

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα:

Τεχνολογίες και Συστήματα Ευρυζωνικών Εφαρμογών και Υπηρεσιών

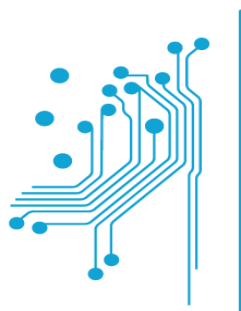


Applying FCA in Telecommunications Service Domain Ontology Engineering

(Εφαρμογή της FCA στη σημασιολογική περιγραφή
των δικτύων Β3G)

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Καθ. Ιωάννης Κούγιας



Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή.....	3
Abstract.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Β3G ΔΙΚΤΥΑ	5
1.1 Τηλεπικοινωνίες	5
1.2 Ιστορική αναδρομή δικτύων τηλεπικοινωνιών	5
1.3 Είδη δικτύων	13
1.4 Συστήματα Β3G	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ	31
2.1 Ο όρος Οντολογία	31
2.2 Δομικά στοιχεία οντολογίας	33
2.3 Οντολογική μηχανική	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: FORMAL CONCEPT ANALYSIS	35
3.1 Η βασική θεώρηση της FCA	35
3.2 Πεδία εφαρμογής της FCA	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ Β3G ΔΙΚΤΥΩΝ	40
4.1 Αναγκαιότητα κατασκευής της Β3G οντολογίας	40
4.2 Βασικές οντότητες της Β3G οντολογίας	42
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	54

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τη μαθηματική θεμελίωση της σημασιολογικής περιγραφής των υπηρεσιών δικτύου τηλεπικοινωνιών. Η μονοσήμαντη σημασιολογική περιγραφή των υπηρεσιών στο επίπεδο των τηλεπικοινωνιών απαιτεί, αφενός, από πλευράς τυπικής αναπαράστασης του πεδίου, τη χρήση οντολογιών, και αφετέρου, από πλευράς αυστηρής μονοσήμαντης θεμελίωσης, την εφαρμογή μιας μαθηματικής θεώρησης. Υπό αυτό το πρίσμα, οι οντολογίες παρέχουν έναν τρόπο αναπαράστασης της γνώσης, έτσι ώστε αυτή να καθίσταται άμεσα επεξεργάσιμη από υπολογιστικά συστήματα και ταυτόχρονα προσφέρουν ένα κοινό πλαίσιο κατανόησης για όλους (άνθρωποι και μηχανές). Παράλληλα, η μαθηματική θεμελίωση μιας τέτοιας αναπαράστασης προσφέρει την ορθότητα και τη συνέπεια που απαιτούνται για τη μονοσήμαντη περιγραφή του πεδίου γνώσης. Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας μελετάται η εφαρμογή της FCA, ως η καταλληλότερη μαθηματική θεμελίωση, για τη σημασιολογική περιγραφή των υπηρεσιών που παρέχουν τα B3G δίκτυα. Η εργασία δομείται ως ακολούθως.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε κάποιες γενικές έννοιες που σχετίζονται με το πεδίο των υπηρεσιών στο επίπεδο των τηλεπικοινωνιών και στην ιστορική αναδρομή στις γενιές των δικτύων των τηλεπικοινωνιών, στα είδη δικτύου που υπάρχουν και στην περιγραφή των B3G συστημάτων. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στα χαρακτηριστικά και τη διαχείριση αυτών, στην έννοια της δυναμικής αναδιάρθρωσης, στα cognitive δίκτυα επικοινωνιών, στις προκλήσεις με τη χρήση φάσματος και στην Dynamic Selforganising Network Planning Management.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ορίζεται η οντολογία, παρατίθενται οι λόγοι δημιουργίας μιας οντολογίας, τα δομικά στοιχεία της, καθώς επίσης και οι κατευθυντήριες οδηγίες κατασκευής μιας οντολογίας για την τυπική αναπαράσταση ενός πεδίου ενδιαφέροντος.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες της Formal Concept Analysis, ως η καταλληλότερη μαθηματική θεμελίωση της σημασιολογικής περιγραφής ενός πεδίου ενδιαφέροντος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αφού τεθεί ο προβληματισμός για την αναγκαιότητα της κατασκευής της B3G οντολογίας και παρουσιαστεί ο σκοπός και τα πιθανά σενάρια εφαρμογής της, αναλύονται οι όροι που θα αποτελέσουν τις βασικές οντότητες για τη σημασιολογική περιγραφή των υπηρεσιών των B3G δικτύων.

Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύνθεση της χρήσης της FCA για το σχεδιασμό μιας οντολογίας που θα περιγράφει σημασιολογικά τις υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών και δικτύων.

Abstract

The main purpose of this dissertation is to describe the semantics of telecommunication network services. The semantic enhancement of their services involves their unique description and accuracy, through, the use of a representation language directly processed by knowledge computer systems and the simultaneously common understanding by human resources. Thus, making it possible to auto discover and align with other services. Within the framework of the dissertation, ontologies are used to modelling knowledge and Formal Concept Analysis as a method of fundamental knowledge coding, for which a way of representation is its semantic description through ontologies.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Β3G ΔΙΚΤΥΑ

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορική αναδρομή στις γενιές των δικτύων των τηλεπικοινωνιών, στα είδη δικτύου που υπάρχουν και στην περιγραφή των Β3G συστημάτων. Κάποιες γενικές έννοιες που σχετίζονται με το πεδίο των υπηρεσιών στο επίπεδο των τηλεπικοινωνιών παρατίθενται στο Παράρτημα. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στα χαρακτηριστικά και τη διαχείριση αυτών, στην έννοια της δυναμικής αναδιάρθρωσης, στα cognitive δίκτυα επικοινωνιών, στις προκλήσεις με τη χρήση φάσματος και στην Dynamic Selforganising Network Planning Management.

1.1 Τηλεπικοινωνίες

Με τον γενικό όρο **τηλεπικοινωνίες** (telecommunications) χαρακτηρίζεται η κάθε μορφής ενσύρματη ή ασύρματη, ηλεκτρομαγνητική, ηλεκτρική, κ.λπ., ακουστική και οπτική επικοινωνία που πραγματοποιείται ανεξαρτήτως απόστασης. Στους σύγχρονους καιρούς, αυτή η διαδικασία σχεδόν πάντα περιλαμβάνει την αποστολή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ή ηλεκτρικών σημάτων από κατάλληλες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως το τηλέφωνο ή ο ασύρματος, αλλά παλαιότερα περιελάμβανε τη χρήση ακουστικών σημάτων, όπως τυμπάνων, ή οπτικών, όπως ο σηματοφόρος καπνός ή η λάμψη της φωτιάς.

1.2 Ιστορική αναδρομή δικτύων τηλεπικοινωνιών

- **Μηδενική γενιά τεχνολογίας (0G)**

Αρχικά, τα πρώτα συστήματα επικοινωνιών χρησιμοποιήθηκαν από αστυνομικά τμήματα σε πόλεις των Η.Π.Α. για λόγους δημόσιας ασφάλειας. Το 1934 είχαν εγκατασταθεί, σε 252 αστυνομικά τμήματα, τα πρώτα συστήματα κινητών επικοινωνιών, που χρησιμοποιούσαν αναλογική διαμόρφωση πλάτους (AM), ενώ 5.000 συσκευές εγκαταστάθηκαν σε αυτοκίνητα της αστυνομίας για την επικοινωνία τους με τα τμήματα. Με την εισαγωγή της διαμόρφωσης συχνότητας, από τον Edwin Armstrong, το 1935,

όλα τα συστήματα κινητών επικοινωνιών υιοθέτησαν την FM διαμόρφωση. Το 1946, εγκαταστάθηκαν για πρώτη φορά συστήματα κινητών επικοινωνιών σε 25 πόλεις των Η.Π.Α. Κάθε σύστημα χρησιμοποιούσε έναν πομπό σε υψηλό πύργο για να καλύπτει αποστάσεις μέχρι 50 χιλιομέτρων. Ένα χρόνο αργότερα, το Δεκέμβριο του 1947, οι μηχανικοί της Bell Labs Douglas H. Ring και W. Rae Young, πρότειναν τη χρήση εξαγωνικών κυψελών για τις κινητές επικοινωνίες. Παράλληλα, προτάθηκε από τον Philip T. Porter, επίσης μηχανικό της Bell Labs, η τοποθέτηση των σταθμών βάσης στις γωνίες των εξαγώνων αντί του κέντρου τους, καθώς και η χρήση κατευθυντήριων κεραιών που θα λάμβαναν από τρεις διαφορετικές τοποθεσίες και θα εξέπεμπαν σε τρεις γειτονικές κυψέλες. Την περίοδο εκείνη οι τεχνολογίες κυψελωδών δικτύων ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτες, μέχρι τη δεκαετία του '60 όταν ο Richard H. Frenkiel και ο Joel S. Engel της Bell Labs ανέπτυξαν την απαιτούμενη ηλεκτρονική υποδομή. Στην Ευρώπη, η ραδιοτηλεφωνία χρησιμοποιήθηκε αρχικά μεταξύ του Βερολίνου και του Αμβούργου στα πρώτης τάξεως επιβατικά τρένα. Την ίδια περίοδο, εισήχθη και στα επιβατικά αεροπλάνα ως μέτρο ασφάλειας της εναέριας κυκλοφορίας, ενώ αργότερα έγινε εκτεταμένη χρήση της στα γερμανικά άρματα μάχης κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου. Μετά τον πόλεμο, η Γερμανική αστυνομία, στη ελεγχόμενη από τους Βρετανούς ζώνη, αξιοποίησε το πλέον μη χρησιμοποιούμενο τηλεφωνικό εξοπλισμό των αρμάτων για να δημιουργήσει τα πρώτα ράδιο-περιπολικά αυτοκίνητα. Αξίζει να τονιστεί ότι σε όλες τις αναφερθείσες περιπτώσεις, η υπηρεσία της ραδιοτηλεφωνίας και η διαχείριση των τερματικών ήταν προσιτή μόνο σε ειδικούς που εκπαιδεύονταν για τη χρήση των εν λόγω συστημάτων. Η πρώτη επαφή των απλών πολιτών με τις κινητές επικοινωνίες έγινε στις αρχές της δεκαετίας του '50, όταν τα πλοία του Ρήνου έδωσαν τη δυνατότητα σε ανειδίκευτους πελάτες να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία αυτή υπό το ρόλο των τελικών χρηστών. Το 1956 αναπτύχθηκε από την Ericsson και κυκλοφόρησε στη Σουηδία το πρώτο πλήρως αυτοματοποιημένο κινητό τηλεφωνικό σύστημα, υπό την ονομασία MTA (Mobile Telephone system A). Ήταν το πρώτο σύστημα για το οποίο δεν απαιτούνταν οποιοδήποτε είδος χειρωνακτικού ελέγχου, αλλά είχε το σοβαρό μειονέκτημα του μεγάλου βάρους των κινητών τερματικών τα οποία ζύγιζαν

40 κιλά. Το MTB, που αποτέλεσε την αναβαθμισμένη έκδοση του MTA, χρησιμοποιούσε transistors, DTMF (Dual – tone multi – frequency) σηματοδοσία και ζύγιζε μόλις 9 κιλά. Αρχικά εξυπηρετούσε 150 πελάτες ενώ μέχρι το 1983 (έτος διακοπής του) ο αριθμός συνδρομητών είχε φτάσει τους 600.

Το 1967 κάθε κινητό τηλέφωνο έπρεπε να παραμένει μέσα στην περιοχή κάλυψης των κυψελών, εξυπηρετούμενο από μόνο ένα σταθμό βάσης κατά τη διάρκεια μιας τηλεφωνικής κλήσης, με αποτέλεσμα να μην παρέχεται η έννοια της συνέχειας των τηλεφωνικών υπηρεσιών στα τερματικά που παράγονταν σε διαφορετικές κυψέλες. Έτσι, το 1970 ο Amos E. Joel, Jr., ακόμα ένας μηχανικός της Bell Labs, ανακάλυψε ένα αυτόματο σύστημα μεταφοράς που μετέφερε μια τρέχουσα κλήση από ένα κανάλι συνδεδεμένο στο δίκτυο κορμού σε άλλο, επιτρέποντας έτσι στα κινητά τερματικά να κινούνται ανάμεσα στις διάφορες περιοχές των κυψελών χωρίς τον κίνδυνο της διακοπής επικοινωνίας. Ένα από τα πρώτα πραγματικά επιτυχή εμπορικά κινητά τηλεφωνικά δίκτυα ήταν το ARP στη Φινλανδία που προωθήθηκε το 1971. Το ARP μπορεί να θεωρηθεί ως κυψελώδη δίκτυο μηδενικής γενιάς (0G, zero generation), το οποίο είναι λίγο πιο ψηλά σε ιεραρχία από τα προηγούμενα, περιορισμένης κάλυψης, δίκτυα. Την ίδια χρονιά, η AT&T υπέβαλε μια πρόταση για κυψελώδη υπηρεσία στην FCC (Federal Communications Commission) η οποία έγινε δεκτή τελικά το 1982 με την ονομασία «AMPS» (Advanced Mobile Phone Service) ενώ παράλληλα της αποδόθηκαν συχνότητες στην περιοχή των 824-894 MHz. Το 1990 το αναλογικό AMPS εκτοπίστηκε από το ψηφιακό D-AMPS (Digital AMPS).

- **Πρώτη γενιά τεχνολογίας (1G)**

Τα Πρώτης Γενιάς (1G) δίκτυα κινητών επικοινωνιών ήταν από τα πρώτα αναλογικά κυψελώδη συστήματα που στηρίχθηκαν σε δίκτυα καταναμημένων πομποδεκτών για την επικοινωνία κινητών τερματικών, τα οποία ήταν επίσης

αναλογικά και χρησιμοποιούνταν μόνο για μετάδοση φωνής με Διαμόρφωση Συχνότητας (FM). Στα συστήματα αυτά, συνήθως, αποδιδόταν ζώνη συχνοτήτων στα 25 MHz για τη μετάδοση σημάτων από το σταθμό βάσης στο τερματικό (downlink) και μια διαφορετική ζώνη επίσης στα 25 MHz για την επικοινωνία του τερματικού με το σταθμό (uplink). Οι ζώνες αυτές, τελικά, χωρίστηκαν σε κανάλια επικοινωνίας, το κάθε ένα από τα οποία χρησιμοποιούνταν από έναν χρήστη. Στην περίπτωση του AMPS, το κάθε κανάλι απείχε από τα γειτονικά του κατά διάστημα 30KHz, πράγμα μη αποδοτικό από την άποψη του διαθέσιμου φάσματος, με αποτέλεσμα ο αριθμός των κλήσεων που μπορούσαν να πραγματοποιηθούν να είναι πολύ περιορισμένος. Εντούτοις, το σύστημα ήταν FDMA (Frequency Division Multiple Access), οπότε ένας δεύτερος χρήστης μπορούσε να χρησιμοποιήσει το ίδιο κανάλι, μόλις ο πρώτος τερμάτιζε την επικοινωνία. Στην Πρώτη Γενιά τεχνολογίας εισήχθη και η έννοια των Συστημάτων Επαναχρησιμοποίησης Συχνότητας. Λόγω της περιορισμένης ισχύος εξόδου των πομπών, οι οποίοι σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να καλύπτουν συγκεκριμένες περιοχές, έγινε εφικτή η επαναχρησιμοποίηση των ίδιων συχνοτήτων σε άλλες κυψέλες οι οποίες απείχαν αρκετά έτσι ώστε να μη δημιουργούνται παρεμβολές. Χάρη στα συστήματα αυτά αυξήθηκαν οι δυνατότητες των δικτύων, ανάμεσα στις οποίες είναι και η συνέχιση μιας τηλεφωνικής κλήσης ενός τερματικού το οποίο μεταβαίνει από μία κυψέλη σε μία άλλη (μεταπομπή).

Το πρώτο παγκοσμίως κυψελώδη σύστημα αναπτύχθηκε και λειτούργησε στην Ιαπωνία το 1979, από τη Nippon Telephone and Telegraph (NTT). Παράλληλα, στην Ευρώπη το πρώτο κυψελώδη τηλεφωνικό δίκτυο ξεκίνησε να λειτουργεί το 1981 υπό την ονομασία NMT450 (Nordic Mobile Telephone System), που χρησιμοποιούσε μπάντα συχνοτήτων στα 450 MHz.

Αργότερα, το 1985, ακολούθησε και το Ηνωμένο Βασίλειο, στο οποίο λειτούργησε το TACS (Total Access Communications System). Στον πίνακα που ακολουθεί, απεικονίζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των κυψελωδών συστημάτων 1ης Γενιάς για τις πιο σημαντικές προδιαγραφές:

Προδιαγραφή	Ζώνη Συχνοτήτων Ευθεία/ Αντίστροφη Ζεύξη (MHz)	Απόσταση Φερόντων (KHz)	Αριθμός Διαύλων	Περιοχή Ανάπτυξης
NTT	925 - 940/ 870 - 885	25	600	Ιαπωνία
NMT450	453 - 457,5/ 463 - 467,5	25	180	Σουηδία
NMT900	890 - 915/ 935 - 960	12.5	1999	Σουηδία
AMPS	824 - 849/ 869 - 894	30	832	ΗΠΑ
ETACS	872 - 905/ 917 - 950	25	1240	Αγγλία
JTACS	915 - 925/ 860 - 870	25	400	Ιαπωνία
C-450	450 - 455,74/ 460 - 465,74	10	573	Γερμανία

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά Κυψελωδών Συστημάτων 1ης Γενιάς

Με την εμφάνιση των δικτύων Δεύτερης Γενιάς (2G), τα 1G τερματικά έγιναν ξεπερασμένα, αφ' ενός επειδή δεν μπορούσαν να προσαρμοστούν στα πρότυπα της Δεύτερης γενιάς, και αφ' ετέρου επειδή παρείχαν πολύ μικρά επίπεδα ασφάλειας. Το γεγονός ότι ο οποιοσδήποτε δέκτης που συντονιζόταν στην σωστή συχνότητα μπορούσε να κρυφακούσει την εκάστοτε συνομιλία, λόγω έλλειψης κρυπτογράφησης, ήταν ένας από τους λόγους της μετάβασης της τεχνολογίας στη Δεύτερη Γενιά κυψελωδών συστημάτων.

- **Δεύτερη γενιά τεχνολογίας (2G)**

Μετάβαση από τα αναλογικά στα ψηφιακά Συστήματα

Στις αρχές του 1980, είχε γίνει εμφανής η αδυναμία των αναλογικών κυψελωδών συστημάτων να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις των επερχόμενων χρόνων, λόγω: του εξαιρετικά περιορισμένου φάσματος προς απόδοση που σήμαινε χαμηλή χωρητικότητα συστημάτων, της αντίληψης των

χρηστών ότι ήταν περιορισμένης χρησιμότητας λόγω της χαμηλής ποιότητας υπηρεσιών, της αδυναμίας μείωσης του κόστους των τερματικών και της υποδομής των δικτύων, καθώς και της ασυμβατότητας μεταξύ των διάφορων αναλογικών συστημάτων. Έτσι, ο καθορισμός του μέγιστου ρυθμού σηματοδοσίας που μπορεί να μεταδοθεί από τηλεγραφικό δίαυλο συγκεκριμένου εύρους ζώνης, από τον Nyquist (1924), και του μέγιστου πλήθους δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν αξιόπιστα, από τον Hartley (1928), καθώς και η ανάλυση διαφόρων ψηφιακών συστημάτων με βάση τη γεωμετρική τους προσέγγιση, από τον Kotelnikov (1947) και οι τεχνικές αναγνώρισης και διόρθωσης σφαλμάτων από τον Hamming (1950), έθεσαν τα θεμέλια των σημερινών ψηφιακών επικοινωνιών. Ενώ οι ψηφιακές τεχνικές γρήγορα υιοθετήθηκαν στα ενσύρματα συστήματα επικοινωνιών, έπρεπε να προηγηθεί η ραγδαία εξέλιξη στην τεχνολογία της μικροηλεκτρονικής, μέχρι να βρουν εφαρμογή στα ασύρματα συστήματα. Τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων έναντι των αναλογικών είναι αρκετά και περιλαμβάνουν: Την αυξημένη ανοσία στο θόρυβο

- Τις περισσότερο αποδοτικές τεχνικές μετάδοσης και την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών, κάνοντας χρήση κωδικών διόρθωσης σφαλμάτων, φασματικά αποδοτικών τεχνικών διαμόρφωσης, αποδοτική κωδικοποίηση πληροφορίας και κωδικοποίηση διαύλου
- Τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών κρυπτογράφησης για την ασφάλεια της μετάδοσης
- Την ευλυγισία στην ανάπτυξη και επέκταση των δικτύων
- Τη χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος
- Επιτρέπουν την εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας, παρέχοντας ταυτόχρονα υπηρεσίες φωνής και δεδομένων
- Δίνουν τη δυνατότητα επεξεργασίας του σήματος
- Παρέχουν τη δυνατότητα για επιπλέον τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης (TDMA / CDMA / SDMA) και duplexing (TDD)
- Επιτρέπουν την υλοποίηση software δεκτών

GSM

Το GSM (Global System for Mobile communications) είναι το ευρωπαϊκό πρότυπο κινητής τηλεφωνίας και το πλέον πετυχημένο κυψελώδη σύστημα παγκοσμίως (Α. Κανάτας et al, 2008), εφαρμοσμένο σε πάνω από 80 χώρες πλέον, με ραγδαία αυξανόμενο πλήθος συνδρομητών. Είναι ένα ψηφιακό, circuit switched σύστημα που λειτουργεί εμπορικά από το 1991. Οι βασικοί στόχοι του GSM συνίστανται:

- Στην παροχή δυνατότητας περιαγωγής (roaming) οπουδήποτε στην Ευρώπη,
- Στην εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας τουλάχιστον εφάμιλλης αυτής των συστημάτων πρώτης γενιάς,
- Στη μέγιστη επαναχρησιμοποίηση του φάσματος, με δυνατότητες κλιμάκωσης του συστήματος,
- Στην κρυπτογράφηση της μεταδιδόμενης πληροφορίας του χρήστη,
- Στην ευελιξία κλιμάκωσης των ρυθμών μετάδοσης, άρα και των παρεχόμενων υπηρεσιών και
- Στη δυνατότητα εφαρμογής ευέλικτων συστημάτων χρέωσης.

• **Γενιά τεχνολογίας (2.5G) GPRS**

Το GSM προσφέρει παγκόσμια διαθεσιμότητα και σχεδόν απεριόριστη κινητικότητα τερματικού κυρίως για τις υπηρεσίες φωνής. Ωστόσο, εξαιτίας της περιορισμένης ποιότητας υπηρεσιών που παρέχει, όσον αφορά στη μετάδοση δεδομένων, κρίθηκε απαραίτητη η εισαγωγή ενός νέου συστήματος που θα υποστηρίζει μεταφορά δεδομένων. Οι τωρινές υπηρεσίες δεδομένων του GSM, των 9.6 Kbps, επιφέρουν μια ιδιαίτερα υψηλή πολυπλοκότητα στην ασύρματη διε-παφή και στις διαδικασίες σηματοδότησης του δικτύου. Κατά συνέπεια, είναι προφανές ότι η ανάπτυξη ενός συστήματος ικανού να παρέχει ταχύτερη μετάδοση δεδομένων και εξασφαλισμένη υψηλή ποιότητα και αξιοπιστία στη μεταφορά των δεδομένων, αποτελούσε επιτακτική ανάγκη για το παγκόσμιο τηλεπικοινωνιακό στερέωμα. Στην κατεύθυνση αυτή στοχεύει το

Σύστημα Γενικής Ασύρματης Υπηρεσίας Μεταγωγής Πακέτου (General Packet Radio Service, GPRS) το οποίο παρέχει αποτελεσματική χρησιμοποίηση των ασύρματων πόρων για υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου που χαρακτηρίζονται από ασυνεχή ρυθμό μετάδοσης bit, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης που δύναται να προσεγγίσει το GPRS, θεωρητικά, μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 160 Kbps περίπου.

Πρέπει να τονιστεί, στο σημείο αυτό, ότι το GPRS δεν αποτελεί ουσιαστικά ένα εξ' ολοκλήρου νέο σύστημα, αλλά μια προέκταση του συστήματος GSM στο δίκτυο κορμού (core network), για την υποστήριξη υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου, και για αυτό έχει χαρακτηριστεί ως σύστημα 2, 5 G. Αφού, λοιπόν, το GPRS είναι packet switched network, προφανές είναι ότι δεν απαιτείται η εγκατάσταση σύνδεσης από άκρο σε άκρο κατά την αποστολή δεδομένων. Ως αποτέλεσμα, υφίσταται μεγάλη οικονομία στους διαθέσιμους πόρους του δικτύου και επιτυγχάνονται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων (160 Kbps θεωρητικά), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα υλοποίησης και εφαρμογής νέων υπηρεσιών οι οποίες προστίθενται στις ήδη υπάρχουσες από το GSM. Οι υπηρεσίες αυτές είναι γενικότερα προσανατολισμένες προς τις γνωστές υπηρεσίες του Διαδικτύου, και οι σημαντικότερες από αυτές είναι:

- Υπηρεσίες Διαδικτύου
- Υπηρεσίες Θέσης
- Υπηρεσία MMS (Multimedia Messaging Service)
- Υπηρεσία Προηγμένων MMS (Advanced MMS)

• **Δίκτυα 3G**

3G δίκτυο είναι η Τρίτη γενιά κινητής τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών, χρησιμοποιούν το UMTS. Το 3G, βασίζεται σε ένα σύνολο προτύπων, που χρησιμοποιούνται για τις κινητές συσκευές και υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας και δίκτυα που συμμορφώνονται με το Διεθνές κινητής τηλεφωνίας - 2000, προδιαγραφών από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών. Το 3G βρίσκει εφαρμογή στην ασύρματη φωνητική τηλεφωνία, κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο, σταθερή ασύρματη πρόσβαση στο διαδίκτυο, βίντεο κλήσεων και κινητή τηλεόραση.

3G/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. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των UMTS δικτύων ξεχωρίζουμε τους αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης των δεδομένων και την ταυτόχρονη υποστήριξη μεγαλύτερου όγκου δεδομένων και φωνής.

1.3 Είδη δικτύων

- **Wireless Local Area Network-(WLAN)**

Ως ασύρματο δίκτυο χαρακτηρίζεται συνήθως το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, τηλεφωνικό ή δίκτυο υπολογιστών, το οποίο χρησιμοποιεί, ραδιοκύματα ως φορείς πληροφορίας. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα φέροντος η οποία εξαρτάται κάθε φορά από τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται να υποστηρίξει το δίκτυο. Η ασύρματη επικοινωνία, σε αντίθεση με την ενσύρματη, δεν χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης κάποιον τύπο καλωδίου.

- **WiMAX**

WiMAX αποκαλείται η τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης η οποία λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το Wi-Fi, ωστόσο με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια. Συγκεκριμένα, ενώ το Wi-Fi εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας μέχρι 100 μέτρα, το Wi Max φθάνει τα 35 χιλιόμετρα ή και παραπάνω. Το Wi MAX θα χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο Ιντερνέτ σε τελικούς χρήστες, με εξοπλισμό ιδιαίτερα εύκολο στην εγκατάσταση. Το Wi MAX έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των σημερινών ασύρματων και ενσύρματων συνδέσεων:

- Ιδιωτικές εταιρείες θα έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν ανεξάρτητα ασύρματα δίκτυα τηλεπικοινωνιών και υπηρεσιών Internet, με πολύ

μεγάλη ευκολία, καθώς δεν απαιτείται η εγκατάσταση καλωδίων σε κάθε σημείο της χώρας, αυξάνοντας τον ανταγωνισμό.

- Ο συνδρομητής θα μπορεί να χρησιμοποιήσει τη σύνδεσή του από οπουδήποτε ακόμη και εν κινήσει μέσα στην πόλη ή και ολόκληρη τη χώρα. Κάτι που δεν είναι εφικτό με τις σημερινές συνδέσεις ADSL, ούτε και με την τεχνολογία Wi-Fi, λόγω της περιορισμένης της εμβέλειας.
- Ένα δίκτυο WiMAX που θα καλύπτει μια μεγαλούπολη μπορεί να εγκατασταθεί σε λίγες μέρες, σε αντίθεση με ένα αντίστοιχο ενσύρματο δίκτυο που θα χρειαζόταν πολλούς μήνες ή και χρόνια.
- Μετακομίζοντας σε άλλη περιοχή, ο συνδρομητής δεν θα χρειαστεί να κάνει ενεργοποίηση ευρυζωνικής σύνδεσης στον νέο του χώρο, όπως ισχύει για τις γραμμές ADSL. Αφού θα καλύπτεται από το ασύρματο σήμα του παρόχου υπηρεσιών WiMAX, μπορεί να αρχίσει άμεσα να χρησιμοποιεί τη σύνδεσή του.

Λόγω των υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων, το Wi MAX θα επιτρέπει επίσης την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων ή ακόμη και βιντεοκλήσεων.

- **Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων**

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (ΑΔΑ/Wireless Sensor Network - WSN) αποτελείται από διασκορπισμένους αυτόνομους αισθητήρες για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, ο ήχος, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ. και μέσω συνεργασίας να μεταφέρει τα δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Τα πιο μοντέρνα δίκτυα είναι ικανά και να δίνουν αλλά και να δέχονται πληροφορίες πράγμα που τους επιτρέπει να ελέγχουν την δραστηριότητα των αισθητήρων. Το κίνητρο για την ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων με αισθητήρες ήταν οι στρατιωτικές εφαρμογές όπως η παρακολούθηση των πεδίων μάχης. Σήμερα τέτοια δίκτυα χρησιμοποιούνται σε πολλές καταναλωτικές και βιομηχανικές εφαρμογές, η παρακολούθηση και ο έλεγχος

της βιομηχανικής παραγωγής, την παρακολούθηση των μηχανημάτων υγείας και πολλά άλλα.

- **Wireless Wide Area Networks**

Τα Ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wireless Wide Area Networks- WWANs), είναι ένα είδος ασύρματου δικτύου. Το μεγαλύτερο μέγεθος ενός δικτύου ευρείας περιοχής σε σύγκριση με ένα τοπικό δίκτυο απαιτεί διαφορές στην τεχνολογία Ασύρματα δίκτυα όλων των μεγεθών να παρέχει δεδομένα σε μορφή τηλεφωνικών κλήσεων, ιστοσελίδες και βίντεο συνεχούς ροής.

- **Personal Area Network**

Personal Area Network (PAN) - Προσωπική περιοχή δικτύου, είναι ένα δίκτυο υπολογιστών, που χρησιμοποιείται για μεταφορά δεδομένων, μεταξύ συσκευών, όπως υπολογιστές, τηλέφωνα και προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (κινητές συσκευές). Τα PANs, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία μεταξύ των προσωπικών συσκευών ή για την σύνδεση σε ένα υψηλότερου επίπεδο δικτύου και του Internet.

- **Local Area Network**

Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών (Local Area Network - LAN) είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων υπολογιστών που εκτείνονται σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή. Τοπικό μπορεί να είναι ένα δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή ακόμα και κοντινών κτιρίων. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα για να συνδέουν προσωπικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας σε επιχειρήσεις, με σκοπό την κοινή χρήση των μέσων (π.χ. των εκτυπωτών) και την ανταλλαγή πληροφοριών. Για παράδειγμα, το δίκτυο μιας εταιρείας που έχει αποθήκες, τμήμα παραγγελιών, λογιστήριο και άλλες υπηρεσίες στο ίδιο κτίριο αποτελεί ένα τοπικό δίκτυο. Τα τοπικά δίκτυα είναι περιορισμένου μεγέθους, που σημαίνει ότι ο χρόνος μετάδοσης στη χειρότερη περίπτωση είναι φραγμένος και γνωστός εκ των προτέρων. Η γνώση του ορίου αυτού επιτρέπει τη χρήση συγκεκριμένων τεχνικών που αλλιώς θα ήταν ανέφικτες. Επίσης, απλοποιεί τη διαχείριση του δικτύου.

- **Wireless Short Range Networks**

Τα Ασύρματα Δίκτυα Μικρής Εμβέλειας- WShRN (Wireless Short Range Networks), είναι ένας αριθμός από διαφορετικές ασύρματες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί για πολύ μικρές αποστάσεις. Αυτές αναφέρονται ως μικρού εύρους ασύρματες επικοινωνίες. Τα σήματα ταξιδεύουν από λίγα εκατοστά έως αρκετά μέτρα. Παραδείγματα μικρού μεγέθους ασύρματων επικοινωνιών είναι το Bluetooth οι υπέρυθρες (infrared).

- **Wireless Personal Area Network**

Ένα Ασύρματο Δίκτυο Προσωπικής Περιοχής (Wireless Personal Area Network-WPAN), είναι ένα προσωπικό δίκτυο περιοχής. Το WPAN είναι βασισμένο στο πρότυπο IEEE 802.15.2 είδη των ασύρματων τεχνολογιών χρησιμοποιούνται για WPAN, είναι το Bluetooth και το Infrared Data Association (Υπέρυθρη σχέση δεδομένων). Το Bluetooth είναι ένα πρότυπο ασύρματης τεχνολογίας για την ανταλλαγή δεδομένων σε μικρές αποστάσεις. Το Infrared Data Association (IrDA), παρέχει τις προδιαγραφές για ένα πλήρες σύνολο των πρωτοκόλλων για ασύρματες επικοινωνίες υπέρυθρων, επίσης αναφέρεται στο σύνολο των πρωτοκόλλων. Ο κύριος λόγος για τη χρήση IrDA είναι η ασύρματη μεταφορά δεδομένων χρησιμοποιώντας τις αρχές point-and-shoot. Έχει εφαρμοστεί σε φορητές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, βιομηχανικούς υπολογιστές, φωτογραφικές μηχανές, εκτυπωτές, ιατρικές συσκευές. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι η φυσικά ασφαλής μεταφορά δεδομένων.

- **Broadcasting Technologies-Τεχνολογίες Εκπομπής**

Broadcasting (αναμετάδοση), είναι η διανομή του περιεχομένου ήχου ή βίντεο σε ένα ακροατήριο μέσω οποιουδήποτε ηλεκτρονικού μέσου μαζικής επικοινωνίας, αλλά συνήθως γίνεται χρησιμοποιώντας το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (ραδιοκύματα) σε ένα μοντέλο ενός-προς-πολλά.

- **Wireless Metropolitan Area Network**

Ένα Ασύρματο Μητροπολιτικό δίκτυο, επέτρεπε επικοινωνία μεταξύ 2 ή περισσότερων τερματικών (κόμβους), χρησιμοποιώντας μόνο ένα σημείο πρόσβασης, με ακτίνα πάνω από 40 Χιλιόμετρα. Η περισσότερο γνωστή ασύρματη τεχνολογία δικτύου είναι το Wi MAX (WorldWide Interoperability For Microwave Access).

- **Digital Video Broadcasting (DVB)**

Το Digital Video Broadcasting (DVB) είναι μια συλλογή διεθνώς αποδεχόμενων ανοικτών προτύπων για ψηφιακή τηλεόραση. Αποτελείται από τα πρότυπα DVB-S (δορυφορική μετάδοση), DVB-T (επίγεια), DVB-C (καλωδιακή) και DVB-H (για φορητές συσκευές).

- **Κυψελώδη δίκτυο**

Κυψελώδη δίκτυο είναι δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με κυψελοειδή μορφή, που χάρις στην οργανωμένη δομή του και τα εύχρηστα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αυξάνει τη συνδρομητική χωρητικότητα του συστήματος, παρέχει ουσιαστική εκμετάλλευση του προσφερόμενου φάσματος ραδιοσυχνοτήτων και δίνει παράλληλα δυνατότητα ραδιοκάλυψης σχετικά μεγάλων γεωγραφικών περιοχών, προσφέροντας στους συνδρομητές της κινητής τηλεφωνίας ποιότητα στην επικοινωνία με αποδεκτό κόστος.

1.4 Συστήματα B3G

Τα συστήματα B3G (τα οποία αναφέρονται και ως 4G) είναι σύγχρονα συστήματα δικτύωσης, βασίζονται στην τεχνολογία της ασύρματης δικτύωσης και παρέχουν υπηρεσίες μέσω Internet Protocol (IP). Χρησιμοποιούνται κυρίως από κινητά τερματικά και ενοποιοούν δίκτυα data κινητών επικοινωνιών με ασύρματα δίκτυα (WLANs) όπου αυτά είναι διαθέσιμα. Τα δίκτυα B3G, επιτυγχάνουν υψηλότερες ταχύτητες από προηγούμενα συστήματα, όπως τα 3G, λόγω των διαφορετικών τεχνολογιών (HSPA έναντι UMTS). Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η ενσωμάτωση του Quality of Service (QOS)

όπως είναι η εκμετάλλευση του πρωτοκόλλου IPv6 . Τα B3G ουσιαστικά, είναι η ενοποίηση των ετερογενών περιβαλλόντων και δικτύων σε ένα σύνθετο ραδιοπεριβάλλον κάτω από το Internet Protocol Version 6 (IPv6). Η πολυσύνθετη αυτή ράδιο – υποδομή, θα επιτρέπει καλύτερη διαχείριση πόρων, κινητικότητας και υπηρεσιών μέσω της συνεργασίας των RANs τα οποία πλέον δε θα λειτουργούν ανταγωνιστικά αλλά αλληλοσυμπληρωματικά. Τα διάφορα δίκτυα, δηλαδή, θα μπορούν να μοιράζονται τους πόρους, την χωρητικότητα και το φορτίο τους, λύνοντας έτσι το σημερινούς περιορισμούς που αντιμετωπίζουν. Έχουν ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων έως και 1 Gigabit per second.

Στο Παράρτημα αναλύονται οι έννοιες που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των B3G δικτύων.

- **Χαρακτηριστικά των B3G Συστημάτων**

Καθώς η παγκοσμιοποίηση επιφέρει την ανάγκη καθολικής αντιμετώπισης των θεμάτων που αναφέρονται στις επικοινωνίες, οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών που δημιουργούνται από το σύστημα των επικοινωνιών καθαυτό επιτάσσουν την πραγματοποίηση τεράστιων επενδύσεων στον τομέα της έρευνας, που έχει στόχο την πραγμάτωση του οράματος της παροχής στο χρήστη συνεχούς αψεγάδιαστης συνδεσιμότητας, οπουδήποτε και οποτεδήποτε, με τρόπο οικονομικά συμφέροντα.

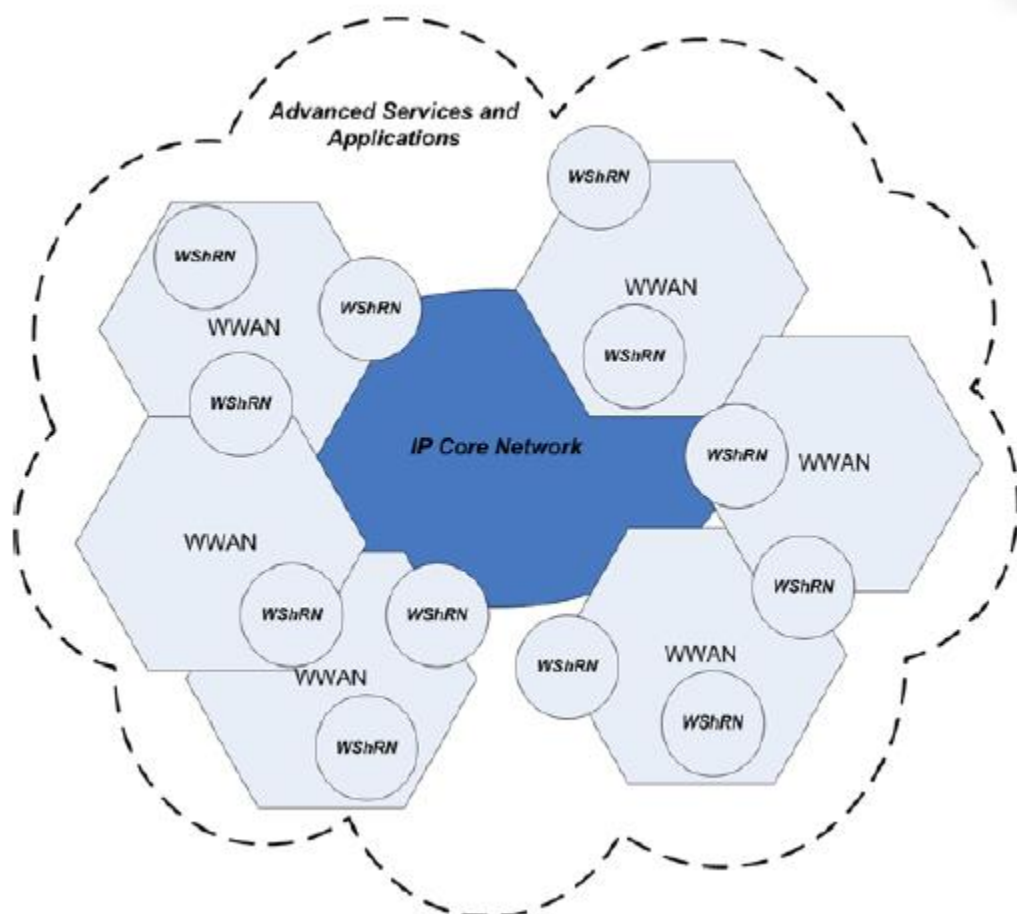
Με την εισροή των 3G συστημάτων και χωρίς να έχουν παραγκωνιστεί τα ήδη υπάρχοντα συστήματα 2G και 2.5G, ο σημερινός κόσμος των τηλεπικοινωνιών χαρακτηρίζεται από τη συνύπαρξη τεχνολογιών (Radio Access Technologies-RATs), οι οποίες μπορούν κάλλιστα να ταξινομηθούν σε 2 μεγάλες οικογένειες:

- 1) Την οικογένεια ασύρματων τεχνολογιών ευρείας περιοχής (Wireless Wide Area Networks-WWAnS), που συμπεριλαμβάνει τις κινητές επικοινωνίες 2G/2.5G/3G, την οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.16,

το πρωτόκολλο Wi MAX και της τεχνολογίες εκπομπής (broadcasting technologies).

- 2) Την οικογένεια ασύρματων τεχνολογιών περιορισμένης κλίμακας (Wireless Short Range Networks - WShRN), που συμπεριλαμβάνει ασύρματα τοπικά/προσωπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks-WLANs/Wireless Personal Area Networks-WPANs), όπως και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων(Wireless Sensor Networks).

Αυτή η κατάσταση απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα: Το όραμα B3G

Μία τέτοια συνύπαρξη πληθώρας τεχνολογιών σε συνδυασμό με τις ολοένα αυξανόμενες προσδοκίες των χρηστών για παγκοσμίας εμβέλειας δυνατότητες στις τηλεπικοινωνίες, έχει φέρει στο προσκήνιο προσπάθειες διασυνεργασίας μεταξύ των ανωτέρων (μέχρι πρότινος ανταγωνιστικών)

τεχνολογιών και κοινής λειτουργίας τους άνωθεν μιας κοινής (καθολικής) υποδομής ασύρματης πρόσβασης (wireless access infrastructure), η οποία εκφράζει το λεγόμενο όραμα B3G. Η πραγμάτωση ενός τέτοιου οράματος θα έλυνε κυριολεκτικά τα χέρια των παρόχων δικτύου (Network Operators-NOs), λόγω των εναλλακτικών λύσεων που υπόσχεται, σε περιπτώσεις που ένας NO αδυνατεί να εξυπηρετήσει τους χρήστες της περιφέρειας του. Με αυτό το σκεπτικό η δια-συνεργασία μεταξύ των διαφόρων RATs μοιάζει να αποτελεί προαπαιτούμενο, για τη θεμελίωση του οράματος B3G. Η έννοια των συνεργαζόμενων δικτύων (cooperative networks), ιδανική στο άκουσμα της, έχει αναπτυχθεί με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών και την εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων διαφορετικής φύσης RATs, με παράλληλο εκμηδενισμό των μειονεκτημάτων τους. Κεντρική ιδέα αποτελεί το γεγονός της συνύπαρξης τεχνολογιών, όπως GSM, GPRS, UMTS, WLAN, Wi MAX, DVB, WSN, ως συστατικών μιας ετερογενούς υποδομής ασύρματης πρόσβασης. Η συνύπαρξη αυτή δε πραγματοποιείται με τρόπο συμπληρωματικό και όχι ανταγωνιστικό. Σε μια τέτοια υποδομή, ένας NO δύναται να κατέχει άδειες λειτουργίας για περισσότερα από ένα RATs. Ταυτόχρονα, έχει τη δυνατότητα να συνεργάζεται με άλλους NOs, ώστε να βασίζεται σε εναλλακτικές λύσεις, σε περίπτωση που ο ίδιος αδυνατεί να καλύψει την απαιτούμενη χωρητικότητα στο δίκτυο του ή τα απαιτούμενα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας (QoS), με τρόπο οικονομικά αποδεκτό.

Πως καθίστανται όμως αυτές οι εναλλακτικές λύσεις εκμεταλλεύσιμες; Με άλλα λόγια, ποιοί είναι οι μηχανισμοί διαχείρισης τέτοιων συστημάτων, σε ποιες αρχές στηρίζονται και τι υπηρεσίες μπορούν να προσφέρουν; Αυτό το αντικείμενο θα το δούμε στην επόμενη παράγραφο.

- **Διαχείριση B3G δικτύων**

Σε απάντηση των παραπάνω, οι εναλλακτικές λύσεις που επικαλούνται οι πάροχοι δικτύων B3G καθίστανται εκμεταλλεύσιμες μέσω κάποιου συστήματος διαχείρισης (management system) που προσαρτάται σε ένα

RAT, με τη βοήθεια του οποίου οι χρήστες κατευθύνονται στο καταλληλότερο RAT σε διαφορετικά χωροχρονικά πλαίσια, βάσει των απαιτήσεων τους και κάποιων κριτηρίων αποδοτικότητας των δικτύων. Ένα σύστημα διαχείρισης με τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά εφαρμόζεται μεν σε κάθε τεχνολογία χωριστά, αλλά οι πλατφόρμες των διαφορετικών RATs δύνανται να συνεργάζονται. Αυτό αποτελεί μια καθόλα ρεαλιστική προσέγγιση, μέσω της οποίας ο κάθε NO διατηρεί απόρρητες τις πληροφορίες σχετικά με τη δομή του δικτύου του, παρά την όποια συνεργασία με τους μέχρι πρότινος ανταγωνιστές του. Πρέπει να σημειωθεί πως η έννοια των συνεργαζόμενων δικτύων υποδηλώνει την ύπαρξη μιας κεντρικής υποδομής που βασίζεται στο πρωτόκολλο IPv4 (Internet Protocol Version 4), δυνάμενη ωστόσο να εφαρμοστεί συνεργαζόμενη με το πρωτόκολλο IPv6, το οποίο θα μείωνε τις απαιτούμενες τεχνολογίες δικτύου και την επακόλουθη πολυπλοκότητα. Σε γενικές γραμμές, η ιδέα της διάθεσης μιας πληθώρας συνεργαζόμενων RATs στο βωμό του κοινού στόχου για παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών, φαντάζει εξαιρετικά ελκυστική για τους NOs. Αυτό δικαιολογείται εφόσον, όποτε συναντούν δυσκολίες στο δίκτυο τους, μπορούν να βασίζονται σε εναλλακτικές λύσεις, μέσω της δυνατότητας εξυπηρέτησης πελατών τους από συνεργαζόμενους παρόχους και μάλιστα με χρήση του ίδιου ή και άλλου RAT. Έτσι καθίσταται βέβαιη η μη υποβάθμιση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Όσο ελκυστική και να φαίνεται μια τέτοιου είδους συνεργασία, ο απώτερος στόχος της παροχής αψεγάδιαστης συνδεσιμότητας (ακόμα και εν κινήσει) είναι ακόμα δύσκολο. Ο πρωταρχικός λόγος για αυτό συνίστανται σε πιθανές αντιδράσεις που δύναται να εγείρει ένα επιχειρησιακό μοντέλο που στηρίζεται στη συνεργασία μέχρι πρότινος ανταγωνιστών. Ένας δεύτερος λόγος είναι στο ότι η συνεργασία, απαιτεί εγκατάσταση του απαραίτητου λογισμικού για τη λειτουργία των RATs σε τερματικά και στοιχεία δικτύου, δηλαδή συνέχεια δαπανηρές επενδύσεις. Για να αποφευχθούν τέτοια μειονεκτήματα στην τεχνολογική ανάπτυξη, υποχρεωτικά η επιστήμη στρέφεται στην κατεύθυνση δικτύων και τερματικών ευέλικτων, ικανών να προσαρμόζονται στις διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος. Μόνο με αυτό τον τρόπο θα επιτευχθεί το πολυπόθητο όραμα της αδιάλειπτης συνδεσιμότητας. Αυτές οι ικανότητες ανταποκρίνονται στα λεγόμενα δυναμικά

αναδιαρθρωνόμενα δίκτυα (reconfigurable networks) και ακόμα περισσότερο στα γνωστικά δίκτυα (cognitive networks - CN). Αυτές οι κατηγορίες δικτύων αποτελούν και το αντικείμενο των ακόλουθων 2 παραγράφων. Ένα B3G δίκτυο είναι ένα δίκτυο το οποίο βασίζεται σε ήδη υπάρχοντα δίκτυα. Βασική ιδέα που διακατέχει αυτά τα συστήματα είναι η συνεργασία αυτών των δικτύων με σκοπό την αδιάλειπτη παροχή υπηρεσιών σε κάθε τερματικό που συνδέεται σε αυτό. Βασική αρχή για την θεωρητική ανάπτυξη τους αποτελεί η φιλοσοφία *always best connected*. Σύμφωνα με αυτή κάθε τερματικό θα είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες τις κάθε επιμέρους τεχνολογίας που παρέχουν τα δίκτυα που απαρτίζουν το B3G σύστημα έτσι ώστε να εξασφαλίζει τους πόρους και τα χαρακτηριστικά για την αδιάλειπτη παροχή των υπηρεσιών που επιθυμεί ανά πάσα στιγμή. Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας που παρέχεται περιέχει διαφοροποιήσεις σε εύρος ζώνης, ακτίνα κάλυψης, καθυστέρηση, επίπεδο ασφάλειας, απαιτούμενη ισχύς και κόστος υπηρεσίας.

- **Δυναμική αναδιάρθρωση**

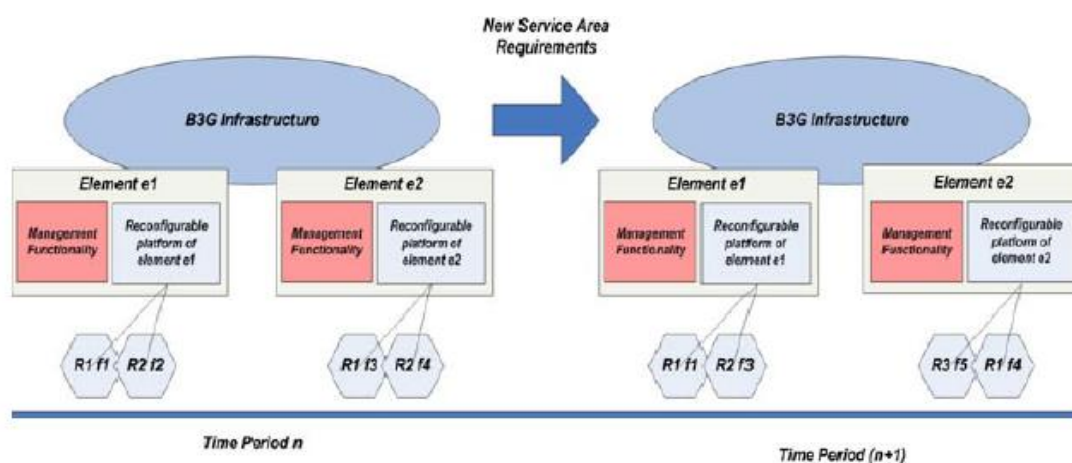
Η ικανότητα δυναμικής αναδιάρθρωσης (Reconfigurability) αποτελεί εξέλιξη της έννοιας του Software Defined Radio (SDR) και συνιστά μια έννοια που σκοπό έχει να διευκολύνει τη δια-συνεργασία μεταξύ τεχνολογιών, ξένων μεταξύ τους και έτσι να προσφέρει εναλλακτικές επιλογές ασύρματης πρόσβασης σε συγκεκριμένες περιοχές εξυπηρέτησης (service areas). Αυτό το επιτυγχάνει προσφέροντας σε τερματικές συσκευές, αλλά και σε στοιχεία δικτύου, τη δυνατότητα να αναπροσαρμόζονται στις εκάστοτε συνθήκες, με τη παροχή μηχανισμών που καθιστούν πραγματοποιήσιμη την αλλαγή παραμέτρων των πρωτοκόλλων μιας τεχνολογίας και της εν γένει διάρθρωσης της, όποτε οι εξωτερικές συνθήκες το επιβάλλουν. Η αναδιάρθρωση δύναται να πραγματοποιηθεί όχι μόνο με τα προ-εγκατεστημένα κομμάτια λογισμικού σε κάθε τερματικό, αλλά και με δυναμικό (online) κατέβασμα (download) του απαιτούμενου λογισμικού, όπως και η ασφαλή εγκατάσταση του, με στόχο τη λειτουργία της νέας τεχνολογίας. Η ιδέα αυτή αποτελεί μια ειδοποιό διαφορά

στα συστήματα B3G εν συγκρίσει με την παραδοσιακή στατικότητα που χαρακτήριζε μέχρι σήμερα τα τερματικά και τα στοιχεία ενός παραδοσιακού δικτύου ασυρμάτων επικοινωνιών. Με άλλα λόγια, δεν αποτελεί σενάριο επιστημονικής φαντασίας ένα τμήμα δικτύου το οποίο αναδιαρθρώνεται, χρησιμοποιώντας διαφορετική τεχνολογία, από τη μέχρι πρότινος χρησιμοποιούμενη επιλέγοντας κάθε στιγμή την καταλληλότερη.

Είδος ασύρματης επικοινωνίας	Βασικά Χαρακτηριστικά Τερματικών και Στοιχείων Δικτύου
Κλασσικές ασύρματες επικοινωνίες	Ένα RAT/τερματικό. Ένα RAT/στοιχείο δικτύου. Στατικός καθορισμός παραμέτρων δικτύου.
Συνεργαζόμενα Δίκτυα B3G	Τα τερματικά επιλέγουν ανάμεσα σε πολλά RATs. Εναλλακτικά υπάρχει η δυνατότητα ταυτόχρο-νης χρήσης πολλών RATs. Ένα RAT ανά στοιχείο δικτύου (βασικό χαρακτηριστικό). Προ-εγκατάσταση (offline) του λογισμικού και του υλικού που απαιτείται για τη λειτουργία εναλλακτικών RATs.
Δυναμικά Αναδιαρθρωνόμενα Δίκτυα	Τα τερματικά επιλέγουν ανάμεσα σε πολλά RATs. Εναλλακτικά υπάρχει η δυνατότητα ταυτόχρο-νης χρήσης πολλών RATs. Δυναμική (online) εγκατάσταση και καθορισμός παραμέτρων του λογισμικού που απαιτείται για τη χρήση του επιλεγμένου RAT, κατά τη λειτουργία του τερματικού και των στοιχείων δικτύου.

Πίνακας: Βασικές έννοιες ασυρμάτων επικοινωνιών

Η αναδιάρθρωση εν γένει συνιστά διαδικασία που επηρεάζει πολλά στρώματα του OSI (cross-layer process). Ωστόσο, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον μας στα κατώτερα των στρωμάτων, μόνο και μόνο για να δοθεί μια σαφής εικόνα της αναδιάρθρωσης, θα λέγαμε ότι μια πλατφόρμα που προσφέρει τη δυνατότητα δυναμικής αναδιάρθρωσης, παρέχει στους πομποδέκτες της τη δυνατότητα να επιλέγουν την εκάστοτε καταλληλότερη τεχνολογία και συχνότητα προς λειτουργία. Αυτή η δυνατότητα θα αποτελέσει και βασικό κομμάτι της διατριβής και προς κατανόηση της παρατίθεται το ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα: Πλατφόρμα δυναμικά αναδιαρθρωνόμενη

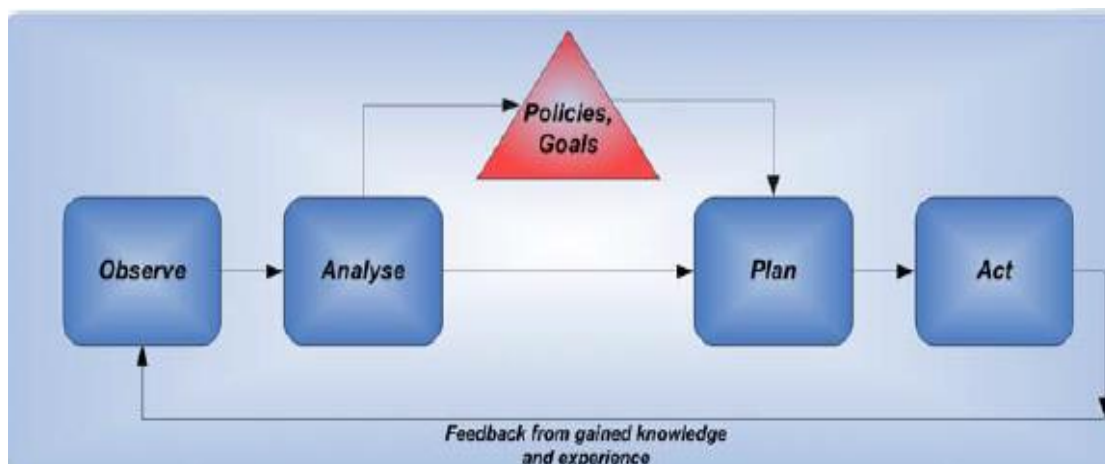
Παρατηρούμε ότι κάθε στοιχείο (element) μιας υποδομής B3G, δύναται να αναπροσαρμόζει (βάσει νέων συνθηκών και απαιτήσεων) τη συχνότητα λειτουργίας του, το RAT του ή και τα δύο των ανωτέρω. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση έξυπνων μηχανισμών διαχείρισης.

- **Γνωστικά δίκτυα επικοινωνιών**

Λαμβάνοντας υπόψη την αυξημένη πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει τα B3G συστήματα (εξαιτίας τόσο των διαρκώς και περισσότερο καινοτόμων παρεχομένων υπηρεσιών, όσο και της συνύπαρξης και συνεργασίας συστημάτων διαφορετικής φύσης), καθίσταται δύσκολη η εξελικτική πορεία

των ασυρμάτων επικοινωνιών. Αυτό συμβαίνει διότι με την παρούσα λειτουργική αρχιτεκτονική των ασυρμάτων επικοινωνιών, η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων κάθε δικτύου περιορίζεται σημαντικά από τη διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων, πράγμα το οποίο δεν επιτρέπει σε ένα στοιχείο δικτύου να διαθέτει γνώση της κατάστασης στην οποία βρίσκονται άλλα στοιχεία. Με αυτή τη λογική, οποιαδήποτε ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ στοιχείων δικτύου είναι εξαιρετικά χρονοβόρα, οπότε καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη και αργή η προσαρμογή του όλου δικτύου σε τυχόν που επιτάσσονται από εξωτερικά αίτια. Με στόχο να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά ως προς την όλη ασύρματη B3G υποδομή, βρίσκονται τα λεγόμενα γνωστικά δίκτυα επικοινωνιών (cognitive networks), τα οποία αναμένεται ότι θα διευκολύνουν σημαντικά την επίτευξη του στόχου της συνδεσιμότητας οποτεδήποτε και με οποιονδήποτε τρόπο. Σε γενικές γραμμές, cognitive μπορεί να ονομαστεί ένα σύστημα το οποίο διαθέτει τη δυνατότητα να γνωρίζει το βέλτιστο τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να ανταποκριθεί στις επιταγές του εξωτερικού του περιβάλλοντος. Η εν λόγω γνώση προέρχεται από τη συνεχή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος του, μετατρέπεται σταδιακά σε εμπειρία και υποστηρίζεται από την ύπαρξη μηχανισμών λήψης αποφάσεων που δύνανται να μαθαίνουν τι απόφαση πρέπει να λάβουν. Στην περίπτωση των ασύρματων δικτύων, ο cognitive χαρακτήρας συνίσταται στη δυνατότητα γνώσης του βέλτιστου τρόπου με τον οποίο τα δίκτυα πρέπει να προσαρμοστούν στις διαρκώς μεταβαλλόμενες εξωτερικές συνθήκες. Τα cognitive δίκτυα με τον τρόπο λειτουργίας τους ελαχιστοποιούν (ακόμα περισσότερο από την περίπτωση των reconfigurable δικτύων) την εκ των προτέρων αναγκαία εγκατάσταση οποιουδήποτε λογισμικού σε τερματικά και στοιχεία δικτύου. Αντίθετα, διαθέτοντας απλά τους κατάλληλους μηχανισμούς που διατηρούν πληροφορία από παρελθούσες αλληλεπιδράσεις του δικτύου με το περιβάλλον, δύνανται να προσαρμόζουν καταλλήλως λειτουργικές τους παραμέτρους και άρα και τη συμπεριφορά τους, ανταποκρινόμενα έτσι σε εξωτερικές διεγέρσεις. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις μάλιστα, η προσαρμογή πραγματοποιείται και εκ των προτέρων, λόγω της γνώσης του πότε είναι πιθανό να χρειαστεί. Η προσαρμογή των cognitive δικτύων στις

μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του περιβάλλοντος πραγματοποιείται μέσω αναδιάρθρωσης των ιδίων λειτουργικών τους παραμέτρων, αναδιάρθρωση η οποία δύναται να επηρεάσει όλα τα στρώματα λειτουργίας ενός πρωτοκόλλου, όπως το φυσικό (PHY), το MAC (Medium Access Control), το LLC (Logical Link Control), τα στρώματα δικτύου, μεταφοράς κτλ. Η αναδιάρθρωση στα στρώματα PHY/MAC περιλαμβάνει την επιλογή των καταλληλότερων RAT(s) και φάσματος για λειτουργία (εδώ υπάρχουν οι μηχανισμοί αναδιάρθρωσης που αναφέρθηκαν ανωτέρω, οι οποίοι δείχνουν και τη συμπληρωματικότητα των cognitive ως προς τα reconfigurable δίκτυα). Στο επίπεδο δικτύου τα cognitive δίκτυα παρέχουν μηχανισμούς για την κατανομή της κίνησης στα επιλεχθέντα RATs, με τρόπο που εξασφαλίζει την ικανοποίηση δεδομένων κριτηρίων. Στο επίπεδο εφαρμογών, διατίθενται μηχανισμοί για την παροχή των υψηλότερων δυνατών επίπεδων QoS στους χρήστες. Με αυτή τη λογική, προβλέπεται ότι οι δικτυακές δυνατότητες που διαθέτουν τα cognitive δίκτυα θα συμβάλλουν στη μείωση των εξόδων υποδομής (Capital Expenditure-CAPEX) και παράλληλα τον έλεγχο των λειτουργικών εξόδων (Operational Expenditure-OPEX), κατά την εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία υποδομών B3G. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την αρχή λειτουργίας cognitive δικτύων.



Αρχή λειτουργίας cognitive δικτύων

Παρατηρούμε ότι το δίκτυο αδιαλείπτως παρακολουθεί (observes/monitors) το περιβάλλον, με στόχο να ανακαλύψει τυχόν αλλαγές που δύναται να επηρεάσουν τη λειτουργία του. Οι παρατηρήσεις υπόκεινται σε ανάλυση

(analysis) και αποτελούν τη βάση για τη λήψη της απόφασης αν απαιτείται κάποιας μορφής αναδιάρθρωση. Μόλις ληφθεί η σχετική απόφαση (plan), το δίκτυο δρα αναλόγως (act). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται υπό τη μορφή βρόχου, ο οποίος καθοδηγείται (ελέγχεται) από ένα σύνολο από πολιτικές/στρατηγικές (policies) και στόχους (goals) αποφάσεων. Η όλη επαναλαμβανόμενη διαδικασία στηρίζεται σε μηχανικές μεθόδους εκμάθησης (machine learnings).

- **Προκλήσεις: Χρήση του φάσματος στα δίκτυα B3G**

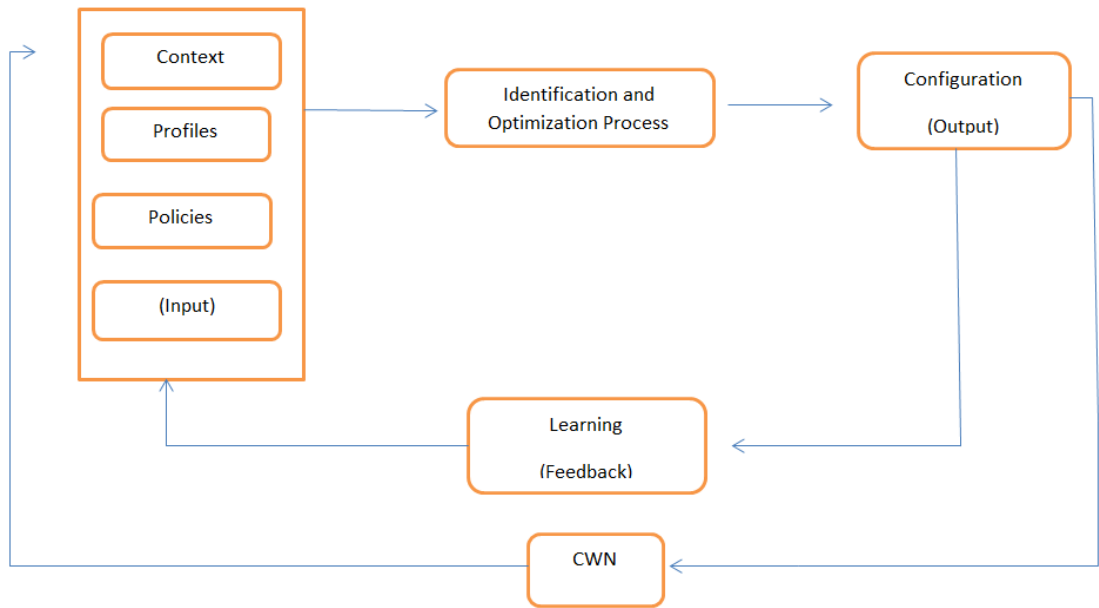
Με τον όρο φάσμα εννοούμε οποιοδήποτε εύρος στην κλίμακα των συχνοτήτων. Συχνά μάλιστα ο όρος υποδηλώνει το συγκεκριμένο εύρος που είναι απαραίτητο για την επιτυχή σύνδεση μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη. Και αυτό διότι από την εποχή της πρώτης επιτυχούς μετάδοσης και λήψης ενός ραδιοφωνικού σήματος που πραγματοποιήθηκε από τον Guglielmo Marconi, το ράδιο-φάσμα αποδείχτηκε το περισσότερο θεμελιώδες μέγεθος από το οποίο εξαρτάται οποιοδήποτε ραδιοεπικοινωνία. Με το πέρασμα του χρόνου μάλιστα, η χρήση του αυξήθηκε και εξακολουθεί να αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς, με αποτέλεσμα στη σύγχρονη εποχή το φάσμα να τίθεται σε μια πληθώρα από διαφορετικές χρήσεις σε στεριά,θάλασσα,αέρα και διάστημα. Αυτές οι χρήσεις από τη μία πλευρά επιφέρουν τεράστια οφέλη στην κοινωνία μας, αλλά ταυτόχρονα καθιστούν ζωτικής σημασίας τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων μηχανισμών διαχείρισης του πολύτιμου αυτού αγαθού. Στην πραγματικότητα και οι πάροχοι των υπηρεσιών που χρησιμοποιούν το φάσμα ενδιαφέρονται για τη σωστή διαχείριση του, καθότι επιθυμούν να μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα στη χρήση του φάσματος που διαθέτουν, ώστε να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα όσο το δυνατόν περισσότερους χρήστες και άρα να αυξήσουν τα έσοδα τους. Προς το παρόν το φάσμα κατανέμεται σε εθνικό επίπεδο με τη μέθοδο της παροχής στατικών/μόνιμων αδειών για χρήση συγκεκριμένου εύρους του κάθε RAT, ενώ υπάρχουν περαιτέρω υποδιαιρέσεις του, ώστε κάθε παροχές να έχει υπό την κατοχή του ένα μόνο κομμάτι που χρειάζεται για την παροχή συγκεκριμένων υπηρεσιών, μέχρις

ότου λήξει η άδεια που κατέχει. Αυτά τα κομμάτια φάσματος έχουν προκαθορισμένο και σταθερό εύρος και απέχουν μεταξύ τους απόσταση (στην κλίμακα των συχνοτήτων) ικανή ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες παρεμβολές. Η μέθοδος ανάθεσης φάσματος αποτελεί την ιδανική λύση και για εύκολη κατασκευή συσκευών που λειτουργούν σε συγκεκριμένες συχνότητες, οπότε σε γενικές γραμμές έχει αποδειχθεί η πλέον αποτελεσματική εδώ και χρόνια.

- **DSNPM (Dynamic Selforganising Network Planning Management)**

Το DSNPM είναι ένας μηχανισμός ο οποίος έχει ως στόχο τη λήψη μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων αποφάσεων μέσω της συλλογής δεδομένων περί της κατάστασης του δικτύου, οι οποίες αφορούν την δυναμική αναδιάρθρωση. Οι αποφάσεις αυτές προκύπτουν βάσει ανάλυσης των συλλεγόμενων δεδομένων τα οποία αποτελούν και τα δεδομένα εισόδου. Μετά την ανάλυση τους προκύπτει γνώση η οποία αξιοποιείται για την παραμετροποίηση του δικτύου, γεγονός το οποίο με την σειρά του θα παράγει καινούργια δεδομένα εισόδου. Το DSNPM πρέπει να καλύψει κάποιες απαιτήσεις, όπως η παραμετροποίηση όσο αφορά την υποστήριξη διαφόρων κλάσεων τελικών χρηστών, η αποδοτικότητα στην διαχείριση πολλαπλών και δυναμικά μεταβαλλόμενων καταστάσεων όσο αφορά την υποδομή του δικτύου, η βελτιστοποίηση της σύνδεσης των τερματικών όσο αφορά το QoS αλλά και το κόστος, η περιαγωγή των χρηστών εντός του δικτύου δίνοντας έμφαση στην απρόσληπτη και απροβλημάτιστη σύνδεση, η συνεργασία των διαφορετικών RATs και η επεκτασιμότητα ώστε να μπορεί να υπάρξει άμεση ανταπόκριση στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Για να καλυφθούν όλες οι απαιτήσεις παρέχονται ένα σύνολο λειτουργιών οι οποίες υποστηρίζουν την απόκτηση των παραμέτρων του περιβάλλοντος έτσι ώστε να υποστηρίζεται επίγνωση του περιβάλλοντος, η διαχείριση προφίλ ώστε να υποστηρίζεται εξατομίκευση, οι πολιτικές για την παροχή κανόνων που είναι απαραίτητοι για την βέλτιστη συνδεσιμότητα, η άρση αποφάσεων που αφορούν την βέλτιστη συνδεσιμότητα, η άρση αποφάσεων που αφορούν τη βέλτιστη συνδεσιμότητα,

η συνεργασία μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών για την παροχή διάχυτης υπολογιστικής και η απόκτηση της γνώσης βασισμένη στην διαδικασία της εκπαίδευσης, κάτι πολύ σημαντικό για την εκπαίδευση και την πολυπλοκότητα. Το DSNPM πραγματοποιεί την συλλογή πληροφοριών μέσω της λειτουργίας των παραμέτρων του περιβάλλοντος που αφορούν τα στοιχεία του CWN όπως και την κατάσταση του περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα μέσω των λειτουργιών παρακολούθησης παρέχονται πληροφορίες για κάθε τερματικό και για συγκεκριμένη χρονική περίοδο όσο αφορά τις απαιτήσεις δικτύου, τις συνθήκες ορατότητας και του απαιτούμενου QoS επίπεδο. Μέσω αυτών των πληροφοριών αναγνωρίζονται τυχόν προβληματικές καταστάσεις λειτουργίας του δικτύου αλλά ενημερώνονται και οι δείκτες απόδοσης δικτύου. Ακόμα τα προφίλ των τερματικών παρέχουν πληροφόρηση σύμφωνα τις δυνατότητες, προτιμήσεις, απαιτήσεις και περιορισμούς των τερματικών αλλά και τις δυνατότητες του δικτύου. Αφού καταγραφεί τι εφαρμογές χρησιμοποιούνται από τα τερματικά, κάτι το οποίο αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες για την παραμετροποίηση του τρόπου σύνδεσης του τερματικού στο δίκτυο ανακτούνται οι πολιτικές δεδομένου ότι πέραν των απαιτήσεων των τερματικών, όποια αναδιάρθρωση του δικτύου οφείλει να είναι βιώσιμη και σύμφωνη με τις αρχές λειτουργίας του παρόδου. Ως δεδομένα εισόδου ξεκινάει η διαδικασία βελτιστοποίησης του δικτύου. Μια από τις πρακτικές προσεγγίσεις για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι ο εντοπισμός της αναδιάρθρωσης η οποία θα αποφέρει την βελτιστοποίηση δίνοντας προτεραιότητα στην ικανοποίηση του τελικού χρήστη παράλληλα με το κόστος της αναδιάρθρωσης αλλά και το κόστος του QoS.



Οπτική αναπαράσταση του DNSPM

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ

Στο δεύτερο κεφάλαιο, ορίζεται η «οντολογία», η οποία χρησιμοποιείται για τη σημασιολογική περιγραφή ενός γνωστικού πεδίου, καθώς επίσης, τα δομικά στοιχεία της και οι κατευθυντήριες γραμμές ανάπτυξης μιας οντολογίας.

2.1 Ο όρος Οντολογία

Οντολογία είναι μια «**τυπική, ρητή** προδιαγραφή μιας **κοινής εννοιολογικής μορφοποίησης**». Η **εννοιολογική μορφοποίηση** αναφέρεται σε ένα αφηρημένο μοντέλο ενός υπάρχοντος στον κόσμο φαινομένου, με τον προσδιορισμό όμως των σχετικών με το φαινόμενο αυτό αφηρημένων εννοιών. **Ρητή** σημαίνει ότι ο τύπος των χρησιμοποιούμενων αφηρημένων εννοιών, καθώς και οι τυχόν περιορισμοί στην χρησιμοποίησή τους καθορίζονται επακριβώς. Ο όρος **τυπική** αναφέρεται στο γεγονός ότι η οντολογία πρέπει να είναι δυνατόν να «διαβάζεται» από ένα υπολογιστικό σύστημα. Και τέλος η έννοια της **κοινής** αντικατοπτρίζει την αντίληψη ότι μια οντολογία συλλαμβάνει τη συναινετική γνώση, το οποίο σημαίνει, ότι η γνώση δεν είναι δημιούργημα ή αποτέλεσμα της επιρροής ενός ατόμου, αλλά είναι αποδεκτή από και εκφράζει μια ευρεία ομάδα ατόμων.

Μερικοί από τους σημαντικότερους λόγους για τους οποίους κάποιος αναπτύσσει μια οντολογία είναι:

➤ *Για να μοιραστεί την κοινή κατανόηση της δομής των πληροφοριών με άλλους ανθρώπους ή υπολογιστικά συστήματα:* Ο παραπάνω είναι ένας από τους περισσότερο κοινούς στόχους στην ανάπτυξη των οντολογιών. Για παράδειγμα, έστω διάφοροι ιστοχώροι οι οποίοι περιέχουν τραπεζικές πληροφορίες ή παρέχουν δικτυακές τραπεζικές υπηρεσίες. Εάν αυτοί οι ιστόχωροι μοιράζονται και δημοσιοποιούν την κοινή οντολογία όρων που χρησιμοποιούν, τότε κατάλληλα στοιχεία λογισμικού, όπως οι πράκτορες λογισμικού, μπορούν να εξάγουν και να συγκρίνουν τις πληροφορίες που περιέχονται σε αυτούς τους διαφορετικούς ιστόχωρους, και στην συνέχεια να απαντήσουν σε ερωτήματα των χρηστών ή να χρησιμοποιήσουν τις συλλέγουσες πληροφορίες ως εισόδους σε άλλες εφαρμογές.

➤ *Για να επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης σε μια επιστημονική περιοχή:* Ο λόγος αυτός ήταν μια από τις κατευθυντήριες δυνάμεις πίσω από το πρόσφατο κύμα στην ανάπτυξη της γιγάντωσης της έρευνας γύρω από τις οντολογίες. Παραδείγματος χάριν, σε πολλές διαφορετικές ερευνητικές περιοχές απαιτείται η μοντελοποίηση της έννοιας του χρόνου. Αυτή η μοντελοποίηση περιλαμβάνει τις έννοιες των χρονικών διαστημάτων, των σημείων στο χρόνο, των σχετικών μετρήσεων του, κ.τ.λ. Εάν μια ομάδα ερευνητών αναπτύξει μια τέτοια οντολογία λεπτομερώς για τις ανάγκες της επιστημονικής περιοχής τους, άλλοι μπορούν απλά να την επαναχρησιμοποιήσουν στις δικές τους περιοχές επιστημονικού ενδιαφέροντος. Επιπλέον, εάν απαιτείται η ανάπτυξη μιας μεγάλης οντολογίας για μια επιστημονική περιοχή, μπορεί κάποιος να ενοποιήσει διάφορες υπάρχουσες οντολογίες, η κάθε μια των οποίων περιγράφει ένα τμήμα από την μεγάλη περιοχή. Μπορούμε επίσης να επαναχρησιμοποιήσουμε μια γενική οντολογία και να την επεκτείνουμε έτσι ώστε να μπορούμε να περιγράψουμε μια περιοχή ενδιαφέροντος μας.

➤ *Για να καταστήσει τις παραδοχές και τις υποθέσεις μιας περιοχής ρητές:* Η ρητή μοντελοποίηση των αφηρημένων εννοιών μιας περιοχής που κρύβονται κατά την υλοποίηση μιας εφαρμογής και η χρήση τέτοιων μοντέλων κατά την ανάπτυξη εφαρμογών επιτρέπουν την σχετικά εύκολη μεταβολή τους εάν η γνώση μας για την περιοχή αλλάξει. Η ενσωμάτωση σε προγραμματιστικό κώδικα των ιδιοτήτων των αφηρημένων εννοιών μιας περιοχής σχετικά με ένα φαινόμενο καθιστούν όχι μόνο δύσκολο τον εντοπισμό και κατανόηση τους αλλά επιπλέον δυσκολεύουν την μεταβολή τους εφόσον κάτι τέτοιο απαιτηθεί, ειδικότερα για κάποιον χωρίς πείρα στον προγραμματισμό. Επιπλέον, οι ρητές προδιαγραφές της γνώσης μιας επιστημονικής περιοχής είναι χρήσιμες για τους νέους χρήστες που πρέπει να μάθουν ποιοι όροι στην περιοχή σημαίνουν τι.

➤ *Για να διαχωρίσει τη γνώση μιας περιοχής από τις επιχειρησιακές της εφαρμογές:* Ο παραπάνω λόγος είναι μια άλλη κοινή χρήση των οντολογιών. Μπορούμε να περιγράψουμε μία διαδικασία όπου ένα προϊόν κατασκευάζεται από τα συστατικά του σύμφωνα με μια σειρά απαραίτητων προδιαγραφών και

στη συνέχεια να εκτελέσουμε ένα πρόγραμμα που να κάνει την κατασκευή ανεξάρτητη από τα ίδια τα προϊόντα. Π.χ. στην χημική βιομηχανία, η γνώση γύρω από μια γενική χημική κατεργασία (εμπλουτισμός με οξυγόνο) μπορεί να μοντελοποιηθεί έτσι ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί πρόγραμμα το οποίο στη συνέχεια να μπορεί να εκτελέσει τη διαδικασία ανεξάρτητα του ποιο είναι το στοιχείο ή η ένωση που οξυγονώνεται.

➤ *Για να αναλύσει την συσσωρευμένη γνώση μιας επιστημονικής περιοχής: Η ανάλυση της γνώσης περιοχών είναι δυνατή μόλις μια εμφαντική προδιαγραφή των όρων που χρησιμοποιούνται σε αυτήν είναι διαθέσιμη. Η επίσημη ανάλυση των όρων είναι εξαιρετικά πολύτιμη τόσο κατά την προσπάθεια να επαναχρησιμοποιηθεί μια υπάρχουσα οντολογία όσο και κατά την επέκτασή τους.*

2.2 Δομικά στοιχεία οντολογίας

Οι οντολογίες αποτελούνται από τις **κλάσεις** (οι οποίες μερικές φορές αποκαλούνται και ως έννοιες), τις **ιδιότητες** κάθε έννοιας με τις οποίες περιγράφονται τα διάφορα χαρακτηριστικά γνωρίσματα και οι ιδιότητες των κλάσεων οι οποίες αποκαλούνται ρόλοι ή ιδιότητες, και οι περιορισμοί των ιδιοτήτων οι οποίοι ανάλογα με την γλώσσα που χρησιμοποιείται λέγονται απλά περιορισμοί ή περιορισμοί ρόλων, και τέλος τις **σχέσεις**. Οι **σχέσεις** αναπαριστούν τους συσχετισμούς ανάμεσα στις έννοιες του τομέα, συνήθως είναι δυϊκές. Το πρώτο μέρος τους είναι γνωστό ως *περιοχή* της σχέσης, ενώ το δεύτερο είναι το *εύρος* της.

Στο επίκεντρο των περισσότερων οντολογιών βρίσκονται οι κλάσεις. Οι κλάσεις περιγράφουν τις έννοιες μιας περιοχής. Παραδείγματος χάριν, μια κλάση αυτοκινήτων περιγράφει όλα τα αυτοκίνητα. Συγκεκριμένες μάρκες αυτοκινήτων είναι υποκλάσεις αυτής της κλάσης. Μια κλάση μπορεί να έχει υποκλάσεις οι οποίες να αντιπροσωπεύουν έννοιες που είναι πιο συγκεκριμένες από αυτές που καθορίζονται από την βασική κλάση αυτοκίνητο. Παραδείγματος χάριν, μπορούμε να διαιρέσουμε την κλάση αυτοκίνητο σε αγωνιστικά, φορτηγά, εκτός δρόμου, κλπ.

Οι ρόλοι περιγράφουν τις ιδιότητες των κλάσεων και των στιγμιότυπων: π.χ. το πολυμορφικό Citroen Xsara/Picasso. Στο προηγούμενο παράδειγμα έχουμε δύο ρόλους οι οποίοι περιγράφουν την κλάση αυτοκίνητο, καταρχήν έχουμε την ιδιότητα κατηγορία όπου παίρνει την τιμή πολυμορφικό και την ιδιότητα κατασκευαστής που παίρνει την τιμή Citroen.

Οι περιορισμοί καθορίζουν το εύρος των επιτρεπτών τιμών που μπορούν να λάβουν οι ιδιότητες των κλάσεων, παραδείγματος χάριν, στην κλάση αυτοκίνητο δεν θα μπορούσε να πάρει στην ιδιότητα *δυνατότητα κίνησης* την τιμή κίνηση υπό του νερού.

2.3 Οντολογική μηχανική

Ο όρος Οντολογική Μηχανική αναφέρεται στο σύνολο των δραστηριοτήτων οι οποίες αφορούν στην διαδικασία ανάπτυξης οντολογιών, στον κύκλο ζωής τους, καθώς και στις μεθοδολογίες, στα εργαλεία και στις γλώσσες προγραμματισμού που απαιτούνται για την δημιουργία τους. Με τον όρο οντολογία στην πληροφορική εννοούμε το αποτέλεσμα της προσπάθειας κωδικοποίησης, με τρόπο εξαντλητικό, σχολαστικό και αδιαμφισβήτητο του εννοιολογικού σχήματος ενός τομέα. Μια οντολογία τυπικά είναι μια ιεραρχική δομή δεδομένων, στην οποία περιέχονται όλες οι σχετικές με τον τομέα στον οποίο αναφέρεται οντότητες και οι σχέσεις ανάμεσά τους, αλλά και όλοι οι κανόνες οι οποίοι ρυθμίζουν τις αλληλεπιδράσεις εντός του.

Στην πραγματικότητα, η ανάπτυξη μιας οντολογίας περιλαμβάνει:

- Καθορισμό των κλάσεων της,
- Ιεραρχική ταξινόμηση των κλάσεων σε υποκλάσεις – υπέρ-κλάσεις,
- Καθορισμός των ιδιοτήτων και περιγραφή των επιτρεπόμενων τιμών σε αυτές,
- Ενημέρωση των τιμών όλων των στιγμιότυπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: FORMAL CONCEPT ANALYSIS

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες της Formal Concept Analysis, ως η καταλληλότερη μαθηματική θεμελίωση της σημασιολογικής περιγραφής ενός πεδίου ενδιαφέροντος. Για την καλύτερη κατανόηση των βασικών δομών της, περιγράφονται, στη συνέχεια, κάποια πεδία εφαρμογής της, καθώς επίσης και ο τρόπος με τον οποίο αυτή ενσωματώνεται στην οντολογική μηχανική.

3.1 Η βασική θεώρηση της FCA

Η Formal Concept Analysis (FCA), είναι μια θεωρία, χρήσιμη στην ανάλυση δεδομένων, η οποία εντοπίζει εννοιολογικές δομές μεταξύ συνόλων δεδομένων και αναπτύχθηκε στις αρχές του 1980 από τον Rudolf Will. Η μαθηματική θεμελίωση της FCA περιγράφεται από τον Ganter το 1999. Οι εννοιολογικές δομές γραφικά εκπροσωπούν εννοιολογικά πλέγματα, επιτρέποντας την ανάλυση των πολύπλοκων δομών και την ανακάλυψη των εξαρτήσεων με τα δεδομένα. Η FCA είναι μια εννοιολογική τεχνική ομαδοποίησης με καλά αναπτυγμένες μαθηματικές βάσεις και έχει χρησιμοποιηθεί στην ιατρική, την ψυχολογία, στην τεχνολογία λογισμικού και την οικολογία, κυρίως, για τη ανάλυση των δεδομένων, την ανάκτηση πληροφορίας και την ανακάλυψη γνώσης σε βάσεις δεδομένων.

Σύμφωνα με την FCA, η «έννοια» αποτελείται από 2 μέρη, την **έκταση** και την **ένταση**. Η έκταση αποτελείται από όλα τα αντικείμενα που ανήκουν στην έννοια. Η ένταση περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά που μοιράστηκαν τα αντικείμενα. Αυτό γίνεται για να αντλήσει όλες τις έννοιες από ένα δεδομένο πλαίσιο (πίνακα δεδομένων) και να εισάγει ιεραρχία.

Τα δεδομένα αντιπροσωπεύονται σε ένα πολύ βασικό τύπο δεδομένων, το **τυπικό πλαίσιο**. Κάθε τυπικό πλαίσιο μετατρέπεται σε μια μαθηματική κατασκευή, το **πλέγμα**. Οι πληροφορίες που περιέχονται σε ένα τυπικό πλαίσιο είναι αποθηκευμένες. Το πλέγμα είναι η βάση για την ανάλυση περαιτέρω στοιχείων. Αυτό μπορεί να εκπροσωπήσει γραφικά την υποστήριξη της επικοινωνίας.

Πιο συγκεκριμένα:

Ως **τυπικό πλαίσιο** (formal context) ορίζουμε μια τριάδα (G, M, I) , η οποία περιλαμβάνει δύο σύνολα G και M καθώς και μια δυαδική σχέση I μεταξύ των G και M . Τα στοιχεία του G καλούνται **αντικείμενα** (objects), ενώ τα στοιχεία του M καλούνται **γνώρισμα** (attributes). Για να εκφράσουμε συμβολικά ότι ένα αντικείμενο g έχει σχέση I με ένα γνώρισμα m , γράφουμε gIm ή $(g, m) \in I$ και λέμε ότι «το αντικείμενο g έχει γνώρισμα m ».

Για ένα σύνολο $A \subseteq G$ αντικειμένων ορίζουμε $A' = \{m \in M / g \text{ Im για όλα τα } g \in A\}$, δηλαδή A' είναι το σύνολο όλων των κοινών γνωρισμάτων των στοιχείων του A . Αντίστοιχα, για ένα σύνολο $B \subseteq M$ αντικειμένων ορίζουμε $B' = \{g \in G / g \text{ Im για όλα τα } m \in B\}$, δηλαδή B' είναι το σύνολο όλων των κοινών γνωρισμάτων των στοιχείων του B .

Ως **τυπική έννοια** (formal concept) μέσα σε μια τριάδα (G, M, I) ορίζουμε ένα ζεύγος (A, B) με $A \subseteq G$, $B \subseteq M$, $A' = B$ και $B' = A$. Αποδεικνύεται ότι το σύνολο των τυπικών εννοιών μέσα σε ένα τυπικό πλαίσιο (ή μέσα σε τυποποιημένα συμφραζόμενα) αποτελεί ένα πλήρες πλέγμα.

Η μαθηματική θεωρία της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (ή Τυποποίησης Εννοιολογικής Ανάλυσης) χρησιμοποιεί τα εννοιολογικά πλέγματα για τη μαθηματική έκφραση της ταξινόμησης των αντικειμένων και των χαρακτηριστικών τους, καθώς και των διασυνδέσεων μεταξύ των κατηγοριών αντικειμένων.

3.2 Πεδία εφαρμογής της FCA

Η Formal Concept Analysis έχει εφαρμοστεί σε πολλούς κλάδους όπως ανακάλυψη γνώσης, εξόρυξη δεδομένων, εξόρυξη κανόνων συσχέτισης, καθώς επίσης και στην οντολογική μηχανική.

- **Knowledge discovery and data mining**

Στο παρελθόν η εστίαση στην κάλυψη της γνώσης της ανακάλυψης και στην αναζήτηση των δεδομένων αφορούσε σε αυτοποιημένα εργαλεία και τεχνικές όπου εισήγαγαν νέα γνώση από δεδομένα. Αυτές οι τεχνικές δεν επέτρεπαν την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και εργαλείων και απέτυχαν στην ενσωμάτωση ειδικών γνώσεων μέσα από τη διαδικασία ανακάλυψης του Keim το 2002. Αυτές οι τεχνικές υποθέτουν σαφή απόφαση από διαθέσιμες έννοιες από τα δεδομένα, οπτική διεύρυνση δεδομένων από τον Eidenberger το 2004 και οπτικές αναλύσεις από τον Thomas το 2005. Είναι ειδικά χρήσιμες όταν λίγα είναι γνωστά σχετικά με τα δεδομένα. Ακόμη, ο χρήστης είναι άμεσα εμπλεκόμενος στη διαδικασία εξερεύνησης. Η μετατόπιση και η προσαρμογή των στόχων της εξερεύνησης γίνονται αυτόματα εάν χρειαστεί. Στην επεξεργασία εννοιολογικής γνώσης (conceptual knowledge processing) (CKP), η εστίαση βρίσκεται στην ανάπτυξη μεθόδων για την επεξεργασία των πληροφοριών και γνώσεων που διεγείρουν τις αισθήσεις αντανάκλασης λόγου επιχειρηματολογίας και ανθρώπινης επικοινωνίας (Wille 2006). Η FCA είναι κατάλληλη για εύρεση δεδομένων εξαιτίας του γεγονότος ότι οι άνθρωποι βρίσκονται στο επίκεντρό τους (Correia 2003). Για παράδειγμα, το σύστημα TOSCANA, που βασίζεται στη λογική της FCA, έχει χρησιμοποιηθεί για την

ανακάλυψη της γνώσης σε πολλές έρευνες και εμπορικά project (Stumme 1998).

- **Association rule mining**

Στην περίπτωση εξόρυξης κανόνων συσχέτισης, η FCA έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αλγορίθμων. Για παράδειγμα, ο Tekaya το 2005 πρότεινε έναν αλγόριθμο ονομαζόμενο Gen All για να κατασκευάσει το πλέγμα της FCA στην οποία κάθε έννοια είναι διακοσμημένη από ελάχιστες γεννήτριες με στόχο, να αντληθούν κανόνες συσχέτισης από γενικές βάσεις. Ο Hamrouni το 2005 πρότεινε τον αλγόριθμο PRINCE, σύμφωνα με τον οποίο η εξαγωγή κανόνων συσχέτισης γίνεται με τη δημιουργία ενός ελαχίστου πλέγματος. Ο Quan το 2009 έδωσε μία νέα μέθοδο που βασίζεται σε σύμπλεγμα, όπου προτείνεται για εννοιολογική ανακάλυψη κανόνων συσχέτισης. Ο Maddouri το 2006 συνοψίζει πολλές από τις στατιστικές μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των σχετικών τυπικών εννοιών. Ο Maddouri το 2009 παρουσίασε μία μέθοδο για κατασκευή μόνο ενός μέρους του πλέγματος συμπεριλαμβανομένων των καλύτερων εννοιών, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως κανόνες ταξινόμησης. Ο Wollbold το 2008 κάνει χρήση της FCA για την κατασκευή μιας βάσης γνώσεων που αποτελείται από ένα σύνολο κανόνων, έτσι ώστε ο συλλογισμός πάνω από χρονικές εξαρτήσεις με γονίδιο ρυθμιστικών δικτύων να είναι δυνατός. Ο Zhou το 2005 χρησιμοποίησε την FCA για την ανακάλυψη κανόνων συσχέτισης από τα αρχεία καταγραφής του διαδικτύου, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απευθείας σύνδεσης on-line εφαρμογές, όπως τη σύσταση του διαδικτύου και την εξατομίκευση. Ο Richard το 2003 ερεύνησε τις πιθανότητες χρησιμοποιώντας την FCA για ανακάλυψη γνώσης και αναδιοργάνωση αυτής.

- **Software mining**

Η Formal Concept Analysis χρησιμοποιείται για να αναλύσει εννοιολογικά σχεσιακές δομές στον πηγαίο κώδικα του λογισμικού και για τον εντοπισμό περιπτώσεων εξαρτήσεων μεταξύ τμημάτων λογισμικού. Ο Cellier το 2008 χρησιμοποίησε την FCA σε συνδυασμό με κανόνες συσχέτισης για τον εντοπισμό σφάλματος σε πηγαίο κώδικα. Ο Wermelinger το 2009 χρησιμοποίησε τα πλέγματα της FCA για να απεικονίσει τη σχέση μεταξύ των λογισμικών και των προγραμματιστών, με σκοπό να διορθώσουν τα σφάλματα σε αυτά. Ο Eisenbarth το 2003 παρουσίασε μια τεχνική για την ανακατασκευή της χαρτογράφησης για χαρακτηριστικά που ενεργοποιούνται από τον χρήστη με τον πηγαίο κώδικα του συστήματος. Ο Tonella το 2004 αναγνώρισε προβλήματα που υπήρχαν στην εξέλιξη του κώδικα. Ο Yang το 2008 συζήτησε μία προσέγγιση στην οποία η εκτέλεση των προφίλ με

κληρονομικά συστήματα αναλύθηκε χρησιμοποιώντας πλέγματα για να αναγνωρίσουν τις υπολογιστικές μονάδες των μοντέλων περιπτώσεων χρήσης. Ο Qu το 2007 συζητά τη χρήση της FCA για την αναγνώριση προβλημάτων σε ένα σύστημα με σκοπό τη βελτίωση της κατανόησης των συστημάτων.

- **Web mining**

Ο Beydown το 2007 εισήγαγε ένα σύστημα το οποίο εύρισκε μια χρήση του μόνο από την αναζήτηση του διαδικτύου αυτού και κατασκεύασε ιστό από μονοπάτια. Η κατασκευή του ιστού εκφράζεται σαν ένα εννοιολογικό πλέγμα προσανατολισμένων μελλοντικών αναζητήσεων. Ο Beydown το 2009 ερεύνησε τις πιθανότητες της FCA για επεξεργασία των εικονικών μονοπατιών αναζήτησης για να εκφράσουν και να εκμεταλλευτούν τις εξαρτήσεις μεταξύ των ιστοσελίδων που επισκέφτηκαν και επιπλέον επικεντρωμένων αποτελεσμάτων. Ο ίδιος το 2007 επίσης πρότεινε μία μέθοδο για αυτοματοποιημένη εύρεση και απόκτηση προφίλ χρήσης διαδικτύου χρησιμοποιώντας την FCA. Ο Okubo το 2006 έδειξε πως η FCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εννοιολογική ομαδοποίηση διαδικτυακών εγγραφών και παροχή σημασιολογίας για κάθε εμπλεκόμενο έγγραφο. Ο Myat το 2005 χρησιμοποίησε την FCA εννοιολογική ομαδοποίηση εγγραφών για να διαχειριστεί τις δημοσιευμένες πληροφορίες στο διαδίκτυο World Wide Web. Ο Wang το 2008 έδωσε μία μέθοδο για τη χρησιμοποίηση της FCA για την ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου διαδικτύου για την χρήση της εύρεσης διαδικτυακών δεδομένων. Ο Duc το 2009 παρουσίασε μια μέθοδο βασισμένη πάνω στην FCA για την εύρεση κανόνων συνεργασίας, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για να ταιριάζουν τα ευρήματα των χρηστών με ιστοσελίδες για να αποφύγουν τη επιστροφή άσχετων ιστοσελίδων κατά την αναζήτηση. Ο Hsieh το 2007 πρότεινε τα συστήματα απόκτησης γνώσεων, τα οποία κατασκεύασαν δυναμικά τις σχέσεις και τις ιεραρχικές έννοιες με βάση τα ευρήματα οντολογίας για να παρέχονται απαντήσεις για τα ευρήματα των χρηστών.

- **Βιολογία και ιατρική**

Ο Sato το 2007 χρησιμοποίησε την FCA για να αναλύσει το σύμπλεγμα χρονολογικών σειρών ιατρικών δεδομένων. Ο Sulemar το 2005 χρησιμοποίησε την FCA για την αξιολόγηση δεδομένων από επιδημιολογικά ερωτηματολόγια σωματικής δραστηριότητας, για να βρει εξαρτήσεις μεταξύ δημογραφικών δεδομένων και βαθμό από φυσικές δραστηριότητες. Ο Kaytone το 2009 χρησιμοποίησε την FCA για εύρεση και ομαδοποίηση γωνιακής έκφρασης δεδομένων. Ο Fu το 2006 εφάρμοσε την FCA σαν

εργαλείο για ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων σε ένα ψηφιακό οικοσύστημα. Ο Maddougi το 2004 περιέγραψε μια νέα σταδιακή προσέγγιση της μάθησης βασισμένη στην FCA η οποία υποστήριξε σταδιακά ιδέες αντιμετώπισης του καρκίνου.

- **Κατασκευή οντολογιών**

Η κατασκευή οντολογιών που βασίζεται στην FCA αρχίζει με το σχεδιασμό των ιεραρχικών τάξεων ή πλαισίων. Για την υπάρχουσα ιεραρχία των τάξεων ή των πλαισίων προσθέτονται χαρακτηριστικά ή ιδιότητες. Τα χαρακτηριστικά ή ιδιότητες κληρονομούνται μαζί με τη σχέση υπαγωγής.

Ένας απλός αλγόριθμος, ο οποίος βασίζεται στην FCA και χρησιμοποιείται για την κατασκευή οντολογιών, αποτελείται από τα εξής βήματα, κατά τα οποία, οι μηχανικοί γνώσης:

- (1) Αρχίζουν με κενό σύνολο από έννοιες και ιδιότητες
- (2) Προσθέτουν έννοιες και ιδιότητες που απαιτούνται
- (3) Το πλέγμα των εννοιών με τις ιδιότητες τους είναι ορατό χρησιμοποιώντας τις δομές της FCA. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους μηχανικούς γνώσης να «δουν» την οντολογία.
- (4) Με βάση την οπτικοποίηση, οι μηχανικοί γνώσης μπορούν να τροποποιήσουν την οντολογία ακολούθως:
 - Άμεση επεξεργασία
 - Πρόσθεση ή αφαίρεση έννοιας
 - Αντιστοίχιση μιας ιδιότητας σε έννοια
 - Συγχώνευση δύο ή περισσότερων εννοιών
 - Δημιουργία υπερ-έννοιας
- (5) Επαναλαμβάνουν τη διαδικασία, μέχρις ότου όλοι να συμφωνήσουν σε ένα κοινά αποδεκτό μοντέλο αναπαράστασης του πεδίου ενδιαφέροντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ Β3G ΔΙΚΤΥΩΝ

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αφού τεθεί ο προβληματισμός για την αναγκαιότητα της κατασκευής της Β3G οντολογίας και παρουσιαστεί ο σκοπός και τα πιθανά σενάρια εφαρμογής της, αναλύονται οι όροι που θα αποτελέσουν τις βασικές οντότητες για τη σημασιολογική περιγραφή των υπηρεσιών των Β3G δικτύων.

4.1 Αναγκαιότητα κατασκευής της Β3G οντολογίας

Προκειμένου τα συστήματα Β3G να εισέλθουν επιτυχώς στον εμπορικό κόσμο, απαιτείται η μελέτη πολλών συναφών παραγόντων που θα καθορίσουν την εξελικτική τους πορεία. Μάλιστα, η γενικότερη συλλειτουργία διαφορετικών τεχνολογιών και η σύγκλιση των τηλεπικοινωνιών και του διαδικτύου, επιβάλλουν τη συμμόρφωση με έννοιες όπως η απλή και ταυτόχρονα πολυδιάστατη λειτουργία αλγορίθμων και μηχανισμών, που θα δύνανται να ανανεώνονται συνεχώς, ενσωματώνοντας καινοτόμα συστατικά.

Επικεντρώνοντας την προσοχή μας στη διαχείριση των πόρων, απαραίτητη θεωρείται η ανάπτυξη ευφυών μεθόδων που θα βελτιστοποιούν τη χρήση τους επιτυχώς, ταχέως και με διαφάνεια. Οι μέθοδοι αυτές χρήζουν συνεχούς αναθεώρησης-βελτιστοποίησης, καθότι πρέπει να ανταποκρίνονται στις χωροχρονικές μεταβολές της κίνησης, προσαρμοσμένες στις εκάστοτε ανάγκες του υπό εξέταση τμήματος δικτύου και συνεπώς και του τελικού χρήστη. Αυτή η έννοια της συνεχούς βελτιστοποίησης συνιστά και την πεμπτούσια της διαφοροποίησης του οράματος Β3G από τις συμβατικές-σημερινές τεχνολογίες, αν αναλογιστούμε ότι τα περισσότερα δίκτυα σήμερα που λειτουργούν με συγκεκριμένες τεχνολογίες, έχουν σχεδιαστεί εκ των προτέρων με τρόπο στατικό, ώστε να καλύπτουν τις πιθανότερες ανάγκες που αναμένεται να παρουσιάσει η κίνηση ανά περιοχή και ανά χρονική περίοδο. Αντίθετα οι διεθνής τάσεις σήμερα επιβάλλουν τον καθορισμό των παραμέτρων λειτουργίας των δικτύων με μεγαλύτερη ευελιξία, ώστε να επιτευχθεί στην πράξη η προσαρμοστικότητα που χαρακτηρίζει τα δυναμικά αναδιαρθρωνόμενα και γνωστικά δίκτυα. Αυτό τελικά αναμένεται να βοηθήσει σημαντικά στη μείωση των ανεπαρκειών που παρουσιάζει κάθε τεχνολογία χωριστά και άρα στην αποτελεσματικότερη ικανοποίηση των αναγκών του χρήστη.

Ένα Β3G δίκτυο απαρτίζεται από πολυάριθμα τερματικά και στοιχεία δικτύου, διασπαρμένα ποικιλοτρόπως και με τρόπο χρονικά μεταβαλλόμενο, τα οποία πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο διαχείρισης. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε συγκεντρωτική απόπειρα διαχείρισης (centralized) θα αποδειχθεί εξαιρετικά πολύπλοκη και άρα, τελικά αναποτελεσματική. Αντιθέτως, διεθνείς ερευνητικές προσπάθειες κατευθύνονται προς λύσεις περισσότερο (ή λιγότερο κατανεμημένες), όπως ακόμα και η αυτόματη υπολογιστική

(automatic computing). Η αυτόματη υπολογιστική προέρχεται από το ανθρώπινο νευρικό σύστημα. Όπως το νευρικό σύστημα επιτελεί αυτόβουλες ενέργειες (π.χ. κυκλοφορία αίματος) ώστε να απελευθερώσει τον εγκέφαλο να ασχοληθεί με άλλες ενέργειες, έτσι και τα συστήματα αυτόματης υπολογιστικής επιτελούν αυτοβούλως λειτουργίες που προηγουμένως απαιτούσαν σημαντική επέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα (π.χ. η αναδιάρθρωση μιας συσκευής) και στόχο έχουν τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας ενός δικτύου ή μιας συσκευής. Σε γενικές γραμμές λοιπόν, μόνο τέτοιες κατανεμημένες προσεγγίσεις μπορούν να εγγυηθούν τον απαιτούμενο βαθμό δυνατότητας κλιμάκωσης τους αναλόγως των αναγκών (δηλαδή να πραγματοποιηθούν με τρόπο περισσότερο ή λιγότερο κατανεμημένο - scalability and modularity), ώστε να ελαττωθεί η τελική πολυπλοκότητα. Με αυτή τη λογική, οι αλγόριθμοι διαχείρισης πόρων σε B3G δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν ιεραρχικά σε δύο συνεργαζόμενες βαθμίδες. Οι μηχανισμοί που υπάγονται στη βαθμίδα ελέγχου ενός ολόκληρου τμήματος του δικτύου (B3G wireless network segment) έχουν ως πρωτεύοντα στόχο τους να συντονίζονται με το δίκτυο-κορμό, καθώς και να συντονίζουν-κατευθύνουν τις αποφάσεις των μηχανισμών που υπάγονται στη βαθμίδα ελέγχου ενός στοιχείου δικτύου, που δύναται να είναι σημείο πρόσβασης (B3G access point), σταθμός βάσης ή οποιοδήποτε άλλο στοιχείο δικτύου. Σημειώνουμε και πάλι εδώ τη λογική που ακολουθούμε της ύπαρξης πολυάριθμων στοιχείων δικτύου σε ένα ολόκληρο τμήμα δικτύου. Τέλος δε θα πρέπει να παραλείψουμε και την ύπαρξη μηχανισμών που ελέγχουν τερματικά. Διατηρώντας την προσοχή μας επικεντρωμένη σε κάθε βαθμίδα χωριστά, υποθέτουμε ότι αυτή αποτελείται από πλήθος αλγορίθμων, συνεργαζόμενων μεταξύ τους.

Μια οντολογία για B3G δίκτυα πρέπει ως εκ τούτου να κινηθεί με γνώμονα τα παραπάνω, προκειμένου να διευκολύνει την αναφορά, τη λειτουργία και τη συνεχή ανάπτυξη και εξέλιξη των δικτύων B3G. Σκοπός ανάπτυξης της προτεινόμενης οντολογίας είναι η μοντελοποίηση όλων των πιθανών διαδικασιών και συναλλαγών που απαιτείται να διενεργεί μια οντότητα που εμπλέκεται στη διαχείριση ετερογενών δικτύων με μια άλλη οντότητα που εμπλέκεται στο ίδιο σενάριο, χρησιμοποιώντας τον απλούστερο δυνατό τρόπο.

Τα οφέλη από τη χρήση μιας οντολογίας για τη διαχείριση δικτύων B3G συνίστανται στα παρακάτω:

- 1) Οι διάφορες διαχειριστικές οντότητες σε ένα B3G περιβάλλον ανταλλάσσουν μεγάλο όγκο πληροφορίας και αυτός ο όγκος δυσχεραίνει την ορθή επικοινωνία μεταξύ τους και άρα και αυτή καθαυτή τη λειτουργία της διαχείρισης. Επομένως, η οργάνωση αυτού του όγκου

πληροφορίας θα διευκολύνει σημαντικά το έργο της διαχείρισης και αυτή ακριβώς είναι μια βασική λειτουργία της οντολογίας.

- 2) Η οργάνωση του όγκου της μεταβιβαζόμενης πληροφορίας μεταξύ των διαχειριστικών οντοτήτων θα επιφέρει και συστηματοποίηση και τυποποίηση του λογισμικού (software) που θα αναπτυχθεί για την εμπορευματοποίηση των διαχειριστικών οντοτήτων. Όταν η προς μετάδοση πληροφορία είναι τυποποιημένη και οργανωμένη σωστά με χρήση κάποιας οντολογίας, τότε και η ανάπτυξη του λογισμικού από τις εταιρείες ανάπτυξης software καθίσταται ευκολότερη και εμπορικά συμφέρουσα.
- 3) Η εύκολη και γρήγορη ανάπτυξη λογισμικού σε συνδυασμό με τη συστηματοποίηση και οργάνωση της προς ανταλλαγή πληροφορίας θα έχει ως αποτέλεσμα και την ενασχόληση περαιτέρω ερευνητικά με τη διαχείριση δικτύων B3G και ως εκ τούτου, νέες δυνατότητες και νέοι αλγόριθμοι διαχείρισης θα μπορούν ευκολότερα να αναπτυχθούν και να βελτιώσουν τους υπάρχοντες.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι η ανάπτυξη οντολογίας εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς στα δίκτυα B3G και η ύπαρξη είναι παραπάνω από αναγκαία για τη βελτίωση της λειτουργίας των εν λόγω δικτύων.

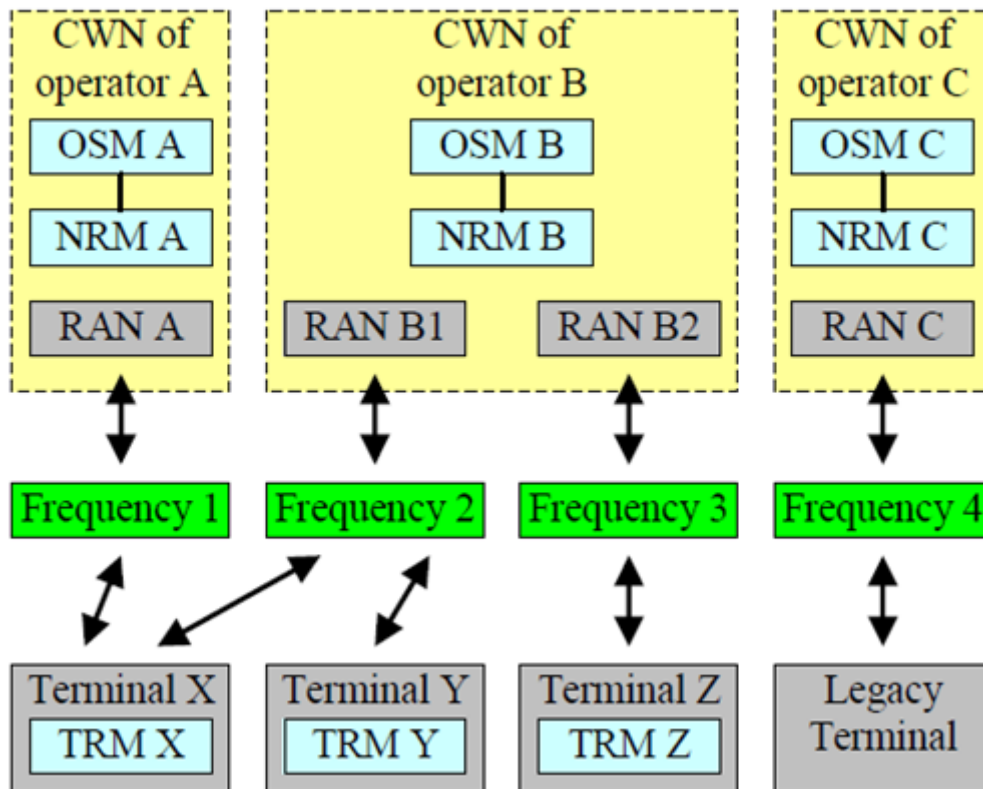
4.2 Βασικές οντότητες της B3G οντολογίας

Ένα από αυτά που απασχολούν τους μηχανικούς δικτύων είναι η αρχιτεκτονική λειτουργίας στοιχείων δικτύου και τερματικών σε ένα B3G περιβάλλον.

Ο παγκόσμιος οργανισμός ηλεκτρολόγων και ηλεκτρονικών μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers) έχει εργαστεί για τη δημιουργία προτύπων, συνόλων δηλαδή οντολογιών. Το πρότυπο P1900 περιγράφει μια αρχιτεκτονική που αποτελείται από α) ένα τμήμα διαχείρισης δικτύου και β) ένα τμήμα διαχείρισης συσκευών και τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται ανάμεσα στα α) και β), με στόχο την κατανομημένη λήψη αποφάσεων που θα οδηγήσουν σε μια βελτιωμένη χρήση των πόρων του δικτύου (συμπεριλαμβανομένου του φάσματος). Το εν λόγω πρότυπο αναφέρεται σε ένα ετερογενές περιβάλλον δυναμικά αναδιαρθρωμένων στοιχείων δικτύου και τερματικών και αποσκοπεί μέσω της αναδιάρθρωσης στην βελτίωση των παρεχομένων επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας (QoS levels-Quality of service). Στο επίπεδο που βρίσκεται αυτή τη στιγμή, το πρότυπο έχει ορίσει τη βασική αρχιτεκτονική (βασικό κομμάτι οντολογίας) που καλείται functional and system architecture (λειτουργική και αρχιτεκτονική συστήματος) και κάποιες βασικές διαδικασίες για την λήψη αποφάσεων.

- **Περιβάλλον (context) 1900.4**

Το πρότυπο IEEE P1900.4 θεωρεί ένα πλήρως ετερογενές ασύρματο περιβάλλον. Το περιβάλλον αυτό μπορεί να εμπεριέχει αρκετούς παρόχους, οι οποίοι διαθέτουν άδειες λειτουργίας περισσότερες της μιας περιοχής δικτύου (Radio Access Network-RANs). Αυτά τα RANs (Δίκτυο Ραδιοπρόσβασης) μπορούν να χρησιμοποιούν διάφορες διε-επαφές για την επικοινωνία με τα τερματικά.



Το ετερογενές περιβάλλον του προτύπου IEEE 1900.4

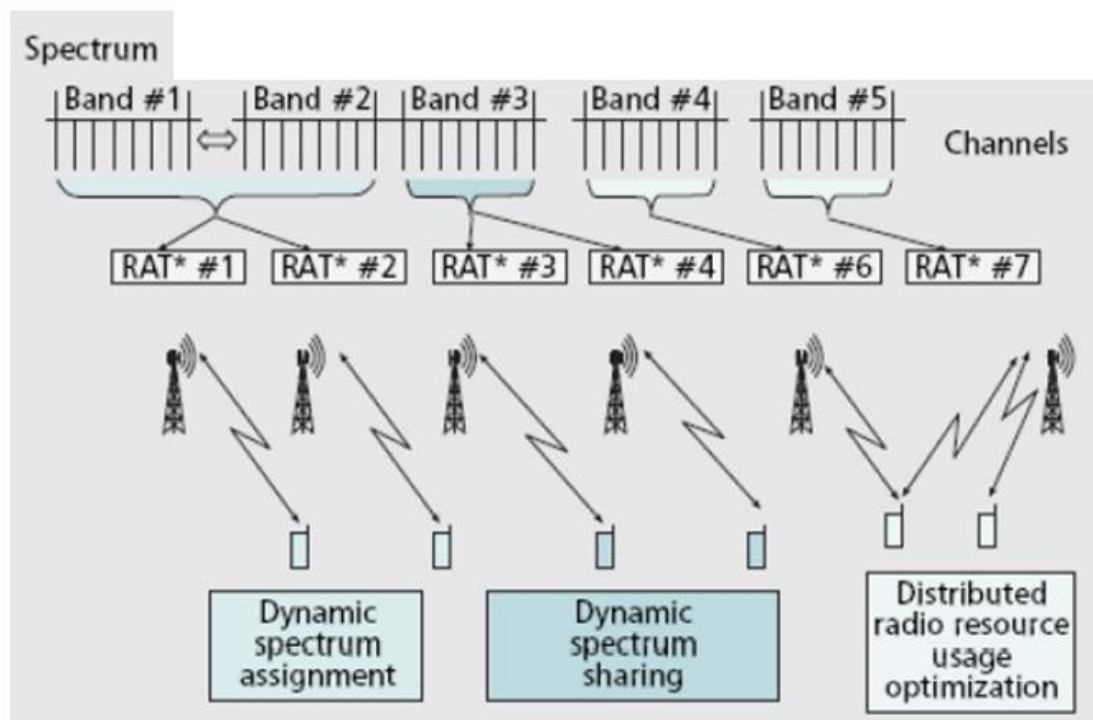
Τα τερματικά που εξετάζονται στο IEEE 1900.4 πρότυπο μπορούν επίσης να είναι είτε συμβατικά είτε δυναμικά αναδιαρθρούμενα. Τα δυναμικά τερματικά μπορεί να διαθέτουν δυνατότητες να λειτουργούν ταυτόχρονα με πολλές τεχνολογίες, έχοντας δηλαδή παράλληλες ταυτόχρονες συνδέσεις (multi-homing) ή και όχι. Ο αντικειμενικός στόχος του προτύπου IEEE 1900.4 είναι ο ορισμός ενός συστήματος διαχείρισης που αποφασίζει για ένα σύνολο ενεργειών που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της χρήσης φάσματος και των παρεχομένων επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας σε ένα ετερογενές περιβάλλον. Το πρότυπο περιγράφει τις διαχειριστικές μονάδες-οντότητες (entities) και τις διε-επαφές (interfaces) ενός τέτοιου συστήματος. Οι δύο κύριες οντότητες διαχείρισης είναι η Network Reconfiguration Manager (NRM) και η οντότητα Terminal Reconfiguration Manager (TRM). Η NRM είναι η μονάδα λήψης αποφάσεων από την πλευρά του δικτύου, υπεύθυνη για την αναδιάρθρωση των RANs, ενώ η TRM είναι η μονάδα

λήψης αποφάσεων από την πλευρά του τερματικού, υπεύθυνη για την αναδιάρθρωση του τερματικού. Μία επιπλέον οντότητα είναι η οντότητα που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του φάσματος πολλών RANs από μέρος ενός παρόδου η οντότητα Operator Spectrum Manager (OSM). Η σύνθεση του ετερογενούς συστήματος που αναφέρθηκε πριν με τις διαχειριστικές οντότητες του προτύπου IEEE 1900.4 δημιουργεί ένα Σύνθετο Ασύρματο Δίκτυο (Composite Wireless Network-CWN). Αυτή η σύνθεση διαθέτει πολλές καινοτόμες δυνατότητες και την ευελιξία να βελτιστοποιήσει τη χρήση των πόρων του δικτύου και άρα τα παρεχόμενα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας.

- **Use Cases**

Το πρότυπο της IEEE 1900.4 ορίζει τριών ειδών use cases:

- 1) Δυναμική ανάθεση φάσματος (dynamic spectrum assignment)
- 2) Δυναμική κοινή χρήση φάσματος (dynamic spectrum sharing)
- 3) Κατανεμημένη βελτιστοποίηση χρήσης πόρων (distributed radio resource usage optimization).



USE CASE ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ IEEE 1900.4

Στην περίπτωση του use case της δυναμικής ανάθεσης φάσματος (dynamic spectrum assignment), οι ζώνες συχνοτήτων ανατίθενται δυναμικά σε RANs ώστε να βελτιστοποιούν τη διαχείριση πόρων και την παροχή επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας. Η OSM δημιουργεί (υπό τη μορφή γεννήτριας) κάποιες

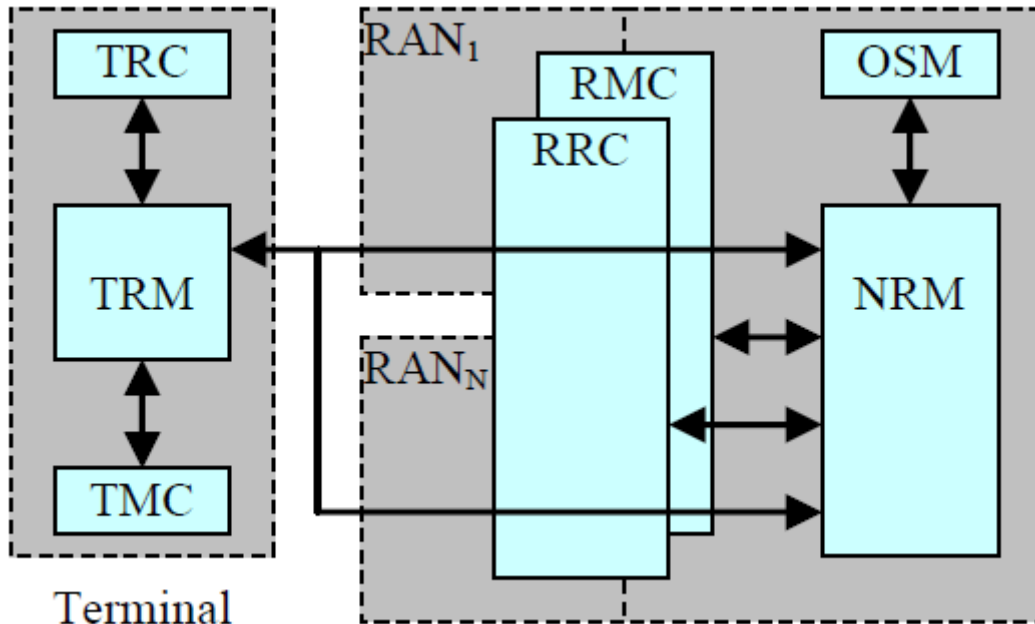
πολιτικές ανάθεσης φάσματος που εκφράζουν το ρυθμιστικό πλαίσιο, αλλά και τους στόχους του παρόχου για τη βελτιστοποίηση της χρήσης φάσματος. Η OSM μεταφέρει αυτές τις πολιτικές στο αντίστοιχο NRM, ενώ κάθε NRM αναλύει αυτές τις πολιτικές και τις διαθέσιμες πληροφορίες περιβάλλοντος (context) και λαμβάνει δυναμικά αποφάσεις κατανομής, βάση αυτών των στοιχείων. Μετά τη λήψη των αντίστοιχων αποφάσεων, κάθε οντότητα NRM ζητά τις αντίστοιχες διαρθρώσεις από τα RANs. Μετά την αναδιάρθρωση του κάθε RAN, τα τερματικά χρειάζεται να αναδιարθρωθούν.

Στην περίπτωση της δυναμικής, κοινής χρήσης φάσματος (dynamic spectrum sharing), οι ζώνες φάσματος είναι στατικά ανατεθειμένες σε RANs. Ωστόσο, μια συγκεκριμένη ζώνη φάσματος μπορεί να χρησιμοποιείται από κοινού με αρκετά RANs ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση φάσματος και η παροχή επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας. Οι NRMs αναλύουν τις διαθέσιμες πληροφορίες του περιβάλλοντος (context information) και λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την πρόσβαση σε μια ζώνη συχνοτήτων. Εν συνεχεία αυτών των αποφάσεων, οι NRMs ζητούν τις αντίστοιχες αναδιρθρώσεις από τα RANs τους. Επίσης οι NRMs δημιουργούν πολιτικές επιλογές αλγορίθμων διαχείρισης πόρων και κατόπιν τις στέλνουν στις οντότητες TRMs. Οι TRMs κατόπιν αναλύουν αυτές τις πολιτικές και θεωρώντας και τις πληροφορίες του περιβάλλοντος, λαμβάνουν δυναμικά αποφάσεις σχετικά με το αν τα τερματικά πρέπει να αποκτήσουν πρόσβαση σε νέες ζώνες συχνοτήτων. Αυτές οι αποφάσεις λαμβάνονται στο πλαίσιο των πολιτικών που μεταβιβάζονται στα τερματικά από τις οντότητες NRM. Οι TRMs ζητούν τις αντίστοιχες αναδιρθρώσεις των τερματικών όπου είναι απαραίτητο. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η δυναμική, κοινή χρήση φάσματος περιλαμβάνει και τα σενάρια πρωτεύουσας έναντι δευτερεύουσας χρήσης φάσματος.

Στην περίπτωση της κατανεμημένης βελτιστοποίησης πόρων (distributed radio resource usage optimization), οι ζώνες φάσματος που έχουν ανατεθεί σε RANs είναι στατικές. Επιπλέον δεν εξετάζεται η αναδιάρθρωση των RANs, αλλά αντίθετα το συγκεκριμένο θέμα περιορίζεται σε δυναμικά αναδιαρθρωνόμενα τερματικά (με ή χωρίς τη δυνατότητα multi-homing). Οι NRMs αναλύουν τις πληροφορίες περιβάλλοντος, δημιουργούν πολιτικές επιλογής πόρων και τις αποστέλλουν στις οντότητες TRMs. Οι TRMs αναλύουν τις πολιτικές και τις πληροφορίες αυτές και λαμβάνουν αποφάσεις δυναμικά για τις αναδιρθρώσεις των τερματικών με στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων. Και πάλι αυτές οι αποφάσεις λαμβάνονται στο πλαίσιο των πολιτικών που μεταβιβάζονται στα τερματικά από τις οντότητες NRM. Ακολουθώντας αυτές τις αποφάσεις, οι TRMs ζητούν τις αντίστοιχες αναδιρθρώσεις των τερματικών όπου είναι απαραίτητο.

- **Αρχιτεκτονική**

Η αρχιτεκτονική των διαφόρων συστημάτων διαχείρισης πόρων, όπως αυτή προτείνεται από το πρότυπο IEEE 1900.4 είναι:



Packet based core network

Προτεινόμενη αρχιτεκτονική του προτύπου IEEE 1900.4

TRC-Terminal Reconfiguration Controller

TRM- Terminal Reconfiguration Manager

TMC-Terminal Measurement Collector

RMC- Ran Measurement Collector

RRC-Ran Reconfiguration Controller

OSM- Operator Spectrum Manager

NRM- Network Reconfiguration Manager

RAN- Radio Access Network

Οι οντότητες διαχείρισης από τη πλευρά του δικτύου είναι οι ακόλουθες :

OSM- Operator Spectrum Manager

RMC- Ran Measurement Collector

NRM- Network Reconfiguration Manager

RRC-Ran Reconfiguration Controller

Η OSM οντότητα καθιστά ικανό τον πάροχο να ελέγχει τις αποφάσεις της NRM για τη δυναμική ανάθεση του φάσματος. Για αυτό το σκοπό, το πρότυπο ορίζει τις λεγόμενες πολιτικές ανάθεσης φάσματος (spectrum assignment policies). Οι πολιτικές αυτές εκφράζουν το ρυθμιστικό πλαίσιο, ορίζοντας κανόνες για τη διαχείριση των ζωνών φάσματος που έχει διαθέσιμες ένας πάροχος. Επιπλέον αυτές οι πολιτικές εκφράζουν τους αντικειμενικούς στόχους του παρόχου που σχετίζονται με τη διαχείριση του φάσματος. Οι πολιτικές ανάθεσης φάσματος στέλνονται από την OSM στην NRM οντότητα.

Η οντότητα RAN Measurement Collector (RMC) συλλέγει τις πληροφορίες του περιβάλλοντος (context information) του RAN και τις μεταβιβάζει στην NRM. Αυτές οι πληροφορίες του περιβάλλοντος περιλαμβάνουν (μεταξύ άλλων) τα ακόλουθα στοιχεία:

Οι αντικειμενικοί στόχοι σχετικά με τη βελτιστοποίηση χρήσης των πόρων για ένα RAN:

- 1) Δυνατότητες ενός RAN
- 2) Μετρήσεις σε ένα RAN
- 3) Δυνατότητες μεταφοράς ενός RAN.

Η οντότητα Network Reconfiguration Manager (NRM) είναι η οντότητα που διαχειρίζεται τα ασύρματα δίκτυα και τα τερματικά για την κατανομημένη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των πόρων και την παροχή βελτιωμένων επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας.

Στην πλευρά του δικτύου, η NRM λαμβάνει αποφάσεις αναδιάρθρωσης του RAN και στέλνει αιτήσεις αναδιάρθρωσης του στην οντότητα RAN Reconfiguration Controller (RRC). Η NRM αποφασίζει απευθείας για την αναδιάρθρωση των RANs που σχετίζεται με τη δυναμική ανάθεση φάσματος και με τη δυναμική, κοινή χρήση φάσματος.

Για τη διαχείριση αναδιάρθρωσης των τερματικών από την οντότητα NRM, το πρότυπο ορίζει τις λεγόμενες πολιτικές επιλογής πόρων (radio resource selection policies). Αυτές οι πολιτικές στέλνονται από τη NRM στις TRMs οντότητες υπό τη δικαιοδοσία της και δημιουργούν το πλαίσιο, μέσα στο οποίο οι TRMs θα κάνουν λήψη διαφόρων αποφάσεων αναδιάρθρωσης. Για τη διασφάλιση της σταθερής λειτουργίας των ετερογενών δικτύων, οι πολιτικές επιλογής πόρων μπορούν να συμπεριλαμβάνουν και το μέγιστο δυνατό

χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αναδιάρθρωση. Η αναδιάρθρωση ενός τερματικού πρέπει να πραγματοποιείται εντός αυτού του χρόνου, από τη στιγμή που το τερματικό λαμβάνει αυτές τις πολιτικές. Η οντότητα RAN Reconfiguration Controller (RRC) είναι εκείνη η οποία ελέγχει την αναδιάρθρωση των RANs βάσει των αιτήσεων της οντότητας NRM. Για την υποστήριξη της επιθυμητής κλιμακούμενης λειτουργίας (scalable operations), οι οντότητες RMC, NRM και RRC δημιουργούνται και λειτουργούν με καταναμημένο τρόπο. Οι οντότητες διαχείρισης από την πλευρά του τερματικού είναι οι ακόλουθες :

Terminal Measurement Collector (TMC)

Terminal Reconfiguration Manager (TRM)

Terminal Reconfiguration Controller (TRC)

Κάθε τερματικό έχει μια οντότητα TMC, μια TRM ,καθώς και μια TRC. Η οντότητα Terminal context information που ορίστηκε στο πρότυπο 1900.4 συμπεριλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: Προτιμήσεις χρηστών, απαιτούμενα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας, δυνατότητες τερματικού, μετρήσεις τερματικού και πληροφορίες τοποθεσίας τερματικού. Η οντότητα Terminal Reconfiguration Manager (TRM) είναι η οντότητα που διαχειρίζεται το τερματικό για την καταναμημένη βελτιστοποίηση των πόρων μεταξύ τερματικού και δικτύου, καθώς και την παροχή βελτιωμένων επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας. Αυτή η βελτιστοποίηση πραγματοποιείται στο πλαίσιο που ορίζεται από την NRM και εκφράζεται από τις πολιτικές επιλογής πόρων, με τρόπο σύμφωνο με τις προτιμήσεις των χρηστών.

Η οντότητα Terminal Reconfiguration Controller (TRC) είναι η οντότητα που ελέγχει την αναδιάρθρωση του τερματικού βάσει των αιτήσεων που δέχεται από την TRM.

Αντιστοίχως, τα 6 interfaces που προσδιορίζονται στο συγκεκριμένο πρότυπο είναι τα ακόλουθα: Interface μεταξύ NRM και TRM, το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες: Από NRM σε TRM: Πολιτικές επιλογής πόρων, Πληροφορίες περιβάλλοντος RAN και πληροφορίες περιβάλλοντος τερματικών (του ενός σε σχέση με τα άλλα).

Από TRM σε NRM: Πληροφορίες περιβάλλοντος τερματικών σε σχέση με άλλα τερματικά της TRM. Δύο επιλογές υπάρχουν για τη φυσική υλοποίηση αυτού του interface. Η μια από αυτές είναι η λεγόμενη σηματοδosis εκτός ζώνης (out-band signaling), η οποία χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο RAN. Η δεύτερη επιλογή είναι η σηματοδosis εντός ζώνης (in-band signaling), η οποία χρησιμοποιεί RANs με ενεργές συνδέσεις με

τα τερματικά. Το πρωτότυπο υποστηρίζει και τις δυο επιλογές, αλλά και την επιλογή συνδυασμού των δυο προαναφερθέντων μεθόδων.

Interface μεταξύ TRM και TRC το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες:

Από TRM σε TRC: Αιτήσεις αναδιάρθρωσης τερματικών.

Από TRC σε TRM: Ανταποκρίσεις στις αιτήσεις αναδιάρθρωσης τερματικών.

Interface μεταξύ TRM και TMC το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες: Από TRM σε TMC: Αιτήσεις πληροφοριών περιβάλλοντος τερματικών.

Από TMC σε TRM: Ανταποκρίσεις στις αιτήσεις πληροφοριών περιβάλλοντος τερματικών. Οι TRC και TMC παρέχουν τυποποιημένα και ανεξάρτητα του μέσου interfaces για την υποβολή αιτήσεων από την TRM για αναδιάρθρωση τερματικών και τη λήψη πληροφοριών περιβάλλοντος των τερματικών. Αυτό διασφαλίζει ότι τα συστήματα που βασίζονται στο πρότυπο 1900.4 μπορούν να λειτουργήσουν με τα τερματικά που υποστηρίζουν διάφορες τεχνολογίες radio interfaces.

Interface μεταξύ NRM και RRC, το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες: Από NRM σε RRC: Αιτήσεις αναδιάρθρωσης RAN. Από RRC σε NRM: Ανταποκρίσεις σε αιτήσεις αναδιάρθρωσης RAN. Interface μεταξύ NRM και RMC, το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες: Από NRM σε RMC: Αιτήσεις πληροφορίας περιβάλλοντος του RAN. Από RMC σε NRM: Ανταποκρίσεις στις αιτήσεις πληροφορίας περιβάλλοντος του RAN. RRC και RMC παρέχουν ανεξάρτητα μέσα ενημέρωσης προτύπου interfaces για NRM για την αίτηση αναδιάρθρωσης του RAN και για να αποκτήσουν πληροφορίες περιεχομένου του RAN. Αυτό δίνει την δυνατότητα στο 1900.4 να υποστηρίζει αναδιαμόρφωση από ποικίλα σημεία πρόσβασης και σταθμούς βάσης και για να αποκτήσουν πληροφορίες περιεχομένου, από RANs χρησιμοποιώντας διάφορα radio interfaces.

Interface μεταξύ NRM και OSM, το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες: Από OSM σε NRM: Πολιτικές ανάθεσης φάσματος. Από NRM σε OSM: Πληροφορίες σε αποφάσεις ανάθεσης φάσματος. Αυτό το interface που ορίζεται στο 1900.4 δίνει στον πάροχο μια σημαντικού βαθμού δυνατότητα ελέγχου στη λειτουργία του NRM.

Επιπροσθέτως των interfaces, το πρότυπο IEEE 1900.4 ορίζει 3 service access points (SAPs): rCFG_TR_SAP-transport SAP, rCFG_MEDIA_SAP - reconfiguration and measurement SAP, rCFG_MNG_SAP – management SAP .

Κάθε οντότητα του προτύπου 1900.4 θα μπορούσε να έχει ένα ή περισσότερα SAPs.

ΤΟ Transport SAP παρέχει υπηρεσία επιπέδου μεταφοράς για τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των οντοτήτων του προτύπου IEEE 1900.4. Συγκεκριμένα, γενικεύει τους μηχανισμούς επιπέδου μεταφοράς των οντοτήτων του προτύπου, παρέχοντας ένα σύνολο από βασικούς μηχανισμούς και αντιστοιχώντας τους σε πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς. Επί παραδείγματι, αυτό το SAP χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή πολιτικών επιλογής πόρων και πληροφοριών κατάστασης του περιβάλλοντος ανάμεσα σε NRM και TRM. Εάν υπάρχουν αρκετές οντότητες NRMs και υπάρχει ένα interface ανάμεσα τους, το SAP αυτό χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή πληροφοριών κατάστασης του περιβάλλοντος, επιλογές ανάθεσης φάσματος, αποφάσεις αναδιάρθρωσης και πολιτικές επιλογής πόρων ανάμεσα στα NRMs.

Το Reconfiguration and Measurement SAP παρέχει υπηρεσίες αναδιάρθρωσης και μετρήσεων για τα υπό διαχείριση RANs και για τα τερματικά. Παρέχει ένα σύνολο από βασικούς μηχανισμούς για τις οντότητες του προτύπου για να συλλέξουν πληροφορίες της κατάστασης του RAN, των τερματικών και του περιβάλλοντος τους. Οι μηχανισμοί αυτοί αντιστοιχούνται σε συγκεκριμένα πρωτόκολλα, αναλόγως των υπό διαχείρισης RANs και των τερματικών.

Το Management SAP παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης των οντοτήτων του προτύπου μέσω συμβατικών μηχανισμών διαχείρισης. Αυτό το SAP παρέχει ένα σύνολο από βασικούς μηχανισμούς για να ανταλλάξουν πληροφορίες οι οντότητες του προτύπου με αυτά τα συμβατικά συστήματα διαχείρισης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι οντολογίες θεωρούνται απαραίτητες για τη μοντελοποίηση ενός πεδίου ενδιαφέροντος, καθώς και για την οργάνωση και το διαμοιρασμό της γνώσης και πληροφορίας που υπάρχει διαθέσιμη. Ιδιαίτερη ανάγκη για οντολογίες υπάρχει στη σχεδίαση και υλοποίηση συστημάτων πληροφορίας στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, λόγω του όγκου και της ετερογένειας της μεταβιβαζόμενης πληροφορίας μεταξύ των διαχειριστικών οντοτήτων σε ένα, για παράδειγμα Β3G περιβάλλον, τα οποία δυσχεραίνουν τόσο το ρυθμό μετάδοσης της πληροφορίας όσο και την ποιότητά της.

Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε το ρόλο της μονοσήμαντης σημασιολογικής περιγραφής των Β3G δικτύων, μέσω μιας οντολογίας. Κατά τη σχεδίαση της οντολογίας, εκτός από τις ιδιαιτερότητες του γνωστικού πεδίου προς αναπαράσταση, υπήρξαν και προβλήματα μονοσήμαντης κωδικοποίησης των βασικών εννοιών του πεδίου γνώσης. Προς αποφυγή εννοιολογικών ασυνεπειών, ο βέλτιστος τρόπος σχεδιασμού μιας οντολογίας είναι η υιοθέτηση ενός αλγόριθμου, ο οποίος να βασίζεται σε μια μαθηματική θεωρία. Μελετώντας τις μαθηματικές θεωρίες που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση και διαχείριση της γνώσης, καταλήξαμε σε έναν αλγόριθμο σχεδιασμού της οντολογίας, ο οποίος βασίζεται στην FCA, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ορθότητα και η συνέπεια της γνώσης που αναπαρίσταται στην οντολογία.

Η υλοποίηση της Β3G οντολογίας και η αξιολόγησή της είτε με τη χρήση της σε συγκεκριμένες εφαρμογές είτε από τους ειδικούς του πεδίου αποτελούν επόμενα στάδια της παρούσας μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΡΘΡΑ-ΒΙΒΛΙΑ-ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- [1] Marek Obitko, Vaclav Snasel, Jan Smid: Ontology Design with Formal Concept Analysis, 39.
- [2] Jonas Poelmans, Paul Elzinga, Stijn Viaene, Guido Dedene: Formal Concept Analysis in Knowledge Discovery : a Survey, 36.
- [3] UMTS, 3G, <http://broadband.cti.gr/el/evrizonikotita/umts.php>, 13.
- [4] <https://el.wikipedia.org/wiki/WiMAX>, 13.
- [5] HSPA, https://en.wikipedia.org/wiki/High_Speed_Packet_Access, 59.
- [6] WCDMA, <https://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπικοινωνίες>, 59.
- [7] [http://wikid.eu/index.php/Wireless Metropolitan Area Networking \(WMAN\)](http://wikid.eu/index.php/Wireless_Metropolitan_Area_Networking_(WMAN)), 17.

ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ

- [1] Radim Be Lohla Vek: Introduction to Formal Concept Analysis, Palacky University, Department of computer science, Faculty of Science, 2008, 35.
- [2] Παναγιώτης Κ. Κίκiras: Σχεδίαση Συστημάτων Διάχυτου Υπολογισμού με την Χρήση Οντολογιών, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών & Τμήμα Οικονομικών, 31.
- [3] Α.Σταθόπουλος-Λαμπρέλλης: Ανάπτυξη οντολογίας για την βελτιστοποίηση διαχείρισης και διαλειτουργικότητας μεταξύ ετερογενών δικτύων υψηλών ταχυτήτων, Διπλωματική Μεταπτυχιακή, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Ψηφιακών συστημάτων, (συστήματα Β3G), 40.
- [4] Bernhard Ganter: Formal Concept Analysis, Institut für Algebra, Description Logics Workshop Dresden, 2008, (η βασική διαδικασία της FCA), 35.
- [5] Σιωζοπούλου Ε. Θεοδώρα: Μελέτη και προσομοίωση προχωρημένων συστημάτων WCDMA, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας

Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας Και Τεχνολογίας Υλικών, (WCDMA), 59.

[6] Δεμέστιχας Παναγιώτης: Διαχείριση Τερματικών Σε Περιβάλλοντα Δικτύων Υψηλών Ταχυτήτων Β3G, Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, (ιστορική αναδρομή στις γενιές των δικτύων των τηλεπικοινωνιών), 5.

[7] Τσεκμέζογλου Σωτήριος: Διπλωματική Εργασία στο Πρότυπο IEEE 802.16 Ασύρματης Ευρυζωνικής Πρόσβασης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, (Το πρότυπο IEEE 802.16), 55.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Internet Protocol (IP)

Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομένων γραμμάτων (datagrams), δηλαδή πακέτων δεδομένων, σε ένα διαδίκτυο. Το Πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων ανάμεσα στα διάφορα δίκτυα, ανεξάρτητα από την υποδομή τους, και αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο πάνω στο οποίο είναι βασισμένο το Διαδίκτυο.

IPv4

Το IPv4 (Internet Protocol Version) είναι η 4 έκδοση του Internet Protocol (IP), που ήταν το δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Είναι ένα από τα βασικά πρωτόκολλα που βασίζονται σε πρότυπα μεθόδων διαδικτύωσης στο διαδίκτυο και είναι η πρώτη έκδοση που έχει αναπτυχθεί για την παραγωγή του ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network - Προηγμένα ερευνητικά έργα δικτύων γραφείου) το 1983. Το **ARPANET** (Advanced Research Projects Agency Network) ήταν το πρώτο στον κόσμο δίκτυο μεταγωγής πακέτου και το δίκτυο πυρήνας ενός συνόλου που θα συνέθετε το παγκόσμιο Διαδίκτυο (internet). Το δίκτυο χρηματοδοτήθηκε από το Γραφείο ερευνών Αμύνης (Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)) του τμήματος άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών για χρήση στα πανεπιστήμια και εργαστήρια ερευνών στις Η.Π.Α. Η μεταγωγή πακέτων του ARPANET βασίστηκε σε σχέδια του Lawrence Roberts του εργαστηρίου 'Lincoln Laboratory'.

Η μεταγωγή πακέτου (Packet switching), σήμερα η κυρίαρχη βάση για την επικοινωνία δεδομένων παγκοσμίως, ήταν μια νέα αντίληψη την στιγμή της σύλληψης της δημιουργίας του ARPANET. Οι επικοινωνίες δεδομένων είχαν βασιστεί στη μεταγωγή κυκλώματος, όπως στο παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο, όπου μια τηλεφωνική κλήση δεσμεύει ένα αφοσιωμένο (dedicated) κύκλωμα για τη διάρκεια της τηλεφωνικής συνόδου και η επικοινωνία είναι δυνατή μόνο ανάμεσα στα δύο διασυνδεδεμένα μέρη.

Με τη μεταγωγή πακέτου, ένα σύστημα δεδομένων μπορούσε να χρησιμοποιήσει έναν επικοινωνιακό σύνδεσμο για να επικοινωνήσει με περισσότερα από ένα μηχανήματα συλλέγοντας δεδομένα σε datagrams και μεταδίδοντάς τα ως πακέτα στον αφιερωμένο σύνδεσμο δικτύου, όποτε ο σύνδεσμος δεν ήταν σε χρήση. Έτσι, όχι μόνο ο σύνδεσμος μπορούσε να

είναι σε κοινή χρήση, όπως μια μόνο θυρίδα ταχυδρομείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σταλούν γράμματα σε διαφορετικούς προορισμούς, αλλά κάθε πακέτο μπορούσε να δρομολογηθεί ανεξάρτητα από τα άλλα πακέτα.

IPv6

Το **IPv6** (Internet Protocol version 6) είναι η πιο πρόσφατη αναθεώρηση του πρωτοκόλλου Internet (IP), του βασικού πρωτοκόλλου επικοινωνίας πάνω στο οποίο έχει χτιστεί ολόκληρο το διαδίκτυο. Σε κάθε συσκευή στο διαδίκτυο, όπως ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής ή ένα κινητό τηλέφωνο, πρέπει να αποδοθεί μία Διεύθυνση IP, ένας αριθμός αποτελούμενος από συγκεκριμένο αριθμό bits, ο οποίος και αποτελεί την ταυτότητα της συσκευής, ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία της στο Internet. Με τον ολοένα αυξανόμενο αριθμό συσκευών που συνδέονται στο διαδίκτυο, παρουσιάστηκε η ανάγκη περισσότερων διευθύνσεων, από όσες μπορεί να παράσχει το IPv4. Το IPv4 χρησιμοποιεί διευθύνσεις 32 bit, οποίο επιτρέπει 2^{32} δηλαδή περίπου 4,3 δισεκατομμύρια διαφορετικές διευθύνσεις. Το IPv6 χρησιμοποιεί διευθύνσεις 128 bit, το οποίο επιτρέπει 2^{128} δηλ. 3.4×10^{38} διαφορετικές διευθύνσεις.

ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.16 IEEE

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) είναι ένας οργανισμός που αποτελεί τον παγκόσμιο οδηγό για την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Τα πεδία στα οποία δραστηριοποιείται ποικίλουν από αεροδιαστημικά συστήματα, υπολογιστές και τηλεπικοινωνίες μέχρι βιο-ιατρική. Το IEEE αποτελεί τον ηγέτη της ανάπτυξης προτύπων (standards) που υποστηρίζουν πολλές από τις τεχνολογικές εφαρμογές.

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ IEEE 802

Το IEEE παρήγαγε πρότυπα για την λειτουργία τοπικών LAN (Local Area Network) και μητροπολιτικών δικτύων MAN (Metropolitan Area Network).

ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.16

Το IEEE 802.16 δημοσιεύτηκε τον Απρίλιο του 2002. Προσδιορίζει την ασύρματη επικοινωνία σε μητροπολιτικά δίκτυα, σταθερών συστημάτων ευρυζωνικής πρόσβασης, εξασφαλίζοντας υψηλού επιπέδου QoS. Μιλάμε για σταθερά συστήματα καθώς απαιτείται η εγκατάστασή τους σε σταθερά σημεία. Υποστηρίζει συνδέσεις κυρίως Point To Multipoint (PMP) χωρίς να αποκλείονται και οι Point To Point για backhaul συνδέσεις. Η ολοκλήρωση του πρώτου IEEE 802.16 χαιρετίζει μια εποχή όπου η ασύρματη ευρυζωνική

πρόσβαση θα παίξει κυρίαρχο ρόλο στη σύνδεση χρηστών, είτε αυτοί είναι οικιακοί είτε βιομηχανίες με τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα κορμού.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI

Το μοντέλο αναφοράς Ανοικτής Διασύνδεσης Συστημάτων, ή μοντέλο αναφοράς OSI είναι μια διαστρωματωμένη, αφηρημένη περιγραφή για τη σχεδίαση τηλεπικοινωνιακών και δικτυακών πρωτοκόλλων η οποία καθορίστηκε από την πρωτοβουλία Ανοικτή Διασύνδεση Συστημάτων – OSI. Είναι γνωστό και ως *μοντέλο των επτά επιπέδων*. Το *μοντέλο OSI* είναι μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις προδιαγραφές επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, ορίζοντας επακριβώς τον σκοπό κάθε επιπέδου αλλά και τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, και τυποποιήθηκε ως πρότυπο ISO 7498-1. Θεωρήθηκε ότι θα επέτρεπε τη λειτουργική συνεργασία μεταξύ ποικίλων ψηφιακών συσκευών που ήταν διαθέσιμες στην αγορά. Το μοντέλο επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συλλειτουργούν, με κάθε στοιχείο να υλοποιεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δικτύωσης, ανεξάρτητα από το ποιος είναι ο κατασκευαστής τους. Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1980 ο ISO συνιστούσε την εφαρμογή του *μοντέλου OSI* ως κοινώς αποδεκτού υποδείγματος σχεδιασμού δικτύων.

Επίπεδο 7: Εφαρμογών

Το *επίπεδο εφαρμογών* παρέχει στον χρήστη έναν τρόπο να προσπελάσει μέσω μιας εφαρμογής τις πληροφορίες ενός δικτύου. Αυτό το επίπεδο είναι η κύρια διασύνδεση του χρήστη με την εφαρμογή και συνεπώς, με το δίκτυο. Στο επίπεδο αυτό γίνεται η διαχείριση των κατανεμημένων εφαρμογών, η αποστολή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου κλπ.

Επίπεδο 6: Παρουσίασης

Το *επίπεδο παρουσίασης* μετασχηματίζει τα δεδομένα σε τυπική μορφή που την αναμένει το επίπεδο εφαρμογών. Στο επίπεδο αυτό τα δεδομένα υφίστανται κρυπτογράφηση, συμπίεση και όποια άλλη διαμόρφωση απαιτεί η μορφή δεδομένων ή ο σχεδιαστής του πρωτοκόλλου.

Επίπεδο 5: Συνόδου

Το *επίπεδο συνόδου* ελέγχει τις συνόδους (δηλαδή τις ανταλλαγές δεδομένων) μεταξύ δύο υπολογιστών, του A και του B. Ξεκινά, διαχειρίζεται και τερματίζει τη σύνδεση μεταξύ μιας τοπικής και μιας απομακρυσμένης εφαρμογής. Αντιμετωπίζει λειτουργίες FDX (full duplex, οι A και B μιλούν ταυτόχρονα από δύο κανάλια) ή HDX (half-duplex, μιλάει ο A και μετά απαντάει ο B από το ένα διαθέσιμο κανάλι), ενώ υποστηρίζει διαδικασίες αποθήκευσης κατάστασης (checkpoint), αναβολής (adjournment), τερματισμού (termination) και επανεκκίνησης (restart).

Επίπεδο 4: Μεταφοράς

Το *επίπεδο μεταφοράς* διεκπεραιώνει τη μεταφορά των δεδομένων από χρήστη σε χρήστη, απαλλάσσοντας έτσι τα ανώτερα επίπεδα από κάθε φροντίδα να προσφέρουν αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων από το ένα άκρο της επικοινωνίας στο άλλο. Το επίπεδο μεταφοράς ελέγχει την αξιοπιστία ενός χρησιμοποιούμενου καναλιού με έλεγχο ροής (flow control), κατάτμηση και αποτμηματοποίηση (segmentation/desegmentation), καθώς και έλεγχο σφαλμάτων (error control). Ορισμένα πρωτόκολλα καταγράφουν καταστάσεις και συνδέσεις, οπότε κρατούν λογαριασμό των πακέτων και επανεκπέμπουν αυτά που δεν παρελήφθησαν σωστά. Τα διάφορα πρωτόκολλα μορφοποιούν διαφορετικά τα εκπεμπόμενα πακέτα πληροφοριών.

Επίπεδο 3: Δικτύου

Το *επίπεδο δικτύου* παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για τη μεταφορά στοιχειοσειρών δεδομένων μεταβλητού μήκους από μια προέλευση σε έναν προορισμό, μέσα από ένα ή περισσότερα ενδιάμεσα δίκτυα, ενώ διατηρεί την ποιότητα εξυπηρέτησης που απαιτεί το επίπεδο μεταφοράς. Το επίπεδο δικτύου εκτελεί λειτουργίες δρομολόγησης, με πιθανές κατατμήσεις/αποτμηματοποιήσεις και αναφέρει σφάλματα σχετικά με την παράδοση των πακέτων. Οι δρομολογητές (routers) λειτουργούν στο επίπεδο αυτό, διακινώντας δεδομένα σε διασυνδεδεμένα δίκτυα έκαναν το Διαδίκτυο πραγματικότητα. Υπάρχουν και δικτυακοί διακόπτες που σχετίζονται με τις διευθύνσεις (IP). Εδώ υπάρχει μια λογική οργάνωση και τις τιμές των διευθύνσεων τις καθορίζει ιεραρχικά ο τεχνικός των επικοινωνιών. Το πλέον αναγνωρίσιμο παράδειγμα πρωτοκόλλου δικτύου είναι το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol, IP).

Επίπεδο 2: Ζεύξης Δεδομένων

Το *επίπεδο ζεύξης δεδομένων* ενός δικτύου καθορίζεται από πρωτόκολλα τα οποία ρυθμίζουν τη μετάδοση δεδομένων σε ένα τηλεπικοινωνιακό κανάλι αποτελούμενο από ένα μοναδικό φυσικό μέσο (π.χ. σε ενσύρματο τοπικό δίκτυο, όπου το κοινό φυσικό μέσο είναι ένα καλώδιο, σε ασύρματο τοπικό δίκτυο, όπου το κοινό φυσικό μέσο είναι ο ελεύθερος χώρος, ή σε σύνδεση από σημείο-σε-σημείο, όπου το φυσικό μέσο δεν είναι κοινό καθώς μπορεί να προσπελαστεί μόνο από τους κόμβους στα δύο άκρα επικοινωνίας). Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων ασχολείται με την τοπική παράδοση πλαισίων μεταξύ συσκευών στο ίδιο τοπικό δίκτυο. Τα πλαίσια του επιπέδου ζεύξης δεδομένων, όπως καλούνται οι μονάδες δεδομένων αυτού του πρωτοκόλλου, δεν διασχίζουν τα σύνορα ενός τοπικού δικτύου. Η δρομολόγηση ανάμεσα σε δίκτυα και σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι δουλειά υψηλότερων επιπέδων, επιτρέποντας στα πρωτόκολλα ζεύξης δεδομένων να εστιάσουν στην τοπική παράδοση, διευθυνσιοδότηση και διαχείριση των

μέσων. Από αυτήν την άποψη το επίπεδο ζεύξης δεδομένων, είναι ανάλογο με τον τροχονόμο της γειτονιάς. Πασχίζει να διαιτητεύσει ανάμεσα σε μέλη που αντιδικούν για πρόσβαση στο μέσο. Όταν οι συσκευές προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα το μέσο, συμβαίνει σύγκρουση πλαισίων. Τα πρωτόκολλα σύζευξης δεδομένων καθορίζουν πώς οι συσκευές ανιχνεύουν και ανακλύπουν από τέτοιες συγκρούσεις δεδομένων και μπορεί να προμηθεύουν μηχανισμούς για να τις μειώσουν ή να τις προλάβουν.

Επίπεδο 1: Φυσικό

Το φυσικό στρώμα αποτελείται από τις βασικές τεχνολογίες μετάδοσης υλικού δικτύωσης του δικτύου. Το φυσικό στρώμα καθορίζει τα μέσα για τη μετάδοση των πρώτων bits και όχι λογική πακέτα δεδομένων κατά τη διάρκεια μιας φυσικής ζεύξης που συνδέει τους κόμβους του δικτύου. Τα bit μπορούν να ομαδοποιηθούν σε λέξεις κώδικα ή σύμβολα και μετατρέπεται σε ένα φυσικό σήμα που μεταδίδεται πάνω από ένα μέσο μετάδοσης υλικού. Το φυσικό στρώμα παρέχει μια ηλεκτρική, μηχανική, και διαδικαστική επαφή με το μέσο μετάδοσης.

Διεύθυνση MAC

Μία διεύθυνση Media Access Control - ελέγχου προσπέλασης στο μέσο (διεύθυνση MAC), που καλείται επίσης και φυσική διεύθυνση ή διεύθυνση υλικού, είναι μία μοναδική ταυτότητα που αποδίδεται στις διασυνδέσεις δικτύου (network interfaces) για την επικοινωνία στο φυσικό τμήμα του δικτύου. Οι διευθύνσεις MAC χρησιμοποιούνται σαν διευθύνσεις δικτύου στις περισσότερες IEEE 802 τεχνολογίες δικτύου, συμπεριλαμβανομένων του Ethernet και του WI-FI.

Logical Link Control

Το πρότυπο IEEE 802.2 περιγράφει τις λειτουργίες του υπο-επιπέδου LLC (Logical link control). Το LLC είναι το ανώτερο υπο-επίπεδο του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων και είναι κοινό για τις διάφορες μεθόδους πρόσβασης στο μέσο, όπως αυτές ορίζονται από τα πρότυπα IEEE 802.3,4 και 5. Ο κύριος σκοπός του LLC είναι η παροχή υπηρεσιών στο επίπεδο δικτύου. Το επίπεδο δικτύου υποστηρίζεται από τα "Σημεία Πρόσβασης για Εξυπηρέτηση" (SAPs-Service Access Points), που παρέχει το υπο-επίπεδο LLC. Το υπο-επίπεδο LLC με τη σειρά του δέχεται υπηρεσίες από το κατώτερο του υπο-επιπέδου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο.

Quality of Service (QoS)

Η ποιότητα υπηρεσίας αναφέρεται στο επίπεδο ποιότητας μιας παρεχόμενης υπηρεσίας σε ένα χρήστη. Ο κάθε χρήστης, αιτείται μιας υπηρεσίας, για παράδειγμα δεδομένων. Η υπηρεσία αυτή μπορεί να του προσφέρει σε πολλά επίπεδα ποιότητας, αναφορικά, επί παραδείγματι, με το ρυθμό δεδομένων στον οποίο παρέχεται. Αυτό δηλώνει ότι άλλη ευχαρίστηση θα λάβει ο χρήστης αν του προσφερθεί μια υπηρεσία σε ένα δεδομένο ρυθμό και άλλη θα λάβει αν του προσφερθεί στο δεκαπλάσιο ρυθμό. Άρα, η υπηρεσία μπορεί να παρέχεται σε πολλά επίπεδα ποιότητας (Quality of Service-QoS levels). Τα επίπεδα αυτά, στη γενική περίπτωση δεν είναι εγγυημένα, αλλά υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί που αποσκοπούν στην διασφάλιση τους και συνήθως αυτοί εφαρμόζονται.

HSPA

High Speed Packet Access είναι μια συγχώνευση από 2 πρωτόκολλα κινητής τηλεφωνίας το HSDPA (High Speed Download Packet Access) και το HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), το οποίο επεκτείνει και βελτιώνει την απόδοση των 3G δικτύων κινητής τηλεφωνίας αξιοποιώντας τα WCDMA πρωτόκολλα.

HSUPA

Το High Speed Uplink Packet Access, είναι ένα 3G πρωτόκολλο κινητής τηλεφωνίας μέσα στο HSPA με ταχύτητες up-link πάνω από 5.76 Mbit/sec.

HSDPA

Το High Speed Download Packet Access είναι ένα ενισχυμένο πρωτόκολλο επικοινωνιών κινητής τηλεφωνίας μέσα στο HSPA, επίσης ονομάστηκε 3,5 G, 3G+ ή Turbo 3G, το οποίο επιτρέπει δίκτυα που βασίζονται σε UMTS να έχουν υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 99.3 Mbits/sec και χωρητικότητας.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

Το WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), υιοθετήθηκε ως η πιο διαδεδομένη ασύρματη διε-επαφή όσον αφορά στα κινητά 3^{ης} γενιάς. Οι προδιαγραφές του δημιουργήθηκαν από τη 3GPP, στην οποία συμμετέχουν τηλεπικοινωνιακοί φορείς από Ευρώπη, Ιαπωνία, Κορέα, Αμερική και Κίνα.

3GPP (Generation Partnership Project - Τρίτη Γενιά Συνεταιρισμοί ερευνών), είναι μια συνεργασία μεταξύ ομάδων των ενώσεων των τηλεπικοινωνιών, γνωστές ως οργανισμοί συνεργάτες.