ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων

«Πλατφόρμα διαχείρισης τερματικών σε περιβάλλοντα adaptive δικτύων, υψηλών ταχυτήτων, ασύρματης πρόσβασης»

Επιβλέπων Καθηγητής : Δεμέστιχας Π.

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ:

Πετρομανωλάκης Διονύσης, ΜΕ/0474, dpetroma@unipi.gr

Πειραιάς, 2006

1 Πρόλογος 4
2 Συντομογραφίες 5
3 Ορολογίες 7
4 Εισαγωγή 8
5 Περιγραφή βασικών εννοιών 9
5.1 Γραμμικός προγραμματισμός – Αντικειμενική συνάρτηση 9
6 Περιγραφή γενικών εννοιών για κινητά πέραν της τρίτης γενιάς. 11
6.1 Συνοπτική περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης. 11
6.2 Το CR περιβάλλον 13
6.3 Συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς και η σχέση τους με τον σημασιολογικό ιστό. 15
6.4 Πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την υλοποίηση ενός B3G περιβάλλοντος [7]. 18
7 Περιγραφή της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος διαχείρισης συσκευών τέταρτης γενιάς 19
7.1 Παρουσίαση προηγούμενων προσπαθειών για υλοποίηση παρόμοιων συστημάτων 20
7.2 Απαιτήσεις της πλατφόρμας 23
7.3 Περιγραφή της πλατφόρμας σε υψηλό επίπεδο 24
7.4 Περιγραφή των απαραίτητων στοιχείων δικτύου 26
7.5 Ενδεικτικός τρόπος λειτουργίας της πλατφόρμας 27
7.6 Διαχείριση του profile 29
7.6.1 Πώς οι τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού εφαρμόζονται στο γενικό πλαίσιο 30
7.6.2 «User Profile» για τερματικά με ικανότητα αναδιάρθρωσης 34
7.6.3 Η σχέση της πλατφόρμας με τα γνωσιακά δίκτυα, «cognitive networks» 37
7.6.4 Μελλοντική ανάπτυξη της πλατφόρμας στο επίπεδο της διαχείρισης profile 40
7.7 Monitoring and Discovery 41
7.8 Negotiation and Selection 43
7.8.1 Negotiation 43
7.8.2 Ανταλλαγή πληροφορίας 45
7.8.2.1 Από το τερματικό εκκινούμενη αναδιάρθρωση 46
7.8.2.2 Από το δίκτυο εκκινούμενη αναδιάρθρωση 46
7.8.3 Αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν τα τρία μοντέλα για negotiation 46
7.8.3.1 First-price sealed 46
7.8.3.2 Dutch 47
7.8.3.3 English 48
7.8.4 Selection 49
7.8.4.1 Συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος 49

7.8.4.2 Λεπτομερής περιγραφή του προβλήματος 50
7.8.4.2.1 Είσοδος 50
7.8.4.2.2 Στόχοι 51
7.8.4.2.3 Περιορισμοί 52
7.8.4.3 Μαθηματική περιγραφή της διαδικασίας του selection [20] 52
7.8.4.4 Ο αλγόριθμος της επιλογής της βέλτιστης λύσης 53
8 Περιγραφή του πρωτότυπου και θέματα υλοποίησης της πλατφόρμας 54
8.1 Περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος της πλατφόρμας REMS 55
8.2 Περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος των βοηθητικών οντοτήτων του συστήματος 62
8.3 Σενάρια χρήσης 64
8.3.1 Εκκίνηση μίας υπηρεσίας 65
8.3.2 Μείωση του επιπέδου ποιότητας 66
8.3.3 Αλλαγή στο profile του χρήστη 67
8.3.4 Αλλαγή στις τιμές που προσφέρεται η υπηρεσία 69
8.3.5 Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης 70
8.4 Λεπτομέρειες υλοποίησης 72
9 Πλατφόρμα που σχεδιάστηκε για να λειτουργεί σε πραγματικό κινητό τηλέφωνο 73
9.1 Περιγραφή της πλατφόρμας 73
9.2 Περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος της πλατφόρμας που υλοποιήθηκε 74
9.3 Σενάρια χρήσης 79
9.4 Οθόνες από την υλοποίηση της εφαρμογής στο πραγματικό τερματικό ... 81
9.5 Λεπτομέρειες υλοποίησης 84
10 Αποτελέσματα 86
10.1 Παράδειγμα μείωσης κόστους 87
10.2 Σχέση αντικειμενικής συνάρτησης και utility 88
10.3 Σχέση αντικειμενικής συνάρτησης και κόστους υπηρεσίας 89
10.4 Σχέση αντικειμενικής συνάρτησης και κόστους αναδιάρθρωσης 91
10.5 Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης 92
11 Επίλογος – Συμπεράσματα 93

1 Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο «Εργαστήριο Δικτύων Τηλεπικοινωνιών και Δικτυακών Υπηρεσιών» του τμήματος «Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων» του Πανεπιστημίου Πειραιώς στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (ΜΔΕ) στη "Διδακτική της Τεχνολογίας και Ψηφιακά Συστήματα" και κατά το τέταρτο εξάμηνο σπουδών.

Οφείλω να αναγνωρίσω ότι τα μέγιστα στην ολοκλήρωση του έργου αυτού συνέβαλε ο υπεύθυνος καθηγητής της διπλωματικής μου, επίκουρος καθηγητής του Πανεπιστημίου Πειραιώς Παναγιώτης Δεμέστιχας, ο οποίος μου δείχνει αμέριστη συμπαράσταση τα τελευταία δύο χρόνια.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους άμεσους συνεργάτες μου Βέρα Σταυρουλάκη, Απόστολο Κατιδιώτη, Γιούλη Κρητικού, Κώστα Τσαγκάρη, Γιώργο Δημητρακόπουλο και Άγγελο Σαατσάκη καθώς και τους Γιώργο Μπράβο και Κώστα Κυρίτση για την πολύτιμη βοήθεια τους τόσο κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας όσο και για την γενικότερη βοήθειά τους κατά τα δύο χρόνια συνεργασίας μας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω πάρα πολύ τους φίλους μου Μαρία, Αλεξάνδρα και Γιώργο για την υποστήριξή τους καθ’ όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού και κυρίως την Νατάσσα που υπέμεινε αδιαμαρτύρητα την κακή μου διάθεση όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ ανήκει στην οικογένειά μου που με βοηθά και με στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

2 Συντομογραφίες

3G	**Third Generation**
4G	**Forth Generation**
B3G	**Beyond Third Generation**
BRAN	**Broadband Radio Access Networks**
CC/PP	**Composite Capabilities and Preferences Profile**
CPC	**Cognitive Pilot Channel**
CR	**Composite Radio**
EINSE	**External Interface with Network Support Entities**
GSM	**Global System for Mobile Communications**
GPRS	**General Packet Radio Service**
IICP	**Internal Interface with the Control Plane**
LAN	**Local Area Network**
M&D	**Monitoring and Discovery**
MM	**Mobility Management**
MMO	**Massive Multiplayer Online game**
MVE	**Monitoring Values Emulator**
N&S	**Negotiation and Selection**
NAT	**Network Address Translation**
NLE	**Network Loads Emulators**
NO	**Network Operator**
NP	**Network Provider**
OWL	**Ontology Web Language**
PDA	**Personal Digital Assistant**
PM	**Profile Management**
QoS	**Quality of Service**
RAT	**Radio Access Technology**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

RC	**Reconfiguration Cost**
RCM	**Reconfiguration Control Module**
RDF	**Resource Description Framework**
RDFS	**Resource Description Framework Schema**
REMS	**Reconfigurable Equipment Management System**
RIP	**Reconfiguration Implementation Procedures**
SDR	**Software Defined Radio**
TMS	**Terminal Management System**
UDP	**User Datagram Protocol**
UMTS	**Universal Mobile Telecommunications System**
URI	**Uniform Resource Identifier**
URL	**Uniform Resource Locator**
WAN	**Wide Area Network**
WAP	**Wireless Application Protocol**
WLAN	**Wireless Local Area Networks**
XML	**eXtensible Web Language**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

3 Ορολογίες

Reconfigurability Ικανότητα αναδιάρθρωσης. Αποτελεί χαρακτηριστικό των ασύρματων υπολογιστικών συστημάτων πέραν της τρίτης γενιάς. Είναι ικανότητα που χαρακτηρίζει τόσο τα τερματικά όσο και τις οντότητες του δικτύου.

Ubiquitous Η ακριβής μετάφραση είναι πανταχού παρών. Αυτή η ορολογία αποτελεί χαρακτηριστικό των B3G συστημάτων. Περιγράφει το σύνολο των εφαρμογών λογισμικού και υλικού που θα επιτρέπουν σε μία συσκευή να δρα αυτόνομα και παίρνει αποφάσεις για λογαριασμό των χρηστών.

Composite Radio Σύνθετα ραδιοδίκτυα. Είναι όρος που χαρακτηρίζει τα περιβάλλοντα των B3G συστημάτων στα οποία συνυπάρχουν πολλές και διαφορετικές τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης, RATs. Τα τερματικά μπορούν να συνδέονται σε αυτές τις τεχνολογίες ανάλογα με τις υπηρεσίες που τρέχουν.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

4 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα των ασύρματων επικοινωνιών παρουσιάζουν μία σαφή τάση για ενοποίηση των υπαρχόντων τεχνολογιών. Τα συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς (B3G) επιδιώκουν να υποστηρίζουν την ενοποίηση και την συνύπαρξη πολλών ή/και διαφορετικών Τεχνολογιών Ασύρματης Πρόσβασης (Radio Access Technologies, RATs), σε ένα σύνθετο ασύρματο περιβάλλον ραδιοδικτύων (composite radio environment). Ο όρος ικανότητα αναδιάρθρωσης (Reconfigurability), που θα εξηγηθεί εκτενέστερα στη συνέχεια, αναπτύχθηκε ακριβώς για να περιγράψει την λειτουργία των ασύρματων δικτύων πέραν της τρίτης γενιάς. Η έννοια της αναδιάρθρωσης υποστηρίζει την ανάπτυξη τεχνολογιών τέτοιων που θα επιτρέπουν τόσο στις ασύρματες συσκευές (τερματικά) όσο και στις οντότητες από την πλευρά των δικτύων (network elements) όχι μόνο να ενεργούν αυτόνομα αλλά και να έχουν διαφορετική συμπεριφορά κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Ακόμα τα συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς θα έχουν την δυνατότητα, με την εκτέλεση διάφορων αλγορίθμων ανεύρεσης βέλτιστης λύσης, να ανακαλύπτουν πια είναι η δράση που θα πρέπει ιδανικά να έχουν με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα και φυσικά να την εφαρμόζουν.

Στην παρούσα εργασία θα περιγραφούν τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζονται τα κινητά πέραν της τρίτης γενιάς, με έμφαση στα τερματικά όσο και μία πλατφόρμα που θα προσομοιάζει τη συμπεριφορά που θα έχει ένα μελλοντικό κινητό τηλέφωνο (τερματικό) τέταρτης γενιάς (4G)[1]. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναπτύχθηκε μεγάλο μέρος τόσο της πλατφόρμας όσο και των συστατικών του δικτύου που θα υποστηρίζουν την λειτουργία της. Μελλοντικά αυτή η πλατφόρμα θα μεταφερθεί εξολοκλήρου σε ασύρματο τερματικό. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιδιώχθηκε μία πρώτη προσπάθεια για μεταφορά αυτής της πλατφόρμας σε ένα τερματικό, υλοποιώντας κάποιες από τις βασικές λειτουργίες που υποστηρίζει. Επίσης προτείνονται δύο είδη

[1] Σήμερα γίνεται έρευνα για τα ασύρματες επικοινωνίες πέραν της τρίτης γενιάς. Όταν αυτή η έρευνα ολοκληρωθεί κάποιοι από τους αλγόριθμους και τις τεχνολογίες που θα αναπτυχθούν θα ενσωματωθούν στα κινητά τηλέφωνα και δίκτυα τέταρτης γενιάς. Στην παρούσα εργασία ο όρος 4G και B3G θα χρησιμοποιείται εναλλάξ και θα έχει περίπου ταυτόσημη έννοια.

profile για την αποθήκευση των προτιμήσεων του χρήστη και την αποθήκευση της λύσης που επιλέγεται κατά την αναδιάρθρωση του κινητού, τα «user profile» και «solution profile» αντίστοιχα. Ακόμα, όπως προαναφέρθηκε, για να δοθεί η δυνατότητα στην πλατφόρμα να λειτουργεί ρεαλιστικότερα, σχεδιάστηκαν και κάποια στοιχεία του δικτύου. Ένα από αυτά τα στοιχεία είναι υπεύθυνο για να προτείνει τιμές κόστους στα τερματικά. Στα πλαίσια της υλοποίησης της πλατφόρμας προτείνεται και μία συνάρτηση που θα μπορεί να εφαρμοστεί από τα δίκτυα για τον υπολογισμό του εύρους τιμών που μπορούν να προτείνουν για κάθε υπηρεσία. Τέλος, θα παρουσιαστούν κάποια σενάρια χρήσης αυτής της πλατφόρμας και κάποια αποτελέσματα από την εκτέλεση των διάφορων αλγορίθμων που υλοποιήθηκαν.

5 Περιγραφή βασικών εννοιών

5.1 Γραμμικός προγραμματισμός – Αντικειμενική συνάρτηση

Το κυρίως πρόβλημα που καλείται να λύσει η πλατφόρμα που παρουσιάζεται στην εργασία είναι αυτό της ανεύρεσης της βέλτιστης λύσης σε ένα δεδομένο πρόβλημα ανάθεσης ενός επιπέδου ποιότητας σε κάθε ενεργή υπηρεσία και έπειτα η ανάθεση αυτών των υπηρεσιών σε ένα RAT. Το πρόβλημα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τόσο τα δεδομένα που υπάρχουν στο περιβάλλον τη στιγμή εκείνη όσο και τις προτιμήσεις των χρηστών και τις δυνατότητες του τερματικού. Το πρόβλημα ανήκει στο χώρο του γραμμικού προγραμματισμού και για το λόγο αυτό σε αυτή την ενότητα θα μελετηθούν κάποιες βασικές έννοιες. Στην εργασία θα χρησιμοποιηθεί κατά κόρον η έννοια αντικειμενική συνάρτηση του γραμμικού προγραμματισμού. Στις ακόλουθες παραγράφους θα δοθεί τόσο ένας ορισμός του γραμμικού προγραμματισμού όσο και της αντικειμενικής συνάρτησης.

[1] «Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι ένα μαθηματικό μοντέλο στο οποίο επιχειρείται η βελτιστοποίηση (μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση) μίας ή περισσότερων γραμμικών συναρτήσεων άγνωστων πραγματικών μεταβλητών των οποίων το πεδίο τιμών οριοθετείται έμμεσα από γραμμικούς περιορισμούς συναρτήσεις των μεταβλητών αυτών. Οι άγνωστες μεταβλητές προσδιορίζουν το αντικείμενο απόφασης του προβλήματος και ονομάζονται για το σκοπό αυτό μεταβλητές απόφασης.»

[35] Στα μαθηματικά ο όρος βελτιστοποίηση ή μαθηματικός προγραμματισμός αναφέρεται στη μελέτη των προβλημάτων που προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν ή να βελτιστοποιήσουν μία πραγματική συνάρτηση (real function) επιλέγοντας τις τιμές των πραγματικών ή ακέραιων μεταβλητών μέσα από ένα επιτρεπόμενο σύνολο. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αναπαρασταθεί με το παρακάτω τρόπο:

Λαμβάνοντας υπόψη μία συνάρτηση f: A → R από ένα σύνολο A πραγματικών αριθμών

Επιδιώκεται να βρεθεί ένα στοιχείο x_0 στο A έτσι ώστε $f(x_o) \leq f(x)$ *για όλα τα x στο A(«ελαχιστοποιημένο») ή έτσι ώστε* $f(x_o) \geq f(x)$ *για όλα τα x στο A(«μεγιστοποιημένο»).*

Το παραπάνω ονομάζεται πρόβλημα βελτιστοποίησης ή πρόβλημα μαθηματικού προγραμματισμού (ο όρος δεν συνδέεται άμεσα με τον όρο προγραμματισμός υπολογιστών αλλά χρησιμοποιείται ακόμα στα πλαίσια του γραμμικού προγραμματισμού). Πολλά προβλήματα τόσο θεωρητικά προβλήματα, όσο και του πραγματικού κόσμου μπορούν να μοντελοποιούνται με αυτό το γενικό πλαίσιο.

Συνήθως ένα σύνολο A είναι ένα υποσύνολο του Ευκλείδειου (τρισδιάστατου) χώρου R^n που ορίζεται συχνά από ένα σύνολο από περιορισμούς, ισότητες ή ανισότητες που πρέπει να ικανοποιούν τα μέλη του A. Τα στοιχεία του A ονομάζονται εφικτές λύσεις. Η συνάρτηση f ονομάζεται *αντικειμενική συνάρτηση* ή συνάρτηση κόστους. Μία δυνατή λύση που ελαχιστοποιεί (ή βελτιστοποιεί ανάλογα με το τι είναι το επιθυμητό) την αντικειμενική συνάρτηση ονομάζεται βέλτιστη λύση.

Το πεδίο A της f ονομάζεται το πεδίο/χώρος αναζήτησης (search space) ενώ τα στοιχεία του A καλούνται υποψήφιες λύσεις (candidate solutions) ή δυνατές λύσεις.

Ο τομέας των μαθηματικών που ασχολείται με τα εφαρμοσμένα μαθηματικά και την αριθμητική ανάλυση ασχολείται με την ανάπτυξη αλγορίθμων οι οποίοι θα είναι ικανοί να βρίσκουν μία σχεδόν βέλτιστη λύση όταν το εύρος των δυνατών λύσεων του προβλήματος είναι πολύ μεγάλο και τα σημερινά

υπολογιστικά συστήματα αδυνατούν να πραγματοποιήσουν τον υπολογισμό.

Τα προβλήματα του γραμμικού προγραμματισμού είναι προβλήματα βελτιστοποίησης όπως και τα παραπάνω μόνο που σε αυτά οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση είναι γραμμικές.

Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι πολύ σημαντικός στον τομέα των βελτιστοποιήσεων για πολλούς λόγους. Πολλά πρακτικά προβλήματα της θεωρίας αποφάσεων μπορούν να εκφραστούν ως προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού. Διάφορες ειδικές περιπτώσεις γραμμικού προγραμματισμού, όπως προβλήματα ροής στα δίκτυα (network flow) κ.α. θεωρούνται αρκετά σημαντικά έτσι ώστε να έχει γίνει μεγάλη έρευνα για να βρεθούν ειδικοί αλγόριθμοι για την λύση τους. Επίσης πολλές ιδέες του γραμμικού προγραμματισμού έχουν προκύψει από άλλους τομείς της θεωρίας βελτιστοποίησης. Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται επίσης από τα μικροοικονομικά και τις επιχειρήσεις για την μεγιστοποίηση του εισοδήματος που θα έχουν και την ελαχιστοποίηση του κόστους ενός σεναρίου παραγωγής.

Στην πλατφόρμα που υλοποιήθηκε εφαρμόζεται ένας τέτοιος αλγόριθμος βελτιστοποίησης γραμμικού προγραμματισμού [1].

6 Περιγραφή γενικών εννοιών για κινητά πέραν της τρίτης γενιάς.

6.1 Συνοπτική περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης.

[7]Σήμερα το περιβάλλον των ασύρματων επικοινωνιών αποτελείται από μία πληθώρα διαφορετικών προτύπων για τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης (RAT). Οι τεχνολογίες αυτές σε γενικές γραμμές μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι τεσσάρων ειδών.

- Υπάρχουν τα κινητά συστήματα δεύτερης γενιάς (2G) όπως το GSM (Global System for Mobile Communications) [26] και η εξέλιξή τους που συχνά ονομάζονται συστήματα 2,5G όπως το GPRS, (General Packet Radio Service) [27]
- Ακόμα υπάρχουν τα ασύρματα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G) [27] όπως το UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems).

- Υπάρχουν τα ευρυζωνικά δίκτυα ασύρματης πρόσβασης BRAN (Broadband Radio Access Networks) [29] ή ασύρματα τοπικά δίκτυα WLAN (Wireless Local Area Networks) [30] και τέλος
- Υπάρχουν τα DVB (Digital Video Broadcasting) συστήματα [31].

Τα συστήματα δεύτερης γενιάς (2G) δημιουργήθηκαν αρχικά για να παρέχουν εφαρμογές τηλεφωνίας. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν και άλλα υποσυστήματα που τα υποστηρίζουν έτσι ώστε να είναι δυνατόν να παρέχουν περισσότερα είδη εφαρμογών φωνής, δεδομένων και video. Ο κύκλος εξέλιξης για ένα σύστημα ασύρματων επικοινωνιών είναι χοντρικά 10 χρόνια. Τα αναλογικά συστήματα (1G) πρώτης γενιάς παρουσιάστηκαν από το 1980 και μετά. Τα 2G έκαναν την εμφάνισή τους γύρω στο 1990 και η τρίτη γενιά συστημάτων άρχισε να εμφανίζεται τη δεκαετία που διανύουμε. Τα τελευταία χρόνια στον κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών άρχισαν να κάνουν σταδιακά την εμφάνισή τους και τα συστήματα που είναι γνωστά ως σύστημα πέραν της τρίτης γενιάς και μαζί τους έκανε την εμφάνισή της και η έννοια του «composite radio» ή των σύνθετων ραδιοδικτύων, CR.

Η έννοια του CR έχει αναπτυχθεί για την αύξηση της αποδοτικότητας στην παροχή υπηρεσιών και την καλύτερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των διαθέσιμων RAT. Η κύρια υπόθεση είναι ότι τα διαφορετικά ασύρματα δίκτυα – GPRS, UMTS, BRAN/WLAN, DVB – μπορούν να αποτελέσουν συστατικά μίας ετερογενούς κατασκευής μέσα στα πλαίσια των CR περιβαλλόντων. Ένας πάροχος (network provider, NP) μπορεί να έχει στην διάθεσή του διάφορα στοιχεία ενός CR περιβάλλοντος (δηλαδή να έχει τις απαραίτητες άδειες για την εφαρμογή και την λειτουργία διαφόρων RAT) και να συνεργάζεται επιπλέον και με άλλους NP. Ένας NP μπορεί να βασίζεται σε πολλά εναλλακτικά ασύρματα δίκτυα και τεχνολογίες για να επιτύχει την απαιτούμενη χωρητικότητα (capacity) και την ζητούμενη ποιότητα υπηρεσίας στην καλύτερη δυνατή τιμή. Ακόμα οι χρήστες κατανέμονται στα πιο κατάλληλα ασύρματα δίκτυα ανάλογα με την περιοχή που βρίσκονται και ανάλογα με τις διαφορετικές χρονικές ζώνες της ημέρας. Αυτή η αποστολή γίνεται με βάση κριτήρια απόδοσης και με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών όπως προκύπτουν από τα profile τους. Με αυτό

τον τρόπο τα διάφορα RAT χρησιμοποιούνται με τρόπο συμπληρωματικό μεταξύ τους.

Η εφαρμογή των CR συστημάτων μπορεί να υλοποιηθεί μέσω της έννοιας της αναδιάρθρωσης που αποτελεί μία εξέλιξη του software-define radio (SRD) [32]. Το CR απαιτεί τερματικά τα οποία θα είναι ικανά να λειτουργούν με διαφορετικά RAT και υπό την ταυτόχρονη ύπαρξη πολλών δικτύων, παρέχοντας δυνατότητες εναλλακτικής ασύρματης πρόσβασης σε μία δεδομένη περιοχή εξυπηρέτησης. Η ικανότητα αναδιάρθρωσης, το reconfigurability, υποστηρίζει την έννοια των CR συστημάτων παρέχοντας τις απαραίτητες τεχνολογίες που χρειάζονται για να κάνουν τόσο τα τερματικά όσο και τα στοιχεία του δικτύου ικανά να επιλέγουν δυναμικά (διαφανώς προς τους χρήστες και με ασφάλεια) το σύνολο των καταλληλότερων RAT με βάση τις συνθήκες που παρουσιάζονται στις συγκεκριμένες περιοχές υπηρεσιών και χρονικές ζώνες της ημέρας. Σύμφωνα με την έννοια του reconfigurability, η επιλογή RAT δεν περιορίζεται σε αυτά που είναι προεγκατεστημένα στο δικτύου και στα τερματικά. Στην πραγματικότητα, τα απαραίτητα συστατικά λογισμικού μπορούν να «κατέβουν» (to be downloaded) δυναμικά, να εγκατασταθούν και να κριθεί η εγκυρότητά τους.

Οι έννοιες των CR και του reconfigurability θέτουν νέες απαιτήσεις όσον αφορά την διαχείριση των ασύρματων συστημάτων. Πρέπει να βρεθούν δηλαδή τρόποι με τους οποίους θα μπορούν να εκμεταλλευτούν εναλλακτικά και οι δυνατότητες που παρέχουν άλλα δίκτυα στην περιοχή έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται καλύτερα οι διαθέσιμοι πόροι στην περιοχή.

6.2 Το CR περιβάλλον

[7] Οι ασύρματες τεχνολογίες που περιλαμβάνονται σε αυτό το περιβάλλον είναι το GPRS, το UMTS, το BRAN/WLAN (που είναι συμβατά με την ομάδα πρότυπων 802.11) και τα επίγεια DVB (DVB-T) συστήματα. Τα δίκτυα παρέχουν τα απαραίτητα μέσα για ασύρματη πρόσβαση σε εφαρμογές που βασίζονται στο IP και για συνέχεια στις υπηρεσίες κάτω από το πρίσμα της εντός τους συστήματος κινητικότητας. Η αλληλεπίδραση των στοιχείων του δικτύου σε μία CR υποδομή επιτυγχάνεται μέσω της διαχείρισης της λειτουργικότητας που παρέχεται από οντότητες διαχείρισης που βρίσκονται

τοποθετημένες σε κάθε ένα δίκτυο. Αυτό το είδος των οντοτήτων διαχείρισης ονομάζεται MS-CRE, «Management System for CR Environments» σύμφωνα με το [7]. Το MS-CRE που βρίσκεται σε κάθε δίκτυο είναι υπεύθυνο για μία συγκεκριμένη τεχνολογία, παρόλα αυτά οι πλατφόρμες μπορούν εύκολα να συνεργαστούν. Η ύπαρξη ξεχωριστών πλατφόρμων ανά πάροχο εξυπηρετεί την ανάγκη των δικτύων να κρατούν μυστικές τις σημαντικές πληροφορίες για το στήσιμο του δικτύου τους. Η πλατφόρμα που περιγράφεται στο [7] έχει δημιουργηθεί για την διαχείριση των οντοτήτων του δικτύου και συνεργάζεται με την πλατφόρμα που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν οι λειτουργίες που απαιτούνται για την υλοποίηση των συστημάτων τέταρτης γενιάς.

Το σταθερό δίκτυο κορμού (fixed core network) αποτελείται από δημόσια και ιδιωτικά στοιχεία που βασίζονται στο IPv4. Η έννοια του CR μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε μία υποδομή που βασίζεται στην εξέλιξη του IPv4 το IPv6. Η εισαγωγή του πρωτοκόλλου IPv6 μπορεί να μειώσει την ολική πολυπλοκότητα, μια και θα παρέχει για παράδειγμα μεγαλύτερο εύρος διευθύνσεων κάτι που θα οδηγήσει στην απόρριψη του NAT (Network Address Translation) από τα δίκτυα. Όμως για την ώρα το IPv6 για να εφαρμοστεί πρέπει να υπερκεράσει σημαντικούς περιορισμούς όπως την έλλειψη συμβατών application server και την μη υποστήριξή του από υπάρχοντα συστήματα. Για αυτούς τους λόγους η έννοια του CR πρέπει να αναπτυχθεί επάνω από το IPv4 τουλάχιστον για λίγο διάστημα. Το Mobile IP (MIP) δίνει την δυνατότητα για συνδεσιμότητα σε επίπεδο IP ανεξαρτήτως από τις αλλαγές που είναι πιθανό να συμβούν στις ασύρματες τεχνολογίες που βρίσκονται στα κάτω επίπεδα. Τα MIP και NAT μπορούν να συνεργαστούν σύμφωνα με την δομή που προτείνεται στο [33].

Τα τερματικά που απαιτούνται για να λειτουργήσουν σε αυτό το περιβάλλον πρέπει να περιλαμβάνουν στοιχεία λογισμικού και υλικού για να μπορούν να λειτουργήσουν σε κάθε μία από τις τεχνολογίες που προαναφέραμε, δηλαδή GPRS, UMTS, BRAN/WLAN, DVB-T. Τα υψηλότερα επίπεδα πρωτοκόλλων, σε συνεργασία με τις ομότιμες οντότητές τους στο δίκτυο υποστηρίζουν συνεχή πρόσβαση σε εφαρμογές που βασίζονται στο IP. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το επίπεδο των εφαρμογών πρέπει να

εξοπλιστεί με τα απαραίτητα μέσα για τον συγχρονισμό των διαφόρων ροών πληροφορίας (information streams) μίας εφαρμογής κατά την μεταφορά της σε διαφορετικά RAT.

Το σύστημα διαχείρισης τερματικών, το TMS (Terminal Management System) είναι απαραίτητο για να μπορούν τα ασύρματα τερματικά να εκμεταλλευτούν όλες τις δυνατότητες ενός CR περιβάλλοντος. Στην πλευρά του τερματικού/χρήστη, το κύριο ενδιαφέρον εστιάζεται στην ανεύρεση εκείνων των δικτύων που παρέχουν τα καλύτερα επίπεδα ποιότητας και στην καλύτερη δυνατή τιμή για το σύνολο των υπηρεσιών που είναι ενεργές στο τερματικό εκείνη τη στιγμή. Για αυτό το λόγο, όπως αναφέρεται και στο [34], το σύστημα διαχείρισης πρέπει να υποστηρίζει την ανακάλυψη δικτύων και την επιλογή των καταλληλότερων, την κινητικότητα μέσα στα πλαίσια του συστήματος (κάθετες μεταπομπές ή «vertical handovers»), την παρακολούθηση του επιπέδου ποιότητας και τον έλεγχο του profile τερματικού και χρήστη. Κάθε χρήστης θα πρέπει να έχει συμβόλαιο με τουλάχιστον ένα NP του CR περιβάλλοντος. Η πληροφορία του profile περιγράφει τις υπηρεσίες τις οποίες επιθυμεί να έχει ο χρήστης, τα επιτρεπτά επίπεδα ποιότητας και την σημαντικότητά τους, τα επιτρεπτά επίπεδα κόστους και τα επιτρεπτά δίκτυα και RAT. Επίσης το TMS πρέπει να αλληλεπιδρά με οντότητες του MS-CRE έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφορίας ή η λήψη εντολών.

6.3 Συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς και η σχέση τους με τον σημασιολογικό ιστό.

Το περιβάλλον στο οποίο επιδιώκουν να λειτουργήσουν τα κινητά συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς είναι ένα περιβάλλον στο οποίο τα τερματικά θα αλληλεπιδρούν με το δίκτυο και θα προσαρμόζουν την λειτουργία τους ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη και ανάλογα με τις ικανότητες των συσκευών που χρησιμοποιεί. Όλη αυτή η διαδικασία επιδιώκεται να γίνεται με διαφανώς προς το χρήστη. Για να πραγματοποιηθεί τέτοια διαφάνεια τόσο τα συστατικά του δικτύου όσο και τα τερματικά θα πρέπει να αποκτήσουν την απαραίτητη λειτουργικότητα και δυνατότητες έτσι ώστε να δρουν αυτόνομα. Συστήματα με αυτά τα χαρακτηριστικά ονομάζονται «ubiquitous» ή «πανταχού παρόντα». Για να υλοποιηθούν συστήματα αυτού του είδους το «Semantic Web» ή ο

«Σημασιολογικός Ιστός» έχει αναπτύξει αρκετά εργαλεία. Σε αυτή την ενότητα θα δούμε κάποια γενικά θέματα που αφορούν τα κινητά συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς σε σχέση τα ubiquitous συστήματα και το σημασιολογικό ιστό, ενώ σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε πώς τα χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων ενσωματώνονται στην πλατφόρμα που αναπτύχθηκε.

Τα ασύρματα και ubiquitous υπολογιστικά συστήματα αποτελούν ερευνητική περιοχή που μελετάται για αρκετά χρόνια. Παρόλα αυτά μόλις τα τελευταία λίγα χρόνια και ειδικότερα μετά την εμφάνιση κινητών τερματικών τρίτης γενιάς 3G και τις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις προς αυτό τον τομέα, η υλοποίηση τέτοιων εφαρμογών είναι ένας στόχος που μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί. Ακόμα ο σημασιολογικός ιστός και τα εργαλεία που προσφέρει αποτελούν ιδανικό περιβάλλον για την ύπαρξη εφαρμογών αυτού του είδους. Η πλατφόρμα που μελετάται είναι μία ακόμα εφαρμογή που κάνει προσπάθεια να ενσωματώσει διάφορα εργαλεία που προσφέρει ο σημασιολογικός ιστός προς την κατεύθυνση των ubiquitous συστημάτων.

Η τεράστια ανάπτυξη τόσο της υπολογιστικής ισχύς όσο και της ταχύτητας αποστολής και λήψης δεδομένων, μετέτρεψε τα κινητά τερματικά σε παντοδύναμες μηχανές που έχουν δυνατότητες παρόμοιες με αυτές που μόνο PDAs (Personal Digital Assistants ή Ψηφιακοί Προσωπικοί Βοηθοί) είχαν στο παρελθόν. Σήμερα, τα ασύρματα τερματικά είναι σε θέση να τρέχουν εφαρμογές java και να ενοποιούνται με άλλα ασύρματα τερματικά, PDA και υπολογιστές μέσω LAN και WAN. Με αυτό τον τρόπο η ασύρματη πρόσβαση στην πληροφορία γίνεται μία πραγματικότητα που αποτελεί πλέον καθημερινή πραγματικότητα και σταδιακά προσεγγίζει το όραμα του Mark Weiser για πλήρως ubiquitous συστήματα [10]. Σε αυτά τα συστήματα το υπολογιστικό φορτίο κατανέμεται ομογενώς στο περιβάλλον και αποκεντρώνεται από μία συγκεκριμένη συσκευή γινόμενο διαφανές προς το χρήστη [11]. Επίσης οι εφαρμογές τείνουν όλο και περισσότερο να βελτιστοποιούνται για κάθε χρήστη αφού τα ubiquitous περιβάλλοντα έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν τις προτιμήσεις των χρηστών και να προσαρμόζουν τις υπηρεσίες τους προς αυτούς έτσι ώστε να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους.

Επιπλέον, τα ubiquitous περιβάλλοντα έχουν την δυνατότητα να αλλάζουν κάθε στιγμή. Νέες συσκευές και νέες υπηρεσίες μπορούν να εμφανιστούν κάθε στιγμή, το περιεχόμενο της πληροφορίας αλλάζει συνεχώς και η απόδοση του δικτύου μπορεί εύκολα να αλλάξει εξαιτίας διαφόρων παραγόντων όπως αλλαγές στο εύρος ζώνης της επικοινωνίας ή αλλαγές στο φόρτο του δικτύου, το load (τον αριθμό ενεργών χρηστών ανά κυψέλη). Η κινητικότητα μπορεί επίσης να είναι αιτία νέων προβλημάτων που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα (privacy) ή την συνδεσιμότητα. Ο σημασιολογικός ιστός έχει τα μέσα για την λύση των προβλημάτων που τίθενται παραπάνω.

Ο σημασιολογικός ιστός παρέχει αρκετές γλώσσες που είναι σε θέση να διαμορφώσουν τις ασύρματες και ubiquitous συσκευές σε ασύρματους βοηθούς που να αναλαμβάνουν κάποιες εργασίες για λογαριασμό των χρηστών. Οι εφαρμογές του σημασιολογικού ιστού είναι ικανές να δρουν αυτόνομα κάνοντας χρήση πολύ εξεζητημένων και περίπλοκων τεχνικών οντολογίας. Αυτές οι τεχνικές, μπορούν να αυξήσουν την διαλειτουργικότητα ανάμεσα στα συστήματα και τις εφαρμογές όχι μόνο χρησιμεύοντας στη δημιουργία καλά ορισμένων διεπαφών αλλά και περιγράφοντας την είσοδο που απαιτούν να έχουν οι διάφορες εφαρμογές έτσι ώστε να έχουν την κατάλληλη απόκριση. Επιπλέον οι εφαρμογές του σημασιολογικού ιστού μπορούν να καθορίσουν συγκεκριμένες πολιτικές. Οι πολιτικές χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να περιγράψουν την συμπεριφορά που θα πρέπει να έχουν τα συστήματα σε μελλοντικές καταστάσεις. Οι πολιτικές μπορούν επίσης να καθορίσουν την απόκριση που θα έχουν οι εφαρμογές όταν κάνουν την εμφάνισή τους προβλήματα σχετικά με την ασφάλεια [11].

Το πανίσχυρο εργαλείο του σημασιολογικού ιστού που μπορεί να χρησιμοποιείται έτσι ώστε να καθορίζονται πολιτικές και να περιγράφονται συγκεκριμένες οντότητες του περιβάλλοντος, (χρήστες, υπηρεσίες, συσκευές) και σχέσεις μεταξύ τους καλείται «Οντολογία». Το σύνολο των οντολογιών αποτελούν το επίσημο λεξιλόγιο που περιγράφει ένα περιβάλλον και καθορίζει τον τρόπο που οι οντότητες (συσκευές, άνθρωποι και δεδομένα) έχουν πρόσβαση σε αυτό και αλληλεπιδρούν μαζί του. Επιπλέον, με την χρήση των οντολογιών τα συστήματα μπορούν να

επικοινωνούν με νέες οντότητες και να τις ενσωματώνουν, εάν αυτό είναι απαραίτητο, χωρίς να έχουν καμία προηγούμενη γνώση για αυτές. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι πολύ χρήσιμο στις περιπτώσεις ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών και υπηρεσιών σε κινητά συστήματα B3G.

Σήμερα, οι οντολογίες δημιουργούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου με την χρήση της OWL, «Ontology Web Language» [12] που δημιουργήθηκε από το W3C. Οι οντολογίες μπορούν να περιγράψουν τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων σε ένα περιβάλλον. Αυτή η γλώσσα βασίζεται σε διάφορες άλλες γλώσσες όπως την RDF, Resource Description Language (RDF) [13] και την XML, eXtensible Markup Language (XML) [14]. Το RDF παρέχει έναν επίσημο τρόπο για τον καθορισμό και την περιγραφή των ιδιοτήτων μίας συγκεκριμένης οντότητας και μπορεί να παρουσιαστεί σε διάφορες μορφές. Μία από αυτές τις μορφές είναι με τη χρήση της XML. Η γλώσσα που προτείνεται από το W3C για την παρουσίαση των RDF εγγράφων με τη χρήση της XML λέγεται RDF/XML και στην πλατφόρμα που μελετάται χρησιμοποιείται για να περιγράψει τόσο το profile του χρήστη όσο και το profile του σχέδιο αναδιάρθρωσης (reconfiguration pattern) που έχει επιλεγεί.

6.4 Πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την υλοποίηση ενός B3G περιβάλλοντος [7].

Με βάση τα προηγούμενα, θεωρείται ότι το reconfigurability θα έχει οφέλη για όλους όσους έχουν ανάμειξη στον κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών. Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα.

Όσον αφορά τους χρήστες, η έννοια της αναδιάρθρωσης κάνει ευκολότερη την παροχή υπηρεσιών και παρέχει παγκόσμιο «roaming». Οι δυνατότητες για «roaming» προεκτείνονται μέσω της δυναμικής προσαρμογής του τερματικού στα κάθε φορά τοπικά δεδομένα. Παρομοίως η δυνατότητα για δυναμικό «κατέβασμα» και εγκατάσταση λογισμικού στα τερματικά θα οδηγήσει σε εξατομικευμένες και περισσότερες υπηρεσίες. Παραδείγματα πολύ στοιχειώδους αναδιάρθρωσης στα σημερινά ασύρματα συστήματα, για παράδειγμα στο GSM είναι η αυτόματη ρύθμιση των ρυθμίσεων για το WAP και το GPRS από τους παρόχους δικτύων.

Επίσης και οι NP έχουν αρκετά πλεονεκτήματα. Τους παρέχονται περισσότερες επιλογές για την επίτευξη του απαιτούμενου επιπέδου ποιότητας και των απαιτούμενων επιπέδων χωρητικότητας μέσω της υποδομής τους. Επιπλέον μπορούν να παρέχουν value-added υπηρεσίες και να έχουν την δυνατότητα να διαφοροποιούνται από τους ανταγωνιστές τους. Η ικανότητα τους να κάνουν «upload» στις συσκευές παραμέτρους και να ωθούν σε αυτές διάφορες τιμές για διάφορες παραμέτρους, θα βοηθήσει στην δημιουργία καταλληλότερων υπηρεσιών για τους πελάτες. Τα αναδιαρθρώμενα στοιχεία του δικτύου (οι 2G/3G σταθμοί βάσης) θα μειώσουν το κόστος εφαρμογής νέων τεχνολογιών και θα διευκολύνουν τις γενικές λειτουργίες διαχείρισης.

Το reconfigurability θα έχει οφέλη και για τους κατασκευαστές. Η έννοια της αναδιάρθρωσης αυξάνει την ευελιξία μια και εισάγει μία επιπλέον επιλογή για δυναμική βελτίωση του εξοπλισμού και κατά συνέπεια αύξηση του χρόνου κατά τον οποίο ο ίδιος εξοπλισμός θα παραμείνει στην αγορά. Επιπλέον, επιτρέπει την ευκολότερη εξέλιξη των προϊόντων.

Οι πάροχοι υπηρεσιών θα ωφεληθούν επίσης. Η έννοια της αναδιάρθρωσης μπορεί να εκμεταλλευτεί στο επίπεδο των εφαρμογών, μια και παρέχει την δυνατότητα στους χρήστες να κάνουν «download» εφαρμογές στα κινητά τους. Οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν την δυνατότητα να εισάγουν νέες υπηρεσίες διαφόρων τύπων στο τερματικό χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για παροχή όλων των απαραίτητων χαρακτηριστικών για τη λειτουργία της υπηρεσίας κατά το σχεδιασμό της συσκευής.

7 Περιγραφή της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος διαχείρισης συσκευών τέταρτης γενιάς.

Σήμερα, στον κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών, διάφορες και ετερογενείς τεχνολογίες πρόσβασης (access technologies) μπορούν να συνυπάρξουν σε ένα διαφοροποιημένο (diversified) περιβάλλον. Σε τέτοια συστήματα που είναι ευρέως γνωστά ως συστήματα πέραν της τρίτης γενιάς (B3G), διαφορετικά ασύρματα δίκτυα, όπως GPRS, UMTS, WLAN, DVB, WiMAX, κ.α., μπορούν συνεργάζονται αρμονικά έτσι ώστε να επιτυγχάνεται τόσο καλύτερη ποιότητα στην παροχή υπηρεσιών όσο και καλύτερη εκμετάλλευση των ίδιων των ασύρματων τεχνολογιών

πρόσβασης (RATs) [2]. Η εκμετάλευση των συστημάτων B3G απαιτεί τερματικά τα οποία να είναι ικανά να λειτουργούν εναλλακτικά σε κάθε ένα από τα διαθέσιμα αυτά συστατικά δικτύου. Η αναδιάρθρωση (Reconfigurability) υποστηρίζει την έννοια των B3G συστημάτων παρέχοντας τεχνολογίες που επιτρέπουν τόσο στα τερματικά όσο και στις συσκευές και τους μηχανισμούς από την πλευρά των δικτύων να επιλέγουν δυναμικά το καταλληλότερο RAT με ένα διαφανή πάντα τρόπο. Επίσης, θεωρείται ότι οι δυνατότητες των συσκευών αυτών (τόσο από την πλευρά των τερματικών όσο και από την πλευρά των δικτύων) δεν είναι στατικές αλλά αντιθέτως είναι πλήρως δυναμικές. Οι συσκευές πέραν της τρίτης γενιάς θα μπορούν να τροποποιήσουν ή/και να επεκτείνουν την λειτουργία τους και τις δυνατότητες τους κατεβάζοντας και εγκαθιστώντας κατάλληλα συστατικά λογισμικού μέσω του αέρα, ασύρματα, (over-the-air). Η λειτουργία αυτή λέγεται reconfiguration και αποτελεί ένα από τα περισσότερο υποσχόμενα χαρακτηριστικά του reconfigurability. Προς αυτή την κατεύθυνση, η παρούσα εργασία παραθέτει και αναλύει θέματα τα οποία είναι απαραίτητα για την διαχείριση τέτοιων συστημάτων και επίσης προτείνει ένα αντίστοιχο πλαίσιο για την λειτουργία τους.

7.1 Παρουσίαση προηγούμενων προσπαθειών για υλοποίηση παρόμοιων συστημάτων

Τα τελευταία χρόνια η περιοχή των συστημάτων πέραν της τρίτης γενιάς έχει πολύ ενεργό ερευνητικό ενδιαφέρον. Μέσα στα πλαίσια της ευρωπαϊκής ερευνητικής κοινότητας, έχουν διεξαχθεί αρκετά προγράμματα που μελέτησαν την ανάπτυξη συσκευών, μηχανισμών και αρχιτεκτονικών στα πλαίσια πάντα του Reconfigurability και των σύνθετων ασύρματων περιβαλλόντων [3].

Η έκτη ομάδα εργασίας του WWRF (Wireless World Research Forum) είναι αφιερωμένη σε θέματα που αφορούν το reconfigurability [4]. Στα πλαίσια του πέμπτου κοινοτικού πλαισίου της ευρωπαϊκής ένωσης, έλαβαν χώρα αρκετά προγράμματα που αφορούν θέματα που συσχετίζονται με την πλατφόρμα που αναπτύχθηκε. Κάποια από αυτά είναι το TRUST, το SCOUT [5][6] και το CREDO [7].

Τα TRUST και SCOUT είχαν ως σκοπό να καθορίσουν μία γενική αρχιτεκτονική συστήματος που θα συμπεριλαμβάνει όλα τα μέρη ενός

software defined reconfigurable (SDR) τερματικού. Το στρώμα της εφαρμογής περιλάμβανε λογισμικό τόσο για τα δεδομένα του χρήστη όσο και τα δεδομένα ελέγχου. Η στοίβα πρωτοκόλλων του τερματικού συμπεριλάμβανε τρία στρώματα από την στοίβα πρωτοκόλλων του IP, το transport, το network και το link. Αυτά μπορούσαν εύκολα να τροποποιηθούν έχοντας επίδραση από το εξωτερικό περιβάλλον και να υποστηρίξουν διάφορες ασύρματες τεχνολογίες. Το μέρος του ελέγχου της αναδιάρθρωσης, δηλαδή του reconfiguration, συμπεριλάμβανε τα διάφορα συστατικά λογισμικού που είναι απαραίτητα για να παρθεί η απόφαση για το reconfiguration και ακολούθως για την εκτέλεση της ίδιας της διαδικασίας αυτού. Κάτι τέτοιο μπορούσε να επιτευχθεί μέσω ειδικών διεπαφών που βρίσκονταν ανάμεσα στο λογισμικό διαχείρισης του reconfiguration και στα αντίστοιχα συστατικά μέρη του λογισμικού. Στο φυσικό στρώμα, το RF (ραδιοσυχνότητα) και baseband (βασικής ζώνης) υλικό χρησιμοποιούσε τεχνικές βασισμένες στο λογισμικό για να επιτύχει διάφορα αποτελέσματα και να τροποποιεί αναλόγως διάφορες παραμέτρους. Το μέρος του ενδιάμεσου λογισμικού (middleware) παρείχε την πλατφόρμα για δύο διαφορετικές μεταξύ τους λειτουργίες. Μία για ασύρματη αλληλεπίδραση με το δίκτυο ή/και με άλλα τερματικά για την ανεύρεση (discovery), την επιλογή τρόπου λειτουργίας και το «κατέβασμα» συστατικών λογισμικού. Και μία, εσωτερική αυτή τη φορά, για την αλληλεπίδραση με το στρώμα δικτύου, τη στοίβα πρωτοκόλλων, το RF και το baseband. Το περιβάλλον εκτέλεσης ήταν ουσιαστικά μία ενιαία βάση πάνω στην οποία συναντιόνταν και ενοποιούνταν όλα τα μέρη του τερματικού και όλες οι λειτουργίες αυτού.

Το CREDO καθόρισε τις λειτουργίες και κατόπιν ανέπτυξε μία πρωτότυπη αρχιτεκτονική για τερματικά η οποία δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να λαμβάνουν υπηρεσίες από διαφορετικές τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης (RATs) με μία τεχνική βασισμένη σε κριτήρια που αφορούν την ποιότητα των υπηρεσιών αλλά και το κόστος αυτών. Πιο συγκεκριμένα τα τερματικά που αναπτύσσονται με αυτή την τεχνική θα είναι ικανά λαμβάνουν υπηρεσίες που βασίζονται στο IP πρωτόκολλο, μέσω GPRS, WLAN και DVB. Σε αυτό το πλαίσιο αναπτύχθηκε ένα Σύστημα Διαχείρισης Τερματικού (Terminal Management System, TMS), παρέχοντας στα

τερματικά την απαραίτητη λειτουργικότητα για να μπορέσουν να υπάρξουν σε ένα σύνθετο (composite) περιβάλλον. Κάποιες από αυτές τις λειτουργίες είναι η επιλογή δικτύου, ο έλεγχος της κινητικότητας μεταξύ των συστημάτων δικτύου και η παρακολούθηση της ποιότητας της υπηρεσίας, δηλαδή του QoS (Quality of Service). Το σύστημα διαχείρισης που αναπτύχθηκε βασιζόταν σε κωδικοαποκωδικοποιητές (modem) που μπορούν να λειτουργήσουν σε διαφορετικά modes (με διαφορετικούς τρόπου λειτουργίας). Με αυτό τον τρόπο το τερματικό μπορούσε να λειτουργήσει σε περιβάλλον composite δικτύων στα οποία συνυπάρχουν διαφορετικά RATs.

Παρόλα αυτά η έννοια του reconfigurability απαιτεί επιπλέον λειτουργικότητα. Αρχικά απαιτείται η παροχή μέσων για δυναμική ανακάλυψη, «κατέβασμα», εγκατάσταση και επικύρωση των συστατικών του λογισμικού που είναι απαραίτητα για την διαδικασία του reconfiguration έτσι ώστε να υποστηριχθούν επιπλέον τεχνολογίες (πέραν των προεγκατεστημένων) εάν αυτό κριθεί απαραίτητο. Ένα δεύτερο σημείο είναι η υποστήριξη λειτουργιών που αφορούν την ασφάλεια και την αποκατάσταση ενδεχόμενων λαθών. Αυτές οι λειτουργίες είναι το κυρίως αντικείμενο μελέτης του προγράμματος IST FP6 με την ονομασία E2R[8].

Τα αποτέλεσμα μελέτης που θα παρουσιαστούν σε αυτή την εργασία έρχονται να επεκτείνουν την μελέτη που έχει γίνει σε προηγούμενα προγράμματα. Τα τερματικά με δυνατότητα αναδιάρθρωσης (reconfigurable) πρέπει να είναι ικανά να λειτουργούν με όποιο RAT είναι διαθέσιμο στην περιοχή κάλυψης. Με αυτό το γεγονός ως βάση προτείνονται διάφορες επεκτάσεις και βελτιώσεις στις προηγούμενες μελέτες και επιδιώκεται η υποστήριξη μεγαλύτερου αριθμού υπαρχόντων και αναδυόμενων προτύπων για τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης. Σε αυτό το πλαίσιο η πλατφόρμα που προτείνεται παραθέτει και ακολούθως υλοποιεί διάφορα καινοτόμα χαρακτηριστικά.

Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει οποιοσδήποτε περιορισμός από την πλευρά των συσκευών προς κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία. Το πλαίσιο διαχείρισης των συσκευών θα τους επιτρέπει να αναδιαρθρώνονται έτσι ώστε να υποστηρίζουν οποιαδήποτε τεχνολογία έστω και αν αυτή δεν υπήρχε την περίοδο της κατασκευής τους. Άλλο χαρακτηριστικό θα είναι η

απομακρυσμένη τροποποίηση του εύρους των modes που θα είναι διαθέσιμα στις συσκευές. Ακόμα επιδιώκεται η απόφαση για το reconfiguration να είναι ανοικτή όσον αφορά τους κατασκευαστές και τους παρόχους. Αυτό σημαίνει ότι επιδιώκεται οι διαπροσωπίες και οι μηχανισμοί για την διαχείριση του reconfiguration να διασφαλίζουν την διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε διαφορετικά στοιχεία δικτύων και τερματικών τα οποία να ανήκουν σε διαφορετικούς προμηθευτές και κατασκευαστές.

7.2 Απαιτήσεις της πλατφόρμας

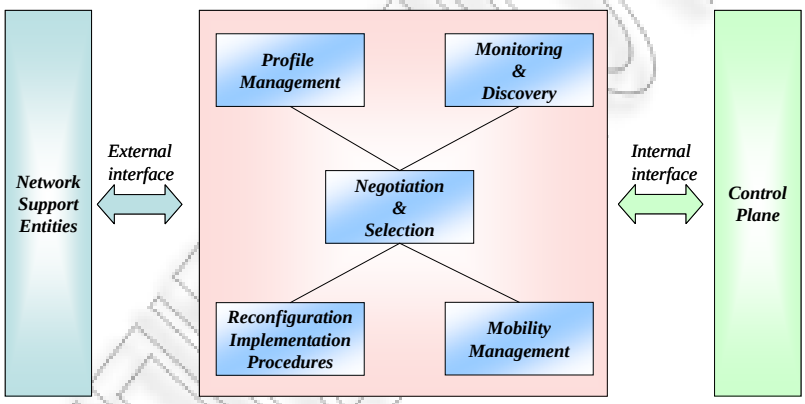
Για να μπορέσει ο ασύρματος εξοπλισμός να λειτουργήσει με έναν ενιαίο, αποδοτικό, αξιόπιστο και ασφαλές τρόπο, το αντίστοιχο σύστημα διαχείρισης θα πρέπει να υποστηρίζει τις ακόλουθες απαιτήσεις. Αρχικά, θα πρέπει να μπορεί να ανακαλύπτει τα διαθέσιμα δίκτυα πρόσβασης και περιοδικά να εκτελεί ελέγχους με σκοπό να διαπιστώνει εάν έχει γίνει διαθέσιμη μία καλύτερη εναλλακτική λύση. Με άλλα λόγια οι συσκευές θα πρέπει να είναι ικανές να αναγνωρίζουν μία πιθανή είσοδο ενός νέου RAT στην περιοχή εξυπηρέτησης (service area) το οποίο να παρέχει καλύτερες δυνατότητες. Αυτή η λειτουργία λέγεται Discovery. Ακόμα, η πλατφόρμα θα πρέπει να μπορεί να παρακολουθεί τα διαφορετικά δίκτυα πρόσβασης. Αυτό έχει να κάνει με την συλλογή στατιστικών δεδομένων από τα διαφορετικά RAT, με σκοπό να αξιολογηθεί η κατάσταση που αυτά βρίσκονται. Αυτή η λειτουργία λέγεται Monitoring. Επιπλέον, θα πρέπει να μπορεί να διαπραγματεύεται προσφορές με τα διάφορα διαθέσιμα δίκτυα και να επιλέγει το πιο κατάλληλο σχέδιο αναδιάρθρωσης (reconfiguration pattern). Αυτή η λειτουργία λέγεται Negotiation. Επίσης, θα πρέπει να υλοποιεί το σχέδιο που θα έχει επιλεγεί. Η υλοποίηση αυτή μπορεί να απαιτεί κατέβασμα και εγκατάσταση των απαραίτητων συστατικών λογισμικού. Τέλος, θα πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί θέματα που αφορούν την διαχείριση της κινητικότητας. Η διαδικασία επιλογής μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή από το ένα δίκτυο σε ένα άλλο. Αυτό θα πρέπει να γίνεται με διαφανή τρόπο, για παράδειγμα να μην διακόπτεται μία συνεδρία κατά την κίνηση.

Βέβαια, για να λειτουργήσει η πλατφόρμα σε πραγματικό περιβάλλον διάφορα άλλα θέματα που έχουν να κάνουν με την αναγνώριση της

προέλευσης του προγράμματος πριν αυτό ενσωματωθεί στη συσκευή πρέπει να μελετηθούν. Ακόμα κατάλληλες τεχνικές, μηχανισμοί και διαδικασίες απαιτείται να αναπτυχθούν έτσι ώστε να διασφαλίσουν ότι η εκτέλεση του reconfiguration δεν θα προκαλέσει οποιαδήποτε προβλήματα στην απόδοση ενός συστήματος που λειτουργεί κανονικά. Τέτοια θέματα όμως που αφορούν την ασφάλεια και την αξιοπιστία δεν έχουν ενσωματωθεί ακόμα στην πλατφόρμα που αναπτύσσεται συνεχώς.

7.3 Περιγραφή της πλατφόρμας σε υψηλό επίπεδο

Μία πλατφόρμα διαχείρισης για αναδιαρθρώμενα κινητά τερματικά τέταρτης γενιάς που ικανοποιεί τις συνθήκες που τέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα θα πρέπει να αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια συστατικά, Εικόνα 1. Αυτή η πλατφόρμα ονομάζεται Reqonfigurable Equipment Management System, REMS.



Εικόνα 1: Πλατφόρμα διαχείρισης αναδιαρθώμενων κινητών τερματικών

Αρχικά θα πρέπει να διασφαλίζει την διαχείριση των profile ή «Profile Management, PM». Αυτό το συστατικό διατηρεί και παρέχει πληροφορίες σχετικές με τη συσκευή αλλά και με τον χρήστη αυτής. Το profile του χρήστη, το user profile όπως ονομάζεται, περιγράφει το πόσο επιθυμητά είναι τα διαφορετικά επίπεδα QoS της υπηρεσίας σε αντιστοιχία με το ανώτερο επιτρεπτό κόστος αυτών για μία συγκεκριμένη υπηρεσία. Το profile του τερματικού, το terminal profile, περιγράφει τις δυνατότητες της συσκευής και τις υπάρχοντες ρυθμίσεις αυτού. Ακόμα η συγκεκριμένη οντότητα περιέχει αποθηκευμένο και το τελευταίο reconfiguration pattern που έχει επιλεγεί. Δηλαδή καταγράφει ποιες υπηρεσίες παρέχονται από το επιλεγμένο δίκτυο καθώς και ποιο επίπεδο ποιότητας έχει επιλεγεί για κάθε μία και ποιο είναι το κόστος στο οποίο παρέχονται. Αυτή η πληροφορία

μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για να διαπιστωθεί εάν η υπηρεσία που τρέχει παρουσιάζει οποιαδήποτε παρέκκλιση στο επίπεδο ποιότητας της από αυτό που είχε όταν επιλέχθηκε από το reconfiguration.

Ένα ακόμα απαραίτητο συστατικό της πλατφόρμας είναι εκείνο της «Παρακολούθησης και Ανακάλυψης» ή αλλιώς «Monitoring and Discovery, M&D». Ο ρόλος αυτού τους συστατικού είναι να ανακαλύπτει τα διαθέσιμα δίκτυα σε μία συγκεκριμένη περιοχή και να παρακολουθεί το επίπεδό τους. Σε περίπτωση που παρατηρηθούν οποιεσδήποτε αποκλίσεις από τα προσδοκώμενα μπορεί να κριθεί απαραίτητο να κινηθεί η διαδικασία επιλογής άλλου σεναρίου ασύρματης πρόσβασης.

Το επόμενο απαραίτητο συστατικό της πλατφόρμας είναι αυτό της «Διαπραγμάτευσης και Επιλογής» ή αλλιώς «Negotiation and Selection, N&S». Η λειτουργικότητα αυτού του συστατικού έχει να κάνει κυρίως με την διαπραγμάτευση όσον αφορά τις προσφορές με τα διάφορα διαθέσιμα δίκτυα και την επιλογή του πιο κατάλληλου δικτύου και RAT. Η διαδικασία της επιλογής λαμβάνει υπόψη πληροφορία που προέρχεται από το user και το terminal profile και από τις προσφορές που προέκυψαν μετά την διαπραγμάτευση με τα διαθέσιμα δίκτυα.

Ένα επόμενο συστατικό είναι αυτό της «Υλοποίησης των διαδικασιών αναδιάρθρωσης » ή «Reconfiguration Implementation Procedures, RIP». Αυτό το συστατικό παρέχει όλη τη λειτουργικότητα για την εφαρμογή του σχεδίου αναδιάρθρωσης (reconfiguration pattern) που προήλθε από το συστατικό του Negotiation and Selection. Σε αυτό το μέρος υπόκεινται θέματα που έχουν να κάνουν με το κατέβασμα, την εγκατάσταση και την επικύρωση των διαφορετικών μερών λογισμικού που μπορεί να απαιτούνται έτσι ώστε να υλοποιηθεί το reconfiguration. Επιπλέον, αυτό το συστατικό είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την πιστοποίηση γνησιότητας κάθε λογισμικού που πρόκειται να εγκατασταθεί σε μία συσκευή. Επίσης, συμπεριλαμβάνει και λειτουργικότητα που έχει να κάνει με την ανίχνευση λαθών και την αποκατάσταση αυτών.

Ένα επόμενο συστατικό είναι αυτό της «Διαχείρισης της Κινητικότητας» ή αλλιώς «Mobility Management, MM». Το συστατικό αυτό, όπως λέει και το όνομά του, έχει να κάνει με θέματα που αφορούν την διαχείριση της

κινητικότητας. Σε περίπτωση που από το συστατικό του «Negotiation and Selection» ή από τις οντότητες διαχείρισης του δικτύου αποφασιστεί το τερματικό να αλλάξει mode, τότε αυτό είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση της μεταπομπής (handover) από το ένα δίκτυο στο άλλο. Επίσης είναι υπεύθυνο να εκτελέσει όλες τις απαραίτητες λειτουργίες του mobile IP. Η υλοποίηση αυτής της οντότητας ξεφεύγει από το σκοπό της συγκεκριμένης εργασίας.

Ένα επόμενο συστατικό της πλατφόρμας είναι αυτό της «Εξωτερικής Διαπροσωπείας με τις Οντότητες Υποστήριξης των Δικτύων» ή «External Interface with Network Support Entities, EINSE». Αυτό το συστατικό λογισμικού αποτελεί υλοποίηση της διαπροσωπείας με της οντότητες υποστήριξης του δικτύου. Κυρίως χρησιμοποιείται κατά την διαδικασία του negotiation για την ανταλλαγή προσφορών και για να παίρνει πληροφορία από τα διαθέσιμα δίκτυα. Επίσης, χρησιμοποιείται για να δεχτεί προτάσεις από το δίκτυο για θέματα που αφορούν την χρησιμοποίηση κάποιου RAT ή κάποιου επιπέδου ποιότητας, QoS, κάποιας υπηρεσίας. Τέλος, αυτό το συστατικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανακοινωθούν κάποια αποτελέσματα προς την πλευρά του δικτύου.

Ένα τελευταίο συστατικό της πλατφόρμας είναι αυτό της «Εσωτερικής Διαπροσωπείας με το Μέρος του Ελέγχου» ή «Internal Interface with the Control Plane, IICP». Το συστατικό αυτό είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την επίβλεψη της εκτέλεσης του reconfiguration. Παρέχει την διαπροσωπεία με τους πόρους τόσο του επιπέδου της εφαρμογής όσο και του φυσικού επιπέδου. Επίσης, παρέχει την διαπροσωπεία με την στοίβα πρωτοκόλλων όπως το TCP/IP ή/και προτύπων επικοινωνιών. Η συγκεκριμένη οντότητα ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της εργασίας.

7.4 Περιγραφή των απαραίτητων στοιχείων δικτύου

Για την εκτέλεση των λειτουργιών της, η πλατφόρμα διαχείρισης απαιτεί την συνεργασία της με κάποιες οντότητες από την πλευρά του δικτύου. Αρχικά θα πρέπει να υπάρχει κάποια οντότητα που θα προσομοιάζει το Cognitive Pilot Channel, CPC. Σε αυτή την οντότητα καταγράφουν την ύπαρξή τους όλοι οι διαθέσιμοι πάροχοι ασύρματων τεχνολογιών

πρόσβασης έτσι ώστε να μπορούν να «ανακαλυφθούν» από την οντότητα «M&D» του τερματικού.

Αφού οι πάροχοι δηλώσουν την παρουσία τους θα πρέπει με κάποιο τρόπο να γνωστοποιήσουν τις προσφορές τους. Πρέπει δηλαδή να γνωστοποιήσουν στα τερματικά τις υπηρεσίες που αυτοί μπορούν να προσφέρουν καθώς και σε ποια επίπεδα ποιότητας και σε ποια αντίστοιχα κόστη διατίθενται να τις παρέχουν. Τα κόστη που διατίθενται να τις παρέχουν υπολογίζονται με βάση το φόρτο του δικτύου, το load, δηλαδή των αριθμό ενεργό χρηστών που υπάρχουν εκείνη τη στιγμή σε αυτό. Η οντότητα μπορεί εύκολα να εισέλθει και σε μία επαναληπτική διαδικασία διαπραγμάτευσης με τα τερματικά έτσι ώστε να καταλήξει στις τελικές προσφορές. Τέτοια σενάρια θα παρουσιαστούν στην συνέχεια. Αυτή η οντότητα ονομάζεται «Reconfiguration Control Module, RCM».

Μία ακόμα απαραίτητη οντότητα από την πλευρά του δικτύου είναι και αυτή του «Monitoring Values Emulator» ή «MVE». Αυτή η οντότητα είναι υπεύθυνη στο να επικοινωνεί με την πλευρά του δικτύου να συγκεντρώνει τις τιμές που χρειάζεται το τερματικό για να παρακολουθεί της τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης και στη συνέχεια να τις περνάει σε αυτό (στο τερματικό). Όπως φαίνεται είναι απαραίτητο στοιχείο της διαδικασίας του «Monitoring».

Η τέταρτη οντότητα που έχει υλοποιηθεί από την πλατφόρμα και αφορά την πλευρά του δικτύου είναι αυτή του «Network Loads Emulator» ή «NLE». Η ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης οντότητας είναι ότι δεν έχει καμία επαφή με την πλατφόρμα που υλοποιήθηκε και που λειτουργεί στην πλευρά του τερματικού, αλλά έχει να κάνει μόνο με την παροχή των τιμών για το φόρτο που έχει κάθε RAT την συγκεκριμένη χρονική στιγμή στο RCM. Όπως θα παρουσιαστεί και στη συνέχεια με βάση αυτές τις τιμές η οντότητα του Reconfiguration Control Module μπορεί να υπολογίζει το ποσοστό κατά το οποίο μπορεί να μειώσει την προσφορά του κατά τη διαδικασία του Negotiation.

7.5 Ενδεικτικός τρόπος λειτουργίας της πλατφόρμας

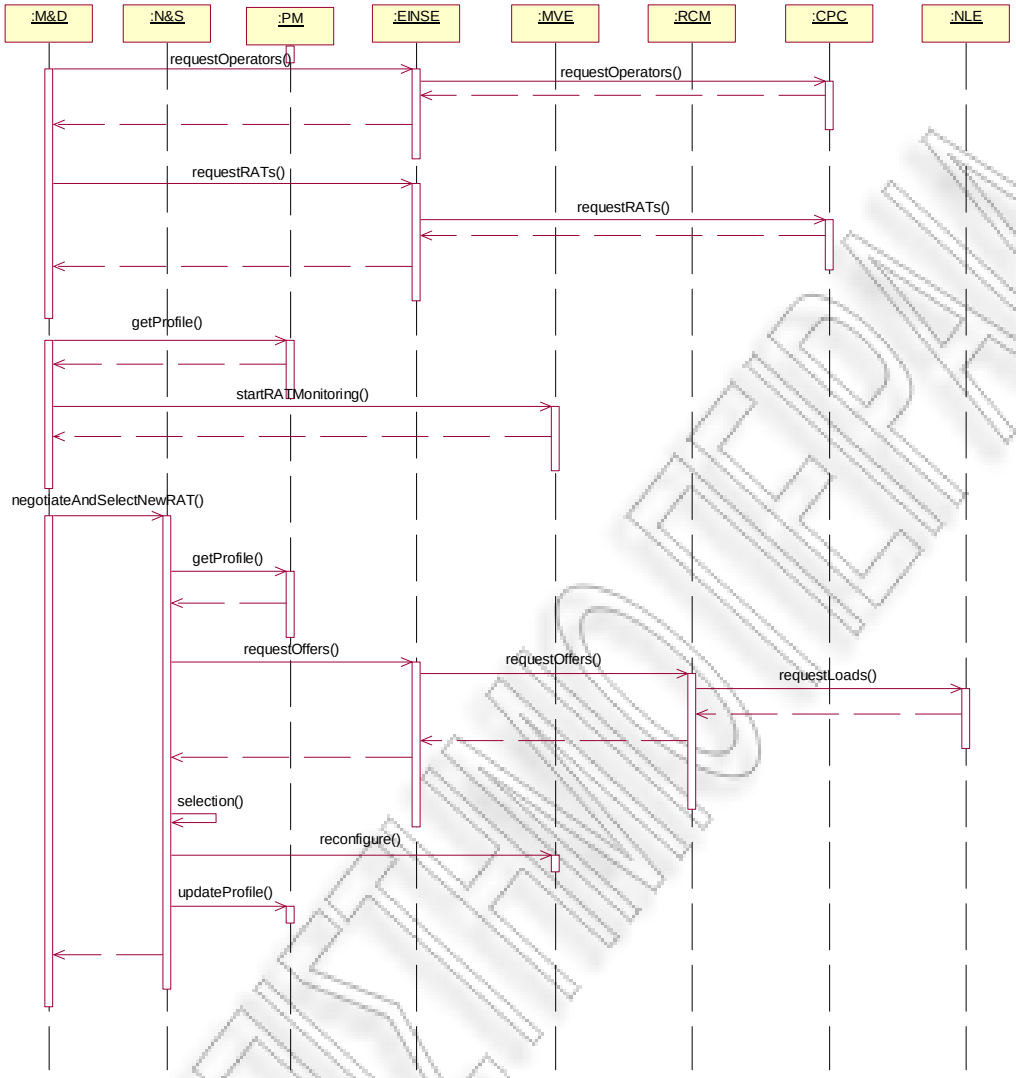
Η Εικόνα 2 παρουσιάζει ένα σενάριο υψηλού επιπέδου του πώς ακριβώς λειτουργεί αυτή τη στιγμή η πλατφόρμα που προτείνεται. Κάποιες από τις

οντότητες που περιγράφονται παραπάνω δεν έχουν ενσωματωθεί ακόμα στην υλοποιημένη πλατφόρμα που παρουσιάζεται. Με την εκκίνησή της η πλατφόρμα και πιο συγκεκριμένα η οντότητα «M&D» ζητά τους διαθέσιμους παρόχους τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης, RAT operators, μέσω της διαπροσωπείας «EINSE». Αφού λάβει πίσω τους διαθέσιμους παρόχους από το CPC ζητά εκ νέου να μάθει ποιες τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης διαθέτουν. Αφού λάβει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ζητά από το την οντότητα PM το profile του χρήστη. Εφόσον το πάρει τότε ενημερώνει την οντότητα του ελέγχου μέσω της διαπροσωπείας IICP, ότι είναι έτοιμη να εκκινήσει την διαδικασία της παρακολούθησης της υπηρεσίας αλλά και του περιβάλλοντος.

Στην περίπτωση που είτε το επίπεδο της τρέχουσας υπηρεσίας πέσει είτε ένα νέο RAT που ικανοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό τις προτιμήσεις του χρήστη παρουσιαστεί στο περιβάλλον, τότε η οντότητα Monitoring and Discovery ενημερώνει την οντότητα του Negotiation and Selection να ξεκινήσει τις διαδικασίες για επιλογή νέου RAT.

Η οντότητα του Negotiation and Selection ξεκινά τις διαπραγματεύσεις με τις αντίστοιχες οντότητες από την πλευρά του δικτύου και λαμβάνει τις πληροφορίες από τα διάφορα δίκτυα μέσω του «EINSE». Η διεπαφή αυτή επικοινωνεί με τις διάφορες οντότητες RCM, συγκεντρώνει τις προσφορές τους για κάθε υπηρεσία και για κάθε επίπεδο ποιότητας και τις μεταφέρει στην οντότητα N&S. Επίσης ζητά από την οντότητα του Profile Management τις πληροφορίες για τις προτιμήσεις του χρήστη. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς επίσης και το κόστος αναδιάρθρωσης ή «reconfiguration cost, rc» λαμβάνει την απόφαση για το αν θα πρέπει να εκκινηθεί η διαδικασία του reconfiguration ή όχι. Reconfiguration cost, είναι το κόστος που θα έχει το κινητό από άποψης φυσικών πόρων π.χ. κατανάλωση μπαταρίας, για την εκτέλεση του reconfiguration.

Εφόσον παρθεί η απόφαση για reconfiguration ενημερώνεται η ίδια η συσκευή, μέσω του IICP, για τις λειτουργίες που θα πρέπει να εκτελέσει για να υλοποιηθεί η αναδιάρθρωση και έπειτα ενημερώνεται το τμήμα του profile management για το νέο σχέδιο αναδιάρθρωσης που επιλέχθηκε.



Εικόνα 2:Γενική περιγραφή των λειτουργιών της πλατφόρμας

7.6 Διαχείριση του profile

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η διαχείριση του profile από την πλατφόρμα για αναδιαρθρώμενα τερματικά. Στην πρώτη υποενότητα εξηγείται ο τρόπος με τον οποίο οι τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να επιτύχουν αυτή την λειτουργικότητα. Στην δεύτερη υποενότητα επεξηγείται η χρήση του profile χρήστη ή user profile, προτείνεται μία νέα δομή user profile για ασύρματα B3G τερματικά και επίσης εξηγείται η σημασία του profile που καταγράφει το τελευταίο κάθε φορά reconfiguration pattern. Επιπλέον επεξηγείται τι είναι το CC/PP profile και παρέχονται κάποιες πληροφορίες που αφορούν την χρήση του.

7.6.1 Πώς οι τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού εφαρμόζονται στο γενικό πλαίσιο

Ένα από τα προβλήματα στα συστήματα επικοινωνιών πέραν της τρίτης γενιάς είναι ο καθορισμός των προτιμήσεων των χρηστών. Κάθε χρήστης έχει μοναδικά χαρακτηριστικά και μοναδικές ανάγκες. Όλοι οι χρήστες θέλουν καλύτερες υπηρεσίες. Θέλουν φτηνές και γρήγορες υπηρεσίες (από άποψη αποστολής και λήψης δεδομένων) που θα είναι διαθέσιμα σε αυτούς κάθε στιγμή και οπουδήποτε. Για να γίνει κάτι τέτοιο πραγματικότητα, οι πάροχοι δικτύων πρέπει να διαπραγματεύονται με κάποιο τρόπο με τους χρήστες έτσι ώστε να βελτιστοποιούν τις υπηρεσίες που τους παρέχουν.

Τα ubiquitous ή «πανταχού παρόντα» υπολογιστικά συστήματα υποθέτουν ότι αυτό το είδος της διαπραγμάτευσης είναι διαφανές προς τον χρήστη. Τα ασύρματα τερματικά λειτουργούν ως ψηφιακοί βοηθοί και εκτελούν την παραπάνω διαπραγμάτευση με αυτόματο τρόπο. Για να είναι σε θέση όμως οι ψηφιακοί βοηθοί να γνωρίζουν τις προτιμήσεις των χρηστών απαιτείται η δημιουργία ενός profile που περιγράφει αυτές τις προτιμήσεις. Αυτό το profile ονομάζεται όπως έχει αναφερθεί κατ' επανάληψη user profile. Το profile αυτό προσδιορίζει τρία επίπεδα χρήσης για κάθε υπηρεσία, high, medium και low, και περιέχει επίσης πληροφορία για τις προτιμήσεις του χρήστη με βάση πάντα ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας και το μέγιστο επιτρεπτό κόστος για τον χρήστη.

Ο σημασιολογικός ιστός και κοινοπραξία που παγκόσμιου ιστού πρότεινε ένα profile που περιγράφει τις δυνατότητες του τερματικού. Αυτό το profile ονομάζεται CC/PP (Composite Capabilities and Preferences Profile) [16]. Το UAProf [17] είναι η πρώτη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή ενός CC/PP profile και περιγράφει τα χαρακτηριστικά που αφορούν το υλικό και το λογισμικό μίας ασύρματης συσκευής και προτείνεται από το WAP forum. Σε αυτή την εργασία προτείνεται μία νέα εφαρμογή που στηρίζεται στο CC/PP και έχει ως στόχο να περιγράψει τις προτιμήσεις ενός χρήστη ασύρματης συσκευής.

Το CC/PP χρησιμοποιεί την σύνταξη της γλώσσας RDF/XML που είναι ένας τρόπος γραφής που βασίζεται στη σύνταξη της XML. Η XML είναι ένας επίσημος τρόπος αποθήκευσης της πληροφορίας και είναι τόσο απλός όσο και καλά δομημένος. Η γλώσσα αυτή περιγράφει πως οι ετικέτες μπορούν

να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να οριοθετούνται τα διαφορετικά μέρη ενός εγγράφου. Τα δομημένα αυτά δεδομένα μπορούν να είναι οτιδήποτε από έναν αριθμό διαφορετικών πραγμάτων. Μπορούν να είναι λογιστικά φύλλα, βιβλία διευθύνσεων ή οικονομικές συναλλαγές.

Ένα XML έγγραφο αποθηκεύει δεδομένα σε μορφή κειμένου, αυτό σημαίνει ότι αυτά μπορούν να επεξεργαστούν τόσο από ανθρώπους όσο και από μηχανές. Με αυτό τον τρόπο οι χρήστες των ασύρματων τερματικών μπορούν να ενημερώνονται για τα περιεχόμενα ενός εγγράφου XML κάθε στιγμή και να μπορούν επίσης να το τροποποιούν. Αυτό το γεγονός είναι συμφωνία με το όραμα των ubiquitous υπολογιστικών συστημάτων όπου θα είναι το ίδιο εύκολο τόσο στις μηχανές όσο και στους ανθρώπους να επικοινωνούν με το περιβάλλον τους. Ένα XML έγγραφο που έχει δημιουργηθεί σύμφωνα με τους κανόνες που καθορίζονται στις αντίστοιχες προδιαγραφές μπορεί να θεωρηθεί ως καλά σχηματισμένο έγγραφο. Ένα έγγραφο που δεν είναι καλά δομημένο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Φαίνεται ξεκάθαρα, συνεπώς ότι τα δεδομένα ενός XML εγγράφου μπορούν να δομηθούν με οποιονδήποτε τρόπο αρκεί το τελικό αποτέλεσμα να είναι ένα καλά σχηματισμένο έγγραφο. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι περιγραφής της ίδιας πληροφορίας με την XML. Για να καθοριστεί το περιεχόμενο και η σημασιολογία ενός XML εγγράφου σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το XML Σχήμα. Τα XML σχήματα επιτρέπουν στις μηχανές να πραγματοποιήσουν κανόνες που τίθενται από τους ανθρώπους [14].

Αν και τα XML σχήματα περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων ενός XML εγγράφου, κατά τα άλλα έχουν περιορισμένες δυνατότητες. Επίσης, όπως είδαμε παραπάνω, δεν υπάρχει κάποιος πρότυπος τρόπος για περιγραφή της δομής των XML εγγράφων. Η λύση σε αυτά τα προβλήματα είναι η γλώσσα RDF και το αντίστοιχο σχήμα τις γλώσσας, το RDFSchema [19]. Κάθε RDF κατασκευή μπορεί να αντιστοιχιστεί σε έναν αριθμό από τρίπλες. Κάθε τρίπλα είναι μία συλλογή που αποτελείται από το υποκείμενο, το αντικείμενο και το κατηγόρημα. Τόσο το υποκείμενο όσο και το κατηγόρημα είναι πόροι (resources), το αντικείμενο μπορεί να είναι οτιδήποτε, μπορεί να είναι επίσης πόρος ή αριθμός ή απλή λέξη (literal). Οι πόροι σύμφωνα με το W3C, αναπαριστώνται με τη χρήση URI (Universal

Resource Identifiers). Τα γνωστά σε όλους μας URL είναι μόνο ένα υποσύνολο των URI. Ένας πόρος μπορεί να είναι οποιαδήποτε οντότητα της καθημερινής ζωής, αρκεί να εκφράζεται με την χρήση των URI.

Για να κάνει αυτές τις δύο γλώσσες που περιγράφηκαν παραπάνω ικανές να συνεργαστούν, το W3C δημιούργησε την γλώσσα RDF/XML. Τα έγγραφα RDF/XML είναι στην ουσία RDF έγγραφα που παρουσιάζονται με την χρήση της XML. Με αυτό τον τρόπο τα δεδομένα των εγγράφων μπορούν να επεξεργαστούν τόσο από μηχανές όσο και από ανθρώπους και να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα από αυτά εξαιτίας των σχέσεων που καθορίζονται ανάμεσα στα στοιχεία τους.

Το CC/PP είναι στην ουσία ένα έγγραφο που χρησιμοποιεί την σύνταξη που αναφέρθηκε παραπάνω. Σχεδιάστηκε έτσι ώστε να περιγράψει τις δυνατότητες των συσκευών και τις προτιμήσεις των χρηστών. Το profile αποτελείται από ονόματα χαρακτηριστικών, προτιμώμενες τιμές και αντίστοιχες έννοιες. Τα ονόματα των χαρακτηριστικών μαζί με τις τιμές που αυτά έχουν χρησιμοποιούνται από τους server έτσι ώστε να περιγραφεί ποιοι πόροι πρέπει να αποστέλλονται στον πελάτη και επίσης την μορφή που θα έχουν αυτοί οι πόροι (για παράδειγμα στην περίπτωση των κινητών τέταρτης γενιάς, να αποφασίζεται αν θα πρέπει να αποστέλλεται video στον πελάτη και την ποιότητα που θα έχει αυτό). Τα profile αυτού του είδους έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι ικανά να αποθηκεύονται σε server. Επιπλέον, οι δυνατότητες και οι προτιμήσεις του χρήστη μπορούν εύκολα να ανασύρονται με αναφορά (by reference). Μια ακόμα δυνατότητα που έχουν τα profile που αποθηκεύονται στους server είναι να αλλάζουν δυναμικά και να ενημερώνουν τις τιμές των χαρακτηριστικών τους ανάλογα με τις αλλαγές στα δεδομένα του χρήστη [16].

Η δομή ενός CC/PP εγγράφου είναι αρκετά συγκεκριμένη. Σε γενικές γραμμές είναι μία ιεραρχία δύο επιπέδων. Το πρώτο επίπεδο είναι αυτό των συστατικών ή «components». Κάθε profile έχει τουλάχιστον ένα ή και περισσότερα συστατικά. Το επόμενο επίπεδο είναι αυτό των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων ή «attributes». Κάθε συστατικό έχει τουλάχιστον ένα ή και περισσότερα χαρακτηριστικά.

Το RDFS [19] είναι το σχήμα της γλώσσα ορισμού μεταδεδομένων RDF που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις σχέσεις ανάμεσα στις τριπλέτες ενός RDF εγγράφου. Τα RDFS έγγραφα δημιουργούνται με βάση την XML. Το RDFS χρησιμοποιείται έτσι ώστε να δημιουργηθούν οντολογίες που περιγράφουν τις οντότητες σε ένα ασύρματο και ubiquitous περιβάλλον κινητών συστημάτων πέραν της τρίτης γενιάς. Γενικά το RDFS έχει περιορισμένες δυνατότητες, έτσι για την δημιουργία πιο σύνθετων λεξιλογίων (λεξιλόγιο είναι το σύνολο των οντολογιών που περιγράφουν ένα περιβάλλον) το W3C δημιούργησε μία επιπλέον γλώσσα που είναι συμβατή με το RDFS και στην ουσία την συμπληρώνει. Αυτή η γλώσσα ονομάζεται OWL[12]. Χρησιμοποιώντας κάποιος την OWL μπορεί να συντάξει ένα πολύ σύνθετο λεξιλόγιο που περιγράφει με μοναδικό τρόπο κάθε πτυχή ενός B3G composite περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λειτουργεί η πλατφόρμα που περιγράφεται σε αυτή την εργασία. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να χειριστούν διάφορα θέματα σχετικά με την ασφάλεια και να καθορισθεί η απόκριση των χρηστών σε συγκεκριμένες εισόδους.

Όμως, η σημαντικότερη εφαρμογή της OWL στο πλαίσιο που μελετάται είναι στον τομέα της ανακάλυψης νέων υπηρεσιών. Τα κινητά τερματικά τέταρτης γενιάς πρέπει να έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν σε κάθε περιβάλλον ακόμα και αν δεν ξέρουν τίποτα για αυτό. Για να μπορεί να εφαρμοστεί κάτι τέτοιο οι υπηρεσίες, τα δίκτυα και γενικά κάθε οντότητα πρέπει να περιγράφει τον εαυτό της με λεπτομέρειες και με μοναδικό τρόπο. Τα τερματικά χρειάζεται να ξέρουν όχι μόνο τα τις διαπροσωπείες αυτών των υπηρεσιών αλλά επίσης και την είσοδο που απαιτούν έτσι ώστε να έχουν συγκεκριμένη απόκριση.

Επιπλέον, οντολογίες χρειάζονται και για να μπορούν οι διάφορες ετερογενείς οντότητες ενός περιβάλλοντος πέραν της τρίτης γενιάς να εκλαμβάνουν συγκεκριμένους όρους του περιβάλλοντος με τον ίδιο τρόπο. Για να συμβαίνει το παραπάνω, όροι όπως «Video Streaming» ή «Audio Call» πρέπει να καθορίζονται με μοναδικό τρόπο. Για παράδειγμα, ένας χρήστης ο οποίος αποτελεί οντότητα του περιβάλλοντος, μπορεί εύκολα να κατανοήσει τι σημαίνει «Audio Call». Παρόλα αυτά τα τερματικά απαιτούν μία περιγραφή του όρου για να τον κατανοήσουν. Αυτές οι περιγραφές

δημιουργούνται με τη χρήση οντολογιών. Με αυτό τον τρόπο, οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος για τον όρο θα μπορεί απλά να επεξεργάζεται αυτή την περιγραφή και να την κατανοεί εύκολα. Αυτές οι περιγραφές προσδιορίζονται κυρίως για χρήση από μηχανήματα αλλά ταυτόχρονα μπορούν να διαχειρισθούν εύκολα και από τους ανθρώπους.

Η OWL είναι το τέλειο εργαλείο για όλα τα παραπάνω. Καθορίζει τους όρους με μοναδικό τρόπο, κάτι που δίνει στις μηχανές την δυνατότητα να βγάζουν συγκεκριμένα συμπεράσματα για συγκεκριμένες πραγματικότητες στο περιβάλλον. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται «reasoning» ή εξαγωγή συμπερασμάτων και γνώσης και αποτελεί πολύ ενεργή περιοχή έρευνας τα τελευταία χρόνια.

7.6.2 «User Profile» για τερματικά με ικανότητα αναδιάρθρωσης

Σε αυτή την εργασία προτείνεται ένα profile για την περιγραφή των προτιμήσεων του χρήστη σε ένα περιβάλλον B3G. Το profile αυτό βασίζεται στο CC/PP που περιγράφηκε στην προηγούμενη υποενότητα και φυσικά δομείται σύμφωνα με τους κανόνες της RDF/XML, αποτελεί δηλαδή ένα RDF/XML έγγραφο. Η διαφορά ανάμεσα στα δύο profile είναι ότι το profile χρήστη για κινητά με ικανότητα αναδιάρθωσης χρησιμοποιεί μία πιο σύνθετη ιεραρχία για να περιγράψει τα συστατικά και τα χαρακτηριστικά του, αντί της πιο απλής προσέγγισης που χρησιμοποιεί το CC/PP και επίσης σχεδιάζεται απλά για να περιγράψει τις προτιμήσεις των χρηστών. Στην πραγματικότητα, στο δεδομένο στάδιο της ανάπτυξής του, χρησιμοποιείται αποκλειστικά για να περιγράψει τις προτιμήσεις των χρηστών όσον αφορά συγκεκριμένες υπηρεσίες (Audio Call, Video Streaming κλπ).

Το user profile καθορίζει υπηρεσίες και αντίστοιχα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας. Επίσης, καθορίζει το βαθμό χρησιμότητας, το «utility volume» που προκύπτει από το συνδυασμό μίας υπηρεσίας και ενός συγκεκριμένου επιπέδου ποιότητας. Το utility volume χρησιμοποιείται για να εκφράσει την προτίμηση σε μερικά επίπεδα ποιότητας αντί για κάποια άλλα. Επιπλέον, το profile χρήστη μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορία σχετική με το μέγιστο κόστος που ο χρήστης είναι διατεθειμένος να προσφέρει έτσι ώστε να λάβει συγκεκριμένες υπηρεσίες σε συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας.

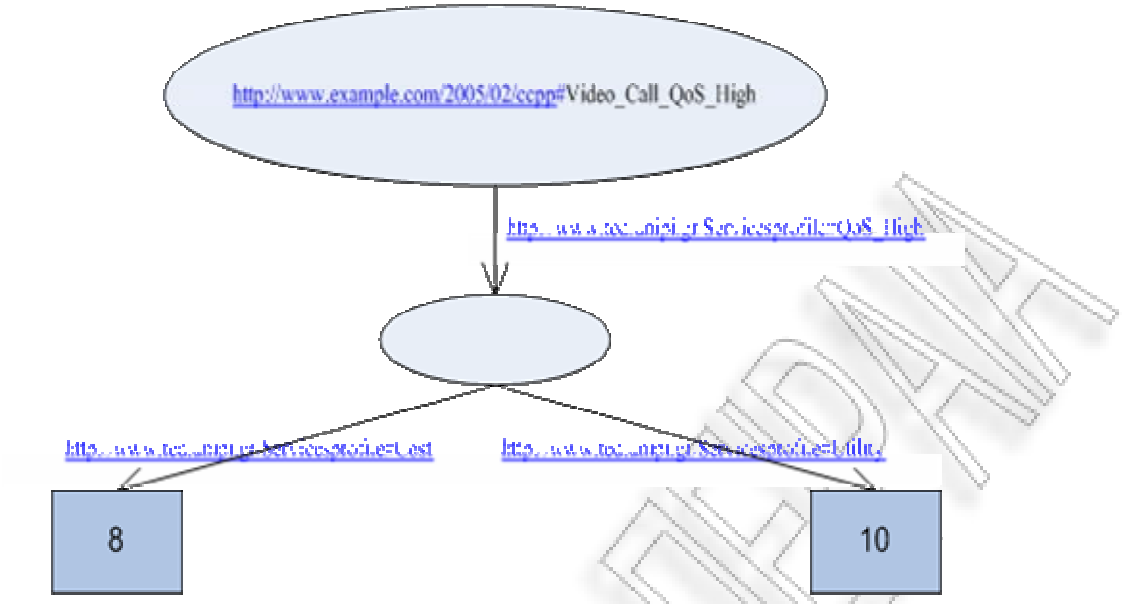
```
<?XML version="1.0"?>
<RDF:RDF
 XMLns:RDF="http://www.w3.org/1999/02/22-RDF-syntax-ns#"
 XMLns:serv="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#"
 XML:base="http://www.example.com/2005/02/ccpp#"
 >
<RDF:Description RDF:ID="UPRCDemo">
 <serv:component>
  <RDF:Description RDF:ID="Video_Call">
   <RDF:type RDF:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Service"/>
    <serv:component>
     <RDF:Description RDF:ID="Video_Call_QoS">
      <RDF:type RDF:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#QoS"/>
       <serv:component>
        <RDF:Description RDF:ID="Video_Call_QoS_High">
         <RDF:type RDF:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#QoS_High"/>
         <serv:Cost>8</serv:Cost>
         <serv:Utility>10</serv:Utility>
        </RDF:Description>
       </serv:component>
       <serv:component>
        <RDF:Description RDF:ID="Video_Call_QoS_Medium">
         <RDF:type
RDF:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#QoS_Medium"/>
         <serv:Cost>7</serv:Cost>
         <serv:Utility>9</serv:Utility>
        </RDF:Description>
       </serv:component>
       <serv:component>
        <RDF:Description RDF:ID="Video_Call_QoS_Low">
         <RDF:type RDF:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#QoS_Low"/>
         <serv:Cost>6</serv:Cost>
         <serv:Utility>8</serv:Utility>
        </RDF:Description>
       </serv:component>
     </RDF:Description>
    </serv:component>
  </RDF:Description>
 </serv:component>
</RDF:Description>
</RDF:RDF>
```

Εικόνα 3: Παράδειγμα δομής user profile

Όλα τα παραπάνω υλοποιούνται στα πλαίσια μίας πολύ καλά ορισμένης διαπροσωπείας. Στο ανώτερο επίπεδο αυτής υπάρχει το στοιχείο ρίζα (root component) που περιλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα. Στο επόμενο επίπεδο κατεβαίνοντας, υπάρχει ένα στοιχείο για κάθε υπηρεσία που ο χρήστης διατίθεται να χρησιμοποιήσει. Κάθε υπηρεσία μπορεί να έχει διάφορα χαρακτηριστικά. Στο συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης εστιάζουμε στο επίπεδο της υπηρεσίας, το QoS. Κάθε υπηρεσία έχει τρία επίπεδα ποιότητας. Το πρώτο είναι το υψηλό, το δεύτερο το μέτριο και το τρίτο το χαμηλό, «high», «medium» και «low» αντιστοίχως. Μέσα στο συστατικό κάθε υπηρεσίας υπάρχει ένα συστατικό για το επίπεδο ποιότητας. Μέσα σε

αυτό υπάρχουν τρία ακόμα συστατικά, ένα για κάθε επίπεδο ποιότητας που αναφέρθηκε προηγουμένως. Τέλος, μέσα σε κάθε συστατικό που αναφέρεται στο επίπεδο ποιότητας, υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά, ένα για το καθορισμένο επίπεδο ποιότητας και ένα για το ποσοστό επιθυμίας μιας υπηρεσίας. Στην Εικόνα 3 φαίνεται ένα παράδειγμα της ιεραρχίας που περιγράφεται.

Η Εικόνα 3 είναι στην ουσία ένα συγκεκριμένο παράδειγμα της δομής που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Στο στοιχείο ρίζα χρησιμοποιείται το όνομα UPRCdemo. Στη συνέχεια τοποθετείται το συστατικό που περιέχει μία συγκεκριμένη υπηρεσία. Αυτή η υπηρεσία ονομάζεται «Video Call». Η σύνταξη RDF/XML χρησιμοποιεί την έννοια των κλάσεων όπως αυτές χρησιμοποιούνται στον αντικειμενοστρεφή προγραμματισμό. Συνεπώς σε αυτό το έγγραφο η γραμμή «<RDF:type RDF:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Service"/>» δηλώνει ότι το «Video Call» ανήκει στην κλάση «Service». Στη συνέχεια συναντάται το συστατικό για την ποιότητα της υπηρεσίας που και αυτό με τη σειρά του συσχετίζεται σε συγκεκριμένη κλάση. Έπειτα κάποιος μπορεί να διακρίνει τρία συστατικά για τα τρία επίπεδα ποιότητας. Τα ονόματά τους είναι «Video_Call_QoS_Low», «Video_Call_QoS_Medium», και «Video_Call_QoS_High» και ενώνονται σε τρεις κλάσεις τις «QoS_Low», «QoS_Medium» και «QoS_High» αντιστοίχως. Μέσα σε κάθε ένα υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά ένα για το κόστος και ένα για το utility volume, δηλαδή το βαθμό χρησιμότητας. Αυτά συμβολίζονται ως εξής «<serv:Cost>» και «<serv:Utility>». Για καλύτερη κατανόηση της ιεραρχίας στην Εικόνα 4 παρέχεται ένας σχετικός γράφος. Αυτός ο γράφος αναπαριστά την ιεραρχία του συστατικού «Video_Call_QoS_High». Με παρόμοιο τρόπο δημιουργούνται και όλοι οι υπόλοιποι γράφοι του εγγράφου. Περισσότερες πληροφορίες για αυτό το είδος γράφων παρέχονται στον δικτυακό τόπο του W3C [13].



Εικόνα 4: Ο RDF γράφος για την υπηρεσία Video Call (high QoS)

7.6.3 Η σχέση της πλατφόρμας με τα γνωσιακά δίκτυα, «cognitive networks»

Ένα από τα χαρακτηριστικά των γνωσιακών δικτύων είναι να καταγράφουν πληροφορία για προηγούμενες αποκρίσεις του συστήματος έτσι ώστε να την χρησιμοποιούν για να εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα στο μέλλον. Τα ασύρματα κινητά τερματικά πέραν της τρίτης γενιάς όπως είδαμε θα έχουν την ικανότητα της αναδιάρθρωσης. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τις συγκεκριμένες συνθήκες κάθε φορά θα αλλάζουν την λειτουργία τους για να ικανοποιούν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό τις προτιμήσεις του χρήστη. Επίσης κάθε φορά θα καταλήγουν σε διαφορετικό reconfiguration pattern.

Η καταγραφή και η μελέτη των reconfiguration patterns για κάποιο χρονικό διάστημα μπορεί να αποδειχθεί σημαντικό εργαλείο για την υλοποίηση και τη βελτίωση της λειτουργίας των γνωσιακών δικτύων. Εάν συλλεχθεί ένας μεγάλος αριθμός από αυτά, μελετηθεί και αντιστοιχιστεί σε κάποιες συγκεκριμένες ομάδες ανάλογα με τις κάθε φορά συνθήκες του περιβάλλοντος και προτιμήσεις των χρηστών τότε είναι πολύ πιθανό να προβλεφθούν μελλοντικές αποκρίσεις του κινητού χωρίς να διεξαχθεί όλη η διαδικασία της αναδιάρθρωσης. Αυτό μεταφράζεται σε διπλό κέρδος από άποψη κόστους και πόρων που καταναλώνονται.

Η πλατφόρμα που προτείνεται έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί πολύ εύκολα να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις των γνωσιακών συστημάτων. Σε κάθε αναδιάρθρωση η οντότητα PM καταγράφει σε ένα RDF/XML έγγραφο το reconfiguration pattern που προέκυψε. Αυτό το έγγραφο ονομάζεται «solution profile» Αυτή η πληροφορία στο συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης απορρίπτεται κάθε φορά που γίνεται αναδιάρθρωση, όμως πολύ εύκολα αυτή πληροφορία μπορεί να αποθηκευθεί σε έναν server και να καταστεί διαθέσιμη για μελέτη και εξαγωγή συμπερασμάτων για την μελλοντική απόκριση του συστήματος. Ένα παράδειγμα του «solution profile» παρατίθεται στην Εικόνα 5.

Το «solution profile» έχει παρόμοια δομή με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω για το «user profile» και προσομοιάζει πολύ την δομή του CC/PP. Όπως και το CC/PP αποτελείται από μία ιεραρχία δύο επιπέδων. Στο πρώτο επίπεδο υπάρχει το στοιχείο ρίζα, στην περίπτωσή μας είναι το «RATUPRCDemo». Στη συνέχεια υπάρχει ένα συστατικό για κάθε μία υπηρεσία που προσφέρει το συγκεκριμένο RAT. Μέσα σε κάθε ένα από αυτά τα συστατικά υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά. Το πρώτο κρατάει την πληροφορία για το επίπεδο ποιότητας που επιλέχθηκε για την συγκεκριμένη υπηρεσία, το «<slr:QoS>» και το δεύτερο κρατάει το κόστος που αντιστοιχεί σε αυτό το επίπεδο υπηρεσίας, το «slr:Cost».

Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε σε σύνοψη την απόφαση που πάρθηκε κατά την αναδιάρθρωση του δικτύου, το κομμάτι που λείπει και που είναι θέμα μελέτης είναι ο τρόπος που πρέπει να καταγραφούν οι δεδομένες συνθήκες του δικτύου σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του χρήστη. Εάν καταγραφεί αυτή η πληροφορία, τότε είναι πολύ εύκολο να προβλεφθεί ποια περίπου θα είναι η αντίδραση του δικτύου και ποια θα είναι η απόφαση αναδιάρθρωσης στην περίπτωση που προκύψουν εκ νέου οι ίδιες συνθήκες.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:slr="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#"
  xml:base="http://www.example.com/2005/02/ccpp"
 >
<rdf:Description rdf:ID="RATUPRCDemo">
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="Video_MMS">
          <rdf:type
```

```
rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Video_MMS"/>
          <slr:QoS>1</slr:QoS>
          <slr:Cost>11.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="E-mail">
          <rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#E-mail"/>
          <slr:QoS>2</slr:QoS>
          <slr:Cost>10.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="Video_Streaming">
          <rdf:type
rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Video_Streaming"/>
          <slr:QoS>2</slr:QoS>
          <slr:Cost>2.5437138</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="Picture_MMS">
          <rdf:type
rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Picture_MMS"/>
          <slr:QoS>2</slr:QoS>
          <slr:Cost>10.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="VoIP_Audio_Call">
          <rdf:type
rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#VoIP_Audio_Call"/>
          <slr:QoS>2</slr:QoS>
          <slr:Cost>13.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="Portals/Java">
          <rdf:type
rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Portals/Java"/>
          <slr:QoS>2</slr:QoS>
          <slr:Cost>11.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="MMO">
          <rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#MMO"/>
          <slr:QoS>1</slr:QoS>
          <slr:Cost>11.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
      <slr:component>
        <rdf:Description rdf:ID="SMS">
          <rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#SMS"/>
          <slr:QoS>2</slr:QoS>
          <slr:Cost>10.443714</slr:Cost>
        </rdf:Description>
      </slr:component>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```


Εικόνα 5: Solution profile

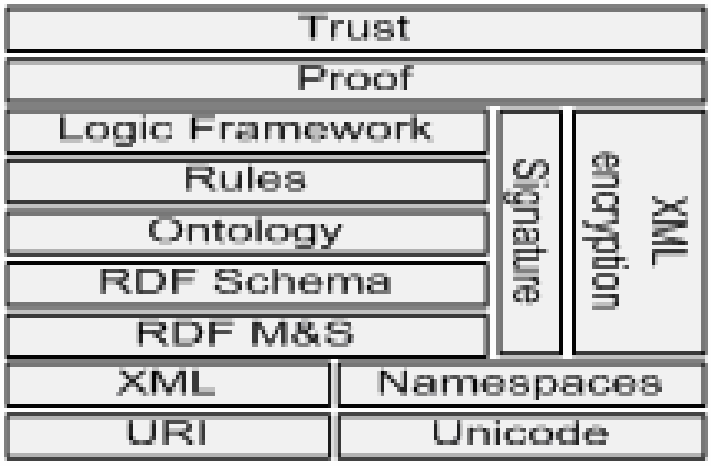
7.6.4 Μελλοντική ανάπτυξη της πλατφόρμας στο επίπεδο της διαχείρισης profile

Για να δημιουργηθεί το λεξιλόγιο του περιβάλλοντος που περιγράφεται, πρέπει να δημιουργηθεί ένα έγγραφο που περιγράφει τις κλάσεις, τις υποκλίσεις, τα στοιχεία και τις ιδιότητες του εγγράφου μαζί με τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσά τους. Αυτό μπορεί εύκολα να επιτευχθεί με τη χρήση της OWL. Οι δηλώσεις OWL μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν με τη χρήση αυτόματων εργαλείων.

Η OWL βρίσκει εφαρμογή σε προγράμματα που χρειάζεται να είναι ικανά να επεξεργάζονται την πληροφορία που δέχονται αντί απλά να την αναπαριστούν. Η OWL βρίσκεται στην κορυφή άλλων εφαρμογών του παγκόσμιου ιστού όπως η XML, η RDF και το RDFS, τις συμπληρώνει και τους προσφέρει δυνατότητα καλύτερης περιγραφής των δεδομένων.

Ο σημασιολογικός ιστός είναι στην ουσία το μέλλον του Παγκόσμιου Ιστού. Η πληροφορία που δομείται σε αυτό το πλαίσιο θα έχει νόημα για τις μηχανές. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούν όχι μόνο να επεξεργάζονται εύκολα αυτή την πληροφορία αλλά θα την ενσωματώνουν αν είναι αυτό δυνατό. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά είναι πολύ χρήσιμα στην υλοποίηση B3G συστημάτων. Ο σημασιολογικός ιστός στοχεύει να χρησιμοποιήσει ευρέως τόσο την πολύ καλά ορισμένη δομή της XML όσο και τις ευέλικτες σχεδιαστικές αρχές της RDF για την αναπαράσταση των δεδομένων. Το επίπεδο πάνω από την RDF που είναι απαραίτητο για να καταστεί η ορολογία των δεδομένων του Ιστού διαθέσιμη στις μηχανές είναι μία γλώσσα για οντολογίες. Επιπλέον, για να μπορούν αυτές οι μηχανές να διεξάγουν πιο περίπλοκους υπολογισμούς σε αυτά τα δεδομένα μία νέα γλώσσα είναι απαραίτητη, μία γλώσσα που θα προχωράει ένα επίπεδο πάνω από το RDF Schema [12].

Συνοψίζοντας, στιγμή που γράφεται η παρούσα εργασία γίνεται μελέτη στο να προστεθούν στην πλατφόρμα ακόμα δύο επίπεδα της στοίβας του σημασιολογικού ιστού. Αυτή η στοίβα έχει την ακόλουθη δομή:



Εικόνα 6: Στοίβα του Σημασιολογικού Ιστού

Μέχρι τώρα έχουν υλοποιηθεί μόνο τα τρία πρώτα επίπεδα της στοίβας. Η φιλοδοξία είναι η πλατφόρμα να μετακινηθεί κατά δύο επίπεδα πάνω και να φτάσει στο επίπεδο της οντολογίας. Αυτό θα επιτευχθεί μόνο με την χρήση της γλώσσας OWL για τον σχεδιασμό του λεξιλογίου του περιβάλλοντος.

7.7 Monitoring and Discovery

Η οντότητα αυτή αποτελείται από δύο διακριτές λειτουργίες αυτή της παρακολούθησης «Monitoring» και αυτή της ανακάλυψης «Discovery». Πρώτα θα περιγραφεί η δεύτερη λειτουργία και κατόπιν η πρώτη.

[3]Η ανακάλυψη έχει να κάνει με την ανεύρεση των διαθέσιμων δικτύων πρόσβασης και τον περιοδικό έλεγχο της περίπτωσης να υπάρχει διαθέσιμο καλύτερο εναλλακτικό δίκτυο. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιεί μπορούν να χωρισθούν σε «υποβοηθούμενες», «assisted» και μη «υποβοηθούμενες», unassisted. Ένα παράδειγμα μη υποβοηθούμενης μεθόδου είναι αυτό του λεγόμενου «blind-scanning» ή αλλιώς της «τυφλής ανίχνευσης» σε όλα τα γνωστά εύρη συχνοτήτων. Αυτή η λύση δεν είναι όμως η βέλτιστη εξαιτίας των σοβαρών περιορισμών στην απόδοση που έχουν. Επιπλέον στο πλαίσιο των «end-to-end reconfigurable» ή «από άκρη σε άκρη αναδιαρθρώμενων» συστημάτων, όπου η ανάθεση του φάσματος θα είναι δυναμική αυτή η λύση δεν είναι ορθή. Για την περίπτωση των assisted τεχνικών ανακάλυψης mode, προτείνονται κυρίως τρεις μέθοδοι. Η πρώτη είναι αυτή που κάνει χρήση της έννοιας ανακάλυψη υπηρεσιών [5], που επιτρέπει την δυναμική «δημοσίευση», «publishing» των υπηρεσιών (συνήθως μέσω κατάλληλης οντότητας που αναλόγως την περίπτωση παίρνει διάφορα ονόματα Broker/Directory/Registry). Ένας πάροχος

υπηρεσιών δημοσιεύει τις πληροφορίες του μέσω μίας κεντρικής οντότητας «καταγραφής υπηρεσιών», όπου κάποιος που αναζητά μία υπηρεσία μπορεί να πάρει πληροφορίες. Στην περίπτωση της διαχείρισης των συσκευών στα αναδιαρθρώμενα κινητά συστήματα της επόμενης γενιάς, ο πάροχος των υπηρεσιών μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το δίκτυο που διαφημίζει την παρουσία του μέσω μίας κεντρικής δομής του είδους που περιγράφηκε παραπάνω. Μέσω αυτής της δομής το τερματικό θα μπορεί να παίρνει πληροφορία για τις διαθέσιμες τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης, να επιλέγει την πιο κατάλληλη και να την χρησιμοποιεί. Μία δεύτερη δυνατή προσέγγιση για την πραγματοποίηση της υποβοηθούμενης ανακάλυψης RATs είναι με τη χρήση του «pilot channel» ή πιλοτικού καναλιού. Αυτό το κανάλι λειτουργεί σε μία συγκεκριμένη συχνότητα μέσω της οποίας όλα τα RAT σε μία συγκεκριμένη περιοχή μπορούν να κάνουν αισθητή την παρουσία τους και να διαφημίσουν τις υπηρεσίες που προσφέρουν. Τέλος, το πιο απλό σενάριο υποβοηθούμενης μεθόδου είναι αυτό που βασίζεται στην έννοια του «home network», του οικείου δικτύου, που παρέχει πληροφορία για το τερματικό στα διαθέσιμα δίκτυα χρησιμοποιώντας το UDP πρωτόκολλο σηματοδοσίας ανάμεσα στο τερματικό και το δίκτυο [7]. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του τερματικού και του «home network» μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μοντέλο client-server, με το τερματικό να δρα ως πελάτης και να κάνει αιτήματα και αναφορές και το δίκτυο να δρα ως ο server και να δίνει απαντήσεις και ειδοποιήσεις.

Η παρακολούθηση διενεργείται ανα τακτά χρονικά διαστήματα και έχει να κάνει με την συλλογή πληροφοριών για την δεδομένη σύνδεση. Οι παράμετροι που μετρώνται είναι η ισχύς του σήματος που δέχεται η συσκευή (σε dBm) και το επίπεδο θορύβου (σε dBm) καθώς και ο ρυθμός λήψης δεδομένων, το «bit rate» (σε Kbps) και το ο ρυθμός λαθών (σε Kbps). Όταν όλη η απαραίτητη πληροφορία έχει συλλεχθεί, τότε οι τιμές των παραμέτρων που παρακολουθούνται, συγκρίνονται με μία ομάδα από προκαθορισμένα «thresholds» ή «κατώφλια». Στην περίπτωση που παρατηρηθούν παρεκκλίσεις και εάν η αναδιάρθρωση κριθεί ως απαραίτητη, η οντότητα του «Negotiation and Selection» καλείται να επανεκτιμήσει την ποιότητα του συγκεκριμένου RAT. Επίσης με βάση την πληροφορία που ανασύρεται από την διαδικασία του «discovery» εκτιμάται

το «κόστος αναδιάρθρωσης» ή «reconfiguration cost»για κάθε RAT κάθε διαθέσιμου δικτύου. Το κόστος αναδιάρθρωσης για ένα συγκεκριμένο RAT είναι μία συνάρτηση του μεγέθους των οντοτήτων λογισμικού που πρέπει να «κατέβουν» και να εγκατασταθούν στο κινητό τηλέφωνο για να γίνει η μεταπομπή στο νέο RAT, της υπολογιστικής ισχύς και του χρόνου που απαιτείται για την τελική υλοποίηση της αναδιάρθρωσης. Η οντότητα του «Monitoring and Discovery» διενεργεί επίσης μία επιλογή στη λίστα των διαθέσιμων δικτύων που βασίζεται στους πόρους που απαιτούνται για την αναδιάρθρωση. Αυτή η επιλογή παρέχει μία ομάδα διαθέσιμων δικτύων με τα οποία μπορεί να διαπραγματευτεί η οντότητα του «Negotiation and Selection».

7.8 Negotiation and Selection

[20] Η οντότητα του «Negotiation and Selection» είναι υπεύθυνη για την ανταλλαγή προσφορών με τα διαθέσιμα δίκτυα και την επιλογή του πιο κατάλληλου από άποψη κόστους σε συνδυασμό με το επίπεδο ποιότητας. Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφεί αρχικά η διαδικασία της διαπραγμάτευσης που χρησιμοποιείται και στην συνέχεια η διαδικασία της επιλογής του καταλληλότερου RAT.

7.8.1 Negotiation

[3]Σε γενικές γραμμές η διαπραγμάτευση είναι η αλληλεπίδραση δύο ή περισσότερων μερών για την κατάληξη σε μία απόφαση. Η διαπραγμάτευση υπήρξε αντικείμενο μελέτης στις οικονομικές επιστήμες για δεκαετίες και σήμερα βρίσκει εφαρμογές σε διάφορους τομείς, ένας από αυτούς τους τομείς είναι ο τομέας του «ηλεκτρονικού επιχειρήν» ή «e-business». Η δημιουργία της διαπραγμάτευσης και πιο συγκεκριμένα η ανάπτυξη μηχανισμών για αυτοματοποίηση της διαδικασίας της διαπραγμάτευσης έχει γίνει αντικείμενο μελέτης [21].

Η πλατφόρμα που αναπτύσσεται έχει βασιστεί σε διάφορους μηχανισμούς αυτόματης διαπραγμάτευσης ανάμεσα στα τερματικά και σε διάφορα διαθέσιμα RAT. Για να καταστεί το παραπάνω πραγματικότητα, δύο κυρίως θέματα μελετήθηκαν. Το πρώτο είναι το πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης, το οποίο καθορίζει την πληροφορία που ανταλλάσσεται ανάμεσα στις οντότητες που αλληλεπιδρούν και θέτει κανόνες για την διαπραγμάτευση.

Ένα δεύτερο θέμα που πρέπει να μελετηθεί είναι η στρατηγική διαπραγμάτευσης, για παράδειγμα το μοντέλο με τη χρήση του οποίου τα διαπραγματευόμενα μέλη καταλήγουν στην προσαρμογή (αυξομείωση) των προσφορών [21].

Όπως προαναφέρθηκε, για την λειτουργία της διαπραγμάτευσης, μπορούν να ακολουθηθούν διάφορα σενάρια που βασίζονται σε κάποια πρωτόκολλα. Το πιο απλό σενάριο είναι αυτό που ακολουθεί το μοντέλο της δημοπρασίας που ονομάζεται «first-price sealed». Σε αυτό το σενάριο, όλα τα δίκτυα κάνουν τις προσφορές τους ταυτόχρονα και έπειτα επιλέγεται η καλύτερη προσφορά (σε όρους κόστους και αντίστοιχου επιπέδου ποιότητας). Το προτεινόμενο κόστος που τελικά επιλέγεται είναι αυτό που θεωρείται συμφωνηθέν και αποθηκεύεται στο «solution profile».

Το επόμενο σενάριο που έχει υλοποιηθεί στην πλατφόρμα είναι αυτό που ακολουθεί το μοντέλο της δημοπρασίας που ονομάζεται «reversed dutch». Σε αυτό το μοντέλο η οντότητα N&S αυξάνει συνεχώς την προσφορά της στα δίκτυα μέχρι που τελικά είτε κάποιο δίκτυο δεχτεί την προσφορά για τη συγκεκριμένη υπηρεσία και το συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας είτε ο κύκλος των επαναλήψεων ολοκληρωθεί και τελικά επιλεχθεί η προηγούμενη τιμή. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των επαναλήψεων και η αύξηση των προσφορών σε αυτό το μοντέλο πρέπει να είναι σχετικά μικρός λόγο του επιπλέον φόρτου που εισάγει στο δίκτυο με την σηματοδοσία (το «signaling»), λόγω των πόρων που καταναλώνονται κατά την διαδικασία και λόγω του χρόνου (πολύ σύντομος) που πρέπει να ολοκληρωθεί η διαδικασία της αναδιάρθρωσης και της μεταπομπής στο νέο RAT έτσι ώστε όλη η διαδικασία να είναι διαφανής προς τον χρήστη. Οι ίδιοι περιορισμοί ισχύουν και για το επόμενο πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης το «English».

Το τρίτο, λοιπόν, σενάριο που υλοποιείται είναι αυτό που ακολουθεί το μοντέλο διαπραγμάτευσης με την ονομασία «English» ή «Procurement» (προμήθεια). Σε αυτό το μοντέλο τα δίκτυα κάνουν τις προσφορές τους και στη συνέχεια τους ζητείται να τις μειώσουν διαδοχικά σε κάθε ένα κύκλο διαπραγμάτευσης έως ότου να καταλήξουν στην τελική τιμή που μπορούν να προσφέρουν ή έως ότου τελειώσει η διαπραγμάτευση και οι

επαναλήψεις αυτής και παρθεί ως λύση η τελευταία τιμή που δέχτηκε το κινητό τερματικό.

Και των δύο τελευταίων μοντέλων προηγείται ένα στάδιο στο οποίο τα δίκτυα στέλνουν τις αρχικές προσφορές τους. Αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως από το μοντέλο «Dutch» για τον σχηματισμό των προσφορών των τερματικών. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι για να αποφασιστεί η κατώτερη δυνατή τιμή μείωσης του κόστους από το δίκτυο εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος που βασίζεται σε μία εκθετική συνάρτηση με παράμετρο το φόρτο του δικτύου εκείνη την στιγμή. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του «load» εκείνη τη στιγμή τόσο μικρότερη είναι η δυνατή μείωση. Αφού, λοιπόν αποφασιστεί η κατώτερη δυνατή τιμή, τότε για το μεν «Dutch» μοντέλο χρησιμεύει έτσι ώστε να ορισθεί το κατώφλι πάνω από το οποίο θα δέχεται προσφορές και για το δεν «English» μοντέλο χρησιμεύει έτσι ώστε να ορισθεί το κατώφλι κάτω από το οποίο δεν θα μπορεί να μειώσει άλλο την προσφορά του. Ο αλγόριθμος που περιγράφεται σε αυτή την ενότητα υλοποιείται στην οντότητα του RCM που παρουσιάστηκε παραπάνω. Ουσιαστικά δεν αποτελεί μέρος της πλατφόρμας αλλά αποτελεί μέρος της πλευράς του δικτύου. Παρόλα αυτά υλοποιήθηκε για να δώσει την δυνατότητα στην πλατφόρμα να λειτουργεί καλύτερα και για να μπορούν να υλοποιηθεί το «Negotiation».

7.8.2 Ανταλλαγή πληροφορίας

[20] Αυτή η οντότητα περιγράφει την διαδικασία ανταλλαγής της πληροφορίας ανάμεσα στο τερματικό και στην πλευρά του δικτύου. Εκτός από την διαδικασία της επικοινωνίας για την σύνταξη των προσφορών το δίκτυο μπορεί να επικοινωνήσει με την οντότητα του N&S και για να «διατάξει» μέσω αυτής το τερματικό να εκκινήσει τη διαδικασία αναδιάρθρωσης. Παρακάτω θα παρουσιαστούν δύο περιπτώσεις επικοινωνίας του τερματικού και του δικτύου, η πρώτη είναι αυτή που γίνεται κατά την διαδικασία του «Terminal Initiated Reconfiguration» ή της «Αναδιάρθωσης που εκκινείται από το τερματικό», η δεύτερη είναι αυτή που γίνεται κατά την διαδικασία του «Network Initiated Reconfiguration» ή της «Αναδιάρθρωση που εκκινείται από το δίκτυο». Αυτή τη στιγμή στην πλατφόρμα που προτείνεται έχει υλοποιηθεί μόνο η πρώτη περίπτωση επικοινωνίας και όχι η αναδιάρθωση που εκκινείται από το δίκτυο.

7.8.2.1 Από το τερματικό εκκινούμενη αναδιάρθρωση

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγραφεί ουσιαστικά η επικοινωνία που βασίζεται στο πρώτο μοντέλο διαπραγμάτευσης και ταυτόχρονα είναι η διαδικασία αρχικοποίησης για τα δύο άλλα μοντέλα. Το τερματικό, αφού έχει αποφασίσει ότι επιθυμεί να εκκινήσει διαδικασία αναδιάρθρωσης, κάνει μία αίτηση για να πάρει προσφορές από όλα τα διαθέσιμα δίκτυα της περιοχής. Στη συνέχει τα δίκτυα επιστρέφουν τις προσφορές τους στο τερματικό. Η πληροφορία που επιστρέφεται περιέχει τις υπηρεσίες που προσφέρει κάθε ένα RAT αυτών των δικτύων, τα επίπεδα ποιότητας στα οποία προσφέρεται αυτή η υπηρεσία και το αντίστοιχο κόστος. Όταν το κινητό λάβει τις προσφορές τις αξιολογεί μέσω της διαδικασίας της επιλογής. Επίσης για μία υλοποίηση σε πραγματικό περιβάλλον το τερματικό θα πρέπει να απαντά στο δίκτυο για το αν έχει δεχτεί ή όχι μία προσφορά. Ακόμα θα πρέπει να αποστέλλει και κάποιες πληροφορίες σχετικές με τις προτιμήσεις του χρήστη για συγκεκριμένες υπηρεσίες ώστε να το βοηθά στη βελτίωση της προσφοράς του.

7.8.2.2 Από το δίκτυο εκκινούμενη αναδιάρθρωση

Η διαδικασία της αναδιάρθρωσης μπορεί να εκκινείται και από την πλευρά του δικτύου. Σε επείγουσες καταστάσεις, όπως της γενικής υποβάθμισης, degradation, του δικτύου, το κινητό θα πρέπει να είναι δυνατό να «διατάσσεται» να κάνει reconfiguration. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα διαχείρισης του δικτύου ενημερώνει το τερματικό για το πιο δίκτυο θα πρέπει να χρησιμοποιήσει. Εναλλακτικά, μπορεί να παρέχει στο τερματικό μία λίστα από τα προτιμώμενα δίκτυα και η τελική απόφαση να παίρνεται από το τερματικό. Από εκεί και μετά η διαδικασία είναι όμοια με αυτή της ενότητας 7.8.2.1

7.8.3 Αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν τα τρία μοντέλα για negotiation

7.8.3.1 First-price sealed

- Βήμα 0: Ζητείται από το RCM κάθε δικτύου να επιστρέψει τις προσφορές του για κάθε RAT που έχει στην κατοχή του και κάθε υπηρεσία που προσφέρει αυτό.

- Βήμα 1: Οι τιμές συλλέγονται από το κινητό και η διαδικασία φτάνει στο τέλος της.

7.8.3.2 Dutch

- Βήμα 0: Ζητείται από το RCM κάθε δικτύου να επιστρέψει τις προσφορές του για κάθε RAT που έχει στην κατοχή του και κάθε υπηρεσία που προσφέρει αυτό.
- Βήμα 1: Οι τιμές συλλέγονται από το κινητό. Το κινητό διαπιστώνει ποιες υπηρεσίες παρέχουν δίκτυα/RATs της περιοχής σε τι επίπεδα ποιότητας και ποια κόστη. Ανάλογα με το κόστος που προτείνει κάθε δίκτυο η αντιπρόταση του κινητού υπολογίζεται. Για να μην ζητάει το κινητό από το δίκτυο να μειώσει πάρα πολύ την προσφορά του με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί καλύτερη τιμή κατά το negotiation ή η καλύτερη τιμή να προκύψει μετά από πολλές επαναλήψεις, το κινητό λαμβάνει υπόψη του το κόστος που πρότεινε το RAT για την συγκεκριμένη υπηρεσία και το συγκεκριμένο κόστος και εφαρμόζοντας μία συνάρτηση υπολογίζει δυναμικά την τιμή που θα του αντιπροτείνει. Αφού το κάνει αυτό για όλα τα RAT, για όλες τις υπηρεσίες και όλα τα QoS που προσφέρουν τα δίκτυα στέλνει όλες τις πληροφορίες μαζί στα RCM. Ο λόγος που δεν στέλνει μία τιμή τη φορά είναι για να μειωθεί η σηματοδοσία στο δίκτυο.
- Βήμα 2: Οι αντιπροτάσεις συλλέγονται από το δίκτυο και μελετώνται. Με βάση τη συνάρτηση που παίρνει ως μεταβλητή το φόρτο του δικτύου υπολογίζεται το κατώτερο κόστος στο οποίο μπορεί το δίκτυο να προσφέρει μία υπηρεσία. Έπειτα αποφασίζεται αν μπορεί να δεχτεί την τιμή που του προσφέρεται για κάθε υπηρεσία και για κάθε επίπεδο ποιότητας. Εάν η τιμή είναι πάνω από το κατώφλι γίνεται δεκτή αλλιώς όχι. Οι απαντήσεις για όλες τις υπηρεσίες συλλέγονται και τελικά αποστέλλονται όλες μαζί στο τερματικό και όχι μία-μία επίσης για μείωση της σηματοδοσίας.
- Βήμα 3: Το κινητό συλλέγει τις αποφάσεις του δικτύου για κάθε μία προσφορά. Εάν η τιμή που επιστρέφεται για μία προσφορά είναι «true» τότε η διαδικασία του negotiation σταματά στο σημείο αυτό για αυτή την υπηρεσία, σε αυτό το επίπεδο ποιότητας και σε αυτό το

RAT. Το Βήμα 2 επαναλαμβάνεται για όλες τις υπηρεσίες που δεν έχει δεχτεί το δίκτυο.

- Βήμα 4: Η διαδικασία τερματίζεται εφόσον έχουν ολοκληρωθεί όλοι οι προκαθορισμένοι κύκλοι του negotiation ή εφόσον έχει επιστραφεί «true» για όλες τις υπηρεσίες και για όλα τα QoS όλων των RAT. Ο αριθμός των κύκλων του negotiation μπορεί να οριστεί στην πλατφόρμα από το χρήστη.

7.8.3.3 English

- Βήμα 0: Ζητείται από το RCM κάθε δικτύου να επιστρέψει τις προσφορές του για κάθε RAT που έχει στην κατοχή του και κάθε υπηρεσία που προσφέρει αυτό.
- Βήμα 1: Οι τιμές συλλέγονται από το κινητό. Το κινητό διαπιστώνει ποιες υπηρεσίες παρέχουν δίκτυα/RATs της περιοχής σε τι επίπεδα ποιότητας και ποια κόστη. Στη συνέχεια το κινητό δημιουργεί μία αίτηση για μείωση των προσφορών. Αφού το κάνει αυτό για όλα τα RAT, για όλες τις υπηρεσίες και όλα τα QoS που προσφέρουν τα δίκτυα στέλνει όλες τις πληροφορίες μαζί στα RCM. Ο λόγος που δεν στέλνει μία τιμή τη φορά είναι για να μειωθεί η σηματοδοσία στο δίκτυο.
- Βήμα 2: Το δίκτυο συλλέγει και μελετά τις αιτήσεις για μείωση των προσφορών του. Με βάση τη συνάρτηση που παίρνει ως μεταβλητή το φόρτο του δικτύου υπολογίζεται το κατώτερο κόστος στο οποίο μπορεί το δίκτυο να προσφέρει μία υπηρεσία. Έπειτα υπολογίζονται οι τιμές για τις βελτιωμένες προσφορές για όλα τα δίκτυα και για όλες τις υπηρεσίες και τα QoS. Η διαδικασία που γίνεται αυτό είναι η ακόλουθη: Το δίκτυο μειώνει την προσφορά του κατά ένα ποσοστό ανάλογα με τον κύκλο στον οποίο βρίσκεται το negotiation. Δηλαδή μειώνει σταδιακά την τιμή του κατά ένα μικρό ποσοστό έως ότου στο τέλος να καταλήξει σε μία τιμή κοντά στο κάτω όριο ή ακριβώς σε αυτήν. Αυτό το κάνει γιατί είναι πολύ πιθανό το negotiation να ολοκληρωθεί πριν φτάσει στην κατώτερη τιμή που μπορεί να προτείνει και έτσι να έχει μεγαλύτερο κέρδος. Οι νέες προσφορές για

όλες τις υπηρεσίες συλλέγονται και τελικά αποστέλλονται όλες μαζί στο τερματικό και όχι μία-μία επίσης για μείωση της σηματοδοσίας.

- Βήμα 3: Το κινητό συλλέγει τις νέες προσφορές του δικτύου. Εάν η τιμή που επιστρέφεται για μία νέα προσφορά είναι ίδια με την αυτήν που προτάθηκε στο προηγούμενο βήμα τότε αυτό σημαίνει ότι αυτή είναι και η κατώτερη δυνατή τιμή που μπορεί να προσφέρει το δίκτυο την υπηρεσία στο συγκεκριμένο QoS την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η διαδικασία του negotiation σταματά στο σημείο αυτό για αυτή την υπηρεσία, σε αυτό το επίπεδο ποιότητας και για αυτό το RAT. Το Βήμα 2 επαναλαμβάνεται για όλες τις υπηρεσίες που δεν έχει επιτευχθεί η κατώτερη τιμή.
- Βήμα 4: Η διαδικασία τερματίζεται εφόσον έχουν ολοκληρωθεί όλοι οι προκαθορισμένοι κύκλοι του negotiation ή εφόσον έχει επιστραφεί η κατώτερη τιμή για όλες τις υπηρεσίες και για όλα τα QoS όλων των RAT. Ο αριθμός των κύκλων του negotiation μπορεί να οριστεί στην πλατφόρμα από το χρήστη.

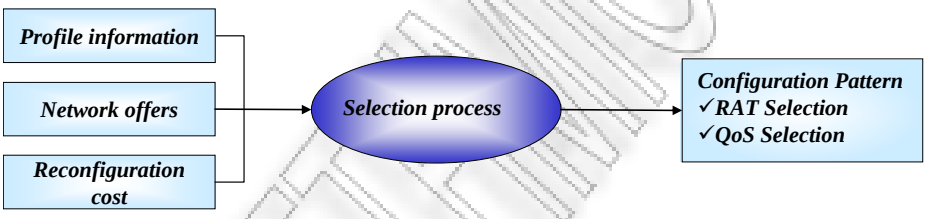
7.8.4 Selection

7.8.4.1 Συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος

[20] Μετά την διαδικασία της διαπραγμάτευσης ακολουθεί η διαδικασία της επιλογής που στην ουσία αποτελεί ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης. Η λύση αυτού του προβλήματος έχει να κάνει με την επιλογή του καταλληλότερου RAT για ένα συγκεκριμένο χρήστη με βάση το επίπεδο ποιότητας σε συνδυασμό με το κόστος που επιθυμεί για κάθε υπηρεσία. Τα δεδομένα του προβλήματος βελτιστοποίησης που τίθεται έχει τα ακόλουθα δεδομένα. (α) το user profile, (β) το terminal profile, (γ) τις προσφορές του δικτύου (δ) το κόστος αναδιάρθρωσης ή «reconfiguration cost» σε ένα νέο RAT. Το profile χρήστη καθορίζει υπηρεσίες και αντίστοιχα επίπεδα ποιότητας. Επίσης καθορίζει το ποσοστό επιθυμίας ή το «utility volume» του χρήστη για μία συγκεκριμένη υπηρεσία και ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας [22]. Το ποσοστό επιθυμίας (ή καλύτερα ποσοστό χρησιμότητας της υπηρεσίας για ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας) του χρήστη χρησιμοποιείται για την προτίμηση του σε κάποια επίπεδα ποιότητας σε σχέση με άλλα. Το profile συσκευής κυρίως δείχνει τις δυνατότητες τις

συσκευής από τεχνολογικής άποψης. Οι προσφορές του δικτύου αποτελούν τα κόστη που προτείνουν τα δίκτυα για τις υπηρεσίες και τα επίπεδα ποιότητας που προτείνουν. Τέλος, το κόστος αναδιάρθρωσης είναι μία συνάρτηση του χρόνου και των πόρων (επεξεργαστική ισχύ, μνήμη κ.α.) που απαιτούνται για την υλοποίηση της αναδιάρθρωσης και της αλλαγής τρόπου λειτουργίας.

Η βελτιστοποίηση πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα τόσο την ανάθεση των υπηρεσιών που ζητούνται σε συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας όσο και την ανάθεση και πάλι των υπηρεσιών σε συγκεκριμένα δίκτυα. Οι αναθέσεις αυτές πρέπει να βελτιστοποιούν μία αντικειμενική συνάρτηση που συσχετίζεται με τα επίπεδα ποιότητας στα οποία διατίθεται μία υπηρεσία και το «utility» που προκύπτει από την επιθυμία του χρήστη να απολαμβάνει όσο το δυνατόν μεγαλύτερα επίπεδα ποιότητας. Το πρόβλημα βελτιστοποίησης παρουσιάζεται σε γενικές γραμμές στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7: Περιγραφή του selection

Οι αναθέσεις πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένους περιορισμούς. Πιο συγκεκριμένα για κάθε υπηρεσία πρέπει να επιλέγεται ένα και μόνο ένα επίπεδο ποιότητας. Επιπλέον, η τιμή που θα επιλεγεί δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να ξεπερνά την τιμή που έχει θέσει ο χρήστης στο profile του ως άνω όριο κόστους. Τέλος η χρήση των πόρων υλικού του τερματικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στην τελική λύση.

7.8.4.2 Λεπτομερής περιγραφή του προβλήματος

7.8.4.2.1Είσοδος

[20] Η είσοδος για την διαδικασία της επιλογής και το αντίστοιχο πρόβλημα βελτιστοποίηση είναι τριών ειδών.

Το πρώτο είδος έχει να κάνει με την πληροφορία για τον χρήστη. Θεωρούμε ότι το σύνολο των υπηρεσιών του χρήστη ως S και το σύνολο των πιθανών επιπέδων ποιότητας ανά υπηρεσία s ως Q_s. Η πληροφορία

του profile του χρήστη περιλαμβάνει πληροφορία για το «utility volume» που προκύπτει από την παροχή μίας υπηρεσίας σε ένα επιτρεπτό επίπεδο ποιότητας, αυτό συμβολίζεται ως $u(s,q)$ όπου $s \in S$, $q \in Q_s$. Το profile περιλαμβάνει επίσης το άνω όριο (το ανώτερο επιτρεπτό κόστος) πάνω από το οποίο ο χρήστης δεν είναι διατεθειμένος να δεχτεί την υπηρεσία, αυτό συμβολίζεται ως $c_{\max}$.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις προσφορές κάθε ενός από τα διαθέσιμα δίκτυα ανά υπηρεσία. Η λίστα των διαθέσιμων δικτύων συμβολίζεται ως CAN. Κάθε δίκτυο net ($net \in CAN$) μπορεί να περιλαμβάνει μία ομάδα από διαφορετικά RATs, RAT_{net}. Κατά το negotiation προτείνεται το κόστος που θα επωμισθεί κάποιος για την χρήση του RAT rat του δικτύου net ($rat \in RAT_{net}$), όταν η υπηρεσία s παρέχεται σε επίπεδο ποιότητας q ($q \in Q_s$), $c_{net}(rat,s,q)$.

Τέλος, η τρίτη κατηγορία αναφέρεται στο «reconfiguration cost» rc(net,rat), για κάθε RAT rat του δικτύου net ($rat \in RAT_{net}$).

7.8.4.2.2Στόχοι

Κατά την διαδικασία του selection υπάρχουν κυρίως δύο στόχοι.

Ο πρώτος είναι να γίνει η ανάθεση των υπηρεσιών σε επίπεδα ποιότητας. Αυτή η ανάθεση μπορεί να περιγραφεί ως $A_{QL} = \{q_s \ (q_s \in Q_s) | \ \forall s \in S\}$. Κάθε συστατικό της κατανομής q_s ($q_s \in Q_s$) είναι το επίπεδο ποιότητας στο οποίο η υπηρεσία s πρέπει να παρέχεται στο χρήστη.

Ο δεύτερος είναι να υπολογιστεί η ανάθεση των υπηρεσιών σε ένα συγκεκριμένο RAT και δίκτυο $A_{NP} = \{net, rat | net \in CAN, rat \in RAT_{net}\}$. Κάθε διπλό στοιχείο της κατανομής net, rat περιγράφει το RAT του δικτύου, μέσω του οποίου ο χρήστης θα μπορεί να έχει πρόσβαση στις συγκεκριμένες υπηρεσίες και των συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας της ανάθεσης A_{QL}. Οι αναθέσεις πρέπει να βελτιστοποιούν μία αντικειμενική συνάρτηση $OF_s(A_{QL}, A_{NP})$ που συσχετίζεται με τα «utility» που προκύπτουν

από την ανάθεση A_{QL} και τα κόστη που προκύπτουν από τις αναθέσεις A_{QL} και A_{NP}.

7.8.4.2.3Περιορισμοί

Οι αναθέσεις A_{QL} και A_{NP} πρέπει να ικανοποιούν μία ομάδα περιορισμών. Η ανάθεση A_{QL} πρέπει να αναθέτει όλες τις υπηρεσίες (assigned) σε επιτρεπτά επίπεδα ποιότητας. Και οι αναθέσεις A_{QL} και A_{NP} πρέπει να εγγυώνται ότι το κόστος ανά υπηρεσία δεν θα ξεπεράσει την προκαθορισμένη τιμή $c_{\max}$, που καθορίζει το μέγιστο κόστος που ο χρήστης θέλει να πληρώσει για την χρήση της υπηρεσίας.

7.8.4.3 Μαθηματική περιγραφή της διαδικασίας του selection [20]

Αυτή η ενότητα έχει να κάνει με την μαθηματική περιγραφή του προβλήματος βελτιστοποίησης που καλείται να επιλύσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η οντότητα του selection.

Οι μεταβλητές $x_s(q)$ $(\forall q \in Q_s)$ εισάγονται με στόχο να περιγράψει την ανάθεση A_{QL}. Μία μεταβλητή $x_s(q)$ παίρνει την τιμή 1 σε περίπτωση που η υπηρεσία s θα παρέχεται στο επίπεδο ποιότητας q. Διαφορετικά η μεταβλητή $x_s(q)$ παίρνει την τιμή 0. Η μαθηματική περιγραφή του προβλήματος είναι η ακόλουθη:

Η αντικειμενική συνάρτηση

$$OF_s(A_{QL}, A_{NP}) = \sum_{s\in S}\sum_{q\in Q_s} x_s(q)\cdot u(s,q) - \sum_{s\in S}\sum_{q\in Q_s} x_s(q)\cdot \sum_{net\in CAN}\sum_{rat\in RAT_{net}} \left(c_{net}(rat,s,q) - rc(net,rat)\right)$$

(1)

Πρέπει να μεγιστοποιηθεί έτσι ώστε:

$$\sum_{q\in Q_s} x_s(q) = 1 \qquad \forall s \in S \quad (2)$$

$$\sum_{s\in S}\sum_{q\in Q_s} x_s(q)\cdot \sum_{net\in CAN}\sum_{rat\in RAT_{net}} c_{net}(rat,s,q) \le c_{\max} \quad \forall s \in S \quad (3)$$

$$A_{QL} = \left\{q_s = q : q \in Q_s, x_s(q) = 1 \middle| \forall s \in S\right\} \quad (4)$$

$$A_{NP} = \left\{net, rat \middle| net \in CAN, rat \in RAT_{net}\right\} \quad (5)$$

Η σχέση (1) ικανοποιεί τον πρώτο στόχο της ανεύρεσης των αναθέσεων που βελτιστοποιούν την αντικειμενική συνάρτηση που περιγράφουμε. Η σχέση (2) διασφαλίζει ότι κάθε εφαρμογή θα ανατεθεί σε ένα επιτρεπτό επίπεδο ποιότητας. Η σχέση (3) διασφαλίζει ότι το κόστος ανά υπηρεσία δεν ξεπερνά την προκαθορισμένη τιμή.

7.8.4.4 Ο αλγόριθμος της επιλογής της βέλτιστης λύσης

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται συνοπτικά ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται από την πλατφόρμα για την επίλυση του προβλήματος που μελετάται. Η μορφή που θα έχει ο αλγόριθμος εξαρτάται από τους υπολογισμούς για την ανεύρεση της βέλτιστης λύσης για το πρόβλημα τις επιλογής. Εάν το μέγεθος του προβλήματος είναι σχετικά μικρό, αν δηλαδή ο χώρος της λύσης, «solution space» είναι περιορισμένος, μία εξαντλητική αναζήτηση όλων των δυνατών λύσεων μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί. Στην περίπτωση όμως που η ανεύρεση της βέλτιστης λύσης εμπεριέχει ένα μεγάλο αριθμό από υπολογισμούς, τότε απαιτείται ο σχεδιασμός αλγορίθμων που θα παρέχουν όσο το δυνατόν καλύτερες λύσης σε όσο το δυνατόν καλύτερο χρόνο. Γενικά παρέχονται αρκετές μέθοδοι, όπως η αναζήτηση τύπου «taboo» [23] ή οι γενετικοί αλγόριθμοι [24][25]. Στην περίπτωση της πλατφόρμας που υλοποιήθηκε επειδή το «solution space» είναι σχετικά μικρό, η υλοποίηση ενός εξαντλητικού αλγορίθμου είναι δυνατή.

Ο αλγόριθμος μπορεί να διασπαστεί σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση γίνεται η ανάθεση υπηρεσιών σε επίπεδα ποιότητας, στη δεύτερη φάση γίνεται η ανάθεση των υπηρεσιών σε δίκτυα για κάθε μία από τις αναθέσεις τις πρώτης φάσης και στην τρίτη φάση, η λύση με τη μεγαλύτερη αντικειμενική συνάρτηση επιλέγεται.

Ο αλγόριθμος έχει ως εξής:

- *Βήμα 0*: Αρχικοποιούνται τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στα επόμενα βήματα του αλγορίθμου. Τα δεδομένα αυτά είναι (i) οι υπηρεσίες που «τρέχουν» στο τερματικό, (ii) το profile χρήστη (iii) οι προσφορές των διαθέσιμων δικτύων (που αποκτήθηκαν κατά τη διαδικασία του negotiation) και (iv) το reconfiguration cost (που παρέχεται από την οντότητα του M&D).

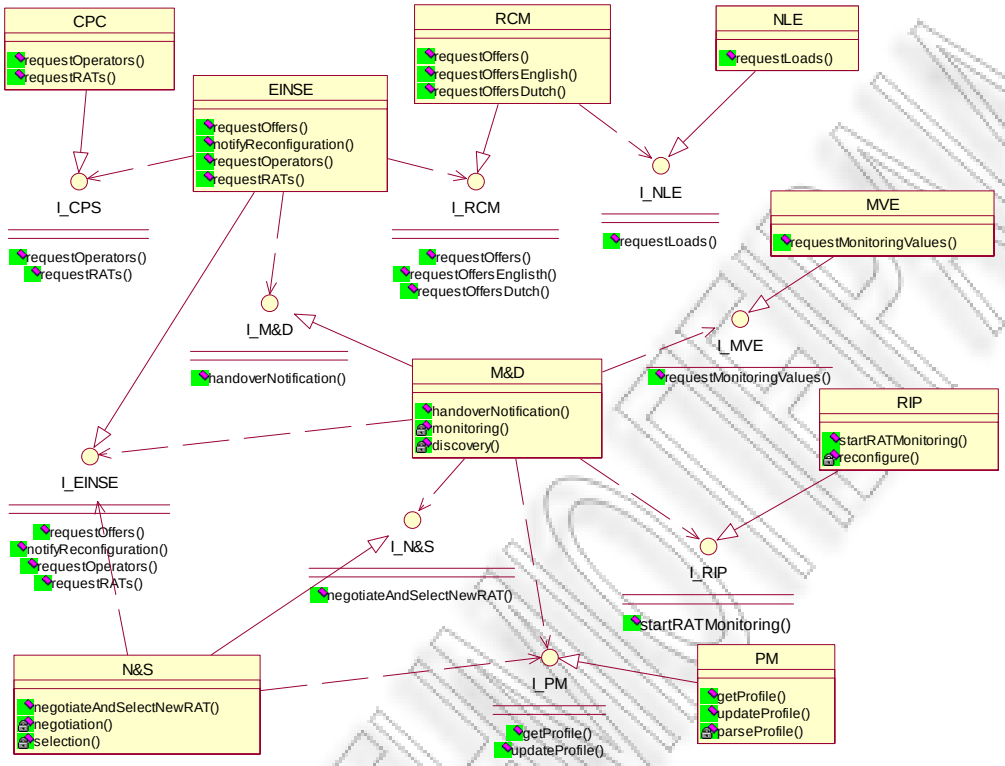
- *Βήμα 1*:Για το σύνολο των υπηρεσιών που τρέχουν μία δεδομένη στιγμή στο τερματικό, δημιουργείται ένα σύνολο από όλες τις δυνατές αναθέσεις. Κάθε μία υπηρεσία πρέπει να ανατίθεται σε συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας ανάλογα με τα δεδομένα του profile.
- *Βήμα 2*:Για κάθε πιθανή ανάθεση που προκύπτει από το βήμα 1, μελετώνται οι προσφορές κόστους των δικτύων. Εάν η ανάθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί τότε η τιμή του κόστους που προκείπτει από την ανάθεση προστίθεται στο αποτέλεσμα της αντικειμενικής συνάρτησης.
- *Βήμα 3*:Επιλέγεται ο συνδυασμός των αναθέσεων σε επίπεδα ποιότητας και των αναθέσεων σε δίκτυα που μεγιστοποιεί την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

8 Περιγραφή του πρωτότυπου και θέματα υλοποίησης της πλατφόρμας

Οι λειτουργίες της πλατφόρμας έχουν περιγραφεί στις προηγούμενες ενότητες. Σε αυτή την ενότητα το ενδιαφέρον θα εστιαστεί κυρίως στην περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος και σε θέματα υλοποίησης. Παρόλα αυτά είναι σημαντικό να δοθεί μία γενική ιδέα όσον αφορά την διασύνδεση όλων των οντοτήτων στο σύστημα που αναπτύχθηκε και να δοθεί με παραστατικό τρόπο το πώς η πλατφόρμα REMS επικοινωνεί με τις υπόλοιπες οντότητες του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο δίνεται το παρακάτω διάγραμμα κλάσεων του συστήματος.

Αρχικά είναι εύκολο να παρατηρηθεί ότι κάθε ένα στοιχείο του συστήματος αποτελείται από μία διαπροσωπεία. Αυτή η διαπροσωπεία περιέχει τις μεθόδους εκείνες που οι άλλες οντότητες μπορούν να καλέσουν έτσι ώστε να επικοινωνήσουν με την οντότητα. Επίσης είναι πιθανό τα διάφορα στοιχεία του CR περιβάλλοντος που προσομοιώνονται στο σύστημα που μελετάται να υλοποιούν και έναν αριθμό από εσωτερικές μεθόδους που έχουν να κάνουν με εσωτερικές λειτουργίες τους και δεν υλοποιούνται στη διαπροσωπεία. Στην Εικόνα 8 παρατίθεται το διάγραμμα κλάσεων του συστήματος και ποιες οντότητες καλούν ποιες άλλες κατά την λειτουργία

της πλατφόρμας. Η χρονική αλληλουχία των κλήσεων μπορεί να φανεί στην Εικόνα 2 που παρατίθεται σε προηγούμενη ενότητα.

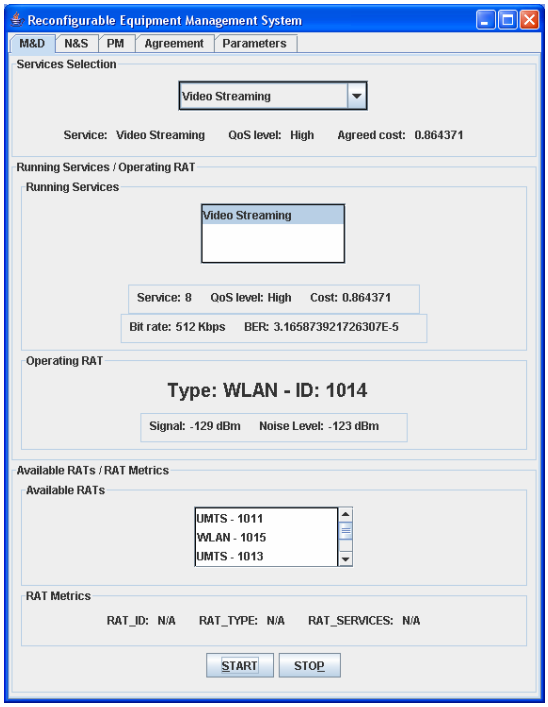


Εικόνα 8:Αρχιτεκτονική της πλατφόρμας

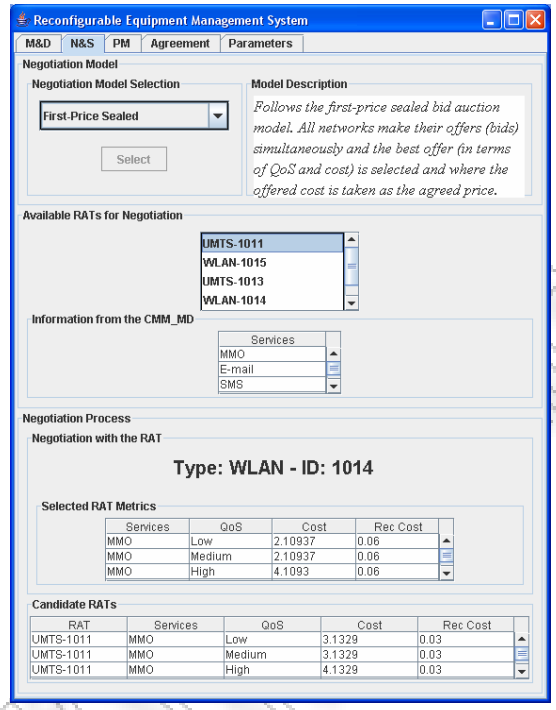
8.1 Περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος της πλατφόρμας REMS

Το γραφικό περιβάλλον της πλατφόρμας του τερματικού αποτελείται από δύο «frame»[2]. Το πρώτο είναι το κύριο που παρέχει το γραφικό περιβάλλον της λειτουργικότητας και το δεύτερο είναι αυτό στο οποίο καταγράφονται οι ενέργειες που λαμβάνουν χώρα κατά την εκτέλεση των λειτουργιών του τερματικού. Επίσης σε αυτό περιέχεται και το «sequence diagram» το οποίο περιγράφει την αλληλουχία των ενεργειών που γίνονται και η επικοινωνία των οντοτήτων του συστήματος.

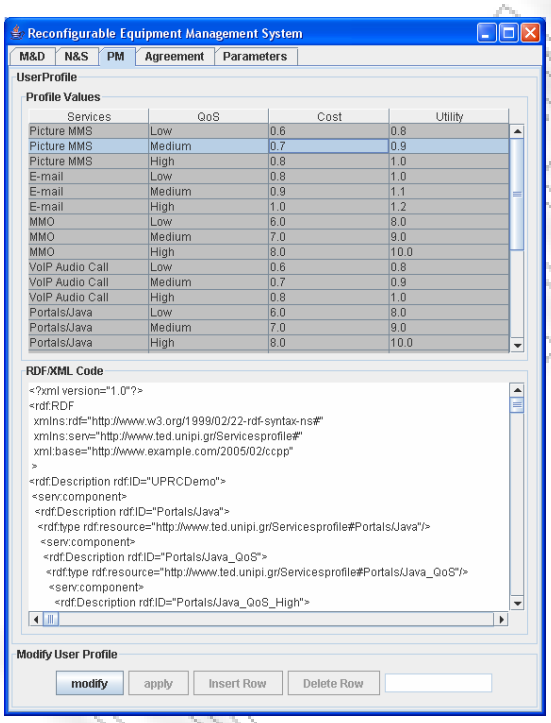
[2] Για την περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος θα χρησιμοποιηθεί η αγγλική ορολογία καθώς είναι ευρέως αποδεκτή και κατανοητή από όλους όσους ασχολούνται με τον προγραμματισμό.


Reconfigurable Equipment Management System
M&D
N&S
PM
Agreement
Parameters
Services Selection
Video Streaming
Service: Video Streaming QoS level: High Agreed cost: 0.864371
Running Services / Operating RAT
Running Services
Video Streaming
Service: 8 QoS level: High Cost: 0.864371
Bit rate: 512 Kbps BER: 3.165873921726307E-5
Operating RAT
Type: WLAN - ID: 1014
Signal: -129 dBm Noise Level: -123 dBm
Available RATs / RAT Metrics
Available RATs
UMTS - 1011
WLAN - 1015
UMTS - 1013
RAT Metrics
RAT_ID: N/A RAT_TYPE: N/A RAT_SERVICES: N/A
START
STOP

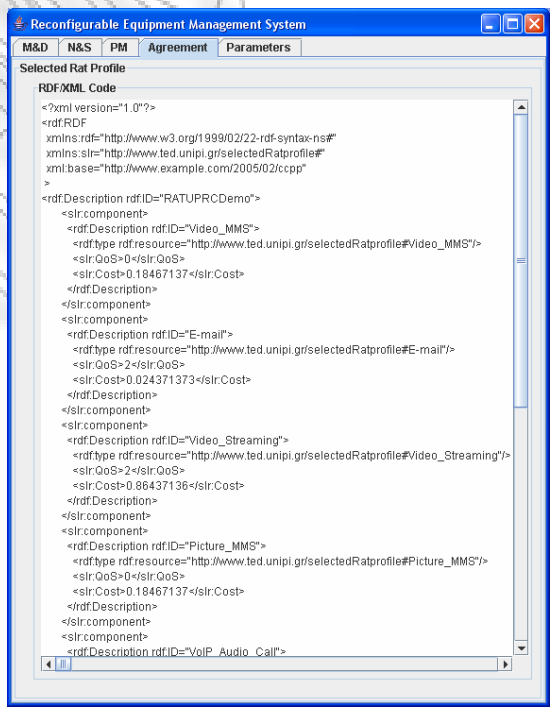
(α)


Reconfigurable Equipment Management System
M&D
N&S
PM
Agreement
Parameters
Negotiation Model
Negotiation Model Selection
First-Price Sealed
Select
Model Description
Follows the first-price sealed bid auction model. All networks make their offers (bids) simultaneously and the best offer (in terms of QoS and cost) is selected and where the offered cost is taken as the agreed price.
Available RATs for Negotiation
UMTS-1011
WLAN-1015
UMTS-1013
WLAN-1014
Information from the CMM_MD
Services
MMO
E-mail
SMS
Negotiation Process
Negotiation with the RAT
Type: WLAN - ID: 1014
Selected RAT Metrics
Services QoS Cost Rec Cost
MMO Low 2.10937 0.06
MMO Medium 2.10937 0.06
MMO High 4.1093 0.06
Candidate RATs
RAT Services QoS Cost Rec Cost
UMTS-1011 MMO Low 3.1329 0.03
UMTS-1011 MMO Medium 3.1329 0.03
UMTS-1011 MMO High 4.1329 0.03

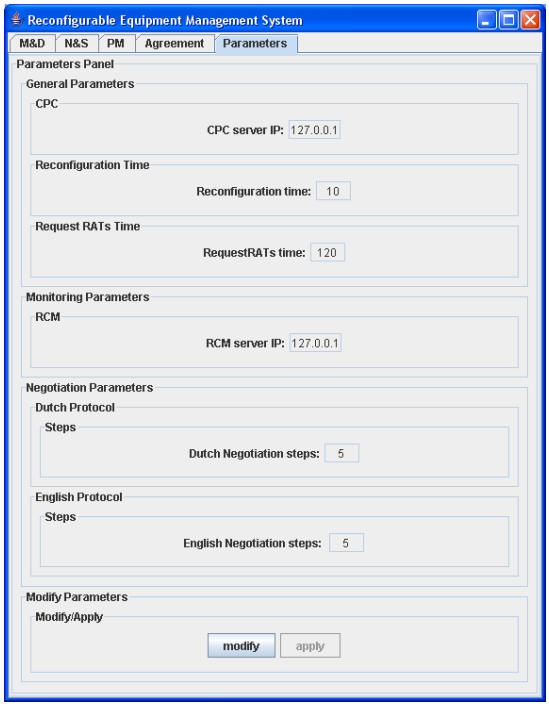
(β)

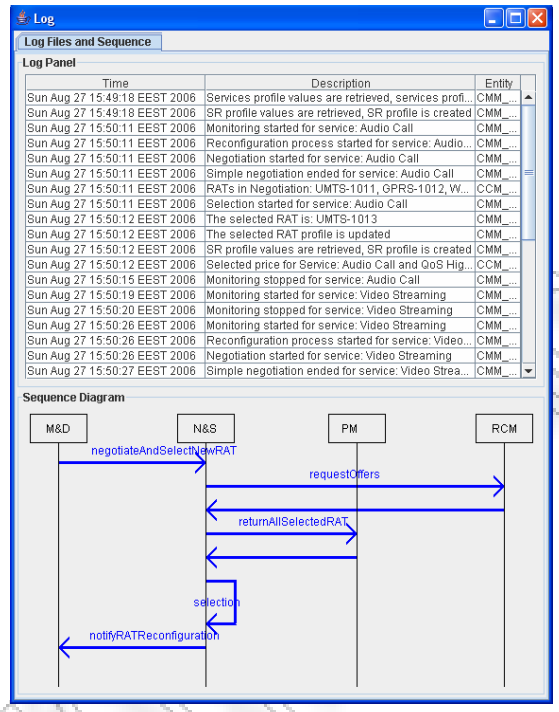

Reconfigurable Equipment Management System
M&D
N&S
PM
Agreement
Parameters
UserProfile
Profile Values
Services QoS Cost Utility
Picture MMS Low 0.6 0.8
Picture MMS Medium 0.7 0.9
Picture MMS High 0.8 1.0
E-mail Low 0.8 1.0
E-mail Medium 0.9 1.1
E-mail High 1.0 1.2
MMO Low 6.0 8.0
MMO Medium 7.0 9.0
MMO High 8.0 10.0
VoIP Audio Call Low 0.6 0.8
VoIP Audio Call Medium 0.7 0.9
VoIP Audio Call High 0.8 1.0
Portals/Java Low 6.0 8.0
Portals/Java Medium 7.0 9.0
Portals/Java High 8.0 10.0
RDF/XML Code
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:serv="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#"
xml:base="http://www.example.com/2005/02/ccpp"
>
<rdf:Description rdf:ID="UPRCDemo">
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Portals/Java"/>
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Portals/Java_QoS"/>
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS_High">
Modify User Profile
modify
apply
Insert Row
Delete Row

(γ)


Reconfigurable Equipment Management System
M&D
N&S
PM
Agreement
Parameters
Selected Rat Profile
RDF/XML Code
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:slr="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#"
xml:base="http://www.example.com/2005/02/ccpp"
>
<rdf:Description rdf:ID="RATUPRCDemo">
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="Video_MMS">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Video_MMS"/>
<slr:QoS>0</slr:QoS>
<slr:Cost>0.18467137</slr:Cost>
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="E-mail">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#E-mail"/>
<slr:QoS>2</slr:QoS>
<slr:Cost>0.024371373</slr:Cost>
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="Video_Streaming">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Video_Streaming"/>
<slr:QoS>2</slr:QoS>
<slr:Cost>0.86437136</slr:Cost>
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="Picture_MMS">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Picture_MMS"/>
<slr:QoS>0</slr:QoS>
<slr:Cost>0.18467137</slr:Cost>
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="VoIP_Audio_Call">
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="VoIP_Audio_Call">
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Portals/Java"/>
<slr:QoS>0</slr:QoS>
<slr:Cost>0.18467137</slr:Cost>
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/selectedRatprofile#Portals/Java_QoS"/>
<slr:QoS>2</slr:QoS>
<slr:Cost>0.86437136</slr:Cost>
</rdf:Description>
</slr:component>
<slr:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS_High">
</rdf:Description>
</slr:component>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

(δ)





(ε) (στ)

Εικόνα 9: GUI της πλατφόρμας του τερματικού

Αρχικά θα περιγραφεί το πρώτο «Frame», αυτό του REMS.

Η ενότητα (το «tab») του Monitoring and Discovery παρέχει την οπτικοποιημένη εικόνα της ομώνυμης οντότητας. Η ενότητα φαίνεται στην Εικόνα 9α. Αποτελείται από τρία «panel». Το πρώτο «panel» που ονομάζεται «Services Selection» παρουσιάζει τα δεδομένα που ανασύρονται από το user profile. Παρουσιάζονται οι υπηρεσίες που επιθυμεί να έχει ο χρήστης στο profile του και την τιμή στην οποία μπορεί να έχει αυτή την υπηρεσία καθώς και το αντίστοιχο κόστος σε περίπτωση που εκκινήσει την υπηρεσία αυτή στο RAT που λειτουργεί το κινητό εκείνη τη στιγμή. Σε περίπτωση που το «operating rat» δεν υποστηρίζει τη συγκεκριμένη υπηρεσία τότε στα πεδία «QoS» και «Agreed Cost» υπάρχει η τιμή -1. Οι υπηρεσίες που περιέχονται στο «user profile» που δημιουργήθηκε για την συγκεκριμένη πλατφόρμα είναι οι ακόλουθες: Video Streaming, Audio Call, VoIP Audio Call, MMO (Massive Multiplayer Online game), E-mail, SMS, Picture MMS, Video MMS και Portals/Java (Portal Applications using Java). Το δεύτερο «panel» ονομάζεται «Running Services/Operating RAT» και παρουσιάζει πληροφορία για τις υπηρεσίες που τρέχουν τη στιγμή εκείνη στο κινητό καθώς επίσης και για το RAT στο οποίο λειτουργεί τη στιγμή αυτή το κινητό, το «operating rat». Πιο

συγκεκριμένα παρουσιάζεται το όνομα της κάθε υπηρεσίας, το επίπεδο ποιότητας στο οποίο έχει αποφασιστεί να λειτουργεί και το αντίστοιχο κόστος. Επίσης παρουσιάζεται ο ρυθμός αποστολής των δεδομένων, ο ρυθμός λαθών, η δύναμη του σήματος και ο θόρυβος που υπάρχει στο κανάλι κάθε στιγμή. Ακόμα φαίνεται το «id» του RAT καθώς και η ονομασία αυτού. Το τρίτο «panel» που ονομάζεται «Available RATs/ RAT Metrics» παρουσιάζει τα RAT που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην περιοχή και έχουν προκύψει από την διαδικασία του Discovery.

Ένα σύνθετο B3G περιβάλλον στα πλαίσια της ανάπτυξης της πλατφόρμας θεωρείται ότι αποτελείται από τρία είδη τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης GPRS, UMTS και WLAN και τέσσερα δίκτυα. Κάθε δίκτυο μπορεί να έχει περισσότερα του ενός RAT ενός συγκεκριμένου τύπου. Για παράδειγμα μπορεί να έχει δύο UMTS ή δύο WLAN ή δύο GPRS. Το τερματικό λειτουργεί σε ένα από αυτά τα RAT. Σε περίπτωση που εκκινηθεί μία νέα υπηρεσία και ένα reconfiguration κριθεί απαραίτητο, τότε γίνονται όλες οι λειτουργίες που έχουν περιγραφεί στις προηγούμενες ενότητες και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην ενότητα «Negotiation and Selection» του γραφικού περιβάλλοντος.

Η ενότητα (το «tab») «Negotiation and Selection» αποτελεί την οπτικοποιημένη μορφή της αντίστοιχης οντότητας της πλατφόρμας. Το «N&S» GUI φαίνεται στην εικόνα Εικόνα 9β. Η ενότητα αποτελείται από τρία «panel». Το πρώτο, που ονομάζεται «Negotiation Model» δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει το επιθυμητό πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης με τα δίκτυα. Επίσης παρέχεται και μία μικρή περιγραφή του κάθε μοντέλου. Τα διαθέσιμα πρωτόκολλα είναι το «First-price sealed», το «English» και το «Dutch». Το επόμενο «panel», που ονομάζεται «Available Rats for Negotiation», παρουσιάζει όλη την πληροφορία που προκύπτει από την ενότητα «M&D» και αφορά τα διαθέσιμα δίκτυα στην περιοχή και τις υπηρεσίες που προσφέρουν αυτά. Τέλος, στο «panel» «Negotiation Process» παρουσιάζονται οι προσφορές τόσο των υποψήφιων κατά τη διαδικασία του «selection» RATs όσο και οι προσφορές του RAT που έχει επιλεγεί. Οι πρώτες προσφορές είναι η ενότητα με τίτλο «Candidate RATs» ενώ οι δεύτερες είναι αυτές με τίτλο «Selected RAT metrics».

Αφού ολοκληρωθεί η λειτουργία της οντότητας του «N&S» τότε πρέπει να ενημερωθεί το profile που περιέχει τη συμφωνία με το δίκτυο το «solution profile». Η οντότητα που διαχειρίζεται τόσο αυτό το profile όσο και το profile χρήστη, το «user profile» είναι αυτή με τίτλο «profile management» και στο γραφικό περιβάλλον της πλατφόρμας αντιστοιχίζεται σε δύο ενότητες, «tabs», η πρώτη είναι αυτή του «PM» και η δεύτερη είναι αυτή του «Agreement».

Το «tab» «PM» αποτελείται από δύο «panel», Εικόνα 9γ. Το πρώτο «panel» δίνει συνοπτικά τα περιεχόμενα του «user profile» ομαδοποιημένα ανά υπηρεσία και ανά επίπεδο ποιότητας. Άρα λοιπόν για κάθε υπηρεσία και για κάθε επίπεδο ποιότητας αυτής παρουσιάζεται το μέγιστο κόστος που ορίζει ο χρήστης όσο και το πόσο πολύ θέλει να χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας σε σχέση με τα δύο άλλα της υπηρεσίας (εφόσον είναι διαθέσιμα από το RAT), το «utility volume». Στο δεύτερο «panel» παρουσιάζεται το πραγματικό profile χρήστη που βρίσκεται αποθηκευμένο στην πλατφόρμα. Η δομή του είναι αυτή που έχει περιγραφεί στην ενότητα 7.6.2 και όπως διακρίνεται εύκολα έχει συνταχτεί σύμφωνα με την RDF/XML γλώσσα του W3C. Επίσης στο κάτω μέρος του «panel» διακρίνονται τα «buttons» «modify», «apply», «insert row» και «delete row». Με τη χρήση αυτών των κουμπιών ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει το profile του ανάλογα με τις προτιμήσεις του. Οι δυνατές λειτουργίες είναι να αλλάξει τις τιμές του «utility» και του μέγιστου κόστους. Να προσθέσει μία υπηρεσία με αναγκαστικά τρία επίπεδα ποιότητας ή να διαγράψει μία υπηρεσία, δηλαδή και τα τρία επίπεδα ποιότητας αυτής. Αυτές οι αλλαγές με την επιλογή του πλήκτρου «apply» αποτυπώνονται στο profile, καθώς αυτό έχει τη δυνατότητα να ενημερώνεται δυναμικά.

Το «tab» «Agreement» περιέχει σε οπτικοποιημένη μορφή το «solution profile», Εικόνα 9δ. Αποτελείται μόνο από ένα «panel» που το περιέχει. Το profile αυτό έχει τη δυνατότητα να ενημερώνεται αυτόματα κάθε φορά που μία νέα συμφωνία με κάποιο δίκτυο έχει προκύψει και αντιστοιχεί στο δίκτυο στο οποίο λειτουργεί εκείνη τη στιγμή το τερματικό. Οι υπόλοιπες επιλογές του δικτύου που δεν έγιναν δεκτές μπορούν να φανούν στο «tab» «N&S» και στο «panel» «Selected Rat Metrics».

Το τερματικό χρειάζεται να γνωρίζει κάποιες παραμέτρους που αφορούν τη λειτουργία του. Για να είναι η πλατφόρμα πιο ευέλικτη και να είναι δυνατό να αλλαχθούν δυναμικά οι παράμετροι έχει σχεδιαστεί μία επιπλέον ενότητα στο REMS, αυτή με το όνομα «Parameters».

Το «tab» «Parameters» δίνει την δυνατότητα δυναμικής αλλαγής μίας σειράς από παραμέτρους, Εικόνα 9ε. Η ενότητα αυτή αποτελείται από τέσσερα «panels». Το πρώτο ονομάζεται «General Parameters». Σε αυτό, ως πρώτη παράμετρος, υπάρχει το IP του server με τον οποίο πρέπει να μιλήσει η πλατφόρμα για να βρει τα διαθέσιμα δίκτυα στην περιοχή κατά την έναρξη λειτουργίας της πλατφόρμας. Ο server αυτός είναι η προσομοίωση του CPC. Η δεύτερη παράμετρος είναι ο χρόνος «κλειδώματος» της πλατφόρμας όσον αφορά το reconfiguration. Όταν η πλατφόρμα κάνει reconfiguration κλειδώνεται για ένα χρονικό διάστημα. Σε περίπτωση που σε αυτό το διάστημα πέσει το επίπεδο στο οποίο προσφέρεται η υπηρεσία δεν γίνεται reconfiguration αλλά συνεχίζεται η λειτουργία της πλατφόρμας. Η ρύθμιση αυτή είναι απαραίτητη έτσι ώστε να μην υπάρχουν συχνές μεταπομπές, κάτι που συμαίνει πολύ φόρτο στο δίκτυο και μεγάλη κατανάλωση πόρων. Η τρίτη παράμετρος είναι αυτή του χρόνου μετά τον οποίο διενεργείται εκ νέου discovery. Όπως έχει αναφερθεί στις απαιτήσεις της πλατφόρμας, το τερματικό θα πρέπει να διενεργεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα έναν έλεγχο στο περιβάλλον έτσι ώστε να διαπιστώνει ποια είναι τα διαθέσιμα δίκτυα. Η περίοδος που συμβαίνει αυτό αποθηκεύεται σε αυτή την παράμετρο και μπορεί να αλλάξει από το χρήστη. Το δεύτερο «panel» ονομάζεται «Monitoring Parameters». Σε αυτό το «panel» παρουσιάζεται η πληροφορία που προκύπτει από την οντότητα του M&D και αφορά την IP των παρόχων RAT που υπάρχουν στην περιοχή. Ο server αυτός είναι ο RCM και όπως έχει προαναφερθεί είναι υπεύθυνος για την αποστολή των προσφορών του δικτύου κατά το «negotiation». Το τρίτο «panel» είναι αυτό με τίτλο «Negotiation Parameters». Σε αυτό είναι αποθηκευμένες οι τιμές που είναι απαραίτητες για το «negotiation». Η πρώτη παράμετρος του «panel» είναι αυτή που ορίζει τους κύκλους του πρωτοκόλλου «Dutch» ενώ η δεύτερη είναι αυτή που ορίζει τους κύκλους του «English». Στο τέταρτο «panel»

υπάρχουν τα απαραίτητα κουμπιά για το «κλείδωμα» και το «ξεκλείδωμα» των παραμέτρων.

Στη συνέχεια θα περιγραφεί το δεύτερο «Frame», αυτό με τίτλο «Log».

Το συγκεκριμένο «frame» δημιουργήθηκε έτσι ώστε να οπτικοποιηθεί η αλληλουχία των ενεργειών που συμβαίνουν στην πλατφόρμα REMS, Εικόνα 9στ. Το «Log» αποτελείται από δύο «panel». Το πρώτο με την ονομασία «Log Panel» είναι αυτό στο οποίο παρουσιάζονται σειριακά οι λειτουργίες της πλατφόρμας. Κάθε φορά που συμβαίνει κάτι στην πλατφόρμα παρουσιάζεται σε αυτό το «panel». Η πληροφορία παρουσιάζεται σε έναν πίνακα η πρώτη στήλη του οποίου είναι ο χρόνος που συνέβη η λειτουργία, η δεύτερη είναι μία σύντομη περιγραφή της λειτουργίας και η τρίτη είναι η οντότητα της πλατφόρμας που διενεργεί τη λειτουργία. Σε αυτό τον πίνακα καταγράφονται διάφορα γεγονότα. Ένα τυπικό παράδειγμα της πληροφορίας που παρουσιάζεται είναι το παρακάτω, Εικόνα 10:

Sun Aug 27 14:19:54 EEST 2006	Services profile values are retrieved, services profile is created	CMM_Prof
Sun Aug 27 14:19:54 EEST 2006	SR profile values are retrieved, SR profile is created	CMM_Prof
Sun Aug 27 14:20:02 EEST 2006	Negotiation model has changed, Dutch model is selected	CMM_NS
Sun Aug 27 14:20:20 EEST 2006	The User profile is updated	CMM_Prof
Sun Aug 27 14:22:18 EEST 2006	Monitoring started for service: Video Streaming	CMM_MD
Sun Aug 27 14:22:18 EEST 2006	Reconfiguration process started for service: Video Streaming	CMM_MD
Sun Aug 27 14:22:18 EEST 2006	Negotiation started for service: Video Streaming	CMM_NS
Sun Aug 27 14:22:18 EEST 2006	RATs in Negotiation: UMTS-1011, WLAN-1015, WLAN-1014, GPRS-1012, UMTS-1013	CCM_NS
Sun Aug 27 14:22:19 EEST	Dutch negotiation ended for service: Video Streaming	CMM_NS

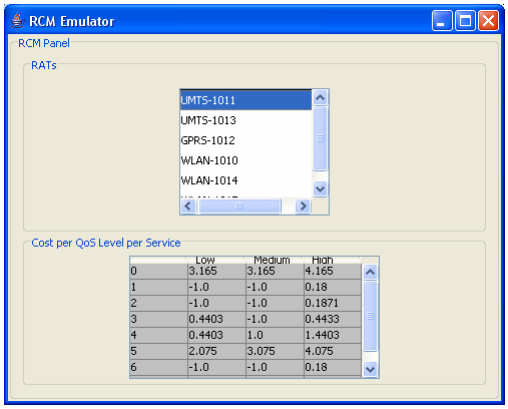
2006		
Sun Aug 27 14:22:19 EEST 2006	Selection started for service: Video Streaming	CMM_NS
Sun Aug 27 14:22:20 EEST 2006	The selected RAT is: UMTS-1013	CMM_NS
Sun Aug 27 14:22:20 EEST 2006	The selected RAT profile is updated	CMM_Prof
Sun Aug 27 14:22:20 EEST 2006	SR profile values are retrieved, SR profile is created	CMM_Prof
Sun Aug 27 14:22:20 EEST 2006	Selected price for Service: Video Streaming and QoS Medium is 0.57578	CCM_NS
Sun Aug 27 14:22:27 EEST 2006	Monitoring stopped for service: Video Streaming	CMM_MD

Εικόνα 10: Log

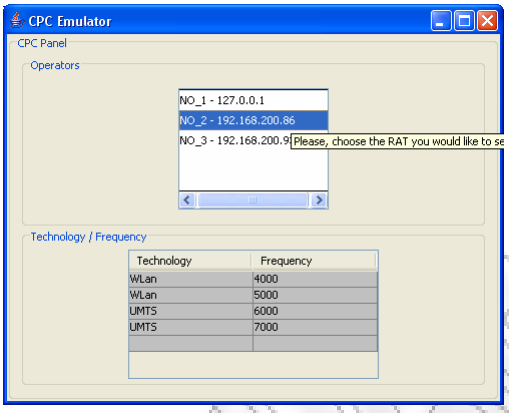
Το δεύτερο «panel» είναι αυτό με τίτλο «Sequence Diagram». Σε αυτό υπάρχει μία γραφική απεικόνιση του ακολουθιακού διαγράμματος της UML. Οι οντότητες που λαμβάνουν μέρος σε αυτή την απεικόνιση είναι το «M&D», το «N&S», το «PM» και το «RCM». Επίσης φαίνονται και οι μέθοδοι της πλατφόρμας που καλούνται κάθε φορά. Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται ότι το M&D ζητάει από το N&S να ξεκινήσει τη διαδικασία του reconfiguration. Τότε το N&S στέλνει ένα αίτημα στο RCM για τις προσφορές (οι κύκλοι των Dutch και English πρωτοκόλλων δεν απεικονίζονται) και το RCM του τις επιστρέφει. Στη συνέχεια ζητάει από το PM τις πληροφορίες για το profile του χρήστη, το PM επιστρέφει και αυτό με τη σειρά του τις τιμές που ζητήθηκαν. Τώρα ποια το N&S έχει συγκεντρώσει όλη την διαθέσιμη πληροφορία για να εκτελέσει τη διαδικασία του selection. Αφού επιλέξει το νέο RAT επιστρέφει ένα μήνυμα στο M&D ότι όλα εξελίχθηκαν ομαλά.

8.2 Περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος των βοηθητικών οντοτήτων του συστήματος

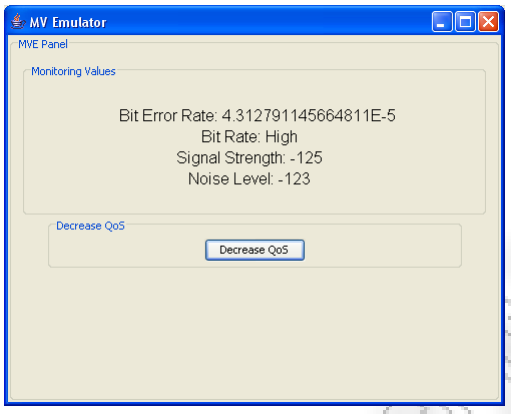
Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφούν οι απαραίτητες βοηθητικές οντότητες που είναι απαραίτητες για την λειτουργία της πλατφόρμας. Αυτές είναι οι ακόλουθες «RCM», «CPC», «MVE» και «NLE».



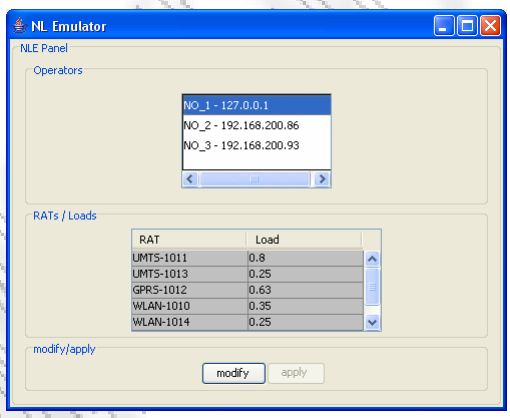
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικόνα 11: Βοηθητικές οντότητες της πλατφόρμας

Το «frame» RCM, Εικόνα 11α, αποτελεί την γραφική απεικόνιση της αντίστοιχης οντότητας της πλατφόρμας. Αυτό αποτελείται από δύο «panel». Το πρώτο έχει τίτλο RATs και αποτελεί το σύνολο των RATs που υποστηρίζει το συγκεκριμένο δίκτυο. Δεν είναι απαραίτητο κάθε στιγμή το κινητό να μπορεί να χρησιμοποιήσει όλα τα διαθέσιμα RAT του δικτύου. Σε κάθε discovery το τερματικό ελέγχει την περιοχή του και διαπιστώνει ποια από αυτά είναι διαθέσιμα. Το δεύτερο έχει τίτλο «Cost per QoS Level per Service». Αυτό το «panel» περιέχει τις προσφορές του RCM για κάθε υπηρεσία, για κάθε επίπεδο ποιότητας και για κάθε RAT. Αποτελούν τις αρχικές προσφορές που αποστέλλονται είτε κατά το απλό μοντέλο του negotiation, το First-Price Sealed είτε κατά τον πρώτο κύκλο των άλλων δύο πρωτόκολλων διαπραγμάτευσης. Κάθε φορά που επιλέγεται ένα διαφορετικό RAT από το Panel RATs, οι τιμές του «panel» που μελετάται αλλάζουν αναλόγως.

Το «frame» CPC, Εικόνα 11β, αποτελεί την οπτική απεικόνιση της αντίστοιχης οντότητας της πλατφόρμας. Το CPC αποτελείται από δύο «panel» το πρώτο ονομάζεται «Operators» και περιέχει την πληροφορία για τους διαθέσιμους «Network Operator», για τα διαθέσιμα δίκτυα δηλαδή, που υπάρχουν στην περιοχή. Εδώ βλέπουμε ότι υπάρχουν τρία. Το δεύτερο «panel» ονομάζεται «Technology/Frequency» και περιέχει και απεικονίζει τα RAT που υποστηρίζει κάθε ένα δίκτυο καθώς και την συχνότητα στην οποία το υποστηρίζει.

Το «frame» «MVE», Εικόνα 11γ είναι η οντότητα του συστήματος που παρέχει στην Monitoring and Discovery οντότητα της πλατφόρμας όλη την απαραίτητη πληροφορία για την μελέτη της ποιότητας της υπηρεσίας από το τερματικό. Το MVE αποτελείται από δύο «panel». Η πληροφορία που το πρώτο «panel» απεικονίζει περιέχεται καθαρά στο δίκτυο, οπότε το MVE είναι ο σύνδεσμος μεταξύ του τερματικού και του δικτύου. Οι τιμές που μετρώνται είναι το Bit Error Rate, το Bit Rate, το Signal Strength και το Noise Level. Το δεύτερο «panel» έχει δημιουργηθεί καθαρά για τις ανάγκες της παρουσίασης του πρωτότυπου. Αυτό έχει τον τίτλο «Decrease QoS» και ο σκοπός του είναι να μειώνει την ποιότητα της υπηρεσίας του τρέχοντος RAT έτσι ώστε το κινητό να πάρει υψηλό BER και να εκκινήσει διεργασία reconfiguration.

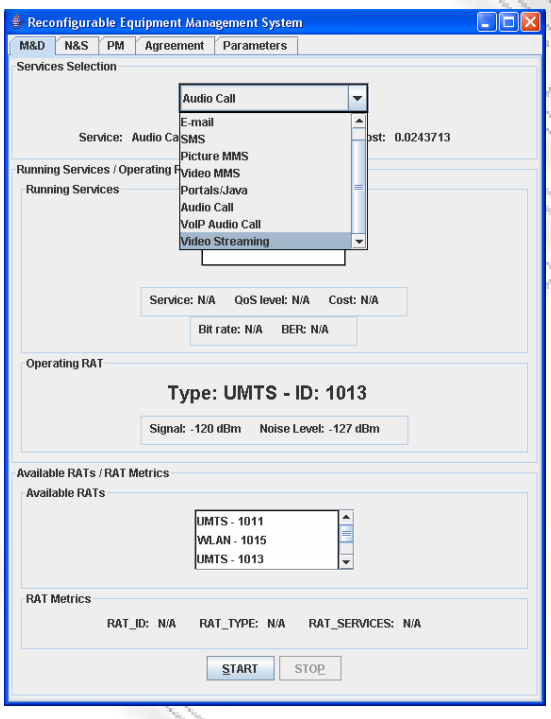
Το «frame» «NLE», Εικόνα 11δ, είναι η οπτική απεικόνιση της αντίστοιχης οντότητας του συστήματος. Αυτή η οντότητα αποτελεί την οντότητα που παρέχει στο RCM την πληροφορία για τον φόρτο (load) του κάθε RAT του δικτύου. Το NLE αποτελείται από τρία «panel». Το πρώτο περιέχει τους NO που υπάρχουν στην περιοχή. Το δεύτερο εμφανίζει τα RAT που υποστηρίζει κάθε NO και δίπλα το φόρτο κάθε RAT. Η πληροφορία είναι φυσικά διαφορετική για κάθε ένα RAT που επιλέγεται. Το τρίτο «panel» περιέχει τα απαραίτητα κουμπιά, «buttons» που «κλειδώνουν» και «ξεκλειδώνουν» τα loads των RATs.

8.3 Σενάρια χρήσης

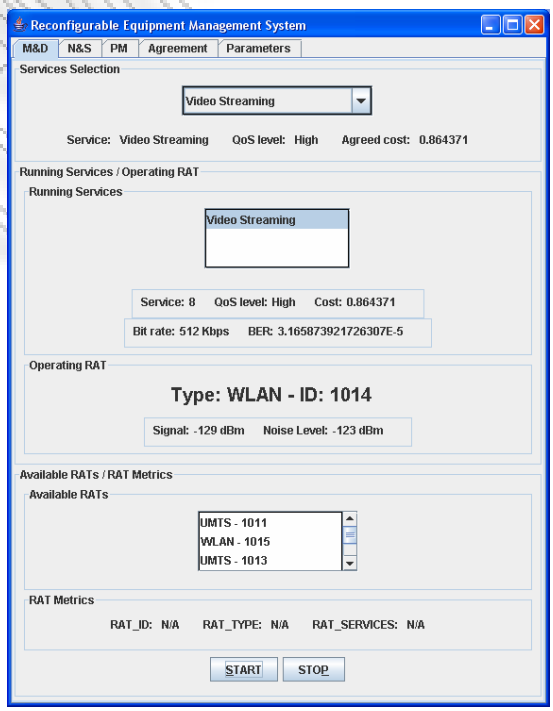
Για να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία της πλατφόρμας παρέχονται κάποια ενδεικτικά σενάρια χρήσης αυτής. Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφούν αυτά τα σενάρια.

8.3.1 Εκκίνηση μίας υπηρεσίας

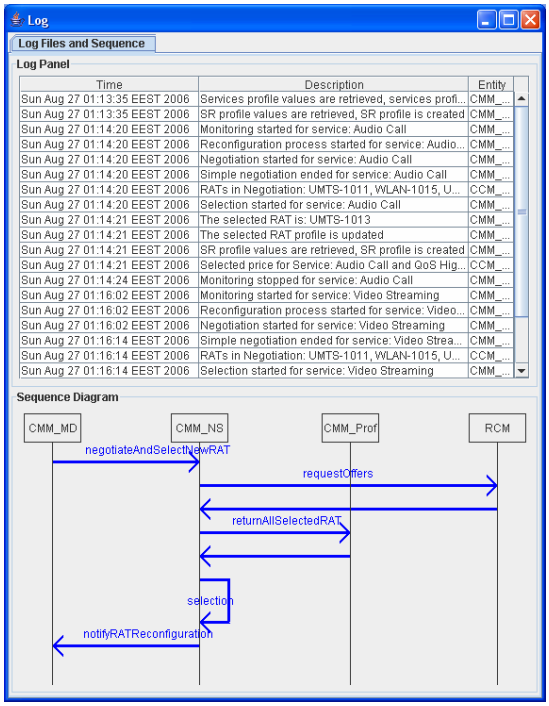
Σε αυτό το σενάριο, Εικόνα 12, γίνεται η υπόθεση ότι το τερματικό βρίσκεται συνδεδεμένο στο RAT «UMTS - 1013» και ότι ο χρήστης θέλει να εκκινήσει την υπηρεσία «Video Streaming». Εκκινώντας αυτή την υπηρεσία το τερματικό θα επικοινωνήσει με κάθε ένα από τα διαθέσιμα δίκτυα για να πάρει όλες τις προσφορές τους και να αποφασίσει πιο είναι το καταλληλότερο δίκτυο για να λειτουργήσει η υπηρεσία. Μετά, λοιπόν, το reconfiguration προκύπτει ότι το «WLAN - 1014» είναι αυτό που προσφέρει την υπηρεσία στο μεγαλύτερο δυνατό επίπεδο ποιότητας και στο μικρότερο δυνατό κόστος. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο χρήστης με βάση το profile του Εικόνα 12γ, επιθυμεί να έχει υψηλό επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας αφού το utility του για high στην υπηρεσία Video Streaming είναι 7.0 δηλαδή είναι κατά δύο μεγαλύτερο από το 5.0 του medium και κατά 4 από το 3.0 του low. Σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης επιθυμεί μεγάλο κόστος προκειμένου να έχει για καλή ποιότητα στην υπηρεσία του.



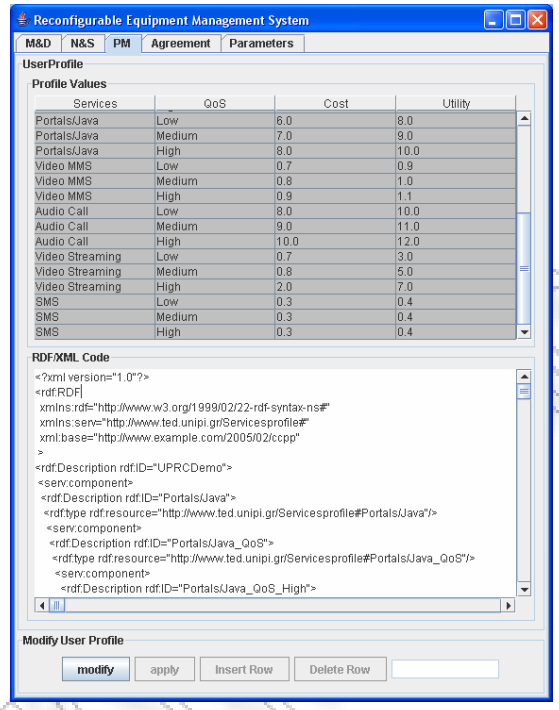
(α)



(β)



(γ)

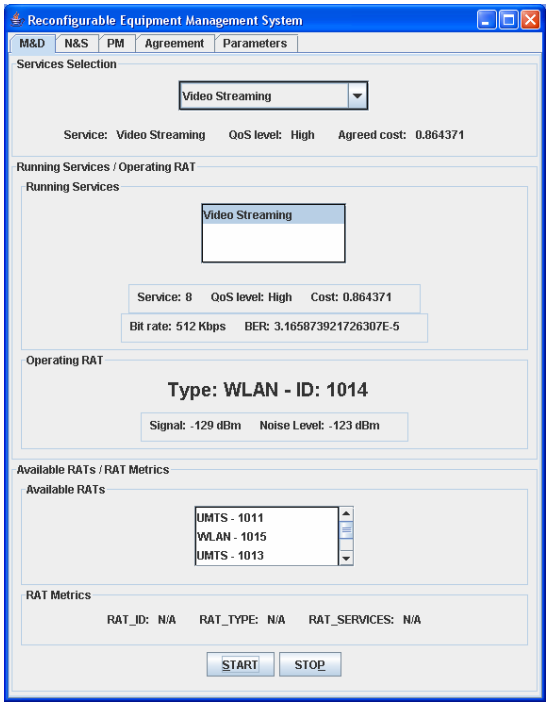


(δ)

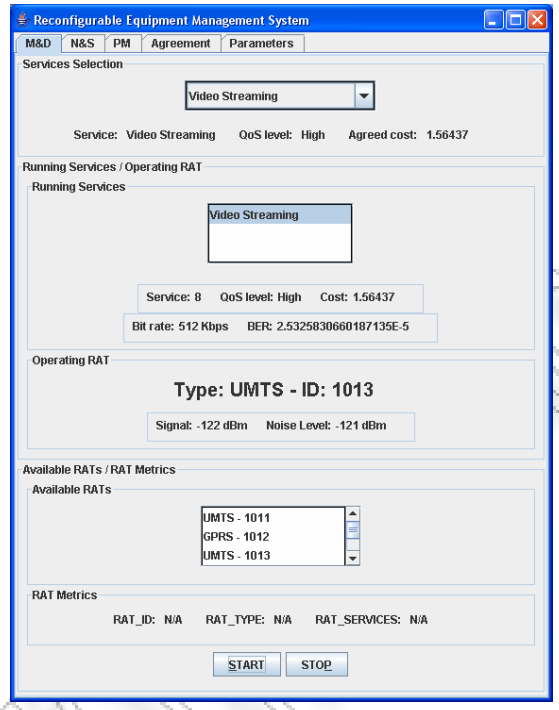
Εικόνα 12: Σενάριο εκκίνησης υπηρεσίας

8.3.2 Μείωση του επιπέδου ποιότητας

Σε αυτό το σενάριο, Εικόνα 13, το τερματικό λειτουργεί κανονικά στο RAT «WLAN – 1014» και η υπηρεσία Video Streaming είναι ενεργή. Κάποια στιγμή συμβαίνει μείωση στο επίπεδο ποιότητας που παρέχεται η υπηρεσία. Για αυτό το λόγο εκκινείται διαδικασία reconfiguration και αναζητείται υψηλή ποιότητα υπηρεσίας καθώς αυτό είναι που επιθυμεί ο χρήστης. Οπότε το αποτέλεσμα είναι να επιλέξει το RAT «WLAN - 1014» καθώς αυτό μπορεί να παρέχει υψηλό επίπεδο ποιότητας για την υπηρεσία.



(α)



(β)

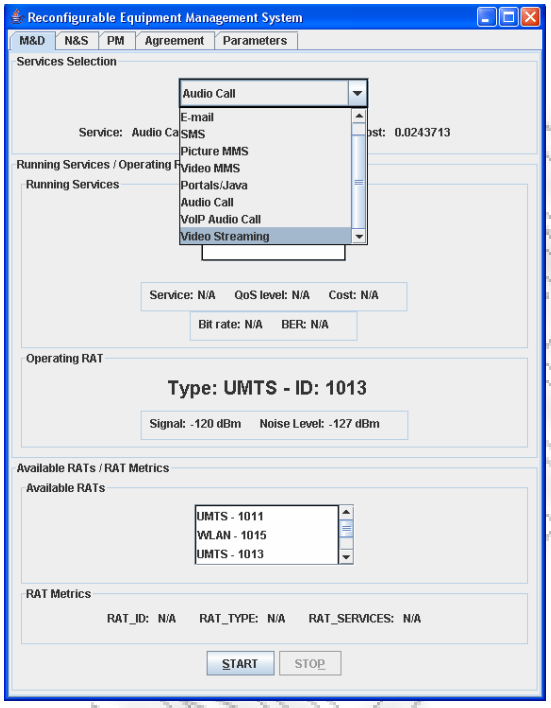
(γ)

Εικόνα 13: Μείωση του επιπέδου ποιότητας

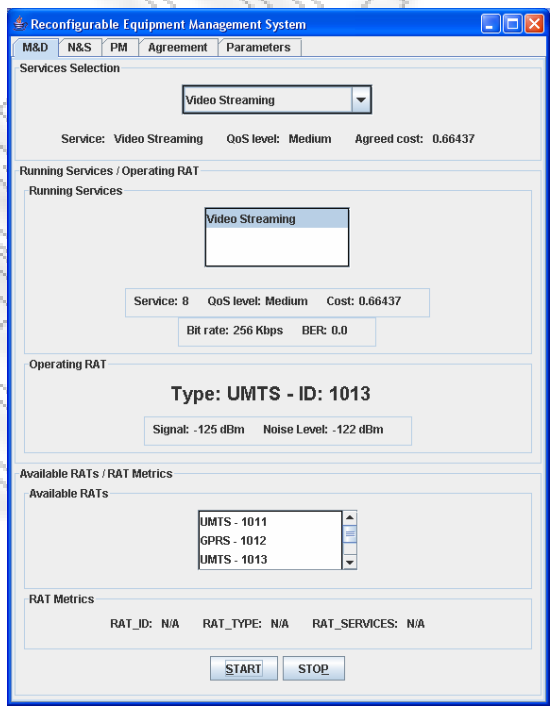
8.3.3 Αλλαγή στο profile του χρήστη

Είναι γνωστό ότι το profile του χρήστη περιέχει πληροφορία για το πόσο επιθυμεί ένας χρήστης να έχει ένα επίπεδο ποιότητας σε μία υπηρεσία σε σχέση με κάποιο άλλο. Αυτή η παράμετρος λέγεται utility. Αυτό το σενάριο παρουσιάζει την επίδραση που έχει η αλλαγή της πληροφορίας του profile στη διαδικασία του reconfiguration. Η παράμετρος utility για το επίπεδο ποιότητας high της υπηρεσίας Video Streaming τροποποιείται έτσι ώστε να γίνει ίσο με αυτό του medium επιπέδου ποιότητας. Δηλαδή από 7.0 αλλάζει

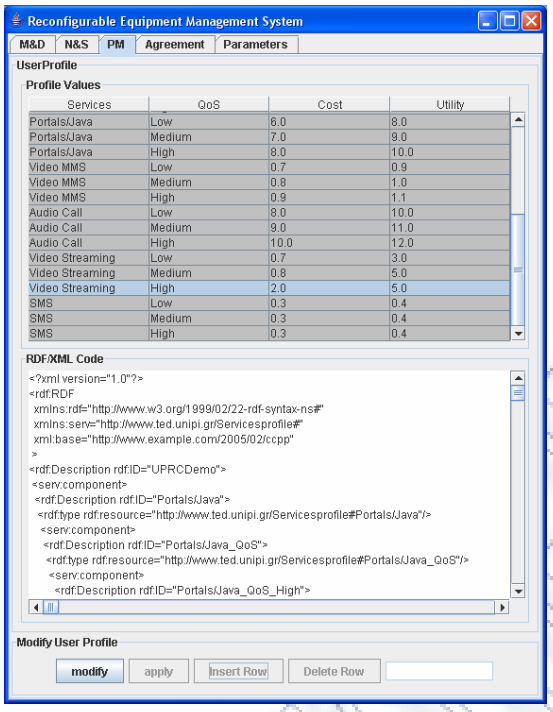
σε 5.0. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ο χρήστης αδιαφορεί για το αν η υπηρεσία θα του προσφερθεί στο υψηλό επίπεδο ποιότητας ή στο μέτριο. Άρα η μόνη διαφοροποίηση που γίνεται σε αυτά τα δύο επίπεδα ποιότητας αφορά το κόστος στο οποίο παρέχονται οι υπηρεσίες. Το αποτέλεσμα είναι ότι το τερματικό διαλέγει να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία του «UMTS – 1013» στο επίπεδο medium μια και αυτό φαίνεται να είναι φτηνότερο, με βάση τα δεδομένα, τόσο από το high επίπεδο ποιότητας που προσφέρει «WLAN – 1014» για την υπηρεσία και που είχε χρησιμοποιήσει στο παράδειγμα 8.3.1 όσο και από το medium επίπεδο ποιότητας αυτού. Η επιλογή RAT, το κόστος της υπηρεσίας που επιλέχθηκε και η αλλαγή στο profile φαίνονται στην Εικόνα 14.



(α)



(β)



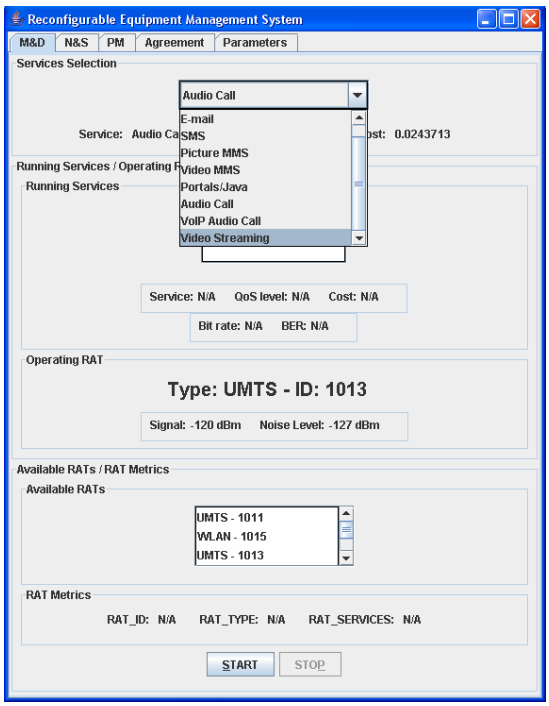
(γ)

Εικόνα 14: Αλλαγή στο profile

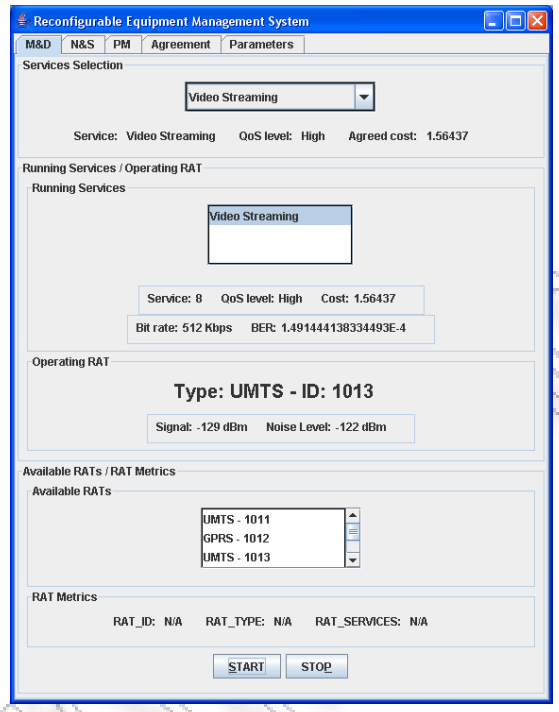
8.3.4 Αλλαγή στις τιμές που προσφέρεται η υπηρεσία

Ας θεωρήσουμε πάλι ότι τα δεδομένα είναι ίδια με αυτά του σεναρίου 8.3.1. Δηλαδή το operating rat είναι το UMTS – 1013 και ο χρήστης επιθυμεί υψηλή ποιότητα υπηρεσίας για Video Streaming.

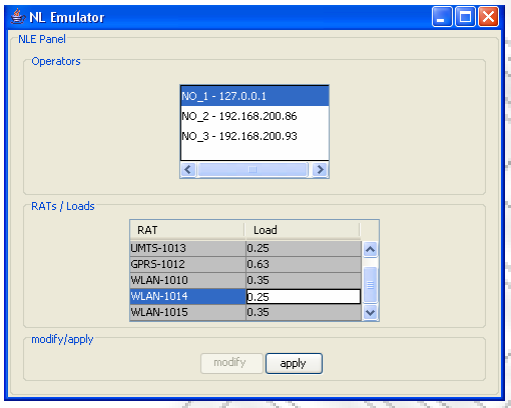
Η δημιουργία των προσφορών των δικτύων βασίζεται στο φόρτο που έχουν αυτά κάθε χρονική στιγμή και κυμαίνεται για κάθε RAT. Σε αυτό το σενάριο ο φόρτος του δικτύου αυξάνεται για το RAT «WLAN – 1014», Εικόνα 15. Αυτό κατά συνέπεια αυξάνει και το κόστος στο οποίο το δίκτυο μπορεί να παρέχει την υπηρεσία. Στη συνέχεια ο χρήστης εκκινεί την υπηρεσία Video Streaming. Αυτή τη φορά όμως αντί του να αλλάξει δίκτυο μένει στο ίδιο και επιπλέον μένει και στο ίδιο επίπεδο ποιότητας μια. Αυτό γίνεται γιατί το τερματικό επικοινωνώντας με όλα τα RAT της περιοχής διαπιστώνει ότι το RAT που προσφέρει φτηνότερα την υπηρεσία στο high επίπεδο ποιότητας είναι το «UMTS – 1013» άρα παραμένει σε αυτό.



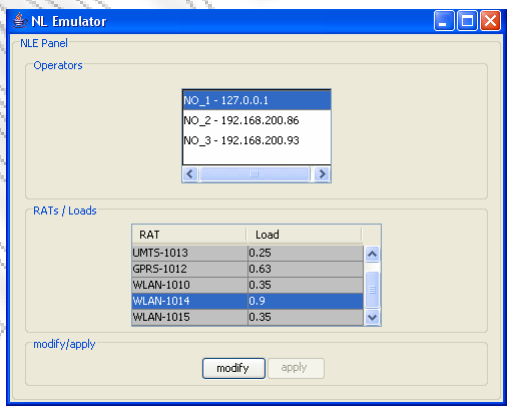
(α)



(β)



(γ)



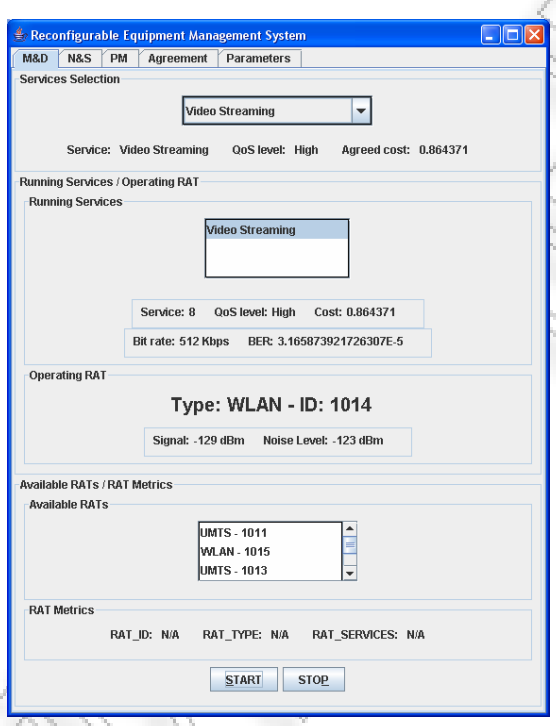
(δ)

Εικόνα 15: Αλλαγή στις τιμές που προσφέρεται η υπηρεσία

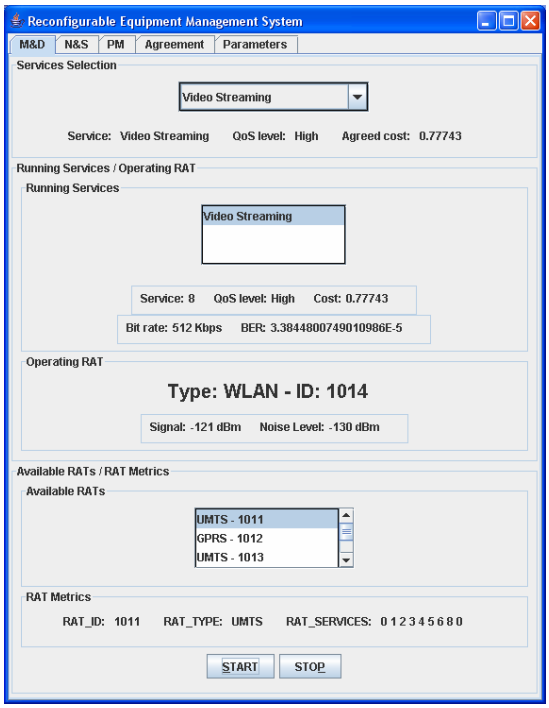
8.3.5 Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης

Το πρωτότυπο παρέχει την δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφορετικών πρωτοκόλλων διαπραγμάτευσης. Το πρωτόκολλο «First-Price Sealed», Εικόνα 16α, δέχεται τις τιμές που του προσφέρουν τα δίκτυα χωρίς επιπλέον διαπραγμάτευση. Διενεργεί το selection και για την υπηρεσία Video Streaming που επιθυμεί να επιλέξει ο χρήστης καταλήγει στο «WLAN - 1014», σε επίπεδο ποιότητας high και σε κόστος 0,864361. Με αυτό το πρωτόκολλο αποφεύγεται ο μεγάλος φόρτος στο δίκτυο, η μεγάλη κατανάλωση πόρων και η μεταπομπή γίνεται γρηγορότερα. Το επόμενο σενάριο που μελετάται είναι το Dutch. Σε αυτό το μοντέλο το τερματικό προτείνει τιμές στα RAT και αυτά τις δέχονται ή όχι. Η διαδικασία σε αυτή

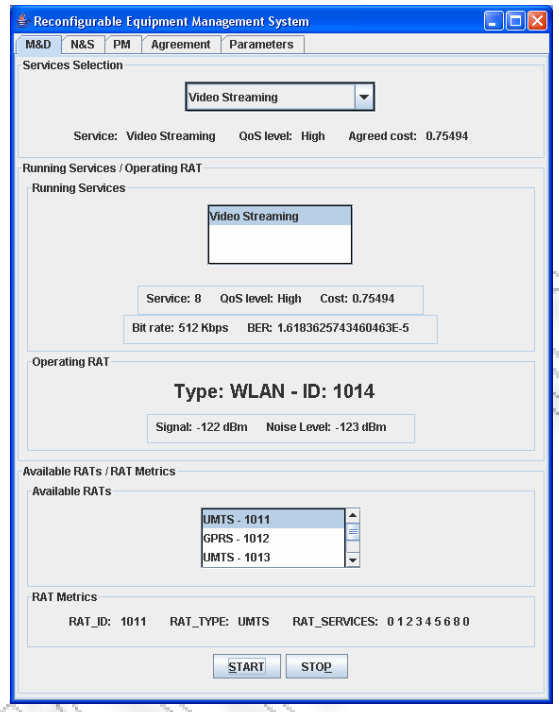
την περίπτωση είναι πιο αργή όμως το αποτέλεσμα είναι να επιτευχθεί καλύτερο κόστος. Το κόστος που επιτυγχάνεται είναι 0,77743, Εικόνα 9α. Το τρίτο πρωτόκολλο που μελετάται είναι το English. Σε αυτό, το δίκτυο κάνει προσφορές και το κινητό κάνει αίτηση για μείωση των τιμών αυτών. Η διαδικασία τελειώνει είτε όταν το δίκτυο καταλήξει ότι δεν είναι δυνατόν να μειωθούν άλλο ή προσφορές ή έως ότι η διαδικασία του negotiation να φτάσει στο τέλος.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 16: Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης

8.4 Λεπτομέρειες υλοποίησης

Η ανάπτυξη της πλατφόρμας έγινε σε λειτουργικό σύστημα Windows XP και βασίστηκε αποκλειστικά σε Java και σε διάφορες τεχνολογίες που δημιουργήθηκαν με τη χρήση Java. Επίσης για την αποθήκευση της πληροφορίας των profile (όπως έχει ήδη αναφερθεί) χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα RDF/XML του W3C.

Ένα από τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι το «Jena» [36] που δημιουργήθηκε στα εργαστήρια της HP. Το Jena αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την δημιουργία ιεραρχιών σαν αυτές που απαιτούνται στα profile που προτείνονται από την εργασία. Επίσης παρέχει ένα API που δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργούν RDF n-triples γρήγορα. Η Jena χρησιμοποιεί τον ARP που τα αρχικά του σημαίνουν Another RDF Parser [37]. Αυτός ο parser είναι διαθέσιμος στο διαδίκτυο [38] από το W3C μέσω μίας διεπαφής που επιτρέπει την πιστοποίηση της εγκυρότητας RDF/XML εγγράφων. Οι ιεραρχίες που προτείνονται σε αυτή την εργασία έχουν πιστοποιηθεί από αυτή την υπηρεσία. Επίσης ο ARP χρησιμοποιεί τον Xerces που είναι ένας XML parser [39]. Αυτός ο parser λειτουργεί ένα επίπεδο κάτω από τον ARP έτσι ώστε να κάνει ένα πρώτο «parsing» στην XML σύνταξη των εγγράφων.

Στην πλατφόρμα που περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες είναι απαραίτητη η δημιουργία RDF/XML εγγράφων. Αυτά τα έγγραφα έχουν τη μορφή των profile που περιγράφηκαν του «user profile» και του «solution profile». Η επίσημη έκδοση της Jena δεν υποστηρίζει αυτό το είδος των εγγράφων και αυτό το είδος της ιεραρχίας. Για αυτό ήταν απαραίτητη η τροποποίηση του πηγαίου κώδικα της Jena για να επιτευχθεί η επιθυμητή λειτουργικότητα. Με αυτό τον τρόπο τα profile μπορούν να δημιουργηθούν αυτόματα με απλές εντολές java. Έπειτα το profile γίνεται parse από την εφαρμογή τα αποτελέσματα οπτικοποιούνται και παρουσιάζονται στους χρήστες.

9 Πλατφόρμα που σχεδιάστηκε για να λειτουργεί σε πραγματικό κινητό τηλέφωνο

Προκειμένου να μεταφερθεί η πλατφόρμα που περιγράφηκε παραπάνω στην ασύρματη συσκευή της Nokia απαιτήθηκε ο επανασχεδιασμός της και η ανάπτυξή της εκ νέου σε μία νέα γλώσσα προγραμματισμού, τη C (αντί της Java) και σε ένα νέο λειτουργικό σύστημα, Debian Linux (αντί Windows).Παρακάτω ακολουθεί τόσο η περιγραφή της πλατφόρμας όσο και οι λεπτομέρειες υλοποίησης αυτής. Ακόμα παρουσιάζονται και παραδείγματα χρήσης αυτής καθώς και εικόνες της πλατφόρμας σε χρήση στην ίδια την συσκευή.

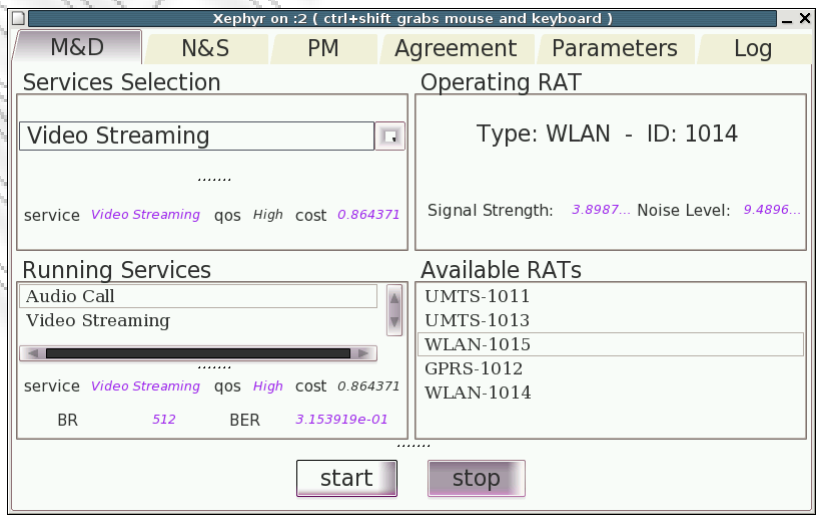
9.1 Περιγραφή της πλατφόρμας

Η πλατφόρμα που περιγράφηκε στην ενότητα 8 αποτελεί μία πλατφόρμα που υλοποιεί όλες τις λειτουργίες που θα έπρεπε να έχει ένα κινητό τέταρτης γενιάς για να καταφέρει να λειτουργήσει σε CR περιβάλλον. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι πολύ ενδιαφέροντα και αρκετά σημαντικά. Η πραγματική πρόκληση όμως είναι να μεταφερθεί αυτή η πλατφόρμα σε πραγματικό κινητό. Μία τέτοια προσπάθεια περιγράφεται σε αυτή την ενότητα. Στα πλαίσια της εργασίας υλοποιήθηκε μία πλατφόρμα που λειτουργεί σε ένα κινητό της Nokia το Nokia 770 [40]. Αυτή η πλατφόρμα υλοποιεί όλες τις βασικές οντότητες που είναι το «Negotiation and Selection», το «Monitoring and Discovery» και το «Profile Management».

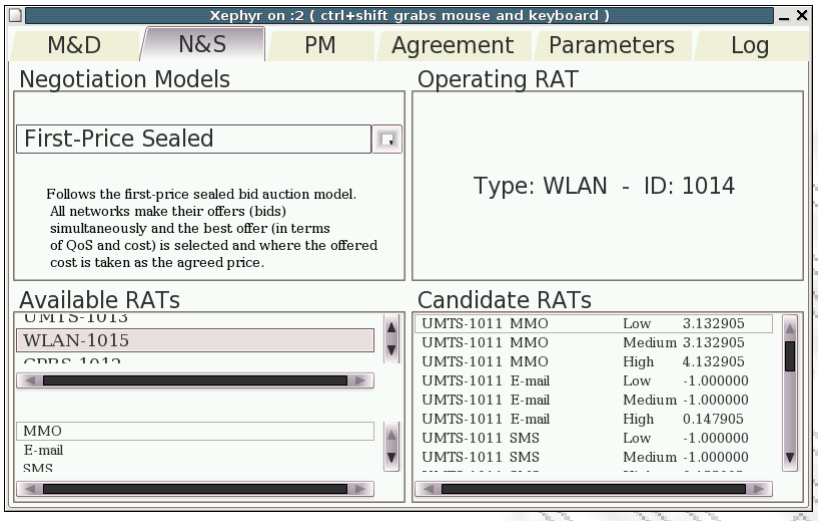
Οι λειτουργίες του Negotiation και του Selection διενεργούνται κανονικά, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της πλατφόρμας που τέθηκαν στην ενότητα 7.8. Η διαφορά με την πλατφόρμα που τρέχει σε PC είναι ότι δεν έχουν υλοποιηθεί ακόμα τα πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης English και Dutch. Επίσης διενεργούνται και όλες οι λειτουργίες του Monitoring και του Discovery σύμφωνα με τις απαιτήσεις που τέθηκαν στην ενότητα 7.7. Ακόμα το Profile Management διαχειρίζεται τα profile ακριβώς με τον ίδιο τρόπο (χρησιμοποιώντας άλλες τεχνολογίες όμως) που διαχειρίζεται τα profile η αντίστοιχη οντότητα της πλατφόρμας για το PC (ενότητα 8.1) και σύμφωνα με τις απαιτήσεις που περιγράφηκαν στην ενότητα 7.6. Το σημαντικό θέμα που εξετάζεται και βρίσκεται υπό ανάπτυξη είναι η λειτουργικότητα του δικτύου. Μελετάται η υλοποίηση των οντοτήτων του δικτύου που είναι υπεύθυνες για την παροχή των απαραίτητων τιμών στο κινητό. Στο μέλλον οι τιμές αυτές θα προέρχονται απευθείας από τους παρόχους όπως θα γίνεται στο μέλλον στα πραγματικά δίκτυα και θα είναι πραγματικές τιμές και όχι το αποτέλεσμα προσομοίωσης.

9.2 Περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος της πλατφόρμας που υλοποιήθηκε

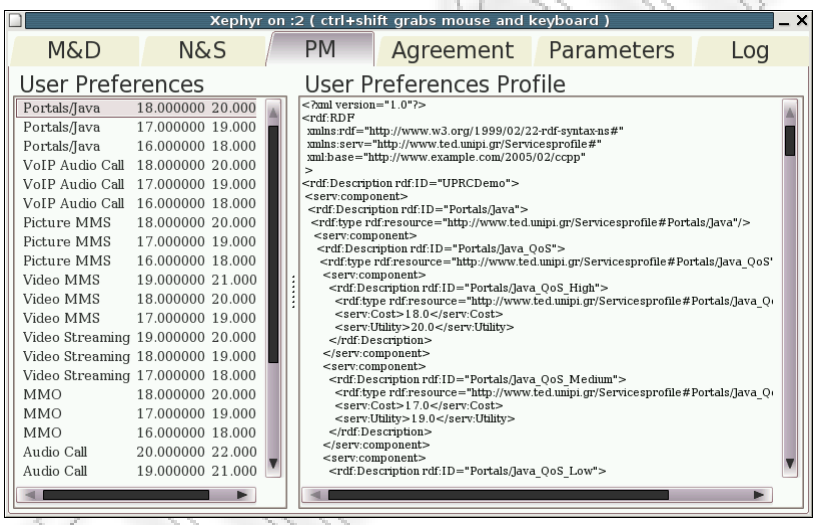
Παρακάτω θα παρουσιαστεί το γραφικό περιβάλλον της πλατφόρμας και θα δειχθούν εικόνες τόσο από το περιβάλλον που αναπτύχθηκε στο Linux όσο και από την πραγματική υλοποίησή του στο πραγματικό κινητό. Περισσότερες λεπτομέρειες για την υλοποίηση υπάρχουν στην επόμενη ενότητα.



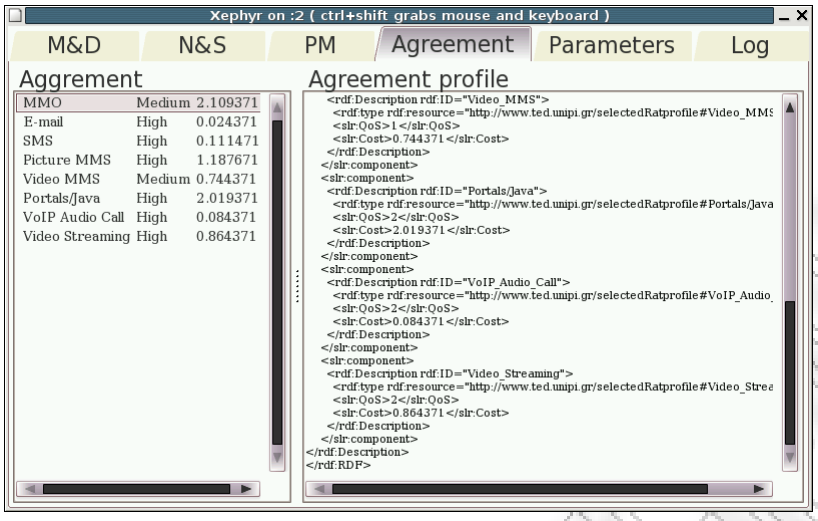
(α)


Xephyr on :2 (ctrl+shift grabs mouse and keyboard)
M&D
N&S
PM
Agreement
Parameters
Log
Negotiation Models
First-Price Sealed
Follows the first-price sealed bid auction model.
All networks make their offers (bids)
simultaneously and the best offer (in terms
of QoS and cost) is selected and where the offered
cost is taken as the agreed price.
Operating RAT
Type: WLAN - ID: 1014
Available RATs
WLAN-1015
MMO
E-mail
SMS
Candidate RATs
UMTS-1011 MMO Low 3.132905
UMTS-1011 MMO Medium 3.132905
UMTS-1011 MMO High 4.132905
UMTS-1011 E-mail Low -1.000000
UMTS-1011 E-mail Medium -1.000000
UMTS-1011 E-mail High 0.147905
UMTS-1011 SMS Low -1.000000
UMTS-1011 SMS Medium -1.000000

(β)


Xephyr on :2 (ctrl+shift grabs mouse and keyboard)
M&D
N&S
PM
Agreement
Parameters
Log
User Preferences
Portals/Java 18.000000 20.000
Portals/Java 17.000000 19.000
Portals/Java 16.000000 18.000
VoIP Audio Call 18.000000 20.000
VoIP Audio Call 17.000000 19.000
VoIP Audio Call 16.000000 18.000
Picture MMS 18.000000 20.000
Picture MMS 17.000000 19.000
Picture MMS 16.000000 18.000
Video MMS 19.000000 21.000
Video MMS 18.000000 20.000
Video MMS 17.000000 19.000
Video Streaming 19.000000 20.000
Video Streaming 18.000000 19.000
Video Streaming 17.000000 18.000
MMO 18.000000 20.000
MMO 17.000000 19.000
MMO 16.000000 18.000
Audio Call 20.000000 22.000
Audio Call 19.000000 21.000
User Preferences Profile
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:serv="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#"
xml:base="http://www.example.com/2005/02/ccpp"
>
<rdf:Description rdf:ID="UPRCDemo">
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Portals/Java"/>
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Portals/Java_QoS"
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS_High">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Portals/Java_Q
<serv:Cost>18.0</serv:Cost>
<serv:Utility>20.0</serv:Utility>
</rdf:Description>
</serv:component>
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS_Medium">
<rdf:type rdf:resource="http://www.ted.unipi.gr/Servicesprofile#Portals/Java_Q
<serv:Cost>17.0</serv:Cost>
<serv:Utility>19.0</serv:Utility>
</rdf:Description>
</serv:component>
<serv:component>
<rdf:Description rdf:ID="Portals/Java_QoS_Low">

(γ)



(δ)

Εικόνα 17: Πλατφόρμα για το Nokia 770

Η πλατφόρμα υλοποιεί τέσσερις ενότητες («tabs» ή «καρτέλες»). Η πρώτη ενότητα είναι αυτή του Monitoring and Discovery, Εικόνα 17α. Αυτή αποτελεί οπτική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών της αντίστοιχης οντότητας της πλατφόρμας που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 7.7. Το M&D είναι χωρισμένο σε τέσσερα διακριτά μέρη. Το πρώτο μέρος είναι αυτό με την ονομασία «Services Selection». Σε αυτό παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες που επιθυμεί να λειτουργήσει ο χρήστης σύμφωνα με το user profile του. Οι υπηρεσίες αυτές για την συγκεκριμένη υλοποίηση είναι οι ακόλουθες: Video Streaming, Audio Call, VoIP Audio Call, MMO (Massive Multiplayer Online game), E-mail, SMS, Picture MMS, Video MMS και Portals/Java (Portal Applications using Java). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλέγοντας μία υπηρεσία να δει το επίπεδο ποιότητας στο οποίο θα του παρέχεται η υπηρεσία αυτή από το «operating rat», το τρέχον RAT δηλαδή, και το κόστος στο οποίο έχει συμφωνηθεί να του παρέχεται. Σε περίπτωση που το ενεργό δίκτυο δεν παρέχει αυτή την υπηρεσία αυτά τα πεδία έχουν την τιμή «-1». Το δεύτερο μέρος είναι αυτό με την ονομασία «Running Services». Σε αυτό παρουσιάζονται όλες οι υπηρεσίες που τρέχουν την στιγμή αυτή στο κινητό. Στην Εικόνα 17α οι ενεργές υπηρεσίες είναι 2. Το «Audio Call» και το «Video Streaming». Επίσης σε αυτό το παράθυρο παρουσιάζονται και πληροφορίες που αφορούν τον ρυθμό λαθών (Bit Error Rate) κατά την εκτέλεση της υπηρεσίας, καθώς και τον ρυθμό των bit (Bit Rate). Για την επιλεγμένη

από το χρήστη υπηρεσία. Ακόμα φαίνεται το επίπεδο ποιότητας στο οποίο παρέχεται η υπηρεσία όχι με βάση την πληροφορία που υπάρχει στο solution profile, αλλά με βάση τις μετρήσεις που γίνονται την στιγμή αυτή από το κινητό. Με βάση τις ρυθμίσεις αυτές υπολογίζεται το πραγματικό επίπεδο ποιότητας στο οποίο παρέχεται η υπηρεσία τη στιγμή αυτή. Αν το επίπεδο ποιότητας πέσει για κάποιο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα από αυτό που έχει συμφωνηθεί τότε διενεργείται reconfiguration. Το τρίτο μέρος είναι αυτό με τίτλο «Operating Rat». Σε αυτό το παράθυρο παρουσιάζεται το RAT στο οποίο λειτουργεί τη στιγμή αυτή το κινητό (το WLAN – 1014 στην περίπτωσή μας) καθώς επίσης και πληροφορία που αφορά την ένταση του σήματος (Signal Strength) και το ποσοστό θορύβου (Noise Level) για το RAT αυτό. Το τέταρτο και τελευταίο μέρος της ενότητας είναι αυτό με την ονομασία «Available Rats». Σε αυτό το παράθυρο παρουσιάζονται τα διαθέσιμα RATs της περιοχής. Είναι τα δεδομένα που προέρχονται από το Discovery. Στην περίπτωσή μας τα διαθέσιμα στην περιοχή RAT είναι το UMTS – 1011, το UMTS – 1013, το GPRS – 1012, το WLAN – 1014 και το WLAN – 1015. Οι αριθμοί δίπλα από κάθε RAT αποτελούν τα ID τους. Εδώ βλέπουμε ότι σε μία περιοχή μπορεί να παρέχονται περισσότερα του ενός RAT του ίδιου τύπου, για παράδειγμα δύο UMTS ή δύο WLAN.

Η δεύτερη ενότητα είναι αυτή του Negotiation and Selection, Εικόνα 17β, και αποτελεί οπτική απεικόνιση των χαρακτηριστικών της αντίστοιχης οντότητας της πλατφόρμας που παρουσιάζεται στην παράγραφο 7.8 Η ενότητα αυτή αποτελείται από τέσσερα μέρη. Το πρώτο μέρος είναι αυτό στο οποίο παρουσιάζονται τα πρωτόκολλα επικοινωνίας της πλατφόρμας, με τίτλο «Negotiation Models». Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι τρία, το First-Price Sealed, το English και το Dutch. Στην συγκεκριμένη πλατφόρμα έχει υλοποιηθεί μόνο το πρώτο πρωτόκολλο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλέγοντας ένα πρωτόκολλο να δει μία σύντομη περιγραφή αυτού. Το δεύτερο μέρος της ενότητας είναι αυτό με τίτλο «Available Rats». Αυτό το παράθυρο παρουσιάζει τα δεδομένα που προέρχονται από το Monitoring and Discovery. Φαίνονται τα διαθέσιμα δίκτυα στην περιοχή και οι υπηρεσίες που κάθε ένα από αυτά παρέχει την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Το τρίτο μέρος είναι αυτό που παρουσιάζει το ενεργό RAT του

τερματικού κα έχει τίτλο «Operating RAT». Είναι το αποτέλεσμα της τελευταίας (χρονικά) διαδικασίας του «selection». Στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το WLAN – 1014. Το τέταρτο και τελευταίο μέρος της ενότητας παρουσιάζει και πάλι πληροφορία που προέρχεται από το M&D. Έχει πληροφορία για τις προσφορές όλων των διαθέσιμων RAT της περιοχής. Η πληροφορία είναι ταξινομημένη ανά RAT, υπηρεσία και επίπεδο ποιότητας.

Η τρίτη ενότητα είναι αυτή του «Profile Management», Εικόνα 17γ. Σε αυτή η ενότητα είναι υπεύθυνη για την διαχείριση του profile του χρήστη. Η ενότητα αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος φαίνονται οι πληροφορίες που αφορούν τα περιεχόμενα του «user profile». Η ονομασία αυτού του μέρους είναι «User Preferences». Το παράθυρο αυτό αποτελείται από έναν πίνακα που παρουσιάζει σε ομαδοποιημένη μορφή τα περιεχόμενα του profile χρήστη. Παρουσιάζεται δηλαδή το ανώτερο κόστος το οποίο είναι διατεθειμένος να πληρώσει για μία υπηρεσία καθώς και το βαθμό επιθυμίας του χρήστη για την υπηρεσία, το utility volume. Τα δεδομένα αυτά είναι ομαδοποιημένα ανά υπηρεσία. Το δεύτερο μέρος της ενότητας ονομάζεται «User Preferences Profile». Σε αυτό παρουσιάζεται το profile του χρήστη που βρίσκεται αποθηκευμένο μέσα στο κινητό ως RDF/XML έγγραφο.

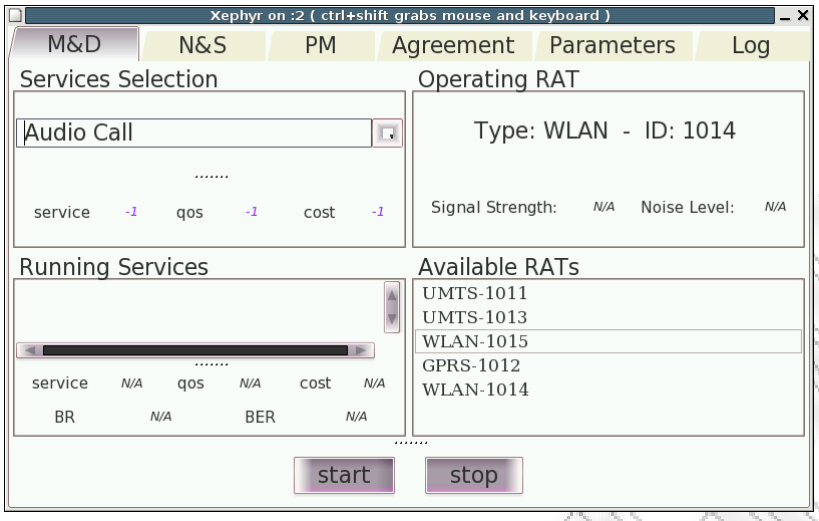
Η τέταρτη ενότητα που έχει υλοποιηθεί στο τερματικό είναι αυτή που ονομάζεται «Agreement», Εικόνα 17δ. Η ενότητα αυτή περιέχει την συμφωνία μεταξύ δικτύου και χρήστη της πλατφόρμας. Αυτή η συμφωνία αφορά το επίπεδο ποιότητας και το κόστος στα οποία το δίκτυο έχει συμφωνήσει να παρέχει την κάθε υπηρεσία του. Το «tab» «Agreement» αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι αυτό με την ονομασία «Agreement». Σε αυτό παρουσιάζεται ουσιαστικά η πληροφορία του «solution profile» ομαδοποιημένη ανά υπηρεσία. Παρουσιάζεται δηλαδή το συμφωνηθέν επίπεδο ποιότητας και το συμφωνημένο κόστος για κάθε υπηρεσία που προσφέρει το RAT. Στο δεύτερο μέρος, με τίτλο Agreement profile παρουσιάζεται το περιεχόμενο του solution profile δομημένο σε μορφή RDF/XML. Η πληροφορία αυτού του παραθύρου είναι ουσιαστικά η οπτικοποίηση των profile που αποθηκεύεται στο κινητό.

9.3 Σενάρια χρήσης

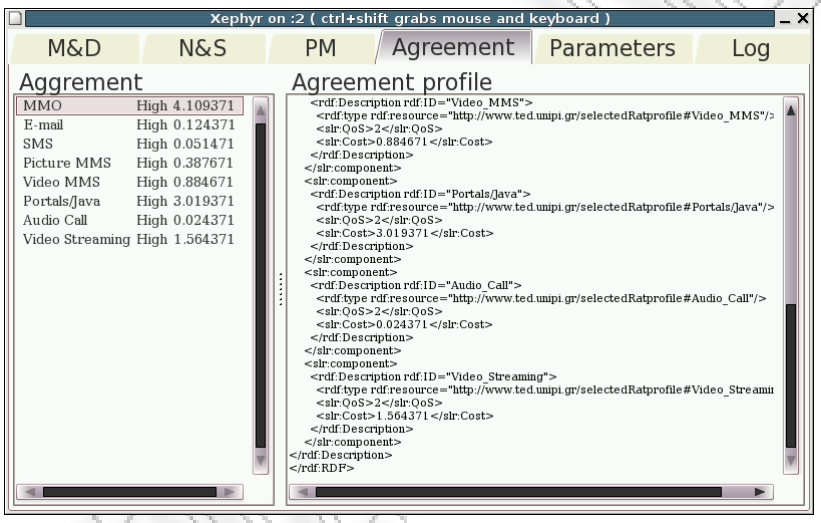
Για να δειχθεί ότι η πλατφόρμα όντως εκτελεί σωστά τη λειτουργία της αναδιάρθρωσης θα παρουσιαστούν κάποια σενάρια χρήσης.

Ας θεωρήσουμε ότι το τερματικό βρίσκεται σε ένα περιβάλλον όπου τα προσφερόμενα RAT είναι αυτά που παρουσιάζονται στην Εικόνα 17α. Το τερματικό μας λειτουργεί στο WLAN – 1014 καθώς αυτό είναι που προέκυψε από την προηγούμενη αναδιάρθρωση του δικτύου. Όμως, όπως φαίνεται και από το «solution profile» της εικόνας Εικόνα 17δ το RAT αυτό δεν υποστηρίζει την υπηρεσία «Audio Call». Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι για να λειτουργήσει η υπηρεσία απαιτείται η λειτουργία της αναδιάρθρωσης εκ νέου και η επιλογή ενός άλλου RAT.

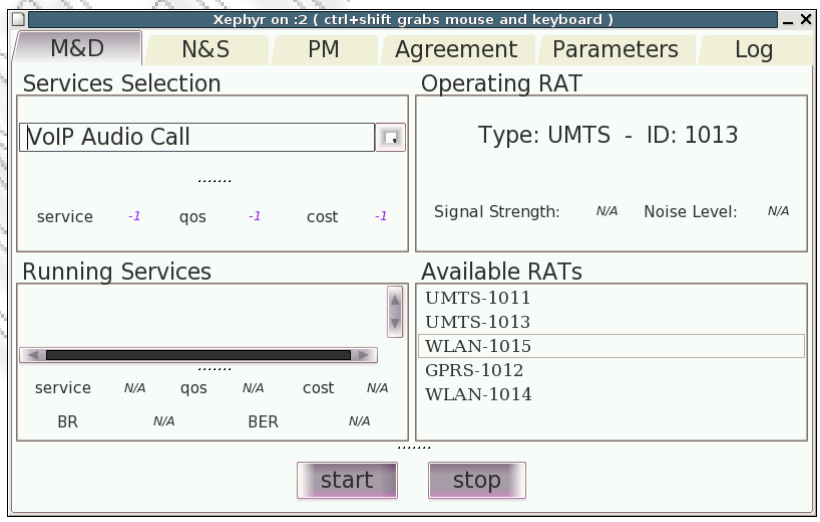
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ



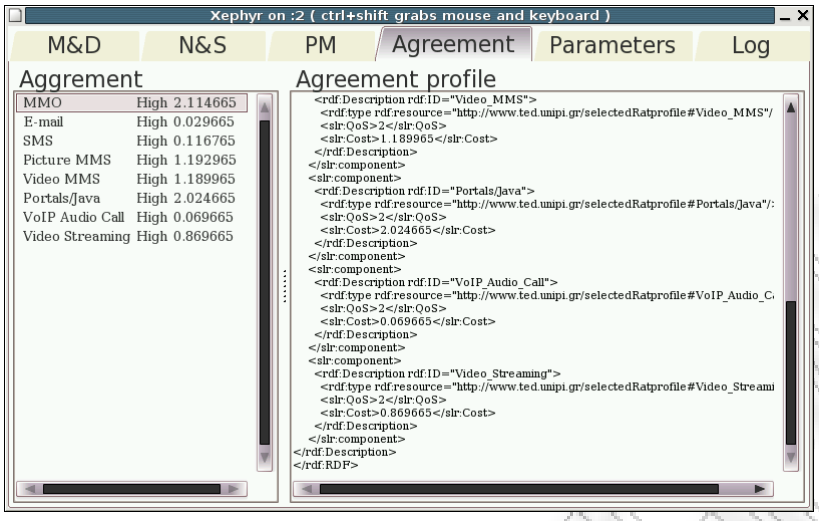
(α) WLAN -1014



(β) UMTS - 1013



(γ) UMTS - 1013



(δ) WLAN - 1015

Εικόνα 18: Διαδικασία Reconfiguration στο κινητό

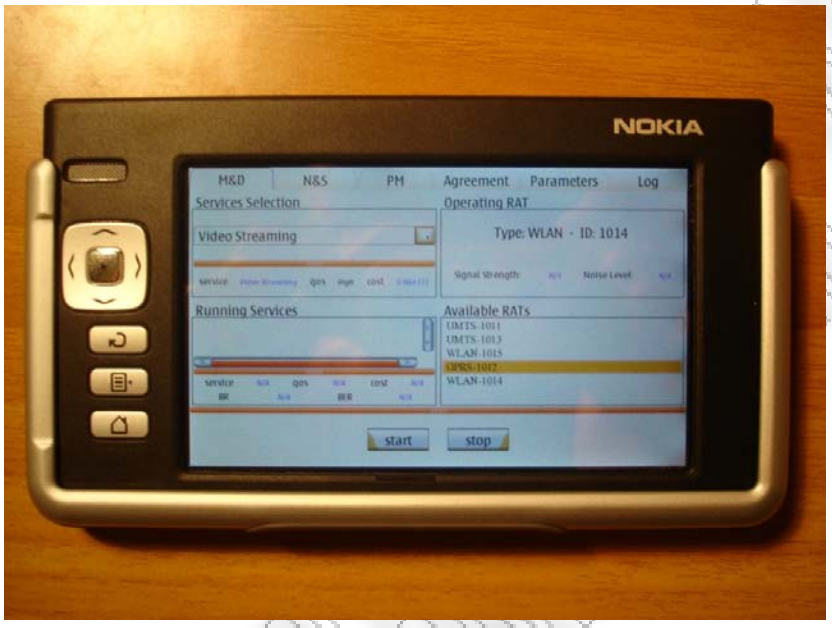
Αυτό φαίνεται και στην Εικόνα 18β όπου φαίνεται ότι τώρα ποια υπάρχει η υπηρεσία «Audio Call» στο profile. Επίσης άμα συγκριθεί η εικόνα αυτή με την Εικόνα 17δ θα δούμε ότι πριν δεν υπήρχε η υπηρεσία «Audio call».

Τώρα πια το κινητό τερματικό λειτουργεί στο RAT UMTS – 1013. Αυτό το RAT υποστηρίζει «Audio Call» όμως δεν υποστηρίζει «VoIP Audio Call», οπότε στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εκκινηθεί και πάλι διαδικασία reconfiguration. Το αποτέλεσμα είναι να επιλεγεί το RAT WLAN – 1015 που υποστηρίζει την υπηρεσία, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 18δ. Βέβαια αν παρατηρηθεί η εικόνα Εικόνα 17δ, είναι εύκολο να διαπιστωθεί ότι και το RAT WLAN – 1015 υποστηρίζει «VoIP Audio Call» στο επίπεδο high, όμως ο λόγος που επιλέχθηκε το 1015 είναι το γεγονός ότι προσφέρει την υπηρεσία σε χαμηλότερο κόστος, 0.069665 αντί για το 0.084371. Από το γεγονός αυτό μπορεί να διαπιστωθεί ότι η διαδικασία της επιλογής του καταλληλότερου δικτύου είναι σωστή.

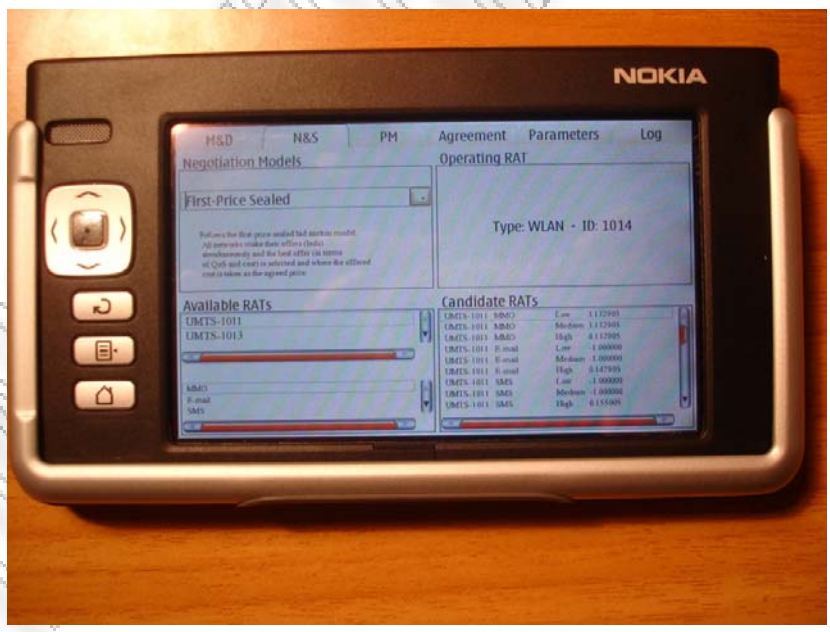
9.4 Οθόνες από την υλοποίηση της εφαρμογής στο πραγματικό τερματικό

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οθόνες από την πραγματική υλοποίηση της πλατφόρμας για κινητά πέραν της τρίτης γενιάς στο τερματικό. Η Εικόνα 19 παρουσιάζει τα διάφορα «tabs», ή ετικέτες της εφαρμογής. Η Εικόνα 19α δείχνει την ενότητα του Monitoring και Discovery, η λειτουργικότητα της οποίας περιγράφηκε στην παράγραφο 9.2, η Εικόνα 19β δείχνει την ενότητα Negotiation and Selection, η

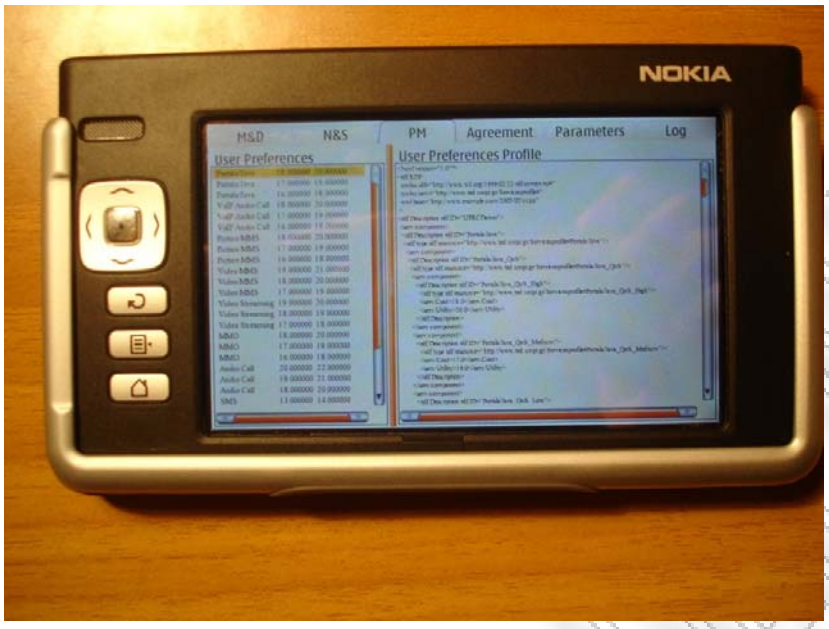
λειτουργικότητα της οποίας περιγράφηκε στην παράγραφο 9.2, η Εικόνα 19γ δείχνει τη λειτουργικότητα της ενότητας Profile Management που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 9.2 και τέλος η Εικόνα 19δ δείχνει τη λειτουργικότητα της ενότητας Agreement που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 9.2.



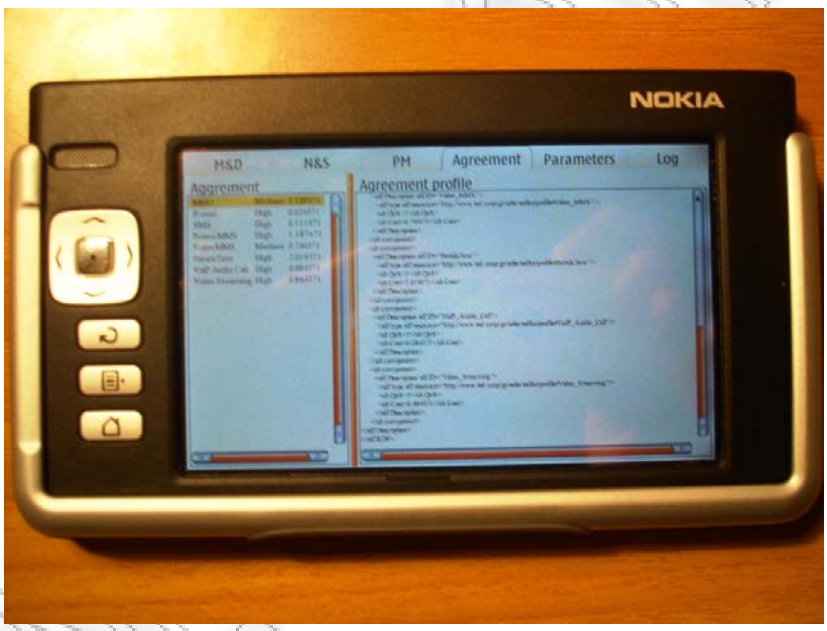
(α) M&D



(β) N&S



(γ) PM

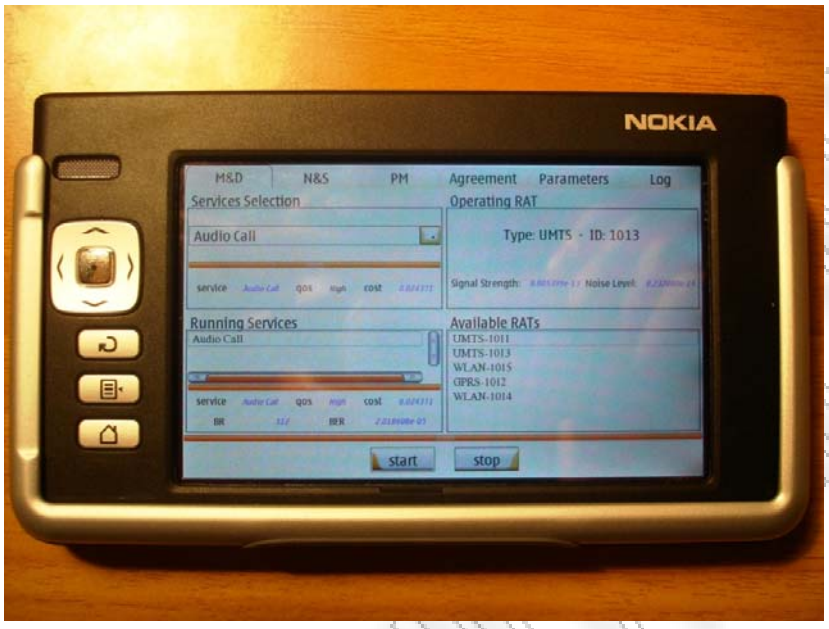


(δ) Agreement

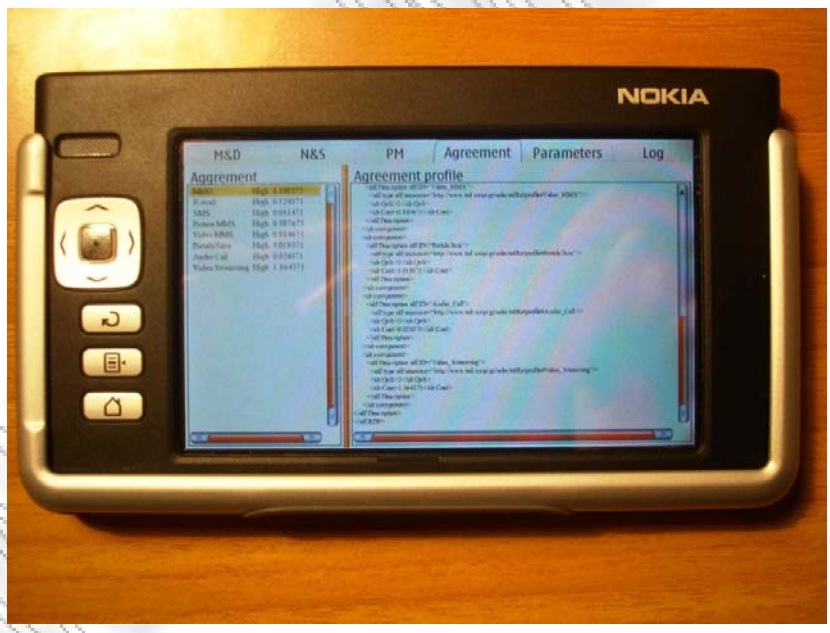
Εικόνα 19: Εικόνες από την πλατφόρμα που λειτουργεί στο τερματικό

Για να διαπιστωθεί ότι το κινητό όντως κάνει Monitoring στις υπηρεσίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα και ότι όντως το solution profile ανανεώνεται σε κάθε reconfiguration παρατίθενται η Εικόνα 20α και η Εικόνα 20β. Η πρώτη εικόνα παρουσιάζει την υπηρεσία Audio Call να τρέχει στο κινητό πραγματικά και ταυτόχρονα να λαμβάνουν χώρα όλες οι απαραίτητες μετρήσεις (παράγραφος 9.2). Ενώ η δεύτερη παρουσιάζει την ανανεωμένη εικόνα του «solution profile» για το RAT UMTS – 1013, σε σχέση με την

Εικόνα 19δ για το RAT WLAN – 1014. Η υπηρεσία Audio Call υποστηρίζεται στο UMTS σε αντίθεση με το WLAN.



(α) Το Monitoring για την υπηρεσία Audio Call στο RAT UMTS - 1013



(β) Το Agreement για UMTS – 1013

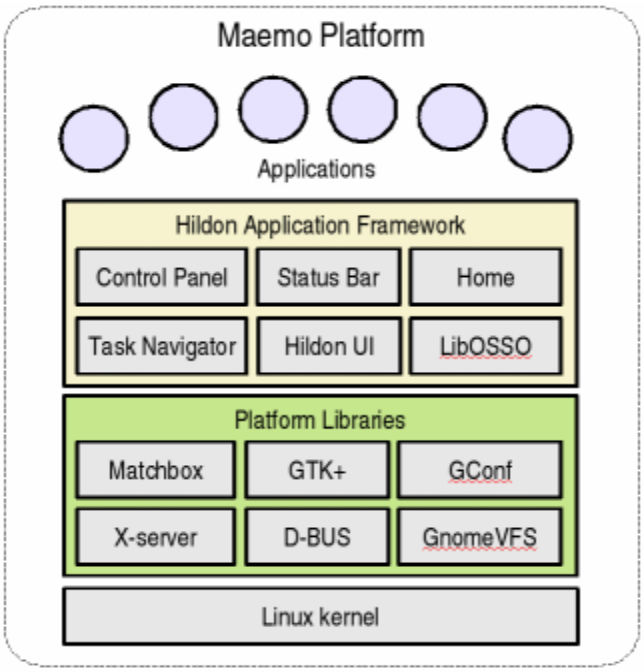
Εικόνα 20: Εικόνες του Monitoring και της ανανέωσης του profile

9.5 Λεπτομέρειες υλοποίησης

Η πλατφόρμα που περιγράφεται στην ενότητα αναπτύχθηκε σε λειτουργικό σύστημα «Linux Debian» και η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε είναι

αποκλειστικά η C. Η ανάπτυξη της πλατφόρμας έγινε με τη χρήση μίας ομάδας εφαρμογών που έχει τον τίτλο «Maemo» [42]. Αυτή η εφαρμογή προορίζεται για εγκατάσταση σε λειτουργικό Linux και καλύτερα σε Debian ή Ubuntu και χρησιμεύει για την ανάπτυξη, τον έλεγχο και το «compilation» της πλατφόρμας. Επειδή το κινητό δεν έχει τις δυνατότητες για να υποστηρίξει ούτε την ανάπτυξη εφαρμογών ούτε το «compilation» αυτών, χρησιμοποιείται η πλατφόρμα αυτή έτσι ώστε να γίνει το «cross-compilation» όπως ονομάζεται και να παραχθεί το απαραίτητο αρχείο που θα μπορεί να εισαχθεί έπειτα στο κινητό. Το «compilation» αυτό γίνεται μέσω μίας εφαρμογής που προσομοιώνει τα χαρακτηριστικά του κινητού τηλεφώνου και ονομάζεται QEMU. Αυτή η εφαρμογή αποτελεί έναν «emulator» για συσκευές που έχουν ARM επεξεργαστή, μία από αυτές τις συσκευές είναι και το Nokia 770. Το «cross compilation» όμως έγινε στο τελευταίο στάδιο της ανάπτυξης της πλατφόρμας. Η κυρίως ανάπτυξη και ο έλεγχος της πλατφόρμας έγινε χρησιμοποιώντας τον επεξεργαστή i386 των Pentium υπολογιστών. Συνεπώς η πλατφόρμα μπορεί να λειτουργήσει τόσο στο PC όσο και στο κινητό, πάντα βέβαια μέσω της εφαρμογής Maemo.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί το Maemo φαίνονται σε γενικές γραμμές στο παρακάτω σχήμα [43], Εικόνα 21. Σε γενικές γραμμές το Maemo είναι μία ανοικτή πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών για συσκευές κινητών. Αναπτύχθηκε από την Nokia ως μέρος της διαδικασίας ανάπτυξης του Nokia 770 Internet Tablet. Περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στο site της εφαρμογής [43].



Εικόνα 21: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Maemo

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι η πλατφόρμα για το κινητό αναπτύχθηκε με το Maemo 2.0. Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να «τρέξει» η εφαρμογή στο κινητό απαιτείται η εγκατάσταση της τελευταίας έκδοσης του λειτουργικού που χρησιμοποιείται από την πλατφόρμα. Αυτή είναι η «Internet Tablet OS 2006». Σε περίπτωση που η έκδοση που χρησιμοποιείται είναι παλαιότερη από αυτή η εφαρμογή δεν θα λειτουργεί.

Ακόμα, όπως έχει ήδη ειπωθεί η πλατφόρμα είναι γραμμένη στη γλώσσα C και σε εφαρμογές που είναι γραμμένες με τη χρήση αυτής της γλώσσας. Το γραφικό περιβάλλον έγινε χρησιμοποιώντας το GTK [44] και τις βιβλιοθήκες που αυτό χρησιμοποιεί. Η αναζήτηση, το «parsing» των RDF/XML εγγράφων έγινε με τον XML Parser με το όνομα Expat [45] ενώ για την δημιουργία τους χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι γραμμένες σε C.

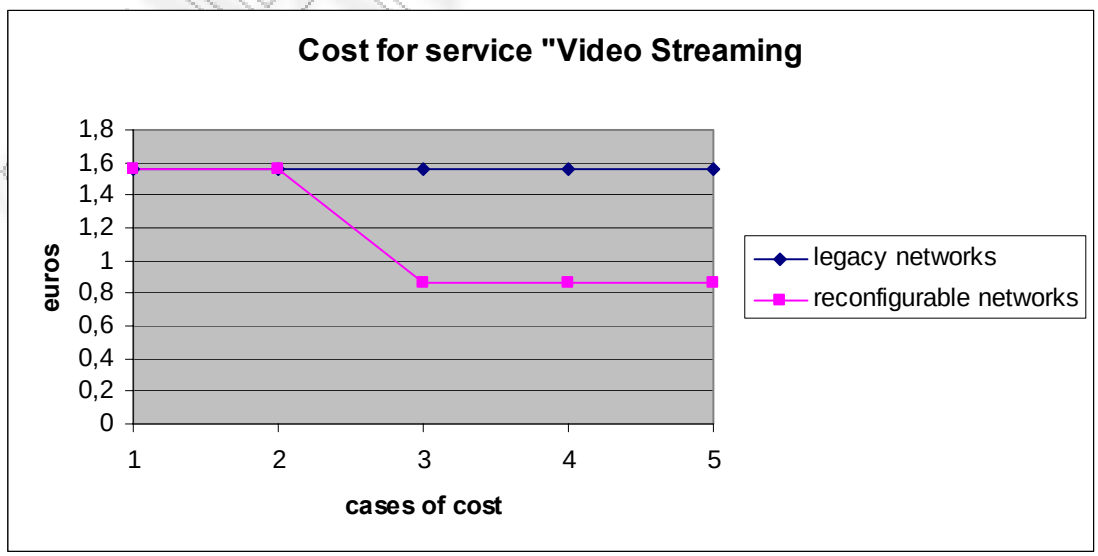
10 Αποτελέσματα

Από την μελέτη της λειτουργίας της πλατφόρμας και διάφορων σεναρίων χρήσης αυτής, μεταξύ άλλων και αυτών που περιγράφονται στην ενότητα 8.3, προέκυψαν μερικά χρήσιμα συμπεράσματα. Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν διάφορες γραφικές παραστάσεις αυτών των αποτελεσμάτων, τα ίδια τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Σε όλα τα παρακάτω παραδείγματα η υπηρεσία που μελετάται είναι το Video Streaming.

10.1 Παράδειγμα μείωσης κόστους

Στο πρώτο παράδειγμα, Εικόνα 22, γίνεται προσπάθεια να δειχθεί με απλό τρόπο το κέρδος που μπορεί να έχει ένας χρήστης κινητού τηλεφώνου τέταρτης γενιάς σε σχέση με έναν χρήστη κινητού τρίτης γενιάς. Γίνεται η υπόθεση ότι οι δύο υποθετικοί χρήστες βρίσκονται σε ένα περιβάλλον όπου είναι διαθέσιμο μόνο το RAT UMTS. Αυτοί οι δύο χρήστες ξεκινούν ταυτόχρονα την υπηρεσία «Video Streaming». Επίσης υποθέτουμε ότι η υπηρεσία προσφέρεται σε επίπεδο ποιότητας high και το κόστος της είναι μικρότερο από αυτό που ο χρήστης των τερματικών τέταρτης γενιάς ορίζει στο profile του ως το μέγιστο. Με το πέρασμα του χρόνου οι δύο χρήστες κινούνται στην περιοχή και κάποια στιγμή βρίσκονται ταυτόχρονα σε μία περιοχή όπου υπάρχει διαθέσιμο τοπικό ασύρματο δίκτυο (WLAN). Από τώρα και στο εξής η λειτουργία των δύο κινητών θα είναι η ακόλουθη. Το κλασικό ασύρματο τερματικό τρίτης γενιάς θα παραμείνει συνδεδεμένο στο RAT UMTS και για τη συνέχεια, αντίθετα το κινητό τέταρτης γενιάς θα αναγνωρίσει με την διαδικασία του Discovery το εναλλακτικό διαθέσιμο δίκτυο WLAN και θα εκτελέσει τη διαδικασία του reconfiguration έτσι ώστε να διαπιστώσει πιο από τα δύο RAT είναι το πιο συμφέρον. Με αυτή τη διαδικασία προκύπτει ότι το WLAN είναι το δίκτυο που προσφέρει φθηνότερα την υπηρεσία στο QoS high. Άρα το 4G κινητό θα συνεχίσει να προσφέρει την υπηρεσία σε αυτό το RAT και όχι στο UMTS.

Ακόμα, αν υποτεθεί ότι η υπηρεσία στο UMTS προσφέρεται με κόστος «1,564371» Euro/λεπτό, ενώ στο WLAN με κόστος «0,864371», τότε ο



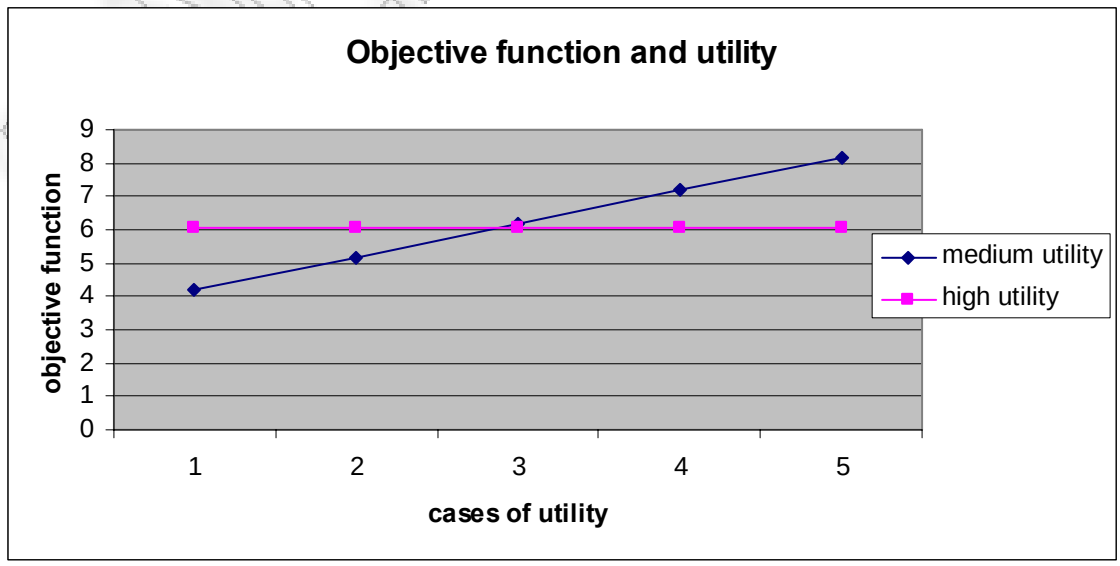
Εικόνα 22: Κόστος για την υπηρεσία «Video Streaming»

χρήστης θα έχει σαφές κέρδος. Πιο συγκεκριμένα ο μέσος όρος τιμής της υπηρεσίας στα υπάρχοντα δίκτυα θα είναι «1,564371» ενώ στα 4G θα είναι «1,144371» Euro/λεπτό.

10.2 Σχέση αντικειμενικής συνάρτησης και utility

Στη συνέχεια θα δειχθεί η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με το utility. Όλες οι άλλες μεταβλητές παρμένουν σταθερές και το μόνο που μεταβάλλεται είναι το utility. Το διάγραμμα της Εικόνα 23 προέκυψε από τις τιμές του Πίνακας 1. Το παράδειγμα είναι παρόμοιο με αυτό του σεναρίου 8.3.3. όπου όταν μειώθηκε η επιθυμία του χρήστη για υψηλό επίπεδο υπηρεσίας, το τερματικό επέλεξε το medium επίπεδο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αντί να μειωθεί η τιμή του υψηλού επιπέδου ποιότητας αυξάνεται αυτή του μεσαίου, του medium.

Η ροζ γραμμή του διαγράμματος παρουσιάζει τις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για την υπηρεσία «Video Streaming» και το επίπεδο ποιότητας high. Φαίνεται ότι οι τιμές παραμένουν σταθερές στη διάρκεια του χρόνου. Η μπλε γραμμή παρουσιάζει τις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για την υπηρεσία «Video Streaming» στο επίπεδο ποιότητας medium. Σε αντίθεση με αυτές της ροζ γραμμής, οι τιμές τις μπλε αυξάνονται στη διάρκεια του χρόνου. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της αύξησης του Utility για το επίπεδο ποιότητας medium όπως φαίνεται και στην Εικόνα 24. Εικόνα 24: Αυξανόμενο Utility volume

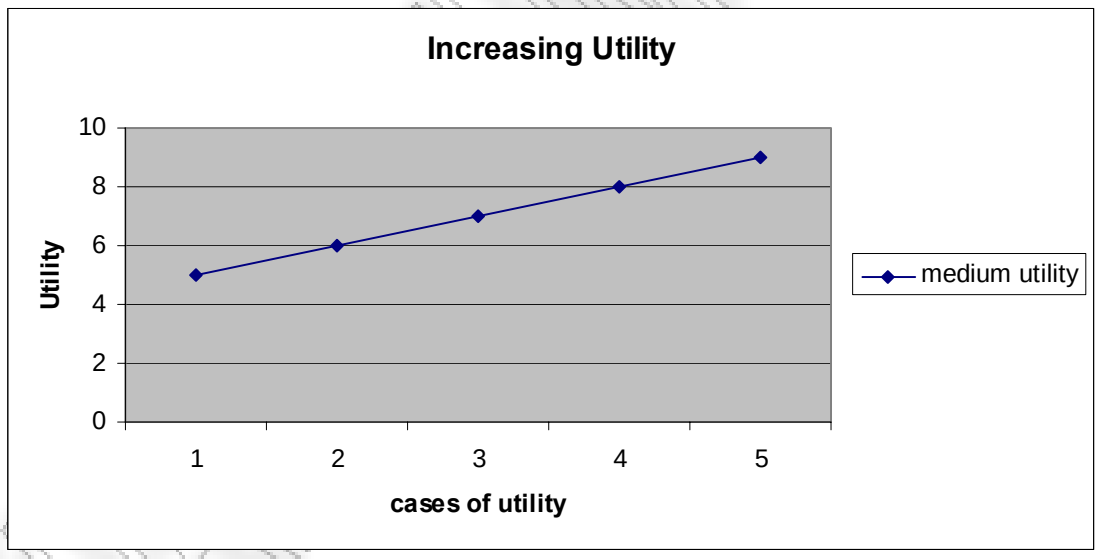


Εικόνα 23: Αντικειμενική συνάρτηση και utility volume

Πίνακας 1: Τιμές του διαγράμματος «αντικειμενική συνάρτηση και utility volume»

Cases of utility:	1	2	3	4	5
WLAN - Medium	4,175628627	5,175628627	6,175628627	7,175628627	8,175628627
WLAN - High	6,075628627	6,075628627	6,075628627	6,075628627	6,075628627

Σταδιακά, λοιπόν, οι τιμές του utility για το επίπεδο ποιότητας medium αυξάνονται, Πίνακας 2. Αυτό σημαίνει ότι η επιθυμία του χρήστη για την υπηρεσία στο επίπεδο ποιότητας medium συνεχώς αυξάνεται. Επίσης, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης μεταφράζεται στο πόσο ικανοποιημένος είναι ο χρήστης από το συγκεκριμένο συνδυασμό (RAT, υπηρεσίας και επίπεδο ποιότητας). Οπότε από τα παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι μετά την τρίτη περίπτωση της γραφικής παράστασης, ο χρήστης θα ήταν πιο ικανοποιημένος από μία χαμηλότερη ποιότητα για την υπηρεσία αφού πια δίνει βάρος στην τιμή.



Εικόνα 24: Αυξανόμενο Utility volume

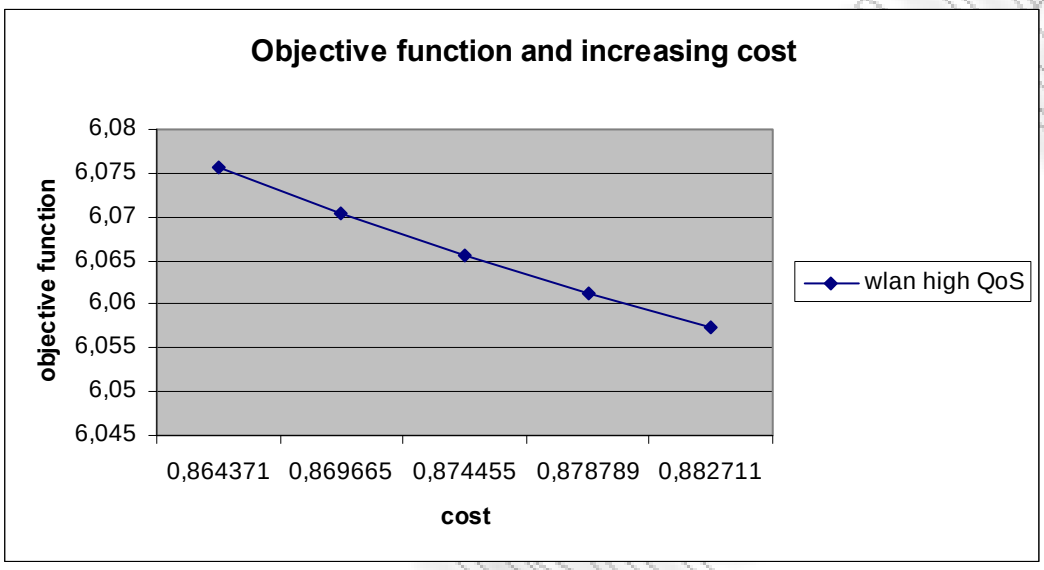
Πίνακας 2: Τιμές του Utility

Cases of Utility:	5	6	7	8	9

10.3 Σχέση αντικειμενικής συνάρτησης και κόστους υπηρεσίας

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα δούμε την σχέση της αντικειμενικής συνάρτησης και του κόστους μία υπηρεσίας σε ένα προεπιλεγμένο επίπεδο ποιότητας, Εικόνα 25. Η τιμή που μπορούν τα δίκτυα στα πλαίσια ενός CR

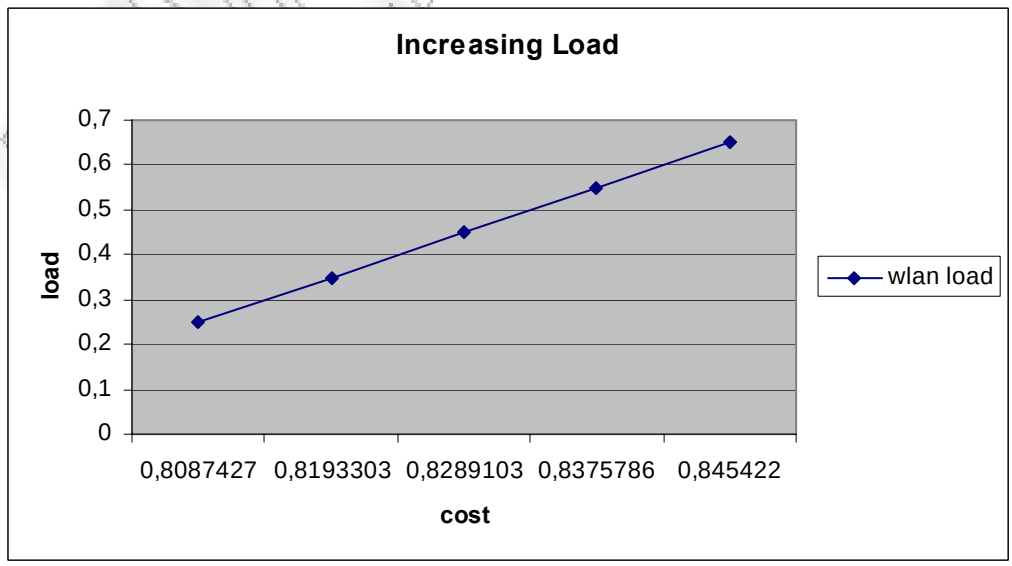
περιβάλλοντος να παρέχουν μία υπηρεσία, εκτός των άλλων παραγόντων, είναι και άμεση συνάρτηση του φόρτου που έχουν εκείνη τη στιγμή. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν λίγοι χρήστες στο δίκτυο η υπηρεσία θα παρέχεται σε χαμηλότερη τιμή. Σε αντίθετη περίπτωση σε υψηλότερη. Στην Εικόνα 25 φαίνεται η διακύμανση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης



Εικόνα 25: Αντικειμενική συνάρτηση και αυξανόμενο κόστος

Εδώ είναι φανερό ότι όσο η τιμή του κόστους που προσφέρεται αυξάνεται, τόσο η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης μειώνεται και τόσο λιγότερο επιθυμεί ο χρήστης την συγκεκριμένη υπηρεσία (συνδυασμός RAT, υπηρεσίας, επιπέδου ποιότητας).

Η τιμή του κόστους όπως ειπώθηκε και προηγουμένως είναι άμεση συνάρτηση του load. Στην Εικόνα 26 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το load

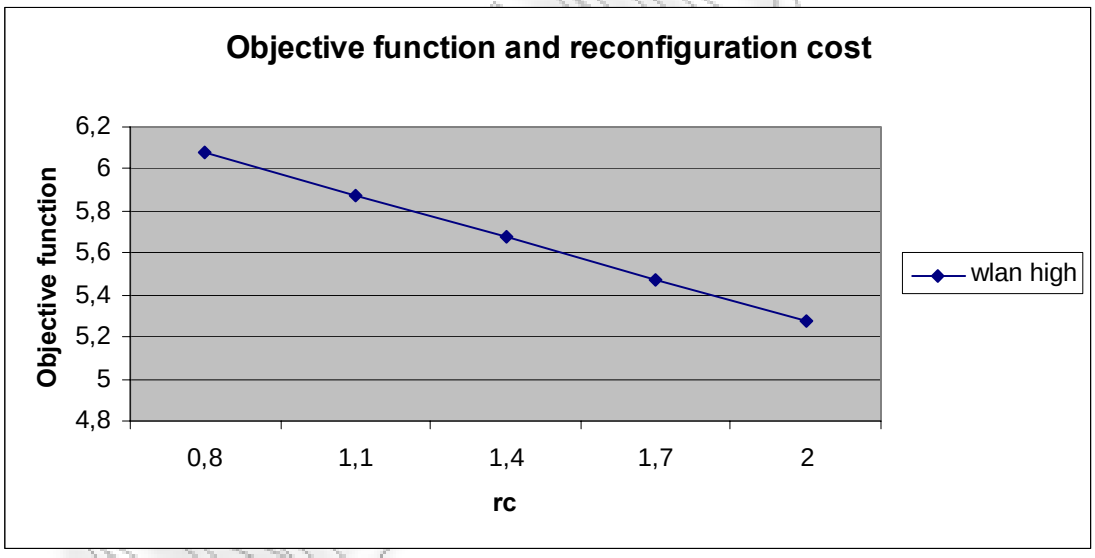


Εικόνα 26: Αυξανόμενο load

τόσο αυξάνεται και η προσφερόμενη τιμή της υπηρεσίας. Το γεγονός αυτό μπορεί να ωθήσει τον χρήστη στην επιλογή κάποιου άλλου RAT που θα προσφέρει την συγκεκριμένη υπηρεσία σε καλύτερη τιμή ή/και σε καλύτερο επίπεδο ποιότητας.

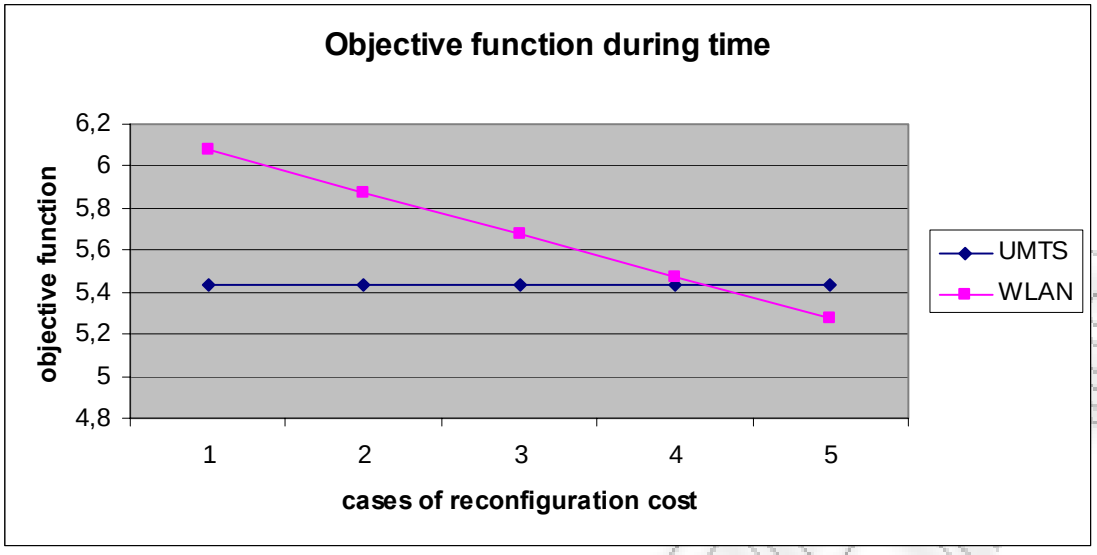
10.4 Σχέση αντικειμενικής συνάρτησης και κόστους αναδιάρθρωσης

Η τιμή του κόστους αναδιάρθρωσης σχετίζεται με το κόστος, από άποψη πόρων της συσκευής, που θα έχει το τερματικό σε περίπτωση που αποφασιστεί να μετακινηθεί σε άλλο RAT. Αν υποτεθεί ότι όλες οι άλλες παράμετροι παραμένουν σταθεροί, φαίνεται ότι όσο το reconfiguration cost αυξάνεται τόσο η επιθυμία του χρήστη για αλλαγή RAT μειώνεται, Εικόνα 27. Αυτό σημαίνει η αλλαγή ήταν πιο πιθανό να συμβεί με reconfiguration cost 0,8 από ότι με reconfiguration cost 2.



Εικόνα 27: Αντικειμενική συνάρτηση και κόστος αναδιάρθρωσης

Επίσης αν υποτεθεί ότι οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για το RAT

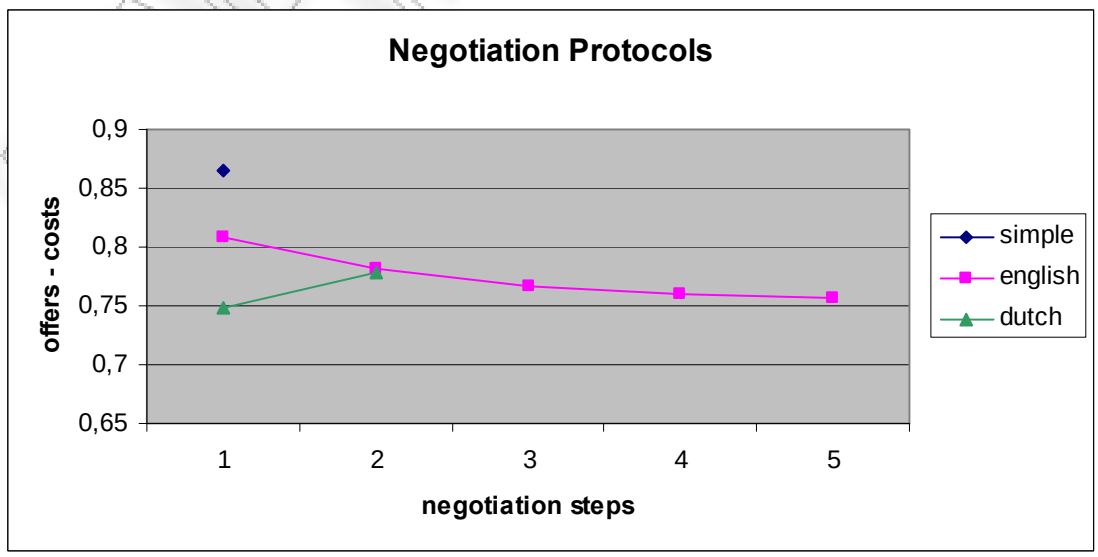


Εικόνα 28: Αντικειμενική συνάρτηση στην πορεία του χρόνου

UMTS είναι αυτές που φαίνονται στην μπλε γραμμή της Εικόνα 28, ενώ για το RAT WLAN είναι αυτές που φαίνονται στην αντίστοιχη ροζ, είναι φανερό ότι για πολύ μεγάλο reconfiguration cost μία πιθανή μεταπομπή από UMTS σε WLAN δεν θα συμβεί παρά το γεγονός ότι η υπηρεσία είναι πιθανό να παρέχεται σε χαμηλότερο κόστος (σύμφωνα και με το παράδειγμα της παραγράφου 10.1) στο νέο RAT. Ακόμα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος αναδιάρθρωσης του τρέχοντος RAT είναι φυσικά μηδέν.

10.5 Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστεί με γραφικό τρόπο η σχέση που έχουν τα διάφορα πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης όσον αφορά την τιμή που προσφέρεται μία υπηρεσία. Στην Εικόνα 29 φαίνονται οι τιμές των



Εικόνα 29: Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης

βημάτων κάθε πρωτοκόλλου. Στο απλό πρωτόκολλο, μπλε γραμμή, η τιμή που προσφέρεται με την πρώτη φορά είναι και η τελική. Στο πρωτόκολλο english η τελική τιμή επιτυγχάνεται στο πέμπτο βήμα διαπραγμάτευσης, ροζ γραμμή, και είναι κατά πολύ χαμηλότερη από αυτή του απλού πρωτοκόλλου. Στο πρωτόκολλο, dutch, η τελική τιμή επιτυγχάνεται μόλις στο δεύτερο βήμα, κίτρινη γραμμή, είναι μικρότερη από αυτή του απλού πρωτοκόλλου και λίγο μεγαλύτερη από αυτή του english. Φαίνεται λοιπόν ότι τα δύο επαναληπτικά πρωτόκολλα έχουν σαφές προβάδισμα σε σχέση με το απλό όσον αφορά την τιμή που προσφέρουν, ενώ αντίθετα χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να συμβούν. Επίσης μεταξύ των δύο σύνθετων δεν μπορεί να βγει σαφές συμπέρασμα για το πιο από τα δύο είναι καλύτερο, αφού το ένα έχει προβάδισμα από άποψη κόστους (english) ενώ το άλλο από άποψη ταχύτητας (dutch).

11 Επίλογος – Συμπεράσματα

Η έννοια του reconfigurability παρέχει τεχνολογίες για την αποτελεσματική εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των B3G συστημάτων. Η θεωρία της από-άκρο-σε-άκρο, όπως ονομάζεται (end-to-end) reconfigurability αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη πολλών εφαρμογών. Πολλές σχετικές πλατφόρμες βρίσκονται υπό ανάπτυξη. Αυτές οι πλατφόρμες θα μπορούν να υποστηρίζουν πρωτόκολλα και εφαρμογές που θα έχουν ως αποτέλεσμα υποδομές που θα μεταβάλλουν τη λειτουργία τους ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, θα βελτιστοποιούν την χρήση των διαθέσιμων πόρων, θα αυξάνουν την λειτουργικότητα τους και θα τροποποιούν τη λειτουργία τους εύκολα μέσω εφαρμογών λογισμικού. Όλα αυτά υπόσχονται ένα περιβάλλον όπου οι συσκευές θα επικοινωνούν μεταξύ τους αυτόνομα και χωρίς την παρέμβαση των χρηστών. Θα βελτιστοποιούν τη λειτουργία τους ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών αλλάζοντας τρόπους λειτουργίας (modes) και RATs με διαφανή τρόπο και χωρίς αυτό να γίνεται αισθητό από αυτούς.

Για να καταστεί δυνατό η συγκεκριμένη πλατφόρμα να λειτουργήσει πλήρως σε ένα τέτοιο περιβάλλον επιβάλλεται η περαιτέρω ανάπτυξή της έτσι ώστε να καλύπτει θέματα κινητικότητας, ασφάλειας ή συνεργασίας με

άλλα συστήματα. Τέτοια θέματα βρίσκονται υπό μελέτη και αποτελούν μελλοντικούς στόχους.

Συμπερασματικά στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν θέματα που αφορούν τα συστήματα κινητών επικοινωνιών της επόμενης γενιάς και τέθηκαν οι απαιτήσεις που αυτά πρέπει να ικανοποιούν. Παρουσιάστηκαν έννοιες όπως του Composite Radio, των Ubiquitous συστημάτων και δόθηκε μεγάλη έμφαση στην περιγραφή της έννοιας του reconfigurability. Επίσης παρουσιάστηκαν κάποιες από τις τεχνολογίες που θα επιτρέψουν την πλήρη υλοποίηση αυτών των συστημάτων, για παράδειγμα οι τεχνολογίες του Semantic Web όπως και αρκετές σχετικές μεθοδολογίες. Ακόμα προτάθηκαν δύο νέα είδη profile για την αποθήκευση πληροφοριών που αφορούν το χρήστη, το «user profile» και το «solution profile». Για να αποδειχθεί ότι αυτά τα συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν δημιουργήθηκαν δύο πλατφόρμες οι οποίες ενσωματώνουν πολλά από τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν τα κινητά συστήματα επικοινωνιών της επόμενης γενιάς. Επίσης η ενσωμάτωση και άλλων χαρακτηριστικών είναι αντικείμενο προς μελέτη και ήδη γίνεται προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση. Η πρώτη πλατφόρμα που παρουσιάστηκε (αυτή για το PC) υλοποιεί περισσότερα χαρακτηριστικά αλλά δεν προορίζεται για να λειτουργήσει σε πραγματικό κινητό τηλέφωνο. Η δεύτερη πλατφόρμα υλοποιεί κάπως λιγότερα χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων αλλά το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι ότι λειτουργεί σε ένα τερματικό και του προσδίδει χαρακτηριστικά τηλεφώνων της τέταρτης γενιάς.

[1]Γιάννης Σίσκος (1998), «Γραμμικός Προγραμματισμός», Εκδόσεις νέων τεχνολογιών, Αθήνα.

[2]P.Demestichas, N.Koutsouris, G.Kountourakis, K.Tsagkaris, A.Oikonomou, V.Stavroulaki, L.Papadopoulou, M.Theologou, G.Vivier, K.El-Khazen, "Management of networks and services in a composite radio context", IEEE Wireless Commun. Mag., Vol. 10, No. 4, Aug. 2003, pp. 44-51

[3]V. Stavroulaki , Soodesh Buljore, Pierre Roux, Eric Mélin, «Equipment Management Issues in B3G, End-to-End Reconfigurable Systems»

[4]Wireless World Research Forum (WWRF), Working Group 6 (Reconfigurability) http://wg6.ww-rf.org/

[5]A. H. Aghvami, T. H. Le, N. Olaziregi, "Mode Switching and QoS Issues in Software Radio", IEEE Personal Commun. Mag., Vol. 8, No. 5, Oct. 2001, pp. 38 - 44

[6]N. Georganopoulos, T. Farnham, R. Burgess, T. Schöler, J. Sessler, P. Warr, Z, Golubicic, F. Platbrood, B. Souville, S. Buljore, "Terminal-Centric View of Software Reconfigurable System Architecture and Enabling Components and Technologies", IEEE Commun. Mag., Vol. 42, No. 5, May 2004, pp. 100-109

[7]P. Demestichas, G.Vivier, K. El-Khazen, M. Theologou, "Evolution in Wireless Systems Management Concepts: From Composite Radio Environments to Reconfigurability", IEEE Communications Vol. 42, No. 5, May 2004, pp. 90-98

[8]IST project End-to-End Reconfigurability – E²R web site: www.e2r.motlabs.com

[9]«Semantic Web» World Wide Web Consortium, http://www.w3.org/2001/sw/

[10]Weiser, M, "The computer for the twenty-first century" Scientific American 265, 1991, pp. 94-104.

[11]Lassila, O, "Applying Semantic Web in Mobile and Ubiquitous Computing: Will Policy-Awareness Help? Proceedings of the Semantic Web Policy Workshop", 4th International Semantic Web Conference, Galway Ireland, November 2005, pp. 6–11

[12]OWL, Ontology Web Language: http://www.w3.org/TR/owl-features/

[13]Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax, http://www.w3.org/TR/RDF-concepts/

[14]XML Schema, http://www.w3.org/XML/Schema

[15]RDF/XML Syntax Specification, http://www.w3.org/TR/RDF-syntax-grammar/

[16]Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structure and Vocabularies 1.0, http://www.w3.org/TR/2004/REC-CCPP-struct-vocab-20040115/

[17]. WAP Forum: User Agent Profile OMA-UAProf-v2_0-20030520-C, May 2003, http://www.openmobilealliance.org/release_program/docs/UAProf/OMA-UAProf-V2_0-20030520-C.pdf

[18]Extensible Markup Language: The recommendation http://www.w3.org/TR/2004/REC-XML-20040204/

[19]RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, http://www.w3.org/TR/rdfschema/

[20]V. Stavroulaki, A. Katidiotis, D. Petromanolakis, P. Demestichas "Reconfiguration Negotiation and Selection for Equipment Management in Cognitive Wireless Networks"

[21] N. R. Jennings, P. Faratin, A. R. Lomuscio, S. Parsons, C. Sierra and M. Wooldridge (2001) "Automated negotiation: prospects, methods and challenges" Int. J. of Group Decision and Negotiation 10 (2) 199-215.

[22]A. Mas-Colell, Microeconomics. Oxford University Press, 1995.

[23]F. Glover, M. Laguna, Taboo search. Kluwer Academic Publisher, Hingham, Massachusetts, 1998.

[24]Z. Michalewicz, Genetic algorithms + Data structures = Evolution programs. Springer-Verlag, Berlin, 1995.

[25]R. Haupt, S. Haupt, Practical genetic algorithms. J. Wiley & Sons, New York, 1997.

[26]M. Mouly and M.-B. Pautet, "The GSM System for Mobile Communications" Palaiseau, France, 1992.

[27]R. Kalden, I. Meirick, and M. Meyer, "Wireless Internet Access Based on GPRS." IEEE Pers. Commun., vol. 7 no. 2, Apr. 2000, pp. 8-18.

[28]3rd Generation Partnership Project (3GPP), http://www.3gpp.org

[29]J. Khun-Jush et al., "HiperLAN2: Broadband Wireless Communications at 5 GHz," IEEE Commun. Mag., vol. 40, no. 6, June 2002, pp. 130-37.

[30]U. Varshney, "The Status and Future of 802.11-based WLANs." IEEE Comp., vol. 36, no. 6, June 2003, pp. 102-5.

[31]Digital Video Broadcasting (DVB), http://dvb.org, Jan. 2002.

[32]J. Mitola III and G. Maguire Jr. "Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal", IEEE Pers. Commun., col. 6, no. 4, Aug. 1999, pp. 13-18.

[33]H. Levkovetz and S. Vaarala, "Mobile IP Traversal of Network Address Translation Devices." RFC 3519, Apr. 2003.

[34]E. Gustafsson and A. Jonsson, "Always Best Connected" IEEE Wireless Commun., vol 10, no. 1, Feb. 2003, pp. 49-55.

[35]Γραμμικός προγραμματισμός – αντικειμενική συνάρτηση, http://en.wikipedia.org/wiki/Objective_function.

[36]Jena – A Semantic Web Framework for Java, http://jena.sourceforge.net/index.html

[37]ARP: Another RDF Parser, http://www.hpl.hp.com/personal/jjc/arp/

[38]Validation service, http://www.w3.org/RDF/Validator/

[39]Xerces: XML Parser, http://xerces.apache.org/

[40]Nokia 770 Internet Tablet, http://europe.nokia.com/770

[41]Debian, http://www.debian.org

[42]Maemo – The application development platform for the Nokia 770, http://maemo.org/

[43]Maemo – white paper http://maemo.org/platform/docs/maemo_exec_whitepaper.html

[44]GTK – A multi-platform graphical toolkit for creating graphical user interfaces, http://www.gtk.org/

[45]The Expat XML Parser - An XML parser library written in C, http://expat.sourceforge.net/

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ