



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

4G

ΚΩΝ/ΝΟΣ ΤΑΛΙΕΡΗΣ

A.M. 4373

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 4G.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΡ- ΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.1 Κυψελικά Δίκτυα (Cellular Networks)

Η κύρια εφαρμογή των Κυψελικών δικτύων είναι στις κινητές τηλεπικοινωνίες. Βέβαια αυτό άλλαξε σημαντικά από την Τρίτη Γενιά (3G) και έπειτα αφού πλέον είναι δυνατή και η μετάδοση δεδομένων σε εξαιρετικά υψηλούς ρυθμούς (μέχρι και την 2.5 Γενιά, οι υπηρεσίες που υποστηρίζονταν είχαν να κάνουν κυρίως την μετάδοση σύντομων μηνυμάτων δεδομένων ,τύπου SMS ,MMS).

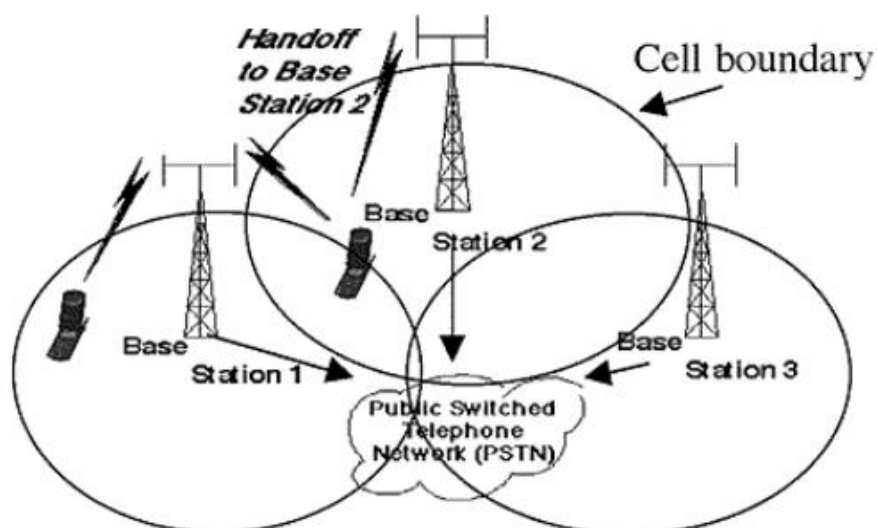
Τα κυψελικά δίκτυα ακολουθούν τη στρατηγική “Διαίρει και Βασίλευε” αφού χωρίζουν μια περιοχή σε μικρότερα τμήματα και στη συνέχεια σε κάθε ένα απ’ αυτά τα τμήματα αντιστοιχίζεται και μία κυψέλη (cell). Κάθε κυψέλη συνδέεται με ένα σταθμό-βάση (base station) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εξυπηρέτηση αυτής της κυψέλης και μόνο. Έπειτα από μια διαδικασία διαμοιρασμού συχνότητας, κάθε σταθμός-βάση αποκτά μια (μοναδική) συχνότητα στην οποία θα λειτουργεί και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι παρεμβολές μεταξύ γειτονικών σταθμών. Η συσκευή του χρήστη που συνδέεται κάθε φορά σε κάποια κυψέλη, χρησιμοποιεί ένα πομπό μικρής ισχύος ώστε να περιορίζεται η εμβέλεια του σε μια μικρή περιοχή. Τα μεγέθη των κυψελών ποικίλουν από μόλις μερικά μέτρα (π.χ. όταν μιλάμε για επιχειρήσεις) μέχρι δεκάδες χιλιόμετρα όταν πρόκειται για κάλυψη μεγαλύτερων περιοχών.

Όσον αφορά τον τρόπο διάταξης των κυψελών επιλέγεται οι γειτονικοί σταθμοί-βάσεις να έχουν σχεδόν ίδιες αποστάσεις μεταξύ τους και ο κλαστικός σχηματισμός που δημιουργούν είναι ένα εξάγωνο. Προφανώς ο χρήστης μπορεί σε κάθε περίπτωση να βρει τη θέση ανάλογα με την ένταση του σήματος που λαμβάνει από τους κοντινούς σε αυτόν σταθμούς. Βέβαια δεν είναι απαραίτητο ότι πάντοτε θα προσδιορίζεται ο κοντινότερος σταθμός, αφού στην πράξη τα πράγματα δεν είναι τόσο ιδανι-

κά ,με το φυσικό περιβάλλον να θέτει τους δικούς του περιορισμούς (φυσικά εμπόδια κ.α.).

Ένα βασικό πλεονέκτημα των κυψελικών δικτύων είναι ότι οι κυψέλες δεν είναι υποχρεωτικό να έχουν διαφορετικές συχνότητες προκειμένου να αποφεύγονται οι παρεμβολές. Αρκεί μια ασφαλής απόσταση μεταξύ τους και η χρήση ίδιων συχνοτήτων είναι εφικτή. Αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι έτσι σε μια κυψέλη μπορούν να αντιστοιχούν πολύ περισσότεροι χρήστες, από όσους θα μπορούσε να υποστηρίξει κανονικά. Έχει αποδειχθεί ότι η χωρητικότητα ενός καναλιού είναι ανάλογη του αριθμού των φορών που ξαναχρησιμοποιείται μια ομάδα συχνοτήτων (καναλιών).

Ευαίσθητο κομμάτι των κυψελικών δικτύων αποτελεί το θέμα του handoff. Το handoff σχετίζεται με έναν χρήστη που κινείται ανάμεσα στις διάφορες κυψέλες και προκαλείται όταν ο χρήστης περνάει από τη μια κυψέλη στην άλλη, αφού εκείνη τη στιγμή πρέπει να του ανατεθεί κάποιο άλλο κανάλι, το οποίο όμως δεν είναι σίγουρο ότι η καινούργια κυψέλη μπορεί να του διαθέσει, γιατί πολύ απλά μπορεί να μην υπάρχει κάποιο διαθέσιμο κανάλι. Αξίζει να σημειωθεί ότι αλλαγή κυψέλης μπορεί να προκληθεί όχι μόνο στην περίπτωση που ο χρήστης κινείται πραγματικά, αλλά και στην περίπτωση που κάποιος άλλος παράγοντας εξασθενήσει το σήμα της τρέχουσας κυψέλης με αποτέλεσμα να γίνει αναζήτηση του αμέσως ισχυρότερου-κοντινότερου σήματος-κυψέλης. Αυτό φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



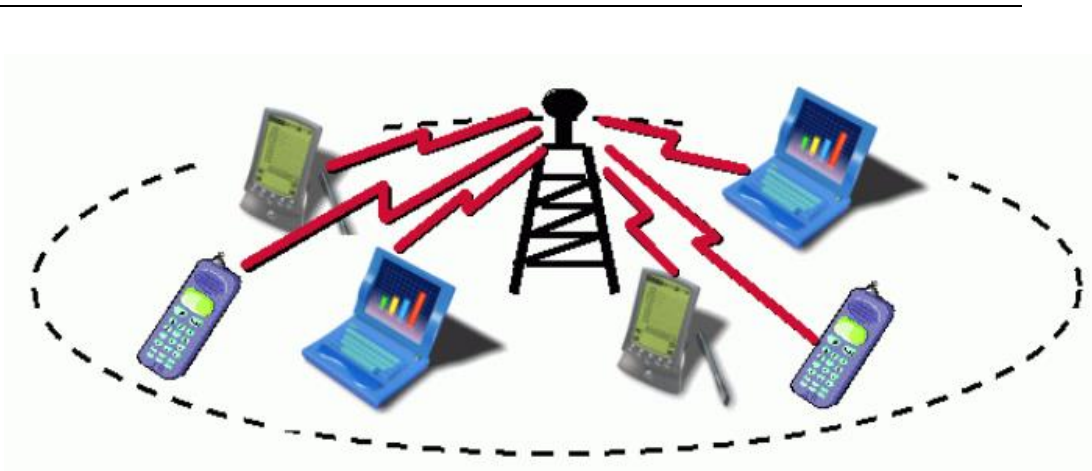
Εικόνα 1- Κυψελικό Δίκτυο με σταθμούς Βάσης – Πηγή:
<http://www.lionhrtpub.com/orms/orms-4-02/frfrequency.html>

Συνοψίζοντας τα κυβελικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα εξυπηρέτησης ενός συνεχώς αυξανόμενου αριθμού χρηστών και μάλιστα με ένα πολύ προσιτό τρόπο, όμως εμφανίζουν σημαντικές αδυναμίες όταν έχουμε να κάνουμε με χρήστες που κινούνται και αυτός είναι και ένας από τους λόγους για τον οποίο οδηγούμαστε στα αδόμητα δίκτυα τα οποία περιγράφονται στην επόμενη ενότητα.

1.2 Αδόμητα Δίκτυα (ad Hoc networks)

Τα αδόμητα δίκτυα υιοθετούν μια τεχνική ακριβώς αντίθετη με εκείνη των δομημένων δικτύων αφού οι κόμβοι δεν ακολουθούν κάποια σταθερή δομή. Οι κόμβοι ενός αδόμητου δικτύου μπορεί να είναι είτε κινητοί είτε σταθεροί με μεταβαλλόμενες ακτίνες μετάδοσης. Στην τεχνική αυτή οι κόμβοι έχουν το ρόλο δρομολογητών. Η προώθηση των πακέτων ωστόσο δεν περιορίζεται μόνο σε όσα αφορούν αυτούς, αλλά και σε πακέτα κοντινών κόμβων. Προφανώς αυτό παρέχει ένα πολύ σημαντικό όφελος σε δύσκολες καταστάσεις στις οποίες ο αποστολέας και ο παραλήπτης ενός πακέτου δεν είναι εντός ακτίνας επαφής.

Δεν είναι τυχαίο ότι τα Αδόμητα Δίκτυα αποτελούν μονόδρομο όταν έχουμε να κάνουμε με τηλεπικοινωνίες σε πολύ δύσκολα περιβάλλοντα, όπου δεν είναι δυνατόν να έχουμε πραγματικές υποδομές είτε η ανάγκη για επικοινωνία είναι επιτακτική και πρέπει να επιτευχθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα (για παράδειγμα, στρατιωτικές επιχειρήσεις, καταστάσεις διάσωσης κ.α.). Αυτό συμβαίνει διότι τα Αδόμητα Δίκτυα δεν απαιτούν σταθερές υποδομές προκειμένου να επιτευχθεί επικοινωνία. Επιπλέον, μπορούν να υλοποιηθούν εξαιρετικά γρήγορα, ενώ ταυτόχρονα πετυχαίνουν πολύ μεγάλη αξιοπιστία λόγω του τρόπου με τον οποίο συνδέονται οι κόμβοι μεταξύ τους. Συγκεκριμένα ένας κόμβος επηρεάζεται/επηρεάζεται μόνο από τους γειτονικούς του κόμβους με αποτέλεσμα αν έχει κάποιο πρόβλημα να μην «πέσει» όλο το δίκτυο, αλλά μόνο ένα πολύ μικρό μέρος του. Η ακόλουθη εικόνα δείχνει τη δομή ενός αδόμητου δικτύου με σταθμό βάσης:



Εικόνα 2-Αδόμητο Δίκτυο με σταθμό βάσης – Πηγή:

<http://www.acorn.net.au/telecoms/adhocnetworks/adhocnetworks.html>

Βασικό είδος Αδόμητων Δικτύων αποτελούν τα δίκτυα MANET (mobile ad hoc networks) που όπως προσδιορίζει το όνομά τους είναι κινητά Αδόμητα Δίκτυα τα οποία ονομάζονται και multihop. Στην περίπτωση αυτών των Αδόμητων Δικτύων οι κόμβοι κινούνται κυριολεκτικά και λειτουργούν ο καθένας μόνος του δημιουργώντας έτσι ένα δίκτυο το οποίο μεταβάλλεται συνεχώς και μάλιστα με έναν απρόβλεπτο τρόπο. Όπως κάθε Αδόμητο Δίκτυο, έτσι και τα κινητά Αδόμητα Δίκτυα δεν στηρίζουν τη λειτουργία τους σε σταθερές δομές, επομένως μπορούν να είναι πλήρως αυτόνομα κάτω από εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες.

Τα κινητά Αδόμητα Δίκτυα προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των Δομημένων Δικτύων όπως:

- εύκολη υλοποίηση
- αυτονομία
- και υψηλή ανοχή σε σφάλματα

Ωστόσο, το γεγονός ότι δεν έχουν κάποια σταθερή δομή σε συνδυασμό με το ότι κινούνται/μεταβάλλονται συνεχώς, εισάγει κάποιες σημαντικές δυσκολίες στην υλοποίησή τους.

1.3 Δορυφορικά Δίκτυα (Satellite networks)

Αν και πολλοί έχουν την αίσθηση ότι οι δορυφόροι χρησιμοποιούνται μόνο για τη παρακολούθηση του διαστήματος, ωστόσο οι συνεισφορές τους είναι πολύ σημαντική και στις τηλεπικοινωνίες. Στην πράξη, οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι είναι αυτοί που συναντώνται πιο συχνά και στην ουσία ο ρόλος τους είναι η αποστολή/λήψη δεδομένων, τα οποία μπορεί να είναι δεδομένα φωνής, εντοπισμού θέσης, πλοήγηση κ.α. Ο τρόπος λειτουργίας τους βασίζεται στην ενίσχυση του εισερχόμενου σήματος και στη συνέχεια στην επανεκπομπή του σε άλλη συχνότητα ώστε να μη συμβαίνουν συγκρούσεις με τα εισερχόμενα σήματα.

Από τα πιο γνωστά στο ευρύ κοινό συστήματα που βασίζει τη λειτουργία του στους δορυφόρους είναι το Global Positioning System ή αλλιώς GPS. Το σύστημα αυτό βασίζεται σε 24 δορυφόρους τύπου “Μέσης Γήινης Τροχιάς” προκειμένου να εντοπίσει με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια τη θέση ενός αντικειμένου. Οι δορυφόροι αυτού του τύπου κινούνται σε ύψος 3.000 έως και 16.000 χιλιόμετρα ενώ η διάρκεια περιστροφής τους είναι περίπου 7 ώρες. Αξίζει να αναφερθεί ότι ακόμη αυτού του τύπου οι δορυφόροι δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στις τηλεπικοινωνίες.

Οι δορυφόροι “Χαμηλής Γήινης Τροχιάς” καθώς και εκείνοι “Γεωστατικής Γήινης Τροχιάς” χρησιμοποιούνται ευρέως στις τηλεπικοινωνίες. Οι δορυφόροι “Χαμηλής Γήινης Τροχιάς” έχουν δυο βασικά χαρακτηριστικά: την πολύ μικρή περίοδο περιστροφής γύρω από τη γη και το χαμηλό ύψος (λιγότερο από 2000 χιλιόμετρα). Το τελευταίο τους δίνει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων τύπων δορυφόρων, αφού οι σταθμοί εδάφους καταναλώνουν πολύ λιγότερη ισχύ λόγω του ότι βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης. Επιπλέον, για τον ίδιο λόγο, τόσο η κίνησή τους, όσο και η τοποθέτησή τους σε τροχιά είναι διαδικασίες πολύ πιο απλές διότι σε αυτά τα υψόμετρα η ατμόσφαιρα είναι πιο αραιή.

Όσον αφορά τους δορυφόρους “Γεωστατικής Γήινης Τροχιάς”, είναι εκείνοι που βρίσκονται πιο μακριά από όλους από την επιφάνεια της Γης (περίπου 40.000 χιλιόμετρα) και κινούνται και πιο αργά από όλους με περίοδο περιστροφής περίπου 1 μέρα. Λόγω της θέσης τους έχουν πολύ μεγάλο εύρος, όμως απαιτούν αντίστοιχα και πολύ ισχυρούς πομπούς προκειμένου να μην υπάρχουν αλλοιώσεις των σημάτων λόγω της μεγάλης τους απόστασης από τη Γη.

Επειδή όλο και περισσότερες επιχειρήσεις προσφέρουν πρόσβαση στο Internet με χρήση δορυφόρων, θα μπορούσαμε να διακρίνουμε αυτές τις υπηρεσίες σε 3 είδη ανάλογα με τη μέθοδο σύνδεσης. Η πρώτη από αυτές είναι η σύνδεση του χρήστη μέσω άμεσης σύνδεσης με το δορυφορικό σύστημα. Αν και ακριβότερη από όλες τις άλλες μεθόδους, υπόσχεται μεγάλες ταχύτητες αποστολής και λήψης. Το δεύτερο είδος είναι η άμεση δορυφορική σύνδεση μέσω ISP. Εδώ ο ISP έχει την σύνδεση με ένα δορυφορικό σύστημα και τη χειρίζεται αναλόγως. Πάλι όμως τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω μιας αργής συμβατικής σύνδεσης και λαμβάνονται μέσω του δορυφόρου. Τρίτη περίπτωση είναι η έμμεση δορυφορική σύνδεση μέσω ISP στην οποία ο ISP δεν έχει κάποια συμφωνία με κάποια δορυφορική εταιρεία αλλά μέσω άλλης εταιρείας παρόχου Internet προσφέρει αυτήν την υπηρεσία.

Επιπλέον οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τους δορυφόρους και για τηλεφωνικούς σκοπούς. Έχουν δοκιμαστεί αρκετά συστήματα που δουλεύουν σε συνεργασία με δορυφόρους Χαμηλής Γήινης Τροχιάς τοποθετημένους σε ύψος μικρότερο των 1000 χιλιομέτρων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται περίπου 50 δορυφόροι προκειμένου να καλυφθεί όλη η επιφάνεια της Γής. Η μεταγωγή γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με το εκάστοτε σύστημα, είτε στο διάστημα μεταξύ των δορυφόρων, είτε στο έδαφος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙ- ΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

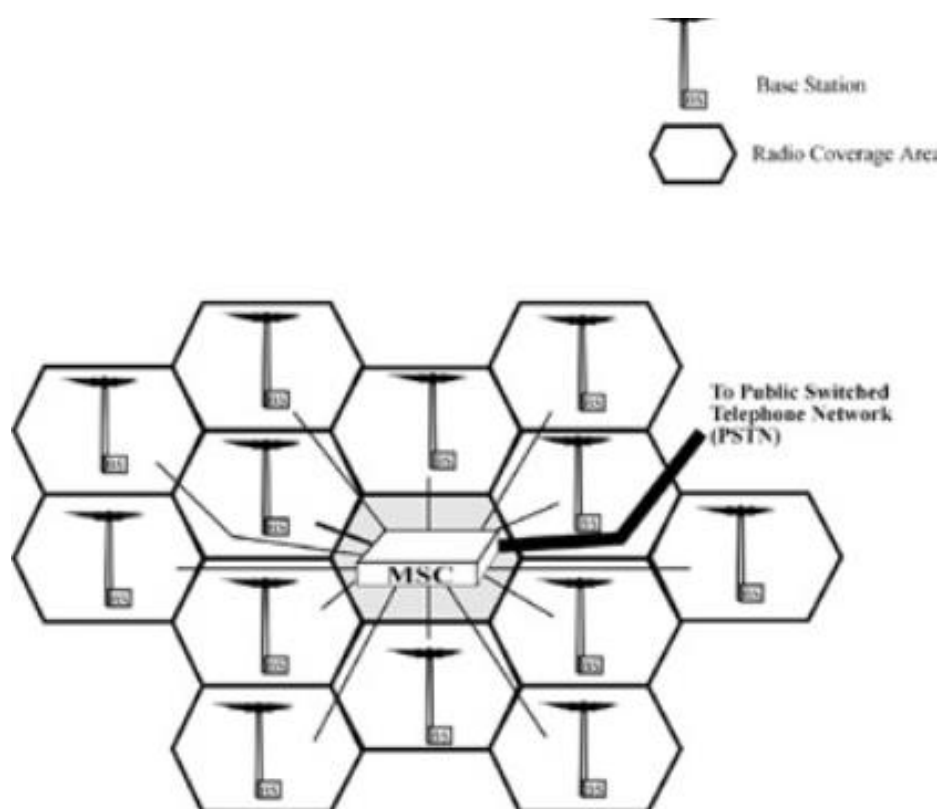
2.1 ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 1ΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα πρώτα δίκτυα κινητών τηλεπικοινωνιών σχεδιάστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 70 στις Η.Π.Α και Ιαπωνία και στις αρχές της δεκαετίας του 80 στην Ευρώπη. Ονομάστηκαν ασύρματα δίκτυα 1ης γενιάς. Οι δυνατότητες τους ήταν περιορισμένες, όμως ήταν ένα μεγάλο τεχνολογικό επίτευγμα. Το σύστημα Advanced Mobile Phone Service (AMPS) ήταν το πρώτο στις κινητές τηλεπικοινωνίες και έκανε την εμφάνιση του το 1978 μονάχα σε μερικές πολιτείες των Η.Π.Α ενώ η εφαρμογή του ήταν καθολική από το 1983 και έπειτα. Αντίστοιχα στην Ευρώπη έχουμε δύο συστήματα κινητών τηλεπικοινωνιών, το Nordic Mobile Telephony (NMT) και το European Total Access Communication System (ETACS). Παρακάτω φαίνονται τα πιο βασικά συστήματα 1ης γενιάς.

	<i>NTT</i>	<i>NMNT450</i>	<i>AMPS</i>	<i>ETACS</i>	<i>N-AMPS</i>	<i>JTACS</i>
<i>Year Introduced</i>	1979	1981	1983	1985	1991	1988
<i>Location</i>	Japan	Europe	N. America	Europe	N.America	Japan
<i>Modulation</i>	FM	FM	FM	FM	FM	FM
<i>Multiple Access</i>	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
<i>Duplex</i>	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD
<i>Forward channel (downlink) range</i>	n/a	463-468 MHz	869-894 MHz	935-960 MHz	869-894 MHz	925 MHz
<i>Reverse channel (uplink) range</i>	n/a	453-458 MHz	824-849 MHz	890-915 MHz	824-849 MHz	860 MHz
<i>Channel Bandwidth</i>	25 KHz	25 KHz	30 KHz	25 KHz	10 KHz	25 KHz
<i>Channel Separation</i>	n/a	10 MHz	45 MHz	45 MHz	45 MHz	n/a
<i>Number of Channel</i>	n/a	200	832	1000	2496	n/a

Πίνακας 1- Συστήματα 1^{ης} Γενιάς

Ανακάλυψη-σταθμός στο τομέα των κινητών τηλεπικοινωνιών ήταν η έννοια του κυττάρου (cell) ή αλλιώς κυψέλης. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται κυτταρικά, αφού η λειτουργία τους στηρίζεται στο σχήμα των κυττάρων, τα οποία στην περίπτωση των δικτύων περιγράφουν τα γεωγραφικά όρια μέσα στα οποία μπορούν να εξυπηρετούνται οι κινητοί χρήστες. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πώς ένας σταθμός βάσης, τοποθετημένος σε κάθε κύτταρο αναλαμβάνει την οργάνωση και δρομολόγηση των κλήσεων.



Εικόνα 3-Κινητά Δίκτυα 1^{ης} Γενιάς

Κάθε κύτταρο έχει εμβέλεια από 1 έως και 30 χιλιόμετρα. Η εμβέλεια επηρεάζεται τόσο από το πλήθος των χρηστών που εξυπηρετούνται, όσο και από το πόσο πυκνοκατοικημένη είναι μια περιοχή. Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη εμβέλεια των 30 χιλιομέτρων επιτυγχάνεται σε επαρχιακές αραιοκατοικημένες περιοχές.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων 1ης γενιάς, ήταν ότι τόσο ο πομπός όσο και ο δέκτης χρησιμοποιούσαν την ίδια συχνότητα προκειμένου να μεταδώσουν και να λάβουν. Επίσης όταν ο χρήστης βρισκόταν σε κίνηση κατά τη διάρκεια επικοινωνίας του η κλήση του τερματιζόταν αυτόματα, αφού δεν υπήρχε δυνα-

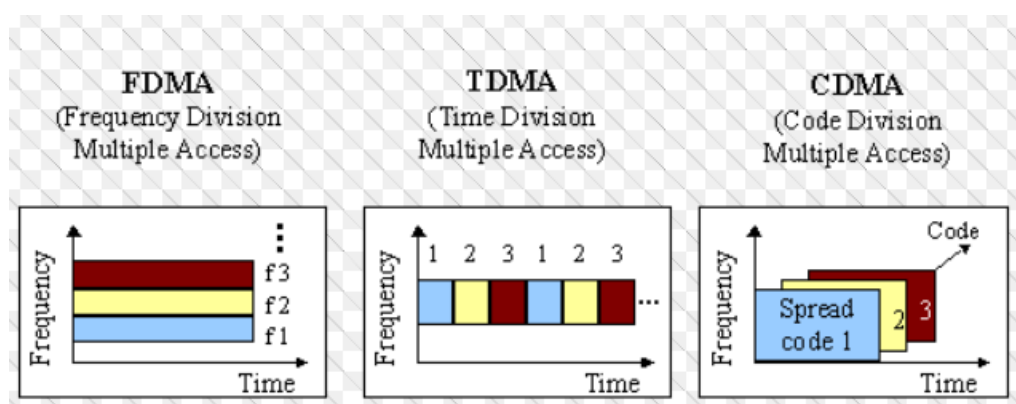
τότητα να διατηρηθεί κατά τη μετάβαση σε μια άλλη κυψέλη (handover). Το γεγονός αυτό, περιόριζε σημαντικά τις δυνατότητες της κινητής επικοινωνίας καθώς εμπόδιζε την κινητικότητα του χρήστη.

Ένα άλλο πρόβλημα των συστημάτων 1^{ης} γενιάς ήταν η χαμηλή απόδοσή τους από άποψη χωρητικότητας, καθώς ήταν πολύ μικρός ο αριθμός των χρηστών που μπορούσαν να μιλήσουν ταυτόχρονα. Τα πρώτα συστήματα, δεν άφηναν περιθώρια για βελτιώσεις και για την εφαρμογή τεχνικών όπως συμπίεση και κωδικοποίηση της πληροφορίας, καθώς αυτό θα είχε σαν προϋπόθεση τη χρήση ψηφιακού σήματος ενώ το σήμα που υπήρχε τότε ήταν μόνο αναλογικό.

Τέλος, τα τερματικά, δηλαδή οι συσκευές που χρησιμοποιούσαν οι χρήστες, ήταν ογκώδεις με μεγάλες κεραίες με πολύ υψηλό κόστους για την εποχή εκείνη.

2.2 ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 2ης ΓΕΝΙΑΣ

Τα δίκτυα 2ης γενιάς βασίζονταν στην ψηφιακή διαμόρφωση του σήματος και οι χρήστες διαχωρίζονταν με βάση το μοντέλο Time Division Multiple Access (TDMA) ή Code Division Multiple Access (CDMA). Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι τεχνικές αυτές καθώς επίσης και μια σύγκριση με τα δίκτυα 1^{ης} γενιάς που μετέδιδαν αναλογικό σήμα και ο διαχωρισμός των χρηστών για ταυτόχρονη πρόσβαση στο ασύρματο μέσο γινόταν με τη μέθοδο Frequency Division Multiple Access (FDMA),



Εικόνα 4-Σύγκριση Τεχνικών Πρόσβασης – Πηγή:

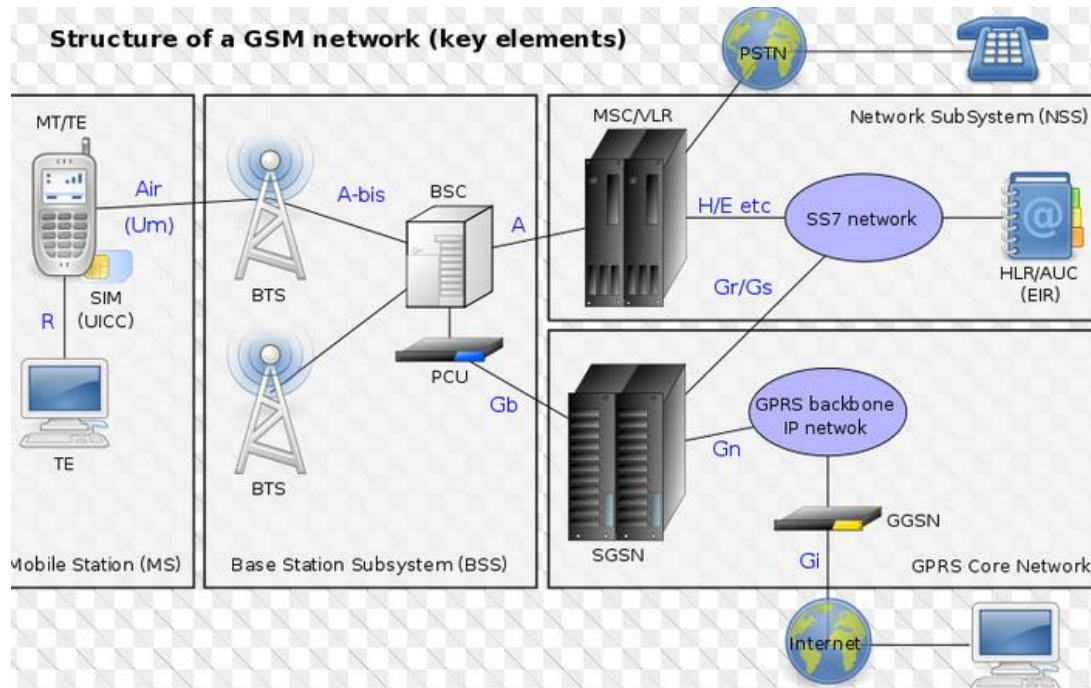
<http://www.itu.int/osg/spu/ni/3G/technology/>

Τα πιο γνωστά συστήματα 2ης γενιάς ήταν:

- το **Global System for Mobile communication (GSM)** το οποίο χρησιμοποιεί την TDMA τεχνική και υποστηρίζει 8 χρόνο-σχισμές (time-slots) με εύρος ζώνης 200 KHz η κάθε μια.
- το Interim Standard 54 (**IS-54**) και το Interim Standard 136 (**IS-136**) γνωστό και ως North American Digital Cellular (NADC) ή US Digital
- το Cellular (USDC), που χρησιμοποιεί την TDMA ως τεχνική πρόσβασης.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η δομή του δικτύου GSM, του πιο επιτυχημένου συστήματος αυτής της γενιάς. Το δίκτυο GSM φτιάχτηκε με στόχο να υπάρξει ένα ενιαίο σύστημα που θα εξυπηρετούσε όλους τους Ευρωπαίους πολίτες ωστόσο στη συνέχεια υιοθετήθηκε παγκοσμίως. Χρησιμοποιεί την ζώνη συχνοτήτων των 800-900

MHz ενώ σε κάποιες άλλες χώρες χρησιμοποιούνται παράγωγά του που δουλεύουν στα 1.8 (DCS 1800) και στα 2 GHz. Τα τελευταία είναι αποδοτικότερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, αφού μπορούν να εξυπηρετήσουν πολύ περισσότερους χρήστες.



Εικόνα 5-Δομή Δικτύου GSM – Πηγή:

<https://devizcayno.wordpress.com/2012/04/11/information-security-governance-telecommunication-industry/>

Ακόμη, στα δίκτυα 2^{ης} γενιάς βλέπουμε για πρώτη φορά υπηρεσίες όπως, δυνατότητα πρόσβασης στο Internet (ακόμη περιορισμένη) και αποστολή σύντομων γραπτών μηνυμάτων μεταξύ των χρηστών (SMS).

2.3 ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 2.5 ΓΕΝΙΑΣ

Ως μια βελτιωμένη έκδοση της 2^{ης} γενιάς ήρθε το πρότυπο 2.5. Βασικές αλλαγές ήταν: ταχύτεροι ρυθμοί μετάδοσης και καλύτερες υπηρεσίες internet, όπως αποστολή/λήψη e-mail κ.α.

Στα πλαίσια της αναβάθμισης των συστημάτων προέκυψαν ένα νέο πρωτόκολλο και νέα συστήματα για τη γενιά 2.5. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Wireless Applications Protocol (**WAP**)
- High Speed Circuit Switched Data (**HSCSD**),
- General Packet Radio Service (**GPRS**)
- Enhanced Data Rates for GSM Evolution (**EDGE**)
- Interim Standard 95B (**IS-95B**)

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των συστημάτων HSCSD, GPRS και EDGE και WAP.

Σύστημα HSCSD

Το αδύνατο σημείο των αρχικών μορφών του GSM ήταν οι πολύ χαμηλοί ρυθμοί μετάδοσης ,με ανώτατο όριο τα 9,6 Kbps. Η πρώτη λοιπόν τεχνολογία που ήρθε να βελτιώσει αυτό το σημείο ήταν η HSCSD. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα απλή και οικονομική στην υλοποίησή της, Βασίζεται στην αρχή ότι ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί περισσότερες από μία χρονοθυρίδες (timeslots) για μια σύνδεση μεταφοράς δεδομένων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν πολύ καλύτερο ρυθμό μετάδοσης, αφού τώρα ο ρυθμός μετάδοσης για αυτόν το χρήστη ισοδυναμεί με το γινόμενο των timeslots επί τον ρυθμό μετάδοσης ενός timeslot.

Σύστημα GRPS

Στη συνέχεια ακολούθησε η τεχνολογία GPRS. Οι ρυθμοί μετάδοσης ήταν εμφανώς βελτιωμένοι αφού φτάνουν τα 115 Kbps, όμως η σημαντικότερη αλλαγή που προσέφερε αυτό το σύστημα ήταν ότι εισήγαγε στα κινητά δίκτυα την τεχνολογία μεταγωγής πακέτου. Σύμφωνα με την τεχνολογία αυτή, οι πόροι του δικτύου δεσμεύονται μόνο όταν πρέπει να σταλούν/ληφθούν δεδομένα. Το χαρακτηριστικό αυτό την

καθιστά ιδανική για υπηρεσίες όπως e-mail, fax και asymmetric web browsing όπου ο χρήστης κατεβάζει από το Internet πολύ περισσότερα δεδομένα από ότι ανεβάζει. Επιπλέον εκτός από το απλό «σερφάρισμα» στο Internet, υποστηρίζεται μετάδοση φωνής και video. Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει ενδεικτικά μερικές εφαρμογές του GPRS.

Εφαρμογή	Παράδειγμα
E-mail	Αποστολή και Λήψη Μηνυμάτων
FTP	Αποστολή Αρχείων
Telnet	Σύνδεση σε Απομακρυσμένο Τερματικό
Video	Teleconferencing
WWW	Ανάκτηση Σελίδων

Πίνακας 2-Εφαρμογές GPRS

Σύστημα EDGE

Η τεχνολογία EDGE ήρθε να επέμβει κυρίως στο λογισμικό των σταθμών βάσης προκειμένου να βελτιώσει τον ρυθμό μετάδοσης. Βασίζεται σε μια τεχνική διαμόρφωσης που ονομάζεται Eight Phase Shift Keying (8PSK) και πέτυχε έως και τρεις φορές καλύτερο ρυθμό μετάδοσης (μέχρι και 547,2 Kbps) από το αρχικό GSM στην ιδανική περίπτωση να μη χρησιμοποιείται διόρθωση λαθών και οι οκτώ χρονοθυρίδες να είναι δεσμευμένες από ένα μόνο χρήστη.

Σύστημα WAP

Το πρωτόκολλο WAP (Wireless Applications Protocol) περιγράφει το περιβάλλον εφαρμογής και τα δικτυακά πρωτόκολλα που απαιτούνται για ασύρματες επικοινωνίες. Βάση αυτού του πρωτοκόλλου οι κινητές συσκευές μπορούν να απεικονίζουν ιστοσελίδες και να χειρίζονται xml δεδομένα, urls κ.α.. Προκειμένου να εξελισσεται συνεχώς το πρωτόκολλο με νέες υπηρεσίες γρήγορα και ευέλικτα, δημιουργήθηκε το WAP. Το WAP Forum όρισε ένα σύνολο από πρωτόκολλα τα οποία αντιστοιχούν στα Transport Layer, Security Layer, Transaction Layer, Session Layer και Application Layer, του γνωστού μοντέλου OSI.

Το πρότυπο IS-95B ήταν αποτέλεσμα εξέλιξης του προτύπου IS-95A και παρέχει μεταγωγή πακέτου αλλά και κυκλώματος, μέσω CDMA καναλιών. Ο όρος cdmaOne χρησιμοποιείται για να περιγραφθούν τα κυτταρικά δίκτυα που βασίζονται στα πρότυπα IS-95A και IS-95B. Το πρώτο IS-95B δίκτυο, λειτούργησε το 1999 στην Κορέα..

Ο επόμενος Πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των συστημάτων της 2.5 γενιάς

	<i>HSCSD</i>	<i>GPRS</i>	<i>IS-95B</i>	<i>EDGE</i>
<i>Year Introduced</i>	1999	1999	1999	1999
<i>Location</i>	Europe	Europe	N. America	Europe
<i>Modulation</i>	GMSK	GMSK	QPSK	8-PSK
<i>Multiple Access</i>	TDMA	TDMA	CDMA	TDMA
<i>Duplex</i>	FDD	FDD	FDD	FDD
<i>Forward channel (uplink) range</i>	935-960 MHz	935-960 MHz	1930-1990 MHz	935-960 MHz
<i>Reverse channel (downlink) range</i>	890-915 MHz	890-915 MHz	1850-1910 MHz	890-915 MHz
<i>Channel Bandwidth</i>	200 KHz	200 KHz	1250 KHz	200 KHz
<i>Channel Separation</i>	45 MHz	45 MHz	n/a	45 MHz
<i>Number of Channels</i>	124	124	n/a	124

Εικόνα 6-Χαρακτηριστικά δικτύων 2.5 γενιάς

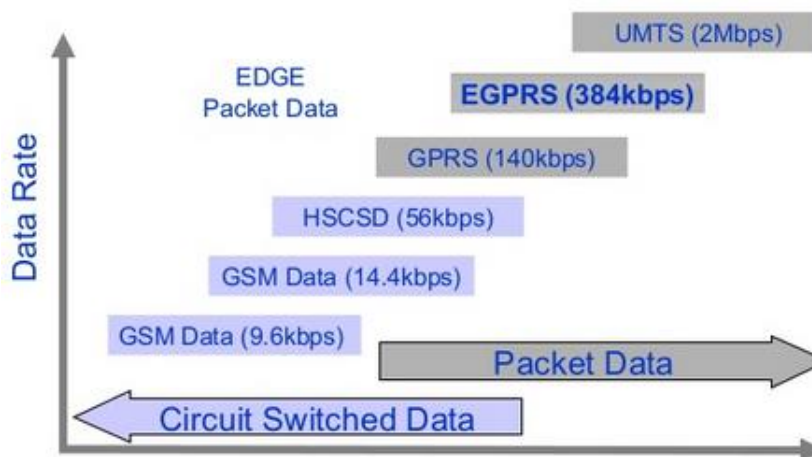
2.4 ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 3ης ΓΕΝΙΑΣ

Τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς έφεραν ριζικές αλλαγές τόσο σε επίπεδο πληθώρας υπηρεσιών όσο και σε επίπεδο ταχυτήτων. Με ταχύτητες που πλέον άγγιζαν το Megabit η πλοήγηση στο Internet ήταν πολύ ταχύτερη, ενώ ο χρήστης μπορούσε να επικοινωνήσει χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Voice over Internet Protocol (VoIP), να κατεβάσει μουσικά κομμάτια και να χρησιμοποιήσει διάφορες άλλες υπηρεσίες μέσω κινητού τηλεφώνου.

Βασική ανάγκη των δικτύων 3ης γενιάς ήταν να παρέχονται υπηρεσίες σε οποιοδήποτε μέρος και χρονική στιγμή. Με άλλα λόγια, ο χρήστης θα έπρεπε να έχει τη δυνατότητα να μετακινείται και να εξυπηρετείται σε οποιαδήποτε περιοχή κι αν βρίσκεται, ακόμη και στην περίπτωση όπου η παρεχόμενη κάλυψη δεν είναι τύπου 3ης γενιάς. Στην περίπτωση αυτή, ο χρήστης μπορεί πλέον να εξυπηρετείται από δορυφορικά δίκτυα, κυψελωτά δίκτυα καθώς και από οικιακά ασύρματα συστήματα.

Οι παρεχόμενες υπηρεσίες επεκτείνονται σε υπηρεσίες διαδικτύου (email, ftp, telnet κ.λ.π.) και υπηρεσίες πολυμέσων (συνδυασμός εικόνας, ήχου και κειμένου) με ρυθμούς μετάδοσης που ξεκινούν από τα 144 Kbps και φτάνουν σε ρυθμούς της τάξης των Mbps.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται η εξέλιξη των προτύπων από τη 2^η μέχρι και την 3^η γενιά.



Εικόνα 7-Η εξέλιξη των προτύπων από τη 2^η μέχρι και την 3^η γενιά

Τα συστήματα 3ης γενιάς που έχουν επικρατήσει είναι τα εξής:

- UMTS στην Ευρώπη
- CDMA2000 στην Βόρεια Αμερική,
- TD-SCDMA στην Κίνα
- NTT Docomo (Ιαπωνία)

Ως συνέχεια των συστημάτων 2ης γενιάς, έχουμε το **Wideband-CDMA** ή **UMTS** (εξέλιξη του των GSM, IS-136 και PDC). Το W-CDMA σαν πρότυπο ακολουθεί την λογική και τον τρόπο που δουλεύει το GSM. Η εμφάνιση του **UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service)** ως εξέλιξη του GSM έρχεται το 1996. Το πρότυπο αυτό αποτελούσε στην ουσία μια παραλλαγή του γνωστού CDMA, ενώ σε βάθος χρόνου και μετά από αρκετές εξελίξεις έφτασε στην τελική μορφή ως WCDMA. Ακόμη, τα παραπάνω πρότυπα καθώς και το cdma2000 είναι απολύτως συμβατά με τα αντίστοιχα συστήματα 2^{ης} και 2,5^{ης} γενιάς. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι το UMTS παρέχει σαφώς ποιοτικότερες υπηρεσίες.

Τέλος μια σύγκριση των ρυθμών μετάδοσης δεδομένων (data rates) στα δίκτυα από τη 2^η μέχρι και την 3^η γενιά παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα:

Technology	Bandwidth	Data Rate/User (Theory)	Data Rate/User (Realistic)
GSM	200 kHz	9.6 kbps	9.6 kbps
GPRS	200 kHz	172 kbps	40 kbps
EDGE	200 kHz	474 kbps	100 kbps
CDMA2000 3x	3.75 MHz	2 Mbps	384 kbps
WCDMA	5 MHz	2 Mbps	1 Mbps

Εικόνα 8-Σύγκριση Ρυθμών Μετάδοσης στα δίκτυα από 2η μέχρι και 3η γενιά

2.5 ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 3.5 ΓΕΝΙΑΣ

Η γενιά 3.5 ή 3G+, αποτελεί συνέχεια των δικτύων που είχαν υιοθετήσει την τεχνολογία WCDMA, μόνο που τώρα προστίθεται επιπλέον η τεχνολογία HSPA. Στόχος ήταν η επίτευξη μεγαλύτερης χωρητικότητας τόσο στον κατερχόμενο (downlink) όσο και στον ανερχόμενο (uplink) ασύρματο σύνδεσμο. Έτσι το πρότυπο **HSDPA** (High Speed Downlink Packet Access) αφορά βελτιώσεις του κατερχόμενου συνδέσμου, ενώ αντίστοιχα το HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) του ανερχόμενου συνδέσμου.

Το πλεονέκτημα του HSDPA είναι ότι δεν χρησιμοποιεί ξεχωριστά κανάλια για την αποστολή των πακέτων, αλλά ένα κανάλι (Downlink Shared Channel ή DSCH) το οποίο είναι διαμοιραζόμενο και μέσω αυτού γίνεται η μεταφορά των πακέτων των χρηστών. Το κανάλι αυτό καλείται HS-DSCH (High-Speed DSCH) εξαιτίας του μεγάλου εύρους ζώνης (bandwidth) που διαθέτει και των πολύ υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Στην ουσία λοιπόν, η τεχνολογία αυτή έρχεται να επέμβει στην μετάδοση των πακέτων από το σταθμό βάσης προς το χρήστη με αποτέλεσμα έναν ρυθμό μετάδοσης πέντε φορές μεγαλύτερο από τον αντίστοιχο του UMTS και δεκαπέντε φορές μεγαλύτερο από εκείνον του GPRS. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται πως η τεχνολογία HSPA είναι ιδανική σε περιπτώσεις που έχουμε μεγάλη κίνηση δεδομένων, αφού αυξάνει δραματικά την χωρητικότητα του δικτύου. Όσον αφορά το κομμάτι της υλοποίησης αυτής της τεχνολογίας, αξίζει να αναφερθεί ότι απαιτούνται επεμβάσεις τόσο στο υλικό (hardware) των σταθμών βάσης ώστε να υποστηρίξουν τους νέους ρυθμούς δεδομένων, όσο και στην αρχιτεκτονική των νέων δικτύων.

Και έτσι φτάνουμε στο πρότυπο LTE. Το LTE είναι μια τεχνολογία της 3GPP (3rd Generation Partnership Project), που στόχο είχε την υποστήριξη και την βελτίωση μιας σειράς παρεχόμενων υπηρεσιών για τους κινητούς χρήστες, όπως Mobile TV, Video/MP3 streaming, Online Gaming, Video Conferencing κ.α. Τέλος παρουσιάζουμε μια σύγκριση των βασικών προτύπων στις 3 πρώτες γενιές:

Γενιά	Πρωτόκολλο	Τεχνολογία	Χαρακτηριστικά
1G	AMPS	Προηγμένες Υπηρεσίες Φωνής	-Αναλογικές Υπηρεσίες Φωνής -Δεν προσφέρει υπηρεσίες Δεδομένων
2G	CDMA	Code Division Multiple Access	- Ψηφιακές Υπηρεσίες Φωνής -Ρυθμοί από 9,6K έως 14.4 Kbits/sec -CDMA, TDMA, PDC προσφέρουν μετάδοση δεδομένων σε μια μόνο κατεύθυνση -Τα κυβελωτά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων και φωνής -Πολλοί χρήστες μοιράζονται ένα μοναδικό κανάλι μέσω πολυπλεξίας
	TDMA	Time Division Multiple Access	
	GSM	Καθολικό Σύστημα για Κινητή Τηλεπικοινωνία	
	PDC	Personal Digital Cellular	
3G	W-CDMA	Wide-band Code Division Multiple Access	-Καλύτερη ποιότητα φωνής -Ρυθμοί μέχρι 14Mbits/sec -Ευρυζωνικές Υπηρεσίες Φωνής όπως video και πολυμέσα -Παγκόσμια πρόσβαση και φορητότητα μέσω διαφορετικών τύπων συσκευών (π.χ. τηλέφωνα, PDA κ.λ.π.)
	CDMS-2000	Based on the Interim Standard-95 CDMA Standard	
	TD-SCDMA	Time Division synchronous code-division multiple access	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 4G

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κινητές συσκευές έχουν γίνει μικρότερες, ελαφρύτερες και πιο ισχυρές, με μεγαλύτερες οθόνες, μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας και περισσότερες εφαρμογές. Το εύρος ζώνης αποτελεί πάντα περιοριστικό παράγοντα στη εξέλιξη εφαρμογών και συσκευών είτε πρόκειται για ενσύρματη είτε για ασύρματη επικοινωνία. Η πτώση των 3G δικτύων οφείλεται κυρίως στο ότι δεν είναι αρκετά γρήγορα, αφού τα 384Kbps που προσφέρουν δεν ικανοποιούν τις προσδοκίες των σύγχρονων χρηστών. Για κάποιους η Τρίτη Γενιά θεωρείται το μεταίχμιο μέχρι να φτάσουμε σε ένα πλήρως ολοκληρωμένο IP δίκτυο. Κάποιες χώρες έχουν επιλέξει ακόμη και να παρακάμψουν την Τρίτη Γενιά περνώντας κατευθείαν στην Τέταρτη, μια επιλογή που έχει τόσο θετικά, όσο και αρνητικά στοιχεία.

Η Τέταρτη Γενιά είναι στην ουσία ένα ολοκληρωμένο, καθολικό δίκτυο το οποίο παρέχει πλήρεις IP λύσεις, όπου η φωνή, τα δεδομένα και τα διάφορα πολυμέσα θα είναι διαθέσιμα στους χρήστες οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή. Οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν αξιοσημείωτες αυξήσεις στους ρυθμούς δεδομένων σε σχέση με τις προηγούμενες γενιές ασύρματων δικτύων. Αυτήν τη στιγμή, τα πρότυπα LTE (Long Term Evolution) και WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) επιτυγχάνουν τις επιθυμητές αποδόσεις για την Τέταρτη Γενιά.

Οι στόχοι που τέθηκαν ήταν οι εξής: α) Το δίκτυο Τέταρτης Γενιάς να είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα πλήρως βασισμένο στο IP. β) Να παρέχει ταχύτητες από 100Mbit/s έως 1Gbit/s οπουδήποτε κι αν βρίσκεται ο χρήστης με εξέχουσα ποιότητα και υψηλή ασφάλεια. Ο όρος 4G περιλαμβάνει πολλούς τύπους ευρυζωνικών ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Τα συστήματα Τέταρτης Γενιάς δεν υποστηρίζουν μόνο την τρέχουσα γενιά κινητών υπηρεσιών, αλλά ακόμη εξασφαλίζουν μια ομαλή μετάβαση μεταξύ των διαφόρων γενιών δικτύων IP.

Mobile standards	3GPP		Qualcomm	China	IEEE
Carriers using:	AT&T and T-Mobile US, majority of global carriers		Sprint, Verizon Wireless	China Mobile	Sprint
2G: digital + data services	GSM: 2G		CDMAOne		
	GPRS: 2.5G				
	EDGE: 2.75G				
3G: at least 200 kbps iPhone 4 currently delivers up to 7.2Mbps down, 5.8Mbps up	Release 4	UMTS 3G	CDMA2000 EVDO rev 0	TD-SCDMA (up to 2Mbps)	Mobile WIMAX 3.9G (4 Mbps cap on EVO "4G")
	Release 5	HSDPA 3.5G (to 21Mbps down)	CDMA2000 EVDO rev A (up to 3.1Mbps down, 1.8 up)		
	Release 6	HSUPA 3.5G (to 5.8Mbps up)	EVDO Rev C / Ultra Mobile Broadband Canceled:		
	Release 7	HSPA+ 3.5G			
	Release 8/9	LTE 3.9G			
4G: at least 100 Mbps, IP-based	Release 10	LTE Advanced	Sprint moving to WIMAX, Verizon moving to 3GPP LTE	TD-LTE	WIMAX 4G

Εικόνα 9-Η εξέλιξη των πρωτοκόλλων ασύρματης επικοινωνίας – Πηγή:
http://appleinsider.com/articles/12/03/13/npd_ranks_iphone_4s_as_americas_most_popular_4g_phone_due_to_hspa

Η τεχνολογία 4G στηρίζεται πάνω στην τεχνολογία WiMAX και LTE Advanced. Η τεχνολογία WiMAX λειτουργεί παρόμοια με το Wi-fi όμως εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας 35 και παραπάνω χιλιομέτρων σε αντίθεση με τα 100 μέτρα περίπου που εξασφαλίζει το Wi-Fi. Επιπλέον η ταχύτητα του download αρχείων είναι στα 100Mbps για τα κινητά τηλέφωνα. Τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί τη σύνδεσή στο διαδίκτυο ακόμα και όταν βρίσκεται σε κίνηση αφού η εμβέλεια του είναι πολύ μεγάλη
- Εταιρίες κατασκευάζουν δικά τους δίκτυα επειδή δεν απαιτείται η ύπαρξη καλωδίων
- Η τεχνολογία LTE-Advanced είναι ουσιαστικά η πρόοδος του 3G. Χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες MIMO και OFDM.
- Τα πλεονεκτήματά LTE-Advanced είναι τα ακόλουθα:
 - Οι ταχύτητες είναι 1 Gbps για download και 500 Mbps για upload αρχείων

- Η αποτελεσματικότητα του φάσματος είναι 3 φορές μεγαλύτερη από το LTE που χρησιμοποιείται σήμερα

3.2 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΤΗΚΑΝ

A. Κινητός Σταθμός

1. Τερματικά χρήστη. Προκειμένου να μειωθούν τα κόστη λειτουργίας, οι συσκευές των δικτύων 4G πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε διάφορα δίκτυα. Αυτό όχι μόνο μειώνει το κόστος λειτουργίας, αλλά μειώνει σημαντικά και την κατανάλωση ενέργειας. Ένα από τα κύρια ζητήματα προς διευθέτηση για τα δίκτυα Τέταρτης Γενιάς είναι η ταυτόχρονη πρόσβαση σε τελείως διαφορετικά κινητά, ασύρματα δίκτυα. Ένας από τους μηχανισμούς που έχουν προταθεί για τον χειρισμό αυτού του προβλήματος είναι οι λεγόμενες πολύτροπες συσκευές (multi-mode devices). Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να υλοποιηθεί με τη βοήθεια ενός software το οποίο επιτρέπει στη συσκευή του τελικού χρήστη να προσαρμόζεται από μόνη της στις διάφορες ασύρματες διεπαφές (wireless interfaces) των δικτύων.

2. Ανεύρεση ασύρματου συστήματος. Λόγω της ανομοιογένειας των δικτύων Τέταρτης Γενιάς, οι ασύρματες συσκευές πρέπει να επεξεργάζονται σήματα που προέρχονται από τελείως διαφορετικά συστήματα, να βρίσκουν τις διαθέσιμες υπηρεσίες και να συνδέονται με τους παρόχους των υπηρεσιών αυτών. Οι διάφοροι πάροχοι υπηρεσιών έχουν δικά τους πρωτόκολλα τα οποία μπορεί να μην είναι συμβατά τόσο μεταξύ τους όσο και με εκείνα των συσκευών. Μια λύση σε αυτό το θέμα αποτελεί ο μηχανισμός “System Initiated Discoveries”. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει αυτόματο κατέβασμα (download) ενός λογισμικού βασισμένο στο ασύρματο σύστημα που χρησιμοποιεί ο χρήστης.

3. Επιλογή ασύρματου συστήματος. Με την υποστήριξη τερματικών χρήστη Τέταρτης Γενιάς, υπάρχει μία τάση να επιλέγεται για κάθε ξεχωριστή επικοινωνία/σύνοδο (communication session) οποιοδήποτε ασύρματο δίκτυο είναι προσβάσιμο. Ωστόσο η επιλογή του κατάλληλου δικτύου είναι κάτι δύσκολο, αφού η προσβασιμότητα των δικτύων αλλάζει με τον καιρό. Επιπλέον απαιτείται μια πληθώρα πληροφοριών προκειμένου να επιτευχθεί σύνδεση με ένα δίκτυο. Εκτός άλλων, αυτές οι πλη-

ροφορίες αφορούν κατανόηση του είδους των παρεχόμενων υπηρεσιών, των ρυθμών δεδομένων του συστήματος, της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσιών (Qos), τα κόστη επικοινωνίας καθώς και τις προτιμήσεις του χρήστη.

4.Μη συμβατές συχνότητες περιαγωγής. Από τη στιγμή που αρχίζει να λειτουργεί ένα δίκτυο Τέταρτης Γενιάς δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε αυτό οπουδήποτε. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή τα διάφορα έθνη χρησιμοποιούν διαφορετικά συχνοτικά φάσματα (spectrums) για να παρέχουν υπηρεσίες 4G και έτσι αν ένας χρήστης ταξιδεύει θα πρέπει να επανέλθει σε ένα δίκτυο 3G το οποίο είναι διεθνές. Βέβαια οι περισσότερες μελλοντικές συσκευές αναμένεται να εξοπλιστούν με αντίστοιχο hardware που θα επιλύει το πρόβλημα των συχνοτήτων. Ακόμη και έτσι όμως, δεν αποτελεί και τόσο μεγάλο θέμα το να μην έχουμε κάλυψη 4G σε μια ξένη χώρα, αφού και να είχαμε, ίσως τα κόστη περιαγωγής να ήταν απαγορευτικά.

B. Προκλήσεις του Συστήματος

1. Κινητικότητα των τερματικών. Προκειμένου να έχουμε ασύρματη παροχή υπηρεσιών οπουδήποτε και οποτεδήποτε, η κινητικότητα των τερματικών ίσως αποτελεί παρόν για τις υποδομές της Τέταρτης Γενιάς. Η κινητικότητα των τερματικών επιτρέπει στους κινητούς χρήστες να περιφέρονται κατά μήκος των γεωγραφικών ορίων που καλύπτουν τα ασύρματα δίκτυα.

Υπάρχουν δύο σημαντικά ζητήματα στην κινητικότητα των τερματικών: διαχείριση της τοποθεσίας (location management) και διαχείριση του handoff. Η διαχείριση της τοποθεσίας περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που αφορούν τα κινούμενα τερματικά, όπως τα αρχικά και τα τρέχοντα κελιά (cells) στα οποία βρίσκονται καθώς και άλλα πιστοποιητικά (authentication information). Από την άλλη πλευρά, η διαχείριση του handoff αφορά τη διατήρηση των επικοινωνιών ενώ τα τερματικά κινούνται. Το κινητό (mobile) IPv6 είναι ένα πρωτόκολλο τεχνολογίας IP για IPv6 ασύρματα συστήματα. Σε αυτή τη λογική ένα τερματικό συνδέεται με μια διεύθυνση οικείας (home address) IPv6. Όποτε το τερματικό βγαίνει έξω από το τοπικό δίκτυο, η διεύθυνση οικείας γίνεται μη έγκυρη και επίσης το τερματικό λαμβάνει μια νέα IPv6

διεύθυνση (η οποία ονομάζεται “care-of address”) από το νέο επισκεπτόμενο δίκτυο. Με σύνδεση αυτών των δύο διευθύνσεων επιτυγχάνεται η διαχείριση των θεμάτων του handoff.

2. Quality of service και Υποδομή του Δικτύου. Τα υπάρχοντα ασύρματα συστήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο είδη: εκείνα που δεν βασίζονται στην IP τεχνολογία (Non-IP-based) και εκείνα που βασίζονται (IP-based). Πληθώρα Non-IP-based συστημάτων έχουν βελτιστοποιηθεί για υπηρεσίες φωνής (όπως GSM, cdma2000, UMTS). Από την άλλη πλευρά, IP-based χρησιμοποιούνται συνήθως για υπηρεσίες δεδομένων (όπως το πρότυπο 802.11 και HiperLAN). Στα ασύρματα περιβάλλοντα 4G, το πρόβλημα είναι ο συνδυασμός αυτών των δυο συστημάτων και ταυτόχρονα η εξασφάλιση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (Qos).

Μέχρι τώρα οι διάφοροι τύποι Qos κατασκευάζονται έχοντας υπόψη ένα συγκεκριμένο ασύρματο σύστημα. Για παράδειγμα, το 3GPP έχει προτείνει ένα ολοκληρωμένο σχέδιο Qos για το UMTS. Επιπροσθέτως, προκειμένου να είναι δυνατή η υποστήριξη πληθώρας υπηρεσιών, το UMTS έχει ορίσει κλάσεις Qos καθώς και τις ιδιότητες τους για να διαχειριστεί τις διάφορες απαιτήσεις. Ωστόσο, παρέχοντας Qos μόνο στο UMTS δεν υπάρχει εγγύηση ότι θα υπάρχει από άκρη σε άκρη Qos, αφού παρεμβάλλονται και συστήματα τα οποία δεν είναι UMTS.

3. Διαχείριση της συμφόρησης στο δίκτυο. Η διαχείριση της συμφόρησης στα δίκτυα Τέταρτης Γενιάς είναι ακόμη ένα κρίσιμο θέμα. Δύο βασικές προσεγγίσεις στον έλεγχο της συμφόρησης είναι οι εξής: **Πρόληψη** από τη μια πλευρά προκειμένου να αποφευχθεί η συμφόρηση και από την άλλη **Εντοπισμός και Καταπολέμηση** στην περίπτωση που συμβαίνει. Στην περίπτωση της πρόληψης το δίκτυο πρέπει να εφαρμόζει επιτυχημένα τεχνικές που αφορούν τον έλεγχο εισόδου και τον προγραμματισμό του δικτύου. Στην περίπτωση του εντοπισμού και της καταπολέμησης απαιτείται έλεγχος της ροής στο δίκτυο (flow control) και διαχείρισή της.

Γ. Προβλήματα και Λύσεις στη διαχείριση της κίνησης των δικτύων 4G

Πέρα από βασικές λειτουργίες που έχουν ως στόχο τη διαχείριση της κίνησης στα δίκτυα Τέταρτης Γενιάς υπάρχουν ακόμη πολλές απαιτήσεις που αφορούν την απόδοση και την επεκτασιμότητα αυτών των δικτύων οι οποίες λήφθηκαν υπόψη στη διαχείριση κίνησης.

1. Ομαλό handoff. Οι λειτουργίες που αφορούν το handoff είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορες, ώστε να ελαχιστοποιείται η καθυστέρηση και κατ' επέκταση η όποια απώλεια πακέτα κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

2. Αποδοτική Δρομολόγηση. Τα μονοπάτια δρομολόγησης μεταξύ των κόμβων επικοινωνίας και των κινητών κόμβων βελτιστοποιήθηκαν ώστε να εξαλειφθούν οι περιττές μεταφορές δεδομένων μεταξύ τους.

3. Σύντομοι και αποδοτικοί έλεγχοι. Η λογική της κινητικότητας υποστηρίζει διαφορετικά επίπεδα ασφάλειας, όπως κωδικοποίηση δεδομένων, πιστοποιητικά χρήστη, κλειδιά πιστοποίησης, ενώ γίνεται με τρόπο γρήγορο προκειμένου να μην επιβαρύνεται το δίκτυο από αυτούς τους ελέγχους.

4. Εύρος ζώνης. Μεγαλύτερο εύρος ζώνης συνεπάγεται μικρότερες πιθανότητες να χαθεί ή να διακοπεί μια κλήση. Ως εκ τούτου, η διαχείριση του εύρους ζώνης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις τεχνικές που αφορούν το handoff.

5. Καθυστερήσεις προερχόμενες από το handoff. Οι καθυστερήσεις λόγω του handoff επηρεάζουν την ποιότητα πολλών εφαρμογών των χρηστών. Στα συστήματα 4G υπάρχει τόσο οριζόντιο όσο και κάθετο handoff. Οριζόντιο handoff πραγματοποιείται όταν το τερματικό μετακινείται από το ένα κελί στο άλλο εκτός του ίδιου δικτύου. Κάθετο handoff πραγματοποιείται όταν το τερματικό μετακινείται μεταξύ διαφορετικών δικτύων. Οι καθυστερήσεις αυτές είναι σημαντικές και γιατί το handoff μεταξύ ετερογενών δικτύων αποτελεί αντικείμενο μελέτης.

6. Εξισορρόπηση του φορτίου. Το φορτίο ενός δικτύου (Network load) λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την διαδικασία του handoff. Είναι σημαντική η εξισορρόπηση αυτού του φορτίου ώστε να αποφευχθούν αλλοιώσεις στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

3.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτήν παρουσιάζονται τεχνικές λεπτομέρειες που αφορούν την Τέταρτη Γενιά ασύρματων συστημάτων τόσο από την πλευρά του υλικού (hardware), όσο και από αυτή του λογισμικού (software).

3.3.1. Τεχνολογία OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Ο αντίστοιχος όρος στα ελληνικά είναι ορθογώνια πολύπλεξη διαίρεσης συχνότητας και είναι μια τεχνολογία που έρχεται να επιδράσει στα τερματικά ενός δικτύου. Στόχος μια σωστής σύνδεσης είναι από τη μια πλευρά να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν καλύτερα το φάσμα της και από την άλλη να προλαμβάνει την εξασθένηση του σήματος. Αν και η υποστήριξη της τεχνολογίας OFDM φάνηκε να απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας (ένας από τους κύριους λόγους για τον οποίο η Τρίτη Γενιά δεν προέβη στην υιοθέτησή της), αξίζει να αναφερθεί ότι στις αρχές του προτύπου αυτού έχουν βασιστεί πολλά πρότυπα τηλεπικοινωνιών όπως το γνωστό 802.11 και άλλες εκδόσεις του.

Στο πρότυπο OFDM η βασική ιδέα είναι η διαίρεση των ροών δεδομένων σε περαιτέρω ροές, οι οποίες είναι στην ουσία υποκανάλια. Το χαρακτηριστικό αυτών των υποκαναλιών είναι ότι όσο απομακρυνόμαστε από το αρχικό έχουμε έναν όλο και μικρότερο ρυθμό μετάδοσης. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι ότι αυτά τα υποκανάλια κωδικοποιούνται με χρήση κωδίκων οι οποίοι είναι μεταξύ τους ορθογώνιοι. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει το πλεονέκτημα ότι τα υποκανάλια μπορούν να πλησιάζουν πολύ κοντά μεταξύ τους (ή ακόμα και να επικαλύπτονται) διατηρώντας όμως μια εξαιρετική ανοχή σε παρεμβολές. Έτσι επιτυγχάνεται αξιοποίηση όλου του φάσματος συχνοτήτων χωρίς τον κίνδυνο αλλοίωσης των σημάτων.

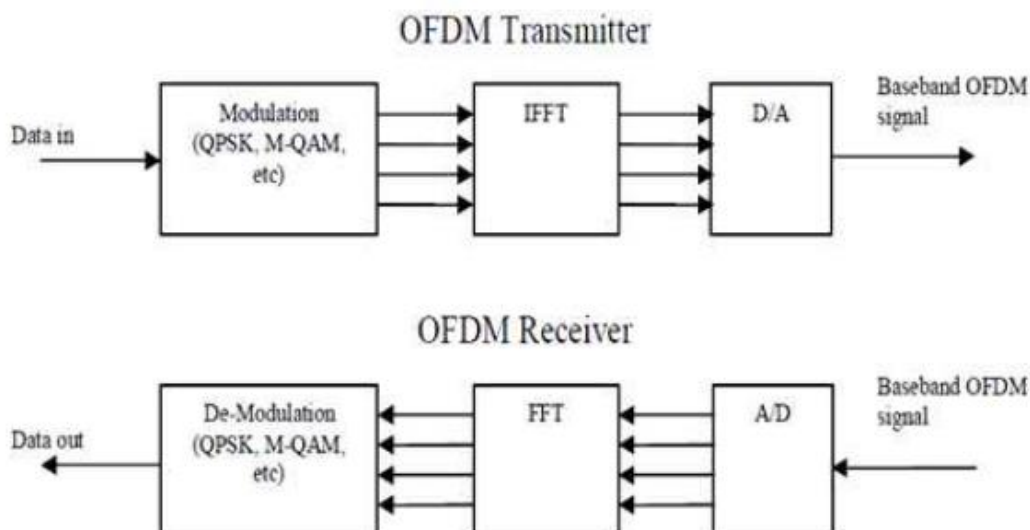
Ας δούμε λίγο αναλυτικότερα πώς δουλεύει αυτή η τεχνική. Για να γίνει πλήρως αντιληπτό το σημείο στο οποίο έρχεται να επέμβει το OFDM, πρέπει κανείς να κατανοήσει που χωλαίνει μια ασύρματη σύνδεση. Τα λάθη στη μετάδοση μηνυμάτων οφείλονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην εξασθένηση του σήματος, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τη συχνότητα του φέροντος κύματος. Βέβαια δεν θα πρέπει να παραληφθεί ότι και το μέγεθος του delay spread (επέκταση καθυστέρησης) του σήματος παίζει σημαντικό ρόλο αφού όσο μεγαλύτερο είναι τόσο το χειρότερο.

Αρχικά το προς μετάδοση μήνυμα σπάει σε μικρότερα τμήματα. Το διαθέσιμο φάσμα χωρίζεται επίσης σε ένα πλήθος καναλιών χαμηλού ρυθμού και γίνεται ταυτόχρονη μεταφορά κάθε τμήματος σε ένα κανάλι χαμηλού ρυθμού. Κατά συνέπεια, με το διαχωρισμό ενός μηνύματος σε τμήματα και τη σχετικά αργή (λόγω του χαμηλού εύρους ζώνης των επιμέρους καναλιών) 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 οδηγεί σε μια σύνδεση μεγάλης χωρητικότητας. Τέτοιες σπατάλες εύρους ζώνης δεν είναι επιθυμητές στις μελλοντικές γενιές των ασύρματων δικτύων. Ο λόγος είναι ότι 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 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 παρεμβάλλεται 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).

Υπάρχουν επίσης και κάποιες παραλλαγές της πολύπλεξης OFDM, όπως η κωδικοποιημένη ορθογωνική πολύπλεξη διαίρεσης συχνότητας (Coded OFDM-COFDM) η οποία παρέχει μεγαλύτερη αντοχή στα σφάλματα λόγω εξασθένησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα τμήμα του μηνύματος στο οποίο θα εμφανιστούν ένα ή περισσότερα λάθη στα bit είναι δυνατό να διορθωθεί με τη μετάδοση κωδικών bit σε κάποιο άλλο κανάλι, στο οποίο μπορεί να μην έχουν συμβεί σφάλματα. Ο λόγος για τον οποίο μπορεί να γίνει αυτό είναι ότι τα διάφορα κανάλια συχνοτήτων επηρεάζονται διαφορετικά από την εξασθένηση (fading). Η πολύπλεξη COFDM χρησιμοποιείται στα περισσότερα από τα σημερινά συστήματα OFDM. Η ορθογωνική πολύπλεξη διαίρεσης συχνότητας ευρείας ζώνης (Wideband OFDM, WOFDM) είναι μια παραλλαγή της OFDM. Στη WOFDM η απόσταση συχνότητας μεταξύ των καναλιών είναι μεγαλύτερη σε μια προσπάθεια να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των λαθών συχνότητας μεταξύ πομπού και δέκτη. Το μεγαλύτερο διάστημα εξασφαλίζει ότι ένα τέτοιο λάθος θα έχει αμελητέα επίδραση στην απόδοση του συστήματος, καθώς δεν θα επηρεάζει κάποιο γειτονικό κανάλι. Κατά συνέπεια, μια παρέκκλιση στη συχνότητα εκπομπής από τον πομπό θα είναι ανεκτή από το δέκτη.



Εικόνα 10 Σύστημα με απλό OFDM Πομπό και Δέκτη – Πηγή:

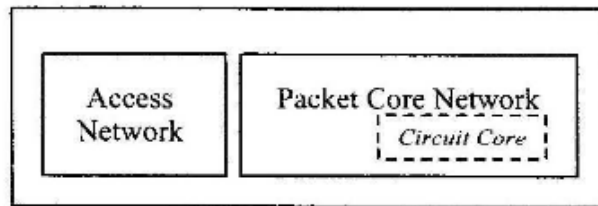
<http://www.assignmentpoint.com/science/eee/performance-analysis-of-ieee-802-16d-system-using-different-modulation-scheme-under-sui-channel-with-fec.html>

3.3.2 All-IP

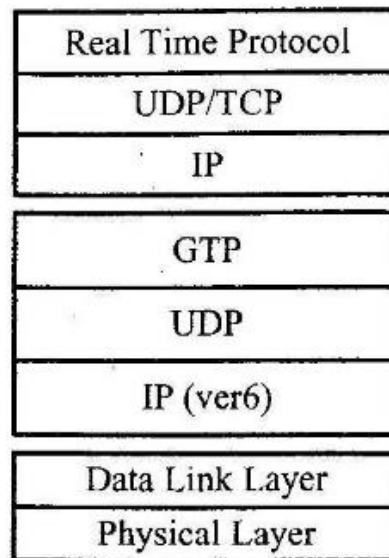
Τα δίκτυα All-IP είναι πλήρως συνυφασμένα με τα δίκτυα Τέταρτης Γενιάς. Στην ουσία, το βασικό σημείο στο οποίο τα δίκτυα All-IP διαφέρουν σε σχέση με τις προηγούμενες γενιές είναι στον τρόπο λειτουργίας του BSC και του RNC. Όσον αφορά τον IP σταθμό βάσης (base station) δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές σε σχέση με σταθμούς βάσης άλλων δικτύων. Επίσης στα δίκτυα All-IP έχουμε δύο βασικές κατηγορίες πυλών: α) τις circuit-switched οι οποίες είναι υπεύθυνες για κλήσεις μεταγωγής κυκλώματος και β) τις packet-switched για κλήσεις μεταγωγής πακέτου.

Δεν είναι τυχαίο ότι τα δίκτυα All-IP εμφανίζουν εμφανώς μειωμένη κίνηση σε σχέση με τα δίκτυα Τρίτης Γενιάς. Τα δίκτυα της προηγούμενης γενιάς διαχειρίζονταν την ροή της κίνησης τους με ένα ασύγχρονο τρόπο (αυτό συνέβαινε στο επίπεδο ATM). Αντίθετα, τα δίκτυα All-IP δεν διαθέτουν επίπεδο ATM αλλά ένα επίπεδο που ονομάζεται IPv6, το οποίο είναι σαφώς αποδοτικότερο.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε τους διακομιστές. Είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι ενός δικτύου αφού επηρεάζουν αισθητά τη συνολική απόδοσή του. Ένας τυπικός IP base station δεν έχει την δυνατότητα να ανταπεξέλθει σε όλες τις ανάγκες του δικτύου. Οι διακομιστές IP έρχονται να υποστηρίξουν στους σταθμούς βάσης. Χειρίζονται την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των διαφόρων μερών, επιπλέον όμως, ρυθμίζουν κατάλληλα τις παραμέτρους του δικτύου, επιτυγχάνοντας μέγιστη απόδοση των resources του δικτύου.



Εικόνα 11-Σχεδιασμός δικτύου για δίκτυο All-IP



Εικόνα 12-Δομή πρωτοκόλλων σε δίκτυο IP

3.3.3. Προηγμένα Συστήματα Κεραιών

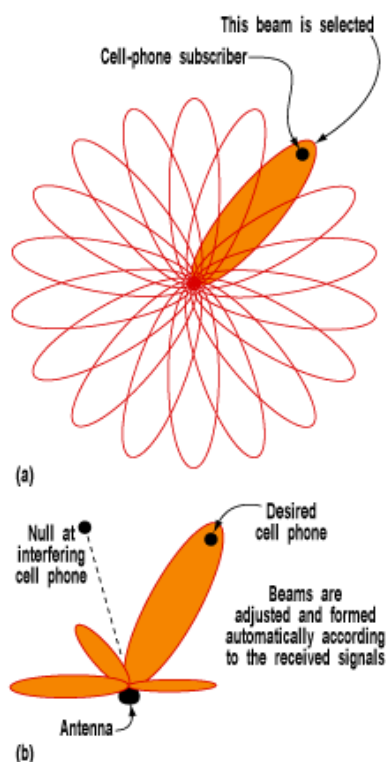
Η απόδοση των ασύρματων επικοινωνιών Τέταρτης Γενιάς βασίζεται σε ένα σύστημα κεραιών, τις λεγόμενες έξυπνες ή ευφυείς κεραιές. Συνεχώς νέες τεχνολογίες στον τομέα των κεραιών αναδύονται με στόχο να ικανοποιήσουν τις αυξημένες απαιτήσεις της Τέταρτης Γενιάς όπως υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, αξιοπιστία και επικοινωνία σε μεγάλο εύρος. Μια τεχνολογία, η διαστημική πολύπλεξη (spatial multiplexing), φαίνεται να επικρατεί λόγω της ενεργειακής της απόδοσης καθώς και για τη διατήρηση του εύρους ζώνης της.

Η διαστημική πολύπλεξη περιλαμβάνει παράταση πολλαπλών κεραιών τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη. Έτσι, επιτυγχάνονται ταυτόχρονες ροές δεδομένων οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και ανεξάρτητες από όλες τις κεραιές. Αυτή η τεχνολογία, η οποία καλείται MIMO (ως επωνυμία της ευφυούς κεραιάς), πολλαπλασιάζει τον αρχικό ρυθμό δεδομένων με το πλήθος των κεραιών πομπού ή με το πλήθος των κεραιών δέκτη.

Η τεχνολογία MIMO χρησιμοποιείται για να αυξήσει τόσο τη ρυθμαπόδοση (throughput) του συστήματος όσο και την αξιοπιστία του. Από τη στιγμή που η τεχνολογία UWB που είδαμε παραπάνω επιτυγχάνει μια ανταπόκριση από το κανάλι σα να έχουμε να κάνουμε με παλμό, ο συνδυασμός της με τεχνολογίες πολλαπλών κεραιών είναι παραπάνω από προτιμητέος, αφού έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δικτύων με πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, της τάξης των Gbit. Επιπλέον, με την χρήση περισσότερων κεραιών στο πομπό ή στον δέκτη, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αξιοπιστία κατά τη μετάδοση μηνυμάτων σε υψηλές ταχύτητες. Αυτό καλείται πολυμορφία (diversity) αποστολής ή λήψης.

Υπάρχουν δύο τύποι έξυπνων κεραιών: α) Οι Κεραιές Μεταγωγής Ακτίνας (Switched Beam Antennas), οι οποίες έχουν σταθερές ακτίνες μετάδοσης και μπορούν να αλλάξουν από μια προκαθορισμένη ακτίνα σε μια άλλη όταν ο χρήστης κινείται με την συσκευή του κατά μήκος ενός τμήματος β) Οι Προσαρμοζόμενες Κεραιές (Adaptive Array Antennas) οι οποίες αντιπροσωπεύουν την πλέον εξελιγμένη μορφή έξυπνων κεραιών. Ο τρόπος λειτουργίας τους βασίζεται στη χρήση ενός πλήθους αλγορίθμων επεξεργασίας σήματος προκειμένου να εντοπίσουν και να παρακολουθούν το χρήστη. Ελαχιστοποιούν τις παρεμβολές, ενώ επιτυγχάνουν μέγιστη ενίσχυση του πραγματικού (χωρίς θόρυβο) λαμβανόμενου σήματος.

Γιατούς τους λόγους οι έξυπνες κεραιές μπορούν να αξιοποιήσουν στο μέγιστο τη διαθέσιμη ενέργεια, να αυξήσουν το εύρος του σταθμού βάσης (base station), να αυξήσουν το εύρος ζώνης καθώς και να επιμηκύνουν τη διάρκεια των μπαταριών των ασύρματων συσκευών.



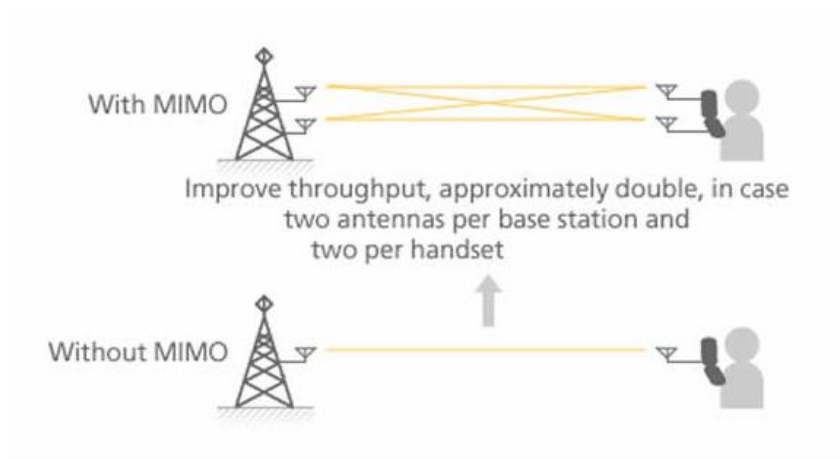
Εικόνα 13- (a) Οι Κεραιές Μεταγωγής Ακτίνας (Switched Beam Antennas) και (b) Adaptive Array Antennas – Πηγή:
<http://alchetron.com/Smart-Antennas-491-W>

3.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ LTE ADVANCED

Η τεχνολογία LTE έχει ως βασικό στόχο την κατασκευή ενός συστήματος με υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και μικρή καθυστέρηση καθώς επίσης και τη βέλτιστη μετάδοση πακέτων δεδομένων μέσω ασύρματης διασύνδεσης. Το LTE χρησιμοποιεί πολλά συστήματα πρόσβασης με μέσο μετάδοσης τον αέρα. Τα δύο βασικότερα είναι το OFDMA κατά το downlink και το SC-FDMA κατά το uplink. Επίσης τα προηγμένα συστήματα κεραιών που έχουμε αναφέρει αποτελούν ουσιαστικό μέρος του LTE.

Το θεωρητικό μέγιστο download αρχείων είναι 1 Gbps στο LTE Advanced ενώ στο standard 4GLTE είναι 150 Mbps.

Ενώ οι standard συνδέσεις δεδομένων χρησιμοποιούν μια κεραία και ένα σήμα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, το 4G LTE χρησιμοποιεί πολλαπλά σήματα και πολλαπλές κεραίες. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία MIMO (Multiple Input Multiple Output) για να συνδυάσει πολλαπλές κεραίες τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη (για παράδειγμα ένα smartphone). Έτσι για παράδειγμα μια διάταξη MIMO 2x2 σημαίνει ότι υπάρχουν 2 κεραίες στον πομπό και 2 κεραίες στο δέκτη. Και βέβαια όσες περισσότερες κεραίες χρησιμοποιήσουμε τότε μεγαλύτερη ταχύτητα επιτυγχάνεται στην μετάδοσή δεδομένων. Η τεχνολογία MIMO φαίνεται στην επόμενη εικόνα



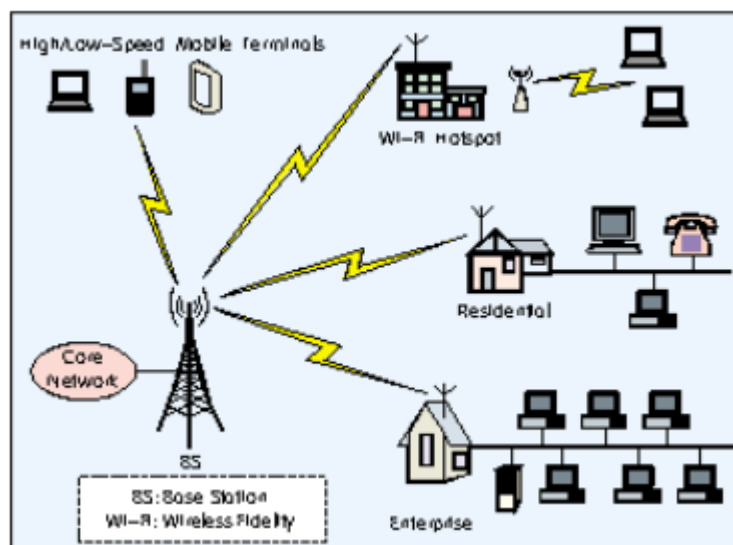
Εικόνα 14Μετάδοση με MIMO και χωρίς MIMO <http://www.4g.co.uk/4g-lte-advanced>

Η τεχνολογία αυτή συνδυάζεται με τη "συνάθροιση" του φορέα (carrier aggregation) η οποία επιτρέπει σε μια συσκευή όπως ένα smartphone να λαμβάνει πολλαπλά και διαφορετικά σήματα 4G με τη μια τα οποία δεν χρειάζεται να είναι στην ίδια συχνότητα. Έτσι μπορούμε να λάβουμε ταυτόχρονα ένα σήμα 1800MHz και ένα σήμα 800MHz κάτι που δεν είναι εφικτό με το standard 4G.

3.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WiMAX

Η τεχνολογία WiMAX προσφέρει ασύρματη μετάδοση δεδομένων μέσω φορητής ή κινητής πρόσβασης στο internet. Προσφέρει ρυθμό μετάδοσης περίπου 70Mbps χωρίς ιδιαίτερες ανάγκες σε καλωδιακές υποδομές. Το WiMAX βασίζεται

στο πρότυπο 802.16 και ονομάζεται εναλλακτικά “Ασύρματη Ευρυζωνική Πρόσβαση”. Η λειτουργία του WiMAX φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



Εικόνα 15

Εφαρμογές του WiMAX –

Πηγή:

http://wwen.zte.com.cn/endata/magazine/ztecommunications/2008year/no4/articles/200812/t0081231_163793.html

Το πρότυπο αυτό προσφέρει μεγαλύτερο εύρος ζώνης, έχει επεκτείνει την ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση σε νέες τοποθεσίες και σε μεγαλύτερες αποστάσεις με ταυτόχρονη μείωση του κόστους ευρυζωνικότητας. Η βασική προσέγγιση ενός ασύρματου μητροπολιτικού δικτύου όπως προβλέπεται από το 802.16 ξεκινά από ένα σταθερό ασύρματο **δίκτυο**. Οι σταθμοί βάσης είναι συνδεδεμένοι σε ένα δημόσιο δίκτυο και κάθε σταθμός βάσης μεταφέρει εκατοντάδες συνδρομητές σταθερών βάσεων οι οποίοι μπορεί να είναι δημόσια Hot Spot είτε εταιρικά δίκτυα.

Κατά την ανάπτυξη του 802.16e, το WiMAX υποστηρίζει ασύρματες μεταδόσεις υψηλών ταχυτήτων απευθείας στο κινητό τηλέφωνο του τελικού χρήστη. Αυτό είναι κάτι ανάλογο με το General Packet Radio Service (GPRS) και το Radio Transmission Technology (RTT). Συνεχώς νέοι οργανισμοί και μεμονωμένα άτομα χρησιμοποιούν ευρυζωνικές συνδέσεις ενώ οι ήδη υπάρχοντες χρήστες ζητούν καλύτερες υπηρεσίες. Για την υποστήριξη όλων αυτών το WiMAX έχει αναδειχθεί μια πολύ εφικτή λύση λόγω των χαρακτηριστικών του.

3.5.1. Επίπεδα WiMax

Το WiMax υλοποιείται με το πρωτόκολλο 802.16 των ασύρματων δικτύων. Αρχικά περιλαμβάνει το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων (Data Link Layer). Σε αντίθεση με το WiFi που χρησιμοποιεί ανταγωνιστική πρόσβαση, δηλ. οι συνδρομητές που θέλουν να μεταφέρουν δεδομένα μέσω ενός ασύρματου σημείου πρόσβασης συναγωνίζονται για το ποιος θα χρησιμοποιήσει το access point, στο WiMax το επίπεδο Data Link Layer χρησιμοποιεί ένα αλγόριθμο σύμφωνα με τον οποίο ο κάθε συνδρομητής ανταγωνίζεται μόνο μια φορά με την αρχική εγγραφή του στο δίκτυο. Ο χρόνος σύνδεσης με το δίκτυο μπορεί να αυξομειώνεται όμως η σύνδεση θα πραγματοποιηθεί. Ο αλγόριθμος του πρωτοκόλλου 802.16 είναι αρκετά σταθερός ακόμα και όταν ο αριθμός των συνδεδεμένων χρηστών είναι πολύ μεγάλος..

Το δεύτερο επίπεδο είναι το φυσικό επίπεδο. Το αρχικό πρωτόκολλο του WiMax όριζε ένα εύρος 10-66 GHz. Μετά από αρκετές αναβαθμίσεις σήμερα προσφέρεται Multiple Antenna Support μέσω του συστήματος MIMO (Multiple-input Multiple-output) το οποίο παραπέμπει στη χρήση Multiple Antenna και από τον πομπό και από το δέκτη. Επίσης η τελευταία έκδοση 802.16e έχει το χαρακτηριστικό ότι οι χαμηλές συχνότητες δεν χαρακτηρίζονται από μια εξορισμού εξασθένηση του σήματος και γιαυτό έχουν βελτιωμένο εύρος και ικανότητα στη διαπερατότητα κτιρίων.

3.6 ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Τα θέματα ασφάλειας των ασύρματων δικτύων Τέταρτης Γενιάς αποτελούν μια ιδιαίτερη πρόκληση.

Μια από τις προτεραιότητες των δικτύων Τέταρτης Γενιάς είναι να καλύψουν μια πολύ μεγάλη γεωγραφική περιοχή και ταυτόχρονα να προσφέρουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας. Προφανώς, δίκτυα που είναι υπεύθυνα για μικρές τοπικές περιοχές θα δουλεύουν με τελείως διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Η ανομοιογένεια (heterogeneity) αυτών των ασύρματων δικτύων τα οποία διαχειρίζονται διαφορετικούς τύπους δεδομένων περιπλέκει τα θέματα ασφάλειας. Επιπλέον, οι μέθοδοι κρυπτογράφησης που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα Τρίτης Γενιάς δεν είναι κατάλληλες για τα δίκτυα 4G, αφού έχουμε υπηρεσίες και συσκευές που εμφανίζονται για πρώτη φορά στα δίκτυα αυτά.

Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, ακολουθήθηκαν δύο προσεγγίσεις. Τροποποίηση των μεθόδων ασφάλειας που υπήρχαν ήδη, προκειμένου να εξυπηρετούν τις ανάγκες των νέων δικτύων Τέταρτης Γενιάς, και δεύτερον ανάπτυξη νέων δυναμικών επαναπροσδιοριζόμενων (reconfigurable), προσαρμοστικών μηχανισμών οπουδήποτε οι τρέχουσες μέθοδοι δεν επαρκούσαν ή δεν ήταν σε θέση να προσαρμοστούν στις ανάγκες της νέας γενιάς.

Τα κύρια ζητήματα ασφάλειας που τέθηκαν από τους σχεδιαστές ήταν τα ακόλουθα:

α) Ένα από τα συνήθη θέματα ασφάλειας για τις κινητές ασύρματες συσκευές Τέταρτης Γενιάς αποτελεί η πρόσβαση στο internet μέσω μιας δεδομένης τοποθεσίας με τις επιπρόσθετες απαιτήσεις για ευελιξία και κινητικότητα (αυτών των συσκευών)

β) Η εφαρμογή μεθόδων κρυπτογραφίας και μηχανισμών ασφάλειας στα IP δίκτυα επηρεάζει σημαντικά τόσο την απόδοση, όσο και την εξυπηρέτηση μεγαλύτερου πλήθους χρηστών

γ) Τα θέματα ασφάλειας του Φυσικού Επιπέδου (σύμφωνα με το πρότυπο OSI) σχετίζονται τόσο με το πρότυπο WiMAX, όσο και με το LTE, με την έννοια ότι και τα δύο είναι επιρρεπή σε παρεμβολές οι οποίες ωστόσο μπορούν να ελαχιστοποιηθούν σε μια έκταση

δ) Ο συνδυασμός IP συστημάτων με τα υπάρχοντα συστήματα που δεν υποστηρίζουν την IP τεχνολογία είναι ένα σημαντικό πρόβλημα, αφού ταυτόχρονα πρέπει η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών να είναι εγγυημένη

ε) Τέλος ο τρόπος χρέωσης των χρηστών της νέας γενιάς είναι μια σημαντική πρόκληση αφού η συλλογή, η διαχείριση και η αποθήκευση των στοιχείων των πελατών από διαφορετικές εταιρείες παροχής υπηρεσιών είναι κάτι απαιτητικό.

3.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Όπως υποδηλώνει και ο τίτλος αυτής της ενότητας εδώ περιλαμβάνονται τα πλεονεκτήματα της Τέταρτης Γενιάς. Στις τηλεπικοινωνίες το 4G είναι η Τέταρτη Γενιά κυψελοτών ασύρματων standards. Είναι απόγονος των οικογενειών (standards) της Δεύτερης και Τρίτης Γενιάς. Το 4G περιγράφεται ως MAGIC: Mobile multimedia, Anytime anywhere, Global mobility support, Integrated wireless solution, Customized personal service. Το 2009, ο οργανισμός ITU-R όρισε τα χαρακτηριστικά

που θα έπρεπε να έχει η νέα γενιά, θέτοντας την απαιτούμενη ταχύτητα στα 100Mbit/s για χρήστες που κινούνται με σημαντική ταχύτητα (όπως σε τρένα, αυτοκίνητα κλπ) και 1Gbit/s για πεζούς ή χρήστες που δεν κινούνται.

Αρχικά, οι υποψήφιες τεχνολογίες για το 4G ήταν οι εξής: α) HSPA+ (High Speed Packet Access), β) UMB (Ultra Mobile Broadband), γ) LTE , δ) Mobile WiMAX και ε) XGP (Extended Global Platform). Ένα σύστημα 4G προσφέρει ένα ολοκληρωμένο και ασφαλές All-IP επίγειο κινητό δίκτυο, μια εξαιρετική λύση για το φορητό υπολογιστή, ασύρματο μόντεμ, έξυπνα τηλέφωνα και άλλες κινητές συσκευές. Υπηρεσίες όπως υπέρ-ευρείας ζώνης πρόσβαση στο Internet, IP τηλεφωνία καθώς και πληθώρα παιχνιδιών θα παρέχονται στους χρήστες του 4G. Τεχνολογίες όπως ο κινητό WiMAX, το HSPA+ και το LTE αποτελούν κομμάτι της αγοράς από το 2006 και έπειτα. Μάλιστα το LTE σήμερα έχει εξελιχθεί σε LTE Advanced. Ουσιαστικά το 4G standard βασίζεται σε δυο τεχνολογίες: στο LTE Advanced από τη 3GPP και στο πρότυπο 802.16 από την IEEE.

Τα οφέλη λοιπόν της Τέταρτης Γενιάς περιλαμβάνουν: Συμβατότητα με τα υπάρχοντα στάνταρ ασύρματης επικοινωνίας. Ένα ρυθμό δεδομένων τουλάχιστον 100Mbit/s μεταξύ οποιονδήποτε δύο σημείων στον κόσμο. Ομαλή μετάβαση (handoff) κατά μήκος των ετερογενών δικτύων. Άψογη συνδεσιμότητα και καθολική κάλυψη από μια πληθώρα δικτύων. Υπηρεσίες υψηλής ποιότητας στην υποστήριξη πολυμέσων όπως real time audio, High Definition TV, mobile TV κ.α. Ένα All-IP δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Ακόμη η τεχνολογία 4G έχει χαμηλό κόστος, αφού μπορεί να βασιστεί στα υπάρχοντα δίκτυα και έτσι δε χρειάζεται να επανασχεδιαστεί από την αρχή για όλο το δίκτυο.

Κλείνοντας αυτήν την ενότητα θα αναφέρουμε μερικά μειονεκτήματα της Τέταρτης Γενιάς. Παρά τα τόσα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, πρέπει ακόμη να διευθετηθούν αρκετά θέματα. Ένας σημαντικός περιορισμός είναι η περιοχή λειτουργίας. Αγροτικές περιοχές, αλλά ακόμη και κτήρια σε μητροπολιτικές περιοχές δεν εξυπηρετούνται ικανοποιητικά από τα υπάρχοντα ασύρματα δίκτυα. Αυτός ο περιορισμός των σημερινών δικτύων θα περάσει και στις επόμενες γενιές ασύρματων δικτύων. Ακόμη, ένα μειονέκτημα το οποίο πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη από τους σχεδιαστές αυτών των συστημάτων είναι το γεγονός ότι οι χρήστες είναι αναγκασμένοι να αγοράζουν νέες συσκευές οι οποίες να υποστηρίζουν 4G αφού είναι αδύνατον να γίνει συμβατός ο τρέχον εξοπλισμός με το 4G.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η Πέμπτη Γενιά (5G) κινητών δικτύων είναι ένα όνομα το οποίο μέχρι σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί σε κάποια ερευνητικά άρθρα και εργασίες προκειμένου να υποδηλώσει την επερχόμενη γενιά τηλεπικοινωνιακών standard ως συνέχεια της προηγούμενης γενιάς (4G) η οποία τελειοποιήθηκε τα τελευταία χρόνια. Αν και η Πέμπτη Γενιά δεν είναι ένας όρος ο οποίος χρησιμοποιείται επίσημα για να περιγράψει συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά, ούτε υπάρχει αντίστοιχη βιβλιογραφία από εταιρίες τηλεπικοινωνιών, οι μέχρι τώρα εκδόσεις προτύπων είναι κυρίως βελτιώσεις των υπαρχόντων (π.χ. LTE advanced) και όχι τόσο πραγματικά νέα πρότυπα.

Η νέα τεχνολογία αναμένεται να έχει πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων. Πλέον οι χρήστες κινητών τηλεφώνων θα είναι πολύ πιο ενημερωμένοι για τις τεχνολογίες που αφορούν τα κινητά τηλέφωνα από ότι ήταν στο παρελθόν. Οι βελτιωμένες υπηρεσίες της Πέμπτης Γενιάς πρόκειται να την κάνουν τη πιο ισχυρή και περιζήτητη στο άμεσο μέλλον. Ένας χρήστης μπορεί να συνδέσει ένα κινητό Πέμπτης Γενιάς με το laptop του ώστε να έχει ευρυζωνική πρόσβαση στο internet.

Στην αγορά των κινητών αναμένεται να έρθει επανάσταση με τη νέα γενιά, αφού θα μπορούμε να έχουμε ένα ολόκληρο γραφείο στα χέρια μας. Θα έχουμε την δυνατότητα διαχείρισης μεγάλων όγκων δεδομένων, ενώ η υποστήριξη μια πληθώρας νέων εφαρμογών πρόκειται να βελτιώσει σημαντικά την εμπειρία στο internet και όχι μόνο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία:

- Μπαλάνης Κ., “Κεραίες”, Εκδόσεις Ίων, 2005, ISBN: 960-411-509-X
- Korhonen J., “Introduction to 3G Mobile Communications”, Artech House, 2003, ISBN-13: 978-158053287
- Tanenbaum A. S., “Computer Networks (4th Edition)”, Prentice-Hall, 2003, ISBN-13: 978-0130661029
- “IEEE 802.16a Standard and WiMAX Igniting Broadband Wireless Access”, White Paper, Worldwide Interoperability for Microwave Access Forum
- Data and Computer Communications, William Stallings
- <http://grouper.ieee.org/groups/802/16/> (The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards)
- Δίκτυα Ευρείας Ζώνης, Βενιέρης
- 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Dahlman E., Parkvall S., Skold J.
- Long Term Evolution: 3GPP LTE Radio and Cellular Technology, Furht B., Ahson S.
- <http://www.3gpp.org/specifications/67-releases> (Προδιαγραφές εκδόσεων LTE/LTE-A)

URLs:

<http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>

<http://www.itu.int/osg/spu/ni/3G/technology/>

<http://www.acorn.net.au/telecoms/adhocnetworks/adhocnetworks.html>

<https://dcvizcayno.wordpress.com/2012/04/11/information-security-governance-telecommunication-industry/>

http://appleinsider.com/articles/12/03/13/npd_ranks_iphone_4s_as_americas_most_popular_4g_phone_due_to_hspa

<http://www.assignmentpoint.com/science/eee/performance-analysis-of-ieee-802-16d-system-using-different-modulation-scheme-under-sui-channel-with-fec.html>

<http://alchetron.com/Smart-Antennas-491-W>

<https://bravelearn.com/comparison-of-3g-and-4g-cellular-services/>

Σημείωση:

Πολλά από τα ανωτέρω URLs ταυτίζονται με τα URLs που αναφέρω ως πηγή κάτω από τις εικόνες, αφού στην αντίστοιχη σελίδα υπάρχει τόσο η εικόνα όσο και το υλικό που μελέτησα για το αντίστοιχο θέμα.

