

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ANDROID**

Γεώργιος Βανός - ΜΕ10080

Η Διπλωματική εργασία, υποβάλλεται για τη μερική κάλυψη των απαιτήσεων του θέματος, με στόχο την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Σπουδών στα Ψηφιακά Συστήματα.

Πειραιάς, Μαΐος 2013

Αφιερώνεται σε εξαιρετικά πρόσωπα...

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Στην παρούσα εργασία, θα ασχοληθούμε με την διαχείριση υπηρεσιών σε ασύρματες γνωστικές συσκευές. Οι ασύρματες γνωστικές συσκευές χρησιμοποιούν την εξελικτική διαδικασία μάθησης με τους γνωστικούς μηχανισμούς, ώστε να αποκτήσουν γνώση σχετικά με το πλαίσιο χρήσης (το οποίο αναφέρεται στο προφίλ του χρήστη, στις αλληλεπιδράσεις του περιβάλλοντος, στην παροχή υπηρεσιών) και έτσι να μπορούν να κάνουν ένα σύνολο διαπραγματεύσεων για τα διαθέσιμα γνωστικά δίκτυα, ώστε να πετύχουν την καλύτερη αναδιαμόρφωση ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη, για να του παρέχουν υπηρεσίες στην καλύτερη δυνατή ποιότητα. Όσον αφορά τους μηχανισμούς μάθησης, γίνεται λόγος για το Σύστημα διαχείρισης αναδιαμορφωμένου εξοπλισμού (MSRE), το Σύστημα διαχείρισης αναδιαμορφωμένου τερματικού (RTMS) και για το Γνωστικό σύστημα διαχείρισης συσκευών (CDMS). Το MSRE είναι πρόγονος του RTMS, το οποίο είναι πρόγονος του CDMS. Και οι τρεις μηχανισμοί, ο καθένας με κάπως διαφοροποιημένο τρόπο, έχουν κάποια συστατικά τα οποία είναι: Προφίλ χρήστη (το οποίο έχει κάποιες παραμέτρους προφίλ οι οποίες καθορίζουν τις απαιτήσεις του χρήστη, όπως Bitrate, Delay, QoS), Διαπραγμάτευση (όπου με τις τιμές χρησιμότητας, που τις καθορίζει ο χρήστης με το προφίλ του, γίνεται προσπάθεια να βρεθούν τα καλύτερα δίκτυα που παρέχουν τις επιθυμητές απαιτήσεις του χρήστη), Λήψη Αποφάσεων και επιλογή (όπου υπάρχουν δυο είδη αλγορίθμων, οι Γνωστικοί και οι Κληρονομιάς, με τους οποίους βρίσκεται η αξία καταλληλότητας για κάθε δίκτυο, το οποίο είναι διαθέσιμο και επιλέγεται το καλύτερο για να παρέχει στο χρήστη τις υπηρεσίες που επιθυμεί). Στην ουσία κάθε γνωστική συσκευή είναι ένα σύστημα e-learning που μαθαίνει τις επιθυμίες του χρήστη και προσπαθεί να του παρέχει τις καλύτερες επιλογές. Τέλος θα παρουσιάσουμε μια πλατφόρμα για όλα αυτά που περιγράψαμε παραπάνω, η οποία θα είναι συμβατή για android κινητές συσκευές.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στην Επίκουρη Καθηγήτρια, κα. Βέρα Σταυρουλάκη για την επίβλεψη και την βοήθεια που παρείχε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου.

Επίσης ευχαριστώ, όλους τους καθηγητές μου, που με βοήθησαν και μου έδωσαν την γνώση τους, ώστε να καταφέρω να ανταπεξέλθω όσο καλύτερα μπορούσα για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος.

Τέλος για άλλη μια φορά, ευχαριστώ τους γονείς μου που με στήριξαν και στο μεταπτυχιακό μου, δίνοντας μου την δυνατότητα να προοδεύσω και να ενισχυθώ με γνώση που θα μου είναι χρήσιμη για την μελλοντική μου σταδιοδρομία.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	10
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	12
3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ.....	53
3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΣΩΡΙΝΟΥ ΠΡΟΦΙΛ	54
3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	55
3.3 ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	56
3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΦΙΛ	57
3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ UTILITY ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ-QOS	58
3.6 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ.....	60
4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	69
4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	69
4.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ.....	70
4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	74
4.3.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1 – (AUDIO CALL – 24 MBPS – 2500 MSEC)	74
4.3.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2 – (VIDEO STREAMING – 36 MBPS – 2500 MSEC)	78
4.3.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3 – (AUDIO CALL – 12 MBPS – 2000 MSEC)	81
4.3.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4 – (VIDEO STREAMING – 24 MBPS – 2000 MSEC)	84
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	90

Σ1	Αλγόριθμος Χρησιμότητας για Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων.....	13
Σ2	Λειτουργικότητα Διαχείρισης για Μεμονωμένο Στοιχείο / Αναδιαμορφωμένο Τερματικό.	15
Σ3	Συστατικά του Συστήματος Διαχείρισης Αναδιαμορφωμένου Εξοπλισμού.....	19
Σ4	Λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αναδιαμορφωμένου Εξοπλισμού.....	19
Σ5	Διαδικασία Επιλογής των Καλύτερων Συνεργαζόμενων ΝΟs.....	24
Σ6	Διαδικασία της Utility-Aware Επιλογής Γνωστικού Δικτύου.....	28
Σ7	Εκτενέστερη Περιγραφή της Διαδικασίας Επιλογής Δικτύου.....	29
Σ8	Αρχιτεκτονική του Συστήματος Διαχείρισης Τερματικού.....	32
Σ9	Bayesian Δίκτυο για Μοντελοποίηση Προτιμήσεων Χρήστη.....	34
Σ10	Επισκόπηση του Συστήματος Διαχείρισης Γνωστικής Συσκευής.....	41
Σ11	Διαδικασία Λειτουργίας Cognitive MADM.....	49
Σ12	Διαδικασία Λειτουργίας Cognitive Utility-based.....	50
Σ13	Αλληλεπίδραση των Στοιχείων του CDMS.....	51
Σ14	Διαδικασία Λειτουργίας Legacy MADM.....	52
Σ15	Διαδικασία Λειτουργίας Legacy Utility-based.....	52
Σ16	Περίπτωση Χρήσης με τις Πέντε Λειτουργίες της Πλατφόρμας.....	53
Σ17	Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Επιλογή Προφίλ.....	54
Σ18	Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Εύρεση Αλγόριθμου Δικτύου.....	55
Σ19	Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Εύρεση Καλύτερου Δικτύου.....	57
Σ20	Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Δημιουργία Προφίλ.....	58
Σ21	Διάγραμμα Δραστηριότητας για τον Υπολογισμό των τιμών Utility.....	59
Σ22	Οι Λειτουργίες της Πλατφόρμας, οι Συνιστώσες και οι Αλληλεπιδράσεις τους.....	60
Σ23	Μετρήσιμες Τιμές Bitrate για κάθε Δίκτυο (α).....	75
Σ24	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (α).....	76
Σ25	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Selection (α).....	76
Σ26	Προσαρμοσμένες Πιθανότητες των Utility Values Επιλογών του Χρήστη (α).....	77
Σ27	Μετρήσιμες Τιμές Bitrate για κάθε Δίκτυο (β).....	78

Σ28	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (β).....	79
Σ29	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Selection (β).....	79
Σ30	Προσαρμοσμένες Πιθανότητες των Utility Values Επιλογών του Χρήστη (β).....	80
Σ31	Μετρήσιμες Τιμές Bitrate για κάθε Δίκτυο (γ).....	81
Σ32	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (γ).....	82
Σ33	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Selection (γ).....	82
Σ34	Προσαρμοσμένες Πιθανότητες των Utility Values Επιλογών του Χρήστη (γ).....	83
Σ35	Μετρήσιμες Τιμές Bitrate για κάθε Δίκτυο (δ).....	84
Σ36	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (δ).....	85
Σ37	Εύρεση Κατάλληλου Δικτύου με Cognitive Selection (δ).....	85
Σ38	Προσαρμοσμένες Πιθανότητες των Utility Values Επιλογών του Χρήστη (δ).....	86
Σ39	Χρόνος Εκτέλεσης Διαδικασίας Εύρεση Δικτύου.....	86

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Π1	Κατηγορίες Παραμέτρων Προφίλ του Χρήστη.....	42
Π2	Τύπος Υπολογισμού Προσαρμοσμένης Πιθανότητας.....	43
Π3	Utility Volume Conditional Probability Table.....	44
Π4	Ενέργειες Δράστη-Συστήματος για την Επιλογή Προφίλ.....	55
Π5	Ενέργειες Δράστη-Συστήματος για την Εύρεση Αλγόριθμου Δικτύου.....	56
Π6	Ενέργειες Δράστη-Συστήματος για την Δημιουργία Προφίλ.....	58
Π7	QoS Επίπεδα και Αντίστοιχες Τιμές Χρησιμότητας (α).....	75
Π8	Utility Values για κάθε Συνδυασμό (Προφίλ, Υπηρεσία, Ποιότητα) (α).....	77
Π9	QoS Επίπεδα και Αντίστοιχες Τιμές Χρησιμότητας (β).....	78
Π10	Utility Values για κάθε Συνδυασμό (Προφίλ, Υπηρεσία, Ποιότητα) (β).....	80
Π11	QoS Επίπεδα και Αντίστοιχες Τιμές Χρησιμότητας (γ).....	81
Π12	Utility Values για κάθε Συνδυασμό (Προφίλ, Υπηρεσία, Ποιότητα) (γ).....	83
Π13	QoS Επίπεδα και Αντίστοιχες Τιμές Χρησιμότητας (δ).....	84
Π14	Utility Values για κάθε Συνδυασμό (Προφίλ, Υπηρεσία, Ποιότητα) (δ).....	85

E1	Είσοδος στην Πλατφόρμα.....	70
E2	Δημιουργία Προφίλ.....	70
E3	Επιλογή Επιθυμητών Στοιχείων για το Προφίλ.....	71
E4	Επιλογή Αλγόριθμου Εύρεσης Δικτύου.....	71
E5	Εύρεση Δικτύου με Cognitive Utility Based Selection Αλγόριθμο.....	72
E6	Εμφάνιση Αποτελεσμάτων με βάση την Υπηρεσία Audio Call.....	72
E7	Εύρεση Δικτύου με Cognitive Selection Αλγόριθμο.....	73
E8	Εμφάνιση Αποτελεσμάτων με βάση την Υπηρεσία Video Streaming.....	73

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΩΣ

(B3G)	Beyond Third Generation	(Mbps)	Megabits per second
(RAT)	Radio Access Technology	(MADM)	Multi-Attribute Decision Making
(MSRE)	Management System for Reconfigurable Equipment	(KPI)	Key Performance Indicator
(MAUP)	Modeling & Adaptation to User Preferences	(AP)	Access Point
(IAS)	Intelligent Access Selection	(IP)	Internet Protocol
(TMS)	Terminal Management System	(PHY)	Physical Layer
(NIAM)	Network Interface Adaption Module	(MAC)	Medium Access Control
(MMM)	Mobility Management Module	(Kb/s)	Kilobits/second
(QoS)	Quality of Service	(OF)	Objective Function
(SAN)	Software Adaptable Network	(NO)	Network Operator
(CDMS)	Cognitive Device Management System	(CPT)	Conditional Probability Table
(dBm)	Decibel Milliwatt	(API)	Application Programming Interface
(RTMS)	Reconfigurable Terminal Management System	(CP)	Counter Part
(UPM)	User Preferences Module	(CNS)	Configuration Negotiation and Selection

Το θέμα που θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη διπλωματική είναι γύρω από την διαχείριση υπηρεσιών για τις ασύρματες γνωστικές συσκευές. Η επιθυμία των χρηστών, για την καλύτερη δυνατή παροχή ποιότητας υπηρεσίας διαμέσου κάποιου δικτύου, έχει οδηγήσει στην ανάγκη για την εύρεση κάποιας τεχνολογίας που να παρέχει, άμεσα την απαίτηση αυτή του χρήστη. Σκοπός μας είναι να παραθέσουμε στοιχεία, με βάση τα οποία να γίνει κατανοητό, η μεγάλη σημασία που έχει η χρήση τέτοιου είδους συσκευών καθώς και η πλατφόρμα που υλοποιήσαμε, για την καλύτερη παροχή υπηρεσιών στο χρήστη. Με τον όρο «Γνωστική Συσκευή», αναφερόμαστε στη συσκευή που είναι σε θέση να προσαρμόζεται στο περιβάλλον, γύρω από το οποίο λειτουργεί, να κατανοεί το πλαίσιο παροχής υπηρεσιών, το προφίλ και τις ανάγκες του χρήστη, έτσι ώστε να αποκτά αυτόματα γνώση και εμπειρία, παρέχοντας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στο χρήστη, την υπηρεσία που επιθυμεί, (Βανός Γ, 2013).

Στην συνέχεια θα παραθέσουμε τις βιβλιογραφικές πηγές, με όλα τα απαραίτητα στοιχεία για να μπούμε βαθύτερα στο θέμα, αναλύοντας τους μηχανισμούς των γνωστικών συσκευών, τις απαιτήσεις, προϋποθέσεις και τους περιορισμούς, ώστε να λειτουργήσει το σύστημα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, παρέχοντας υψηλού επιπέδου υπηρεσίες. Θα κάνουμε μια ιστορική αναδρομή κατά κάποιο τρόπο, όσον αφορά το γνωστικό σύστημα, μέχρι τη νεότερη μορφή του, που χρησιμοποιήσαμε και εμείς στην πλατφόρμα μας.

Ύστερα θα αναφέρουμε τις τεχνολογίες και το αντίστοιχο λογισμικό, που χρησιμοποιήσαμε για να υλοποιήσουμε την παρούσα πλατφόρμα, θα περιγράψουμε τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, εξηγώντας αναλυτικότερα τους μαθηματικούς τύπους που εφαρμόστηκαν για να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μετά θα καταγράψουμε με διαγράμματα, πίνακες και σχήματα, τα αποτελέσματα από τα σενάρια χρήσης που τρέξαμε στην πλατφόρμα μας, αναλύοντας τον λόγο ύπαρξής τους και βρίσκοντας πιθανές αδυναμίες του συστήματος.

Κατόπιν, θα καταγράψουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επισκόπηση των βιβλιογραφικών πηγών και από τα αποτελέσματα των σεναρίων χρήσης της πλατφόρμας μας. Θα δούμε πλεονεκτήματα και τυχόν μειονεκτήματα από την χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας και θα προτείνουμε μελλοντική έρευνα για την καλύτερη αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας, όσον αφορά την ποιότητα παροχής υπηρεσιών προς τους χρήστες.

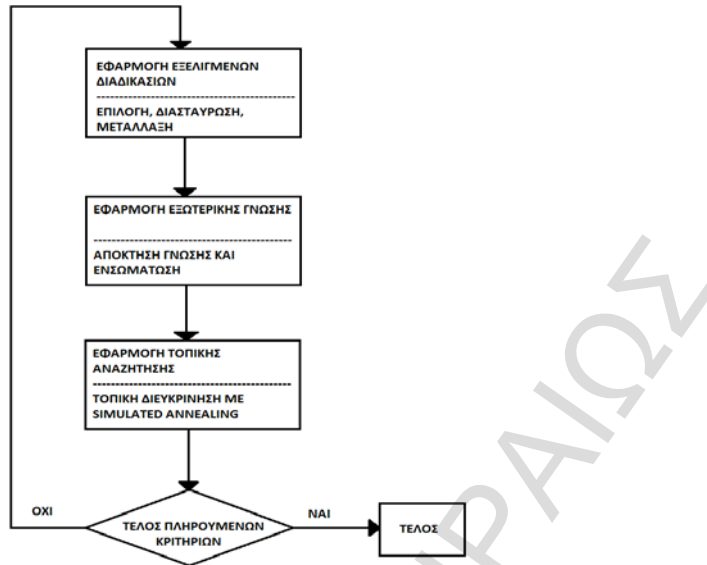
Τέλος θα παρουσιάσουμε ένα εγχειρίδιο χρήσης της πλατφόρμας με screenshots και με μια μικρή περιγραφή, για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της, ώστε να μπορούν εύκολα οι χρήστες να αποκτήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα, παροχής υπηρεσίας, που χρειάζονται κάθε φορά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παραθέσουμε τις βιβλιογραφικές πηγές που συλλέξαμε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Θα περιγράψουμε τα βασικά στοιχεία που αναφέρονται στις πηγές, θα παρουσιάσουμε τις διαφορές που τυχόν υπάρχουν μεταξύ των πηγών και της παρούσας πλατφόρμας, καθώς και θα παρουσιάσουμε πίνακες, διαγράμματα, για την καλύτερη κατανόηση του θέματος γύρω από την διαχείριση υπηρεσιών σε ασύρματες γνωστικές συσκευές.

Οι Guo Y, Muller J, 2003, κάνουν λόγο για την έννοια της διαπραγματεύσεως, η οποία είναι ένας θεμελιώδης μηχανισμός για την αυτοματοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών και για την αύξηση της ευελιξίας τους. Σε πολλές περιπτώσεις οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων σε διαπραγματεύσεις απαιτούν εξέταση των πολλαπλών ιδιοτήτων, όπως τη ποιότητα, το χρόνο παράδοσης ή τους όρους πληρωμής. Τα δύο βασικά συστατικά της διαδικασίας διαπραγματεύσεως, είναι το πρωτόκολλο και οι στρατηγικές. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η διαδικασία λήψης αποφάσεων, που ακολουθεί τη διαπραγμάτευση, η οποία βασίζεται στην εξέταση πολλαπλών ιδιοτήτων.

Για την διαδικασία της λήψης αποφάσεων, υπάρχει μια συνάρτηση χρησιμότητας του χρήστη U , που εφαρμόζεται σε ένα προϊόν p με n ιδιότητες. Η συνάρτηση αυτή ορίζεται ως εξής: $U(p) = \sum_{i=1}^n w_i * f_i(a_i)$. Εδώ το w_i υποδηλώνει το βάρος της ιδιότητας a_i . Η σημασία της ιδιότητας $f_i(a_i) : Dom(a_i)$ με $Dom(a_i)$ να είναι το πεδίο ορισμού της ιδιότητας a_i , υποδηλώνει τη συνάρτηση χρησιμότητας της ιδιότητας i . Η συνάρτηση εφαρμόζεται για να υπολογίσει το σκορ της ιδιότητας a_i για το προϊόν p . Έτσι η ιδιότητα που θα έχει την μεγαλύτερη τιμή χρησιμότητας θα υπερισχύσει.

Κατά τη διάρκεια της εξελικτικής διαδικασίας μάθησης, η γνώση του χρήστη ή της αγοράς, εφαρμόζεται για την πληθυσμιακή λύση, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο χρησιμότητας. Αποκτώντας γνώση για μεμονωμένες περιπτώσεις, γίνεται προσπάθεια να υπάρξει μια γενική γνώση για ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού των χρηστών. Επιπλέον, η ατομική μάθηση εφαρμόζεται από την τοπική αναζήτηση, η οποία έχει εισαχθεί σε μιμητικούς αλγορίθμους. Στο παρακάτω σχήμα υπάρχει ο αλγόριθμος χρησιμότητας, αναλύοντας τις επιμέρους φάσεις του.



Σχήμα 2.1: Αλγόριθμος χρησιμότητας για διαδικασία λήψης αποφάσεων.
(Guo Y, Muller J, 2003).

Για κάθε γενιά στη μαθησιακή διαδικασία, οι τρεις πράξεις που εφαρμόζονται για την εκμάθηση του πληθυσμού είναι:

- **Εφαρμογή εξελικτικών λειτουργιών:** Οι εργασίες εξέλιξης (επιλογή, διασταύρωση, και μετάλλαξη), εφαρμόζονται στην πληθυσμιακή λύση για βελτιωμένες λύσεις. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την επικοινωνία και την ανταλλαγή της γνώσης στο εσωτερικό της πληθυσμιακής λύσης.
- **Εφαρμογή εξωτερικών γνώσεων:** Η βασική λύση τροποποιήθηκε με την έγχυση εξωτερικών γνώσεων, στην πληθυσμιακή λύση. Η γνώση θα γίνει αποδεκτή με βάση την ορθότητα της γνώσης και μια ορισμένη πιθανότητα. Σε αυτό το στάδιο, η γνώση από πηγές εκτός της πληθυσμιακής λύσης, είναι ενσωματωμένη.
- **Εφαρμογή τοπικής αναζήτησης:** Κάθε λύση παρέχεται από μια τοπική μέθοδο αναζήτησης.

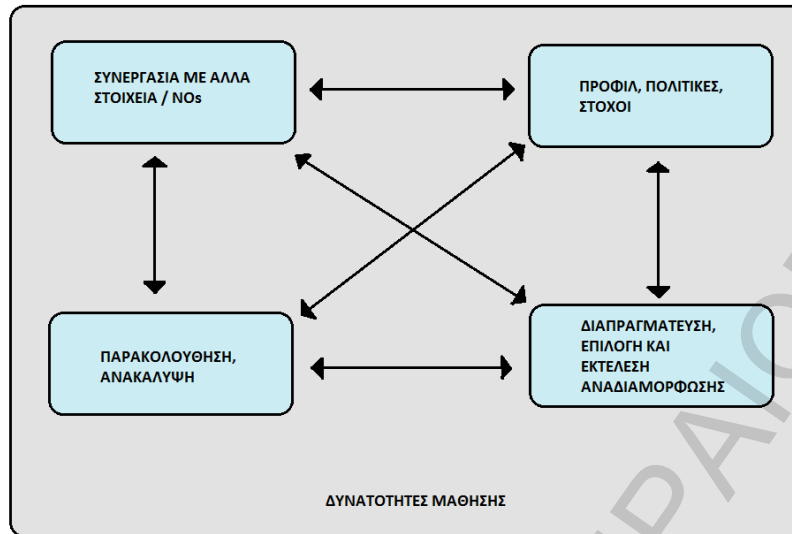
Στην παρούσα εργασία, στην διαδικασία της διαπραγμάτευσης έχουμε ένα πρωτόκολλο μόνο, ώστε να γίνει πιο απλουστευμένη η διαδικασία και να υπάρχει μεγαλύτερη κατανόηση του θέματος. Το πρωτόκολλο αυτό επιλέγει από κάθε παράμετρο του δικτύου, την καλύτερη δυνατή τιμή που μπορεί να έχει η κάθε παράμετρος και παρέχει μια υπηρεσία στο χρήστη. Όσον αφορά την διαδικασία λήψης αποφάσεων, έχουμε δυο αλγόριθμους που επιλέγουν το καλύτερο δίκτυο ανάμεσα σε δυο υποψήφια δίκτυα. Εδώ το δίκτυο που θα έχει την μεγαλύτερη τιμή θα επικρατήσει, που σημαίνει ότι θα παρέχει όσο το δυνατόν καλύτερες υπηρεσίες. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η διαδικασία μάθησης, όπου χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος, που κοιτάζει τις προτιμήσεις των χρηστών για το ποια υπηρεσία θα επιλέξουν και σε τι ποιότητα, και μέσα από αυτά τα στοιχεία αποκτά γενικές γνώσεις για αντίστοιχες περιπτώσεις που τυχόν θα υπάρξουν στο μέλλον, (Βανός Γ, 2013).

Οι Demestichas P, Strassner J, 2006, αναφέρουν ότι τα Γνωστικά δίκτυα είναι σε θέση να προσαρμόζονται διαρκώς στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και / ή στις ανάγκες των χρηστών. Η προσαρμογή πραγματοποιείται κυρίως μέσω της αυτό-διαχείρισης ή με άλλα λόγια, σύμφωνα με τις αρχές της αυτόνομης πληροφορικής και συνήθως περιλαμβάνει τη μηχανική μάθηση. Η αναδιαμόρφωση των γνωστικών δικτύων στα PHY / MAC στρώματα, παρέχει τη δυνατότητα να επιλεγεί δυναμικά το σύνολο των καταλληλότερων RATs και φάσματος, προκειμένου να χειριστούν καλύτερα τις απαιτήσεις για τις επιχειρήσεις, τις υπηρεσίες, τους πόρους, τη θέση και / ή το χρόνο παραλλαγής.

Οι εναλλακτικές διαμορφώσεις που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν, είναι γνωστές από τα γνωστικά στοιχεία, επιτρέποντας context-aware επιλογή. Οι αναδιαμορφώσεις αλλάζουν στο χρόνο και στο χώρο. Επομένως μια αναδιαμόρφωση γίνεται με την ενεργοποίηση του κατάλληλου λογισμικού, το οποίο υλοποιεί το επιλεγμένο RAT. Μια συμπληρωματική ιδέα για την έννοια του γνωστικού δικτύου, είναι να έχουμε απλώς συνεργαζόμενα δίκτυα, που λειτουργούν σε διαφορετικά RATs. Στη συνέχεια το NO μπορεί να επιλέξει το καλύτερο, ανάμεσα σε μια σειρά από εναλλακτικά δίκτυα συνεργασίας με σκοπό να προσφέρει τις καλύτερες δυνατές υπηρεσίες στους πελάτες του.

Τα γνωστικά ασύρματα δίκτυα έχουν ενσωματωμένη ευφυΐα που τους επιτρέπει να μάθουν από τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον και με βάση αυτές τις αλληλεπιδράσεις, να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους ανάλογα με τα διάφορα εξωτερικά ερεθίσματα.

Η αρχιτεκτονική διαχείρισης μιας B3G υποδομής γνωστικού δικτύου, αποτελείται από διάφορους φορείς, οι οποίοι οργανώνονται με ένα ιεραρχικό τρόπο που αποτελείται από τρία επίπεδα. Στο Tier-1, ελέγχετε ένα ολόκληρο τμήμα του δικτύου (υποσύνολο του δικτύου). Το Tier-1 αποτελείται από μηχανισμούς των οποίων πρωταρχικός σκοπός είναι να συντονιστούν με το δίκτυο κορμού, καθώς και οι αποφάσεις του Tier-2 για τους φορείς διαχείρισης. Οι οντότητες στο δεύτερο επίπεδο διαχειρίζονται ένα συγκεκριμένο αναδιαμορφωμένο στοιχείο του δικτύου (access point). Οι οντότητες στην τρίτη βαθμίδα απευθύνονται στους τερματικούς σταθμούς. Οι οντότητες στα Tier-2 και Tier-3, έχουν την εσωτερική δομή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.2: Λειτουργικότητα διαχείρισης για μεμονωμένο στοιχείο / αναδιαμορφωμένο τερματικό.
(Guo Y, Muller J, 2003).

- Η «Παρακολούθηση – Ανακάλυψη», ανιχνεύει συνεχώς το περιβάλλον, έτσι ώστε να παρακολουθεί τη ζήτηση και να ανακαλύψει τις δυνατότητες των εναλλακτικών διαμορφώσεων.
- Η «Συνεργασία με άλλα στοιχεία / ΝΟs», μπορεί να επικοινωνήσει με άλλα στοιχεία / ΝΟs, έτσι ώστε να αποκτήσει τις αιτήσεις, τις προσφορές τους, κλπ.
- Το «Προφίλ, πολιτικές, στόχοι», παρέχει στο χρήστη, την εφαρμογή και το στοιχείο, απαιτήσεις και χαρακτηριστικά, καθώς τις πολιτικές και τους επιχειρηματικούς στόχους του ΝΟ.
- Η «Διαπραγμάτευση, επιλογή και εκτέλεση Αναδιαμόρφωσης», αποφασίζει και υλοποιεί τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν σχετικά με το αναδιαμορφωμένο στοιχείο, με βάση τις πολιτικές, τα προφίλ και τις ενσωματωμένες δυνατότητες μάθησης.

Το πιο σημαντικό κομμάτι της λειτουργικότητας της διαχείρισης ενός αναδιαμορφωμένου τερματικού είναι η επιλογή αναδιαμόρφωσης, η οποία έχει ως εισόδους τα εξής: (α) την παρακολούθηση και την ανακάλυψη, (β) προφίλ, πολιτικές και τους στόχους, (γ) προσφορές από τα συνεργαζόμενα δίκτυα. Ως αποτέλεσμα της επιλογής διαμόρφωσης έχουμε τα εξής: (α) κατανομή των RATs και φάσματος για πομποδέκτες του στοιχείου ή τμήματος (β) κατανομή των QoS επίπεδων για τους χρήστες, (γ) κατανομή της ζήτησης σε RATs. Όλες οι πιστώσεις αυτές, θα πρέπει να βελτιστοποιήσουν μια αντικειμενική λειτουργία που σχετίζεται με τα ακόλουθα: Στις κατηγορίες χρηστών θα πρέπει να διατεθούν τα πλέον προτιμώμενα επίπεδα QoS, δηλαδή αυτά που μεγιστοποιούν το συνολικό όγκο χρησιμότητας, ενώ το κόστος της αναδιαμόρφωσης του δικτύου θα πρέπει να ελαχιστοποιείται.

Η διεργασία λύσης για την επιλογή της κατάλληλης αναδιαμόρφωσης χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις, προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητα της λύσης. Κατά την πρώτη φάση, τα υπό-πρόβλημα τα οποία μπορούν να επιλυθούν παράλληλα έχουν ξεκινήσει. Σε κάθε υπό-πρόβλημα, υπάρχει μια διαμόρφωση πομποδέκτη, δηλαδή η κατανομή των RATs και του φάσματος για πομποδέκτες. Οι δυνατότητες αυτής της διαμόρφωσης, θα διερευνηθούν στις επόμενες δύο φάσεις. Τέλος η τέταρτη φάση συνίσταται στην επιλογή της βέλτιστης λύσης.

Στη δεύτερη φάση, σε κάθε υπό-πρόβλημα (δηλαδή, για κάθε διαμόρφωση πομποδέκτη που βρέθηκε στην πρώτη φάση), υπάρχει μια κατανομή της ζήτησης για πομποδέκτες, στο βασικό επίπεδο QoS. Η διαμόρφωση που διερευνήθηκε στο υπό-πρόβλημα έχει ορισμένες δυνατότητες όσον αφορά τη χωρητικότητα και κάλυψη. Συνεπώς κάθε χρήστης μπορεί να εξυπηρετείται από ένα σύνολο πομποδεκτών. Ο χρήστης διατίθεται στον καλύτερο πομποδέκτη σύμφωνα με την πολιτική (επιλογή του ενός με τη μεγαλύτερη διαθέσιμη χωρητικότητα). Η φάση σταματά όταν όλοι οι χρήστες διατίθενται στους πομποδέκτες ή όταν η ζήτηση δεν μπορεί να εξυπηρετείται από τη διαμόρφωση που υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο.

Στην τρίτη φάση, υπάρχουν προσπάθειες για τη βελτίωση του QoS (που ανατέθηκε στο βασικό επίπεδο κατά την προηγούμενη φάση). Τα επίπεδα QoS προοδευτικά αυξάνουν, με ένα άπληστο τρόπο, ξεκινώντας από εκείνα που οδηγούν σε μια μεγαλύτερη αύξηση του όγκου χρησιμότητας (και ως εκ τούτου, την ικανοποίηση των χρηστών). Ο αλγόριθμος σταματά όταν δεν υπάρχει μεγαλύτερη αύξηση QoS, είτε λόγω προφίλ χρηστών ή λόγω της διαθέσιμης χωρητικότητας.

Τέλος, η τέταρτη φάση περιλαμβάνει την επιλογή της καλύτερης διαμόρφωσης. Οι διαμορφώσεις πέτυχαν μια ορισμένη απόδοση στις προηγούμενες δύο φάσεις. Αυτή η απόδοση προέρχεται από την παροχή των επιθυμητών επιπέδων QoS. Αυτό αντικατοπτρίζεται στους όγκους χρησιμότητας. Μια απόφαση με βάση την πολιτική απαιτείται για την επιλογή των καλύτερων ρυθμίσεων. Μια προσέγγιση μπορεί να επιλέξει τη ρύθμιση που απαιτεί τις λιγότερες αλλαγές στην ήδη υπάρχουσα διαμόρφωση.

Στην δική μας περίπτωση, οι αναδιαμορφώσεις γίνονται την στιγμή που αλλάζει το δίκτυο που θα δοθεί στο χρήστη. Έχουμε ένα NO και δυο υποψήφια δίκτυα που συνεργάζονται μαζί του. Το καλύτερο δίκτυο θα επιλεγεί με την βοήθεια των αλγορίθμων λήψης αποφάσεων και αυτό θα γίνει με το ποιο δίκτυο έχει μεγαλύτερη τιμή καταλληλότητας ώστε να προσφερθεί στο χρήστη με όσο το δυνατόν καλύτερες υπηρεσίες. Σχετικά με την αρχιτεκτονική του αναδιαμορφωμένου τερματικού, χρησιμοποιούνται τα συστατικά του CDMS (δηλαδή, Προφίλ χρήστη, Πλαίσιο περιεχομένου, Πολιτικές και Επιλογή κατάλληλης αναδιαμόρφωσης), (Βανός Γ, 2013).

Οι Stavrulaki V, Buljore S, 2006, κάνουν λόγο για την έννοια της αναδιαμόρφωσης, η οποία έχει αναπτυχθεί για να διευκολύνει και να υποστηρίξει τα B3G συστήματα, παρέχοντας τεχνολογίες για την ενεργοποίηση εξοπλισμού (όπως τερματικά και στοιχεία δικτύου), για να επιλεγεί δυναμικά ο καταλληλότερος τρόπος διασύνδεσης. Υποτίθεται ότι οι δυνατότητες του εξοπλισμού δεν είναι στατικές, αλλά είναι δυναμικές και μπορούν να προσαρμοστούν (αναδιαμορφωθούν) μέσω της λήψης και εγκατάστασης των κατάλληλων συστατικών λογισμικού.

Τα αναδιαμορφωμένα τερματικά πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργούν και να στρέφονται σε οποιοδήποτε RAT που είναι διαθέσιμο στην περιοχή κάλυψής τους. Οι διασυνδέσεις και οι μηχανισμοί για την διαχείριση της αναδιαμόρφωσης, εξασφαλίζουν την διαλειτουργικότητα μεταξύ των στοιχείων του δικτύου και των τερματικών σταθμών από διαφορετικούς κατασκευαστές, φορείς εκμετάλλευσης κτλ.

Για να είναι σε θέση ο mobile εξοπλισμός, να λειτουργεί με ένα ενιαίο, αποτελεσματικό, αξιόπιστο και ασφαλή τρόπο, το αντίστοιχο πλαίσιο της διαχείρισης, θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

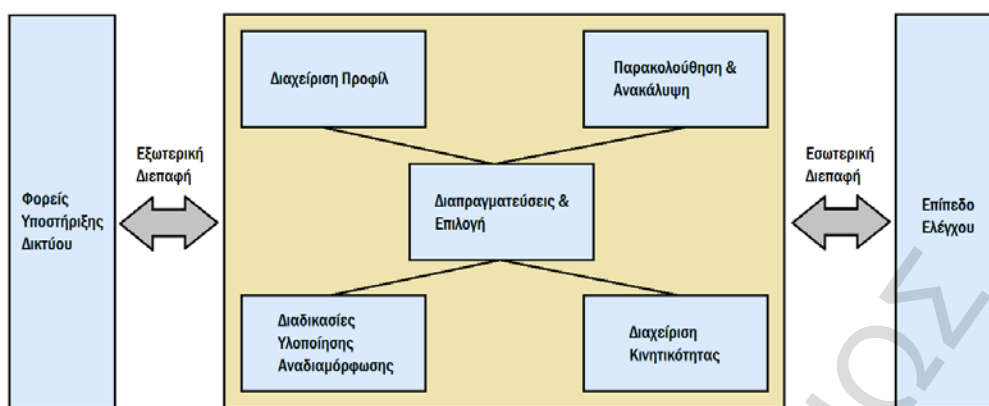
- Η ανακάλυψη των διαθέσιμων δικτύων πρόσβασης και περιοδικά η διενέργεια ελέγχων, προκειμένου να διαπιστωθεί αν μια καλύτερη εναλλακτική λύση είναι διαθέσιμη. Με άλλα λόγια ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίζει πιθανή είσοδο ενός νέου RAT στον τομέα των υπηρεσιών, προσφέροντας καλύτερες ευκαιρίες.
- Η παρακολούθηση των διαφόρων δικτύων πρόσβασης. Αυτό αφορά τη συλλογή στατιστικών στοιχείων από τα διάφορα RAT, προκειμένου να αξιολογηθεί η κατάστασή τους.
- Η διαπραγμάτευση προσφορών με τα διάφορα διαθέσιμα δίκτυα και η επιλογή του καταλληλότερου μοτίβου αναδιαμόρφωσης.
- Η εφαρμογή του επιλεγμένου μοτίβου αναδιαμόρφωσης. Αυτό μπορεί να απαιτεί τη λήψη και εγκατάσταση των απαραίτητων συστατικών λογισμικού.
- Η ενασχόληση με θέματα διαχείρισης κινητικότητας. Η διαδικασία επιλογής μπορεί να οδηγήσει σε μια αλλαγή από το ένα δίκτυο/RAT στο άλλο. Ο διακόπτης αυτός, πρέπει να πραγματοποιείται απρόσκοπτα, δηλαδή χωρίς διακοπή της συνόδου κατά τη διάρκεια της κίνησης.

Στην συνέχεια γίνεται αναφορά, σε ένα γενικό σύστημα διαχείρισης για αναδιαμορφωμένο εξοπλισμό (MSRE), που εστιάζει στις απαιτήσεις που προσδιορίστηκαν παραπάνω και πρέπει να αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια στοιχεία:

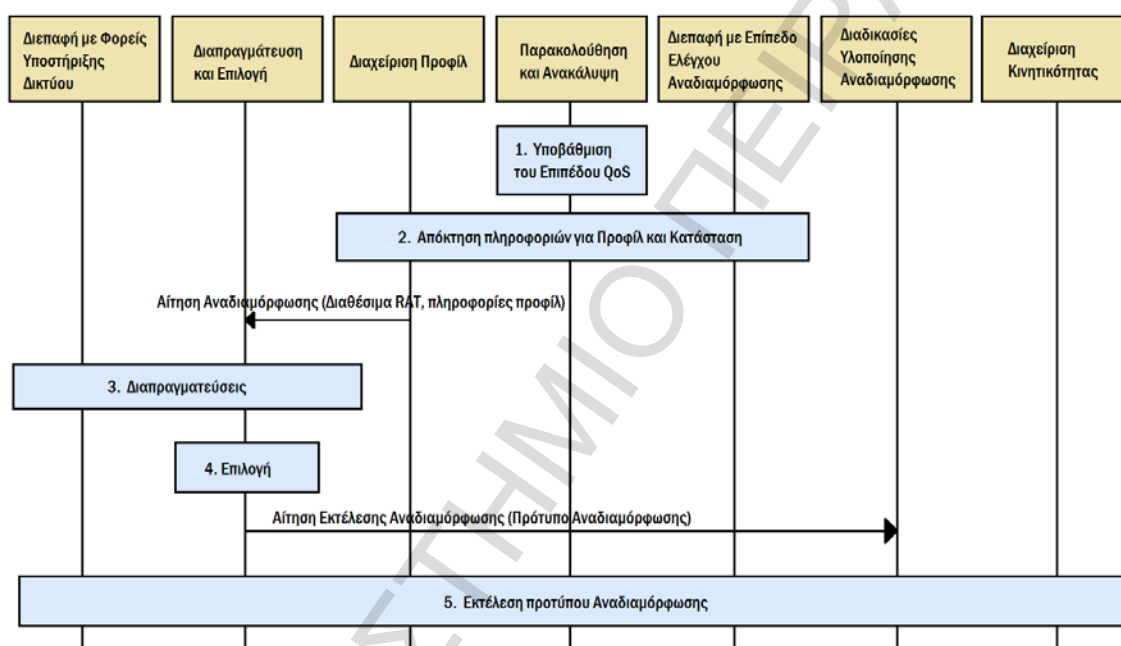
1. Διαχείριση προφίλ – Αυτή η ενότητα παρέχει και διατηρεί τις πληροφορίες για το προφίλ του χρήστη και του τερματικού.
2. Παρακολούθηση και ανακάλυψη – Ο ρόλος αυτής της ενότητας είναι να προσδιοριστούν τα διαθέσιμα δίκτυα σε μια συγκεκριμένη περιοχή και να παρακολουθηθεί η κατάστασή τους.
3. Διαπραγμάτευση και επιλογή – Η λειτουργία αυτής της μονάδας έχει ως στόχο τη διαπραγμάτευση των προσφορών με τα διάφορα διαθέσιμα δίκτυα και την επιλογή του καταλληλότερου RAT/δικτύου.
4. Διαδικασίες υλοποίησης αναδιαμόρφωσης – Αυτή η ενότητα παρέχει όλη τη λειτουργικότητα για την υλοποίηση του πραγματικού προτύπου αναδιαμόρφωσης που έχει αποφασιστεί από τη διαπραγμάτευση και τη μονάδα επιλογής. Ασχολείται με τη λήψη, την εγκατάσταση και την επικύρωση των διαφόρων συστατικών του λογισμικού που μπορεί να απαιτούνται για την εφαρμογή της αναδιαμόρφωσης.
5. Διαχείριση κινητικότητας – Σε περίπτωση που η μετάβαση σε μια διαφορετική λειτουργία αποφασίζεται από τη μονάδα διαπραγμάτευσης και επιλογής ή επιβάλλεται από τους φορείς διαχείρισης του δικτύου, αυτή η ενότητα είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση της παράδοσης και για όλες τις απαραίτητες IP κινητής τηλεφωνίας.
6. Εξωτερική διεπαφή και φορείς υποστήριξης δικτύου – Η ενότητα αυτή εκμεταλλεύεται τη διεπαφή με τους φορείς υποστήριξης του δικτύου. Χρησιμοποιείται κυρίως κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων για την ανταλλαγή των προσφορών και για να ανακτήσει πληροφορίες σχετικά με τα διαθέσιμα δίκτυα.
7. Εσωτερική διεπαφή με το επίπεδο ελέγχου – Αυτή η ενότητα είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο και την εποπτεία της εκτέλεσης της αναδιαμόρφωσης.

Τα παρακάτω σχήματα περιγράφουν την λειτουργία του MSRE και από ποιά συστατικά αποτελείται. Επίσης υπάρχουν δύο τυπικές λύσεις που μπορούν να προταθούν από την πλατφόρμα MSRE, ώστε να προσφερθεί ένα δίκτυο στο χρήστη:

- Να διατηρήσουμε την υπηρεσία στο υψηλό επίπεδο ποιότητας, αξιοποιώντας τις προσφορές των άλλων δικτύων.
- Να παραμείνει ο τερματικός σταθμός, στο αρχικό δίκτυο, το οποίο θα οδηγήσει στην υποβάθμιση της ποιότητας που προσφέρεται στον χρήστη.



Σχήμα 2.3: Συστατικά του Συστήματος Διαχείρισης Αναδιαμορφωμένου Εξοπλισμού.
(Stavroulaki V, Buljore S, 2006).



Σχήμα 2.4: Λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αναδιαμορφωμένου Εξοπλισμού.
(Stavroulaki V, Buljore S, 2006).

Στην συνέχεια περιγράφονται τα πιο σημαντικά συστατικά του MSRE, ξεκινώντας με την παρακολούθηση που γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα και ασχολείται με τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την τρέχουσα σύνδεση. Οι μετρούμενες παράμετροι είναι η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος (dBm), το επίπεδο θορύβου (dBm), το bit rate (kb/s) και το bit error rate (kb/s). Μόλις αυτές οι πληροφορίες έχουν συλλεχθεί, οι τιμές των παραμέτρων παρακολουθούνται σε σχέση με ένα σύνολο από προκαθορισμένα όρια. Σε περίπτωση που διαπιστωθούν παραβάσεις και αν η εσωτερική αναδιαμόρφωση κρίνεται σκόπιμη, τότε η μονάδα διαπραγμάτευσης και η επιλογή, ενεργοποιούνται για να επανεκτιμήσουν τα επιλεγμένα RAT. Η μονάδα παρακολούθησης και ανακάλυψης εκτελεί επίσης ένα φιλτράρισμα στη λίστα των διαθέσιμων δικτύων με βάση τους πόρους που απαιτούνται για την αναδιαμόρφωση. Το αποτέλεσμα του φιλτραρίσματος παρέχει το σύνολο των διαθέσιμων δικτύων.

Στην ανταλλαγή πληροφοριών, κάθε επιτρεπτό επίπεδο QoS συνδέεται με ένα σύνολο παραμέτρων και για κάθε παράμετρο υπάρχει μια τιμή-στόχος ή ένα φάσμα τιμών. Οι πληροφορίες σχετικά με τις υπηρεσίες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των απαιτούμενων πόρων του δικτύου, που δέχεται ένα τέτοιο αίτημα για προσφορές. Κάθε δίκτυο θα πρέπει να απαντήσει με μια προσφορά/ένα σύνολο προσφορών. Κάθε προσφορά δικτύου θα πρέπει να καθορίζει τα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας που μπορεί να προσφερθούν και το σχετικό κόστος. Ο τερματικός σταθμός δέχεται τις προσφορές που υποβλήθηκαν από τα διάφορα διαθέσιμα δίκτυα και τις αξιολογεί μέσω της διαδικασίας επιλογής.

Η διαδικασία επιλογής αντιμετωπίζει ένα βραχυπρόθεσμο πρόβλημα βελτιστοποίησης, με στόχο την αξιολόγηση ενός σχεδίου για την αναδιαμόρφωση του τερματικού σταθμού. Η λύση αυτού του προβλήματος βελτιστοποίησης, επιτρέπει την επιλογή του κατάλληλου RAT για ένα συγκεκριμένο χρήστη, μέσω του οποίου οι υπηρεσίες μπορούν να ληφθούν αποτελεσματικά από πλευράς κόστους και QoS. Το πρόβλημα της βελτιστοποίησης βασίζεται στα ακόλουθα στοιχεία εισόδου:

- Το προφίλ των χρηστών.
- Το προφίλ του τερματικού.
- Τις παροχές του δικτύου.
- Το κόστος της αναδιαμόρφωσης σε διαφορετικό RAT/δίκτυο.

Το προφίλ του χρήστη καθορίζει τις υπηρεσίες και τα αντίστοιχα επίπεδα QoS. Επίσης καθορίζει το utility volume που προέρχεται από την ανάθεση μιας υπηρεσίας σε ένα ορισμένο επίπεδο ποιότητας. Το utility volume χρησιμοποιείται για να εκφράσει την προτίμησή του χρήστη, σε κάποια επίπεδα QoS, σε σχέση με άλλες επιτρεπόμενες τιμές QoS. Το προφίλ του τερματικού δείχνει κυρίως τις τεχνολογικές δυνατότητες του τερματικού σταθμού, τις διαμορφώσεις που υπάρχουν σε μνήμη και ούτω καθεξής. Το δίκτυο προσφέρει τις καθοριζόμενες υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τα επίπεδα QoS που υποστηρίζονται, και το χρηματικό κόστος που απορρέει από την ανάθεση της ζήτησης των χρηστών σε επίπεδα ποιότητας.

Τέλος το κόστος αναδιαμόρφωσης είναι μια συνάρτηση του χρόνου και των πόρων (σε επεξεργαστική ισχύ, τοπική μνήμη) που απαιτούνται για την εφαρμογή της αναδιαμόρφωσης. Η διαδικασία βελτιστοποίησης που πραγματοποιεί η μονάδα διαπραγμάτευσης και επιλογής, θα πρέπει να οδηγεί στην κατανομή των απαιτούμενων υπηρεσιών για συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας και στην κατανομή των απαιτούμενων υπηρεσιών σε συγκεκριμένα δίκτυα. Οι κατανομές αυτές υπόκεινται σε συγκεκριμένους περιορισμούς, όπως τις δυνατότητες του τελικού χρήστη ή το όριο για τη συνολική τιμή που ο χρήστης είναι διατεθειμένος να πληρώσει κατά τη χρήση του σύνθετου ραδιοφωνικού συστήματος.

Στην πλατφόρμα μας, χρησιμοποιήσαμε το CDMS ως σύστημα διαχείρισης αναδιαμορφωμένου εξοπλισμού, το οποίο είναι απόγονος του MSRE. Με αυτό το εξελιγμένο σύστημα γίνονται οι αναδιαμορφώσεις του δικτύου, ώστε να πετύχουμε τις καλύτερες υπηρεσίες που θα προσφερθούν στο χρήστη. Το CDMS έχει πέντε συστατικά, σε σχέση με το MSRE, τα οποία είναι το Προφίλ του χρήστη, το Πλαίσιο περιεχομένου που δείχνει το δίκτυο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος που βρίσκεται η συσκευή, την Διαπραγμάτευση δικτύου, την Επιλογή του καταλληλότερου δικτύου και τέλος την Εκτέλεση της επιλεγμένης αναδιαμόρφωσης, (Βανός Γ, 2013).

Οι Thomas R, Friend D, 2006, αναφέρουν ότι ένα γνωστικό δίκτυο, μπορεί να αντιλαμβάνεται τις τρέχουσες συνθήκες του και στη συνέχεια να σχεδιάζει, να αποφασίζει και να ενεργεί σε αυτές τις συνθήκες, με την βοήθεια της γνωστικής διαδικασίας που εμπεριέχει. Ο γενικός στόχος της κάθε τεχνολογίας είναι ότι πληρεί κάποια ανάγκη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο για το μικρότερο δυνατό κόστος. Έτσι ένα γνωστικό δίκτυο θα παρέχει, κατά τη διάρκεια μιας εκτεταμένης χρονικής περιόδου, τη καλύτερη End-to-End απόδοση από ένα μη-γνωστικό δίκτυο.

Η Γνώση που δημιουργείται στο δίκτυο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της απόδοσης της διαχείρισης των πόρων, την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS), την ασφάλεια, τον έλεγχο πρόσβασης ή για πολλούς άλλους στόχους του δικτύου. Η γνώση γενικά, συνδέεται με τη μηχανική μάθηση η οποία σε γενικές γραμμές ορίζεται, όπως κάθε αλγόριθμος που βελτιώνει τις επιδόσεις του, μέσα από την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, χωρίς πλήρεις πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί.

Η Μάθηση χρησιμεύει για να συμπληρώσει το στόχο βελτιστοποίησης της γνωστικής διαδικασίας, διατηρώντας την αποτελεσματικότητα των προηγούμενων αποφάσεων υπό ένα δεδομένο σύνολο συνθηκών. Ο προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας των προηγούμενων αποφάσεων, απαιτεί ένα βρόχο ανάδρασης για τη μέτρηση της επιτυχίας της επιλεγείσας λύσης, στην επίτευξη των στόχων που καθορίζονται.

Τα γνωστικά ραδιόφωνα, όπως και τα γνωστικά δίκτυα, αυτό που μοιράζονται είναι η γνωστική διαδικασία, που είναι η καρδιά της βελτίωσης των επιδόσεων. Ένα σημαντικό μέρος της γνωστικής διαδικασίας, είναι η γνωστική ικανότητα, για να μάθουν από το παρελθόν αποφάσεις και να χρησιμοποιούν αυτή τη μάθηση για να επηρεάσει τη μελλοντική συμπεριφορά. Από την άλλη μεριά, οι στόχοι σε ένα γνωστικό δίκτυο βασίζονται στην απόδοση του δικτύου end-to-end, ενώ οι στόχοι στο γνωστικό ραδιόφωνο εντοπίζονται μόνο στο χρήστη του ραδιοφώνου.

Τα Γνωστικά δίκτυα θα πρέπει να χρησιμοποιούν τις παρατηρήσεις της απόδοσης του δικτύου ως βάση, για την διαδικασία λήψης αποφάσεων και στη συνέχεια να παρέχουν

έξοδο με τη μορφή ενός συνόλου ενεργειών που μπορούν να εφαρμοστούν στα τροποποιημένα στοιχεία των δικτύων. Επίσης τα Γνωστικά δίκτυα απαιτούν ένα λογισμικό προσαρμόσιμου δικτύου (SAN), για να εφαρμόσουν την πραγματική λειτουργικότητα του δικτύου και να επιτρέπουν την γνωστική διαδικασία προσαρμογής του δικτύου.

Το SAN αποτελείται από τη διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (API), τα τροποποιησιμα στοιχεία του δικτύου, καθώς και την κατάσταση των αισθητήρων του δικτύου. Μια ευθύνη του SAN είναι να ενημερώσει τη γνωστική διαδικασία για την κατάσταση του δικτύου. Σε ποιο επίπεδο και σε ποια λεπτομέρεια είναι μία συνάρτηση φιλτραρίσματος και άντλησης, που εφαρμόζεται. Η κατάσταση του δικτύου είναι η πηγή της ανάδρασης που χρησιμοποιείται από την γνωστική διαδικασία και αποτελείται από τις παρατηρήσεις του αισθητήρα κατάστασης και επικοινωνίας με άλλα γνωστικά στοιχεία.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε γνωστικό δίκτυο για την εξυπηρέτηση των χρηστών, ώστε να μπορεί να αποκτήσει η συσκευή αυτογνωσία για τις επιθυμίες των χρηστών και να προσφέρει όσο το δυνατόν καλύτερες υπηρεσίες. Η διαδικασία μάθησης των απαραίτητων στοιχείων από την συσκευή, γίνεται με τη βοήθεια των γνωστικών αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων. Μέσα από αυτούς τους αλγόριθμους συλλέγονται οι προτιμήσεις των χρηστών και προσαρμόζονται οι υπηρεσίες που θα τους προσφερθούν. Όσον αφορά στο λογισμικό προσαρμόσιμου δικτύου (SAN), που αναφέρει η συγκεκριμένη πηγή, στην δική μας περίπτωση είναι ενσωματωμένο στο CDMS που διαχειρίζεται το αναδιαμορφωμένο τερματικό, (Βανός Γ, 2013).

Οι Demestichas P, Stavroulaki V, 2009, αναφέρουν ότι ένας φορέας εκμετάλλευσης δικτύου (NO), πρέπει να διαθέτει εξελιγμένους μηχανισμούς διαχείρισης για την οδήγηση των χρηστών του, στα πιο κατάλληλα δίκτυα που πληρούν τις απαιτήσεις τους. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται, Σύστημα Διαχείρισης Αναδιαμορφωμένου Τερματικού (RTMS). Σε γενικές γραμμές, παρέχει τα μέσα για την μοντελοποίηση του προφίλ, την απόκτηση της παρακολούθησης / εντοπισμού πληροφορίας για το περιεχόμενο και τη διαπραγμάτευση, την επιλογή των αναδιαμορφώσεων, με βάση τις πληροφορίες που απορρέουν από τις πολιτικές, καθώς και τα προφίλ και το περιεχόμενο. Στη συνέχεια επικεντρωνόμαστε στον ρόλο και την ενημέρωση των στοιχείων του RTMS.

Στον τερματικό τομέα, υπάρχουν συσκευές που είναι εξοπλισμένες με μια σειρά πομποδεκτών υλικού. Κάθε υλικό πομποδέκτης μπορεί να λειτουργήσει μια σειρά αναδιαμορφώσεων. Κάθε φορά μια ειδική ρύθμιση θα πρέπει να επιλεγεί. Οι αναδιαμορφώσεις επιτρέπουν την (επαν-) σύνδεση του τερματικού με τα δίκτυα. Η αναδιαμόρφωση μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές σε ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: RATs, μεταφορέας φάσματος ή οι αλγόριθμοι για τη διαφοροποίηση, την κωδικοποίηση, την εξουσία και τον έλεγχο λάθους. Περισσότερες επιλογές υπάρχουν εάν οι αναδιαμορφώσεις μπορούν να γίνουν στο λογισμικό. Τα τερματικά μπορεί να είναι σε

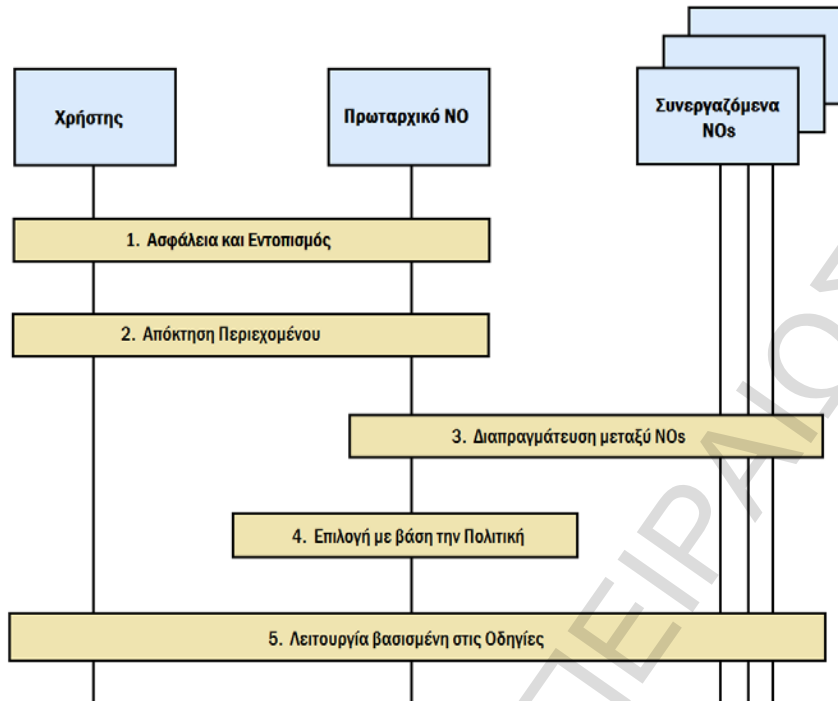
θέση να κάνουν multi-homing, όταν μπορούν να διατηρήσουν παράλληλες (ταυτόχρονες) συνδέσεις σε ασύρματα δίκτυα.

Ο γενικός στόχος του επιχειρηματικού επιπέδου, ειδικά για το πρωτοβάθμιο ΝΟ, είναι να προσφέρει μια πληθώρα εφαρμογών σε πολλαπλούς τύπους χρηστών, τοποθεσίες (κατοικίες, δημόσια ή επιχειρήσεις), ζώνες ώρας. Οι αιτήσεις μπορούν να περιλαμβάνουν φωνή / ήχο / δεδομένα / βίντεο, το οποίο κοινοποιείται σε ομιλητικό, διαδραστικό ή streaming τρόπο. Μέσα στις διάφορες περιοχές και ζώνες ώρας, ένας χρήστης μπορεί να αναλάβει διάφορους ρόλους, πχ στην εργασία, στην ιδιωτική ζωή κλπ.

Σε κάθε περίπτωση, η παροχή της αίτησης πρέπει να γίνει στην καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και στα επίπεδα του κόστους. Όπως αναφέρθηκε, τα QoS καθορίζουν τα επίπεδα της απόδοσης (πχ bit-rate, καθυστέρηση κ.λπ.), διαθεσιμότητα (πχ χαμηλή πιθανότητα αποκλεισμού, χωρητικότητα), αξιοπιστία (πχ χαμηλή ρίψη ή μεταβίβαση πιθανότητας κλειδώματος), καθώς και την ασφάλεια. Ο γενικός στόχος επιχειρηματικού επιπέδου, δίνει τις βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται από την ασύρματη υποδομή B3G του πρωτογενούς ΝΟ, οι οποίες είναι οι εξής:

- Η εξατομίκευση προέρχεται από την ανάγκη να υποστηρίξουν διαφορετικούς τύπους χρηστών και ρόλων.
- Η επίγνωση του περιβάλλοντος προέρχεται από την ανάγκη να εξετάσει την κατάσταση του χρήστη, του τερματικού σταθμού και του περιβάλλοντός τους. Οι βασικές γενικές πληροφορίες αποτελούνται από τις ταυτότητες και τους ρόλους των χρηστών και των τερματικών, καθώς τη θέση και τη ζώνη ώρας.
- Η καλύτερη συνδεσιμότητα προέρχεται από την ανάγκη να προσφέρουμε απόλυτα τις ποικίλες εφαρμογές, από την άποψη του QoS και του κόστους, λαμβάνοντας υπόψη και την εξατομίκευση των πληροφοριών.
- Η πανταχού παρούσα διάταξη είναι η απαίτηση να προσφέρουμε πάντα το καλύτερο για τη συνδεσιμότητα.

Το RTMS παρέχει τα μέσα για την μοντελοποίηση του προφίλ, την παρακολούθηση / εντοπισμό πληροφορίας για το περιεχόμενο, τη διαπραγμάτευση και την επιλογή των συνθέσεων, με βάση τις πληροφορίες που απορρέουν από τις πολιτικές, καθώς και από τα προφίλ και το περιεχόμενο. Χρησιμοποιείται από το ΝΟ, για τη συμμετοχή των χρηστών του, στα πιο κατάλληλα δίκτυα ραδιοφώνου. Το επόμενο σχήμα απεικονίζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φορέων, στην περίπτωση των επιχειρήσεων. Αποτελείται από φάσεις που απευθύνονται: (α) στην αυθεντικοποίηση και εντοπισμό των χρηστών / τερματικού, (β) στην απόκτηση περιεχομένου, (γ) στη συνεργασία και διαπραγμάτευση μεταξύ ΝΟs, (δ) στην επιλογή καλύτερης αναδιαμόρφωσης με βάση τις πολιτικές (ραδιοφωνικά δίκτυα), (ε) στη λειτουργία χρήστη/τερματικού με βάση τις οδηγίες που συλλέχθηκαν στην προηγούμενη φάση.



Σχήμα 2.5: Διαδικασία επιλογής των καλύτερων συνεργαζόμενων NOs.
(Demestichas P, Stavroulaki V, 2009).

Η πρώτη γενική φάση ασχολείται με την ασφάλεια και τον εντοπισμό. Το τερματικό χρησιμοποιεί ένα αρχικό κανάλι για την επικοινωνία με το NO. Η συσκευή του χρήστη και του τερματικού παρέχουν πληροφορίες που επιτρέπουν τον έλεγχο ταυτότητας και τον εντοπισμό μέχρι ένα ορισμένο σημείο. Οι ταυτότητες του χρήστη και του τερματικού σταθμού, θα χρησιμοποιούνται για την εύρεση πληροφοριών εξατομίκευσης.

Ο στόχος της δεύτερης φάσης είναι η γενική απόκτηση περιεχομένου. Η ανακάλυψη των διαθέσιμων διαμορφώσεων στην περιοχή του χρήστη / τερματικού, είναι πρωταρχικής σημασίας. Στο πλαίσιο αυτό, το NO μπορεί να παρέχει τις πρώτες πληροφορίες για τον τερματικό σταθμό. Με βάση αυτές τις πληροφορίες, το τερματικό μπορεί να συντονιστεί με τις διάφορες διαμορφώσεις και να ανακαλύψει τις λεπτομέρειες σχετικά με τις δυνατότητες απόδοσης των ραδιοφωνικών δικτύων.

Η τρίτη φάση περιλαμβάνει γενικά τη συνεργασία και τις διαπραγματεύσεις μεταξύ του πρωτοβάθμιου NO με τα εναλλακτικά δίκτυα που ανακαλύφθηκαν κατά τη διάρκεια της προηγούμενης φάσης. Στην τέταρτη φάση, το NO ασκεί την επιλογή των καταλληλότερων ραδιοφωνικών δικτύων με βάση την πολιτική, που θα διατηρήσει το χρήστη στην καλύτερη σύνδεση, με ένα εξατομικευμένο και αδιάλειπτο τρόπο.

Στην πέμπτη φάση, το τερματικό λειτουργεί σύμφωνα με τις οδηγίες που έλαβε κατά την προηγούμενη φάση. Μπορεί να προβλεφθεί ότι κάθε φορά που θα υπάρξει αλλαγή στη θέση, η διαδικασία που περιγράφεται ανωτέρω, θα πρέπει να εφαρμοστεί εκ νέου.

Σύμφωνα με το επιχειρηματικό επίπεδο που αναφέρθηκε προηγουμένως, το RTMS αποτελείται από τέσσερις κύριες συνιστώσες, οι οποίες ονομάζονται:

- Μοντελοποίηση προφίλ.
- Απόκτηση περιεχομένου.
- Πολιτικές.
- Διαμόρφωση των διαπραγματεύσεων και της επιλογής (CNS), με βάση τις πολιτικές, τα προφίλ και το περιεχόμενο.

Ο στόχος του συστήματος διαχείρισης είναι να αποφασίσει σχετικά με τρεις βασικές πτυχές διαμόρφωσης: (α) την κατανομή των αιτήσεων για τα επίπεδα QoS, (β) την κατανομή των αιτήσεων για τους πομποδέκτες, (γ) τις διαμορφώσεις των πομποδεκτών. Αρχίζοντας με την Μοντελοποίηση του προφίλ, ο ρόλος του συστατικού αυτού είναι, να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις, τις ανάγκες και τις συμφωνίες του χρήστη και της τερματικής συσκευής. Η τερματική συσκευή διαθέτει μια σειρά από ασύρματες διεπαφές δικτύου (πομποδέκτες). Κάθε πομποδέκτης, μπορεί να λειτουργήσει ένα σύνολο RATs. Για κάθε πομποδέκτη και το RAT, υπάρχει μια σειρά συχνότητας μεταφορέων. Κάθε πομποδέκτης μπορεί να λειτουργήσει με διάφορες διαμορφώσεις. Μια διαμόρφωση λειτουργεί σε μια στιγμή. Τέλος, η τερματική συσκευή διαθέτει μια σειρά από εφαρμογές / υπηρεσίες, που μπορεί να υποστηρίξει.

Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει μια σειρά από εφαρμογές / υπηρεσίες. Για κάθε αίτηση, υπάρχει ένα σύνολο QoS επιπέδων, το οποίο ενδιαφέρει τον χρήστη και έχει συμφωνηθεί με το NO (μέσω της εγγραφής). Κάθε επίπεδο QoS, αποτελείται από ένα σύνολο παραμέτρων K (Key Performance Indicators). Κάθε παράμετρος σχετίζεται με μια συγκεκριμένη πτυχή που εμπίπτει στις κατηγορίες διαθεσιμότητας, απόδοσης ή αξιοπιστίας. Για κάθε χρήστη, υπηρεσία και QoS επίπεδο, μπορεί να υπάρξει ένα σύνολο τιμών utility volume και μια σειρά δαπανών που σχετίζονται με τις τιμές. Η μεγαλύτερη τιμή χρησιμότητας, σημαίνει ότι υπάρχει ένα υψηλότερο ενδιαφέρον των χρηστών για το συγκεκριμένο επίπεδο QoS. Η τιμή χρησιμότητας, επηρεάζει την απόφαση σχετικά με την καλύτερη διαμόρφωση, με την οποία ο χρήστης θα πρέπει να συνδέεται.

Επόμενη συνιστώσα του RTMS είναι οι Πολιτικές, οι οποίες μπορούν να καθορίσουν τους κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται από το RTMS. Ως εκ τούτου, οι πολιτικές μπορούν να βελτιώσουν και να συμπληρώσουν τη συμβολή, που ορίζεται από τα προφίλ και το περιεχόμενο και επιπλέον, μπορούν να καθορίζουν τις στρατηγικές, τους αλγορίθμους και τις τιμές των παραμέτρων, που πρέπει να ακολουθηθούν αργότερα από το CNS. Το σύνολο των πολιτικών καθορίζουν τις ακόλουθες πτυχές που επιτρέπονται στο πλαίσιο: (α) το σύνολο των διαμορφώσεων του πομποδέκτη, (β) τη προτεραιότητα, της κάθε διαμόρφωσης του πομποδέκτη, (γ) το σύνολο των αιτήσεων, το οποίο προσφέρεται μέσω διαμόρφωσης πομποδέκτη, (δ) το σύνολο των QoS επιπέδων, στο οποίο η αίτηση μπορεί

να υποστηριχθεί με τη διαμόρφωση, (ϵ) το κόστος, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία, σε επίπεδο QoS.

Άλλο ένα συστατικό του RTMS, είναι η επιλογή των βέλτιστων διαμορφώσεων, προκειμένου να καθοριστεί η καταλληλότερη λύση. Μια αντικειμενική συνάρτηση πρέπει να βελτιστοποιηθεί, υπό ορισμένους περιορισμούς, μέσω κατάλληλων αλγορίθμων. Ο στόχος της αντικειμενικής συνάρτησης είναι να προσφέρουμε τα πλέον προτιμώμενα επίπεδα QoS και αυτό θα επιτευχθεί μέσω των πιο αποδοτικών διαμορφώσεων. Στο πλαίσιο αυτό, απαιτούνται μεταβλητές απόφασης. Αυτές οι μεταβλητές μπορεί να είναι: x_{tc} , y_{st} , z_{sq} , όπου t είναι ο πομποδέκτης, c είναι η διαμόρφωση, s είναι η υπηρεσία και q είναι το επίπεδο QoS. Οι μεταβλητές x_{tc} , y_{st} , z_{sq} μπορούν να πάρουν τιμή 1 (0), αν η διαμόρφωση c είναι (δεν είναι) να ανατεθεί στον πομποδέκτη t , εάν η υπηρεσία του είναι (δεν είναι) να ανατεθεί στον πομποδέκτη t , και εάν η υπηρεσία του είναι (δεν είναι) να έχει ανατεθεί σε επίπεδο QoS q , αντίστοιχα.

Η αντικειμενική συνάρτηση αποτελείται από τέσσερις βασικούς όρους. Ο πρώτος όρος εκφράζει το utility volume, που προέρχεται από τα επίπεδα QoS που θα προσφέρονται στο χρήστη. Ο δεύτερος όρος εκφράζει τη συνολική προτεραιότητα των επιλεγμένων διαμορφώσεων. Ο τρίτος όρος δηλώνει το (νομισματικό) κόστος κατά το οποίο, τα επίπεδα QoS μπορούν να προσφερθούν στο χρήστη. Ο τέταρτος όρος, περιλαμβάνει το κόστος της εκ νέου ρύθμισης των πομποδεκτών. Σε γενικές γραμμές, η αντικειμενική συνάρτηση στοχεύει στο εξής. Πρώτον, να προσφέρει τα επίπεδα QoS που μεγιστοποιούν το utility volume, (δηλαδή, επιλογή επιπέδων QoS που έχουν μεγάλες ποσότητες χρησιμότητας). Δεύτερον, να χρησιμοποιήσει τις ρυθμίσεις του πομποδέκτη που έχουν υψηλές προτεραιότητες σύμφωνα με τις πολιτικές. Τρίτον, να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο χρηματικό κόστος για τον χρήστη.

$$\text{Maximise : } OF(A_{SQ}, A_{ST}, A_{TC}, u, d, x)$$

Ο παραπάνω τύπος είναι η αντικειμενική συνάρτηση, η οποία αποτελείται από τους εξής συμβολισμούς: A_{sq} είναι η διανομή εφαρμογών/υπηρεσιών σε επίπεδα QoS, A_{st} είναι η διανομή εφαρμογών/υπηρεσιών σε πομποδέκτες, A_{tc} είναι οι διαμορφώσεις των πομποδεκτών, u είναι ο χρήστης, d είναι η συσκευή και x είναι το πλαίσιο περιεχομένου.

Στην πλατφόρμα μας χρησιμοποιούμε, όπως έχουμε αναφέρει ξανά το CDMS για την διαχείριση του αναδιαμορφωμένου τερματικού, το οποίο είναι απόγονος του RTMS, το οποίο με τη σειρά του είναι απόγονος του MSRE. Η κάθε αίτηση του χρήστη για εξυπηρέτηση από τον φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου (NO), περιλαμβάνει στοιχεία όπως το επίπεδο ποιότητας (Bitrate, Delay), είδος υπηρεσίας (Video Streaming, Audio Call) και ένα μοναδικό προφίλ για τους χρήστες. Το RTMS διαφέρει από το CDMS στο γεγονός ότι το RTMS έχει μια λιγότερη συνιστώσα, η οποία είναι στην ουσία δυο συνιστώσες στο

CDMS (Διαπραγματέυση, Επιλογή). Για κάθε αίτηση του χρήστη για κάθε επίπεδο ποιότητας έχουμε δυο παραμέτρους (Bitrate, Delay), που η κάθε μια έχει συγκεκριμένες τιμές. Οι προτιμήσεις του χρήστη εκφράζονται με την βοήθεια των Utility Volume που στην περίπτωση μας είναι πέντε (Απαίσιο, Φτωχό, Μέτριο, Καλό, Εξαιρετικό). Όσο υψηλότερη τιμή Utility Volume, έχει μια παράμετρος, σημαίνει ότι ο χρήστης δίνει μεγαλύτερη έμφαση για εκείνη και έτσι προσαρμόζονται οι υπηρεσίες που θα του προσφερθούν πάνω σε αυτά τα στοιχεία. Ένα στοιχείο του RTMS που υπάρχει και στο CDMS, το οποίο δεν χρησιμοποιούμε στην πλατφόρμα μας, ώστε να έχουμε απλοποιημένη διαδικασία, είναι οι πολιτικές. Για την επιλογή των βέλτιστων διαμορφώσεων υπάρχει αντικειμενική συνάρτηση που είναι ενσωματωμένη στους αλγόριθμους λήψης αποφάσεων και αποτελείται από τα Utility Volume και από την προτεραιότητα των υποψήφιων διαμορφώσεων. Δεν έχουμε συμπεριλάβει στην περίπτωση μας το κόστος διαμόρφωσης ώστε να είναι πιο απλή η διαδικασία, (Βανός Γ, 2013).

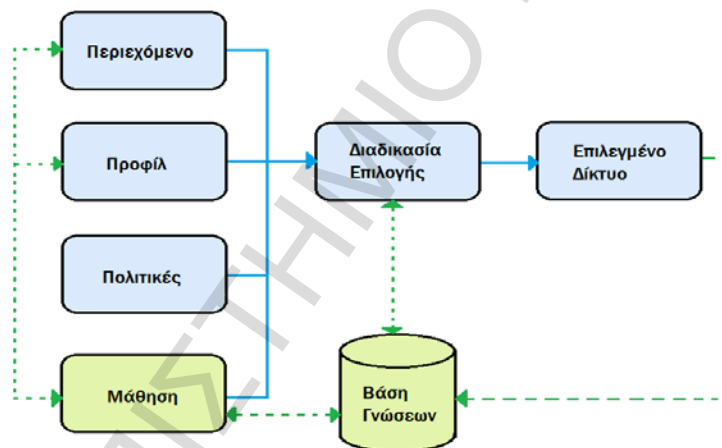
Οι Stavroulaki V, Demestichas P, 2010, αναφέρουν ότι οι υπηρεσίες θα πρέπει να προσφέρονται στους χρήστες στην καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσίας (QoS), λαμβάνοντας υπόψη το προφίλ, τις πληροφορίες περιεχομένου και την πολιτική. Τα προφίλ παρέχουν τις απαιτήσεις των χρηστών και τις προτιμήσεις, τις ικανότητες τερματικού, καθώς και τις απαιτήσεις της πλατφόρμας. Οι πολιτικές παρέχουν τους στόχους, τους περιορισμούς που επιβάλλονται από διάφορους φορείς, για παράδειγμα από τον διαχειριστή δικτύου (NO). Άλλο ένα σημαντικό στοιχείο είναι το Utility (Χρησιμότητα), που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την επιθυμία των χρηστών για ένα επίπεδο QoS. Οι γνωστικοί μηχανισμοί εφαρμόζονται για την εκμάθηση των δυνατοτήτων QoS των υποψήφιων δικτύων και ως εκ τούτου την αύξηση της αξιοπιστίας και της συνέχειας από τις επιλογές του δικτύου.

Οι NOs της ασύρματης υποδομής πρέπει να διατηρήσουν τους χρήστες στην «καλύτερη σύνδεση». Η έννοια αυτή σημαίνει ότι οι αιτήσεις θα πρέπει να προσφέρονται στην καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσίας (QoS), λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες του προφίλ, του λογαριασμού (για τον χρήστη, τερματικό και πλατφόρμες), στο πλαίσιο της λειτουργίας, καθώς και τις πολιτικές που πρέπει να ακολουθηθούν. Το επίπεδο του QoS ορίζει εμβέλεια και / ή τους στόχους σχετικά με τη διαθεσιμότητα, την απόδοση και την αξιοπιστία. Οι τιμές Utility χρησιμοποιούνται, για να εκφράσουν την επιθυμία των χρηστών, για το επίπεδο QoS και αποτελούν μέρος των πληροφοριών του προφίλ. Όσο υψηλότερη είναι η χρηστική αξία, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιθυμία του χρήστη, για ένα συγκεκριμένο επίπεδο QoS.

Η είσοδος του προβλήματος της επιλογής δικτύου, αποτελείται από το περιεχόμενο, το προφίλ και την πολιτική πληροφόρησης, καθώς και τις γνώσεις που αποκτώνται μέσω της εκμάθησης των τεχνικών. Το προφίλ περιγράφει τη συμπεριφορά, τις προτιμήσεις και τις απαιτήσεις του χρήστη, αναφορικά με κάθε υπηρεσία, τις δυνατότητες του τερματικού

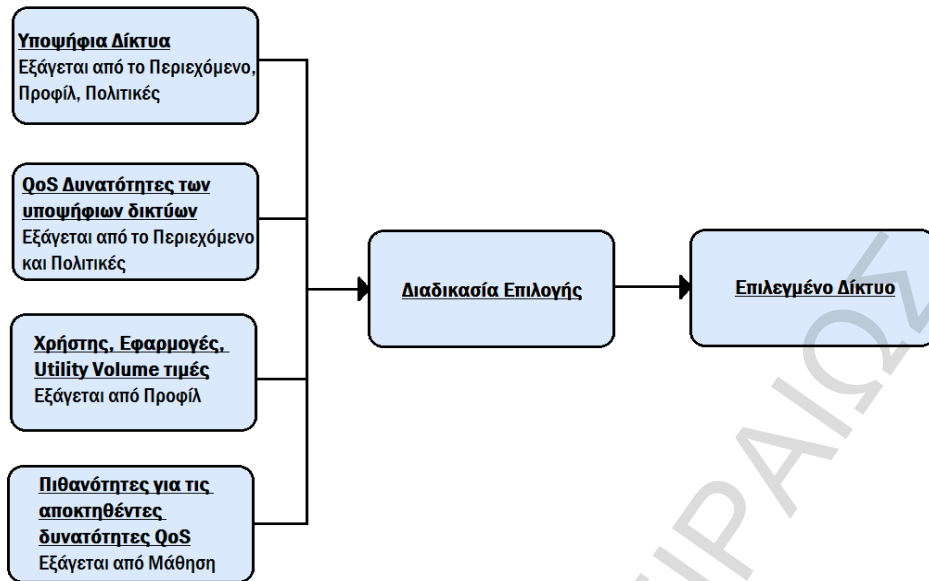
σταθμού και τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας. Το περιεχόμενο παρέχει το καθεστώς του χρήστη, του τερματικού και του περιβάλλοντός τους. Αυτό σημαίνει, τις σχετικές αιτήσεις για το χρήστη, τα διαθέσιμα δίκτυα που ανήκουν ή συνεργάζονται με το δίκτυο, και οι QoS δυνατότητες τους. Οι πολιτικές καθορίζουν την αντικειμενική συνάρτηση που πρέπει να βελτιστοποιηθεί, τους περιορισμούς που πρέπει να τηρούνται και ενδεχομένως, τη λειτουργικότητα που πρέπει να χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση. Οι τεχνικές εκμάθησης παρέχουν γνώση και εκφράζονται μέσω των πιθανοτήτων, όπου ένα ορισμένο δίκτυο μπορεί να επιτύχει ένα συγκεκριμένο επίπεδο QoS.

Η επιλογή βασίζεται στην αναμενόμενη χρησιμότητα των αλγορίθμων βελτιστοποίησης και μηχανής μάθησης. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία επιλογής δικτύου, είναι μια διαδικασία βελτιστοποίησης που θα λαμβάνει υπόψη τις προτιμήσεις των χρηστών, τις δυνατότητες του τερματικού, τις δυνατότητες του δικτύου, τις πολιτικές καθώς και τις γνώσεις που αποκτώνται μέσω των μηχανισμών μάθησης και αποφασίζει σχετικά με το καταλληλότερο δίκτυο μέσω του οποίου, η αίτηση μπορεί να προέρχεται από ένα συγκεκριμένο χρήστη. Το επόμενο σχήμα απεικονίζει τα μέρη που συμμετέχουν για την διαδικασία της utility-aware επιλογής δικτύου σε μια γνωστική συσκευή.



Σχήμα 2.6: Διαδικασία της Utility-Aware επιλογής γνωστικού δικτύου.
(Stavroulaki V, Demestichas P, 2010).

Στην συνέχεια ακολουθεί μια πιο λεπτομερή περιγραφή για την επιλογή του καταλληλότερου δικτύου με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος, αλλά και με αντίστοιχη περιγραφή του, για την καλύτερη κατανόηση του θέματος.



Σχήμα 2.7: Εκτενέστερη περιγραφή της διαδικασίας επιλογής δικτύου.
(Stavroulaki V, Demestichas P, 2010).

Τα επίπεδα QoS, είναι εκείνα που επιτεύχθηκαν στο συγκεκριμένο πλαίσιο λειτουργίας (π.χ. συνθήκες ραδιοφωνικού σταθμού) και είναι σύμφωνα με τις πολιτικές του φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου για την πλατφόρμα. Κάθε επίπεδο QoS υποτίθεται ότι περιλαμβάνει παραμέτρους. Κάθε παράμετρος QoS μπορεί να αναφέρεται σε μια εφαρμογή / υπηρεσία για συγκεκριμένο θέμα, πχ το bit rate, bit error rate, καθυστέρηση, κ.λπ. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ένα επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας που αποτελείται από τέσσερις παραμέτρους, δηλαδή την πιθανότητα αποκλεισμού, bit rate, bit error rate και την πιθανότητα απόρριψης. Η πρώτη παράμετρος σχετίζεται με την διαθεσιμότητα της υπηρεσίας / εφαρμογής, η δεύτερη και η τρίτη συνδέονται με την εκτέλεση της υπηρεσίας / εφαρμογής, ενώ η τέταρτη συνδέεται με την αξιοπιστία της παροχής υπηρεσιών / εφαρμογών. Κάθε παράμετρος μπορεί να συνδέεται με ένα σύνολο τιμών αναφοράς για ένα συγκεκριμένο δίκτυο.

Η αξία καταλληλότητας, ορίζεται προκειμένου να αξιολογήσει τα δίκτυα, σε σχέση με το τι μπορούν να προσφέρουν (από πλευράς επιδόσεων) και τις προτιμήσεις των χρηστών που διατηρούνται στα προφίλ τους. Στο πλαίσιο αυτό, η αξία καταλληλότητας υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη, για κάθε χρήστη και δίκτυο: (α) το σύνολο των αιτήσεων, οι οποίες είναι σχετικές με τον χρήστη, (β) το σύνολο των QoS επιπέδων, που μπορούν να προσφερθούν μέσω του δικτύου για κάθε αίτηση, (γ) τις πιθανότητες που δείχνουν τα επίπεδα QoS ανά αίτηση, πιο πιθανό να επιτευχθούν από κάθε δίκτυο, (δ) τις τιμές χρησιμότητας, αναφέροντας τις προτιμήσεις του χρήστη, για τα επίπεδα QoS ανά αίτηση. Το δίκτυο με την υψηλότερη αξία καταλληλότητας θα επιλεγεί. Σε περίπτωση που η ίδια αξία καταλληλότητας, προέρχεται από δύο ή περισσότερα δίκτυα, στη συνέχεια το δίκτυο που θα χρειαστεί τις λιγότερες αναδιαμορφώσεις, θα επιλεγεί.

Οι δυνατότητες του τερματικού και οι πολιτικές, επιβάλλουν ουσιαστικά τους περιορισμούς, όσον αφορά τα δίκτυα, τις εφαρμογές και τα QoS επίπεδα, που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης για την επιλογή του καταλληλότερου δικτύου. Επιπλέον, το σύστημα συλλέγει συνεχώς πληροφορίες. Αναμένεται ότι το προφίλ και οι πληροφορίες, θα αλλάξουν την πολιτική, λιγότερο συχνά σε σύγκριση με το περιεχόμενο. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τις πολιτικές, έχουν ως αποτέλεσμα την επικαιροποίηση των τιμών της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για τις δυνατότητες QoS των υποψήφιων δικτύων.

Η διαδικασία της επιλογής δικτύου περιλαμβάνει, τον υπολογισμό των τιμών καταλληλότητας για όλα τα υποψήφια δίκτυα, τις εφαρμογές που ενδιαφέρουν τον χρήστη και τα QoS επίπεδα που είναι συμβατά με τις προκύπτουσες πολιτικές. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το δίκτυο με την υψηλότερη αξία καταλληλότητας θα πρέπει να επιλεγεί. Σε περίπτωση που περισσότερα από ένα δίκτυα έχουν την ίδια αξία, το δίκτυο στο οποίο υπάρχει ήδη μια σύνδεση, μπορεί να επιλεγεί προκειμένου να αποφευχθούν οι περιττές αλλαγές.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, για την σωστή λειτουργία της επιλογής δικτύου, είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, η οποία εκφράζει και ποσοτικοποιεί τη γνώση σχετικά με τις δυνατότητες του υποψήφιου δικτύου, εξαρτάται από τυχαίες μεταβλητές και μια σειρά από πιθανότητες συνθήκης. Με κάθε μέτρηση οι πιθανότητες συνθήκης, εξαρτώνται από τις τιμές αναφοράς που είναι "κοντά" (με τη μέτρηση), ενώ μειώνονται οι άλλες πιθανότητες (που είναι "μακριά" από τη μέτρηση).

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε μια μέτρηση bit-rate με τιμή 12 Mbps και έξι τιμές αναφοράς για το bit-rate, οι οποίες είναι 6, 12, 24, 36, 48 και 54Mbps. Στην περίπτωση αυτή εκτιμάται ότι τιμές "κοντά" στην μετρούμενη τιμή (12Mbps) είναι οι 6 και 24, ενώ οι 36, 48 και 54 θεωρούνται τιμές πιο "μακριά" από την τιμή μέτρησης. Οι πιθανότητες συνθήκης, δεν μπορεί να αφήνονται να πέσουν κάτω από ένα ορισμένο κατώτατο όριο, προκειμένου να υπάρξουν ταχύτερες προσαρμογές. Εάν υπάρχουν πιθανότητες που πέφτουν κάτω από το όριο, τότε προσαρμόζονται οι τιμές των πιθανοτήτων που δεν έχουν πέσει κάτω από το όριο.

Στην πλατφόρμα μας για να επιτύχουμε την όσο το δυνατόν καλύτερη παροχή υπηρεσίας, χρησιμοποιούμε το CDMS ως σύστημα διαχείρισης αναδιαμορφωμένου τερματικού, με την διαφορά ότι το συστατικό του «Πολιτικές», το έχουμε παραλείψει για να είναι πιο απλή η διαδικασία και να έχουμε πιο πολλές επιλογές στην διαπραγμάτευση για την εύρεση του καλύτερου δικτύου. Για την όλη διαδικασία υπολογισμού του καλύτερου δικτύου χρησιμοποιούμε τα Utility Volume για τις προτιμήσεις του χρήστη, τα επίπεδα ποιότητας που είναι διαθέσιμα, το προφίλ του χρήστη και το πλαίσιο περιεχομένου του δικτύου. Για κάθε παράμετρο υπολογίζονται οι πιθανότητες συνθήκης, μετά η συνάρτηση πυκνότητας

πιθανότητας για κάθε δίκτυο και τέλος η τιμή καταλληλότητας που είναι εκείνη που καθορίζει το αποτέλεσμα για το ποιο δίκτυο θα επικρατήσει και θα προσφερθεί στο χρήστη, (Βανός Γ, 2013).

Οι Demestichas K, Koutsorodi A, 2012, κάνουν λόγο για μια πολύ σημαντική πρόκληση για τα συστήματα επικοινωνίας, η οποία είναι η ικανότητα να εντοπίζουν και να αξιοποιούν μια ευρεία συλλογή στοιχείων που χαρακτηρίζουν το λεγόμενο πλαίσιο χρήσης. Το πλαίσιο, αναφέρεται σε όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με τα καθήκοντα και την εμπειρία των χρηστών (συμπεριλαμβανομένων των γύρω συνθηκών, τις προτιμήσεις των χρηστών και τα προφίλ, ιστορικά στοιχεία κτλ), που είναι διαθέσιμα στο σύστημα για περαιτέρω επεξεργασία και μπορούν να βοηθήσουν στην εκπλήρωση των στόχων του.

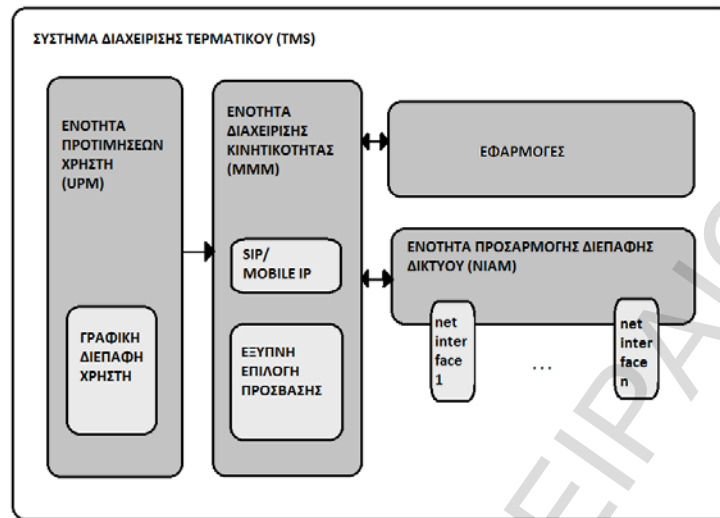
Στο πλαίσιο της αποτελεσματικής διαχείρισης της λειτουργίας των ασύρματων τερματικών, σε σύνθετα περιβάλλοντα ραδιοφώνου, εντοπίζονται δύο προβλήματα τα οποία είναι:

- Έξυπνη επιλογή πρόσβασης (IAS), η οποία περιλαμβάνει τον υπολογισμό της βέλτιστης κατανομής των υπηρεσιών για πρόσβαση στα δίκτυα και τα διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας (QoS), δεδομένης της διαθεσιμότητας του δικτύου και των προτιμήσεων των χρηστών.
- Μοντελοποίηση και προσαρμογή στις προτιμήσεις χρήστη (MAUP), η οποία περιλαμβάνει κατ 'αρχάς, την επεξεργασία και την αποκωδικοποίηση των πληροφοριών πλαισίου, για τον καθορισμό του πλαισίου χρήσης και δεύτερον, τον αυτόματο προσδιορισμό των προτιμήσεων του χρήστη, σύμφωνα με το πλαίσιο χρήσης και το σύνολο των υπηρεσιών που αφορά η έρευνα.

Η Συνδυασμένη λύση των παραπάνω προβλημάτων, επιτρέπει στα τερματικά των χρηστών να οδηγηθούν σε κατανομές των υπηρεσιών για πρόσβαση στα δίκτυα και τα επίπεδα ποιότητας, τα οποία ικανοποιούν τις προτιμήσεις των χρηστών σε κάθε συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσης.

Οι βελτιωμένες δυνατότητες των εξελισσόμενων τερματικών έχουν εισαγάγει την ιδέα της επέκτασης της υπηρεσίας πληροφοριών από το δίκτυο προς το τερματικό. Έτσι η αποτελεσματική εκμετάλλευση της σύνθετης υποδομής ραδιοφώνου, απαιτεί την ανάπτυξη ενός κατάλληλου, εξελιγμένου συστήματος διαχείρισης τερματικού (TMS), που θα πρέπει να είναι ικανό να ανιχνεύει τα διαθέσιμα δίκτυα πρόσβασης και να επεξεργάζεται τις μετρήσεις σχετικά με τις δυνατότητες των διαθέσιμων σημείων πρόσβασης (πχ υποστήριξη της τεχνολογίας, το χειριστή του δικτύου, το κόστος ανά υπηρεσία και ανά επίπεδο ποιότητας κλπ), το χειρισμό του προφίλ των χρηστών και να ενσωματώνει ένα μηχανισμό για την αυτόματη προσαρμογή με τις προτιμήσεις του χρήστη ανάλογα με την έκταση του πλαισίου χρήσης και τέλος, τη βέλτιστη επιλογή κατανομών των υπηρεσιών για πρόσβαση στα δίκτυα και τα επίπεδα ποιότητας. Το σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζει τα κύρια στοιχεία της αρχιτεκτονικής TMS, δηλαδή τη μονάδα

διασύνδεσης προσαρμογής δικτύου (NIAM), την Ενότητα Διαχείρισης Κινητικότητας (MMM), και την ενότητα Προτιμήσεις χρήστη (UPM).



Σχήμα 2.8: Αρχιτεκτονική του Συστήματος Διαχείρισης Τερματικού.
(Demestichas K, Koutsorodí A, 2012).

Το NIAM είναι υπεύθυνο για την παροχή του τερματικού από τα διάφορα προγράμματα οδήγησης δικτύου, το UPM για την πρόσβαση και επεξεργασία του προφίλ χρήστη και το MMM για το χειρισμό των γεγονότων της κινητικότητας, για την εκτέλεση των υπηρεσιών και τη διαμόρφωση για τον υπολογισμό βέλτιστης παράδοσης στόχων. Πιο συγκεκριμένα το MMM, ενσωματώνει λειτουργίες για τη διαχείριση της κινητικότητας τόσο στο στρώμα ζεύξης, όσο και σε υψηλότερα επίπεδα. Η πτυχή της διαχείρισης κινητικότητας παρέχεται μέσω της χρήσης ενός αλγορίθμου που λύνει το πρόβλημα IAS. Το UPM είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση, πρόσβαση και επεξεργασία του προφίλ του χρήστη, καθώς και για την αντιμετώπιση του προβλήματος MAUP.

Η είσοδος στο πρόβλημα IAS εμπίπτει σε τρεις κατηγορίες:

- Ένα σύνολο μετρήσεων για κάθε διαθέσιμο σημείο πρόσβασης στη γειτονιά του τερματικού: (α) τη διαθεσιμότητά του στο εύρος ζώνης, (β) η ισχύς του σήματος που γίνεται αντιληπτή στο τερματικό από εκείνο το σημείο, (γ) το είδος της τεχνολογίας που υποστηρίζει το σημείο, (δ) ο φορέας εκμετάλλευσης του δικτύου στο οποίο ανήκει, (ε) το αναγνωριστικό του, καθώς και το αναγνωριστικό του τερματικού του δικτύου διασύνδεσης που επικοινωνεί με αυτό το σημείο.
- Το σύνολο των υπηρεσιών που ήδη τρέχουν στο κινητό τερματικό, τα αντίστοιχα επίπεδα ποιότητας, κατά τα οποία αυτές οι υπηρεσίες παρέχονται, καθώς και το σύνολο των υπηρεσιών που ο χρήστης ζητά να χρησιμοποιήσει.
- Το σύνολο των προτιμήσεων του χρήστη, σύμφωνα με το ποιές παράμετροι θα έχουν προτεραιότητα από τις: «ποιότητα», «φορέας εκμετάλλευσης του δικτύου», «τύπος τεχνολογίας» και «κόστος».

Η λύση του προβλήματος IAS είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας βελτιστοποίησης που θα πρέπει να υπολογίζει κατανομές των υπηρεσιών που ανήκουν στα δύο παραπάνω σύνολα, για επίπεδα ποιότητας και σημεία πρόσβασης. Αυτά τα στοιχεία, θα πρέπει να βελτιστοποιήσουν μια αντικειμενική συνάρτηση που σχετίζεται με το επίπεδο της ποιότητας και του κόστους, κατά την οποία παρέχεται η κάθε υπηρεσία, με το είδος της τεχνολογίας και του φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου μέσω του οποίου η διάταξη αυτή συντελείται και με τη σημασία που ο χρήστης διαθέτει για κάθε έναν από αυτούς τους παράγοντες, σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα.

Οι περιορισμοί που οι υπολογιζόμενες κατανομές πρέπει να ικανοποιούν χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κάθε υπηρεσία θα πρέπει να διατίθεται σε ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας.
- Το μέγιστο επίπεδο ποιότητας που ο χρήστης ορίζει για κάθε υπηρεσία δεν πρέπει να παραβιάζεται.
- Οι προτιμήσεις του χρήστη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σειρά προτεραιότητας που καθορίζεται στο προφίλ του.

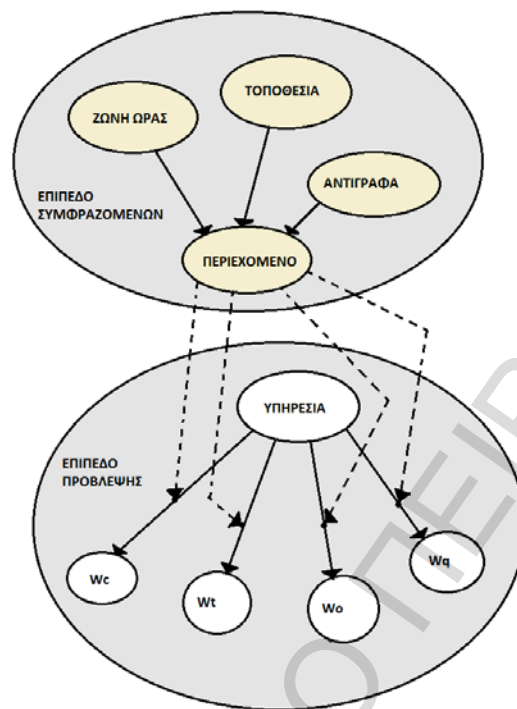
Ο αλγόριθμος για την επίλυση του IAS θα πρέπει να ενεργοποιείται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Κάθε φορά που ο χρήστης εκδίδει μια αίτηση υπηρεσίας.
- Κάθε φορά που ο χρήστης τροποποιεί το προφίλ του.
- Όποτε η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος για κάθε σημείο πρόσβασης στο τερματικό που είναι συνδεδεμένο, πέφτει κάτω από το όριο (για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα).
- Κάθε φορά που ένα νέο σημείο πρόσβασης διαθέσιμο, εμφανίζεται στη γειτονιά του τερματικού ή ένα ήδη διαθέσιμο, εξαφανίζεται.

Η αντικειμενική συνάρτηση για την λύση του προβλήματος IAS είναι η ακόλουθη: $OF(AS - QL, AS - AP)$, όπου $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ είναι το σύνολο των ενεργών και ζητηθέντων υπηρεσιών από το κινητό τερματικό, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ είναι το σύνολο των σημείων πρόσβασης όπου το τερματικό, αντιλαμβάνεται. $Q_s(p) = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ είναι το σύνολο των επιπέδων ποιότητας, για τα οποία το σημείο πρόσβασης p , προσφέρει την υπηρεσία s , $AS - QL = \{q(s)\}$, είναι το επίπεδο ποιότητας για την υπηρεσία s , $AS - AP = \{p(s)\}$, είναι το σημείο πρόσβασης που προσφέρει την υπηρεσία s .

Όσον αφορά το πρόβλημα MAUP, η λύση που προτείνεται είναι η παρακάτω, σύμφωνα με τα ακόλουθα σημεία: (α) να χρησιμοποιεί ένα τροποποιημένο επίπεδο πρόβλεψης, το οποίο είναι καταλληλότερο για μια γενική διαδικασία βελτιστοποίησης για επιλογή πρόσβασης, (β) ένα πραγματικό τερματικό από την πλευρά του, που βασίζεται σε Java πλατφόρμα, παρέχεται (το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την επικύρωση της σκοπιμότητας μιας τέτοιας λύσης σε περιορισμούς των πόρων, κινητά τερματικά), (γ) ένα

πιθανολογικό νευρωνικό δίκτυο χρησιμοποιείται για την εκμάθηση των παραμέτρων του δικτύου. Το σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζει σε τρία στάδια την λύση του προβλήματος MAUP.



Σχήμα 2.9: Bayesian δίκτυο για μοντελοποίηση προτιμήσεων χρήστη.
(Demestichas K, Koutsorodi A, 2012).

Στάδιο 1 - Συναγωγή του πλαισίου χρήσης:

Το Bayesian δίκτυο του δεύτερου επιπέδου (επίπεδο συμφραζομένων), αποτελείται από τέσσερις κόμβους: ένα για τη θέση του χρήστη (L), ένα για το χρόνο της ημέρας (T), ένα για την επικοινωνία της συνόδου (CP) και ένα για το πλαίσιο χρήσης (C).

Στάδιο 2 - Συναγωγή του προφίλ των παραμέτρων:

Το Bayesian δίκτυο του πρώτου επιπέδου (επίπεδο πρόβλεψης), αποτελείται από πέντε κόμβους: ένα για την υπηρεσία και τέσσερις άλλους, ένα για τον καθένα από τους συντελεστές w_q , w_o , w_t και w_c . Η τιμή της μεταβλητής C, που προέρχεται από το σκεπτικό, στο δεύτερο επίπεδο του μετά-Bayesian δικτύου, επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο οι αξίες της w_q , w_o , w_t , w_c εξαρτώνται από την τιμή της μεταβλητής S.

Στάδιο 3 - Μάθηση και προσαρμογή:

Οι τιμές του w_q , w_o , w_t και w_c που υπολογίζονται, σύμφωνα με το σκεπτικό στο πρώτο επίπεδο του μετά-Bayesian δικτύου, χρησιμοποιούνται με τη σειρά τους ως συμβολή στο πρόβλημα IAS. Η απόφαση που έχει επιτευχθεί βάσει αυτής της εισροής μπορεί ή δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες του χρήστη, με δεδομένο το γεγονός ότι οι προτιμήσεις του είχαν οριστεί αυτόματα, χωρίς την παρέμβαση του.

Στην πλατφόρμα μας ένα από τα σημαντικά στοιχεία του CDMS είναι το πλαίσιο χρήσης που αφορά το περιεχόμενο του δικτύου, τις συνθήκες του περιβάλλοντος που το περιβάλλουν. Υπάρχουν δυο προβλήματα γύρω από το θέμα αυτό, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Όσον αφορά το πρόβλημα IAS, αυτό αντιμετωπίζεται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, όπου εκεί υπολογίζεται η βέλτιστη κατανομή υπηρεσιών. Το άλλο πρόβλημα, του MAUP αντιμετωπίζεται στη διαχείριση προφίλ, όπου συλλέγονται οι προτιμήσεις και οι ανάγκες του χρήστη, ώστε να του δοθεί η καταλληλότερη υπηρεσία. Γενικά το CDMS που χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία είναι η εξελιγμένη μορφή του TMS που αναφέρθηκε στην συγκεκριμένη πηγή, (Βανός Γ, 2013).

Οι Kritikou Y, Demestichas P, 2012, αναφέρονται στο γεγονός ότι ένα προηγμένο σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης πρέπει να συμμορφώνεται με τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- **Εξατομίκευση:** Η απαίτηση αυτή δείχνει ότι η μαθησιακή διαδικασία θα πρέπει να λάβει υπόψη τις προτιμήσεις του χρήστη και τις προσωπικές του ανάγκες. Αυτό σημαίνει είτε ότι ο χρήστης είναι σε θέση να προσδιορίζει ρητά αυτές τις προτιμήσεις ή ότι το σύστημα έχει τη δυνατότητα να τις συναγάγει μέσω μιας διαδικασίας παρακολούθησης.
- **Προσαρμοστικότητα:** Οι προτιμήσεις του χρήστη αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθεί και να προσαρμόζεται καταλλήλως σε αυτές.
- **Επεκτασιμότητα:** Ένα e-learning σύστημα πρέπει να είναι επεκτάσιμο ως προς το εκπαιδευτικό υλικό που παρέχει. Η ενσωμάτωση των νέων μαθημάτων και οι πόροι, πρέπει να είναι ένα εύκολο έργο να ολοκληρωθούν.
- **Διαλειτουργικότητα:** Ένα e-learning σύστημα πρέπει να είναι σε θέση για πρόσβαση περιεχομένου, τόσο για παροχή περιεχομένου στις ψηφιακές βιβλιοθήκες, όσο και στα άλλα συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης. Όσον αφορά την πλευρά του πελάτη, η απαίτηση διαλειτουργικότητας επιβάλλει ότι δεν πρέπει να υπάρχει ανάγκη για ειδικό λογισμικό, προκειμένου ο χρήστης να αποκτήσει πρόσβαση στην πλατφόρμα e-learning.

Ο στόχος μιας πλατφόρμας e-learning είναι να αλληλεπιδρά αποτελεσματικά με τους χρήστες, προσφέροντάς τους τις κατάλληλες πληροφορίες, σύμφωνα με τις προτιμήσεις και τις ανάγκες τους, έτσι ώστε να εξελιχθούν οι γνώσεις και οι δεξιότητές τους σε ορισμένα θέματα.

Όταν ο χρήστης μπαίνει στο σύστημα e-learning, συμπληρώνει κάποια ερωτηματολόγια, γνωστικά τεστ και μέτρα απόδοσης. Όλα αυτά στοχεύουν στην εξαγωγή κάποιων αρχικών ενδείξεων σχετικά με τις προτιμήσεις, τις δεξιότητες και τους προσωπικούς στόχους του χρήστη. Χρησιμοποιώντας αυτά τα χαρακτηριστικά, το σύστημα σχηματίζει ένα αρχικό προφίλ για το χρήστη, Αυτό το προφίλ κατατάσσει κάθε χρήστη σε μια συγκεκριμένη ομάδα χρηστών, δίνοντάς του τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Σε αυτό το σημείο, το

σύστημα έχει αναπτύξει ειδικούς μηχανισμούς, έτσι ώστε να ανιχνεύει τις αντιδράσεις του χρήστη, με τα κίνητρα που δίνονται από το περιβάλλον ηλεκτρονικής μάθησης.

Κατά τη συμπλήρωση ενός κεφαλαίου ή ενός μαθήματος, θεωρείται ότι ο χρήστης έχει ενισχύσει τις γνώσεις του στο συγκεκριμένο τομέα με τον οποίο ασχολήθηκε. Αυτό μπορεί να πιστοποιηθεί με ένα τεστ στο τέλος του μαθήματος. Οι απαντήσεις που θα δοθούν στα ερωτήματα αποκαλύπτουν το βάθος στο οποίο ο χρήστης έχει κατανοήσει το υλικό που πέρασε και δείχνουν μια εξέλιξη ή τροποποίηση στις προτιμήσεις, τις ικανότητές του και τα αναμενόμενα αποτελέσματα για το μελλοντικό περιεχόμενο.

Στην συνέχεια γίνεται λόγος για το προτεινόμενο σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης και τις συνιστώσες του, οι οποίες είναι: Μοντέλο χρήστη (προφίλ), Μοντέλο Τομέα (Content), Διεπαφή Χρήστη και Παρακολούθηση χρήστη. Κάθε ένα από αυτά τα συστατικά έχει έναν αναντικατάστατο ρόλο σε αυτό το σύστημα, καθιστώντας την παρουσία του υποχρεωτική για τη λειτουργικότητα του συστήματος.

Η συνιστώσα Μοντέλο Χρήστη, αποθηκεύει όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με τους χρήστες, δηλαδή τα προφίλ των χρηστών, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών πληροφοριών, τις προτιμήσεις, την παρακολούθηση των ενεργειών των χρηστών και τα δεδομένα χρηστών που σχετίζονται με την απόδοση.

Το Μοντέλο Τομέα, αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με το υλικό που πρόκειται να παραδοθεί στους χρήστες. Ειδικότερα, θεωρίες μάθησης, καθώς και τρόποι μάθησης, έχουν δείξει ότι όλοι οι χρήστες δεν μπορούν να μάθουν με τον ίδιο τρόπο, λόγω των κοινωνικό-πολιτιστικών και εκπαιδευτικών διαφορών και λόγω διαφορετικών εμπειριών ζωής. Έτσι το εκπαιδευτικό υλικό θα πρέπει να εκφράζεται και να παρουσιάζεται με διαφορετικούς τρόπους, με σκοπό την εκπλήρωση ειδικών αναγκών των χρηστών.

Η διεπαφή χρήστη είναι το στοιχείο που εκμεταλλεύεται πληροφορίες από το μοντέλο χρήστη (προφίλ), στο οποίο αποθηκεύονται οι προτιμήσεις των χρηστών, καθώς και το μοντέλο τομέα (Content), στο οποίο η δομή κάθε μαθήματος είναι αποθηκευμένη και αποτελεί το τελικό περιεχόμενο που πρέπει να παραδοθεί στο χρήστη.

Τέλος το στοιχείο παρακολούθησης χρήστη, συμπληρώνει την αρχιτεκτονική του συστήματος e-learning. Ο μηχανισμός αυτός ελέγχει τη συμπεριφορά του κάθε χρήστη κατά την πλοήγηση του στο σύστημα, κάνει ανίχνευση του ενδιαφέροντος του χρήστη για ορισμένα θέματα ή αδυναμίες κατανόησης σε κάποια άλλα. Τα δεδομένα που συλλέγονται στο στοιχείο Παρακολούθηση χρήστη, μεταφέρονται στο μοντέλο χρήστη, προκειμένου να χρησιμοποιήσουν ως βάση για την προσαρμογή του προφίλ των χρηστών.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά το Μοντέλο χρήστη, βλέπουμε ότι ο χρήστης αρχικά εφοδιάζεται με μία ορισμένη ποσότητα ερωτήσεων και γνωστικών τεστ, καθώς εισέρχεται στο σύστημα. Αυτό το σύνολο των τεστ, έχει ως στόχο τον εντοπισμό κάποιων βασικών χαρακτηριστικών σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα θέλει να προσδιορίσει ποιοι είναι οι λόγοι που ώθησαν το χρήστη να πάρει το συγκεκριμένο μάθημα, αυτό που αναμένει να μάθει, πόσο νομίζει ότι έχει εξοικειωθεί με το περιεχόμενο του μαθήματος και ως εκ τούτου, αν σκέφτεται τον εαυτό του, ότι είναι ένας αρχάριος, ένας ενδιάμεσος ή ένας εμπειρογνώμονας στο θέμα. Το προφίλ e-learning ενός χρήστη, αποτελείται από δύο τύπους παραμέτρων: οι προτιμήσεις της διαδικασίας μάθησης, η οποία θα αναφέρεται ως «παραμέτροι στόχος», και οι σημαίνοντες παράγοντες, το οποίο θα καλείται «παραμέτροι αξιολόγησης».

Οι «παραμέτροι στόχοι» περιλαμβάνουν τη Δυσκολία Περιεχομένου, τον Όγκο Περιεχομένου, τη Διαδραστικότητα, και τη Διεπαφή. Με την τήρηση της ενημέρωσης αυτών των παραμέτρων, το σύστημα είναι ικανό να παρέχει στο χρήστη το κατάλληλο περιεχόμενο, κατά τον πλέον κατάλληλο τρόπο. Η Δυσκολία περιεχομένου επηρεάζεται από το επίπεδο των γνώσεων του χρήστη σχετικά με το θέμα, ο οποίος είναι ένας αρχάριος, ενδιάμεσος ή εμπειρογνώμονας. Αυτή η παράμετρος παίρνει τρεις τιμές: χαμηλή, μεσαία ή υψηλή. Ο Όγκος του περιεχομένου αναφέρεται στην ποσότητα των πληροφοριών που ο χρήστης επιθυμεί να διερευνήσει στο μάθημα. Χαμηλή, μεσαία ή υψηλή, είναι οι αξίες που έχει ο Όγκος περιεχομένου. Η Διαδραστικότητα είναι μία από τις παραμέτρους που εκτιμάται πολύ από τους χρήστες.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαδραστικότητα κάνει το χρήστη να αισθάνεται ότι το σύστημα είναι ευφυές και ικανό να προσαρμοστεί στις προτιμήσεις του, καθώς και σε θέση να κατανοήσει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει και να τον βοηθήσει να τις λύσει. Η Διαδραστικότητα μπορεί επίσης να λαμβάνει τις τιμές: χαμηλή, μέση ή υψηλή. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι ο επιθυμητός τύπος της διεπαφής, η οποία επηρεάζει επίσης τη μαθησιακή διαδικασία. Αυτή η παράμετρος θεωρείται ότι έχει τέσσερις διαφορετικές τιμές: Απλό, Μέτριο, Πλούσιο, ή Προχωρημένο.

Ως εκ τούτου, θα πρέπει να καθοριστεί ο αριθμός των παραμέτρων αξιολόγησης, που βοηθούν το σύστημα να προβλέψει τις προτιμήσεις του χρήστη, όπως αυτός εξελίσσεται με τη μελέτη του υλικού που του παρέχεται. Οι παράμετροι αξιολόγησης είναι η Διάρκεια μαθήματος, η διάρκεια του τεστ και η απόδοση. Πιο συγκεκριμένα, η Διάρκεια μαθήματος αναφέρεται στο χρόνο που ξοδεύει ένας χρήστης για την ολοκλήρωση μιας διδακτικής ενότητας / μαθήματος. Το αποτέλεσμα είναι η ταξινόμηση του χρόνου του χρήστη σε μία από τις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες: χαμηλή, μεσαία, υψηλή ή πολύ υψηλή. Η αξία της Διάρκειας μαθήματος στη συνέχεια επηρεάζει τον προσδιορισμό των τιμών των «παραμέτρων στόχου». Η παράμετρος Διάρκεια τεστ είναι παρόμοιας φύσης, με τη διαφορά ότι αυτό σχετίζεται με τον χρόνο που ένας χρήστης ξοδεύει για να ολοκληρωθεί

ένα τεστ. Με τη διατήρηση του αποτελέσματος του τεστ του χρήστη, το σύστημα μπορεί να εκτιμήσει πόσο καλά ο χρήστης έχει κατανοήσει τις έννοιες του μαθήματος. Αυτή η παράμετρος της απόδοσης, υποτίθεται ότι έχει τέσσερις πιθανές τιμές: «Α», «Β», «C», ή «D».

Παρακάτω βλέπουμε ότι η λειτουργία του προτεινόμενου συστήματος για την μοντελοποίηση και την προσαρμογή του προφίλ του χρήστη περιλαμβάνει τρία διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα, τα οποία είναι:

- Στρώμα Παρακολούθησης: Ο ρόλος αυτού του στρώματος είναι να συλλέγει τις τιμές ορισμένων βασικών δεικτών, οι οποίες με τη σειρά τους, θα χρησιμοποιηθούν για τις μεθόδους αξιολόγησης και προσαρμογής. Οι δείκτες αυτοί είναι αντιπροσωπευτικοί για τη γενική απόδοση του χρήστη και θα βοηθήσουν στη διαμόρφωση του προφίλ του.
- Στρώμα Μοντελοποίησης και Αξιολόγησης: Η κύρια λειτουργία αυτού του στρώματος βρίσκεται στην ανάκτηση των πληροφοριών που συλλέγονται από το στρώμα παρακολούθησης.
- Στρώμα Προσαρμογής: Αυτό το στρώμα είναι υπεύθυνο για την ενημέρωση των εκτιμώμενων χαρακτηριστικών του προφίλ, σύμφωνα με τα στοιχεία που λαμβάνονται μέσω των δεικτών του στρώματος παρακολούθησης. Τα στοιχεία αυτά χρησιμεύουν ως ανατροφοδότηση, προκειμένου να αποκτηθούν γνώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του χρήστη.

Έπειτα θα δώσουμε έμφαση στο στρώμα Μοντελοποίησης και Αξιολόγησης και στο στρώμα Προσαρμογής. Έτσι όσον αφορά το πρώτο στρώμα, η μοντελοποίηση των σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων στόχου και της αξιολόγησης του προφίλ του χρήστη, αποτελείται από αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των υπό εξέταση παραμέτρων ως ακολούθως:

- Εξαρτήσεις Δυσκολίας Περιεχομένου: Η παράμετρος αυτή εξαρτάται άμεσα από τις τιμές όλων των παραμέτρων αξιολόγησης. Η πραγματική διάρκεια μαθήματος, η διάρκεια του τεστ και οι επιδόσεις του χρήστη, καθορίζουν το επίπεδο δυσκολίας του περιεχομένου που πρέπει να δοθεί στο επόμενο μάθημα για τον χρήστη.
- Εξαρτήσεις Όγκου Περιεχομένου: Ο όγκος του περιεχομένου που πρέπει να δοθεί στο επόμενο μάθημα στο χρήστη, επηρεάζεται από το χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση τόσο του προηγούμενου μαθήματος όσο και του αντίστοιχου τεστ. Η Εξάρτηση του όγκου Περιεχομένου, για την απόδοση μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα, δεδομένου ότι μεγάλος όγκος περιεχομένου δεν υποδηλώνει αναγκαστικά μεγάλη δυσκολία.
- Εξαρτήσεις Διαδραστικότητας: Υποτίθεται ότι ο βαθμός της απαιτούμενης διαδραστικότητας καθορίζεται αποκλειστικά από τις προηγούμενες επιδόσεις του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, εάν ο χρήστης επιτυγχάνει χαμηλή απόδοση, είναι πολύ πιθανό ότι χρειάζεται περαιτέρω καθοδήγηση, έτσι μεγαλύτερη διαδραστικότητα, μέσα στο μάθημα.

- Εξαρτήσεις Διεπαφής Μαθήματος: Ο μόνος δείκτης που επηρεάζει το είδος της διεπαφής που απαιτείται σε όλο το μάθημα, είναι το χρονικό διάστημα που ο χρήστης έχει περάσει στο προηγούμενο μάθημα.

Όσον αφορά το δεύτερο στρώμα, ο υπολογισμός του πιο πιθανού συνόλου των χαρακτηριστικών του προφίλ των χρηστών, θα πρέπει να περιλαμβάνει επίσης, ιστορικά στοιχεία, δηλαδή τα παλιά παρακολουθούμενα δεδομένα, σχετικά με τη συνολική απόδοση του χρήστη. Ως εκ τούτου, ένας μηχανισμός που ενημερώνει τη στιγμιαία πιθανότητα, δηλαδή τις πιο πρόσφατες εκτιμήσεις, με βάση τα στοιχεία του παρελθόντος, θα πρέπει να αναπτυχθεί. Μία απλή αλλά αποτελεσματική προσέγγιση είναι η βαθμονόμηση της εκτιμώμενης πιθανότητας, σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο, ο οποίος θα αναλυθεί παρακάτω στο παρόν κεφάλαιο.

$$P_{\text{adapted},n} = W_{\text{hist}} * P_{\text{adapted},n-1} + W_{\text{instant}} * (1 - |P_{\text{adapted},n-1} - P_{\text{instant},n}|) * P_{\text{instant},n}$$

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, το δεξιό μέρος της εξίσωσης, περιλαμβάνει δύο συνιστώσες, η μία για την απασχόληση των ιστορικών πληροφοριών και η άλλη για την απασχόληση της στιγμιαίας εκτίμησης. Έτσι, η προτεινόμενη προσέγγιση συνίσταται στην τροποποίηση της προηγούμενης εκτίμησης (πρώτο συστατικό), με ένα συντελεστή που είναι συνάρτηση της πιο πρόσφατης, στιγμιαίας εκτίμησης (δεύτερο συστατικό). Ο τύπος αυτός υπολογίζει την πιθανότητα για την προσαρμοσμένη εκτίμηση για την χρονική στιγμή n .

Στην συγκεκριμένη εργασία το σύστημά μας εμπίπτει σε e-learning πλατφόρμα, για το γεγονός ότι είναι βασισμένο στις προτιμήσεις και στις ανάγκες του χρήστη, εξάγει τις κατάλληλες πληροφορίες για την καλύτερη εξυπηρέτησή του. Μετά από αυτά τα στοιχεία το σύστημά μας, αποκτά αυτογνωσία και έτσι δίνει την δυνατότητα στον χρήστη, την επόμενη φορά που θα χρησιμοποιήσει το σύστημα, να κάνει πιο συγκεκριμένες επιλογές ώστε να του προσφερθούν πιο κατάλληλες υπηρεσίες, (Bavός Γ, 2013).

Οι Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012, δίνουν έμφαση στους μηχανισμούς για την απόκτηση και την εκμάθηση πληροφοριών, σχετικά με τις προτιμήσεις των χρηστών, τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς ως μέρος ενός Συστήματος Διαχείρισης της Γνωστικής Συσκευής, που επιτρέπει τη βέλτιστη διαμόρφωση της συσκευής, λαμβάνοντας υπόψη εκτός από τις απαιτήσεις των χρηστών, τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και την εμπειρία που δημιουργείται μέσω των μηχανισμών μάθησης.

Παρουσιάζονται μηχανισμοί, οι οποίοι αποτελούν μέρος ενός γνωστικού συστήματος διαχείρισης συσκευών (CDMS), για την ανάκτηση και τη διαχείριση των πληροφοριών των χρηστών, καθώς και την εκτίμηση των μελλοντικών προτιμήσεων τους. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, τη διαμόρφωση πολιτικών και την εμπειρία που δημιουργείται, μέσω

συμπληρωματικών μηχανισμών μάθησης, στο πλαίσιο της διαδικασίας της αυτό-βελτιστοποίησης της συσκευής του χρήστη.

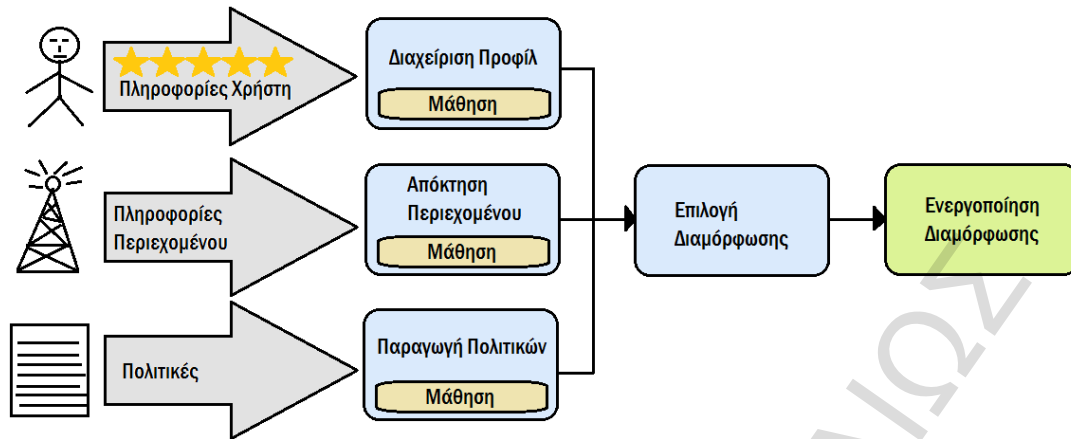
Ένας από τους κύριους στόχους του CDMS, είναι να προσφέρει ένα χαρτοφυλάκιο των υπηρεσιών, σε διάφορους τύπους χρηστών, σε διάφορες τοποθεσίες (κατοικίες, δημόσια, ή επιχειρήσεις) και ζώνες ώρας. Οι υπηρεσίες μπορεί να περιλαμβάνουν φωνή, ήχο, δεδομένα και / ή περιεχόμενο βίντεο, το οποίο κοινοποιείται ομιλητικά, διαδραστικά, streaming. Σε κάθε περίπτωση, οι υπηρεσίες πρέπει να παρέχονται στην καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσιών (QoS).

Τα QoS επίπεδα αναφοράς, σχετίζονται με μετρήσεις απόδοσης (πχ bit-rate, καθυστέρηση κ.λπ.), διαθεσιμότητα (πχ χαμηλή πιθανότητα αποκλεισμού, χωρητικότητα), αξιοπιστία (πχ χαμηλή ρίψη ή μεταβίβαση, πιθανότητα κλειδώματος), καθώς και την ασφάλεια. Για να πληρούνται οι προαναφερθείσες προϋποθέσεις, ένα γνωστικό σύστημα Διαχείρισης Συσκευών (CDMS), απαιτείται να ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Το πρώτο χαρακτηριστικό είναι η διαχείριση των προτιμήσεων των χρηστών, οι δυνατότητες των συσκευών και οι πολιτικές του δικτύου.

Η απόκτηση των πληροφοριών είναι ένα δεύτερο χαρακτηριστικό που έχει να κάνει με τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του τερματικού σταθμού και του χρήστη. Ο στόχος της απόκτησης περιεχομένου, είναι να αξιολογήσει την αναγκαιότητα επαναπροσδιορισμού και συνεισφοράς, στη σχετική διαδικασία επιλογής της πιο κατάλληλης διαμόρφωσης. Τέλος η επιλογή της βέλτιστης παραμετροποίησης της συσκευής μπορεί να οδηγήσει σε μια αλλαγή από το ένα δίκτυο / RAT στο άλλο.

Όλα τα στοιχεία αυτά, είναι σε θέση να μάθουν δυναμικά τις προτιμήσεις του χρήστη, να προσδιοριστούν οι αλλαγές στις δυνατότητες της συσκευής ή των πολιτικών και η εκτίμηση των μελλοντικών καταστάσεων, έτσι ώστε να ενισχυθούν οι συσκευές για τους χρήστες, με γνωστικές λειτουργίες. Επιπλέον το CDMS μπορεί να μάθει και να εφαρμόζει τις λύσεις που βρέθηκαν στο παρελθόν και έχουν καταγραφεί ως αποτελεσματικές.

Έτσι οι μηχανισμοί βελτιστοποίησης που σχετίζονται με την επιλογή της πιο κατάλληλης διαμόρφωσης, μπορούν να γίνουν ταχύτεροι. Το επόμενο σχήμα, περιγράφει την λειτουργία του CDMS, ώστε να επιλεγεί η καταλληλότερη διαμόρφωση για την συσκευή του χρήστη. Ύστερα γίνεται πιο αναλυτική περιγραφή για τη διαχείριση προφίλ του χρήστη και για τις πληροφορίες που συλλέγονται.



Σχήμα 2.10: Επισκόπηση του Συστήματος Διαχείρισης Γνωστικής Συσκευής.
(Stavrulaki V, Kritikou Y, 2012).

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες των παραμέτρων του προφίλ των χρηστών, οι οποίες είναι οι *observable* παράμετροι και οι *inferred* παράμετροι. Οι *observable* είναι οι μετρήσιμες παράμετροι που μπορούν να συλλέγονται από το σύστημα αυτόνομα ή μέσω ελάχιστης αλληλεπίδρασης με τον χρήστη. Οι *observable* παράμετροι περιλαμβάνουν την Υπηρεσία (ή ένα σύνολο υπηρεσιών) για τη λειτουργία της συσκευής σε μια συγκεκριμένη περίπτωση, το ποιοτικό επίπεδο υπηρεσίας, την θέση του χρήστη και τη ζώνη ώρας. Οι *inferred* παράμετροι, οι οποίες εκφράζουν τις πραγματικές προτιμήσεις των χρηστών και τις εκτιμήσεις για πιθανές μελλοντικές προτιμήσεις, ενημερώνονται με βάση τις τιμές των *observable* παραμέτρων.

Οι *inferred* παράμετροι χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία επιλογής, προκειμένου να αποφασιστεί η πλέον κατάλληλη διαμόρφωση για τον συγκεκριμένο χρήστη σε ορισμένα πλαίσια (τοποθεσία, ζώνη ώρας). Οι *inferred* παράμετροι που έχουν οριστεί είναι το *utility volume*, το οποίο παρέχει ένα μέτρο της ικανοποίησης των χρηστών και η *maximum acceptable price*, η οποία εκφράζει το χρηματικό ποσό που ο χρήστης είναι διατεθειμένος να πληρώσει, έτσι ώστε να αποκτήσει μια υπηρεσία σε ένα ορισμένο επίπεδο ποιότητας.

Όσον αφορά το *utility volume*, οι πιθανές τιμές ακολουθούν κλίμακα Likert, στο διάστημα [1, 5], όπου οι τιμές της κλίμακας αντιστοιχούν σε Απαίσιο (1), Ανεπαρκές (2), OK (3), Καλό (4) και Εξαιρετικό (5), ενώ το *maximum acceptable price*, μπορεί να έχει τιμές, χαμηλή, μέση ή υψηλή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει μια ιδιαίτερα ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της ανάδρασης του χρήστη και με το *Utility volume*. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές του *utility volume*, ενημερώνονται για ένα ορισμένο πλαίσιο, με βάση την ανατροφοδότηση που λαμβάνεται από τον χρήστη. Ο χρήστης ενεργοποιεί μια συγκεκριμένη υπηρεσία.

Στα αρχικά στάδια η συνιστώσα Διαχείρισης Προφίλ, θεωρεί ότι ο χρήστης δεν έχει ιδιαίτερες προτιμήσεις, με άλλα λόγια, ο χρήστης αρχικά θεωρείται ότι είναι αδιάφορος μεταξύ των επιλογών της παροχής υπηρεσιών. Έτσι οι διαμορφώσεις επιλέγονται κυρίως

με βάση τα συμφραζόμενα και τις πολιτικές πληροφορίες (πληροφορίες που ανακτώνται από τα αντίστοιχα στοιχεία). Κάθε φορά που ο χρήστης αποκτά μια υπηρεσία, μια μονάδα αξιολόγησης (ενσωματωμένη στο στοιχείο Διαχείρισης Προφίλ) επιτρέπει στο χρήστη να βαθμολογήσει πόσο του άρεσε η συγκεκριμένη παροχή υπηρεσιών. Η Κλίμακα Likert, όπου το 1 αντιπροσωπεύει έντονη δυσαρέσκεια και το 5 αποτελεί ισχυρή ικανοποίηση, χρησιμοποιείται επίσης για τη διαβάθμιση.

Ο χρήστης έχει επίσης την επιλογή να αρνηθεί την παροχή βαθμολογίας. Αυτό σημαίνει ότι η ανατροφοδότηση του χρήστη επηρεάζει τον τρόπο που η πιθανότητα του Utility volume παράγεται και κατά συνέπεια επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της Υπηρεσίας, που πρόκειται να παρέχονται με την επόμενη φορά που χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη υπηρεσία.

Ως εκ τούτου, η εκτίμηση των προτιμήσεων του χρήστη μπορεί να μεταφραστεί ως η εκτίμηση, με βάση τη συλλογή των observable παραμέτρων, από την πιο πιθανή τιμή του Utility volume, για την παροχή μιας υπηρεσίας σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο QoS, σε ένα δεδομένο πλαίσιο. Με άλλα λόγια, ο στόχος είναι να υπολογίσουμε την πιθανότητα όπου το utility volume θα έχει μια συγκεκριμένη αξία (1 έως 5) για ορισμένο επίπεδο QoS, δίνοντας μια συγκεκριμένη ζώνη υπηρεσίας, τόπο και χρόνο.

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες παραμέτρων προφίλ του χρήστη.

Observable Parameters		Inferred Parameters	
Όνομα	Τιμές	Όνομα	Τιμές
Service	Audio, Video, Data	Utility Volume	1, 2, 3, 4, 5
QoS	High, Medium, Low	Maximum Acceptable Price	High, Medium, Low
Location	Home, Work		
Time Zone	Personal, Professional		

(Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

Όσον αφορά τη λειτουργικότητα που σχετίζεται με τη μάθηση της συμπεριφοράς και των προτιμήσεων του χρήστη, μπορεί να χωριστεί σε δύο φάσεις. Η αρχική φάση είναι η συλλογή πληροφοριών για το χρήστη. Σε αυτή τη φάση, η προσέγγιση που προτείνεται, είναι η συλλογή σχολίων από τον χρήστη και υπολογίζονται κατατάξεις των Υπηρεσιών και συνδυασμοί QoS. Το επόμενο στάδιο είναι η εκτίμηση των μελλοντικών προτιμήσεων των χρηστών με βάση τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν. Αυτές οι παράμετροι που προκύπτουν, μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να αποφασιστεί, η πλέον κατάλληλη διαμόρφωση για τη συσκευή του χρήστη.

Έννοιες από τη Bayesian στατιστική εφαρμόζονται, προκειμένου να εκτιμηθεί η πιθανότητα του επιπέδου ικανοποίησης των χρηστών (ή το μέγιστο αποδεκτό κόστος) για μια ειδική υπηρεσία και ένα QoS επίπεδο που παρέχονται, λαμβάνοντας υπόψη μια συγκεκριμένη τοποθεσία και τη ζώνη ώρας.

Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται μία μέθοδος σύμφωνα με την οποία οι στιγμιαίες εκτιμήσεις ενημερώνονται, λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες πληροφορίες για το χρήστη. Με άλλα λόγια, ο στόχος είναι να υπολογιστεί η πιθανότητα προσαρμογής, την οποία βρίσκουμε με τον τύπο που υπάρχει στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.2: Τύπος υπολογισμού προσαρμοσμένης πιθανότητας.

$P_{\text{adapted},n} = W_{\text{hist}} * P_{\text{adapted},n-1} + W_{\text{instant}} * (1 - P_{\text{adapted},n-1} - P_{\text{instant},n}) * P_{\text{instant},n}$	
n	Τρέχουσα στιγμή.
P_{adapted}, n	Εκτίμηση προσαρμοσμένης πιθανότητας τη στιγμή n.
P_{adapted}, n-1	Εκτίμηση προσαρμοσμένης πιθανότητας τη προηγούμενη στιγμή.
P_{instant}, n	Εκτίμηση στιγμιαίας πιθανότητας για τη στιγμή n.
Whist, Winstant	Βάρη για την ιστορική εκτίμηση και για την τρέχουσα στιγμιαία εκτίμηση, αντίστοιχα. Οι τιμές είναι (0, 1) και το άθροισμα τους 1.

(Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

Η ανάδραση των χρηστών επηρεάζει την τιμή της πιθανότητας του Utility volume. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της παραπάνω εξίσωσης, αποδίδοντας το κατάλληλο βάρος για την προσαρμοσμένη και στιγμιαία εκτίμηση. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση που ένας χρήστης αποδίδει μια συγκεκριμένη υπηρεσία (όπως ο συνδυασμός του QoS, τοποθεσία και ζώνη ώρας) με μια πολύ μεγάλη αξία (πχ 5), τότε τα βάρη του συστήματος για τη στιγμιαία πιθανότητα θα είναι «βαρύτερα», από ότι για την προσαρμοσμένη πιθανότητα της προηγούμενης φάσης.

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία ενός πίνακα Πιθανότητας συνθηκών (CPT) για τις inferred παραμέτρους και πιο συγκεκριμένα για το Utility Volume. Πρακτικά, ένας πίνακας στοιχείων observable παραμέτρων, δημιουργείται για κάθε εμφάνιση μιας υπηρεσίας, για κάθε σύνολο διαφορετικών παραμέτρων που συνθέτουν την κάθε υπηρεσία (Υπηρεσία, QoS, Τοποθεσία, Ζώνη ώρας). Ο πίνακας CPT φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και δείχνει τις πιθανότητες συνθήκης αρχικοποιημένες για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς υπηρεσίας, ποιότητας και ζώνη ώρας.

Πίνακας 2.3: Utility Volume CPT

Parent Node(s)			Utility Volume				
Service	QoS	Time Zone	1	2	3	4	5
Audio	Low	Personal	0,35	0,25	0,15	0,2	0,05
		Professional	0,5	0,15	0,05	0,25	0,05
	Medium	Personal	0,1	0,15	0,6	0,15	0,1
		Professional	0,3	0,4	0,15	0,05	0,1
	High	Personal	0,15	0,3	0,05	0,45	0,05
		Professional	0,2	0,15	0,05	0,2	0,4
Video	Low	Personal	0,4	0,3	0,15	0,05	0,1
		Professional	0,55	0,15	0,05	0,05	0,2
	Medium	Personal	0,1	0,1	0,2	0,5	0,1
		Professional	0,2	0,25	0,35	0,1	0,1
	High	Personal	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
		Professional	0,05	0,15	0,15	0,55	0,1
Data	Low	Personal	0,55	0,05	0,2	0,05	0,15
		Professional	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
	Medium	Personal	0,15	0,2	0,35	0,25	0,05
		Professional	0,15	0,2	0,1	0,45	0,1
	High	Personal	0,1	0,15	0,1	0,4	0,25
		Professional	0,15	0,1	0,15	0,2	0,4
Voice	Low	Personal	0,45	0,2	0,2	0,05	0,1
		Professional	0,2	0,35	0,2	0,1	0,15
	Medium	Personal	0,15	0,55	0,1	0,05	0,15
		Professional	0,25	0,1	0,5	0,1	0,05
	High	Personal	0,05	0,1	0,05	0,1	0,7
		Professional	0,1	0,05	0,05	0,25	0,55

(Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

Στην συνέχεια ένας πίνακας στοιχείων observable παραμέτρων δημιουργείται για κάθε γραμμή του πίνακα CPT. Ο πίνακας αυτός συμπληρώνεται με πληροφορίες, κάθε φορά που ένας χρήστης επιλέγει τη συγκεκριμένη υπηρεσία, ποιότητα και ζώνη ώρας. Το επόμενο βήμα είναι να παράγει τη στιγμιαία εκτίμηση, η οποία υπολογίζεται βάσει των αποδεικτικών στοιχείων και του CPT. Ο υπολογισμός της στιγμιαίας εκτίμησης, ακολουθείται από τον υπολογισμό της προσαρμοσμένης εκτίμησης, λαμβάνοντας υπόψη ότι, $Whist + Winstant = 1$ και $Whist / Winstant = 1$, το οποίο σημαίνει ότι, $Whist = Winstant = 0,5$.

Στην δική μας περίπτωση, στο σύστημα διαχείρισης αναδιαμορφωμένου τερματικού, δεν λαμβάνουμε υπόψη μας τις πολιτικές που τυχόν μπορεί να υπάρχουν για κάποιες περιπτώσεις. Το πιο σημαντικό συστατικό του CDMS για να λειτουργήσει σωστά το σύστημα αυτό, είναι το Προφίλ του χρήστη, όπου εκεί καταγράφονται οι προτιμήσεις και οι ανάγκες του. Το προφίλ του χρήστη χωρίζεται σε δυο τύπους παραμέτρων (Observable, Inferred). Οι Observable παράμετροι είναι η υπηρεσία και το επίπεδο ποιότητας, ενώ οι Inferred παράμετροι είναι το Utility Volume. Με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη για κάθε

συνδυασμό των observable παραμέτρων, υπολογίζονται οι inferred παράμετροι. Στην συνέχεια υπολογίζονται οι στιγμιαίες πιθανότητες για κάθε Utility Volume, μετά οι προσαρμοσμένες πιθανότητες και τέλος υπολογίζονται οι πιθανότητες συνθήκης για όλους τους συνδυασμούς των observable παραμέτρων για κάθε Utility Volume. Έτσι προσδιορίζονται οι καλύτερες επιλογές που μπορεί να έχει ο χρήστης στη διάθεσή του για να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες, (Βανός Γ, 2013).

Οι Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012, επικεντρώνονται στη συσκευή του χρήστη και παρουσιάζουν το Γνωστικό Σύστημα Διαχείρισης Συσκευών (CDMS), που περιλαμβάνει μηχανισμούς για δυναμική επιλογή της βέλτιστης παραμετροποίησης της συσκευής, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις των χρηστών, των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της συσκευής (περιεχόμενο), τις πολιτικές και τη γνώση, που έχει δημιουργηθεί μέσω της λειτουργίας μάθησης της συσκευής. Πιο συγκεκριμένα, τα γνωστικά συστήματα καθορίζουν τη συμπεριφορά τους, με ένα αυτό-διαχειριζόμενο τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται αντιδραστικά ή προληπτικά, με βάση τους στόχους, τις πολιτικές, τις γνώσεις και την εμπειρία, που λαμβάνεται μέσω της μάθησης.

Οι γνωστικές συσκευές θα πρέπει να περιλαμβάνουν δυνατότητες για δυναμική επιλογή, προσαρμογή της συμπεριφοράς και της λειτουργίας τους, με ένα ενιαίο και διαφανή τρόπο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της κατάλληλης διαχείρισης λειτουργικότητας που θα λαμβάνει υπόψη της, τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος της συσκευής, τους στόχους και τις πολιτικές, την εμπειρία (γνώση) που δημιουργήθηκε μέσω των μηχανισμών μάθησης. Οι συσκευές για να έχουν αυτό-βελτιστοποίηση, θα πρέπει να πληρούν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Η απόκτηση πληροφοριών προφίλ, δηλαδή η λήψη και διαχείριση των δεδομένων που σχετίζονται με τις δυνατότητες των συσκευών και τις προτιμήσεις των χρηστών.
- Η απόκτηση πληροφοριών περιεχομένου, προκειμένου η συσκευή να αντιληφθεί την τρέχουσα κατάσταση και τις συνθήκες υπό το τωρινό της περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, το πλαίσιο θα πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με τις διαθέσιμες τεχνολογίες πρόσβασης και φορέων, σε μια δεδομένη περιοχή και την αντίστοιχη κατάστασή τους, όπως η χρήση των συχνοτήτων, των διαθέσιμων πόρων, την κάλυψη κλπ.
- Η απόκτηση και η αξιοποίηση των πληροφοριών σχετικά με τις πολιτικές των διαφόρων σχετικών φορέων (φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου κλπ.).
- Μάθηση για την ανάπτυξη των γνώσεων και εμπειριών σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη, τις δυνατότητες των υποψήφιων δικτύων / διαμορφώσεις, καθώς και την αποτελεσματικότητα των αποφάσεων (επιλογές) κατά το παρελθόν.
- Η επιλογή της βέλτιστης διαμόρφωσης της συσκευής, λαμβάνοντας υπόψη το τωρινό πλαίσιο, το προφίλ, τις πολιτικές και τις γνώσεις.

Το CDMS αποτελείται από διάφορα στοιχεία, με στόχο να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις που περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα, τα οποία είναι τα ακόλουθα στοιχεία: Διαχείριση προφίλ, Πολιτικές Παραγωγής, Διαχείριση Περιβάλλοντος, Μάθησης και των Αποφάσεων.

Το πρώτο στοιχείο διαχειρίζεται και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες της συσκευής, καθώς και τις προτιμήσεις των χρηστών και των περιορισμών. Ενδεικτικά περιλαμβάνει πληροφορίες όπως, (α) το σύνολο των πιθανών διαμορφώσεων, (β) το σύνολο των εφαρμογών / υπηρεσιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα σύνολα των QoS επιπέδων που συνδέονται με τη χρήση μιας εφαρμογής / υπηρεσίας, (γ) τον όγκο χρησιμότητας (δηλαδή την ικανοποίηση των χρηστών) που συνδέονται με τη χρήση μιας εφαρμογής / υπηρεσίας σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας και (δ) τη μέγιστη τιμή που ο χρήστης είναι διατεθειμένος να πληρώσει, προκειμένου να χρησιμοποιήσει ορισμένες υπηρεσίες σε συγκεκριμένα QoS επίπεδα. Επιπλέον η συνιστώσα αυτή χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς μάθησης, για τη δυναμική μάθηση των προτιμήσεων των χρηστών και την ενημέρωση του προφίλ των χρηστών αναλόγως.

Οι πολιτικές παραγωγής είναι υπεύθυνες για την απόκτηση των πληροφοριών που σχετίζονται με τις πολιτικές. Οι πολιτικές χρησιμοποιούνται ως εισροή κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την επιλογή της καταλληλότερης ρύθμισης, με βάση το προφίλ του χρήστη (προτιμήσεις) και από το περιεχόμενο (την συνδεσιμότητα και τις επιλογές ρυθμίσεων που προσφέρονται από τα διαθέσιμα δίκτυα). Ο στόχος των πολιτικών είναι να βελτιώσουν την είσοδο, που προβλέπεται στο προφίλ και στο πλαίσιο.

Ο ρόλος της Διαχείρισης Πλαισίου, είναι να εντοπίσει και να παρακολουθήσει το περιβάλλον (πλαίσιο) από τη συσκευή του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, αυτό το συστατικό είναι υπεύθυνο, για την ανακάλυψη των υποψήφιων δικτύων / διαμορφώσεων, στην περιοχή, όπου βρίσκεται ο χρήστης της συσκευής. Για παράδειγμα, το στοιχείο Διαχείρισης Πλαισίου, κάνει ικανή μια συσκευή να προσδιορίσει την είσοδο ενός νέου RAT στον τομέα των υπηρεσιών, προσφέροντας καλύτερα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών (π.χ. παροχή υψηλότερου QoS, χαμηλότερο κόστος ανά επίπεδο QoS και υπηρεσίας) σε σχέση με την τρέχουσα επιλεγμένη υπηρεσία.

Το στοιχείο της μάθησης, περιλαμβάνει μηχανισμούς για την ανάπτυξη των γνώσεων και εμπειριών σχετικά με το προφίλ και τις πληροφορίες περιεχομένου, καθώς και για την αποτελεσματικότητα των αποφάσεων που λαμβάνονται. Πιο συγκεκριμένα, το στοιχείο περιλαμβάνει λειτουργικότητα για δυναμική μάθηση των προτιμήσεων του χρήστη. Επιπλέον, περιλαμβάνει μηχανισμούς για την εκτίμηση των δυνατοτήτων πιθανών δικτύων / διαμορφώσεων, σε διάφορες καταστάσεις. Η γνώση αυτή αξιοποιείται στη συνέχεια, έτσι ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη διαμόρφωση της συσκευής.

Η τελευταία συνιστώσα είναι η Λήψη αποφάσεων, η οποία αποφασίζει για την πλέον κατάλληλη διαμόρφωση, για τη συσκευή του χρήστη όσον αφορά τα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας που μπορεί να επιτευχθούν και το αντίστοιχο επίπεδο της ικανοποίησης των χρηστών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μίας διαδικασίας βελτιστοποίησης, που θα λαμβάνει υπόψη το προφίλ του χρήστη και της συσκευής, το τρέχον πλαίσιο και τους πολιτικούς φορείς από τη διαχείριση του δικτύου. Επιπλέον, η διαδικασία βελτιστοποίησης της Λήψης Αποφάσεων εκμεταλλεύεται τη γνώση για τις προτιμήσεις του χρήστη και τις δυνατότητες των υποψήφιων δικτύων που λαμβάνονται μέσω μηχανισμών μάθησης.

Ο ανεπτυγμένος μηχανισμός μάθησης συλλέγει μετρήσεις και ενημερώνει τις πιθανότητες συνθήκης, ότι ένα ορισμένο δίκτυο μπορεί να επιτύχει ένα ορισμένο επίπεδο ποιότητας της υπηρεσίας για μια συγκεκριμένη πλατφόρμα. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα συγκεκριμένο σύνολο εφαρμογών, με βάση την συνδρομή του. Οι αντίστοιχες πληροφορίες περιεχομένου για τον χρήστη, περιλαμβάνουν:

- Ένα σύνολο από υποψήφια δίκτυα. Το σύνολο των δικτύων αυτών, είναι ένα υποσύνολο των διαθέσιμων δικτύων. Αποτελείται από τα δίκτυα τα οποία είναι συμβατά και με τις πολιτικές του Διαχειριστή του Δικτύου, δηλαδή η επιλογή των δικτύων αυτών για τον συγκεκριμένο χρήστη και τον τερματικό σταθμό, επιτρέπεται.
- Το σύνολο των επιπέδων QoS, για κάθε δίκτυο και την πλατφόρμα, κατά το οποίο η υπηρεσία, μπορεί να προσφέρεται από ένα συγκεκριμένο δίκτυο. Αυτό το σύνολο των επιπέδων QoS, περιλαμβάνει εκείνα που είναι δυνατό να επιτευχθούν στο συγκεκριμένο πλαίσιο λειτουργίας (πχ συνθήκες ραδιοφωνικού καναλιού) και σύμφωνα με τις πολιτικές του φορέα εκμετάλλευσης για κάθε πλατφόρμα. Ένα επίπεδο QoS αντιστοιχεί σε ένα σύνολο παραμέτρων του QoS, όπως bit-rate, καθυστέρηση, jitter κλπ. Μια παράμετρος QoS μπορεί να πάρει μια τιμή από αυτό το σύνολο των τιμών αναφοράς, κατά ένα συγκεκριμένο δίκτυο.
- Οι πιθανότητες συνθήκης, οι οποίες παρέχουν μια εκτίμηση του πόσο πιθανό είναι ότι μια συγκεκριμένη παράμετρος QoS, θα φτάσει σε μια ορισμένη τιμή, για μια υπηρεσία δεδομένης μιας συγκεκριμένης ρύθμισης.
- Η τιμή της πυκνότητας πιθανότητας, η οποία ποσοτικοποιεί τη γνώση σχετικά με το περιεχόμενο. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας προσφέρει μια πιο συνολική εκτίμηση σχετικά με την πιθανότητα να επιτευχθεί ένας ορισμένος συνδυασμός των παραμέτρων QoS, που αντιστοιχεί σε επίπεδο QoS, για μια υπηρεσία δεδομένου, ενός συγκεκριμένου δικτύου. Αυτό εκφράζει την πιθανότητα ότι ένα συγκεκριμένο δίκτυο, θα υποστηρίξει μια συγκεκριμένη υπηρεσία και ένα συνδυασμό QoS επιπέδων.

Η ενημέρωση των πιθανοτήτων συνθήκης και των τιμών συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, αποτελεί τη μαθησιακή διαδικασία. Η συσκευή μπορεί να λάβει αρχικά πληροφορίες σχετικά με τα διαθέσιμα δίκτυα στην περιοχή όπου βρίσκεται, μέσω της

επίγνωσης του δικτύου, διαμέσου ενός καναλιού γνωστικού πλοηγού ή μέσω της επικοινωνίας με άλλες συσκευές στην περιοχή. Οι πληροφορίες αυτές, είναι εξευγενισμένες με τις σχετικές πολιτικές και ενδεχομένως, τους περιορισμούς του χρήστη / τις προτιμήσεις, παρέχοντας το σύνολο των υποψήφιων δικτύων. Η συσκευή συλλέγει μετρήσεις από αυτά τα υποψήφια δίκτυα, ενώ κινείται.

Με βάση αυτές τις μετρήσεις, οι πιθανότητες εξαρτώνται από τις τιμές αναφοράς που είναι "κοντά" στην μέτρηση που έγινε, ενώ οι υπόλοιπες, που είναι "πιο μακριά" από τη μέτρηση, είναι μειωμένες. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε μέτρηση bit-rate με αξία 24 Mbps και έξι τιμές αναφοράς για το bit-rate, δηλαδή 6, 12, 24, 36, 48 και 54 Mbps. Στην περίπτωση αυτή εκτιμά "κοντά" στην μετρούμενη τιμή (24 Mbps) ότι είναι τα 12 και 36, ενώ 6, 48 και 54 θεωρούνται τιμές περαιτέρω "μακριά" από την τιμή της μέτρησης. Για τον καθορισμό της εγγύτητας των τιμών και κατά συνέπεια, ποιές πιθανότητες συνθήκης, θα πρέπει να ενισχυθούν, ένας διορθωτικός συντελεστής χρησιμοποιείται για κάθε τιμή αναφοράς.

Ο διορθωτικός παράγοντας έχει τον τύπο:

$$cor_{ij}^k = 1 - (|r_{ij}^k - v_{ij}| / dif_{ij})$$

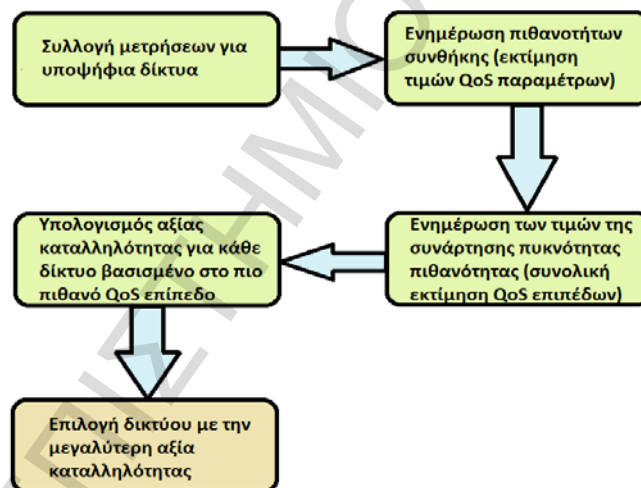
όπου r_{ij}^k υποδηλώνει την k-th τιμή αναφοράς για την j-th παράμετρο QoS, όταν το δίκτυο είναι i, το v_{ij} είναι η τωρινή μετρήσιμη τιμή για την j-th παράμετρο QoS για το δίκτυο i και το dif_{ij} είναι η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης τιμής αναφοράς, από το σύνολο των τιμών αναφοράς. Μια διορθωμένη τιμή «κοντά», σημαίνει ότι η τιμή αναφοράς και η μετρηθείσα τιμή, είναι κοντά και ως εκ τούτου, η αντίστοιχη τιμή της πιθανότητας συνθήκης, θα πρέπει να ενισχυθεί αναλόγως.

Επιπλέον, για την ενημέρωση των πιθανοτήτων συνθήκης, ένας παράγοντας κανονικοποίησης, χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι οι ενημερωμένες τιμές όλων των πιθανοτήτων συνθήκης, για μια συγκεκριμένη παράμετρο QoS, δοθέντος ενός συγκεκριμένου δικτύου, θα συνοψιστούν σε μία. Οι πιθανότητες συνθήκης, δεν επιτρέπεται να πέσουν κάτω από ένα ορισμένο όριο, ώστε να επιτρέψουν την ταχύτερη προσαρμογή. Εάν υπάρχουν πιθανότητες που πέφτουν κάτω από το όριο, προσαρμόζονται αναλόγως.

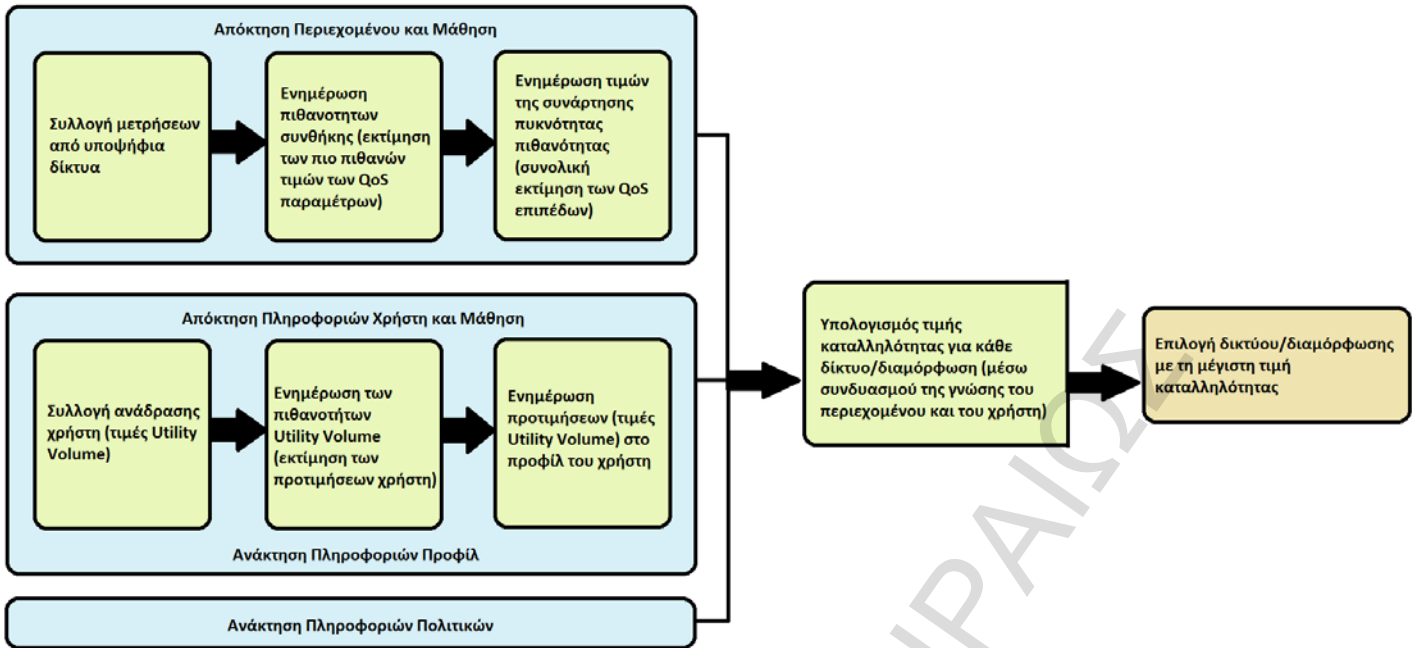
Οι τιμές συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας ενημερώνονται αναλόγως. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ενημέρωση των πληροφοριών περιεχομένου και της γνώσης είναι συνεχής, ενώ η συσκευή είναι σε κίνηση. Καθώς κινείται η συσκευή, υπάρχει συνήθως κάποιος βαθμός επικάλυψης μεταξύ του προηγούμενου πλαισίου και του τρέχοντος πλαισίου της. Έτσι, όταν η συσκευή κινείται σε μια νέα περιοχή η διαδικασία μάθησης περιεχομένου, δεν πρέπει να ξεκινήσει από την αρχή. Προηγουμένως ελήφθησαν σχετικές πληροφορίες και γνώσεις, με τη μορφή των πιθανοτήτων συνθήκης και της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, που μπορεί ακόμη να αξιοποιηθούν.

Στην συνέχεια, παρουσιάζεται αναλυτικότερα η λειτουργικότητα της Λήψης Αποφάσεων. Η διαδικασία λήψης αποφάσεων για την επιλογή της βέλτιστης παραμετροποίησης της συσκευής, είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης που θα λαμβάνει υπόψη το τρέχον πλαίσιο, τις πληροφορίες προφίλ, τις πολιτικές και τις γνώσεις. Τα δεδομένα συλλέγονται σε συνεργασία με τις άλλες συνιστώσες του CDMS. Η λειτουργικότητα λήψης αποφάσεων, μπορεί να ενεργοποιείται ως αντίδραση σε μια κατάσταση που αντιμετωπίζεται σήμερα, όπως η υποβάθμιση του QoS ή τον εντοπισμό των ρυθμίσεων που προσφέρουν καλύτερες δυνατότητες απόδοσης.

Για την υλοποίηση των Αποφάσεων, δύο γνωστικά στοιχεία βασισμένα στην γνώση, έχουν επινοηθεί. Το ένα βασίζεται σε πολλαπλές ιδιότητες λήψης αποφάσεων (MADM), όπως εφεξής αναφέρεται ως Γνωστικό MADM. Το άλλο σύστημα είναι ένα πρόγραμμα λήψης αποφάσεων βασισμένο στην χρησιμότητα, που στο εξής θα αναφέρεται ως γνωστικό σύστημα επιλογής διαμόρφωσης βασισμένο στην χρησιμότητα (ή σύστημα λήψης αποφάσεων). Τα παρακάτω σχήματα αφορούν τη διαδικασία λειτουργίας των αλγόριθμων λήψης αποφάσεων, του Γνωστικού MADM και του Γνωστικού συστήματος βασισμένο στη χρησιμότητα.



Σχήμα 2.11: Διαδικασία λειτουργίας Cognitive MADM. (Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).



Σχήμα 2.12: Διαδικασία λειτουργίας Cognitive Utility-based.
(Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη ένα χρήστη με ένα συγκεκριμένο τερματικό, με συνδρομή σε ένα συγκεκριμένο φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου, για ένα συγκεκριμένο σύνολο εφαρμογών, η είσοδος στο πρόβλημα βελτιστοποίησης περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

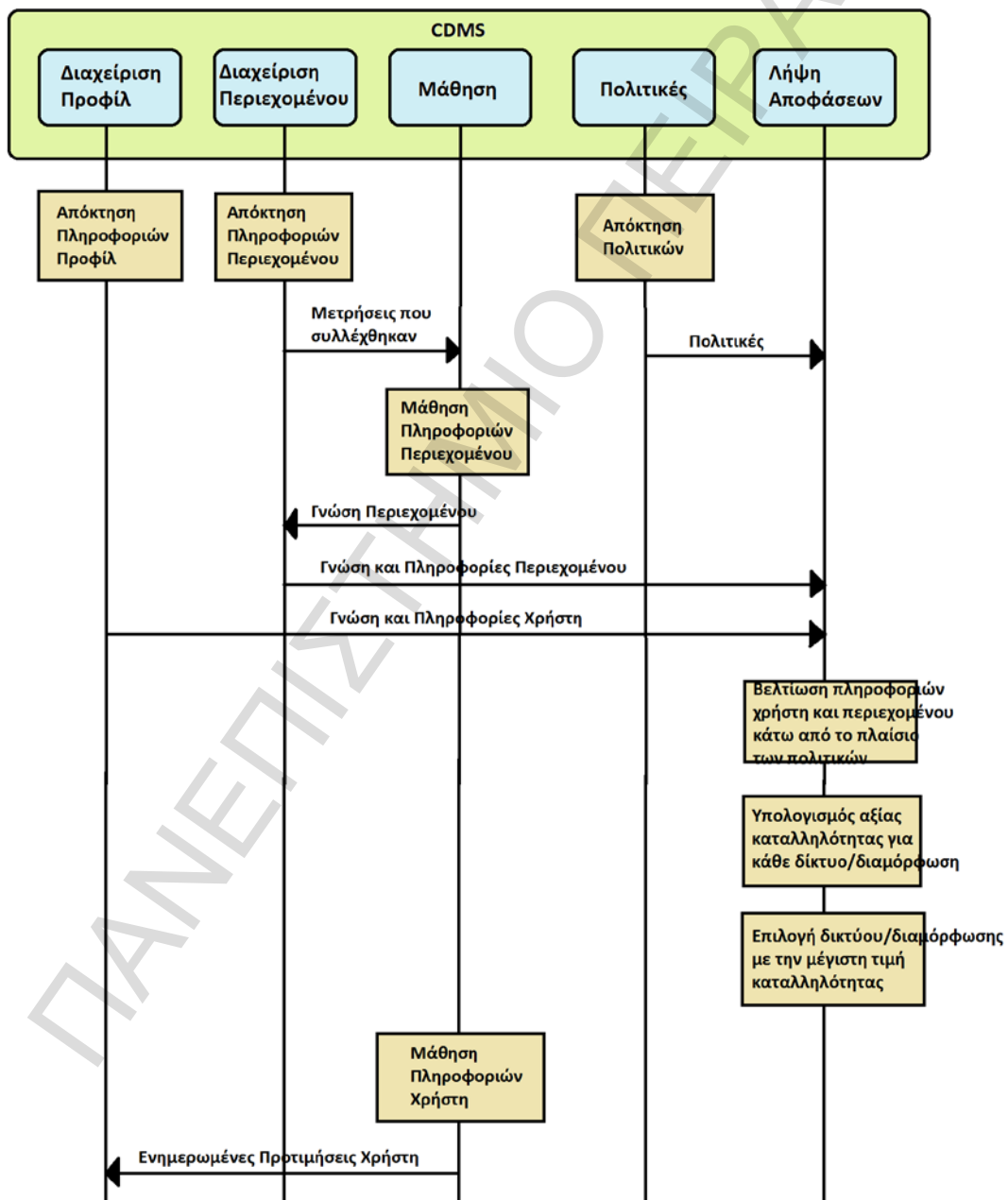
- Το σύνολο των υποψήφιων δικτύων.
- Για κάθε δίκτυο και την πλατφόρμα, το σύνολο των QoS επιπέδων, στα οποία η υπηρεσία μπορεί να επιτευχθεί μέσω κάθε δικτύου.
- Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, εκφράζοντας την πιθανότητα ότι ένα συγκεκριμένο δίκτυο, θα παρέχει μια ειδική υπηρεσία, σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο QoS.
- Οι προτιμήσεις των χρηστών, για κάθε υπηρεσία και για κάθε επίπεδο QoS, μεταξύ εκείνων που προσφέρονται από τα υποψήφια δίκτυα.

Στην περίπτωση του γνωστικού MADM, οι προτιμήσεις του χρήστη, εκφράζονται έμμεσα ως διάνυσμα των βαρών, όπου κάθε τιμή δείχνει τη σημασία μιας συγκεκριμένης παραμέτρου επιπέδου QoS όπως bit-rate, καθυστέρησης, jitter κλπ. Στην περίπτωση του Γνωστικού συστήματος βασισμένο στη χρησιμότητα, οι προτιμήσεις των χρηστών παρέχονται άμεσα μέσω της αντίστοιχης χρηστικής αξίας. Αυτή η είσοδος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της λεγόμενης αξίας καταλληλότητας που χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τις διαμορφώσεις (δίκτυα και συνδυασμούς QoS επιπέδων), σε σχέση με τις δυνατότητες του δικτύου και της αντίστοιχης ικανοποίησης των χρηστών που μπορεί να επιτευχθεί.

Οι τιμές καταλληλότητας για όλα τα υποψήφια δίκτυα ενημερώνονται, κάθε φορά από τις πιθανότητες συνθήκης και οι τιμές συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας ενημερώνονται, όταν μια νέα μέτρηση λαμβάνεται από το περιβάλλον. Η διάταξη με την υψηλότερη αξία

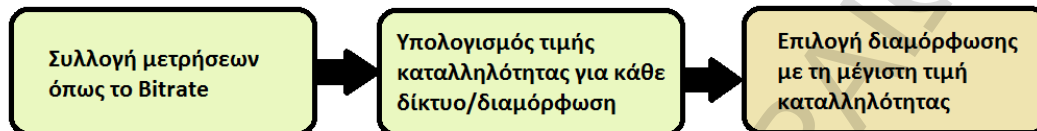
καταλληλότητας επιλέγεται. Σε περίπτωση που η ίδια αξία καταλληλότητας, προέρχεται από διάφορες διαμορφώσεις, η ρύθμιση που επιβάλλει το μικρότερο κόστος αναδιαμόρφωσης (από άποψη χρόνου και πόρων) επιλέγεται. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η τιμή καταλληλότητας του τωρινού δικτύου, είναι εξίσου υψηλή σε σχέση με άλλα δίκτυα, είναι προτιμότερη επειδή δεν συνεπάγεται η παράδοση της συσκευής σε ένα διαφορετικό δίκτυο.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τις αλληλεπιδράσεις των συστατικών, για τη λήψη απόφασης για τη βέλτιστη διαμόρφωση της συσκευής, με τα άλλα συστατικά των CDMS που συνεισφέρουν στη σχετική διαδικασία βελτιστοποίησης.

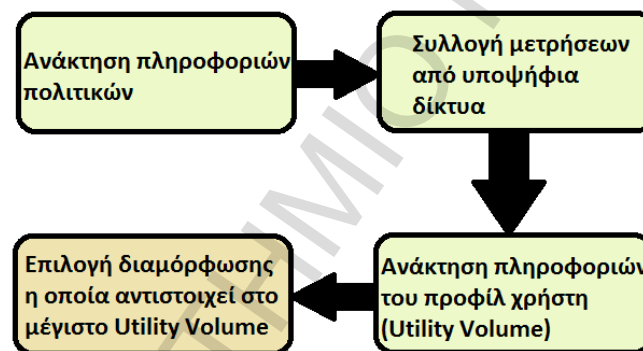


Σχήμα 2.13: Αλληλεπίδραση των στοιχείων του CDMS. (Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

Τέλος έχουμε άλλους δύο αλγόριθμους που σχετίζονται με την Λήψη Αποφάσεων, οι οποίοι είναι, οι κληρονομιά MADM και κληρονομιά βασισμένη στη χρησιμότητα. Οι αλγόριθμοι κληρονομιάς-λήψης αποφάσεων, εκμεταλλεύονται μόνο τις διαθέσιμες πληροφορίες, δεν χρησιμοποιούν καμία γνώση. Με άλλα λόγια οι αλγόριθμοι αυτοί, απλά επιλέγουν το δίκτυο που προσφέρει το καλύτερο επίπεδο (συνδυασμός των παραμέτρων QoS) QoS σε κάθε στιγμή. Στα επόμενα σχήματα περιγράφονται τα βήματα των δυο αυτών αλγορίθμων για την λήψη αποφάσεων.



Σχήμα 2.14: Διαδικασία λειτουργίας Legacy MADM. (Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

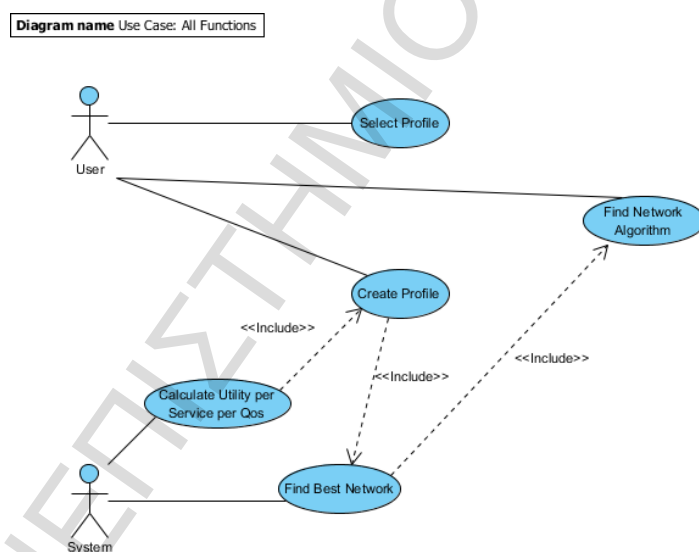


Σχήμα 2.15: Διαδικασία λειτουργίας Legacy Utility-based. (Stavroulaki V, Kritikou Y, 2012).

Στην δική μας περίπτωση το σύστημα διαχείρισης αναδιαμορφωμένου τερματικού (CDMS), αποτελείται από μια λιγότερη παράμετρο μιας και οι πολιτικές δεν παίζουν ρόλο στην πλατφόρμα μας, λόγω απλούστευσης της διαδικασίας. Όσον αφορά τη Διαχείριση Προφίλ (ένα από τα συστατικά του συστήματος), στην παρούσα φάση δεν εξαρτάται καθόλου από το κόστος που τυχόν θα υπήρχε για να επιλέξει ο χρήστης μια υπηρεσία, (με όλα τα επακόλουθα, δηλαδή επίπεδο ποιότητας, προφίλ κτλ). Στη διαδικασία λήψης αποφάσεων έχουμε μόνο δυο υποψήφια δίκτυα, που το καθένα έχει δυο υπηρεσίες, δώδεκα επίπεδα ποιότητας και ένα μοναδικό προφίλ. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούμε για την διαδικασία αυτή, είναι δυο και πιο συγκεκριμένα, οι γνωστικοί αλγόριθμοι (Cognitive Utility Based-Selection και Cognitive Selection). Έχουμε μόνο αυτούς τους αλγόριθμους γιατί μας ενδιαφέρει η γνωστική διαδικασία και πως βγαίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα με τη βοήθεια της μάθησης που αναπτύσσετε μέσα στον αλγόριθμο κατά την εκτέλεσή του, (Βανός Γ, 2013).

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλύσουμε περιγραφικά το σχεδιασμό της πλατφόρμας, παραθέτοντας τις οντότητες που υπάρχουν, τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις και γενικά ποιες είναι οι λειτουργίες της. Τέλος θα γίνει κάποια σχετική ανάλυση στις μαθηματικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται στην πλατφόρμα.

Στο σημείο αυτό θα παραθέσουμε διαγράμματα UML για την αναπαράσταση των λειτουργιών της πλατφόρμας και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Θα περιγράψουμε τα βήματα ακολουθίας για κάθε λειτουργία καθώς και θα αναφέρουμε περιπτώσεις χρήσης για τις λειτουργίες που θα υπάρχουν στην πλατφόρμα μας. Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα πλατφόρμα έχουμε δύο actors: τον χρήστη και το σύστημα. Οι λειτουργίες είναι πέντε: α) Επιλογή προφίλ (από τον χρήστη), β) Επιλογή αλγόριθμου εύρεσης δικτύου (από τον χρήστη), γ) Εύρεση καλύτερου δικτύου (από το σύστημα), δ) Δημιουργία προφίλ (από τον χρήστη) και ε) Υπολογισμός Utility για κάθε συνδυασμό υπηρεσίας-ποιότητας (από το σύστημα). Παρακάτω το σχήμα δείχνει την περίπτωση χρήσης με τις πέντε λειτουργίες και τους δυο actors.



Σχήμα 3.1 Περίπτωση χρήσης με τις πέντε λειτουργίες της πλατφόρμας, (Βανός Γ, 2013).

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε κάθε λειτουργία ώστε να έχουμε καλύτερη εικόνα για το τι κάνει η πλατφόρμα μας. Αρχίζουμε με το «Select Profile» που γίνεται από τον «User», ακολουθεί το «Find Network Algorithm» που γίνεται πάλι από τον «User», μετά έχουμε το «Find Best Network» που εκτελείται από το «System», ύστερα ο «User» κάνει το «Create Profile» και τέλος το «System» εκτελεί την τελευταία λειτουργία που είναι το «Calculate Utility per Service per QoS».

UC: Select Profile

1. Σύνοψη Περιγραφή: Ο χρήστης επιλέγει μια υπηρεσία από τις δυο που υπάρχουν, επιλέγει ένα επίπεδο ποιότητας από τα δώδεκα που του παρέχονται και έτσι έχει επιλέξει ένα πρωταρχικό προφίλ.

2. Στόχοι Χρήστη: Η επιλογή πρωταρχικού προφίλ.

3. Δράστες (actors): User.

4. Προϋποθέσεις/Προαπαιτούμενα: Για να μπορεί ο χρήστης να έχει ένα πρωταρχικό προφίλ θα πρέπει οπωσδήποτε να έχει επιλέξει μια υπηρεσία και ένα επίπεδο ποιότητας.

5. Επιθυμητό Αποτέλεσμα: Η επιλογή πρωταρχικού προφίλ από τον χρήστη.

6. Κύρια Ροή:

Βήμα 1: Επιλογή υπηρεσίας.

Βήμα 2: Επιλογή επιπέδου ποιότητας.

7. Εναλλακτικές Ροές/Εξαιρέσεις:

Σε οποιοδήποτε σημείο, επιλέγεται αυτόματα το προεπιλεγμένο προφίλ.

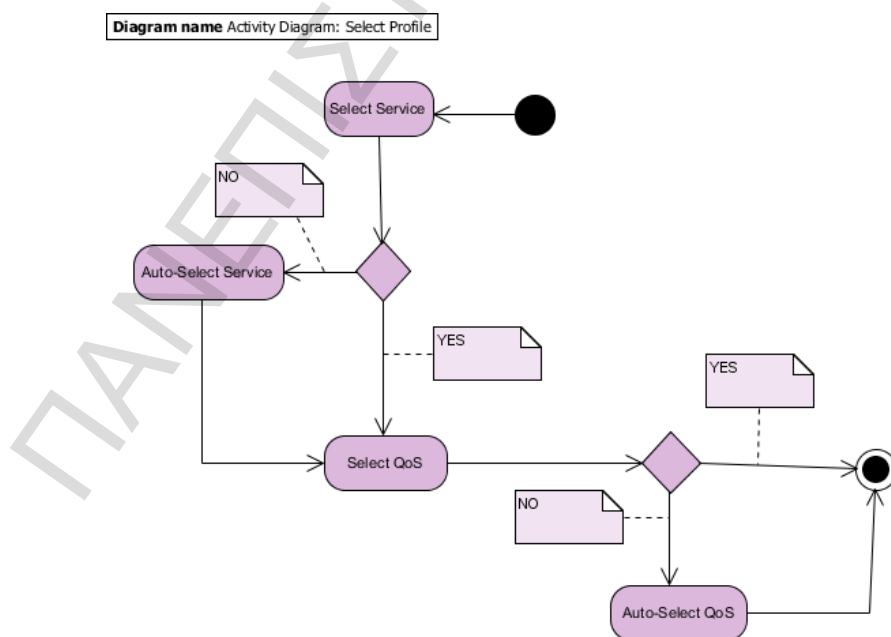
Βήμα 1: Δεν έχει επιλέξει ο χρήστης υπηρεσία, τότε επιλέγεται το «Audio Call» ως υπηρεσία.

Βήμα 2: Δεν έχει επιλέξει ο χρήστης επίπεδο ποιότητας, τότε επιλέγεται το «6Mbps/2000msec» ως επίπεδο ποιότητας.

Βήμα 3: Δεν έχει επιλέξει ο χρήστης υπηρεσία και επίπεδο ποιότητας, τότε επιλέγονται το «Audio Call» και το «6Mbps/2000msec».

Βήμα 4: Καταρρέει το σύστημα και δεν επιλέγεται προφίλ.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Επιλογή Πρωταρχικού Προφίλ για τον χρήστη, με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος.



Σχήμα 3.2: Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Επιλογή Προφίλ, (Βανός Γ, 2013).

Πίνακας 3.1: Ενέργειες Δράστη-Συστήματος για την Επιλογή Προφίλ, (Βανός Γ, 2013).

Ενέργεια Δράστη		Ανταπόκριση Συστήματος	
1	Επιλογή υπηρεσίας	2	Προσωρινή αποθήκευση υπηρεσίας
3	Μη-επιλογή υπηρεσίας	4	Αυτόματη επιλογή υπηρεσίας
5	Επιλογή επιπέδου ποιότητας	6	Προσωρινή αποθήκευση υπηρεσίας
7	Μη-επιλογή επιπέδου ποιότητας	8	Αυτόματη επιλογή επιπέδου ποιότητας

Σε οποιαδήποτε περίπτωση του παραπάνω πίνακα, αν έχουμε κατάρρευση του συστήματος, η διαδικασία της επιλογής προφίλ του χρήστη, αποτυγχάνει.

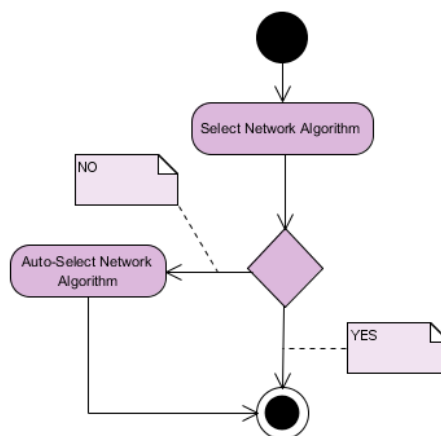
3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

UC: Find Network Algorithm

- 1. Σύντομη Περιγραφή:** Ο χρήστης διαλέγει έναν από τους δύο αλγόριθμους εύρεσης δικτύου που υπάρχουν, για να βρεθεί στην επόμενη διαδικασία, το καλύτερο δίκτυο που θα χρησιμοποιήσει για να καλέσει κάποια υπηρεσία.
- 2. Στόχοι Χρήστη:** Η επιλογή αλγόριθμου εύρεσης δικτύου.
- 3. Δράστες (actors):** User.
- 4. Προϋποθέσεις/Προαπαιτούμενα:** -
- 5. Επιθυμητό Αποτέλεσμα:** Η επιλογή αλγόριθμου εύρεσης δικτύου.
- 6. Κύρια Ροή:**
Βήμα 1: Επιλογή αλγορίθμου εύρεσης δικτύου.
- 7. Εναλλακτικές Ροές/Εξαιρέσεις:**
 Σε διαφορετική περίπτωση επιλέγεται αυτόματα ο προεπιλεγμένος αλγόριθμος.
Βήμα 1: Αν ο χρήστης δεν έχει επιλέξει αλγόριθμο, τότε επιλέγεται ο «Cognitive Utility Based Selection».
Βήμα 2: Καταρρέει το σύστημα και δεν επιλέγεται αλγόριθμος.

Ακολουθεί το Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Επιλογή Αλγόριθμου Δικτύου, με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος.

Diagram name Activity Diagram: Find Network Algorithm



Σχήμα 3.3: Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Εύρεση Αλγόριθμου Δικτύου, (Βανός Γ, 2013).

Πίνακας 3.2: Ενέργειες Δράστη-Συστήματος για την Εύρεση Αλγόριθμου Δικτύου, (Βανός Γ, 2013).

Ενέργεια Δράστη		Ανταπόκριση Συστήματος	
1	Επιλογή αλγόριθμου δικτύου	2	Προσωρινή αποθήκευση
3	Μη-επιλογή αλγόριθμου δικτύου	4	Αυτόματη επιλογή αλγόριθμου δικτύου

Σε οποιαδήποτε περίπτωση του παραπάνω πίνακα, αν έχουμε κατάρρευση του συστήματος, η διαδικασία της εύρεσης αλγόριθμου δικτύου, αποτυγχάνει.

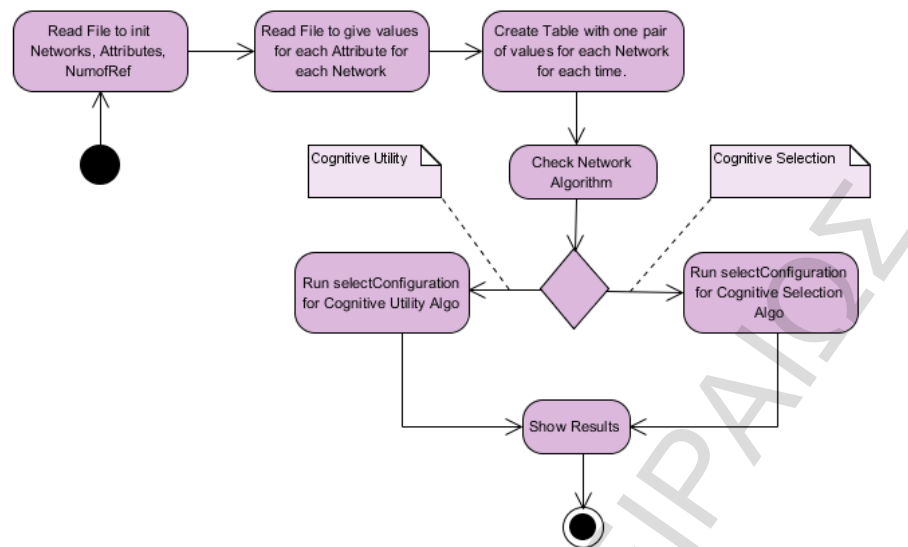
3.3 ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

UC: Find Best Network

- 1. Σύντομη Περιγραφή:** Αρχικοποιούνται τα δίκτυα, οι παράμετροί τους και οι τιμές αναφοράς κάθε παραμέτρου. Μετά για κάθε παράμετρο ορίζονται συγκεκριμένες τιμές. Κατόπιν ελέγχετε ποιος αλγόριθμος δικτύου έχει επιλεγεί (από την προηγούμενη διαδικασία) και εκτελείται η συνάρτηση για την εύρεση του καλύτερου δικτύου. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στην οθόνη για το επικρατέστερο δίκτυο και το παρεχόμενο επίπεδο ποιότητας.
- 2. Στόχοι Χρήστη:** Η εύρεση του καταλληλότερου δικτύου που θα δοθεί στο χρήστη για να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία που επιθυμεί.
- 3. Δράστες (actors):** System.
- 4. Προϋποθέσεις/Προαπαιτούμενα:** Να έχουν καθοριστεί τα δίκτυα, οι παράμετροι και οι τιμές τους, καθώς και να έχει επιλεγεί ένας αλγόριθμος δικτύου.
- 5. Επιθυμητό Αποτέλεσμα:** Η εύρεση του καταλληλότερου δικτύου που θα δοθεί στο χρήστη για να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία που επιθυμεί.
- 6. Κύρια Ροή:**
 - Βήμα 1:** Διάβασμα από αρχείο για την αρχικοποίηση των δικτύων, των παραμέτρων τους και των τιμών αναφοράς για κάθε παράμετρο.
 - Βήμα 2:** Διάβασμα από αρχείο για να δοθούν σε κάθε παράμετρο, για κάθε δίκτυο, συγκεκριμένες τιμές.
 - Βήμα 3:** Δημιουργία πίνακα με ένα ζευγάρι τιμών για κάθε δίκτυο τι φορά.
 - Βήμα 4:** Έλεγχος για τον αλγόριθμο δικτύου που έχει επιλεγεί.
 - Βήμα 5:** Εκτέλεση συνάρτησης εύρεσης δικτύου για τον επιλεγμένο αλγόριθμο δικτύου.
 - Βήμα 6:** Εμφάνιση αποτελεσμάτων με το καλύτερο δίκτυο και το παρεχόμενο επίπεδο ποιότητας.
- 7. Εναλλακτικές Ροές/Εξαιρέσεις:**
 - Σε οποιοδήποτε σημείο, έχουμε αποτυχία του συστήματος να βρει το καλύτερο δίκτυο.
 - Βήμα 1:** Αποτυχία διαβάσματος ενός ή και των δύο αρχείων.
 - Βήμα 2:** Κατάρρευση του συστήματος, αποτυχία διαδικασίας.

Ακολουθεί το Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Εύρεση Καταλληλότερου Δικτύου, με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος.

Diagram name Activity Diagram: Find Best Network



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Εύρεση Καλύτερου Δικτύου, (Βανός Γ, 2013).

Σε οποιαδήποτε περίπτωση, αν έχουμε κατάρρευση του συστήματος, η διαδικασία της εύρεσης καλύτερου δικτύου, αποτυγχάνει. Η διαδικασία αυτή γίνεται αποκλειστικά από το ίδιο το σύστημα χωρίς την παρέμβαση κάποιου φυσικού προσώπου, άρα σε περίπτωση μη σωστής λειτουργίας, δεν θα έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΦΙΛ

UC: Create Profile

1. Σύντομη Περιγραφή: Ο χρήστης δημιουργεί το τελικό προφίλ του, επιλέγοντας μια από τις δυο υπηρεσίες, δεδομένου ότι το επίπεδο ποιότητας προέρχεται από το δίκτυο που του παρέχεται από την προηγούμενη διαδικασία και βαθμολογώντας το δίκτυο που του δόθηκε.

2. Στόχοι Χρήστη: Δημιουργία τελικού προφίλ.

3. Δράστες (actors): User.

4. Προϋποθέσεις/Προαπαιτούμενα: Να έχει βρεθεί ένα δίκτυο από την προηγούμενη διαδικασία, ώστε να υπάρχει κάποιο επίπεδο ποιότητας, ο χρήστης να επιλέξει μια υπηρεσία και να βαθμολογήσει το δίκτυο.

5. Επιθυμητό Αποτέλεσμα: Δημιουργία τελικού προφίλ για το χρήστη.

6. Κύρια Ροή:

Βήμα 1: Επιλογή υπηρεσίας.

Βήμα 2: Βαθμολόγηση δικτύου που του παρέχεται σύμφωνα με το επίπεδο ποιότητας.

7. Εναλλακτικές Ροές/Εξαιρέσεις:

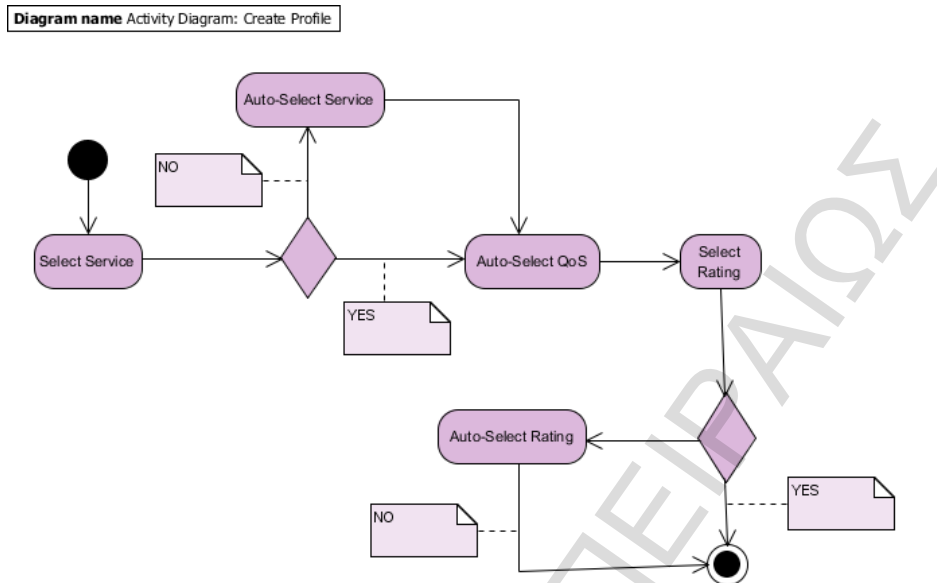
Σε διαφορετική περίπτωση, επιλέγονται αυτόματα οι προεπιλεγμένες περιπτώσεις.

Βήμα 1: Δεν έχει επιλέξει ο χρήστης υπηρεσία, τότε επιλέγεται η «Audio Call».

Βήμα 2: Δεν έχει βαθμολογήσει ο χρήστης το δίκτυο, τότε επιλέγεται ως βαθμολογία το «OK» (τιμή 3), για την ποιότητα που παρέχεται στην υπηρεσία από το συγκεκριμένο δίκτυο.

Βήμα 3: Καταρρέει το σύστημα και δεν δημιουργείται το τελικό προφίλ.

Ακολουθεί το Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Δημιουργία Προφίλ για τον χρήστη, με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος.



Σχήμα 3.5: Διάγραμμα Δραστηριότητας για την Δημιουργία Προφίλ, (Βανός Γ, 2013).

Πίνακας 3.3: Ενέργειες Δράστη-Συστήματος για την Δημιουργία Προφίλ, (Βανός Γ, 2013).

Ενέργεια Δράστη		Ανταπόκριση Συστήματος	
1	Επιλογή υπηρεσίας	2	Αποθήκευση υπηρεσίας
3	Μη-επιλογή υπηρεσίας	4	Αυτόματη επιλογή υπηρεσίας
		5	Αυτόματη επιλογή ποιότητας
6	Επιλογή βαθμολόγησης	7	Αποθήκευση βαθμολόγησης
8	Μη-επιλογή βαθμολόγησης	9	Αυτόματη επιλογή βαθμολόγησης

Σε οποιαδήποτε περίπτωση του παραπάνω πίνακα, αν έχουμε κατάρρευση του συστήματος, η διαδικασία της δημιουργίας προφίλ του χρήστη, αποτυγχάνει.

3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ UTILITY ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ-QOS

UC: Calculate Utility per Service per QoS

- 1. Σύντομη Περιγραφή:** Δεδομένου της υπηρεσίας που έχει επιλέξει ο χρήστης, του επιπέδου ποιότητας που δίνεται από το δίκτυο και της βαθμολόγησης του χρήστη για το συγκεκριμένο δίκτυο, υπολογίζονται οι ενημερωμένες προσαρμοσμένες πιθανότητες για κάθε Utility για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς (υπηρεσίας-ποιότητας), για το συγκεκριμένο προφίλ του χρήστη και εμφανίζονται στην οθόνη τα Utility που θα μπορούν να δοθούν σε κάθε συνδυασμό.
- 2. Στόχοι Χρήστη:** Ο Υπολογισμός των Utility για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς υπηρεσίας-ποιότητας.
- 3. Δράστες (actors):** System.
- 4. Προϋποθέσεις/Προαπαιτούμενα:** Πρέπει να έχει δημιουργηθεί το τελικό προφίλ του

χρήστη και να έχει γίνει βαθμολόγηση του δικτύου, ώστε με βάση τα στοιχεία αυτά να υπολογιστούν σωστά οι πιθανότητες.

5. Επιθυμητό Αποτέλεσμα: Ο Υπολογισμός των Utility για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς υπηρεσίας-ποιότητας.

6. Κύρια Ροή:

Βήμα 1: Παίρνει ως είσοδο το Service του χρήστη, το QoS που δίνει το δίκτυο και το rating του χρήστη για το δίκτυο.

Βήμα 2: Δημιουργείται ένας index αριθμός με βάση το rating του χρήστη.

Βήμα 3: Η πιθανότητα frequency με το συγκεκριμένο index αυξάνει κατά 1, ενώ οι υπόλοιπες πιθανότητες έχουν την τιμή αρχικοποίησης τους.

Βήμα 4: Για κάθε Utility, υπολογίζονται οι frequencyEstimation πιθανότητες.

Βήμα 5: Για κάθε Utility, υπολογίζονται οι initialEstimation πιθανότητες.

Βήμα 6: Για το index, υπολογίζεται η συγκεκριμένη adaptedEstimation πιθανότητα.

Βήμα 7: Για τα υπόλοιπα Utility (διάφορα του index), υπολογίζονται οι adaptedEstimation πιθανότητες.

Βήμα 8: Υπολογίζεται το maxProb με βάση τις τιμές που έχουν τα adaptedEstimation και μετά βρίσκεται το maxUtility που τελικά θα μπορεί να δοθεί στο χρήστη για το συγκεκριμένο δίκτυο, για κάθε συνδυασμό υπηρεσίας-ποιότητας.

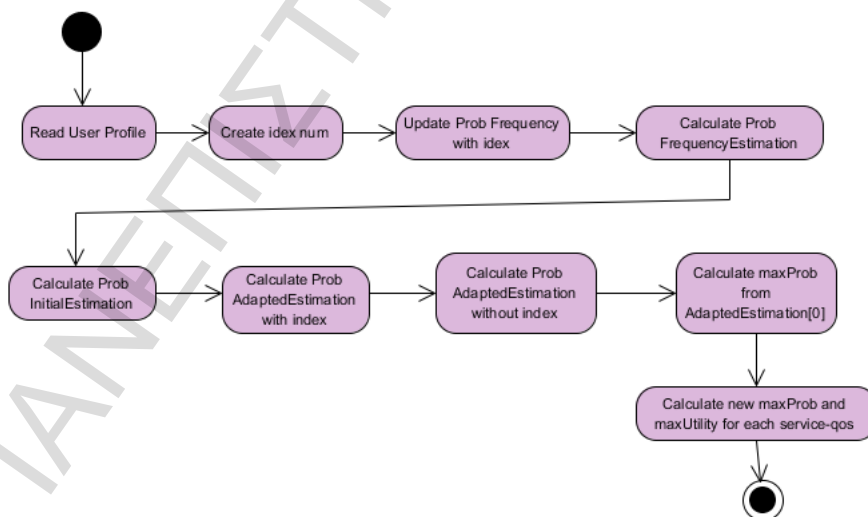
7. Εναλλακτικές Ροές/Εξαιρέσεις:

Σε οποιοδήποτε σημείο η διαδικασία εμποδίζεται να πραγματοποιηθεί.

Βήμα 1: Καταρρέει το σύστημα και δεν υπολογίζονται σωστά ή καθόλου οι πιθανότητες.

Ακολουθεί το Διάγραμμα Δραστηριότητας για τον Υπολογισμό των Utility για κάθε συνδυασμό Υπηρεσίας-Επίπεδο Ποιότητας, με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος.

Diagram name Activity Diagram: Calculate Utility per Service per QoS



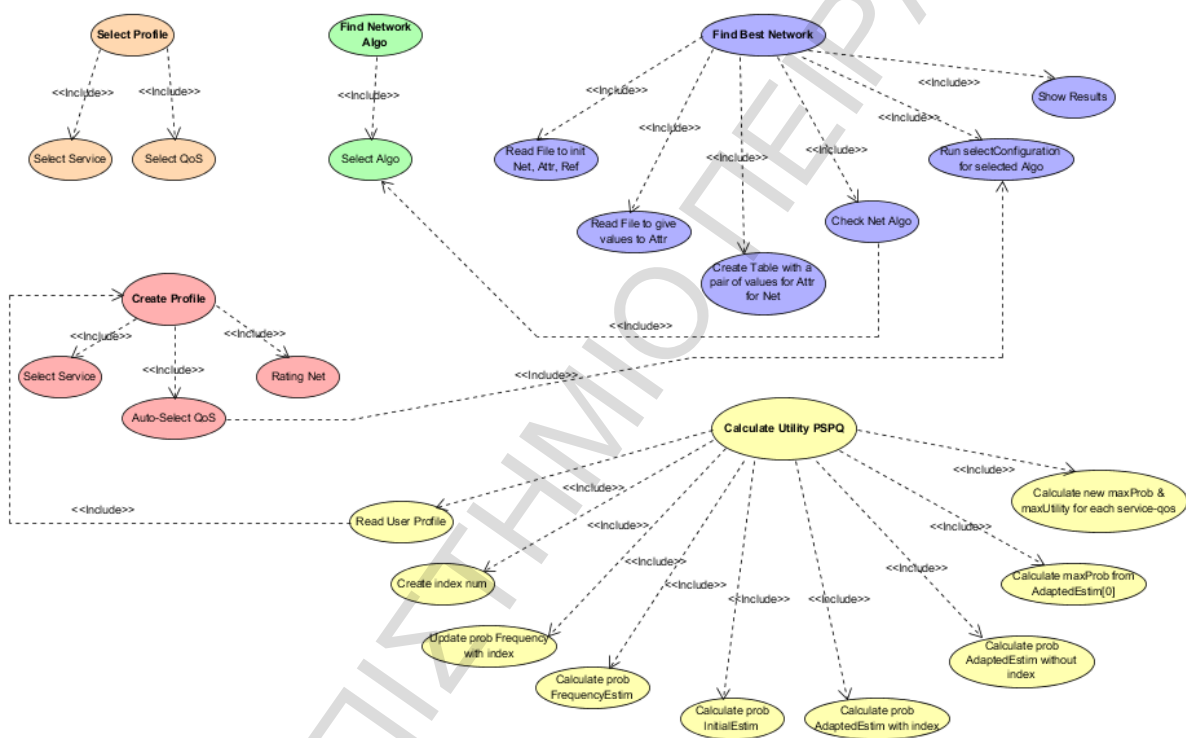
Σχήμα 3.6: Διάγραμμα Δραστηριότητας για τον Υπολογισμό των Utility, (Βανός Γ, 2013).

Σε οποιοδήποτε βήμα του παραπάνω σχήματος, αν έχουμε κατάρρευση του συστήματος, η διαδικασία του υπολογισμού των Utility, αποτυγχάνει. Η διαδικασία αυτή γίνεται

αποκλειστικά από το ίδιο το σύστημα χωρίς την παρέμβαση κάποιου φυσικού προσώπου, άρα σε περίπτωση μη σωστής λειτουργίας, δεν θα έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

3.6 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

Σε αυτό το υπό-κεφάλαιο παρουσιάζουμε ένα Διάγραμμα με τις πέντε λειτουργίες της πλατφόρμας μας και τις συλλογές της κάθε λειτουργίας, για να δούμε τις αλληλεπιδράσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο θα καταλάβουμε καλύτερα την σειρά που γίνεται το κάθε βήμα σε κάθε λειτουργία, ώστε να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη για το περιεχόμενο της πλατφόρμας.



Σχήμα 3.7: Οι λειτουργίες της πλατφόρμας, οι συλλογές και οι αλληλεπιδράσεις τους, (Βανός Γ, 2013).

Πιο αναλυτικά, από το παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι, από τις πέντε λειτουργίες της πλατφόρμας μας, οι τέσσερις έχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Η λειτουργία «Find Network Algo» επικοινωνεί με την λειτουργία «Find Best Network». Πιο συγκεκριμένα η συλλογή «Check Net Algo» για να μπορεί να εκτελεστεί, θα πρέπει πρώτα να έχει εκτελεστεί η συλλογή «Select Algo», (δηλαδή να έχει επιλεγεί ένας αλγόριθμος δικτύου από τον χρήστη). Έτσι μετά η «Check Net Algo», θα πάρει τον αλγόριθμο αυτόν και θα συνεχίσει την διαδικασία της «Find Best Network», ώστε να κάνει τους κατάλληλους υπολογισμούς για να βρει το καλύτερο δίκτυο που θα δοθεί στον χρήστη. Στη συνέχεια η λειτουργία «Create Profile» για να μπορεί να εκτελεστεί, θα πρέπει πρώτα να έχει εκτελεστεί η λειτουργία «Find Best Network». Στην περίπτωση αυτή η συλλογή «Run selectConfiguration for selected Algo» θα πρέπει να έχει τρέξει, ώστε να βγάλει ένα

συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας, το οποίο θα το πάρει η συνιστώσα «Auto-Select QoS» και θα το χρησιμοποιήσει για την δημιουργία του τελικού προφίλ του χρήστη. Επόμενη αλληλεπίδραση είναι μεταξύ της λειτουργίας «Calculate Utility PSPQ» και της λειτουργίας «Create Profile». Εδώ για να λειτουργήσει η συνιστώσα «Read User Profile» θα πρέπει να έχει εκτελεστεί η «Create Profile», (όλες οι συνιστώσες της), ώστε να μπορεί να πάρει την τριπλέτα στοιχείων (υπηρεσία, ποιότητα, βαθμολογία) και να υπολογίσει τα απαραίτητα στοιχεία για να βρει τις πιθανότητες για κάθε Utility.

Στις δυο από τις πέντε λειτουργίες, οι συνιστώσες που τις απαρτίζουν θα πρέπει να εκτελεστούν με μια και μοναδική σειρά, ώστε να υπάρχει το επιθυμητό αποτέλεσμα που χρειάζεται και να τρέξει σωστά η πλατφόρμα. Πιο συγκεκριμένα για την λειτουργία «Find Best Network» και για την λειτουργία «Calculate Utility PSPQ», η σειρά που εκτελούνται οι συνιστώσες τους, είναι αντίστροφη από την κίνηση των δεικτών του ρολογιού. Για τις υπόλοιπες τρεις λειτουργίες που απομένουν, δεν παίζει ρόλο η σειρά με την οποία θα εκτελεστούν οι συνιστώσες τους.

Στο σημείο αυτό θα γίνει λόγος για τους πιο σημαντικούς μαθηματικούς τύπους που χρησιμοποιούνται σε κάποιες από τις παραπάνω λειτουργίες της πλατφόρμας μας, ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος που παράγονται τα αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση, δίνοντας αναφορά στις βιβλιογραφικές πηγές που αναφέρουν αναλυτικότερα τον τρόπο λειτουργίας τους.

Οι λειτουργίες που έχουν μαθηματικούς τύπους είναι, η «Find Best Network» και η «Calculate Utility PSPQ». Αρχίζοντας με την λειτουργία «Find Best Network», εδώ υπολογίζεται το καταλληλότερο δίκτυο που θα δοθεί στο χρήστη για να εξυπηρετηθεί. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία αυτή γίνεται από την συνάρτηση *selectConfiguration()*, η οποία ανάλογα με ποιον από τους δύο αλγόριθμους λήψης αποφάσεων εκτελείται, έχει και διαφορετικά στοιχεία ως είσοδο.

Στην περίπτωση που έχει επιλεγεί ο αλγόριθμος Cognitive Utility Based-Selection, τότε η συνάρτηση αυτή έχει την εξής μορφή:

selectConfiguration(UTIL_PDF, valuesPerConfPerAttr)

όπου το πρώτο όρισμα δείχνει τον αλγόριθμο λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται, ενώ το δεύτερο όρισμα δείχνει ένα δισδιάστατο πίνακα που περιέχει τις τιμές που έχει κάθε παράμετρος για καθένα από τα δυο δίκτυα της πλατφόρμας μας, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, Fig.4a, page 17).

Η εκτέλεση της συνάρτησης αυτής, ξεκινά με την ενημέρωση των πιθανοτήτων των δυο παραμέτρων μέσω της συνάρτησης *updateProbability()*, ανά δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα για κάθε τιμή αναφοράς για κάθε παράμετρο, υπολογίζεται το correction factor μέσω του τύπου:

$$refValCorrs[i] = 1 - \left(\frac{|referenceValues[i] - value|}{|bestValue - worstValue|} \right)$$

όπου ο πίνακας referenceValues περιέχει τις τιμές αναφοράς για κάθε παράμετρο, το value είναι η τρέχουσα τιμή για κάθε παράμετρο, το bestValue είναι η μεγαλύτερη τιμή, το worstValue είναι η μικρότερη τιμή, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 15-16).

Μετά για κάθε τιμή αναφοράς υπολογίζεται το normalization factor μέσω του τύπου:

$$nf = nf + refValCorrs[i] * refValProbs[i]$$

όπου refValCorrs είναι η τιμή από τον παραπάνω τύπο και refValProbs είναι η πιθανότητα της κάθε τιμής αναφοράς. Ύστερα από την εκτέλεση των δυο αυτών τύπων, υπολογίζεται εκ νέου το normalization factor, $nf = 1/nf$, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 16).

Πάλι για κάθε τιμή αναφοράς, υπολογίζεται εκ νέου η πιθανότητα της κάθε τιμής αναφοράς μέσω του τύπου:

$$refValProbs[j] = nf * refValCorrs[j] * refValProbs[j]$$

Επίσης με την βοήθεια ελέγχων υπολογίζονται το maxProb (μέγιστη πιθανότητα) μέσω του refValProbs, ο αριθμός των πιθανοτήτων που είναι κάτω και πάνω από το PROB_THRESHOLD (κατώτατο όριο και ισούται με 0,01), καθώς υπολογίζεται και το συνολικό ποσό με βάση τις πιθανότητες που είναι κάτω από το όριο:

$$\begin{aligned} amountBelowThres \\ = amountBelowThres + PROB_THRESHOLD - refValProbs[j] \end{aligned}$$

Σε περίπτωση που υπάρχουν πιθανότητες κάτω από το όριο, τότε έχουμε τους εξής τύπους:

$$nf = 1 - numOfProbsBelowThres * PROB_THRESHOLD$$

$$valueToSubtract = \frac{amountBelowThres}{numOfProbsAboveThres}$$

όπου numOfProbsBelowThres είναι ο αριθμός των πιθανοτήτων κάτω από το όριο, numofProbsAboveThres είναι ο αριθμός των πιθανοτήτων πάνω από το όριο, ενώ το valueToSubtract είναι μια ποσότητα που δείχνει το ποσό που διαφέρει από το κατώφλι σε σχέση με τις πιθανότητες που είναι κάτω από το κατώφλι και εκείνων που είναι πάνω, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 16).

Αργότερα για κάθε τιμή αναφοράς:

- αν υπάρχει πιθανότητα κάτω από το όριο τότε:

$$refValProbs[k] = PROB_THRESHOLD$$

- αν υπάρχει πιθανότητα πάνω από το όριο τότε:

$$refValProbs[k] = refValProbs[k] - valueToSubtract$$

και

- ο αν το $refValProbs[k]$ είναι μικρότερο του $PROB_THRESHOLD$ τότε:

$$refValProbs[maxProbIndex]$$

$$= refValProbs[maxProbIndex]$$

$$- (PROB_THRESHOLD - refValProbs[k])$$

και

$$refValProbs[k] = PROB_THRESHOLD$$

όπου $maxProbIndex$ είναι η θέση που βρίσκεται η μεγαλύτερη πιθανότητα.

Έτσι μέχρι σε αυτό το σημείο έχουν ενημερωθεί οι πιθανότητες των παραμέτρων για κάθε δίκτυο. Παρακάτω για κάθε δίκτυο υπολογίζεται η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μέσω του τύπου: $PDF = computeUTIL_PDF_for2(valuesPerConfPerAttr, userv)$ όπου $userv$ είναι το τρέχων προφίλ του χρήστη, (Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 5-6).

Για να εκτελεστεί η παραπάνω συνάρτηση, για κάθε ζευγάρι τιμών (bitrate, delay), υπολογίζεται το utility μέσω του τύπου:

$$UTIL = userv.getUtilityPerQoS(attr[0].getRefVal[i], attr[1].getRefVal[j])$$

όπου στην ουσία βγαίνει ένα νούμερο από 1 έως 5 με βάση την τρέχουσα τιμή που έχει κάθε παράμετρος κάθε φορά, (Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 5-6).

Μετά υπολογίζεται το PDF_{comp} , που είναι μια βοηθητική μεταβλητή για τον υπολογισμό της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας (PDF), με παρόμοιο τρόπο δηλαδή:

$$PDF_{comp} = probability * attr[0].getRefValProb[i]$$

$$* attr[1].getRefValProb[j]$$

όπου εδώ παίρνουμε μια πιθανότητα, άρα ο τύπος αυτός παίρνει τις πιθανότητες για την τρέχουσα τιμή για κάθε παράμετρο. Το $probability$ είναι μια σταθερά που την ορίζουμε εμείς και ισούται με την αρχική τιμή της πιθανότητας. Κατόπιν υπολογίζονται εκ νέου το PDF_{comp} και το PDF, με την βοήθεια των τύπων:

$$PDF_{comp} = UTIL * PDF_{comp}$$

$$PDF = PDF + PDF_{comp}$$

Στο σημείο αυτό έχουμε υπολογίσει και την συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για κάθε δίκτυο και πλέον έχει έρθει η στιγμή να βρούμε το καταλληλότερο δίκτυο που θα προσφερθεί στο χρήστη, (Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 8).

Για κάθε δίκτυο από τα δυο που υπάρχουν ελέγχεται αν το PDF είναι ίσο με το PDF_{max} (που είναι η μέγιστη τιμή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, το οποίο είναι η αξία καταλληλότητας για τον αλγόριθμο Cognitive Utility Based-Selection) και αν η επιλεγμένη διαμόρφωση είναι η i , τότε η θέση της επιλεγμένης διαμόρφωσης είναι η i . Διαφορετικά αν το PDF είναι μεγαλύτερο από το PDF_{max} τότε η θέση της επιλεγμένης διαμόρφωσης είναι η

ί και το PDFmax γίνεται ίσο με το PDF. Μετά συγκρίνονται οι αξίες καταλληλότητας για κάθε δίκτυο, ανάλογα με τους παραπάνω ελέγχους, μέσω του τύπου:

setAppropriatenessValue(i, PDF)

και έτσι θα έχουμε ως αποτέλεσμα το ένα και μοναδικό δίκτυο που θα υπερισχύει και θα προσφερθεί στο χρήστη για να εξυπηρετηθεί, (Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 5-6, 8-9), (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 20).

Στην άλλη περίπτωση που έχει επιλεγθεί ο αλγόριθμος Cognitive Selection, τότε η συνάρτηση αυτή έχει την εξής μορφή:

selectConfiguration(ECS, valuesPerConfPerAttr)

όπου το πρώτο όρισμα δείχνει τον αλγόριθμο λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται, ενώ το δεύτερο όρισμα δείχνει ένα διδιάστατο πίνακα που περιέχει τις τιμές που έχει κάθε παράμετρος για καθένα από τα δυο δίκτυα της πλατφόρμας μας, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, Fig. 4b, page 18).

Η εκτέλεση της συνάρτησης αυτής, ξεκινά με την ενημέρωση των πιθανοτήτων των δυο παραμέτρων μέσω της συνάρτησης *updateProbability()*, ανά δίκτυο. Η διαδικασία αυτή για να ενημερωθούν οι πιθανότητες της κάθε παραμέτρου είναι ακριβώς ίδια με εκείνη που περιγράψαμε παραπάνω. Άρα θα προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα που είναι ο υπολογισμός της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για κάθε δίκτυο. Αυτό γίνεται με τον ακόλουθο τύπο:

PDFs[i] = computePDF_ECS_for2(estimatedValuesPerConfPerAttr)

(Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 5-6).

Αρχίζοντας τον υπολογισμό των PDFs, για κάθε ζευγάρι τιμών (bitrate, delay), υπολογίζουμε το PDFcomp με τον ακόλουθο τύπο:

PDFcomp = probability * attr[0].getRefValProb[i]
**** attr[1].getRefValProb[j]***

Μετά γίνεται έλεγχος για το αν το PDFcomp είναι μεγαλύτερο από το PDFmax, αν ισχύει αυτό τότε PDFmax ισούται με το PDFcomp και ο πίνακας estimatedValuesPerConfPerAttr παίρνει τιμές σύμφωνα με τα ακόλουθα στοιχεία:

estimatedValuesPerConfPerAttr[0] = attr[0].getRefVal[i]
estimatedValuesPerConfPerAttr[1] = attr[1].getRefVal[j]

Αφού γίνουν αυτά τα βήματα, αργότερα υπολογίζεται η συνολική τιμή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας μέσω του τύπου:

PDF = PDF + PDFcomp

(Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 8).

Στη συνέχεια για κάθε δίκτυο υπολογίζεται το CAV που είναι μια μεταβλητή που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της τιμής καταλληλότητας για τον αλγόριθμο Cognitive Selection, μέσω του τύπου:

CAV

= computeCAV_MADM(estimatedValuesPerConfPerAttr, bestValue, worstValue)

όπου bestValue είναι η μεγαλύτερη τιμή, worstValue είναι η μικρότερη τιμή, για κάθε παράμετρο. Για να τρέξει όμως ο παραπάνω τύπος, θα πρέπει για κάθε παράμετρο να υπολογίσουμε την αρχική κατάσταση του CAV με τον εξής τρόπο:

CAV = CAV + getCAVcomponent_MADM(value, bestValue, worstValue)

και πάλι για να εκτελεστεί ο τύπος αυτός θα πρέπει να εκτελεστούν πριν, άλλοι δυο τύποι:

$$nv = \frac{|value - worstValue|}{|bestValue - worstValue|}$$

CAV = weight * nv

όπου nv είναι το normalization value και weight είναι μια σταθερά που εμείς την καθορίζουμε για την λειτουργία των συναρτήσεων αυτών και ισούται με 1, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 16, 19-20).

Αφού έχει πλέον υπολογιστεί και το CAV, ήρθε η στιγμή να υπολογίσουμε το ECS που είναι η αξία καταλληλότητας, για κάθε δίκτυο. Αυτό γίνεται με τον ακόλουθο τύπο:

ECS = PDFs[i] * CAV

Ύστερα ελέγχουμε αν το ECS είναι ίσο με το ECSmax (που είναι η μέγιστη τιμή της αξίας καταλληλότητας) και αν η επιλεγμένη διαμόρφωση είναι η i, τότε η θέση της επιλεγμένης διαμόρφωσης είναι η i, διαφορετικά αν το ECS είναι μεγαλύτερο από το ECSmax, τότε η θέση της επιλεγμένης διαμόρφωσης είναι η i και το ECSmax γίνεται ίσο με το ECS, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 19-20).

Μετά συγκρίνονται οι αξίες καταλληλότητας για κάθε δίκτυο, ανάλογα με τους παραπάνω ελέγχους, μέσω του τύπου:

setAppropriatenessValue(i, ECS)

και έτσι θα έχουμε ως αποτέλεσμα το ένα και μοναδικό δίκτυο που θα υπερισχύει και θα προσφερθεί στο χρήστη για να εξυπηρετηθεί, (Stavroulaki V, "Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures", 2010, page 5-6, 8-9), (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 20).

Έτσι ολοκληρώνεται η λειτουργία του «Find Best Network» και προχωράμε στην επόμενη σημαντική λειτουργία που είναι η «Calculate Utility PSPQ». Σε αυτή τη λειτουργία το προφίλ του χρήστη χωρίζεται σε δυο μέρη, σύμφωνα με τις δυο υπηρεσίες που υπάρχουν (usernA και usernB). Στόχος της διαδικασίας αυτής είναι η ενημέρωση των Utility Values με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη.

Αρχίζοντας την λειτουργία αυτή, αν επιλέξουμε το *userA*, τότε έχουμε τον ακόλουθο τύπο: ***userA.updateUtilityValues(service, qos, user_feed, NUM_OF_REFERENCE_VALUES)*** όπου *service* είναι η υπηρεσία που έχει επιλέξει ο χρήστης, *qos* είναι το επίπεδο ποιότητας που έχει δοθεί από το δίκτυο που προσφέρθηκε, *user_feed* είναι η βαθμολόγηση του χρήστη για το δίκτυο που το δόθηκε, *NUM_OF_REFERENCE_VALUES* είναι οι τιμές αναφοράς των παραμέτρων, (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, page 9-10).

Για να εκτελεστεί ο παραπάνω τύπος, θα πρέπει να γίνουν πρώτα κάποια άλλα βήματα. Δημιουργείται ένας αριθμός-θέση με βάση την βαθμολόγηση του χρήστη με την βοήθεια του τύπου: ***index = user_feed - 1***.

(Stavroulaki V, "Acquiring and Learning User Information in the Context of Cognitive Device Management", 2012, page 2-4).

Μετά υπολογίζεται η συχνότητα για την συγκεκριμένη θέση:

$$\mathbf{frequency[service][qos][index] = frequency[service][qos][index] + 1}$$

και ο αριθμός των βαθμολογιών αυξάνεται κατά 1, δηλαδή:

$$\mathbf{numOfRatings[qos] = numOfRatings[qos] + 1}$$

Ύστερα για κάθε utility υπολογίζεται η εκτιμώμενη συχνότητα μέσω του τύπου:

$$\mathbf{frequencyEstimation[service][qos][i] = \frac{frequency[service][qos][i]}{numOfRatings[qos]}}$$

Αν προκύψει μέσω ελέγχου ότι το *frequencyEstimation* ισούται με μηδέν τότε οι μηδενικές τιμές αυξάνουν κατά 1, δηλαδή: ***zeroValues = zeroValues + 1***.

(Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, Fig.a, Fig.b, page 10-12).

Μετά από αυτή την ενέργεια για κάθε utility πάλι, μέσω ελέγχων θα υπολογιστεί η στιγμιαία εκτίμηση. Πιο συγκεκριμένα αν υπάρχουν μηδενικές τιμές (*zeroValues = 0*) τότε:

$$\mathbf{initialEstimation[service][qos][i] = frequencyEstimation[service][qos][i] + \left(\frac{standardValues}{zeroValues} \right)}$$

όπου *standardValues* είναι μια ενδιάμεση μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την ενημέρωση των δεσμευμένων πιθανοτήτων για τις προτιμήσεις του χρήστη, ώστε το άθροισμα των πιθανοτήτων να μην υπερβαίνει το 1. Αυτή η μεταβλητή έχει τιμή ίση με 0,01.

Διαφορετικά αν δεν υπάρχουν μηδενικές τιμές, τότε η στιγμιαία εκτίμηση έχει τον ακόλουθο τύπο:

$$\mathbf{initialEstimation[service][qos][i] = frequencyEstimation[service][qos][i] - standardValues}$$

(Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, Fig.a, Fig.b, page 10-12).

Αργότερα υπάρχει μια μεταβλητή *hold* που αποθηκεύει την αρχικοποιημένη τιμή της προσαρμοσμένης εκτίμησης με βάση τη θέση *index* που είχε δημιουργηθεί στην αρχή.

$$\mathbf{hold = adaptedEstimation[service][qos][index]}$$

Επόμενο βήμα είναι να υπολογιστεί εκ νέου η προσαρμοσμένη εκτίμηση, μόνο για τη θέση *index*, με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$\begin{aligned} & \mathbf{adaptedEstimation[service][qos][index]} \\ &= (\mathbf{weightHistory * hold}) + \mathbf{weightInstant} \\ & * (\mathbf{1 - |hold - initialEstimation[service][qos][index]|}) \\ & * \mathbf{initialEstimation[service][qos][index]} \end{aligned}$$

όπου *weightHistory* και *weightInstant* είναι ειδικά βάρη που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την συμπεριφορά της προσαρμοσμένης εκτίμησης, δηλαδή το πόσο πολύ θα δοθεί σημασία για την προηγούμενη κατάσταση και πόσο για την καινούργια. Και τα δυο βάρη έχουν τιμή 0,5.

Στη συνέχεια για τα υπόλοιπα *utility* εκτός του *index*, υπολογίζονται εκ νέου οι προσαρμοσμένες εκτιμήσεις με την βοήθεια του τύπου:

$$\begin{aligned} & \mathbf{adaptedEstimation[service][qos][i]} \\ &= \left| \mathbf{adaptedEstimation[service][qos][i]} \right. \\ & \left. - \left(\frac{\mathbf{adaptedEstimation[service][qos][index] - hold}}{\mathbf{numOfRemainingProbs}} \right) \right| \end{aligned}$$

όπου *numOfRemainingProbs* είναι μια ενδιάμεση μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την ενημέρωση των δεσμευμένων πιθανοτήτων για τις προτιμήσεις του χρήστη και έχει τιμή ίση με 4, (Stavroulaki V, "Acquiring and Learning User Information in the Context of Cognitive Device Management", 2012, page 2-4), (Stavroulaki V, "Cognitive Device Management in Future Wireless Networks", 2012, Fig.a, Fig.b, page 10-12).

Παρακάτω, αρχικοποιούνται δυο μεταβλητές, οι οποίες είναι η μέγιστη πιθανότητα και το μέγιστο *Utility*, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για να βρεθεί το κατάλληλο *utility* που θα δοθεί τελικά στο χρήστη, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του. Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

$$\begin{aligned} & \mathbf{maxProb = adaptedEstimation[service][qos][0]} \\ & \mathbf{maxUtility = 1} \end{aligned}$$

Έτσι λοιπόν για κάθε *utility*, αν το *maxProb* είναι μεγαλύτερο ή ίσο με τη προσαρμοσμένη εκτίμηση του *i* (*adaptedEstimation[service][qos][i]*), τότε θα έχουμε:

$$\begin{aligned} & \mathbf{maxProb = adaptedEstimation[service][qos][i]} \\ & \mathbf{maxUtility = i + 1} \end{aligned}$$

Αφού ολοκληρωθεί αυτός ο βρόχος για κάθε *utility*, θα έχουμε υπολογίσει το τελικό *utility* που θα δοθεί στο χρήστη. Κατά συνέπεια θα εισάγουμε το συγκεκριμένο συνδυασμό (*qos - maxUtility*) σε μια λίστα που θα περιέχει για κάθε επίπεδο ποιότητας το αντίστοιχο *utility*, σύμφωνα πάντα με τις προτιμήσεις του χρήστη, οι οποίες καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα. Αυτό γίνεται με τον επόμενο τύπο: *utilityPerQoS.set(q, maxUtility)*.

Στο σημείο αυτό, ολοκληρώθηκε η διαδικασία για την ενημέρωση των Utility, ανάλογα την υπηρεσία, δηλαδή ενημερώθηκαν τα utility μόνο για το συγκεκριμένο service που είχε δοθεί στην αρχή της διαδικασίας. Το μόνο που απομένει τώρα είναι, να εμφανίσουμε για κάθε συνδυασμό service – qos τα utility. Με την βοήθεια ελέγχων εμφανίζουμε τα utility που αφορούν κάθε service. Δηλαδή, αν το service είναι το 0 (Audio Call), τότε έχουμε:

utility = usernA.getUtilityPerQos(qos)

Διαφορετικά αν το service είναι το 1 (Video Streaming), τότε θα έχουμε:

utility = usernB.getUtilityPerQos(qos)

(Stavroulaki V, "Acquiring and Learning User Information in the Context of Cognitive Device Management", 2012, page 2-4).

Όλη η παραπάνω διαδικασία έγινε με βάση την υπηρεσία που είχαμε ορίσει στην αρχή της λειτουργίας αυτής, δηλαδή για την υπηρεσία usernA. Ακριβώς ίδια διαδικασία έχουμε και για την άλλη υπηρεσία, την usernB, με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση θα ενημερωθούν τα Utility για την υπηρεσία usernB μόνο.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τέσσερα σενάρια χρήσης για την πλατφόρμα που υλοποιήσαμε, ώστε να γίνει απόλυτα κατανοητή η λειτουργία της. Θα χρησιμοποιήσουμε πίνακες και διαγράμματα για τα επιστημονικά δεδομένα που έχουν προκύψει από την μελέτη αυτή. Τέλος θα αναλύσουμε αυτά τα δεδομένα ώστε να ερμηνεύσουμε τον λόγο ύπαρξής τους.

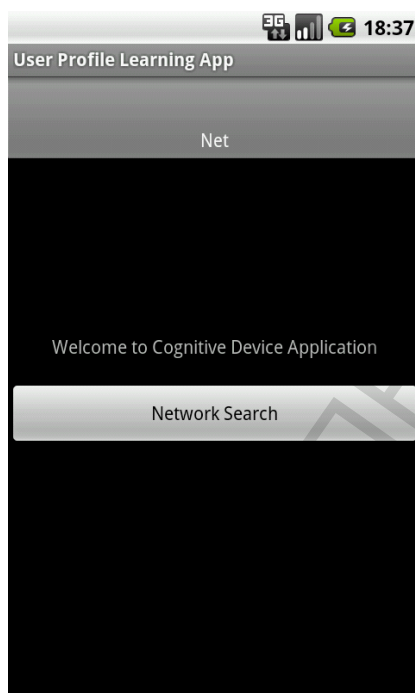
4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για την υλοποίηση της πλατφόρμας μας χρησιμοποιήσαμε το Eclipse Java EE INDIGO v1.9.0, με το οποίο γράψαμε κώδικα για όλες τις κύριες λειτουργίες της πλατφόρμας, οι οποίες είναι οι υπολογισμοί και ενημερώσεις των πιθανοτήτων για όλες τις παραμέτρους, για κάθε επίπεδο ποιότητας, για κάθε δίκτυο, ο υπολογισμός των τιμών καταλληλότητας για κάθε δίκτυο με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη, ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο δίκτυο που θα του προσφέρει όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας, ο υπολογισμός των καλύτερων δυνατών συνδυασμών παραμέτρων, σύμφωνα με το προφίλ που επέλεξε ο χρήστης και με βάση το δίκτυο που αποδείχτηκε ότι είναι το καλύτερο για παροχή υπηρεσίας. Επίσης έγινε και το γράψιμο-διάβασμα από αρχεία, δεδομένων πολύ χρήσιμων για την σωστή λειτουργία της πλατφόρμας.

Όσον αφορά το interface της πλατφόρμας, χρησιμοποιήσαμε το Android SDK 4.0.3 v15 και πιο συγκεκριμένα για το project, Android 2.2 v8. Έτσι δημιουργήσαμε την φόρμα για το προφίλ του χρήστη, την αναπαράσταση για την διαδικασία επιλογής του καλύτερου δικτύου καθώς και την εμφάνιση των καλύτερων συνδυασμών παραμέτρων με βάση το δίκτυο που επιλέχθηκε και με το προφίλ του χρήστη.

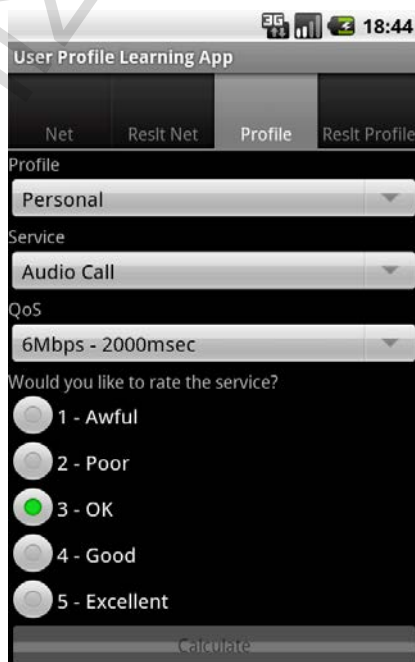
4.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

Στο υπό-κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε screenshots από την πλατφόρμα που υλοποιήσαμε στην παρούσα εργασία. Με αυτό τον τρόπο θα υπάρχει μια πρώτη γνωριμία με το περιεχόμενο της συγκεκριμένης πλατφόρμας.



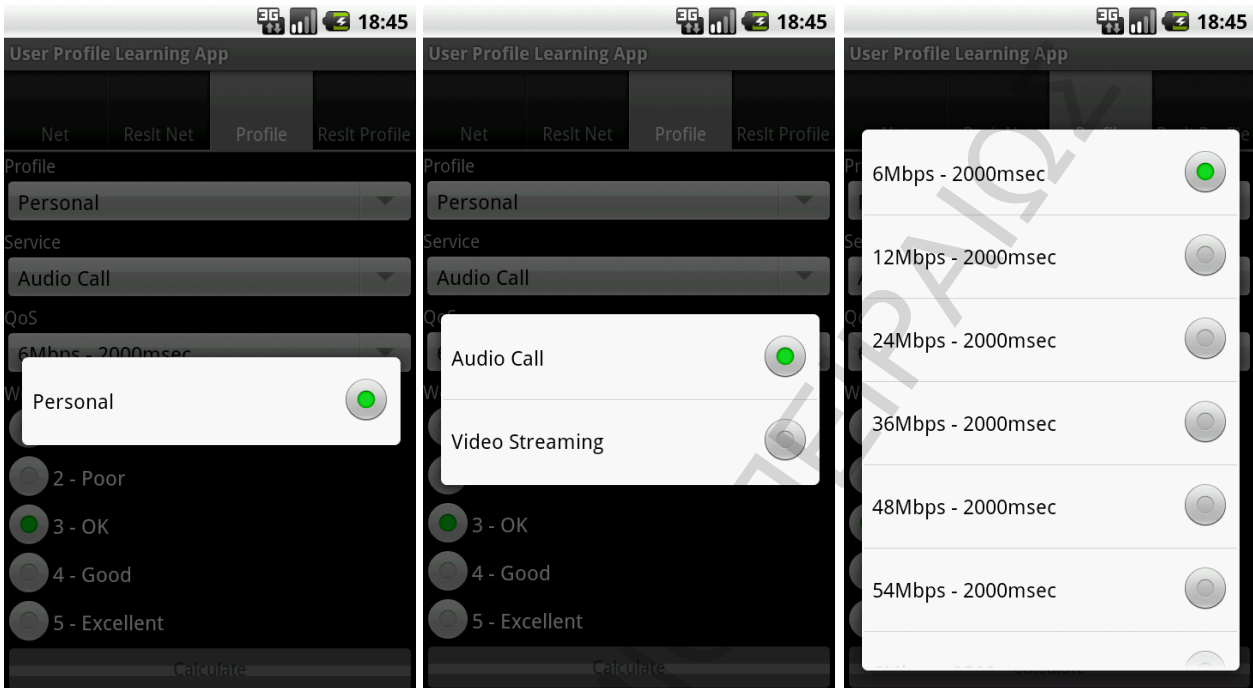
Εικόνα 1: Είσοδος στην πλατφόρμα, (Βανός Γ, 2013).

Πατώντας το κουμπί ο χρήστης, εμφανίζονται στην οθόνη της συσκευής του, 3 tab (Network Results, Profile, Profile Results). Ο χρήστης συνεχίζει με επιλογή του επιθυμητού προφίλ.



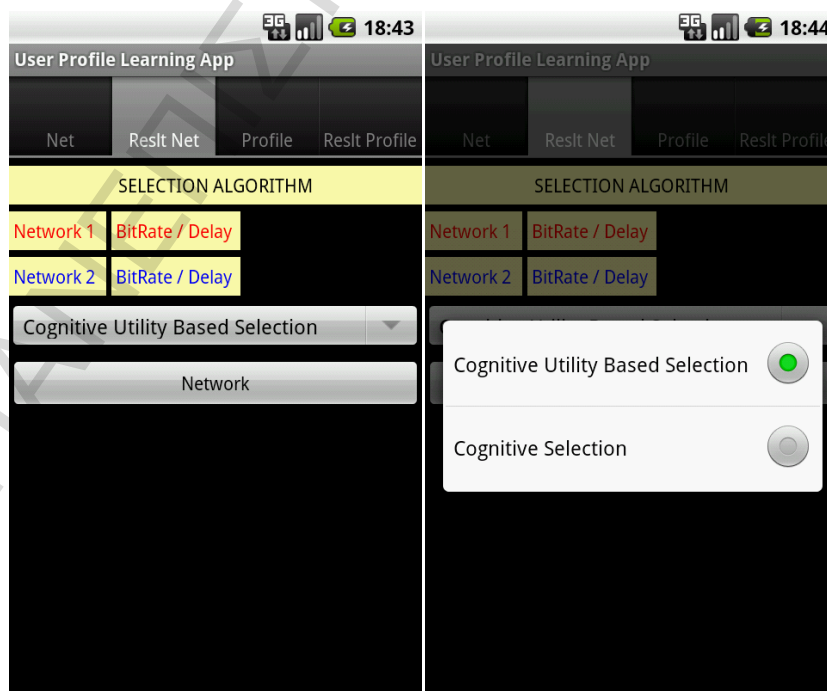
Εικόνα 2: Δημιουργία προφίλ, (Βανός Γ, 2013).

Ο χρήστης παίρνει δεδομένο το προεπιλεγμένο μοναδικό προφίλ που υπάρχει το οποίο είναι το Personal. Μετά αποφασίζει ποια υπηρεσία θα ήθελε να έχει στη διάθεσή του, από τις δυο υπάρχουσες επιλογές (Audio Call, Video Streaming) και τέλος επιλέγει την καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσίας (QoS = Bitrate / Delay, στην παρούσα πλατφόρμα).



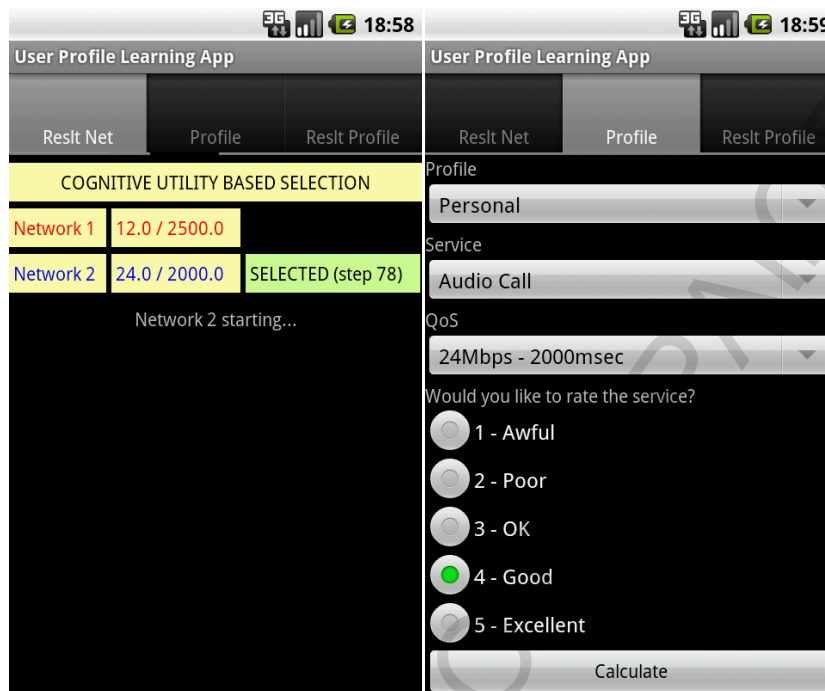
Εικόνα 3: Επιλογή επιθυμητών στοιχείων για το προφίλ, (Βανός Γ, 2013).

Μετά ο χρήστης επιλέγει ποιον αλγόριθμο θα χρησιμοποιήσει για να αποκτήσει δίκτυο για την παροχή της υπηρεσίας που επιθυμεί.



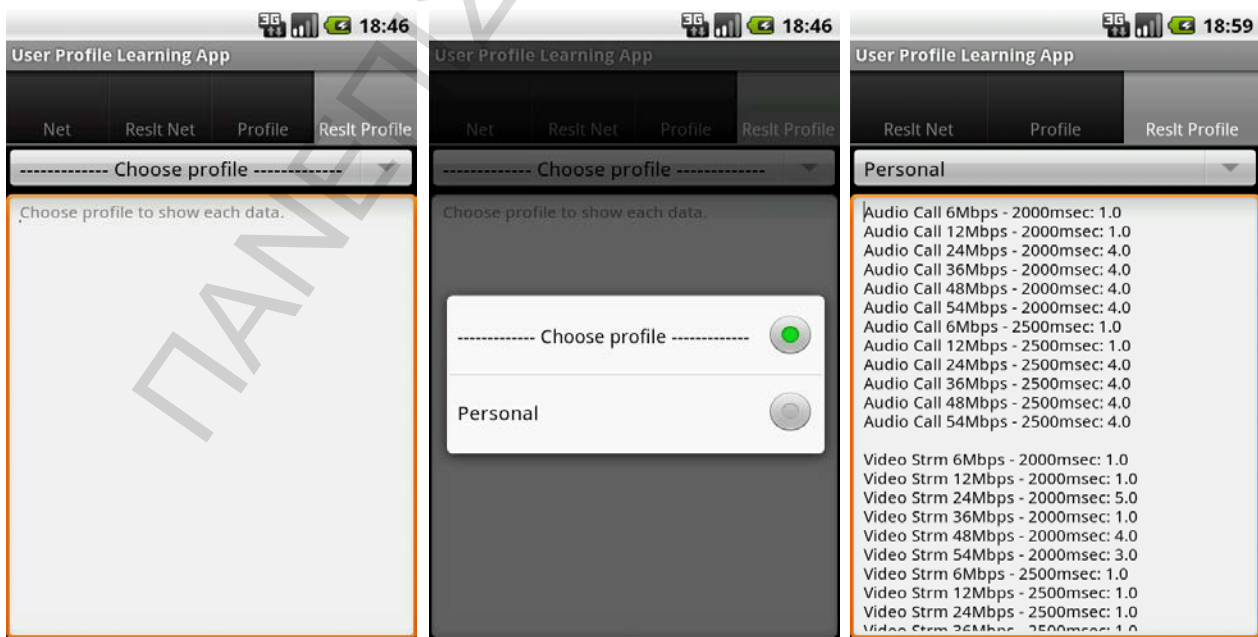
Εικόνα 4: Επιλογή αλγόριθμου εύρεσης δικτύου, (Βανός Γ, 2013).

Αφότου επιλέξει τον αλγόριθμο, πατάει το κουμπί «Network» και αρχίζει η διαδικασία εύρεσης δικτύου, η οποία αποτελείται από 79 βήματα, όπου σε κάθε βήμα επιλέγεται και ένα δίκτυο έως ότου βρεθεί το κατάλληλο στο τέλος της διαδικασίας.



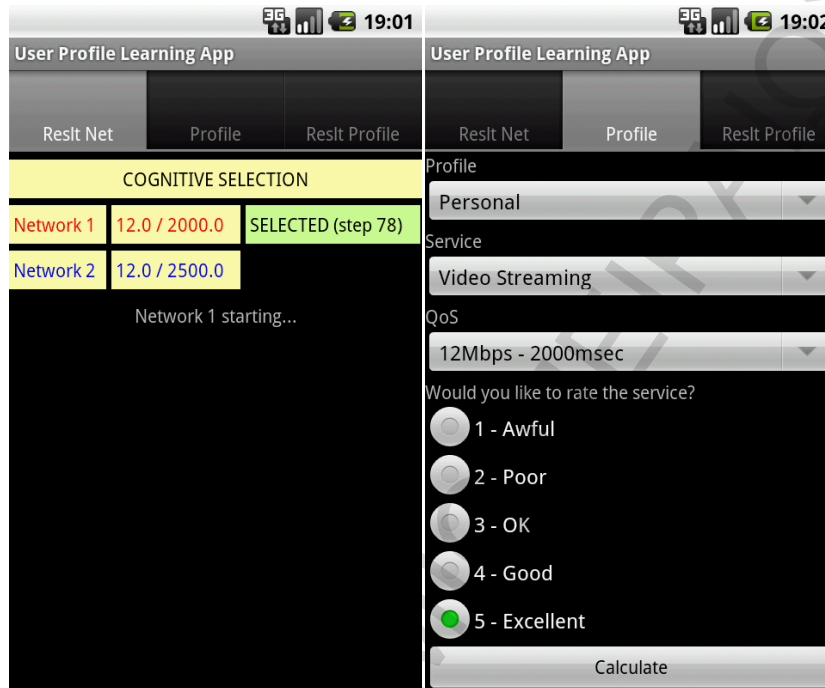
Εικόνα 5: Εύρεση δικτύου με Cognitive Utility Based Selection αλγόριθμο, (Βανός Γ, 2013).

Μετά την εύρεση του κατάλληλου δικτύου, η ποιότητα που έχει το αντίστοιχο δίκτυο μεταφέρεται αυτόματα στο προφίλ που δημιούργησε ο χρήστης. Έτσι η ποιότητα που επιθυμούσε ο χρήστης μπορεί να διαφέρει από εκείνη που διαθέτει το δίκτυο. Ανεξάρτητα από αυτό το γεγονός, ο χρήστης βαθμολογεί το δίκτυο που του παρέχεται και στο τέλος πατάει το κουμπί «Calculate».



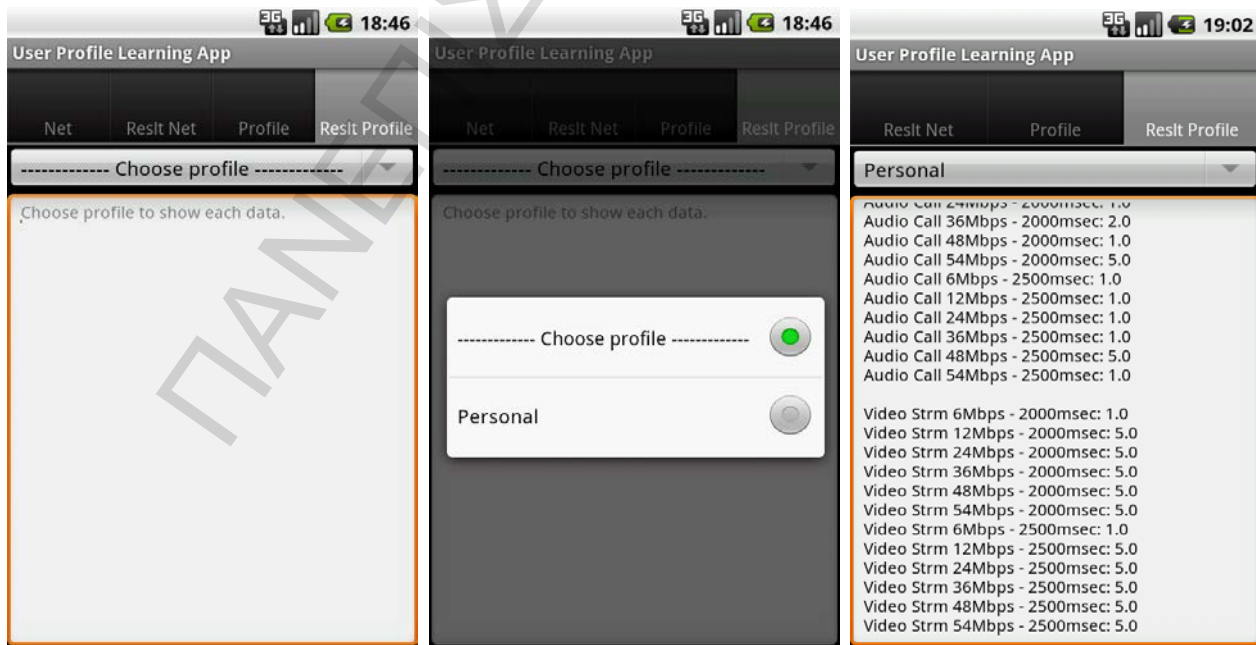
Εικόνα 6: Εμφάνιση αποτελεσμάτων με βάση την υπηρεσία Audio Call, (Βανός Γ, 2013).

Ο χρήστης είχε επιλέξει στο προφίλ του, ως υπηρεσία το «Audio Call», έτσι στα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην παραπάνω εικόνα, είναι ενημερωμένες μόνο οι τιμές που αφορούν το «Audio Call». Οι συνδυασμοί που έχουν μεγαλύτερη τιμή (4.0), είναι οι πιο κατάλληλοι για τον χρήστη. Σε αντίθετη περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει τον άλλο αλγόριθμο εύρεσης δικτύου, έχουμε πάλι την ίδια διαδικασία που περιγράψαμε προηγουμένως.



Εικόνα 7: Εύρεση δικτύου με Cognitive Selection αλγόριθμο, (Βανός Γ, 2013).

Με την ίδια λογική, αφού βρεθεί το κατάλληλο δίκτυο, ο χρήστης βαθμολογεί το δίκτυο που του παρέχεται και στο τέλος πατάει το κουμπί «Calculate».



Εικόνα 8: Εμφάνιση αποτελεσμάτων με βάση την υπηρεσία Video Streaming, (Βανός Γ, 2013).

Ο χρήστης στην περίπτωση αυτή, είχε επιλέξει στο προφίλ του, ως υπηρεσία το «Video Streaming», έτσι στα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην παραπάνω εικόνα, είναι ενημερωμένες μόνο οι τιμές που αφορούν το «Video Streaming». Οι συνδυασμοί που έχουν μεγαλύτερη τιμή (5.0), είναι οι πιο κατάλληλοι για τον χρήστη. Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί η λειτουργία της παρούσας πλατφόρμας.

4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κάθε σενάριο αποτελείται από δύο δίκτυα με όνομα «Δίκτυο 1» και «Δίκτυο 2», αντίστοιχα. Κάθε δίκτυο με τη σειρά του, έχει δυο παραμέτρους οι οποίες είναι το Bitrate (BR) και η καθυστέρηση (RTT). Κάθε παράμετρος έχει ένα σύνολο τιμών αναφοράς, πιο συγκεκριμένα το BR = {6, 12, 24, 36, 48, 54} Mbps και το RTT = {2000, 2500} msec. Κάθε δυνατός συνδυασμός των δυο αυτών παραμέτρων, αποτελεί ένα επίπεδο ποιότητας (QoS). Άρα στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε δώδεκα επίπεδα ποιότητας, τα οποία είναι τα εξής: QoS = {6-2000, 12-2000, 24-2000, 36-2000, 48-2000, 54-2000, 6-2500, 12-2500, 24-2500, 36-2500, 48-2500, 54-2500}.

Για την επιλογή του καλύτερου δικτύου σε κάθε σενάριο χρησιμοποιούμε δύο αλγόριθμους εύρεσης δικτύου, οι οποίοι είναι οι Cognitive Utility Based Selection και Cognitive Selection. Ο πρώτος αλγόριθμος βασίζεται στις προτιμήσεις των χρηστών, ενώ ο δεύτερος στις καλύτερες επιλογές τιμών των παραμέτρων. Οι προτιμήσεις των χρηστών είναι από (1=απαίσιο έως 5=εξαιρετικό). Σε κάθε αλγόριθμο υπάρχει για κάθε δίκτυο μια τιμή καταλληλότητας που δείχνει κάθε φορά πιο από τα δύο δίκτυα είναι το καλύτερο, ώστε να επιλεγεί. Κάθε φορά αφού επιλεγεί το καλύτερο δίκτυο, ο χρήστης βαθμολογεί το υπάρχων δίκτυο, την υπηρεσία και το επίπεδο ποιότητας και έτσι προσαρμόζονται στο προφίλ του, οι όσο το δυνατόν καλύτερες επιλογές παροχής υπηρεσίας, ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις προτιμήσεις του (Utility Values). Αυτό γίνεται με τον υπολογισμό των προσαρμοσμένων πιθανοτήτων, με την χρήση των Utility Values του χρήστη. Το αποτέλεσμα αυτών των υπολογισμών είναι να βρεθεί το καλύτερο utility value, το οποίο θα προσφερθεί στο χρήστη για τον συγκεκριμένο, κάθε φορά, συνδυασμό (υπηρεσίας, QoS).

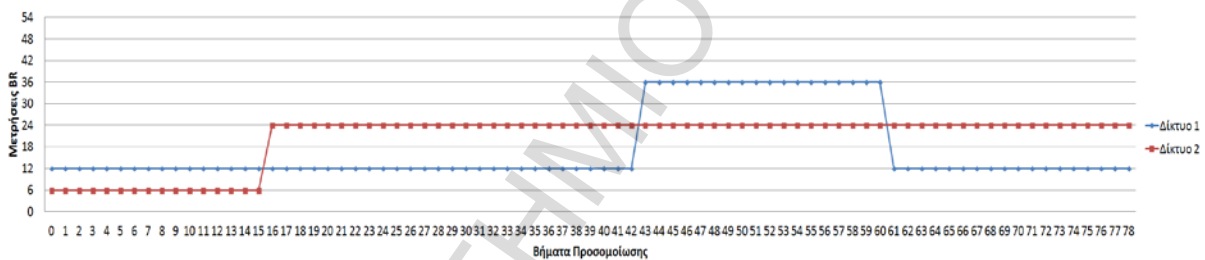
4.3.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1 – (AUDIO CALL – 24 MBPS – 2500 MSEC)

Ξεκινώντας με το πρώτο σενάριο αποτελεσμάτων, στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις προτιμήσεις των χρηστών για κάθε επίπεδο ποιότητας. Οι χρήστες προτιμούν ως τα καλύτερα επίπεδα ποιότητας τους συνδυασμούς (36-2000 και 24-2500) και για τις δυο προσφερόμενες υπηρεσίες που υπάρχουν οι οποίες είναι οι «Audio Call» και «Video Streaming», χωρίς να δίνουν σημασία για τα υπόλοιπα επίπεδα ποιότητας.

Πίνακας 4.1: QoS επίπεδα και αντίστοιχες τιμές χρησιμότητας (α), (Βανός Γ, 2013).

Qos Level	Bit Rate (BR) – Delay (RTT)	Utility Value (for Audio Call)	Utility Value (for Video Strm)
1	BR = 6 , RTT = 2000	1	1
2	BR = 12 , RTT = 2000	2	2
3	BR = 24 , RTT = 2000	1	1
4	BR = 36 , RTT = 2000	5	5
5	BR = 48 , RTT = 2000	1	1
6	BR = 54 , RTT = 2000	1	1
7	BR = 6 , RTT = 2500	1	1
8	BR = 12 , RTT = 2500	1	1
9	BR = 24 , RTT = 2500	4	4
10	BR = 36 , RTT = 2500	1	1
11	BR = 48 , RTT = 2500	1	1
12	BR = 54 , RTT = 2500	1	1

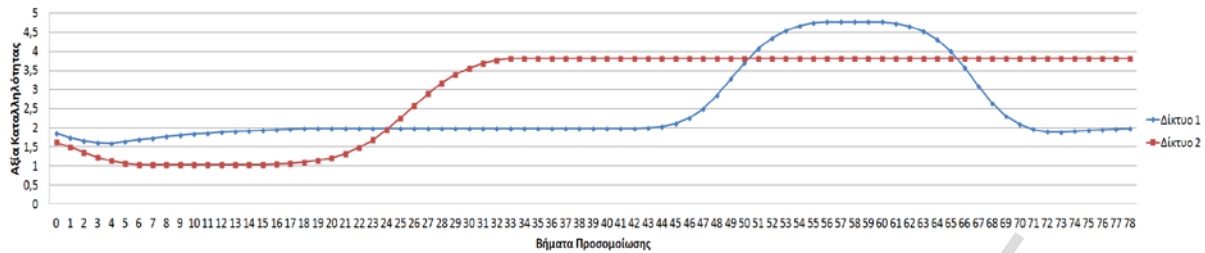
Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε ένα διάγραμμα σχετικά με την εύρεση του καλύτερου δικτύου από μια προσομοίωση 79 βημάτων ώστε να φανεί όσο καλύτερα γίνεται, η συμπεριφορά των δυο δικτύων που συμμετέχουν στην διαδικασία.



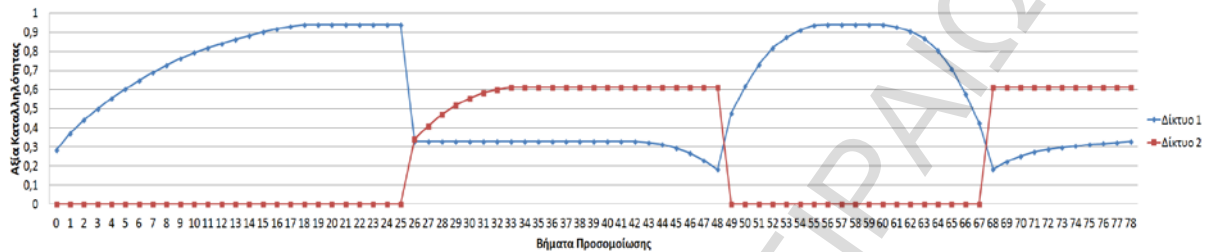
Σχήμα 4.1: Μετρήσιμες τιμές Bitrate για κάθε δίκτυο (α), (Βανός Γ, 2013).

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, βλέπουμε ότι αρχικά το Δίκτυο 1 ήταν καλύτερο από το Δίκτυο 2 και στο τέλος της διαδικασίας το Δίκτυο 2 επικράτησε ως το καταλληλότερο για να χρησιμοποιηθεί από τους χρήστες. Πιο αναλυτικά το Δίκτυο 1 είχε καθυστέρηση 2000 msec, ενώ το Δίκτυο 2 είχε 2500 msec, σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Όμως επειδή το Bitrate είναι η κύρια παράμετρος που παίζει σημαντικό ρόλο στο κάθε δίκτυο, είχε ως αποτέλεσμα στο τέλος των βημάτων της προσομοίωσης να επικρατήσει το Δίκτυο 2 που είχε 24 Mbps/2500 msec, από το Δίκτυο 1 που είχε 12 Mbps/2000 msec.

Μετά θα παρουσιάσουμε δυο διαγράμματα που δείχνουν την επιλογή του καταλληλότερου δικτύου από τους αλγόριθμους, Cognitive Utility Based Selection και Cognitive Selection, με βάση την τιμή καταλληλότητας, η οποία είναι εκείνη που παίζει τον καθοριστικό ρόλο κάθε φορά ώστε να επιλεγεί το καλύτερο δίκτυο.



Σχήμα 4.2: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (α), (Βανός Γ, 2013).



Σχήμα 4.3: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Selection (α), (Βανός Γ, 2013).

Από τα σχήματα 4.2 και 4.3, βλέπουμε ότι και με τους δυο αλγορίθμους εύρεσης δικτύου το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, δηλαδή το πιο κατάλληλο δίκτυο είναι το Δίκτυο 2. Αυτό οφείλεται αποκλειστικά στο Bitrate το οποίο στο Δίκτυο 2 είναι υψηλότερο από ότι στο Δίκτυο 1 και έτσι μετά από τους υπολογισμούς των αλγορίθμων, βγαίνει ότι η τιμή καταλληλότητας του Δικτύου 2 είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή του Δικτύου 1.

Πιο συγκεκριμένα, τα δυο δίκτυα έχουν πιο ομαλή συμπεριφορά στο σχήμα 4.2, από ότι στο σχήμα 4.3 και αυτό οφείλεται στους δύο αλγόριθμους. Στο σχήμα 4.2 χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Cognitive Utility Based Selection, ο οποίος βασίζεται στις προτιμήσεις των χρηστών (στα Utility Values), με αποτέλεσμα οι τιμές καταλληλότητας που υπολογίζονται, να είναι προσαρμοσμένες όσο πιο κοντά στα επίπεδα ποιότητας που επιθυμούν οι χρήστες.

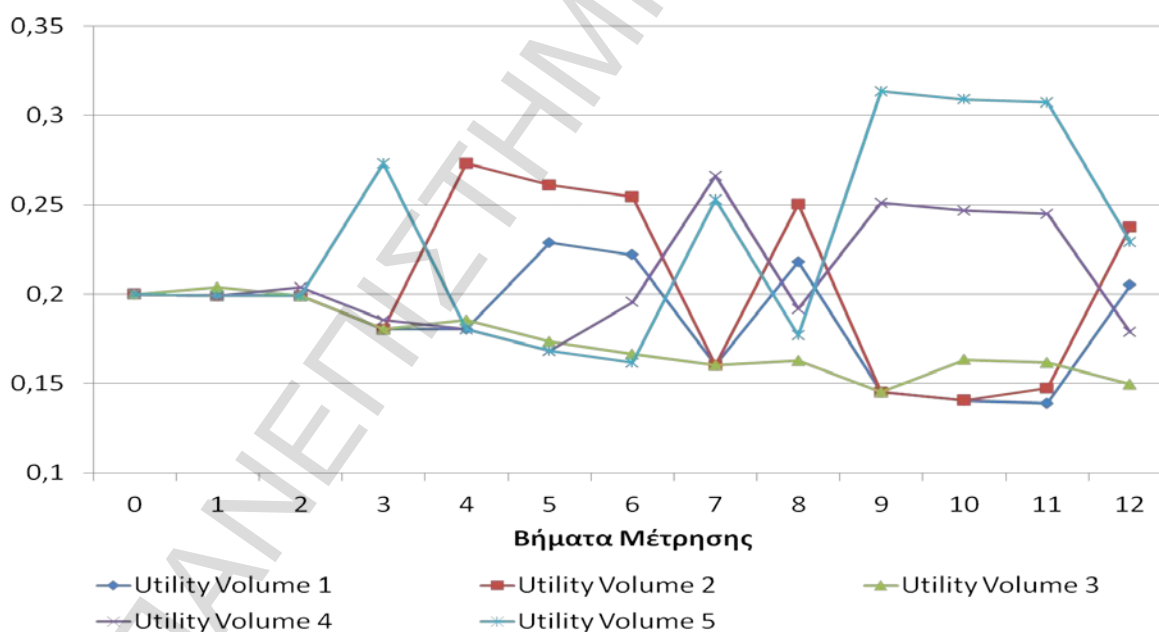
Αντίθετα στο σχήμα 4.3, όπου χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Cognitive Selection, η συμπεριφορά των δικτύων είναι απότομη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο συγκεκριμένος αλγόριθμος βασίζεται αποκλειστικά στις καλύτερες τιμές για τα επίπεδα ποιότητας, με αποτέλεσμα να έχουμε πιο απότομες μεταβολές στην τιμή καταλληλότητας των δυο δικτύων.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα Utility Values, πού επέλεξε ο χρήστης, για κάθε ένα από τους 12 συνδυασμούς (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα), που υπάρχουν στον παρακάτω πίνακα και με βάση αυτές τις τιμές, υπολογίζουμε τις προσαρμοσμένες πιθανότητες για κάθε ένα από τα πέντε Utility Values, ώστε να βρεθεί το καλύτερο Utility που θα προσφερθεί στο χρήστη με βάση τις προτιμήσεις του. Όπως έχουμε αναφέρει ξανά, τα Utility Values είναι τα εξής: (1=απαίσιο, 2=φτωχό, 3=μέτριο, 4=καλό, 5=εξαιρετικό).

Πίνακας 4.2: Utility Values για κάθε συνδυασμό (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα)(α), (Βανός Γ, 2013).

Step	Service	QoS	Profile	User Feedback
0	-----	-----	-----	-----
1	Audio Call	24 / 2500	Personal	3
2	Video Streaming	24 / 2500	Personal	4
3	Video Streaming	24 / 2500	Personal	5
4	Audio Call	24 / 2500	Personal	2
5	Audio Call	24 / 2500	Personal	1
6	Audio Call	24 / 2500	Personal	4
7	Video Streaming	24 / 2500	Personal	4
8	Audio Call	24 / 2500	Personal	5
9	Video Streaming	24 / 2500	Personal	5
10	Video Streaming	24 / 2500	Personal	3
11	Video Streaming	24 / 2500	Personal	2
12	Audio Call	24 / 2500	Personal	5

Στον πίνακα 4.2 βλέπουμε τα Utility Values που επιθυμεί ο χρήστης για κάθε συνδυασμό (υπηρεσία, ποιότητα, προφίλ), που και πάλι έχει επιλέξει ο χρήστης. Όσον αφορά την υπηρεσία, έχουμε δυο επιλογές (Audio Call, Video Streaming). Η ποιότητα είναι σταθερή στα 24 Mbps/2500 msec γιατί αυτή επιλέχθηκε αυτόματα σύμφωνα με το δίκτυο που δόθηκε στο χρήστη. Το προφίλ είναι μοναδικό στην παρούσα πλατφόρμα, οπότε δεν υπάρχει άλλη επιλογή. Τα Utility Values κυμαίνονται από 1 έως 5.



Σχήμα 4.4: Προσαρμοσμένες πιθανότητες των Utility Values, για τις επιλογές του χρήστη(α), (Βανός Γ, 2013).

Εδώ παρουσιάζονται οι προσαρμοσμένες πιθανότητες για κάθε τιμή των Utility σε κάθε ένα από τα δώδεκα βήματα που συλλέχθηκαν. Οι πιθανότητες αυτές υπολογίστηκαν με την βοήθεια του πίνακα 4.2, όπου χρησιμοποιήσαμε τα Utility Values και του μαθηματικού τύπου από τον πίνακα 2.2. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής των δώδεκα βημάτων

βλέπουμε ότι, το Utility Volume που θα δοθεί στο χρήστη είναι το 2 (φτωχό). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε κάθε βήμα οι πιθανότητες και των πέντε Utility ενημερώνονται με αποτέλεσμα να αλλάζει η τιμή που είχαν στο προηγούμενο βήμα κάθε φορά. Έτσι καταλαβαίνουμε ότι δεν είναι το επιθυμητό Utility που δίνεται στον χρήστη, μιας και εκείνος στο 12^ο βήμα επέλεξε το Utility 5 (εξαιρετικό). Άρα υποβαθμίζεται η υπηρεσία που παρέχεται στο χρήστη.

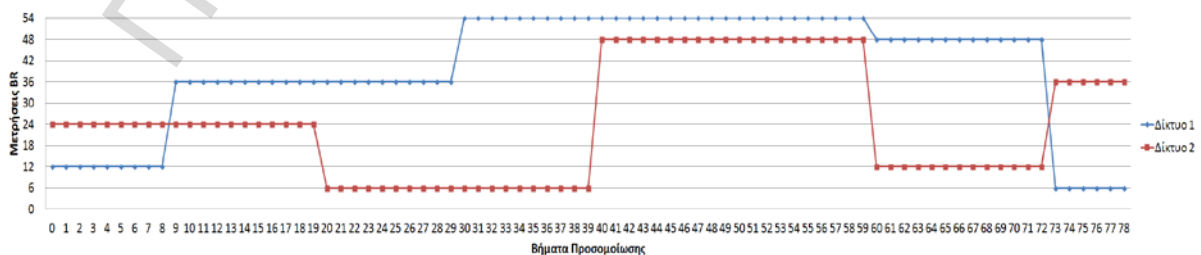
4.3.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2 – (VIDEO STREAMING – 36 MBPS – 2500 MSEC)

Στο δεύτερο σενάριο αποτελεσμάτων, βλέπουμε στον πίνακα 4.3 ότι και στις δυο παρεχόμενες υπηρεσίες, οι χρήστες προτιμούν τα επίπεδα ποιότητας (36-2000, 48-2000, 54-2000 και 36-2500), αδιαφορώντας με φανερό τρόπο για τα υπόλοιπα επίπεδα ποιότητας που έχουν τιμή 1 και 2.

Πίνακας 4.3: QoS επίπεδα και αντίστοιχες τιμές χρησιμότητας (β), (Βανός Γ, 2013).

Qos Level	Bit Rate (BR) – Delay (RTT)	Utility Value (for Audio Call)	Utility Value (for Video Strm)
1	BR = 6 , RTT = 2000	1	1
2	BR = 12 , RTT = 2000	1	1
3	BR = 24 , RTT = 2000	1	1
4	BR = 36 , RTT = 2000	5	5
5	BR = 48 , RTT = 2000	5	5
6	BR = 54 , RTT = 2000	5	5
7	BR = 6 , RTT = 2500	1	1
8	BR = 12 , RTT = 2500	1	1
9	BR = 24 , RTT = 2500	2	2
10	BR = 36 , RTT = 2500	5	5
11	BR = 48 , RTT = 2500	1	1
12	BR = 54 , RTT = 2500	1	1

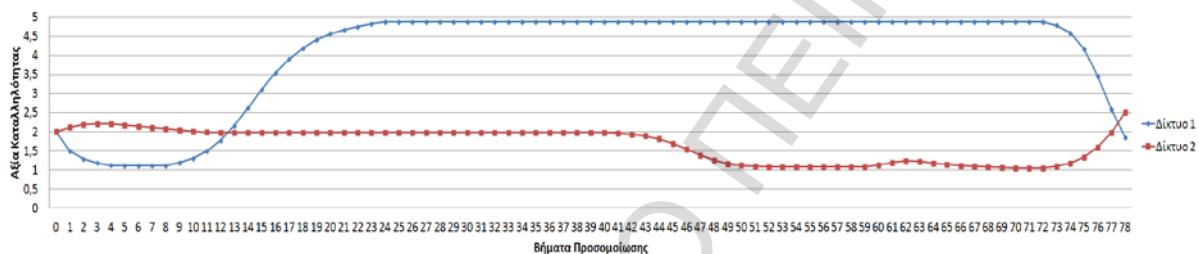
Στο επόμενο σχήμα, διαπιστώνουμε ότι το Δίκτυο 2 ήταν καλύτερο από το Δίκτυο 1 στην αρχή και στο τέλος της διαδικασίας προσομοίωσης, παρόλο που στην μεγαλύτερη διάρκεια το Δίκτυο 1 είχε υψηλότερη τιμή Bitrate. Όπως προαναφέραμε το Δίκτυο 2 αποδεικνύεται καταλληλότερο δίκτυο με 36 Mbps/2500 msec από το άλλο με 6 Mbps/2000 msec. Συμπεραίνουμε για άλλη μια φορά ότι το Bitrate παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιλογή δικτύου.



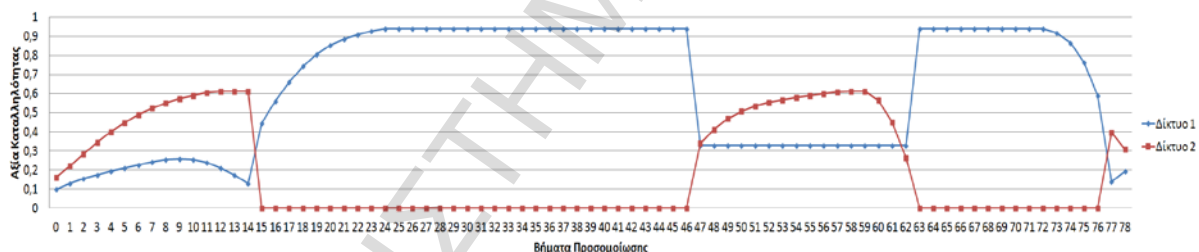
Σχήμα 4.5: Μετρήσιμες τιμές Bitrate για κάθε δίκτυο (β), (Βανός Γ, 2013).

Τα σχήματα 4.6 και 4.7 δείχνουν το καταλληλότερο δίκτυο με την χρήση του αλγόριθμου Cognitive Utility Based Selection και του αλγόριθμου Cognitive Selection, αντίστοιχα. Και στο σενάριο αυτό πάλι και στους δυο αλγορίθμους το καλύτερο δίκτυο είναι το Δίκτυο 2, με την μεγαλύτερη τιμή καταλληλότητας σε σχέση με το Δίκτυο 1.

Πιο αναλυτικά, βλέπουμε ότι πάλι με τον αλγόριθμο Cognitive Utility Based Selection έχουμε πιο ομαλή μετάβαση των δικτύων, σε σχέση με τον άλλο αλγόριθμο. Η μοναδική διαφορά που υπάρχει στα σχήματα 4.6 και 4.7, όσον αφορά το καλύτερο δίκτυο, είναι στα βήματα 47 έως 62. Εκεί στο σχήμα 4.7 βλέπουμε ότι το Δίκτυο 2 γίνεται καλύτερο από το Δίκτυο 1. Αυτό δεν ισχύει και στο σχήμα 4.6 γιατί εκεί οι προτιμήσεις του χρήστη παίζουν καθοριστικό ρόλο και έτσι κρατάνε την τιμή καταλληλότητας του δικτύου 1 σε υψηλά επίπεδα με αποτέλεσμα να είναι καλύτερο από το Δίκτυο 2.



Σχήμα 4.6: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (β), (Βανός Γ, 2013).

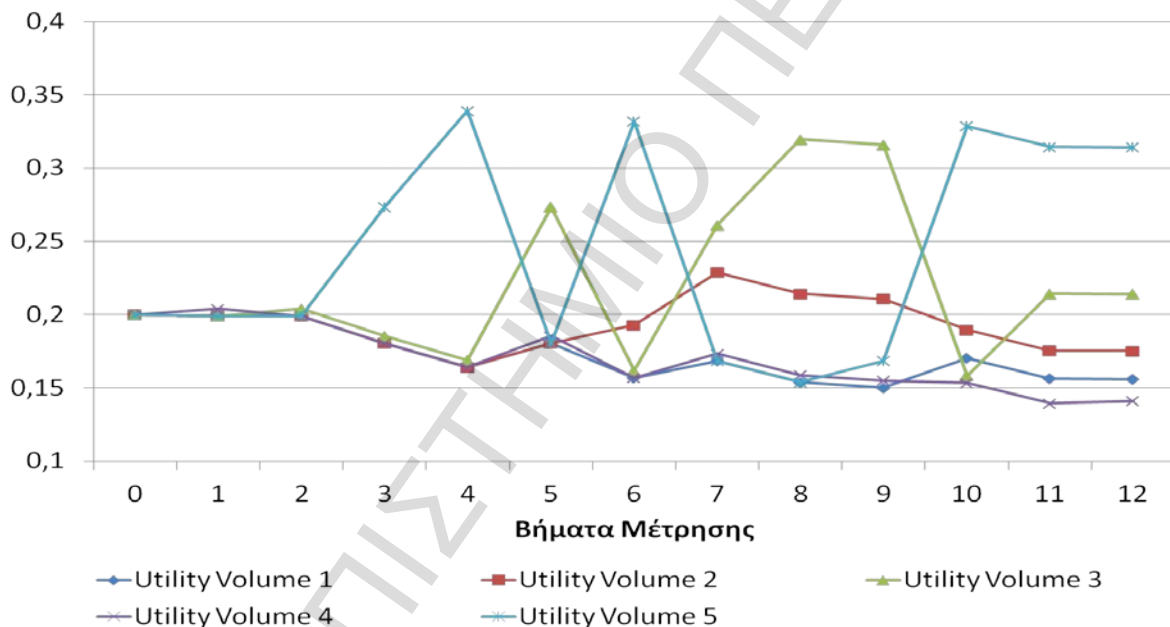


Σχήμα 4.7: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Selection (β), (Βανός Γ, 2013).

Ο επόμενος πίνακας μας δείχνει τα Utility Values που προτίμησε ο χρήστης στα 12 βήματα μέτρησης που έγιναν για κάθε ένα συνδυασμό (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα). Στην περίπτωση αυτή, όπως βλέπουμε έχουμε πάλι δυο υπηρεσίες, ένα προφίλ και το επίπεδο ποιότητας είναι σταθερό και ίσο με 36 Mbps/2500 msec, λόγω του δικτύου που δόθηκε στο χρήστη, μετά από την εκτέλεση της διαδικασίας εύρεσης δικτύου.

Πίνακας 4.4: Utility Values για κάθε συνδυασμό (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα)(β), (Βανός Γ, 2013).

Step	Service	QoS	Profile	User Feedback
0	-----	-----	-----	-----
1	Video Streaming	36 / 2500	Personal	4
2	Audio Call	36 / 2500	Personal	3
3	Audio Call	36 / 2500	Personal	5
4	Audio Call	36 / 2500	Personal	5
5	Video Streaming	36 / 2500	Personal	3
6	Audio Call	36 / 2500	Personal	2
7	Video Streaming	36 / 2500	Personal	2
8	Video Streaming	36 / 2500	Personal	3
9	Video Streaming	36 / 2500	Personal	5
10	Audio Call	36 / 2500	Personal	1
11	Audio Call	36 / 2500	Personal	3
12	Audio Call	36 / 2500	Personal	4



Σχήμα 4.8: Προσαρμοσμένες πιθανότητες των Utility Values, για τις επιλογές του χρήστη(β), (Βανός Γ, 2013).

Στο σχήμα 4.8, βλέπουμε τις προσαρμοσμένες πιθανότητες για τα πέντε Utility Values που υπάρχουν, στην διαδικασία των δώδεκα μετρήσεων. Στο τελευταίο βήμα της διαδικασίας το Utility που προσφέρεται στο χρήστη είναι το 5 (εξαιρετικό). Ο χρήστης από την μεριά του προτίμησε το Utility 4 (καλό), άρα έχουμε αναβάθμιση της υπηρεσίας που παρέχεται στο χρήστη. Για άλλη μια φορά η σειρά που επιλέγει ο χρήστης σε κάθε βήμα το Utility, παίζει σημαντικό ρόλο γιατί σε κάθε βήμα ενημερώνονται οι πιθανότητες των Utility Values και αλλάζει κάθε φορά το αποτέλεσμα. Γενικά όταν ο χρήστης επιλέξει ένα Utility (πχ το 3 στην συγκεκριμένη περίπτωση), τότε οι πιθανότητες που ενημερώνονται πιο εύκολα είναι εκείνες των Utility Values που είναι πιο κοντά στο Utility 3 (δηλαδή το 2 και το 4). Οι υπόλοιπες (Utility 1 και 5), ενημερώνονται πιο δύσκολα.

4.3.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3 – (AUDIO CALL – 12 MBPS – 2000 MSEC)

Στο τρίτο σενάριο αποτελεσμάτων, έχουμε τον πίνακα 4.5 που μας δείχνει ότι οι χρήστες προτιμούν τα επίπεδα ποιότητας (54-2000, 48-2500) με τιμή 5, λιγότερο το επίπεδο (12-2000) με τιμή 3 και καθόλου τα υπόλοιπα.

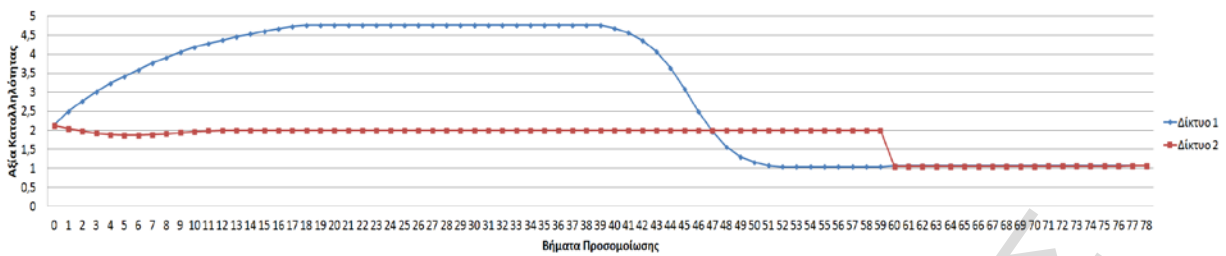
Πίνακας 4.5: QoS επίπεδα και αντίστοιχες τιμές χρησιμότητας (γ), (Βανός Γ, 2013).

Qos Level	Bit Rate (BR) – Delay (RTT)	Utility Value (for Audio Call)	Utility Value (for Video Strm)
1	BR = 6 , RTT = 2000	1	1
2	BR = 12 , RTT = 2000	3	3
3	BR = 24 , RTT = 2000	1	1
4	BR = 36 , RTT = 2000	2	2
5	BR = 48 , RTT = 2000	1	1
6	BR = 54 , RTT = 2000	5	5
7	BR = 6 , RTT = 2500	1	1
8	BR = 12 , RTT = 2500	1	1
9	BR = 24 , RTT = 2500	1	1
10	BR = 36 , RTT = 2500	1	1
11	BR = 48 , RTT = 2500	5	5
12	BR = 54 , RTT = 2500	1	1

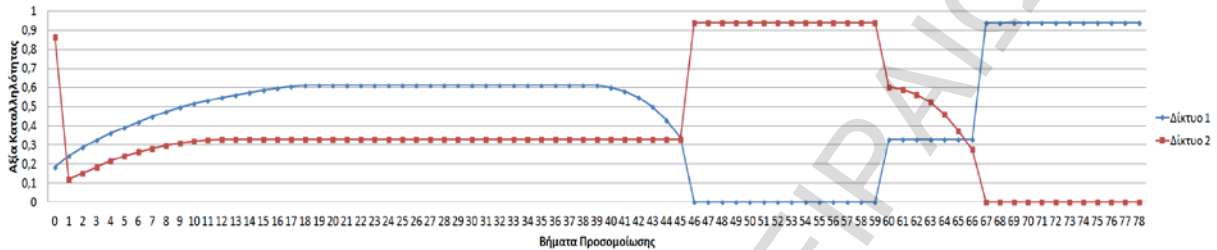


Σχήμα 4.9: Μετρήσιμες τιμές Bitrate για κάθε δίκτυο (γ), (Βανός Γ, 2013).

Το παραπάνω σχήμα, μας πληροφορεί ότι στην αρχή της προσομοίωσης το Δίκτυο 1 είναι καλύτερο από το Δίκτυο 2, όσον αφορά το Bitrate. Στην συνέχεια αντιστρέφονται τα δεδομένα με το Δίκτυο 2 να παίρνει τα ινία και στο τέλος της διαδικασίας το Δίκτυο 1 πάλι γίνεται καλύτερο και είναι αυτό που επικρατεί, παρόλο που και τα δυο δίκτυα έχουν το ίδιο Bitrate (12 Mbps), με την διαφορά ότι το Δίκτυο 1 έχει καθυστέρηση 2000 msec ενώ το Δίκτυο 2 έχει 2500 msec.



Σχήμα 4.10: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (γ), (Βανός Γ, 2013).



Σχήμα 4.11: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Selection (γ), (Βανός Γ, 2013).

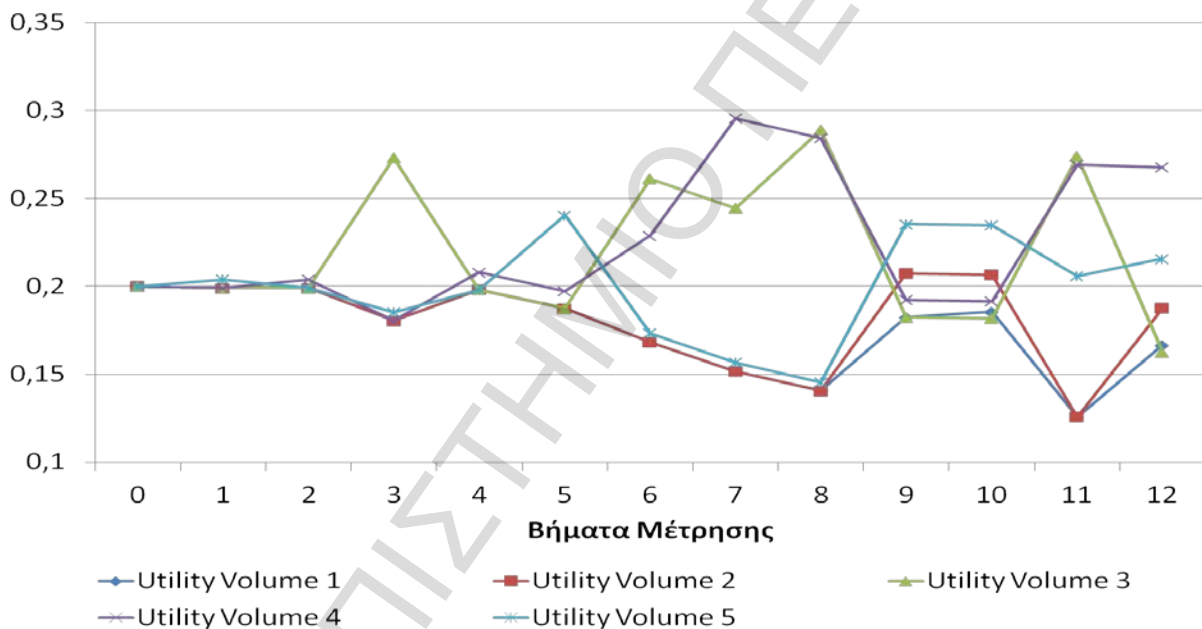
Στα σχήματα 4.10 και 4.11, βλέπουμε ότι και με τους δυο αλγόριθμους εύρεσης δικτύου το αποτέλεσμα είναι το ίδιο. Πιο αναλυτικά το Δίκτυο 1 είναι αυτό που επικρατεί και είναι το καταλληλότερο για παροχή υπηρεσιών στους χρήστες. Στο σχήμα 4.10 στο τέλος της διαδικασίας τα δυο δίκτυα, φαίνεται να έχουν την ίδια τιμή καταλληλότητας, όμως δεν συμβαίνει αυτό γιατί αν και έχουν ίδιο Bitrate (12 Mbps), έχουν διαφορετική καθυστέρηση. Οι διαφορές είναι πάρα πολύ μικρές για τις τιμές καταλληλότητας και μοιάζουν σαν να είναι ίδια τα δίκτυα. Σε αυτό συμβάλουν οι προτιμήσεις του χρήστη που θέλουν το συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας.

Αντίθετα στο σχήμα 4.11 που δεν επηρεάζουν οι προτιμήσεις του χρήστη και χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Cognitive Selection, φαίνεται ξεκάθαρα ότι το καλύτερο δίκτυο είναι το πρώτο. Οι τιμές καταλληλότητας στην περίπτωση αυτή δείχνουν αποκλειστικά το δίκτυο που επικρατεί, το οποίο είναι το Δίκτυο 1.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 4.6, με τα Utility Values που επέλεξε ο χρήστης στην διαδικασία των δώδεκα μετρήσεων που έγινε, για το παρεχόμενο δίκτυο με προσφερόμενο επίπεδο ποιότητας ίσο με 12 Mbps/2000 msec. Και σε αυτή την περίπτωση το προφίλ είναι μοναδικό (Personal), οι υπηρεσίες είναι δυο και σταθερό το επίπεδο ποιότητας.

Πίνακας 4.6: Utility Values για κάθε συνδυασμό (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα)(γ), (Βανός Γ, 2013).

Step	Service	QoS	Profile	User Feedback
0	-----	-----	-----	-----
1	Audio Call	12 / 2000	Personal	5
2	Video Streaming	12 / 2000	Personal	4
3	Audio Call	12 / 2000	Personal	3
4	Video Streaming	12 / 2000	Personal	4
5	Video Streaming	12 / 2000	Personal	5
6	Audio Call	12 / 2000	Personal	4
7	Audio Call	12 / 2000	Personal	4
8	Audio Call	12 / 2000	Personal	3
9	Video Streaming	12 / 2000	Personal	2
10	Video Streaming	12 / 2000	Personal	1
11	Audio Call	12 / 2000	Personal	5
12	Video Streaming	12 / 2000	Personal	4



Σχήμα 4.12: Προσαρμοσμένες πιθανότητες των Utility Values, για τις επιλογές του χρήστη(γ), (Βανός Γ, 2013).

Το σχήμα 4.12 μας δείχνει τις προσαρμοσμένες πιθανότητες των πέντε Utility Values για τα δώδεκα βήματα της διαδικασίας που έγιναν οι μετρήσεις. Στο τέλος της διαδικασίας επικρατεί το Utility 4 (καλό). Ο χρήστης στο τελευταίο βήμα έχει επιλέξει το Utility 4, άρα βλέπουμε ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση το δίκτυο που παρέχεται στο χρήστη, μπόρεσε να του ικανοποιήσει τις επιθυμίες του και να του προσφέρει το συγκεκριμένο Utility (4). Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στις τιμές που πήραν τα Utility Values σε κάθε βήμα της διαδικασίας, καθώς ενημερώνονταν. Επίσης όπως αναφέραμε πιο πάνω, με το Utility που ενημερώνεται κάθε φορά, ενημερώνονται πιο εύκολα τα Utility Values που είναι πιο κοντά στο συγκεκριμένο Utility. Έτσι διαμορφώνεται και από αυτό το γεγονός, το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας.

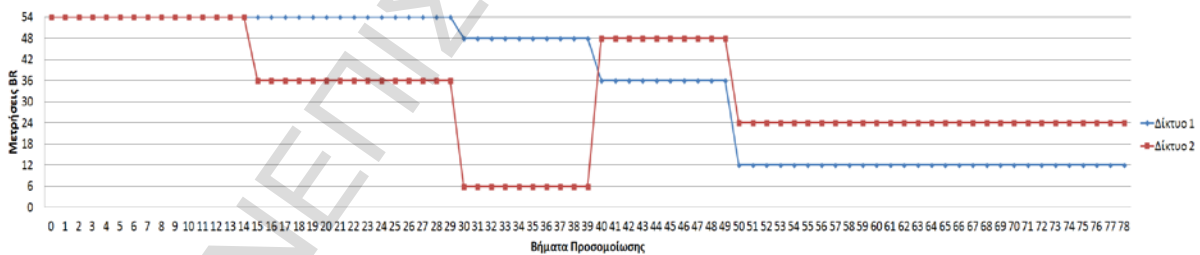
4.3.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4 – (VIDEO STREAMING – 24 MBPS – 2000 MSEC)

Στο τέταρτο σενάριο αποτελεσμάτων, καταλαβαίνουμε από τον πίνακα 4.7 ότι οι χρήστες έχουν ιδιαίτερη προτίμηση στα επίπεδα ποιότητας (24-2000) με τιμή 5, (48-2000) με τιμή 4, λιγότερη στο (54-2000) με τιμή 3 και καθόλου στα υπόλοιπα επίπεδα.

Πίνακας 4.7: QoS επίπεδα και αντίστοιχες τιμές χρησιμότητας (δ), (Βανός Γ, 2013).

Qos Level	Bit Rate (BR) – Delay (RTT)	Utility Value (for Audio Call)	Utility Value (for Video Strm)
1	BR = 6 , RTT = 2000	1	1
2	BR = 12 , RTT = 2000	1	1
3	BR = 24 , RTT = 2000	5	5
4	BR = 36 , RTT = 2000	1	1
5	BR = 48 , RTT = 2000	4	4
6	BR = 54 , RTT = 2000	3	3
7	BR = 6 , RTT = 2500	1	1
8	BR = 12 , RTT = 2500	1	1
9	BR = 24 , RTT = 2500	1	1
10	BR = 36 , RTT = 2500	1	1
11	BR = 48 , RTT = 2500	1	1
12	BR = 54 , RTT = 2500	1	1

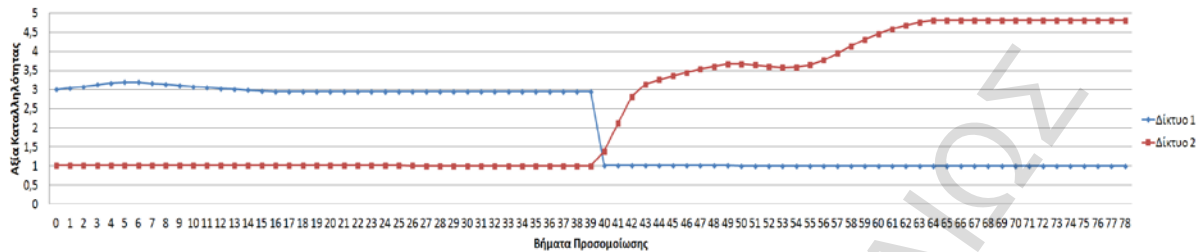
Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει ότι στην αρχή της διαδικασίας το Δίκτυο 1 είναι καλύτερο από το άλλο δίκτυο, παρόλο που έχουν 54 Mbps και τα δυο, με την διαφορά ότι το Δίκτυο 1 έχει λιγότερη καθυστέρηση (2000 msec) από ότι το άλλο δίκτυο (2500 msec). Στο τέλος της διαδικασίας το Δίκτυο 2 επικρατεί και είναι το καταλληλότερο για παροχή υπηρεσιών.



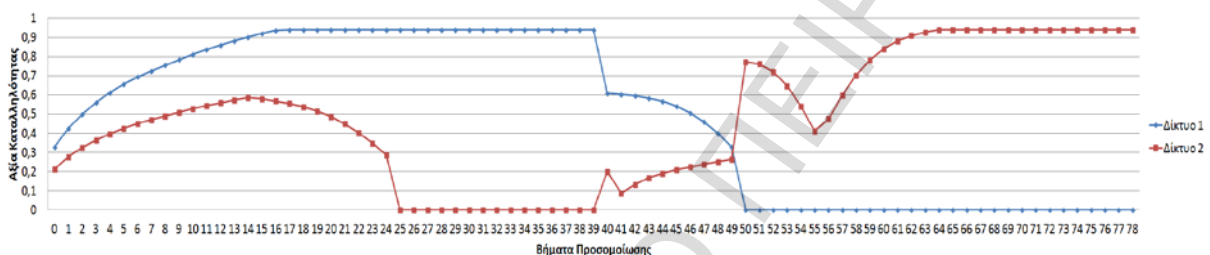
Σχήμα 4.13: Μετρήσιμες τιμές Bitrate για κάθε δίκτυο (δ), (Βανός Γ, 2013).

Στα σχήματα 4.14 και 4.15, φαίνεται ότι και με τους δυο αλγόριθμους, στην αρχή της διαδικασίας εύρεσης δικτύου, το καλύτερο δίκτυο είναι το πρώτο. Από το 40 βήμα και μετά, το Δίκτυο 2 γίνεται το καλύτερο και με αυτό τερματίζει η διαδικασία. Όπως έχουμε αναφέρει και στα προηγούμενα τρία σενάρια, έτσι και εδώ το σχήμα 4.14 έχει πιο ομαλή μετάβαση όσον αφορά την πορεία των δικτύων, σε σχέση με το σχήμα 4.15 που έχει πιο απότομες διακυμάνσεις.

Αυτό οφείλεται και πάλι στο γεγονός ότι ο αλγόριθμος Cognitive Utility χρησιμοποιεί τις προτιμήσεις των χρηστών για να βρει το κατάλληλο δίκτυο, ενώ ο αλγόριθμος Cognitive Selection χρησιμοποιεί τις καλύτερες επιλογές τιμών των παραμέτρων των δικτύων που διατίθενται.



Σχήμα 4.14: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Utility Based Selection (δ), (Βανός Γ, 2013).



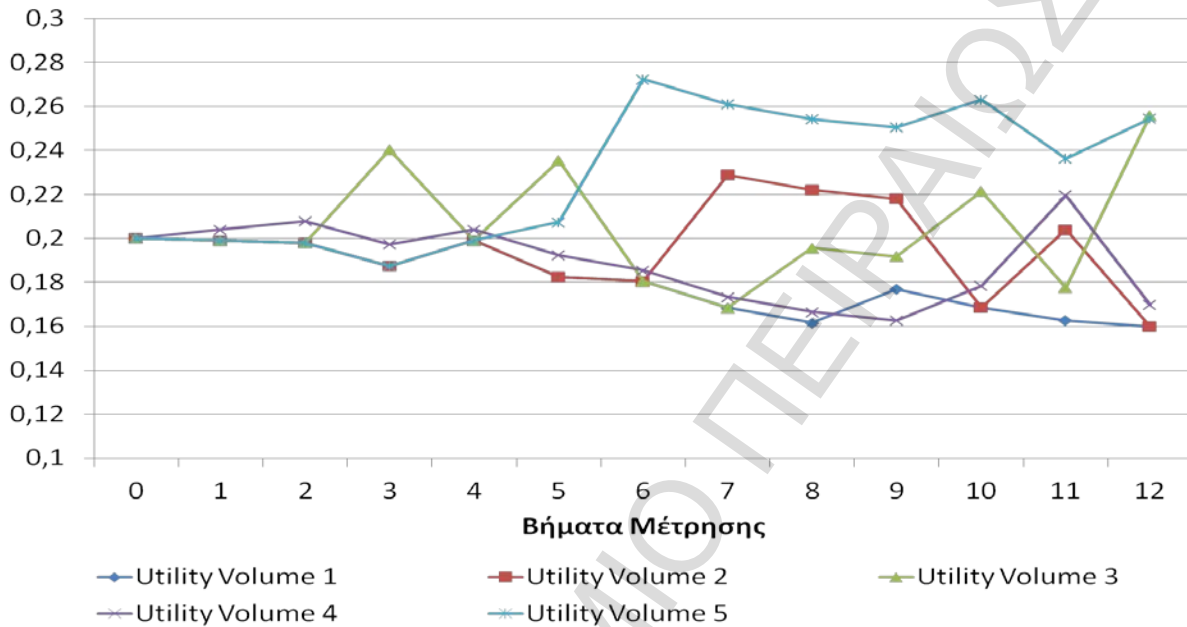
Σχήμα 4.15: Εύρεση κατάλληλου δικτύου με Cognitive Selection (δ), (Βανός Γ, 2013).

Στον πίνακα 4.8 αναφέρονται τα Utility Values που επέλεξε ο χρήστης σε αυτό το σενάριο, για τις αντίστοιχες δώδεκα μετρήσεις που έγιναν για κάθε συνδυασμό (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα). Και σε αυτή την περίπτωση, όπως και στις προηγούμενες, έχουμε δυο υπηρεσίες, ένα μοναδικό προφίλ και σταθερό επίπεδο ποιότητας, το οποίο δόθηκε από το δίκτυο που επικράτησε και προσφέρθηκε στο χρήστη. Στο σενάριο αυτό το επίπεδο ποιότητας είναι ίσο με 24 Mbps/2000 msec.

Πίνακας 4.8: Utility Values για κάθε συνδυασμό (προφίλ, υπηρεσία, ποιότητα)(δ), (Βανός Γ, 2013).

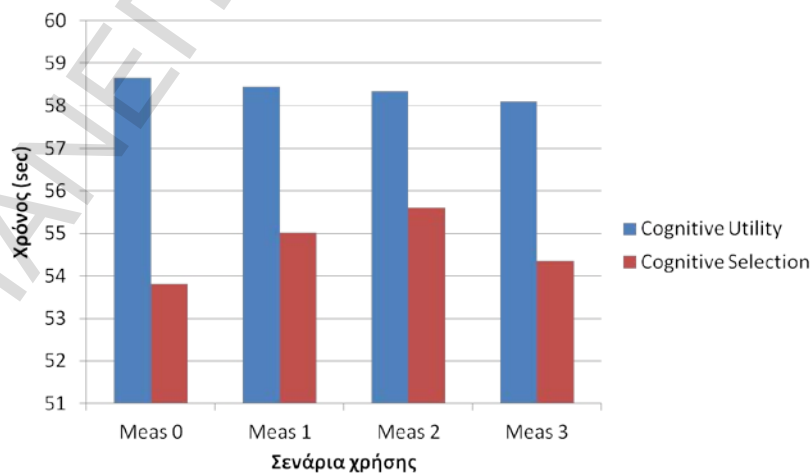
Step	Service	QoS	Profile	User Feedback
0	-----	-----	-----	-----
1	Audio Call	24 / 2000	Personal	4
2	Audio Call	24 / 2000	Personal	4
3	Audio Call	24 / 2000	Personal	3
4	Video Streaming	24 / 2000	Personal	4
5	Audio Call	24 / 2000	Personal	5
6	Video Streaming	24 / 2000	Personal	5
7	Video Streaming	24 / 2000	Personal	2
8	Video Streaming	24 / 2000	Personal	3
9	Video Streaming	24 / 2000	Personal	1
10	Audio Call	24 / 2000	Personal	5
11	Video Streaming	24 / 2000	Personal	4
12	Audio Call	24 / 2000	Personal	3

Στο σχήμα 4.16 βλέπουμε τις προσαρμοσμένες πιθανότητες των Utility Values για τα δώδεκα βήματα των μετρήσεων. Πιο συγκεκριμένα βλέπουμε ότι στο τέλος της διαδικασίας (στο 12^ο βήμα) το Utility που επικρατεί είναι το 5. Ο χρήστης είχε επιλέξει για το βήμα αυτό το Utility 3, άρα η υπηρεσία που του προσφέρεται από το συγκεκριμένο δίκτυο είναι αναβαθμισμένη. Για άλλη μια φορά οι ενημερώσεις των πιθανοτήτων των Utility Values σε κάθε βήμα, παίζουν σημαντικό ρόλο για το τελικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 4.16: Προσαρμοσμένες πιθανότητες των Utility Values, για τις επιλογές του χρήστη(δ), (Βανός Γ, 2013).

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε ένα διάγραμμα με το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να εκτελεστεί η διαδικασία εύρεσης δικτύου από τους δυο αλγόριθμους, για όλα τα σενάρια αποτελεσμάτων, ώστε να δούμε κατά κάποιο τρόπο το πώς λειτουργούν οι δυο αλγόριθμοι.



Σχήμα 4.17: Χρόνος εκτέλεσης διαδικασίας εύρεσης δικτύου, (Βανός Γ, 2013).

Με το παραπάνω σχήμα, βλέπουμε ότι ο αλγόριθμος Cognitive Selection χρειάζεται λιγότερο χρόνο και στα τέσσερα σενάρια, ώστε να εκτελεστεί η διαδικασία εύρεσης δικτύου, από ότι χρειάζεται ο αλγόριθμος Cognitive Utility Based Selection. Αυτό συμβαίνει γιατί στον Cognitive Utility παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο οι προτιμήσεις του χρήστη και έτσι η τιμή καταλληλότητας, που κάθε φορά δείχνει πιο δίκτυο είναι το καλύτερο, προσαρμόζεται ανάλογα με το ποια επίπεδα ποιότητας θέλουν οι χρήστες.

Αντίθετα ο Cognitive Selection υπολογίζει το καλύτερο δίκτυο, βασισμένος απλά στις καλύτερες τιμές των παραμέτρων των δικτύων, (στην περίπτωση μας το μεγαλύτερο Bitrate και η μικρότερη καθυστέρηση). Έτσι με απλό τρόπο και γρήγορα υπολογίζεται κάθε φορά η τιμή καταλληλότητας και βρίσκει έτσι ποιο δίκτυο είναι το καλύτερο.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παραθέσουμε τα συμπεράσματα μας γύρω από το θέμα της διαχείρισης ασύρματης γνωστικής συσκευής, που αναλύσαμε στην βιβλιογραφική επισκόπηση, αλλά και με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάσαμε. Επίσης θα αναφερθούμε πιο συγκεκριμένα για την παρούσα πλατφόρμα μας και τέλος θα κάνουμε λόγο για μελλοντική έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο θέμα της εργασίας μας.

Γενικά μια γνωστική συσκευή είναι πολύ σημαντική γιατί όπως αναφέρει και το όνομά της «μαθαίνει» από μόνη της με βάση τα ερεθίσματα που δέχεται είτε από τις ενέργειες του χρήστη είτε από το περιβάλλον. Με αυτή την ικανότητα, μια τέτοια συσκευή κατευθύνει κατά κάποιο τρόπο τον χρήστη, στο να κάνει τις καλύτερες δυνατές επιλογές που μπορεί να του προσφέρει η συσκευή, ώστε ο ίδιος να μείνει ικανοποιημένος, αλλά και να κερδίσει πολύτιμο χρόνο, αξιοπιστία προς την συσκευή και το κυριότερο, υπηρεσίες υψηλής ποιότητας.

Άλλη μια σημαντική έννοια, είναι η αναδιαμόρφωση, όπως παρατηρήσαμε στην βιβλιογραφία, γιατί μέσω αυτής της διαδικασίας, το τερματικό και γενικά η συσκευή προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη και προσπαθεί να του παρέχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όσο πιο σωστή αναδιαμόρφωση γίνει σε μια συσκευή, τόσο πιο καλά αποτελέσματα θα υπάρξουν για την εξυπηρέτηση του χρήστη.

Το βασικότερο σύστημα που είναι υπεύθυνο για την όσο το δυνατόν καλύτερη εξυπηρέτηση του χρήστη, στο οποίο γίνεται και η αναδιαμόρφωση είναι το λεγόμενο, «Σύστημα Διαχείρισης Αναδιαμορφωμένου Εξοπλισμού». Από την βιβλιογραφία αναφέρθηκαν τρία συστήματα τα οποία έχουν κοινά στοιχεία μεταξύ τους μιας και το ένα είναι απόγονος του άλλου. Πιο συγκεκριμένα το MSRE είναι απόγονος του RTMS, το οποίο με τη σειρά του είναι απόγονος του CDMS. Το CDMS που είναι η εξέλιξη των δυο άλλων συστημάτων, είναι το πιο αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης γιατί σε κάθε συστατικό του, εμπεριέχει και τη μάθηση, που σημαίνει ότι οι επιλογές του χρήστη καταγράφονται, όπως και οι συνθήκες του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα σε μελλοντικές παρόμοιες καταστάσεις, να ενεργήσει η συσκευή πιο γρήγορα και με καλύτερο τρόπο, ώστε να προσφέρει στο χρήστη ακόμη πιο υψηλής ποιότητας υπηρεσίες.

Το πιο κρίσιμο συστατικό του CDMS είναι η διαδικασία λήψης αποφάσεων και κατ'επέκταση η επιλογή δικτύου. Η διαδικασία αυτή έχει τέσσερις αλγόριθμους που είναι υπεύθυνοι για την επιλογή του καλύτερου δικτύου, οι οποίοι είναι δυο γνωστικοί και δυο αλγόριθμοι κληρονομιάς. Οι γνωστικοί αλγόριθμοι είναι καλύτεροι από τους άλλους δυο γιατί, όπως προαναφέραμε εμπεριέχουν των γνώση-μάθηση. Πιο συγκεκριμένα οι γνωστικοί αλγόριθμοι είναι οι Cognitive Utility Based-Selection και Cognitive Selection. Ο πιο χρήσιμος αλγόριθμος από αυτούς τους δύο είναι ο Cognitive Utility Based-Selection,

γιατί διαμορφώνει το αποτέλεσμα (δηλ. παροχή καταλληλότερου δικτύου) με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη. Έτσι καταγράφει τις επιλογές των χρηστών, αποκτά αυτογνωσία και σε παρόμοιες καταστάσεις, λειτουργεί ταχύτερα και πιο αποτελεσματικά.

Σχετικά με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την χρήση της πλατφόρμας που δημιουργήσαμε γύρω από το θέμα αυτό, έχουμε τα εξής:

- Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούμε είναι οι γνωστικοί και πιο συγκεκριμένα ο Cognitive Utility Based-Selection χρειάζεται περισσότερο χρόνο εκτέλεσης από ότι ο άλλος (Cognitive Selection), γιατί προσπαθεί να προσαρμοστεί στις προτιμήσεις του χρήστη (Utility) με αποτέλεσμα να γίνεται περισσότερη επεξεργασία των δεδομένων, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Παρόλα αυτά είναι ο καλύτερος αλγόριθμος γι' αυτό το λόγο.
- Επίσης ο Cognitive Utility Based-Selection έχει πιο ομαλές μεταβολές σε σχέση με τον Cognitive Selection, γιατί προσπαθεί να είναι όσο πιο κοντά στις προτιμήσεις του χρήστη, ενώ ο άλλος αλγόριθμος κοιτάει κάθε φορά τις καλύτερες τιμές παραμέτρων που διαθέτει, με αποτέλεσμα να γίνονται απότομες αλλαγές στο δίκτυο που θα προσφερθεί.
- Όσον αφορά τα Utility του χρήστη, επηρεάζουν πάρα πολύ το τελικό αποτέλεσμα (δηλαδή την τελική τιμή χρησιμότητας που θα δοθεί στο χρήστη, σε συνδυασμό με το επίπεδο ποιότητας και την υπηρεσία που εκείνος ζήτησε). Κάθε φορά που ο χρήστης βαθμολογεί το δίκτυο που του προσφέρεται, λαμβάνεται υπόψη από το σύστημα και η προηγούμενη βαθμολόγηση του, με αποτέλεσμα αν οι δυο αριθμοί αυτοί έχουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους, τότε αλλάζουν απότομα η πιθανότητες των αντίστοιχων τιμών και κατ'επέκταση το τελικό αποτέλεσμα (δηλαδή το τελικό Utility που θα δοθεί στο χρήστη), ενώ αν δεν αποκλίνουν πολύ μεταξύ τους, τότε οι πιθανότητες μεταβάλλονται ελάχιστα και έτσι το τελικό Utility είτε θα παραμείνει ίδιο (ανάλογα με την επιλογή του χρήστη) είτε θα υπάρξει ελάχιστη μεταβολή.

Σχετικά με την πλατφόρμα μας, είναι εύχρηστη και γρήγορη, γιατί χρειάζεται λιγότερο από ένα λεπτό σε χρόνο για την εύρεση του καταλληλότερου δικτύου, που θα δοθεί στο χρήστη, το οποίο είναι η σημαντικότερη διαδικασία της πλατφόρμας. Ενημερώνονται πολύ γρήγορα και εύκολα οι τιμές των δεδομένων και όλα τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε εικονικά αρχεία στη συσκευή, για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας αυτής.

Όσον αφορά την μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση περισσότερων υποψήφιων δικτύων (πάνω από 2), περισσότερες παράμετροι από 2 (επιπλέον το κόστος, bit-error-rate κτλ) για κάθε δίκτυο και δυο ή περισσότερα προφίλ (Personal , Professional κτλ), περισσότερες υπηρεσίες από 2 (επιπλέον Web Browsing κτλ) ώστε να δούμε την πολυπλοκότητα της λειτουργίας της πλατφόρμας, πως αλλάζει και τι επιπτώσεις έχει. Έτσι με αυτό τον τρόπο θα έχουμε μεγαλύτερη μεταβολή των τιμών των Utility και θα έχουμε πιο εξειδικευμένα αποτελέσματα.

- [1] Demestichas K., Koutsorodi A., «*Modeling User Preferences and Configuring Services in B3G Devices*», 07-11-2012.
- [2] Demestichas P., Strassner J., «*Introducing Reconfigurability and Cognitive Networks Concepts in the Wireless World*», 2006.
- [3] Demestichas P., Stavroulaki V., «*Management System for Terminals in the Wireless B3G World*», 2009.
- [4] Guo Y., Muller J., «*Learning User Preferences for Multi-attribute Negotiation: An Evolutionary Approach*», 2003.
- [5] Kritikou Y., Demestichas P., «*User Profile Modeling in the Context of Web-Based Learning Management Systems*», 07-11-2012.
- [6] Stavroulaki V., Buljore S., «*Equipment Management Issues in B3G, End-To-End Reconfigurable Systems*», European Perspective on Composite Reconfigurable Radio Networks, 2006.
- [7] Stavroulaki V., Demestichas P., «*Utility-Aware Cognitive Network Selections in Wireless Infrastructures*», 2010.
- [8] Stavroulaki V., Kritikou Y., «*Acquiring and Learning User Information in the Context of Cognitive Device Management*», 20-06-2012.
- [9] Stavroulaki V., Kritikou Y., «*Cognitive Device Management in Future Wireless Networks*», 20-06-2012.
- [10] Thomas R., Friend D., «*Cognitive Networks: Adaptation and Learning to Achieve End-to-End Performance Objectives*», 2006.