

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ: ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

*ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ*

**ΔΙΚΤΥΑ 4G**

**ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 4G**



**ΧΡΗΣΤΟΥ ΒΑΣΙΛΗΣ**

**ΑΜ: ΜΤΕ 1040**

e-mail: [vassxrist@gmail.com](mailto:vassxrist@gmail.com)

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΛΕΞΙΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

### Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται τα δίκτυα 4ης γενιάς (4G). Η τέταρτη γενιά (4G) είναι η επόμενη γενιά των ασύρματων δικτύων που θα αντικαταστήσει τα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G) και θα προσφέρει στους χρήστες όλα όσα δεν κατάφεραν να δώσουν τα προηγούμενα δίκτυα. Τα δίκτυα 4ης γενιάς αναμένεται να παρέχουν υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας (τουλάχιστον 100Mbps), υψηλής χωρητικότητας (capacity), με χαμηλότερο κόστος ανά bit, βασισμένες αποκλειστικά στο πρωτόκολλο IP. Θα παρέχουν συμβατότητα με τα διαφορετικά νέα και παλαιά κινητά και ασύρματα δίκτυα. Η τέταρτη γενιά ασύρματων δικτύων πρόκειται να δημιουργήσει ένα παγκόσμιο ετερογενές δίκτυο το οποίο θα ενσωματώσει τα δίκτυα 2ης και 3ης γενιάς. Στη παρούσα εργασία επίσης επιχειρείται μια πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας του 4G μέσω μιας ανάλυσης τεχνοοικονομικού τύπου, από μια εμπορική-οικονομική σκοπιά. Επίσης παρουσιάζονται οι δαπάνες, τα κέρδη, τα ρίσκα, οι στρατηγικές και επιπλέον διεξάγονται ορισμένες αναλύσεις όπως PEST και SWOT analysis που εμπλέκονται σε μια απόφαση ανάπτυξης της τεχνολογίας 4G.

### Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχήν την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κυρία Αλεξίου Αγγελική, η οποία μου παρείχε την άρτια επιστημονική καθοδήγηση για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα του τμήματος Ψηφιακών συστημάτων, τεχνοοικονομική διοίκηση και ασφάλεια ψηφιακών συστημάτων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, Σεραφείμ και Άννα, και τον αδερφό μου Ευάγγελο για την κάθε είδους βοήθεια τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου όσο και κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου.

## Περιεχόμενα

<b>Εισαγωγή</b> .....	7
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> – Υπάρχοντα κινητά δίκτυα επικοινωνιών</b>	
1.1 Πρώτη Γενιά .....	10
1.2 2 <sup>η</sup> Γενιά.....	10
1.3 2.5 <sup>η</sup> Γενιά.....	11
1.4 3 <sup>η</sup> Γενιά.....	12
1.5 3.5 <sup>η</sup> Γενιά.....	13
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> – Ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών 4G</b>	
2.1 Εισαγωγή.....	15
2.2 Πλατφόρμα διαχείρισης ετερογενών δικτύων.....	16
2.2.1 Επιλογή δικτύου πρόσβασης.....	16
2.2.2 Οφέλη της Πλατφόρμας Διαχείρισης.....	17
2.2.3 Κριτήρια Επιλογής Δικτύου Πρόσβασης.....	18
2.3 Προκλήσεις ετερογενών δικτύων.....	19
2.3.1 Κινητός σταθμός.....	20
2.3.2 Σύστημα.....	23
2.3.3 Υπηρεσίες.....	25
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> 4G – Χαρακτηριστικά – Αρχιτεκτονική</b>	
3.1 4G – LTE.....	28
3.2 Γενικά χαρακτηριστικά δικτύων 4ης γενιάς.....	29
3.3 Στόχοι και απαιτήσεις των 4G.....	31
3.3.1 Σχεδιαστικοί στόχοι - ερευνητικά ζητήματα 4G.....	31

3.3.2 Απαιτήσεις συστημάτων 4ης γενιάς.....	33
3.4 4G Αρχιτεκτονική.....	35

**Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Παροχή υπηρεσιών στην 4G εποχή**

4.1 Υπηρεσίες.....	40
4.2 Κατηγορίες υπηρεσιών και εφαρμογών.....	41

**Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> – Βασικές τεχνολογίες για τα 4G δίκτυα**

5.1 OFDM.....	45
5.2 Έξυπνες κεραίες (smart antennas)-MIMO.....	48
5.2.1 Επίπεδα ευφυΐας (levels of intelligence) .....	50
5.2.2 Βελτιώσεις και πλεονεκτήματα.....	51
5.2.3 Μειονεκτήματα.....	53
5.2.4 Επίτευξη διαλειτουργικότητας.....	54

**Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> - Επιχειρηματικά μοντέλα για την αξιοποίηση ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών 4G**

6.1 Επιχειρηματικά μοντέλα.....	58
6.2 Συστατικά ενός ευρυζωνικού δικτύου 4G.....	64

**Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> – Οικονομικά στοιχεία σχετικά με τη κατασκευή ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών 4G**

7.1 Τι ορίζεται ως CAPEX.....	65
7.2 Τι ορίζεται ως OPEX.....	66

**Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> – Τεχνοοικονομική ανάλυση 4G**

8.1 Τεχνοοικονομικό Πλαίσιο.....	67
8.2 Σενάρια ως Είσοδος.....	68
8.3 Έξοδα (OPEX – CAPEX) .....	69
8.4 Ζητήματα Σχεδιασμού, Συνολικού Κόστους Δικτύου & Χρηματοδότησης.....	70
8.5 Στοιχεία OPEX.....	72
8.6 Παράγοντες & Μοντέλα OPEX.....	77
8.7 Κέρδος της Ανάλυσης.....	82
8.7.1 Μοντέλο ροής εξόφλησης της επένδυσης.....	82
8.7.2 Ανάλυση ρίσκων-Ανάλυση Ευαισθησίας.....	83
8.8 Πολιτική -Οικονομική –Κοινωνική-Τεχνική ( PEST) Ανάλυση.....	84
8.9 Στρατηγικές επιτυχίας για τους παρόχους υπηρεσιών 4G.....	85
8.10 4G: Ευκαιρία ή Απειλή ; .....	88
8.11 Ανάλυση SWOT της 4G τεχνολογίας.....	89
8.12 Πως να βγάλουμε τα καλύτερα αποτελέσματα στο 4G.....	91
8.12.1 Από το σενάριο και τις στρατηγικές στην πράξη: Η ανάπτυξη του 4G.....	93
8.12.2 Συγκεκριμένες προτάσεις για την επιτυχή ανάπτυξη του 4g.....	94
8.13 Υιοθέτηση του 4G στην αγορά.....	95
<b>Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup> Πρόσφατες Εξελίξεις.....</b>	<b>99</b>
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>101</b>

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η επιτακτική ανάγκη για υπηρεσίες Internet, ασύρματα συστήματα διανομής καλωδιακής τηλεόρασης και για πρόσβαση στην τεχνολογία της πληροφορίας καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη ασύρματων κινητών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων ευρείας ζώνης. Γενικά, ασύρματα δίκτυα τα οποία θα είναι ευέλικτα, θα έχουν την δυνατότητα αναβάθμισης για μεγάλο αριθμό χρηστών, θα έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πληροφορία για τη θέση του χρήστη σε παγκόσμια κλίμακα, θα παρέχουν ασφάλεια, θα συνεργάζονται με ενσύρματα δίκτυα και θα είναι εύκολα προσαρμόσιμα στις οποιοδήποτε απαιτήσεις, είναι πλέον αναγκαία. Σήμερα παρατηρείται μεγάλη ζήτηση για ασύρματες υπηρεσίες, όπως η τηλε-ειδοποίηση, αναλογική και ψηφιακή κινητή τηλεφωνία και υπηρεσίες προσωπικών επικοινωνιών. Ο κορεσμός των χαμηλότερων ζωνών συχνοτήτων και η ανάγκη για μεγαλύτερο εύρος ζώνης για εφαρμογές πολυμέσων (multimedia), όπως η ασύρματη μετάδοση εικόνας και η πρόσβαση στο Internet σε πραγματικό χρόνο είναι οι σημαντικότεροι λόγοι χρήσης υψηλότερων συχνοτήτων.

Το 4G είναι ένα περιβάλλον όπου τα δίκτυα θα ενδολειτουργούν ώστε να παρέχουν επικοινωνία που θα μεταφέρεται χωρίς ασυνέχειες ανάμεσά τους. Η 4η γενιά θα έχει μια βαθιά επιρροή σε ολόκληρο το ασύρματο τοπίο και στη συνολική αλυσίδα της κινητής τηλεφωνίας. Το μέλλον πρόκειται να είναι ευοίωνο, αλλά είναι στα χέρια των πελατών και όχι στους πάροχους υπηρεσιών και των δικτύων.

Ο δρόμος προς την κατεύθυνση των ασύρματων υπηρεσιών ευρείας ζώνης δεν είναι καθόλου εύκολος, αλλά αντιθέτως παρουσιάζει πολλές δυσκολίες. Οι μεγάλοι όμως παίκτες της τηλεπικοινωνιακής αγοράς, θεώρησαν ότι οι χρήστες θα απαιτήσουν απρόσκοπτη πρόσβαση σε multimedia περιεχόμενο, ανεξαρτήτως από την τεχνολογική υποδομή που θα χρησιμοποιείται σε κάποια δεδομένη στιγμή ή δεδομένο γεωγραφικό σημείο. Συνεπώς, το πρώτο βήμα για την επόμενη γενιά κινητών επικοινωνιών, το 4G (4th Generation), θα είναι η συνένωση και η απρόσκοπτη λειτουργία των Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας με τα υπόλοιπα Ασύρματα Δίκτυα Δεδομένων.

Ήδη στον Ελληνικό χώρο παρατηρείται μια αλλαγή στο τηλεπικοινωνιακό τοπίο, καθώς ο ένας πάροχος μετά τον άλλο, κάνει σημαντικές επενδύσεις σε υποδομή και εξοπλισμό. Τόσο οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας όσο και οι πάροχοι σταθεροί τηλεφωνίας, επενδύουν σε υποδομή για παροχή internet αλλά και την παροχή ασύρματης διασύνδεσης των πελατών τους. Δηλαδή το τρίπτυχο Κινητή Τηλεφωνία – Σταθερή Τηλεφωνία – Παροχή Internet, αποτελεί στόχο των εταιρειών και προκαλεί την τοποθέτηση μεγάλων επενδύσεων αλλά και τη δημιουργία νέων «εμπορικών» πακέτων, τα οποία «λανσάρουν» στην αγορά. Βέβαια, λόγω του ότι οι επενδύσεις των παρόχων κινητών επικοινωνιών σε υποδομές 3G ήταν και είναι σημαντικές, τόσο σε φάσμα συχνοτήτων όσο και σε εξοπλισμό, αναμένεται ότι η γενιά 3G θα παραμείνει σε φάση ωρίμανσης για περίπου 2-4 ακόμη χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι οι τεχνολογίες 4G, θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται σε πειραματικό επίπεδο, σε κορυφαία ερευνητικά κέντρα παγκοσμίως.

Το 4G έχει να κάνει με την ενοποίηση τερματικών, δικτύων και εφαρμογών, ώστε να ικανοποιήσει τις αυξανόμενες ανάγκες των συνδρομητών. Το 4G θα περιλάβει όλα τα συστήματα από διάφορα δίκτυα, δημόσια ή ιδιωτικά, broadband ή προσωπικών επικοινωνιών, αλλά και ad-hoc δίκτυα. Πάντως οι 4G τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας που αναμένονται, θα παρέχουν τη δυνατότητα ασφαλών και αξιόπιστων «οικουμενικών» (ubiquitous), δηλαδή παντού και πάντα, διαθέσιμων υπηρεσιών σε χρήστες περιορισμένης ή και μεγάλης κινητικότητας.

Στη παρούσα εργασία αναλύεται το 4G, τα χαρακτηριστικά του 4G, οι υπηρεσίες, στόχοι και απαιτήσεις των συστημάτων 4G, η αρχιτεκτονική και οι τεχνολογίες OFDM – MIMO. Επίσης παρουσιάζονται τα τεχνοικονομικά μοντέλα για τα ευρυζωνικά δίκτυα – 4G και τα οικονομικά στοιχεία σχετικά με τη κατασκευή των ευρυζωνικών δικτύων 4G (OPEX CAPEX). Τέλος επιχειρείται μια πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας του 4G μέσω μιας ανάλυσης τεχνοικονομικού τύπου, από μια εμπορική-οικονομική σκοπιά.

Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται, οι δαπάνες, τα κέρδη και τα ρίσκα που εμπλέκονται σε μια απόφαση ανάπτυξης της τεχνολογίας 4G.

Στην ανάλυση του επιχειρηματικού πλαισίου του 4G διεξάγεται και μια Πολιτική-Οικονομική-Κοινωνική-Τεχνική μελέτη (PEST Analysis) που εντοπίζει και αναλύει την επιρροή που ασκούν παράγοντες και δυνάμεις σχετικά με το 4G στην ανάπτυξή του.



Παράλληλα παρουσιάζεται συγκριτικά και αξιολογείται ο χρόνος που απαιτείται για την επιστροφή κεφαλαίου στους επενδυτές (Return of Investment) σε μια υποθετική στόχευση και επένδυση στην τεχνολογία αυτή. Οι πάροχοι υπηρεσιών 4G δεν δρουν διαισθητικά στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την τεχνολογία, παρά υιοθετούν συγκεκριμένες στρατηγικές επιτυχίας, οι οποίες αποτελούν φυσικό επακόλουθο των διαδικασιών που διενεργούνται στην αξιακή αλυσίδα, των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από αναλύσεις τύπου SWOT και του status του παρόχου, αν δηλαδή πρόκειται για νεοεισερχόμενο μέλος στην αγορά ή για καθιερωμένο παίκτη με σημαντικές προϋπάρχουσες επιτυχίες στο ενεργητικό του. Από τα παραπάνω στοιχεία θα εξαρτηθεί αν το 4G αποτελεί ευκαιρία για κάποιους, περισσότερο από κάποιους άλλους.

Η ανάλυση SWOT της 4G τεχνολογίας στην εργασία αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη των δυνατών και αδύναμων σημείων του 4G, καθώς και στην διερεύνηση των ευκαιριών και απειλών που περιλαμβάνει η ανάπτυξή του. Επίσης διατυπώνονται και συγκεκριμένες προτάσεις για την επιτυχή ανάπτυξη του 4G από τους διάφορους φορείς του οικοσυστήματος. Τέλος η παρούσα εργασία παρουσιάζει κάποια νέα και εξελίξεις των 4<sup>ης</sup> γενιάς ασύρματων επικοινωνιών τα οποία μαρτυρούν την πρόοδο και την ταχύτερη εξέλιξη του 4G. Η ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι αναπτυσσόμενες αγορές θα αναδειχθούν σε κορωνίδα της ανάπτυξης για το 4G τα επόμενα χρόνια, εφόσον σε εκείνες αναμένεται να παρατηρηθεί μια ιδιαίτερα αυξημένη δραστηριότητα ανάπτυξής με στόχο την γρήγορη και αποτελεσματική κάλυψη των αυξημένων αναγκών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

### **ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

#### **1.1**

##### **Πρώτη γενιά**

Η πρώτη γενιά συστημάτων κυψελωτής κινητής τηλεφωνίας εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980. Πιο πριν είχαν εμφανιστεί αρκετά συστήματα κινητών τηλεπικοινωνιών τα οποία όμως δεν είχαν τα χαρακτηριστικά των κινητών δικτύων με τον τρόπο που τα εννοούμε σήμερα. Το βασικότερο από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η κυψελωτή δομή του δικτύου. Τα πρώιμα αυτά δίκτυα είχαν περιορισμένες δυνατότητες σε σχέση με τα κυψελωτά. Επιπλέον, ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα ήταν η υποτυπώδης και προβληματική υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών. Στα κυψελωτά κινητά δίκτυα, που στο εξής θα αναφέρονται απλώς σαν κινητά δίκτυα, η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε μικρά κελιά. Με αυτόν τον τρόπο οι ίδιες συχνότητες μπορούν να χρησιμοποιούνται πολλές φορές στο ίδιο δίκτυο χωρίς να δημιουργούνται έντονα φαινόμενα παρεμβολής. Επομένως, οι δυνατότητες του δικτύου αυξάνονται σημαντικά. Η πρώτη γενιά χρησιμοποιούσε τεχνικές αναλογικής μετάδοσης για την κίνηση η οποία ήταν αποκλειστικά φωνή.

#### **1.2**

##### **2<sup>η</sup> γενιά**

Η δεύτερη γενιά κινητών δικτύων επικοινωνιών χρησιμοποιεί ψηφιακή μετάδοση της κίνησης. Αυτή είναι και η κύρια διαφοροποίηση μεταξύ των κινητών συστημάτων πρώτης και δεύτερης γενιάς: ο διαχωρισμός αναλογικού – ψηφιακού. Τα δίκτυα δεύτερης γενιάς έχουν πολύ ευρύτερες δυνατότητες από αυτά της πρώτης γενιάς. Ένα κανάλι συχνοτήτων διαιρείται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς χρήστες (είτε με διαίρεση χρόνου είτε με διαίρεση κώδικα). Επιπλέον χρησιμοποιούνται ιεραρχικές δομές κελιών, για την ακρίβεια η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε macrocells (κελιά μεγάλης έκτασης), microcells (κελιά μικρής έκτασης) και picocells (κελιά περιορισμένης έκτασης κυρίως σε μεγάλα αστικά κέντρα), με αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση των δυνατοτήτων των δικτύων.

Υπάρχουν τέσσερα κύρια πρότυπα για τα κινητά δίκτυα δεύτερης γενιάς: το Global System for Mobile (GSM) communications, το Digital AMPS (D-AMPS), το Code Division Multiple Access (CDMA) IS-95 καθώς και το Personal Digital Cellular (PDC). Το GSM είναι μακράν το πιο επιτυχημένο και διαδεδομένο σύστημα δεύτερης γενιάς. Ξεκίνησε ως ένα ευρωπαϊκό σύστημα αλλά τελικά υιοθετήθηκε παγκοσμίως. Το βασικό σύστημα GSM χρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz. Όμως υπάρχουν και αρκετά παράγωγα τα οποία χρησιμοποιούν τις ζώνες των 1800 ή 1900 MHz. Ο βασικότερος λόγος ήταν η έλλειψη χωρητικότητας στη ζώνη των 900 MHz. Οι ζώνες των 1800 ή 1900 MHz μπορούν να εξυπηρετήσουν πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών, κυρίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.

### **1.3**

#### **2.5<sup>η</sup> γενιά**

Με τον όρο «γενιά 2,5» αναφερόμαστε στο ευρύτερο σύνολο των αναβαθμίσεων που έγιναν πάνω στα κινητά δίκτυα δεύτερης γενιάς. Πολλές από αυτές τις αναβαθμίσεις παρέχουν σχεδόν τις ίδιες δυνατότητες με αυτές των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς. Οι τεχνολογίες που χαρακτηρίζουν την 2,5 γενιά είναι: η High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD), η General Packet Radio Services (GPRS) και η Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που παρουσίασαν οι αρχικές μορφές του GSM ήταν οι χαμηλοί ρυθμοί μετάδοσης στον αέρα που περιορίζονταν στα 9,6 Kbps. Αργότερα, τέθηκαν οι προδιαγραφές για τα 14,4 Kbps παρόλο που δε χρησιμοποιήθηκαν ευρέως. Η λύση που προτάθηκε ήταν η τεχνολογία HSCSD. Μέσω αυτής της τεχνολογίας ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί, αντί μίας, περισσότερων χρονοσχισμών (timeslots) για μία σύνδεση μεταφοράς δεδομένων. Συνεπώς, ο ρυθμός μετάδοσης για αυτόν το χρήστη είναι το γινόμενο των χρονοσχισμών επί το ρυθμό μετάδοσης για μία χρονοσχισμή. Η υλοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι σχετικά απλή και φθηνή. Η επόμενη λύση που προτάθηκε ήταν η τεχνολογία GPRS. Με αυτήν την τεχνολογία

μπορούν να επιτευχθούν ρυθμοί μετάδοσης των 115 Kbps ή και ακόμα μεγαλύτεροι αν αγνοηθεί η διόρθωση σφαλμάτων. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία είναι ότι η τεχνολογία GPRS χρησιμοποιεί τεχνολογία μεταγωγής πακέτου. Επομένως,

δεσμεύει τους πόρους του δικτύου μόνο όταν υπάρχει ανάγκη για αποστολή/λήψη δεδομένων. Η τεχνολογία GPRS προσφέρει πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες για την αποστολή δεδομένων μέσω των κινητών δικτύων. Είναι σίγουρο πλέον πως η αύξηση της κίνησης δεδομένων στα κινητά δίκτυα, καθιστά την GPRS τεχνολογία αναπόσπαστο στοιχείο ενός συστήματος κινητής τηλεφωνίας.

Τέλος, η τρίτη και τελευταία βελτίωση του GSM προκειμένου να εξελιχθεί σε ένα δίκτυο γενιάς 2,5 είναι η EDGE. Η βασική ιδέα πίσω από το EDGE είναι μία τεχνική διαμόρφωσης που ονομάζεται Eight-Phase Shift Keying (8PSK). Αυτή η τεχνική επηρεάζει μόνο το λογισμικό των σταθμών βάσης και προσφέρει έως και τριπλάσιο ρυθμό μετάδοσης από το βασικό ρυθμό μετάδοσης του GSM.

#### **1.4**

##### **3<sup>η</sup> γενιά**

Ο βασικός στόχος της ανάπτυξης των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς είναι η παροχή των κινητών υπηρεσιών «οπουδήποτε» και «κάθε στιγμή». Αυτό σημαίνει ότι ένας χρήστης δικτύων κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς μπορεί να μετακινείται οπουδήποτε και να εξυπηρετείται ακόμα και σε περιοχές όπου δεν υπάρχει κάλυψη από συστήματα τρίτης γενιάς αλλά υπάρχουν άλλου είδους ασύρματα δίκτυα. Για την ακρίβεια, ο χρήστης θα μπορεί να εξυπηρετείται από οικιακά ασύρματα συστήματα, από άλλα κυψελωτά κινητά δίκτυα καθώς και από δορυφορικά δίκτυα. Επιπλέον, οι παρεχόμενες υπηρεσίες επεκτείνονται σε υπηρεσίες διαδικτύου και σε υπηρεσίες πολυμέσων με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (προβλέπονται ρυθμοί που ξεκινούν από τα 144 Kbps και φτάνουν ακόμα και σε ρυθμούς της τάξης των Mbps). Με τον όρο υπηρεσίες πολυμέσων αναφερόμαστε σε υπηρεσίες κατά τις οποίες υπάρχει συνδυασμός εικόνας, ήχου και κειμένου σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούν τα επικρατέστερα, προς το παρόν, συστήματα τρίτης γενιάς τα οποία είναι: το UMTS (Ευρώπη), το CDMA2000 και το NTT Docomo (Ιαπωνία).

## 1.5

### 3.5<sup>η</sup> γενιά

Με τον όρο «γενιά 3.5» (3.5G ή 3G+) αναφερόμαστε στη νέα γενιά κινητών δικτύων τα οποία εκτός από την τεχνολογία WCDMA έχουν ενσωματώσει την τεχνολογία High Speed Packet Access (HSPA). Η ορολογία HSPA αναφέρεται σε μία γενικότερη έννοια που υιοθετήθηκε για να τονίσει τις αναβαθμίσεις στις ασύρματες διεπαφές του UMTS και να προσδιορίσει τα δίκτυα επικοινωνιών επόμενης γενιάς.

Η HSPA αποτελεί μία νέα τεχνολογία η οποία σχεδιάστηκε προκειμένου να αυξήσει τη χωρητικότητα καταρχάς του κατερχόμενου και σε δεύτερη φάση του ανερχόμενου ασύρματου συνδέσμου για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο καθώς, στην πράξη, οι μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς αποδείχθηκαν χαμηλοί για πολυμεσικές εφαρμογές. Το πρότυπο HSPA αναφέρεται σε βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν τόσο στον κατερχόμενο ασύρματο σύνδεσμο, μέσω του High Speed Downlink Packet Access (HSDPA), όσο και στον ανερχόμενο, μέσω του High Speed Uplink Packet Access (HSUPA). Το HSDPA υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως και 14.4 Mbps ανά χρήστη. Αναφορικά με τον ανερχόμενο ασύρματο σύνδεσμο, το HSUPA δίνει τη δυνατότητα υποστήριξης μέχρι και 5.8 Mbps μέσω ενός αφιερωμένου καναλιού στον ανερχόμενο σύνδεσμο.

Η βασική ιδέα του HSPA είναι η προσθήκη ενός νέου τύπου ευρυζωνικού καναλιού το οποίο θα είναι βελτιστοποιημένο για πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Πρόκειται για το κανάλι High Speed - Downlink Shared Channel (HS-DSCH) το οποίο χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της ρυθμαπόδοσης (throughput) μόνο του κατερχόμενου συνδέσμου. Στο κανάλι αυτό έχουν ενσωματωθεί διάφορες τεχνικές που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση των δυνατοτήτων του όσο αφορά στο ρυθμό μετάδοσης. Προφανώς, η τεχνική HSPA δεν είναι κατάλληλη για όλα τα είδη υπηρεσιών. Αντίθετα, η χρήση του HSPA ενδείκνυται προκειμένου να αυξηθεί η χωρητικότητα του δικτύου σε σημεία με υψηλή κίνηση δεδομένων.

Η αύξηση λοιπόν της χρήσης κινητών δεδομένων και η εμφάνιση νέων εφαρμογών, όπως Multimedia Online Gaming, ενισχυμένη μετάδοση video/MP3 streaming, video telephony, video conferencing, mobile TV, Web 2.0, έδωσαν κίνητρο στην 3<sup>rd</sup>

Generation Partnership Project (3GPP) να εργαστεί για το LTE. Το LTE είναι το τελευταίο πρότυπο στο δέντρο της κινητής τεχνολογίας δικτύου και σκοπός του είναι οι κινητοί χρήστες να έχουν πλέον τη δυνατότητα να απολαμβάνουν υπηρεσίες που μέχρι τώρα παρέχονταν μόνο σε χρήστες με ενσύρματη ευρυζωνική σύνδεση.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δικτύων που αναλύσαμε παραπάνω σε σύγκριση με το 4G.



		Real World (avg)		Theoretical (max)		Availability
		Download	Upload	Download	Upload	
2.5G	GPRS	32-48Kbps	15Kbps	114Kbps	20Kbps	Today
2.75G	EDGE	175Kbps	30Kbps	384Kbps	60Kbps	Today
3G	UMTS	226Kbps	30Kbps	384Kbps	64Kbps	Today
	W-CDMA	800Kbps	60Kbps	2Mbps	153Kbps	Today
	EV-DO Rev. A	1Mbps	500Kbps	3.1Mbps	1.8Mbps	Today
Pre-4G	HSPA 3.6	650Kbps	260Kbps	3.6Mbps	348Kbps	Today
	HSPA 7.2	1.4Mbps	700Kbps	7.2Mbps	2Mbps	Today
	WiMAX	3-6Mbps	1Mbps	100Mbps+	56Mbps	Today
Pre-4G	LTE	5-12Mbps	2-5Mbps	100Mbps+	50Mbps	End 2010
	HSPA+	-	-	56Mbps	22Mbps	2011
	HSPA 14	2Mbps	700Kbps	14Mbps	5.7Mbps	Today*
4G	WiMAX 2 (802.16m)	-	-	100Mbps mobile / 1Gbps fixed	60Mbps	2012
	LTE Advanced	-	-	100Mbps mobile / 1Gbps fixed	-	2012+

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

### ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ 4G

---

#### 2.1

##### Εισαγωγή

Την τελευταία δεκαετία παρατηρήθηκε ότι το μέσο κέρδος ανά χρήστη των συστημάτων 2G μειωνόταν συνεχώς, οπότε οι πάροχοι έπρεπε να εντοπίσουν και να υλοποιήσουν νέες υπηρεσίες ώστε να διατηρήσουν την κερδοφορία τους σταθερή. Αυτό επετεύχθη με την είσοδο των multimedia υπηρεσιών στα κινητά δίκτυα, οι απαιτήσεις των οποίων οδήγησαν στα 3G δίκτυα.

Μεγάλο μέρος της προσπάθειας προτυποποίησης που διεξάγεται, έχει επικεντρωθεί στο λεγόμενο "All - IP" δίκτυο ή διαφορετικά **4G δίκτυο** το οποίο θα μπορεί να υποστηρίξει multimedia υπηρεσίες. Ουσιαστικά, η λογική που αναπτύσσεται είναι για την δημιουργία και εγκατάσταση μιας IP υποδομής η οποία θα λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος και backbone core network όλων των υπολοίπων ασύρματων δικτύων, είτε πρόκειται για δίκτυα κυτταρικής τηλεφωνίας, είτε για ασύρματα δίκτυα δεδομένων δηλαδή WPANs, WLANs και WMANs. Με την ταχεία εξάπλωση των ασύρματων δικτύων επικοινωνιών, υπάρχει πλέον πρόβλεψη για υλοποίηση των δικτύων 4ης Γενιάς εντός δεκαετιών. Τα συστήματα 4G ουσιαστικά προσβλέπουν στην αδιάλειπτη ενοποιημένη λειτουργικότητα υπάρχοντων ασύρματων τεχνολογιών όπως το GSM, το WLAN και το Bluetooth, καθώς επίσης και την υποστήριξη πιο προσωποποιημένων υπηρεσιών με εξαιρετική σταθερότητα και ποιότητα. Τα 4G συστήματα ουσιαστικά θα είναι ένα σύνολο ετερογενών αλλά IP-based δικτύων, που επιτρέπουν στον χρήστη να χρησιμοποιούν το σύστημα οπουδήποτε και οποτεδήποτε.

Οι χρήστες θα μπορεί να χρησιμοποιεί υπηρεσίες οι οποίες θα παρέχονται από τα διάφορα ασύρματα δίκτυα, δηλαδή τα 4G συστήματα δεν θα είναι μόνο τηλεπικοινωνιακού χαρακτήρα, αλλά επίσης θα παρέχουν υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένων. Ο μελλοντικός χρήστης 4G μπορεί για παράδειγμα να αναζητά πληροφορίες σχετικά με τις ταινίες που παίζονται στους κοντινούς κινηματογράφους. Η τερματική συσκευή θα μπορεί να συνδέεται ασύρματα σε διάφορα δίκτυα όπως για παράδειγμα σε δίκτυο GPS (ώστε να καθορίζεται η

τρέχουσα θέση του χρήστη), WLAN (ώστε να λάβει previews των ταινιών που παίζονται στις αίθουσες), UMTS (για πραγματοποίηση κλήσης σε κάποιον από τους κινηματογράφους). Σε αυτό το παράδειγμα ο χρήστης συνδέεται σε τρία διαφορετικά δίκτυα τα οποία διαφέρουν σε QoS, σε πολιτική ασφάλειας, σε ρυθμίσεις δικτύου άρα και τερματικής συσκευής, σε τρόπο χρέωσης και τέλος σε παρεχόμενες εφαρμογές. Συνεπώς, η ενοποίηση και παροχή τέτοιων υπηρεσιών μέσω των μελλοντικών 4G δικτύων, θα απολέσει μια επανάσταση.

## **2.2**

### **Πλατφόρμα Διαχείρισης Ετερογενών Δικτύων**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα 4ης γενιάς ασύρματα δίκτυα ονομάζονται και ετερογενή δίκτυα ακριβώς γιατί ενσωματώνουν τα τρέχοντα δίκτυα 2ης και 3ης γενιάς. Τα ετερογενή αυτά δίκτυα θα επιτρέψουν την εισαγωγή και παροχή πρόσβασης σε πολυάριθμες υπηρεσίες, με βασικό χαρακτηριστικό τη χωρίς ασυνέχεια μετάβαση από το ένα σύστημα στο άλλο.

Είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί ότι οι χρήστες θα μπορούν να περιάγονται από το ένα δίκτυο πρόσβασης στο άλλο χωρίς διακοπές και σύμφωνα με τις προσωπικές τους προτιμήσεις. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, τα ετερογενή δίκτυα θα πρέπει να ανταλλάσσουν πληροφορίες που θα αφορούν στις συνόδους, τις εφαρμογές και το προφίλ του χρήστη, μέσω μιας οντότητας. Η οντότητα αυτή αναμένεται να είναι μια πλατφόρμα διαχείρισης.

### **2.2.1**

#### **Επιλογή Δικτύου Πρόσβασης**

Μέχρι σήμερα, η αυτόματη επιλογή δικτύου είναι default ρύθμιση στα περισσότερα GSM τερματικά. Αυτή η ρύθμιση είναι αποθηκευμένη στο τερματικό και πολλοί λίγοι άνθρωποι είναι αυτοί που επιλέγουν μηχανική επιλογή δικτύου. Αυτόματη επιλογή δικτύου σημαίνει ότι όταν ο χρήστης κινείται έξω από την κάλυψη ενός GSM δικτύου, το τερματικό αυτόματα ψάχνει και επιλέγει ένα άλλο δίκτυο. Ο χρήστης δεν έχει καμία ανάμειξη στην επιλογή, παρά μόνο όταν δε μείνει ικανοποιημένος με τις υπηρεσίες του επιλεγόμενου δικτύου, μπορεί να επιλέξει ένα



νέο μηχανικά. Το αρνητικό είναι ότι ο χρήστης θα πρέπει πρώτα να επιλέξει δίκτυο και μετά να μάθει ποιες υπηρεσίες προσφέρονται από αυτό.

Όσον αφορά στα UMTS δίκτυα, η μεταγωγή γίνεται πάντοτε σε GSM δίκτυο. Το χαρακτηριστικό αυτό κρίνεται απαραίτητο διότι η κάλυψη του UMTS αρχικά είναι περιορισμένη. Σε κέντρα πόλεων, όπου η χωρητικότητα σε κανάλια GSM φωνής είναι περιορισμένη, οι πάροχοι θα μπορούν να μετάγουν τους χρήστες στις λιγότερο συμφορημένες συχνότητες του UMTS. Ομοίως, όταν ένας χρήστης απομακρύνεται από μια περιοχή κάλυψης UMTS, θα μεταγεται αυτόματα σε GSM. Η μεταγωγή ανάμεσα σε αυτά τα δίκτυα γίνεται από τους πάροχους χωρίς ενημέρωση του χρήστη.

Στα 4ης γενιάς δίκτυα, η επιλογή ανάμεσα στα δίκτυα GSM, GPRS, UMTS, WLAN και DVB-T δε θα είναι από πριν καθορισμένη αλλά θα γίνεται με βάση ορισμένα κριτήρια που θα αφορούν τόσο στο δίκτυο όσο και στον ίδιο το χρήστη. Σκοπός είναι η δημιουργία μιας πλατφόρμας, η οποία θα διαχειρίζεται τα παραπάνω δίκτυα. Η πλατφόρμα αυτή, θα προσφέρει πολλά οφέλη στους τελικούς χρήστες, τους πάροχους υπηρεσιών και τους πάροχους δικτύου.

### **2.2.2**

#### **Οφέλη της Πλατφόρμας Διαχείρισης**

Τα οφέλη για τους τελικούς χρήστες θα είναι :

- Η αυτόματη επιλογή δικτύου ανάλογα με τις προτιμήσεις τους.
- Μία μόνο συνδρομή στην πλατφόρμα υπηρεσιών και όχι σε κάποιον πάροχο.
- Σύνδεση και πρόσβαση, ανεξαρτήτου τοποθεσίας .
- Παροχή ίδιων ποιοτικά και ποσοτικά υπηρεσιών ανεξάρτητα από την περιοχή που βρίσκονται.
- Πλούσιες σε χαρακτηριστικά υπηρεσίες.
- Διαχείριση του προφίλ τους και προφύλαξη των προσωπικών τους στοιχείων.
- Διατήρηση μιας συνόδου τους κατά τη διάρκεια μεταπομπής.

Τα οφέλη για τους πάροχους υπηρεσιών θα είναι :

- Προφύλαξη των τεχνολογιών και των δικτύων πρόσβασης από άτομα μη εξουσιοδοτημένα.
- Παροχή ενός συνόλου διεπαφών.
- Παροχή επαυξημένων υπηρεσιών ( για παράδειγμα αρχεία με τα προφίλ των χρηστών και τις τοποθεσίες).
- Συμπληρωματικές λειτουργίες όπως η πιστοποίηση αυθεντικότητας, η χρέωση και ο λογαριασμός κάθε χρήστη.

Τα οφέλη για τους πάροχους δικτύων θα είναι :

- Επιπλέον έσοδα από χρήστες που επισκέπτονται τα δίκτυά τους χωρίς να είναι συνδρομητές.
- Συμπληρωματικές λειτουργίες όπως η πιστοποίηση αυθεντικότητας, η χρέωση και ο λογαριασμός κάθε χρήστη.
- Ελάχιστη διαχείριση (δεν υπάρχει ανάγκη διατήρησης αρχείων με τους συνδρομητές).

### **2.2.3**

#### **Κριτήρια Επιλογής Δικτύου Πρόσβασης**

Τα κριτήρια επιλογής δικτύου είναι :

1. η διαθέσιμη χωρητικότητά του εκείνη τη χρονική στιγμή
2. ποιες υπηρεσίες υποστηρίζει
3. το επίπεδο ποιότητας στο οποίο προσφέρει κάθε υπηρεσία
4. η δυνατότητα πρόσβασης του από το συγκεκριμένο χρήστη
5. το κόστος

Τα κριτήρια αυτά, ωστόσο, είναι πολύ δύσκολο να συλληθούν και να επεξεργαστούν διότι :

- Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται σε διαφορετικές οντότητες, το τερματικό, το δίκτυο, την πλατφόρμα υπηρεσιών και τον πάροχο υπηρεσιών.
- Είναι διαθέσιμες σε διαφορετικές μορφές ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιεί κάθε σύστημα και δεν καθορίζεται ο τρόπος ανταλλαγής των πληροφοριών αυτών ανάμεσα στα δίκτυα και τα τερματικά.
- Οι πληροφορίες είναι δυναμικές και μπορεί να αλλάζουν συχνά.
- Ορισμένες φορές υπάρχουν περιορισμένες ή και καθόλου διαθέσιμες πληροφορίες.

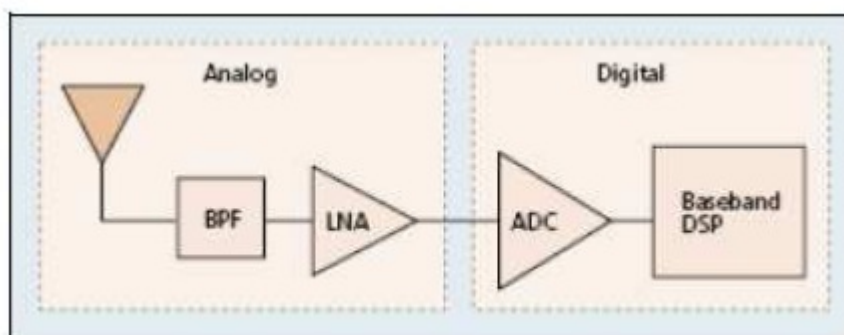
### **2.3**

#### **Προκλήσεις ετερογενών δικτύων**

Τα 4G συστήματα δεν είναι μόνο τηλεπικοινωνιακού χαρακτήρα, αλλά παρέχουν υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θα πρέπει να είναι σταθερό και να υπάρχει υψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων. Επίσης, το γεγονός ότι η προσμονή για το 4G είναι μεγάλη από τους τελικούς χρήστες οι οποίοι έχουν όμως διαφορετικές προτιμήσεις και ανάγκες, μεταφράζεται στο ότι οι πάροχοι των νέων υπηρεσιών θα πρέπει να τις σχεδιάσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να είναι παραμετροποιήσιμες και προσαρμοσμένες βάση των αναγκών του καθενός. Τέλος, τα 4G συστήματα θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα παροχής ενοποιημένων υπηρεσιών, δηλαδή ο χρήστης θα μπορεί να χρησιμοποιεί υπηρεσίες από διάφορους παρόχους ταυτόχρονα. Για την μετάβαση όμως από τα υπάρχοντα συστήματα στα 4G θα πρέπει να αντιμετωπιστούν κάποιες προκλήσεις. Οι προκλήσεις ομαδοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες: Κινητός Σταθμός, Σύστημα και Υπηρεσίες.

**2.3.1****Κινητός σταθμός****i) Τερματικά Multimedia**

Προκειμένου να μπορέσει ο τελικός χρήστης να χρησιμοποιήσει τα επερχόμενα ασύρματα δίκτυα 4G, θα πρέπει να διαθέτουν τερματικές συσκευές οι οποίες θα μπορούν να προσαρμόζονται στα δίκτυα μεταβάλλοντας αυτόματα τις εσωτερικές τους ρυθμίσεις. Αυτό εξαφανίζει την ανάγκη για χρήση διαφορετικών τερματικών ή διαφορετικών εξαρτημάτων πάνω σε τερματικά αναλόγως του δικτύου στο οποίο θα βρίσκεται ο τελικός χρήστης. Ο πιο πολλά υποσχόμενος τρόπος για την υλοποίηση των multimode τερματικών που θα μπορούν να προσαρμόζονται σε κάθε δίκτυο, είναι η υιοθέτηση της προσέγγισης software radio. Το Σχήμα 1 δείχνει το σχέδιο ενός ιδεατού software radio.

**Σχήμα 1**

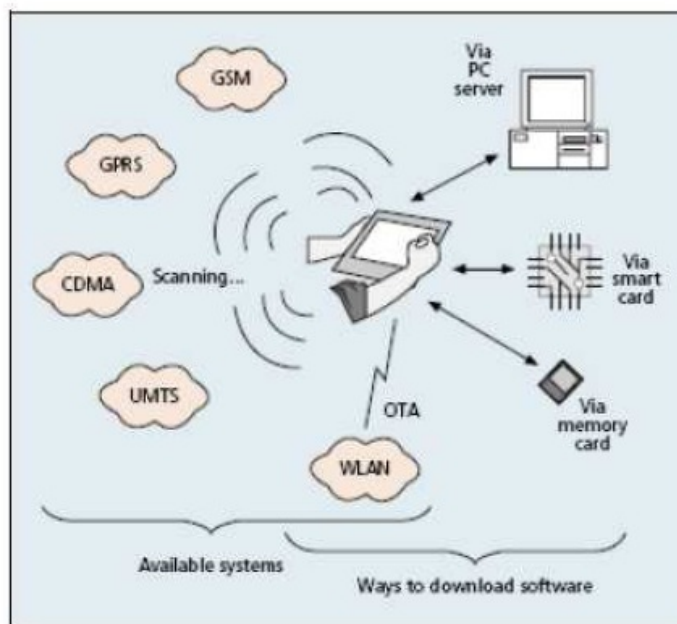
Το αναλογικό τμήμα του δέκτη αποτελείται από μια κεραία, ένα ζωνοπερατό φίλτρο (BPF) και έναν ενισχυτή (LNA). Το ληφθέν αναλογικό σήμα, ψηφιοποιείται από τον μετατροπέα αναλογικού-ψηφιακού (ADC) αμέσως μετά από την αναλογική του επεξεργασία. Στην επόμενη φάση χρησιμοποιείται μια μονάδα ψηφιακής επεξεργασίας σήματος Digital Signal Processor (DSP), για περαιτέρω επεξεργασία του ψηφιοποιημένου σήματος.

Δυστυχώς, η υπάρχουσα τεχνολογία δε μας επιτρέπει να υλοποιήσουμε τον ιδεατό λογισμικό δέκτη για κάθε τύπο ασύρματου δικτύου, λόγω των παρακάτω τεχνολογικών προβλημάτων. Πρώτον δεν είναι δυνατή η ύπαρξη μιας μόνο κεραίας και ενός μόνο LNA για την εξυπηρέτηση μεγάλου εύρους συχνοτήτων (για την κάλυψη του φάσματος όλως των τύπων δικτύων που απαρτίζουν το 4G). Η μόνη λύση είναι η χρησιμοποίηση πολλαπλών αναλογικών τμημάτων που θα λειτουργούν σε διαφορετικές μπάντες συχνοτήτων. Αυτό σίγουρα αυξάνει την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού και το φυσικό μέγεθος του τερματικού. Η δεύτερη πρόκληση είναι ότι οι υπάρχοντες ADSs δεν είναι αρκετά γρήγοροι. Για παράδειγμα οι κυματομορφές των GSM και UMTS απαιτούν τουλάχιστον 17 bits ακρίβεια με πολύ υψηλούς ρυθμούς δειγματοληψίας (πάνω από 100 Msamples/sec). Για την επίτευξη αυτής της ακρίβειας, η ταχύτητα του πιο γρήγορου ADC που υπάρχει αυτή τη στιγμή, είναι δύο ή τρεις τάξεις μεγέθους πιο αργή από το απαιτούμενο. Τέλος, για την υλοποίηση διεπαφών software radio που θα λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο και των αντιστοίχων λειτουργιών που όπως μετατροπή συχνότητας, ψηφιακό filtering, spreading και despreading, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν παράλληλοι DSPs. Αυτό δημιουργεί επίσης προβλήματα όπως πολυπλοκότητα των κυκλωμάτων και μεγάλη κατανάλωση ισχύος.

## ii) Ανακάλυψη Ασύρματου Δικτύου

Για να γίνει χρήση των υπηρεσιών τέταρτης γενιάς, τα νέου τύπου τερματικά θα πρέπει να μπορούν να επιλέξουν το κατάλληλο ασύρματο σύστημα. Στα υπάρχοντα GSM συστήματα, οι σταθμοί βάσης περιοδικά εκπέμπουν κατάλληλα μηνύματα ώστε να ανακαλυφθούν από τα τερματικά. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία θα είναι πολύπλοκη στα ετερογενή συστήματα τέταρτης γενιάς, διότι υπάρχουν διαφορές στις ασύρματες τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα πρόσβασης. Μια προτεινόμενη λύση είναι η χρησιμοποίηση κατάλληλων ραδιο-συσκευών υλοποιημένες με λογισμικό, που θα μπορούν να ελέγχουν για διαθέσιμα δίκτυα. Μετά τον έλεγχο, θα μπορούν να φορτώνουν το κατάλληλο λογισμικό και να επανακαθορίσουν τις ρυθμίσεις της συσκευής αναλόγως του επιλεγέντος δικτύου. Αυτό το κατάλληλο λογισμικό, η συσκευή θα μπορεί να το αντλήσει από το δίκτυο. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι ώστε να κατεβάξει η συσκευή το κατάλληλο λογισμικό. Το

Σχήμα 2 παρακάτω δίνει ένα παράδειγμα του πως ένα νέου τύπου τερματικό συνδεδεμένο με ένα WLAN, μπορεί να ελέγξει για διαθέσιμα ασύρματα δίκτυα. Όταν το τερματικό ανακαλύψει τα διαθέσιμα συστήματα, μπορεί να κατεβάσει το κατάλληλο λογισμικό και να επανακαθορίσει τη διεπαφή software radio που διαθέτει. Όπως φαίνεται, το λογισμικό θα μπορεί να κατεβεί για παράδειγμα από έναν PC εξυπηρετητή, μια κάρτα μνήμης, μια έξυπνη κάρτα, η ακόμα και over the air (OTA). Κάθε μια μέθοδος ανάκτησης του λογισμικού, έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που σχετίζονται με την ταχύτητα, την ακρίβεια, τη κατανάλωση πόρων και την ευκολία.



**Σχήμα 2**

Η μέθοδος OTA για την ανακάλυψη των ασυρμάτων δικτύων είναι η πιο επιθυμητή καθώς απελευθερώνει τους χρήστες από την ανάγκη της ανάκτησης του κατάλληλου λογισμικού, και επίσης θα απλοποιούσε εξαιρετικά και την διαχείριση του δικτύου από πλευράς παροχών. Έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι OTA για ανάκτηση των δεδομένων. Σε έναν από αυτούς, το τερματικό του χρήστη συνεχώς παρακολουθεί ένα προκαθορισμένο κανάλι εκπομπής (global pilot & downloading channel - GPDCH), ώστε να ελέγχει για νέα δίκτυα. Μόλις εντοπίσει κάποιο, μπορεί να αποφασίσει κατά πόσο θα μεταπηδήσει σε αυτό ή όχι.

### iii) Επιλογή Ασύρματου Συστήματος

Με την υποστήριξη που θα παρέχουν τα νέας γενιάς τερματικά ο τελικός χρήστης θα μπορεί να επιλέξει μεταξύ των διαθέσιμων ασύρματων δικτύων για κάποια σύνοδο επικοινωνίας. Καθώς κάθε δίκτυο έχει μοναδικά χαρακτηριστικά, η χρήση του κατάλληλου δικτύου και της κατάλληλης υπηρεσίας κατά περίπτωση, μπορεί να βελτιστοποιήσει την απόδοση του όλου συστήματος. Η κατάλληλη επιλογή δικτύου μπορεί να ενισχύσει την ποιότητα παρεχόμενης υπηρεσίας που απαιτείται σε κάθε σύνοδο. Ωστόσο, η επιλογή του κατάλληλου δικτύου για κάθε σύνοδο επικοινωνίας είναι εξαιρετικά περίπλοκη, καθώς η διαθεσιμότητα του δικτύου μπορεί να μεταβάλλεται από στιγμή σε στιγμή. Επίσης, απαιτείται επαρκής γνώση των λεπτομερειών του κάθε δικτύου πριν πραγματοποιηθεί η εκλογή του. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται η ακριβής κατανόηση των υποστηριζόμενων τύπων υπηρεσιών, των ρυθμών μετάδοσης του συστήματος, των απαιτήσεων σε QoS, το κόστος επικοινωνίας και οι προτιμήσεις του χρήστη. Έχουν παρουσιαστεί λύσεις σχετικά με την μεθοδολογία επιλογής δικτύου, όπως η χρήση ενός αλγορίθμου που λαμβάνει υπόψη τις πληροφορίες θέσης του χρησιμοποιούμενου κόμβου αλλά και των διαθέσιμων των άλλων δικτύων, οι προτιμήσεις του χρήστη, οι διαθέσιμοι δικτυακοί πόροι και οι απαιτήσεις για ένα ελάχιστο επίπεδο QoS.

## 2.3.2

### Σύστημα

#### i) Κινητικότητα Τερματικού

Ένα δίκτυο 4G για να παρέχει υπηρεσίες οποτεδήποτε και οπουδήποτε, είναι απαραίτητη η κινητικότητα (mobility) των τερματικών. Θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα roaming μεταξύ ασυρμάτων δικτύων, απαίτηση που προϋποθέτει την κινητικότητα των τερματικών μεταξύ διαφόρων γεωγραφικών περιοχών. Δύο είναι τα βασικά ζητήματα που αφορούν την κινητικότητα των τερματικών: διαχείριση της θέσης και διαχείριση handoff. Με τη διαχείριση θέσης το σύστημα ανιχνεύει και εντοπίζει μια τερματική συσκευή για τυχόν διασύνδεση. Περιλαμβάνει επίσης την διαχείριση όλων των πληροφοριών σχετικά με τα τερματικά που εκτελούν roaming,

όπως το αρχικό και το νέο κύτταρο θέσης του τερματικού, πληροφορίες ταυτοποίησης και δυνατότητες QoS.

Αντιθέτως, η διαχείριση των handoff σχετίζεται με την διατήρηση της επικοινωνίας κατά τη διενέργεια handoff. Το πρότυπο *Mobile IPv6 (MIPv6)* αποτελεί ένα νέο πρωτόκολλο για τα ασύρματα συστήματα. Κάθε τερματικό διαθέτει μια IPv6 home address. Κάθε φορά που το τερματικό κινείται εκτός του δικτύου, η home address παύει να ισχύει και το τερματικό αποκτά μια νέα διεύθυνση που ονομάζεται care-of address από το δίκτυο που έχει επισκεφθεί. Η αντιστοιχία μεταξύ της home address και της care-of address ενημερώνεται με την χρήση ενός agent πίσω στο αρχικό δίκτυο ώστε να υποστηρίζεται η συνεχής επικοινωνία. Αυτές οι διαδικασίες αυξάνουν τη φόρτιση του δικτύου, δημιουργούν καθυστερήσεις στο handover και προκαλούν απώλειες πακέτων δεδομένων. Αυτά τα προβλήματα είναι ακόμα πιο δύσκολο να λυθούν στα 4G συστήματα, καθώς εκτός από το οριζόντιο handoff υπάρχει και το κατακόρυφο.

Οριζόντιο handoff πραγματοποιείται όταν το τερματικό μετακινείται από το ένα κελί στο άλλο εντός του ίδιου δικτύου ενώ κατακόρυφο χαρακτηρίζεται το handoff όπου το τερματικό μετακινείται μεταξύ διαφορετικών δικτύων (π.χ. μεταξύ UMTS και WLAN). Ακόμη περισσότερο, τα δίκτυα 4G υποτίθεται ότι πρέπει να υποστηρίζουν πολυμεσικές υπηρεσίες οι οποίες είναι ευαίσθητες ως προς τις χρονικές καθυστερήσεις και συνεπώς η μείωση του επιπέδου QoS λόγω καθυστερήσεων κατά το handover, δεν είναι καθόλου επιθυμητές. Οι ερευνητές λοιπόν λόγω αυτών των προβλημάτων, προσπαθούν να ερευνήσουν νέους μηχανισμούς λήψης αποφάσεων σχετικά με τα handoff μεταξύ ετερογενών δικτύων.

## ii) Ασφάλεια και Εμπιστευτικότητα

Τα υπάρχοντα συστήματα ασφάλειας δεν επαρκούν για τα δίκτυα 4ης γενιάς τα οποία αποτελούνται από ετερογενή δίκτυα με ξεχωριστές απαιτήσεις το καθένα. Το ζητούμενο λοιπόν είναι να υπάρχει ευελιξία στα συστήματα ασφάλειας για αυτό πολλοί ερευνητές έχουν ξεκινήσει από την αρχή τους σχεδιασμούς τους. Για παράδειγμα το Tiny SESEME αποτελεί ένα ελαφρύ επαναρυθμιζόμενο μηχανισμό ασφάλειας το οποίο μπορεί και παρέχει ασφάλεια σε πολυμεσικές υπηρεσίες ή IP-based εφαρμογές των δικτύων 4G.



### iii) Ανοχή Σφαλμάτων

Στο παρελθόν έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την παροχή ανοχής σφαλμάτων στα ενσύρματα δίκτυα, ώστε να βελτιωθεί η αξιοπιστία, και η διαθεσιμότητα των δικτύων. Ωστόσο, η έρευνα δεν έχει προχωρήσει τόσο πολύ όσον αφορά τα ασύρματα δίκτυα, παρότι αυτά είναι ομολογουμένως πιο ευαίσθητα. Ένα κυτταρικό ασύρματο δίκτυο είναι σχεδιασμένο με τοπολογία που διαθέτει πολλά επίπεδα που περιλαμβάνουν την συσκευή, το κύτταρο, το επίπεδο δικτύου κ.α. Μια σημαντική αδυναμία είναι ότι και ένα μόνο επίπεδο αν καταρρεύσει τότε καταρρέει όλο το σύστημα. Αν υπάρξει πρόβλημα για παράδειγμα σε ένα σταθμό βάσης ενός κυττάρου, υπάρχει περίπτωση να καταρρεύσει όλο το κύτταρο. Τα πράγματα είναι πολύ χειρότερα αν υπάρχουν πολλές τέτοιες τοπολογίες όπως στα συστήματα 4G. Συνεπώς, τα συστήματα ανοχής σφαλμάτων θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη πολλές παραμέτρους όπως η κινητικότητα των χρηστών, η διαχείριση του QoS, η χωρητικότητα του συστήματος, η κατανάλωση ισχύος και οι ρυθμοί λαθών στις συνδέσεις των διαφόρων ασυρμάτων δικτύων.

### 2.3.3

#### Υπηρεσίες

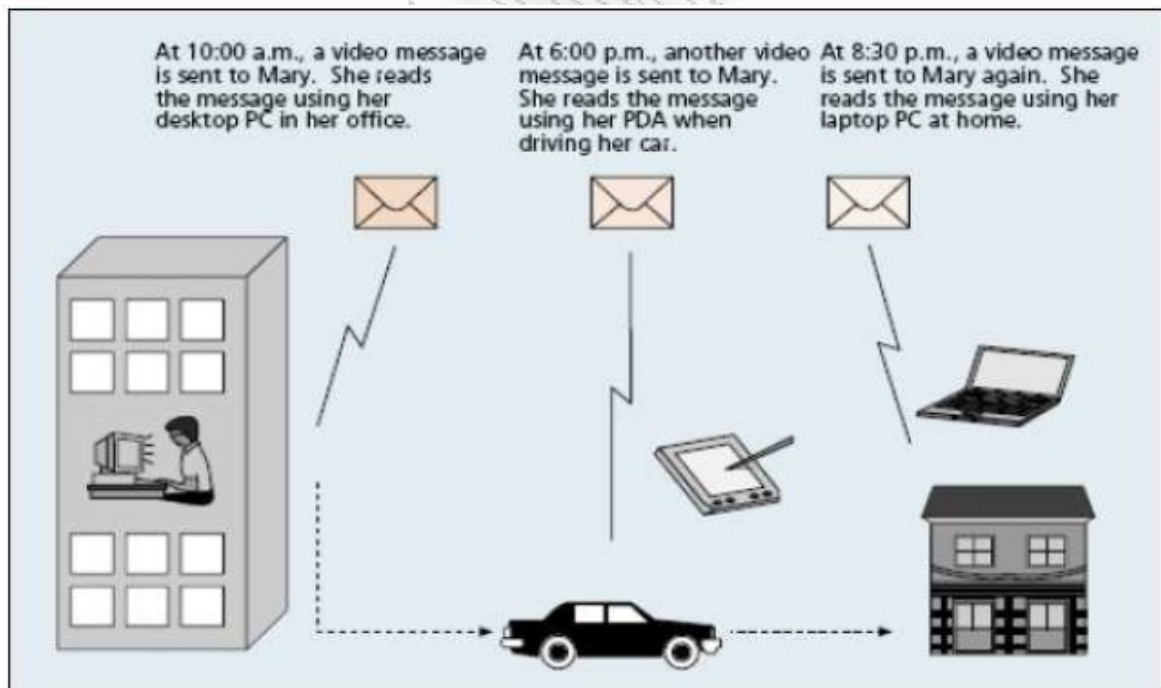
##### i) Πολλαπλοί Πάροχοι και Μοντέλα Χρέωσης

Στη τηλεπικοινωνιακή αγορά οι πάροχοι χρησιμοποιούν έναν απλό τρόπο χρέωσης των πελατών τους. Συνήθως χρησιμοποιείται μια πάγια χρέωση αναλόγως των συνδρομητικών υπηρεσιών, χρέωση βάσει όγκου δεδομένων, χρέωση βάσει διάρκειας κλήσης κλπ ώστε να προκύψει η χρέωση του πελάτη. Ωστόσο, το γεγονός ότι στα συστήματα 4G προβλέπεται να υπάρχει μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών μεταφράζεται στην ανάγκη για δημιουργία νέων μοντέλων χρέωσης. Αυτά θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το γεγονός ότι οι χρήστες δεν θα ανήκουν πλέον σε ένα μόνο πάροχο αλλά θα είναι λογικά εγγεγραμμένοι σε υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται από περισσότερους του ενός παρόχους. Σε μια τέτοια περίπτωση λοιπόν θα είναι δύσκολο για τον χρήστη να συναλλάσσεται με όλους τους παρόχους και να πληρώνει πολλούς λογαριασμούς, ενώ αντιθέτως η χρήση μιας υπηρεσίας διαμεσολάβησης (broker service) θα έλυνε το πρόβλημα. Για να επιτευχθεί αυτό, οι

πάροχοι πρέπει να σχεδιάσουν νέα επιχειρηματικά μοντέλα και νέες λογιστικές διαδικασίες. Επίσης θα πρέπει να υπάρξει εξίσωση του τρόπου χρέωσης των υπηρεσιών μεταξύ των παροχών, δηλαδή να χρεώνουν όλοι βάσει όγκου δεδομένων ή χρόνου ή με πάγια χρέωση.

## ii) Κινητικότητα Χρήστη

Εκτός από την κινητικότητα του τερματικού υπάρχει και η κινητικότητα του χρήστη που αποτελεί ζήτημα στην διαχείριση της κινητικότητας εντός του δικτύου. Η κινητικότητα του χρήστη επικεντρώνει περισσότερο στην κίνηση του χρήστη παρά στην κίνηση του τερματικού και σχετίζεται με την παροχή προσωποποιημένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στους χρήστες καθώς και με υπηρεσίες προσωποποιημένου λειτουργικού περιβάλλοντος. Το Σχήμα 3 παρουσιάζει την έννοια της κινητικότητας του χρήστη χρησιμοποιώντας σαν παράδειγμα την λήψη ενός προσωπικού μηνύματος βίντεο.



Σχήμα 3

Όταν υπάρχει ένα μήνυμα βίντεο για τον χρήστη, ανεξαρτήτως του που βρίσκεται ο χρήστης, το μήνυμα θα αποσταλεί σε αυτόν, σωστά. Για να πραγματοποιηθεί αυτό απαιτείται μια υπηρεσία προσωποποιημένου λειτουργικού περιβάλλοντος, που θα επιτρέπει την παρουσίαση του πολυμεσικού υλικού ανεξαρτήτως του τύπου του τερματικού ή του τύπου δικτύου. Υπάρχουν πολλές προτεινόμενες λύσεις σχετικά με την κινητικότητα των χρηστών. Η πιο διαδεδομένη είναι αυτή της χρησιμοποίησης mobile-agents, δηλαδή ειδικών τμημάτων software που ξεχωριστά, στον καθένα από τους οποίους έχει ανατεθεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό. Ουσιαστικά, οι agents λειτουργούν σαν διαμεσολαβητές μεταξύ των χρηστών και του Διαδικτύου. Επίσης κάθε χρήστης ανήκει σε κάποιο home δίκτυο το οποίο διατηρεί ενημερωμένα στοιχεία σχετικά με αυτόν, όπως την τρέχουσα θέση του, τις προτιμήσεις του και τις τρέχουσες ρυθμίσεις της τερματικής συσκευής που χρησιμοποιεί. Όταν ο χρήστης μετακινείται από το home δίκτυο σε κάποιο άλλο (visiting network), ο agent που του αντιστοιχεί θα μετακινηθεί επίσης στο νέο δίκτυο. Όπως φαίνεται στο παράδειγμα της Εικόνας, όταν κάποιος πραγματοποιεί μια αίτηση κλήσης για την χρήστη Mary, ο agent του καλούντος, κάνει μια αίτηση στο home δίκτυο της Mary, για ανεύρεση της θέσης του agent της. Το δίκτυο ελέγχει το ενημερωμένο profile της Mary και στέλνει ως απάντηση το σημείο που βρίσκεται ο agent της. Όταν ο agent του καλούντος εντοπίσει την θέση της Mary, μπορεί πλέον να επικοινωνήσει απ' ευθείας με τον agent της. Ενδέχεται να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί agents για την κάθε ξεχωριστή υπηρεσία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> 4G - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

### **3.1**

#### **4G - LTE**

Το σύστημα LTE, το οποίο είναι ευρέως διαδεδομένο και ως 4G ή δίκτυα B3G (Beyond 3G) ή τέλος ως All-IP ασύρματα δίκτυα, σχεδιάστηκε εξ αρχής με στόχο την εξέλιξη της τεχνολογίας ραδιοπρόσβασης (radio access) έτσι ώστε όλες οι υπηρεσίες να στηρίζονται στη μεταγωγή πακέτων (packet switched) και όχι στη μεταγωγή κυκλώματος (circuit switched), όπως τα προϋπάρχοντα κινητά δίκτυα. Όσο αφορά στην αρχιτεκτονική του δικτύου, ο όρος LTE αντιπροσωπεύει την εξέλιξη της ραδιοπρόσβασης και καλείται Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), ενώ η εξέλιξη των συστατικών στοιχείων του δικτύου που δεν αποτελούν τη ραδιο-διεπαφή (non-radio aspects) καλύπτονται από τον όρο System Architecture Evolution (SAE) ο οποίος περιλαμβάνει και το Evolved Packet Core (EPC) δίκτυο. Οι δύο αυτοί όροι (LTE και SAE) συνθέτουν το Evolved Packet System (EPS).

Χαρακτηριστικά του δικτύου όπως η επίπεδη αρχιτεκτονική (flat architecture) καθώς και η χρήση της μεταγωγής πακέτων και του IP πρωτοκόλλου (Internet Protocol) για την επικοινωνία, συμβάλλουν καθοριστικά στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί. Οι πιο σημαντικοί από τους οποίους είναι η βελτίωση της ρυθμαπόδοσης και η μείωση της καθυστέρησης σε επίπεδο χρήστη, η καλύτερη αντιμετώπιση της κινητικότητας και η υποστήριξη handover.

Το LTE εστιάζει αποκλειστικά στη βελτιστοποίηση υποστήριξης και μετάδοσης packet-switched εφαρμογών, όπως είναι οι πολυμεσικές εφαρμογές. Επίσης, θέτει πολύ υψηλούς και φιλόδοξους στόχους προκειμένου να ξεπεράσει τα όρια των 14.4 Mbps και 5.8 Mbps που επιτυγχάνονται στο HSDPA και HSUPA αντίστοιχα. Το πρότυπο υποστηρίζει κλιμακωτή χρήση φάσματος εύρους ζώνης της τάξης των 5, 10, 15 και 20 MHz. Επίσης, μπορεί να γίνει και χρήση εύρους ζώνης μικρότερου των 5 MHz (1.5 MHz και 2.5 MHz) για επιπλέον ευελιξία. Επιπλέον, στοχεύει στην

επίτευξη μέγιστων ρυθμών μετάδοσης της τάξης των 100 Mbps στον κατερχόμενο σύνδεσμο και 50 Mbps στον ανερχόμενο σύνδεσμο για εύρος ζώνης ίσο με 20 MHz.

Επίσης, εξέχουσα σημασία στην εκπλήρωση των απαιτήσεων του δικτύου κατέχουν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε φυσικό επίπεδο. Η Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) και η Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας του συστήματος και του εξοπλισμού των χρηστών (User Equipment), επιτρέπουν ευέλικτη ανάπτυξη του ραδιοφάσματος σε υπάρχοντα ή νέα φάσματα συχνοτήτων και τέλος καθιστούν δυνατή τη συνύπαρξη του με άλλες 3GPP Radio Access Technologies (RATs).

Τα «αντίπαλα» πρότυπα για το LTE είναι το Mobile WiMAX και το Ultra-Mobile Broadband (UMB). Το ερευνητικό πεδίο που σχετίζεται με το πρότυπο LTE ήδη γνωρίζει έντονη δραστηριότητα και αναμένεται να επηρεάσει την αγορά σταδιακά.

### **3.2**

#### ***Γενικά χαρακτηριστικά δικτύων 4ης γενιάς***

Τα μελλοντικά ασύρματα δίκτυα αναμένεται να παρέχουν στο χρήστη υψηλής απόδοσης επικοινωνία χωρίς ασυνέχειες. Τα 4ης γενιάς δίκτυα πρόκειται να υποστηρίζουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και επαρκή ποιότητα υπηρεσιών (QoS) σε σχέση με τα τρέχοντα 3ης γενιάς δίκτυα. Η κατανομή φάσματος θα είναι τέτοια ώστε να υποστηρίζονται οι υψηλοί αυτοί ρυθμοί πάνω σε κυψέλες μεσαίου μεγέθους. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων θα είναι 100Mbps και άνω και θα παρέχουν υπηρεσίες πολυμέσων με χαμηλότερο κόστος. Τα δίκτυα που θα χρησιμοποιούνται, πρόκειται να αποτελούνται εξ' ολοκλήρου από κυκλώματα μεταγωγής πακέτων, ενώ όλα τα στοιχεία του δικτύου θα είναι ψηφιακά. Τέλος, σημαντικό χαρακτηριστικό των δικτύων 4ης γενιάς θα είναι η χαμηλή ιεραρχία στην αρχιτεκτονική, με σημεία πρόσβασης και τερματικά να υποστηρίζουν πολλαπλούς τρόπους πρόσβασης.

Για την επίτευξη της υψηλής απόδοσης, τα 4ης γενιάς δίκτυα θα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- **Πανταχού κάλυψη υπηρεσιών** : ο χρήστης θα είναι σε θέση να απολαμβάνει οποιαδήποτε υπηρεσία οπουδήποτε και οποτεδήποτε, χωρίς να εμποδίζεται από τους περιορισμούς που ενυπάρχουν σε ένα ασύρματο δίκτυο.
- **Βελτιωμένη συνδεσιμότητα** : ο χρήστης θα είναι συνέχεια συνδεδεμένος στα πιο επαρκή δίκτυα πρόσβασης ώστε να εξασφαλίζονται κάθε φορά η ζητούμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) και οι απαιτήσεις κινητότητας.
- **Συνεχής σύνδεση** : ο χρήστης θα είναι πάντοτε συνδεδεμένος στο ετερογενές δίκτυο. Για όσο διάστημα το τερματικό του θα είναι σε λειτουργία, θα μπορεί να συνδέεται στο δίκτυο και να τυγχάνει πολύ μικρής καθυστέρησης στην πρόσβαση. Το σύστημα, προσφέρει στον πάροχο τη δυνατότητα να μεγιστοποιεί τη χωρητικότητα με το να απαγορεύει σε μερικούς χρήστες την πρόσβαση σε ειδικές υπηρεσίες. Έτσι, ο πάροχος μπορεί να προσαρμόζει τις δυνατότητες του συστήματος στις προσφερόμενες υπηρεσίες χωρίς να διακινδυνεύεται η κάλυψη της υπηρεσίας.

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα είναι διαθέσιμα σε ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών από τον ήδη υπάρχοντα που εξυπηρετείται από τα τρέχοντα δίκτυα 3<sup>ης</sup> γενιάς. Τα 4ης γενιάς δίκτυα θα μπορούν να υποστηρίξουν ένα μεγάλο αριθμό χρηστών και να καλύπτουν υπηρεσίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Αυτό οφείλεται στην υψηλότερη επάρκεια φάσματος που επιτυγχάνεται με τη χρήση καινοτόμων τεχνικών στις διεπαφές ραδιοεπικοινωνίας και τον εμπλουτισμό των τεχνικών κάλυψης. Τα μελλοντικά ολοκληρωμένα δίκτυα ασύρματης πρόσβασης θα αποτελούνται από πολλές διαφορετικές ασύρματες διεπαφές ραδιοεπικοινωνίας (WLAN, 3G κυψελωτά συστήματα, 2G κυψελωτά συστήματα, peer-to-peer, κ.α) με ποικιλία στα μεγέθη των κυψελών, σχηματίζοντας ένα ολοκληρωμένο ασύρματης πρόσβασης δίκτυο. Η αρχιτεκτονική αυτή έχει ως βασικό χαρακτηριστικό την ιδέα της βέλτιστης συνδεσιμότητας. Η τάση της ενδολειτουργίας δικτύων έχει ξεκινήσει ήδη στις μέρες μας με τα 3ης γενιάς δίκτυα να λειτουργούν χωρίς ασυνέχειες με τα ασύρματα LANs, παρέχοντας πανταχού πρόσβαση.

### 3.3

#### Στόχοι και απαιτήσεις των 4G

##### 3.3.1 Σχεδιαστικοί στόχοι - ερευνητικά ζητήματα 4G

###### **1. Διαλειτουργικότητα**

Τα συστήματα που θα ακολουθήσουν την τρίτη γενιά πρέπει να φέρουν κάτι που λείπει από τους προκατόχους τους: ευέλικτη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών των υπαρχόντων ασύρματων δικτύων. Η έννοια της διαλειτουργικότητας θα δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα περιαγωγής μεταξύ δικτύων διαφορετικών προτύπων. Αν ο στόχος της διαλειτουργικότητας εκπληρωθεί, η παγκόσμια επικοινωνιακή υποδομή θα μετατραπεί σε ένα ενιαίο δίκτυο που θα είναι προσβάσιμο από τους χρήστες ανεξάρτητα από συγκεκριμένες μεθόδους προσπέλασης.

###### **2. Υποστηριζόμενο εύρος ζώνης και χρόνος ζωής μπαταριών**

Τα τερματικά των δικτύων επόμενης γενιάς θα υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα επιλογών εύρους ζώνης, που θα κυμαίνεται από μερικά kbps έως 100 Mbps ή και παραπάνω. Ο χρόνος ζωής των μπαταριών αυτών των συσκευών αναμένεται να είναι περίπου μία εβδομάδα. Αυτή η πρόοδος αναμένεται να συνοδευτεί από μείωση βάρους και όγκου των μπαταριών.

###### **3. Σταθερό δίκτυο μεταγωγής πακέτων**

Σύμφωνα με μελέτες, η αρχιτεκτονική τέταρτης γενιάς αναμένεται να χρησιμοποιεί ένα ασυνδεσμικό (connectionless) σταθερό δίκτυο μεταγωγής πακέτων (βασισμένο στο πρωτόκολλο IP) προκειμένου να διασυνδέει τα διάφορα ασύρματα δίκτυα.

#### 4. Μεταβολή εύρους ζώνης για την ασύρματη πρόσβαση

Η διασύνδεση των διαφορετικών δικτύων σε μια κοινή πλατφόρμα θα παρέχει ένα δίκτυο που θα αποτελείται από διαφορετικά — επικαλυπτόμενα — επίπεδα, τα οποία και θα προσφέρουν διαφορετικές ταχύτητες πρόσβασης στους χρήστες, ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση. Τα πιθανά επίπεδα είναι:

A) *Επίπεδο διανομής (distribution layer)*. Θα υποστηρίζει τις υπηρεσίες μεταδόσεων ψηφιακής τηλεόρασης και ραδιοφωνίας, παρέχοντας μέτριες ταχύτητες σε τοπολογίες που θα αποτελούνται από σχετικά μεγάλες κυψέλες. Το επίπεδο αυτό θα υποστηρίζει πλήρη κάλυψη και κινητότητα σε αγροτικές περιοχές με μικρή πυκνότητα συνδρομητών.

B) *Κυψελικό επίπεδο (cellular layer)*. Θα περιλαμβάνει τα κυψελικά συστήματα δεύτερης και τρίτης γενιάς. Θα παρέχει υψηλές ταχύτητες (έως 2 Mbps) σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα συνδρομητών, όπως οι αστικές. Το επίπεδο αυτό θα υποστηρίζει επίσης πλήρη κάλυψη και κινητικότητα.

Γ) *Επίπεδο «θερμών σημείων» (hot-spot layer)*. Θα υποστηρίζει υπηρεσίες που απαιτούν υψηλές ταχύτητες σε περιοχές μικρής έκτασης, όπως γραφεία ή κτίρια. Θα περιλαμβάνει τα συστήματα ασύρματων τοπικών δικτύων, όπως το IEEE 802.11 και το ασύρματο τοπικό δίκτυο υψηλής απόδοσης. Λόγω των μικρών μη επικαλυπτόμενων περιοχών κάλυψης του, το επίπεδο αυτό δεν αναμένεται να παρέχει πλήρη κάλυψη. Βέβαια, θα μπορεί να υποστηριχτεί η δυνατότητα περιαγωγής προς ένα από τα προηγούμενα επίπεδα.

Δ) *Προσωπικό επίπεδο (personal layer)*. Θα περιλάβει τις συνδέσεις σε πολύ μικρές αποστάσεις, όπως αυτές που παρέχει το πρότυπο Bluetooth. Λόγω των μικρών αποστάσεων, η κινητότητα θα είναι περιορισμένη, αλλά θα μπορεί και εδώ να υποστηριχτεί η δυνατότητα περιαγωγής προς ένα από τα προηγούμενα επίπεδα.

Ε) *Σταθερό επίπεδο (fixed layer)*. Θα περιλάβει τα σταθερά συστήματα πρόσβασης μέσω ασύρματων ζεύξεων, τα οποία θα αποτελούν επίσης μέρος του δικτύου τέταρτης γενιάς.



## 5. Προηγμένοι σταθμοί βάσης

Οι σταθμοί βάσης των δικτύων μελλοντικών γενιών θα χρησιμοποιούν έξυπνες κεραιές προκειμένου να αυξήσουν τη χωρητικότητα του δικτύου. Επίσης, θα υποστηρίζουν ένα πλήθος διασυνδέσεων ώστε να παρέχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα τερματικών.

## 6. Υψηλότερες ταχύτητες πρόσβασης

Τα συστήματα τρίτης γενιάς έχουν στην καλύτερη περίπτωση ένα ανώτατο όριο ταχύτητας των 2 Mbps. Τα συστήματα τέταρτης γενιάς αναμένεται να παρέχουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τα 50 Mbps.

### 3.3.2

#### Απαιτήσεις συστημάτων 4ης γενιάς

##### 1. Υψηλός ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας.

Τα συστήματα 3ης γενιάς προσφέρουν μέχρι 2 Mbits/sec για περιβάλλοντα εσωτερικού χώρου (indoor environments) και τουλάχιστον 144 kbits/sec για κινούμενα (vehicular) περιβάλλοντα. Ασύρματα LAN και ασύρματα συστήματα πρόσβασης ευρείας ζώνης που λειτουργούν στη ζώνη των 5 GHz και έχουν αναπτυχθεί στην Ιαπωνία (MMAC), στην Ευρώπη (Hyperlan 2) και στην Αμερική (IEEE 802.11) έχουν ταχύτητα μετάδοσης 20-30 Mbits/sec. Η ελάχιστη ταχύτητα που έχει τεθεί ως στόχος για τα 4G συστήματα θα είναι 10-20 Mbits/sec για ακίνητα περιβάλλοντα και 2 Mbits/sec για κινούμενα οχήματα.

##### 2. Μεγαλύτερη χωρητικότητα και μικρότερο κόστος ανά bit.

Η χωρητικότητα των συστημάτων 3G δεν θα είναι αρκετή για να εξυπηρετήσει την εκρηκτικά αυξανόμενη κίνηση των πολυμέσων. Η χωρητικότητα για τα 4G συστήματα πρέπει να είναι τουλάχιστον δέκα φορές υψηλότερη από την αντίστοιχη των 3G, ενώ το κόστος ανά bit πρέπει να μειωθεί δραματικά ώστε η χρέωση να μην είναι απαγορευτική.

### **3. Εξαιρετική ποιότητα παροχής υπηρεσιών (Quality of Service-QoS).**

Τα ασύρματα συστήματα χρησιμοποιούν περιορισμένο εύρος συχνοτήτων και μεταδιδόμενη ισχύς και υποφέρουν από συμφόρηση. Επομένως εξαιρετική ποιότητα υπηρεσιών (QoS) είναι αναγκαία για την υποστήριξη διαφορετικών εφαρμογών, ιδιαίτερα αυτών που απαιτούν επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

### **4. Καλή χωρική κάλυψη με μεταβλητή ταχύτητα μετάδοσης.**

Καθώς οι ταχύτητες μετάδοσης αυξάνονται, το απαιτούμενο επίπεδο λαμβανομένου σήματος θα αυξηθεί ανάλογα. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η επιδιωκόμενη ταχύτητα των συστημάτων 4G είναι μεγαλύτερη από δύο τάξεις μεγέθους σε σχέση με τα υπάρχοντα συστήματα, η ακτίνα της κυψέλης θα μειωθεί και η κάλυψη στο εσωτερικό των κτιρίων θα υποβαθμιστεί αν δεν προστεθεί ένας μεγάλος αριθμός σταθμών βάσης. Η χρήση τέτοιων συστημάτων μετάδοσης μεταβλητής απόστασης και ταχύτητας είναι αναγκαία για ικανοποιητική κάλυψη εσωτερικών χώρων και μετάβαση σε διαφορετική κυψέλη χωρίς προβλήματα ανεξαρτήτως της τεχνολογίας των συστημάτων (3G, 4G).

### **5. Υποστήριξη Internet νέας γενιάς.**

Η υποστήριξη πρωτοκόλλων Internet νέας γενιάς (IPv6) και πολυεκπομπής (multicasting) είναι σημαντική ιδιαίτερα για εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου.

### **6. Ομαλή διασύνδεση με συστήματα 3G, ασύρματα δίκτυα υπολογιστών (WLAN) και σταθερά δίκτυα.**

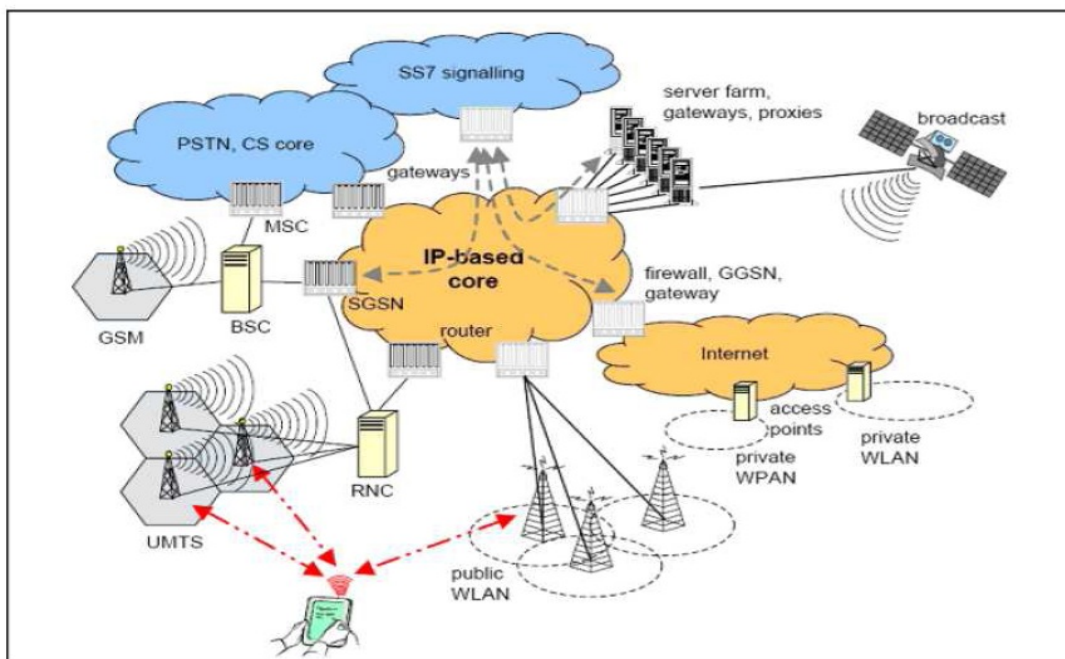
Με τη χρήση τεχνολογίας βασισμένης σε πρωτόκολλα Internet (IP) θα είναι δυνατή ομαλή διασύνδεση διαφορετικών τεχνολογιών. Ως αποτέλεσμα ο κάθε χρήστης θα μπορεί να διαλέγει το καλύτερο δίκτυο ανά περίπτωση (ανάλογα με το χρόνο, χώρο και κόστος).

## 3.4

**4G Αρχιτεκτονική**

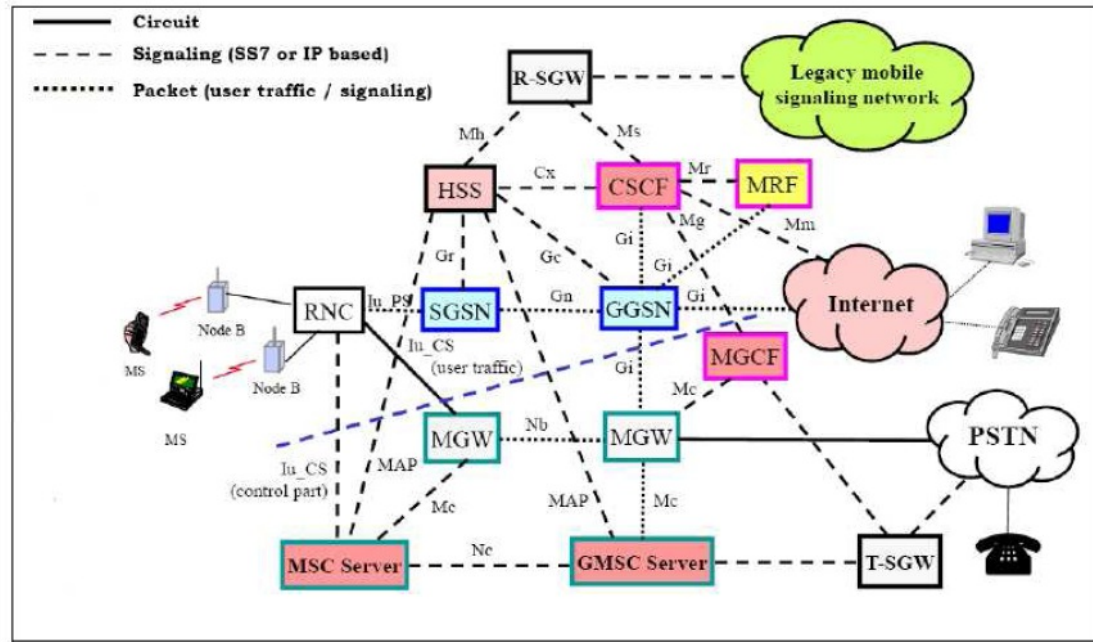
Γενικά, τα 4G δίκτυα, τα οποία βρίσκονται ακόμα σε φάση σχεδιασμού, θα χαρακτηρίζονται από την ετερογένεια των δικτύων πρόσβασης, την αυξημένη λειτουργικότητα τους και την υποστήριξη διάφορων, νέων υπηρεσιών. Θα προκύψουν δηλαδή ως η εξέλιξη των ασύρματων δικτύων και θα μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε, ενσωματώνοντας τα καλύτερα τεχνικά χαρακτηριστικά των υπάρχοντων δικτύων. Βέβαια κάτι τέτοιο σημαίνει επίσης ότι τα 4G δίκτυα θα είναι πιο πολύπλοκα όσον αφορά την αρχιτεκτονική τους.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται μια προτεινόμενη αρχιτεκτονική στην οποία, τα διάφορα ασύρματα δίκτυα, όπως κυτταρικά δίκτυα 2ης και 3ης γενιάς, WLANs, ad-hoc δίκτυα όπως το Bluetooth και δίκτυα υπερύθρων κ.ά., συνυπάρχουν γύρω από ένα δίκτυο κορμό, το οποίο βασίζεται σε IP. Αυτό το σημείο εξάλλου (δηλαδή το IP πρωτόκολλο ως βάση) αποτελεί και το μόνο κοινό σημείο των διαφόρων προτάσεων που κατατίθενται προς συζήτηση από την επιστημονική κοινότητα.



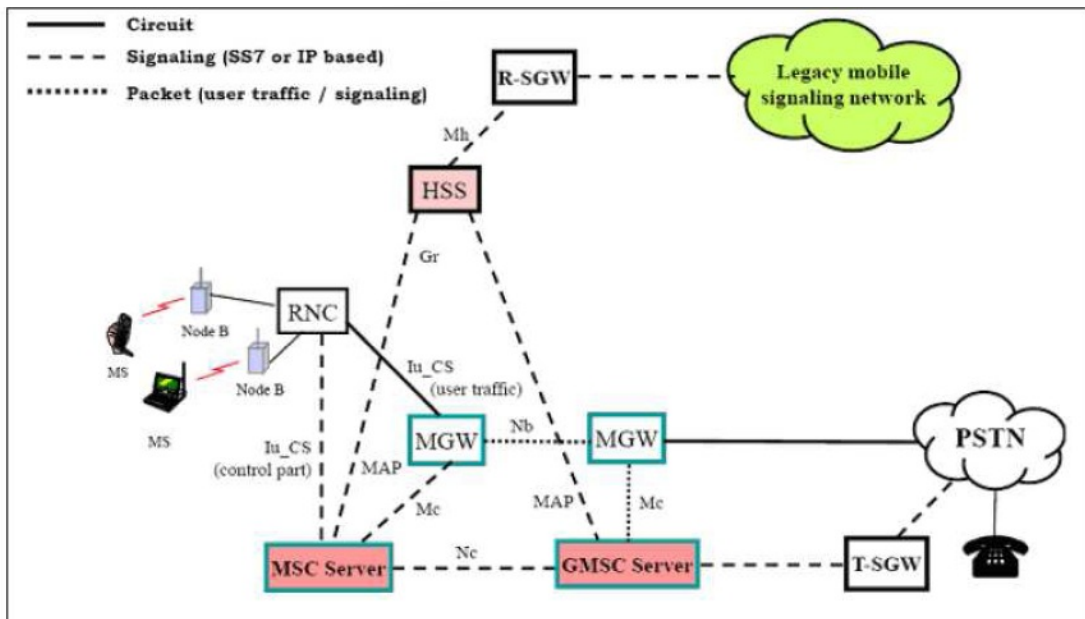
**Σχήμα 4** Γενική Αρχιτεκτονική της 3GPP

Η αρχιτεκτονική που παρουσιάζεται παραπάνω, είναι γενική. Καθώς δεν υπάρχει ακόμα κάποια σχετική προτυποποίηση και αντίστοιχες ακριβείς προδιαγραφές, οι διάφορες εταιρείες (ή ομάδες εταιρειών) κάνουν τις προτάσεις τους, με κυριότερη αυτή που έχει παρουσιάσει η 3GPP. Η βασικά πρόταση της 3GPP παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.

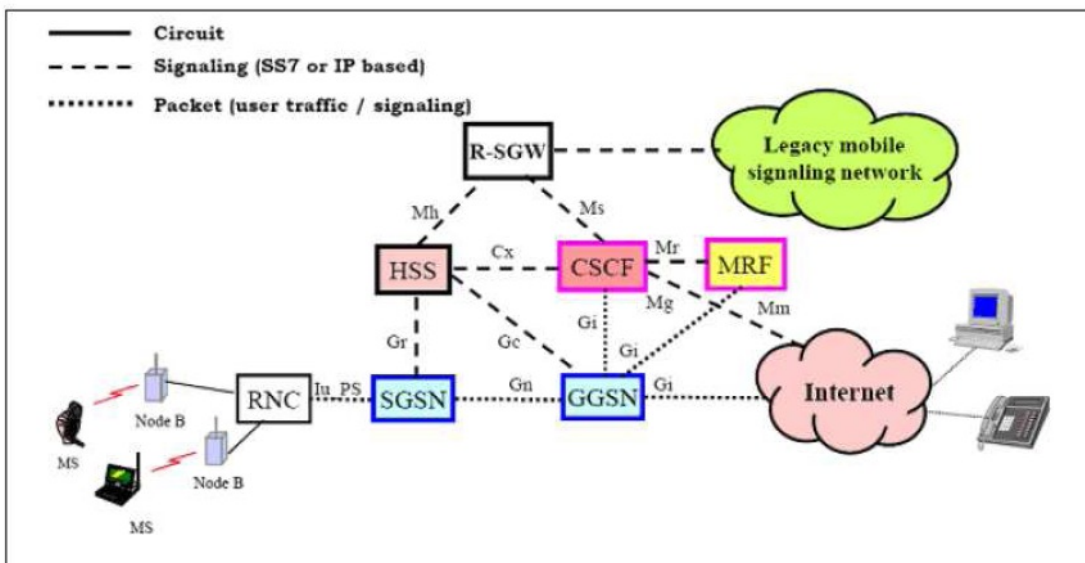


**Σχήμα 5** Η All-IP πρόταση της 3GPP

Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής είναι ότι υποστηρίζει **τόσο circuit όσο και packet switched** μετάδοση δεδομένων, κάτι που συνεπάγεται συμβατότητα με παλαιότερες τεχνολογίες όπως τα GSM δίκτυα πριν από τις βελτιώσεις τους. Συγκεκριμένα, στα επόμενα δύο Σχήματα (Σχήμα 6, 7), παρουσιάζεται το τμήμα της παραπάνω αρχιτεκτονικής που είναι υπεύθυνο για την circuit switched μεταγωγή και την packet switched μεταγωγή, αντιστοίχα.



Σχήμα 6 Τμήμα 3GPP αρχιτεκτονικής υπεύθυνο για CS μεταγωγή



Σχήμα 7 Τμήμα 3GPP αρχιτεκτονικής υπεύθυνο για PS μεταγωγή

Ας δούμε τα κυριότερα στοιχεία αυτής της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής.

**HSS (Home Subscriber Server).** Αποτελεί ουσιαστικά μια κεντρική βάση για την αποθήκευση πληροφοριών για το profile του χρήστη καθώς και authorization πληροφοριών. Ουσιαστικά ο HSS επιτελεί την ίδια λειτουργία με τον HLR του GSM δικτύου.

**CSCF (Call State Control Function).** Διαθέτει τις εξής λειτουργίες:

- ICGW (Incoming Call Gateway): που λειτουργεί ως το πρώτο σημείο εισόδου και πραγματοποιεί την δρομολόγηση των κλήσεων.
- CCF (Call Control Function): υπεύθυνη για την έναρξη / λήξη των κλήσεων, την διαχείριση των διαφόρων call events και για το registration σε επίπεδο εφαρμογών.
- SPD (Serving Profile Database): βάση δεδομένων που αλληλεπιδρά με τον HSS για να λάβει πληροφορίες προφίλ των συνδρομητών.
- AH (Address Handling): πραγματοποιεί το mapping μεταξύ των alias διευθύνσεων και των transport διευθύνσεων.
- P-CSCF (Proxy CSCF): αποτελεί την είσοδο στο IP Multimedia Subsystem. Το τερματικό ακολουθώντας την διαδικασία ενεργοποίησης του PDP περιβάλλοντος ανακαλύπτουν την διεύθυνση του P-CSCF, ο οποίος λειτουργεί ως proxy server.
- S-CSCF (Serving CSCF): είναι το κυρίως λειτουργικό τμήμα του IMS και αναλαμβάνει την διαχείριση των συνόδων ώστε να υποστηρίζονται οι διάφορες υπηρεσίες και επίσης αναλαμβάνει το registration των χρηστών λαμβάνοντας τα registration requests και διαθέτοντας τις πληροφορίες των χρηστών μέσω του HSS.
- I-CSCF (Interrogating CSCF): αποτελεί το σημείο επαφής εντός του δικτύου του παρόχου για όλες τις αιτούμενες συνδέσεις προς τους συνδρομητές του δικτύου αυτού. Με αυτό τον τρόπο αποκρύπτει την τοπολογία του δικτύου από τους εξωτερικούς χρήστες.

**MGW & MGCF (Media Gateway & Media Gateway Control Function):**

Ο πρώτος είναι υπεύθυνος για την μεταφορά ωφέλιμης, πολυμεσικής πληροφορίας, ρυθμίζει τον φόρτο της κίνησης και αποτελεί το τερματικό σημείο του PSTN, ενώ συνδέεται με το UTRAN μέσω της διεπαφής Iu. Αντιστοίχως η Media Gateway Control Function είναι υπεύθυνη για την μετατροπή πρωτοκόλλων μεταξύ πεπαλαιωμένων συστημάτων και των πρωτοκόλλων ελέγχου του All-IP δικτύου, και γενικά είναι υπεύθυνο για την σηματοδότηση που προέρχεται από το PSTN.

**MSC Server & GMSC (Mobile Switching Center Server & Gateway MSC):** Ο MSC είναι ο κεντρικός κόμβος ελέγχου στο CS domain, υπεύθυνος για τον έλεγχο κλήσεων και της κινητικότητας στα GSM/UMTS. Επίσης, εκτελεί τον έλεγχο συνδέσεων των media channels στο MGW. Ο MSC server μαζί με το MGW

αποτελούν το γνωστό MSC. Ο GMSC χρησιμοποιείται τόσο για τη προώθηση των ενεργών κλήσεων, όσο και για τα μηνύματα προς τους χρήστες.

**MRF (Multimedia Resource Function):** Είναι υπεύθυνη για την πραγματοποίηση της επεξεργασίας των ροών των πολυμεσικών δεδομένων, μέσω του αντίστοιχου Media Resource Function Processor (MRFP).

**T-SGW & R-SGW (Transport Signalling Gateway Function & Roaming**

**Signalling Gateway Function):** Η πρώτη είναι υπεύθυνη για τη σηματοδότηση από το PSTN/PLMN προς το MGCF και παρέχει PSTN/PLMN <-> IP mapping, διευθύνσεων στο επίπεδο μετάδοσης. Η δεύτερη παρέχει επικοινωνία (π.χ. SS7/MAP) με το 2G/R99 MSC/VLR.

**IMS (IP Multimedia Subsystem):** Έχει ως στόχο την παροχή πολυμεσικών υπηρεσιών και χρησιμοποιεί το packet switched domain για την μεταφορά πολυμεσικής πληροφορίας και σηματοδότησης. Το IMS προσπαθεί να συμμορφωθεί με τις τα πρότυπα που θέτει η IETF. Το SIP (Session Initiation Protocol) έχει επιλεγεί για την διεπαφή μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του IMS.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°**

### **ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΗΝ 4G ΕΠΟΧΗ**

#### **4.1**

##### **Υπηρεσίες**

Για να μπορέσει η αγορά των ασύρματων επικοινωνιών να δρέψει τους καρπούς του οικονομικού και τεχνολογικού ανταγωνισμού, δηλαδή των διαφορετικών προσφερόμενων υπηρεσιών και των ταχύτατων τεχνολογικών εξελίξεων, θα πρέπει να αποκτήσει ένα πιο ανοικτό χαρακτήρα, με την έννοια να συμπεριλάβει την συμμετοχή πολλαπλών νέων «παικτών» (π.χ. πάροχοι υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, πάροχοι multimedia περιεχομένου, παραγωγοί εφαρμογών κ.ά.). Όλοι αυτοί οι παίκτες μπορούν να συνεργαστούν με τους διαχειριστές δικτύων ώστε να παράσχουν νέες, βελτιωμένες υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες.

Κάθε φορά που μια νέα τεχνολογία εισάγεται, γεννιούνται κάποια ερωτήματα όσον αφορά τις υπηρεσίες που αυτή θα προσφέρει. Η τεχνολογία είναι το μέσο για κάποιο στόχο. Ο στόχος λοιπόν είναι η ανάπτυξη εφαρμογών για την πραγματοποίηση υπηρεσιών που θα γίνουν καθημερινή συνήθεια για τους χρήστες. Τα ερωτήματα, λοιπόν, που προκύπτουν είναι ποιες θα είναι οι προσφερόμενες υπηρεσίες, αν θα υπάρχουν νέες 4G υπηρεσίες, και τι είναι μια 4G υπηρεσία; Αυτό που μπορεί να ειπωθεί με σιγουριά είναι ότι είναι αδύνατο να προβλέψεις τα τεχνολογικά επιτεύγματα, την εξέλιξη του πολιτισμού και συνάμα τις ανάγκες των πελατών στο μέλλον. Τα κινητά τηλέφωνα 4ης γενιάς θα έχουν ρυθμοαπόδοση 100 Mbps, ισοδύναμη της ταχύτητας στις επικοινωνίες των οπτικών ινών. Αναμένεται, λοιπόν, οι χρήστες να έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν μεγάλης ευκρίνειας τηλεόραση στα κινητά τους. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται ήδη από τα 3ης γενιάς δίκτυα θα συνεχίσουν να προσφέρονται και από την 4η γενιά δικτύων με σημαντικές αλλαγές, ωστόσο, στην ποιότητα και την ταχύτητα. Υπηρεσίες που μέχρι σήμερα δεν έχουν διαδοθεί ευρέως, όπως η τηλεσυνδιάσκεψη, αναμένεται να γνωρίσουν μεγάλη αναγνώριση εξαιτίας της καλύτερης ποιότητας που προσφέρουν και της διαφοροποίησης τους ανάμεσα στα υπάρχοντα μοντέλα της αγοράς. Ακόμη, η μουσική, που αποτελεί ήδη μια ευρέως χρησιμοποιούμενη υπηρεσία, θα



αποκτήσει ακόμη μεγαλύτερη απήχηση στο κοινό. Με τα τωρινά δίκτυα, μόνο μικρά μουσικά clips μπορούν να κατεβούν. Τα 4G θα βοηθήσουν στο κατέβασμα ολόκληρων τραγουδιών ή μουσικών κομματιών, αλλάζοντας την ανταπόκριση της αγοράς σημαντικά.

Τα 4G δίκτυα θα επιτρέψουν τη μετάδοση υψηλής ποιότητας video χωρίς διακοπές. Το υψηλής ταχύτητας video χωρίς διακοπές και άλλες μορφές μεγάλης ταχύτητας δεδομένων είναι μερικά από τα κύρια οφέλη των 4G και σημαντικοί λόγοι για τη συνεχή ανάπτυξή τους. Υπάρχουν ήδη δίκτυα 3ης γενιάς που προσφέρουν αυτές τις υπηρεσίες και το WiMAX υπόσχεται να κάνει το ίδιο. Σύμφωνα με τους ερευνητές, το όλο θέμα έγκειται στον αριθμό των εγγεγραμμένων συνδρομητών και τη γενικότερη ζήτηση για αυτού του είδους τις υπηρεσίες. Η νέα γενιά ασύρματων επικοινωνιών επιτρέπει την πανταχού κάλυψη υπηρεσιών. Η 4η γενιά δικτύων θα είναι ικανή να προσφέρει τέτοιου είδους υπηρεσίες σε πολλούς περισσότερους πελάτες, σε σύγκριση με τα τρέχοντα δίκτυα.

Επομένως, το θέμα είναι το επίπεδο ζήτησης για αυτού του είδους τις data-based υπηρεσίες, στις οποίες αναμένεται να υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογής. Σε κάθε περίπτωση, όσο η ζήτηση των πελατών θα αυξάνεται σε ποσότητα αλλά και ποιότητα, τόσο η αξία των 4G θα αποκαλύπτεται.

## **4.2**

### **Κατηγορίες υπηρεσιών και εφαρμογών**

#### **1. Τηλεπαρουσία (tele-presence)**

Θα υποστηρίζει τις εφαρμογές που θα κάνουν χρήση όλων των ανθρώπινων αισθήσεων προκειμένου να παρέχουν στους χρήστες την αίσθηση της πραγματικής ύπαρξης σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Θα είναι υπηρεσίες εικονικής πραγματικότητας πραγματικού χρόνου και θα υποστηρίζουν εφαρμογές εικονικών συνεδριάσεων, μια εξέλιξη των σημερινών συστημάτων τηλεδιάσκεψης. Οι συμμετέχοντες θα έχουν την αίσθηση της παρουσίας στο χώρο που πραγματοποιείται η διάσκεψη. Λόγω των τεράστιων απαιτήσεων σε ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, τέτοιου είδους εφαρμογές θα απαιτούν αποδοτικές τεχνικές συμπίεσης και θα έχουν πρόσβαση σε ταχύτητες της τάξης των 100 Mbps.

Επιπλέον αυτές οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου θα απαιτούν πολύ μικρές μεταβολές στην καθυστέρηση και υψηλά επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών. Η έννοια μιας εικονικής συνεδρίασης θα είναι μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές που προβλέπονται για τα συστήματα τέταρτης γενιάς.

## **2. Πρόσβαση σε πληροφορίες**

Θα απαιτεί τη δυνατότητα στιγμιαίας πρόσβασης σε μεγάλους όγκους δεδομένων, όπως μεγάλα αρχεία ήχου και βίντεο. Οι εφαρμογές αυτές θα είναι λιγότερο «ευαίσθητες» στη μεταβολή καθυστέρησης, δεδομένου ότι δεν θα είναι εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Αυτή η κατηγορία υπηρεσιών θα απαιτεί τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα.

## **3. Επικοινωνία μεταξύ μηχανών**

Θα προσφέρει στις συσκευές τη δυνατότητα να επικοινωνούν είτε για λόγους συντήρησης είτε για λόγους πρόσθετης νοημοσύνης και λειτουργικότητας. Ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτού του τύπου είναι ο εξοπλισμός των τμημάτων των μηχανών ενός αυτοκινήτου με ασύρματες διασυνδέσεις, οι οποίες θα επιτρέπουν την επικοινωνία με τους αντίστοιχους προμηθευτές όταν εμφανίζονται δυσλειτουργίες.

## **4. Ευφυείς αγορές**

Θα προσφέρει στους χρήστες πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικές με τις τιμές και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων που προσφέρονται από τα καταστήματα τα οποία επισκέπτονται. Με την είσοδο του χρήστη σε ένα κατάστημα, το τερματικό του θα συνδέεται αυτόματα με το φορέα παροχής πληροφοριών του καταστήματος και θα λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα που πωλούνται από το κατάστημα.

## **5. Ασφάλεια**

Η ασφάλεια των εφαρμογών θα είναι ένα αναγκαίο χαρακτηριστικό γνώρισμα των δικτύων των μελλοντικών γενιών. Η εξασφάλιση της ακεραιότητας των μεταφερόμενων δεδομένων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που θα επιτρέψει τον

πολλαπλασιασμό των τραπεζικών εργασιών και των εφαρμογών ηλεκτρονικών πληρωμών μέσω των ασύρματων δικτύων.

#### **6. Υπηρεσίες βασισμένες στη γεωγραφική θέση**

Προβλέπεται ότι τα συστήματα τέταρτης γενιάς θα έχουν τη δυνατότητα να καθορίζουν τη θέση ενός χρήστη με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Αυτό δεν μπορεί να υλοποιηθεί με τα σημερινά συστήματα, τα οποία μπορούν να εντοπίσουν μόνο την κυψέλη που εξυπηρετεί το χρήστη, δίνοντας έτσι τη θέση του με πιθανή παρέκκλιση εκατοντάδων μέτρων ή και χιλιομέτρων. Η ικανότητα εντοπισμού θα είναι πολύ χρήσιμη σε εφαρμογές έκτακτης ανάγκης.

#### **7. Εικονική πλοήγηση (virtual navigation)**

Μια απομακρυσμένη βάση δεδομένων θα περιέχει γραφική αναπαράσταση δρόμων, κτιρίων και τοπογραφικών γνωρισμάτων. Κομμάτια αυτής της βάσης δεδομένων θα μεταδίδονται γρήγορα σε ένα όχημα όπου ένα υπολογιστικό πρόγραμμα θα επιτρέπει στους επιβάτες να προβλέπουν τη μελλοντική διαδρομή, να επιλέγουν δρόμους με τη μικρότερη κίνηση, να εντοπίζουν αξιοθέατα ή μουσεία ή να επιλέγουν εναλλακτικούς δρόμους σε περιπτώσεις ατυχημάτων.

#### **8. Τηλεϊατρική (tele-medicine)**

Τα πληρώματα των ασθενοφόρων σε απομακρυσμένες περιοχές θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά αρχεία και να τηλεδιασκεύονται (video-conference) με γιατρούς όπως και να μεταδίδουν κρίσιμες πληροφορίες του ασθενούς σε κεντρικά νοσοκομεία.

#### **9. Σταθμός πληροφορίας (infostation)**

Ένας οδηγός αυτοκινήτου θα μπορεί να λαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό αρχείων ή πολυμέσων από το δίκτυο κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε ένα αυτοκινητόδρομο από και προς το χώρο εργασίας.

**10. Εφαρμογές τηλεγεωδαισίας (tele-geoprocessing)**

Ο συνδυασμός συστημάτων γεωγραφικής πληροφορίας (GIS), συστημάτων παγκοσμίου προσδιορισμού θέσης (GPS) και ασύρματων κινητών συστημάτων υψηλής χωρητικότητας θα κάνει εφικτές εφαρμογές τηλεγεωδαισίας.

**11. Εφαρμογές διαχείρισης κρίσεων**

Αυτές οι εφαρμογές είναι χρήσιμες σε περιόδους φυσικών καταστροφών όταν ολόκληρος ο τηλεπικοινωνιακός ιστός έχει παραλύσει. Η γρήγορη επαναλειτουργία των τηλεπικοινωνιών είναι αναγκαία. Η αυξημένη χωρητικότητα των ασύρματων συστημάτων ευρείας ζώνης 4G τα οποία θα περιλαμβάνουν υπηρεσίες Internet και video θα επιτρέψουν την αποκατάσταση σε διάστημα ωρών σε αντιδιαστολή με τα ενσύρματα συστήματα που θα απαιτούσαν ημέρες ή ακόμα και εβδομάδες.

**12. Εκπαίδευση μέσω Internet**

Η παροχή ενσύρματης πρόσβασης ευρείας ζώνης στο Internet είναι οικονομικά ασύμφορη για κατοίκους αραιοκατοικημένων ή απομακρυσμένων περιοχών. Ασύρματες επικοινωνίες ευρείας ζώνης μπορούν να λύσουν αυτό το πρόβλημα.

**13. Κινητά δίκτυα υπολογιστών**

Κατά ανάλογο τρόπο με τα σταθερά δίκτυα υπολογιστών, τα κινητά δίκτυα υπολογιστών θα διευκολύνουν οικονομικές συναλλαγές, επιχειρηματικές πράξεις και επιστημονική συνεργασία από απόσταση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Βασικές τεχνολογίες για τα 4G δίκτυα

#### 5.1

##### OFDM

Προκειμένου να υποστηριχθούν υψηλότερες ταχύτητες, θα πρέπει προφανώς να αναπτυχθούν νέες διασυνδέσεις των τερματικών με το δίκτυο. Μια αποδοτική διασύνδεση πρέπει να χρησιμοποιεί το φάσμα αποδοτικά και να παρέχει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ διαφόρων ταχυτήτων πρόσβασης. Επιπλέον, μια τέτοια διασύνδεση θα πρέπει να είναι ανθεκτική στην εξασθένηση και να απαιτεί όσο το δυνατό λιγότερες λειτουργίες εξίσωσης (equalization). Η ορθογωνική πολύπλεξη διαίρεσης συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) μπορεί να καλύψει τέτοιες απαιτήσεις και αναμένεται να χρησιμοποιηθεί στα μελλοντικά ασύρματα συστήματα.

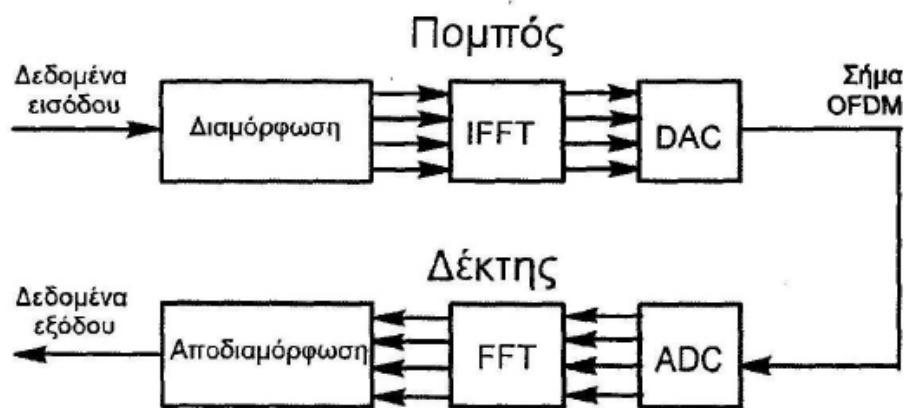
Στο OFDM η βασική ιδέα είναι η διαίρεση των ροών δεδομένων σε περαιτέρω ροές (υποκανάλια). Κάθε μία από αυτές τις ροές έχει χαμηλότερο ρυθμό μετάδοσης από την αρχική. Στη συνέχεια οι υποροές διαμορφώνονται με χρήση κωδικών οι οποίοι είναι μεταξύ τους ορθογώνιοι. Εξαιτίας της ορθογωνικότητας τα υποκανάλια μπορούν να πλησιάζουν πολύ κοντά μεταξύ τους χωρίς να υπάρχει κίνδυνος παρεμβολής. Το αποτέλεσμα είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιεί με πολύ αποδοτικό τρόπο το παρεχόμενο φάσμα συχνοτήτων.

Το πρότυπο OFDM αποτελεί τη βάση για πολλά πρότυπα τηλεπικοινωνιών όπως το 802.11a, το 802.11g, το WLAN ακόμα και τα συστήματα Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL). Τα πλεονεκτήματα που το κατέστησαν τόσο δημοφιλές είναι η αποδοτική χρήση του παρεχόμενου εύρους ζώνης και η ανοχή στις παρεμβολές. Από την άλλη πλευρά, το κυριότερο μειονέκτημα του OFDM είναι το γεγονός ότι αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενεργοβόρο σύστημα. Ίσως για αυτό το λόγο καμία από τις επικρατούσες τεχνολογίες για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς δεν έχουν ενσωματώσει το OFDM. Παρόλα αυτά, η ενσωμάτωση του προτύπου αυτού στα κινητά συστήματα της 4ης γενιάς είναι βέβαιη.

Υποστηρίζεται ότι η OFDM θα είναι σε θέση να ικανοποιήσει τις τρεις σημαντικότερες απαιτήσεις των κινητών δικτύων 4G: υψηλότερη κάλυψη (coverage) και χωρητικότητα (capacity), με επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας υπηρεσιών (QoS) με το ελάχιστο κόστος. Η ορθογωνική πολύπλεξη διαίρεσης συχνότητας (OFDM) είναι μια μορφή διαμόρφωσης σε πολλές διαδρομές (multicarrier modulation) η οποία χωρίζει το προς μετάδοση μήνυμα σε τμήματα. Το διαθέσιμο φάσμα χωρίζεται επίσης σε ένα πλήθος καναλιών χαμηλού ρυθμού, και γίνεται ταυτόχρονη μεταφορά κάθε τμήματος σε ένα κανάλι χαμηλού ρυθμού. Καθώς (1) το κυρίαρχο φαινόμενο που οδηγεί σε λάθη μετάδοσης στο ασύρματο μέσο είναι η εξασθένηση, (2) η εξασθένηση εξαρτάται από τη συχνότητα του φέροντος κύματος, και (3) η επέκταση καθυστέρησης (delay spread) πρέπει να είναι πολύ μεγάλη για να προκαλέσει σημαντικό πρόβλημα σε ένα κανάλι, γίνεται φανερό η αντοχή της πολύπλεξης OFDM στην εξασθένηση. Κατά συνέπεια, με το διαχωρισμό ενός μηνύματος σε τμήματα και τη σχετικά αργή παράλληλη αποστολή αυτών των τμημάτων, η επέκταση της καθυστέρησης στο δέκτη θα είναι αρκετά μικρή σε σύγκριση με το χρόνο μετάδοσης ενός bit. Το γεγονός αυτό, μαζί με τη διαπλοκή του μηνύματος μέσω πολλών καναλιών, οδηγεί σε μια σύνδεση μεγάλης χωρητικότητας, η οποία θα είναι ανθεκτική στην πολύδρομη διάδοση. Η πολύπλεξη OFDM μοιάζει με την FDMA (Frequency Division Multiple Access - πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας) στο ότι και οι δύο χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης σε υποκανάλια. Η προφανής διαφορά τους είναι ότι, σε αντίθεση με την OFDM, η FDMA είναι μια μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης. Μια άλλη διαφορά αφορά την απόδοση: η FDMA είναι ανεπαρκής από την οπτική γωνία της αποδοτικής χρήσης του φάσματος, επειδή σπαταλά ένα σημαντικό τμήμα του φάσματος για την υλοποίηση διαστημάτων προστασίας (guard intervals) μεταξύ των γειτονικών καναλιών συχνότητων προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι δεν θα παρεμβάλλεται το ένα στο άλλο κατά τη λήψη του σήματος στο δέκτη.

Τέτοιες σπατάλες εύρους ζώνης δεν είναι επιθυμητές στις μελλοντικές γενιές των ασύρματων δικτύων. Ο λόγος είναι προφανής: το διαθέσιμο φάσμα αναμένεται να είναι μικρό σε σχέση με τη ζήτηση. Συνεπώς, ένα ορισμένο τμήμα του φάσματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατό πιο αποδοτικά προκειμένου να εξυπηρετεί όσο το δυνατό περισσότερους χρήστες.

Η OFDM προσπαθεί να λύσει αυτό το πρόβλημα μειώνοντας σημαντικά τη σπατάλη φάσματος με τη διαπλοκή των μηνυμάτων σε διάφορα κανάλια, τα οποία απέχουν σε πολύ μικρό βαθμό, όσον αφορά τη συχνότητα. Τα κανάλια της OFDM είναι ορθογώνια μεταξύ τους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα παρεμβάλλονται το ένα στο άλλο. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει το ότι, παρόλο που τα κανάλια είναι πολύ κοντά στη συχνότητα και τα φάσματα τους επικαλύπτονται, τα μηνύματα σε διαφορετικά κανάλια δεν παρεμποδίζουν το ένα το άλλο, δεδομένου ότι η ανίχνευση σε ένα κανάλι γίνεται στο σημείο όπου όλα τα άλλα είναι μηδενικά (null). Σε ένα σύστημα OFDM, η ανίχνευση εκτελείται στο πεδίο της συχνότητας. Ωστόσο, η πραγματική μετάδοση σημάτων εμφανίζεται στο πεδίο του χρόνου. Στο Σχήμα 8 επεξηγείται η λειτουργία ενός απλού συστήματος OFDM.



**Σχήμα 8**

Η μετάδοση και λήψη με ορθογωνική πολύπλεξη διαίρεσης συχνότητας περιλαμβάνει τις ακόλουθες καταστάσεις:

**1) Πομπός: Μετατροπή από σειριακό σε παράλληλο**

Η ροή των προς μετάδοση δεδομένων ομαδοποιείται σε λέξεις των οποίων το μέγεθος καθορίζεται από τη μέθοδο διαμόρφωσης.

**2) Πομπός: Διαμόρφωση κάθε καναλιού**

Πραγματοποιείται διαμόρφωση κάθε καναλιού με βάση τη λέξη που έχει αντιστοιχιστεί σε αυτό.

**3) Πομπός: Αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier (Inverse Fourier Transform -IFT)**

Μετά τον καθορισμό του περιεχομένου ενός καναλιού, το περιεχόμενο αποτελεί την είσοδο σε ένα κύκλωμα αντίστροφου μετασχηματισμού Fourier προκειμένου να ληφθεί μια αναπαράσταση του σήματος OFDM στο πεδίο του χρόνου. Ο μετασχηματισμός IFT μπορεί να εκτελεστεί με τη χρήση γρήγορου μετασχηματισμού Fourier (Fast Fourier Transform, FFT), ο οποίος είναι υλοποιήσιμος σήμερα με χαμηλό κόστος.

#### **4) Πομπός: Μετατροπή από ψηφιακό σε αναλογικό (Digital to Analog Conversion - DAC)**

Η έξοδος του IFT μετατρέπεται σε μια αναλογική μορφή κατάλληλη για μετάδοση.

#### **5) Δέκτης**

Προκειμένου να παραληφθεί το μήνυμα, ο δέκτης εκτελεί την αντίστροφη λειτουργία. Ψηφιοποιεί το λαμβανόμενο σήμα (κύκλωμα ADC) και εκτελεί ένα μετασχηματισμό FFT στο λαμβανόμενο σήμα προκειμένου να ληφθεί η αναπαράστασή του στο πεδίο της συχνότητας. Στην έξοδο δίνονται τα περιεχόμενα των καναλιών, τα οποία και αποδιαμορφώνονται προκειμένου να ληφθούν οι λέξεις που διαβιβάστηκαν σε κάθε μεταφορά. Στη συνέχεια, αυτές οι λέξεις συνδυάζονται για να παραγάγουν το αρχικό μήνυμα.

### **5.2**

#### **Έξυπνες κεραιές (smart antennas)-MIMO**

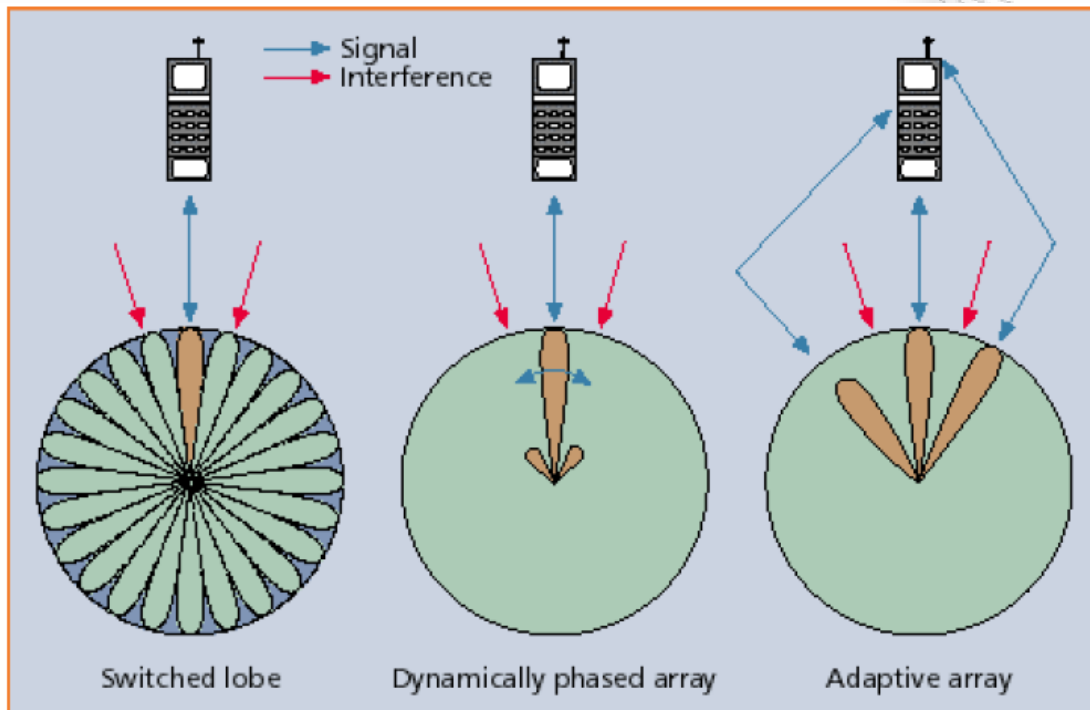
Η χρήση των έξυπνων στοιχειοκεραιών στα κινητά τηλεπικοινωνιακά συστήματα προσφέρει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της χωρικής διαφορικής λήψης (spatial diversity), γεγονός που βελτιώνει την αποδοτικότητα εύρους ζώνης. Γενικά μια έξυπνη στοιχειοκεραία αποτελείται από έναν αριθμό στοιχείων που συνδυάζονται μέσω ενός δικτύου διαμόρφωσης του διαγράμματος ακτινοβολίας (beamforming network) που καθορίζει τα σχετικά πλάτη και τις σχετικές φάσεις των στοιχείων. Αυτό το δίκτυο μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας τεχνολογία RF ή τεχνολογία ψηφιακής επεξεργασίας σήματος πραγματικού χρόνου ή υβριδικές λύσεις.



Χρησιμοποιώντας μια έξυπνη στοιχειοκεραία (Smart Antenna System – SAS) επιτυγχάνεται χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος του κινητού τερματικού, μεγαλύτερο βεληνεκές, μείωση της διασυμβολικής παρεμβολής (intersymbol interference), υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και ευκολία ολοκλήρωσης στο υπάρχον κυψελωτό σύστημα. Ειδικά για σταθμούς βάσης, τα συστήματα έξυπνων κεραιών μέσω της ικανότητας του χωρικού διαχωρισμού σημάτων μπορούν να υποστηρίξουν την ανάθεση πολλαπλών κινητών χρηστών που επικαλύπτονται στο πεδίο του χρόνου και των συχνοτήτων σε ένα κοινό κανάλι επικοινωνίας. Αυτή η τεχνική είναι γνωστή ως πολλαπλή πρόσβαση με χωρισμό χώρου (Spatial Division Multiple Access- SDMA) και αυξάνει τη χωρητικότητα του συστήματος. Επιπλέον η τοποθέτηση έξυπνων στοιχειοκεραιών στους σταθμούς βάσης, αν και αυξάνει το κόστος ανά σταθμό μπορεί να αυξήσει την περιοχή κάλυψης κάθε κυψέλης και να μειώσει το συνολικό κόστος του συστήματος δραματικά, πολλές φορές κατά περισσότερο από 50% χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας υπηρεσίας.

Οι κεραίες των σταθμών βάσης μέχρι τώρα ήταν ομοιοκατευθυντικές ή χωρισμένες σε τομείς (sectored). Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως σπατάλη ισχύος καθώς το μεγαλύτερο κομμάτι της ακτινοβολεί σε κατευθύνσεις διαφορετικές από τον χρήστη. Επιπλέον η ισχύς που ακτινοβολείται σε διαφορετικές κατευθύνσεις εκλαμβάνεται ως παρεμβολή από τους άλλους χρήστες. Αντίθετα η έξυπνη κεραία όχι μόνο έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται στο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί, αλλά επίσης μπορεί να συνεργάζεται με εξελιγμένα κυκλώματα επεξεργασίας σήματος. Αυτό το γεγονός καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη τεχνικών ολοκλήρωσης κυκλωμάτων DSP με κεραίες που λειτουργούν σε υψηλότερες συχνότητες. Η επιτυχημένη ολοκλήρωση των δύο αυτών τεχνολογιών μειώνει το μέγεθος και βελτιώνει την απόδοση του τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

## 5.2.1

**Επίπεδα ευφυΐας (levels of intelligence)**

Σχήμα 12

**1. Μεταβαλλόμενος λοβός (switched lobe-SL)**

Είναι η απλούστερη τεχνική και υλοποιείται με μια βασική λειτουργία μεταβολής ανάμεσα σε ξεχωριστές κατευθυντικές κεραίες ή σε προσχεδιασμένες δέσμες μιας στοιχειοκεραίας. Η υλοποίηση που παρέχει τη βέλτιστη απόδοση όσον αφορά την λαμβανόμενη ισχύ προτιμάται εξ' αιτίας της υψηλότερης κατευθυντικότητας. Σε σύγκριση με την συμβατική κεραία επιτυγχάνεται κάποιο κέρδος. Τέτοια κεραία θα είναι ευκολότερο να ενσωματωθεί σε υπάρχοντα κυψελωτά δίκτυα αλλά προσφέρει περιορισμένη βελτίωση.

**2. Στοιχειοκεραίες δυναμικής μεταβολής φάσης (Dynamically Phased Array-PA)**

Χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο κατεύθυνσης άφιξης (Direction of Arrival - DoA) για λαμβανόμενο σήμα από τον χρήστη, είναι δυνατός ο συνεχής εντοπισμός ενώ μπορεί να θεωρηθεί ως μια γενίκευση της αρχής του μεταβαλλόμενου λοβού. Επίσης σε αυτή την περίπτωση μεγιστοποιείται η λαμβανόμενη ισχύς.

### 3. Προσαρμοστικές στοιχειοκεραίες (Adaptive Array-AA)

Σε αυτήν την περίπτωση ένας αλγόριθμος DoA προστίθεται για τον εντοπισμό της κατεύθυνσης των πηγών των παρεμβολών (άλλοι χρήστες). Το διάγραμμα ακτινοβολίας προσαρμόζεται ώστε να εξουδετερώνει τους παρεμβολείς. Επίσης με χρήση ειδικών αλγορίθμων και τεχνικών χωρικής διαφορικής λήψης το διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να λαμβάνει σήματα πολλαπλών δρόμων τα οποία μπορούν να συνδυαστούν. Αυτές οι τεχνικές μεγιστοποιούν το λόγο σήματος προς παρεμβολή (Signal to Interference Ratio-SIR).

Τα συμβατικά κινητά συστήματα συνήθως χρησιμοποιούν κάποια μορφή διαφορικής λήψης (χωρική ή πολοτική). Οι προσαρμοστικές κεραίες μπορούν να θεωρηθούν ως ένα εξελιγμένο σχήμα διαφορικής λήψης. Οι στοιχειοκεραίες μεταβολής φάσης θα έχουν μεγαλύτερη βελτίωση στο κέρδος από τις κεραίες μεταβαλλόμενου λοβού καθώς όλα τα στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συνδυασμό διαφορικής λήψης (diversity combine).

#### 5.2.2

##### Βελτιώσεις και πλεονεκτήματα

###### 1. Αύξηση χωρητικότητας.

Ο κύριος λόγος για το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις έξυπνες κεραίες είναι η αύξηση της χωρητικότητας. Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές οι παρεμβολές από τους άλλους χρήστες είναι η κύρια πηγή θορύβου για τα κινητά συστήματα. Η προσαρμοστική στοιχειοκεραία προσφέρει σημαντική βελτίωση και πειραματικά στοιχεία δείχνουν βελτίωση κατά 10 dB.

###### 2. Αύξηση βεληνεκούς σε αγροτικές και αραιοκατοικημένες περιοχές

Η ραδιοκάλυψη αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο για την τοποθέτηση σταθμών βάσης. Επειδή οι έξυπνες κεραίες είναι περισσότερο κατευθυντικές από τις παραδοσιακές κεραίες, η αύξηση του βεληνεκού είναι εφικτή. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί βάσης μπορούν να τοποθετηθούν πιο μακριά ο ένας από τον άλλο, κάτι που αποτελεί μια πιο οικονομική λύση.

### **3. Νέες υπηρεσίες**

Με τη χρήση έξυπνων κεραιών το δίκτυο θα έχει πρόσβαση σε χωρικές πληροφορίες για τους χρήστες. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της θέσης των χρηστών με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι στα υπάρχοντα δίκτυα. Η υπηρεσία αυτή θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε κλήσεις έκτακτης ανάγκης.

### **4. Αύξηση του αριθμού των χρηστών**

Λόγω της στοχευμένης φύσης των συχνοτήτων των έξυπνων κεραιών υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης αυτών που επιτρέπει την αύξηση του αριθμού των χρηστών. Περισσότεροι χρήστες στον ίδιο χώρο συχνοτήτων σημαίνει ότι ο πάροχος του δικτύου έχει μικρότερο λειτουργικό κόστος όσον αφορά την αγορά φάσματος συχνοτήτων.

### **5. Αυξημένο εύρος**

Δεδομένου ότι η έξυπνη κεραία εστιάζει στο κέρδος της συσκευής η οποία βρίσκεται σε επικοινωνία με κάποια άλλη συσκευή, το εύρος των λειτουργιών αυξάνεται. Αυτό επιτρέπει στην περιοχή να εξυπηρετείται από μια έξυπνη κεραία προκειμένου να επιτευχθεί η αύξηση.

### **6. Γεωγραφικές πληροφορίες**

Καθώς οι έξυπνες κεραιές χρησιμοποιούν «στοχευμένα» σήματα στην κατεύθυνση προς την οποία η κεραία μεταδίδει, το κέρδος που απαιτείται προκειμένου να επικοινωνήσει με μια συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της θέσης μιας συσκευής με σχετική ακρίβεια. Αυτό επιτρέπει στους παρόχους δικτύων να προσφέρουν νέες υπηρεσίες σε συσκευές.

## 7. Ασφάλεια

Οι έξυπνες κεραιές φυσιολογικά παρέχουν αυξημένη ασφάλεια, καθώς τα σήματα δεν ακτινοβολούνται προς όλες τις κατευθύνσεις, όπως σε μια συμβατική πολυκατευθυντική κεραία. Αυτό σημαίνει ότι αν κάποιος επιθυμεί να παρεμποδίσει τη μεταφορά πληροφοριών θα πρέπει να είναι στην ίδια τοποθεσία ή μεταξύ των δύο επικοινωνούντων συσκευών.

## 8. Εύκολη ενσωμάτωση

Οι έξυπνες κεραιές δεν είναι ένα νέο πρωτόκολλο ή πρότυπο, έτσι μπορούν να συνεργαστούν εύκολα με τις ήδη υπάρχουσες μη έξυπνες κεραιές και συσκευές.

### 5.2.3

#### Μειονεκτήματα

##### 1. Πολυπλοκότητα πομποδέκτη

Είναι προφανές ότι ένας πομποδέκτης που χρησιμοποιεί έξυπνη κεραία είναι πολύ πιο πολύπλοκος από ένα παραδοσιακό πομποδέκτη σταθμού βάσης. Η κεραία θα χρειάζεται ξεχωριστές συνδέσεις με τον πομποδέκτη για κάθε ένα από τα στοιχεία καθώς και ακριβή ρύθμιση σε πραγματικό χρόνο.

##### 2. Διαχείριση εξοπλισμού (resource management)

Αν και οι έξυπνες κεραιές στηρίζονται κυρίως στην τεχνολογία RF, απαιτούν βελτιωμένες λειτουργίες δικτύων όπως η διαχείριση εξοπλισμού και κινητικότητας (mobility management).

##### 3. Κόστος αγοράς

Καθώς οι έξυπνες κεραιές είναι εξαιρετικά περίπλοκες, χρησιμοποιώντας την τελευταία λέξη της τεχνολογίας επεξεργασίας, είναι πολύ πιο ακριβές από τις συμβατικές κεραιές. Ωστόσο, το κόστος αυτό αντισταθμίζεται με το κόστος του φάσματος συχνοτήτων.

#### 4. Μεγαλύτερο μέγεθος

Λόγω τις συστοιχίες κεραιών που χρησιμοποιούνται από τα έξυπνα συστήματα κεραιών, το συνολικό μέγεθος είναι πολύ μεγαλύτερο από τα παραδοσιακά συστήματα. Αυτό μπορεί να είναι επικίνδυνο για τη υγεία των πολιτών.

#### 5. Τοποθεσία

Η θέση των έξυπνων κεραιών πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη βέλτιστη λειτουργία τους. Λόγω της κατευθυντικής δέσμης που «εκτοξεύεται» από μια έξυπνη κεραία, η ιδανική θέση για αυτή δεν είναι πάντα η ίδια με μια παραδοσιακή κεραία.

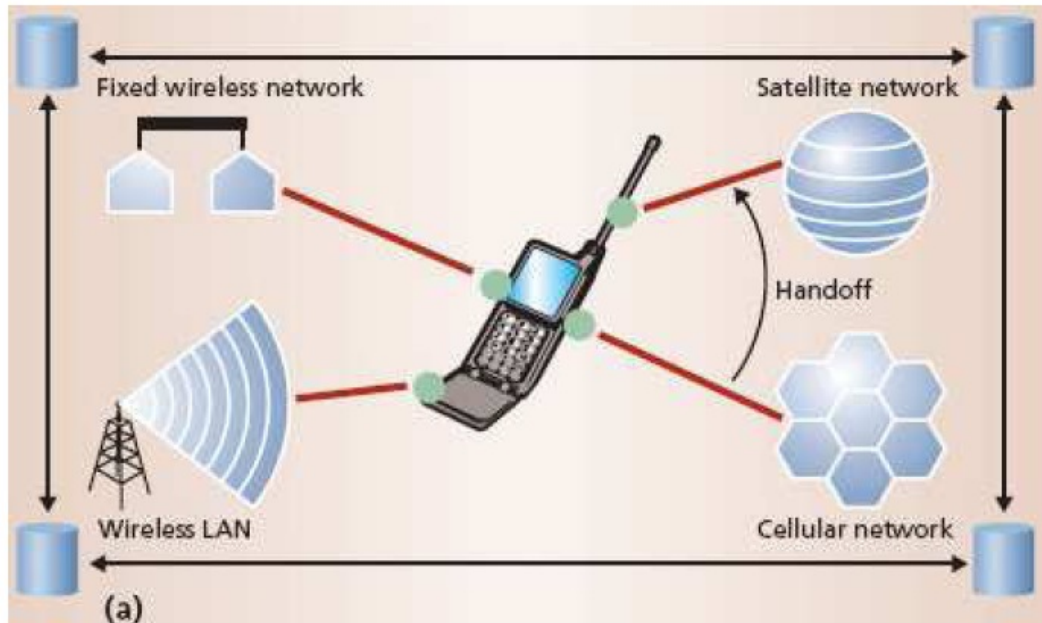
##### 5.2.4

##### ***Επίτευξη διαλειτουργικότητας***

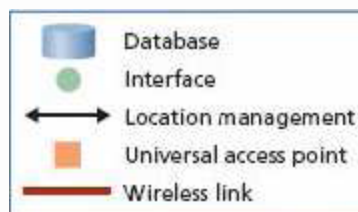
Η διαλειτουργικότητα θα οδηγήσει στην ανάγκη πρόσβασης σε διαφορετικά ασύρματα δίκτυα μέσω του ίδιου τερματικού. Μπορούμε να προσδιορίσουμε τις παρακάτω τρεις πιθανές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα :

##### **1) Τερματικά πολλαπλού τρόπου λειτουργίας (multi-mode terminals)**

Αυτή η επιλογή αφορά την ανάπτυξη των παλαιότερων συστημάτων και έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν. Απαιτεί ένα ενιαίο τερματικό που θα είναι σε θέση να «μιλήσει» με διαφορετικά ασύρματα δίκτυα. Αυτό επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση επιπλέον διασυνδέσεων στο τερματικό, από μία για κάθε διαφορετικό ασύρματο δίκτυο. Η επιλογή των τερματικών πολλαπλού τρόπου λειτουργίας θα προσφέρει αυξημένη κάλυψη και αξιόπιστη πρόσβαση στις υπηρεσίες στην περίπτωση της διακοπής λειτουργίας ενός ή περισσότερων δικτύων σε μια περιοχή. Επιπλέον, η επιλογή των τερματικών πολλαπλού τρόπου λειτουργίας δεν αυξάνει την πολυπλοκότητα του σταθερού μέρους του δικτύου, καθώς η πρόσθετη πολυπλοκότητα ενσωματώνεται στις κινητές συσκευές. Κάθε δίκτυο θα έχει μια βάση που θα συλλέγει την τοποθεσία του χρήστη, τα χαρακτηριστικά της συσκευής, την κατάσταση του δικτύου και τις προτιμήσεις του χρήστη. Με αυτή την αρχιτεκτονική όμως υπάρχει πρόβλημα με ζητήματα ποιότητας υπηρεσίας (QoS – quality of service).

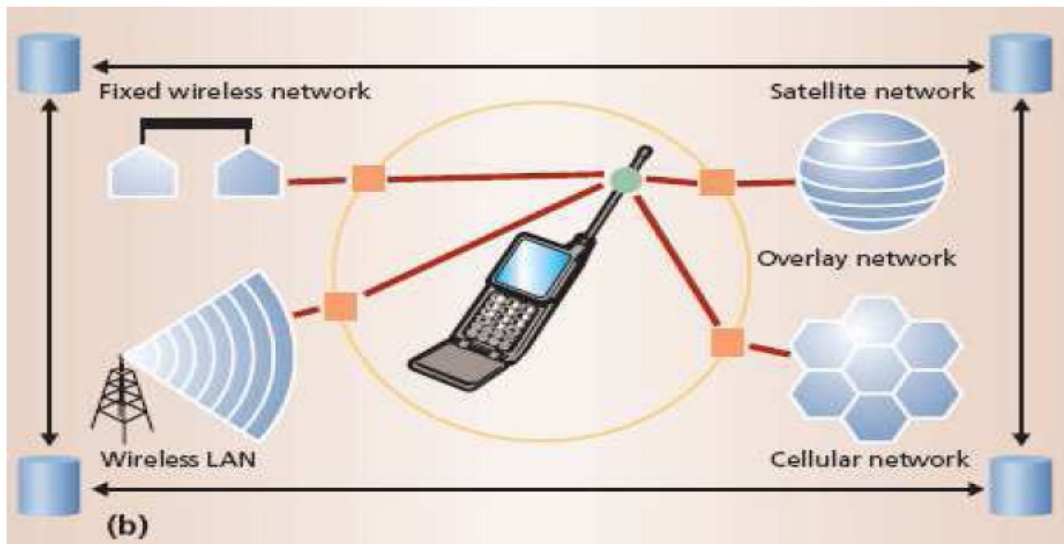


**Σχήμα 13:** Μία συσκευή πολλαπλού τρόπου λειτουργίας (multi-mode terminal) επιτρέπει στο χρήστη να ξεκινήσει μεταπομπή (handoff) μεταξύ δικτύων, χωρίς να απαιτείται τροποποίηση του δικτύου ή των αλληλεπιδρώντων συσκευών.

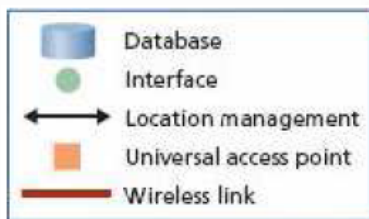


## 2) Δίκτυο επικάλυψης (overlay network)

Σε αυτή τη λύση, οι χρήστες έχουν πρόσβαση στο δίκτυο τέταρτης γενιάς μέσω σημείων πρόσβασης ενός δικτύου επικάλυψης. Κατά τη διαδικασία σύνδεσης, το σημείο πρόσβασης θα επιλέγει το ασύρματο δίκτυο με το οποίο θα συνδεθεί τελικά το τερματικό. Αυτή η επιλογή μπορεί να βασίζεται σε κάποιες επιλογές προκαθορισμένες από το χρήστη, στη διαθεσιμότητα των πόρων των διαφόρων δικτύων, στις απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσιών, κ.λπ. Κάθε σημείο πρόσβασης αποθηκεύει πληροφορίες για το χρήστη, το δίκτυο και τη συσκευή. Αυτή η αρχιτεκτονική υποστηρίζει την εύκολη υλοποίηση πολιτικών τιμολόγησης.



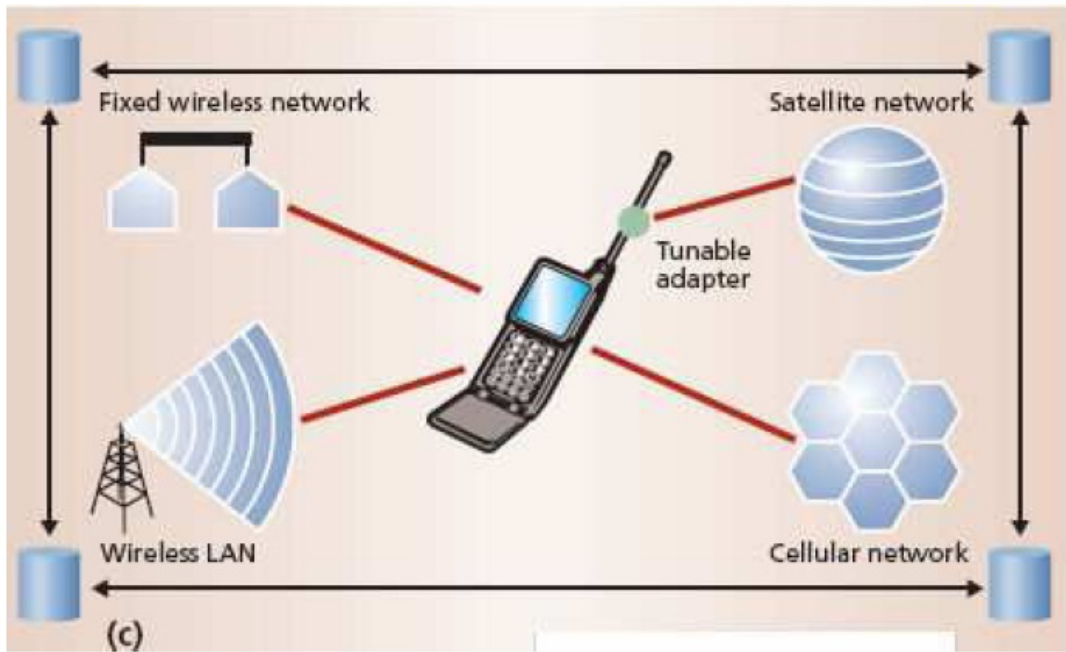
**Σχήμα 14** Ένα δίκτυο επικάλυψης (overlay network) αποτελείται από πολλά σημεία πρόσβασης (UAPs), κάθε ένα από τα οποία αποθηκεύει πληροφορίες για το χρήστη, το δίκτυο και τη συσκευή. Σε αυτή την περίπτωση, μεταπομπή (handoff) πραγματοποιείται από το **δίκτυο επικάλυψης**, όταν ο χρήστης μετακινείται από ένα UAP σε ένα άλλο UAP.



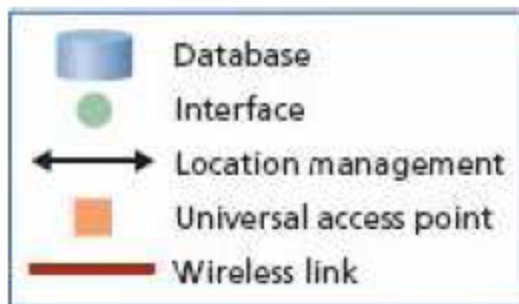
### 3) Κοινό πρωτόκολλο πρόσβασης (common access protocol)

Αυτή η επιλογή απαιτεί τη χρήση ενός ή δύο τυποποιημένων πρωτοκόλλων πρόσβασης στα ασύρματα δίκτυα. Μια πιθανή επιλογή για τα ασύρματα δίκτυα είναι να χρησιμοποιηθούν είτε κυψέλες ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM) με επιπλέον κεφαλίδες (headers) είτε κυψέλες ασύρματου ATM (Wireless ATM, WATM).





**Σχήμα 15** Μία συσκευή ικανή να εναλλάσσεται αυτόματα μεταξύ δικτύων είναι εφικτή, αν τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να υποστηρίξουν ένα κοινό πρωτόκολλο για να προσπελάσουν ένα δορυφορικό δίκτυο και ένα άλλο πρωτόκολλο για τα επίγεια δίκτυα.



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°****ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ - 4G****6.1*****Επιχειρηματικά μοντέλα***

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται μερικά επιχειρηματικά μοντέλα για την αξιοποίηση ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών – 4G. Η διαφοροποίηση των επιχειρηματικών μοντέλων μεταξύ τους έγκειται στο βαθμό στον οποίο ολοκληρώνονται ορισμένοι παράγοντες σε κάθε μοντέλο. Συγκεκριμένα:

- Ολοκλήρωση ιδιοκτησίας: Μέχρι ποιο σημείο τα διαφορετικά λειτουργικά στρώματα αναπτύσσονται κάτω από κοινή ιδιοκτησία;
- Ολοκλήρωση στόχου: Μέχρι ποιο σημείο εκτελούνται οι στόχοι με αμοιβαίο συντονισμό, πριν εισέλθει ο ανταγωνισμός ;
- Ολοκλήρωση γνώσης: Μέχρι ποιο σημείο οι εμπλεκόμενοι φορείς έχουν γνώση σχετικά με τις δραστηριότητες των άλλων εμπλεκόμενων φορέων;

Ο βαθμός ολοκλήρωσης των παραπάνω παραγόντων καθορίζεται με τη μελέτη και έρευνα των παρακάτω σημείων αντίστοιχα:

- Ο βαθμός στον οποίο ο ίδιος φορέας έχει πολλαπλούς ρόλους στο επιχειρηματικό μοντέλο.
- Ο βαθμός στον οποίο διαφορετικοί συμμετέχοντες ευθυγραμμίζουν τις δραστηριότητες τους για την ολοκλήρωση ενός στόχου.
- Ο βαθμός στον οποίο διαφορετικοί συμμετέχοντες έχουν γνώση ο ένας για τις δραστηριότητες του άλλου.

Τα στοιχεία που εμπλέκονται στα επιχειρηματικά μοντέλα για την αξιοποίηση ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών, είναι τα παρακάτω:

- Συσκευές
- Πύλες πρόσβασης (portals)

- Περιεχόμενο
- Υπηρεσίες
- Πλατφόρμες υπηρεσιών
- Υποδομή πρόσβασης

Οι επιχειρηματικές διαδικασίες ομαδοποιούνται σε δύο φάσεις:

- Φάση ανάπτυξης: άθροιση ζήτησης, προώθηση, προχρηματοδότηση, έναρξη, συντονισμός προτύπων, σχέδιο, υλοποίηση.
- Φάση εμπορικής εκμετάλλευσης: Λειτουργία, συντήρηση, διαφήμιση, πωλήσεις, CRM, τιμολόγηση.

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά παραδείγματα επιχειρηματικών μοντέλων. Το Σχήμα 16 παρουσιάζει τα τρία βασικά επίπεδα ενός επιχειρηματικού μοντέλου:

- Το πρώτο επίπεδο αφορά τον παθητικό εξοπλισμό του δικτύου, δηλαδή τους αγωγούς, τις οπτικές ίνες κ.λπ. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στο ποιος φορέας (ιδιωτική ή δημόσια επιχείρηση, κ.λπ.) παρέχει και εκμεταλλεύεται την βασική υποδομή του ευρυζωνικού δικτύου.
  - Το δεύτερο επίπεδο αφορά τον ενεργό εξοπλισμό του δικτύου. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στο ποιος φορέας παρέχει και εκμεταλλεύεται την ενεργή υποδομή του ευρυζωνικού δικτύου.
- Το τρίτο επίπεδο αναφέρεται στο ποιος ελέγχει το δίκτυο, καθώς και τις υπηρεσίες και το περιεχόμενο που προσφέρονται πάνω από αυτό.



**Σχήμα 16** Επίπεδα επιχειρηματικού μοντέλου ευρυζωνικών υποδομών

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά σενάρια επιχειρηματικών μοντέλων που δείχνουν το πώς οι δημόσιοι οργανισμοί και οι ιδιωτικοί πάροχοι υποδομών, εξοπλισμού και υπηρεσιών μπορούν να συνεργαστούν προς όφελος του τελικού χρήστη.

### Σενάριο 1: Ίση πρόσβαση (Equal Access)

Στο συγκεκριμένο σενάριο (Σχήμα 17) στόχος είναι η διασφάλιση ίσης πρόσβασης στον παθητικό εξοπλισμό του δικτύου. Συγκεκριμένα:

- Στο πρώτο επίπεδο δραστηριοποιείται μια οντότητα, η οποία προσφέρει κοστοστρεφώς τον παθητικό εξοπλισμό του δικτύου στον πάροχο του ενεργού εξοπλισμού. Η οντότητα πρέπει να είναι μια εταιρεία κοινής ωφέλειας ή η δημοτική.
- Στο δεύτερο επίπεδο δραστηριοποιούνται πολλοί πάροχοι, ο οποίοι προσφέρουν τον ενεργό εξοπλισμό του δικτύου.
- Στο τρίτο επίπεδο δραστηριοποιούνται επίσης πολλοί πάροχοι υπηρεσιών, που δρουν ανταγωνιστικά και προσφέρουν ευρυζωνικές υπηρεσίες στους χρήστες.



**Σχήμα 17**

Η οντότητα που δραστηριοποιείται στο πρώτο επίπεδο, κατασκευάζει τη παθητική υποδομή και στη συνέχεια, την επικοινωνιάζει σε μια εταιρεία ή κοινοπραξία εταιρειών που λειτουργεί το δίκτυο. Η εταιρεία λειτουργίας του δικτύου παρέχει με τη σειρά της τον ενεργό εξοπλισμό και προσφέρει ευρυζωνική πρόσβαση στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους και τους παρόχους περιεχομένου. Τέλος, οι πάροχοι

υπηρεσιών πληρώνουν ένα μηνιαίο τέλος ανά χρήστη στην εταιρεία λειτουργίας του δικτύου.

Υπάρχουν δύο σημαντικές παραλλαγές στο επιχειρηματικό μοντέλο ίσης πρόσβασης:

1. Η πρώτη παραλλαγή προκύπτει όταν υπάρχει ήδη σημαντική ευρυζωνική υποδομή στην περιοχή και δεν είναι αναγκαίες νέες επενδύσεις. Σε αυτή την περίπτωση ο ρόλος της δημοτικής αρχής είναι να λειτουργεί ως ενορχηστρωτής με το να εξασφαλίζει τη δημιουργία μιας ακμάζουσας αγοράς για ευρυζωνικές υπηρεσίες και περιεχόμενο.

2. Η δεύτερη παραλλαγή προκύπτει όταν η δημοτική αρχή αναλαμβάνει και τη διαχείριση της ενεργής υποδομής μαζί με τη διαχείριση της παθητικής υποδομής. Το επιχειρηματικό μοντέλο ίσης πρόσβασης προϋποθέτει ότι ένας μεγάλος αριθμός από παρόχους υπηρεσιών και περιεχόμενου είναι διαθέσιμοι και ανταγωνίζονται μεταξύ τους

**Σενάριο 2: Πλήρης κρατικός έλεγχος μέσω κοινοπραξιών του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα (Full Public control through Public-Private Partnerships –PPPs)**

Το συγκεκριμένο σενάριο (Σχήμα 18) εμπλέκει την δημοτική αρχή σε όλα τα μέρη του ευρυζωνικού δικτύου, δηλαδή στην παθητική υποδομή, στην ενεργή υποδομή και στις υπηρεσίες. Με τον τρόπο αυτό, διασφαλίζεται η κρατική παρέμβαση και ο έλεγχος σε όλα τα επίπεδα, μέσω της συμμετοχής του κράτους σε κοινοπραξίες του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα.



**Σχήμα 18**

Το μοντέλο αυτό μπορεί να επιλεγεί γιατί είτε η δημοτική αρχή δεν είναι έτοιμη να επιτρέψει έστω ένα προσωρινό μονοπώλιο για την παροχή υπηρεσιών, είτε γιατί δεν το επιτρέπει η νομοθεσία. Πλεονέκτημα του παρόντος μοντέλου είναι η απλοποίηση της διαχείρισης του συνολικού έργου, εφόσον εμπλέκεται ένας μόνο οργανισμός. Μειονεκτήματα του μοντέλου αφορούν τη μη προαγωγή του ανταγωνισμού στην παροχή υπηρεσιών και περιεχομένου, με αποτέλεσμα οι πελάτες να έχουν λιγότερες επιλογές, την ύπαρξη περιορισμένων καινοτομικών στοιχείων, καθώς και την απουσία της πίεσης των τιμών. Τέλος, στο μοντέλο αυτό απαιτείται από την δημοτική αρχή να λειτουργεί ως πάροχος τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, τομέας στον οποίο δεν έχει εμπειρία.

### Σενάριο 3: Κοινοπραξίες του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα χωρίς κρατικό έλεγχο (Public-Private Partnerships – PPPs orchestrated)

Στο συγκεκριμένο σενάριο (Σχήμα 19) δημιουργείται μια δημόσια – ιδιωτική κοινοπραξία για τον έλεγχο του παθητικού εξοπλισμού του δικτύου, καθώς και των υπηρεσιών που παρέχονται. Στην κοινοπραξία αυτή ο Δήμος συμμετέχει με μικρό ποσοστό, συνήθως μικρότερο του 20%, ενώ οι υπόλοιποι συμμετέχοντες είναι ιδιωτικοί φορείς και εταιρείες. Το ενεργό μέρος τους δικτύου το κατέχει και το διαχειρίζεται αποκλειστικά μια ιδιωτική εταιρεία.



Σχήμα 19

#### Σενάριο 4: Δημόσιος Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών (Public Sector Telco)

Στο συγκεκριμένο σενάριο (Σχήμα 20) στόχος είναι η εκμετάλλευση του παθητικού και του ενεργού μέρους του δικτύου από μια δημόσια εταιρεία κοινής ωφέλειας.

Πιο συγκεκριμένα:

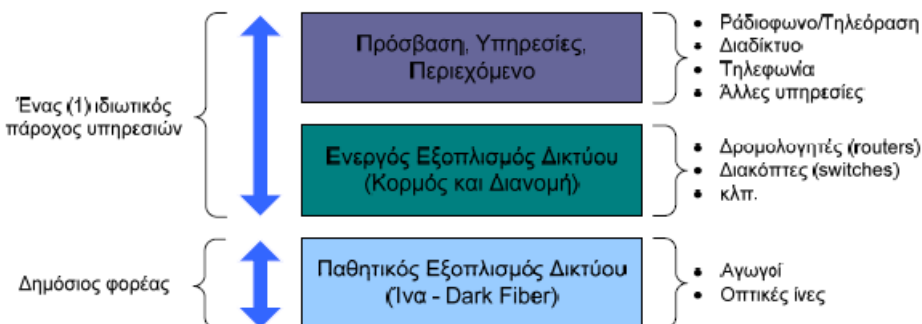
- Στο πρώτο και το δεύτερο επίπεδο δραστηριοποιείται μια εταιρεία κοινής ωφέλειας ή η δημοτική αρχή η οποία στην περίπτωση αυτή προσφέρει τον παθητικό και τον ενεργό εξοπλισμό του δικτύου.
- Στο τρίτο επίπεδο δραστηριοποιούνται πολλές ιδιωτικές εταιρείες που δρουν ανταγωνιστικά, προσφέροντας ευρυζωνικές υπηρεσίες στους χρήστες.



Σχήμα 20

#### Σενάριο 5: Μοναδικός ιδιωτικός πάροχος υπηρεσιών (Sole Private Provider)

Στο μοντέλο αυτό, ο ενεργός δικτυακός εξοπλισμός, η διαχείριση του δικτύου, καθώς και οι υπηρεσίες παρέχονται από έναν και μόνο ιδιωτικό πάροχο. Ένας δημόσιος φορέας (π.χ. ο Δήμος) έχει στην ιδιοκτησία του τον παθητικό δικτυακό εξοπλισμό.



Σχήμα 21

Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι ότι το όλο εγχείρημα γίνεται εμπορικά βιώσιμο σε σημαντικά μικρότερα επίπεδα κόστους ανά πελάτη. Βέβαια, στους πελάτες παρέχονται περιορισμένες υπηρεσίες και δεν υπάρχει οικονομικό όφελος από τον ανταγωνισμό στις τιμές (γιατί δεν υφίσταται ανταγωνισμός).

## 6.2

### Συστατικά ενός ευρυζωνικού δικτύου 4G

Ένα ευρυζωνικό δίκτυο αποτελείται από τα παρακάτω συστατικά:

- **Παθητική υποδομή (Passive Infrastructure):** Αποτελεί την φυσική υποδομή η οποία χρησιμοποιείται για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης και συνήθως αποτελείται από αγωγούς (σωληνώσεις), φρεάτια, καλώδια οπτικών ινών και οπτικούς κατανεμητές. Πολλές δημοτικές αρχές διαθέτουν υποδομές που θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν δικτυακή υποδομή οι οποίες μπορούν να μειώσουν δραματικά το κόστος δημιουργίας ευρυζωνικών δικτύων.
- **Ενεργή υποδομή (Active Infrastructure):** Η ενεργή υποδομή αποτελείται από στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την μετάδοση δεδομένων πάνω από την παθητική υποδομή. Τέτοια στοιχεία είναι π.χ. μεταγωγείς και δρομολογητές.
- **Παροχή υπηρεσιών (Service Offerings):** Είναι οι υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται στους πελάτες, όπως για παράδειγμα πρόσβαση στο Διαδίκτυο με υψηλές ταχύτητες (10 Mbps ή περισσότερο), high definition TV, τηλεφωνία με χρήση βίντεο, βίντεο κατά απαίτηση κ.λπ.
- **Εταιρεία λειτουργίας του δικτύου:** Η εταιρεία αυτή εκμεταλλεύεται την παθητική υποδομή, και ίσως και την ενεργή υποδομή του δικτύου. Ανάλογα με το επιχειρηματικό μοντέλο, η εταιρεία αυτή προσφέρει υπηρεσίες πρόσβασης σε άλλες εταιρείες, οι οποίες παρέχουν υπηρεσίες στους πελάτες ή μπορεί να παρέχει και η ίδια απευθείας υπηρεσίες στους πελάτες
- **Πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και πάροχοι περιεχομένου:** Οι εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες και περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες.
- **Δημόσιος τομέας, οικιακοί και εταιρικοί χρήστες:** Αποτελούν τους τελικούς χρήστες και αποτελούνται από όλες τις επιχειρήσεις, τους κατοίκους και τους οργανισμούς του δημόσιου τομέα στην περιοχή την οποία εξυπηρετεί το ευρυζωνικό δίκτυο.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ 4G**

Το κόστος ενός ευρυζωνικού δικτύου και των υπηρεσιών του, χωρίζεται σε δύο μέρη, το κόστος κατασκευής του ευρυζωνικού δικτύου (CAPEX) και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του ευρυζωνικού δικτύου (OPEX).

#### **7.1**

##### **Τι ορίζεται ως CAPEX**

Ως CAPEX ορίζονται οι δαπάνες/κόστη που σχετίζονται με την κατασκευή ή την επέκταση του πάγιου ενεργητικού (δηλαδή των σταθερών πόρων, όπως για παράδειγμα η υποδομή του δικτύου), οι οποίες υπόκεινται σε μείωση κατά τη διάρκεια της οικονομικής ζωής ενός προγράμματος/έργου. Στην συνέχεια, υπάρχει μια υπόλοιπη αξία που συνδέεται σε αυτές τις δαπάνες.

Το CAPEX είναι απαραίτητο για την δημιουργία νέων ή τη βελτίωση των υπάρχουσών υπηρεσιών, αλλά και για την αναβάθμιση των δραστηριοτήτων των εταιριών. Η ανάλυση του CAPEX βασίζεται γενικά στις φυσικές και λογικές απαιτήσεις σε πόρους. Η κατασκευή ενός δικτύου, η υλοποίηση δικτυακών συσκευών, και η απόκτηση συστημάτων λογισμικού (ή υλικού) που επιτρέπουν τις ιδιαίτερες προσφορές υπηρεσιών, παραδείγματος χάριν, περιλαμβάνουν σημαντικά χρηματικά ποσά για την αγορά απαραίτητων συσκευών ή ενός πληροφοριακού συστήματος.

Με άλλα λόγια, στα ευρυζωνικά δίκτυα το CAPEX αποτελείται από τα παρακάτω:

- Παθητικός εξοπλισμός (σωληνώσεις, μικρο-σωληνώσεις, φρεάτια, οπτικές ίνες, καταναμητές, κ.λπ.).
- Ενεργός εξοπλισμός (μεταγωγείς, δρομολογητές, transceivers κ.λπ.).
- Εργασίες (εκκαφές, συγκολλήσεις, αποκαταστάσεις κ.λπ.).

Οι τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους υλοποίησης ευρυζωνικών δικτύων για τους παρακάτω λόγους:

- Διαθεσιμότητα end-to-end λύσεων για την υλοποίηση ευρυζωνικών δικτύων.

- Εισαγωγή της τεχνολογίας tube-in-tube με την χρήση μικρο-σωληνώσεων όπου οι οπτικές ίνες εισάγονται λίγο πριν χρησιμοποιηθούν και όχι από την αρχή της υλοποίησης του ευρυζωνικού δικτύου.
- Νέας γενιάς υψηλής χωρητικότητας συσκευές διασύνδεσης.

## **7.2**

### **Τι ορίζεται ως OPEX**

Ως OPEX ορίζονται οι δαπάνες/κόστη που είναι απαραίτητες για τη διεύθυνση της επιχείρησης ή του εξοπλισμού, και απολύτως αναγκαία για να διατηρήσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες συνεχώς και αδιάλειπτα ενεργές. Αυτές οι δαπάνες δεν προορίζονται για να επεκτείνουν το πάγιο ενεργητικό και δεν υπόκεινται στην μείωση. Μόλις γίνουν, αυτές οι δαπάνες δεν έχουν καμία υπόλοιπη αξία (residual value). Ως OPEX ορίζονται όλα τα στοιχεία δαπανών τα οποία δεν συμπεριλαμβάνονται στο CAPEX. Στην πραγματικότητα, τα όρια ανάμεσα στο CAPEX και το OPEX δεν είναι πάντα σαφώς καθορισμένα. Ορισμένες δαπάνες, όπως εκείνες που είναι σχετικές με το λογισμικό, είναι στα όρια ανάμεσα στο CAPEX και το OPEX, επειδή συσχετίζονται και με το ένα και με το άλλο. Τα κόστη για την αγορά συστημάτων υλικού και λογισμικού ορίζονται ως CAPEX, αλλά η λειτουργία και η συντήρηση αυτών των συστημάτων, οι δαπάνες που σχετίζονται με το εργατικό δυναμικό και οι (περιοδικές) δαπάνες ανανέωσης αδειών (license costs) συμπεριλαμβάνονται στο OPEX. Έτσι λοιπόν, στα ευρυζωνικά δίκτυα, το OPEX συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω:

- Κόστος το οποίο σχετίζεται με τον χρήστη, για παράδειγμα κεντρική προετοιμασία (όπως βάσεις δεδομένων, χρεώσεις, ενεργοποίηση port, κ.λπ.), εγκατάσταση εξοπλισμού (κόστος το οποίο υφίσταται μόνο μία φορά), χρέωση (επαναλαμβανόμενο κόστος), κέντρο λειτουργίας δικτύου (επαναλαμβανόμενο κόστος), κλπ.
- Κόστος το οποίο σχετίζεται με τον εξοπλισμό, για παράδειγμα προληπτική συντήρηση, αντιμετώπιση λαθών και προβλημάτων, κατανάλωση ενέργειας, κόστος χρήσης χώρων, κλπ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ 4G**

Η παρακάτω ανάλυση ακολουθεί ένα οικονομικοτεχνικό πλαίσιο με σκοπό να γίνει αντιληπτό το σύνολο των διαδικασιών και των συνεργασιών που ακολουθούνται ανάμεσα σε διαφορετικές οικονομικές και επιχειρηματικές οντότητες.

#### **8.1**

##### **Τεχνοοικονομικό Πλαίσιο**

Οι ευρυζωνικές υπηρεσίες έχουν ανοίξει νέους δρόμους για τους παρόχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η αναβάθμιση στην πρόσβαση και την ποιότητα των δικτύων προκειμένου να είναι δυνατή η παροχή νέων και απαιτητικών υπηρεσιών έχουν φέρει μεγάλες επενδύσεις στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών. Η τεχνοοικονομική ανάλυση χρησιμοποιείται προκειμένου να βρεθεί και να αναπτυχθεί η καλύτερη και πιο συμφέρουσα τόσο οικονομικά όσο και από πλευράς απόδοσης τεχνολογία.

Για τον σκοπό αυτής της ενότητας ως □ τεχνοοικονομική □ ανάλυση ονομάζουμε την ανάλυση αυτήν που εξετάζει την οικονομική επιτευξιμότητα της τεχνολογίας. Ένα τεχνοοικονομικό πλαίσιο αποτελείται κυρίως από τα παρακάτω μέρη:

- καθορισμός περιοχής – γεωγραφικά χαρακτηριστικά και η υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή.
- προσδιορισμός των υπηρεσιών για κάθε είδος χρήστη και κατά πόσον αυτοί υοθετούν τις νέες υπηρεσίες
- κανονισμοί διαστασιολογίας του δικτύου και τα κόστη των παρεμφερών τηλεπικοινωνιακών εξοπλισμών
- μοντέλο κόστους των κεφαλαιακών (CAPEX) και λειτουργικών (OPEX) δαπανών
- μοντέλο εξόφληση της επένδυσης
- πίνακες αποτελεσμάτων βασισμένα στο NPV

## 8.2

### Σενάρια ως Είσοδος

Ένας μεγάλος αριθμός επιλογών υποθέσεων και προβλέψεων πρέπει να γίνουν προτού ξεκινήσουμε την τεchnοοικονομική ανάλυση. Αυτές σχετίζονται με την επιλογή της γεωγραφικής περιοχής στην οποία θα εφαρμοστεί το ασύρματο δίκτυο, το είδος των πελατών τις υπηρεσίες που πρόκειται να παρέχονται και την τεχνολογία ή τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για το σύνολο των υπηρεσιών. Υποθέσεις και προβλέψεις πρέπει να γίνουν σχετικά με τον λοιπό ανταγωνισμό στην αγορά, τις τιμές και το κόστος των συστατικών του δικτύου. Σαν σενάριο ορίζεται η περιγραφή του δικτυακού και τηλεπικοινωνιακού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένου ενός ή περισσότερων παρόχων που προσφέρουν ένα σύνολο υπηρεσιών σε έναν αριθμό χρηστών, σε ένα συγκεκριμένο χρονικό και χωρικό πλαίσιο. Ένα ολοκληρωμένο σενάριο αποτελείται από άλλα σενάρια που σχετίζονται με θέματα της τοπικής αγορά και κατάστασης, θέματα περιβαντολλογικά, θέματα σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες και με τις λοιπές τεχνολογίες.

Το σενάριο που σχετίζεται με την τοπική αγορά αναλύει τις τιμές που υπάρχουν στην συγκεκριμένη περιοχή για την παροχή υπηρεσιών από τον ίδιο τον πάροχο αλλά και από τους λοιπούς ανταγωνιστές. Επίσης στο σενάριο αυτό αναλύεται ο αριθμός και το είδος των παρόχων, καθώς και το μερίδιο αυτών στην αγορά. Το περιβαντολλογικό σενάριο αναλύει θέματα που σχετίζονται με την γεωγραφία της περιοχής στην οποία πραγματοποιείται η ανάλυση και με δημογραφικά της χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα, στο σενάριο αυτό αναλύεται και η τυχόν υπάρχουσα υποδομή που ενδέχεται να υπάρχει στην περιοχή. Το σενάριο χρήσης αναλύει και περιγράφει τις παρεχόμενες υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες. Στο σενάριο αυτό περιγράφονται και τα κόστη των υπηρεσιών αυτών καθώς και η διείσδυσή τους στην υπάρχουσα αγορά. Το σενάριο που αναφέρεται στα τεχνολογικά ζητήματα αναλύει και περιγράφει την αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται για την παροχή των υπηρεσιών στους τελικούς χρήστες. Στο σενάριο αυτό αναλύονται και τα κόστη για την αγορά και εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού, το κόστος λειτουργίας, διαχείρισης και συντήρησης του εξοπλισμού. Τα χαρακτηριστικά και οι τιμές αυτών

δεν είναι σταθερές καθόλη την τεχνολογική ανάλυση αλλά τροποποιούνται. Για τον λόγο αυτό οι τιμές των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με το σενάριο πρέπει συνεχώς να αξιολογούνται και να επανακαθορίζονται.

### **8.3**

#### **Έξοδα (OPEX – CAPEX)**

Τα έξοδα δημιουργίας και λειτουργίας ενός ευρυζωνικού ασύρματου δικτύου μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις κεφαλαιακές (CAPEX) και τις λειτουργικές (OPEX) δαπάνες. Οι κεφαλαιακές δαπάνες περιλαμβάνουν τα έξοδα για την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού καθώς και τα έξοδα για τον σχεδιασμό και υλοποίηση του δικτύου. Στα έξοδα υλοποίησης του δικτύου περιλαμβάνονται και έξοδα όπως αυτά της αγοράς οι ενοικίασης ακινήτων για την τοποθέτηση των γραφείων και των σταθμών βάσης, τα έξοδα για τις οικοδομικές εργασίες των διαφόρων εγκαταστάσεων και για την τοποθέτηση των κεραιών. Τα κύρια έξοδα που ανήκουν στις CAPEX δαπάνες είναι τα κόστη για τους σταθμούς βάσης, οι κτιριακές και λοιπές εγκαταστάσεις, οι πλατφόρμες υπηρεσιών και το κόστος για την αγορά του απαραίτητου ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (licensing). Τα κύρια συστατικά του δικτύου που σχετίζονται με τις CAPEX δαπάνες είναι τα παρακάτω.

- σταθμοί βάσης
- εργασίες για την εγκατάσταση του δικτύου
- πλατφόρμες υπηρεσιών
- αγορά εύρους ζώνης

Οι λειτουργικές δαπάνες (OPEX) περιλαμβάνουν τις δαπάνες για λειτουργία, διαχείριση, συντήρηση και ανάπτυξη του δικτύου. Στα κόστη λειτουργίας περιλαμβάνονται τα κόστη που σχετίζονται με την λειτουργία του δικτύου, την υποστήριξη των υπάρχοντων συστημάτων και την εκπαίδευση των στελεχών (μηχανικών και τεχνικών). Τα κόστη διαχείρισης είναι τα κόστη αυτά που σχετίζονται με τα έξοδα διαχείρισης των εξοπλισμών μετά την εγκατάσταση αυτών. Στις δαπάνες διατήρησης περιλαμβάνονται τα κόστη που χρειάζονται προκειμένου ο εξοπλισμός να διατηρείται σε ικανοποιητική κατάσταση και οποτεδήποτε

παρατηρείται πρόβλημα στον εξοπλισμό λόγω χρήσης και φυσικής φθοράς, το πρόβλημα αυτό άμεσα να διορθώνεται. Αν και οι λειτουργικές δαπάνες θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές, τα OPEX έξοδα υπολογίζονται περίπου στο 25-28 % των συνολικών εξόδων. Τα κύρια συστατικά του δικτύου που σχετίζονται με τις OPEX δαπάνες είναι τα παρακάτω.

- εκμίσθωση ακινήτων
- backhaul
- συντήρηση του δικτύου
- διαφήμιση της εταιρίας
- φροντίδα πελατών

#### **8.4**

##### **Ζητήματα Σχεδιασμού, Συνολικού Κόστους Δικτύου & Χρηματοδότησης**

Προκειμένου να κρατηθεί χαμηλά το CAPEX θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Προσεκτικός σχεδιασμός του δικτύου (planning)
- Προσεκτικός σχεδιασμός σχετικά με τα απαιτούμενα υλικά (logistics)
- Χρήση ευέλικτων τεχνικών (π.χ. υλοποίηση του δικτύου με χρήση μικρο-σωληνώσεων)
- Ισχυρή διείδυση του δικτύου οδηγεί σε μείωση του CAPEX/πελάτη.

Προκειμένου να κρατηθεί χαμηλά το OPEX θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Χρήση self service portals
- Χρήση outsourcing για τις υπηρεσίες που έχουν σχέση με το περιεχόμενο
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Ισχυρή διείδυση του δικτύου, η οποία οδηγεί σε μείωση του OPEX/πελάτη
- Χρήση εξοπλισμού με μεγάλη διάρκεια ζωής.

Το συνολικό κόστος για την δημιουργία ενός ευρυζωνικού δικτύου εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως:

- Εξοπλισμός ο οποίος θα δίνεται στους τελικούς χρήστες: Θα παρέχεται εξοπλισμός μαζί με την υπηρεσία; Αυτό μπορεί να αυξήσει μέχρι και 20% το κόστος της αρχικής επένδυσης.
- Θα υπάρχει χρέωση κόστους διασύνδεσης στο δίκτυο: Εάν υπάρχει χρέωση κόστους διασύνδεσης μπορεί να υπάρχει σημαντική μείωση της χρηματοδότησης που απαιτείται.
- Συντήρηση και έλεγχος του δικτύου: Μπορεί να γίνει outsource; Στην πράξη το ποσό της χρηματοδότησης του δικτύου εξαρτάται σημαντικά από το ποσό το οποίο είναι διατεθειμένοι οι χρήστες του δικτύου να πληρώσουν για την χρήση και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ώστε να υπάρχει υψηλή διεύθυνση και κατά συνέπεια χαμηλό CAPEX και OPEX ανά διασυνδεδεμένο χρήστη.

Για την χρηματοδότηση δημιουργίας ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών υπάρχουν διάφορες δυνατότητες:

- Επιχορήγηση (εθνική, κοινοτική κ.λ.π.) – ιδανική περίπτωση γιατί δεν απαιτεί αποπληρωμή.
- Μακρόχρονος δανεισμός – οι δημοτικές αρχές θεωρούνται αξιόπιστες και μπορούν να πάρουν μακροχρόνια δάνεια.
- Μετοχικό κεφάλαιο – ο χρηματοδότης θα λάβει ως «ανταμοιβή» μέρος της επιχείρησης.
- Δημοτική και ιδιωτική σύμπραξη (Public Private Partnership - PPP): Σε αυτή την περίπτωση η δημοτική αρχή μοιράζεται το κόστος δημιουργίας του δικτύου με μία ή περισσότερες ιδιωτικές εταιρείες. Συνήθως η υποδομή του δικτύου παραμένει στην δημοτική αρχή, ενώ οι υπηρεσίες παρέχονται από τις ιδιωτικές εταιρείες για μια σχετικά μεγάλη χρονική περίοδο ώστε να αποσβέσουν την επένδυση τους.

## 8.5

### Στοιχεία OPEX

Το σύνολο των στοιχείων OPEX πρέπει να καλύψει όλους τους σχετικούς ρόλους, όπως τον διαχειριστή υπηρεσιών, τον διαχειριστή δικτύων, τον υπεύθυνο υπηρεσιών, τον πάροχο υπηρεσιών κ.λπ. Τα στοιχεία πρέπει να είναι εφαρμόσιμα για όλα τα είδη δραστηριοτήτων τηλεπικοινωνιακών επιχειρήσεων (κινητή, σταθερή, convergent) και για τους κυρίαρχους παρόχους, αλλά και για τις νέες εταιρείες. Ακόμα, τα στοιχεία αυτά πρέπει να καλύψουν τα διαφορετικά είδη έργων που ασχολούνται, είτε με την δημιουργία νέων υπηρεσιών/προϊόντων, είτε με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών/πλατφορμών. Παρακάτω περιγράφονται τα κύρια στοιχεία OPEX τα οποία σχετίζονται με ανάλυση ταμειακών ροών (cash flow analysis).

### 8.5.1

#### Συντήρηση του εξοπλισμού και των συσκευών

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Όλες τις επαναλαμβανόμενες δαπάνες που είναι περιοδικά απαραίτητες για την απρόσκοπτη λειτουργία δικτύων και υπηρεσιών.
- Την προληπτική συντήρηση και επιδιόρθωση.
- Οι νέες επενδύσεις (επανεπενδύσεις) λόγω ξεπερασμένου εξοπλισμού, αντιμετωπίζονται ως CAPEX
- Το κόστος απόσυρσης μπορεί να θεωρηθεί ως OPEX ή να περιληφθεί στο CAPEX.

### 8.5.2

#### Άδειες εξοπλισμού και λογισμικού, υπεργολαβίες συντήρησης (maintenance outsourcing)

Περιλαμβάνει για παράδειγμα ετήσιες δαπάνες από τον πάροχο στον προμηθευτή εξοπλισμού μετά την αγορά του.



### **8.5.3**

#### **Πωλήσεις και μάρκετινγκ, απόκτηση πελατών**

Αυτό το στοιχείο προορίζεται να καλύψει και τις δραστηριότητες που αφορούν την λιανική και χονδρική αγορά της επιχείρησης, σχετικά με:

- Μάρκετινγκ
- Διαφημίσεις
- Καμπάνιες
- Διαπραγματεύσεις SLA
- Επιδότησεις

### **8.5.4**

#### **Παροχές σε πελάτες**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Εγγραφή/καταχώρηση πελατών
- Εγκατάσταση και επανεγκατάσταση των πελατών
- Ενεργοποίηση των συσκευών των πελατών

### **8.5.5**

#### **Φροντίδα πελατών**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Εξυπηρέτηση πελατών, χειρισμός των καταγγελιών κ.λπ.
- Λειτουργία γραφείων βοήθειας
- Λειτουργία διαχείρισης σχέσεων πελατών (Customer Relationship Management, CRM)
- Συχνά μπορεί να δοθεί υπεργολαβία και μπορεί να βασιστεί σε προσωπικά ή/και πληροφοριακά συστήματα

**8.5.6****Χρέωση και τιμολόγηση**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Τρόποι μέτρησης, συλλογή δεδομένων, κ.λπ.
- Χρέωση
- Τιμολόγηση
- Λογιστική και έλεγχος (τακτική υποβολή έκθεσης σε τμήματα διαχείρισης πιο υψηλού επιπέδου)

**8.5.7****Διαχείριση υπηρεσιών**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Διαχείριση προϊόντων (από αρμόδιο πρόσωπο)
- Επίβλεψη και έλεγχος των υπηρεσιών και της ποιότητας
- Διαχείριση SLA

**8.5.8****Διαχείριση δικτύων**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Διαχείριση θεμάτων που αφορούν αστοχίες, ρυθμίσεις, λογιστική, απόδοση και ασφάλεια
- Επίβλεψη και έλεγχος των στοιχείων του δικτύου
- Λειτουργία συστημάτων υποστήριξης λειτουργίας (Operation Support Systems, OSS)

### **8.5.9**

#### **Ανάπτυξη προϊόντων/πλατφορμών**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Σχεδιασμός δικτύων
- Σχεδιασμός και ανάπτυξη υπηρεσιών
- Σχεδιασμός SLA

### **8.5.10**

#### **Ενοίκιο φυσικών δικτυακών πόρων**

Τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι σχετικά με τους παρόχους υπηρεσιών ή τους εικονικούς χειριστές που δεν κατέχουν τις δικτυακές πλατφόρμες, ή τις υποδομές, αλλά τις ενοικιάζουν από άλλους.

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Αδεσμοποίηση τοπικού βρόγχου (local loop unbundling - LLU)
- Χονδρική πώληση (π.χ. πρόσβαση DSL)
- Μισθωμένες γραμμές
- Σκοτεινή ίνα
- Co-location, φιλοξενία (hosting)
- Ιστός για τους σταθμούς βάσεων
- Κινητή πρόσβαση
- SAN (Storage area network)

**8.5.11****Roaming**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Το κόστος για τη συμφωνία roaming και το κόστος τακτοποίησης (settlement cost)
- Σφαιρική δοκιμή roaming: Το κόστος που επισύρεται στη διεξαγωγή των δοκιμών διαλειτουργικότητας για το roaming σε διαφορετικά δίκτυα και τεχνολογίες.
- Συντήρηση VHE (Virtual home environment): Το κόστος που επισύρεται από τη συντήρηση του VHE, και είναι απαραίτητο για την παροχή του ίδιου εξατομικευμένου προφίλ σε πολλά διαφορετικά δίκτυα και τερματικά για έναν εισερχόμενο συνδρομητή.

**8.5.12****Διασύνδεση (Interconnection)**

Οι δαπάνες διασύνδεσης περιλαμβάνουν κυρίως τις δαπάνες τερματισμού που επιβάλλονται από έναν χειριστή δικτύων, αρμόδιο για την ολοκλήρωση μιας κλήσης ή συνόδου που δημιουργήθηκε σε ένα άλλο δίκτυο.

**8.5.13****Ετήσιο κόστος αδειών ραδιο-φάσματος**

Αποτελεί το ετήσιο κόστος για τις άδειες συχνότητας για το 4G, WiMAX, 3G κ.λπ., ενώ δεν περιλαμβάνει τις one-time πληρωμές. Μερικά ρυθμιστικά πλαίσια επιτρέπουν τη δυνατότητα εκμίσθωσης του φάσματος από έναν πάροχο σε έναν τρίτο. Σε μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να είναι, για παράδειγμα, δυνατή η εκμίσθωση του φάσματος σε έναν MVNO (Mobile Virtual Network Operator) από ένα χειριστή δικτύων. Στην περίπτωση αυτή, το κόστος για την μίσθωση του φάσματος, θεωρείται ως OPEX για τον MVNO, ενώ το κόστος που αναλαμβάνεται από το χειριστή δικτύων για την αγορά της άδειας θεωρείται ως CAPEX.

#### **8.5.14**

##### **Κανονισμοί/Ρυθμίσεις (Regulation)**

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Κόστος για τις πληροφορίες και τον ρυθμιστή
- Συμπληρωματικό κόστος λόγω του αντίκτυπου αλλαγών που επισύρονται από ρυθμιστικές αποφάσεις
- Πρόστιμα βασισμένα στις αποφάσεις των ρυθμιστικών αρχών

#### **8.5.15**

##### **Περιεχόμενο**

Είναι το κόστος για την αγορά αδειών από έναν τρίτο (ιδιοκτήτη περιεχομένου) για την διανομή περιεχομένου.

#### **8.6**

##### **Παράγοντες & Μοντέλα OPEX**

Η παρούσα ενότητα προσδιορίζει τους κύριους παράγοντες OPEX.

#### **8.6.1**

##### **Συντήρηση του εξοπλισμού και των συσκευών**

Οι δαπάνες συντήρησης έχουν οριστεί ως όλες οι δαπάνες σχετικές με την επίλυση των φυσικών προβλημάτων στο δίκτυο, όπως οι αποκοπές οπτικών ινών ή η αστοχία εξοπλισμού. Μπορεί να υπολογιστεί ως το συνολικό ποσό των δαπανών για την αντικατάσταση συσκευών και εξοπλισμού και των δαπανών για την πληρωμή του προσωπικού συντήρησης. Το πρώτο μέρος καλύπτει τις δαπάνες των αστοχιών των δικτυακών συσκευών και των βλαβών του εξοπλισμού, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει τις δαπάνες εργασίας και εξαρτάται προφανώς από τον απαραίτητο αριθμό προσωπικού. Αυτές οι δαπάνες μπορούν να υπολογιστούν ως δαπάνες εργατικού δυναμικού. Επομένως, για κάθε αναλυθέν πρόγραμμα, θα ήταν χρήσιμο να αξιολογηθεί ο χρόνος μεταξύ των αστοχιών και ο χρόνος απασχόλησης που

απαιτείται κατά μέσο όρο για να επισκευαστεί ένας δεδομένος τύπος εξοπλισμού. Αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να δοθούν από τους κατασκευές και τους προμηθευτές εξοπλισμού.

### **8.6.2**

#### **Άδειες λογισμικού, υπεργολαβίες συντήρησης**

Αυτό το στοιχείο καλύπτει τις ετήσιες δαπάνες του χειριστή προς τον προμηθευτή λογισμικού, μετά την αγορά του τελευταίου (δαπάνες συμφωνίας και αδειών συντήρησης).

Η σχετική σύμβαση συντήρησης λογισμικού με τους προμηθευτές περιλαμβάνει ετήσιες αμοιβές ή/και αναβαθμίσεις που υπολογίζονται με βάση:

- Το χρόνο απασχόλησης για την αναβάθμιση (χρόνος αναβάθμισης)
- Τη συχνότητα αναβαθμίσεων (Frequency of upgrades - FOU)
- Τον αριθμό στοιχείων δικτύων που ελέγχονται

### **8.6.3**

#### **Πωλήσεις και μάρκετινγκ, Απόκτηση πελατών**

Αυτό το στοιχείο προορίζεται να καλύψει τις δραστηριότητες που αφορούν την λιανική και χονδρική αγορά της επιχείρησης, σχετικά με:

- Το μάρκετινγκ, τις διαφημίσεις και τις καμπάνιες: Το OPEX για το μάρκετινγκ, τις διαφημίσεις κ.λπ. εξαρτάται κατά πολύ από την εκάστοτε περίπτωση. Αυτό το στοιχείο OPEX αποτελείται από τις δαπάνες εργατικού δυναμικού και τις δαπάνες για την αγορά διαφημιστικού χρόνου στα μέσα επικοινωνίας.
- Τις διαπραγματεύσεις SLA: Οι δαπάνες εξαρτώνται από τη διάρκεια της προετοιμασίας και της διαπραγμάτευσης και το κόστος του εργατικού δυναμικού.
- Τις επιδοτήσεις (παροχές σε προμηθευτές): Το OPEX για επιδοτήσεις είναι ο αριθμός των επιδοτούμενων μονάδων επί την μέση επιδότηση ανά μονάδα.

#### **8.6.4**

##### **Παροχές σε πελάτες (εγκατάσταση/απεγκατάσταση)**

Το OPEX για την εγκατάσταση των πελατών μπορεί να υπολογιστεί ως ο αριθμός νέων πελατών κάθε έτους επί το μέσο κόστος εγκατάστασης ανά νέο πελάτη. Το OPEX για την επανεγκατάσταση των πελατών μπορεί να υπολογιστεί ως αριθμός πελατών οι οποίοι τερματίζουν την συνδρομή στην υπηρεσία (churned πελατών) κάθε έτος επί το μέσο κόστος επανεγκατάστασης ανά churned πελάτη. Το μέσο κόστος εγκατάστασης/επανεγκατάστασης μπορεί να έχει κάποια συγκεκριμένη συμπεριφορά, δηλαδή μείωση κατά τη διάρκεια του χρόνου λόγω των οικονομικών κλίμακας.

#### **8.6.5**

##### **Χρέωση και τιμολόγηση**

Οι δαπάνες χρέωσης και τιμολόγησης μπορούν να υπολογιστούν με βάση τα κόστη μονάδας (τιμή ανά πελάτη).

#### **8.6.6**

##### **Διαχείριση υπηρεσιών**

Αυτό το στοιχείο εξαρτάται πάρα πολύ από την εκάστοτε περίπτωση και οδηγείται συνήθως από τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των υπηρεσιών.

#### **8.6.7**

##### **Διαχείριση δικτύων**

Στην συγκεκριμένη περίπτωση το βασικό στοιχείο είναι το πλήθος των δικτυακών Συσκευών.

### **8.6.8**

#### **Ανάπτυξη προϊόντων/πλατφορμών**

Συνήθως το πλήθος και η πολυπλοκότητα των υπηρεσιών που αναπτύσσονται εσωτερικά (in-house) διαδραματίζουν τον σημαντικότερο ρόλο σε αυτό το στοιχείο.

### **8.6.9**

#### **Ενοίκιο φυσικών δικτυακών πόρων**

Εδώ, οι παράγοντες εξαρτώνται πολύ από την επιχειρησιακή περίπτωση:

- Πλήθος πελατών (χονδρική εκμετάλλευση ADSL, αδεσμοποίηση τοπικού βρόγχου)
- Δικτυακή κίνηση (μισθωμένες γραμμές)
- Αριθμός περιοχών (ιστών για σταθμούς βάσεων)

Συνεπώς, ο υπολογισμός του κόστους εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση. Το κόστος μονάδας προέρχεται συχνά από τους τιμοκαταλόγους των εταιριών.

### **8.6.10**

#### **Roaming**

Όπως προαναφέρθηκε το roaming περιλαμβάνει τα ακόλουθα κόστη:

- Το κόστος για τη συμφωνία roaming και το κόστος τακτοποίησης (settlement cost): Το κόστος συμφωνίας και τακτοποίησης που επισύρεται ανά δίκτυο roaming εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό εισερχόμενων και εξερχόμενων συνδρομητών.
- Σφαιρική δοκιμή roaming: Σημαντικός παράγοντας για το OPEX είναι στην συγκεκριμένη περίπτωση ο αριθμός των διαφορετικών τεχνολογιών και δικτύων roaming τα οποία συμμετέχουν. Οι δαπάνες οφείλονται κυρίως στο προσωπικό που συμμετέχει στη δοκιμή.
- Συντήρηση VHE (Virtual home environment): Σημαντικός παράγοντας είναι ο αριθμός εισερχόμενων συνδρομητών. Σύμφωνα με τα παραπάνω το OPEX για roaming, εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό εισερχόμενων και εξερχόμενων συνδρομητών. Οι διαφορετικοί τύποι τεχνολογιών και τερματικών δικτύων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως παράγοντες.



**8.6.11****Διασύνδεση (Interconnection)**

Για τις δαπάνες διασύνδεσης, ο κύριος παράγοντας είναι ο όγκος κίνησης στην διασύνδεση. Από την πλευρά ενός παρόχου, η κίνηση διασύνδεσης μπορεί να είναι είτε εισερχόμενη είτε εξερχόμενη. Ο όγκος κίνησης εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της βάσης συνδρομητών του παρόχου ή/και το προφίλ του κάθε χρήστη. Για παράδειγμα, ένας πάροχος με μια μικρή βάση συνδρομητών μπορεί να παρουσιάσει υψηλότερη εξερχόμενη από ότι εισερχόμενη κίνηση. Αυτό θα σήμαινε υψηλότερο ΟΡΕΧ για τον πάροχο.

Οι δαπάνες διασύνδεσης μπορούν επίσης να ποικίλουν ανάλογα με τη γεωγραφική θέση όπως οι εθνικές και οι διεθνείς συνδέσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το ποσό εθνικής και διεθνούς κίνησης και τα αντίστοιχα κόστη τους θα πρέπει να εξεταστούν ξεχωριστά για τον υπολογισμό των συνολικών δαπανών διασύνδεσης που επισύρονται.

**8.6.12****Ετήσιο κόστος αδειών ραδιο-φάσματος**

Για το κόστος του ραδιο-φάσματος, ο κύριος παράγοντας είναι η βάση συνδρομητών και ο όγκος κυκλοφορίας που παράγεται από τους συνδρομητές. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίζεται το φάσμα που απαιτείται. Ο υπολογισμός του κόστους εξαρτάται από τις συμφωνίες μίσθωσης που μπορούν να προσφερθούν για 15-20 έτη ή και λιγότερο, με μια ετήσια σταθερή αμοιβή ή με εφάπαξ αμοιβή για όλη την διάρκεια της άδειας.

**8.6.13****Κανονισμοί/Ρυθμίσεις (Regulation)**

Ο σημαντικότερος παράγοντας για το OPEX που αφορά σε κανονισμούς είναι οι δαπάνες για προσωπικό που ασχολείται με υποβολή εκθέσεων και συλλογή πληροφοριών, καθώς επίσης και οι δαπάνες που περιλαμβάνονται στη συμμόρφωση με τις ρυθμιστικές αποφάσεις.

**8.6.14****Περιεχόμενο**

Για τα δικαιώματα διανομής περιεχομένου, ο κύριος παράγοντας είναι το πλήθος των αδειών, και το πλήθος των χρηστών του περιεχομένου. Συμπληρωματικές δαπάνες μπορούν επίσης να προέρχονται από τη συντήρηση συστημάτων διαχείρισης δικαιωμάτων και διανομής περιεχομένου.

**8.7****Κέρδος της Ανάλυσης**

Ένα πρωταρχικό αποτέλεσμα μιας τεchnοοικονομικής ανάλυσης είναι το κατά πόσον η επένδυση στο εκάστοτε έργο ή την τεχνολογία είναι επικερδής ή όχι. Βασικό κριτήριο που καθορίζει το κατά πόσον ένα έργο είναι επικερδές είναι το κατά πόσον και με ποιόν ρυθμό επιστρέφεται στο υποκείμενο ή επένδυση.

**8.7.1****Μοντέλο ροής εξόφλησης της επένδυσης**

Όταν τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης έχουν ολοκληρωθεί για την κάθε χρονιά κατά την οποία γίνεται η έρευνα, η συνάρτηση του κέρδους  $CF(t)$  μπορεί να αποδοθεί. Το κέρδος της εκάστοτε χρονιάς είναι ίσο με το ποσό των εσόδων μείον το ποσό της επένδυσης και μείον το ποσό των λειτουργικών εξόδων (OPEX).

$$CF(t) = \text{Revenue}(t) - \text{Investment}(t) - \text{OPEX}(t)$$

Η σχέση χρόνου επένδυσης και ρίσκου δίνεται από την σταθερή τιμή  $r$ . Η τιμή  $DCF(t)$  δίνεται από τον τύπο  $DCF(t)=CF(t)/(1+r)^t$

Το σύνολο των τιμών του DCF μας δίνει την τιμή του NPV(Net Present Value). Το NPV μας καθορίζει και την απόδοση ενός έργου. Στην περίπτωση που η τιμή του NPV είναι θετική τότε το έργο είναι κερδοφόρο και σε κάθε άλλη περίπτωση το έργο δεν είναι. Η τιμή του NPV ενός έργου είναι το πιο σημαντικό κριτήριο για την μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη απόδοση αυτού και οδηγεί σε καλύτερες αποφάσεις σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο κριτήριο. Το IRR (internal rate of return) ενός έργου έχει άμεση σχέση με την τιμή του NPV. Το IRR είναι η τιμή του discount rate που κάνει το NPV να είναι ίσο με το μηδέν.

### **8.7.2**

#### ***Ανάλυση ρίσκων-Ανάλυση Ευαισθησίας***

Το κόστος των επενδύσεων σε έργα αναβάθμισης δικτύων πρόσβασης είναι υψηλό, ενώ παράλληλα η διάρκεια ζωής των επενδύσεων αναμένεται να είναι μεγάλη, αναγκάζοντας τους χειριστές να προβαίνουν σε προβλέψεις για το απώτερο μέλλον. Είναι αναμενόμενο οι προβλέψεις αυτές να χαρακτηρίζονται από κάποιο βαθμό αβεβαιότητας, ο οποίος είναι απόρροια κυρίως των προβλεπόμενων απαιτήσεων για υπηρεσίες, του ανταγωνισμού μεταξύ χειριστών και του κόστους που προκύπτει από τον χειρισμό των νέων δομών του δικτύου. Στο δύσκολο αυτό σημείο υπεισέρχονται οι Αναλύσεις των ρίσκων και ευαισθησίας, με σκοπό την αξιολόγηση των αβεβαιοτήτων και των επιδράσεών τους στη βιωσιμότητα των επενδύσεων. Μια συνηθισμένη προσέγγιση για τον χειρισμό του ρίσκου που περιλαμβάνουν οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων στις επενδύσεις είναι η προσέγγιση για την ευαισθησία και η αναλύσεις πιθανών σεναρίων. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μια απλή τεχνική που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την εκτίμηση των πιθανών επιδράσεων που μπορεί να έχουν τα ρίσκα στην αξία ενός project, καθώς και στις προβλέψεις που έχουν γίνει για το κέρδος που θα αποφέρει.

## 8.8

### **Πολιτική -Οικονομική –Κοινωνική-Τεχνική ( PEST) Ανάλυση**

Η PEST ανάλυση αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται μία ιδιαίτερα ολοκληρωμένη ανάλυση των συνθηκών υπό των οποίων αναπτύσσεται ένα έργο ή μια τεχνολογία. Παρακάτω κάνουμε μία PEST ανάλυση της 4g τεχνολογίας με τα μέχρι σήμερα δεδομένα.

Γενικά η ανάπτυξη του 4g σε μια περιοχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το προσωπικό της εταιρίας που πρόκειται να αναπτύξει την συγκεκριμένη τεχνολογία, τους εν δυνάμει αγοραστές της, τους μισθούς και τα οικονομικά δεδομένα. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το μικρο-περιβάλλον (microenvironment) γύρω από το οποίο αναπτύσσεται η τεχνολογία αυτή, όπως οι εξωτερικοί πελάτες, οι διανομείς, οι εφοδιαστές των διαφόρων πρώτων υλών και συσκευών καθώς και οι λοιποί ανταγωνιστές. Εκτός όμως από το εσωτερικό περιβάλλον σημαντικό είναι και το μακρο-περιβάλλον (macroenvironment) όπως οι πολιτικές ,οικονομικές ,πολιτιστικές και τεχνολογικές συνθήκες που επικρατούν .

**Πολιτικές δυνάμεις** που επηρεάζουν την ανάπτυξη της 4g τεχνολογίας μπορούν να θεωρηθούν η υφιστάμενη κατάσταση στον δημόσιο τομέα και οι δυνατότητες και τα κίνητρα που δίνονται στην ανάπτυξη καινοτόμων ασύρματων τεχνολογιών. Πολιτικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί και η υφιστάμενη κατάσταση στην τοπική αγορά.

**Οικονομικοί παράγοντες** που επηρεάζουν την ανάπτυξη των 4g δικτύων θεωρείται το κόστος αγοράς τοποθέτησης και λειτουργίας του απαραίτητου εξοπλισμού, τόσο σε υλικό όσο και σε λογισμικό, καθώς και η συντήρηση αυτού και έξοδα που σχετίζονται με επισκευές του υλικού και λογισμικού και την προστασία του δικτύου από πιθανή επίθεση κακόβουλων χρηστών και ιών. Άλλος οικονομικός παράγοντας είναι η διαλειτουργικότητα ανάμεσα στο 4g και τα λοιπά ασύρματα δίκτυα. Στους οικονομικούς παράγοντες εμπεριέχεται και το κόστος για την υποστήριξη των πελατών, με τα έξοδα αυτά να περιλαμβάνουν το κόστος για την υποστήριξη των πελατών για την ενημέρωσή τους και το κόστος για την πρόσβασή τους στο δίκτυο.

Τέλος στους οικονομικούς παράγοντες συμπεριλαμβάνεται και το κόστος για την ανάπτυξη της εμβέλειας του δικτύου.

**Κοινωνικοί παράγοντες** που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός 4g δικτύου είναι παράγοντες που σχετίζονται με την τοπολογία και την ανάπτυξη της εκάστοτε περιοχής, δεδομένου ότι διαφορετική χρήση του 4g παρατηρείται και υιοθετείται σε αστικές, μητροπολιτικές και αγροτικές περιοχές. Στους κοινωνικούς παράγοντες συγκαταλέγεται και η τεχνολογική ανάπτυξη της εκάστοτε περιοχής, δηλαδή εάν το μέρος όπου εφαρμόζεται η 4g τεχνολογία είναι αναπτυσσόμενο ή ήδη αναπτυγμένο.

Στους **τεχνολογικούς παράγοντες** που επηρεάζουν την ανάπτυξη της 4g τεχνολογίας είναι η ύπαρξη λοιπών ασύρματων και ενσύρματων τεχνολογιών, δεδομένου ότι η ύπαρξη ενός άλλου δικτύου επηρεάζει άμεσα και την ανάπτυξη ενός αντίστοιχου κινήτου 4g. Στους τεχνολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός 4g δικτύου είναι και οι πιθανές παρεμβολές από λοιπά δίκτυα. Η ποιότητα των υπηρεσιών που θα προσφέρεται από το 4g δίκτυο είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη και υλοποίηση του δικτύου.

## 8.9

### **Στρατηγικές επιτυχίας για τους παρόχους υπηρεσιών 4G**

Τα παραδοσιακά εργαλεία για την πραγματοποίηση της στρατηγικής ανάλυσης δεν είναι επαρκή τη σύγχρονη εποχή για τους παρόχους υπηρεσιών , καθώς οι προκλήσεις που πρέπει να λάβουν υπόψη δεν είναι στατικές, αλλά συνεχώς εξελισσόμενες. Το πρόβλημα δεν περιορίζεται πλέον στην απλή αξιολόγηση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας όπως το 4g . Αντίθετα το κλειδί της επιτυχίας έγκειται στην ικανότητα πρόβλεψης της μελλοντικής εξέλιξης τέτοιων τεχνολογιών και των προοπτικών της. Δεδομένης της κατάστασης αυτής που επικρατεί στην αγορά των ασύρματων τεχνολογιών απαιτείται μια ισχυρή και κυρίως λειτουργική θεωρία για να κατευθύνει την λήψη αποφάσεων των παρόχων υπηρεσιών και τις ενέργειες τους. Συγκεκριμένα , απαιτείται ένα θεωρητικό στρατηγικό πλαίσιο με πρακτικές εφαρμογές σε ποικίλα επαγγελματικά πλαίσια , που θα παρέχει στις εταιρίες τηλεπικοινωνιών

πληροφορίες σε βάθος σχετικά με την φύση των καινοτομιών , του ανταγωνισμού και της συνεχούς εξέλιξης της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών. Έχει πάντως φανεί πως αυτοί που συνήθως πετυχαίνουν στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και καινοτομιών είναι οι εταιρίες που πρόσφατα έχουν εισέλθει στο τεχνολογικό στερέωμα-οι λεγόμενες νέες προσθήκες. Τα νέα αυτά μέλη ξεκινούν έχοντας να αντιμετωπίσουν την βασική μειονεξία της έλλειψης επιτευγμάτων και εξαναγκάζονται έτσι να γίνουν δημιουργικές επιλέγοντας νέες τεχνολογίες και ρισκάροντας για να δημιουργήσουν τον δικό τους χώρο. Για αυτούς λοιπόν η στρατηγική είναι απλή και οι νέοι παίκτες στην αγορά μπορούν να επωφεληθούν από το 4g και τα καινοτομικά του χαρακτηριστικά. Η θεμελιώδης λογική για την δημιουργία νέων και πρωτότυπων στρατηγικών για μια επιτυχημένη δράση που να ανταπεξέρχεται στις προκλήσεις που δημιουργεί το 4g είναι οι παρακάτω:

- 1) Η δημιουργία στρατηγικών εκτιμώντας τις προοπτικές στην αγορά από τεχνολογικής και οικονομικής άποψης, μέσω μεθόδων όπως η ανάλυση αλυσίδας (value chain analysis). Η value chain analysis είναι μια αλυσίδα δραστηριοτήτων από τις οποίες περνάει το προϊόν. Σε κάθε δραστηριότητα το προϊόν αποκτά κάποια αξία ανάλογα με την απόδοση του και η τελική αξία του προϊόντος αξιολογείται σε σχέση με το κόστος.
- 2) Ακολουθεί η αξιολόγηση της στρατηγικής /στρατηγικών, όπου δοκιμάζονται οι υποθέσεις σχετικά με την δυνατότητα εφαρμογής της/τους λαμβάνοντας υπόψη τις προκλήσεις της αγοράς και την στρατηγική που ακολουθείται μέχρι στιγμής. Ο καθορισμός των απαραίτητων δυνατοτήτων της στρατηγικής και άλλων βασικών παραγόντων μπορεί να γίνει με την χρήση στρατηγικών SWOT ή VRIO, που όπως έχει ειπωθεί αποτελούν εργαλεία των δυνατών σημείων των αδύνατων σημείων, των ευκαιριών και απειλών μιας εταιρίας, καθώς και των ιδιοτήτων της που είναι πολύτιμες, σπάνιες, ακριβές και εφαρμόζονται προς στιγμήν.
- 3) Η στρατηγική τοποθέτηση είναι το επόμενο βήμα και αφορά στην επιλογή μιας στρατηγικής και την ταυτοποίηση επιλογών που υφίστανται. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την matrix στρατηγική, έχοντας υπόψη πως κάθε πώληση αντιμετωπίζει τα 5 βασικά εμπόδια: no need, no money, no hurry, no desire, no trust.

4) Η πρόταση στρατηγικής είναι το καταληκτικό σημείο όπου καθορίζονται ο θεμελιώδεις κανόνες για τους παίκτες στην αγορά. Έχοντας τα παραπάνω κατά νου, η βασική συμβουλή για τους νέους παίκτες-τα εισερχόμενα μέλη- είναι να σιγουρευτούν για το καινοτόμο χαρακτήρα των προϊόντων και υπηρεσιών τους, όπως είναι αυτές του 4g. Αναπτύσσοντας την τεχνολογία 4g θα κληθούν να εδραιώσουν μια αρχική σταθερή βάση, είτε σε μια νέα αγορά, είτε σε μια αγορά υπό ανάπτυξη, με σκοπό να αποκτήσουν το αρχικό κέρδος που θα τους βοηθήσει να εισέλθουν δυναμικά στις αναπτυσσόμενες αγορές. Αυτό που μπορούν να εκμεταλλευτούν οι νέοι παίκτες (παρόχους υπηρεσιών) είναι αυτό που τους διαφοροποιεί από τις ήδη επιτυχημένες και αναγνωρισμένες εταιρίες : τα διαφορετικά κίνητρα και το γεγονός πως δεν έχουν τίποτα να χάσουν. Είναι εξαιρετικά πιθανό να γνωρίσουν μεγάλη επιτυχία, παρόλο που η αγορά των τηλεπικοινωνιών διέπεται από ισχυρά κεφάλαια και ευαίσθητες ισορροπίες.

Ας αναφερθούμε στους αξιωματούχους και καθιερωμένους παρόχους υπηρεσιών (incumbent service providers) σε αυτούς που ήδη έχουν κάνει σημαντικά βήματα στην αγορά των τηλεπικοινωνιών και έχουν μια παράδοση στην παροχή υπηρεσιών σε συγκεκριμένες συνήθως γεωγραφικές περιοχές . Γιατί εκείνοι να ρισκάρουν να αναπτύξουν την 4g τεχνολογία και να αλλάξουν στρατηγικές; Είναι βασικό να αναφέρουμε ότι αυτές οι εταιρίες αντιμετωπίζουν μια δυσκολότερη πρόκληση, αφού το μέλλον τους εξαρτάται από την ικανότητα τους να παρέχουν συνεχόμενα νέες καινοτομίες τις οποίες εκτιμούν οι σημαντικοί πελάτες τους. Οι ικανότητα αυτή δεν στοχεύει μόνο στην επιτυχία αλλά και ουσιαστικότερα στην ίδια την επιβίωση. Βέβαια ο βασικός αντικειμενικός σκοπός της ομάδας ενός technical manager κάθε εταιρίας είναι η επικερδής ανάπτυξη και για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός είναι απαραίτητος ο εντοπισμός και η εκμετάλλευση νέων, καινοτόμων και φρέσκων τεχνολογιών. Συνεπώς αυτό που απαιτείται δεν είναι μια αλλαγή της στρατηγικής για τις ήδη επιτυχημένες εταιρίες , αλλά η υιοθέτηση μιας ευρείας και ευέλικτης οπτικής, ικανής να ενσωματώνει νέες τεχνολογίες και στην περίπτωση μας το 4g. Όταν μιλάμε για παρόχους υπηρεσιών στην αγορά των τηλεπικοινωνιών ουσιαστικά αναφερόμαστε σε παραδοσιακές εταιρίες τηλεπικοινωνιών, δηλαδή ήδη

επιτυχημένους φορείς τοπικών συναλλαγών (ILECs), ανταγωνιστικούς φορείς τοπικών συναλλαγών (CLECs), πάροχους σταθερής τηλεφωνίας και πάροχους ασυρμάτων υπηρεσιών. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι νέες εταιρίες που εισέρχονται μόλις στην αγορά, όπως οι εταιρίες δορυφορικών συστημάτων, εταιρίες ασύρματων τεχνολογιών και υπηρεσιών, εταιρίες που αναπτύσσουν νέες ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες, καθώς και τεχνολογίες οπτικών ινών.

### **8.10**

#### ***4G: Ευκαιρία ή Απειλή ;***

Στον αγώνα που διεξάγεται για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε καταναλωτές και επιχειρήσεις, πολλοί αναρωτιούνται αν το 4g θα γίνει άλλο ένα οπλοστάσιο των παραδοσιακών □ αξιωματούχων □ εταιριών ή ένα νέο όπλο που θα αξιοποιηθεί από νέους και ευέλικτους ανταγωνιστές. Στην αυγή μιας νέας εποχής για την αγορά των ασύρματων τεχνολογιών, οι παραδοσιακοί φορείς και οι πάροχοι ασύρματων τεχνολογιών προσπαθούν να καθορίσουν με ποιο τρόπο να υποδεχτούν την τεχνολογία 4g. Οι παραδοσιακοί και οι καταξιωμένοι πάροχοι υπηρεσιών προβαίνουν σε προσεκτικούς σχεδιασμούς για την καλύτερη δυνατή χρήση της αναδυόμενης 4g τεχνολογίας.

Ο σκεπτικισμός τους είναι εν μέρει κατανοητός, αφού τεχνολογίες που δεν έχουν ζήτηση δεν υιοθετούνται ποτέ και ούτε καν τις προσέχουν. Οι εταιρίες που ήδη έχουν καταφέρει σημαντικά επιτεύγματα στην αγορά ενδιαφέρονται πρωταρχικά για την ανταμοιβή κέρδους από την επένδυση τους και σχεδιάζουν προσεκτικά την στάση τους απέναντι σε νέες τεχνολογίες.

Από την άλλη μεριά, όλοι γνωρίζουν πως στον σημερινό ταχέως εξελισσόμενο και τεχνολογικά καθορισμένο κόσμο η προσαρμογή στα νέα δεδομένα δεν είναι απλά η σωστή κίνηση, αλλά η επιταγή των καιρών. Επιβάλλεται η δικτύωση, η διαμόρφωση νέων σχέσεων με τους υπόλοιπους παίκτες και η εξασφάλιση πρόσβασης σε μια πλούσια γκάμα επιλογών για ανάπτυξη. Είναι βέβαιο πως οι πιθανές μελλοντικές επιλογές είναι άγνωστες και ο βασικότερος εξοπλισμός γνώσης για τις μελλοντικές αυτές επιλογές μπορεί να προέλθει μόνο από τον πειραματισμό, την εφαρμογή πολλαπλών στρατηγικών μέσα από το αναγκαστικό κλίμα αβεβαιότητας. Οι εταιρίες



σήμερα καλούνται να είναι ευέλικτες και να κινούνται έξυπνα για να μην αντιμετωπίσουν την πιθανότητα αφανισμού. Στο κλίμα αυτό κάποιοι θα ρισκάρουν να αναπτύξουν το 4g αμέσως έχοντας επίγνωση της πιθανότητας για αστάθεια, ενώ άλλοι θα κινηθούν με προσοχή περιμένοντας να σταθεροποιηθεί το 4g ως λύση, ρισκάροντας όμως να χάσουν μερίδιο κέρδους από την αγορά. Το ιδανικό θα ήταν η εύρεση του σωστού timing – της χρυσής τομής, που μπορεί να προσφέρει μια ισορροπία στο κέρδος και την αξιοπιστία που θα απορρέει από τις καινοτόμες υπηρεσίες και τα προϊόντα 4g.

### **8.11**

#### ***Ανάλυση SWOT της 4G τεχνολογίας***

Η ανάλυση SWOT είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού του μάρκετινγκ το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μίας επιχείρησης ή μίας τεχνολογίας, όπως στην προκειμένη περίπτωση, όταν πρέπει να ληφθεί μία απόφαση σε σχέση με τους στόχους και τις προοπτικές που έχουν τεθεί. Κατά την ανάλυση SWOT μελετώνται τα δυνατά (Strengths) και αδύνατα (Weaknesses) σημεία του υπό εξέταση αντικειμένου, καθώς και οι ευκαιρίες (Opportunities) και οι απειλές (Threats) που υπάρχουν. Σαν εργαλείο, η ανάλυση SWOT δεν αποτελεί πλήρη μελέτη ενός υπό εξέταση θέματος, αλλά ένα χρήσιμο και συμπληρωματικό μέσο που βοηθά συχνά στην προκαταρκτική εξέταση και την εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων.

#### **Strengths**

1. Το 4G εκμεταλλεύεται τις υπάρχουσες και εγκατεστημένες επενδύσεις σε τεχνολογίες
2. Ισχυρή θέση των τηλεπικοινωνιακών προμηθευτών αναμένεται στην αγορά
3. Ταχύτερη μετάδοση δεδομένων, υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης και μεγαλύτερο εύρος ζώνης, επιτρέπουν περισσότερες επιχειρηματικές εφαρμογές και την εμπορευματοποίηση

4. Έχει το πλεονέκτημα για ανάπτυξη εξατομικευμένων πολυμέσων επικοινωνίας.

#### **Weakness**

1. Δεν υπάρχει ακόμα μεγάλη κοινότητα χρηστών για προηγμένες κινητές εφαρμογές δεδομένων
2. Αυξανόμενη απόκλιση μεταξύ των προμηθευτών τηλεπικοινωνιών και των χειριστών
3. Αδυνατεί ακόμα να προσφέρει υψηλές υπηρεσίες στο διαδίκτυο, λόγω της περιορισμένης ταχύτητας και του εύρους ζώνης
4. Συγκριτικά υψηλότερο κόστος για την χρήση και την ανάπτυξη των υποδομών

#### **Opportunities**

1. Εξελικτική προσέγγιση μπορεί να δώσει ευκαιρίες για το 4G
2. Έμφαση σε ετερογενή δίκτυα αξιοποιεί τις παρελθόντικές επενδύσεις
3. Ευκαιρίες για στρατηγικές συνεργασίες με τους παραδοσιακούς μη τηλεπικοινωνιακούς κλάδους
4. Η εξελιγμένη εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας 4G θα ενθαρρύνει περισσότερες εφαρμογές του ηλεκτρονικού εμπορίου
5. Η αναμενόμενη ανάπτυξη της οικονομίας θα αυξήσει τις καταναλωτικές ανάγκες με αποτέλεσμα να επιφέρει ευκαιρίες στο τομέα των τηλεπικοινωνιών
6. Αναμένεται και προβλέπεται ότι οι καταναλωτές θα αντικαταστήσουν τις συσκευές τους με νεώτερης τεχνολογίας με αλματώδεις ρυθμούς
7. Η επιθυμία για ταχύτερο internet και ευκαιρίες ανάπτυξης του 4G είναι ελπιδοφόρες

#### **Threats**

1. Υψηλότερος ρυθμός ανάπτυξης ανταγωνιστικής τεχνολογίας
2. Δεδομένου ότι το 3G είναι ακόμα στην αγορά θα συμπιέσει τον ανταγωνισμό στην αγορά

## 8.12

### **Πως να βγάλουμε τα καλύτερα αποτελέσματα στο 4G**

Στην σημερινή αγορά των τεχνολογικών προκλήσεων τα μέλη του top management των εταιριών τηλεπικοινωνιών καταπιάνονται με την εύρεση και εφαρμογή των πιο κατάλληλων και αποτελεσματικών επιχειρησιακών στρατηγικών. Τα καίρια ερωτήματα στις εταιρίες αυτές αφορούν κυρίως το επικρατέστερο και πιο συνηθισμένο δίλημμα της εποχής :να αρπάξει κανείς την ευκαιρία της πιο πρόσφατης τεχνολογίας για να αποκτήσει το πλεονέκτημα της πρωτοπορίας ή να περιμένει να το κάνουν άλλοι με το ρίσκο να χάσει το μερίδιο σε μια πιθανή κερδοφόρα αγορά ;

Η επιτυχημένη εταιρία τηλεπικοινωνιών του μέλλοντος θα κληθεί να αντιμετωπίσει το δίλημμα αυτό με την ικανότητα να αξιολογήσει ορθά την απόσταση που μπορεί να διανύσει η εταιρία του μακριά από την αξιακή αλυσίδα(value chain) και τις ήδη δοκιμασμένες συνταγές. Η αξιολόγηση αυτή μπορεί να επιτρέψει στην εταιρία να πάρει καλώς υπολογισμένο ρίσκο , χωρίς βέβαια την εγγύηση της επιτυχίας σε αυτό που θα συναντήσει μπροστά της. Για αυτό το λόγο, η ανάπτυξη έξυπνων στρατηγικών στο νέο και διαρκώς εξελισσόμενο τεχνολογικό περιβάλλον αποτελεί ένα έργο πρόκληση. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις εταιρίες τηλεπικοινωνιών και τους διάφορους εμπλεκόμενους φορείς να λαμβάνουν υπόψη ότι στην στρατηγική ανάπτυξης του 4g πρέπει να ενσωματώνονται βασικοί παράγοντες και μεταβλητές , κάτι που άλλωστε ισχύει για κάθε νεοεμφανιζόμενη τεχνολογία. Οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών και οι φορείς που επιθυμούν να προηγηθούν στον ανταγωνισμό επιλέγοντας το 4g, θα πρέπει να είναι σε θέση να ελαχιστοποιηθούν τα ρίσκα και να μεγιστοποιούν τις ευκαιρίες στην αγορά έχοντας πάντα ως σημείο αναφοράς τους παράγοντες που θα αναφερθούν ακολούθως.

### **Ο παράγων Σχεδιασμός**

Ένα δίκτυο 4g, ιδιοκτησία μιας εταιρίας τηλεπικοινωνιών μπορεί να γίνει διαθέσιμο στους καταναλωτές σε επιχειρήσεις, στο κράτος και την πολιτεία καθώς και στις υπηρεσίες τους και σε άλλες οντότητες. Ο σχεδιασμός του δικτύου αυτού ωστόσο

δεν είναι απλή υπόθεση και επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί από μια επιχειρησιακή οπτική, λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένους σημαντικούς παράγοντες που βοηθούν στην αξιολόγηση του υπάρχοντος περιβάλλοντος.

Αρχικά θα πρέπει να γίνει μια λεπτομερής ανάλυση των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών που προσφέρονται σε μια παρούσα δεδομένη στιγμή, τόσο των ενσύρματων, όσο και ασύρματων, σε συνδυασμό με τις τιμές και τα οφέλη που προσφέρουν στους πελάτες. Σημαντικό είναι επίσης να αξιολογηθούν οι διάφορες υπάρχουσες και μελλοντικές επιλογές συχνοτήτων προς χρήσης, καθώς και να βρεθούν τρόποι οι ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες.

#### Διατύπωση Υποθέσεων

Το δεύτερο βήμα συνίσταται στην διατύπωση πιθανών υποθέσεων ευρέος φάσματος σχετικά με τις πιθανές χρήσεις του δικτύου 4g. Με τον τρόπο αυτό ταυτόχρονα γίνονται διαπιστώσεις για το απαραίτητο φάσμα συχνοτήτων και τον αριθμό cell sites που θα χρειαστούν. Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να είναι δυνατές ποικίλες εφαρμογές όπως κινητές υπηρεσίες δεδομένων, σταθερό VOIP μέσω ασυρμάτων υπηρεσιών backhaul και άλλα.

#### Μελλοντικές προβλέψεις του σχεδίου που καταστρώθηκε

Κάθε στρατηγική ανάπτυξης περιλαμβάνει αναπόφευκτα προβλέψεις για τον αριθμό των πιθανών πελατών στην αγορά, την αναμενόμενη διείσδυση του προϊόντος στην αγορά την επόμενη πενταετία καθώς και τα πιθανά αναμενόμενα κέρδη. Οι προβλέψεις αυτές δεν μπορούν παρά να βασίζονται σε δεδομένα του παρόχου όπως τον σημερινό ανταγωνισμό στην αγορά και τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες σήμερα. Στις προβλέψεις περιλαμβάνονται και λεπτομερέστεροι υπολογισμοί για το internet backhaul, το κόστος χρέωσης, το κόστος τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης.

#### Παρουσίαση του Επιχειρησιακού σεναρίου

Μετά τα βήματα αυτά, έρχεται η σύγκριση του κόστους και του κέρδους για να γίνει πιο κατανοητό αν το σενάριο ανάπτυξης θα αποβεί ζημιογόνο ή θα αναδειχθεί κερδοφόρο. Στην διαδικασία αυτή εντάσσονται και αμιγώς οικονομικές μετρήσεις,

όπως το return of investment , το NPV και ο χρόνος που απαιτείται για να επέλθει χρηματική ροή(cash flow).

### **8.12.1**

#### **Από το σενάριο και τις στρατηγικές στην πράξη: Η ανάπτυξη του 4G**

Μια 4g λύση χαμηλού ρίσκου θα πρέπει αναπόφευκτα να συμπεριλαμβάνει την γνώση του ρόλου που διαδραματίζουν ποικίλοι παράγοντες και κυρίως η διαδικασία επιλογής ενός προϊόντος η μιας τεχνολογίας. Το προϊόν ή η τεχνολογία θα πρέπει να έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητα του σε πραγματικές καταστάσεις λειτουργίας και όχι μόνο στην θεωρία. Αν κανείς λοιπόν επιδιώξει να αναπτύξει το 4g εξοπλισμό , θα πρέπει να στραφεί σε τεχνολογίες και κατασκευαστές εξοπλισμού που είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματικοί ,αξιόπιστοι και λειτουργικοί. Ταυτόχρονα η λύση πρέπει να είναι οικονομικά συμφέρουσα , αφού οι φορείς δεν μπορούν την ανάπτυξη ενός προϊόντος που με ασάφεια έχει υποσχεθεί να μειώσει το κόστος σε κάποια μελλοντική φάση. Είναι βασικό, το κόστος να συμβαδίζει με τα άμεσα επιχειρησιακά σχέδια του φορέα. Η τεχνολογία πρέπει επίσης να έχει την δυνατότητα παροχής ενός ευέλικτου και μακροπρόθεσμου σχεδίου δυνατότητας αναβάθμισης. Οι επιτυχημένοι πωλητές θα πρέπει να προσφέρουν ένα σχέδιο μετανάστευσης για τέτοια δίκτυα που θα είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να προσαρμόζεται στα συνεχώς εξελισσόμενα προφίλ του προτύπου 4g. Άρα ένα προϊόν δεν αρκεί να έχει δοκιμαστεί στο παρόν αλλά με κάποιο τρόπο πρέπει να δοκιμαστεί και στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό, οι φορείς πρέπει να αναζητούν μια λύση BWA που θα είναι ικανή να προωθήσει τις προσφερόμενες υπηρεσίες τους στο τώρα και το μετά. Μπορεί λοιπόν να αξιολογηθεί το σύνολο των προτύπων 4g και να επιλεγεί αυτό που αντεπεξέρχεται καλύτερα στις ανάγκες της αναπτυσσόμενης αγοράς του φορέα και στις ανάγκες του επιχειρηματικού του σχεδίου.

### **8.12.2**

#### **Συγκεκριμένες Προτάσεις για την επιτυχή ανάπτυξη του 4g**

##### **A) Πάροχοι Υπηρεσιών**

Οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν πολυάριθμες ευκαιρίες να παράσχουν ασύρματες λύσεις Internet σε βασικές αγορές όπως το σύστημα υγείας , τα νοσοκομεία , ο μεσιτικός τομέας , οι λιανικές πωλήσεις και οι last mile επικοινωνίες. Στον χώρο αυτό το 4g είναι η ιδανική λύση για τις νέες στην αγορά εταιρίες τηλεπικοινωνιών. Αλλά και οι παραδοσιακές εταιρίες τηλεπικοινωνιών θα επωφεληθούν από το 4g για να ενισχύσουν την υπάρχουσα υποδομή και τις υπηρεσίες.

##### **B) Πωλητές εξοπλισμού**

Και ο πωλητές θα αντιμετωπίσουν το 4g ως εξαιρετική λύση με πολλές προοπτικές , με αποτέλεσμα στα επόμενα χρόνια να σχεδιάσουν και να πραγματοποιηθούν πολύ περισσότερα δικτυακά έργα(projects) πολλών εκατομμυρίων ευρώ. Από την πλευρά των χειριστών θα εμφανιστούν αρκετοί νέοι παίκτες και πολλοί μελλοντικοί άκρως επιτυχημένοι παίκτες δεν θα ανήκουν καν στο σημερινό τοπίο των χειριστών, παρά θα αναδυθούν ξαφνικά. Μεγάλο μέρος από αυτούς θα αποτελούν εταιρίες που δεν επενδύουν στην λύση 3G τεχνολογιών. Το κλειδί στην επιτυχία των πωλήσεων θα είναι η ταχύτητα παράδοσης νέων προϊόντων , συνεπώς οι πωλητές θα κληθούν να εμφανιστούν με νέες λύσεις γρήγορα.

##### **Γ) Ρυθμιστές καινοτομιών**

Οι υπεύθυνοι για την ρύθμιση των κανονιστικών πλαισίων θα πρέπει συνεχώς να αναβαθμίζουν τους κανονισμούς για τις τηλεπικοινωνίες ώστε να προωθούν τις ευκαιρίες τις αγορές , να βελτιώσουν τις υπάρχουσες υποδομές και να ενισχύσουν τον ελεύθερο ανταγωνισμό μεταξύ των ασύρματων παρόχων υπηρεσιών. Στην διαδικασία αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ιδιαίτερες ανάγκες κάθε χώρας, οι πολιτισμικές της ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά των αγορών της, χωρίς βέβαια να παραβλέπονται οι βασικοί κανόνες .

##### **Δ) Επενδυτές**

Για να αποκομίσουν χρηματικό όφελος από την επένδυση στο 4g οι επενδυτές πρέπει να εντοπίσουν τους πωλητές που είναι πιο κατάλληλοι για μια συνεργασία

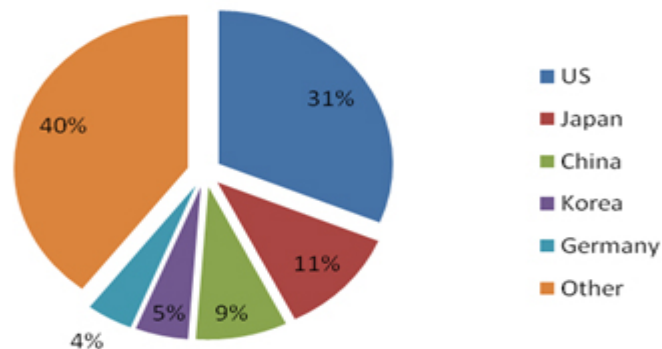
στην αγορά και να καθορίσουν ένα ρεαλιστικό χρονικό πλαίσιο για την ανάπτυξη στην αγορά. Είναι σημαντικό να καθοριστεί επίσης το σωστό timing , η καταλληλότερη χρονική στιγμή για την δράση των επενδυτών στην αγορά του 4g και αν δεν βιαστούν η δεν αργήσουν, τα επόμενα χρόνια θα δουν τα κέρδη τους από το 4g να αυξάνονται κατακόρυφα.

### 8.13

#### Υιοθέτηση του 4G στην αγορά

Όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα, προβλέπεται ότι οι ΗΠΑ θα είναι ο κυρίαρχος στην αγορά 4G το 2014, οι οποίες θα αντιπροσωπεύουν το 31% των συνδρομητών 4G στον κόσμο, πολύ περισσότερο από τις εξίσου μεγάλες αγορές της Ιαπωνίας και της Κίνας.

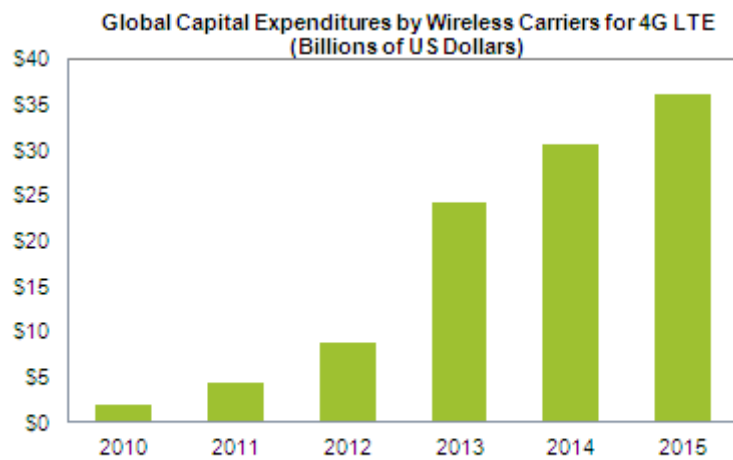
**Global top five 4G markets, 2014**



Data is share of global 4G subs  
Source: Informa Telecoms & Media

Οι κεφαλαιουχικές δαπάνες για την τεχνολογία LTE-4G αναμένεται να φθάσουν τα 24,3 δισεκατομμυρία δολάρια το 2013, ξεπερνώντας για πρώτη φορά το 3.5G , καθιστώντας έτσι το LTE-4G ως κυρίαρχο στην κατηγορία των ασύρματων δαπανών για έργα υποδομής. Οι δαπάνες για το LTE-4G εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το

2007, και το άλμα προς την κορυφή, θα λάβει χώρα μέσα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα έξι ετών.



Source: IHS iSuppli Research, February 2012

Η άνοδος του LTE- 4G θα είναι ιδιαίτερα θεαματική το 2013, μέχρι και του εντυπωσιακού 179% από 8,7 δισ. δολ. το 2012. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το 2012 είχε 103% αύξηση από το 2011. Το 4G LTE έχει αρχίσει να αναπτύσσεται ραγδαία αρχής γενομένης από το δεύτερο εξάμηνο του 2009, όταν μερικοί ασύρματοι φορείς στην Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Ιαπωνία και Νότια Κορέα άρχισαν να αναπτύξουν τη τεχνολογία. Ο αριθμός των φορέων εκμετάλλευσης κινητών δικτύων για το LTE-4G έχει πλέον αυξηθεί σε περίπου 200 σε όλο τον κόσμο, πάνω από 160 το 2010.

Για τους κατασκευαστές υποδομών και προμηθευτές ημιαγωγών, το LTE-4G αποτελεί μια πιθανή αύξηση των εσόδων και την ευκαιρία να αναπτύξουν μια μακροπρόθεσμη σχέση με τους μεταφορείς. Για το σκοπό αυτό, οι κατασκευαστές αναπτύσσουν λύσεις hardware που υποστηρίζουν εύκολη αναβάθμιση του λογισμικού LTE, ενώ συνεχίζει να είναι συμβατό με το 2.5G και 3G που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε ορισμένα μέρη του κόσμου .

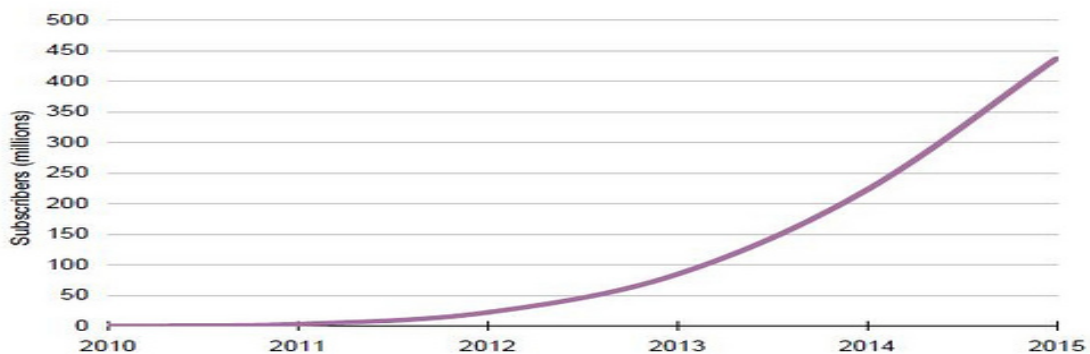
Οι πωλητές που θα κερδίσουν από τη μετάβαση σε 4G είναι εκείνες που θα μπορέσουν να αποδειχθούν οικονομικά αποδοτικότερες και εκείνες που θα έχουν τη δυνατότητα να εκσυγχρονιστούν έτσι ώστε να είναι σε θέση να παρέχουν τις επιδόσεις, όπως ορίζεται στις προδιαγραφές του LTE-4G.



Η παγκόσμια καταναλωτική δαπάνη θα αυξηθεί από 42,5 δις. δολάρια το 2011 σε 45,1 δισεκατομμύρια δολάρια το 2015. Το μερίδιο των δαπανών 4G μέχρι το 2015 θα φτάσει τα 36,1 δισεκατομμύρια δολάρια, σε σύγκριση με μόλις 9,0 δισεκατομμύρια δολάρια για το 3.5G. Οι εταιρείες παροχής 4G θα δαπανήσουν περίπου 21,4 δισεκατομμύρια δολάρια σε καλώδια, εγκαταστάσεις και προμήθειες περιοχών καθώς και 74,3 δισεκατομμύρια δολάρια για τη συντήρηση και αναβαθμίσεις λογισμικού.

Στο παρακάτω γράφημα παρατηρούμε την αύξηση των συνδρομητών LTE-4G από το 2010 μέχρι το 2015.

Exhibit 4.4 shows the forecast growth in LTE subscribers between 2010 and 2015.

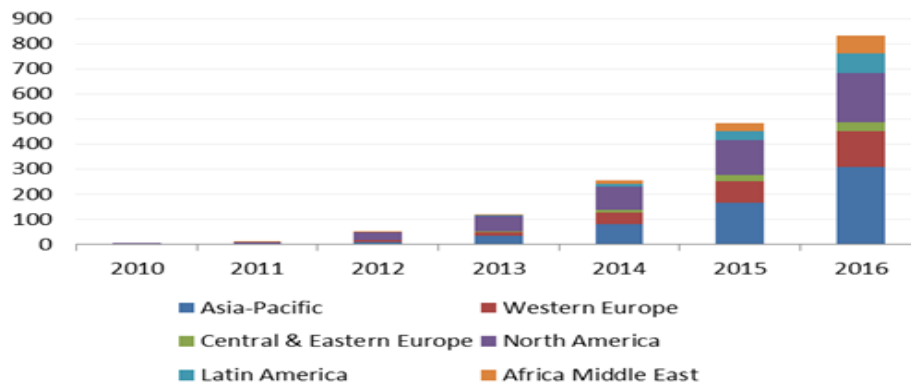


Η ABI προβλέπει 80 εκατομμύρια συνδέσεις LTE-4G το 2013, ενώ η INSTAT προβλέπει ότι μέχρι το 2015 οι παγκόσμιες συνδρομές LTE-4G θα αυξηθούν σε 290 εκατ. ευρώ.

Το Maravedis προβλέπει ότι η αύξηση του LTE θα οδηγηθεί από τις ειρηνικοασιατικές χώρες συμπεριλαμβανομένης της Κίνας, της Ινδίας, της Ιαπωνίας, της Κορέας και της Μαλαισίας.

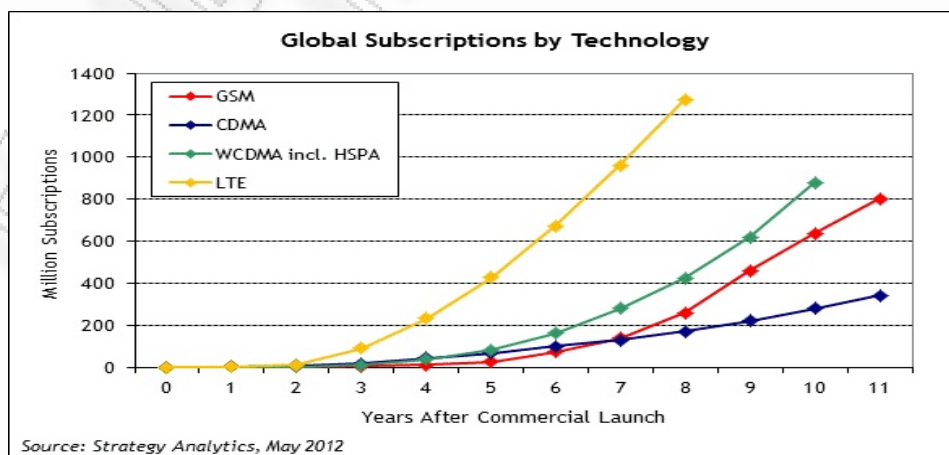
Η Verizon Wireless έχει αναγγείλει ότι το 4G δίκτυο LTE που φθάνει τώρα σε πάνω από 186 εκατομμύρια Αμερικανούς, έχει ξεπεράσει ήδη το στόχο του 2010 του σε 185 εκατομμύρια ανθρώπους ως τα τέλη του 2011.

Με την ευκαιρία της Παγκόσμιας Διάσκεψης Κορυφής LTE στη Βαρκελώνη (Μάιος, 22-24), η IDATE προβλέπει τις τελευταίες αναλύσεις και προβλέψεις για την παγκόσμια αγορά LTE. Μέχρι το τέλος του 2016, προβλέπουμε ότι θα υπάρξουν περισσότερα από 830 εκατομμύρια συνδρομές παγκοσμίως LTE. Από αυτούς, Ασίας-Ειρηνικού θα αντιπροσωπεύουν το 37,2% του συνόλου, τη Βόρεια Αμερική 23,8% και Δυτική Ευρώπη 16,9%.



Source: IDATE, LTE Watch Service, March 2012

Τέλος στο παρακάτω γράφημα παρατηρούμε την υψηλή και απότομη άνοδο του δείκτη LTE-4G σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες (GSM,CDMA,HSPA) με τη πάροδο του χρόνου. Είναι φανερό το άνοιγμα της ψαλίδας σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα πράγμα το οποίο μας οδηγεί στην εκτίμηση ότι η τεχνολογία LTE-4G βαίνει ραγδαία αυξανόμενη.



Source: Strategy Analytics, May 2012

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**

### **Πρόσφατες Εξελίξεις**

Η 4η γενιά ασύρματων επικοινωνιών αναπτύσσεται και οι εξελίξεις είναι ραγδαίες. Οι πρώτες έρευνες που έγιναν για τα 4G ήταν πριν μια δεκαετία. Η πρώτη έρευνα έλαβε μέρος στην Ευρώπη στις αρχές της δεκαετίας του '90 με σκοπό να ερευνηθεί τεχνολογίες πολύ υψηλών ρυθμών. Το πιο προχωρημένο σχέδιο ήταν το Mobile Broadband System (MBS), μια συνεργασία πολλών εταιριών και πανεπιστημίων υπό την επίβλεψη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στόχος των σχεδιαστών του MBS ήταν η δημιουργία ενός κυψελωτού συστήματος με μικρό χρόνο καθυστέρησης, εγγυημένο QoS και ρυθμό μετάδοσης στα 155 Mbps – χιλιάδες φορές γρηγορότερο από οτιδήποτε διαθέσιμο τότε. Παρά τη δυσκολία του σχεδίου, ο στόχος τους πέτυχε. Το 1995, το πρωτότυπο MBS είχε ρυθμό μετάδοσης 34 Mbps, ο οποίος αν και μικρότερος από το αναμενόμενο ήταν ωστόσο αρκετά υψηλός.

Στις 13 Δεκεμβρίου του 2004, ένα παγκόσμιο ρεκόρ σημειώθηκε στα εργαστήρια ερευνών της εταιρείας Siemens Communications. Για πρώτη φορά, δεδομένα μεταφέρθηκαν σε πραγματικό χρόνο μέσω κινητής επικοινωνίας με ταχύτητα 1 gigabit per second (Gbps). Η ταχύτερη ασύρματη μετάδοση δεδομένων που επιτυγχάνεται σήμερα είναι με τα δίκτυα WLAN και είναι γύρω στα 70 Mbps.

Για την επίτευξη αυτού του ρεκόρ ρυθμού μετάδοσης, η Siemens συνδύασε ένα σύστημα έξυπνων κεραιών που αποτελούνταν από τρεις κεραιές εκπομπής και τέσσερις κεραιές λήψης με χρήση τεχνικής OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Ορθογωνική Διαμόρφωση Πολυπλεξίας Συχνότητας). Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι αυτή η τεχνολογία που χρησιμοποιεί επαρκώς το φάσμα συχνοτήτων, είναι πολλά υποσχόμενη για την επόμενη γενιά επικοινωνιών. Όταν η επόμενη γενιά κινητής επικοινωνίας θα κάνει την εμφάνισή της, η ανάγκη για χωρητικότητες προς μετάδοση φωνής, δεδομένων, εικόνας και πολυμέσων αναμένεται να αυξηθεί. Τα συστήματα στο μέλλον θα πρέπει να χρησιμοποιούν το φάσμα συχνοτήτων όσο πιο επαρκώς γίνεται και με τη χαμηλότερη δυνατή ισχύ εκπομπής. Η Siemens Communications δημιούργησε ένα πρότυπο ικανό για την πραγματοποίηση των παραπάνω: το συνδυασμό των έξυπνων κεραιών με την τεχνική OFDM.

Δύο χρόνια μετά, η NTT DoCoMo ανακοίνωσε ότι πέτυχε ρυθμό 1 Gbps σε πραγματικού χρόνου μετάδοση πακέτου στην κάτω ζεύξη και ενώ ήταν σε κίνηση με ταχύτητα 20 km/h. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις 9 Μαΐου του έτους 2005. Πρόκειται για το τελευταίο επίτευγμα της DoCoMo στη συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία των 4G. Η DoCoMo θα συνεχίσει τις δοκιμές ως μέρος του προγράμματός της για την ανάπτυξη ενός παγκόσμιου 4G προτύπου σε συνεργασία με τον τομέα Ραδιοεπικοινωνίας της ITU (International Telecommunication Union). Μεγάλες αλλαγές πρόκειται να γίνουν και στα μελλοντικά κινητά τηλέφωνα, με τους τελικούς χρήστες να αποφασίζουν ποια τάση προτιμούν και ποια όχι. Πολύ σύντομα τα 4G τηλέφωνα θα βρίσκονται στα καταστήματα, σύμφωνα με τον αντιπρόεδρο των ερευνών της Ericsson, Ulf Wahlberg. Ήδη η Ιαπωνία, η Κίνα και η Κορέα έχουν συμφωνήσει να αναπτύξουν από κοινού τεχνολογίες για κινητά τηλέφωνα 4ης γενιάς, τα οποία αναμένεται να εμφανιστούν στην αγορά σύντομα.

Σήμερα, αρκετά συστήματα τεχνολογίας 4G έχουν ήδη τεθεί σε λειτουργία. Οι πρώτες εμπορικές εφαρμογές των δικτύων 4G έχουν πραγματοποιηθεί σε τμήματα των ΗΠΑ, του Καναδά, της Νέας Ζηλανδίας, της Γερμανίας, της Ιταλίας και της Ολλανδίας.

Παρ' όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα τρίτης γενιάς, αυτό δεν φαίνεται να εμποδίζει μεγάλες εταιρείες του χώρου της κινητής τηλεφωνίας από την επίδειξη της λύσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας επόμενης γενιάς με την επωνυμία NGMN (Siemens) ή την συνεργασία για την ανάπτυξη ενός (4G) WiMAX δικτύου στις Ηνωμένες Πολιτείες (Sprint Nextel, Motorola, Intel).

Το νέο δίκτυο 4G θα έχει για τις ευρυζωνικές υπηρεσίες τον ίδιο αντίκτυπο που είχε η κινητή τηλεφωνία για τις υπηρεσίες ομιλίας. Με λειτουργία σε πραγματικό χρόνο και 10πλάσιες ταχύτητες δεδομένων σε σχέση με τα σημερινά κινητά ευρυζωνικά δίκτυα, οι καταναλωτές θα μπορούν να είναι πάντα συνδεδεμένοι, ακόμη και εν κινήσει.

### Συμπεράσματα

Τα δίκτυα τέταρτης γενιάς πρόκειται να προσφέρουν στους χρήστες υπηρεσίες πολυμέσων με αλληλεπίδραση με το χρήστη, ασύρματο Internet, υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, εξαιρετική ποιότητα παροχής υπηρεσιών (QoS), παγκόσμια κινητικότητα και φορητότητα υπηρεσιών σε χαμηλό κόστος. Τα ασύρματα συστήματα 4G θα εξυπηρετούν στο μέλλον τις ανάγκες για υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και ευρεία γεωγραφική κάλυψη, επικοινωνώντας από οποιοδήποτε σημείο της γης, οποιαδήποτε χρονική στιγμή και κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες. Τα δίκτυα θα αποτελούνται εξολοκλήρου από κυκλώματα μεταγωγής πακέτου, ενώ όλα τα στοιχεία του δικτύου θα είναι ψηφιακά και θα υποστηρίζουν το πρωτόκολλο IPv6. Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους θα είναι η παροχή συμβατότητας και ενδολειτουργίας με τα διαφορετικά κινητά και ασύρματα δίκτυα.

Η τέταρτη γενιά ασύρματων δικτύων πρόκειται να δημιουργήσει ένα ετερογενές δίκτυο, περιλαμβάνοντας πολλά διαφορετικά δίκτυα πρόσβασης και τερματικά τελικών χρηστών. Το ετερογενές δίκτυο θα επιτρέψει την εισαγωγή και παροχή πρόσβασης σε πολυάριθμες και πλούσιες σε χαρακτηριστικά υπηρεσίες, ενσωματώνοντας στο ίδιο περιβάλλον τα δίκτυα 2ης και 3ης γενιάς. Βασικό χαρακτηριστικό των ετερογενών δικτύων θα είναι η χωρίς ασυνέχεια μετάβαση από το ένα σύστημα στο άλλο. Η ανάπτυξη των συστημάτων τέταρτης γενιάς θα απαιτήσει τη χρήση νέων τεχνολογιών σε πολλούς τομείς, όπως στις ραδιοσυχνότητες και στη διαχείριση δικτύων. Έχουν ήδη σχεδιαστεί πρωτοποριακές λύσεις που θα αντιμετωπίσουν αυτές τις νέες προκλήσεις όπως για παράδειγμα το OFDM (Orthogonal frequencydivision multiplexing), MIMO (Multiple Input Multiple Output) και έχουν αξιολογηθεί επιδεικνύοντας πολύ βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Η σημερινή τεχνολογία αιχμής μπορεί τεχνολογικά να κάνει πραγματικότητα το παραπάνω όραμα των κινητών επικοινωνιών 4G, επιπλέον όμως πρέπει να επιτευχθούν και στόχοι όπως:

- Δημιουργία νέων, ελκυστικών υπηρεσιών από τους παρόχους υπηρεσιών.
- Ελκυστικά μοντέλα χρέωσης από τους δικτυακούς παρόχους πρόσβασης και υπηρεσιών.

- Ενημέρωση και εκπαίδευση των χρηστών και εξοικείωση τους με τη νέα τεχνολογική πραγματικότητα, ώστε να είναι σε θέση να αξιοποιούν στο μέγιστο βαθμό τις νέες υπηρεσίες για βελτίωση του επιπέδου ζωής τους.

Από το έτος 2010-2011, όπου προβλέπεται η εισαγωγή τους, θα υπάρχει βέλτιστη πρόσβαση σε ψηφιακές υπηρεσίες οποτεδήποτε και οπουδήποτε, ανεξαρτήτως δικτύου ή τερματικού και ανάλογα με τις προτιμήσεις του εκάστοτε χρήστη.

**Βιβλιογραφία****Βιβλία & Άρθρα**

1. Γκάμας Α., Καπούλας Ε., Μπούρας Χ., Πρίμπας Δ., Στάμος Κ., “Ειδικά Θέματα Δικτύων και Υπηρεσιών”, Ελληνικά Γράμματα, 2004, ISBN: 9604068911
2. Μπαλάνης Κ., “Κεραίες”, Εκδόσεις Ίων, 2005, ISBN: 960-411-509-X
3. Πομπόρτσης Α., “Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών”, εκδόσεις Α.Τζιόλα Ε., 1997, ISBN : 960-7219-64-3
4. Σκουλάτος Β., Βασιλόπουλος Χ., Ντόκος Ι., “Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα”, ΟΤΕ ΑΕ Γεν Δ/ση Λειτουργιών - Διεύθυνση Συντήρησης, Τόμοι Α-Β-Γ-Δ, Φεβρουάριος 2000
5. Walrand J., Varaiya P., “High Performance Communication Networks”, Morgan Kaufmann Publishers, 2000, ISBN-13: 978-1558605749
6. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Σ. ΤΟΥΜΑΣΗΣ Wireless Networking & Mobile Computing
7. "The Long Term Evolution of 3G" on Ericsson Review, no. 2, 2005
8. "Trends in Mobile Network Architectures" by Dr. Michael Schopp at Siemens Networks
9. <http://www.ipv6forum.com>
10. <http://www.3gpp.org/>
11. Jawwad Ahmad, Ben Garrison, Jim Gruen, Chris Kelly and Hunter Pankey (2003). 4G Wireless Systems, Next-Generation Wireless Working Group.
12. Liljana M. Gavrilovska, Vladimir M. Atanasovski (2005). Ad Hoc Networking Towards 4G: Challenges and QoS Solutions
13. Mishra R. Ajay (2004). Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation - 2G/ 2.5G/ 3G... Evolution to 4G, John Wiley and Sons Ltd.
14. Τεντζέρης Μ. Μάνος (2001). Ασύρματα Συστήματα 3ης (3G) και 4ης (4G) γενεάς: Προκλήσεις του Μέλλοντος, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Η.Π.Α.
15. H. Huomo, Nokia, "Fourth Generation Mobile" ACTS Mobile Summit99, Sorrento, Italy, June 1999

16. V. Gazis, N. Housos, A. Alonistioti and L. Merakos, "Generic system architecture for 4G mobile communications"
17. Elias Aravantinos and M. Hosein Fallah (2008). Potential Scenarios And Drivers Of The 4G Evolution
18. Correia M. Luis (2006). Mobile Broadband Multimedia Networks: Techniques, Models and Tools for 4G, London: Elsevier.
19. Phan Thanh Hoa, Mohamad Elias Eusuf and Takahiko Yamada (2006). The Architecture of Mobile Multimedia Metropolitan Area Network towards the Future of the 4G Mobile System
20. Jamalipour Abbas (2003). The Wireless Mobile Internet – Architectures, Protocols and Services, Wiley.
21. Allen H. Kupetz and K. Terrell Brown (2003). 4G - A Look Into the Future of Wireless Communications, Rollings Business Journal, Rollins College
22. Nicopolitidis P., Obaidat M. S., Papadimitriou G. I., Pomportsis A.S. (2006). Wireless Networks - Ασύρματα Δίκτυα, Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
23. D. Rouffet, S. Kerboeuf, L. Cai, V. Capdevielle (2005). 4G Mobile, Technical Paper
24. Γκατζόφλιας Δημήτριος (2006). Interworking of 2G, 3G and 4G Wireless Networks, ΠΜΣ στα Πληροφοριακά Συστήματα,
25. Εργά Φωτεινή και Κάνταρου Βασιλεία (2005). Αξιοποίηση της αρχιτεκτονικής υπηρεσιών ιστού σε ασύρματα τηλεπικοινωνιακά περιβάλλοντα τέταρτης γενιάς, διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής. Αθήνα.
26. Κακαβέτσος Β. Βλάσιος (2007). Μελέτη μελλοντικού UMTS δικτύου (4G) με IP Διασύνδεση στο Core Network, διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών.