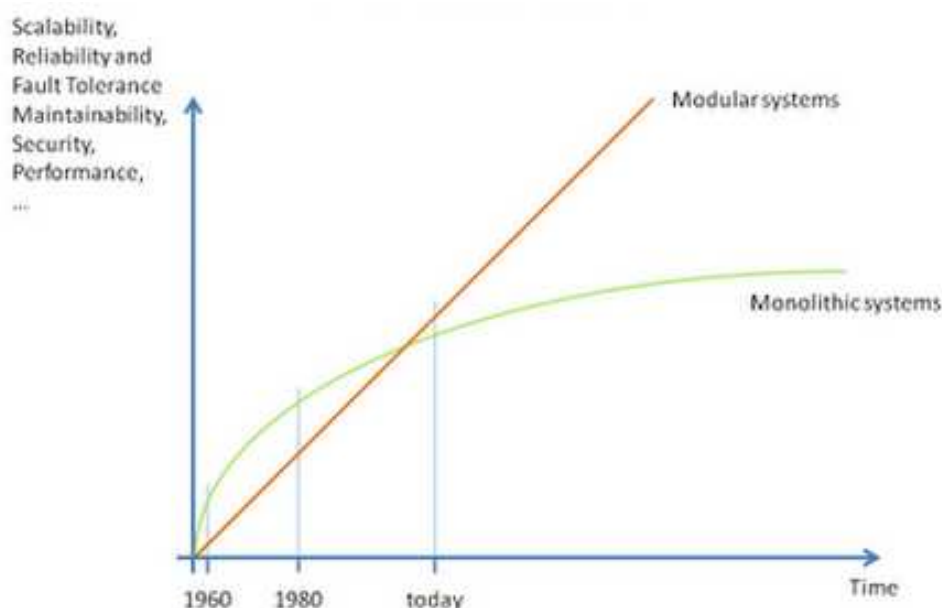
Το σύστημα GloSep βασίζει τη λειτουργία του για την ανακάλυψη υπηρεσιών σε σταθερή υποδομή η οποία αποτελείται από τον directory server. Τα συστήματα 3DMA, PEERWARE, REMOC και IMISSAR ακολουθούν την ίδια λογική για την ανακάλυψη υπηρεσιών και σύμφωνα με την ανάλυση συστημάτων όπως το MOBICLIQUE και XMIDDLE τα οποία χρησιμοποιούν τεχνολογίες P2P , ADHOC συνδέσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και εξυπηρέτηση των χρηστών. Η ύπαρξη ενός σταθερού διακομιστή μειώνει την ευελιξία του συστήματος ωστόσο είναι ευκολότερη η διαχείριση των υπηρεσιών είτε πρόκειται για προσθήκη ή αφαίρεση.

Το GloSep ως σύστημα ΕΛ σταθερής υποδομής δεν αντιμετωπίζει τα προβλήματα που συναντώνται στα ADHOC συστήματα. Έτσι στον γεωγραφικό χώρο όπου προσφέρονται οι υπηρεσίες του συστήματος GloSep η προσφορά τους διενεργείται από τη συνεργασία τεσσάρων διακομιστών (Agent server, directory server, router server , WSAN engine). Η χρήση τεχνολογίας XML καθώς και η HTML διεπαφή μοιάζουν στο τρόπο προσφοράς υπηρεσιών των υπηρεσιών ιστού WEB services. Η συνδεδεμένη συσκευή δέχεται κατάλογο προσφερόμενων υπηρεσιών με μορφή tuple και ο χρήστης επιλέγει την υπηρεσία στην οποία θέλει να εγγραφεί (subscribe). Με τον τρόπο αυτό η ανανέωση στο tuple space είναι ταχύτερη από μια αντίστοιχη ενημέρωση μια προσφερόμενης web service όπου στην περίπτωση αυτή θα απαιτούνταν αλλαγή στο URL της προσφερόμενης υπηρεσίας. Επίσης η αναζήτηση είναι ταχύτερη στον χώρο πλειάδων (tuple space) ενώ παράλληλα είναι ευκολότερη και η εγγραφή νέων προσφερόμενων υπηρεσιών. Επίσης το σύστημα GloSep δεν παρουσιάζει καθυστέρηση στην ενημέρωση των ενδιαμέσων συσκευών για νέες ή ήδη προσφερόμενων υπηρεσιών κάτι που παρατηρείται στα συστήματα P2P όπου εκεί συχνά παρουσιάζεται πρόβλημα μεταβατικότητας. Η προσέγγιση του συστήματος GloSep είναι αποδοτικότερη καθώς η ενημέρωση των συνδεδεμένων συσκευών είναι παράλληλη ενώ στα συστήματα P2P που εμφανίζεται το πρόβλημα μεταβατικότητας κάθε κόμβος που ενημερώνεται πρέπει να ενημερώσει τους αντίστοιχους γειτονικούς του και αυτοί με τη σειρά τους επόμενους γειτονικούς τους μέχρι να ολοκληρωθεί η ενημέρωση όλων των ομότιμων κόμβων.

5.3.2 Προσαρμοστικότητα

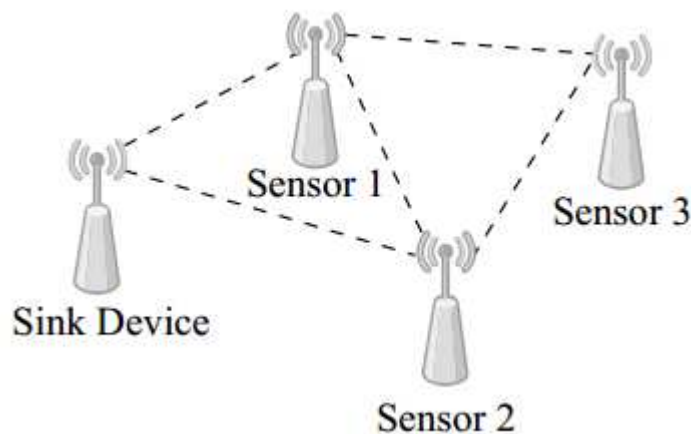
Η προσαρμοστικότητα του συστήματος GloSeP ωφελείται από τη σταθερή υποδομή διακομιστών καθώς η εξισορρόπηση του φόρτου εργασίας μπορεί να διαμοιραστεί με κλωνοποίηση και προσθήκη ενός ακόμη directory server , routing server ή άλλου διακομιστή που ανήκει στην αρχιτεκτονική του συστήματος GloSeP. Το σύστημα GloSeP διατηρεί στατιστικά στοιχεία από τα οποία μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα σχετικά με την αύξηση του φόρτου εργασίας καθώς επίσης και στατιστικά στοιχεία χρήσης των πόρων των διακομιστών. Όταν κριθεί απαραίτητο η τεχνική cloud balancing θα εξομαλύνει τον φόρτο διαμοιράζοντας ενέργειες και λειτουργίες σε όποιο διακομιστή βρίσκεται σε μεγαλύτερη αδράνεια.

Το σύστημα GloSep χρησιμοποιώντας την τεχνική της τμηματοποίησης modularized architecture είναι ευέλικτο και σε θέση να αντιμετωπίσει μελλοντικές προκλήσεις από συσκευές πελατών που θα κάνουν την εμφάνιση τους ή λειτουργιών που πιθανόν θα ζητηθούν στο μέλλον. Η τεχνική της τμηματοποίησης δίνει την δυνατότητα προσθήκης νέων χαρακτηριστικών στο σύστημα GloSep μέσω της ενσωμάτωσης ενός τμήματος κώδικα που θα προστεθεί σε αυτό . Η τμηματοποίηση προτιμήθηκε και σε επίπεδο υποδομής, δηλαδή στην αρχιτεκτονική των υπηρεσιών που προσφέρουν οι διακομιστές όσο και στο σύστημα διεπαφής μεταξύ συστήματος GloSep και τελικού χρήστη. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα GloSep είναι σε θέση να προσφέρει περισσότερες θέσεις χώρου καταστάσεων (state space) που αποτελούν το πεδίο ορισμού του. Στην εικόνα 5.1 φαίνεται το πλεονέκτημα της τμηματοποίησης που αφορά στην προσαρμοστικότητα.



5.3.3 Επίγνωση περιβάλλοντος

Από τα εννέα συστήματα ενδιάμεσου λογισμικού που μελετήθηκαν το σύστημα CASS αποτέλεσε οδηγό για την ενσωμάτωση και χρήση δικτύου αισθητήρων έτσι ώστε το σύστημα GloSeP να αποκτήσει επίγνωση περιβάλλοντος. Στο σύστημα CASS χρησιμοποιείται αποκλειστικός διακομιστής για δημιουργία βάσεως γνώσης (knowledge base) καθώς και για εξαγωγή συμπερασμάτων (inference engine). Το σύστημα GloSeP χρησιμοποιεί τον WSN engine server για αυτό το σκοπό ο οποίος λαμβάνει δεδομένα από το δίκτυο αισθητήρων, πραγματοποιεί κρίση και εξαγωγή συμπεράσματος το οποίο στη συνέχεια παραδίδει απευθείας στο directory server. Δεν χρησιμοποιήθηκε βάση γνώσεων καθώς θεωρήθηκε ότι οι αλλαγές στο περιβάλλον είναι μια τυχαία διαδικασία η οποία πρέπει κάθε φορά να αντιμετωπίζεται με διαφορετικό τρόπο.



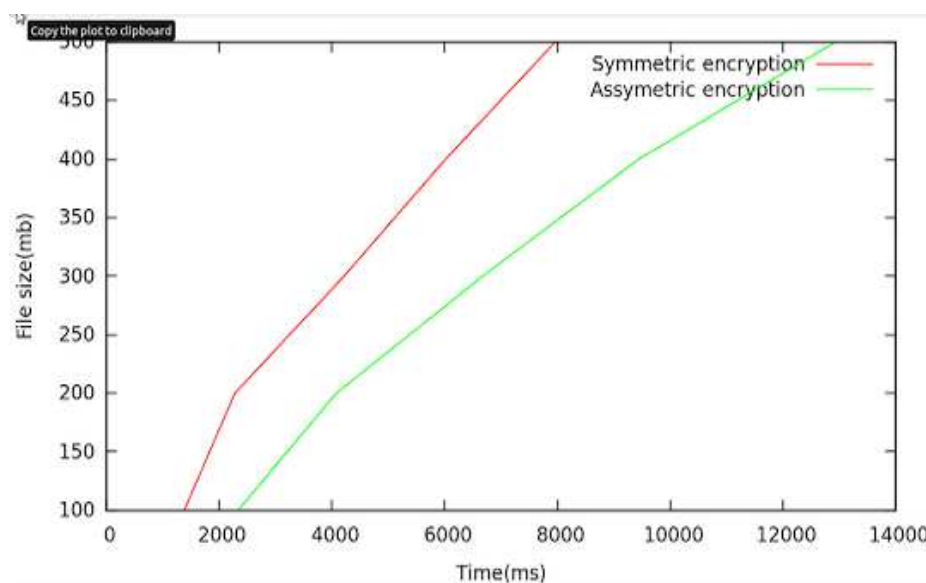
Εικόνα 5.2 Απεικόνιση μιας υποθετικής διάταξης αισθητήρων (Sensor 1,2,3) και του WSN Server (Sink Device)

5.3.4 Ασφάλεια

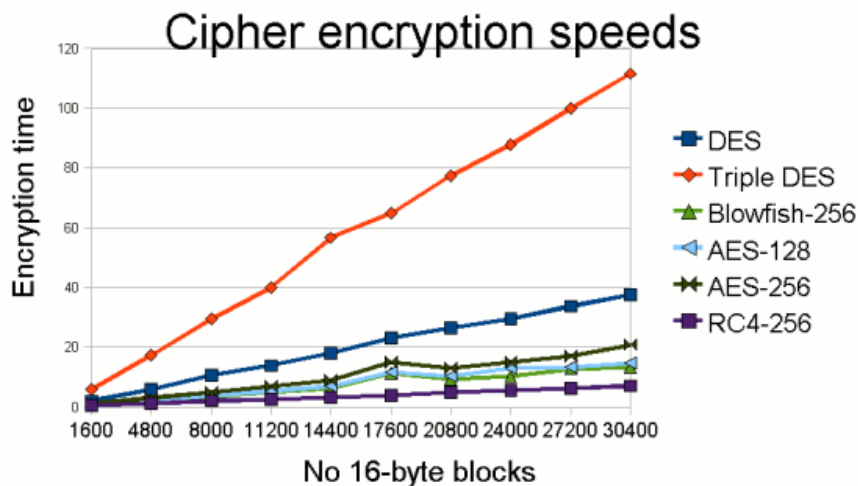
Το σύστημα GloSeP δεν προβλέπει ADHOC όπως στα συστήματα MOBICLIQUE και XMIDDLE δηλαδή συνδέσεις μεταξύ συσκευών χρηστών καθώς κρίθηκε σημαντικότερη η διαφύλαξη των χαρακτηριστικών ασφάλειας που προσφέρεται στον κάθε χρήστη. Με τον τρόπο αυτό η εμπιστευτικότητα, η ακεραιότητα των δεδομένων και η διαθεσιμότητα υπηρεσιών και

συσκευών προστατεύονται από κακόβουλους χρήστες οι οποίοι πιθανών να εκμεταλλεύονταν κάποιο κενό ασφάλειας. Επίσης η agents του συστήματος GloSeP επιτελούν κυρίως έργο σε επίπεδο παρουσίασης της διεπαφής και όχι εκτέλεσης κώδικα όπως συμβαίνει στο σύστημα LIMONE και για τον λόγο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκαν περαιτέρω μηχανισμοί ασφάλειας πριν τον υπηρεσιών αυθεντικοποίησης.

Το σύστημα GloSep χρησιμοποιεί μηχανισμούς ασφάλειας, την λειτουργία των οποίων αναλαμβάνουν οι διακομιστές της υποδομής δίχως να επιβαρύνουν τις συσκευές των επισκεπτών. Ο authentication server χρησιμοποιεί μηχανισμούς κρυπτογράφησης κατά την μεταφορά και ανταλλαγή των διακριτικών σύνδεσης του χρήστη (SSL/TLS) ενώ μελλοντικά μπορεί να υποστηρίξει υποδομή δημοσίου κλειδιού (PKI infrastructure). Η συμμετρική κρυπτογράφηση που χρησιμοποιεί το σύστημα GloSep είναι ταχύτερη μιας υποδομής δημοσίου κλειδιού όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3. Επίσης χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης RC4-256 ο οποίος εμφανίζεται ταχύτερος μεταξύ άλλων επιλογών όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.4. Τέλος δεν απαιτούνται επιπλέον διακομιστές διαχείρισης των κλειδιών όπως θα συνέβαινε στην περίπτωση κρυπτογράφησης Δημοσίου/Ιδιωτικού Κλειδιού.



Εικόνα 5.3: Γραφική παράσταση όγκου δεδομένων/χρόνου Συμμετρικής και ασύμμετρης κρυπτογράφησης. [73]



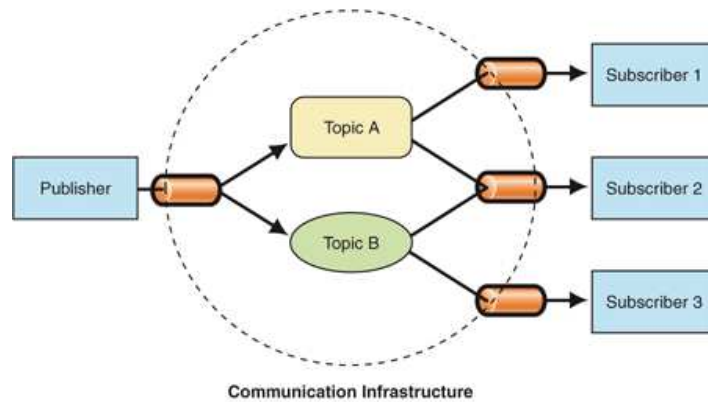
Εικόνα 5.4: Γράφημα συσχέτισης επιδόσεων, αλγορίθμων συμμετρικής κρυπτογράφησης. [74]
 Από τα συστήματα που μελετήθηκαν τα περισσότερα υποστηρίζουν κρυπτογράφηση συμμετρική καθώς από τις μετρήσεις που διενεργήθηκαν εμφανίζεται ταχύτερη της ασύμμετρης κρυπτογράφησης και πιο εύκολα υλοποιήσιμη. Αρκετά συστήματα δεν χρησιμοποιούν κανένα μηχανισμό κρυπτογράφησης ενώ τέλος υπάρχουν συστήματα τα οποία μελετήθηκαν τα οποία υποστηρίζουν κρυπτογράφηση μέσω πρόσθετων τμημάτων λογισμικού.

5.3.5 Απόδοση του συστήματος

Το σύστημα PEERWARE και το σύστημα LIMONE επέδειξαν αυξημένη συνολική απόδοση κυρίως εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο αναπαριστώνται τα δεδομένα τα οποία διακινούνται. Το σύστημα GloSeP έχει επιλέξει τον ίδιο τρόπο αναπαράστασης, δηλαδή τη χρήση πλειάδων ενώ ταυτόχρονα η κύριες λειτουργίες του συστήματος πραγματοποιούνται στη σταθερή υποδομή διακομιστών έτσι ώστε αφενός να προστατεύονται οι φυσικοί πόροι των συσκευών των χρηστών και αφετέρου να υπάρχει η μικρότερη δυνατή κυκλοφορία και επιβάρυνση στη δικτυακή υποδομή. Επίσης το σύστημα PEERWARE χρησιμοποιήθηκε ως πηγή έμπνευσης για τη χρήση ενός ιεραρχικού συστήματος δενδροειδούς μορφής για την καλύτερη απόδοση του directory server. Τέλος το σύστημα PRONTO με τη χρήση της τεχνικής caching χρησιμοποιήθηκε ως πηγή έμπνευσης για την ύπαρξη του skeleton server.

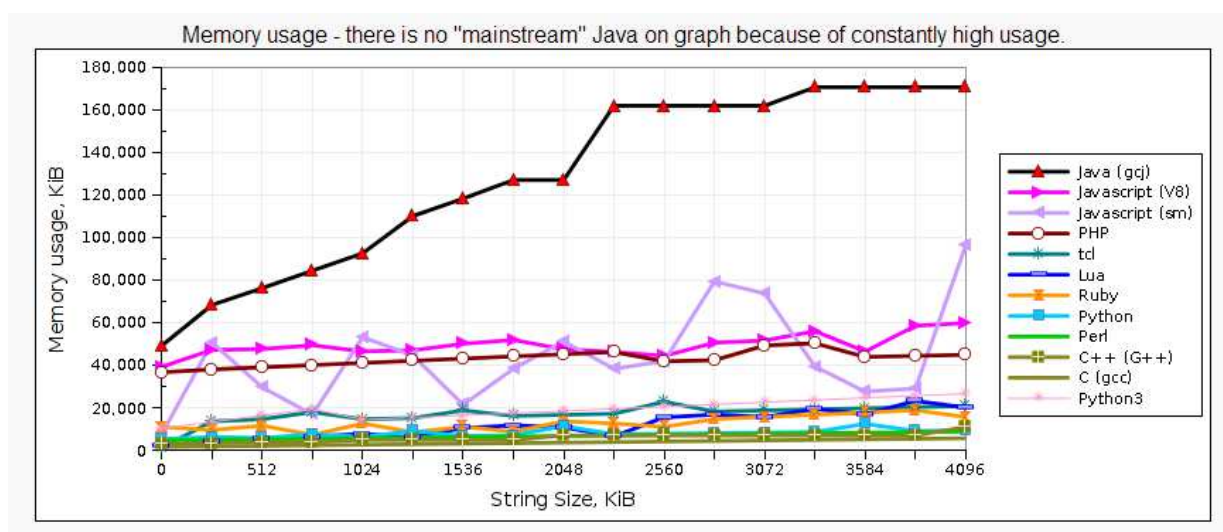
Η απόδοση του συστήματος GloSeP είναι ένα από τα κύρια κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη κατά την σχεδίαση του και επιλέχθηκαν τεχνολογίες (μοντέλο επικοινωνίας, τρόπος αναπαράστασης δεδομένων, διαχείριση συνδέσεων/αποσυνδέσεων) οι οποίες παρουσίασαν την βέλτιστη απόδοση από όσα συστήματα μελετήθηκαν και αναφέρονται στην βιβλιογραφία.

Τα συστήματα ΕΛ τα οποία χρησιμοποιούν σταθερή υποδομή εκμεταλλεύονται τα ισχυρά τεχνικά χαρακτηριστικά των διακομιστών προκειμένου να φέρουν σε πέρας τον υπολογιστικό φόρτο που θα αντιμετωπίσει το σύστημα.



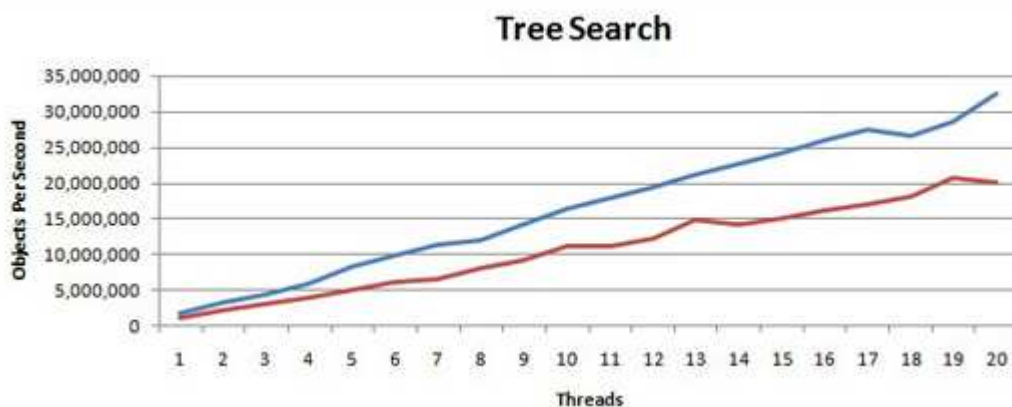
Εικόνα 5.5: Είδος επικοινωνίας Publish subscribe.

Το είδος επικοινωνίας Publish subscribe (εικόνα 5.5) που επιλέχθηκε βοηθάει στην καλύτερη διαχείριση κυκλοφοριακού φόρτου και σε συνδυασμό με την απόδοση της γλώσσας προγραμματισμού C++ (εικόνα 5.6), το δίκτυο υποδομής αποφεύγει την επιβάρυνση εξαιτίας ανώφελης διακίνησης πακέτων δεδομένων αλλά και τη βέλτιστη χρήση της στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP. Η χρόνοι απόκρισης εκδοτών και καταναλωτών (Publisher consumers) είναι ικανοποιητικοί και δεν επηρεάζουν την συνολική απόδοση του συστήματος.



Εικόνα 5.6: Παρουσιάζεται ενδεικτικά η απόδοση της C++ γλώσσας προγραμματισμού στην κατανάλωση κύριας μνήμης κατά τη διαχείριση διαφορετικών μεγεθών string. [75]

Επίσης η χρήση ικανών δομών δεδομένων που έχουν επιλεγεί, όπως για παράδειγμα η δενδροειδής μορφή (trees) επιταχύνουν λειτουργίες όπως η αναζήτηση αλλά και η εγγραφή στους καταλόγους υπηρεσιών που διατηρεί ο directory server και στους καταλόγους δρομολόγησης που διατηρεί ο router. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.7 η αναζήτηση σε δενδροειδή δομή δεδομένων παρουσιάζει καλύτερη απόδοση απο τη σειριακή αναζήτηση για ίδιο αριθμό νημάτων (threads) , δηλαδή με τον ίδιο αριθμό νημάτων είμαστε σε θέση να επεξεργαστούμε μεγαλύτερο όγκο πληροφορίας.



Εικόνα 5.7: Γραφική παράσταση απόδοσης ταχύτητας αναζήτησης με δενδροειδή και γραμμική δομή δεδομένων.

5.3.6 Συνδεσιμότητα συσκευών

Στα συστήματα τα οποία μελετήθηκαν παρουσιάζεται η τάση αποθήκευση δεδομένων στην πλευρά της συσκευής του χρήστη για γρηγορότερη επανασύνδεση της συσκευής, η χρήση χώρου πλειάδων και δενδροειδών μορφών αποθήκευσης δεδομένων ενώ σε κάποια άλλα χρησιμοποιήθηκε και αρχείο καταγραφής κινήσεων (transaction log). Το σύστημα GloSep έχει επιλέξει συνολικά τέσσερις λύσεις οι οποίες εμφανίζονται στην βιβλιογραφία ως βέλτιστες (Αποθήκευση δεδομένων στη συσκευή , δενδροειδής μορφή αποθήκευσης δεδομένων, χώρος πλειάδων, ιδεατό σύστημα δρομολόγησης (overlay network) αφήνοντας αχρησιμοποίητο το αρχείο καταγραφής κινήσεων το οποίο θα μπορούσε να προστεθεί ως πρόσθετο τμήμα λογισμικού. Η συχνή σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο αντιμετωπίστηκε με ποικίλους τρόπους όπως αυτοί αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 4 χωρίς όμως να έχει ξεχωρίσει κάποια λύση ως βέλτιστη.

Στο σύστημα GloSeP επιλέχθηκε η προσθήκη ενός διακομιστή του skeleton server καθώς και μια κατάλληλη δομή δεδομένων μορφής πλειάδων η οποία σε συνδυασμό με τον skeleton server

διευκολύνουν την επανασύνδεση της αποσυνδεδεμένης συσκευής και την κατά τον δυνατό γρηγορότερη επαναφορά της στη κατάσταση την οποία βρισκόταν. Το χαρακτηριστικό αυτό επεκτάθηκε διατηρώντας τη μνήμη της τελευταίας κατάστασης στην οποία παρουσιάστηκε μια συσκευή έτσι ώστε αυτή να χρησιμοποιηθεί ως παράγοντας εξατομίκευσης σε επόμενη επίσκεψη του χρήστη. Η προβολή της διεπαφής στον χρήστη πραγματοποιείται ως web interface κάτι το οποίο αυξάνει κατά το μέγιστο δυνατό τη βάση των πιθανών χρηστών καθώς τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα (HTTP, HTTPS) και οι τεχνολογίες προγραμματισμού (HTML, XML) υποστηρίζονται σχεδόν από όλες τις συσκευές των χρηστών

Το σύστημα GloSeP για την καλύτερη διαχείριση του συχνού φαινομένου συνδέσεων και αποσυνδέσεων των φορητών και κινητών συσκευών έχει επιλέξει την χρήση αφιερωμένου διακομιστή (authentication server) ο οποίος φροντίζει άμεσα να επικοινωνήσει με τον agent server και οι δυο τους να διαχειριστούν αυτό το φαινόμενο. Σε συνδυασμό με το είδος επικοινωνίας publish subscribe που έχει επιλεγεί αλλά και με την διατήρηση δεδομένων στη πλευρά του χρήστη η επανασύνδεση πραγματοποιείται ταχύτατα καθώς η συσκευή του χρήστη είναι σε θέση χρησιμοποιώντας την πλειάδα (tuple) State <activity, context> να επανέλθει συνεχίζοντας την δραστηριότητα της στο σημείο από το οποίο διακόπηκε. Επίσης η δένδροειδής μορφή δεδομένων που έχει επιλεγεί για την αποθήκευση των πληροφοριών καθώς και η χρήση overlay network βοηθούν στην ταχύτερη επανάκαμψη της συσκευής στην πλησιέστερη κατάσταση από την οποία βρισκόταν σε περίπτωση που έχει συμβεί οποιαδήποτε αλλαγή στην κατάσταση ή στο περιβάλλον λειτουργίας του ενδιαμέσου λογισμικού.

5.3.7 Διαχείριση Ενέργειας

Το σύστημα GloSeP προσπαθεί να διαχειριστεί τους φυσικούς πόρους των συσκευών με προσοχή χωρίς να επιβαρύνει τις συσκευές με πρόσθετες λειτουργίες μεταφέροντας την εκτέλεση δραστηριοτήτων σε αυτές. Οι συσκευές δέχονται την γραφική διεπαφή και αποθηκεύουν συγκεκριμένο αριθμό πλειάδων διατηρώντας στο ελάχιστο τη συμμετοχή τους στην συνολική δραστηριότητα του ΕΛ.

Κατά την σχεδίαση του συστήματος GloSep ένας από τους κυριότερους παράγοντες που λειψήθηκε υπόψη ήταν η βέλτιστη διαχείριση ενέργειας των συνδεδεμένων συσκευών. Για τον σκοπό αυτό υιοθετήθηκαν πρακτικές οι οποίες εμφανίζονται στην βιβλιογραφία που παρουσιάζει στα συστήματα τα οποία μελετήθηκαν και σύμφωνα με τις μετρήσεις βελτιώνουν αισθητά την κατανάλωση ενέργειας από μέρους των συνδεδεμένων συσκευών χωρίς αυτές να

στερούνται κάποια από τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Ποιο συγκεκριμένα η διακίνηση δεδομένων μέσω δικτύου, άρα και η χρήση ασύρματης σύνδεσης από μέρους των συσκευών έχει μειωθεί στο ελάχιστο και μόνο όπου κρίνεται απολύτως απαραίτητο. Τα δεδομένα κυκλοφορούν μη κρυπτογραφημένα άρα δεν απαιτείται επιπλέον επεξεργαστική ισχύ στην πλευρά των συνδεδεμένων συσκευών για αποκρυπτογράφηση. Η χρήση HTML διεπαφής βοηθά στο να εμφανίζεται μικρό αποτύπωμα μνήμης στην συσκευή ενώ ταυτόχρονα η ανάληψη ευθύνης για την διεκπεραίωση όλων των διεργασιών από τους διακομιστές του συστήματος GloSep αποδεσμεύει τις συνδεδεμένες συσκευές από οποιοδήποτε έχτρα φόρτο εργασίας. Επίσης το σύστημα GloSep χρησιμοποιεί τεχνολογία XML όπου είναι δυνατόν με ταυτόχρονη ελάχιστη χρήση αποθηκευτικού χώρου στις συνδεδεμένες συσκευές. Τέλος σε περίπτωση υλοποίησης του συστήματος GloSep θα ακολουθηθούν πρακτικές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο σύστημα ReMMOc το οποίο και εμφανίζει τη μικρότερη επεξεργαστική ισχύ φόρτου εργασίας.

5.3.8 Αναπαράσταση δεδομένων

Για την αποθήκευση και διακίνηση των δεδομένων στο σύστημα GloSeP επιλέχθηκε η δομή τύπου πλειάδων και η τεχνολογία XML με χρήση ασφαλών πρωτοκόλλων όπου κρίθηκε αναγκαίο. Τα συστήματα PEERWARE, LIMONE και IMISSAR χρησιμοποιούν επίσης δομή τύπου πλειάδων για την ανταλλαγή κρίσιμων δεδομένων. Η αξιολόγηση των παραπάνω συστημάτων ΕΛ έδειξε θετικά αποτελέσματα σχετικά με την απόδοση των συγκεκριμένων δομών δεδομένων. Το σύστημα GloSeP κληρονομεί αυτή την απόδοση σε συνδυασμό με την ευκολία δυναμικής επαναρύθμισης χαρακτηριστικών που προσφέρει η δομή δεδομένων τύπου πλειάδων. Η διακομιστές directory server, skeleton server και ο authentication server επωφελούνται από την δομή τύπων πλειάδων με ταχύτατη ανταλλαγή μηνυμάτων έτσι ώστε να είναι ταχύτατη και η τελική εξυπηρέτηση του χρήστη. Στο σύστημα GloSeP χρησιμοποιείται μια δενδροειδής και ιεραρχική μορφή αποθήκευσης των προσφερόμενων υπηρεσιών οι οποίες αποτελούν μέρος / χαρακτηριστικό των κόμβων του συνολικού συστήματος. Παρόμοια ιδέα χρησιμοποιήθηκε ως εικονικό σύστημα αρχείων στο σύστημα PEERWARE με την χρήση του GVDS (Global virtual data structures) όπου κάθε έγγραφο (document) συνδέεται απευθείας με τον κόμβο ο οποίος τα διαθέτει και ο οποίος ανήκει με την σειρά του σε μια ιεραρχική δενδροειδή διάταξη. Η χρήση ενός τέτοιου τύπου δεδομένων αποσκοπεί σε βελτιστοποίηση της απόδοσης κατά την αναζήτηση υπηρεσιών αλλά και κατά την αποθήκευση τους. Από την δομή αυτή επωφελούνται οι διακομιστές directory server και routing server. Η αναζήτηση και η αποθήκευση των δεδομένων σε όλη τη διάρκεια της δραστηριότητας του GloSeP βασίζεται στην υβριδική δενδροειδή μορφή η

οποία προτάθηκε και εκμεταλλεύεται τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών που χρησιμοποιεί. Η δένδροειδής μορφή εξυπηρετεί τους σκοπούς μιας γρήγορης αναζήτησης ενώ η χρήση οντολογιών διευκολύνει τον εννοιολογικό διαχωρισμό κόμβων και υπηρεσιών

Στο σύστημα GloSep γίνεται εκτενής χρήση τεχνολογίας XML καθώς και χώρου πλειάδων ο οποίος σύμφωνα με την βιβλιογραφία έχει την καλύτερη απόδοση σε περιπτώσεις αναζήτησης υπηρεσιών. Το σύστημα GloSep έχει αποφύγει τη χρήση σχεσιακών βάσεων δεδομένων για τις προσφερόμενες υπηρεσίες και συνδυάζει τη προσφορά υπηρεσιών με ταυτόχρονη δρομολόγηση μεταξύ των κόμβων με την συνεργασία του router και του directory server.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Επίλογος

The most important and urgent problems of the technology of today are no longer the satisfactions of the primary needs or of archetypal wishes, but the reparation of the evils and damages by the technology of yesterday.

~Dennis Gabor, Innovations: Scientific, Technological and Social, 1970

6.1 Συμπεράσματα

Από την παρούσα διατριβή εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί στον χώρο των συστημάτων ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ. Επίσης από την σχεδίαση και ανάπτυξη ενός αρχιτεκτονικού μοντέλου συστήματος ΕΛ όπως το GloSeP στάθηκε δυνατό να εστιαστεί η προσοχή σε θέματα σχεδιαστικά αλλά και σε λεπτομέρειες που αφορούν σε συγκεκριμένες τεχνολογίες υλοποίησης οι οποίες συνολικά αποδίδουν τα χαρακτηριστικά για τα οποία ενδιαφερόμαστε.

Εξ' αιτίας της διαρκούς αύξησης της χρήσης ασύρματων συσκευών θεωρείται βέβαιη και η αύξηση της χρήσης συστημάτων ενδιάμεσου λογισμικού. Οι διαφορετικοί τύποι συσκευών των χρηστών όπως επίσης και οι διαφορετικές τεχνολογίες συνδεσιμότητας (WiFi, Bluetooth, IRDA) απαιτούν έναν συντονιστή έτσι ώστε να μπορέσουν να συνυπάρξουν για την επίτευξη ενός σκοπού. Τα συστήματα που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο 3 σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν με στόχο να εξυπηρετήσουν μια συγκεκριμένη ανάγκη. Η προσέγγιση αυτή φαίνεται πως είναι ο ορθότερος τρόπος σχεδίασης και ανάπτυξης ενός ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η παραμετροποίηση και η βελτιστοποίηση του ΕΛ ώστε να εξυπηρετήσει αυτή τη συγκεκριμένη ανάγκη με τον καλύτερο τρόπο. Κατά το στάδιο σχεδίασης του συστήματος GloSeP επιβεβαιώθηκε πως ένα σύστημα ΕΛ παρόλη την γενικότητα που διέπει τη φύση του θα πρέπει να κάνει ξεκάθαρο το στόχο του. Μια γενική λύση η οποία συνολικά θα προσπαθήσει να εξυπηρετήσει κάθε σκοπό θα καταρρεύσει πιθανότατα από την ίδια της την αρχιτεκτονική καθώς το πλήθος των διακομιστών που θα απαιτηθούν είτε θα κάνουν ασύμφορη την υλοποίησή της είτε η απόδοση της λύσης θα κυμανθεί σε μέτρια επίπεδα.

Η σχεδίαση του συστήματος GloSeP καθώς και η μελέτη κατά την φάση σχεδίασής του μας οδήγησε στο συμπέρασμα πως από τα οκτώ κύρια χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά την σχεδίαση ενός συστήματος ΕΛ θα πρέπει να επιλεγεί μια μικρότερη ομάδα στην οποία θα δοθεί μεγαλύτερη προτεραιότητα. Αυτό προτείνεται καθώς κατά την μελέτη των συστημάτων ΕΛ όπως και κατά την σχεδίαση μια νέας πρότασης προέκυψε πως είναι ιδιαίτερα δύσκολο να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα και τα οκτώ κριτήρια αφού έρχονται σε αντιπαράθεση μεταξύ τους π.χ. (ασφάλεια, απόδοση, ανακάλυψη υπηρεσιών) Όπως συμβαίνει και στην επιστήμη της μηχανικής λογισμικού η επιλογή για τα χαρακτηριστικά στα οποία θα δοθεί μεγαλύτερη προτεραιότητα εξαρτάται από το σκοπό τον οποίο θα εξυπηρετήσει το υπο

σχεδίαση λογισμικό. Το σύστημα GloSeP έδωσε μεγαλύτερη βαρύτητα στην απόδοση (performance) του λογισμικού, την ασφάλεια (security) και την επεκτασιμότητα (scalability) καθώς ένα σύστημα ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε ένα ευμετάβλητο περιβάλλον όπου πολλές και διαφορετικές συσκευές συνδέονται αναζητώντας πολλές και διαφορετικές υπηρεσίες ενώ ταυτόχρονα η εξυπηρέτηση αυτών των συσκευών θα πρέπει να γίνεται με ασφάλεια και σε ικανοποιητικό χρόνο.

Παράλληλα από την μελέτη της βιβλιογραφίας συνδυάστηκαν τεχνικές και μέθοδοι προσέγγισης ζητημάτων με αποδοτικό τρόπο που αφορούν κυρίως στην επεξεργασία και αποθήκευση των δεδομένων που διακινούνται, τον τρόπο και την ποσότητα της διακινούμενης πληροφορίας αλλά και την γενική αρχιτεκτονική της σταθερής υποδομής του ΕΛ. Ο αριθμός των εξυπηρετητών που χρησιμοποιούνται στο σύστημα GloSeP μειώθηκε στο ελάχιστο χωρίς συνέπεια στην τελική προσφερόμενη ποιότητα των υπηρεσιών. Επίσης η υποδομή που χρησιμοποιήθηκε για την ένταξη πληροφορίας περιβάλλοντος (context awareness) δεν επιβαρύνει την απόδοση του ΕΛ ενώ ταυτόχρονα η σημαντική πληροφορία που μεταφέρει μετατρέπεται άμεσα σε δράση η οποία απεικονίζεται στις επιλογές του τελικού χρήστη.

Στην σημερινή εποχή αναμφίβολα κυριαρχούν συγκεκριμένες πλατφόρμες λογισμικού (Android, iOS) που αφορούν σε φορητές και κινητές συσκευές καθώς και συγκεκριμένες πλατφόρμες λογισμικού (Ms Windows, LINUX, iOS) που αφορούν σε σταθερά υπολογιστικά συστήματα. Οι φορείς καθώς και οι εταιρίες που υπάρχουν και υποστηρίζουν αυτές τις πλατφόρμες λογισμικού προσπαθούν να συγκλίνουν διαμορφώνοντας ένα τοπίο για ένα κοινό στρώμα ΕΛ το οποίο θα χρησιμοποιούν όλες οι πλατφόρμες αυτές. Μεγαλύτερη διαφοροποίηση υπάρχει στις τεχνολογίες υλοποίησης (γλώσσες προγραμματισμού) όπου η κατάσταση στο χώρο αυτό παρουσιάζει ακριβώς την αντίθετη εικόνα με τη διαρκή προσθήκη νέων τεχνολογιών (γλωσσών προγραμματισμού) με τις οποίες οι προγραμματιστές καλούνται να υλοποιήσουν τα σχέδια τους. Επίσης μια διαρκής ανανέωση υπάρχει και στο χώρο του υλικού (Hardware) όπου εκεί τα χαρακτηριστικά των υπολογιστικών συστημάτων μεταβάλλονται διαρκώς (CPU, Memory) και από καιρό σε καιρό προστίθενται νέα δυνατότητες στις φορητές και κινητές συσκευές οι οποίες βοηθούν προς το σκοπό της καλύτερης επίγνωσης περιβάλλοντος.

Επομένως φαίνεται πως η σχεδίαση και ανάπτυξη ΕΛ για εφαρμογές ΔΥ στα επόμενα χρόνια θα στραφεί σε εξειδικευμένες λύσεις ΕΛ οι οποίες θα εξυπηρετούν εφαρμογές κατά παραγγελία με συγκεκριμένη εστίαση για εξειδικευμένες εφαρμογές σε συγκεκριμένους χώρους με μεγάλη εμπορική επισκεψιμότητα. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στο

κεφάλαιο 4 όπου το σύστημα GloSeP αναπτύχθηκε για χρήση στο χώρο ενός ενυδρείου. Παρομοίως, η σχεδίαση και η ανάπτυξη του ΕΛ θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί για να καλύψει τις ανάγκες μιας δημόσιας υπηρεσίας, για τραπεζικές συναλλαγές κ.ά.

6.2 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Όπως προαναφέρθηκε το σύστημα GloSeP σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ως αρχιτεκτονική προσέγγιση ενός συστήματος ενδιάμεσου λογισμικού για εφαρμογές ΔΥ. Η σταθερή υποδομή διακομιστών που χρησιμοποιήθηκε θα μπορούσε μελλοντικά να μελετηθεί εκ νέου και να αντικατασταθούν κάποιοι διακομιστές με στόχο την μεγαλύτερη ευελιξία του συστήματος και την γρηγορότερη δημιουργία ενός έξυπνου χώρου με περισσότερες ad-hoc συνδέσεις μεταξύ των συσκευών.

Επίσης, δεν χρησιμοποιήθηκε κατά τη σχεδίαση του συστήματος GloSeP η έννοια του WPAN (wireless personal area network) καθώς και οι τεχνολογίες συνδεσιμότητας που προσφέρει. Στο μέλλον θα μπορούσε να αποτελέσει μια προσθήκη η χρήση της τεχνολογίας Bluetooth έτσι ώστε οι συσκευές να έρχονται σε επαφή με άλλες συσκευές των οποίων θέλουν να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες μέσω σύνδεσης Bluetooth. Το όφελος από μια τέτοια προσθήκη σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Bluetooth και άρα θα είχαμε μικρότερο κατασκευαστικό κόστος νέων συσκευών που θα χρησιμοποιούν μόνο πρωτόκολλο Bluetooth, μειωμένη χρήση ενέργειας στις συσκευές καθώς και αποφόρτιση του δικτύου WiFi.

Ακόμη η εγκατάσταση του συστήματος GloSeP όπως αυτή έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 5 εξυπηρετεί ένα γεωγραφικό τόπο. Μελλοντικά θα μπορούσε να προστεθεί ένας ακόμη συντονιστικός διακομιστής μεταξύ απομακρυσμένων υλοποιήσεων του συστήματος GloSeP έτσι ώστε ένας χρήστης ο οποίος συνδέθηκε στον τόπο Α όταν θα μεταφερθεί στον τόπο Β το σύστημα να έχει φροντίσει να μεταφέρει όλη την σχετική πληροφορία με τον χρήστη αυτό και να τον αντιμετωπίσει ως επανασυνδεδεμένο.

Τέλος, μια αναθεώρηση στην αρχιτεκτονική του συστήματος GloSeP θα μπορούσε να οδηγήσει στην υιοθέτηση μοντέλου τμημάτων λογισμικού (component model) έτσι ώστε η προσφορά των υπηρεσιών του συστήματος GloSeP να πραγματοποιείται από ανεξάρτητα τμήματα λογισμικού τα οποία πιθανόν να μπορούν να αναπτυχθούν σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού κάτι το οποίο θα οδηγήσει σε μια πιο ανοικτή αρχιτεκτονική (open

architecture). Κάτι τέτοιο φαίνεται πως είναι άλλωστε μια επιτακτική ανάγκη καθώς υπάρχουν πάρα πολλές τεχνολογίες προγραμματισμού από τις οποίες θα μπορούσε κανείς να ωφεληθεί ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας που θα ήθελε να προσφέρει.

Οι παραπάνω μελλοντικές προεκτάσεις του GloSeP κρίνονται απαραίτητες καθώς ο ρόλος των ΕΛ όπως περιγράφηκε στην παρούσα διατριβή είναι σπουδαίος και ταυτόχρονα αποτελεί ικανή και αναγκαία συνθήκη ώστε ο άνθρωπος να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία προς όφελος του.

Με τα όσα έχουμε δει μέχρι τώρα οι δυνατότητες επικοινωνίας των ΚΣ διευρύνονται συνεχώς με νέες τεχνολογικές προσθήκες και ανακαλύψεις οι οποίες με τη σειρά τους προσφέρουν νέες προκλήσεις στα ΣΔΥ. Έχοντας πλέον αντιληφθεί πως η ανάγκη για αόρατο υπολογισμό αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την προσέκλυση των καταναλωτών θα πρέπει να την σειρά τους τα ΣΔΥ να διευρύνουν τα αρχιτεκτονικά τους όρια ώστε να παρέχουν περισσότερες και ταυτόχρονα ευκολότερες υπηρεσίες. Σε αυτό το σημείο πλέον γίνεται ξεκάθαρο πως η σχεδίαση και η χρήση ενός συστήματος ΕΛ θα πρέπει να αναλάβει το δύσκολο ρόλο του μεταφραστή όλης αυτής της ανερχόμενης πολυπλοκότητας συνδυάζοντας τα όσα έχουμε αναφέρει στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής.

Η συνεχής αύξηση των εφαρμογών τελικών χρηστών σε συνδυασμό με την τεχνολογική έκρηξη καθιστά τα συστήματα ΕΛ παρόντα, ουσιώδη και με ξεκάθαρο ρόλο όσον αφορά την υποστήριξη των λειτουργιών αυτών των εφαρμογών.

Βιβλιογραφία

- [01] H. I. Yang, C. Chen, B. Abdulrazak, and S. Helal, "A framework for evaluating pervasive systems," *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, vol. 6, no. 4, pp. 432–481, 2010.
- [02] P. S. Lampropoulou, A. S. Lampropoulos, and G. A. Tsihrintzis, "A framework for evaluation of middleware systems of mobile multimedia services," in *Systems Man and Cybernetics (SMC)*, 2010 IEEE International Conference on, 2010, pp. 1041–1045.
- [03] C.-L. Fok, G.-C. Roman, and G. Hackmann, "A lightweight coordination middleware for mobile computing," in *Coordination Models and Languages*, 2004, pp. 135–151.
- [04] A. Ismail, A. E. S. Al Hajjar, and Ziad Ismail, "A New System Architecture for Pervasive Computing," *International Journal of UbiComp*, vol. 2, no. 3, pp. 22–37, Jul. 2011.
- [05] T. A. Bishop and R. K. Karne, "A survey of middleware," in *Proc. 18th Int. Conf. Computers and Their Applications*, Honolulu, 2003, pp. 254–258.
- [06] A. Gaddah and T. Kunz, "A survey of middleware paradigms for mobile computing," *Technical Report*, July, 2003.
- [07] F. Zambonelli and M. Viroli, "A survey on nature-inspired metaphors for pervasive service ecosystems," *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, vol. 7, no. 3, pp. 186–204, 2011.
- [08] C. L. Fok, G. C. Roman, and C. Lu, "Agilla: A mobile agent middleware for self-adaptive wireless sensor networks," *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS)*, vol. 4, no. 3, p. 16, 2009.
- [09] T. Verbelen, P. Simoens, F. De Turck, and B. Dhoedt, "AIOLOS: mobile middleware for adaptive offloading," in *Proceedings of the Workshop on Posters and Demos Track*, 2011, p. 20.

- [10] S. Tong, "An Evaluation Framework for middleware approaches on Wireless Sensor Networks," in Seminar on Internetworking, Helsinki University of Technology, Finland, 2009.
- [11] C. Mascolo, L. Capra, and W. Emmerich, "An XML-based Middleware for Peer-to-Peer computing," in Peer-to-Peer Computing, 2001. Proceedings. First International Conference on, 2001, pp. 69–74.
- [12] K. Raatikainen, H. B. Christensen, and T. Nakajima, "Application requirements for middleware for mobile and pervasive systems," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 6, no. 4, pp. 16–24, 2002.
- [13] M. Miraoui, C. Tadj, and C. B. Amar, "Architectural survey of context-aware systems in pervasive computing environment," Ubiquitous Computing and Communication Journal, vol. 3, no. 3, pp. 68–76, 2008.
- [14] S. Fujita and H. Esaki, "ATMOS: A middleware for Transparent MOBILE ad-hoc networking Systems," in International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, 2009.
- [15] P. F. S. Clarke, "CASS-Middleware for Mobile Context-Aware Applications."
- [16] P. K. McKinley, S. M. Sadjadi, E. P. Kasten, and B. H. C. Cheng, "Composing adaptive software," Computer, vol. 37, no. 7, pp. 56–64, 2004.
- [17] J. Robinson, I. Wakeman, and D. Chalmers, "Composing software services in the pervasive computing environment: Languages or APIs?," Pervasive and Mobile Computing, vol. 4, no. 4, pp. 481–505, 2008.
- [18] G. Chen, M. Li, and D. Kotz, "Data-centric middleware for context-aware pervasive computing," Pervasive and mobile computing, vol. 4, no. 2, pp. 216–253, 2008.
- [19] A. B. Waluyo, I. Pek, X. Chen, and W. S. Yeoh, "Design and evaluation of lightweight middleware for personal wireless body area network," Personal and Ubiquitous Computing, vol. 13, no. 7, pp. 509–525, 2009.

- [20] M. Musolesi, "Designing a context-aware middleware for asynchronous communication in mobile ad hoc environments," in Proceedings of the 1st international doctoral symposium on Middleware, 2004, pp. 304–308.
- [21] G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, and G. Blair, Distributed Systems: Concepts and Design, 5th ed. Addison-Wesley, 2011.
- [22] N. A. Carvalho, J. Bordalo, F. Campos, and J. Pereira, "Experimental evaluation of distributed middleware with a virtualized Java environment," in Proceedings of the 6th Workshop on Middleware for Service Oriented Computing, 2011, p. 3.
- [23] Z. Li, B. Li, D. Xu, and X. Zhou, "iflow: Middleware-assisted rendezvous-based information access for mobile ad hoc applications," in Proceedings of the 1st international conference on Mobile systems, applications and services, 2003, pp. 71–84.
- [24] S. Ashmore and S. K. Makki, "IMISSAR: an intelligent, mobile middleware solution for secure automatic reconfiguration of applications, utilizing a feature model approach," in Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, 2011, p. 58.
- [25] G. Banavar, J. Barton, N. Davies, and K. Raatikainen, "Introduction to the special feature on Middleware for Mobile and Pervasive Computing," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 6, no. 4, pp. 14–15, 2002.
- [26] P. Ballon, A. Henten, and R. Tadayoni, "Introduction: Mobile service architecture and middleware," Telematics and Informatics, vol. 28, no. 1, pp. 1–4, Feb. 2011.
- [27] K. A. Hawick and H. A. James, "Middleware for context sensitive mobile applications," in Proceedings of the Australasian information security workshop conference on ACSW frontiers 2003-Volume 21, 2003, pp. 133–141.
- [28] A. Uribarren, J. Parra, J. P. Uribe, M. Zamalloa, and K. Makibar, "Middleware for distributed services and mobile applications," in Proceedings of the first international conference on Integrated internet ad hoc and sensor networks, 2006, p. 10.

- [29] V. Raychoudhury, J. Cao, M. Kumar, and D. Zhang, "Middleware for pervasive computing: A survey," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 9, no. 2, pp. 177–200, Apr. 2013.
- [30] M.-M. Wang, J.-N. Cao, J. Li, and S. K. Dasi, "Middleware for wireless sensor networks: A survey," *Journal of computer science and technology*, vol. 23, no. 3, pp. 305–326, 2008.
- [31] T. Fjellheim, S. Milliner, and M. Dumas, "Middleware support for mobile applications," *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, vol. 1, no. 2, pp. 75–88, 2005.
- [32] A.-K. Pietiläinen, E. Oliver, J. LeBrun, G. Varghese, and C. Diot, "MobiClique: middleware for mobile social networking," in *Proceedings of the 2nd ACM workshop on Online social networks*, 2009, pp. 49–54.
- [33] E. Yoneki, "Mobile applications with a middleware system in publish-subscribe paradigm," in the *3rd Workshop on applications and services in wireless networks*, Bern, Switzerland, July, 2003.
- [34] D. Gavalas, P. Bellavista, J. Cao, and V. Issarny, "Mobile applications: Status and trends," *Journal of Systems and Software*, vol. 84, no. 11, pp. 1823–1826, Nov. 2011.
- [35] T. Kunz, "Mobile code middleware for mobile multimedia information access," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 6, no. 4, pp. 68–70, 2002.
- [36] C. Mascolo, L. Capra, and W. Emmerich, "Mobile computing middleware," in *Advanced lectures on networking*, Springer, 2002, pp. 20–58.
- [37] C. Emmanouilidis, R. A. Koutsiamanis, and A. Tasidou, "Mobile Guides: Taxonomy of Architectures, Context Awareness, Technologies and Applications," *Journal of Network and Computer Applications*, 2012.
- [38] V. Agarwal, S. Goyal, S. Mittal, and S. Mukherjea, "Mobivine: a middleware layer to handle fragmentation of platform interfaces for mobile applications," in *Proceedings of the 10th ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware*, 2009, p. 24.

- [39] G. Cugola and G. P. Picco, "Peerware: Core middleware support for peer-to-peer and mobile systems," submitted for publication, 2001.
- [40] K. E. Mohamed and D. Wijesekera, "Performance Analysis of Web Services on Mobile Devices," *Procedia Computer Science*, vol. 10, pp. 744–751, 2012
- [41] M. Dikaiakos, M. Kyriakou, and G. Samaras, "Performance evaluation of mobile agent middleware," in *Proceedings of the 5th International Conference on Mobile Agents (MA 2001)*, Atlanta (USA), 2001.
- [42] U. Farooq, E. W. Parsons, and S. Majumdar, "Performance of publish/subscribe middleware in mobile wireless networks," in *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 2004, vol. 29, pp. 278–289.
- [43] G. Schiele, M. Handte, and C. Becker, "Pervasive Computing Middleware," in *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*, H. Nakashima, H. Aghajan, and J. C. Augusto, Eds. Boston, MA: Springer US, 2010, pp. 201–227.
- [44] J. Muñoz, "Pervasive Systems Development with Model Driven Architecture," in *Proceedings of the 7 th International Conference on the Unified Modeling Language (UML2004)*, 2004.
- [45] G. Kortuem, "Proem: a middleware platform for mobile peer-to-peer computing," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 6, no. 4, pp. 62–64, 2002.
- [46] P. Bellavista, Y. Cai, and T. Magedanz, "Recent Advances in Mobile Middleware for Wireless Systems and Services," *Mobile Networks and Applications*, vol. 16, no. 3, pp. 267–269, Apr. 2011.
- [47] P. Grace, G. S. Blair, and S. Samuel, "ReMMoC: A reflective middleware to support mobile client interoperability," in *On The Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS, DOA, and ODBASE*, Springer, 2003, pp. 1170–1187.
- [48] J. Bertram and C. Kleiner, "Secure Web Service Clients on Mobile Devices," *Procedia Computer Science*, vol. 10, pp. 696–704, 2012.

- [49] R. Yared and X. Defago, "Software Architecture for Pervasive Systems," Japan Advanced Institute of Science and Technology, 2003.
- [50] T. Fjellheim, S. Milliner, M. Dumas, and K. Elms, "The 3dma middleware for mobile applications," in *Embedded and Ubiquitous Computing*, Springer, 2004, pp. 312–323.
- [51] M. Weiser and J. S. Brown, "The coming age of calm Technology [1]," *Xerox Parc*, vol. 8, p. 2007, 1996.
- [52] C. Borcea, A. Gupta, A. Kalra, Q. Jones, and L. Iftode, "The mobisoc middleware for mobile social computing: challenges, design, and early experiences," in *Proceedings of the 1st international conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications*, 2008, p. 27.
- [53] A. N. Khan, M. L. Mat Kiah, S. U. Khan, and S. A. Madani, "Towards secure mobile cloud computing: A survey," *Future Generation Computer Systems*, 2012.
- [54] J. Krumm, *Ubiquitous Computing*. Taylor & Francis, 2009.
- [55] R. K. Lomotey and R. Deters, "Using a Cloud-Centric Middleware to Enable Mobile Hosting of Web Services," *Procedia Computer Science*, vol. 10, pp. 634–641, 2012.
- [56] "Best Practices: Extending Enterprise Applications to Mobile Devices." [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb985493.aspx>. [Accessed: 28-Aug-2012].
- [57] "Cloud computing - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing. [Accessed: 23-Nov-2011].
- [58] "Cloud-Based Mobile Middleware: The Future of the Modern Mobile Enterprise « Smartsoft Mobile Solutions." [Online]. Available: <http://smartsoftmobile.com/wordpress/2011/01/04/cloud-based-mobile-middleware-the-future-of-the-modern-mobile-enterprise/>. [Accessed: 28-Aug-2012].
- [59] "Comparing Middleware Performance - ZeroC Documentation - ZeroC." [Online]. Available: <http://doc.zeroc.com/display/Doc/Comparing+Middleware+Performance>. [Accessed: 12-Jul-2012].

- [60] "Distributed computing - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_systems. [Accessed: 09-Jul-2012].
- [61] "Internet of Things - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things. [Accessed: 23-Nov-2011].
- [62] "Middleware - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Middleware>. [Accessed: 09-Jul-2012].
- [63] "Middleware analyst - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Middleware_Analysts. [Accessed: 23-Nov-2011].
- [64] "Mobile enterprise application platform - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_enterprise_application_platform. [Accessed: 28-Aug-2012].
- [65] "Mobile Middleware Overview." [Online]. Available: <https://developer.att.com/developer/tierNpage.jsp%3FpassedItemId=2800090?requestid=225350>. [Accessed: 30-Aug-2012].
- [66] "Mobile Middleware: Supporting Applications and Services - Sasu Tarkoma - Google Books." [Online]. Available: http://books.google.gr/books/about/Mobile_Middleware.html?id=wsnBA4aD2h0C&redirect_esc=y. [Accessed: 28-Aug-2012].
- [67] "ObjectWeb - What's Middleware." [Online]. Available: <http://middleware.objectweb.org/>. [Accessed: 23-Nov-2011].
- [68] "Ubiquitous computing - Wikipedia, the free encyclopedia." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Pervasive_computing. [Accessed: 09-Jul-2012].
- [69] Chivers, I. "Linux and Windows." (2001).
- [70] Adenekan (Nick) Dedeke, "Is Linux Better than Windows Software?," IEEE Software, vol. 26, no. 3, pp. 104, 103, May-June 2009, doi:10.1109/MS.2009.72

- [71] Farooq, Umar, Eric W. Parsons, and Shikharesh Majumdar. "Performance of publish/subscribe middleware in mobile wireless networks." *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. Vol. 29. No. 1. ACM, 2004
- [72] Arnold, Ken, et al. *Jini Specification*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999.
- [73] *Jothis Mannel's Blog: Symmetric and Asymmetric Encryption Algorithm*. [ONLINE] Available at: <http://jothismannel.blogspot.gr/2013/02/symmetric-and-asymmetric-encryption.html>. [Accessed 26 January 2014].
- [74] Comparison of encryption ciphers in Java. 2014. *Comparison of encryption ciphers in Java*. [ONLINE] Available at: <http://www.javamex.com/tutorials/cryptography/ciphers.shtml>. [Accessed 26 January 2014].
- [75] Perl, Python, Ruby, PHP, C, C++, Lua, tcl, javascript and Java comparison. 2014. *Perl, Python, Ruby, PHP, C, C++, Lua, tcl, javascript and Java comparison*. [ONLINE] Available at: <http://raid6.com.au/~onlyjob/posts/arena/>. [Accessed 26 January 2014].
- [76] *Daniel's Blog: Why are we building so much software technologies that will eventually fail?*. [ONLINE] Available at: <http://himmele.blogspot.gr/2011/01/why-are-we-building-so-much-software.html>. [Accessed 26 January 2014].

Πίνακας Συντμήσεων

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ	
CPU	Central processing Unit
DOM	Document Object Model
DTD	Document Type Model
FIFO	First In First Out
GVDS	Global Virtual Data Structure
IDE	Integrated Development Environment
JMS	Java Message Service
MOM	Message Oriented Middleware
OSNs	On Line Social Networking services
OWL	Web Ontology Language
P2P	Peer To Peer
PC	Personal Computer
PKI	Public key infrastructure
QoS	Quality of Service
RPC	Remote Procedure Call

WSAN	Wireless Sensor and Actuators Network
WSDL	Web Services Description Languages
ΔΥ	Διάχυτος Υπολογισμός
ΕΑ	Ενεργό Αντικείμενο
ΕΛ	Ενδιάμεσο Λογισμικό
ΚΣ	Κατανεμημένο Σύστημα
Λ/Σ	Λειτουργικό Σύστημα
ΠΕ	Περιβάλλον Εκτέλεσης
ΣΔΥ	Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού
ΧΣ	Χαρακτηριστικά Συσκευής

Παράρτημα Α

Συστήματα Αναφοράς

Ενδιάμεσου Λογισμικού

A.1 3DMA

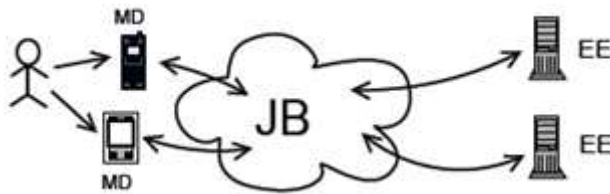
A.1.1 Αρχιτεκτονική

Στο 3DMA υπάρχουν τέσσερις τύποι εργατών

- **οι σκανδάλες (triggers)**
Η σκανδάλη ορίζεται ως ένα στοιχείο το οποίο αντιδρά σε συγκεκριμένα γεγονότα .
- **Οι συνδέτες (connectors)**
Οι συνδέτες χρησιμοποιούνται για να συνδέουν τις συσκευές στον ιδεατό χώρο λογισμικού. Υπάρχει ένας συνδέτης για κάθε συσκευή
- **Οι συμβουλάτορες (advisors)**
Οι συμβουλάτορες διατηρούν αρχείο προτιμήσεων των χρηστών και κατάλογο πολιτικών και στρατηγικών του συστήματος
- **Οι υπεύθυνοι συγκέντρωσης πληροφορίας περιβάλλοντος**
Αυτά τα τμήματα λογισμικού αποτελούν το σημείο αποθήκευσης των πληροφοριών περιβάλλοντος. Υπάρχει ένα τμήμα λογισμικού για κάθε τύπο πληροφορίας περιβάλλοντος που αποθηκεύεται.

Οι εργάτες δεν προσφέρουν υπηρεσίες οι ίδιοι παρά ορίζουν για άλλα τμήματα λογισμικού πως αυτά θα επεξεργαστούν τις πληροφορίες. Τοποθετώντας έναν εργάτη σε απομακρυσμένο σημείο οι ενέργειες των χρηστών μπορούν να ολοκληρωθούν χωρίς περεταίρω επιβάρυνση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας ή της μνήμης της συσκευής. Επίσης δεν υπάρχει επιβάρυνση του καναλιού επικοινωνίας καθώς δεν μεταδίδονται δεδομένα

Η αρχιτεκτονική του 3DMA αποτελείται από τρία κύρια στοιχεία όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα . Πρώτον τις κινητές συσκευές (ΚΣ) , τον ιδεατό χώρο λογισμικού και το περιβάλλον εκτέλεσης (ΠΕ).



Εικόνα Α.1 : Συνοπτική απεικόνιση συστήματος.

Ο ιδεατός χώρος λογισμικού ομοιάζει του χώρο πλειάδων αλλά στην περίπτωση του 3DMA ονομάζεται java board. Το java board χρησιμοποιεί μεθόδους επικοινωνίας του χώρου πλειάδων με σκοπό να επιτύχει την ανεξαρτητοποίηση συσκευών και υπηρεσιών. Υποστηρίζει το μοντέλο εκδότη συνδρομητή (publish/subscribe) το οποίο έχει αποδειχτεί χρήσιμο για περιβάλλοντα στα οποία έχουμε σποραδικές συνδέσεις και αποσυνδέσεις. Για την δημιουργία οντοτήτων χρησιμοποιεί αντικείμενα (objects) με τον ίδιο τρόπο που δημιουργούνται στην τεχνολογία java spaces και είναι σε θέση να υλοποιήσει μετανάστευση κώδικα και κατάστασης σε απομακρυσμένο υπολογιστή. Το 3DMA προσθέτει στα δύο προηγούμενα (χώρο πλειάδων , java spaces) τα ενεργά αντικείμενα (active objects, EA). Τα ενεργά αντικείμενα μπορούν να εκτελέσουν ενέργειες με το που θα κληθούν από το ιδεατό χώρο λογισμικού. Επίσης είναι εύκολο να διαβαστούν ή να εγγραφούν καθιστώντας με αυτό τον τρόπο εύκολη και την διαμονή τους. Οι εργάτες υπάρχουν στον ιδεατό χώρο του λογισμικού και επικοινωνούν ο ένας με τον άλλο αλλά και με τρίτες οντότητες μέσω μηνυμάτων τα οποία περνούν από τον ιδεατό χώρο. Μπορούν να δημιουργηθούν δυναμικά από τις εφαρμογές και να τους ανατεθούν συγκεκριμένες δραστηριότητες.

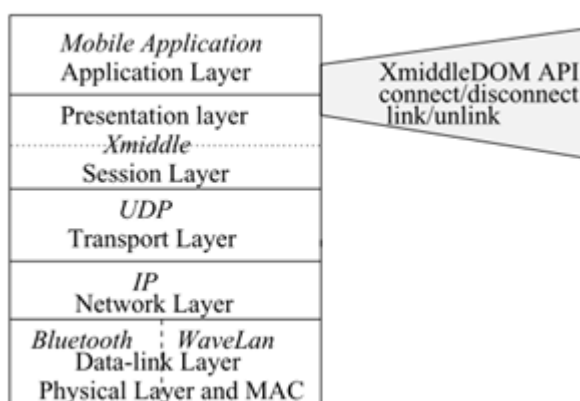
Το περιβάλλον εκτέλεσης (java board) διευρύνει τις δυνατότητες των κινητών συσκευών. Στην ουσία πρόκειται για ισχυρούς σταθερούς υπολογιστές οι οποίοι μπορούν και αναλαμβάνουν την απομακρυσμένη επεξεργασία ή την αποθήκευση των δεδομένων. Ένα τμήμα λογισμικού περιβάλλοντος εκτέλεσης ΠΕ μπορεί να βρίσκεται σε απομακρυσμένο σταθερό υπολογιστή ή μπορεί να βρίσκεται ως ενεργό αντικείμενο EA μέσα στον ιδεατό χώρο λογισμικού. Ένα ΠΕ μπορεί να παίξει τον ρόλο συνδρομητή σε υπηρεσίες ή προσφερόμενα δεδομένα από EA.

Οι κινητές συσκευές ΚΣ μπορούν να ειπωθούν ως μια περιορισμένη έκδοση ενός ΠΕ.

A.2 Xmiddle

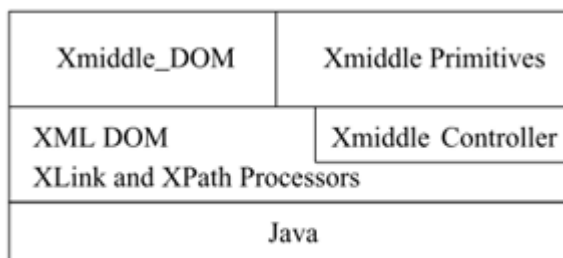
A.2.1 Αρχιτεκτονική

Το σύστημα XMIDDLE ακολουθεί την λογική του μοντέλου αναφοράς OSI/ISO υλοποιώντας τα δυο τελευταία επίπεδα συνόδου και παρουσίασης.



Εικόνα A.2 : Απεικόνιση στοίβας πρωτοκόλλου για κινητό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας Xmiddle.

Όλο το σύστημα βασίζεται στη χρήση της τεχνολογίας java και παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα A.3



Εικόνα A.3: Αρχιτεκτονική Xmiddle.

Ο ελεγκτής Xmiddle αποτελεί ένα νήμα (thread) το οποίο επικοινωνεί με το υποκείμενο δικτυακό πρωτόκολλο TCP /UTP και διαχειρίζεται τις νέες συνδέσεις, τις αποσυνδέσεις και την

επαναφορά / συγχρονισμό των δεδομένων. Το Xmiddle primitives αποτελεί μια προγραμματιστική διεπαφή μέσω της οποίας διενεργείται η σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών αλλά και η προσάρτηση ή απομάκρυνση μέρους ή ολόκληρων των δέντρων πληροφοριών. Η προσάρτηση ή απομάκρυνση αυτή ομοιάζει με την τεχνολογία πελάτη εξυπηρετητή (client/ server). Εξυπηρετητής είναι η συσκευή η οποία παρέχει το δέντρο πληροφοριών ενώ πελάτης η συσκευή η οποία προσαρτά το δέντρο ή τμήμα αυτού. Το Xmiddle DOM υλοποιεί την τεχνολογία DOM για τις κινητές εφαρμογές. Τα τμήματα από τα οποία αποτελείται το Xmiddle συνεργάζονται κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου synchML για να προτυποποιήσουν την διαδικασία συγχρονισμού των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συσκευών. Η τεχνολογία synchML εστιάζει σε τεχνολογίες σημείο προς σημείο όπου μεταξύ δυο σημείων αναπτύσσεται σχέση πελάτη εξυπηρετητή. Ωστόσο το Xmiddle κάνει ένα βήμα παραπάνω αποφεύγοντας την καταγραφή κάθε μετακίνησης δεδομένου χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ελέγχου εκδόσεων έτσι ώστε να καταστεί διαφανής η διαδικασία συγχρονισμού.

A.3 Pronto

A.3.1 Αρχιτεκτονική

Κατά την σχεδίαση του συστήματος Pronto προτιμήθηκε η διάσπαση του συστήματος σε επιμέρους τμήματα λογισμικού τα οποία στο σύνολο τους προσφέρουν μια συλλογή καταναμημένων υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες αυτές βοηθούν κυρίως τα τρία κύρια συστατικά του συστήματος.

- **Mobile JMS client**

Το υποσύστημα αυτό έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υιοθετεί τη συμπεριφορά του αντίστοιχου JMS πελάτη. Ένας JMS εξυπηρετητής έχει υλοποιηθεί έτσι ώστε να υποστηρίζει τις λειτουργίες του mobile JMS πελάτη.

- **Serverless JMS**

το υποσύστημα αυτό αποτελεί μια καινοτομική έκδοση του Mobile JMS πελάτη που σκοπό έχει να δώσει την δυνατότητα για ένα αποκεντροποιημένο μοντέλο στο σύστημα pronto. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται τεχνολογία IP multicast για την μετάδοση

των δεδομένων. Το υποσύστημα *serverless JMS* αποδίδει καλύτερα σε περιβάλλον δικτύωσης *ad-hoc* και σε δίκτυα όπου απαιτείται μετάδοση υψηλής ταχύτητας μεταξύ μεγάλου αριθμού κόμβων του δικτύου. Σημειώνουμε εδώ ότι το μοντέλο επικοινωνίας εκδότη / συνδρομητή ταιριάζει άριστα σε ένα περιβάλλον δικτύωσης *ad-hoc*.

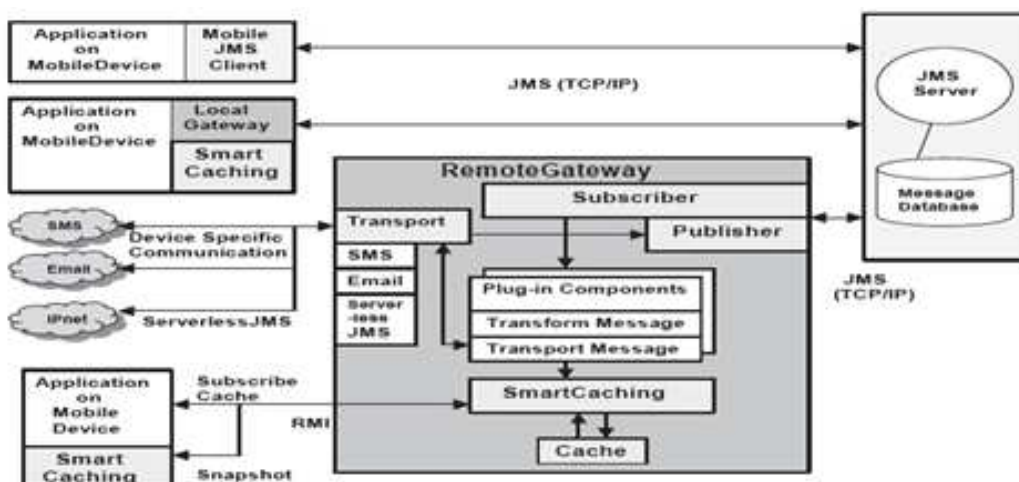
▪ **Gateway and SmartCaching**

Το υποσύστημα *gateway* αποτελεί ένα κόμβο αποθήκευσης και επαναπροώθησης μηνυμάτων και εκμεταλλεύεται τα βοηθητικά τμήματα λογισμικού τα οποία προσφέρονται από το σύστημα *Pronto*. Το σύστημα *SmartCaching* έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να προσφέρει ευρύτερες λειτουργίες αποθήκευσης πληροφοριών. Το υποσύστημα αυτό βρίσκεται ενσωματωμένο μέσα στο υποσύστημα *gateway*.

Το σύστημα *Pronto* μπορεί να υλοποιηθεί ακολουθώντας κεντροποιημένο μοντέλο, χρησιμοποιώντας τα υποσυστήματα *mobile JMS client* και *gateway*, ενώ μπορεί να υλοποιηθεί ακολουθώντας αποκεντροποιημένο μοντέλο με το υποσύστημα *serverless JMS*. Ένας συνδυασμός των υποσυστημάτων *gateway* και *serverless JMS* θα βελτιστοποιούσε την ροή αποστολής μηνυμάτων σε κάποιο κατακεντρωμένο σύστημα.

Κεντροποιημένη μορφή του συστήματος PRONDO (centralized)

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε την διάταξη των συστατικών μερών του συστήματος *Prondo* με χρήση κεντροποιημένου μοντέλου.



Εικόνα Α.4: Επισκόπηση κατακεντρωμένου συστήματος με *Pronto*.

- **Mobile JMS client**

Μια εφαρμογή η οποία εκτελείται σε φορητή συσκευή χρησιμοποιεί την διεπαφή που προσφέρει ο mobile JMS client. Επικοινωνεί άμεσα με τον JMS server.

- **Local Gateway**

Μια εφαρμογή η οποία εκτελείται σε φορητή συσκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει την επαφή gateway. Το σύστημα Local gateway είναι ένα συγκεκριμένο είδος λειτουργίας του συστατικού gateway και μπορεί να εκτελεστεί ως ξεχωριστό νήμα (thread) από την εφαρμογή ή εντός της εφαρμογής. Η λειτουργία Local gateway πραγματοποιεί βοηθητική λειτουργία αποθήκευσης δεδομένων και μετατροπή αυτών μέσω βοηθητικών τμημάτων λογισμικού.

- **RemoteGateway**

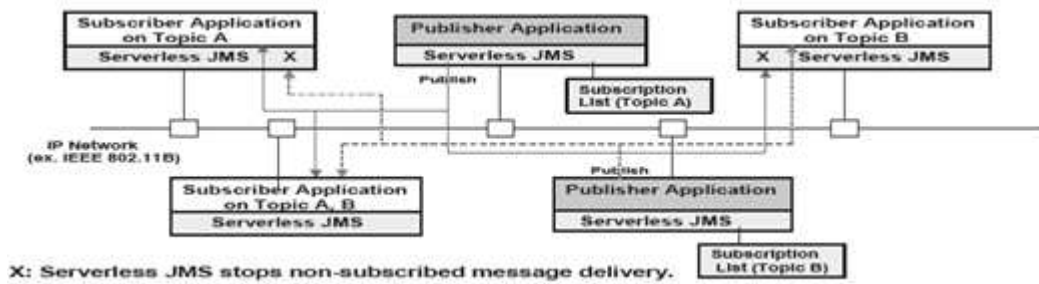
Μια εφαρμογή η οποία εκτελείται σε φορητή συσκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει το υποσύστημα gateway σε λειτουργία RemoteGateway. Τότε το υποσύστημα RemoteGateway εκτελείται ως ξεχωριστή διεργασία. Συνήθως η επικοινωνία μεταξύ του υποσυστήματος RemoteGateway και mobile JMS πελάτη υλοποιείται μέσω μηχανισμών RMI.

- **Μη προγραμματιζόμενη συσκευή**

Οι συσκευές αυτές απαιτούν τη χρήση του υποσυστήματος remote gateway έτσι ώστε να εκτελέσουν την μεταφορά και τροποποίηση του μηνύματος στην συσκευή αποδέκτη. Το υποσύστημα remote gateway αναπαριστά κάθε εκδότη και συνδρομητή ως μια μη προγραμματιζόμενη συσκευή.

Αποκεντροποιημένη μορφή του συστήματος PRONTO (decentralized)

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε την διάταξη των συστατικών μερών του συστήματος Prondo με χρήση αποκεντροποιημένου μοντέλου.



Εικόνα A.5: Severless JMS over IEEE 802.11 Network.

Το υποσύστημα serverless JMS υποστηρίζει το αποκεντροποιημένο μοντέλο. Ένας εκδότης λειτουργεί ως προσωρινός εξυπηρετητής και διατηρεί ταυτόχρονα κατάλογο συνδρομητών.

Λειτουργίες σύνδεσης αποσύνδεσης

Το σύστημα Pronto χρησιμοποιεί τις παρακάτω τεχνικές προκειμένου να διαχειριστεί την συχνή σύνδεση και αποσύνδεση των συσκευών.

- **Συνδρομή διαρκείας μέσω mobile JMS client**

Η συνδρομή διαρκείας αποτελεί χαρακτηριστικό του συστήματος JMS. Μια συνδρομή μικρής διάρκειας έχει διάρκεια ζωής όμοια με αυτή του συνδρομητή. Ωστόσο ένας συνδρομητής μπορεί να μετατρέψει την συνδρομή του σε συνδρομή μεγάλης διάρκειας καταχωρώντας της στον Mobile JMS client με την βοήθεια ενός μοναδικού χαρακτηριστικού.

- **Gateway cache**

Το υποσύστημα gateway διατηρεί στον αποθηκευτικό του χώρο δεδομένα ακόμη και αν μια εφαρμογή είναι ανενεργή. Όταν η εφαρμογή καταστεί εκ νέου ενεργή χρησιμοποιεί το υποσύστημα gateway προκειμένου να λάβει αντίγραφο της συνδρομής που διατηρούσε.

A.3.1.1 Mobile JMS Client

Στο σύστημα Pronto ένα μήνυμα αποτελεί ένα αντικείμενο το οποίο περιλαμβάνει κεφαλίδα και σώμα. Η κεφαλίδα περιέχει στοιχεία ταυτοποίησης και πληροφορίες δρομολόγησης. Το σώμα

περιλαμβάνει τα δεδομένα. Από τους 5 τύπους μηνύματος που υποστηρίζει το JMS το Prondo κάνει χρήση τριών. Textmessage, Bytesmessage και Objectmessage.

Οι Μέθοδοι παράδοσης των μηνυμάτων που χρησιμοποιούνται είναι η μόνιμη παράδοση (persistence delivery) η συνδρομή διαρκείας (durable subscription) και η παράδοση με χρόνο ζωής μηνύματος (time-to-live message) . Από τις τρεις μεθόδους η συνδρομή διαρκείας εμφανίζεται ιδανική για την υποστήριξη συχνών συνδέσεων και αποσυνδέσεων των συσκευών. Το σύστημα Prondo υλοποιεί το μοντέλο εκδότη/συνδρομητή για ασύγχρονη μετάδοση μηνυμάτων αλλά όχι και το μοντέλο επικοινωνίας σημείο προς σημείο. Το σύστημα Prondo υποστηρίζει συνδρομή βασισμένη στο περιεχόμενο ως επέκταση του συστήματος του συστήματος JMS με την βοήθεια τύπου μηνύματος Textmessage σε μορφή XML.

A.3.1.2 Serverless JMS

Η τεχνολογία Ethernet υποστηρίζει μετάδοση multicast σε επίπεδο υλικού. Η εφαρμογές με serverless JMS κάνοντας χρήση της μετάδοσης multicast εμφανίζουν μεγάλα πλεονεκτήματα σε απόδοση. Το υποσύστημα serverless JMS δεν υποστηρίζει δίκτυα ad-hoc τα οποία δεν έχουν δυνατότητες επικοινωνίας Multicast. Κύρια χαρακτηριστικά του serverless JMS είναι τα παρακάτω :

- **Multicast Group**

Κάθε διεύθυνση IP multicast αντιστοιχεί σε κάποιο κανάλι το οποίο χαρακτηρίζει μια ομάδα κόμβων οι οποίοι εκδήλωσαν ενδιαφέρον για την λήψη πληροφορίας για συγκεκριμένο θέμα.

- **Αξιόπιστο πρωτόκολλο**

Το υποσύστημα serverless JMS είναι σε θέση να υλοποιήσει αξιόπιστη αλλά και μη αξιόπιστη multicast μετάδοση. Για την υποστήριξη Multicast μετάδοσης έχει σχεδιαστεί νέο πρωτόκολλο επικοινωνίας. Το ίδιο πρωτόκολλο πραγματοποιεί τεμαχισμό και συναρμολόγηση των μηνυμάτων τα οποία υπερβαίνουν το μέγεθος του UDP datagram.

- **Έλεγχος ροής**

Έχει υλοποιηθεί σύστημα ελέγχου ροής των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ εκδοτών και συνδρομητών το οποίο βασίζεται στην αντίστοιχη λογική του επιπέδου TCP (window based).

- **Καταχώρηση συνδρομής**

Υπάρχουν δυο ειδών συνδρομές , οι διαχωρίσιμες και οι μη διαχωρίσιμες. Οι πρώτες δεν επιτρέπουν αποστολή μηνυμάτων χωρίς την ύπαρξη συνδρομητών ενώ οι δεύτερες επιτρέπουν .

- **Αυτόματη ανακάλυψη**

ένας εκδότης διατηρεί νήμα αφιερωμένο στην αυτόματη ανακάλυψη το οποίο αποστέλλει δεδομένα περιμένοντας απάντηση από συνδρομητές.

A.3.1.3 Gateway

Μια πύλη μεταβιβάζει μηνύματα σε άλλες πύλες ή εφαρμογές. Αναλόγως του δικτυακού περιβάλλοντος μπορεί να χρησιμοποιηθούν πάνω από μια πύλες. Με την λογική αυτή δημιουργούνται κατανεμημένα συστήματα αποστολής μηνυμάτων μέσω JMS εξυπηρετητών τα οποία προσφέρουν αρκετά καλή απόδοση, μείωση φόρτου εργασίας και διαμοιρασμό των εκτελούμενων διεργασιών. Μια πύλη προσφέρει δυο διεπαφές.

- **Διεπαφή transport**

χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ συσκευών

- **Διεπαφή transform**

χρησιμοποιείται για την μετατροπή της μορφής των μηνυμάτων.

Το σύστημα πύλη δημιουργεί αντικείμενα transport και transform βασισμένο σε XML στοιχεία διαμόρφωσης. Το σύστημα πύλη είναι επίσης ένας Mobile JMS πελάτης ο οποίος διαμοιράζει τις πληροφορίες διαμόρφωσης με εφαρμογές πελάτες. Όπως είδαμε παραπάνω το υποσύστημα gateway υλοποιείται ως local gateway αλλά και ως remote gateway. Σε λειτουργία local gateway μπορεί να εκτελεστεί ως ξεχωριστό νήμα ή ως μέρος μιας εφαρμογής. Ενώ ως remote gateway υλοποιείται μέσω τεχνολογίας RMI και εκτελείται σαν ξεχωριστή διεργασία. Στην διεπαφή

transform πραγματοποιείται ενδιάμεση βοηθητική αποθήκευση , συμπίεση δεδομένων έτσι ώστε να μειωθεί το μέγεθος των δεδομένων αλλά και η δικτυακή κυκλοφορία. Επίσης στην ίδια διεπαφή πραγματοποιούνται λειτουργίες ασφάλειας όπως η κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των δεδομένων. Τέλος στην διεπαφή transport εκτελούνται λειτουργίες για μη προγραμματιζόμενες συσκευές όπως για παράδειγμα τα μηνύματα sms. Μια καταχώρηση διεπαφής transport σε πύλη ενεργοποιεί συνδρομή σε JMS εξυπηρετητή στο αντίστοιχο θέμα.

A.3.1.4 Smart caching

Το υποσύστημα αυτό προσφέρει υπηρεσίες συνδρομής/λήψης και στιγμιότυπου στους πελάτες. Κατά την λήψη του στιγμιότυπου δεν πραγματοποιείται μεταφορά όλου του περιεχομένου αλλά μόνο η λεγόμενη δέλτα πληροφορία (Delta information) η οποία περιγράφει τις αλλαγές που έγιναν από την τελευταία μετατροπή .

A.4 Peerware

A.4.1 Αρχιτεκτονική

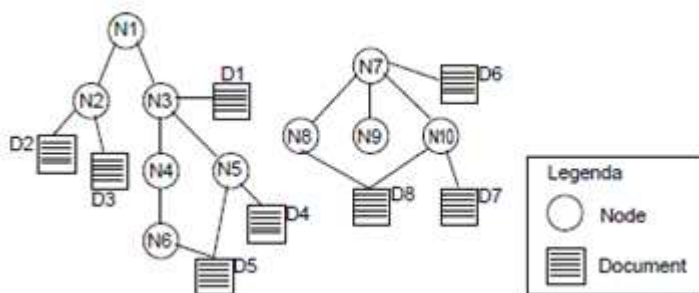
Κεντρικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής του συστήματος peerware αποτελεί η ύπαρξη μιας καθολικής ιδεατής δομής δεδομένων η οποία δημιουργείται ως αποτέλεσμα της άθροισης όλων των τοπικών δομών δεδομένων των συσκευών που συμμετέχουν στο σύστημα αυτό. Από την πλευρά του χρήστη η πρόσβαση σε αυτό το GVDS σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή στην κατάσταση των δεδομένων παρουσιάζεται σε αυτόν με αυτόματο και δυναμικό τρόπο καθώς η ενημέρωση πραγματοποιείται από το ΕΛ.

Η δομή δεδομένων που χρησιμοποιείται από το σύστημα peerware είναι οργανωμένη ως γράφημα αποτελούμενο από κόμβους και έγγραφα, τα οποία συνολικά ονομάζονται τεμάχια (items). Συγκεκριμένα η δομή αυτή δεδομένων είναι μια πλειάδα η οποία αναπαρίσταται ως $DS=(N,D,\Gamma,L,\Lambda)$ όπου

- N είναι το σύνολο των κόμβων
- D το σύνολο των εγγράφων

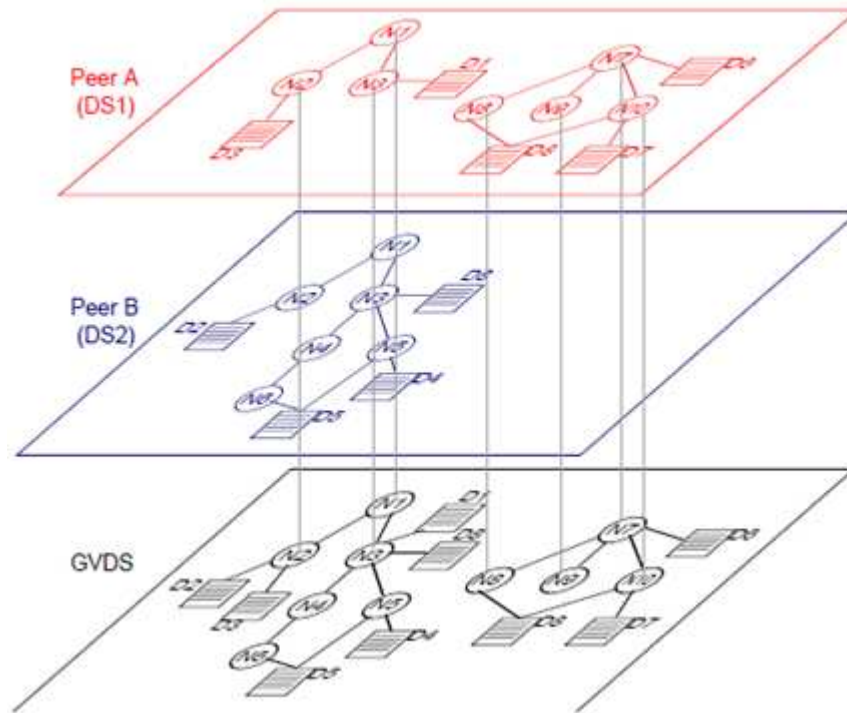
- Γ είναι η σχέση κόμβου περιεχομένου όπου νΓι υποδηλώνει ότι ο κόμβος ν περιέχει το τεμάχιο i.
- L το σύνολο των ετικετών
- Λ συνάρτηση ετικετοποίησης όπου συσχετίζει κάθε κόμβο με μια ετικέτα όχι απαραίτητα μοναδική

Η παραπάνω περιγραφή σημαίνει ότι οι κόμβοι δημιουργούν ένα δάσος δέντρων με συγκεκριμένη ρίζα όπου κάθε δέντρο αναπαριστά μια διαφορετική οπτική της εσωτερικής δομής των περιεχομένων του συστήματος όπου κάθε έγγραφο μπορεί να είναι μέλος ενός και παραπάνω δέντρων. Σε μια τέτοια δομή δεν επιτρέπεται η ύπαρξη εγγράφων τα οποία δεν ανήκουν σε κάποιο κόμβο. Επίσης υπάρχει περίπτωση δυο και παραπάνω κόμβοι να έχουν την ίδια ετικέτα. Στη παρακάτω εικόνα Α,6 εμφανίζεται ένα στιγμιότυπο του GVDS ενός συστήματος peerware



Εικόνα Α.6: Ένα παράδειγμα της παγκόσμιας εικονικής δομή δεδομένων που διαχειρίζεται το Peerware .

Κάθε κόμβος σε ένα σύστημα peerware σχετίζεται με μία τοπική δομή δεδομένων τα οποία αποθηκεύονται στον αποθηκευτικό χώρο της συσκευής. Ανά πάσα στιγμή όλες οι τοπικές δομές δεδομένων οι οποίες βρίσκονται στις συσκευές των χρηστών είναι διαθέσιμες σε όλους τους συμμετέχοντες κόμβους ως μέρος του καθολικού ιδεατού χώρου δεδομένων τον οποίο χειρίζεται το σύστημα peerware. Ένα τέτοιο στιγμιότυπο παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα Α.7 :



Εικόνα Α.7: Ένα παράδειγμα της παγκόσμιας εικονικής δομή δεδομένων που προκύπτει όταν δύο χρήστες συνδέονται.

Το σύστημα peerware ορίζει αυστηρά τις ενέργειες που μπορούν να εκτελεστούν σε μία τοπική δομή δεδομένων και στην καθολική ιδεατή δομή δεδομένων. Οι διεργασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε μια τοπική δομή δεδομένων είναι οι ακόλουθες :

- CreateNode (n,nf) and removeNode (n) όπου στην πρώτη περίπτωση έχουν=με δημιουργία του κόμβου n κάτω από τον κόμβο nf και στην άλλη περίπτωση απλώς διαγραφή του κόμβου n.
- PlaceIn(d,n) and removeFrom(d,n) όπου έχουμε εισαγωγή (διαγραφή) ενός εγγράφου d σε (από) δοσμένο κόμβο n.
- Publish(e,i) όπου έχουμε δημιουργία ειδοποίησης όπου συμβάν e παρουσιάστηκε σε δοσμένο τεμάχιο i.
- Ενώ οι διεργασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα σε τοπική δομή δεδομένων αλλά και στη καθολική ιδεατή δομή δεδομένων είναι οι ακόλουθες :

- $I=execute(Fn,FD, a)$ όπου έχουμε εκτέλεση της εργασίας a στις δομές F_n και FD .
- $Subscribe(F_n,FD,FE,c)$ όπου επιτρέπεται σε κόμβο να γίνει συνδρομητής σε συμβάν αν αυτό πληρεί τις προϋποθέσεις του φίλτρου FE το συμβάν λαμβάνει χώρα μεταξύ των δομών F_n και FD και όταν το συμβάν παρουσιαστεί εκτελείται ο κώδικας c .
- $I=executeandsubscribe(F_n,FD,FE,a,c)$ όπου εκτελείται η διεργασία a στις δομές F_n και FD και ταυτόχρονα πραγματοποιείται συνδρομή σε συμβάντα που πληρούν τις προϋποθέσεις του φίλτρου FE και κατά την παρουσία του συμβάντος εκτελείται και πάλι ο κώδικας c .

Παρατηρούμε πως ο αριθμός των ενεργειών που προσφέρονται από το σύστημα PEERWARE είναι ιδιαίτερα μικρός. Αυτό αποτελεί συνέπεια του προσεκτικού σχεδιασμού του συστήματος. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι ενέργειες αυτές διαφέρουν από υλοποίηση σε υλοποίηση και από εφαρμογή σε εφαρμογή.

Το σύστημα PEERWARE συνολικά προτείνει την υλοποίηση ενός ενδιάμεσου λογισμικού το οποίο είναι υπαρκτό μεταξύ ομότιμων κόμβων όπου κάθε κόμβος διαθέτει αποθετήριο με μια τοπική δομή δεδομένων. Μια διαδικασία στο GVDS διενεργείται μεταφέροντας μια αίτηση από ένα κόμβο προς άλλο για εκτέλεση στα τοπικά του δεδομένα. Το σύστημα προσφέρει ευελιξία καθώς δεν αναφέρει τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η δρομολόγηση έτσι ώστε κάποιος να μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε από τα overlay networks που υπάρχουν διαθέσιμα.

A.5 ReMMoC

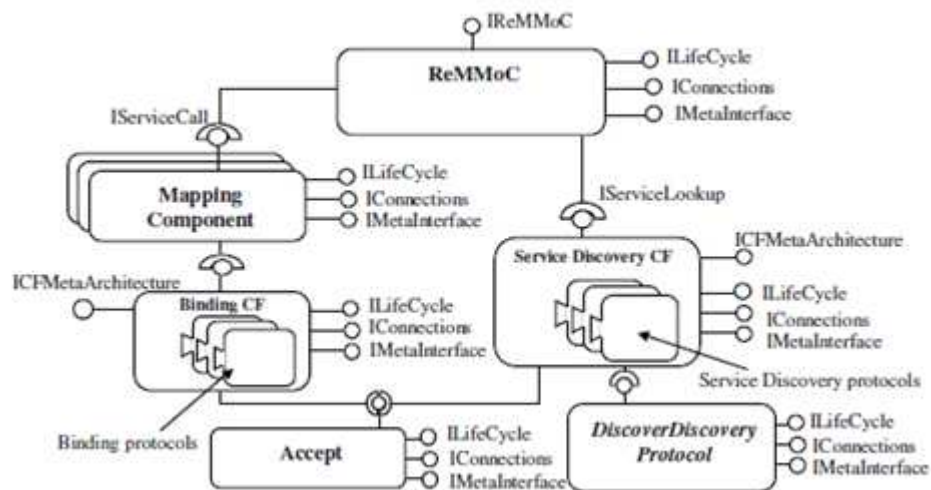
A.5.1 Αρχιτεκτονική

Όπως αναφέρθηκε το σύστημα ReMMoC χρησιμοποιεί την τεχνολογία OpenCOM ως υποκείμενη τεχνολογία τμημάτων λογισμικού από τα οποία αποτελείται το ίδιο το σύστημα ReMMoC. Αρχικά το ReMMoC αποτελείται από δυο πλαίσιο εργασίας

A) Ένα συνδεδεμένο πλαίσιο εργασίας για συνεργασία μεταξύ των προσφερόμενων υπηρεσιών οι οποίες έχουν υλοποιηθεί με διαφορετικές τεχνολογίες επικοινωνίας (Public subscribe, RMI, TupleSpace).

B) Ένα πλαίσιο εργασίας ανακάλυψης υπηρεσιών το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των υπηρεσιών που διαφημίζονται από μια πληθώρα πρωτοκόλλων ανακάλυψης (Jini, Service location protocol SLP, Universal plug and play UPP).

Στο συνδεδεμένο πλαίσιο εργασίας μπορούμε να προσθέσουμε τμηματικά διαφορετικές υλοποιήσεις πρωτοκόλλων επικοινωνίας κατά την διάρκεια χρήσης του ενδιάμεσου λογισμικού ReMMoC. Κατά την ίδια έννοια μπορούμε να προσθέσουμε ακόμη και σε χρόνο εκτέλεσης του συστήματος ReMMoC νέα διαφορετικά πρωτόκολλα ανακάλυψης υπηρεσιών. Σε αργότερο στάδιο δίνεται η δυνατότητα να προσθέσουμε και άλλα πλαίσια εργασίας για μη λειτουργικές ανάγκες όπως για παράδειγμα η ασφάλεια του συστήματος και η διαχείριση πόρων. Στη παρακάτω εικόνα A.8 εμφανίζεται το τμήμα ReMMoC το οποίο προσφέρει υπηρεσίες διαχείρισης και επαναρύθμισης καθώς και μια γενικού τύπου προγραμματιστική διεπαφή (API) για ανάπτυξη φορητών εφαρμογών.

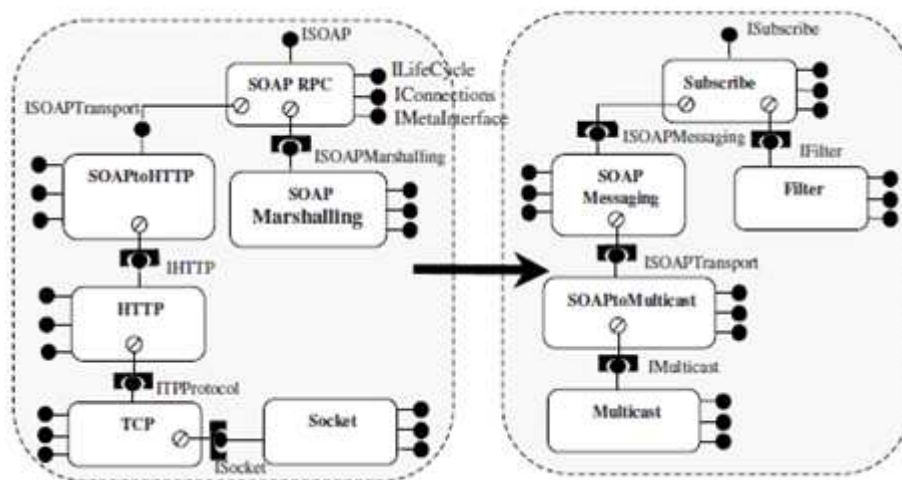


Εικόνα A.8: Απεικόνιση μια πλατφόρμας ReMMoC.

Κύριος στόχος του συνδεδεμένου πλαισίου εργασίας είναι η διαχείριση των ετερογενών προσφερόμενων υπηρεσιών. Κάθε αλλαγή στο συνδεδεμένο πλαίσιο εργασίας αποτελείται από δυο διακριτά επίπεδα. Πρώτον κάθε υλοποίηση τεχνολογίας επικοινωνίας μπορεί να αντικατασταθεί για παράδειγμα ένας πελάτης SOAP με ένα συνδρομητή ενός συστήματος Publish subscribe.

Αυτή η δυναμική επαναρύθμιση πραγματοποιείται λαμβάνοντας πληροφορίες από το πλαίσιο εργασίας ανακάλυψης υπηρεσιών το οποίο περιγράφει τον τύπο της σύνδεσης που πρέπει να πραγματοποιηθεί. Ένα αρχείο XML περιέχει την περιγραφή για την ρύθμιση του νέου τμήματος για την εν λόγω σύνδεση και είναι αυτό το οποίο αναλύεται προκειμένου να δημιουργηθεί η νέα κατάσταση επικοινωνίας. Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να προστεθούν στο σύστημα ReMMoC με δυναμικό τρόπο πρωτόκολλα και τεχνολογίες επικοινωνίας οι οποίες δεν έχουν ακόμη υλοποιηθεί.

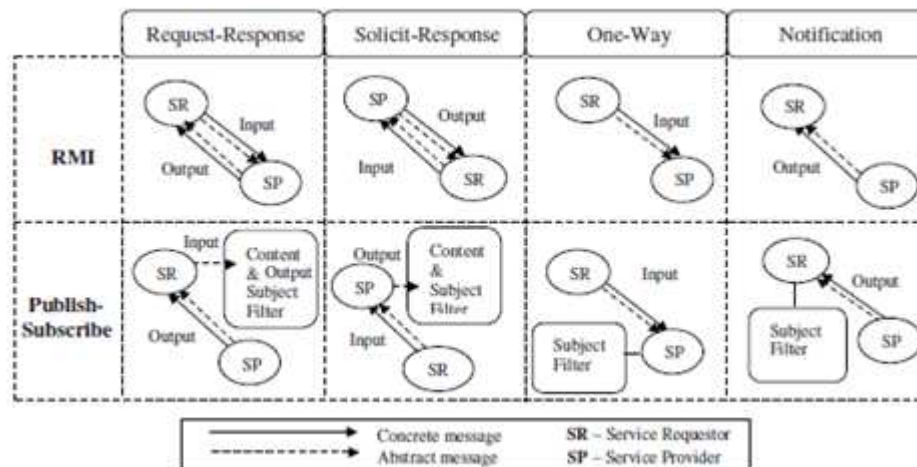
Το πλαίσιο εργασίας ανακάλυψης υπηρεσιών επιτρέπει σε υπηρεσίες οι οποίες έχουν διαφημιστεί μέσω διαφορετικού πρωτοκόλλου το οποίο δεν διαθέτουν οι συσκευές να ανακαλυφθεί. Για παράδειγμα αν το πρωτόκολλο SLP είναι σε χρήση, το πλαίσιο ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δώσει την δυνατότητα στις συσκευές που δεν διαθέτουν το πρωτόκολλο αυτό να ανακαλύψουν και να χρησιμοποιήσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Στη παρακάτω εικόνα A.9 εμφανίζεται η επαναρύθμιση ενός πελάτη SOAP σε υλοποίηση συνδρομική συστήματος Publish subscribe :



Εικόνα A.9: Επαναρύθμιση ενός πελάτη SOAP σε υλοποίηση συνδρομική συστήματος Publish subscribe.

Το σύστημα ReMMoC μπορεί να χρησιμοποιήσει προηγούμενη γνώση προκειμένου να επιλέξει το κατάλληλο πρωτόκολλο. Για παράδειγμα μια συσκευή αποθηκεύει πληροφορία πλαισίου (context) για την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται καθώς και λεπτομέρειες για τα πρωτόκολλα ανακάλυψης υπηρεσιών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενο χρόνο. Η γλώσσα WSDL προσφέρει την δυνατότητα να αναπτυχθούν εφαρμογές πελάτη οι οποίες βασίζονται στην λειτουργία τους αντλώντας πληροφορίες από αφαιρετικές περιγραφές υπηρεσιών. Με τον τρόπο αυτό αποκρύπτεται από τον προγραμματιστή της εφαρμογής το πρόβλημα της

ετερογένειας που παρουσιάζει το πεδίο εφαρμογής. Στο σημείο αυτή θα πρέπει να σημειωθεί πως η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι ιδιαίτερα ελκυστική καθώς η γλώσσα WSDL αποτελεί αναγνωρισμένο παγκόσμιο πρότυπο. Στη παρακάτω εικόνα A.10 παρουσιάζονται ενέργειες αντιστοίχισης που εκτελεί η γλώσσα WSDL σε δυο διαφορετικά παραδείγματα επικοινωνίας :



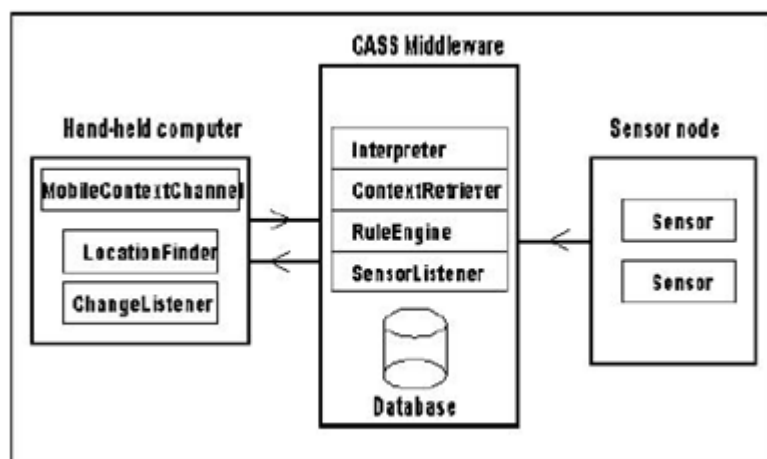
Εικόνα A.10: Εκτέλεση της γλώσσας WSDL σε δυο διαφορετικά παραδείγματα επικοινωνίας.

A.6 CASS

A.6.1 Αρχιτεκτονική

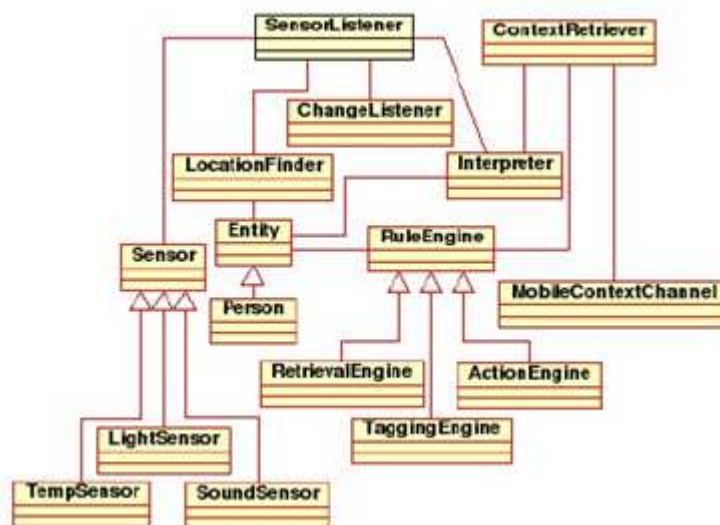
Το σύστημα ενδιάμεσου λογισμικού CASS όπως αναφέραμε βασίζεται στην ύπαρξη σταθερών εξυπηρετητών και στην χρήση εφαρμογών με επίγνωση του περιβάλλοντος λειτουργίας οι οποίες λειτουργούν σε φορητές και κινητές συσκευές συνδεδεμένες μέσω ασύρματου δικτύου. Οι κόμβοι του συστήματος που φιλοξενούν τους αισθητήρες είναι υπολογιστές οι οποίοι μπορεί να είναι είτε σταθεροί είτε κινητοί. Λόγω του ότι το σύστημα βασίζεται σε σταθερό εξυπηρετητή δεν παρουσιάζει τους περιορισμούς που συναντάμε στις φορητές και κινητές συσκευές.

Στα σταθερά πληροφοριακά συστήματα που συμμετέχουν στο σύστημα χρησιμοποιούνται βάσεις δεδομένων και υποσυστήματα λογισμικού τα οποία κάνουν χρήση τεχνητής νοημοσύνης. Στα ίδια συστήματα πραγματοποιείται και η αποθήκευση των δεδομένων. Στο παρακάτω σύστημα παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική δομή του συστήματος CASS



Εικόνα A.11: Αρχιτεκτονική CASS.

Κεντρικό ρόλο στην σχεδίαση CASS αποτελεί το υποσύστημα rule engine . Όπως φαίνεται στο διάγραμμα κλάσεων που ακολουθεί



Εικόνα A.12: Σχεδιασμός / διάγραμμα κλάσεων CASS.

Η κλάση rule engine διαχωρίζεται στα τρία είδη πληροφοριών που συλλέγει το σύστημα CASS όπως αυτά τα κατηγοριοποίησαν οι σχεδιαστές του. Οι τρεις κλάσεις RetrievalEngine , TaggingEngine, ActionEngine αντιστοιχούν και διαχειρίζονται τα τρία είδη που προαναφέραμε. Η κλάση sensorLisener είναι αυτή η οποία είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί κάθε αλλαγή των μετρήσεων από τους αισθητήρες αλλά και να αποθηκεύει την πληροφορία αυτή ενώ η κλάση ContextRetriever είναι υπεύθυνη για την λήψη των αποθηκευμένων πληροφοριών. Από το

διάγραμμα κλάσεων παρατηρούμε ότι και οι δύο αυτές κλάσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν υπηρεσίες μετάφρασης των δεδομένων. Η κλάση ChangeListener αποτελεί ένα τμήμα λογισμικού με δυνατότητες δικτυακής επικοινωνίας το οποίο επιτρέπει σε μια φορητή ή κινητή συσκευή να αντιλαμβάνεται τις αλλαγές στο περιβάλλον λειτουργίας και να ειδοποιείται για αυτές. Επίσης δυνατότητες δικτυακής επικοινωνίας έχουν και οι κλάσεις Sensor και locationFinder.

Διαχείριση δεδομένων

Το σύστημα CASS όπως είδαμε και νωρίτερα χρησιμοποιεί βάσεις δεδομένων για την μόνιμη αποθήκευση των πληροφοριών. Λόγο του γεγονότος ότι η βάση δεδομένων βρίσκεται εγκαταστημένη σε σταθερό εξυπηρετητή το σύστημα εμφανίζει πλεονέκτημα προσφερόμενου χώρου για αποθήκευση. Επίσης τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούμε να τα επεξεργαστούμε χρησιμοποιώντας την γλώσσα SQL η οποία προσφέρει ένα μεγάλο επίπεδο αφαίρεσης. Σημαντικό είναι το γεγονός πως στην βάση δεδομένων μπορεί να αποθηκευτεί και γνώση σχετική με το πεδίο προβλήματος (domain knowledge) η μορφή στην οποία αποθηκεύεται η γνώση αυτή είναι κανόνες σχετικοί με τα δεδομένα λειτουργίας περιβάλλοντος αλλά και συμπεριφορές σχετικές με την εκάστοτε εφαρμογή. Σχετικά με τα όσα αναφέρθηκαν περί της αποθήκευσης της γνώσης του πεδίου προβλήματος γίνεται αντιληπτό ότι επειδή η αποθήκευσης αυτής είναι ανεξάρτητη από την ίδια την εφαρμογή η οποία την χρησιμοποιεί η δυνατότητα λήψης αποφάσεων και αλλαγής συμπεριφοράς την συγκεκριμένης εφαρμογής μπορεί να αλλάξει με δυναμικό τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή σε παράμετρο του περιβάλλοντος λειτουργίας δεν απαιτεί προεργασία από την πλευρά της ομάδας ανάπτυξης της εφαρμογής αλλά μπορεί να ικανοποιηθεί με χειρισμούς από την πλευρά του χρήστη. Επιπλέον προσφέροντας μια κατάλληλη διεπαφή στην βάση δεδομένων η οποία περιέχει τους κανόνες μπορούμε να επιτύχουμε την ανανέωση και αλλαγή των κανόνων αυτών και πάλι από τους χρήστες και όχι από την ομάδα ανάπτυξης της εφαρμογής.

Μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων (inference engine)

Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων χρησιμοποιεί την γνωσιακή βάση του πεδίου προβλήματος και τους κανόνες που υπάρχουν σε αυτή προκειμένου να επιλύσει οποιοδήποτε πρόβλημα. Στην ουσία πρόκειται για ένα μηχανισμό μετάφρασης της κωδικοποιημένης γνώσης η οποία βρίσκεται κωδικοποιημένη στην γνωσιακή βάση. Για παράδειγμα δεδομένου ότι έχουμε μια σειρά γνωστών παραμέτρων η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων συμβουλεύεται την

γνωσιακή βάση έτσι ώστε να βρει ένα ταιριαστό κανόνα και στην συνέχεια να αποδώσει λύση. Ο διαχωρισμός της γνωσιακής βάσης από την μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων είναι επιθυμητός γιατί με τον τρόπο αυτό μπορούμε να αναπαραστήσουμε την γνώση με πιο φυσικό τρόπο χωρίς να απαιτείται γνώση της συγκεκριμένης εφαρμογής. Επίσης κάθε ανανέωση της γνωσιακής βάσης δεν επηρεάζει με κανένα τρόπο την μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων. Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων του συστήματος CASS χρησιμοποιεί μια τεχνική η οποία ονομάζεται forward chaining όπου συμβάντα επηρεάζουν άλλα συμβάντα και αυτά με την σειρά τους επηρεάζουν νέα συμβάντα κατεβαίνοντας ιεραρχικά επίπεδα.

Γνωσιακή Βάση (Knowledge Base)

Η γνωσιακή βάση του πεδίου προβλήματος περιέχει τους κανόνες οι οποίοι χρησιμοποιούνται από την μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το σύστημα CASS αποθηκεύει την γνώση σε πίνακες της βάσης δεδομένων όπου κάθε εγγραφή περιλαμβάνει μια υψηλή αφαίρεση ενός δεδομένου μέτρησης αλλά και την αντίστοιχη συμπεριφορά που θα προκληθεί σε περίπτωση αλλαγής. Μια τέτοια εγγραφή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :

Rain	Brightness	Temp	Goal
wet	dull	cold	indoor

Εικόνα A.13: Ένα παράδειγμα του κανόνα πλαίσια Καιρού.

Τέλος λόγω του γεγονότος ότι η γνώση αποθηκεύεται σε βάση δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η γλώσσα SQL για αναζήτηση επιθυμητών αποτελεσμάτων.

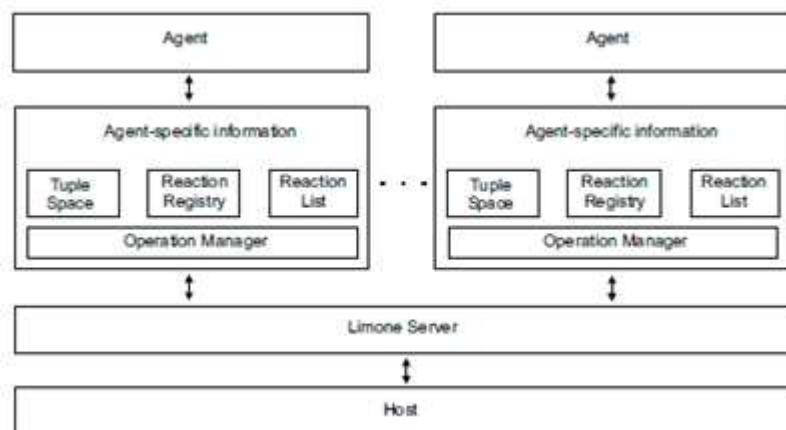
A.7 Limone

A.7.1 Αρχιτεκτονική

Το σύστημα Limone προσφέρει ένα περιβάλλον εκτέλεσης για τους πράκτορες μέσω ενός εξυπηρετητή, ενός ιδεατού επιπέδου λογισμικού μεταξύ του πράκτορα και του υποκείμενου λειτουργικού συστήματος. Ένας εξυπηρετητής Limone μπορεί να εκτελεστεί χρησιμοποιώντας

διαφορετική πόρτα έτσι ώστε ένας κόμβος να μπορεί να εκτελεί ταυτόχρονα πάνω από μια διεργασίες εξυπηρετητή.

Μία εφαρμογή χρησιμοποιεί το σύστημα Limone όταν υπάρχει διάδραση μεταξύ αυτής και ενός πράκτορα. Κάθε πράκτορας περιλαμβάνει τον χώρο πλειάδων του , την λίστα γνωριμίας του, ένα μητρώο ανάδρασης , ένα κατάλογο ανάδρασης και ένα διαχειριστή λειτουργιών. Στη παρακάτω εικόνα A,14 εμφανίζεται η αρχιτεκτονική διάταξη του συστήματος Limone



Εικόνα A.14: Συνολική δομή αρχιτεκτονικής του Limone.

Μηχανισμός ανακάλυψης

Είδαμε ότι το σύστημα Limone χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο ανακάλυψης βασισμένο σε BEAKONS. Κάθε BEAKONS περιέχει ένα μορφώτυπο (Profile) για κάθε πράκτορα ο οποίος χρησιμοποιεί τον συγκεκριμένο Limone εξυπηρετητή. Ο μορφώτυπος είναι μια συλλογή από τριάδες κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει το όνομα μιας ιδιότητας , τον τύπο και την τιμή. Όταν ένα εξυπηρετητής Limone παραλάβει ένα BEACON το προωθεί σε κάθε ένα από τους πράκτορες οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με αυτόν. Όταν ένας πράκτορας παραλάβει ένα BEACON προωθεί τους μορφώτυπους σε έναν διαχειριστή γνωριμιών (handler). Ο διαχειριστής αυτός χρησιμοποιεί τις πολιτικές γνωριμίας που έχουν οριστεί από τον πράκτορα προκειμένου να αποφασίσει αν οι μορφώτυποι αυτοί έχουν ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο πράκτορα έτσι ώστε να τους αποθηκεύσει στην λίστα γνωριμιών του. Από την στιγμή που ένας μορφώτυπος αποθηκεύτηκε στην λίστα γνωριμιών ενός πράκτορα ο διαχειριστής παρακολουθεί διαρκώς τα BEAKONS που είναι σχετικά με αυτό τον μορφώτυπο. Μετά από συγκεκριμένη χρονική περίοδο αν δεν παραληφθεί BEACON για κάποιο μορφώτυπο τότε αυτός αφαιρείται από την λίστα γνωριμίας.

Διαχείριση χώρου πλειάδων

Η πλειάδες του συστήματος Limone περιέχουν πεδία τα οποία έχουν ως μοναδικά χαρακτηριστικό γνώρισμα το όνομα του πράκτορα και στην κάθε πλειάδα αποθηκεύεται λίστα αντικειμένων και τύπων του κάθε πράκτορα. Ο τρόπος αποθήκευσης των πεδίων πραγματοποιείται με μορφή αταξινόμητης συλλογής κάτι το οποίο ευνοεί την γρήγορη αναζήτηση βασισμένη σε μοτίβα και την καλύτερη διαχείριση των συχνών συνδέσεων και αποσυνδέσεων των συσκευών.

Μηχανισμός ανάδρασης

Η ανάδραση σε ένα σύστημα Limone επιτρέπει σε ένα πράκτορα να ενημερώσει άλλους πράκτορες οι οποίοι βρίσκονται στην λίστα γνωριμίας του ότι ενδιαφέρεται για πλειάδες οι οποίες ταιριάζουν με ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Ο τύπος αυτός ανάδρασης ταιριάζει σε δίκτυα σημείο προς σημείο λόγω του γεγονότος ότι προσφέρουν μια ασύγχρονη μορφή επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων μέσω μεταφοράς της ευθύνης για αναζήτηση μιας πλειάδας από τον ένα πράκτορα στον άλλο.

Φορητότητα πράκτορα

Ο συντονισμός των ενεργειών μεταξύ των συσκευών σε ένα σύστημα Limone βασίζεται στην λογική φορητότητα των πρακτόρων αλλά και την φυσική φορητότητα των κόμβων. Με τον όρο λογική φορητότητα του πράκτορα εννοούμε την ικανότητα μετανάστευσης του συνόλου των διεργασιών ενός πράκτορα από τον ένα κόμβο σε άλλο.

A.8 MobiClique

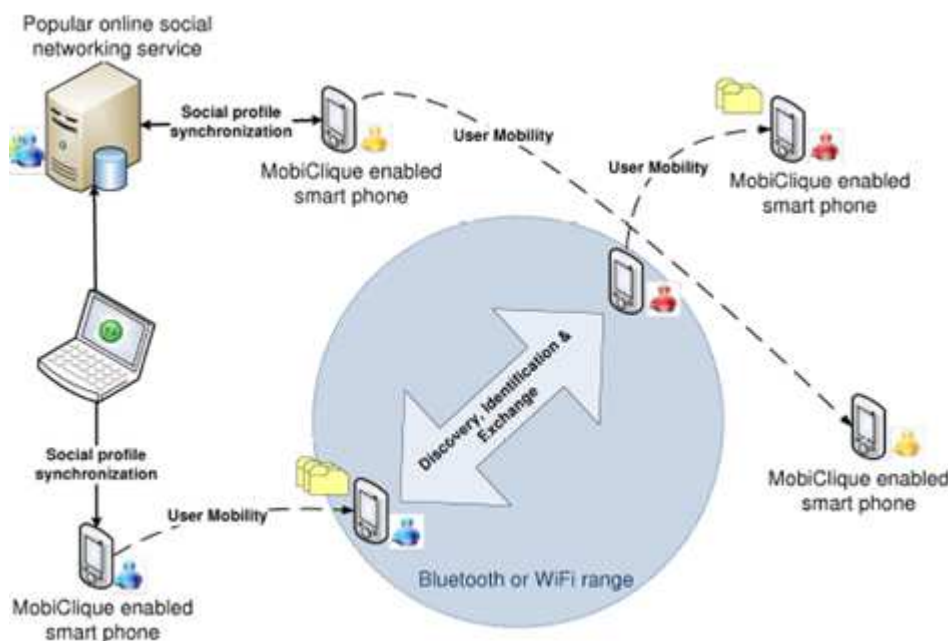
A.8.1 Αρχιτεκτονική

Παρόλο που το σύστημα mobiclique είναι αποκεντροποιημένο και δεν χρησιμοποιεί κεντρικό εξυπηρετητή ωστόσο προϋποθέτει την περιστασιακή σύνδεση της συσκευής στο διαδίκτυο για

τον συγχρονισμό των σχετικών πληροφοριών. Κάθε συσκευή στην οποία εκτελείται το σύστημα Mobiclique πραγματοποιεί τα ακόλουθα βήματα :

- Ανακάλυψη υπηρεσιών σε τοπική εμβέλεια
- Αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση χρήστη
- Ανταλλαγή δεδομένων.

Η ανακάλυψη υπηρεσιών σε τοπική εμβέλεια εξαρτάται από την τεχνολογία δικτύωσης η οποία θα χρησιμοποιηθεί. Συνήθης υποψήφιοι είναι η τεχνολογία Bluetooth και WIFI. Στη εικόνα A.15 με κύκλο σημειώνονται τα όρια του δικτύου σημείο προς σημείο μέσα στο οποίο δυο συσκευές δραστηριοποιούνται και πραγματοποιούν αρχικοποίηση της μεταξύ τους σύνδεσης.



Εικόνα A.15: Απεικόνιση συστήματος Mobiclique.

Μετά την ανακάλυψη των υπηρεσιών που προσφέρει μια συσκευή τοπικής εμβέλειας το mobiClique εισέρχεται στην δεύτερη φάση όπου πραγματοποιείται η αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση. Μετά την επιτυχία του δεύτερου σταδίου οι συσκευές ανταλλάσσουν πληροφορίες οι οποίες αποτελούν τους πλήρης μορφότυπους του κάθε χρήστη. Κατά την ανταλλαγή αυτή το σύστημα mobiClique βρίσκεται στην Τρίτη φάση. Η πληροφορίες των μορφότυπων αποθηκεύονται μόνιμα τοπικά στις συσκευές έτσι ώστε να αποφευχθούν αχρείαστες ενημερώσεις για μετέπειτα κινήσεις. Ολική μεταφορά μορφότυπου στην διάρκεια

της συνδιαλλαγής μεταξύ των χρηστών πραγματοποιείται μόνο στην περίπτωση που παρατηρηθεί αλλαγή των στοιχείων (προσθήκη νέου φίλου, νέας ομάδας κτλ.) Η αρχική σχεδίαση του Mobiclique δεν περιλαμβάνει κανένα μηχανισμό ασφάλειας. Στο δίκτυο σημείο προς σημείο που θα δημιουργηθεί εφόσον σε τοπική εμβέλεια βρίσκονται περισσότερες από μια συσκευές υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης και προώθησης των μηνυμάτων από συσκευή προς συσκευή μέσω μηχανισμού δρομολόγησης. Η δρομολόγηση πραγματοποιείται ακολουθώντας δυο απλούς κανόνες.

1. Αυστηρά προορισμένα μηνύματα (unicast messages) δηλαδή μηνύματα που απευθύνονται σε συγκεκριμένο χρήστη, παραδίδονται είτε με απευθείας σύνδεση στη συσκευή του χρήστη, είτε με συνεχή προώθηση μέσω 'φίλων' μέχρι τον τελικό προορισμό.
2. Ομαδικά μηνύματα δηλαδή μηνύματα που απευθύνονται σε όλους τους χρήστες μέλη μιας ομάδας παραδίδονται σε όλους αυτούς με την ιδιαιτερότητα ότι κάθε χρήστης κατά την παραλαβή έχει το δικαίωμα να τα επαναπροωθήσει σε όσα μέλη της ομάδας δεν τα έχουν λάβει ακόμη.

Κάθε μήνυμα έχει συγκεκριμένο χρόνο ζωής (time to live, TTL) ο οποίος εξαρτάται είτε από την απόλυτη τιμή χρονοσφραγίδας (time stamp) είτε από τον μέγιστο αριθμό ενδιάμεσων κόμβων (Hops).

Η ανταλλαγή των μηνυμάτων πραγματοποιείται με ασύγχρονη μετάδοση. Κάθε μήνυμα είναι ένα αυτόνομο τμήμα δεδομένων το οποίο αποτελείται από ροή αλφαριθμητικών, σχηματισμένα ως ζεύγη ονόματος – κλειδιού και προαιρετικά από κάποιο επισυναπτόμενο αρχείο. Η συνάρτηση αποστολής μηνυμάτων χρησιμοποιεί ως παραμέτρους το όνομα φίλου ή όνομα ομάδας και το χαρακτηριστικό χρόνου ζωής. Όλο το σύστημα είναι βασισμένο σε γεγονότα (event driven) και αποτελείται από μια ουρά γεγονότων και από ένα σύνολο διαχειριστών οι οποίοι δρουν προκαλούμενοι από γεγονότα όπως για παράδειγμα η ανακάλυψη υπηρεσιών τοπικής εμβέλειας ή κάποιο εισερχόμενο δεδομένα από τοπική ή απομακρυσμένη εφαρμογή.

A.9 IMISSAR

A.9.1 Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική του Συστήματος IMISSAR βασίστηκε σε τέσσερις άξονες

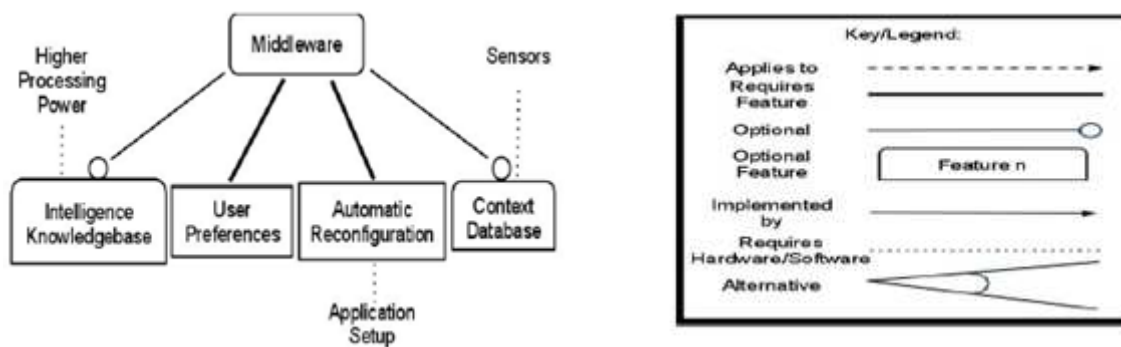
- Το μοντέλο λειτουργιών
- Την έξυπνη γνωσιακή βάση
- Την αυτόματη επαναρύθμιση
- Τον απομακρυσμένο εξυπηρετητή

Μοντέλο λειτουργιών (Feature model)

Το μοντέλο λειτουργιών μας επιτρέπει να αποφασίζουμε όλα τα κοινά στοιχεία τα οποία θα υπάρχουν μεταξύ διαφορετικών εκδοχών του ενδιαμέσου λογισμικού σε διαφορετικές φορητές συσκευές. Επίσης μας επιτρέπει να περιγράψουμε τις διαφορετικές απαιτήσεις που θα έχουν οι συσκευές αυτές. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε ένα ΕΛ για πολλές και διαφορετικές φορητές συσκευές. Οι παραπάνω λογική μας οδηγεί στους τέσσερις βασικούς άξονες του μοντέλου λειτουργιών οι οποίοι είναι οι :

- Η αυτόματη επαναρύθμιση
- Οι προσωπικές επιλογές του χρήστη
- Η βάση δεδομένων πλαισίου
- Η έξυπνη γνωσιακή βάση.

στις ακόλουθες εικόνες A.16α & A.16β περιγράφεται με γραφικό τρόπο η αναφερθείσα δομή.



Εικόνα A.16α & A.16β: Χαρακτηριστικά μοντέλου IMMISAR.

Αυτόματη επαναρύθμιση (automatic reconfiguration)

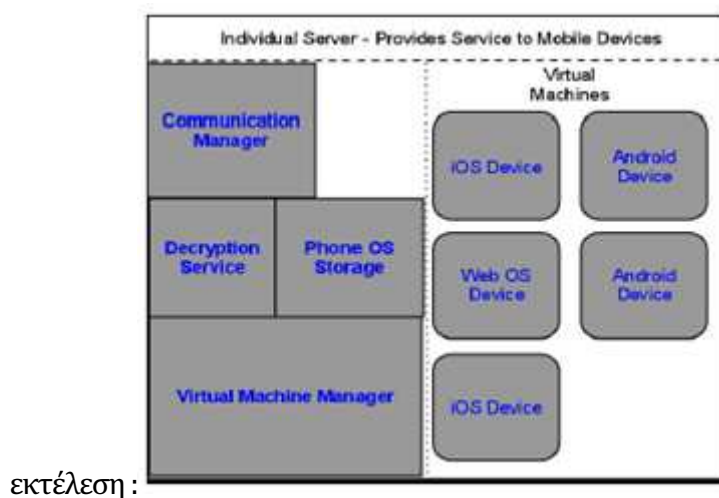
Όπως προαναφέρθηκε η εφαρμογές διαχωρίζονται σε τμήμα γραφικής διεπαφής και υπολογιστικό τμήμα. Το υπολογιστικό τμήμα μεταφέρεται στον απομακρυσμένο εξυπηρετητή και εκεί διασπάται σε μικρότερα τμήματα όπως απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα A.17 :



Εικόνα A.17: Αυτόματη αναδιάρθρωση και διάσπαση υπολογιστικού τμήματος σε μικρότερα τμήματα.

Απομακρυσμένος εξυπηρετητής (Remote server)

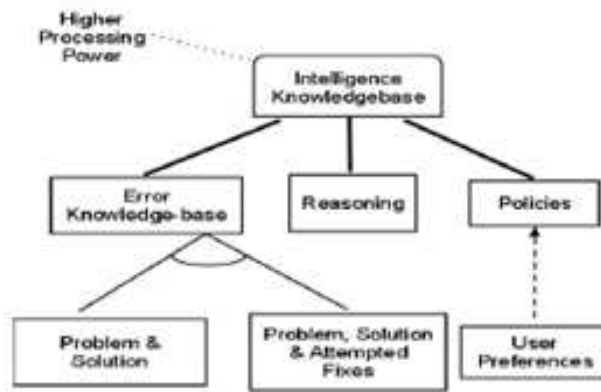
Ο απομακρυσμένος εξυπηρετητής είναι σχεδιασμένος για κλιμάκωση και απόδοση. Είναι ικανός να δημιουργεί εικονικές μηχανές των λειτουργικών συστημάτων των φορητών συσκευών σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και να εκτελεί μέσα στις εικονικές αυτές μηχανές τις αντίστοιχες εφαρμογές που έχουν μεταφερθεί. Ένα τέτοιος εξυπηρετητής είναι σε θέση να εκτελεί ταυτόχρονα πολλές εικονικές μηχανές που αντιστοιχούν σε διαφορετικές φορητές συσκευές (android, IOS κτλ). Στις εικονικές μηχανές πραγματοποιούνται και διεργασίες κρυπτογράφησης και απόκρυπτογράφησης ενώ προσφέρονται και υπηρεσίες επικοινωνίας, διασύνδεσης και ασφάλειας. Στο ακόλουθο σχήμα A.18 εμφανίζεται μια τυπική δομή ενός εξυπηρετητή σε



Εικόνα A.18: Ανεξάρτητη Δομή απομακρυσμένου Εξυπηρετητή .

Έξυπνη Γνωσιακή Βάση

Η γνωσιακή βάση αποτελείται από μια βάση δεδομένων η οποία περιέχει σφάλματα , κανόνες αιτιολόγησης και πολιτική δομή στις γνώσεις. Αν μια συσκευή δεν διαθέτει τον απαραίτητο αποθηκευτικό χώρο τότε δεν αποθηκεύει πληροφορίες στην γνωσιακή βάση. Στην βάση δεδομένων υπάρχουν συνήθως τρεις στήλες στις οποίες αποθηκεύονται μια σύντομη περιγραφή του προβλήματος με ταυτόχρονη χρήση λέξεων – κλειδιών, κατάλογος επιχειρούμενων λύσεων και τελική λύση. Στην ακόλουθη εικόνα A.19 παρουσιάζεται μια αφαιρετική δομή της γνωσιακής βάσης



Εικόνα Α.19: Αφαιρετική δομή γνωσιακής βάσης.