



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΜΠΣ: Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών
Συστημάτων

Ψηφιακές Επικοινωνίες και Δίκτυα

**Επικύρωση επιχειρησιακού μοντέλου σε υποδομές σύνθετων
(composite) και επαναδιαρθρώσιμων (reconfigurable)
ραδιοδικτύων**

Μιχόκ Καμέλια, ΜΕ/0445

Επιβλέπων Καθηγητής: Παναγιώτης Δεμέστιχας

Αθήνα 2007



Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική έχει ως σκοπό την επικύρωση ενός επιχειρησιακού μοντέλου για τα επαναδιαρθρώσιμα (Reconfigurable) και τα σύνθετα (Composite) ραδιοδίκτυα. Το πρόβλημα ανάγεται στην αξιολόγηση της επένδυσης για τα προαναφερθέντα δίκτυα. Η έρευνα πραγματεύεται την επίδραση αυτών των δικτύων στην αγορά και τους χρήστες και αναπτύσσονται τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους από μια προοπτική μείωσης του κόστους της αρχικής επένδυσης (CAPEX) των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων έναντι των σύνθετων ραδιοδικτύων. Το πρόβλημα της αξιολόγησης της επένδυσης, ανάγεται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας (Net Present Value, NPV), η οποία είναι γενικά αποδεκτή ως κριτήριο αξιολόγησης επενδύσεων.



Κατάλογος Περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
2	ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ	14
2.1	WIRELESS LOCAL AREA NETWORK, WLAN	15
2.2	GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS, GSM	18
2.3	UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM, UMTS	21
2.4	GENERAL PACKET RADIO SERVICE, GPRS	26
2.5	ΣΥΝΘΕΤΑ ΡΑΔΙΟ-ΔΙΚΤΥΑ (COMPOSITE RADIO)	30
3	ΕΠΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΙΜΑ ΔΙΚΤΥΑ (RECONFIGURABLE NETWORKS)	35
3.1	ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΙΜΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΟΥ Β3G	35
3.1.1	Αρχιτεκτονική Δικτύου και Υπηρεσίες Υποστήριξης	38
3.1.2	Διαχείριση Ραδιο-Πόρων και Φάσματος	40
3.1.3	Θέματα που αφορούν τα τερματικά	42
3.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ	43
3.2.1	Χαρακτηριστικά Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	44
3.3	ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΠΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΙΜΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	46
3.3.1	Επιστημονικοί και Τεχνολογικοί Στόχοι	46
3.3.2	Πλεονεκτήματα των Επαναδιαρθρώσιμων Δικτύων	47
3.3.3	Επιδράσεις στη Βιομηχανία και στους Χρήστες	49
4	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	51
4.1	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ	51
4.1.1	Απαιτήσεις και προσδοκίες χρηστών	52
4.1.2	Κατηγοριοποίηση Χρηστών	55
4.2	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	59
4.2.1	Ρόλοι και Λειτουργίες Επιχειρησιακού Προτύπου	59
4.2.2	Ρυθμιστικές Αρμοδιότητες	63



4.2.3	Μετέχουσες Οντότητες και Σύνοψη Αρμοδιοτήτων	65
5	ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	72
5.1	ΣΥΝΘΕΤΑ ΡΑΔΙΟΔΙΚΤΥΑ.....	72
5.1.1	Βασικές Προϋποθέσεις Συστήματος και Σενάρια Κατάστασης της Αγοράς	73
5.1.2	Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV)	82
5.1.3	Αποτελέσματα	91
5.2	ΕΠΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΙΜΑ ΡΑΔΙΟΔΙΚΤΥΑ	93
5.2.1	Βασικές Προϋποθέσεις Συστήματος και Σενάρια Κατάστασης της αγοράς	93
5.2.2	Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV)	99
5.2.3	Αποτελέσματα	108
5.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	110
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	120



Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική UMTS.....	24
Εικόνα 2: Οντότητες και Διεπαφές της GPRS Αρχιτεκτονικής.....	29
Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική Σύνθετης Ραδιο-υποδομής.....	31
Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική τερματικού που λειτουργεί σε σύνθετο ραδιο-περιβάλλον.....	32
Εικόνα 5: Σύνθετο Δίκτυο.....	38
Εικόνα 6: Επαναδιαρθρώσιμο Δίκτυο.....	39
Εικόνα 7: Αρχιτεκτονική τερματικού που λειτουργεί σε επαναδιαρθρώσιμο ραδιο-περιβάλλον	42
Εικόνα 8: Επιχειρησιακό Μοντέλο Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων.....	71
Εικόνα 9: Μέρισμα Αγοράς Παρόχου για κυψελωτά (UMTS/GPRS/GSM) και τοπικά δίκτυα (WLAN).....	73
Εικόνα 10: Ανάπτυξη τεχνολογιών UMTS/GPRS/GSM.....	74
Εικόνα 11: Μέρισμα Αγοράς 3G Παρόχου για τη Σύνθετη Ραδιο-Τεχνολογία.....	74
Εικόνα 12: Διείσδυση Σύνθετων Ραδιοδικτύων.....	75
Εικόνα 13: Αριθμός χρηστών για το base station που υποστηρίζει UMTS/GPRS.....	76
Εικόνα 14: Αριθμός UMTS χρηστών.....	77
Εικόνα 15: Αριθμός χρηστών Σύνθετων Ραδιοδικτύων.....	77
Εικόνα 16: Ποσοστό Ενεργών Χρηστών (Active Data Users).....	79
Εικόνα 17: Καταναλωτές- Επιχειρήσεις.....	80
Εικόνα 18: Διαχωρισμός Χρηστών Σύνθετων Ραδιοδικτύων σε Καταναλωτές και Επιχειρήσεις	80
Εικόνα 19: Ενεργοί Χρήστες Σύνθετων Ραδιοδικτύων.....	81
Εικόνα 20: Απολαβές από Ενεργούς Χρήστες/μήνα Σύνθετων Ραδιοδικτύων.....	90
Εικόνα 21: Απολαβές από Ενεργούς Χρήστες/έτος Σύνθετων Ραδιοδικτύων.....	90
Εικόνα 22: Μέρισμα Αγοράς Παρόχου για κυψελωτά και τοπικά δίκτυα.....	94
Εικόνα 23: Ανάπτυξη τεχνολογιών UMTS/GPRS/GSM.....	94
Εικόνα 24: Ποσοστό Διείσδυσης Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων.....	96
Εικόνα 25: Αριθμός Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων.....	96



Εικόνα 26: Διαχωρισμός Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων σε Καταναλωτές/ Επιχειρήσεις.....	97
Εικόνα 27: Ποσοστό Ενεργών Χρηστών (Active Data Users)	98
Εικόνα 28: Αριθμός Ενεργών Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	99
Εικόνα 29: Ποσοστό Διείσδυσης Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	112
Εικόνα 30: Αριθμός Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων.....	112
Εικόνα 31: Αριθμός Ενεργών Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	113



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Πεδία Εφαρμογής του GPRS.....	28
Πίνακας 2: Βασικά χαρακτηριστικά τερματικών και στοιχείων του δικτύου σε διαφορετικά ασύρματα συστήματα	34
Πίνακας 3: Συσχέτιση ομάδων χρηστών με απαιτήσεις.....	58
Πίνακας 4: Οντότητες και Αρμοδιότητες Επιχειρησιακού Μοντέλου.....	69
Πίνακας 5: Αριθμός χρηστών ασύρματης τεχνολογίας σε μια τυπική ευρωπαϊκή χώρα.....	76
Πίνακας 6: Επανακατεύθυνση Υπηρεσιών σε τμήματα του Ραδιοδικτύου	78
Πίνακας 7: Ημερήσια Ζήτηση Καταναλωτών	81
Πίνακας 8: Ημερήσια Ζήτηση Επιχειρήσεων	82
Πίνακας 9: Απαιτούμενα Radio Sites.....	85
Πίνακας 10: Κόστος Σύνθετων Ραδιοδικτύων.....	86
Πίνακας 11: Χρεολυσία ανά έτος για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα	88
Πίνακας 12: Απολαβές ανά χρήστη για φωνή και SMS (ARPU) Σύνθετων Ραδιοδικτύων	89
Πίνακας 13: Απολαβές χρηστών/έτος Σύνθετων Ραδιοδικτύων	91
Πίνακας 14: Δεδομένα NPV για τα Σύνθετα Ραδιοδίκτυα	92
Πίνακας 15: Αποτέλεσμα NPV για σύνθετα ραδιοδίκτυα	92
Πίνακας 16: Αριθμός χρηστών ασύρματων τεχνολογιών σε μια τυπική ευρωπαϊκή χώρα	95
Πίνακας 17: Αριθμός χρηστών κυψελωτών συστημάτων.....	95
Πίνακας 18: Αριθμός χρηστών UMTS	95
Πίνακας 19: Απαιτούμενα Radio Sites	102
Πίνακας 20: Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων.....	104
Πίνακας 21: Χρεολυσία ανά έτος.....	106
Πίνακας 22: Απολαβές ανά χρήστη για φωνή και SMS (ARPU)	107
Πίνακας 23: Απολαβές ανά ενεργό χρήστη (ARPU) Active Data User/ μήνα	107
Πίνακας 24: Απολαβές για κάθε ενεργό χρήστη /έτος.....	107
Πίνακας 25: Απολαβές χρηστών επαναδιαρθρώσιμων δικτύων/έτος.....	108
Πίνακας 26: Δεδομένα NPV για τα Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα	109



Πίνακας 27: Αποτέλεσμα NPV για επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα.....	109
Πίνακας 28: Σύγκριση CAPEX Σύνθετων και Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων.....	110
Πίνακας 29: Σύγκριση OPEX Σύνθετων και Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	111
Πίνακας 30: Απολαβές χρηστών/έτος.....	111
Πίνακας 31: Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων μείωση radio sites κατά 15%.....	113
Πίνακας 32: Απολαβές για κάθε χρήστη /έτος.....	114
Πίνακας 33: Απολαβές χρηστών/έτος.....	114
Πίνακας 34: Δεδομένα NPV για τα Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα με μείωση radio sites κατά 15%.....	115
Πίνακας 35: Αποτέλεσμα NPV για επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα.....	115
Πίνακας 36: Αποτέλεσμα NPV για σύνθετα ραδιοδίκτυα	116
Πίνακας 37: Απαιτούμενα Radio Sites	116
Πίνακας 38: Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων με μείωση radio sites κατά 10%	117
Πίνακας 39: Χρεολυσία ανά έτος.....	117
Πίνακας 40: Δεδομένα NPV για τα Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα με μείωση radio sites 10%	118
Πίνακας 41: Αποτέλεσμα NPV για επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα.....	118



Κατάλογος Συντομογραφιών

<i>Συντ/φία</i>	<i>Επεξήγηση</i>
2G	2nd Generation
3G	3rd Generation
APIs	Application Programming Interface
ARPU	Average Revenues per User
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
CAPEX	Capital Expenditure
CIT	Corporate IT
CSD	Circuit Switched Data
DSL	Digital Subscriber Line
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DVB	Digital Video Broadband
E ² R	End to End Reconfigurability
ETSI	European Telecommunication Standardization Institute
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Access
GSNS	GPRS Support Node
HLR	Home Location Register
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IST	Information Society Technologies
IT	Information Technology
MM	Mobility Management
MSC	Mobile Switching Center



NO	Network Operator
NPV	Net Present Value
NSS	Network Switching System
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OPEX	Operative Expenditure
PDN	Packet Data Network
PDP	Packet Data Protocol
PLMNS	Public Land Mobile Networks
PMM	Packet MM
PS	Packet Switched
PTM	Point to Multipoint
PTM-G	Point to Multipoint Groupcast
PTM-M	Point to Multipoint Multicast
PTP	Point to Point
QoS	Quality of Service
RAs	Routing Areas
RAT	Radio Access Technology
RF	Radio Frequency
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control
SGSN	Serving GPRS Support Node
SLA	Service Level Agreement
TDMA	Time Division Multiple Access
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile telecommunication System
VASPs	Value Added Service Providers
VHO	Vertical Handover
VLSI	Very Large Scale Integration
WDP	Wireless Datagram Protocol
WiFi	Wireless Fidelity
WIT	Wireless Information Technologies
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WPx	Work Packages



**Επικύρωση Επιχειρησιακού Μοντέλου σε Υποδομές Σύνθετων και Επαναδιαρθρώσιμων
Ραδιοδικτύων**

WSP	Wireless Session Protocol
WTLS	Wireless Transport Layer Security
WTP	Wireless Transaction Protocol



1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία τα τελευταία χρόνια έχει πραγματοποιήσει αλματώδη εξέλιξη. Πέρα από το γεγονός ότι τα πάντα γίνονται μικρότερα και γρηγορότερα, έχουν την τάση να γίνονται και ασύρματα.. Τέτοια εξέλιξη αποτελούν και οι συσκευές πρόσβασης στο διαδίκτυο, μεταξύ των οποίων και τα κινητά. Τα κινητά τηλέφωνα γίνονται όχι μόνο μικρότερα αλλά και γρηγορότερα όσον αφορά τη δυνατότητα περιήγησης στο διαδίκτυο. Ο κόσμος της ασύρματης τεχνολογίας οδεύει προς τις τεχνολογίες πέραν της τρίτης γενιάς (Beyond 3G, B3G).

Οι ασύρματες επικοινωνίες αντιμετωπίζουν την ανάγκη εμφάνισης μιας σύνθετης ραδιο-υποδομής (Composite radio infrastructure) γνωστή και ως B3G, η οποία με γνώμονα την αύξηση της απόδοσης των υπηρεσιών, χρησιμοποιεί διαφορετικά ραδιο-δίκτυα, όπως GPRS, UMTS και WLAN, σαν στοιχεία μιας ετερογενούς ενιαίας υποδομής. Η ανάπτυξη των σύνθετων ραδιο-δικτύων μπορεί να προωθηθεί με τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα, τα οποία αποτελούν εξέλιξη του software defined radio (SDR).

Στη σύνθετη ραδιοτεχνολογία τα στοιχεία διαφορετικών ραδιοδικτύων μπορούν να συνεργάζονται σε μια ετερογενή ασύρματη υποδομή, όπου ο πάροχος δικτύου μπορεί να επιτύχει αποτελεσματικά την απαιτούμενη χωρητικότητα καθώς και καλύτερα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών. Η επαναδιάρθρωση (Reconfiguration) επιτρέπει στα τερματικά και στα στοιχεία δικτύου να επιλέγουν και να προσαρμόζονται δυναμικά στις καταλληλότερες τεχνολογίες ραδιο-πρόσβασης ώστε να αντιμετωπίσουν καταστάσεις σε συγκεκριμένες περιοχές και ώρες της ημέρας. Και οι δυο τεχνολογίες θέτουν νέες απαιτήσεις στη διαχείριση των ασύρματων συστημάτων.



Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να αναπτύξει τα θέματα που αφορούν τη σύνθετη και την επαναδιαρθρώσιμη ραδιοτεχνολογία. Θα αναλυθεί και θα επικυρωθεί ένα επιχειρησιακό μοντέλο για κάθε τεχνολογία από την προοπτική των οικονομικών απολαβών, εστιάζοντας κυρίως στη μείωση της αρχικής επένδυσης (CAPEX). Ειδικότερα, στο δεύτερο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η τωρινή κατάσταση που επικρατεί στα ασύρματα δίκτυα και ιδιαίτερα οι τεχνολογίες UMTS, WLAN, GPRS, GSM και η σύνθετη ραδιοτεχνολογία.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλυθούν τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα (Reconfigurable Networks). Ιδιαίτερα αναπτύσσονται η σημασία και η ανάγκη για την ύπαρξή τους, οι νέες οντότητες που παρουσιάζονται στα δίκτυα αυτά, η αρχιτεκτονική τους, η σημασία και η αρχιτεκτονική των τερματικών, η διαχείριση του φάσματος και των ραδιοπόρων και τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους για όλες τις συμβαλλόμενες οντότητες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται το επιχειρησιακό πρότυπο για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, δηλαδή οι ρόλοι και οι αρμοδιότητες των οντοτήτων, οι απαιτήσεις και η κατηγοριοποίηση των χρηστών, καθώς και οι ρυθμιστικές αρμοδιότητες των οντοτήτων δικτύων οι οποίες χωρίζονται σε δύο διαστάσεις, τη λειτουργική και τη διοικητική.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, επικυρώνεται το επιχειρησιακό πρότυπο για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα και εστιάζει στην επίδραση των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων στα σύνθετα ραδιοδίκτυα. Σκοπός είναι να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα και οι θετικές επιδράσεις των σύνθετων και επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων στην αγορά και στους χρήστες, με έμφαση στο κέρδος που προκύπτει από τη μείωση της αρχικής επένδυσης (CAPEX) στα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα.



2 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Η τεχνολογία τα τελευταία χρόνια έχει πραγματοποιήσει αλματώδη εξέλιξη και αυτό είναι κάτι που βλέπουμε παντού γύρω μας. Πέρα από το γεγονός ότι τα πάντα γίνονται μικρότερα και γρηγορότερα, έχουν την τάση να γίνονται και ασύρματα. Από αυτή την εξέλιξη λοιπόν δεν θα μπορούσαν να απουσιάσουν και οι συσκευές πρόσβασης στο Internet, μεταξύ των οποίων και τα κινητά. Τα κινητά τηλέφωνα γίνονται όχι μόνο μικρότερα αλλά και γρηγορότερα όσον αφορά τη δυνατότητα περιήγησης στο Internet.

Σήμερα, οι ασύρματες τεχνολογίες περιλαμβάνουν ένα πλήθος από πρότυπα ραδιο-τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες μπορούν τα ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Δεύτερης γενιάς (2G) συστήματα, όπως Global System for Mobile Communications (GSM), καθώς και η εξέλιξή τους (2.5G) όπως General Packet Radio Service (GPRS).
- Τρίτης γενιάς (3G) ασύρματα δίκτυα, Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS)
- Wireless Local Area Networks (WLAN)
- Digital Video Broadcasting (DVB)

Εντούτοις, έχει παρουσιαστεί η ανάγκη για μια σύνθετη ραδιο-υποδομή γνωστή και ως B3G, η οποία με γνώμονα την αύξηση της απόδοσης των υπηρεσιών, χρησιμοποιεί διαφορετικά ραδιο-δίκτυα, όπως GPRS, UMTS και WLAN κλπ, σαν στοιχεία μιας ετερογενούς ενιαίας υποδομής. Η ανάπτυξη των σύνθετων ραδιο-δικτύων μπορεί να προωθηθεί με τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα, τα οποία αποτελούν εξέλιξη του software defined radio.



2.1 Wireless Local Area Network, WLAN

Ένα Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο (Wireless Local Area Network, WLAN ή Wireless Fidelity, WiFi) χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες (RF) προκειμένου να μεταδώσει και να λάβει δεδομένα μέσω του αέρα. Τα τελευταία χρόνια, τα WLANs βρίσκουν εφαρμογή διεθνώς σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων αυτών της υγείας, της παιδείας, των απλών κατοικιών καθώς και των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων. Τα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα ακολουθούν το πρότυπο IEEE 802.11, το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση. Τα δίκτυα τα οποία αναπτύχθηκαν και είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi-Fi. Το Wi-Fi προέρχεται από τα αρχικά των «Wireless Fidelity» (Ψηφιακή Πιστότητα) και έχει επικρατήσει σαν όρος για το υψηλής συχνότητας ασύρματο τοπικό δίκτυο. Βασικά αποτελεί ένα ασύρματο τρόπο διασύνδεσης, ενώ δίνει την δυνατότητα σύνδεσης και με το Internet.

Τα πλεονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. Κινητικότητα: Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα παρέχουν στους χρήστες, εντός των χώρων κάλυψής τους, τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και από οποιοδήποτε μέρος του χώρου εργασίας τους. Αυτή η ευχέρεια στη κίνηση αυξάνει την παραγωγικότητα και τις ευκαιρίες για άμεση εξυπηρέτηση, ιδιότητες που δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμες στα ενσύρματα δίκτυα.
2. Ταχύτητα εγκατάστασης και απλότητα: Η εγκατάσταση ενός WLAN είναι γρήγορη και εύκολη και εξαλείφει την ανάγκη εγκατάστασης καλωδίων.
3. Ευελιξία εγκατάστασης: Η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει στο δίκτυο να επεκτείνεται εκεί που είναι δύσκολη η εγκατάσταση ενσύρματων υποδομών (π.χ. σε απομονωμένες περιοχές).
4. Μειωμένο κόστος συντήρησης: Ενώ η αρχική επένδυση που απαιτείται για την αγορά εξοπλισμού ενός ασύρματου τοπικού δικτύου είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη μιας ενσύρματης σύνδεσης, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο. Τα μακροπρόθεσμα κέρδη είναι μεγαλύτερα, ειδικά σε δυναμικά περιβάλλοντα, όπου απαιτούνται πολύ συχνές μετακινήσεις και αλλαγές.



Τα WLANs χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα για να διαβιβάσουν τις πληροφορίες από ένα σημείο σε ένα άλλο, χωρίς απαίτηση για ενσύρματη σύνδεση. Αρχικά, οι πληροφορίες προς μετάδοση διαμορφώνουν κατάλληλα τη φέρουσα συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων του πομπού, κατόπιν τα κύματα μεταδίδονται μέσω του αέρα και τέλος, φτάνοντας στο δέκτη, αποδιαμορφώνονται και οι μεταδιδόμενες πληροφορίες ανακτώνται. Υπάρχει δυνατότητα ο πομπός να εκπέμπει ταυτόχρονα, στον ίδιο χώρο, περισσότερες της μίας φέρουσας συχνότητας, οι οποίες δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους, εφόσον βέβαια αυτές είναι όλες διαφορετικές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για να ανακτήσει τις πληροφορίες ο δέκτης, συντονίζεται (ή επιλέγει) μια ραδιοσυχνότητα, απορρίπτοντας έτσι τα ραδιοσήματα στις υπόλοιπες συχνότητες. Σε μια τυπική διάταξη WLAN, μια συσκευή πομπού/δέκτη, αποκαλούμενη σημείο πρόσβασης, είναι συνδεδεμένη στο ενσύρματο δίκτυο σε συγκεκριμένη θέση, χρησιμοποιώντας συνήθως τυπικό καλώδιο Ethernet. Αυτό το σημείο πρόσβασης λαμβάνει, αποθηκεύει και διαβιβάζει πληροφορίες μεταξύ του WLAN και του ενσύρματου δικτύου, ενώ μπορεί να υποστηρίξει μια μικρή ομάδα χρηστών και να λειτουργήσει εντός μιας ακτίνας από 30-έως μερικές 100άδες μέτρα. Οι τελικοί χρήστες έχουν πρόσβαση στο WLAN μέσω των ειδικών προσαρμογέων ασύρματου τοπικού δικτύου, οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν ως κάρτες στους φορητούς υπολογιστές, κάρτες ISA ή PCI στους υπολογιστές γραφείου, ή ακόμα και να είναι πλήρως ενσωματωμένες συσκευές μέσα στους φορητούς υπολογιστές. Οι προσαρμογείς WLAN αποτελούν τη διεπαφή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος των χρηστών του δικτύου και των ραδιοκυμάτων, μέσω μιας κεραίας. Η φύση της ασύρματης σύνδεσης είναι διαφανής (transparent) στο λειτουργικό σύστημα των τερματικών χρηστών [4].

Αρχιτεκτονική WLAN

Η ευκολία με την οποία μπορεί κανείς να στήσει ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο ήταν ένας από τους βασικούς παράγοντες που συνέβαλαν στη ραγδαία εξάπλωση των δικτύων αυτού του είδους. Τα στοιχεία τα οποία χρειάζεται ένα WLAN για να λειτουργήσει, καθώς και για να συνδεθεί στο ευρύτερο δίκτυο, παρατίθενται παρακάτω [5]:



Προσαρμογείς ασύρματου τοπικού δικτύου

Οι προσαρμογείς αυτοί λειτουργούν ως συνδετικά στοιχεία (interfaces) μεταξύ του τελικού εξοπλισμού του χρήστη (π.χ. laptop) και του σημείου ασύρματης πρόσβασης του δικτύου.

Σημεία ασύρματης πρόσβασης (Access Points)

Το σημείο πρόσβασης είναι μια μικρή συσκευή, συνήθως με μια ή δύο κεραίες. Αυτός ο πομποδέκτης συνδέεται με το ενσύρματο τοπικό δίκτυο (ή με την ευρυζωνική σύνδεση) χρησιμοποιώντας κλασικό καλώδιο Ethernet. Μέσω της συσκευής αυτής, επικοινωνεί ο προσαρμογέας του τελικού χρήστη με το υπόλοιπο δίκτυο.

- Γέφυρες: Οι γέφυρες παρέχουν την από σημείο σε σημείο ασύρματη σύνδεση μεταξύ δύο WLANs, π.χ. μεταξύ δύο διαφορετικών πατωμάτων.
- Κόμβοι Διανομής (Distribution Nodes): Συγκεντρώνουν και συνδέουν πολλαπλά σημεία ασύρματης πρόσβασης με το ενσύρματο ή ασύρματο δίκτυο κορμού. Πολλές φορές, και για λόγους αξιοπιστίας, χρησιμοποιούνται δυο ανεξάρτητες συνδέσεις για τη σύνδεσή τους.
- Κόμβοι κορμού (Core Nodes): Διασυνδέουν μεταξύ τους κόμβους διανομής. Καλύπτουν πολλούς χρήστες, λόγω του μεγάλου αριθμού των σημείων πρόσβασης που είναι συνδεδεμένα μέσω των κόμβων διανομής με αυτά. Σχεδόν πάντα συνδέονται μεταξύ τους με περισσότερες από μια συνδέσεις, ιδανικά μέσω διαφορετικών δρόμων για να μειωθούν περιπτώσεις μοναδικού στοιχείου δυσλειτουργίας (Single point of failure).

Τα IEEE 802.11b WLANs λειτουργούν στη ζώνη 2,4 - 2.4835 GHz. Το πρότυπο IEEE 802.11a χρησιμοποιεί την περιοχή των 5GHz. Αυτή η περιοχή έχει εύρος 300 MHz και είναι χωρισμένη σε δύο υποπεριοχές. Η χαμηλότερη υποπεριοχή επεκτείνεται από 5,15 MHz ως 5,35 MHz. Η ανώτερη υποπεριοχή είναι από 5.725 MHz ως 5.825 MHz. Στο φυσικό επίπεδο προδιαγράφονται δύο τεχνικές διαμόρφωσης (Απλωμένου Φάσματος):



- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Και στις δύο τεχνικές υποστηρίζονται ρυθμοί μετάδοσης 1 και 11Mbps στην ζώνη συχνοτήτων 2.4 - 2.4835GHz. Στην ζώνη συχνοτήτων 5GHz η τεχνική η οποία χρησιμοποιείται είναι η Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν να αγγίζουν τα 54Mbps.

2.2 Global System for Mobile Communications, GSM

Το GSM (Global System for Mobile Communications) κατέχει την θέση ενός διεθνούς προτύπου. Η χρήση του άρχισε να γίνεται ευρέως γνωστή από το 1991 και έπειτα. Παλιότερα, για την μετάδοση κάποιων πληροφοριών χρησιμοποιούνταν αναλογικές υπηρεσίες, ενώ με την χρήση του GSM αναπτύχθηκε το ψηφιακό σύστημα με την χρήση της TDMA τεχνολογίας. Χρησιμοποιώντας το TDMA, παρατηρούνται στην ουσία τρία κανάλια που διαχωρίζουν τον χρόνο σε τρεις μονάδες χρόνου (time-slots). Τα φωνητικά δεδομένα έχουν μετατραπεί σε ψηφιακή πληροφορία, η οποία έχει συμπιεστεί για να μην καταλαμβάνει σημαντικό χώρο. Παράλληλα, το TDMA έχει την ικανότητα να λειτουργεί ως ένα αναλογικό σύστημα που λειτουργεί στον ίδιο αριθμό καναλιών. Το TDMA είναι η μέθοδος πρόσβασης, που χρησιμοποιείται από το GSM.

Το GSM λειτουργεί στην συχνότητα των 900 και 1800MHz στην Ευρώπη και στην Ασία και στην συχνότητα των 1.9GHz στην Αμερική. Χρησιμοποιείται στην ψηφιακή τηλεφωνία, με αποτέλεσμα η γρήγορη ανάπτυξη του να είναι μέρος ενός ακρόνυμου που πλέον θεωρείται πρότυπο για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητής Τηλεφωνίας.

Η χρήση ψηφιακής μετάδοσης και οι προχωρημένοι αλγόριθμοι μεταπομπής (handover) μεταξύ ραδιοκυψελών στα GSM δίκτυα επιτρέπουν τη σημαντικά βελτιωμένη χρήση των συχνοτήτων σε σχέση με τα αναλογικά κυψελωτά συστήματα, αυξάνοντας έτσι τον αριθμό των συνδρομητών που μπορούν να εξυπηρετηθούν. Επίσης, με τη χρήση τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας σήματος στους κινητούς σταθμούς γίνεται δυνατή η εφαρμογή VLSI τεχνολογίας, που βοηθάει στη μείωση του κόστους των κινητών σταθμών.



Το GSM παρέχει κοινές εφαρμογές, γεγονός που καθιστά εφικτό από τους συνδρομητές κυψελών να μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις συσκευές τους σε όλη την περιοχή εφαρμογής του GSM. Η περιαγωγή (roaming) είναι αυτόματη, όχι μόνο μέσα στις χώρες που καλύπτονται από το GSM, αλλά και μεταξύ των χωρών αυτών. Επιπλέον της διεθνούς περιαγωγής, το GSM παρέχει νέες υπηρεσίες στο χρήστη, υψηλής τεχνολογίας επικοινωνία δεδομένων, τηλεομοιοτυπία και μια υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων. Ειδικότερα, παρέχει έναν αριθμό με χρήσιμες λειτουργίες όπως:

1. Παροχή υπηρεσίας απόκρυψης ταυτότητας, έτσι ώστε οι κλήσεις να είναι απόρρητες.
2. Δεδομένα δικτύου.
3. Υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων SMS.
4. Προώθηση κλήσεων.
5. Αναγνώριση κλήσεων.
6. Αναμονή κλήσεων.
7. Δυνατότητα πολύ-διάσκεψης.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του GSM είναι σχεδιασμένα ώστε να είναι σε συμφωνία με άλλες προδιαγραφές, πχ του ISDN και παρέχεται, έτσι, η συμβατότητα και η δυνατότητα συνεργασίας διαφορετικής φύσης δικτύων. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του GSM, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση είτε μεγάλων κυψελών (μέχρι 35Km απόσταση σταθμού βάσης – κινητού) σε μη αστικές περιοχές είτε μικρών κυψελών σε αστικές περιοχές. Σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας (πχ κέντρα πόλεων) είναι δυνατό να χτιστεί μια δομή με τομεοποιημένες κυψέλες (sector cell), χρησιμοποιώντας κατευθυντικές κεραίες [6].

Γενικά η υψηλή φασματική απόδοση ήταν κυρίαρχη παράμετρος κατά τη σχεδίαση του GSM. Για το λόγο αυτό εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές, οι οποίες από τη μια αυξάνουν την πολυπλοκότητα του συστήματος, ενώ από την άλλη προσφέρουν υψηλή φασματική απόδοση και κατά συνέπεια οικονομικά οφέλη. Τέτοιες τεχνικές είναι [6]:



1. Ο έλεγχος της εκπεμπόμενης ισχύος για περιορισμό των παρεμβολών.
2. Η μεταπήδηση συχνότητας.
3. Η συνεχής μετάδοση, ιδιαίτερα για υπηρεσίες φωνής.
4. Η υποβοηθούμενη από το κινητό μεταπομπή.

Αρχιτεκτονική του Δικτύου GSM

Η βασική δομή του GSM δικτύου είναι παρόμοια με αυτές των κυψελοτών ραδιοσυστημάτων. Το σύστημα παρουσιάζεται σαν ένα δίκτυο από συνεχόμενες ραδιοκυψέλες στο χώρο που όλες μαζί συνθέτουν την πλήρη περιοχή ραδιοκάλυψης του GSM. Το δίκτυο διαιρείται σε τρία κυρίως μέρη:

1. Στο κινητό σταθμό (Mobile Station, MS). Είναι ο φυσικός εξοπλισμός που χρησιμοποιεί ο συνδρομητής ώστε να έχει πρόσβαση στις προσφερόμενες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Υπάρχουν διάφοροι τύποι κινητών σταθμών στο GSM δίκτυο, οι οποίοι διαφοροποιούνται ως προς την ισχύ εκπομπής τους και τις εφαρμογές τους. Έτσι, διακρίνονται κινητοί σταθμοί μόνιμα εγκατεστημένοι στο μεταφορικό μέσο με μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ εκπομπής 20W, φορητούς σταθμούς με μέγιστη ισχύ εκπομπής 8W και κινητούς σταθμούς χειρός με μέγιστη εκπεμπόμενη ισχύ 2W, οι οποίοι είναι και οι πλέον χρησιμοποιούμενοι.
2. Στο σύστημα πρόσβασης το οποίο είναι ένα σύστημα σταθμών βάσης (Base Station System, BSS) και περιλαμβάνει τον ελεγκτή σταθμών βάσης (Base Station Controller, BSC) και τους αντίστοιχους πομποδέκτες σταθμών βάσης (Base Transceiver Stations, BTS).
3. Το ενσύρματο δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει τα κέντρα μεταγωγής κινητών επικοινωνιών (Mobile Switching Center, MSC), το διαβιβαστικό κέντρο μεταγωγής κινητών επικοινωνιών (Gateway MSC, GMSC), τους οικείους καταχωρητές θέσης (Home Location Register, HLR), τον καταχωρητή ταυτότητας συσκευών (Equipment Identity Register, EIR), το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Center, AUC) και το κέντρο λειτουργίας του συστήματος (Operating and Maintenance Center, OMC).



2.3 Universal Mobile Telecommunications System, UMTS

Ο όρος UMTS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων "Universal Mobile Telecommunications System" (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών). Πρόκειται για την εξέλιξη σε σχέση με την χωρητικότητα, την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων και την ύπαρξη νέων υπηρεσιών, των κινητών δικτύων δεύτερης γενιάς. Σήμερα, περισσότερα από εξήντα 3G/UMTS δίκτυα που χρησιμοποιούν την WCDMA τεχνολογία λειτουργούν σε 25 χώρες. Για την οργάνωση του όλου εγχειρήματος έχει θεσπιστεί ειδικός μη κερδοσκοπικός οργανισμός με την ονομασία Third Generation Partnership Project (3GPP) του οποίου μέλημα είναι η παρακολούθηση και η καθοδήγηση των εξελίξεων στην συγκεκριμένη τεχνολογική περιοχή.

Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των UMTS δικτύων ξεχωρίζουμε τους αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης των δεδομένων και την ταυτόχρονη υποστήριξη μεγάλου όγκου δεδομένων και φωνής. Πιο συγκεκριμένα, το UMTS δίκτυο στην αρχική του φάση, θεωρητικά προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως και 384Kbps σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται αυξημένη κινητικότητα του χρήστη. Αντίθετα, όταν ο χρήστης παραμένει ακίνητος οι ρυθμοί μετάδοσης αυξάνουν κατά πολύ φθάνοντας τα 2 Mbps.

Εκτιμάται ότι στο μέλλον θα υπάρξει περαιτέρω αύξηση των ρυθμών μετάδοσης δεδομένων. Ήδη, ο 3GPP έχει θέσει σαν standard δύο νέες τεχνολογίες. Πρόκειται για το High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) και το High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες ουσιαστικά αποτελούν εξέλιξη του UMTS, αφού υπόσχονται ρυθμούς μετάδοσης των δεδομένων έως και 14.4Mbps στο downlink και 5.8Mbps στο uplink [7].

Αναλυτικά οι καινότητες που φέρνει το UMTS είναι [7]:

1. Γρήγορη πρόσβαση στο Internet: Με ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων που ξεκινούν από τα 384Kbps και σταδιακά με την επέκταση της κάλυψης και αναβάθμισης του εξοπλισμού των δικτύων φτάνουν τα 2Mbps.



2. Ταχύτερη αποστολή και λήψη MMS. Αν για να ολοκληρωθεί η αποστολή ενός MMS με εικόνες, βίντεο και ήχους απαιτούνταν 1-2 λεπτά, με το UMTS όλα αυτά γίνονται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Επιπλέον το UMTS επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων MMS με συνημμένα αρχεία μεγάλου μεγέθους. Για παράδειγμα η αποστολή ενός συνημμένου αρχείου 200KB, που με την τεχνολογία MMS over GPRS είναι αδύνατη ή στην καλύτερη περίπτωση χρειάζεται 4-5 λεπτά για να ολοκληρωθεί, με την υπηρεσία MMS μέσω UMTS η αποστολή διαρκεί λιγότερο από ένα λεπτό.
3. Downlink χωρίς όρια. Λήψη νέων ήχων, εφαρμογών και βίντεο στο κινητό τηλέφωνο με απευθείας πλοήγηση στο Internet.
4. Streaming audio και video: Πέρα από το κατέβασμα (download) έτοιμων αρχείων ήχου και βίντεο, το UMTS επιτρέπει την παρακολούθηση ζωντανών προγραμμάτων μέσω Internet σε άριστη ποιότητα, χωρίς καθυστερήσεις και διακοπές. Όπως για παράδειγμα η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο αθλητικών μεταδόσεων ή η ακρόαση ραδιοφωνικών προγραμμάτων και νέων τραγουδιών μέσω Internet.
5. Video-Conference: Οι απλές τηλεφωνικές συνομιλίες με ήχο. Οι υψηλές ταχύτητες του UMTS επιτρέπουν όχι μόνο τη συνομιλία με ήχο αλλά τη δυνατότητα να υπάρχει ταυτόχρονα οπτική επαφή ανάμεσα στους συνομιλητές σε πραγματικό χρόνο, σε συνδυασμό με τη χρήση της ενσωματωμένης κάμερας που διαθέτουν τα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς.
6. Online αγορές και συναλλαγές: Τέτοια παραδείγματα είναι η κράτηση θέσεων για αεροπορικά δρομολόγια, η αγορά νέων προϊόντων ή η πληρωμή λογαριασμών μέσω του κινητού τηλεφώνου, τα οποία γίνονται γρηγορότερα από ότι με το GPRS και με μεγαλύτερη ασφάλεια.
7. Υπηρεσίες κατά τοποθεσία: Ένας ενημερωμένος κατάλογος με σημεία διασκέδασης, αγορών και είδη πρώτης ανάγκης βρίσκονται στο κινητό τηλέφωνο.



Αρχιτεκτονική του Δικτύου UMTS

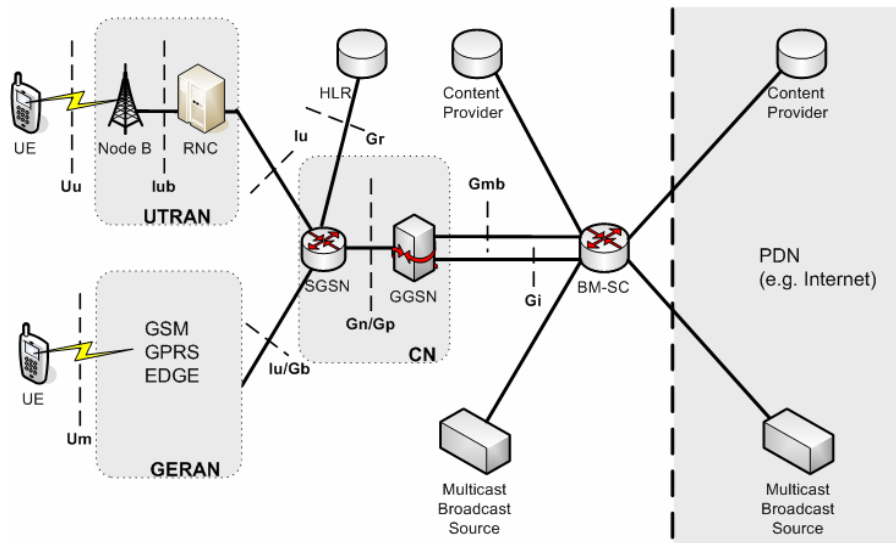
Στην συνέχεια παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός UMTS δικτύου καθώς και διάφορα άλλα σχετικά θέματα όπως η διαχείριση της κινητικότητας των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, ένα δίκτυο UMTS αποτελείται από δύο βασικές οντότητες: το δίκτυο κορμού (Core Network, CN) και το δίκτυο επίγειας ασύρματης πρόσβασης (UMTS Terrestrial Radio-Access Network, UTRAN), το οποίο είναι υπεύθυνο για οτιδήποτε σχετίζεται με το ασύρματο μέρος του δικτύου.

Το δίκτυο κορμού CN είναι υπεύθυνο για την δρομολόγηση των τηλεφωνημάτων καθώς και για τις συνδέσεις για μεταφορά δεδομένων με εξωτερικά δίκτυα. Αποτελείται από δύο στοιχεία:

- a) Μεταγωγή κυκλώματος (circuit-switched, CS),
- b) Μεταγωγή πακέτου (packet-switched, PS).

Το CS domain παρέχει πρόσβαση στο PSTN/ISDN, ενώ το PS domain παρέχει πρόσβαση στα IP δίκτυα. Το PS μέρος του UMTS δικτύου αποτελείται από δύο GPRS κόμβους υποστήριξης: τον gateway GPRS support node (GGSN) και τον serving GPRS support node (SGSN). Ο GGSN συνδέεται με τον SGSN μέσω της διεπαφής Gn και με το UTRAN μέσω της διεπαφής Iu.

Το UTRAN αποτελείται από τον ελεγκτή ασύρματης πρόσβασης (Radio Network Controller, RNC) και το Node B το οποίο αποτελεί την βάση που προσφέρει κάλυψη στο αντίστοιχο κελί. Το Node B συνδέεται με τον εξοπλισμό του χρήστη (User Equipment, UE) μέσω της διεπαφής Uu (βασισμένο στην τεχνολογία WCDMA) και με το RNC μέσω της διεπαφής Gi. Επιπλέον, υπάρχει και ένας άλλος κόμβος σχετιζόμενος με τις υπηρεσίες broadcast/multicast (BM-SC- broadcast / multicast service center), ο οποίος λειτουργεί σαν το σημείο εισόδου για την παραλαβή των δεδομένων για εσωτερικές πηγές. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο Εικόνα 1:



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική UMTS

Προτού ένας χρήστης είναι σε θέση να ανταλλάξει δεδομένα με ένα εξωτερικό PDN (Public Data Network), πρέπει να εγκαθιδρύσει μία εικονική σύνδεση με αυτό το PDN. Από την στιγμή που ο συγκεκριμένος κινητός χρήστης γίνει γνωστός στο δίκτυο, τα πακέτα μεταφέρονται μεταξύ αυτού και του δικτύου, βασισμένα στο Packet Data Protocol (PDP), το οποίο αποτελεί το πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου του UMTS. Ένα στιγμιότυπο του PDP ονομάζεται PDP Context και περιέχει όλες τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την σύνδεση με το εξωτερικό δίκτυο όπως τις διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη καθώς και την ποιότητα της υπηρεσίας. Ένα PDP Context εγκαθιδρύεται για όλες τις εφαρμογές που κατευθύνονται προς ή προέρχονται από μία IP διεύθυνση. Μία ενεργοποίηση ενός PDP Context ουσιαστικά αποτελεί μία διαδικασία αίτησης - απάντησης μεταξύ του κινητού χρήστη (UE) και του GGSN. Μία επιτυχής PDP Context ενεργοποίηση οδηγεί στην δημιουργία δύο GPRS Tunneling Protocol (GTP) συνόδων για τον εκάστοτε χρήστη. Η πρώτη GTP σύνοδος δημιουργείται μεταξύ του GGSN και του SGSN πάνω από την διεπαφή Gn, ενώ η δεύτερη δημιουργείται μεταξύ του SGSN και του RNC πάνω από την διεπαφή Iu. Τα IP πακέτα τα οποία προορίζονται για μία εφαρμογή, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα GTP Contexts, προσαρτώνται σε αυτά και μέσω του PDP μεταφέρονται στο αντίστοιχο SGSN. Το SGSN ανακτά τα IP πακέτα, ζητά το κατάλληλο PDP Context βασισμένο στο κινητό χρήστη και στο PDP και προωθεί τα πακέτα στο κατάλληλο RNC. Παράλληλα, το RNC διατηρεί έναν φορέα ασύρματης πρόσβασης (Radio Access



Bearer, RAB). Αντίστοιχα με τα PDP Context, ένα RAB Context επιτρέπει στο RNC να ανακτήσει την ταυτότητα του αποστολέα που έχει συσχετιστεί με ένα GTP. Αφού πλέον, το RNC έχει ανακτήσει το πακέτο, το προωθεί στο κατάλληλο Node B. Τέλος, χρησιμοποιείται ένας Tunnel Endpoint Identifier (TEID) στις διεπαφές Gn και Iu έτσι ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί το τέλος του Tunnel στον κόμβο που δέχεται τα πακέτα.

Στην συνέχεια, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η διαχείριση της κινητικότητας των UE. Έτσι λοιπόν, στο PS του UMTS, τα κελιά ομαδοποιούνται σε περιοχές δρομολόγησης (Routing Areas, RAs), ενώ τα κελιά σε μία περιοχή δρομολόγησης χωρίζονται περαιτέρω σε UTRAN Registration Areas (URAs). Επιπλέον, η διαχείριση της κινητικότητας (Mobility Management, MM) των κινητών χρηστών χαρακτηρίζεται από δύο μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων: την μηχανή διαχείρισης της κινητικότητας (MM) και την Radio Resource Control (RRC). Η μηχανή Packet MM (PMM) του PS domain του UMTS εκτελείται μεταξύ του SGSN και του UE και είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο στο επίπεδο του CN, ενώ η μηχανή RRC εκτελείται μεταξύ του UTRAN και του UE και είναι υπεύθυνη για τον σχετικό έλεγχο στο επίπεδο του UTRAN. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, αφότου ένα UE συνδεθεί στο PS domain, η μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων PMM βρίσκεται σε μία από τις εξής δύο καταστάσεις: PMM Idle ή PMM Connected. Αντίστοιχα η μηχανή RRC μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις εξής τρεις καταστάσεις: RRC Idle, RRC Cell - Connected και RRC URA Connected. Σημειώνεται ότι όταν δεν υπάρχει ροή δεδομένων μεταξύ του UE και του CN, το UE βρίσκεται στις καταστάσεις PMM Idle και RRC Idle αντίστοιχα. Στην περίπτωση αυτή το UTRAN δεν έχει καμία πληροφορία για το UE και το UE παρακολουθείται μόνο από το αντίστοιχο SGSN στο επίπεδο RA. Όταν ύστερα ξεκινήσει μία σύνδεση μεταξύ του UE και του SGSN, το UE μεταβαίνει στην κατάσταση PMM Connected. Από την στιγμή που η σύνδεση στο PS λάβει χώρα, αυτόματα ξεκινά και μία RRC σύνδεση μεταξύ του UE και του αντίστοιχου RNC που το εξυπηρετεί. Σε αυτή την περίπτωση η RRC μηχανή για το συγκεκριμένο UE μεταβαίνει στην κατάσταση RRC Cell- Connected. Όταν κάτι τέτοιο συμβεί, το SGSN παρακολουθεί το UE με ακρίβεια μέσω του αντίστοιχου RNC που εξυπηρετεί το UE. Το συγκεκριμένο RNC είναι υπεύθυνο να παρακολουθεί το κελί όπου το UE βρίσκεται



κάθε στιγμή. Σημειώνεται ότι τα πακέτα μπορούν να ληφθούν από το UE μόνο όταν βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση. Στην PMM Connected /RRC Cell - Connected κατάσταση, αν το UE δεν έχει μεταδώσει/λάβει πακέτα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, η RRC μηχανή μεταβαίνει στην κατάσταση RRC URA Connected. Σε αυτή την περίπτωση, η RCC σύνδεση διατηρείται ακόμη, ενώ το UE παρακολουθείται από το RNC που το εξυπηρετεί. Η συγκεκριμένη μετάβαση δεν επηρεάζει καθόλου την κατάσταση της PMM μηχανής για το συγκεκριμένο UE. Στην PMM Connected/ RRC URA Connected κατάσταση, αν το UE μεταδώσει/λάβει ένα πακέτο, η RRC μηχανή μεταβαίνει πάλι στην κατάσταση RRC Cell- Connected. Αντίθετα, αν οι πόροι για τις συνδέσεις στο PS και RRC επίπεδο αποδεσμευτούν (για παράδειγμα όταν μία σύνοδος επικοινωνίας ολοκληρωθεί) ή αν κανένα πακέτο δεν έχει μεταδοθεί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, η RRC μηχανή αρχικά μεταβαίνει στην RRC Cell- Connected κατάσταση και μετά στην RRC Idle κατάσταση. Σε αυτή την περίπτωση, η PMM μηχανή αντίστοιχα μεταβαίνει στην PMM Idle κατάσταση. Τέλος, όταν ένα UE δεν μπορεί να εντοπιστεί από το δίκτυο, η κατάστασή του χαρακτηρίζεται σαν PMM Detached [8] [9].

2.4 General Packet Radio Service, GPRS

Το GPRS (General Packet Radio Service), είναι μια υπηρεσία δεδομένων προστιθέμενης αξίας η οποία παρέχεται από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και επιτρέπει την αποστολή και λήψη δεδομένων. Εκμεταλλεύεται ελεύθερους πόρους του δικτύου και επιτρέπει την αδιάκοπη πρόσβαση στο Internet ή σε εταιρικά Intranets από οπουδήποτε. Η πρόσβαση είναι εφικτή είτε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή χρησιμοποιώντας σαν μόντεμ το κινητό, είτε σε WAP ή Web sites απευθείας από τη συσκευή. Η λειτουργία του GPRS βασίζεται στην αρχιτεκτονική των δικτύων GSM.

Πλεονεκτήματα GPRS [10]:

- Προσφέρει παγκόσμια κάλυψη, όπως ακριβώς και το GSM.
- Η πρόσβαση στις GPRS υπηρεσίες είναι τυποποιημένη, μέσω του GSM προτύπου.
- Είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου (packet-switched).



- Υλοποιεί μια σαφή διάκριση μεταξύ του δικτυακού συστήματος (NSS- Network Switching System) και του συστήματος ράδιο-επαφής (BSS – Base Station System) με δυνατότητα χρήσης διαφορετικών τεχνολογιών σε καθένα από αυτά.
- Υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως 171.2Kbps.
- Προσφέρει χρέωση βάσει του ανταλλασσόμενου όγκου της πληροφορίας, επιτρέποντας έτσι σε ένα χρήστη να είναι ενεργός (active) για μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς να απαιτείται η αποσύνδεση του από το δίκτυο κάθε φορά που δεν έχει κάτι να μεταδώσει.
- Παρέχει βέλτιστη χρήση των πόρων της ράδιο-επαφής με παραχώρηση χρονοθυρίδων σε κάθε χρήστη μόνο εφόσον έχει κάτι να μεταδώσει.
- Υποστηρίζει τόσο Point-to-Point (PTP) επικοινωνία με ή χωρίς σύνδεση (connection oriented ή connectionless) όσο και Point-to-Multipoint (PTM).
- Υποστηρίζει διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα δεδομένων (Packet Data Networks-PDNs) ανεξαρτήτως της τεχνολογίας τους: IP δίκτυα (π.χ. Internet), δίκτυα X.25, άλλα και δημόσια δίκτυα κινητών υπηρεσιών (Public Land Mobile Networks – PLMNs)

Θεωρητικά το GPRS μπορεί να δώσει ταχύτητες μέχρι 171.2Kbps, κάτι που ισχύει με τη χρήση του μέγιστου αριθμού χρονοθυρίδων του δικτύου αλλά και με τη βέλτιστη μέθοδο κωδικοποίησης. Στην πράξη όμως, λόγω των περιορισμών του δικτύου ή της συσκευής οι ταχύτητες κυμαίνονται στα 32-38Kbps. Είδαμε επίσης ότι το κανάλι αποτελείται από 8 χρονοθυρίδες, καθεμιά από τις οποίες τυπικά μπορεί να μας δώσει ταχύτητα 9.05Kbps. Ωστόσο με διάφορα σχήματα κωδικοποίησης (Coding Schemes 2 - 4) που εφαρμόζουν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας οι ταχύτητες αυτές αυξάνονται αρκετά. Έτσι συναντάμε το Coding Schemes 2 με ταχύτητα 13.4Kbps ανά χρονοθυρίδα, το Coding Scheme 3 με ταχύτητα 15.6Kbps ή το Coding Schemes 4 με ταχύτητα 21.4Kbps ανά χρονοθυρίδα. Το επικρατέστερο σχήμα κωδικοποίησης που εφαρμόζεται από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας είναι το Coding Schemes 2 με την ταχύτητα των 13.4Kbps σε κάθε μονάδα χρόνου [11].



Τα πεδία εφαρμογής του GPRS παρουσιάζονται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Πεδία Εφαρμογής του GPRS

Εφαρμογή	Παράδειγμα εφαρμογής
WWW	Ανάκτηση σελίδων
FTP	Μεταφορά αρχείων
E-mail	Αποστολή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
Telnet	Πρόσβαση σε απομακρυσμένα τερματικά
Video	Τηλεσυνδιάσκεψη
Εφαρμογές RTTI (Real Time Traffic Information)	Διοίκηση στόλου, Καθοδήγηση πορείας
Εφαρμογές τηλεματικής	Μεταφορά χρημάτων

Αρχιτεκτονική του GPRS

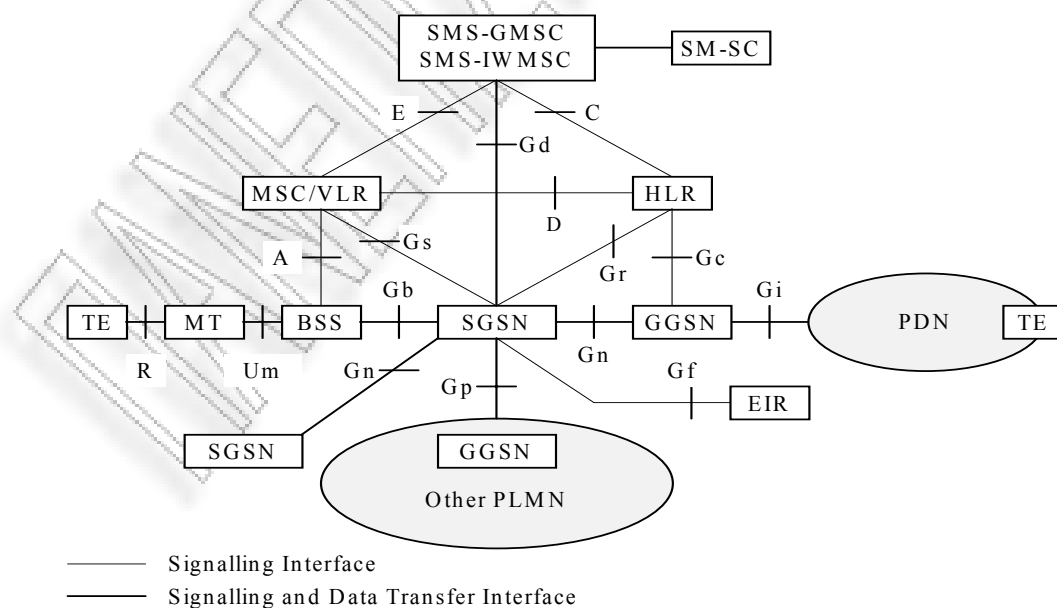
Η υλοποίηση της υπηρεσίας GPRS γίνεται με την προσθήκη δύο νέου τύπου κόμβων στην υπάρχουσα GSM υποδομή. Οι κόμβοι αυτοί, γνωστοί ως GSNs (GPRS Support Nodes), είναι υπεύθυνοι για την παροχή GPRS υπηρεσιών στους συνδρομητές του δικτύου και διακρίνονται σε [9]:

- SGSN (Serving GPRS Support Node) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εξυπηρέτηση των κινητών σταθμών (Mobile Stations –MSs) που βρίσκονται στη δικαιοδοσία του. Οι λειτουργίες του SGSN περιλαμβάνουν:



1. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management –MM).
 2. Διαχείριση των λογικών συνδέσεων (Logical Link Management) στη διεύθυνση SGSN→MS.
 3. Δρομολόγηση και μετάδοση πακέτων.
 4. Χρέωση συνδρομητών.
 5. Διασύνδεση με τις βάσεις δεδομένων του GPRS (HLR, VLR, EIR).
- GGSN (Gateway GPRS Support Node) ο οποίος αποτελεί και τη πύλη επικοινωνίας με εξωτερικά δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Οι βασικές του λειτουργίες περιλαμβάνουν:
 1. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management –MM).
 2. Διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα δεδομένων.
 3. Διασύνδεση με άλλα PLMNs.
 4. Δρομολόγηση και μετάδοση πακέτων.

SGSNs και GGSNs συνδέονται μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω ενδιάμεσων κόμβων, συνιστώντας έτσι ένα IP δίκτυο. Το δίκτυο αυτό είναι το δίκτυο κορμού του GPRS (GPRS backbone ή GPRS core).



Εικόνα 2: Οντότητες και Διεπαφές της GPRS Αρχιτεκτονικής



Τα SGSN και GGSN στο GPRS αντιστοιχούν στα MSC και GMSC του GSM. Η λειτουργικότητά τους είναι παρεμφερής τα μεν πρώτα (SGSN και GGSN) για τη μεταγωγή πακέτων τα δε δεύτερα (MSC και GMSC) για την μεταγωγή κυκλώματος.

Στην Εικόνα 2 απεικονίζεται η λογική αρχιτεκτονική και οι διεπαφές (interfaces) ενός τυπικού GPRS δικτύου. Από το σχήμα αυτό καθίσταται σαφές ότι το GPRS αποτελεί επέκταση του GSM και όχι κάτι ανεξάρτητο. Ως εκ τούτου ολόκληρο το υποσύστημα του σταθμού βάσης (BSS) επαναχρησιμοποιείται στο GPRS με τις απαραίτητες αλλαγές-προσθήκες που απαιτούνται για την υποστήριξη των νέων υπηρεσιών. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με όλες τις βάσεις δεδομένων (HLR, VLR, EIR) που είχαν οριστεί στο GSM οι οποίες απλά ενισχύονται ώστε να κρατάνε πρόσθετες πληροφορίες που αφορούν την GPRS επικοινωνία. Το GPRS έχει τυποποιηθεί από το ETSI (European Telecommunication Standardization Institute).

2.5 Σύνθετα ραδιο-δίκτυα (Composite Radio)

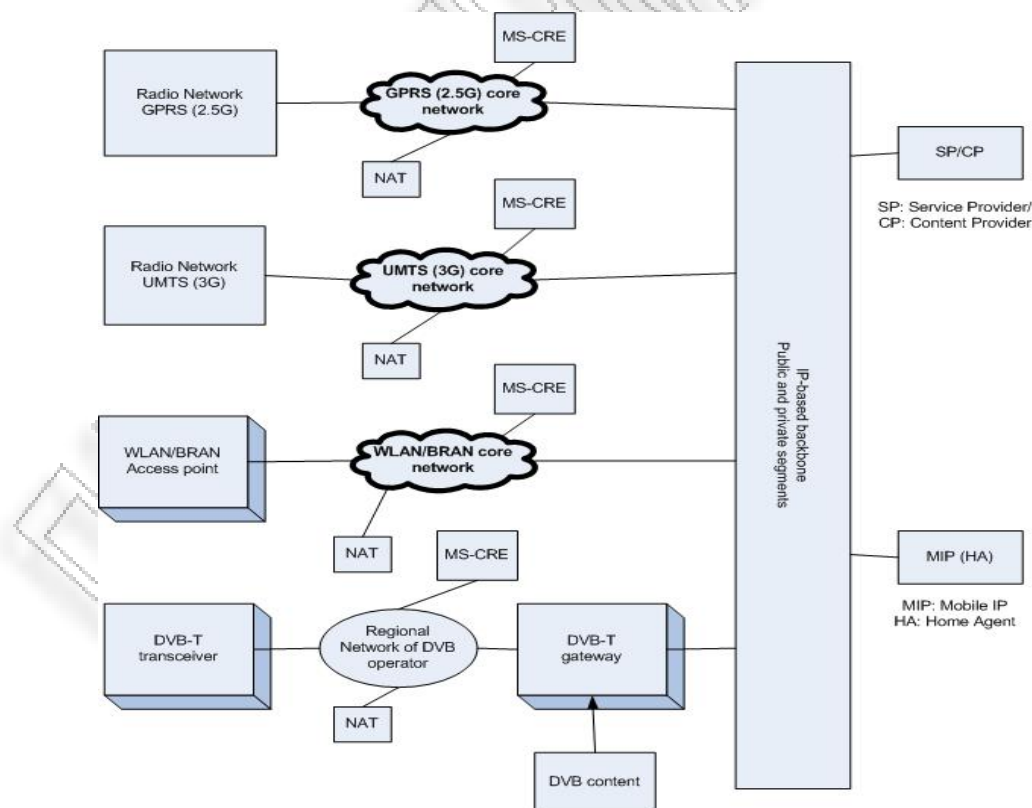
Οι ασύρματες επικοινωνίες αντιμετωπίζουν την ανάγκη εμφάνισης μιας σύνθετης ραδιοτεχνολογίας. Στη σύνθετη ραδιοτεχνολογία τα στοιχεία διαφορετικών ραδιοδικτύων μπορούν και συνεργάζονται σε μια ετερογενή ασύρματη υποδομή, όπου ο πάροχος δικτύου μπορεί να επιτύχει την απαιτούμενη χωρητικότητα καθώς και καλύτερα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών.

Η ιδέα της σύνθετης ραδιο-τεχνολογίας αναπτύχθηκε για να αυξήσει την αποδοτικότητα της ποιότητας των υπηρεσιών και να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες των διαθέσιμων ραδιο-τεχνολογιών όπως GSM, GPRS, UMTS και WLAN. Ένας πάροχος δικτύου μπορεί να κατέχει άδειες για ανάπτυξη και λειτουργία διαφορετικών ραδιο-τεχνολογιών, καθώς επίσης να συνεργάζεται με άλλους παρόχους δικτύου. Σε κάθε περίπτωση ένας πάροχος δικτύου μπορεί αν στηριχθεί σε πολλά εναλλασσόμενα ραδιο-δίκτυα και τεχνολογίες, ώστε να επιτύχει την απαιτούμενη χωρητικότητα και την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών, με τον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο. Οι χρήστες κατευθύνονται στα καταλληλότερα ραδιο-δίκτυα και τεχνολογίες, σε διαφορετικές περιοχές και ώρες της ημέρας, βασιζόμενοι στο προφίλ των απαιτήσεων τους και στα



κριτήρια απόδοσης του δικτύου. Οι διάφορες ραδιο-τεχνολογίες πρόσβασης λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους και όχι ανταγωνιστικά.

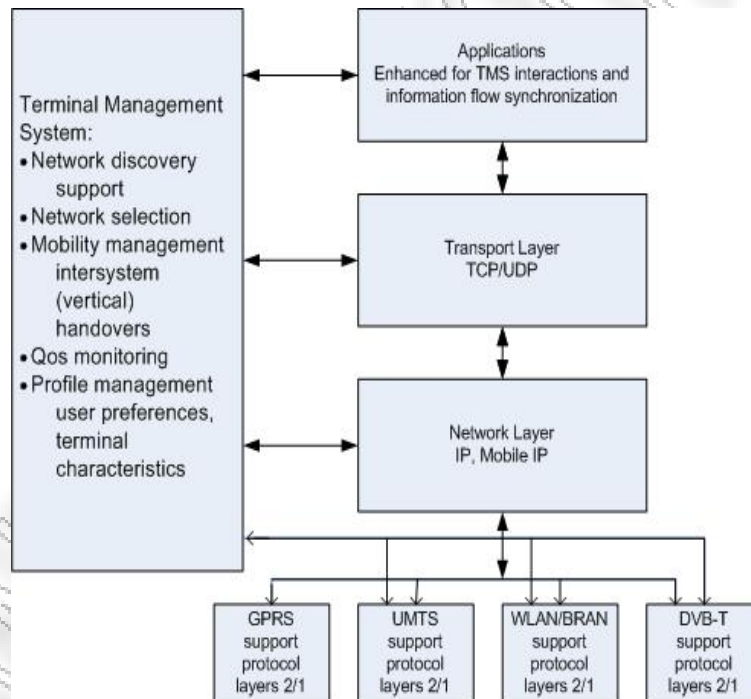
Το δίκτυο παρέχει τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για την ασύρματη πρόσβαση σε εφαρμογές και υπηρεσίες που βασίζονται σε IP δίκτυα. Σύμφωνα με έρευνα που έχει γίνει [21], η ενσωμάτωση των στοιχείων του δικτύου στη σύνθετη ραδιο-υποδομή επιτυγχάνεται μέσω λειτουργικής διαχείρισης, η οποία παρέχεται από το Σύστημα Διαχείρισης των Σύνθετων Ραδιο-Δικτύων (Management System for Composite Radio Environments, MS-CRE), στοιχείο το οποίο ενσωματώνεται σε κάθε δίκτυο. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική μιας σύνθετης ραδιο-υποδομής όπου οι ραδιο-τεχνολογίες που εμπλέκονται είναι το GPRS, UMTS, BRAN/WLAN και terrestrial-DVB. Το σταθερό δίκτυο αποτελείται από δημόσια και ιδιωτικά στοιχεία δικτύου. Το MIP (Mobile IP), το οποίο διατηρεί τη διασύνδεση σε επίπεδο IP παρά τις αλλαγές που μπορεί να προκύψουν σε κάθε ραδιο- τεχνολογία, και το NAT (Network Address Translation) μπορούν να λειτουργήσουν μαζί [38].



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική Σύνθετης Ραδιο-υποδομής



Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική των τερματικών που λειτουργούν σε σύνθετες υποδομές. Τα τερματικά συμπεριλαμβάνουν στοιχεία του υλικού και το λογισμικού (επίπεδα 1 και 2) ώστε να λειτουργούν με GPRS, UMTS, WLAN και DVB-T. Τα υψηλότερα επίπεδα πρωτοκόλλων υποστηρίζουν συνεχή πρόσβαση με εφαρμογές που υποστηρίζονται από το IP σε συμφωνία με τις κοντινές τους οντότητες στο δίκτυο. Πρέπει να τονιστεί ότι το επίπεδο εφαρμογών μπορεί να συγχρονίζει πολλαπλές ροές πληροφορίας της ίδιας εφαρμογής, τις οποίες μπορεί να μεταφέρει δυναμικά σε διαφορετικές ραδιο-τεχνολογίες πρόσβασης.



Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική τερματικού που λειτουργεί σε σύνθετο ραδιο-περιβάλλον



Το σύστημα διαχείρισης τερματικών (Terminal Management System, TMS) (Εικόνα 4), προσφέρει λειτουργικότητα που εκμεταλλεύεται το περιβάλλον της σύνθετης υποδομής. Από την πλευρά των τερματικών, ουσιαστικός είναι ο προσδιορισμός των δικτύων που παρέχουν αυξημένα επίπεδα ποιότητας για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, με τον αποδοτικότερο οικονομικά τρόπο.

Η επέκταση της σύνθετης ραδιο-τεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί με την επαναδιάρθρωση, η οποία αποτελεί μια εξέλιξη των ραδιο-τεχνολογιών που ελέγχονται μέσω λογισμικού (software defined radio) [2]. Η σύνθετη τεχνολογία απαιτεί τερματικά που λειτουργούν σε διαφορετικές ραδιο-τεχνολογίες και την ύπαρξη πολλαπλών ραδιοδικτύων, προσφέροντας εναλλακτικά ασύρματη πρόσβαση σε υπηρεσίες σε διαφορετικές περιοχές. Η επαναδιάρθρωση υποστηρίζει την ιδέα της σύνθετης υποδομής, προσφέροντας τεχνολογίες που επιτρέπουν στα τερματικά και στα στοιχεία του δικτύου να επιλέγουν και να προσαρμόζονται δυναμικά (με διαφάνεια και με ασφάλεια) στις διαφορετικές ραδιο-τεχνολογίες, οι οποίες είναι κατάλληλες για κάθε εφαρμογή.

Στην επαναδιάρθρωση η επιλογή των ραδιο-τεχνολογιών δεν περιορίζεται στα στοιχεία που είναι προεγκατεστημένα στο δίκτυο, αλλά τα απαιτούμενα στοιχεία του δικτύου μπορούν δυναμικά να κατεβαστούν, να εγκατασταθούν και να επικυρωθούν. Στον Πίνακα 2 συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των τερματικών και των στοιχείων του δικτύου στις συμβατικές, σύνθετες και επαναδιαρθρώσιμες τεχνολογίες [2] [13].



Πίνακας 2: Βασικά χαρακτηριστικά τερματικών και στοιχείων του δικτύου σε διαφορετικά ασύρματα συστήματα

Ασύρματες Τεχνολογίες	Βασικά Χαρακτηριστικά Τερματικών και Στοιχείων Δικτύου
Legacy Wireless Communications	Μια ραδιο-τεχνολογία πρόσβασης ανά τερματικό
	Μια ραδιο-τεχνολογία πρόσβασης ανά στοιχείο δικτύου
	Στατική διαμόρφωση
Composite radio	Τα τερματικά μπορούν να επιλέγουν μεταξύ πολλαπλών ραδιο-τεχνολογιών, ταυτόχρονη λειτουργία των ραδιο-τεχνολογιών
	Μια ραδιο-τεχνολογία πρόσβασης ανά στοιχείο δικτύου
	Προεγκατάσταση (offline) του υλικού και του λογισμικού που απαιτούνται για τη λειτουργία εναλλακτικών ραδιο-τεχνολογιών
Reconfigurable Radio Systems	Τα τερματικά και τα στοιχεία δικτύου μπορούν να επιλέγουν μεταξύ πολλαπλών ραδιο-τεχνολογιών, ταυτόχρονη λειτουργία των ραδιο-τεχνολογιών
	Δυναμική (online) εγκατάσταση και διαμόρφωση των στοιχείων του λογισμικού που απαιτούνται για τη λειτουργία των επιλεγμένων ραδιο-τεχνολογιών πρόσβασης (κατά τη διάρκεια λειτουργίας των τερματικών)



3 ΕΠΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΙΜΑ ΔΙΚΤΥΑ (RECONFIGURABLE NETWORKS)

Ο κόσμος της ασύρματης τεχνολογίας οδεύει προς τις τεχνολογίες πέραν της τρίτης γενιάς (B3G). Η τεχνολογία που συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση είναι τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα. Παρέχουν τεχνολογίες που επιτρέπουν στα τερματικά και στα στοιχεία του δικτύου να προσαρμόζονται δυναμικά στο σύνολο των ραδιοτεχνολογιών που είναι προσιτές ανάλογα με τις λειτουργίες που αναπτύσσονται σε συγκεκριμένες περιοχές υπηρεσιών και σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η επαναδιάρθρωση θέτει απαιτήσεις στη λειτουργία των ασύρματων δικτύων. Παρακάτω αναπτύσσονται θέματα η ανάλυση των οποίων απαιτείται για την κατανόηση των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων.

3.1 Διείσδυση των Επαναδιαρθρώσιμων Δικτύων στον κόσμο του B3G

Η παγκοσμιοποίηση καθιστά αναγκαία την ικανότητα παγκόσμιας επικοινωνίας. Ο κόσμος των τηλεπικοινωνιών υποβάλλεται σε ριζικές αλλαγές ώστε να ανταποκριθεί στις συνεχόμενα αυξημένες απαιτήσεις και ανάγκες των χρηστών. Οι ασύρματες τεχνολογίες, οι οποίες βρίσκονται στο προσκήνιο αυτών των αλλαγών περιλαμβάνουν ένα πλήθος προτύπων τεχνολογιών ραδιο-πρόσβασης. Επιπλέον αυτό το σύνολο των τεχνολογιών προβλέπεται να μετασχηματιστεί σε μια ενιαία υποδομή η οποία ονομάζεται πέραν της τρίτης γενιάς ασύρματες τεχνολογίες. Στοχεύουν στην προσφορά επαναστατικών ασύρματων υπηρεσιών προς τους χρήστες με αποδοτικό τρόπο χειρισμού του κόστους και σε αυτό συμβάλει η ιδέα της επαναδιάρθρωσης.



Όπως προαναφέρθηκε, η ιδέα της επαναδιάρθρωσης, η οποία αποτελεί μια εξέλιξη του Software Defined Radio [2], υποδηλώνει ότι τα τερματικά και τα στοιχεία του δικτύου προσαρμόζονται δυναμικά στο σύνολο των ραδιο-τεχνολογιών, οι οποίες είναι συμβατές με τις λειτουργίες που αναπτύσσονται σε συγκεκριμένες περιοχές υπηρεσιών και σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Η επιλογή των ραδιο-τεχνολογιών δεν αφορά περιορισμένα στοιχεία που είναι προεγκατεστημένα στα τερματικά, αλλά αντίθετα ελλείποντα στοιχεία μπορούν δυναμικά να κατεβαστούν, εγκατασταθούν και επικυρωθούν [19].

Για την αποτελεσματική ανάπτυξη των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων απαιτείται να αναλυθούν οι περιοχές ενδιαφέροντος που τα αποτελούν. Καταρχήν η βιωσιμότητά τους εξαρτάται από επιχειρησιακά πρότυπα που δικαιολογούν την ανάγκη για καινοτομίες στα δίκτυα επικοινωνιών και καταδεικνύουν τα οφέλη που προκύπτουν.

Στη συνέχεια η δεύτερη περιοχή ενδιαφέροντος είναι η διαχείριση και ο έλεγχος του επαναδιαρθρώσιμου εξοπλισμού. Αυτό περιλαμβάνει τη διαχείριση της λειτουργίας που απαιτείται στον επαναδιαρθρώσιμο εξοπλισμό για τη δυναμική, αποδοτική και διαφανή προσαρμογή του στις αλλαγές των συνθηκών, με ένα ευέλικτο πρωτόκολλο το οποίο θα απαιτεί τις ελάχιστες αλλαγές μεταξύ διαδοχικών επαναδιαρθρώσεων.

Επιπρόσθετα, η επαναδιάρθρωση πρέπει να υποστηριχθεί από πλευράς δικτύων, ώστε να εγγυηθεί μια εύκολη διεπαφή για τους χρήστες. Συνεπώς, η καινοτόμος λειτουργία των δικτύων εντοπίζει την ανάγκη για επαναδιάρθρωση και υλοποιείται με το ελάχιστο δυνατό φορτίο.

Τέλος, η διαχείριση των εφαρμογών αναφέρεται στους παρόχους δικτύων που εμπίπτουν στις αποφάσεις επαναδιάρθρωσης και αφορούν στην μείωση του κόστους για την επέκταση των δικτύων. Εδώ συμπεριλαμβάνονται και θέματα σχετικά με τη διαχείριση φάσματος, τη διαχείριση των ραδιο-πόρων και τη διαδικασία προγραμματισμού των συστημάτων B3G [19].

Η εμπορική επιτυχία των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων έγκειται στο γεγονός ότι προσφέρουν καινοτόμες υπηρεσίες στους χρήστες με έναν οικονομικώς αποδοτικό τρόπο, γεγονός που οφείλεται στην αρχιτεκτονική των συστημάτων αυτών προκειμένου να επιτευχθεί η ανάπτυξή τους.



Στη συνέχεια αναλύονται οι δυνατότητες πρόσβασης και διαχείρισης των πόρων των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων [1]:

Πανταχού Παρούσα Πρόσβαση (Ubiquitous Access): εστιάζει κυρίως στην αύξηση της παγκόσμιας πρόσβασης στις υπηρεσίες. Ένα παράδειγμα τέτοιας υπηρεσίας είναι το roaming.

Διεισδυτική Πρόσβαση (Pervasive Access): σκοπός της είναι να τονιστεί η ανάγκη για επαναδιάρθρωση όταν στο ασύρματο περιβάλλον είναι παρούσες πολλές ραδιο-τεχνολογίες. Για να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα αυτές οι τεχνολογίες στα τερματικά, ο επαναδιαρθρώσιμος εξοπλισμός έχει πολλές δυνατότητες όπως ανάλυση του συστήματος, επαναδιάρθρωση πρωτοκόλλων και απευθείας μεταπομπή.

Δυναμική Παροχή Πόρων (Dynamic Resource Provisioning): στοχεύει στη δυναμική επαναδιάρθρωση των τερματικών και των στοιχείων του δικτύου τα οποία βελτιώνουν το εύρος ζώνης για τους χρήστες. Αυτό οφείλεται στις καλύτερα προσαρμοσμένες διεπαφές καθώς επίσης και στην καλύτερη διαχείριση του φάσματος. Έτσι σε αυτή την περίπτωση η λίστα πρωτοκόλλων αναβαθμίζεται και στο τερματικό και στο δίκτυο με αποτέλεσμα τα διαφορετικά συστήματα επικοινωνιών που καλύπτουν τέτοιες περιοχές να προσαρμόζονται στο φορτίο και στις μεταβολές των υπηρεσιών.

Οι προαναφερθείσες δυνατότητες αποτελούν μια σημαντική εξέλιξη στον κόσμο των ραδιοδικτύων, όπου τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα προκειμένου να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα κατά τη λειτουργία τους προσφέρουν ικανοποιητική πρόσβαση των χρηστών στις υπηρεσίες και βελτιστοποίηση των πόρων του δικτύου.

Ο κατάλογος των απαιτήσεων που συντάσσουν τις προδιαγραφές των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων προορίζεται να κατανεμηθεί στα διάφορα στοιχεία του συστήματος. Οι απαιτήσεις αυτές αναφέρονται:

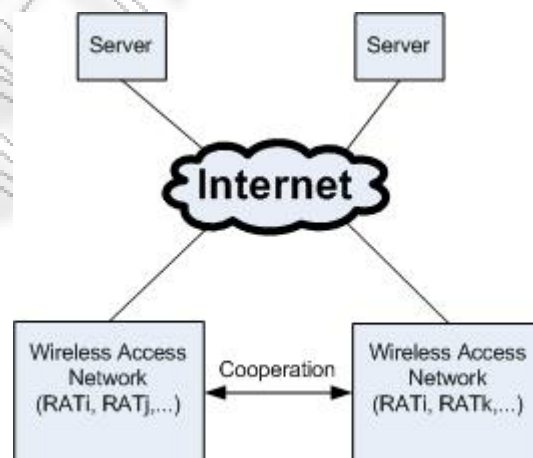
- Στον καθορισμό των ελάχιστων κριτηρίων απόδοσης για την παροχή υπηρεσιών.
- Στην ικανότητα του εξοπλισμού να αλλάξει τη διαμόρφωσή του αυτόνομα και με ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένων λειτουργικών παραμέτρων του λογισμικού.



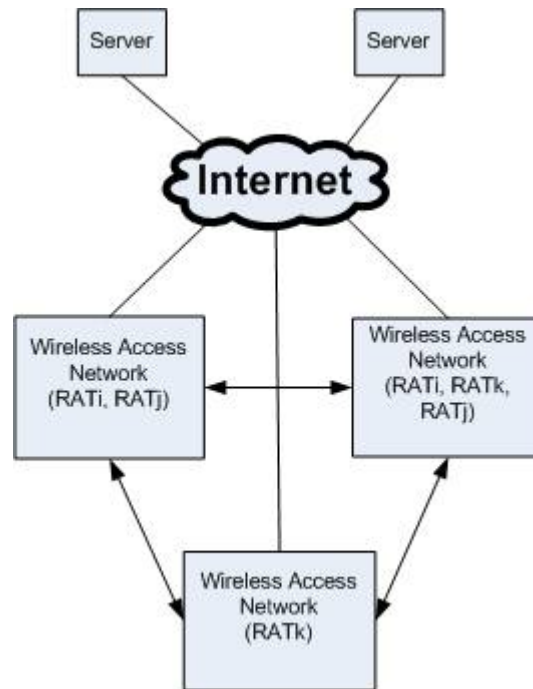
- Στην προστασία από πιθανή παρεμβολή που προέρχεται από λάθος επαναδιαρθρώσιμο εξοπλισμό.
- Στην αποδοτική διαχείριση της από άκρο σε άκρο επαναδιάρθρωσης.
- Σε άλλους βασικούς μηχανισμούς όπως, προσαρμογή υπηρεσιών, απευθείας μεταπομπή, παροχή υπηρεσιών, έλεγχο του συστήματος, δυναμική διαχείριση πόρων και μεταφορά φάσματος.

3.1.1 Αρχιτεκτονική Δικτύου και Υπηρεσίες Υποστήριξης

Τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με την παραδοσιακή υποδομή δικτύου, η οποία όμως δεν παρέχει ικανοποιητική υποστήριξη στα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα. Εντούτοις, τα πλήρη πλεονεκτήματα ενός SDR συστήματος εμφανίζονται μόνο εάν η υποδομή του δικτύου λάβει υπόψη τις προδιαγραφές ενός συγκεκριμένου τερματικού και του παρέχει υποστήριξη [18]. Ειδικότερα, στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται ένα σύνθετο δίκτυο, όπου παραβρίσκονται πολλαπλά RATs και ο πάροχος δικτύου βασίζεται σε εναλλασσόμενες τεχνολογίες και δίκτυα για να επιτύχει τα απαιτούμενα επίπεδα χωρητικότητας και ποιότητας υπηρεσιών. Αντίθετα στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται ένα επαναδιαρθρώσιμο δίκτυο στο οποίο γίνεται δυναμική επιλογή των κατάλληλων RATs που θα χρησιμοποιηθούν στο δίκτυο, καθώς επίσης και δυναμική είσοδος νέων RATs στο σύστημα.



Εικόνα 5: Σύνθετο Δίκτυο



Εικόνα 6: Επαναδιαρθρώσιμο Δίκτυο

Η ασφάλεια στα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα, που αφορά το ασφαλές κατέβασμα, εγκατάσταση, έλεγχο και διαχείριση λαθών, εξασφαλίζει μια αξιόπιστη λειτουργία και ικανοποιεί τις ρυθμιστικές απαιτήσεις του παρόχου λογισμικού. Η πρόσβαση στις λειτουργίες επαναδιάρθρωσης από το πάροχο δικτύου, τους κατασκευαστές και τα υπόλοιπα συμβαλλόμενα μέλη γίνεται με απόλυτη ασφάλεια.

Η αναδυόμενη υποδομή δικτύων στοχεύει στην υλοποίηση όσο το δυνατό περισσότερων απαιτήσεων επαναδιάρθρωσης. Ειδικότερα [22]:

- Το πρότυπο διανομής των τερματικών και των πληροφοριών που σχετίζονται με το χρήστη (πχ. προσωπικές πληροφορίες), αλλάζει σε σχέση με τα συμβατικά δίκτυα και γίνεται πιο ασφαλές.
- Το κατέβασμα του λογισμικού ενσωματώνεται στην δικτυακή υποδομή.
- Επιτρέπεται η ενσωμάτωση διαφορετικών διαθέσιμων ραδιο-τεχνολογιών στην ίδια περιοχή.



- Προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευελιξία μειώνεται η εστίαση σε σταθερά ραδιο-πρότυπα.
- Η δικτυακή υποδομή γίνεται ποιο ανοιχτή ώστε να επιτραπεί ο διαμοιρασμός του ελέγχου των συσκευών, ο διαμοιρασμός των ραδιο-τεχνολογιών και ο διαμοιρασμός των πόρων μεταξύ διαφορετικών δικτύων.
- Η επαναδιάρθρωση παρέχεται με την προϋπόθεση να ληφθούν περισσότερα οφέλη από την SDR τεχνολογία.
- Επιτυγχάνεται ασφαλής επαναδιάρθρωση ώστε να υποστηρίζεται και να παρέχεται ένα εξ' ολοκλήρου ασφαλές ραδιο-περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, η αρχιτεκτονική των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων παρέχει μηχανισμούς για δυναμική διαχείριση και προγραμματισμό ετερογενών, συνδεδεμένων και πολλαπλών προτύπων δικτύων ραδιο-πρόσβασης.

3.1.2 Διαχείριση Ραδιο-Πόρων και Φάσματος

Το μέλλον των τηλεπικοινωνιών προβλέπεται ως η σύγκλιση των ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και των IP τεχνολογιών, ώστε να προσφέρουν μια μεγάλη ποικιλία καινοτόμων υπηρεσιών για ένα πλήθος τεχνολογιών ραδιο-πρόσβασης. Για να εφαρμοστεί κάτι τέτοιο, είναι υποχρεωτικό να πραγματοποιηθούν οι απαιτήσεις με σεβασμό στην ετερογένεια των ασύρματων τεχνολογιών ραδιο-πρόσβασης, των υπηρεσιών, στην κινητικότητα των τερματικών και γενικότερα του εξοπλισμού. Συνεπώς, υπάρχουν κάποιες βασικές αρχές προκειμένου τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα να καταστούν εμπορικά επιτυχή. Οι βασικές αυτές αρχές εντοπίζονται στην αποτελεσματική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων. Ειδικότερα [17]:

- Στην αποδοτική χρήση του διαθέσιμου φάσματος.
- Κοινή διαχείριση των ραδιο-πόρων που ανήκουν σε διαφορά RATs με σταθερή κατανομή φάσματος.
- Έξυπνη διαδικασία προγραμματισμού του δικτύου.



Η διαχείριση ραδιο-πόρων είναι μια σύνθετη διαδικασία, αλλά απαραίτητη για την ανάπτυξη των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων. Αφορά στην δυναμική διαχείριση πόρων όπως το φάσμα και η κατανομή της κίνησης στα RATs που συμμετέχουν στην ετερογενή ασύρματη υποδομή. Επομένως, μπορεί να εξεταστεί το θέμα της διαχείρισης των ραδιο-πόρων από την προοπτική μιας ενιαίας διαχείρισης του φάσματος με κοινή διαχείριση ραδιο-πόρων.

Με τον όρο επαναδιάρθρωση δεν εννοείται μόνο η επιλογή της κατάλληλης και διαθέσιμης ραδιο-τεχνολογίας αλλά και της κατάλληλης διαμόρφωσης για την αξιοποίηση των πόρων, όπως για παράδειγμα την επιλογή της κατάλληλης ζώνης συχνοτήτων. Τέτοια θέματα υποδηλώνουν την ανάγκη για ευέλικτη διαχείριση του φάσματος, σε αντίθεση με την τρέχουσα κατανομή φάσματος η οποία δεν επιτρέπει την δυναμική κατανομή φάσματος σε διαφορετικές ραδιο-τεχνολογίες. Εντούτοις, η συνύπαρξη διαφορετικών τεχνολογιών που αποτελούν μέρος μιας ετερογενούς υποδομής έχει επιφέρει την ιδέα της ευέλικτης διαχείρισης του φάσματος.

Κάτι τέτοιο υπονοεί ότι δεν υπάρχουν καινούριες ζώνες συχνοτήτων για τις ραδιο-τεχνολογίες, αλλά αντίθετα μέσω ενός ευφυούς μηχανισμού διαχείρισης, οι ζώνες συχνοτήτων κατανέμονται δυναμικά στα RATs, με τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοση της κάθε ραδιο-τεχνολογίας και να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές.

Ο όρος κοινή διαχείριση ραδιο-πόρων αναφέρεται σε ένα πλήθος μηχανισμών ελέγχου που υποστηρίζουν δυναμική αποδοχή κλήσεων και κατανομή της κίνησης στοχεύοντας στην βέλτιστη χρήση των ραδιο-πόρων αυξάνοντας τη χωρητικότητα. Οι μηχανισμοί αυτοί λειτουργούν ταυτόχρονα σε διαφορετικές ραδιο-τεχνολογίες με την απαραίτητη υποστήριξη των επαναδιαρθρώσιμων/πολυμορφικών τερματικών.

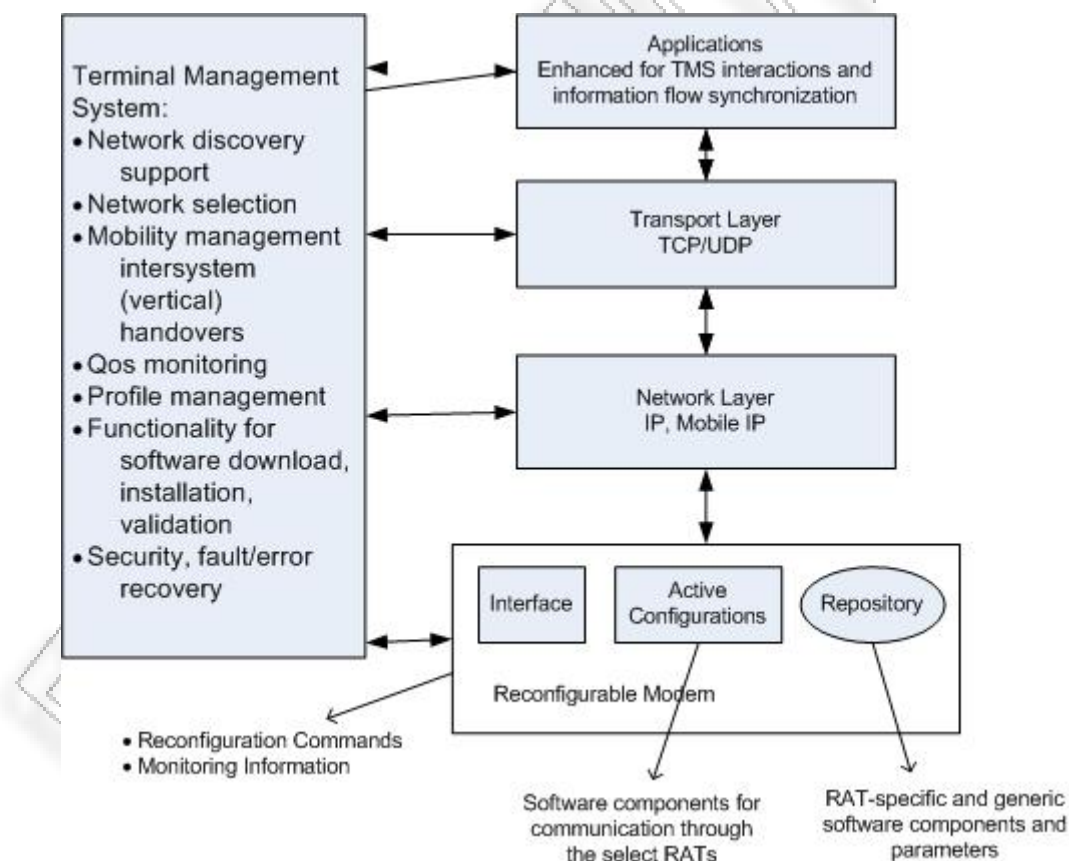
Επιπλέον, η συνεχόμενη αύξηση της απαίτησης για μεγάλες ταχύτητες πρόσβασης σε όλα τα ήδη των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων αναθεωρεί τον παραδοσιακό τρόπο χειρισμού των δικτύων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εμφάνιση των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων δίνει λύσεις στα θέματα των απαιτήσεων των χρηστών, η δυναμική διαχείριση των δικτύων είναι ουσιαστική προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι εναλλαγές που πραγματοποιούνται σε συχνές χρονικές περιόδους σε κάθε γεωγραφική περιοχή. Έτσι στόχος της επαναδιάρθρωσης είναι να μειωθεί το κόστος για την



επέκταση των δικτύων, μέσω επιλογής της κατάλληλης σε κάθε περίπτωση τεχνολογίας για κάθε λειτουργία σε διαφορετική χρονική στιγμή και περιοχή [17].

3.1.3 Θέματα που αφορούν τα τερματικά

Ο όρος τερματικά την τελευταία δεκαετία ήταν περισσότερο εννοιολογικός παρά συγκεκριμένος. Πλέον αποκτά μια πιο πρακτική έννοια μέσα από την εξέλιξη του λογισμικού και του υλικού. Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός τερματικού που λειτουργεί σε επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα [2].



Εικόνα 7: Αρχιτεκτονική τερματικού που λειτουργεί σε επαναδιαρθρώσιμο ραδιο-περιβάλλον



Εντοπίζονται δύο βασικές διαφορές της αρχιτεκτονικής των επαναδιαρθρώσιμων τερματικών (Εικόνα 7) σε σχέση με την αρχιτεκτονική των τερματικών στη σύνθετη τεχνολογία (Εικόνα 4). Η πρώτη είναι το επαναδιαρθρώσιμο φυσικό στρώμα (modem) και η δεύτερη είναι η εκτεταμένη λειτουργία του TMS (Terminal Management System). Το επαναδιαρθρώσιμο μόντεμ επιτρέπει να αλλάξουν οι ραδιο-παράμετροι, όπως η διόρθωση λαθών, ο ρυθμός κωδικοποίησης, ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και ο τύπος κυματομορφής, ώστε να προσαρμοστούν στις νέες ραδιο-τεχνολογίες πρόσβασης. Το TMS βρίσκεται στην κορυφή του λειτουργικού συστήματος. Ενώ στη σύνθετη τεχνολογία παρέχει την ικανότητα στα τερματικά να επιλέγουν το κατάλληλο δίκτυο με βάση την ποιότητα υπηρεσιών, την κίνηση στο δίκτυο και το προφίλ των χρηστών, στα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα προστίθενται και οι λειτουργίες του κατεβάσματος, της εγκατάστασης και επικύρωσης του λογισμικού που απαιτείται για τη λειτουργία με πολλαπλά RATs.

3.2 Χαρακτηριστικά, Επιτεύγματα και Καινοτομίες

Η επιτυχία των δικτύων επόμενης γενιάς εξαρτάται ιδιαίτερα από τη διαθεσιμότητα των λειτουργιών και των εφαρμογών που θα είναι προσιτές μέσω ποικίλων υποδομών δικτύων και τερματικών. Ως εκ τούτου, διάφοροι επιχειρησιακοί φορείς (κινητοί πάροχοι, υπεύθυνοι για την ανάπτυξη εφαρμογών, ικανοποιημένοι προμηθευτές) θα εργαστούν μαζί για να αναπτύξουν και να παρέχουν τέτοιες υπηρεσίες [22].

Το ερευνητικό πεδίο των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων και οι προγραμματισμένες εκβάσεις τίθενται ώστε να δημιουργήσουν σημαντικές ευκαιρίες σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και υπηρεσιών. Η παροχή πρωτοκόλλων, εφαρμογών και υπηρεσιών που είναι ευέλικτες, διαμοιρασμένες και προσαρμόσιμες στο τρέχον (και μελλοντικό) ετερογενές ραδιο-περιβάλλον δικτύων θα γεφυρώσει από τη μια το χάσμα μεταξύ των τεχνολογιών υλικού και λογισμικού και από την άλλη το χάσμα εφαρμογών και υπηρεσιών.



Με την παροχή ικανοποιητικής ευελιξίας για τα προσιτά μέσα επικοινωνίας, θα διευκολυνθεί και θα υποστηριχθεί συνδεσιμότητα για την κύρια επικοινωνία όταν χρησιμοποιείται σε ετερογενή ραδιο-περιβάλλοντα. Αυτό, σε συνδυασμό με την απαίτηση για την απανταχού παρούσα (μέσω οποιουδήποτε τερματικού) εξατομικευμένη πρόσβαση στις υπηρεσίες αυξάνει ουσιαστικά την ποιότητα των υπηρεσιών, των πόρων και της διαχείρισης φάσματος.

Θα προωθηθούν οι ευφυείς επαναδιαρθρώσιμες πλατφόρμες διαχείρισης και υποστήριξης υπηρεσιών διαμέσου διαφόρων οντοτήτων από το ένα άκρο στο άλλο κατά μήκος της επικοινωνίας και θα βγάλουν εις πέρας τον όγκο των επαναδιαρθρώσιμων απαραίτητων διαδικασιών. Αυτό θα απλουστεύσει τις επεκτάσεις των εφαρμογών που είναι πολύπλοκες και η ευφυής από άκρο σε άκρο επαναδιάρθρωση προβάλλει αυτό το ζήτημα ως μια λύση με ενιαία πλεονεκτήματα.

3.2.1 Χαρακτηριστικά Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

Με τον όρο επαναδιάρθρωση εννοούμε υποστήριξη διαφορετικών ιδιοτήτων σε ένα σύστημα και παροχή πολλαπλών όψεων λειτουργικότητας. Με αυτή την έννοια τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα δεν αποτελούν μόνο μια εφαρμογή αλλά έχουν πολλές συνέπειες στις λειτουργίες των συστημάτων τυποποίησης και στις επιχειρηματικές συμφωνίες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των επαναδιαρθρώσιμων τερματικών και οντοτήτων του δικτύου [1]:

- **Πολλαπλού Φάσματος (Multi-band) Συστήματα:** τα multi-band συστήματα υποστηρίζουν περισσότερες της μιας ζώνες συχνοτήτων οι οποίες χρησιμοποιούνται από πρότυπα όπως το GSM και το UMTS.
- **Πολύ-Κατευθυνόμενα (Multi-homing) Συστήματα:** ανεξάρτητα διαφορετικά ραδιο-πρότυπα μπορεί να λειτουργήσουν ταυτόχρονα στο σύστημα και όταν χρησιμοποιούνται σε μια τερματική συσκευή ένα μέρος τους προωθείται ανάλογα με την ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και την κίνηση.
- **Πολύ-Λειτουργικά (Multi-function) Συστήματα:** οι επαναδιαρθρώσιμες πλατφόρμες πρέπει να έχουν ανεξάρτητες εφαρμογές και περιβάλλον που να



υποστηρίζει ταυτόχρονα πολλαπλές διεργασίες, υψηλού επιπέδου πρωτόκολλα, υπηρεσίες και εφαρμογές.

Επίπεδα και σενάρια επαναδιαρθρώσιμων δικτύων [1]:

- Μερική επαναδιάρθρωση: αναφέρεται στην περίπτωση όπου ένα ή περισσότερα στοιχεία επαναδιαρθρώνονται χωρίς να αλλάξουν λειτουργικό πρότυπο. Παραδείγματος χάριν συγκεκριμένα στοιχεία μπορεί να αναδιαμορφωθούν με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας υπηρεσιών (QoS), ενώ παραμένουν στο ίδιο λειτουργικό σύστημα κάτι τέτοιο είναι επίσης εφικτό ακόμα και όταν μόνο κάποια τμήματα του τερματικού επαναδιαρθρώνονται ενώ παραμένουν ενεργές οι εφαρμογές και οι διεπαφές των χρηστών.
- Ολοκληρωτική επαναδιάρθρωση: αναφέρεται στην περίπτωση όπου το σήμα επαναδιαρθρώνεται από ένα πρότυπο σε άλλο, όπως για παράδειγμα από το GSM στο UMTS. Αυτού του είδους η επαναδιάρθρωση αντιστοιχεί σε ολοκληρωτικές αλλαγές στη λειτουργία, στη συμπεριφορά και στις διεπαφές όλων των στοιχείων.
- Στατική επαναδιάρθρωση: αναφέρεται στη διαδικασία κατά την οποία τα τερματικά βρίσκονται σε ανενεργή κατάσταση ή κατά τη διαδικασία κατασκευής όπου καινούριες ιδιότητες προγραμματίζονται από, για παράδειγμα, μια έξυπνη κάρτα.
- Επαναδιάρθρωση στο παρασκήνιο: αναφέρεται στην περίπτωση όπου το λογισμικό κατεβάζεται, εγκαθίσταται και αρχικοποιείται όταν συμβαίνει ένα συγκεκριμένο γεγονός ή σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Συνήθως πραγματοποιείται όταν ενεργοποιούνται λειτουργίες στο παρασκήνιο χωρίς να γίνονται αντιληπτές από τους χρήστες και οι οποίες τερματίζονται όταν οι χρήστες τερματίσουν τις εφαρμογές τους.
- Διαφανής επαναδιάρθρωση: αναφέρεται στην περίπτωση όπου το λογισμικό κατεβάζεται, εγκαθίσταται και αρχικοποιείται όταν συμβαίνει ένα συγκεκριμένο γεγονός ή σε μια χρονική στιγμή χωρίς να επηρεάζονται οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες των χρηστών.



3.3 Στόχοι και Πλεονεκτήματα των Επαναδιαρθρώσιμων Δικτύων

3.3.1 Επιστημονικοί και Τεχνολογικοί Στόχοι

Τα μελλοντικά συστήματα επικοινωνιών θα αποτελούνται από πολλά διαφορετικά ραδιο-συστήματα πρόσβασης, καθώς και από δυναμικά διαμορφωμένα τμήματα. Οι πόροι που απαιτούνται από τα συστήματα αυτά θα χρησιμοποιηθούν και θα προσεγγιστούν με τον βέλτιστο τρόπο, ενώ η πολυπλοκότητα επικοινωνίας παραμένει διαφανής προς το τελικό χρήστη. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών, οι ασύρματοι τομείς των επικοινωνιών και οι υπολογιστικοί τομείς έχουν ανοίξει το δρόμο για την ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος τεχνολογιών όπως 2G, 3G, WLAN, WMAN ή DVB και τους σχετικούς εξοπλισμούς τους. Αυτό εφαρμόζει μια πολύτιμη διαφοροποίηση στο ραδιο-σύστημα που έχει ωθήσει την τεχνολογία προς τις συσκευές με πολλαπλές εφαρμογές και συνεισφέρει στην έρευνα νέων τεχνολογιών, υπηρεσιών και επιχειρησιακών προτύπων που προσαρμόζονται στα συνεργάσιμα ετερογενή ραδιο-συστήματα [14].

Μέσα από τις πολλαπλές εφαρμογές που προσφέρουν αυτές οι τεχνολογίες, οι χρήστες θα ωφεληθούν από την από άκρο σε άκρο επαναδιάρθρωση με την επίτευξη των απαραίτητων υπηρεσιών, με προσιτό κόστος, σε διαφορετικά ετερογενή πλαίσια, χρησιμοποιώντας ποικίλο εξοπλισμό και μέσω διαφορετικών διαθέσιμων τεχνολογιών που προσφέρονται. Ο χρήστης θα βρίσκεται στο επίκεντρο ενός τηλεπικοινωνιακού περιβάλλοντος που χρησιμοποιεί ετερογενείς συσκευές (όπως τα τερματικά του χρήστη, οι προσωπικές συσκευές δικτύων, κ.λπ.), σε ετερογενή περιβάλλοντα και πλαίσια (όπως το σπίτι, το γραφείο, σε μεταφορά, σε κίνηση, κ.λπ.) και μέσω ετερογενών συστημάτων πρόσβασης (όπως τα σταθερά, ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής, κυψελωτά συστήματα και τεχνολογίες ραδιοφωνικής μετάδοσης) [14].

Οι κύριοι επιστημονικοί και τεχνολογικοί στόχοι είναι οι ακόλουθοι [20]:

- Ανάπτυξη και αξιολόγηση μιας γενικής αρχιτεκτονικής επαναδιάρθρωσης των συστημάτων και επέκτασής τους, εξετάζοντας τις απαιτήσεις των οντοτήτων (π.χ. χρήστες, πάροχοι δικτύου, προμηθευτές, φορείς παροχής υπηρεσιών, κ.λπ.).



- Σχεδιασμός των οντοτήτων του συστήματος, των εργαλείων και των τεχνικών λύσεων που θα επιτρέψουν τη χρήση του επαναδιαρθρώσιμου εξοπλισμού και των δικτύων για την άμεση και διαφανή επικοινωνία στα συνεργάσιμα ετερογενή περιβάλλοντα (όπως πολλαπλές περιοχές, πολλαπλοί πάροχοι δικτύου).
- Σχεδιασμός των μηχανισμών του συστήματος που είναι απαραίτητα για να διευκολύνουν την αποδοτική πρόσβαση στους πόρους, την αποδοτική χρήση τους και τη χρήση των ραδιο-πόρων, με τη χρησιμοποίηση γνώσεων βασισμένων στους μηχανισμούς για τη βελτιστοποίηση της πρόσβασης των πόρων σε ετερογενή ραδιο-περιβάλλοντα.
- Επινόηση κυβερνητικών αρχών οι οποίες θα ωφελούν όλους τους φορείς με την εκμετάλλευση της διαφορετικής φύσης του ετερογενούς ραδιο-οικοσυστήματος.
- Ανάπτυξη ενός εξελικτικού εννοιολογικού πλαισίου για επικύρωση και ανάπτυξη πρωτότυπων ιδεών και μηχανισμών.
- Εκμετάλλευση, διάδοση και τυποποίηση των επαναδιαρθρώσιμων τεχνολογιών, ώστε να συμβάλλει ενεργά στους σχετικούς οργανισμούς τυποποίησης, στις βιομηχανίες και στους ρυθμιστικούς οργανισμούς.

3.3.2 Πλεονεκτήματα των Επαναδιαρθρώσιμων Δικτύων

Τα πλεονεκτήματα των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων εντοπίζονται σε όλες τις οντότητες που λαμβάνουν μέρος στην επαναδιάρθρωση, ειδικότερα [18]:

Για τους χρήστες (*users*):

- Βελτιστοποιημένη παροχή υπηρεσιών
- Υψηλό Qos
- Προσαρμοστικότητα
- Υψηλή απόδοση roaming υπηρεσίας
- Υπηρεσίες που προσαρμόζονται στις ανάγκες των χρηστών
- Προηγμένες εφαρμογές



Για τους παρόχους δικτύων (Network Providers):

- Προσφέρουν περισσότερες επιλογές στους χρήστες με αποτέλεσμα να αυξάνουν τα έσοδά τους.
- Μείωση της αρχικής επένδυσης σε υλικό (hardware) διότι τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα στηρίζονται στην ήδη υπάρχουσα υποδομή.
- Ελεγχόμενο κόστος για τη συντήρηση του δικτύου.
- Σταδιακή διείσδυση στην αγορά των νέων υπηρεσιών ώστε να γίνονται ευκολότερα αποδεκτές από τους χρήστες.

Για τους κατασκευαστές (Manufacturers):

- Αυξημένη προσαρμοστικότητα εξοπλισμού
- Βέλτιστη αξιοπιστία εξοπλισμού
- Διείσδυση σε καινούριους τομείς της αγοράς
- Επιταχυνόμενη διείσδυση στην αγορά
- Μείωση του κόστους παραγωγής του εξοπλισμού

Για τον παρόχους υπηρεσιών (Service Providers):

- Απευθείας κατέβασμα και εγκατάσταση των υπηρεσιών στις τερματικές συσκευές
- Ταχεία ανάπτυξη νέων υπηρεσιών

Για τους παρόχους λογισμικού (Software Providers):

- Είναι η νέα οντότητα στην ασύρματη επικοινωνία και αποτελεί ένα απαραίτητο σύνδεσμο για τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα διότι όλες οι εφαρμογές γίνονται σε επίπεδο δικτύου και εν συνεχεία κατεβάζονται δυναμικά στις συσκευές των χρηστών.
- Διείσδυση στην παγκόσμια αγορά



3.3.3 *Επιδράσεις στη Βιομηχανία και στους Χρήστες*

Η εμφάνιση των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων επηρεάζει τη δομή της βιομηχανίας, δημιουργώντας νέες αγορές και νέες ευκαιρίες απασχόλησης, ειδικότερα στον τομέα της δημιουργίας, των νέων υπηρεσιών καθώς και στη διοίκηση ασύρματης τεχνολογίας πληροφοριών (Wireless Information Technology, WIT). Έχοντας ως στόχο να υποστηρίξει την άποψη του να γίνει η Ευρώπη πρώτη επιλογή για επενδύσεις στις CIT, ο αντίκτυπος στα πρότυπα και η συνεισφορά τους σε μελλοντικούς κανονισμούς θα αυξηθούν.

Τα **πλεονεκτήματα** για τη βιομηχανία και τους χρήστες θα επεκταθούν τα επόμενα έτη και μπορούν να αναλυθούν ως εξής [14]:

- **Αποδοτική, προηγμένη και προσαρμοστική παροχή υπηρεσιών για τους τελικούς χρήστες.** Η επαναδιάρθρωση του δικτύου και των συστημάτων θα εξυπηρετούν τη βέλτιστη παροχή υπηρεσιών και εφαρμογών για τους τελικούς χρήστες. Η πτυχή των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων καλύπτει την προσαρμογή των εφαρμογών και της παροχής υπηρεσιών λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις και το προφίλ των χρηστών, καθώς και τις δυνατότητες του δικτύου, των τερματικών, της επαναδιάρθρωσης του εξοπλισμού, όπως και τις υπηρεσίες, τις χρεώσεις και την ασφάλεια.
- **Αποδοτική χρησιμοποίηση ραδιο-πόρων, φάσματος και εξοπλισμού.** Όντας σε στενή συνεργασία με ρυθμιστικές αρχές όπως η ITU, ECC και διάφορους ευρωπαϊκούς ρυθμιστές, επιτρέποντας προσαρμοστικές τεχνολογίες για διαχείριση των πόρων του φάσματος, θα σχεδιαστούν τρόποι αποδοτικής διαχείρισης εξοπλισμού και ασφάλειας. Προορίζεται να υπάρξει ένα απλουστευμένο ρυθμιστικό πλαίσιο που επιτρέπει την προσαρμοστική ανάθεση και χρήση του φάσματος οι οποίες διευκολύνονται μέσω τεχνικών που εφαρμόζουν βελτιστοποιημένη χρήση των πόρων. Ο στόχος να διευκολυνθεί η απλουστευμένη και πιο ευέλικτη διαχείριση του φάσματος θα πραγματοποιηθεί μέσω χρήσης εξοπλισμού και επαναδιαρθρώσιμων συστημάτων ικανών να λειτουργούν σε καταστάσεις που οι χρήστες δεν θα είχαν άδεια πρόσβασης στο εύρος ζώνης.



- **Αναβάθμιση συστημάτων με μειωμένο κόστος.** Οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται θα βελτιώσουν τον εξοπλισμό μέσω του λογισμικού που θα κατεβάζουν (π.χ. Over the air σε περίπτωση κινητών συσκευών), γεγονός που σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν είτε μικρές αλλαγές στις παραμέτρους των συστημάτων, είτε πλήρης ανταλλαγή των προτύπων επικοινωνίας που εφαρμόζονται. Αυτό θα βελτιώσει παράλληλα και τα οικονομικά πολυδάπανων συστημάτων υποδομής (δεδομένου ότι το κόστος του υλικού και της επέκτασης μπορούν να αποσβεστούν σε μεγαλύτερη διάρκεια χρόνου) καθώς επίσης και την αποδοτικότητα της χρήσης των πόρων, αφού τα συστήματα μπορούν να διαμορφωθούν ώστε να εξυπηρετούν την πραγματική ανάγκη για φορτίο με έναν βελτιστοποιημένο τρόπο.
- **Πλατφόρμες πολλαπλών προτύπων.** Δεδομένου ότι οι ραδιο-τυποποιημένες εφαρμογές του εξοπλισμού θα είναι συνδυασμοί υλικού και λογισμικού, θα είναι δυνατό να διαμοιραστούν δυναμικά ενιαίες πλατφόρμες υλικού μεταξύ των πολλαπλών ραδιο-εφαρμογών. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα οι πόροι καναλιών να μπορούν να μετατοπιστούν μεταξύ διαφορετικών προτύπων επικοινωνιών ως αντίδραση στις πραγματικές μετατοπίσεις φορτίων. Ως εκ τούτου, το κόστος της υποδομής και η επέκταση τυποποιημένου ραδιο-εξοπλισμού μπορεί να μειωθεί σημαντικά.
- **Καλύτερη υποστήριξη για τυποποιημένες λύσεις.** Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη ή οι προμηθευτές θα είναι σε θέση να τροποποιήσουν τα πρότυπα επικοινωνιών των συσκευών χωρίς να χρειάζεται να επενδύσουν σε ένα νέο σχεδιασμό υλικού (hardware). Οι χρήστες που χρειάζονται σχετικά λίγες λειτουργίες στις συσκευές τους, και για τους οποίους το κόστος του υλικού συνήθως είναι απαγορευτικό, θα κερδίσουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τις λειτουργίες αυτές στις συσκευές τους βελτιστοποιώντας και προσαρμόζοντας τις συσκευές στις ανάγκες τους.



4 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται ένα επιχειρησιακό μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει ένα σύνολο οντοτήτων και τις μεταξύ τους σχέσεις επιτρέποντας να αναλυθεί η λογική ενός επιχειρησιακού προτύπου για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα. Με σκοπό να αποδοθούν τα κέρδη των δικτύων αυτών θα παρουσιαστεί μια περιγραφή των οντοτήτων των δικτύων, οι μεταξύ τους σχέσεις και ο τρόπος υπολογισμού της αξίας τους.

Σκοπός είναι να αναδειχτούν τα πλεονεκτήματα και οι θετικές επιδράσεις στην αγορά και στους χρήστες με βάση ένα ρεαλιστικό σενάριο που προσομοιώνει την τωρινή κατάσταση στην αγορά και την είσοδο των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων στον κόσμο της ασύρματης τεχνολογίας. Επιπρόσθετα, αναλύονται θέματα για τις διαπραγματεύσεις μεταξύ των διαφορετικών παρόχων του δικτύου, όταν κατά την άφιξη μιας κλήσης, μια συστάδα WLAN ενεργοποιηθεί από τον πάροχο του WLAN και από το πάροχο του UMTS. Για να εμπλουτιστεί το σενάριο με περισσότερες παραμέτρους, αφού θα εστιάσει κυρίως στους χρήστες, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη περισσότερα του ενός προφίλ χρηστών για να υπάρξει μια σφαιρική και όσο το δυνατό πιο ολοκληρωμένη εικόνα της αγοράς.

4.1 Ανάλυση απαιτήσεων του χρήστη

Με την αποδοχή του χρήστη ως τη κεντρική οντότητα του σεναρίου που θα ακολουθήσει, η ανάλυση των απαιτήσεων των χρηστών και της αξίας τους αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη του επιχειρησιακού μοντέλου. Τη κύρια θέση στο επιχειρησιακό μοντέλο, αντί της τεχνολογίας, των διαχειριστών, των συσκευών και των τερματικών, παίρνει ο χρήστης με απαιτήσεις όπως η διαφάνεια και η κινητικότητα.



Ακολουθώντας την παραπάνω προσέγγιση τα προφίλ των χρηστών κατηγοριοποιούνται σε ομάδες. Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τις προτιμήσεις τους και την περαιτέρω χρήση των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων. Για να αποφευχθεί η παραδοχή ότι όλες οι υπηρεσίες προορίζονται για όλους τους χρήστες, οι υπηρεσίες λαμβάνουν υπόψη την κατηγοριοποίηση των χρηστών με αποτέλεσμα να γίνεται μια πραγματική παραδοχή για τη χρησιμότητά τους [3].

4.1.1 Απαιτήσεις και προσδοκίες χρηστών

- Απανταχού πρόσβαση και γνώση των πληροφοριών: το τερματικό αυτόνομα δίνει πληροφορίες στον χρήστη ανάλογα με το τρέχον περιβάλλον που βρίσκεται ο χρήστης
- Μείωση χρόνου μέσω τηλε-υπηρεσιών που διευκολύνουν, επιταχύνουν και προωθούν τις ανάγκες των χρηστών. Ακόμη, με βάση το προφίλ του χρήστη ενεργοποιούνται και απλοποιούνται οι διαδικασίες για μεταγενέστερη χρήση αυτών των υπηρεσιών.
- Μείωση κόστους, με τη χρήση μιας επαναδιαρθρώσιμης συσκευής για διαφορετικά πρότυπα. Σχετικό με τη μείωση κόστους είναι και η απαίτηση για περιορισμό των υπηρεσιών που χρεώνονται, με προσφορές χρέωσης μόνο εάν υπάρχει ξεκάθαρη ανάγκη για χρήση μιας υπηρεσίας και συγκατάθεση του χρήστη.
- Εξολοκλήρου επαναδιάρθρωση του τερματικού όταν φτάνει σε ένα διαφορετικό δίκτυο.
- Όταν γίνεται roaming, παρέχεται πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες που προσφέρονται από το δίκτυο (λαμβάνοντας υπόψη τη τοποθεσία και τα διαθέσιμα ραδιο-πρότυπα). Όπως για παράδειγμα διατήρηση του ίδιου αριθμού και πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες στις οποίες είχε γίνει εγγραφή.



- Συσκευές που επιτρέπουν την ταυτόχρονη αποθήκευση δεδομένων διαμόρφωσης για πολλαπλά πρότυπα (τουλάχιστον δύο), ώστε να αποφευχθεί το κατέβασμα λογισμικού όταν η επαναδιάρθρωση γίνεται στη πιο χρησιμοποιούμενη ραδιο-τεχνολογία. Έτσι επιτρέπεται γρήγορη επαναδιάρθρωση, ευκολότερη χρήση και μείωση κόστους (αφού το κατέβασμα του λογισμικού θα μπορούσε να αποτελεί ένα επιπρόσθετο κόστος).
- Διαφανής μετάβαση μεταξύ ραδιο-τεχνολογιών. Διεξοδύτικες υπηρεσίες, ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία.
- Υψηλή ποιότητα υπηρεσιών για όλες τις ραδιο-τεχνολογίες.
- Σύνδεση ανά πάσα στιγμή με τη ραδιο-τεχνολογία που επιτυγχάνει τη καλύτερη διαχείριση κόστους με βάση τις απαιτούμενες υπηρεσίες και το προφίλ του χρήστη.
- Η παρέμβαση του χρήστη ελαχιστοποιείται όταν η ανανέωση του λογισμικού και η επαναδιάρθρωση βασίζονται στα προφίλ των χρηστών.
- Σε περιπτώσεις που υπάρχουν ελλείψεις πληροφορίες ή ζητήματα προσωπικών δεδομένων, για να αυξηθεί η αυτόνομη συμπεριφορά του συστήματος λαμβάνονται πληροφορίες από το χρήστη.

Τα οφέλη των χρηστών στο επιχειρησιακό πρότυπο είναι η μείωση χρόνου, η μείωση κόστους, διαφανείς λειτουργία, διεκπεραίωση προβλημάτων κατά την επαναδιάρθρωση, απόδοση, ποιότητα υπηρεσιών, ασφάλεια και προσαρμογή υπηρεσιών.

Ειδικότερα για τη μείωση χρόνου, υπηρεσίες που προσφέρουν πληροφορίες, όπως ελεύθερος χώρος για στάθμευση, θα αποτελούν αντικείμενο κέρδους στο χρόνο γιατί οι χρήστες θα πηγαίνουν κατευθείαν στον ελεύθερο χώρο αποφεύγοντας καθυστερήσεις.



Το κατέβασμα λογισμικού από τα διαθέσιμα δίκτυα ενός παρόχου δικτύου θα είναι πιο οικονομικό από το κατέβασμα λογισμικού από ξένο πάροχο. Γίνεται χρήση ενός και μόνο τερματικού το οποίο λειτουργεί χωρίς ο χρήστης να ανησυχεί για τις διαθέσιμες ραδιο-τεχνολογίες. Δηλαδή, ένας ταξιδιώτης χρειάζεται μόνο μια συσκευή καθώς επισκέπτεται διαφορετικά μέρη και η οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλαπλά πρότυπα. Η ίδια συσκευή θα μπορεί να χρησιμοποιείται και από χρήστες που απαιτούν εξειδικευμένες υπηρεσίες και από απλούς χρήστες, διότι οι υπηρεσίες που θα προσφέρει η συσκευή θα καθορίζονται από το επαναδιαρθρώσιμο λογισμικό που θα κατεβαστεί. Η πιο προσιτή ραδιο-τεχνολογία μπορεί να επιλεγεί με βάση το κόστος και τις υπηρεσίες που επιθυμεί ο χρήστης.

Υπηρεσίες όπως η ενημέρωση για ελεύθερη στάθμευση που προαναφέρθηκε, είναι διαφανείς στους χρήστες και προαπαιτούν μόνο εγγραφή. Τυπικές αναδιαμορφώσεις, οι οποίες θα είναι επίσης διαφανείς στους χρήστες, θα γίνονται με οποιαδήποτε υπηρεσία ζητηθεί και η οποία λειτουργεί σε διαφορετικά ραδιο-πρότυπα. Άλλωστε διεργασίες που απαιτούν τη διαμόρφωση και την παρέμβαση των χρηστών δεν θα είχαν επιτυχία στους απλούς χρήστες που δεν έχουν πλήρη επαφή με την τεχνολογία και οι οποίοι αποτελούν τη μεγαλύτερη μερίδα της αγοράς. Έτσι η διαφάνεια προς τους χρήστες αποτελεί σημείο κλειδί.

Σε περίπτωση που αποτύχει η διαδικασία επαναδιάρθρωσης σε μια συσκευή, η συσκευή έχει τη δυνατότητα να επανέλθει στην προηγούμενη κατάσταση λειτουργίας της. Σε περίπτωση που αποτύχει η δικτυακή υποδομή κατά τη διάρκεια μιας επαναδιάρθρωσης, γίνεται προσπάθεια να επανέλθει στη κανονική της λειτουργία ή τουλάχιστον να προσφέρει τις βασικές υπηρεσίες. Αντιμετωπίζοντας μια ολική δυσλειτουργία του συστήματος, κάποια συστήματα θα ξεκινούσαν την ανάκτηση της λειτουργίας τους με την έννοια της αυτο-ανάκτησης, ακόμα και αναπτύσσοντας καινούρια πρότυπα που προσφέρονται σε περιπτώσεις κρίσης. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι επαναδιαρθρώσιμες συσκευές είναι σε θέση να κατεβάσουν το απαιτούμενο λογισμικό που θα είναι λειτουργικό για την αντιμετώπιση τους. Οι υπηρεσίες θα είναι μειωμένες, αλλά οι βασικές λειτουργίες όπως φωνή και υπηρεσίες δεδομένων, κυρίως για ειδικές ομάδες πληθυσμού, θα είναι προσβάσιμες.



Ένα από τα κυριότερα θέματα που αφορούν τις νέες τεχνολογίες, τα χαρακτηριστικά τους και τις ικανότητές τους είναι η απόδοσή τους και η ποιότητα υπηρεσιών που προσφέρεται σε ολόκληρο το σύστημα.

Η ασφάλεια περιλαμβάνει θέματα όπως πληροφορίες για προσωπικά δεδομένα που επιθυμεί ο χρήστης να γίνουν γνωστά και πρόσβαση σε συσκευές, υπηρεσίες και εφαρμογές από μη εξουσιοδοτημένες οντότητες. Τα προσωπικά δεδομένα είναι απόρρητα, εκτός αν επιτραπεί από το χρήστη η άρση του απορρήτου. Όταν τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών διαμοιράζονται μεταξύ παρόχων δικτύων, παρόχων υπηρεσιών και εφαρμογών, πρέπει να ζητείται η άδεια του χρήστη. Τα προφίλ των χρηστών πρέπει να διατίθενται μόνο για την πραγματοποίηση υπηρεσιών.

Το περιεχόμενο των υπηρεσιών προσαρμόζεται στη διαθέσιμη ποιότητα υπηρεσιών. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση όπου κατά τη μετάδοση μιας τηλεδιάσκεψης η ποιότητα χειροτερεύει, το σήμα προσαρμόζεται στο καινούριο ρυθμό δεδομένων μειώνοντας π.χ. το μέγεθος της εικόνας [3] [16].

4.1.2 Κατηγοριοποίηση Χρηστών

Η κατηγοριοποίηση των χρηστών σε κλάσεις καθορίζει την κατάτμηση χρηστών στην αγορά. Κάθε κλάση προσδιορίζει ένα προφίλ χρηστών και στη συνέχεια προσδίδονται οι ανάλογες υπηρεσίες από τους παρόχους υπηρεσιών. Οι κυριότερες κλάσεις είναι [3]:

- Ο αγνωστικιστής χρήστης (agnostic user)
- Ο χρήστης που αποδέχεται αμέσως την νέα τεχνολογία (early adopter)
- Ο χρήστης που ακολουθεί πιστά τις εξελίξεις στις νέες τεχνολογίες (fashion victim)
- Ο επιχειρηματίας (businessman)
- Ο χρήστης που ανά πάσα στιγμή πρέπει να είναι έτοιμος να αντιμετωπίσει κάποιο πρόβλημα ή επείγουσα ανάγκη, π.χ. γιατροί, πυροσβέστες κλπ (emergency uses)



Αναλυτικότερα, ο αγνωστικιστής χρήστης δεν ενδιαφέρεται για την τεχνολογία. Είναι το είδος του χρήστη που θεωρεί ότι το κινητό τηλέφωνο είναι απλά μια τηλεφωνική συσκευή που χρησιμοποιείται για να πραγματοποιούνται τηλεφωνικές συνομιλίες. Λόγω του ότι ο αγνωστικιστής δεν αναζητεί νέες εφαρμογές, επιθυμεί εύκολη χρήση και πρόσβαση στις υπηρεσίες, αλλιώς δεν θα χρησιμοποιήσει τις νέες τεχνολογίες. Συνήθως αλλάζει συσκευή μόνο όταν η προηγούμενη χαλάσει και θα επιλέξει την οικονομικότερη και πιο απλή λύση ή θα προτιμήσει να ψάξει για προσφορές και στις περισσότερες των περιπτώσεων θα αναζητήσει κάποιον που θα τον βοηθήσει στην αγορά της νέας συσκευής. Όσον αφορά το λογαριασμό ενδιαφέρεται το κόστος να είναι όσο το δυνατό χαμηλότερο, αλλά δεν είναι διατεθειμένος να ψάξει πακέτα προσφορών. Δίνει προσοχή στις χρεώσεις μόνο όταν λαμβάνει το λογαριασμό. Προτιμά χαμηλές χρεώσεις θυσιάζοντας την ποιότητα, χωρίς να αντιλαμβάνεται τη σχέση ποιότητας και τιμής.

Ο χρήστης που αποδέχεται αμέσως τις εξελίξεις της τεχνολογίας, είναι ο χρήστης που θεωρεί ότι δεν υπάρχει ζωή χωρίς τη τεχνολογία. Μια κινητή συσκευή είναι σχεδόν τέλεια γι' αυτόν και θα γινόταν ακόμα καλύτερη εάν είχαν προστεθεί σε αυτή και τα τελευταία τεχνολογικά επιτεύγματα. Αγοράζει μια συσκευή κάθε φορά που καταφτάνει στην αγορά το τελευταίο μοντέλο και συνήθως κατέχει και χρησιμοποιεί πολλές συσκευές ταυτόχρονα, ανάλογα με τις ανάγκες του και τα χαρακτηριστικά που έχει η κάθε συσκευή. Ενδιαφέρεται για το κόστος, αλλά το συγκρίνει με τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες που προσφέρονται και διατίθεται να πληρώσει περισσότερο ως αντάλλαγμα κάποιας καινούριας εφαρμογής. Ο συγκεκριμένος χρήστης είναι ο τύπος του χρήστη που θέλει να λαμβάνει τεχνικές αποφάσεις όπως για παράδειγμα να επιλέγει μεταξύ διαθέσιμων ραδιο-τεχνολογιών ανάλογα με την ποιότητα και τις υπηρεσίες που προσφέρονται.



Ο χρήστης που ακολουθεί τις τάσεις της μόδας στις νέες τεχνολογίες, είναι ο αυτός ο οποίος θεωρεί ότι η κινητή συσκευή πρέπει εξωτερικά να είναι τόσο ενδιαφέρουσα όσο και ωραία. Πρέπει να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως κάμερα, υψηλή ανάλυση χρωμάτων, WiFi/Bluetooth, ικανότητες για συνδιάσκεψη και μπαταρία μεγάλης διάρκειας. Συνήθως ο χρήστης αυτής της κατηγορίας αγοράζει τις συσκευές μόνος τους, αλλά θα πρέπει να έχουν μια ιδιαίτερη εμφάνιση. Δεν ενδιαφέρεται για το κόστος και θεωρεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι το κόστος τόσο καλύτερη ποιότητα παρέχεται. Ενδιαφέρεται για την τεχνολογία κυρίως για κοινωνικούς λόγους και όχι γιατί πραγματικά έχει ανάγκη τη χρήση νέων τεχνολογιών.

Ο επιχειρηματίας θέλει πάντα να είναι διαθέσιμες οι υπηρεσίες που του προσφέρονται. Είναι η πιο πολυσυζητημένη κατηγορία χρηστών στην αγορά και περιλαμβάνει επιχειρηματίες, επαγγελματίες, καθώς και δημοσιογράφους. Η συσκευή πρέπει να διαθέτει μικρό βάρος, μεγάλη κάλυψη, πλήρη λειτουργικότητα και συνδεσιμότητα. Οι επιχειρήσεις όταν αγοράζουν μαζικά συσκευές επιθυμούν ακόμη χαμηλές χρεώσεις και τιμές, αλλά οι ίδιοι οι επιχειρηματίες δεν ενδιαφέρονται για το κόστος. Αντίθετα στα άμεσα ενδιαφέροντα τους εμπίπτει η ποιότητα υπηρεσιών και αποτελούν την κατηγορία που ασχολείται περισσότερο με υπηρεσίες δεδομένων. Τέλος λόγω της ανάγκης για συνεχή διαθεσιμότητα, θέλουν η συσκευή και το δίκτυο να μπορούν να επανακτούν γρήγορα τις λειτουργίες τους σε περίπτωση αποτυχίας.

Στην τελευταία κατηγορία ανήκει ο χρήστης ο οποίος αποτελεί τον επαγγελματία με υψηλό ρίσκο στην εργασία του όπως οι γιατροί, οι πυροσβέστες, οι ορειβάτες και γενικά χρήστες που θέλουν διαθεσιμότητα δικτύου σε περιπτώσεις κρίσεων ή επείγουσας ανάγκης. Η ανάγκη για συνεχή κάλυψη και συνδεσιμότητα είναι τόσο υψηλή που προτιμούν να θυσιάσουν την ποιότητα. Προτιμούν χαμηλή ποιότητα υπηρεσιών που θα τους προσφέρει κάλυψη για μέρες, παρά υψηλή εγγυημένη ποιότητα για λίγες ώρες. Ενδιαφέρονται για τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και την ικανότητα ανάκτησης υπηρεσιών σε περίπτωση αποτυχίας του δικτύου ή της συσκευής ώστε να είναι σε ετοιμότητα ανά πάσα στιγμή.



Συμπερασματικά η κάθε ομάδα χρηστών έχει διαφορετικές ανάγκες οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό του επιχειρηματικού μοντέλου, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κάλυψη αναγκών με το χαμηλότερο κόστος και την καλύτερη ποιότητα. Στον Πίνακα 3 δίνεται η συσχέτιση χρηστών με διαφορετικό προφίλ που αναλύθηκαν παραπάνω με τις απαιτήσεις που έχει ο κάθε τύπος χρήστη.

Πίνακας 3: Συσχέτιση ομάδων χρηστών με απαιτήσεις

Ομάδες Χρηστών	Agnostic	Early Adopter	Fashion Victim	Businessman	Emergency uses
Απαιτήσεις					
Πανταχού παρούσα πρόσβαση	1	1	1	1	1
Επίγνωση πληροφοριών πρόσβασης	1	1	1	1	1
Επαναδιάρθρωση	1	3	1	1	1
Διεσδουτικές υπηρεσίες	1	1	1	1	2
Περισσότερα πρότυπα τεχνολογιών	2	1	2	1	1
Αυτόνομες μεταπομπές	2	1	2	1	2
Υψηλή ποιότητα υπηρεσιών μεταξύ όλων των ραδιο-τεχνολογιών	2	1	1	1	2
Μειωμένες χρεώσεις	1	3	2	3	3
Λειτουργία με βάση το προφίλ των χρηστών	2	1	3	1	1
Γνώση δυνατοτήτων συσκευής	2	1	2	1	1
Ασφάλεια	2	1	2	1	1
Αξίες					
Μείωση κόστους	1	3	2	2	3
Διαφανής λειτουργία	1	4	2	1	2
Αυτόνομη λειτουργία	1	1	1	1	1



Ανάκτηση λειτουργιών	2	2	2	1	1
Απόδοση	2	1	2	1	1
Ποιότητα υπηρεσιών	3	1	2	1	2
Προσαρμογή περιεχομένου	2	1	2	1	1
Διασφάλιση προσωπικών δεδομένων	2	2	3	1	2
Ασφάλεια	3	2	3	1	1
Μείωση χρόνου	2	3	4	2	1
Διάρκεια ζωής μπαταρίας	2	2	3	2	1
1: Πολύ σημαντικό, 2: Σημαντικό, 3: Χρήσιμο, 4: Όχι απαραίτητο					

4.2 Ανάπτυξη επιχειρησιακού μοντέλου

Ο αντικειμενικός σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να παρουσιαστεί ένα επιχειρησιακό πρότυπο βασισμένο στις ανάγκες των χρηστών και της αγοράς. Παρουσιάζονται οι οντότητες που το συνθέτουν καθώς και οι μεταξύ τους σχέσεις. Προσδιορίζεται ο ρόλος ύπαρξης κάθε οντότητας στο μοντέλο, οι πιθανές αλληλεξαρτήσεις και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους [3] [16].

4.2.1 Ρόλοι και Λειτουργίες Επιχειρησιακού Προτύπου

Στο παρόν υποκεφάλαιο αναλύονται οι επιχειρησιακοί ρόλοι κάθε οντότητας που συνιστούν το επιχειρησιακό μοντέλο [19] [3].

Ο χρήστης ή ο αγοραστής (User/ Buyer) είναι ο τελικός καταναλωτής του μοντέλου και αποτελεί την κύρια πηγή εσόδων.

Ο κάτοχος της συσκευής ή ο συνδρομητής (Device Owner/ Subscriber) είναι η οντότητα που σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή χρησιμοποιεί την συσκευή για σύνδεση και παροχή υπηρεσιών.

Ο κάτοχος του δικτύου (Home Network Business Owner, HNBO) παρέχει δικτυακές υπηρεσίες στους καταναλωτές που παρευρίσκονται στην περιοχή που έχει αναλάβει να προσφέρει υπηρεσίες, και παρέχει επικύρωση, εξουσιοδότηση και



διεκπεραιώνει διαδικασίες σχετικές με λογαριασμούς (Authentication, Authorization, Accounting). Συνήθως αποζημιώνεται απαευθείας από τους συνδρομητές.

Ο πάροχος δικτύου (Home Network Operator) παρέχει στους καταναλωτές και στους ιδιοκτήτες δικτύων ασύρματη γεωγραφική κάλυψη, βασισμένη στο επίπεδο των υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων εμβέλειας, ταχύτητας και ποιότητας υπηρεσιών. Κατέχει λειτουργίες υποστήριξης εφαρμογών και αποζημιώνεται από τους κατόχους των δικτύων.

Ο διαχειριστής συσκευών (Device Manager) είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση και έλεγχο των συσκευών που ανήκουν στην εμβέλεια του παρόχου δικτύου.

Ο διαχειριστής υποδομής (Infrastructure Manager) αναλαμβάνει ευθύνες για όλη τη δικτυακή διαχείριση (σταθμούς βάσης, επαναλήπτες κλπ).

Ο διαχειριστής επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Manager) είναι υπεύθυνος για την διαχείριση της διαδικασίας επαναδιάρθρωσης και πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οντοτήτων που εμπλέκονται. Ενσωματώνεται είτε στο ρόλο του παρόχου δικτύου είτε στο κατασκευαστή.

Ο διαχειριστής φάσματος (Spectrum Manager) ενσωματώνεται στο ρόλο του παρόχου δικτύου και είναι υπεύθυνος για τη συνεργασία με διαφορετικούς παρόχους φάσματος ώστε να επιτευχθεί μια δυναμική διαχείριση φάσματος.

Ο μεσάζων σε θέματα φάσματος (Spectrum Broker) είναι υπεύθυνος για την κατανομή διαφορετικών ζωνών φάσματος σε διαφορετικούς παρόχους δικτύου κατά την περίπτωση που περισσότεροι του ενός πάροχοι εμπλέκονται στη διαδικασία ανταλλαγής υπηρεσιών.

Ο διαχειριστής πιστοποίησης (Certification Manager) εξασφαλίζει την αυθεντικότητα του λογισμικού που κατεβάζεται σε περίπτωση διαδικασιών επαναδιάρθρωσης και τη διαμόρφωση του λογισμικού με τα απαιτούμενα πρότυπα. Ακόμη σε περιπτώσεις όπου πρέπει αμερόληπτα να δοθούν άδειες για λειτουργία τρίτων προσώπων στο σύστημα ο πάροχος πιστοποίησης αναλαμβάνει να διεκπεραιώσει θέματα που αφορούν πιστοποίηση τέτοιων οντοτήτων.



Ο κάτοχος ασύρματου δικτύου (Network Business Owner) εντάσσεται στην περίπτωση του λογικού Home Network Business Owner όταν προσφέρει δικτυακές υπηρεσίες σε καταναλωτές σε μια γεωγραφική περιοχή όπου δεν του ανήκουν οι απαιτούμενοι πόροι και η υποδομή, απλά τις χρησιμοποιεί για να ανταπεξέλθει στις ανάγκες για απανταχού κάλυψη.

Ξένος κάτοχος δικτύου (Foreign Network Business Owner) αναφέρεται στην περίπτωση όπου κάποιος ξένος κάτοχος δικτύου προσφέρει δικτυακές υπηρεσίες σε καταναλωτές που δεν ανήκουν στο συγκεκριμένο δίκτυο, μέσω συμφωνιών με τους αντίστοιχους κατόχους στους οποίους ανήκουν αυτοί οι χρήστες.

Ο κατασκευαστής (Manufacturer) είναι υπεύθυνος για την κατασκευή και διανομή των συσκευών, όπως τερματικές συσκευές και σταθμούς βάσης που προορίζονται για παροχή δικτύου και υπηρεσιών. Επίσης μπορεί να αναπτύξει και να διαθέσει στοιχεία λογισμικού ή υπηρεσιών σε κάποιο συγκεκριμένο προϊόν. Γενικότερα δημιουργεί και διανέμει οποιοδήποτε προϊόν το οποίο δεν είναι υπηρεσία, δηλαδή μπορεί να περιλαμβάνει οποιαδήποτε τμήματα υλικού και αυτόνομα προγράμματα λογισμικού.

Ο υπεύθυνος ανάπτυξης λογισμικού (Platform Modules Developer) μπορεί να ενσωματωθεί στο ρόλο του κατασκευαστή ο οποίος αναπτύσσει λογισμικό το οποίο εγκαθίσταται και τρέχει σε επαναδιαρθρώσιμα στοιχεία δικτύου ή στις συσκευές των χρηστών. Γενικότερα προσφέρει υπο-προϊόντα που χρησιμοποιεί ο κατασκευαστής για την ανάπτυξη του εξοπλισμού.

Ο εξωτερικός πάροχος υπηρεσιών (Outsource Network Provider) είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Ακόμη λειτουργεί και ως πάροχος ταυτοποίησης και διαχειριστής συσκευών.

Ο συνολικός και ενδιάμεσος χώρος (Store), χρησιμοποιείται για διαφήμιση και γνωστοποίηση υπηρεσιών στους συνδρομητές.



Ο πάροχος υπηρεσιών και εφαρμογών (Application Service Provider, ASP) αναπτύσσει εφαρμογές για τους χρήστες, και τις παρέχει είτε δωρεάν είτε σε εγγεγραμμένους χρήστες. Είναι υπεύθυνος για τις εκτελούμενες εφαρμογές, τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών και για την ασφάλεια επιπέδου υπηρεσιών.

Ο διαχειριστής πόρων και φάσματος (Resource and Spectrum Manager) επεκτείνει το ρόλο του διαχειριστή φάσματος κατέχοντας αρμοδιότητες για θέματα διαχείρισης πόρων. Ο ρόλος αυτός ενσωματώνεται στην οντότητα του παρόχου δικτύου.

Ο μεσάζων που ασχολείται με θέματα πρόσβασης στο δίκτυο (Access Broker) λειτουργεί ως μεσάζων για τη διατήρηση της απευθείας σύνδεσης με τους χρήστες σε περιπτώσεις υπερφόρτωσης του δικτύου. Μπορεί να ενσωματωθεί στο ρόλο του κατόχου του δικτύου, αλλά αν ευθύνεται για την πρόσβαση σε όλο το δίκτυο τότε ενσωματώνεται στο ρόλο του μεσάζοντα για το φάσμα.

Ο κάτοχος περιεχομένου των υπηρεσιών (Content Owner) φυλάσσει και πουλά το περιεχόμενο των υπηρεσιών στους παρόχους υπηρεσιών καθώς και στους τελικούς χρήστες. Ακόμη μπορεί να αναπτύσσει και να πουλά ολόκληρες εφαρμογές.

Ο διαχειριστής περιεχομένου (Content Aggregator) παρέχει σε καταναλωτές και διαχειριστές πρόσβαση στο περιεχόμενο πολλαπλών εφαρμογών. Διευθετεί θέματα που αφορούν επαναχρησιμοποίηση και πώληση περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένου και θεμάτων που αφορούν τη διαφήμιση.

Ο ρόλος του ρυθμιστή (Regulatory) υποστηρίζει το επαναδιαρθρώσιμο σύστημα, παρέχοντας για παράδειγμα άδειες, και πληρώνεται από τις αντίστοιχες κάθε φορά οντότητες.

Ο διαφημιστής (Advertiser) αντιπροσωπεύει μια πηγή εσόδων. Έχει άμεση επαφή με τον κατασκευαστή, τον κάτοχο του δικτύου και προσπαθεί να προωθήσει στους τελικούς χρήστες κάθε νέα εφαρμογή. Όσο περισσότερους χρήστες πείσει για τις δυνατότητες του δικτύου και του συστήματος, τόσο περισσότερα έσοδα θα υπάρχουν στο σύστημα.



Οι χορηγοί (Subsidizer) παρέχουν τη δυνατότητα σε συγκεκριμένες ομάδες χρηστών να συμμετάσχουν λειτουργικά στο σύστημα ως καταναλωτές ή συνδρομητές. Ο ρόλος του χορηγού είναι παρόμοιος με αυτό του διαφημιστή με τη διαφορά ότι ο χορηγός αντιπροσωπεύει ειδικές ομάδες χρηστών όπως συνεργάτες μιας μεγάλης επιχείρησης.

4.2.2 Ρυθμιστικές Αρμοδιότητες

Οι οντότητες που εμπλέκονται στις διαδικασίες επαναδιάρθρωσης αναλύονται σε δύο διαστάσεις, τη λειτουργική και τη διοικητική. Ειδικότερα ο κατασκευαστής εξοπλισμού παρέχει την επαναδιαρθρώσιμη πλατφόρμα, την επωνυμία, τις ανανεώσεις λογισμικού (ή τις νέες εκδόσεις), ασχολείται με τα διαδικαστικά για την έναρξη ανανέωσης λογισμικού και την εγκατάσταση του. Ακόμη είναι υπεύθυνος για την σωστή λειτουργία του υλικού με την έννοια της λειτουργίας στο ραδιο-περιβάλλον και για την αρχικοποίηση του λογισμικού που προσφέρεται από το υλικό (πχ ασφάλεια).

Στον πάροχο δικτύου ανήκει το φάσμα όπως και ολόκληρη η υποδομή και μπορεί να λειτουργήσει και σαν πάροχος υπηρεσιών. Παρέχει τους ραδιο-πόρους, διαχείριση κινητικότητας, προώθηση και διαχείριση της κίνησης που σχετίζεται με υπηρεσίες που προσφέρονται στους χρήστες. Επιπρόσθετα η παροχή της υποδομής και η ασφάλεια συνδεσιμότητας για επικοινωνία, η σηματοδότηση, το κατέβασμα λογισμικού και η κατάλληλη λειτουργία του τερματικού και του εξοπλισμού γενικότερα είναι μέσα στα όρια της διοικητικής του περιοχής.

Ο πάροχος λογισμικού αντιπροσωπεύει μια τρίτη οντότητα που παρέχει εφαρμογές λογισμικού καθώς και χαμηλού επιπέδου λογισμικό διαμόρφωσης, πρωτόκολλα και εφαρμογές λογισμικού. Η βασική του λειτουργία είναι να αναπτύσσει και να παρέχει ένα μηχανισμό για έλεγχο αξιοπιστίας (πρόληψη πλαστοπροσωπίας) καθώς και ασφαλή στοιχεία δικτύου όταν παρέχει λογισμικό (πχ ασφαλές κατέβασμα λογισμικού).



Ο πάροχος υπηρεσιών παρέχει τις απαιτούμενες υπηρεσίες. Μπορεί να ζητήσει διαμόρφωση του εξοπλισμού για να επιτρέψει την παροχή υπηρεσιών. Εξασφαλίζει την αξιοπιστία του περιεχομένου των υπηρεσιών που προσφέρει, είτε πέρνοντας κάποια μέτρα για να τη διασφαλίσει είτε ζητώντας ανανέωση του λογισμικού ή του περιεχομένου.

Ο πάροχος υπηρεσιών που υποστηρίζει την επαναδιάρθρωση (όπως για παράδειγμα ο πάροχος επαναδιάρθρωσης) παρέχει τις βασικές υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για την επαναδιάρθρωση, συμπεριλαμβάνοντας και ασφαλές κατέβασμα λογισμικού. Ακόμη πρέπει να προσφέρει έλεγχο και ασφαλή μηχανισμό για την πραγματοποίηση του κατεβάσματος του λογισμικού, καθώς και να ελέγχει τη συμβατότητα και την καταλληλότητα του λογισμικού που κατεβάζεται.

Ο χρήστης ή ο συνδρομητής που χρησιμοποιεί τον εξοπλισμό και την υποδομή, μπορεί να ζητήσει εγκατάσταση νέων εφαρμογών και να επιτρέψει ή να αποτρέψει κάποια επαναδιάρθρωση. Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι οι χρήστες πρέπει να διαβάζουν τις οδηγίες και να δρουν βάση των κανονισμών. Να είναι ενήμεροι των δυνατοτήτων και των περιορισμών της κάθε εφαρμογής που χρησιμοποιούν ή επρόκειτο να χρησιμοποιήσουν όπως για παράδειγμα τα μέγιστα επίπεδα ισχύος και τη λειτουργικότητα των διεπαφών.

Ο ρυθμιστής (regulator) θέτει το πλαίσιο για τη χρησιμοποίηση του επαναδιαρθρώσιμου εξοπλισμού, παρέχει εξουσιοδοτήσεις σε μισθωτούς κατόχους για τη χρήση του φάσματος και ρυθμίζει τη χρήση του και τη κυκλοφορία του επαναδιαρθρώσιμου εξοπλισμού (μεταξύ των χωρών). Θέτει τη δομή για τη διαμόρφωση και επαναδιάρθρωση, για τη χρήση του φάσματος, για τον καθορισμό των συνθηκών λειτουργίας, της πολιτικής που ακολουθείται, καθώς και για τον καθορισμό των λειτουργικών ρόλων και των ποινών σε περίπτωση καταπάτησης ή παραβίασης των ευθυνών και των κανονισμών.



Με τον έλεγχο επαναδιάρθρωσης, όπως αξιοπιστία, ασφάλεια και διαχείριση φάσματος, ελέγχεται αν οι εσκεμμένες επαναδιαρθρώσεις συμμορφώνονται με τα πρότυπα λειτουργίας ή αν ο εξοπλισμός αποτρέπεται από το να εκτελέσει μια εσκεμμένη επαναδιάρθρωση. Ακόμη επιβλέπει τη διαχείριση του φάσματος και το ιστορικό των διαμορφώσεων κάθε συσκευής.

4.2.3 Μετέχουσες Οντότητες και Σύνοψη Αρμοδιοτήτων

Στην παρούσα υποενότητα παρουσιάζεται μια σύνοψη των ρόλων που εμπλέκονται στο επιχειρησιακό μοντέλο και η αντιστοιχία τους με τις βασικές οντότητες που το συνιστούν και τις ρυθμιστικές διαδικασίες που ορίζουν ένα εναρμονισμένο μοντέλο επαναδιάρθρωσης [3]. Οι βασικές οντότητες που αποτελούν το επιχειρησιακό πρότυπο είναι ο κατασκευαστής εξοπλισμού (Equipment Manufacturer), ο πάροχος δικτύου (Network Operator), ο πάροχος λογισμικού (Software Provider), ο πάροχος υπηρεσιών (Service Provider), ο βοηθητικός πάροχος υπηρεσιών που ασχολείται με την επαναδιάρθρωση (Reconfiguration Support Service Provider), ο χρήστης ή ο συνδρομητής (User/ Subscriber), ο ρυθμιστής (Regulator) και ο ελεγκτής επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Controller). Οι οντότητες αυτές εκτελούν κάποιες βασικές λειτουργίες στο επιχειρησιακό μοντέλο, επίσης προστίθενται σε κάθε οντότητα και κάποιοι από τους ρόλους που αναλύθηκαν στην ενότητα 4.2.1.

Αναλυτικότερα, από ρυθμιστικής πλευράς ο κατασκευαστής του εξοπλισμού (Equipment Manufacturer) είναι υπεύθυνος για το υλικό και την παροχή του αντίστοιχου λογισμικού. Συμπληρωματικά, όντας υπεύθυνος για την ανανέωση και αρχικοποίηση του λογισμικού, ενσωματώνεται στο ρόλο του παρόχου επαναδιάρθρωσης. Ακόμη, ευθύνεται για την ορθή λειτουργία του παρεχόμενου υλικού και λογισμικού. Παρόμοια μπορεί να θεωρηθεί ότι ο κατασκευαστής εξοπλισμού είναι υποκείμενος για τα προϊόντα που παρέχονται (λογισμικό, υλικό), έτσι θεωρείται κατασκευαστής με αυξημένες αρμοδιότητες που τον ενσωματώνουν στον ρόλο του παρόχου επαναδιάρθρωσης.



Ο πάροχος δικτύου (Network Operator) περικλείει δύο ρόλους λειτουργίας, επιχειρησιακούς και τεχνικούς. Ειδικότερα, με την έννοια του κατόχου του δικτύου (Network Business Owner), του ανήκει η απαραίτητη υποδομή, διατηρεί τις απαιτούμενες άδειες λειτουργίας και διαχειρίζεται θέματα που αφορούν το φάσμα όπως αυτό διατίθεται από το κράτος. Αναφορικά με τους τεχνικούς ρόλους, ο πάροχος δικτύου διεκπεραιώνει θέματα που αφορούν τους ραδιο-πόρους, την κινητικότητα και την παροχή υπηρεσιών σε σχέση με τη διαχείριση της κίνησης στο δίκτυο. Για διευκρινιστικούς λόγους πρέπει να σημειωθεί ότι η παροχή υπηρεσιών μπορεί να είναι μια ραδιο-υπηρεσία, παράδειγμα της οποίας αποτελεί η ραδιο-κάλυψη ή υπηρεσίες που αφορούν τους καταναλωτές όπως ήχος, SMS, υπηρεσίες δεδομένων κλπ. Στο ρόλο του παρόχου δικτύου ενσωματώνεται και αυτός του παρόχου υπηρεσιών προς τους χρήστες (Customer Service Provider). Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί σαν υπο-πάροχος δικτύου ο οποίος ενεργεί κάτω από την επίβλεψη του κατόχου του δικτύου (Network Business Owner). Ακόμη ο πάροχος δικτύου έχει ευθύνη για τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού στη διοικητική περιοχή που του ανήκει καθώς και για διαδικασίες ενημέρωσης λογισμικού, αρμοδιότητες που ανήκουν σε έναν πάροχο επαναδιάρθωσης και στον κάτοχο δικτύου με την έννοια ότι η διαχείριση επαναδιάρθωσης πρέπει να εξασφαλίζει μια ασφαλή και σωστή λειτουργία των συσκευών μετά από μια διαδικασία επαναδιάρθωσης. Έτσι ο πάροχος δικτύου αντιστοιχίζεται με το ρόλο κατόχου του δικτύου και τον πάροχο επαναδιάρθωσης.

Εδώ πρέπει να διευκρινιστεί ότι η περίπτωση ενός κινητού παρόχου δικτύου αποτελεί μια ειδική περίπτωση του παρόχου δικτύου με την έννοια ότι σχετίζεται με τους τελικούς χρήστες προσφέροντας τους συνδεσιμότητα σε μια γεωγραφική περιοχή και πληρώνεται από τους ίδιους. Αλλά, δεν του ανήκουν η υποδομή, οι πόροι και οι πιθανές άδειες αντίθετα τις νοικιάζει από τους κατόχους δικτύου. Έτσι αντιστοιχίζεται στο ρόλο του παρόχου υπηρεσιών παρέχοντας στους χρήστες βασικές υπηρεσίες όπως ήχο, SMS και υπηρεσίες δεδομένων, αλλά δεν ενσωματώνεται με το ρόλο του παρόχου επαναδιάρθωσης.



Ο πάροχος λογισμικού (Software Provider) θεωρείται ως «τρίτο πρόσωπο» που εμπλέκεται στην παροχή λογισμικού, και αναφέρεται μόνο στη χαμηλού επιπέδου διαμόρφωση και παροχή πρωτοκόλλων. Σε αυτή τη περίπτωση τα αντίστοιχα στοιχεία (πρωτόκολλα κλπ) αναλαμβάνει ο Platform Modules Developer. Το θέμα που προκύπτει εδώ είναι ότι ο πάροχος υπηρεσιών και εφαρμογών θεωρείται μια οντότητα που ασχολείται με την παροχή προϊόντων στους χρήστες ενώ ο Platform Modules Developer ενσωματώνεται στο ρόλο του κατασκευαστή, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παροχή λογισμικού που σχετίζεται με την επαναδιάρθρωση. Έτσι ο πάροχος λογισμικού ως τρίτο πρόσωπο βρίσκει εφαρμογή κατά την περίπτωση που ο κατασκευαστής δεν μπορεί να διεκπεραιώσει τέτοιες λειτουργίες. Παρόλα αυτά ο κατασκευαστής παραμένει υπεύθυνος για τη λειτουργία της πλατφόρμας επαναδιάρθρωσης.

Η αξία του παρόχου υπηρεσιών (Service Provider) στο επιχειρησιακό μοντέλο είναι απόλυτα συνδεδεμένη με τις υπηρεσίες που προσφέρει. Έχουν προσδιοριστεί πολλά είδη υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένου ραδιο-υπηρεσιών (ραδιο-κάλυψη), βασικές υπηρεσίες προς τους χρήστες (voice, sms), υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας (πολυμεσικές υπηρεσίες, υπηρεσίες προσαρμογής περιεχομένου) καθώς και υπηρεσίες επαναδιάρθρωσης (κατέβασμα λογισμικού, ανάκτηση λειτουργίας). Καταρχήν στην περίπτωση των βασικών υπηρεσιών που προσφέρονται στους χρήστες ο πάροχος υπηρεσιών ενσωματώνεται στο ρόλο του κατόχου του δικτύου. Στην περίπτωση των υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας ο πάροχος υπηρεσιών έχει το ρόλο είτε του κατασκευαστή ο οποίος μπορεί να πάρει κάποια χαρακτηριστικά του είτε του Customer Service Provider. Με την έννοια του κατασκευαστή δεν παρέχει υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες με πρόσθετη πληρωμή αλλά αναπτύσσει προϊόντα που υποστηρίζουν κάποιες υπηρεσίες και τις διανέμει ενσωματωμένες στο υλικό (hardware).



Ο βοηθητικός πάροχος υπηρεσιών επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Support Service Provider) αποτελεί βοηθητική οντότητα του παρόχου επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Manager), παρέχοντας τις βασικές υπηρεσίες για επαναδιάρθρωση όπως μηχανισμούς για συντονισμό των διεργασιών. Μπορεί να ενσωματωθεί στους κατόχους δικτύου (εκτελώντας τους ρόλους των παρόχων εξοπλισμού ή συσκευών) και στον κατασκευαστή. Δεν μπορεί να υπάρξει και να λειτουργήσει ανεξάρτητα εκτός και αν ο αριθμός των χρηστών και οι χρηματοροές δικαιολογούν την ύπαρξη του.

Οι τελικοί χρήστες ή οι συνδρομητές (User/ Subscribers) έχουν πολλαπλούς ρόλους στο επιχειρησιακό πρότυπο. Όταν χρησιμοποιούν τη τελική συσκευή θεωρούνται ως κάτοχοι της συσκευής (Device Owner). Παρόμοια όταν τους ζητείται η άδεια, δέχονται ή απορρίπτουν, με καθορισμένο τρόπο, μια διαδικασία επαναδιάρθρωσης θεωρούνται ως χρήστες ή αγοραστές (User/ Buyer).

Ο ρυθμιστής (Regulator) παρέχει εξουσιοδότηση για χρήση του φάσματος σε επιχειρήσεις και κυβερνήσεις. Κατά μία έννοια έχει το ρόλο του μεσάζοντα που ασχολείται με το φάσμα. Αν και ο ρυθμιστής δεν εμπεριέχεται στο επιχειρησιακό μοντέλο λόγω του ότι ως οντότητα δεν έχει επαφή με τον κύριο καταναλωτή, μπορεί να ενσωματωθεί με την έννοια ότι κατανέμει το φάσμα σε κατόχους δικτύου.

Ο ελεγκτής επαναδιάρθρωσης, λειτουργικά, θεωρείται ότι ενοποιεί τους ρόλους της πιστοποίησης, της ασφάλειας και της διαχείρισης του φάσματος. Οπότε ενσωματώνεται με τον διαχειριστή πιστοποίησης (Certification Manager) και τον διαχειριστή φάσματος (Spectrum Manager). Ενώ με θέματα ασφάλειας ασχολούνται οι πάροχοι υποδομής και συσκευών στους ρόλους των οποίων εντάσσεται και ο ελεγκτής φάσματος [3].



Στον Πίνακα 4 συνοψίζονται οι οντότητες που αποτελούν το επιχειρησιακό πρότυπο των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων και οι αρμοδιότητές τους.

Πίνακας 4: Οντότητες και Αρμοδιότητες Επιχειρησιακού Μοντέλου

Οντότητες	Δραστηριότητες	Ρόλοι
Κατασκευαστής Εξοπλισμού (Equipment Manufacturer)	Παροχή υλικού και λογισμικού	Κατασκευαστής (Manufacturer)
	Συντονισμός ανανέωσης λογισμικού	Κατασκευαστής (Manufacturer), Διαχειριστής επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Manager)
Πάροχος Δικτύου (Network Operator)	Χρήση φάσματος, κάτοχος υποδομής και αδειών	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Παροχή ραδιο-υπηρεσιών	Πάροχος Δικτύου (Network Operator)
	Παροχή βασικών υπηρεσιών στους χρήστες	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Διαχείριση ραδιο-πόρων και κινητικότητας	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση την κίνηση του δικτύου	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Σωστή λειτουργία μετά από επαναδιάρθρωση	Κατασκευαστής (Manufacturer), Διαχειριστής επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Manager)
	Διεκπεραίωση ανανέωσης λογισμικού	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Διαχείριση φάσματος και ραδιο-πόρων	Διαχειριστής ραδιο-πόρων και φάσματος (Resource and Spectrum Manager)
Πάροχος Λογισμικού (Software Provider)	Παροχή επαναδιάρθρωσης και πρωτοκόλλων χαμηλού επιπέδου	Υπεύθυνος Ανάπτυξης Λογισμικού (Platform Module Developer), Κατασκευαστής (Manufacturer)
Πάροχος Υπηρεσιών (Service Provider)	Παροχή υπηρεσιών- βασικές υπηρεσίες	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner)
	Παροχή υπηρεσιών- υπηρεσίες που παρέχονται μέσω συσκευής και του αντίστοιχου λογισμικού	Κατασκευαστής (Manufacturer)

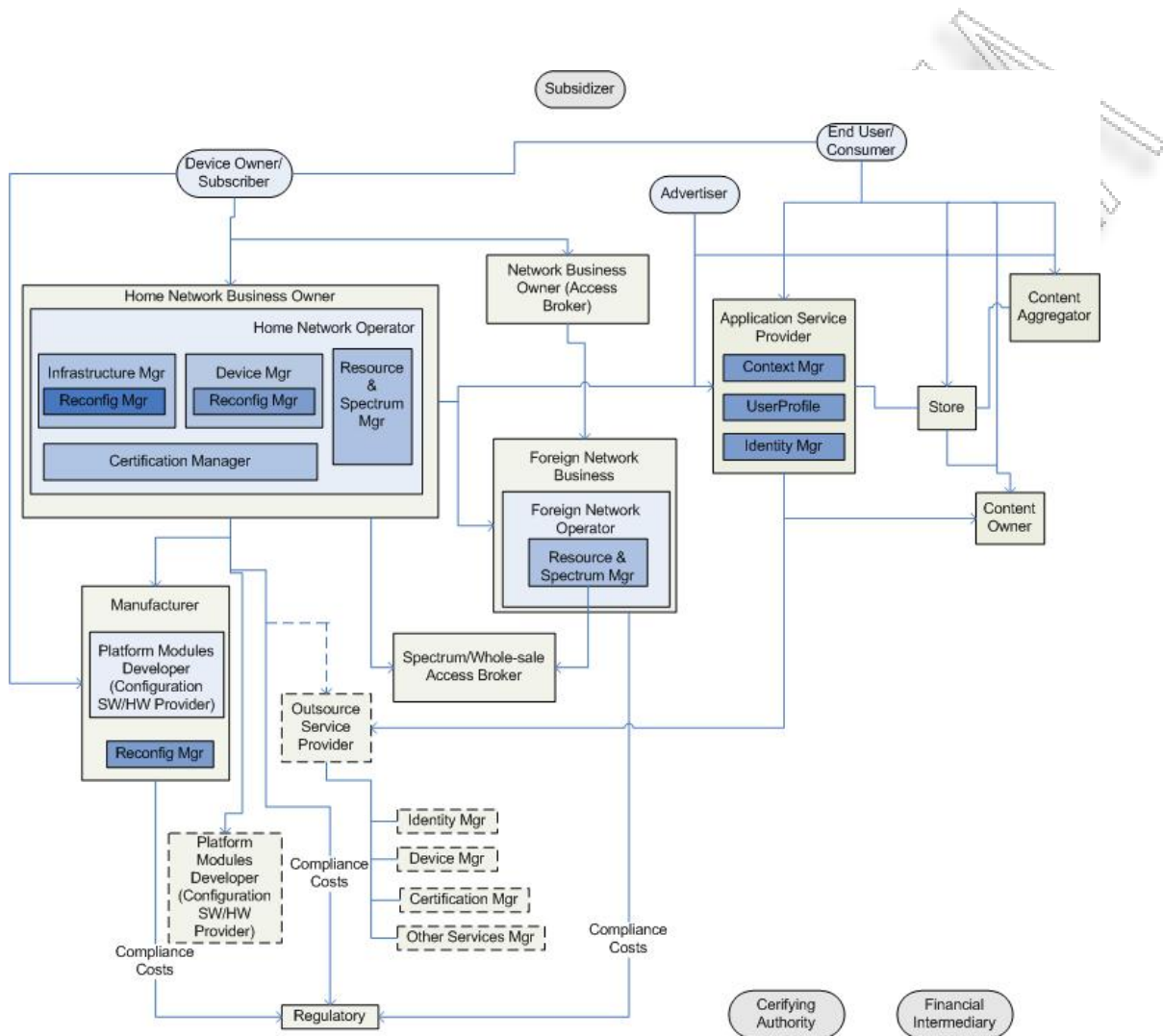


	Παροχή υπηρεσιών- υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας	Πάροχος Υπηρεσιών (Application Service Provider)
Βοηθητικός Πάροχος Υπηρεσιών Επαναδιάρθρωση (Reconfiguration Support Service Provider)	Συντονισμός εργασιών	Διαχειριστής Επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Manager)
Χρήστης/ Συνδρομητής (User/ Subscriber)	Χρήση συσκευής	Κάτοχος Συσκευής (Device Owner)
	Αποδοχή ή απόρριψη διαδικασίας επαναδιάρθρωσης	Χρήστης (User)/ Αγοραστής (Buyer)
Ρυθμιστής (Regulator)	Κατανομή φάσματος	Ρυθμιστής (Regulator)
Ελεγκτής Επαναδιάρθρωσης (Reconfiguration Controller)	Διαχείριση φάσματος	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner), Διαχειριστής Φάσματος (Spectrum Manager)
	Διαχείριση εξουσιοδοτήσεων	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner), Υπεύθυνος Εξουσιοδοτήσεων (Certification Manager)
	Διαχείριση ασφάλειας	Κάτοχος Δικτύου (Network Business Owner), Διαχειριστής Συσκευών/Εξοπλισμού (Device/Infrastructure Manager)

Η Εικόνα 8 παρουσιάζει το επιχειρησιακό μοντέλο για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, όπως αναλύθηκε παραπάνω (ενότητα 4.2.3), τις οντότητες που αποτελούν καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις.



Επικύρωση Επιχειρησιακού Μοντέλου σε Υποδομές Σύνθετων και Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων



Εικόνα 8: Επιχειρησιακό Μοντέλο Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων



5 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Η παρούσα έρευνα πραγματεύεται την επίδραση των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων σε μια σύνθετη ραδιο-τεχνολογία που αποτελείται από GPRS/UMTS/WLAN τεχνολογίες, σε μια τυπική μεγάλη Ευρωπαϊκή χώρα. Σκοπός είναι να αναδειχτούν τα πλεονεκτήματα και οι θετικές επιδράσεις των σύνθετων και επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων στην αγορά και στους χρήστες, με έμφαση στο κέρδος που προκύπτει από τη μείωση της αρχικής επένδυσης (CAPEX).

Η χρονική περίοδος για την ανάλυση των αποτελεσμάτων εκτείνεται από το 2006 (οπότε και υπολογίζεται η επένδυση) έως το 2009. Το ακόλουθο σενάριο αναφέρεται στους χρήστες που μοιράζονται διαφορετικούς παρόχους δικτύων και κινούνται μεταξύ διαφορετικών ραδιο-τεχνολογιών. Λαμβάνεται υπόψη η ποιότητα των υπηρεσιών κατά την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας, κάτι το οποίο μπορεί να επιφέρει αλλαγές στην κοστολογική πολιτική και στην χρέωση των χρηστών για κάθε τεχνολογία.

5.1 ΣΥΝΘΕΤΑ ΡΑΔΙΟΔΙΚΤΥΑ

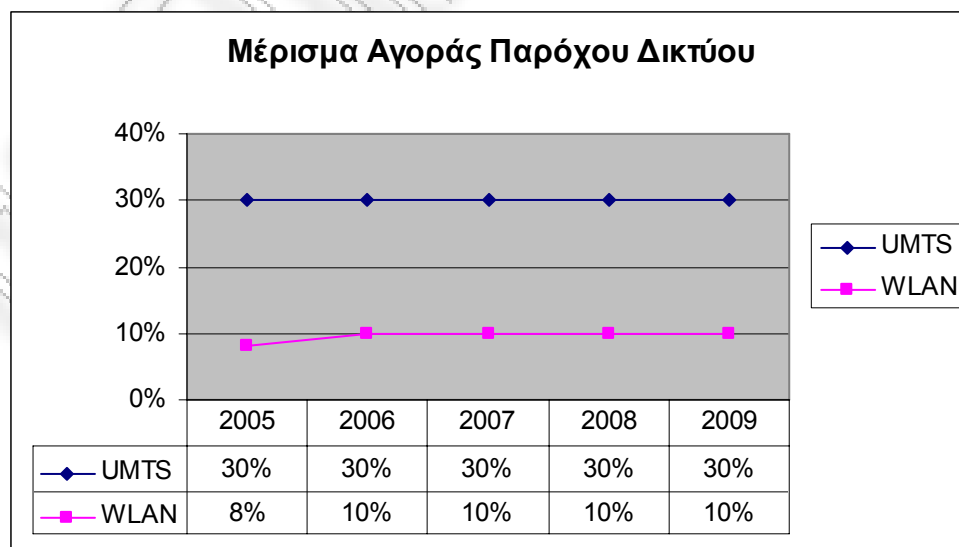
Στην ενότητα που ακολουθεί θα δοθεί μια ανάλυση των σύνθετων ραδιοδικτύων με βάση το κόστος της αρχικής επένδυσης και τις απολαβές που προκύπτουν από τους χρήστες για τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται βασίζονται σε έρευνες που έχουν γίνει για την ανάλυση της αγοράς σε ασύρματα δίκτυα και το πρόβλημα ανάγεται στην αξιολόγηση της επένδυσης μέσω της καθαρής παρούσας αξίας η οποία είναι αποδεκτή ως κριτήριο αξιολόγησης επενδύσεων [27].



5.1.1 Βασικές Προϋποθέσεις Συστήματος και Σενάρια Κατάστασης της Αγοράς

Όπως προαναφέρθηκε η έρευνα γίνεται σε μια μεγάλη Ευρωπαϊκή χώρα. Εστιάζει σε ένα 3G πάροχο, ο οποίος διεκπεραιώνει GPRS/GSM/UMTS υπηρεσίες καθώς και υπηρεσίες WLAN με εξαίρεση τις υπηρεσίες που αναφέρονται σε σταθερά δίκτυα. Εδώ το WLAN λειτουργεί βοηθητικά στο UMTS και όχι ανταγωνιστικά. Ειδικότερα στη σύνθετη ραδιο-τεχνολογία υλοποιούνται ταυτόχρονα GSM/GPRS/UMTS/WLAN υπηρεσίες. Συγκεκριμένα υπάρχει ένα τμήμα ραδιοδικτύου που υλοποιεί WLAN υπηρεσίες και ένα τμήμα ραδιο-δικτύου που υλοποιεί UMTS/GPRS/GSM υπηρεσίες και λειτουργούν παράλληλα. Χρησιμοποιείται η υποδομή των κυψελωτών συστημάτων (ένας σταθμός βάσης για κυψελωτά συστήματα) που έχει κεραιές για UMTS, GSM και GPRS τεχνολογίες και η υποδομή του WLAN (access point που υλοποιεί τοπικά δίκτυα).

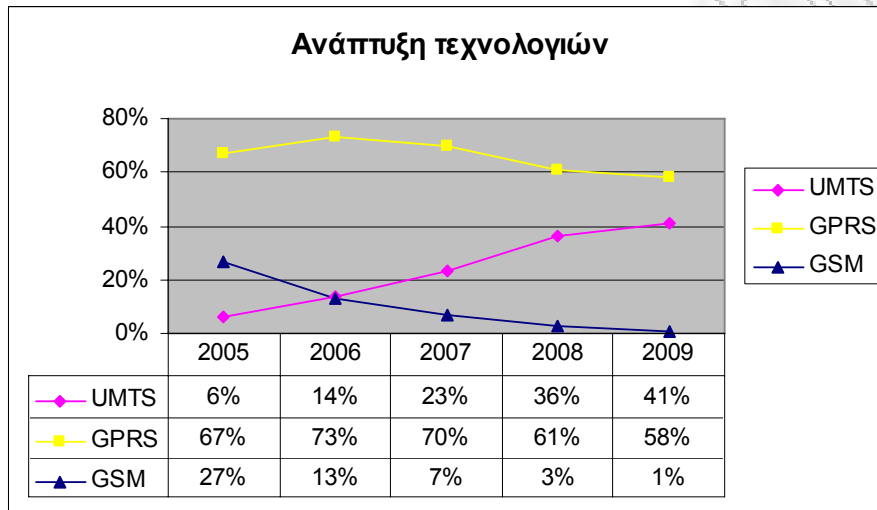
Το μέρισμα της αγοράς του παρόχου δικτύου (Εικόνα 9) για το τμήμα ραδιοδικτύου που χρησιμοποιεί κυψελωτά συστήματα και διαμοιράζεται τις τεχνολογίες UMTS, GSM και GPRS αναλογεί σε 30% καθ' όλη τη χρονική διάρκεια από το 2005 έως το 2009. Αντίθετα το μέρισμα αγοράς του παρόχου για το WLAN τμήμα του ραδιοδικτύου ξεκινάει από 8% το 2005 και φτάνει στο 10% από το 2006 και μετά [21].



Εικόνα 9: Μέρισμα Αγοράς Παρόχου για κυψελωτά (UMTS/GPRS/GSM) και τοπικά δίκτυα (WLAN)

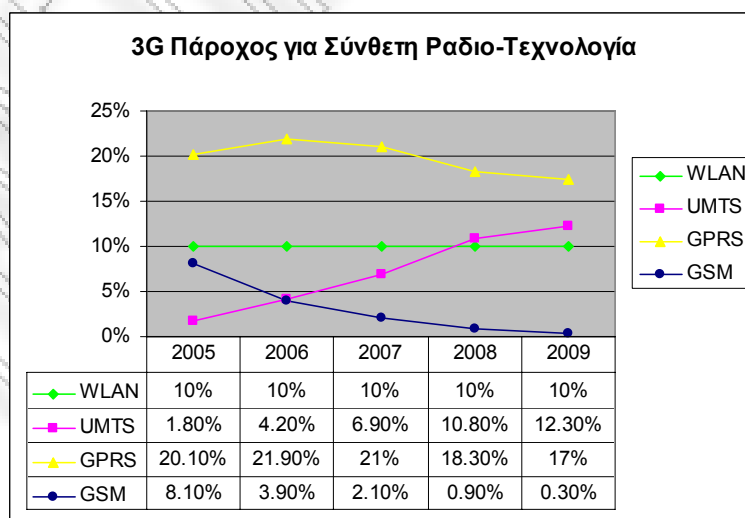


Το μέρισμα που αντιστοιχεί στο πάροχο δικτύου για τα κυψελωτά συστήματα, 30%, διαμοιράζεται στις τεχνολογίες GSM, GPRS και UMTS. Τα ποσοστά δείχνουν ότι το UMTS έχει τη μεγαλύτερη κάλυψη και υλοποιεί τις περισσότερες υπηρεσίες, ακολουθεί το GPRS και τέλος το GSM το οποίο τείνει να εκλείψει. Ειδικότερα τα ποσοστά παρουσιάζονται στην Εικόνα 10. [21] [24] [25]



Εικόνα 10: Ανάπτυξη τεχνολογιών UMTS/GPRS/GSM

Τελικά το μέρισμα αγοράς του 3G παρόχου που αναφέρεται σε μια σύνθετη ραδιο-τεχνολογία και αποτελείται από WLAN, GSM, UMTS και GPRS, αντιστοιχεί σε (Εικόνα 11):

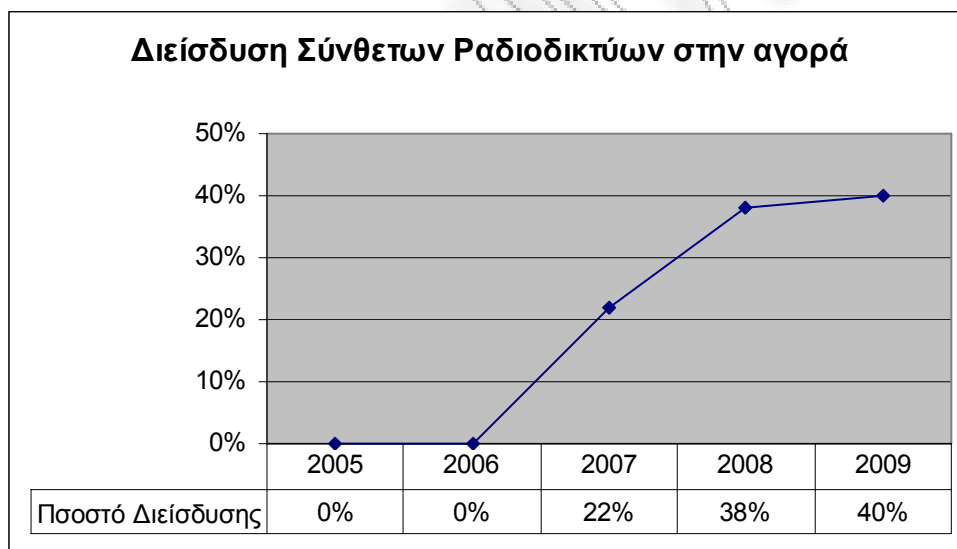


Εικόνα 11: Μέρισμα Αγοράς 3G Παρόχου για τη Σύνθετη Ραδιο-Τεχνολογία



Λόγω του ότι το GSM όπως προαναφέρθηκε τείνει να εκλείψει από εδώ και κάτω θα ασχοληθούμε μόνο με UMTS/GPRS/WLAN).

Για να έχουμε μια πλήρη εικόνα της αγοράς πρέπει να γίνει μια υπόθεση για τη διείσδυση των σύνθετων ραδιοδικτύων στην αγορά. Λόγω του ότι οι περισσότερες υπηρεσίες εξυπηρετούνται από το τμήμα του ραδιοδικτύου που υλοποιεί κυβελωτά συστήματα και ειδικότερα από την UMTS τεχνολογία (μεταξύ UMTS, GSM, GPRS), το ποσοστό της διείσδυσης των σύνθετων ραδιοτεχνολογιών στην αγορά θα παρουσιαστεί ως ποσοστό των χρηστών του UMTS και όταν υπάρχει ανάγκη οι χρήστες επανακατευθύνονται στις λοιπές τεχνολογίες που συνεργάζονται. Η Εικόνα 12 παρουσιάζει αυτό το ποσοστό [21]:



Εικόνα 12: Διείσδυση Σύνθετων Ραδιοδικτύων

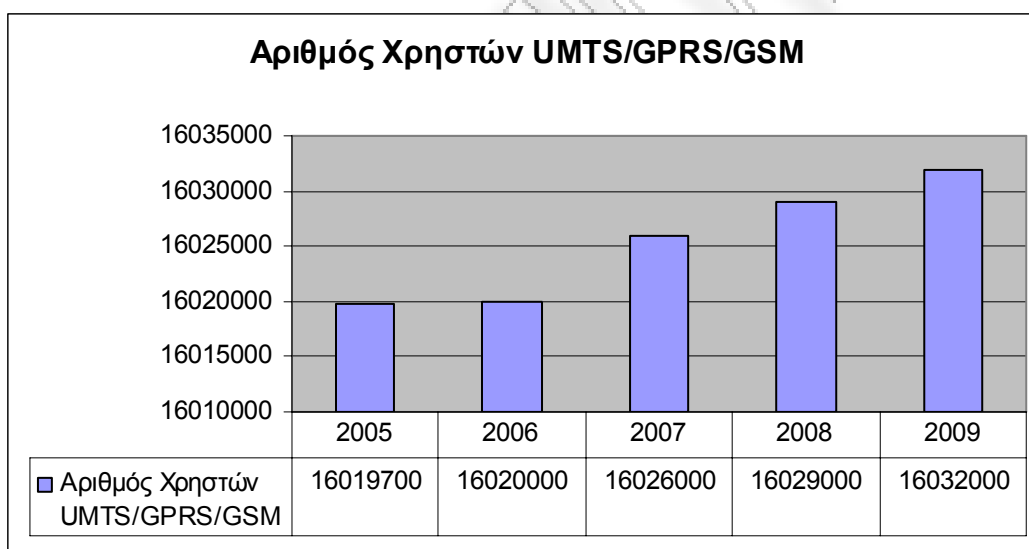
Για να γίνει μια πρόβλεψη για τον αριθμό των χρηστών που χρησιμοποιούν σύνθετα ραδιοδίκτυα, λαμβάνεται υπόψη ο αριθμός των χρηστών ασύρματων τεχνολογιών, η τεχνολογική ανάπτυξη των ασύρματων τεχνολογιών με το πέρας των χρόνων, το μέρισμα αγοράς του παρόχου για κάθε τεχνολογία και η διείσδυση στην αγορά των σύνθετων ραδιοδικτύων. Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει μια προσέγγιση του αριθμού των χρηστών ασύρματων τεχνολογιών σε μια μεγάλη τυπική ευρωπαϊκή χώρα [21] [32]:



Πίνακας 5: Αριθμός χρηστών ασύρματης τεχνολογίας σε μια τυπική ευρωπαϊκή χώρα

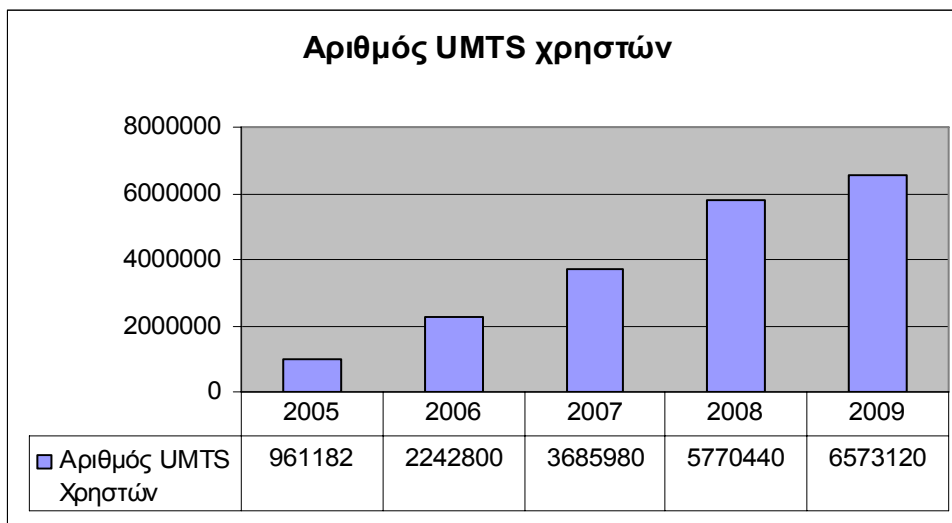
2005	2006	2007	2008	2009
53399000	53400000	53420000	53430000	53440000

Αρχικά, υπολογίζεται ότι από τους συνολικούς χρήστες ασύρματων τεχνολογιών, το μέρισμα του παρόχου για τα κυψελωτά τμήματα του ραδιοδικτύου (δηλαδή για τις τεχνολογίες GPRS/UMTS) είναι 30%. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που μπορεί να υποστηρίξει ο πάροχος για το τμήμα του ραδιοδικτύου που υλοποιεί υπηρεσίες UMTS/GPRS/GSM:



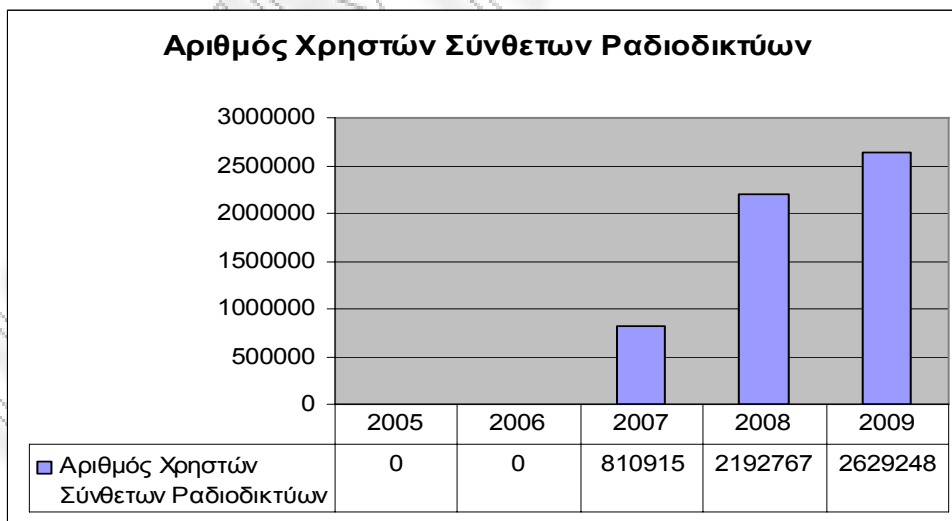
Εικόνα 13: Αριθμός χρηστών για το base station που υποστηρίζει UMTS/GPRS

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός των χρηστών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία UMTS (μεταξύ UMTS και GPRS) και προκύπτει από το ποσοστό των χρηστών που χρησιμοποιούν το τμήμα του ραδιοδικτύου για τα κυψελωτά συστήματα και από τη διείσδυση της UMTS τεχνολογίας στην αγορά:



Εικόνα 14: Αριθμός UMTS χρηστών

Τέλος ο αριθμός των χρηστών σύνθετων ραδιοδικτύων προκύπτει από το ποσοστό διείσδυσης τους στον κόσμο των κυβελωτών συστημάτων με βάση τον αριθμό των UMTS χρηστών:



Εικόνα 15: Αριθμός χρηστών Σύνθετων Ραδιοδικτύων



Η κίνηση στο δίκτυο επηρεάζεται από τη ζήτηση των χρηστών για συγκεκριμένες υπηρεσίες. Τέτοιες υπηρεσίες είναι [21]:

- Φωνητικές κλήσεις (Audio Calls)
- Video Calls
- SMS
- Modem/ Mobile Office (MMO)
- E-mail
- MMS
- Portals και Java Downloads

Οι επανακατεύθυνση των χρηστών εξαρτάται από την υπηρεσία που απαιτεί ο χρήστης, έτσι δεν μπορούν όλες οι υπηρεσίες να διεκπεραιωθούν από όλες τις τεχνολογίες (Πίνακας 6). Ειδικότερα, όλες οι υπηρεσίες μπορούν να εξυπηρετηθούν από τη τεχνολογία UMTS. Επίσης το GPRS μπορεί να εξυπηρετήσει όλες τις παραπάνω υπηρεσίες εκτός των Video Calls, λόγω του ότι έχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Αντίθετα το WLAN μπορεί να διεκπεραιώσει της υπηρεσίες MMO, E-mail και Portals/Java [21].

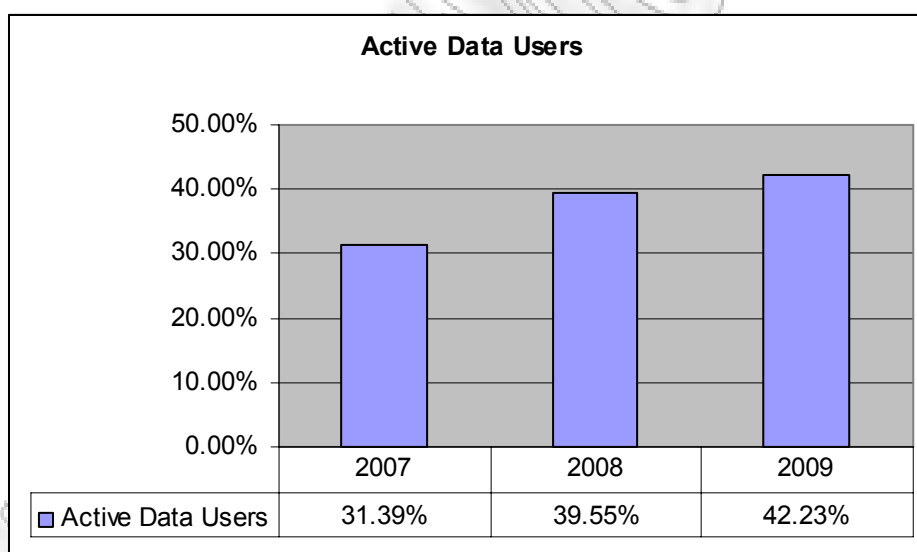
Πίνακας 6: Επανακατεύθυνση Υπηρεσιών σε τμήματα του Ραδιοδικτύου

	UMTS	GPRS	WLAN
MMO	√	√	√
E-mail	√	√	√
SMS	√	√	-
MMS	√	√	-
Portals/Java	√	√	√
Audio Calls	√	√	-
Video Calls	√	-	-



Επιπρόσθετα, γίνεται ένας διαχωρισμός υπηρεσιών σε υπηρεσίες δεδομένων στις οποίες ανήκουν οι MMO, E-mail, MMS, Portals και Java Downloads και στις λοιπές υπηρεσίες όπως Audio Calls, Video Calls και SMS. Για να βρεθεί η καθημερινή ζήτηση από τους χρήστες πρέπει να γίνει ένας διαχωρισμός μεταξύ ενεργών χρηστών και γενικά μεταξύ χρηστών ασύρματων τεχνολογιών και αυτό γιατί δεν θεωρούνται όλοι οι χρήστες ασύρματων τεχνολογιών ενεργοί χρήστες. Οι υπηρεσίες δεδομένων είναι ανάλογες μόνο με τους ενεργούς χρήστες ενώ οι υπόλοιπες υπηρεσίες με όλους τους χρήστες ασύρματων τεχνολογιών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι χρήστες των σύνθετων ραδιοδικτύων, όπως προαναφέρθηκε, ορίζονται ως ποσοστό των χρηστών του UMTS, έτσι μας ενδιαφέρει μόνο το ποσοστό των ενεργών χρηστών στο UMTS/GPRS [21].



Εικόνα 16: Ποσοστό Ενεργών Χρηστών (Active Data Users)

Η αγορά χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες, που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες που προαναφέρθηκαν, τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις. Η κάθε κατηγορία έχει διαφορετικές απαιτήσεις οι οποίες λαμβάνονται υπόψη όταν υπολογίζεται η ζήτηση υπηρεσιών στις ώρες αιχμής (αυξημένη ζήτηση) η οποία υπολογίζεται ότι είναι 30% της ημερησίας ζήτησης όλων των χρηστών [21].

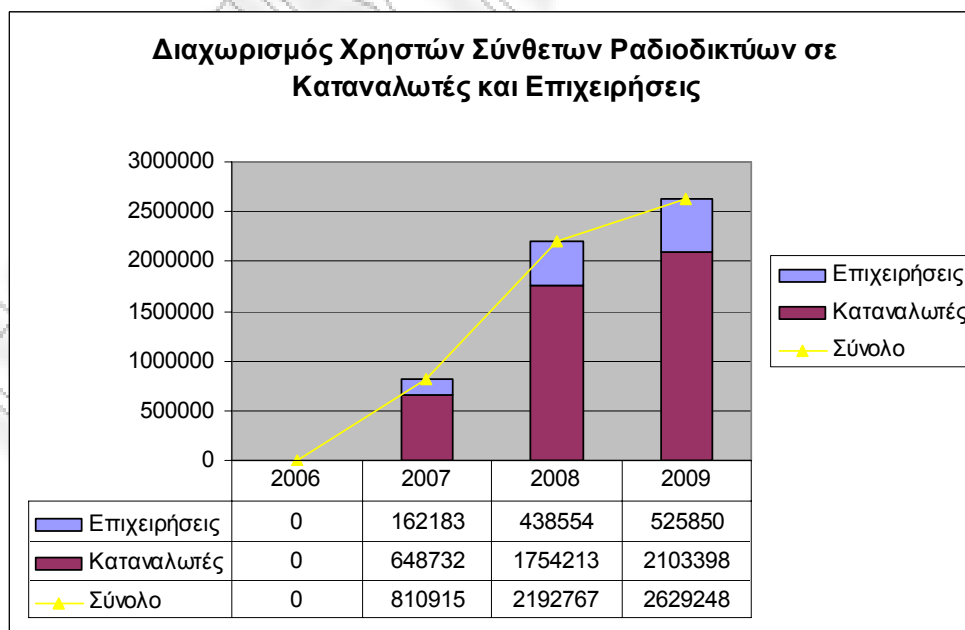


Οι ιδιώτες προτιμούν τις εγγραφές στις διάφορες υπηρεσίες ασύρματων τεχνολογιών με προπληρωμή ενώ οι επιχειρήσεις προτιμούν τη μεταπληρωμή. Το 80% των εγγραφών σε μια Ευρωπαϊκή χώρα αφορά στους καταναλωτές ενώ το 20% στις επιχειρήσεις (Εικόνα 17) [21].



Εικόνα 17: Καταναλωτές- Επιχειρήσεις

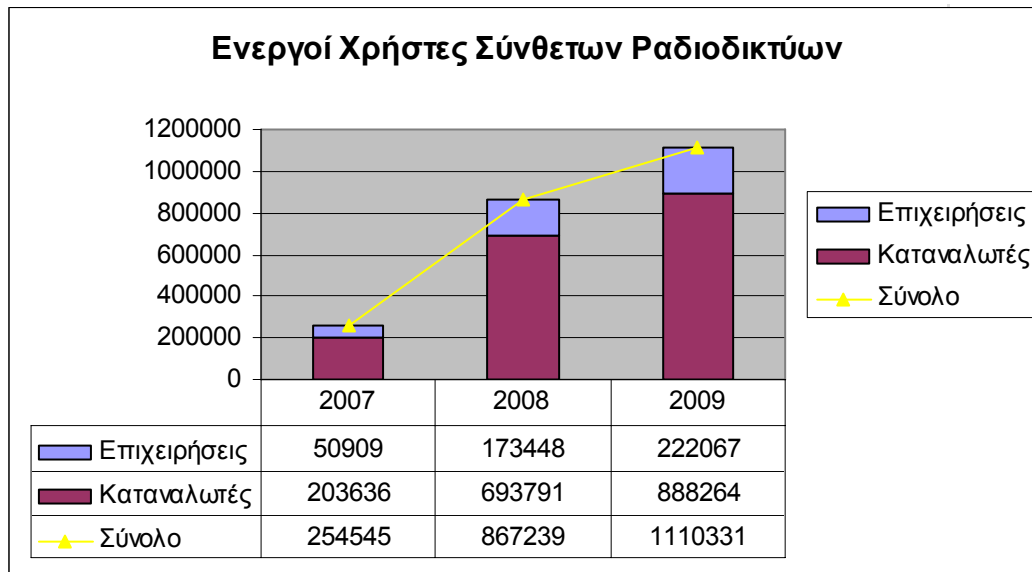
Αναλυτικότερα, όπως προαναφέρθηκε, οι χρήστες χωρίζονται σε καταναλωτές και επιχειρήσεις με ποσοστό 80% και 20% αντίστοιχα. Με βάση αυτό το δεδομένο οι χρήστες των σύνθετων ραδιοδικτύων διαμορφώνονται ως εξής (Εικόνα 18):



Εικόνα 18: Διαχωρισμός Χρηστών Σύνθετων Ραδιοδικτύων σε Καταναλωτές και Επιχειρήσεις



Το ποσοστό ενεργών καταναλωτών και επιχειρήσεων φαίνεται στην Εικόνα 19:



Εικόνα 19: Ενεργοί Χρήστες Σύνθετων Ραδιοδικτύων

Στους Πίνακες 7 και Πίνακας 8 παρουσιάζεται η ημερήσια ζήτηση ανά χρήστη για κάθε υπηρεσία και για κάθε μερίδα της αγοράς (καταναλωτές και επιχειρήσεις) αντίστοιχα [21].

Πίνακας 7: Ημερήσια Ζήτηση Καταναλωτών

	2005	2006	2007	2008	2009
MMO (kB)	11.1	11.5	11.58	11.67	11.7
E-mail (no)	0.23	0.49	0.55	0.56	0.58
SMS (no)	1.00	0.62	0.42	0.23	0.2
MMS (no)	0.81	1.07	1.09	1.12	1.15
Portals/Java (kB)	7.45	10.53	13.15	14.31	14.9
Audio Calls (min)	2.75	2.69	2.59	2.58	2.57
Video Calls (min)	1.32	1.5	1.68	1.9	2.1



Πίνακας 8: Ημερήσια Ζήτηση Επιχειρήσεων

	2005	2006	2007	2008	2009
MMO (kB)	221.54	230.06	231.67	233.33	234.1
E-mail (no)	2.26	4.85	5.56	5.57	5.58
SMS (no)	0.25	0.15	0.1	0.06	0.05
MMS (no)	0.20	0.27	0.27	0.28	0.29
Portals/Java (kB)	18.64	26.32	32.87	35.77	35.9
Audio Calls (min)	6.88	6.73	6.49	6.45	6.39
Video Calls (min)	3.29	3.76	4.19	4.75	4.86

5.1.2 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας (*Net Present Value, NPV*)

Το πρόβλημα της αξιολόγησης μιας επένδυσης, ανάγεται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας, η οποία είναι γενικά αποδεκτή ως κριτήριο αξιολόγησης επενδύσεων [27].

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής μιας επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία. Βασίζεται στην έννοια του υπολογισμού της παρούσας αξίας μελλοντικών χρηματικών ροών. Η μέθοδος NPV αποτελεί τη διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των εσόδων μίας επένδυσης και της παρούσας αξίας των δαπανών της. Τόσο τα έσοδα όσο και οι δαπάνες προεξοφλούνται με τον ίδιο συντελεστή, ο οποίος αντιπροσωπεύει το κόστος κεφαλαίων της επιχείρησης (ή εναλλακτικά, το κόστος ευκαιρίας) ή τον απαιτούμενο συντελεστή απόδοσης των κεφαλαίων των μετόχων.



Η τεχνική της Καθαρής Παρούσας Αξίας μετατρέπει όλα τα κόστη (εκροές) και τα οφέλη (εισροές) της επένδυσης σε σημερινές αξίες, δηλαδή εκφράζει το καθαρό όφελος ή κόστος τη χρονική στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση. Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις [27]:

- Αν $NPV > 0$: η απόδοση της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση εγκρίνεται.
- Αν $NPV < 0$: η απόδοση της επένδυσης είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση απορρίπτεται.
- Αν $NPV = 0$: η απόδοση της επένδυσης είναι οριακή.

Ο γενικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας είναι [27] [28] [21]:

$$NPV_N = -\sum_{i=0}^N \frac{I^i}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+r)^i}$$

Όπου:

- Το πρώτο άθροισμα αναφέρεται στο αρχικό κεφάλαιο επένδυσης της τεχνολογίας
- Το δεύτερο άθροισμα αναφέρεται στις χρηματοροές (cash flows) (έσοδα και έξοδα της επένδυσης)
- r είναι το επιτόκιο προεξόφλησης (discount rate)
- N είναι ο χρονικός ορίζοντας για την επένδυση

Οι χρηματικές ροές ορίζονται ως η διαφορά μεταξύ των εσόδων μιας επιχείρησης και των λειτουργικών εξόδων της. Τα λειτουργικά έξοδα αναφέρονται στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης της υποδομής και του δικτύου, ενώ τα έσοδα στις απολαβές από τους χρήστες [37].

$$CF_i = R_i - O_i$$



Όπου:

- R_i (Revenues) είναι οι απολαβές από τους χρήστες για το χρόνο i
- O_i είναι τα λειτουργικά έξοδα για το χρόνο i

Λαμβάνοντας υπόψη την χρεολυσία (amortization) σε περίπτωση δανεισμού κεφαλαίου για κάλυψη της αρχικής επένδυσης και τους φόρους ο τελικός τύπος για τον υπολογισμό του NPV διαμορφώνεται ως εξής [21]:

$$NPV_N = -\sum_{i=0}^N \frac{(I_{Comp}^i - \tau \cdot A_{Comp}^i)}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{(R_{Comp}^i - \tau \cdot A_{Comp}^i)}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^N \frac{O_{Comp}^i}{(1+r)^i} + \sum_{i=2}^{N+1} \frac{\tau \cdot O_{Comp}^{i-1}}{(1+r)^i}$$

Όπου:

- A_{Comp}^i είναι η χρεολυσία για δανεισμό ποσοστού του αρχικού κεφαλαίου για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα στο χρόνο i
- τ είναι η φορολογία
- I_{Comp}^i είναι η αρχική επένδυση για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα (CAPEX) στο χρόνο i
- O_{Comp}^i είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (OPEX) για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα στο χρόνο i

Για να υπολογιστεί ο παραπάνω τύπος πρέπει να γίνει ένα υποθετικό σενάριο κόστους της αρχικής επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα, καθώς και να υπολογιστεί το προεξοφλητικό επιτόκιο.



5.1.2.1 Ανάλυση κόστους(CAPEX και OPEX) σύνθετων ραδιοδικτύων

Η ανάλυση κόστους για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες [29] [30]:

- Το CAPEX (Capital Expenditure), το οποίο αφορά στην αρχική επένδυση για εγκατάσταση της τεχνολογίας και της απαραίτητης υποδομής, στο λογισμικό λειτουργίας, καθώς και στις επιπρόσθετες επενδύσεις με το πέρας των χρόνων για αναβάθμιση του συστήματος ή για υποστήριξη μεγαλύτερης χωρητικότητας.
- Το OPEX (Operative Expenditure), το οποίο αφορά στα έξοδα για συντήρηση του συστήματος, σε πιθανές άδειες λογισμικού και στην επαναδιάρθρωση του συστήματος.

Με σκοπό τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας οι τιμές που διαμορφώνουν το κόστος για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα εξαρτώνται από τα απαιτούμενα τμήματα ραδιοδικτύου (radio sites) στο σύστημα τα οποία είναι (Πίνακας 9) [21]:

Πίνακας 9: Απαιτούμενα Radio Sites

Απαιτούμενα Radio Sites (Αυξητικά)				
2005	2006	2007	2008	2009
1125	157	166	190	200

Επιπρόσθετα, το κόστος για κάθε radio site που στήνεται εξ' ολοκλήρου από την αρχή είναι 150000€ και αντιστοιχεί σε ένα υποθετικό ποσοστό 8% των radio sites που προστίθενται κάθε χρόνο. Ενώ για τα υπόλοιπα το κόστος διαμορφώνεται ως εξής [21]:

- Υλικό (hardware): 19000€/ radio site
- Λογισμικό (Software): 21000€/ radio site
- Εγκατάσταση: 8000€/ radio site



Έτσι προκύπτει ότι για το 2006 όπου και γίνεται η εγκατάσταση τα απαιτούμενα radio sites είναι 157. Από αυτά το 8%, δηλαδή τα 13 radio sites, στήνονται εξ' ολοκλήρου από την αρχή ενώ τα υπόλοιπα 144 απλά πολλαπλασιάζονται με τα παραπάνω κόστη. Τελικά το κόστος διαμορφώνεται ως εξής (Πίνακας 10):

- Αρχική επένδυση για εγκατάσταση της τεχνολογίας: 8862000€ για υποστήριξη 1000000 χρηστών.
- Για μελλοντική αναβάθμιση του συστήματος: 1.4 εκατομμύρια ευρώ για υποστήριξη 1000000 επιπρόσθετων χρηστών στο σύστημα.
- Άδειες για λογισμικό και λειτουργία καθώς και για τη συντήρηση του συστήματος 1 εκατομμύριο ευρώ ανά χρόνο για υποστήριξη 1000000 χρηστών και ένα ευρώ για κάθε χρήστη που υπερβαίνει τους 1000000 χρήστες.

Πίνακας 10: Κόστος Σύνθετων Ραδιοδικτύων

Κόστος Σύνθετων Ραδιοδικτύων					
	2005	2006	2007	2008	2009
CAPEX (I_{Comp}^i)	0	8862000	0	2800000	2800000
OPEX (O_{Comp}^i)	0	0	1000000	2192767	2629248
Σύνολο	0	8862000	1000000	4992767	5429248

5.1.2.2 Υπολογισμός Επιτοκίου Προεξόφλησης (Discount Rate)

Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι ο όρος που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες υπολογισμού της παρούσας αξίας των μελλοντικών χρηματοροών που προκύπτουν από μια μελέτη, δηλαδή η προεξοφλητική αξία όλων των μελλοντικών εσόδων και εξόδων [21] [31].



Ο τύπος για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου (r) είναι [21]:

$$r = r_f + \beta \cdot (r_a - r_f)$$

Όπου:

- r_f είναι άτοκες επιχορηγήσεις, όπως για παράδειγμα κυβερνητικές επιχορηγήσεις
- β είναι η ευαισθησία του χρήματος σε αλλαγές στην αγορά
- $(r_a - r_f)$ είναι το εκτιμώμενο ρίσκο, δηλαδή η διαφορά μεταξύ του μέσου ασφάλιστρου του μετοχικού κεφαλαίου και των άτοκων επιχορηγήσεων

Για τον υπολογισμό του discount rate χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι [21]:

- $r_f = 4.04\%$, το οποίο είναι ένας συνδυασμός των πραγματικών άτοκων χορηγήσεων που ανέρχεται στο 2% και του πληθωρισμού, δηλαδή του ποσοστού αύξησης της μέσης αγοραστικής αξίας, που ανέρχεται σε 2%
- $(r_a - r_f) = 2.3\%$
- $\beta = 1.35$

Τελικά:

$$r = r_f + \beta \cdot (r_a - r_f) \Rightarrow r = 4.04\% + 1.35 \cdot (2.3\%) \Rightarrow r = 7.145\%$$

Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους οι οποίες είναι τυπικές για μια μεγάλη Ευρωπαϊκή χώρα το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι 7.145% και θα χρησιμοποιηθεί στη συνάρτηση για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας.



5.1.2.3 Υπολογισμός χρεολυσίας (Amortization) για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα

Δανειακά κεφάλαια μπορούν να καλύψουν ολόκληρο ή ένα τμήμα κόστους μιας επένδυσης. Το κεφάλαιο αυτό επιστρέφεται σταδιακά μαζί με την αμοιβή του δανειστή (τόκος). Χρεολυσία είναι η επιστροφή του κεφαλαίου, ενώ τόκος η αμοιβή του κεφαλαίου. Το ύψος των τόκων και χρεολυσιών καθορίζεται από το ύψος του δανείου, το επιτόκιο δανεισμού και το χρόνο αποπληρωμής. Για ίσες δόσεις χρεολυσίου, το χρεολύσιο υπολογίζεται ως ο λόγος του δανείου προς το χρόνο αποπληρωμής. Ο τόκος υπολογίζεται για κάθε χρόνο επί του μη αποπληρωθέντος κεφαλαίου [33].

Το επιτόκιο για μια μεγάλη Ευρωπαϊκή Χώρα κυμαίνεται μεταξύ 4.5% και 5% [34]. Εδώ χρησιμοποιήθηκε μια ενδιάμεση τιμή 4.75%.

Με δεδομένο το γεγονός ότι το δάνειο είναι ίσο με το κόστος της αρχικής επένδυσης 8862000€ και η αποπληρωμή γίνεται σε 4 χρόνια, με επιτόκιο δανεισμού 4.75% και σταθερό χρεολύσιο που ανέρχεται στα 2215500€, η χρεολυσία παρουσιάζεται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Χρεολυσία ανά έτος για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (Α ¹)	Χρεολύσιο	Τόκοι	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (Αρχικό κεφάλαιο)
0				8862000
1	2636445	2215500	420945	6646500
2	2531208	2215500	315708	4431000
3	2425972	2215500	210472	2215500
4	2320736	2215500	105236	0
Σύνολο	9914361	8862000	1052361	



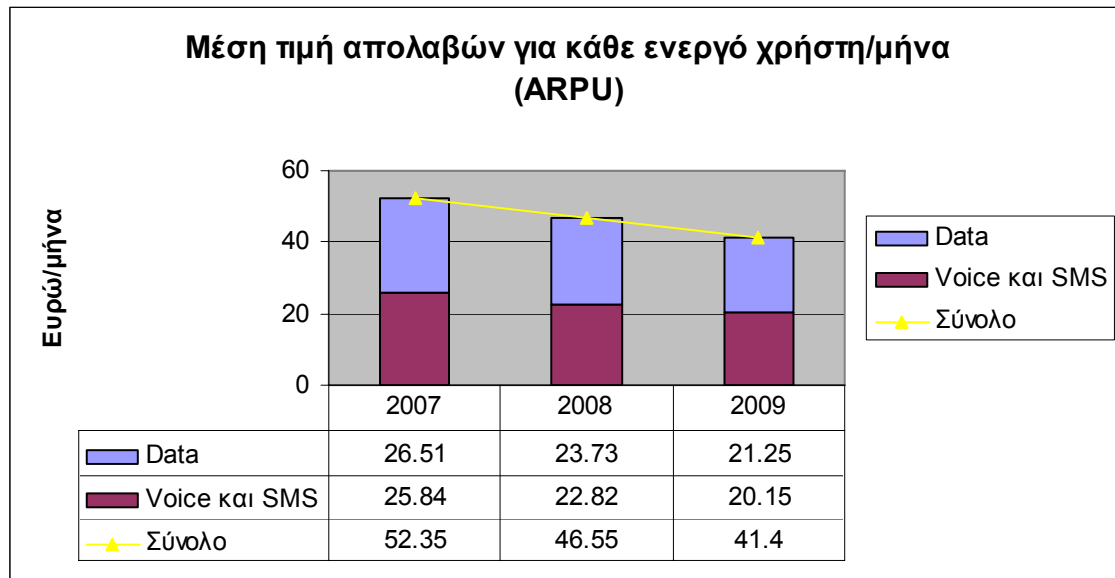
5.1.2.4 Υπολογισμός απολαβών από τους χρήστες για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα

Οι απολαβές από τους χρήστες είναι η κύρια πηγή εσόδων για το σύστημα και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας. Προκύπτει από την ζήτηση των καταναλωτών και των επιχειρήσεων για κάθε υπηρεσία. Ειδικότερα όπως προαναφέρθηκε και στην ενότητα 5.1.1, καταρχήν οι χρήστες χωρίζονται σε καταναλωτές και επιχειρήσεις με ποσοστό 80% και 20% αντίστοιχα (Εικόνα 17). Κάθε κατηγορία χρηστών έχει συγκεκριμένη ζήτηση για κάθε υπηρεσία. Οι υπηρεσίες δεδομένων πολλαπλασιάζονται μόνο με τους ενεργούς χρήστες για κάθε κατηγορία (ενεργοί χρήστες για την κατηγορία των καταναλωτών και ενεργοί χρήστες για την κατηγορία των επιχειρήσεων), ενώ οι υπηρεσίες φωνής, SMS και βίντεο με όλους τους χρήστες κάθε κατηγορίας (καταναλωτές και επιχειρήσεις). Έτσι η μέση τιμή απολαβών για κάθε χρήστη (ARPU) για Voice, SMS και Video ανά μήνα είναι (Πίνακας 12) [21] [35] [36]:

Πίνακας 12: Απολαβές ανά χρήστη για φωνή και SMS (ARPU) Σύνθετων Ραδιοδικτύων

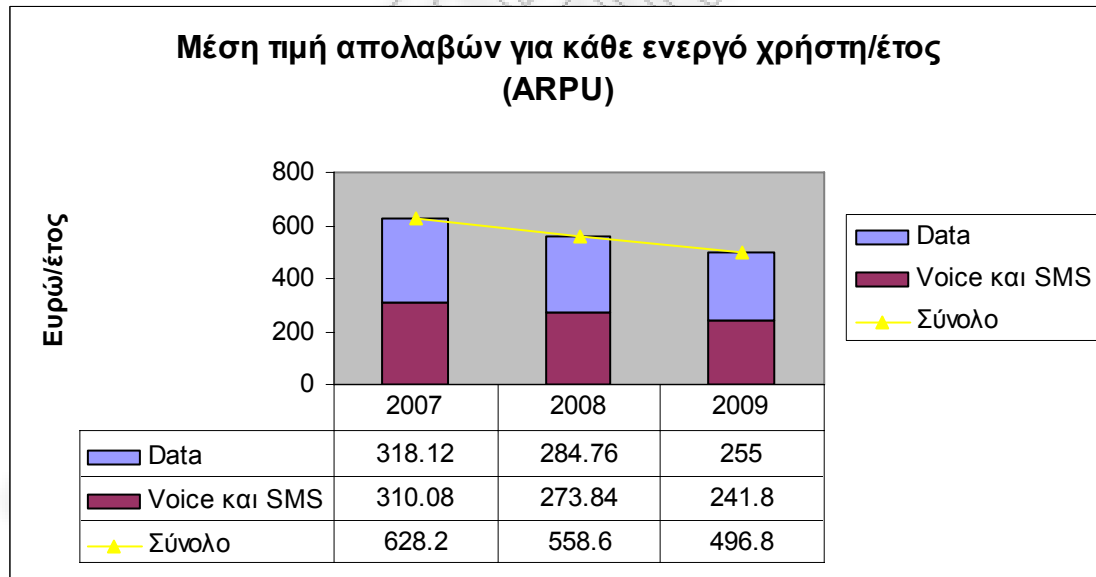
	2007	2008	2009
Voice και SMS/μήνα	25.84€	22.82€	20.15€
Voice και SMS/έτος	310.08€	273.84€	241.8€

Ενώ για κάθε ενεργό χρήστη ο οποίος χρησιμοποιεί και δεδομένα η χρέωση για φωνή και SMS είναι η παραπάνω ενώ η αντίστοιχη μέση τιμή απολαβών από τα δεδομένα για κάθε χρήστη ανά μήνα διαμορφώνεται ως εξής [21] [35] [36]:



Εικόνα 20: Απολαβές από Ενεργούς Χρήστες/μήνα Σύνθετων Ραδιοδικτύων

Ενώ ανά έτος ως εξής:



Εικόνα 21: Απολαβές από Ενεργούς Χρήστες/έτος Σύνθετων Ραδιοδικτύων



Οπότε οι απολαβές ανά έτος για όλους τους χρήστες είναι [21]:

$$Users\ Revenues / year = ARPU(Data)_{year} \cdot ActiveUsers_{Comp} + ARPU(Voice / SMS)_{year} \cdot Users_{Comp}$$

Τελικά προκύπτει:

Πίνακας 13: Απολαβές χρηστών/έτος Σύνθετων Ραδιοδικτύων

	2007	2008	2009
Voice και SMS	251448523€	600467315€	635752166€
Data	80976173€	246954977€	283134405€
Σύνολο	332424696€	847422292€	918886571€

Για να αντλήσουμε τις μέγιστες απολαβές από τους χρήστες πρέπει να δαπανηθούν κάποια χρήματα για διαφημιστικούς σκοπούς, οι οποίοι αναλογούν σε ένα ποσοστό 15% επί των απολαβών από τους χρήστες για κάθε έτος.

5.1.3 Αποτελέσματα

Για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας:

$$NPV_N = -\sum_{i=0}^N \frac{(I_{Comp}^i - \tau \cdot A_{Comp}^i)}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{(R_{Comp}^i - \tau \cdot A_{Comp}^i)}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^N \frac{O_{Comp}^i}{(1+r)^i} + \sum_{i=2}^{N+1} \frac{\tau \cdot O_{Comp}^{i-1}}{(1+r)^i}$$



Όλα τα δεδομένα που απαιτούνται συνοψίζονται στον Πίνακα 14:

Πίνακας 14: Δεδομένα NPV για τα Σύνθετα Ραδιοδίκτυα

Όνομα	Συμβολισμός	Τιμή
CAPEX Σύνθετων Ραδιοδικτύων	I_{Comp}^i	Πίνακας 10
OPEX Σύνθετων Ραδιοδικτύων	O_{Comp}^i	Πίνακας 10
Χρεολυσία	A_{Comp}^i	Πίνακας 11
Απολαβές από τους Χρήστες	R_{Comp}^i	Πίνακας 13
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	r	7.145%
Φορολογία (Tax Rate)	τ	30%
Χρόνος Επένδυσης	N	3 χρόνια
Περίοδος Απόςβεσης	-	4 χρόνια

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στοιχεία η καθαρή παρούσα αξία ισούται με 993190000€. Εφόσον η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική, οι επιστροφές των σύνθετων ραδιοδικτύων αξίζουν την αρχική επένδυση και πρέπει να τονιστεί ότι υπολογίστηκε μόνο για 3 χρόνια λειτουργίας τους.

Πίνακας 15: Αποτέλεσμα NPV για σύνθετα ραδιοδίκτυα

Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας
985850000€



5.2 ΕΠΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΙΜΑ ΡΑΔΙΟΔΙΚΤΥΑ

Εν συνεχεία θα παρουσιαστεί μια ανάλυση των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων με βάση το κόστος της αρχικής επένδυσης (CAPEX) και τις απολαβές από τους χρήστες. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται βασίζονται σε έρευνες που έχουν γίνει για την ανάλυση της αγοράς σε ασύρματα δίκτυα και η αξιολόγηση της επένδυσης θα γίνει όπως και παραπάνω με την τεχνική της καθαρής παρούσας αξίας η οποία είναι αποδεκτή ως κριτήριο αξιολόγησης επενδύσεων [27].

Η επικύρωση του μοντέλου των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων γίνεται όμοια με την επικύρωση των σύνθετων ραδιοδικτύων, ώστε στη συνέχεια να συγκριθούν και να βγάλουμε συμπεράσματα για το ποια τεχνολογία είναι ποιο προσοδοφόρα κυρίως με βάση την αρχική επένδυση (CAPEX).

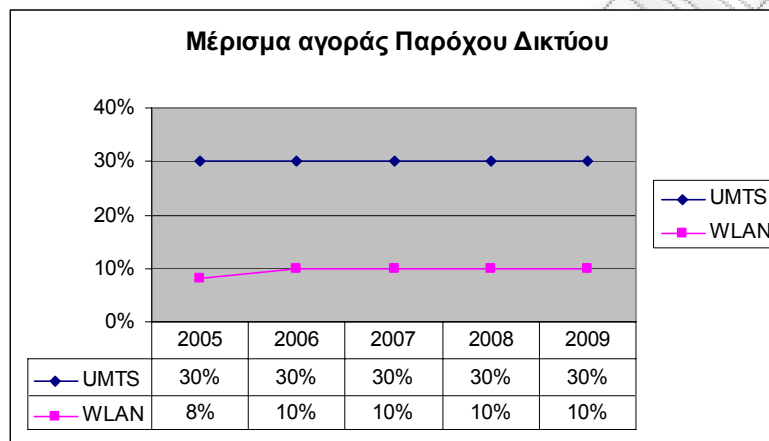
5.2.1 Βασικές Προϋποθέσεις Συστήματος και Σενάρια Κατάστασης της αγοράς

Όπως προαναφέρθηκε η έρευνα γίνεται σε μια μεγάλη τυπική Ευρωπαϊκή χώρα. Μεταξύ τεχνολογιών όπως 2G (GSM), 2.5G (GPRS), 3G (UMTS), B3G και πολλούς ασύρματους παρόχους υπηρεσιών (Wireless Internet Service Providers, WISPs), τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα ανάλογα με τη ζήτηση κατεβάζουν δυναμικά στην κινητή συσκευή την κατάλληλη τεχνολογία για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των χρηστών ανά περίπτωση. Η έρευνα εστιάζει σε ένα 3G πάροχο, ο οποίος παρέχει WLAN/UMTS/GPRS υπηρεσίες [22].

Ειδικότερα υπάρχουν τμήματα του ραδιοδικτύου τα οποία κατεβάζουν δυναμικά ανάλογα με τη ζήτηση την πιο προσιτή τεχνολογία, από θέμα ποιότητας και διαθεσιμότητας με βάση την κίνηση στο δίκτυο, δηλαδή, το λογισμικό που απαιτείται για να τρέξει η υπηρεσία που ζητείται. Κάτι τέτοιο υποδηλώνει ότι δεν χρειάζονται ξεχωριστά τμήματα ραδιοδικτύου για κάθε τεχνολογία, αλλά μόνο ένα τμήμα δικτύου το οποίο λειτουργεί με λογισμικό για να εξυπηρετήσει WLAN/UMTS/GPRS.

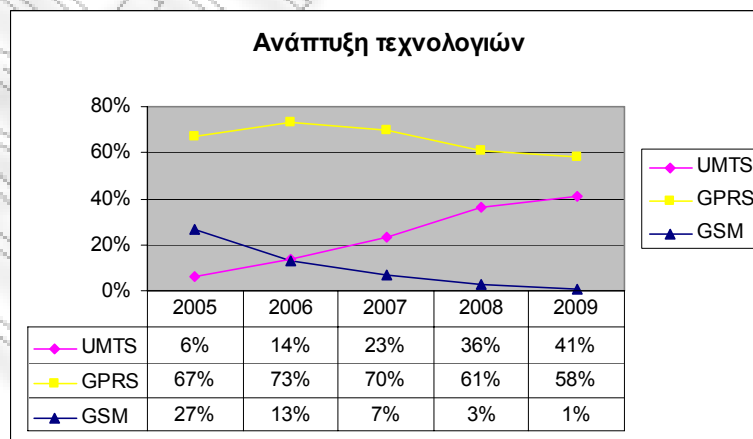


Τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα θα χρησιμοποιήσουν την υπάρχουσα υποδομή για UMTS, γι' αυτό η διείσδυση τους θα υπολογιστεί ως ποσοστό των χρηστών της UMTS τεχνολογίας. Αναλυτικότερα, το μέρος της αγοράς για το πάροχο δικτύου (Εικόνα 22), όπως και παραπάνω (Εικόνα 9), είναι 10% για WLAN υπηρεσίες, δηλαδή τοπικά δίκτυα, και 30% για UMTS υπηρεσίες, δηλαδή κυβελωτά δίκτυα, για όλη τη διάρκεια της επένδυσης [21].



Εικόνα 22: Μέρισμα Αγοράς Παρόχου για κυβελωτά και τοπικά δίκτυα

Τα κυβελωτά δίκτυα όπως ειπώθηκε διεκπεριώνουν UMTS, GPRS και GSM τεχνολογίες. Το GSM με την πάροδο των χρόνων τείνει να εκλείψει αφού το ποσοστό διείσδυσής του στην αγορά το 2009 γίνεται 1%, τα ποσοστά παρουσιάζονται στην Εικόνα 23 [21] [24] [25]:



Εικόνα 23: Ανάπτυξη τεχνολογιών UMTS/GPRS/GSM



Για να υπολογιστούν οι χρήστες που θα χρησιμοποιούν τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, βασιζόμαστε στους χρήστες που χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες, το ποσοστό ανάπτυξης των τεχνολογιών, το μέρισμα αγοράς του παρόχου για κάθε τεχνολογία και τα πιθανά ποσοστά διείδυσης των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων στην αγορά (και πιο συγκεκριμένα στα κυψελωτά συστήματα).

Έτσι, οι συνολικοί χρήστες που χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες σε μια τυπική Ευρωπαϊκή χώρα είναι (Πίνακας 16) [21] [32]:

Πίνακας 16: Αριθμός χρηστών ασύρματων τεχνολογιών σε μια τυπική ευρωπαϊκή χώρα

2005	2006	2007	2008	2009
53399000	53400000	53420000	53430000	53440000

Οπότε με βάση τα παραπάνω δεδομένα και αφού όπως είπαμε οι χρήστες των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων θα υπολογιστούν ως ποσοστό των χρηστών του UMTS λόγω του ότι θα χρησιμοποιηθεί η υποδομή τους, μας ενδιαφέρει το μέρισμα αγοράς του παρόχου που χρησιμοποιεί κυψελωτά συστήματα, δηλαδή 30%. Το 30% λοιπόν των χρηστών ασύρματων τεχνολογιών είναι (Πίνακας 17):

Πίνακας 17: Αριθμός χρηστών κυψελωτών συστημάτων

2005	2006	2007	2008	2009
16019700	16020000	16026000	16029000	16032000

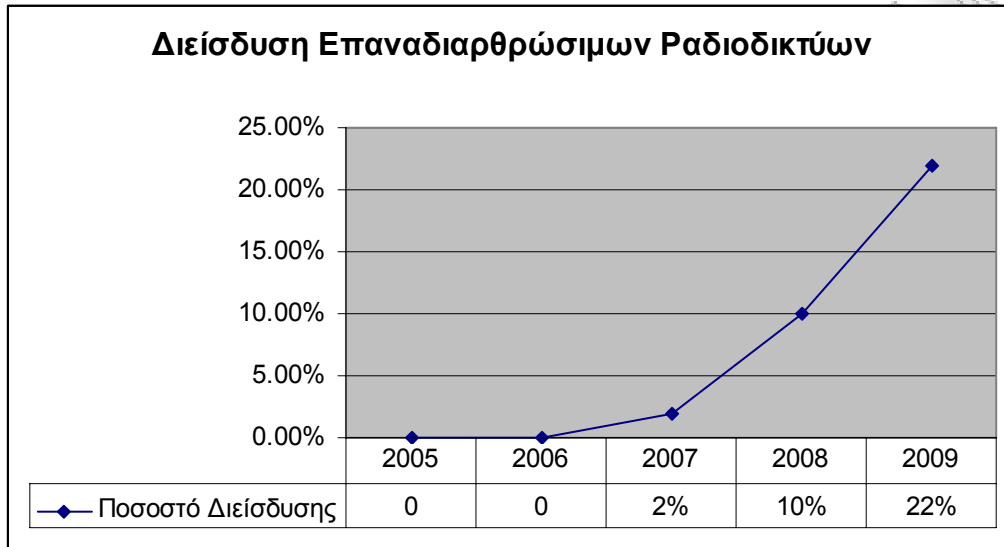
Στηριζόμενοι στο ποσοστό χρηστών που χρησιμοποιούν UMTS σε σχέση με τους χρήστες κυψελωτών συστημάτων στο πάροχο, οι χρήστες του UMTS είναι (Πίνακας 18):

Πίνακας 18: Αριθμός χρηστών UMTS

2005	2006	2007	2008	2009
961182	2242800	3685980	5770440	6573120

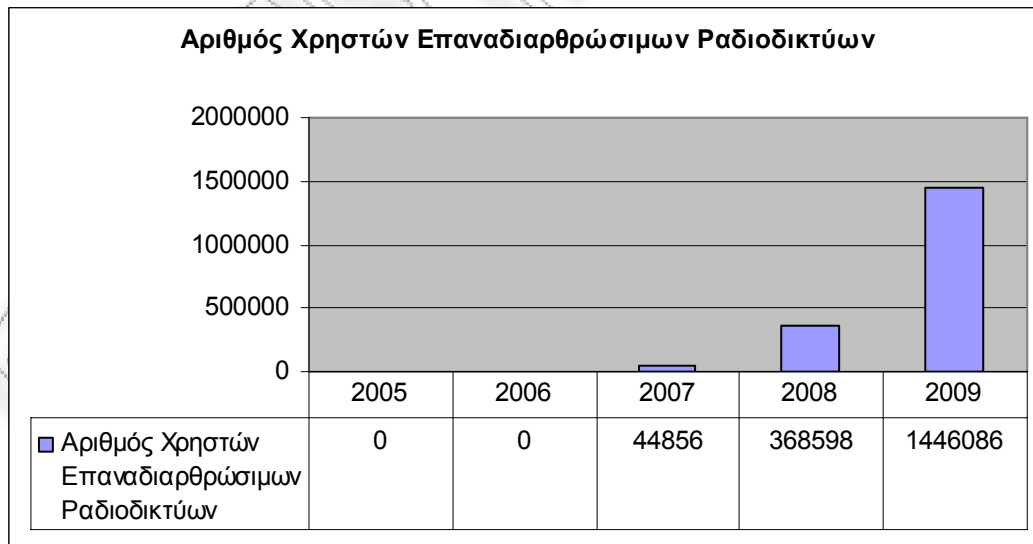


Το ποσοστό διείσδυσης των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων στην αγορά (σαν ποσοστό στο UMTS) αναμένεται να είναι (Εικόνα 24) [21]:



Εικόνα 24: Ποσοστό Διείσδυσης Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

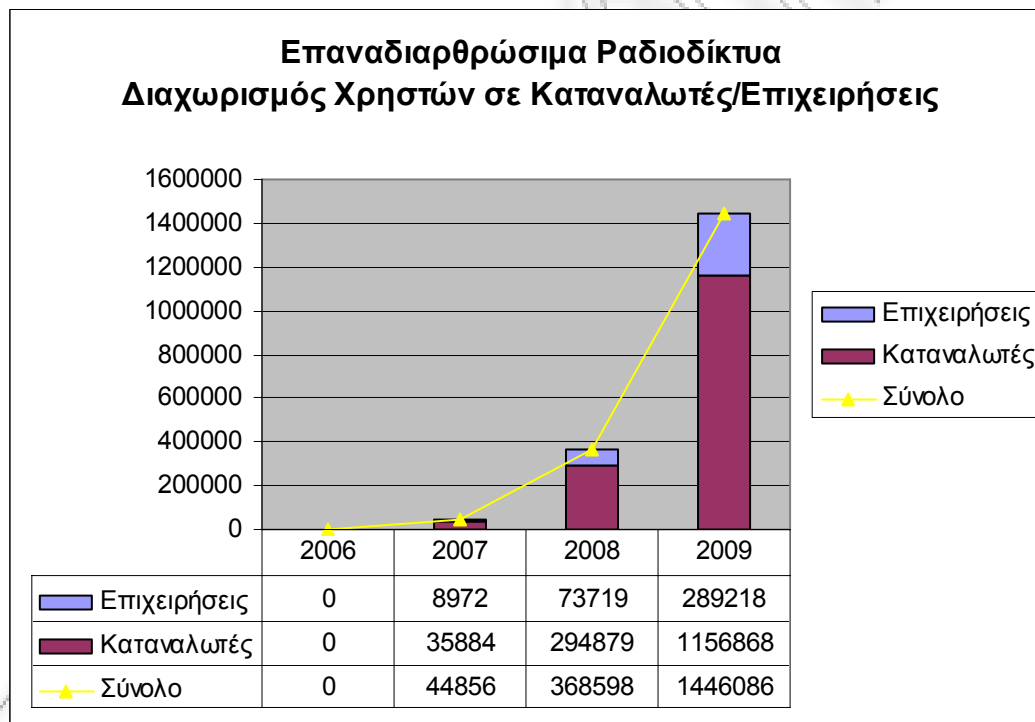
Τελικά ο αριθμός των χρηστών των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων με βάση τους UMTS χρήστες και το ποσοστό διείσδυσης των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων διαμορφώνεται ως εξής (Εικόνα 25):



Εικόνα 25: Αριθμός Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων



Λόγω του ότι και στην περίπτωση των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων θα χρησιμοποιηθούν ως εισροή στο σύστημα οι απολαβές από τους χρήστες, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη περισσότερα του ενός προφίλ χρηστών για να υπάρξει μια σφαιρική και όσο το δυνατό πιο ολοκληρωμένη εικόνα της αγοράς. Θα χρησιμοποιηθούν τα ίδια δεδομένα όπως και στη σύνθετη ραδιοτεχνολογία διότι αναφερόμαστε στην ίδια χρονική περίοδο για την επένδυση. Έτσι και εδώ οι χρήστες χωρίζονται σε καταναλωτές και επιχειρήσεις με ποσοστά 80% και 20% αντίστοιχα (Εικόνα 17) [21]. Ο διαχωρισμός των χρηστών των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων σε καταναλωτές και επιχειρήσεις παρουσιάζεται στην Εικόνα 26:



Εικόνα 26: Διαχωρισμός Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων σε Καταναλωτές/ Επιχειρήσεις

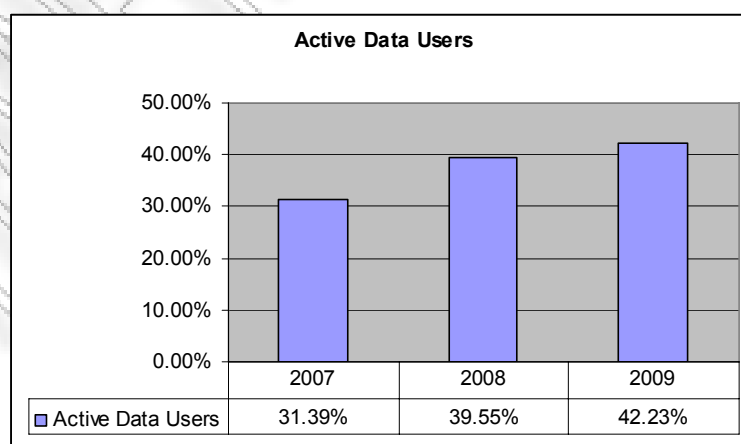


Επιπρόσθετα, η ζήτηση υπηρεσιών από τους χρήστες γίνεται για ένα πλήθος υπηρεσιών όπως [21]:

- Φωνητικές κλήσεις (Audio Calls)
- Video Calls
- SMS
- Modem/ Mobile Office (MMO)
- E-mail
- MMS
- Portals και Java Downloads

Όπως προαναφέρθηκε (Πίνακας 6) δεν μπορεί κάθε τεχνολογία να εξυπηρετήσει όλες τις υπηρεσίες. Το WLAN εξυπηρετεί MMO, E-mail και Portals/Java, το GPRS διεκπεραιώνει φωνητικές κλήσεις, SMS, MMO, E-mail, MMS και Portals/Java Downloads και τέλος το UMTS διεκπεραιώνει όλες τις υπηρεσίες. Ακόμη οι υπηρεσίες χωρίζονται σε υπηρεσίες δεδομένων που αφορούν τους ενεργούς χρήστες και στις υπόλοιπες υπηρεσίες όπως Audio Calls, Video Calls και SMS οι οποίες αφορούν όλους τους χρήστες ασύρματων τεχνολογιών.

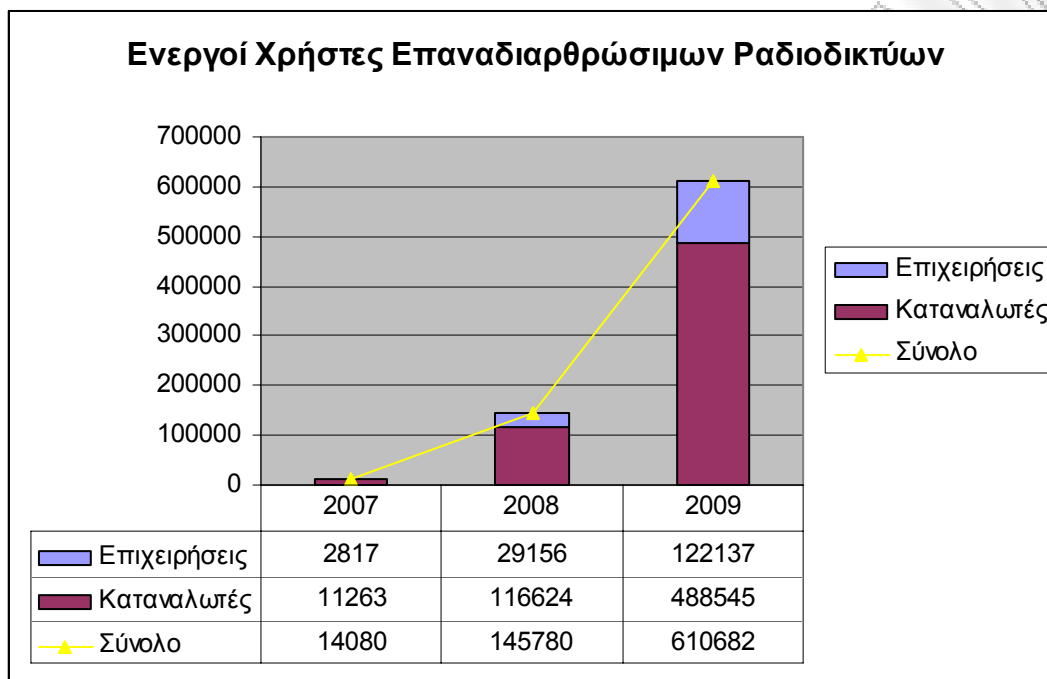
Το ποσοστό ενεργών χρηστών για τα κυψελωτά συστήματα ανά έτος παρουσιάζεται στην Εικόνα 27 [21]:



Εικόνα 27: Ποσοστό Ενεργών Χρηστών (Active Data Users)



Με βάση το ποσοστό που προαναφέρθηκε οι ενεργοί χρήστες των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων οι οποίοι χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες δεδομένων είναι:



Εικόνα 28: Αριθμός Ενεργών Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

5.2.2 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV)

Η αξιολόγηση της επένδυσης για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα θα γίνει και εδώ με τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV). Καθαρή παρούσα αξία, όπως προαναφέρθηκε (ενότητα 5.1.2), είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής μιας επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία. Βασίζεται στην έννοια του υπολογισμού της παρούσας αξίας μελλοντικών χρηματικών ροών. Όλα τα κόστη (εκροές) και τα οφέλη (εισροές) της επένδυσης μετατρέπονται σε σημερινές αξίες, δηλαδή η καθαρή παρούσα αξία εκφράζει το καθαρό όφελος ή κόστος στη χρονική στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση. Επίσης και εδώ διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις: αν η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική τότε η απόδοση της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση εγκρίνεται, αν είναι αρνητική τότε η απόδοση



της επένδυσης είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση απορρίπτεται και αν τέλος είναι ίση με το μηδέν η απόδοση της επένδυσης είναι οριακή [27].

Ο γενικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας όπως προαναφέρθηκε είναι [21] [27] [28]:

$$NPV_N = -\sum_{i=0}^N \frac{I^i}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+r)^i}$$

Όπου:

- Το πρώτο άθροισμα αναφέρεται στο αρχικό κεφάλαιο επένδυσης της τεχνολογίας
- Το δεύτερο άθροισμα αναφέρεται στις χρηματοροές (cash flows) (έσοδα και έξοδα της επένδυσης)
- r είναι το επιτόκιο προεξόφλησης (discount rate)
- N είναι ο χρονικός ορίζοντας για την επένδυση

Οι χρηματικές ροές ορίζονται ως η διαφορά μεταξύ των εσόδων μιας επιχείρησης και των λειτουργικών εξόδων της. Τα λειτουργικά έξοδα αναφέρονται στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης της υποδομής και του δικτύου, ενώ τα έσοδα στις απολαβές από τους χρήστες. Ειδικότερα, οι χρηματικές ροές δίνονται από τον τύπο [37]:

$$CF_i = R_i - O_i$$

Όπου:

- R_i (Revenues) είναι οι απολαβές από τους χρήστες για το χρόνο i
- O_i είναι τα λειτουργικά έξοδα για το χρόνο i



Εάν ληφθούν υπόψη η χρεολυσία (amortization) σε περίπτωση δανεισμού κάποιου κεφαλαίου για κάλυψη της αρχικής επένδυσης και η φορολογία, τότε ο τύπος για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας γίνεται [21]:

$$NPV_N = -\sum_{i=0}^N \frac{(I_{Recon}^i - \tau \cdot A_{Recon}^i)}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{(R_{Recon}^i - \tau \cdot A_{Recon}^i)}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^N \frac{O_{Recon}^i}{(1+r)^i} + \sum_{i=2}^{N+1} \frac{\tau \cdot O_{Recon}^{i-1}}{(1+r)^i}$$

Όπου:

- A_{Recon}^i είναι η χρεολυσία για δανεισμό ποσοστού του αρχικού κεφαλαίου για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα στο χρόνο i
- τ είναι η φορολογία
- I_{Recon}^i είναι η αρχική επένδυση για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα (CAPEX) στο χρόνο i
- O_{Recon}^i είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (OPEX) για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα στο χρόνο i

Για να υπολογιστεί ο παραπάνω τύπος πρέπει να γίνει ένα υποθετικό σενάριο κόστους της αρχικής επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, καθώς και να υπολογιστεί το προεξοφλητικό επιτόκιο [21].



5.2.2.1 Ανάλυση κόστους (CAPEX και OPEX) επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων

Η ανάλυση κόστους για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες [29] [30]:

- Το CAPEX (Capital Expenditure), το οποίο αφορά στην αρχική επένδυση για εγκατάσταση της τεχνολογίας και της απαραίτητης υποδομής, στο λογισμικό λειτουργίας, καθώς και στις επιπρόσθετες επενδύσεις με το πέρασ των χρόνων για αναβάθμιση του συστήματος ή για υποστήριξη μεγαλύτερης χωρητικότητας.
- Το OPEX (Operative Expenditure), το οποίο αφορά στα έξοδα για συντήρηση του συστήματος, σε πιθανές άδειες λογισμικού, στο κατέβασμα λογισμικού καθώς και στην επικύρωση του λογισμικού που εκτελείται από τον πάροχο λογισμικού και στην επαναδιάρθρωση του συστήματος.

Για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας θα γίνει μια εκτίμηση για το CAPEX και το OPEX των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων. Η αρχική επένδυση σε hardware μειώνεται διότι τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα στηρίζονται στην ήδη υπάρχουσα υποδομή. Για τη λειτουργία τους χρειάζονται λιγότερα τμήματα ραδιοδικτύου αφού ένα τμήμα ραδιοδικτύου μπορεί να διεκπεραιώσει όλες τις τεχνολογίες WLAN/GPRS/UMTS κατεβάζοντας δυναμικά το ανάλογο λογισμικό στο τερματικό.

Συμπερασματικά, το κόστος για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, με την προϋπόθεση ότι τα απαιτούμενα radio sites στο σύστημα μειώνονται κατά 15%, διαμορφώνεται ως εξής (Πίνακας 19) [21]:

Πίνακας 19: Απαιτούμενα Radio Sites

Απαιτούμενα Radio Sites (Αυξητικά)					
	2005	2006	2007	2008	2009
	1125	157	166	190	200
Μείωση κατά 15%	1125	134	141	162	170



Επιπρόσθετα, το κόστος για κάθε radio site που στήνεται εξ' ολοκλήρου από την αρχή είναι 150000€ και αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό 8% των radio sites που προστίθενται κάθε χρόνο. Ενώ για τα υπόλοιπα το κόστος διαμορφώνεται ως εξής [21]:

- Υλικό (hardware): 19000€/ radio site
- Λογισμικό (Software) και κατέβασμα λογισμικού: 23000€/ radio site
- Εγκατάσταση: 8000€/ radio site

Πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος λογισμικού αυξάνεται, διότι στα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα όπως προαναφέρθηκε η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας και το κατέβασμα γίνονται όλα σε επίπεδο εφαρμογών άρα και το λογισμικό αυξάνεται.

Έτσι προκύπτει ότι για το 2006 όπου και γίνεται η εγκατάσταση τα απαιτούμενα radio sites είναι 157. Λόγω του ότι στα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα το ποσοστό μειώνεται κατά 15%, τα απαιτούμενα τμήματα ραδιοδικτύου είναι 134. Από αυτά το 8% δηλαδή τα 11 στήνονται εξ' ολοκλήρου από την αρχή ενώ τα υπόλοιπα 123 απλά πολλαπλασιάζονται με τα παραπάνω κόστη. Τελικά το κόστος διαμορφώνεται ως εξής (Πίνακας 20):

- Αρχική επένδυση για εγκατάσταση της τεχνολογίας: 7800000 ευρώ για υποστήριξη 1000000 χρηστών.
- Για μελλοντική αναβάθμιση του συστήματος: 1.4 εκατομμύρια ευρώ για υποστήριξη 1000000 επιπρόσθετων χρηστών στο σύστημα.
- Άδειες για λογισμικό και λειτουργία καθώς και για τη συντήρηση του συστήματος 1.2 εκατομμύρια ευρώ ανά χρόνο για υποστήριξη 1000000 χρηστών και 1.2 ευρώ για κάθε χρήστη που υπερβαίνει τους 1000000 χρήστες.



Πίνακας 20: Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων					
	2005	2006	2007	2008	2009
CAPEX (I_{Recon}^i)	0	7800000	0	0	1400000
OPEX (O_{Recon}^i)	0	0	1200000	1200000	1735303
Σύνολο	0	7800000	1200000	1200000	3135303

5.2.2.2 Υπολογισμός Επιτοκίου Προεξόφλησης (Discount Rate)

Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι ο όρος που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες υπολογισμού της παρούσας αξίας των μελλοντικών χρηματοροών που προκύπτουν από μια μελέτη, δηλαδή η προεξοφλητική αξία όλων των μελλοντικών εσόδων και εξόδων [21] [31]. Λόγω του ότι η έρευνα λαμβάνει χώρα την ίδια χρονική περίοδο με την έρευνα των σύνθετων ραδιοδικτύων το προεξοφλητικό επιτόκιο διατηρείται το ίδιο ώστε να υπάρχει κοινός συντελεστής σύγκρισης των αποτελεσμάτων των δύο τεχνολογιών.

Ο τύπος για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου (r) είναι [21]:

$$r = r_f + \beta \cdot (r_\alpha - r_f)$$

Όπου:

- r_f είναι άτοκες επιχορηγήσεις, όπως για παράδειγμα κυβερνητικές επιχορηγήσεις
- β είναι η ευαισθησία του χρήματος σε αλλαγές στην αγορά
- $(r_\alpha - r_f)$ είναι το εκτιμώμενο ρίσκο, ειδικότερα η διαφορά μεταξύ του μέσου ασφάλιστρου του μετοχικού κεφαλαίου και των άτοκων επιχορηγήσεων



Για τον υπολογισμό του discount rate χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι [21]:

- $r_f=4.04\%$, το οποίο είναι ένας συνδυασμός των πραγματικών άτοκων χορηγήσεων που ανέρχεται στο 2% και του πληθωρισμού, δηλαδή του ποσοστού αύξησης της μέσης αγοραστικής αξίας, που ανέρχεται σε 2%
- $(r_a - r_f) = 2.3\%$
- $\beta = 1.35$

Τελικά:

$$r = r_f + \beta \cdot (r_a - r_f) \Rightarrow r = 4.04\% + 1.35 \cdot (2.3\%) \Rightarrow r = 7.145\%$$

5.2.2.3 Υπολογισμός χρεολυσίας (Amortization) για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα

Η χρεολυσία αναλύθηκε για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα (ενότητα 5.1.2.3), παρομοίως θα γίνει και εδώ ένας υπολογισμός για τη χρεολυσία στα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα. Όπως προαναφέρθηκε, δανειακά κεφάλαια μπορούν να καλύψουν ολόκληρο ή ένα τμήμα του κόστους μιας επένδυσης. Το κεφάλαιο αυτό επιστρέφεται σταδιακά μαζί με την αμοιβή του δανειστή (τόκος). Χρεολυσία είναι η επιστροφή του κεφαλαίου, ενώ τόκος η αμοιβή του κεφαλαίου. Το ύψος των τόκων και χρεολυσιών καθορίζεται από το ύψος του δανείου, το επιτόκιο δανεισμού και το χρόνο αποπληρωμής. Για ίσες δόσεις χρεολυσίου, το χρεολύσιο υπολογίζεται ως ο λόγος του δανείου προς το χρόνο αποπληρωμής. Ο τόκος υπολογίζεται για κάθε χρόνο επί του μη αποπληρωθέντος κεφαλαίου [33].

Το επιτόκιο για μια μεγάλη Ευρωπαϊκή Χώρα κυμαίνεται μεταξύ 4.5% και 5%. Εδώ χρησιμοποιήθηκε μια ενδιάμεση τιμή 4.75% [34].

Με δεδομένο το γεγονός ότι το δάνειο είναι ίσο με το κόστος της αρχικής επένδυσης 7800000€ και η αποπληρωμή γίνεται σε 4 χρόνια, με επιτόκιο δανεισμού 4.75% και σταθερό χρεολύσιο που ανέρχεται στα 1950000€, η χρεολυσία παρουσιάζεται στον Πίνακα 21.



Πίνακας 21: Χρεολυσία ανά έτος

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (Α ⁱ)	Χρεολύσιο	Τόκοι	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (Αρχικό κεφάλαιο)
0				7800000
1	2320500	1950000	370500	5850000
2	2227875	1950000	277875	3900000
3	2135250	1950000	185250	1950000
4	2042625	1950000	92625	0
Σύνολο	8726250	7800000	926250	

5.2.2.4 Υπολογισμός απολαβών από τους χρήστες για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα

Όπως και στα σύνθετα ραδιοδίκτυα έτσι και στα επαναδιαρθρώσιμα η κύρια πηγή εσόδων για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας είναι οι απολαβές από τους χρήστες. Προκύπτει από την ζήτηση των καταναλωτών και των επιχειρήσεων για κάθε υπηρεσία. Οι καταναλωτές και οι επιχειρήσεις με ποσοστό 80% και 20% αντίστοιχα, έχουν συγκεκριμένη ζήτηση για κάθε υπηρεσία. Οι υπηρεσίες δεδομένων πολλαπλασιάζονται μόνο με τους ενεργούς χρήστες για κάθε κατηγορία (ενεργοί χρήστες για την κατηγορία των καταναλωτών και ενεργοί χρήστες για την κατηγορία των επιχειρήσεων), ενώ οι υπηρεσίες φωνής, SMS και βίντεο με όλους τους χρήστες κάθε κατηγορίας (καταναλωτές και επιχειρήσεις). Έτσι με βάση αυτό το διαχωρισμό και τη χρέωση για κάθε υπηρεσία προκύπτου οι απολαβές από τους χρήστες. Πρέπει να σημειωθεί ότι η χρέωση παραμένει ίδια με τη χρέωση στα σύνθετα ραδιοδίκτυα για κάθε χρήστη (Πίνακας 12, Εικόνα 20, Εικόνα 21). Ειδικότερα η μέση τιμή απολαβών κάθε χρήστη (ARPU) για Voice, SMS και Video ανά μήνα είναι [21] [35] [36]:



Πίνακας 22: Απολαβές ανά χρήστη για φωνή και SMS (ARPU)

	2007	2008	2009
Voice και SMS/μήνα	25.84€	22.82€	20.15€
Voice και SMS/έτος	310.08€	273.84€	241.8€

Ενώ για τους ενεργούς χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν και δεδομένα η χρέωση για φωνή και SMS είναι η παραπάνω ενώ η αντίστοιχη μέση τιμή απολαβών από τα δεδομένα για κάθε χρήστη ανά μήνα διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας 23: Απολαβές ανά ενεργό χρήστη (ARPU) Active Data User/ μήνα

	2007	2008	2009
Voice και SMS/μήνα	25.84€	22.82€	20.15€
Data/μήνα	26.84€	23.82€	21.15€
Σύνολο	52.35€	46.55€	41.4€

Ενώ η χρέωση ανά έτος για κάθε ενεργό χρήστη διαμορφώνεται ως εξής [21] [35] [36]:

Πίνακας 24: Απολαβές για κάθε ενεργό χρήστη /έτος

	2007	2008	2009
Voice και SMS/έτος	310.08€	273.84€	241.8€
Data/έτος	322.08€	285.84€	253.8€
Σύνολο	632.88€	559.68€	495.6€



Οπότε η χρέωση ανά έτος για όλους τους χρήστες είναι [21]:

$$Users\ Revenues / year = ARPU(Data)_{year} \cdot ActiveUsers_{Recon} + ARPU(Voice / SMS)_{year} \cdot Users_{Recon}$$

Τελικά προκύπτει:

Πίνακας 25: Απολαβές χρηστών επαναδιαρθρώσιμων δικτύων/έτος

	2007	2008	2009
Voice και SMS	13908948€	100936876€	349663594€
Data	4534886€	41669755€	154991091€
Σύνολο	18443834€	142606631€	504654685€

Για να αντλήσουμε τις μέγιστες απολαβές από τους χρήστες πρέπει να δαπανηθούν κάποια ποσά για διαφημιστικούς σκοπούς, οι οποίοι αναλογούν σε ένα ποσοστό 15% επί των απολαβών από τους χρήστες για κάθε έτος. Το ποσοστό αυτό είναι ίδιο και για τα σύνθετα ραδιοδίκτυα.

5.2.3 Αποτελέσματα

Για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας:

$$NPV_N = - \sum_{i=0}^N \frac{(I_{Recon}^i - \tau \cdot A_{Recon}^i)}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{(R_{Comp}^i - \tau \cdot A_{Recon}^i)}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^N \frac{O_{Recon}^i}{(1+r)^i} + \sum_{i=2}^{N+1} \frac{\tau \cdot O_{Recon}^{i-1}}{(1+r)^i}$$



Όλα τα δεδομένα που απαιτούνται συνοψίζονται στον Πίνακα 26:

Πίνακας 26: Δεδομένα NPV για τα Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα

Όνομα	Συμβολισμός	Τιμή
CAPEX Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	I_{Recon}^i	Πίνακας 20
OPEX Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	O_{Recon}^i	Πίνακας 20
Χρεολυσία	A_{Recon}	Πίνακας 21
Απολαβές από τους Χρήστες	R_{Recon}^i	Πίνακας 25
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	r	7.145%
Φορολογία (Tax Rate)	τ	30%
Διαφημιστική καμπάνια	-	15%
Χρόνος Επένδυσης	N	3 χρόνια
Περίοδος Απόσβεσης	-	4 χρόνια

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στοιχεία η καθαρή παρούσα αξία ισούται με 298860000€. Εφόσον η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική, οι επιστροφές των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων αξίζουν την αρχική επένδυση και πρέπει να τονιστεί ότι υπολογίστηκε μόνο για 3 χρόνια λειτουργίας τους.

Πίνακας 27: Αποτέλεσμα NPV για επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα

Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας
298860000€



5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της καθαρής παρούσας αξίας για τα σύνθετα και τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, ήταν θετικά με τιμές 985850000€ και 298960000€ αντίστοιχα. Αυτό δείχνει ότι και οι δυο ραδιοτεχνολογίες αξίζουν την αρχική επένδυση αν και υπολογίστηκαν μόνο για 3 χρόνια λειτουργίας.

Η αρχική επένδυση (CAPEX) για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα έναντι των σύνθετων ραδιοδικτύων ήταν μικρότερη, λόγω του ότι το υλικό (hardware) μειώνεται αφού χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή. Παρόλα αυτά το κόστος του λογισμικού (software) για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα ήταν μεγαλύτερο, αφού η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας, το κατέβασμα και η διαμόρφωση του τερματικού γίνονται όλα σε επίπεδο software. Ακόμη πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος για αναβάθμιση του δικτύου που γίνεται με το πέρασ το χρόνων και οι άδειες ή οι απαιτήσεις για λογισμικό είναι άμεσα συσχετισμένες με τον αριθμό χρηστών για κάθε τεχνολογία. Συγκριτικά:

Πίνακας 28: Σύγκριση CAPEX Σύνθετων και Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

Σύγκριση CAPEX					
	2005	2006	2007	2008	2009
CAPEX (I_{Comp}^i)	0	8862000	0	2800000	2800000
CAPEX (I_{Recon}^i)	0	7800000	0	0	1400000
Κέρδος	0	1062000	0	2800000	1400000



Πίνακας 29: Σύγκριση OPEX Σύνθετων και Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

Σύγκριση OPEX					
	2005	2006	2007	2008	2009
OPEX (O_{Comp}^i)	0	0	1000000	2192767	2629248
OPEX (O_{Recon}^i)	0	0	1200000	1200000	1735303
Διαφορά	0	0	+200000	992767	893945

Κύρια πηγή εσόδων είναι οι απολαβές από τους χρήστες. Οι απολαβές ανά χρήστη ήταν ίδιες για τα σύνθετα και τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα, αλλά λόγω του ότι η διείσδυση των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων στην αγορά ήταν μικρότερη, ο αριθμός των χρηστών ήταν μικρότερος άρα και οι απολαβές λιγότερες.

Πίνακας 30: Απολαβές χρηστών/έτος

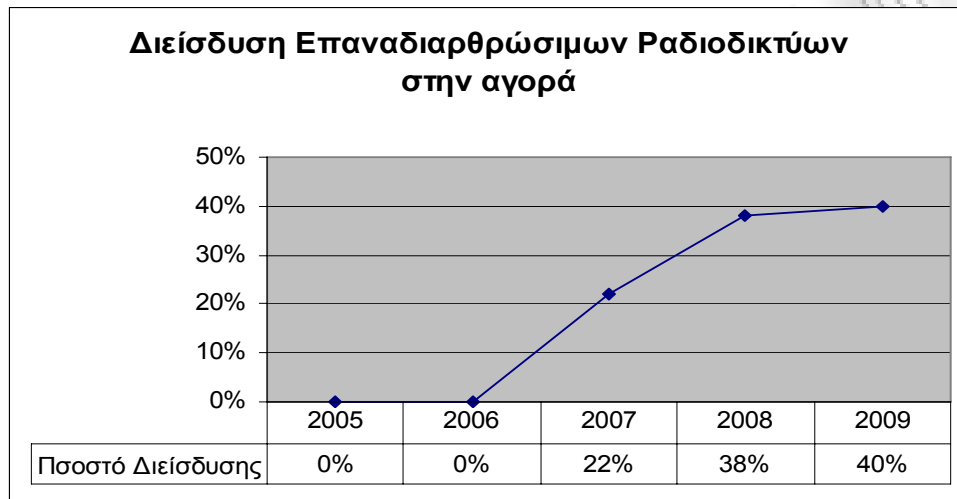
	2007	2008	2009
Σύνθετα Ραδιοδίκτυα	332424696€	847422292€	918886571€
Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα	18443834€	142606631€	504654685€
Διαφορά	313980862€	704815661€	414231886€

Και οι δύο μελέτες έλαβαν χώρα το ίδιο χρονικό διάστημα. Τα αποτελέσματα που αντλούνται είναι ότι και οι δύο ραδιοτεχνολογίες αξίζουν την αρχική επένδυση ακόμα και για διάστημα λειτουργίας 3 ετών. Και προκύπτει ότι η αρχική επένδυση CAPEX είναι μικρότερη στα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα.

Για να προκύψει μια ακριβέστερη σύγκριση μεταξύ των δύο ραδιοτεχνολογιών θα υποθέσουμε ότι τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα έχουν το ίδιο ποσοστό διείσδυσης στην αγορά με τα σύνθετα ραδιοδίκτυα. Αυτό γίνεται γιατί και τα έσοδα στο σύστημα, δηλαδή οι απολαβές από τους χρήστες, αλλά και τα έξοδα, δηλαδή το CAPEX και το OPEX, διαμορφώνονται ανάλογα με τον αριθμό των χρηστών.

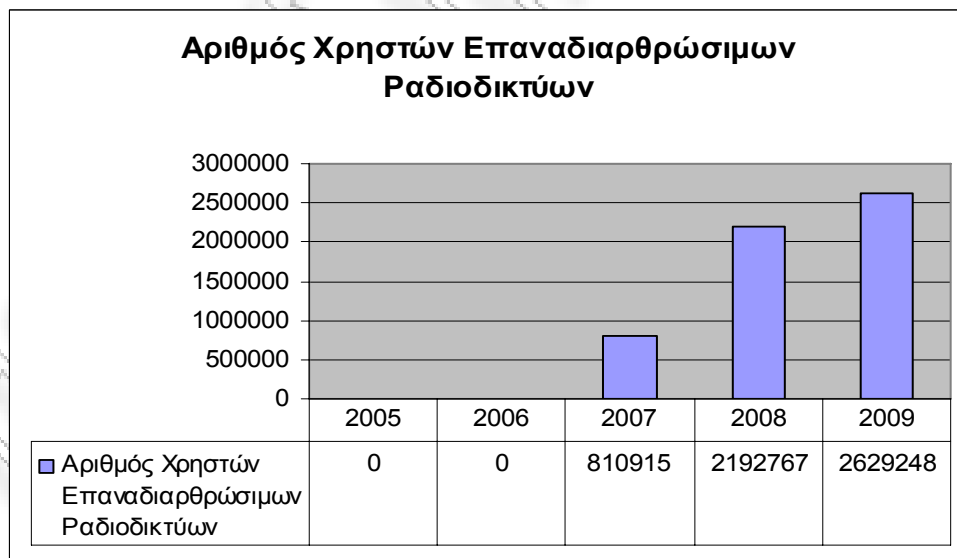


Συγκεκριμένα, στη περίπτωση κατά την οποία τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα έχουν ποσοστό διείσδυσης στην αγορά ίσο με το ποσοστό διείσδυσης των σύνθετων ραδιοδικτύων τότε το ποσοστό αυτό για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα γίνεται:



Εικόνα 29: Ποσοστό Διείσδυσης Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

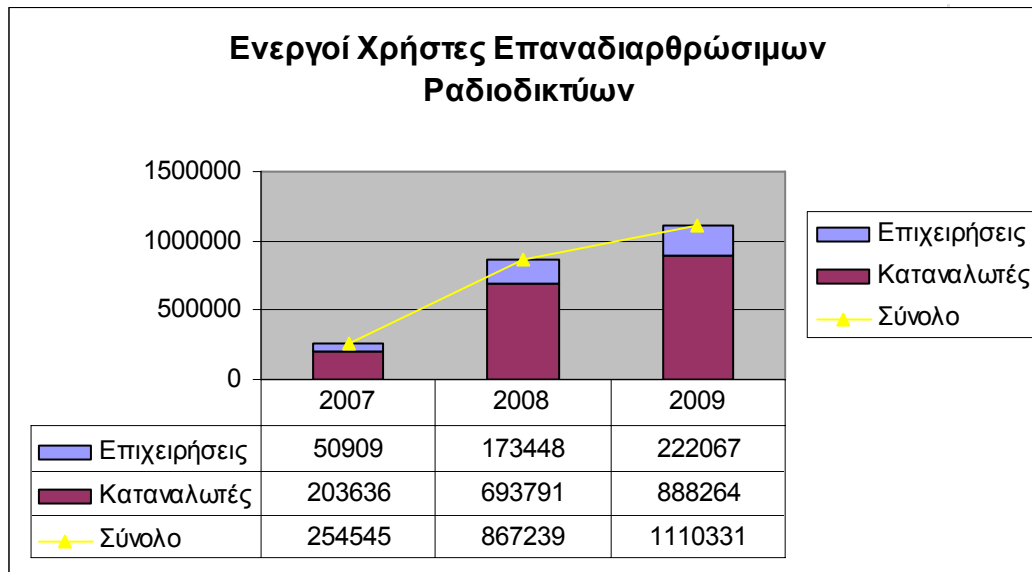
Άρα ο αριθμός χρηστών των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων γίνεται:



Εικόνα 30: Αριθμός Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων



Οπότε και ο αριθμός ενεργών χρηστών είναι:



Εικόνα 31: Αριθμός Ενεργών Χρηστών Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων

Το κόστος της αρχικής επένδυσης (με μείωση των απαιτούμενων radio sites κατά 15%) παραμένει ίδιο για τον πρώτο χρόνο της επένδυσης αλλά αλλάζει τα επόμενα έτη κατά την αναβάθμιση του συστήματος γιατί αυξάνεται ο αριθμός χρηστών που πρέπει να υποστηρίξει το σύστημα:

Πίνακας 31: Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων μείωση radio sites κατά 15%

Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων					
	2005	2006	2007	2008	2009
CAPEX (J_{Recon}^i)	0	7800000	0	2800000	2800000
OPEX (O_{Recon}^i)	0	0	1200000	2631320	3155097
Σύνολο	0	7800000	1200000	5431320	5955097



Οι απολαβές για κάθε χρήστη ανά έτος παραμένουν οι ίδιες (Πίνακας 32) με τις απολαβές των σύνθετων ραδιοδικτύων, ενώ παρουσιάζονται στον Πίνακα 33 και οι απολαβές όλων των χρηστών ανά έτος:

Πίνακας 32: Απολαβές για κάθε χρήστη /έτος

	2007	2008	2009
Voice και SMS/έτος	310.08€	273.84€	241.8€
Data/έτος (Active Data Users)	322.08€	285.84€	253.8€
Σύνολο	632.88€	559.68€	495.6€

Πίνακας 33: Απολαβές χρηστών/έτος

	2007	2008	2009
Voice και SMS	251448523€	600467315€	635752166€
Data	80976173€	246954977€	283134405€
Σύνολο	332424696€	847422292€	918886571€

Όλα τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας με ποσοστό διείσδυσης στην αγορά για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα ίδιο με το ποσοστό διείσδυσης των σύνθετων ραδιοδικτύων και με μείωση των απαιτούμενων radio sites κατά 15% συνοψίζονται στον Πίνακα 34:



Πίνακας 34: Δεδομένα NPV για τα Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα με μείωση rdio sites κατά 15%

Όνομα	Συμβολισμός	Τιμή
CAPEX Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	I_{Recon}^i	Πίνακας 31
OPEX Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	O_{Recon}^i	Πίνακας 31
Χρεολυσία	A_{Recon}^i	Πίνακας 21
Απολαβές από τους Χρήστες	R_{Recon}^i	Πίνακας 33
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	r	7.145%
Φορολογία (Tax Rate)	τ	30%
Διαφημιστική καμπάνια	-	15%
Χρόνος Επένδυσης	N	3 χρόνια
Περίοδος Απόσβεσης	-	4 χρόνια

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στοιχεία η καθαρή παρούσα αξία ισούται με 986080000€. Εφόσον η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική, οι επιστροφές των επαναδιαρθρώσιμων ραδιοδικτύων αξίζουν την αρχική επένδυση.

Πίνακας 35: Αποτέλεσμα NPV για επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα

Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας
986080000€

Ενώ για το ίδιο ποσοστό διείσδυσης στην αγορά (άρα και ίδιο αριθμό χρηστών) των σύνθετων ραδιοδικτύων η καθαρή παρούσα αξία ήταν 985850000€:



Πίνακας 36: Αποτέλεσμα NPV για σύνθετα ραδιοδίκτυα

Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας
985850000€

Συμπερασματικά, τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα δίνουν σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο NPV από τα σύνθετα ραδιοδίκτυα, άρα συγκριτικά τα επαναδιαρθρώσιμα είναι οικονομικώς πιο συμφέροντα από τα σύνθετα ραδιοδίκτυα, αφού μειώνεται το hardware και μας επιστρέφουν μεγαλύτερη καθαρή παρούσα αξία για ίδιο αριθμό χρηστών και τις ίδιες απολαβές από τους χρήστες.

Οι παραπάνω μετρήσεις έγιναν για μείωση των απαιτούμενων radio sites στα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα κατά 15% έναντι αυτών που απαιτούνται από τα σύνθετα δίκτυα. Στη περίπτωση που τα απαιτούμενα radio sites μειωθούν κατά 10%, τότε η καθαρή παρούσα αξία των σύνθετων δικτύων ισούται με αυτή των επαναδιαρθρώσιμων, λόγω του ότι OPEX που απαιτείται είναι μεγαλύτερο (Πίνακας 29). Ειδικότερα, ο αριθμός των χρηστών των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων παραμένει ίδιος (Εικόνα 30), όπως και οι απολαβές από τους χρήστες (Πίνακας 33). Τα radio sites μειώνονται κατά 10% και ο Πίνακας 19 διαμορφώνεται ως εξής (Πίνακας 37):

Πίνακας 37: Απαιτούμενα Radio Sites

Απαιτούμενα Radio Sites (Αυξητικά)					
	2005	2006	2007	2008	2009
	1125	157	166	190	200
Μείωση κατά 10%	1125	141	144	171	180

Το κόστος της αρχικής επένδυσης (με μείωση των απαιτούμενων radio sites κατά 10%) αλλάζει το πρώτο χρόνο της επένδυσης ενώ για τα επόμενα έτη κατά την αναβάθμιση του συστήματος το κόστος παραμένει ίδιο και παρουσιάζεται στον Πίνακας 38.



Πίνακας 38: Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων με μείωση radio sites κατά 10%

Κόστος Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων					
	2005	2006	2007	2008	2009
CAPEX (I_{Recon}^i)	0	8150000	0	2800000	2800000
OPEX (O_{Recon}^i)	0	0	1200000	2631320	3155097
Σύνολο	0	8150000	1200000	5431320	5955097

Αντίστοιχα, αλλάζει και η χρεολυσία με δεδομένο το γεγονός ότι το δάνειο είναι ίσο με το κόστος της αρχικής επένδυσης 8150000€ και η αποπληρωμή γίνεται σε 4 χρόνια, με επιτόκιο δανεισμού 4.75% και σταθερό χρεολύσιο που ανέρχεται στα 2037500€ (Πίνακας 39).

Πίνακας 39: Χρεολυσία ανά έτος

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (Α ¹)	Χρεολύσιο	Τόκοι	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (Αρχικό κεφάλαιο)
0				8150000
1	2424625	2037500	387125	6112500
2	2327844	2037500	290344	4075000
3	2231062	2037500	193562	2037500
4	2134281	2037500	96781	0
Σύνολο	9117812	8150000	967812	



Όλα τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας με ποσοστό διείσδυσης στην αγορά για τα επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα ίδιο με το ποσοστό διείσδυσης των σύνθετων ραδιοδικτύων και μείωση των απαιτούμενων radio sites κατά 10% συνοψίζονται στον Πίνακα 40:

Πίνακας 40: Δεδομένα NPV για τα Επαναδιαρθρώσιμα Ραδιοδίκτυα με μείωση radio sites 10%

Όνομα	Συμβολισμός	Τιμή
CAPEX Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	I'_{Recon}	Πίνακας 38
OPEX Επαναδιαρθρώσιμων Ραδιοδικτύων	O^i_{Recon}	Πίνακας 38
Χρεολυσία	A^i_{Recon}	Πίνακας 39
Απολαβές από τους Χρήστες	R^i_{Recon}	Πίνακας 33
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	r	7.145%
Φορολογία (Tax Rate)	τ	30%
Διαφημιστική καμπάνια	-	15%
Χρόνος Επένδυσης	N	3 χρόνια
Περίοδος Απόσβεσης	-	4 χρόνια

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στοιχεία η καθαρή παρούσα αξία των επαναδιαρθρώσιμων δικτύων (Πίνακας 41) ισούται την καθαρή παρούσα αξία των σύνθετων ραδιοδικτύων (Πίνακας 15) 985850000€.

Πίνακας 41: Αποτέλεσμα NPV για επαναδιαρθρώσιμα ραδιοδίκτυα

Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας
985850000€



Συμπερασματικά, για μείωση των απαιτούμενων radio sites στο σύστημα μεγαλύτερη από 10% τα επαναδιαρθρώσιμα δίκτυα είναι οικονομικά αποδοτικότερα έναντι των σύνθετων ραδιοδικτύων, ενώ για μείωση 10% η σύγκριση είναι οριακή αφού επιστρέφουν και τα δύο δίκτυα την ίδια καθαρή παρούσα αξία. Αντίθετα για μείωση των απαιτούμενων radio sites μικρότερη του 10% τα σύνθετα δίκτυα αποδεικνύονται οικονομικά αποδοτικότερα.



6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Markus Dillinger, Kambiz Madani & Nancy Alonistioti, “Software Defined Radio, Architectures, Systems and Functions”, Wiley, 2003
- [2] P. Demestichas, G.Vivier, K El-Khazen & M. Theologou, “Evolution in Wireless Systems Management Concepts: From Composite Radio Environments to Reconfigurability”, IEEE Communications Magazine, May 2004
- [3] P. Ballon & S.Delaere, “E²R II, Business Models, User Value and Roadmaps”, White Paper 1, 2006
- [4] <http://www.wlana.org/>
- [5] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [6] <http://www.gsmworld.com/>
- [7] <http://www.umts-forum.org/>
- [8] <http://umtsworld.com/>
- [9] <http://www.3gpp.org/>
- [10] <http://www.techteam.gr/wiki/GPRS>
- [11] Usha Communications Technology, “General Packet Radio Service”, June 2000
- [12] Cisco Systems, “GPRS”, White Paper, 2000
- [13] Z. Boufidis, R. Falk & N. Alonistioti, “Network Support Modelling, Architecture & Security Considerations for Composite Reconfigurable Environment”, IEEE Wireless Communications, 2006
- [14] D. Bourse, S. Buljore, A. Delautre, Nancy Alonistioti, “The End-to-End Reconfigurability (E2R) Research”, Wireless World Research Forum (WWRF) 10th Meeting WG6, New York 2005



- [15] <http://www.e2r.motlabs.com>, “End to End Reconfigurability System Architecture”, White Paper, 2006
- [16] M. Alvarez, “Business Models for E2R Systems”, E2R Day WWI Symposium, December 2004
- [17] Klaus Moessner, “Techno-Economic and Regulatory Perspectives”, <http://www.e2r.motlabs.com> Deliverable Report, December 2005
- [18] G. Dimitrakopoulos, P. Demestichas & An. Alexiou, “Design of Context Aware, Reconfigurable, High Speed, Wireless Access Systems”, 14th IST Mobile & Wireless Communication Summit, June 2005
- [19] T. G. Eskedal, R. Venturin, I. Grgic, R. Andreassen, C. Francis, C. Fischer & M. Danzeisen, “The operators vision on systems beyond 3G”, Eurescom Technical Information Project P1203, May 2003
- [20] G. Dimitrakopoulos, P. Demestichas, Jesse Luo, Oriol Sallent, Ramon Agusti, Klaus Moessner, “Dynamic Planning and Management of Reconfigurable Networks”, E2R_ISTSummit, 2005
- [21] Motorola Electronics S.P.A., “Business Case for deployment of the Credo technology”, Deliverable 15 Project IST-2001-33093 Credo, December 2003
- [22] <http://www.e2r.motlabs.com>
- [23] K.Tsagkaris, G.Dimitrakopoulos, A.Saatsakis, P.Demestichas, “Distributed Radio Access Technology Selection for Adaptive Networks in High-Speed, B3G Infrastructures”, accepted for publication to International Journal of Communications Systems, 2006
- [24] A. Cerboni, J. Harno, I. Welling, D. Katsianis, D. Varoutas, “UMTS-WLAN roaming in hot spot areas. A techno-economic study”, 3rd IEEE Workshop on Wireless Local Area Networks, September 2001



- [25] K. Stordahl, B. T. Olsen, J. Lydersen, B. Olufsen, N. K. Elnegaard, “Traffic forecast models for the transport network”, Stordahl et al Networks, Munich June 2002
- [26] Dr. Erik Bohlin, Mr. Joakim Björkdahl, Dr. Sven Lindmark (VINNOVA), Theo Dunnewijk, Nasef Hmimda, Dr. Staffan Hultén (MERIT), Dr. Puay Tang (SPRU), “Prospects for Third Generation Mobile Systems”, IPTS Technical Report prepared for the European Commission-Joint Research Center, European Science & Technology Observation, June 2003
- [27] http://en.wikipedia.org/wiki/Net_present_value
- [28] http://www.odellion.com/pages/online%20community/NPV/financialmodels_npv_equations.htm
- [29] <http://en.wikipedia.org/wiki/Capex>
- [30] http://en.wikipedia.org/wiki/Operational_expenditure
- [31] http://en.wikipedia.org/wiki/Discount_rate
- [32] Jarmo Harno, “3G Business Case Successfulness within the Constraints Set by Competition, Regulation and Alternative Technologies”, Nokia Research Center
- [33] http://en.wikipedia.org/wiki/Amortization_%28business%29
- [34] Michel Aglietta and Vladimir Borgy (Cepii), Jean Château (Ocd), Michel Juillard (Cepremap), Jacques le Cacheux, Gilles Le Garrec, Vincent Touzé (Ofce), “THE LARGER EUROPE: TECHNOLOGICAL CONVERGENCE AND LABOUR MIGRATION”, For the International Conference: The New Borders of Europe, 2005
- [35] www.cosmote.gr
- [36] <http://www.vodafone.gr/live1/page.jsp>
- [37] http://en.wikipedia.org/wiki/Cash_flows
- [38] H. Levkovetz & S. Vaarala, “Mobile IP Traversal of Network Address Translation Devices” RFC 3519, April 2003