

Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών (έδρα: Σπάρτη)

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.



Πτυχιακή εργασία με θέμα : Η μετάβαση από την 4G στην 5G γενιά δικτύων κινητών επικοινωνιών η συστημάτων ασύρματων επικοινωνιών.



Όνοματεπώνυμο : Ιωσηφίδης Αλέξανδρος Άγγελος

Α.Μ.: 2007044

Έτος : 8^ο

Επιβλέπων καθηγητής : Δρ.Βασίλειος Μποζαντζής

Περίληψη

Στόχος της πτυχιακής αυτής είναι να αποτυπωθούν οι προσφερόμενες τεχνολογίες 4G καθώς και πως η μετεξέλιξη αυτών θα οδηγήσει σταδιακά στην γενιά 5G δικτύων επικοινωνιών η συστημάτων ασύρματων επικοινωνιών. Αναφέρονται αναδρομικά οι γενιές των δικτύων, από την πρώτη έως την τέταρτη γενιά. Γίνεται ανάλυση των τεχνολογιών 4G καθώς και σύγκριση με τις νέες τεχνολογίες που πρόκειται να εισαχθούν στην γενιά 5G δικτύων.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	4
2. Τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών.....	5
2.1 Η πρώτη γενιά (1G).....	6
2.2 Η δεύτερη γενιά (2G)	8
2.3 Η τρίτη γενιά (3G).....	12
2.4 Η τέταρτη γενιά (4G).....	17
3. Τέταρτη γενιά δικτύων (4G).....	18
4. Πέμπτη γενιά δικτύων (5G).....	25
4.1 Σύγκριση τεχνολογιών Πέμπτης και Τέταρτης γενιάς	30
5. Πέντε προκλήσεις στον δρόμο προς τα 5G δίκτυα.....	48
Βιβλιογραφία-Ιστότοποι.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

1.Εισαγωγή

Η ανάπτυξη των σύγχρονων δικτυακών συσκευών, που ολοένα κατακλύζει τη σύγχρονη αγορά, όπως για παράδειγμα η ύπαρξη σταθερών υπολογιστών, ταμπλετών, φορητών υπολογιστών, netbooks, notebooks, έξυπνων τηλεφώνων και πλήθος άλλων συσκευών, που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, έχει καταστήσει ιδιαίτερα ζωτικής σημασίας την ανάγκη για επέκταση των δικτύων τηλεπικοινωνιών. Σύντομα, οι δικτυακές διευθύνσεις, που υπάρχουν στο πρωτόκολλο ipv4, δε θα επαρκούν και θα επικρατήσει το ipv6 πρωτόκολλο για τα σύγχρονα δίκτυα. Η χρήση των συσκευών επεκτείνεται όλο και περισσότερο, ενώ οι σύγχρονες ανάγκες για επικοινωνία και πρόσβαση στο διαδίκτυο δημιουργούν την ανάγκη για την προέκταση των δικτύων επικοινωνιών. Στις μέρες μας, οι χρήστες χρησιμοποιούν το διαδίκτυο παντού, εφόσον, για παράδειγμα, πηγαίνοντας στη δουλειά χρησιμοποιούν κινητές συσκευές για ενημέρωση, ψυχαγωγία ή και εργασία. Έπειτα, στη δουλειά του κανείς, χρησιμοποιεί τα σύγχρονα δικτυακά μέσα, αφού σε κάθε τομέα επαγγελματικής και ανθρώπινης δραστηριότητας περιλαμβάνονται οι υπολογιστές και η εργασία μέσω διαδικτύου. Οι υπολογιστές και το διαδίκτυο, γενικότερα, παρέχουν οικονομικές λύσεις επικοινωνίας και εργασίας. Επιπρόσθετα, η πληθώρα της πληροφορίας στο διαδίκτυο είναι εκπληκτική και συντελεί στο να παρατηρήσει κανείς, παρόμοια θέματα με αυτά της ενασχόλησης του ή να εμπνευστεί καινοτόμες ιδέες για τον τομέα της δραστηριότητας του. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, που άνθρωποι συνεργάζονται από μακριά και παρέχουν ή εκμεταλλεύονται διάφορες δικτυακές υπηρεσίες, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, η ηλεκτρονική τραπεζική ή ηλεκτρονική εκπαίδευση κλπ. Επίσης, δημιουργούνται οικιακά δίκτυα μέσα στα οποία συνδέονται τα κινητά, οι συσκευές, οι υπολογιστές, που απαιτούν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη του επιστημονικού κλάδου των κινητών επικοινωνιών για μελέτη, ανάπτυξη και προώθηση της κινητής πέμπτης γενιάς τεχνολογίας (5G).



(Smartphone 4^{ης} γενιάς)

2. Τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών είναι αυτές, που ήδη έχουν εμφανιστεί στον κόσμο και έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα πρότυπα αυτές. Κάθε δέκα περίπου χρόνια, εμφανίζεται και μία νέα γενιά κινητής τηλεφωνίας μετά την πρώτη εμφάνιση των κινητών τηλεπικοινωνιών, όπου εισήλθε το 1981, με το πρώτο αντιπροσωπευτικό σύστημα ασύρματης ψηφιακής τηλεπικοινωνίας, το σύστημα 1G με το Nordic Mobile Phone. Το 1992 εμφανίστηκε το σύστημα 2G, ενώ το πρώτο σύστημα 3G εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2001. Το 4G έκανε την εμφάνισή του το 2011. Όλες οι γενιές κινητής επικοινωνίας αναφέρονται, συνήθως, σε κυψελοειδές πρότυπο, το οποίο δεν είναι συμβατό προς τα πίσω (Non-backwards compatibility) και οι απαραίτητες απαιτήσεις, που σκιαγραφούνται αναφέρονται από την ITU - R. Παράλληλα με την ανάπτυξη των γενιών κινητής ITU - R, το IEEE και οι άλλοι φορείς τυποποίησης κατέβαλαν σημαντικές προσπάθειες να αναπτύξουν ασύρματες τεχνολογίες επικοινωνίας, με συχνά υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και υψηλότερες συχνότητες, αλλά τις περισσότερες φορές με μικρή εμβέλεια μετάδοσης. Τα επιτεύγματα κάθε γενιάς είναι πολύ σημαντικά και στοχεύουν την προώθηση και εξέλιξη των επικοινωνιών. Είναι πιθανό, η νέα γενιά των προτύπων 5G να εισαχθεί περίπου στις αρχές της δεκαετίας του 2020. Συνεπώς, είναι σημαντικό

προτού αναλύσουμε την μετάβαση στην πέμπτη γενιά δικτύων να γίνει μία αναφορά στις προηγούμενες.

1G	2G	3G	4G	5G
1981	1992	2001	2010	2020(?)
2 Kbps	64 Kbps	2 Mbps	100 Mbps	10 Gbps
Basic voice service using analog protocols	Designed primarily for voice using the digital standards (GSM/CDMA)	First mobile broadband utilizing IP protocols (WCDMA / CDMA2000)	True mobile broadband on a unified standard (LTE)	'Tactile Internet' with service-aware devices and fiber-like speeds
				

(Γενιές δικτύων)

2.1 Η πρώτη γενιά (1G)

Τα 1ης γενιάς δίκτυα ασύρματων κινητών τηλεπικοινωνιών (1G) πρωτοεμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ήταν αναλογικά συστήματα τα οποία για πρώτη φορά προσέφεραν στον ενδιαφερόμενο υπηρεσίες φωνής σε σχετικά προσιτές τιμές για την εποχή τους (με βάση τα σημερινά δεδομένα πολύ ακριβές βέβαια). Αυτή η πρώτη γενιά χαρακτηρίστηκε από τα πολλά διαφορετικά ανά τύπους αναλογικά πρότυπα που ακολουθήθηκαν και από την ασυμβατότητα μεταξύ των προτύπων αυτών οδηγώντας έτσι στον κατακερματισμό της αγοράς των κινητών τηλεπικοινωνιών, στη μη δυνατότητα μείωσης του κόστους των υπηρεσιών φωνής και στη μη δυνατότητα παροχής διεθνούς περιαγωγής. Η πρώτη γενιά (1G) αναφέρεται στην πρώτη γενιά της τεχνολογίας ασύρματης τηλεφωνίας και κινητών τηλεπικοινωνιών. Αυτά είναι τα πρότυπα των αναλογικών τηλεπικοινωνιών, που εισήχθησαν στη δεκαετία του 1980 και συνεχίστηκε μέχρι, που αντικαταστάθηκε από

τη δεύτερη γενιά (2G) ψηφιακών τηλεπικοινωνιών. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο αυτών διαδοχικών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας ,1G και 2G , είναι ότι τα ραδιοκύματα, που χρησιμοποιούνται στα 1G δίκτυα είναι αναλογικά , ενώ τα δίκτυα 2G είναι ψηφιακά. Και τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν την ψηφιακή σηματοδότηση για τη σύνδεση των πύργων, για το υπόλοιπο του τηλεφωνικού συστήματος, η ίδια η φωνή κατά τη διάρκεια μιας κλήσης είναι κωδικοποιημένη σε ψηφιακά σήματα στο 2G, ενώ στην 1G μόνο διαμορφώνεται σε υψηλότερη συχνότητα, συνήθως 150 MHz και πάνω. Τα εγγενή πλεονεκτήματα της ψηφιακής τεχνολογίας συγκριτικά με αυτά της αναλογικής, σήμαινε ότι τα δίκτυα 2G αντικατέστησαν τα 1G, τελικά, σχεδόν σε κάθε τομέα ασύρματης τηλεπικοινωνιακής δραστηριότητας.



(Συσκευές πρώτης γενιάς)

Ένα τέτοιο πρωτότυπο τηλεφώνου εκείνης της εποχής είναι το NMT (Nordic Mobile Τηλέφωνο) , που χρησιμοποιούνταν στις σκανδιναβικές χώρες , την Ελβετία, την Ολλανδία , την Ανατολική Ευρώπη και τη Ρωσία.

Άλλα πρότυπα, που περιλαμβάνονται είναι τα AMPS (Advanced Mobile Phone System), που χρησιμοποιείται στη Βόρεια Αμερική και την Αυστραλία , τα TAC (Total Communications System Access) στο Ηνωμένο Βασίλειο ,το C -450 στη Δυτική Γερμανία , την Πορτογαλία και τη Νότια Αφρική, το Radiocom 2000 στη Γαλλία και το RTMI στην Ιταλία. Στην Ιαπωνία, υπήρχαν πολλαπλά συστήματα ,που δημιουργούνταν από τρία βασικά πρότυπα , TZ - 801 , TZ - 802 , και TZ -803 αναπτύχθηκαν από την NTT (Nippon Telegraph and Telephone Corporation) , ενώ ένα ανταγωνιστικό σύστημα λειτουργεί με DDI (Daini Denden Σχεδιασμός , Inc) και χρησιμοποιείται το JTACS (Σύστημα Επικοινωνιών Πλήρους Πρόσβασης Ιαπωνίας) ως πρότυπο.

Οι ταχύτητες (1G) κυμαίνονται μεταξύ των 28kbps και 56kbps. Το πρώτο εμπορικά αυτοματοποιημένο κυψελοειδές δίκτυο, ξεκίνησε στην Ιαπωνία και την NTT (Nippon Telegraph and Telephone) το 1979, αρχικά στη μητροπολιτική περιοχή του Τόκιο. Εντός πέντε ετών, το δίκτυο NTT είχε επεκταθεί για να καλύψει το σύνολο του πληθυσμού της Ιαπωνίας και έγινε το πρώτο πανεθνικό δίκτυο 1G. Το 1981, ακολούθησε την ταυτόχρονη έναρξη λειτουργίας του συστήματος Nordic Mobile Τηλέφωνο (NMT) στη Δανία, τη Φινλανδία, τη Νορβηγία και τη Σουηδία. Το NMT ήταν το πρώτο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, που χαρακτηρίστηκε από διεθνή περιαγωγή. Το πρώτο δίκτυο 1G ξεκίνησε στις ΗΠΑ με έδρα το Σικάγο, Ameritech το 1983 χρησιμοποιώντας το Motorola DynaTAC κινητό τηλέφωνο.

2.2 Η δεύτερη γενιά (2G)

Τα 2ης γενιάς δίκτυα ασύρματων κινητών τηλεπικοινωνιών(2G) κάνουν την εμφάνισή τους το 1991 στη Φινλανδία με το GSM πρότυπο και άμεσα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους προκατόχους τους. Είναι ψηφιακά συστήματα πλέον παρέχοντας σημαντικά αποδοτικότερη χρήση του φάσματος συχνοτήτων καθώς επίσης και χαμηλής ταχύτητας δεδομένα (της τάξης των 9,6 kbps έως 19,2 kbps) ενώ εκτός από την υπηρεσία φωνής προσφέρεται και για πρώτη φορά η υπηρεσία των SMS μηνυμάτων παρουσιάζοντας απροσδόκητα μεγάλη ανταπόκριση από την αγορά. Τα τρία κυριότερα πλεονεκτήματα των δικτύων 2G έναντι των προκατόχων τους, ήταν ότι οι τηλεφωνικές συνομιλίες, οι οποίες κρυπτογραφούνται ψηφιακά, ότι τα συστήματα 2G ήταν πολύ αποτελεσματικότερα ως προς το φάσμα, που επιτρέπει πολύ υψηλότερα επίπεδα διεύθυνσης της κινητής τηλεφωνίας και τέλος, η τεχνολογία 2G εισήγαγε υπηρεσίες δεδομένων κινητής τηλεφωνίας, αρχής γενομένης με μηνύματα κειμένου SMS (Short Message Service). Οι 2G τεχνολογίες επέτρεψαν στα διάφορα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας την παροχή των πιο εξελιγμένων υπηρεσιών, όπως τα μηνύματα κειμένου, τα εικονομηνύματα και τα MMS (Multimedia Messaging Service). Όλα τα μηνύματα κειμένου, που αποστέλλονται μέσω 2G, επίσης, κρυπτογραφούνται ψηφιακά, επιτρέποντας τη μεταφορά δεδομένων με τέτοιο τρόπο, ώστε μόνο ο προοριζόμενος παραλήπτης να είναι δυνατό

να λάβει και να τα αναγνώσει. Τα 2ης γενιάς συστήματα αποτέλεσαν τον καταλυτικό παράγοντα στην θεαματική ανάπτυξη του κλάδου παροχής ασύρματων κινητών επικοινωνιών με την εκθετική αύξηση των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας που παρουσιάστηκε. Η αύξηση αυτή των συνδρομητών είχε να κάνει με τις αξιόπιστες υπηρεσίες φωνής (και SMS) μέσω των 2G συστημάτων, την ευρεία κλίμακα που αναπτύχθηκαν τα 2G συστήματα (17 χώρες της Ευρώπης αρχικά) καθώς και την όλο και μεγαλύτερη μείωση των τιμών των υπηρεσιών αυτών κάνοντάς τες έτσι προσβάσιμες σε μεγάλα τμήματα των πληθυσμών. Μέχρι και σήμερα τα 2G συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλά μέρη του κόσμου.



(Συσκευές δεύτερης γενιάς)

Όσον αφορά τις 2G τεχνολογίες διαιρούνται σε δύο κατηγορίες, τις:

- Time Division Multiple Access (TDMA) με βάση και
- Code Division Multiple Access (CDMA) με βάση τα πρότυπα ανάλογα με τον τύπο της πολυπλεξίας, που χρησιμοποιείται.

Τα κύρια πρότυπα 2G είναι τα ακόλουθα:

- Global Systems for Mobile Communication (GSM) (TDMA based), τα οποία ξεκίνησαν αρχικά από την Ευρώπη, αλλά χρησιμοποιούνται σε όλες σχεδόν τις χώρες, των κατοικημένων ηπείρων. Σήμερα, η χρήση της δεύτερης γενιάς αντιπροσωπεύει πάνω από το 80 % του συνόλου των συνδρομητών σε όλο τον κόσμο. Πάνω από 60 φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν, επίσης, CDMA2000 στη ζώνη συχνοτήτων των 450 MHz (CDMA450).
- Interim Standard-95 (IS- 95) aka cdmaOne (λειτουργεί με βάση το CDMA και συνήθως αναφέρονται ως απλά CDMA στις ΗΠΑ), και χρησιμοποιούνται στην Αμερική και σε διάφορα μέρη της Ασίας. Σήμερα, αντιπροσωπεύουν, περίπου το 17% του συνόλου των συνδρομητών σε παγκόσμιο επίπεδο. Πάνω από δώδεκα CDMA φορείς έχουν μεταναστεύσει

στο GSM συμπεριλαμβανομένων των χειριστών στο Μεξικό , την Ινδία, την Αυστραλία και τη Νότια Κορέα .

- Τα PDC (TDMA - based) , που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στην Ιαπωνία, ενώ υπάρχει και ιδιόκτητο δίκτυο, που χρησιμοποιείται από τη Nextel στις Ηνωμένες Πολιτείες.
- IS- 136 aka D - AMPS (TDMA -based , που συνήθως αναφέρονται ως απλά TDMA στις ΗΠΑ), ήταν κάποτε διαδεδομένο στην Αμερική, αλλά οι περισσότεροι χρησιμοποιούν πλέον το GSM.

Οι υπηρεσίες, που περιλαμβάνονται στο 2G συχνά αναφέρονται ως προσωπική υπηρεσία επικοινωνιών , ή Personal Communication Service (PCS) , στις Ηνωμένες Πολιτείες. Γενικότερα, η χρήση των ψηφιακών σημάτων μεταξύ των συσκευών και των πύργων αυξάνει την ικανότητα του συστήματος με δύο βασικούς τρόπους :

- Τα ψηφιακά δεδομένα φωνής είναι δυνατό να συμπιεστούν και να πολυπλεχτούν πολύ πιο αποτελεσματικά από την αναλογική κωδικοποίηση φωνής μέσω της χρήσης των διαφόρων codecs(coder-decoder) , επιτρέποντας περισσότερες κλήσεις, που διαβιβάζονται στην ίδια ποσότητα του εύρους ζώνης ραδιοκυμάτων.
- Τα ψηφιακά συστήματα είναι σχεδιασμένα, έτσι ώστε να εκπέμπουν λιγότερη ισχύ ραδιοκυμάτων από τα αναλογικά. Αυτό σήμαινε ότι, τα κύτταρα έπρεπε να είναι μικρότερα, έτσι ώστε περισσότερα κύτταρα να είναι δυνατό να τοποθετούνται στο ίδιο μέγεθος χώρου. Αυτό καθίσταται δυνατό, διότι τα κύτταρα και ο συναφής εξοπλισμός είχε γίνει λιγότερο δαπανηρός.
- Με GPRS (General Packet Radio Service) υπάρχει μια θεωρητική μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς στα 50 kbps, που πρακτικά περιορίζεται στα 40 kbps.
- Με EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) υπάρχει μια μέγιστη θεωρητική ταχύτητα μεταφοράς 250 kbps, που πρακτικά περιορίζεται στα 150 kbps.

Σε λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές, το ασθενέστερο ψηφιακό σήμα, που μεταδίδεται από ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί να μην είναι επαρκές για την επίτευξη ενός πύργου κυττάρων. Αυτό τείνει να είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα για τα συστήματα 2G, που αναπτύχθηκαν σε υψηλότερες συχνότητες, αλλά δεν είναι κυρίως

ένα πρόβλημα για τα συστήματα 2G, που έχουν αναπτυχθεί σε χαμηλότερες συχνότητες. Οι εθνικές ρυθμίσεις, που υπαγορεύονται από κάθε χώρα διαφέρουν σημαντικά οπουδήποτε μπορεί να αναπτυχθεί το 2G. Κάτω από καλές συνθήκες, η ψηφιακή μετάδοση θα μεταδίδει σίγουρα πολύ καλύτερα.

Ενώ, οι ψηφιακές κλήσεις τείνουν να είναι στατικές και το υπόβαθρο του θορύβου σχετικά υψηλό, η συμπίεση με απώλειες, που χρησιμοποιούν μειώνει την ποιότητα των κλήσεων, πράγμα, που σημαίνει ότι το φάσμα του ήχου, που μεταφέρουν μειώνεται. Μιλώντας σε ένα ψηφιακό κινητό τηλέφωνο, ο καλών ακούει λιγότερο ήχο, που προέρχεται από την τονικότητα της φωνής κάποιου.

Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1990 τα 2,5ης γενιάς δίκτυα ασύρματων κινητών επικοινωνιών (2,5G), όπως είναι το GPRS, κάνουν την εμφάνισή τους αποτελώντας μία επέκταση των 2G δικτύων με την έννοια ότι ενώ χρησιμοποιούσαν μεταγωγή κυκλωμάτων για τις υπηρεσίες φωνής όπως και τα 2G δίκτυα, για τη αποστολή και λήψη δεδομένων χρησιμοποίησαν μεταγωγή πακέτου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αποδοτικότερη χρήση του εύρους ζώνης του καναλιού σε σχέση με τα 2G δίκτυα και την αύξηση της δημοτικότητάς τους ως η επόμενη εξέλιξη αυτών. Παρόλα αυτά οι ρυθμοί δεδομένων παρέμειναν χαμηλά (της τάξης των 56kbps έως 115kbps για το GPRS) ενώ για πρώτη φορά κάνουν την εμφάνισή τους πρόσθετες υπηρεσίες (εκτός φωνής και SMS που προϋπάρχουν και στα 2G) όπως τα MMS και κάποιες υπηρεσίες Internet (world wide web access,e-mail). Η 2.5G γενιά χρησιμοποιείται για να περιγράψει 2G συστήματα, που έχουν εφαρμόσει έναν τομέα μεταγωγής πακέτων πέραν του τομέα της μεταγωγής κυκλώματος. Δεν παρέχει αναγκαστικά πιο γρήγορες υπηρεσίες, λόγω ομαδοποίησης των χρονοθυρίδων, όμως, χρησιμοποιείται για circuit-switched data services (HSCSD), καθώς και το πρώτο σημαντικό βήμα στην εξέλιξη των δικτύων GSM σε 3G συνέβη με την εισαγωγή της General Packet Radio Service(GPRS). Τα δίκτυα CDMA2000 παρουσιάζουν παρόμοια εξέλιξη με την εισαγωγή του 1xRTT (CDMA2000 1X- IS-2000). Τα πρότυπα GPRS θα μπορούσαν να παρέχουν ρυθμούς δεδομένων από 56 kbps έως 115 kbps, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υπηρεσίες, όπως το Wireless Access Protocol (WAP) , Υπηρεσία Μηνυμάτων Πολυμέσων (Multimedia Messaging Service-MMS), καθώς και για υπηρεσίες επικοινωνιών στο Διαδίκτυο, όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail). Η μεταφορά GPRS δεδομένων, συνήθως, χρεώνονται ανά megabyte των δεδομένων, που μεταφέρονται, ενώ η επικοινωνία δεδομένων μέσω της

παραδοσιακής μεταγωγής κυκλώματος χρεώνεται ανά λεπτό από το χρόνο σύνδεσης, ανεξάρτητα από το αν ο χρήστης πράγματι αξιοποιεί την ικανότητα ή είναι σε κατάσταση αναμονής. Το πρωτόκολλο 1xRTT υποστηρίζει αμφίδρομη ροή δεδομένων έως 153,6 kbps, παρέχοντας ένα μέσο μετάδοσης δεδομένων του χρήστη 80-100 kbps σε εμπορικά δίκτυα. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για WAP, SMS και MMS υπηρεσίες, καθώς και για πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Η τεχνολογία, που είναι γνωστή ως 2.75G, περιλαμβάνει τα δίκτυα GPRS1 , που εξελίχθηκαν σε EDGE δίκτυα με την εισαγωγή της 8PSK κωδικοποίησης. Οι ενισχυμένες ταχύτητες δεδομένων για GSM Evolution (EDGE) , Enhanced GPRS (EGPRS) , ή IMT (IMT - SC) είναι μια συμβατή ψηφιακή τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας, που επιτρέπει βελτιωμένες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, ως προέκταση στην κορυφή του προτύπου GSM. Το EDGE έχει αναπτυχθεί σε δίκτυα GSM αρχής γενομένης από το 2003 αρχικά από την AT & T στις Ηνωμένες Πολιτείες . Το EDGE έχει τυποποιηθεί από το 3GPP (3rd Generation Partnership Project) , ως μέρος της οικογένειας GSM και είναι μια αναβάθμιση, που παρέχει μία δυναμικά τριπλάσια αύξηση της παραγωγικής ικανότητας του GSM / GPRS δίκτυα .

2.3 Η τρίτη γενιά (3G)

Η τρίτη γενιά (3G) , είναι η τρίτη γενιά της τεχνολογίας της κινητής επικοινωνίας, η οποία εμφανίστηκε το 2001. Αυτή η γενιά βασίζεται σε ένα σύνολο προτύπων, που χρησιμοποιούνται για κινητές συσκευές και υπηρεσίες κινητής χρήσης τηλεπικοινωνιών και δικτύων, που υπακούνε στις προδιαγραφές των διεθνών κινητών τηλεπικοινωνιών (IMT - 2000) της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών. Η τρίτη γενιά (3G) βρίσκει εφαρμογή στην ασύρματη φωνητική τηλεφωνία, στην κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο, στη σταθερή ασύρματη πρόσβαση στο διαδίκτυο, σε κλήσεις βίντεο και στην κινητή τηλεόραση.

Τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα 3G με τις υπηρεσίες υποστήριξης παρέχουν μια ταχύτητα μεταφοράς πληροφοριών τουλάχιστον 200 kbps. Αργότερα το δίκτυο 3G απελευθερώνεται και μετεξελίσσεται, ενώ συχνά συμβολίζεται με 3.5G και 3.75G, θέλοντας να σηματοδοτηθεί η ανάπτυξη γρηγορότερων και ταχύτερων υπηρεσιών. Επίσης, παρέχεται κινητή ευρυζωνική πρόσβαση πολλών Mbps σε έξυπνα τηλέφωνα

και σε κινητά μόντεμ για φορητούς υπολογιστές. Η επέκταση αυτή είναι δυνατό να εφαρμοστεί στις υπηρεσίες, που εφαρμόζεται και η 3G τεχνολογία. Η πρώτη έκδοση του 3GPP Long Term Evolution (LTE) προτύπου δεν πληροί απολύτως τις απαιτήσεις της ITU 4G και ονομάζεται IMT - Advanced. Η πρώτη LTE έκδοση δεν είναι συμβατή με 3G, αλλά είναι μία προ - 4G τεχνολογία ή, όπως αλλιώς λέγεται 3.9G. Ωστόσο, η εξέλιξη του LTE Advanced είναι μια τεχνολογία 4G, ενώ η WiMAX είναι μια άλλη τεχνολογία, που αγγίζει τα όρια του ή διατίθενται στην αγορά ως 4G .

Πολλές εταιρείες τηλεπικοινωνιακών αγορών παρέχουν ασύρματες υπηρεσίες διαδικτύου μέσω κινητού τηλεφώνου , όπως για παράδειγμα το 3G, υποδεικνύοντας ότι η διαφημιζόμενη υπηρεσία παρέχεται μέσω ασύρματου δικτύου 3G. Οι υπηρεσίες, που διαφημίζονται ως 3G απαιτούνται για την κάλυψη IMT - 2000 τεχνικών προτύπων , συμπεριλαμβανομένων των προτύπων για την αξιοπιστία και την ταχύτητα (ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων). Για να πληρούνται τα πρότυπα IMT - 2000 , απαιτείται ένα σύστημα για την παροχή αιχμής δεδομένων τουλάχιστον 0,2 Mbps. Ωστόσο, πολλές υπηρεσίες, που διαφημίζονται ως 3G παρέχουν υψηλότερες ταχύτητες από ό, τι σηματοδοτούν οι ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις για την παροχή υπηρεσιών 3G. Τα 3.5G και 3.75G παρέχουν, επίσης, κινητή ευρυζωνική πρόσβαση πολλών Mbps σε έξυπνα τηλέφωνα και σε κινητά μόντεμ για φορητούς υπολογιστές.

Τα 3G συστήματα είναι επώνυμα και συνοψίζονται στα πιο κάτω:

- Το σύστημα UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) ,που προσφέρθηκε για πρώτη φορά το 2001, έχει τυποποιηθεί από το 3GPP και χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη, την Ιαπωνία ,την Κίνα και σε άλλες περιοχές, ενώ κυριάρχησε με βάση την υποδομή του συστήματος GSM 2G . Τα κινητά τηλέφωνα είναι, συνήθως UMTS και GSM υβρίδια. Πολλές ραδιοεπαφές προσφέρονται, μοιράζονται την ίδια υποδομή. Το πρωτότυπο και η πιο διαδεδομένη διεπαφή ραδιοσυχνοτήτων ονομάζεται W - CDMA. Η διεπαφή των ραδιοσυχνοτήτων TD - SCDMA εμφανίστηκε στο εμπόριο το 2009 και προσφέρεται μόνο στην Κίνα. Η τελευταία έκδοση UMTS , HSPA + , μπορεί να προσφέρει μέγιστη ταχύτητα δεδομένων έως 56 Mbps στην κάθοδο (downlink) θεωρητικά και πρακτικά έως 28 Mbps, που εμφανίζονται στις υπάρχουσες υπηρεσίες και 22 Mbps στην άνοδο (uplink).

- Το σύστημα CDMA2000 εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2002, το οποίο έχει τυποποιηθεί από 3GPP2 , που χρησιμοποιείται κυρίως στη Βόρεια Αμερική και τη Νότια Κορέα, για την ανταλλαγή των υποδομών με το πρότυπο IS - 95 2G. Τα κινητά τηλέφωνα είναι συνήθως CDMA2000 και IS - 95 υβρίδια . Η τελευταία έκδοση EVDO (Enhanced Voice-Data Optimized) Rev B προσφέρει μέγιστες ταχύτητες των 14,7 Mbps. Τα παραπάνω συστήματα και οι διεπαφές λειτουργούν με βάση το φάσμα της ασύρματης τεχνολογίας μετάδοσης. Ενώ, το πρότυπο GSM EDGE " 2,9G " ,τα ασύρματα τηλέφωνα DECT και τα πρότυπα Mobile WiMAX επίσημα πληρούν, επίσης, τις απαιτήσεις IMT -2000 και έχουν εγκριθεί ως πρότυπα 3G από την ITU , αυτά συνήθως δεν έχουν την επωνυμία 3G και βασίζονται σε εντελώς διαφορετικές τεχνολογίες.

Τα ακόλουθα κοινά πρότυπα συμμορφώνονται με το πρότυπο IMT2000/3G :

- Το EDGE, με αναθεώρηση από τον οργανισμό 3GPP με τις παλαιότερες 2G GSM μεθόδους μετάδοσης, χρησιμοποιώντας τους ίδιους κόμβους μεταγωγής, τους ίδιους σταθμούς βάσης και τις ίδιες συχνότητες ,όπως το GPRS , αλλά με νέο σταθμό βάσης και RF κυκλωμάτα κινητών τηλεφώνων. Βασίζεται στο σύστημα αποτελεσματικής διαμόρφωσης 8PSK ως συμπλήρωμα του αρχικού συστήματος διαφοροποίησης. Το EDGE εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως λόγω της ευκολίας της αναβάθμισης υπό την υπάρχουσα υποδομή των 2G GSM και των κινητών τηλεφώνων.
- Το EDGE σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPRS 2.5G ονομάζεται EGPRS , και επιτρέπει σε αιχμή με ρυθμούς δεδομένων της τάξης των 200 kbps, όπως ακριβώς οι αρχικές εκδόσεις UMTS WCDMA , και επομένως πληροί τις απαιτήσεις τυπικά για το IMT2000 σε συστήματα 3G. Ωστόσο, στην πράξη το EDGE σπάνια αναφέρεται στο εμπόριο ως ένα σύστημα 3G, αλλά ως ένα σύστημα 2.9G. Το EDGE είναι ένα σύστημα με καλύτερη φασματική απόδοση από ό,τι τα πρωτότυπα συστήματα UMTS και CDMA2000 , αλλά είναι δύσκολο να επιτευχθούν πολύ υψηλότερα ποσοστά δεδομένων αιχμής λόγω του περιορισμένου φασματικού εύρους ζώνης του GSM, που κυμαίνεται στα 200 KHz και κατά συνέπεια είναι ένα αδιέξοδο.
- Το EDGE λειτουργεί, επίσης, στο σύστημα TDMA IS - 135 και έχει σταματήσει σήμερα.

- Το Evolved EDGE, του οποίου η τελευταία αναθεώρηση, έχει κορυφές στο 1 Mbps και 400 kbps και το οποίο δε χρησιμοποιείται για εμπορικούς σκοπούς.
- Το UMTS δημιουργήθηκε και αναθεωρήθηκε από το 3GPP. Η οικογένεια αυτή είναι πλήρως αναθεωρημένη σε σχέση με το GSM όσον αφορά τις μεθόδους κωδικοποίησης και το υλικό, αν και μερικές περιοχές του GSM μπορεί να τοποθετηθούν και να μεταδίδονται στο UMTS / format W - CDMA.
- Το W-CDMA είναι η πιο κοινή ανάπτυξη, που συνήθως λειτουργεί στη ζώνη των 2100 MHz. Μερικοί άλλοι χρησιμοποιούν τις 850, 900 και 1900 MHz.
- Το HSPA είναι ένα αμάλγαμα από διάφορες αναβαθμίσεις για το αρχικό πρότυπο W - CDMA και προσφέρει ταχύτητες 14,4 Mbps προς τα κάτω και 5,76 Mbps προς τα πάνω. Το HSPA είναι συμβατό και χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες με το W - CDMA.
- Το HSPA+ περιλαμβάνει μια περαιτέρω αναθεώρηση και αναβάθμιση του HSPA και μπορεί να προσφέρει θεωρητικά ποσοστά με κορυφή δεδομένων έως 168 Mbps στο downlink και 22 Mbps στο uplink, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό βελτιώσεων της διεπαφής αέρα, καθώς και HSPA multi-carrier και MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output). Τεχνικά όμως, το MIMO και το DC - HSPA μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς τις " + " βελτιώσεις του HSPA +.
- Το σύστημα CDMA2000 , ή IS-2000 , συμπεριλαμβανομένων του CDMA2000 1x και του CDMA2000, τα οποία είναι αρκετά υψηλής συχνότητας το οποίο, έχει τυποποιηθεί από 3GPP2, που εξελίσσεται από το αρχικό σύστημα IS- 95 CDMA , χρησιμοποιείται κυρίως στη Βόρεια Αμερική ,στην Κίνα, στην Ινδία , στο Πακιστάν, στην Ιαπωνία ,στη Νότια Κορέα, στη Νοτιοανατολική Ασία, στην Ευρώπη και στην Αφρική.
- Το CDMA2000 διαθέτει μια αυξημένη ικανότητα φωνής και προσφέρει 14,7 Mbps.

Παρόλο, που τα DECT ασύρματα τηλέφωνα και τα πρότυπα Mobile WiMAX επίσημα πληρούν, επίσης, τις απαιτήσεις IMT - 2000, δε λαμβάνονται υπόψη συνήθως, λόγω της σπανιότητας και της ακαταλληλότητάς τους ως προς τη χρήση με τα κινητά τηλέφωνα.

Η τρίτη γενιά (3G) άργησε να εγκριθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα δίκτυα 3G δε χρησιμοποιούν τις ίδιες ραδιοσυχνότητες, συνεπώς, δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί εκμετάλλευση των κινητών επικοινωνιών 2G και άρα, γίνεται αντιληπτό ότι, πρέπει να οικοδομηθούν εντελώς νέα δίκτυα και εντελώς νέες συχνότητες, που απαιτούνται για την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης δεδομένων. Άλλες πιθανές καθυστερήσεις οφείλονταν, στις δαπάνες αναβάθμισης του εξοπλισμού μετάδοσης, ειδικά για το UMTS, των οποίων η ανάπτυξη απαιτεί την αντικατάσταση των περισσότερων πύργων μετάδοσης. Έτσι, τον Δεκέμβριο του 2007, υπήρχαν 190 3G δίκτυα, που λειτουργούσαν σε 40 χώρες και 154 HSDPA δίκτυα, που λειτουργούσαν σε 71 χώρες. Στην Ασία, στην Ευρώπη, στον Καναδά και στις ΗΠΑ, οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία W - CDMA.

Το πρότυπο 3G έγινε, ίσως, ιδιαίτερα γνωστό, λόγω της μαζικής επέκτασης της κινητής τηλεφωνίας. Μια ιδιαίτερα σημαντική εξέλιξη κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι το έξυπνο τηλέφωνο, που συνδυάζει τις δυνατότητες ενός PDA με ένα κινητό τηλέφωνο και κατ' επέκταση οδηγεί σε ευρεία ζήτηση για κινητή συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Το 3G είναι η πρώτη γενιά, που εισήγαγε τον όρο « κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες» , επειδή η ταχύτητα του για την περιήγηση και η ευελιξία του το καθιστούν μια βιώσιμη εναλλακτική λύση.

Ένα ελάχιστο ποσοστό των δεδομένων, που παρέχεται είναι αυτό των 2 Mbps για σταθερή θέση ή για περπάτημα από τους χρήστες, ενώ 384 kbps για χρήστες μέσα σε ένα κινούμενο όχημα.

Τα δίκτυα 3G προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια από ό,τι οι προκάτοχοί τους. Το εύρος ζώνης και οι πληροφορίες για τη θέση στη διάθεση των συσκευών 3G δημιουργούν εφαρμογές, που δεν ήταν προηγουμένως διαθέσιμες για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων. Μερικές από τις εφαρμογές είναι: Mobile TV, Video on demand, Video Conferencing, Τηλεϊατρική, Location-based services, Global Positioning System (GPS), που έχουν βοηθήσει σε πολλούς τομείς της σύγχρονης ανθρώπινης δραστηριότητας. Όμως, η αυξημένη πρόοδος στον τομέα κατέστησε την εν λόγω τεχνολογία σύντομα παρωχημένη και άρχισε να αντικαθίσταται από την επόμενη γενιάς τεχνολογία, τη 4G.



(Συσκευή τρίτης γενιάς)

2.4 Η τέταρτη γενιά (4G)

Τα 4ης γενιάς δίκτυα ασύρματων κινητών τηλεπικοινωνιών(4G) κάνουν την εμφάνισή τους κατά τις αρχές της δεκαετίας του 2010 και ακόμα βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο εξέλιξης. Στόχος τους με βάση και τις απαιτήσεις που έχουν θεσπιστεί από την ITU και το πρότυπο "IMT-advanced", είναι να κάνουν τις κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες μία πραγματικότητα για τις μάζες ξεπερνώντας τα στερεότυπα μέχρι πρότινος των δικτύων που τα καθιστούσε κυρίως ως μέσο φωνητικής επικοινωνίας. Με τα 4G δίκτυα η επικοινωνία περνάει από το επίπεδο της φωνής στο επίπεδο των υπηρεσιών Internet για το χρήστη. Η ανάπτυξη και η χρήση των 4G δικτύων αναμένεται να γίνει ξεχωριστά από άλλες τεχνολογίες παρέχοντας υπερυψηλής ταχύτητας ρυθμούς δεδομένων (της τάξης των αρκετών Mbps) και απρόσκοπτη κινητικότητα στο χρήστη για οποιαδήποτε υπηρεσία και αν χρησιμοποιεί, ακόμα και αν αυτές είναι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου (π.χ. παρακολούθηση ζωντανών τηλεοπτικών θεαμάτων υψηλής ευκρίνειας (HDTV) ,εν κινήσει αγορές (mobile commerce), παρακολούθηση χρηματιστηριακών δεικτών κ.α.) . Για τα 4G δίκτυα (αρχιτεκτονική, βασικές τεχνολογίες, χαρακτηριστικά και νέες υπηρεσίες) θα αναφερθώ εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.



Συσκευές (τέταρτης γενιάς)

3. Τέταρτη γενιά δικτύων (4G)

4G LTE Advanced

3GPP Long Term Evolution, ή απλώς **LTE** ονομάζεται η τεχνολογία αιχμής που χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία και δικτύωση των κινητών συσκευών, με υψηλές ταχύτητες. Βασίζεται στα προϋπάρχοντα δίκτυα GSM/EDGE και UMTS/HSPA, αυξάνοντας τη χωρητικότητα και τη ταχύτητα του δικτύου χρησιμοποιώντας νέες τεχνικές διαμόρφωσης. Το πρότυπο αυτό αναπτύσσεται από τον οργανισμό 3GPP. Το LTE αποτελεί πρότυπο για την ασύρματη επικοινωνία και εξέλιξη του GSM/UMTS. Ο στόχος του LTE είναι να αυξήσει τη χωρητικότητα και τη ταχύτητα των υφιστάμενων δικτύων με τη χρησιμοποίηση καινοτόμων τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας και διαμόρφωσης σήματος. Λειτουργεί σε διαφορετικό εύρος ζώνης συχνοτήτων καθώς η διεπαφή του δεν είναι συμβατή με τα υφιστάμενα δίκτυα 2ης και 3ης γενιάς.

Please select the country you are interested in:		Greece ▼
Greece		
2G capabilities	GSM 900, GSM 1800	
3G capabilities	UMTS 2100	
4G capabilities	LTE 800, LTE 1800, LTE 2600	

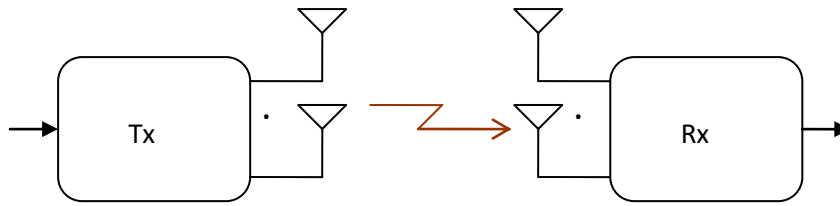
(Πίνακας ζώνης συχνοτήτων)

Βασικές τεχνολογίες δικτύων 4ης γενιάς

- **MIMO** : Υψηλή αποτελεσματικότητα στη χρήση του φάσματος

Η ανάπτυξη των ψηφιακών εφαρμογών απαιτεί την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων στον ασύρματο δίαυλο. Οι ρυθμοί μετάδοσης των 50 Mbps ή 100 Mbps που φθάνουν σήμερα τα ασύρματα τοπικά δίκτυα WLAN (Wireless Local Area Networks), είναι ανεπαρκείς για υπηρεσίες όπως η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας HDTV (High Definition TV). Οι σημερινοί ρυθμοί μετάδοσης των WLAN είναι μικροί συγκρινόμενοι με τους ρυθμούς της τάξης των 10 Gbps των ενσύρματων τοπικών δικτύων. Αυτή την αδυναμία των ασύρματων συστημάτων επικοινωνιών καθώς και την ανάγκη για μεγαλύτερη κάλυψη έρχονται να βελτιώσουν τα συστήματα MIMO. Η ανάπτυξη των συστημάτων MIMO (Multiple Inputs Multiple Outputs) θα βοηθήσει στη διακίνηση μεγαλύτερου όγκου δεδομένων και με μεγαλύτερες ταχύτητες, χρησιμοποιώντας πολλούς παράλληλους ασύρματους διαύλους. Ήδη, ορισμένες εταιρείες έχουν ολοκληρώσει την κατασκευή ασυρμάτων μόντεμ για ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line) σύνδεση σε εσωτερικούς χώρους, χρησιμοποιώντας κεραίες MIMO, εκμεταλλευόμενες την αξιοπιστία και την αυξημένη χωρητικότητα, που παρέχουν.

Τα συστήματα αυτά έχουν πολλές κεραίες και στην πλευρά του πομπού και στην πλευρά του δέκτη όπως φαίνεται στο σχήμα:



(MIMO διάυλος)

Πλεονεκτήματα από τη χρήση MIMO:

Τα συστήματα MIMO προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα όπως το κέρδος πίνακα (array gain), το διαφορικό κέρδος (diversity gain), το κέρδος χωρικής πολυπλεξίας (spatial multiplexing gain) και η μείωση των παρεμβολών (interference reduction) [Pau04]. Παρά το γεγονός ότι και τα συστήματα MISO και SIMO παρέχουν παρόμοια πλεονεκτήματα, μόνο τα MIMO μπορούν να δώσουν κέρδος χωρικής πολυπλεξίας και να αυξήσουν τη χωρητικότητα του διαύλου πάνω από το όριο του Shannon. Η χώρο-χρονική κωδικοποίηση (space-time coding) και οι διάφοροι αλγόριθμοι λήψης του σήματος μπορούν να ανταλλάξουν αυτά τα κέρδη με ένα ικανοποιητικό ποσοστό λαθών BER (Bit Error Ratio) στην περίπτωση κατά την οποία το σύστημα περιορίζεται από θόρυβο και παρεμβολές. Διαφορετικά, σε ευνοϊκές συνθήκες μεγιστοποιείται η απόδοση του διαύλου.

Αναλυτικά:

Κέρδος Πίνακα (Array Gain)

Το κέρδος πίνακα μπορεί να επιτευχθεί μετά από επεξεργασία στον πομπό και στο δέκτη και έχει ως συνέπεια την αύξηση του μέσου λαμβανόμενου σηματοθορυβικού λόγου λήψης (coherent combining). Το κέρδος πίνακα του πομπού ή του δέκτη απαιτεί γνώση της κατάστασης του διαύλου από τον πομπό ή το δέκτη, αντίστοιχα, και εξαρτάται από τον αριθμό των κεραιών εκπομπής και λήψης. Η κατάσταση του διαύλου στη γενική περίπτωση είναι γνωστή στην πλευρά του δέκτη, χωρίς όμως να ισχύει το ίδιο και για την πλευρά του πομπού, όπου είναι δύσκολη η εκτίμησή της. Το κέρδος πίνακα έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια λόγω της ανάπτυξης των 'έξυπνων' κεραιών (smart antennas).

Διαφορικό κέρδος (Diversity Gain)

Η ισχύς του σήματος σε ένα ασύρματο διάυλο αυξομειώνεται τυχαία, ανάλογα με τις διαλείψεις που εμφανίζονται στο διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η

διαφορικότητα βασίζεται στη μετάδοση του σήματος σε πολλαπλές (ιδανικά) ανεξάρτητες, ως προς τις διαλείψεις, διαδρομές (στο πεδίο του χρόνου ή της συχνότητας ή του χώρου). Η χρονική διαφορικότητα (time diversity) απαιτεί την επαναμετάδοση των δεδομένων μετά από μια χρονική καθυστέρηση τουλάχιστον ίση με το χρόνο συνοχής T_C (coherence time). Αυτό έχει ως συνέπεια την ελάττωση του ρυθμού μετάδοσης, καθώς αποστέλλονται αντίγραφα της ίδιας πληροφορίας. Η διαφορικότητα στο πεδίο της συχνότητας (frequency diversity) απαιτεί την μετάδοση των δεδομένων ταυτόχρονα σε διαφορετικές συχνότητες, που διαφέρουν μεταξύ τους τουλάχιστον κατά τη συχνότητα συνοχής B_C (coherence bandwidth). Η τεχνική αυτή, οδηγεί σε ανεπιθύμητη σπατάλη εύρους ζώνης. Η χωρική διαφορικότητα (spatial diversity) προτιμάται από τις διαφορικότητες χρόνου και συχνότητας, καθώς αυτή δεν σπαταλά τηλεπικοινωνιακούς πόρους, όπως ο χρόνος μετάδοσης και το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Αν οι $M_R \times M_T$ δίαυλοι, οι οποίοι συνθέτουν το δίαυλο MIMO, υφίστανται ανεξάρτητες μεταξύ τους αποσβέσεις και το μεταδιδόμενο σήμα έχει σχεδιαστεί κατάλληλα, ο δέκτης μπορεί να συνδυάσει τα λαμβανόμενα σήματα με τέτοιο τρόπο ώστε το τελικό σήμα να παρουσιάζει μικρότερη διασπορά πλατών σε σύγκριση με την SISO περίπτωση. Έτσι, επιτυγχάνεται διαφορικότητα τάξης $M_R \times M_T$. Αν ο πομπός δεν γνωρίζει την κατάσταση του διαύλου είναι δύσκολο να εξαχθεί διαφορικό κέρδος. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται κατάλληλα σχεδιασμένα σήματα μετάδοσης και η τεχνική αναφέρεται ως χώρο-χρονική κωδικοποίηση.

Κέρδος χωρικής πολυπλεξίας (Spatial Multiplexing Gain)

Ο δίαυλος MIMO προσφέρει μια γραμμική αύξηση (ανάλογη προς το $\min(M_R, M_T)$) στην χωρητικότητα χωρίς να χρειάζεται αύξηση στην ισχύ εκπομπής ή στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Αυτό το κέρδος, που αναφέρεται ως κέρδος χωρικής πολυπλεξίας, υλοποιείται μεταδίδοντας ανεξάρτητα μεταξύ τους σήματα από διαφορετικές κεραίες. Με ευνοϊκές συνθήκες διάδοσης, όπως το πλούσιο περιβάλλον σε σκεδαστές, ο δέκτης μπορεί να ξεχωρίσει τις διαφορετικές αυτές ροές δεδομένων, οδηγώντας έτσι σε μια γραμμική αύξηση της χωρητικότητας.

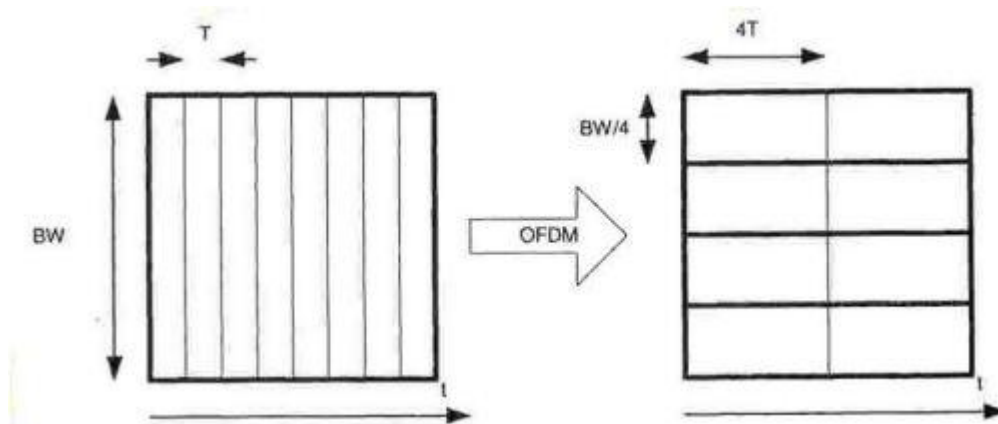
Μείωση των παρεμβολών (Interference Reduction)

Οι παρεμβολές δημιουργούνται εξαιτίας της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας που γίνεται στις ασύρματες τηλεπικοινωνίες. Όταν χρησιμοποιούνται πολλαπλές κεραίες, η χωρική διαφορά ανάμεσα στο επιθυμητό σήμα και στα υπόλοιπα σήματα του ίδιου διαύλου μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των παρεμβολών. Για τη μείωση των

παρεμβολών απαιτείται γνώση του διαύλου του επιθυμητού σήματος, χωρίς να χρειάζεται να είναι γνωστός ο δίαυλος παρεμβολής. Η μείωση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και στην πλευρά του πομπού, ελαττώνοντας την ενέργεια των παρεμβολών σε σχέση με τη χρήσιμη ενέργεια. Έτσι, το φαινόμενο αυτό επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση συχνότητας και δημιουργεί αύξηση της χωρητικότητας κάθε κυψέλης.

- OFDM : Για βέλτιστη επιλογή καναλιού χωρίς χρήση σύνθετων εξισορροπιστών.

Το OFDM ανήκει στην οικογένεια τεχνικών μετάδοσης της πολυφέρουσας διαμόρφωσης (multicarrier modulation) η οποία βασίζεται στην ιδέα διαμελισμού ενός υψηλού ρυθμού μετάδοσης σε πολλούς παράλληλους, χαμηλότερης ταχύτητας καθένας από τους οποίους μεταφέρεται σε ξεχωριστό φέρον (υποφέρον). Η πολυφέρουσα διαμόρφωση εξαλείφει ή ελαχιστοποιεί τις διασυμβολικές παρεμβολές αυξάνοντας την διάρκεια συμβόλου κάθε παράλληλου ρυθμού μετάδοσης με αποτέλεσμα την μείωση της επίδρασης του πολυδιαδρομικού περιβάλλοντος. Πρακτικά, ένας υψηλός ρυθμός bit R χωρίζεται σε N παράλληλους ρυθμούς ταχύτητας R/N ο καθένας. Αν και τα N υποφέροντα επικαλύπτονται, προσφέρουν υψηλή φασματική αποτελεσματικότητα λόγω της ορθογωνιότητας που τα χαρακτηρίζει.



Σχηματική παρουσίαση παράλληλης μετάδοσης χρησιμοποιώντας $N = 4$ υποφέροντα για εύρος ζώνης BW

- OFDMA πολύπλεξη : Για καλύτερη χρήση του φάσματος και ανάθεσης των διαφόρων καναλιών με τρόπο δυναμικό και αποδοτικό.
- Turbo κώδικες : Για μείωση του απαιτούμενου SNR στην πλευρά του δέκτη.

- Προσαρμογή ζεύξης (link adaptation) : Για προσαρμοσμένη διαμόρφωση και κώδικες διόρθωσης λαθών.
- Mobile IP : Απαραίτητο για υψηλή κινητικότητα των τερματικών ή ακόμα και των κόμβων του δικτύου

Το Mobile IP είναι ένα πρότυπο καθορισμένο από την ομάδα **Internet Engineering Task Force IETF** (2002). Το πρωτόκολλο αυτό ενδυναμώνει το υπάρχον πρωτόκολλο IP για να διευκολύνει την κινητικότητα των χρηστών. Το πρωτόκολλο αυτό επιτρέπει στους χρήστες να κρατήσουν την ίδια διεύθυνση IP, να παραμένουν συνδεδεμένοι και να διατηρήσουν τις τρέχουσες εφαρμογές περιπλανώμενοι μεταξύ των δικτύων IP. Οποιαδήποτε μέσα που μπορούν να υποστηρίξουν την IP μπορούν να υποστηρίξουν την Mobile IP.

Δυνατότητες και υπηρεσίες των δικτύων 4^{ης} γενιάς

Η τεχνολογία τέταρτης γενιάς αναπτύχθηκε προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα παροχής υπηρεσιών (QoS - Quality of Service) και να θέσει τα θεμέλια για επερχόμενες τεχνολογικές εφαρμογές, όπως η ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση, MMS (Multimedia Messaging Service), video chat, mobile TV, Digital Video Broadcasting - DVB κ.ά.

Οι στόχοι, που ικανοποιήθηκαν από το πρότυπο του 4G είναι:

- Ένα φασματικά αποδοτικό σύστημα.
- Υψηλή χωρητικότητα συστήματος (περισσότεροι ταυτόχρονοι χρήστες ανά κυψέλη) και μικρότερο κόστος ανά δυαδικό ψηφίο. Η χωρητικότητα για τα 4G συστήματα είναι τουλάχιστον δέκα φορές υψηλότερη από την αντίστοιχη των 3G, ενώ το κόστος ανά δυαδικό ψηφίο μειώθηκε σημαντικά, έτσι ώστε η χρέωση να γίνει χαμηλή και για το λόγο αυτό εξαπλώθηκε σημαντικά η χρήση του διαδικτύου σε κινητές συσκευές.
- Υψηλός ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας. Τα συστήματα τέταρτης γενιάς προσφέρουν μέχρι 1 Gbps για ταχύτητα download και τουλάχιστον 500Mbps για upload ταχύτητες, ενώ για τα κινούμενα οχήματα η ελάχιστη ταχύτητα αγγίζει τα 100Mbps.

- Περιλαμβάνει αρκετά καλή χωρική κάλυψη, με μεταβλητή ταχύτητα μετάδοσης. Καθώς οι ταχύτητες μετάδοσης αυξάνονται, το απαιτούμενο επίπεδο λαμβανόμενου σήματος, θα αυξηθεί ανάλογα.
- Ένας ρυθμός μετάδοσης τουλάχιστον 100Mbps μεταξύ δύο οποιονδήποτε σημείων στον κόσμο είναι ήδη πραγματικότητα.
- Επίσης, είναι σημαντική η απρόσκοπτη συνδεσιμότητα και δυνατότητα περιαγωγής σε πολλαπλά δίκτυα.
- Παροχή εξαιρετικής ποιότητας υπηρεσιών (Quality of service- QoS) για τις εφαρμογές πολυμέσων, όπως MMS , video chat , mobile TV , Digital Video Broadcasting.
- Δημιουργία ομαλών διασυνδέσεων με συστήματα 3G, ασύρματα δίκτυα υπολογιστών (WLAN – Wireless Local Area Network) και σταθερά δίκτυα. Με τη χρήση τεχνολογίας βασισμένης σε πρωτόκολλα Internet (IP – Internet Protocol) μεταγωγής πακέτων καθίσταται ομαλή η διασύνδεση διαφορετικών τεχνολογιών. Ως αποτέλεσμα, ο κάθε χρήστης μπορεί να διαλέγει το καλύτερο δίκτυο ανά περίπτωση (ανάλογα με τον χρόνο, χώρο και κόστος).

Κρισιμότερες υπηρεσίες, που κυριάρχησαν στα δίκτυα τέταρτης γενιάς είναι η εξής:

- Εικονική πλοήγηση (virtual navigation). Μια απομακρυσμένη βάση δεδομένων περιέχει γραφική αναπαράσταση δρόμων, κτιρίων και τοπογραφικών γνωρισμάτων. Κομμάτια αυτής της βάσης δεδομένων μεταδίδονται γρήγορα σε ένα όχημα, όπου ένα υπολογιστικό πρόγραμμα 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 ή συμφόρησης του οδικού δικτύου.
- Τηλεϊατρική (telemedicine). Τα πληρώματα των ασθενοφόρων σε απομακρυσμένες περιοχές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά αρχεία και να τηλεδιασκέπτονται με γιατρούς, όπως και να μεταδίδουν κρίσιμες πληροφορίες του ασθενούς σε κεντρικά νοσοκομεία, έτσι ώστε να ελαττώνεται ο χρόνος για την ενημέρωση των ιατρών σε περιπτώσεις διακομιδής ασθενών από ένα νοσοκομείο σε άλλο ή για παράδειγμα, παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών σε απομακρυσμένες

περιοχές, όπως μπορεί να είναι ένα κέντρο υγείας, που δεν παρέχει εξειδικευμένους ιατρούς, αλλά είναι βασικό να γίνει μία κρίσιμη θεραπεία σε κάποιον ασθενή.

- Σταθμός πληροφορίας (info-station). Ένας οδηγός αυτοκινήτου 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.
- Εφαρμογές διαχείρισης κρίσεων. Αυτές οι εφαρμογές είναι χρήσιμες σε περιόδους φυσικών καταστροφών, όταν ολόκληρος ο τηλεπικοινωνιακός ιστός έχει παραλύσει. Η αυξημένη χωρητικότητα των ασύρματων συστημάτων ευρείας ζώνης 4G, τα οποία περιλαμβάνουν υπηρεσίες διαδικτύου και video επιτρέπουν την αποκατάσταση σε διάστημα ωρών σε αντιδιαστολή με τα ενσύρματα συστήματα, που θα απαιτούσαν ημέρες ή ακόμα και εβδομάδες για να αποκατασταθούν.
- Εκπαίδευση μέσω Internet. Δίνει τη δυνατότητα σε άτομα από πολύ διαφορετικές χώρες του κόσμου να παρακολουθούν μαθήματα σε διαδικτυακούς τόπους και σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου θέλουν με πολύ χαμηλό κόστος ακόμα και από το κινητό τους τηλέφωνο .
- Κινητά δίκτυα υπολογιστών. Κατά ανάλογο τρόπο με τα σταθερά δίκτυα υπολογιστών τα κινητά δίκτυα υπολογιστών διευκολύνουν οικονομικές συναλλαγές, επιχειρηματικές πράξεις και επιστημονική συνεργασία από απόσταση.

4. Πέμπτη γενιά δικτύων (5G)

Βασικό κρίνεται να παρουσιάσει κανείς όσο μπορεί περισσότερα στοιχεία για τη χρήση, λειτουργία και εγκατάσταση των κινητών δικτύων επικοινωνιών. Τίθενται, λοιπόν, κρίσιμα ερωτήματα όσον αφορά τα κινητά δίκτυα της πέμπτης γενιάς. Για παράδειγμα, είναι σημαντικό να αναλογιστεί κανείς για ποιο λόγο είναι απαραίτητα, τι θα προσφέρουν στο μέσο χρήστη, που ως σήμερα δεν παρέχεται, ποιες υπηρεσίες θα καλύπτουν, σε πόσα χρόνια αναμένεται να εμφανιστούν, ποια θα είναι τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους, ποιο θα είναι το κόστος τους. Επίσης, τις βασικότερες τεχνολογίες, που θα συμβάλουν, ώστε να υλοποιηθούν. Πολλά από τα

οποία αυτά ερωτήματα ίσως, να μην είναι, ακόμα, δυνατό να απαντηθούν, αφού τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών πέμπτης γενιάς είναι ακόμα υπό μελέτη και σκέψη. Συνεπώς, παρατίθενται κατωτέρω στοιχεία, που είναι γνωστά σήμερα για το μέλλον των επικοινωνιών και συγκεκριμένα τη μετεξέλιξή τους στην Πέμπτη γενιά.

Τα δίκτυα της πέμπτης γενιάς έχουν μεγάλη σημασία και αναμένεται να επικρατήσουν στο μέλλον. Σε αυτό, συντελεί σαφέστατα και η φύση τους. Οι χρήστες των σύγχρονων ψηφιακών συσκευών έχουν αυξημένες απαιτήσεις από τα σύγχρονα δίκτυα. Γενικότερα, η δημιουργία των θεμελίων για τα μελλοντικά δίκτυα επικοινωνιών, είναι παρούσα σε αυτή τη δεκαετία. Η ευρωπαϊκή βιομηχανία τηλεπικοινωνιών είναι ιστορικά στην πρώτη γραμμή του παγκόσμιου ανταγωνισμού, δεδομένου ότι βρίσκεται στις πρώτες ημέρες της τεχνολογίας GSM και εξακολουθεί να αποτελεί περίπου το 40 % της παγκόσμιας αγοράς, δηλαδή, € 200 δισ. ευρώ στο έτος 2012 από την άποψη της παροχής υποδομής δικτύου. Η πρόκληση για τη γενιά είναι να εξασφαλίσει στην ηγεσία της Ευρώπης και ειδικότερα σε συγκεκριμένες περιοχές, όπου η Ευρώπη είναι ισχυρή ή όπου υπάρχουν τέτοιες δυνατότητες, τη δημιουργία νέων αγορών, όπως έξυπνες πόλεις, συστήματα e-health, συστήματα ευφών μεταφορών, εκπαίδευσης ή ψυχαγωγίας και μέσων ενημέρωσης.

Η 5G γενιά θα προσφέρει αρχιτεκτονικές λύσεις, τεχνολογίες και πρότυπα για την πανταχού παρούσα επόμενη γενιά υποδομών επικοινωνίας της επόμενης δεκαετίας και θα παρέχει τέτοιου είδους επιτεύγματα. Επίσης, τετραπλασιάζεται η χωρητικότητα των ασύρματων δικτύων, τα οποία εξυπηρετούν πάνω από 7 δισεκατομμύρια συσκευές, υπό την προϋπόθεση να δημιουργηθεί ένα ασφαλές, αξιόπιστο δίκτυο με ελάχιστη αναμονή.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά την τεχνολογία 5G αναμένεται να αλλάξει τον τρόπο ύπαρξης των σύγχρονων δικτύων. Σε αντιδιαστολή, με τα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών, τα οποία αποτελούνται από «κυψέλες», οι οποίες βρίσκονται σε σταθμούς βάσης εικάζεται, ότι τα 5G δίκτυα θα βρίσκονται σε μία σειρά διαφορετικών ζωνών συχνοτήτων, που θα μεταφέρουν πληροφορίες με διαφορετικές ταχύτητες και θα έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά μετάδοσης. Σε αντίθεση, ως σήμερα ένα τηλέφωνο συνδέεται με το δίκτυο μέσω μίας ανοδικής και μίας καθοδικής ζεύξης, με τον τοπικό σταθμό βάσης. Δηλαδή, το δίκτυο αναμένεται να αλλάζει σύμφωνα με τις απαιτήσεις δεδομένων της εκάστοτε συσκευής.

Εν συνεχεία, ενισχύεται η άποψη πως θα προκύψουν νέες κλάσεις συσκευών, οι οποίες θα επικοινωνούν με άλλες συσκευές. Τέτοιο παράδειγμα είναι οι αισθητήρες, οι οποίοι αναμένεται να στέλνουν δεδομένα σε κάποιον εξυπηρετητή (server), με τη διαφορά ότι αυτό θα πραγματοποιείται με «συσκευο-κεντρικό τρόπο» και όχι με «κυψελοκεντρικό», που γίνεται σήμερα. Αυτό θα συμβεί, εφόσον, οι νέες συσκευές θα είναι ικανές να «αποφαινούνται» πότε και πως είναι αποτελεσματικότερο να αποσταλούν τα δεδομένα στον εξυπηρετητή.

Επιπρόσθετα, θα υπάρξουν αλλαγές στη μετάδοση της πληροφορίας. Η μετάδοση μικροκυμάτων, που χρησιμοποιείται σήμερα θα συμπληρωθεί από τη μετάδοση κυμάτων χιλιοστού. Τα μικροκύματα εκτείνονται σε φάσμα 600 MHz, το οποίο έχει απελευθερωθεί μετά την επικράτηση της ψηφιακής τηλεόρασης, η οποία στην Ελλάδα υπάρχει μέσω της DIGEA, όχι όμως σε μεγάλο βαθμό, αλλά σε μικρό ποσοστό, που μετά βίας έφτασε στα 80 MHz και όπως, είναι ευρέως γνωστό έχει αρκετά υψηλό κόστος. Έτσι, φυσικό επόμενο αυτού, είναι η αναζήτηση λύσεων για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος και για τις υψηλότερες συχνότητες μετάδοσης, οι οποίες κυμαίνονται στις τάξεις των 3 έως και 300 GHz. Κάτι τέτοιο, εμφανίζει εξίσου διάφορα προβλήματα, εφόσον τα σήματα αυτά είναι δυνατό να δεχτούν μεγάλες παρεμβολές από τα κτίρια, την κακοκαιρία, αλλά και την ανθρώπινη δραστηριότητα μεταξύ πομπού και δέκτη. Τέτοια προβλήματα, αναμένεται να επιλυθούν με τη χρήση κατευθυντικών κεραιών, οι οποίες στρέφονται σε πραγματικό χρόνο την ώρα ,που μπλοκάρονται τα σήματα.

Επόμενο και σημαντικότατο επίτευγμα θα αποτελέσει η τεχνολογία MIMO (Multiple in-Multiple-out). Πρακτικά, κάτι τέτοιο σημαίνει πως οι σταθμοί βάσης θα εξοπλιστούν με πολλαπλές κεραιές, που θα μεταδίδουν πολλά σήματα ταυτόχρονα, ενώ τέτοια κεραία θα μπορεί να έχει και μία συσκευή. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα, με την οποία ένα δίκτυο μπορεί να διαχειριστεί τις συχνότητές του. Σημαντικό ρόλο, στη διαμόρφωση των δικτύων του μέλλοντος θα παίξουν και οι ολοένα εξυπνότερες συσκευές. Επομένως, αντί τα σήματα να δρομολογούνται από τους σταθμούς βάσης, θα είναι εφικτό να δρομολογούνται και από τις ίδιες τις συσκευές.

Ακόμα, μία επαναστατική τεχνολογία θα είναι ότι θα δίνεται η δυνατότητα σε πλήθος συσκευών να επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς να είναι απαραίτητο να

χρησιμοποιούν το δίκτυο. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο αισθητήρων μπορεί να έχει δεκάδες χιλιάδες συσκευές μετάδοσης δεδομένων θερμοκρασίας. Η μετάδοσή τους καθίσταται ευκολότερη αν τα δεδομένα αποσταλούν, χωρίς να παρεμβάλλεται ο σταθμός βάσης, κάτι το οποίο θα συμβεί με χρήση της νέας τεχνολογίας.

«Ο κόσμος μας βρίσκεται πια σε fast forward», στο πλαίσιο μίας «μόνιμης τεχνολογικής εξέλιξης», όπως τόνισε στις εξαγγελίες του ο Βρετανός πρωθυπουργός Ντέιβιντ Κάμερον από το βήμα της εμπορικής έκθεσης CeBit, στο Ανόβερο της Γερμανίας. Εκεί επικυρώθηκε και η σχετική συμφωνία μεταξύ Λονδίνου και Βερολίνου, για την ακρίβεια μεταξύ των πανεπιστημίων της Δρέσδης, του Σάρει και του λονδρέζικου King's College, η οποία ως στόχο της έχει να μην μείνουν πίσω τεχνολογικά οι δύο χώρες-μέλη της Ε.Ε. του ομίλου G8. «Είμαστε ενώπιον μίας νέας βιομηχανικής επανάστασης, της οποίας θέλω να ηγηθούν η Βρετανία και η Γερμανία», ανέφερε ο Κάμερον, υπερτονίζοντας όλα τα πλεονεκτήματα του 5G.

Η παράθεση των λόγων του βρετανού πρωθυπουργού καταδεικνύει ακριβώς την ανάγκη εγκατάλειψης των παλιότερων μέσων κινητών τηλεπικοινωνιών και της ανάπτυξης της 5G τεχνολογίας. Οι χρήστες των κινητών και άλλων σχετικών συσκευών, που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο έχουν αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και αναμένεται να αυξηθούν ακόμα περισσότερο μέσα στα επόμενα. Κάτι τέτοιο δημιουργεί την ανάγκη για την ανάπτυξη νέων δικτύων με μεγαλύτερο εύρος και χωρητικότητα, αλλά και με γρηγορότερες ταχύτητες αποστολής και λήψης δεδομένων. Επικοινωνία μεταξύ συσκευών, αλλά ακόμα και οχημάτων με έξυπνο τρόπο είναι πλέον γεγονός και γίνεται αντιληπτό ότι η ανάγκη για άμεση απόκριση των δικτύων είναι αυξημένη. Ακόμα, η εξοικείωση των χρηστών με τις νέες τεχνολογίες έχει οδηγήσει στην αύξηση των απαιτήσεών τους, κάτι το οποίο σημαίνει ότι επιδιώκουν πρόσβαση σε πλήθος νέων υπηρεσιών, με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος. Επιπρόσθετα, μία βασική επιδίωξη των χρηστών, στις μέρες μας, είναι και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, που θα οδηγήσει σε ανάπτυξη νέων τεχνολογιών από τους τεχνικούς όσον αφορά τα νέα δίκτυα και τα νέα κινητά τηλέφωνα. Συχνά, οι χρήστες πραγματοποιούν παράπονα για τα νέα μοντέλα κινητής τηλεφωνίας, αφού η έντονη χρήση διαδικτύου δεν ευνοεί τη μεγάλης διάρκειας αντοχή των συσκευών χωρίς τοποθέτηση στην πρίζα.

Επιπλέον, το 2020 δείχνει να είναι η χρονιά, όπου όλοι οι κατασκευαστές εκτιμούν ότι θα δούμε τις πρώτες υλοποιήσεις 5G. Η προσπάθεια, που ξεκινά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επιδιώκεται να στεφθεί με επιτυχία για να επανακτηθεί το χαμένο έδαφος στο πεδίο των τηλεπικοινωνιών, που χάθηκε, αφού δεν αναπτύχθηκαν εγκαίρως από τους Ευρωπαίους οι προηγούμενες τεχνολογίες. Η Κομισιόν κατανοώντας, ότι η Ευρώπη έμεινε πίσω στο 4G με τους Αμερικανούς και τους Ασιάτες να έχουν πάρει πλέον ξεκάθαρο τεχνολογικό προβάδισμα, κυρίως σε επίπεδο υλοποιήσεων και ταχυτήτων σύνδεσης, θέλει να κάνει άλμα απευθείας στο 5G. Και το πλάνο περιλαμβάνει την επιτάχυνση της διαδικασίας διαμόρφωσης των προτύπων. Σαφέστατα, ο στόχος δεν είναι καθόλου εύκολος. Από την άλλη πλευρά, ο τρόπος με τον οποίο αρχίζουν να χρησιμοποιούν οι πολίτες, οι κρατικοί φορείς και οι επιχειρήσεις, τα ασύρματα δίκτυα και τις ψηφιακές τεχνολογίες δημιουργεί νέα μοντέλα χρήσης και ανάγκες, που πολύ δύσκολα θα είναι εφικτό να καλυφθούν από τα 4G δίκτυα ή ακόμη και από τα δίκτυα οπτικών ινών, που υλοποιούνται σε διάφορα σημεία του πλανήτη. Ένα κλασικό παράδειγμα είναι η όλο και αυξανόμενη απαίτηση για υψηλές ταχύτητες σύνδεσης λόγω της χρήσης του video πολύ υψηλής ευκρίνειας. Τα 100 Mbps, που θα προσφέρει σε 1-2 χρόνια το 4G δεν θα είναι αρκετά, ούτε καν τα 200 Mbps των δικτύων οπτικών ινών. Το 1 Gbps είναι το ελάχιστο όριο, που θα απαιτείται και δεν είναι τυχαίο ότι σε εταιρικά περιβάλλοντα γίνεται λόγος για συνδέσεις 10 Gbps με το 5G. Πρόκειται για ταχύτητα 200 φορές υψηλότερη από τα 50 Mbps, που προσφέρεται αυτή τη στιγμή από το VDSL. Οι υπερβολικά υψηλές ταχύτητες, όμως, δεν είναι το μόνο ζητούμενο. Η απαίτηση των καταναλωτών να απολαμβάνουν κορυφαία εμπειρία ακόμη και όταν βρίσκονται σε έναν χώρο, όπως ένα ποδοσφαιρικό γήπεδο όπου λειτουργούν ταυτόχρονα δεκάδες χιλιάδες έξυπνα τηλέφωνα και άλλες «έξυπνες» συσκευές, απαιτεί νέες αρχιτεκτονικές δικτύων προκειμένου να ικανοποιηθεί. Αν προσθέσουμε σε αυτό και το γεγονός ότι σταδιακά θα είναι δικτυωμένο οτιδήποτε μπορεί να φανταστεί κανείς (από πλυντήρια και πόρτες μέχρι αυτοκίνητα και φανάρια) είναι προφανές ότι οι ανάγκες είναι τεράστιες. Ήδη αναπτύσσεται το IoT (Internet Of Things). Η ιδέα πίσω από το Internet of Things, είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών μεταξύ τους ή/και με το Internet. Όταν λέμε ηλεκτρονικές συσκευές, εννοούμε σχεδόν τα πάντα. Από τα κινητά τηλέφωνα και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, μέχρι τις καφετιέρες, τα ψυγεία, τα αυτοκίνητα, τα φανάρια στους δρόμους, τους ανελκυστήρες κτιρίων, τους λαμπτήρες, τα διάφορα wearable gadgets. Συνδεδεμένα αυτοκίνητα θα μπορούν να

«επικοινωνούν» μεταξύ τους και να κρατάνε αποστάσεις ασφαλείας, καθώς και να ενημερώνουν την τροχαία και τους άλλους οδηγούς για την κίνηση στους δρόμους. Συνδεδεμένα μέσα μαζικής μεταφοράς θα σου επιτρέπουν να γνωρίζεις το πότε ακριβώς θα βρίσκονται στη στάση σου. Έξυπνα πιεσόμετρα ή συσκευές μέτρησης των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα, θα μπορούν να στέλνουν τις μετρήσεις απευθείας στον γιατρό σου για να έχει μια καλύτερη εικόνα της κατάστασης της υγείας σου, με αναλυτικές μετρήσεις σε καθημερινή βάση –που αυτή τη στιγμή είναι πρακτικά αδύνατο να συγκεντρώσει. Αισθητήρες που θα είναι πάντα online στο δίκτυο ύδρευσης των πόλεων, θα μπορούν να ενημερώνουν τους πολίτες ανά πάσα στιγμή για την ποιότητα του νερού και να ενεργοποιούν ειδοποιήσεις σε περίπτωση ακαταλληλότητας. Εταιρείες που αναλαμβάνουν την εγκατάσταση ανελκυστήρων σε μεγάλα εμπορικά κέντρα θα μπορούν με ειδικούς αισθητήρες να γνωρίζουν άμεσα την κατάσταση λειτουργίας τους και αν χρειάζονται συντήρηση ή επισκευή. Τα σενάρια που μπορούμε να φτιάξουμε είναι αμέτρητα. Όλοι οι αυτοί οι λόγοι, ενισχύουν την ανάγκη για την εξέλιξη, την ανάπτυξη και τη λειτουργία των τεχνολογιών 5G.

4.1 Σύγκριση τεχνολογιών Πέμπτης και Τέταρτης γενιάς

Είναι σημαντικό να συγκριθούν τα 4G και 5G δίκτυα, Ο όγκος της κίνησης στο δίκτυο αυξάνεται εκρηκτικά και η αύξηση των χρηστών των ασύρματων δικτύων δημιουργεί περισσότερες διακοπές στη ζώνη συχνοτήτων. Το 5G θα χρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων των 5 GHz, που έχει λιγότερο συνωστισμό για λιγότερες παρεμβολές. Οι χρήστες θα χρησιμοποιούν περισσότερες εφαρμογές, που θα δημιουργούν παράσιτα στο εύρος ζώνης συχνοτήτων, υπηρεσίες συγχρονισμού ραδιοδιεπαφής, βίντεο HD, διαδικτυακές συσκέψεις, εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης, online ροή ραδιοφώνου κ.λ.π. Αυτά καταναλώνουν περισσότερη χωρητικότητα από ποτέ άλλοτε. Θα είναι ταχύτερο και θα έχει μεγαλύτερο εύρος από το ασύρματο 4G. Με το 5G θα είναι δυνατό να είναι γρηγορότερη η ροή βίντεο, να υπάρχουν λιγότερες νεκρές ζώνες και να ακούγονται οι διάλογοι με πιο καθαρό ήχο.

Η πλήρης ταχύτητα και τα πλεονεκτήματα του 5G απαιτούν δρομολογητή οικιακού δικτύου, που υποστηρίζει το 5G.

Το 5G θα λειτουργεί στη ζώνη των 5 GHz. Η ζώνη της συχνότητας των 2,4 GHz παρουσιάζει ολοένα μεγαλύτερη πολυκοσμία, καθώς, χρησιμοποιείται από πληθώρα συσκευών σε κάθε σπίτι ή γραφείο.

Το 5G θα έχει λιγότερες παρεμβολές. Οι κλήσεις δεν θα ανταγωνίζονται άλλους επαναθέτες σήματος. Η ζώνη των 5GHz έχει σημαντικά περισσότερο χώρο για τη μετάδοση δεδομένων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χρήση υψηλότερης ποιότητας, που ουσιαστικά εξαλείφει τις κακές συνδέσεις. Το 5G αφαιρεί τα νεκρά σημεία, έτσι ώστε να είναι δυνατό να χρησιμοποιείται το τηλέφωνο σε περιοχές του δικτύου, όπου δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως τώρα.

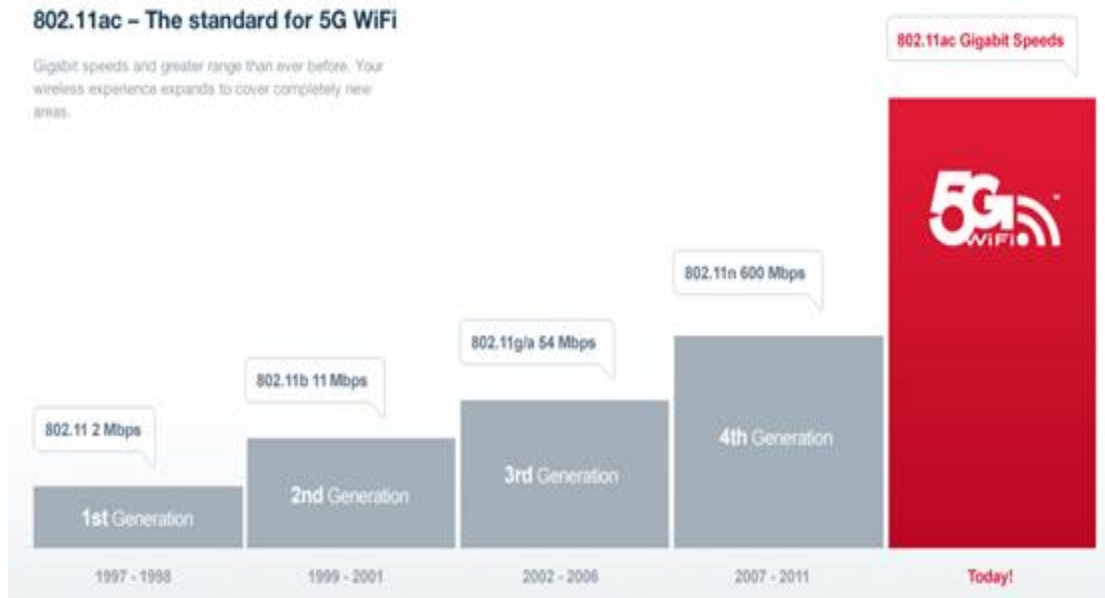
Η ροή βίντεο απαιτεί πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων. Γι' αυτό, η παρακολούθηση βίντεο στα σημερινά ασύρματα δίκτυα μπορεί να δημιουργεί προβλήματα. Τα παγώματα της εικόνας σημειώνονται, επειδή το ασύρματο δίκτυο μπορεί να μην είναι δυνατό να μεταδώσει με ακρίβεια. Το 5G μειώνει τις προβληματικές εικόνες κατά την αποθήκευση βίντεο στην προσωρινή μνήμη buffer.

Το 5G θα επιταχύνει σημαντικά τον χρόνο, που απαιτείται για τη μεταφορά αρχείων και τον συγχρονισμό δεδομένων. Η δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας κινητών συσκευών είναι επίσης ταχύτερη. Από ημερολόγια, κείμενα, φωτογραφίες και βίντεο έως εφαρμογές κι επαφές, η δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας δεδομένων θα είναι πλέον θέμα δευτερολέπτων.

EVOLUTION

802.11ac – The standard for 5G WiFi

Gigabit speeds and greater range than ever before. Your wireless experience expands to cover completely new areas.



(Σύγκριση των κινητών δικτύων επικοινωνιών. Με το πέρασμα των ετών παρατηρείται σταδιακή αύξηση των ταχυτήτων για τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών των επόμενων γενεών. Η πρόβλεψη για τα πέμπτης γενιάς δίκτυα διαφαίνεται με κόκκινο χρώμα και δείχνει μία αυξανόμενη ταχύτητα, που συγκριτικά με αυτές των προηγούμενων τεχνολογιών είναι τεράστια.)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην Πέμπτη γενιά κινητών επικοινωνιών η μετάδοση θα γίνεται σε υψηλότερες συχνότητες μετάδοσης, οι οποίες κυμαίνονται στις τάξεις των 3 έως και 300 GHz.. Η επιτροπή IEEE 802 Standards δημιούργησε δύο νέες ομάδες εργασίας (TG)

11ac και 11ad με στόχο να ενισχύσει τα δίκτυα WLAN για να φθάσουν στην απόδοση τα ενσύρματα δίκτυα. Το 11ac πρότυπο λειτουργεί στη ζώνη των 5 GHz (δεν

υποστηρίζει ζώνη των 2,4 GHz). Θα πρέπει θεωρητικά να επιτρέπει έναν ρυθμό δεδομένων

τουλάχιστον 1 Gbps . Οι νέες προδιαγραφές είναι χτισμένες στο πρότυπο 11n , επεκτείνοντας το εύρος ζώνης του καναλιού 80 MHz και προαιρετικά 160 κανάλια MHz ,

εκτός από τη χρήση MIMO με έως 8 χωροταξικές ροές, υψηλότερης τάξης συστήματος διαμόρφωσης (256 - QAM) και άλλα προαιρετικά βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Η διαδικασία τυποποίησης ολοκληρώθηκε το τέλος του 2013 .

Λίγα λόγια για τα πρωτόκολλα IEEE 802.11 ac και IEEE 802.11ad

- IEEE 802.11ac

Το **IEEE 802.11ac** είναι ένα ασύρματο δικτυακό πρωτόκολλο στην οικογένεια των 802.11 (που είναι ευρέως γνωστό ως Wi-Fi), το οποίο διευκολύνει στη δημιουργία Ασύρματων Τοπικών Δικτύων (WLANs) με υψηλή διαμεταγωγή στην μπάντα των 5GHz.

Εκτεταμένη σύνδεση καναλιών (Υποχρεωτικά κανάλι 80MHz για εύρος ζώνης - διπλάσιο από τα 40MHz που ήταν μέγιστο στο 802.11n – προαιρετικά διαθέσιμο 160MHz).

Περισσότερες MIMO (multiple input – multiple output) χωροταξικές ροές – spatial streams (Υποστηρίζει μέχρι 8 χωροταξικές ροές – διπλάσιες από τις 4 που υπήρχαν στο 802.11n).

Ραδιοφάσμα 5GHz (λιγότερο χρησιμοποιημένο) από το ευρέως διαδεδομένο 2.4GHz που χρησιμοποιούσαν οι προηγούμενες τεχνολογίες και ύπαρξη λιγότερου θορύβου και παρεμβολών.

MIMO πολλών χρηστών – MU-MIMO (επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση και χρήση του πλήρους εύρους ζώνης για μέχρι τέσσερις ταυτόχρονους χρήστες).

Διαμόρφωση σε δέσμη – Beamforming (Αυξάνει την αξιοπιστία και σταθερότητα της σύνδεσης ανάμεσα στο AP και στον χρήστη).

Πυκνότερη Κωδικοποίηση Σήματος (256-QAM , Quadrature Amplitude Modulation), σε σχέση με 64-QAM στο 802.11n αυξάνοντας τη συνολική ταχύτητα).

Συμβατότητα προς τα πίσω: Παρόλο που το 802.11n υπάρχει πολλά χρόνια, υπάρχουν πολλοί δρομολογητές και ασύρματες συσκευές που χρησιμοποιούνται και με τα παλαιότερα πρωτόκολλα 802.11b και 802.11g. Όσο αφορά το 802.11ac , θα υπάρχουν συσκευές που θα έχουν συμβατότητα με το 802.11n καθώς είναι το 802.11n είναι ένα πρωτόκολλο που δύσκολα δεν θα λαμβάνεται υπόψη στην κατασκευή συσκευών τα επόμενα χρόνια. Κάποιες

συσκευές με το 802.11ac μπορεί να λειτουργούν μόνο σε συχνότητα 5GHz. Αυτό σημαίνει ότι εάν θέλουμε να έχουμε επικοινωνία με το 802.11n, θα πρέπει να ρυθμίσετε την συχνότητα λειτουργία του 802.11n στα 5GHz. Οι κατασκευαστές των συσκευών 802.11ac προσανατολίζονται να δημιουργήσουν προϊόντα που να λειτουργούν και στη συχνότητα 2.4 GHz και 5 GHz για να μπορούν να επικοινωνούν ακόμα και με τα παλαιότερα πρωτόκολλα.

- IEEE 802.11ad

IEEE 802.11ad είναι μια τροπολογία που ορίζει ένα νέο φυσικό στρώμα για να μπορούν να λειτουργούν τα 802.11 δίκτυα στο φάσμα κύματος χιλιοστού 60 GHz. Αυτή η ζώνη συχνοτήτων έχει πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά διάδοσης από τα 2,4 GHz και 5 GHz όπου λειτουργούν δίκτυα Wi-Fi. Τα προϊόντα που εφαρμόζουν το 802.11ad πρότυπο θα διατίθενται στην αγορά με το εμπορικό σήμα WiGig. Το πρόγραμμα πιστοποίησης αναπτύσσεται τώρα από την Wi-Fi Alliance, αντί της τώρα defunct WiGig Alliance. Ο ρυθμός μετάδοσης κορυφή 802.11ad είναι 7 Gbit / s.

Η TP-Link ανακοίνωσε τον πρώτο 802.11ad δρομολογητή στον κόσμο τον Ιανουάριο του 2016.

Επίσης, αναφερόμενος στο άρθρο : “Millimeter-Wave Beamforming as an Enabling Technology for 5G Cellular Communications: Theoretical Feasibility and Prototype Results, το οποίο έχει γραφτεί από αρθογράφους της Samsung είναι η χρησιμοποίηση της μπάντας 30GHz. Το άρθρο περιγράφει τις αρχικές μελέτες τους, σχετικά με την σκοπιμότητα της χρήσης της ζώνης των 30GHz για την μετάδοση δεδομένων. Η μελέτη τους δείχνει ότι η χρήση συστοιχιών κεραιών μπορεί να εξουδετερώσει την αναμενόμενη υψηλότερη απώλεια διαδρομής σε υψηλότερες συχνότητες, επιτρέποντας έτσι σε αυτές τις μπάντες να χρησιμοποιούνται από κυψελοειδής κινητές επικοινωνίες.

Περιγράφουν επίσης έναν αλγόριθμο “beamforming” καθώς και τα πρώτα αποτελέσματα μιας δοκιμής ενός συστήματος διάταξης κεραιών 30GHz που δοκιμάστηκε στην Κορέα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ενθαρρυντικά, διότι υπήρξε καλή κάλυψη δικτύου τόσο στο εξωτερικό χώρο όσο και στον εσωτερικό σε διάφορα σενάρια δοκιμών.

Τέλος αυτά δείχνουν το υψηλό δυναμικό της χρήσης των συχνοτήτων χιλιοστού κυμάτων για συστήματα 5G.

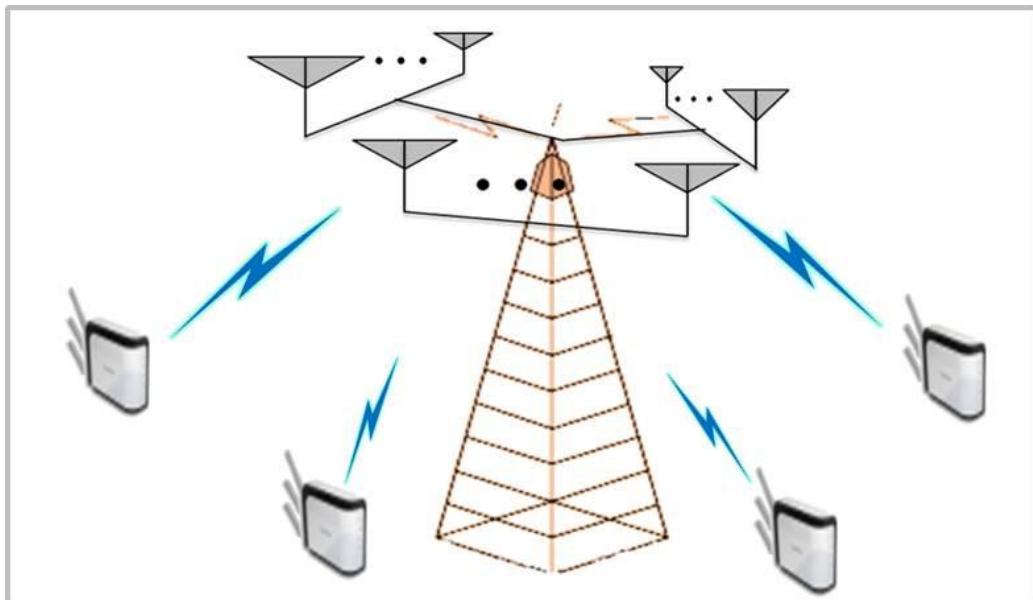
802.11 protocol	Έτος	Συχνότητα (GHz)	Εύρος ζώνης (MHz)	Ρυθμός μετάδοσης	MIMO	Διαμόρφωση	Εμβέλεια (outdoor)
original	1997	2.4	22	1, 2	-	DSSS FHSS	100 m
a	1999	5	20	6,9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	-	OFDM	120 m
b	1999	2.4	22	1, 2, 5.5, 11	-	DSSS	140 m
g	2003	2.4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	-	OFDM DSSS	140 m
n	2009	2.4	20	6.5, 13, 19.5, 26, 39, 52, 58.5, 65	4	OFDM	250 m
		5	40	13.5, 27, 40.5, 54,81, 108, 121.5, 135			
ac	2013	5	80	29.2, 58.5, 87.8, 117, 175.5, 234, 263.2, 292.5, 351, 390	8	OFDM	-
			160	58.5, 117, 175.5, 234, 351, 468, 702, 780			
ad	2012	60	2.160	Up to 6.75 Gbps	-	OFDM	-

Συγκεντρωτικός πίνακας προτύπων

Μαζικά MIMO (MAZIKA MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT SYSTEMS)

Τα Μαζικά MIMO συστήματα (επίσης, γνωστά ως μεγάλης κλίμακας συστήματα κεραίας , Very Large MIMO) παρέχουν επιπλέον κεραίες, ώστε να συμβάλουν στην αύξηση της απόδοσης και της εκπεμπόμενης ενέργειας. Άλλα σοβαρά οφέλη, των μαζικών MIMO περιλαμβάνουν την εκτεταμένη χρήση των φθηνών εξαρτημάτων χαμηλής ισχύος , τη μείωση του διαστήματος , την απλοποίηση του ελέγχου πρόσβασης μέσου (MAC) , και την ευρωστία της εσκεμμένης παρεμβολής. Η αναμενόμενη απόδοση

εξαρτάται από το περιβάλλον διάδοσης, που παρέχει ασυμπτωτικά ορθογώνια κανάλια για τους τερματικούς σταθμούς, αλλά μέχρι στιγμής πειράματα δεν έχουν αποκαλύψει τυχόν περιορισμούς στον τομέα αυτό. Ενώ, τα μαζικά MIMO ακυρώνουν τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα σε αντίθεση, όμως, αποκαλύπτουν εντελώς νέα, που χρειάζονται επίλυση άμεσα, όπως η πρόκληση, που τίθενται ώστε να χρησιμοποιούνται πολύ χαμηλού κόστους εξαρτήματα χαμηλής ακρίβειας, που συνεργάζονται αποτελεσματικά, η απόκτηση και ο συγχρονισμός των πρόσφατα ενταγμένων τερματικών σταθμών, η εκμετάλλευση των επιπλέον βαθμών ελευθερίας, που παρέχεται από τις επιπλέον υπηρεσίες κεραίας, η μείωση της εσωτερικής κατανάλωσης ρεύματος (για να επιτευχθεί συνολική μείωση της ενεργειακής απόδοσης), καθώς και η εξεύρεση νέων σεναρίων ανάπτυξης. Κρίσιμο θα είναι, επίσης, να υποστηριχτούν αποτελεσματικά οι συσκευές, για να μπορέσει να λειτουργήσει το διαδίκτυο με αρκετά μεγαλύτερο πλήθος συνδεδεμένων συσκευών, καθώς και πλήθος νέων εφαρμογών, όπως για παράδειγμα, η αποστολή κρίσιμων σημείων ελέγχου ή η ασφάλεια της κυκλοφορίας, που οδηγεί σε μειωμένη καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία.



Απεικόνιση ενός συστήματος Massive MIMO's

“Green and Soft”

Δεδομένου ότι η ανάπτυξη και εμπορική εκμετάλλευση των συστημάτων 4G είναι αυξανόμενη, τεχνολόγοι σε όλο τον κόσμο έχουν αρχίσει ήδη να ψάχνουν ασύρματες λύσεις επόμενης γενιάς για την κάλυψη της αναμενόμενης κίνησης έως το 2020 λόγω τις εκρηκτικής ανάπτυξης του mobile Internet αλλά και το πλήθος των νέων φορητών συσκευών που υπάρχουν στην αγορά. Η προοπτική των τεχνολογιών 5G ορίζονται από δύο μείζονα θέματα:

“Green and soft”.

Αναθεωρώντας το θεώρημα Shannon και τα παραδοσιακά κυψελοκεντρικά δίκτυα, η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να αυξηθεί σημαντικά όταν μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας του δικτύου. Η σκοπιμότητα του συνδυασμού “Green and soft” διερευνάται μέσα από πέντε διασυνδεδεμένα ερευνητικά πεδία : την ενεργειακή απόδοση αλλά και την φασματική απόδοση, δίκτυα χωρίς κυψέλες, άορατους σταθμούς βάσης, επανεξέταση ελέγχου/σήματος και πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία ραδιοκυμάτων. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα τα 3 από τα 5 ερευνητικά πεδία:

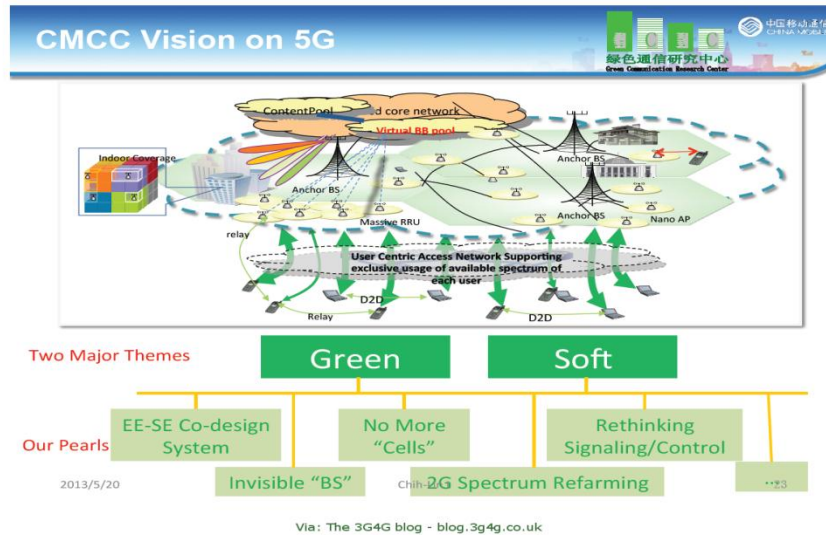
- Ενεργειακή απόδοση : Με την ωρίμανση τυποποίησης αλλά και της συνεχιζόμενης παγκόσμιας ανάπτυξης των τέταρτης γενιάς δικτύων (4G), ερευνητικές δραστηριότητες στον τομέα των 5G τεχνολογιών επικοινωνιών, έχουν προκύψει από συνεργασία κοινοτήτων του ακαδημαϊκού και βιομηχανικού τομέα. Διάφορες οργανώσεις από διάφορες χώρες και περιφέρειες έχουν αναλάβει πρωτοβουλίες και έχουν ξεκινήσει προγράμματα στοχεύοντας στις πιθανές τεχνολογίες 5G. Τα προγράμματα 5GNOW και METIS ξεκίνησαν στο πλαίσιο του Ινστιτούτου Ευρωπαϊκών Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων την μελέτη, νέων κυματομορφών αλλά και των βασικών αρχών του 5G για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των δικτύων του 2020. Το ερευνητικό κέντρο για τα δίκτυα 5G ιδρύθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο με σκοπό να αναπτύξει μια παγκόσμιας κλάσης πλατφόρμα δοκιμών των 5G τεχνολογιών. Η 3GPP (Third Generation Partnership Project) έχει ήδη σχεδιάσει το πλάνο εξέλιξης της έως το 2020. Επίσης η Κίνα ξεκίνησε το

IMT-2020 με σκοπό την μελέτη των απαιτήσεων των χρηστών, τα χαρακτηριστικά του φάσματος και τις τεχνολογικές τάσεις. Υπάρχει ευρεία συναίνεση ότι οι 5G απαιτήσεις περιλαμβάνουν υψηλότερη φασματική απόδοση (SE) αλλά και ενεργειακής απόδοσης, χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση και περισσότερα κομβικά σημεία σύνδεσης. Η προοπτική της China Mobile είναι ότι οι τεχνολογίες 5G θα πρέπει να αποτελούνται από δύο μείζονα θέματα το “Green and soft”. Καθώς η παγκόσμια αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η στάθμη της θάλασσας που αυξάνεται, οι παγκόσμιες καιρικές συνθήκες αλλά και η ατμοσφαιρική ρύπανση από πολλές πόλεις του κόσμου συντελούν στην καταστροφή του κλίματος. Κατά συνέπεια η εξοικονόμηση ενέργειας έχει αναγνωριστεί ως επείγον θέμα σε όλο τον κόσμο. Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών καταλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Απο μετρήσεις το 2012 ο ετήσιος μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας από τις βιομηχανίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών ήταν πάνω από 200GW, εκ των οποίων η τηλεπικοινωνιακή υποδομή και συσκευές αντιπροσώπευαν το 25%. Στην 5G εποχή εκτιμάται ότι θα χρειαστούν εκατομμύρια περισσότεροι σταθμοί-βάσεις με υψηλότερη λειτουργικότητα και δισεκατομμύρια έξυπνες συσκευές με πολύ υψηλότερο ρυθμό δεδομένων από ότι έχουμε σήμερα. Το μεγαλύτερο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας στον κόσμο, κατανάλωσε πάνω από 14 δισεκατομμύρια kWh ενέργειας στο δίκτυο της από 1 εκατομμύριο 100 χιλιάδες σταθμούς-βάσεις . Αν οι πράσινες τεχνολογίες επικοινωνιών επικρατήσουν θα είναι σημαντική η εξοικονόμηση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Τέλος πολλοί τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι ανα τον κόσμο, έχουν αναπτύξει οικολογικές τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένων και των πράσινων σταθμών-βάσης. που λειτουργούν αποκλειστικά με ανανεώσιμες πηγές, καθώς και των πράσινων υποδομών πρόσβασης όπως το σύννεφο (cloud) δικτύου ραδιοκυμάτων (C-RAN).

- Φασματική απόδοση: Μία άλλη νέα τεχνολογία θα περιλαμβάνει μεταδόσεις σε mmW (κύματα χιλιοστού), εκτός από τις μεταδόσεις μικροκυμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Τα μικροκύματα έχουν έκταση 600 MHz και παρ' όλο που η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση

απελευθέρωσε λίγο περισσότερο φάσμα, αυτό είναι σχετικά μικρό (μόλις 80 MHz) και έχει τεράστιο κόστος. Επομένως είναι φυσικό να αναζητούνται λύσεις στα μεγαλύτερα μήκη κύματος και στις υψηλότερες συχνότητες των μεταδόσεων σε mmW, που κυμαίνονται από τα 3 έως τα 300 GHz.

- Δίκτυα χωρίς κυψέλες: Η πέμπτη γενιά της τεχνολογίας των κινητών επικοινωνιών θα σημάνει το τέλος της «κυψέλης» (cell) ως του θεμελιώδους δομικού στοιχείου των δικτύων επικοινωνίας. Η τεχνολογία θα αλλάξει τη νοοτροπία που θέλει τα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών να αποτελούνται από «κυψέλες» οι οποίες θα βρίσκονται σε σταθμούς βάσης. Μέχρι τώρα, ένα τηλέφωνο συνδέεται με το δίκτυο μέσω μιας ανοδικής και μιας καθοδικής ζεύξης με τον τοπικό σταθμό βάσης. Αυτό όμως πρόκειται να αλλάξει. Το επικρατέστερο σενάριο είναι ότι τα δίκτυα 5G θα βασίζονται σε μία σειρά από διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων, που θα μεταφέρουν πληροφορίες με διαφορετικές ταχύτητες και θα έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά διάδοσης. Με άλλα λόγια, το δίκτυο θα αλλάξει ανάλογα με τις απαιτήσεις των δεδομένων της συσκευής. Ταυτόχρονα θα προκύψουν νέες κλάσεις συσκευών που θα επικοινωνούν μόνο με άλλες συσκευές, όπως αισθητήρες που θα στέλνουν, για παράδειγμα, δεδομένα σε έναν διακομιστή (server). Οι συσκευές αυτές θα έχουν την ικανότητα να αποφασίζουν πότε και πώς θα στέλνουν αποτελεσματικότερα τα δεδομένα. Έτσι το δίκτυο μεταμορφώνεται από «κυψελο-κεντρικό» σε «συσκευο-κεντρικό». Επίσης επαναστατική τεχνολογία θα είναι η ικανότητα των συσκευών να επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς να χρησιμοποιούν το δίκτυο. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο αισθητήρων μπορεί να έχει δεκάδες χιλιάδες συσκευές μετάδοσης δεδομένων θερμοκρασίας. Η μετάδοσή τους θα είναι ευκολότερη αν τα δεδομένα μπορούν να σταλούν, χωρίς να παρεμβάλλεται ο σταθμός βάσης.



(Τα 5 ερευνητικά πεδία)

Cloud Computing στο Base station:

Πλέον στις οι υπολογισμοί που γίνονται τώρα στα Base Stations, στα δίκτυα 5^{ης} γενιάς θα γίνονται με Cloud Computing. Έτσι μειώνεται το κόστος δημιουργίας ενός Base Station. Είναι σημαντικό να αναλύσουμε τον όρο cloud computing, παρακάτω διότι στην τεχνολογία αυτή από ότι φαίνεται βασίζεται το άμεσο μέλλον.

Τα υπολογιστικά νέφη παρέχουν εικονικές υπολογιστικές υποδομές, υπηρεσίες λογισμικού, πρόσβαση σε δεδομένα, και αποθηκευτικό χώρο σε χρήστες, χωρίς αυτοί να έχουν πρόσβαση στη φυσική τοποθεσία των συστημάτων που παρέχουν τις υπηρεσίες και χωρίς να απαιτείται από αυτούς γνώση των διαμορφώσεων και τεχνικών χαρακτηριστικών των συστημάτων. Στόχος των υπολογιστικών νεφών είναι να παρέχουν κλιμακώσιμες και συνεχώς διαθέσιμες εικονικές υπηρεσίες στους χρήστες μέσω του Παγκόσμιου Ιστού. Τα υπολογιστικά νέφη προσφέρουν μεγάλη ευελιξία στη χρήση των υποδομών ανεξαρτήτως της θέσης του χρήστη, μείωση του κόστους για την αγορά, χρήση και συντήρηση υπολογιστικών και δικτυακών υποδομών, υψηλές επιδόσεις, αξιοπιστία, κλιμακωσιμότητα, επεκτασιμότητα, και ασφάλεια δεδομένων. Η εξέλιξη των υπολογιστικών νεφών αντιμετωπίζει σήμερα σημαντικές τεχνολογικές προκλήσεις που αφορούν στη συνεχή βελτίωση των παραπάνω χαρακτηριστικών καθώς και στη δημιουργία

εργαλείων ανάπτυξης εφαρμογών και υπηρεσιών. Τα υπολογιστικά πλέγματα είναι συλλογές κατανεμημένων υπολογιστικών και αποθηκευτικών πόρων με στόχο την ταχύτερη επίλυση ενός προβλήματος, με εκτέλεση μη διαδραστικών παράλληλων διεργασιών που υποβάλλονται από τους χρήστες. Σε αντίθεση με τους υπερυπολογιστές και τα κέντρα δεδομένων, τα υπολογιστικά νέφη χρησιμοποιούν κατανεμημένους πόρους που βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες, ενδεχομένως και πόρους που παρέχονται εθελοντικά από χρήστες (π.χ. προσωπικοί υπολογιστές διαθέσιμοι σε εθελοντική βάση όταν ο ιδιοκτήτης τους δεν εκτελεί διεργασίες σε αυτούς). Τα υπολογιστικά πλέγματα πλεονεκτούν συχνά των κεντροποιημένων υπερυπολογιστών λόγω της χρήσης φθηνών υπολογιστικών και αποθηκευτικών συστημάτων και την επίτευξη οικονομιών κλίμακας, ενώ υστερούν συνήθως σε κορυφαία επίδοση, αν και πρόσφατα έχουν σχηματιστεί υπολογιστικά πλέγματα όπως το BOINC (Berkeley Infrastructure for Network Computing, απόγονος του ερευνητικού έργου Seti@Home) που αναφέρουν επίδοσεις πάνω από 5 peta floating-point operations per second (PFLOPS), δηλαδή συγκρίσιμες με αυτές των κορυφαίων σε επίδοση υπερυπολογιστών. Τα τελευταία χρόνια παρέχονται υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους από πληθώρα μικρών και μεγάλων εταιρειών που δραστηριοποιούνται κυρίως στις ΗΠΑ (π.χ. AKAMAI Technologies, AMAZON.COM, CA Technologies, CISCO Systems, CITRIX Systems, ETELOS, ENKI Consulting, FLEXIANT, GOGGRID, GOOGLE, JOYENT, NETSUITE INC., TALEO, VMWARE, YAHOO! INC.). Οι υπηρεσίες αυτές απευθύνονται κυρίως σε επιχειρήσεις, οργανισμούς και φορείς που επιθυμούν να μειώσουν το κόστος κτήσης, χρήσης και συντήρησης υπολογιστικών υποδομών. Η χρήση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους από ιδιώτες παραμένει ιδιαίτερα περιορισμένη στην Ελλάδα. Σημαντικά πεδία εφαρμογών για το υπολογιστικό νέφος αποτελούν η ευρύτερη αγορά του λογισμικού ως υπηρεσία (λογισμικό χρηστών, λογισμικό οργανισμών / MME), το εμπόριο (ανάλυση δεδομένων αγοράς, επιχειρηματική ευφυΐα), η υγεία (ασφαλής αποθήκευση και διαμοιρασμός ιατρικών δεδομένων, τηλεχειρουργική σε πραγματικό χρόνο), ο χρηματοπιστωτικός τομέας (ανάλυση ροών χρηματοοικονομικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο), η ενέργεια (πράσινες υπολογιστικές και δικτυακές υποδομές), οι φυσικές και ανθρωπιστικές επιστήμες (αποθήκευση και

ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, προσομοίωση φυσικών και κοινωνικών φαινομένων μεγάλης κλίμακας) και ο δημόσιος τομέας. Ο δημόσιος τομέας αποτελεί δυνητικά έναν πολύ σημαντικό χρήστη της τεχνολογίας του υπολογιστικού νέφους.

Επικοινωνία σε φάσμα συχνοτήτων Terahertz:

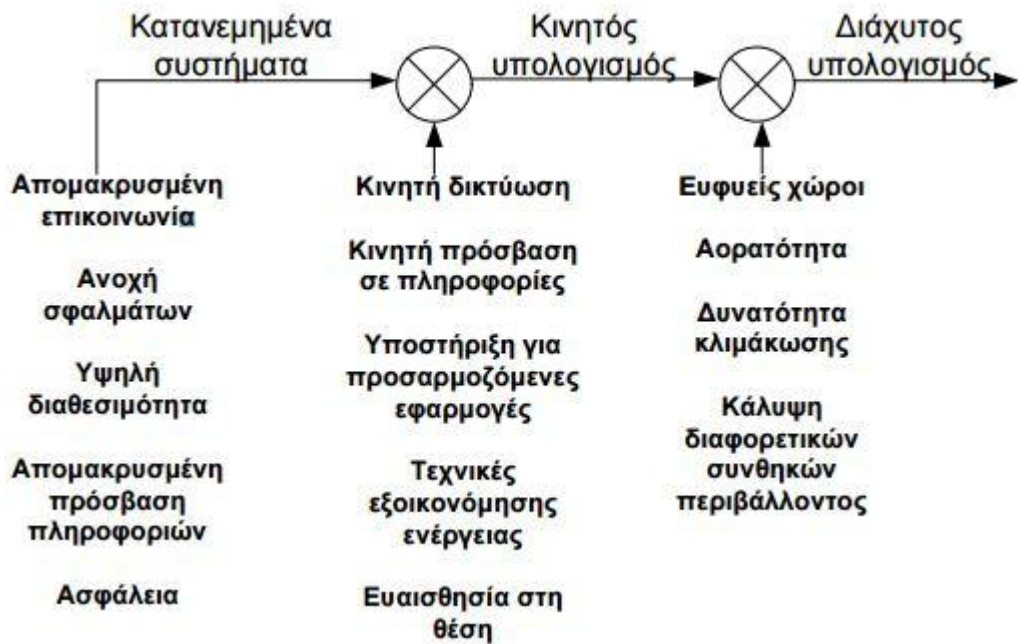
Τα υλικά που χρησιμοποιεί η νανοτεχνολογία για επικοινωνία προσφέρουν δυνατότητα επέκτασης των ήδη υπάρχων τεχνικών διασύνδεσης στην νανοκλίμακα. Καταρχάς οι νανοσωλήνες άνθρακα και η γραφίνη λόγω των κβαντικών ιδιοτήτων τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ηλεκτρομαγνητικών κεραιών ή ως βάση για πομποδέκτες. Για όλες αυτές τις λειτουργίες θα χρησιμοποιείται η ζώνη συχνοτήτων των Terahertz (0.1THz–10THz), λόγω του μεγέθους των νανομηχανών. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα Terahertz, εξυπηρετεί στην μεταφορά τεράστιου όγκου δεδομένων σε πολύ μικρό χρόνο. Το φάσμα των Terahertz είναι πολλά υποσχόμενο και βρίσκεται ανάμεσα στα μικροκύματα και στην υπέρυθρη ζώνη. Αντιστοιχεί σε συχνότητες από τριακόσια εκατομμύρια hertz έως 10 τρισεκατομμύρια hertz. Αυτή η ακτινοβολία έχει μερικά μοναδικά χαρακτηριστικά, για παράδειγμα μπορεί να αποδώσει εικόνες υψηλής ανάλυσης και να μεταφέρει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε μικρό χρόνο, χωρίς να είναι επιβλαβής για τον άνθρωπο.

Διάχυτος Υπολογισμός: Ο διάχυτος υπολογισμός (pervasive computing) αποτελεί την εξέλιξη του κινητού υπολογισμού (mobile computing) και ξεκινάει από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Οραματιστής του θεωρείται ο Mark Weiser. Πίστευε, ότι ο διάχυτος υπολογισμός έχει ως στόχο την εκτεταμένη χρήση πολλών υπολογιστών, καθιστώντας τους διαθέσιμους σε όλο το φυσικό περιβάλλον. Οι διάφορες τεχνολογίες θα μπορούν να χάνονται στο παρασκήνιο, ώστε ο άνθρωπος να μην έχει επίγνωση της χρήσης τους. Έτσι, οι χρήστες δεν θα πρέπει να εκπαιδεύονται στη χρήση εξειδικευμένων συσκευών, αλλά θα πρέπει οι τεχνολογίες που τους περιβάλλουν να προσαρμόζονται σε αυτούς και να τους υποστηρίζουν. Όταν συνελήφθη για πρώτη φορά το όραμα του διάχυτου υπολογισμού θεωρείτο σχεδόν εξωπραγματικό, γιατί η τεχνολογία υλικού (hardware technology) εκείνης της

εποχής δεν ήταν δυνατόν να το ενσαρκώσει. Σήμερα όμως, μετά από πολλά χρόνια τεχνολογικών εξελίξεων, πολλά απαραίτητα συστατικά του διάχυτου υπολογισμού είναι διαθέσιμα ακόμη και ως εμπορικά προϊόντα (π.χ. υπολογιστές χειρός, laptop, ασύρματα δίκτυα, ετικέτες RFID, αισθητήρες, κ.α.). Οι δύο σημαντικές περιοχές στις οποίες βασίζεται ο διάχυτος υπολογισμός είναι τα καταναμημένα συστήματα (distributed systems) και ο κινητός υπολογισμός. Ο τομέας των καταναμημένων συστημάτων προέκυψε από τον συνδυασμό των προσωπικών υπολογιστών και των τοπικών δικτύων. Η έρευνα που ακολούθησε από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 έως τις αρχές της δεκαετίας του 1990 δημιούργησε ένα εννοιολογικό πλαίσιο και μια αλγοριθμική βάση που έχει διαχρονική αξία σε οποιαδήποτε εργασία εμπλέκονται δύο ή περισσότεροι υπολογιστές (σταθεροί ή κινητοί, ενσύρματοι ή ασύρματοι). Η γνώση αυτή εκτείνεται σε πολλές περιοχές οι οποίες είναι θεμελιώδεις για τον διάχυτο υπολογισμό. Η εμφάνιση των φορητών υπολογιστών (laptop) και των ασύρματων δικτύων (wireless LAN) στις αρχές της δεκαετίας του 1990 οδήγησε τους ερευνητές να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που ανακύπτουν κατά τη δημιουργία ενός καταναμημένου συστήματος με κινητούς χρήστες. Έτσι, εμφανίστηκε ο κινητός υπολογισμός. Χαρακτηριστικά του διάχυτου υπολογισμού Ένα περιβάλλον διάχυτου υπολογισμού είναι κορεσμένο με υπολογιστικές και επικοινωνιακές δυνατότητες και χαρακτηρίζεται δίκαια πολλές φορές σαν «τεχνολογία που εξαφανίζεται». Δεδομένου ότι η κίνηση είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα της καθημερινής ζωής, ένα τέτοιο περιβάλλον πρέπει να υποστηρίζει την κινητικότητα, διαφορετικά ένας χρήστης θα συνειδητοποιεί έντονα την ύπαρξη της τεχνολογίας (λόγω της απουσίας της) όταν αυτός θα κινείται. Ως εκ τούτου, η έρευνα που είναι σχετική με τον διάχυτο υπολογισμό συμπεριλαμβάνει εκτός από τα ερευνητικά πεδία του κινητού υπολογισμού και επιπλέον σημαντικά θέματα που περιγράφονται παρακάτω. •

Αποτελεσματική χρήση ευφών χώρων (smart spaces). Η πρώτη ερευνητική ώθηση του διάχυτου υπολογισμού είναι η αποτελεσματική χρήση των ευφών (έξυπνων) 17 χώρων. Ένας χώρος μπορεί να είναι μέρος ενός κτιρίου (μια αίθουσα συνεδριάσεων, ένας διάδρομος, κτλ.) ή μπορεί να είναι μια καθορισμένη ανοικτή περιοχή όπως ένα προαύλιο ή ένας υπαίθριος χώρος. Η ενσωμάτωση υπολογιστικής υποδομής στην κτιριακή υποδομή είναι αυτό που

χαρακτηρίζεται σαν «ευφυής χώρος» και αποτελεί ουσιαστικά τη συνένωση δύο διαφορετικών περιοχών. Αορατότητα. Το ιδανικό που εκφράστηκε από τον M. Weiser είναι η πλήρης εξαφάνιση της τεχνολογίας του διάχυτου υπολογισμού από την επίγνωση του χρήστη. Στην πράξη, μια λογική προσέγγιση σε αυτό το ιδανικό είναι η ελάχιστη απόσπαση της προσοχής των χρηστών. Εάν ένα περιβάλλον διάχυτου υπολογισμού ικανοποιεί συνεχώς τις προσδοκίες των χρηστών και σπάνια τους παρουσιάζει εκπλήξεις, τους επιτρέπει μία ξεκούραστη αλληλεπίδραση σχεδόν σε υποσυνείδητο επίπεδο. Συγχρόνως, μία αναμονή μπορεί να είναι απαραίτητη για την αποφυγή μία μεγάλης και δυσάρεστης έκπληξης αργότερα. Δυνατότητα κλιμάκωσης. Καθώς οι ευφυείς χώροι εξελίσσονται συνεχώς οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του εξοπλισμού ενός χρήστη (κινητό τηλέφωνο, κτλ.) και του περιβάλλοντός του αυξάνονται. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στο εύρος ζώνης, αλλά και στην ενέργεια των τελεματικών συσκευών. Όπως είναι φυσικό η παρουσία παραπάνω χρηστών περιπλέκει το πρόβλημα. Έτσι, η κλιμάκωση, υπό την ευρύτερη έννοια, είναι μία πτυχή που πρέπει να λαμβάνουμε σοβαρά υπ' όψιν στον διάχυτο υπολογισμό. Κάλυψη (απόκρυψη) διαφορετικών συνθηκών περιβάλλοντος. Ο βαθμός διεύθυνσης του διάχυτου υπολογισμού στις υποδομές μπορεί να ποικίλει αρκετά και εξαρτάται από πολλούς μη τεχνικούς παράγοντες όπως η οργανωτική δομή και τα οικονομικά και επιχειρησιακά πρότυπα. Η ομοιόμορφη διεύθυνση απέχει πολλά έτη ή δεκαετίες μακριά. Στο μεσοδιάστημα, θα υπάρχουν τεράστιες διαφορές «ευφυΐας» των διαφορετικών περιβαλλόντων. Ο διαθέσιμος εξοπλισμός σε γραφεία, αίθουσες συσκέψεων ή σε τάξεις μπορεί να είναι περισσότερο περίπλοκος απ' ό,τι σε άλλες θέσεις. Αυτή η μεγάλη δυναμική περιοχή της «ευφυΐας» μπορεί να είναι ενοχλητική σε έναν χρήστη, μειώνοντας έτσι την αορατότητα του διάχυτου υπολογισμού. Η πλήρης αορατότητα μπορεί να είναι αδύνατη, αλλά η μειωμένη μεταβλητότητα είναι κάτι που μπορεί να επιτευχθεί. Τα νέα προβλήματα εμφανίζονται καθώς κινούμαστε από τα αριστερά προς τα δεξιά. Επιπλέον, η επίλυση πολλών προβλημάτων που αντιμετωπίσαμε προηγουμένως τώρα γίνεται πιο σύνθετη. Η αύξηση της πολυπλοκότητας είναι πολλαπλασιαστική παρά προσθετική. Είναι πολύ δυσκολότερο να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί ένα σύστημα διάχυτου υπολογισμού από ένα απλό καταναμημένο σύστημα της ίδιας ευρωστίας και αποδοτικότητας.



Η εξέλιξη των τεχνολογιών

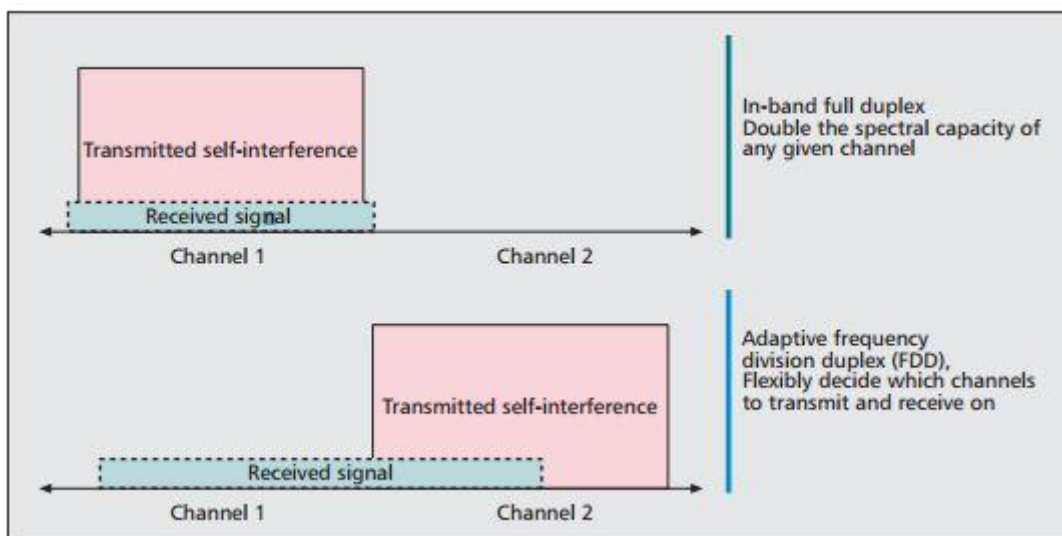
Ακύρωση των αυτοπαρεμβολών (Self-Interference cancellation)

Η ακύρωση των αυτοπαρεμβολών ακυρώνει μια μακρά θεμελιώδης παραδοχή στον σχεδιασμό ασύρματων δικτύων στην οποία τα ραδιοκύματα λειτουργούν μόνο σε Half duplex λειτουργία στο ίδιο κανάλι. Επιτρέπει ισχύ ζώνης με πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία (full duplex), η οποία ουσιαστικά διπλασιάζει την φασματική απόδοση, καθώς επίσης απλοποιεί δραματικά την διαχείριση του ραδιοφάσματος. Δεν έχει μόνο να καταστήσει οικολογικά συστήματα όπως η TDE-LTE, αλλά επιτρέπει στα μελλοντικά δίκτυα να χρησιμοποιούν το κατακεραματισμένο φάσμα, ένα παγκόσμιο πρόβλημα που θα επιδεινωθεί στα δίκτυα 5G. Η ακύρωση των αυτόπαρεμβολών προσφέρει την δυνατότητα να συμπληρωθούν και να διατηρηθούν η εξέλιξη των τεχνολογιών 5G, προς τα ετερογενή δίκτυα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα ασύρματης επικοινωνίας με πολλαπλούς τρόπους, συμπεριλαμβανόμενης της αυξημένης ικανότητας σύνδεσης, εικονικοποίηση φάσματος αλλά και οποιασδήποτε διαίρεσης (ADD). Βάσει

των θεμελιωδών της ακύρωσης των αυτοπαρεμβολών η τεχνολογία αυτή θα έχει τεράστιο αντίκτυπο στα δίκτυα 5G αλλά και αργότερα.

Η ακύρωση των αυτοπαρεμβολών όπως προείπα προσφέρει την δυνατότητα συμπλήρωσης και στήριξης στην εξέλιξη των τεχνολογιών 5G, προς τα πυκνά ετερογενή δίκτυα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα ασύρματων επικοινωνιών με πολλαπλούς τρόπους όπως :

- Αύξηση χωρητικότητας γραμμής : Θεωρητικά η “πραγματική full duplex” διπλασιάζει την ικανότητα σύνδεσης με σεβασμό στην παραδοσιακή αμφίδρομη, γιατί οι διαθέσιμοι φασματικοί πόροι μπορούν να είναι πλήρως χρήσιμοι στην συχνότητα και τον χρόνο.
- Εικονικοποίηση φάσματος: Το Full duplex είναι η ακραία περίπτωση όπου δύο κανάλια είναι εντελώς επικαλυμμένα αλλά η ακύρωση των αυτοπαρεμβολών μπορεί να απομονώσει οποιοδήποτε από τα ζεύγη συχνότητας, εκπομπής και λήψης. Ουσιαστικά μπορεί να δράσει ως ένα λογισμικό ελεγχόμενης αμφιδρόμησης για να απλοποιήσει και να μειώσει το κόστος της υποστήριξης πολλών κατακερματισμένων συχνοτήτων αποτελεσματικά, ώστε να εκμεταλλευτούν τα ραδιοκύματα το κατακερματισμένο φάσμα.



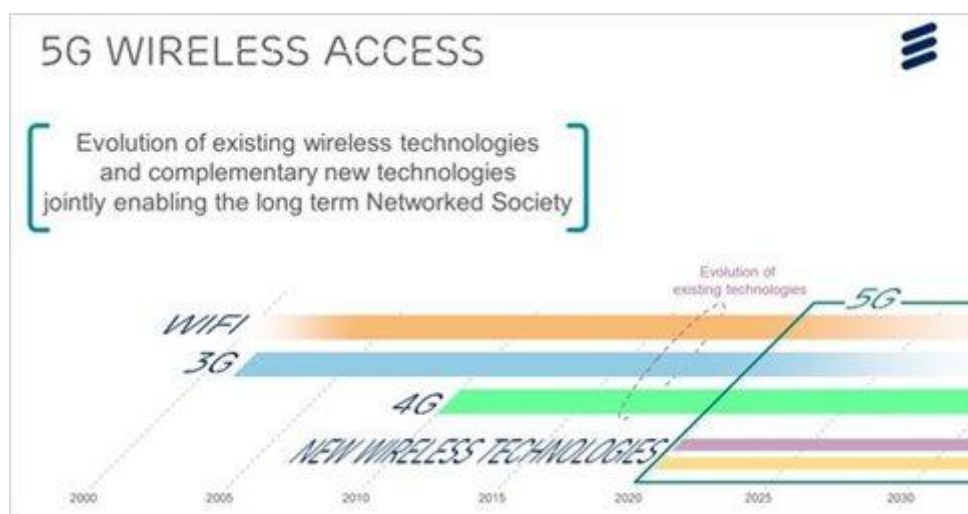
(Απεικόνιση χρήσης ακύρωσης των αυτοπαρεμβολών ως λογισμικό)

- Any division duplexing (ADD): Η ακύρωση των αυτοπαρεμβολών εξαλείφει την διάκριση μεταξύ TDD και FDD. Η TDD έχει χαρακτηριστεί άνευ αντικειμένου, και αντικαθίσταται με την in-band full duplex, ενώ η FDD έχει σημαντικά οφέλη από την παραμετροποίηση που έχει από την τεχνολογία της ακύρωσης των αυτοπαρεμβολών.
- Νέες λύσεις επανάληψης: Ταυτόχρονη επαναχρησιμοποίηση πόρων ραδιοφάσματος, και η πρόσβαση είναι δυνατή με ακύρωση των αυτοπαρεμβολών. Επιτρέπει σχεδόν στιγμιαία αναμετάδοση και υψηλή απόδοτική λειτουργία για ετερογενή δίκτυα.
- Συντονισμός ενισχυμένων παρεμβολών: Ταυτόχρονη λήψη των πληροφοριών ανατροφοδότησης (π.χ. έλεγχος καναλιού σήματος) κατά την διάρκεια εκπομπής δεδομένων επιτρέπει μειωμένη διεπιφάνεια αέρα, καθυστέρησης και αυστηρότερο συγχρονισμό του χρόνου/φάσης για τις τεχνικές συνεργασίας παρεμβολής σαν συντονισμένες πολλαπλών σημείων.

Τέλος η τεχνολογία βραχυπρόθεσμα προσφέρει την δυνατότητα να διευκολυνθεί η εξέλιξη των μελλοντικών δικτύων προς τα ετερογενή δίκτυα μικρών κελιών. Η ακύρωση των αυτοπαρεμβολών εξαλείφει αποτελεσματικά το πρόβλημα “Backhaul” ενεργοποιώντας μικρά κελιά για την επαναχρησιμοποίηση LTE ραδιοκυματικών πόρων ταυτόχρονα για την πρόσβαση backhaul. Η λύση παρέχει συνολική απόδοση και βελτιώσεις σε σύγκριση με την out of band backhaul λύση, από την επίτευξη υψηλών φασματικών αποδόσεων στη σύνδεση backhaul με MIMO και κατευθυντικές κεραιές επιτρέποντας έτσι την χρησιμοποίηση μακροπόρων για την backhaul κυκλοφορία.

Με την ακύρωση των αυτοπαρεμβολών οι μελλοντικές γενιές 5G των ασυρμάτων δικτύων θα πρέπει να παρέχονται με εξαιρετικά χαμηλό κόστος για όλους του εμπλεκόμενους: ελεγκτές, πάροχοι, κατασκευαστές εξοπλισμού και καταναλωτές.

5. Πέντε προκλήσεις στον δρόμο προς τα 5G δίκτυα.



Σε τμήματα έρευνας και ανάπτυξης βρίσκονται σήμερα μια σειρά ασύρματων τεχνολογιών μετάδοσης δεδομένων που θα κάνουν πραγματικότητα τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας πέμπτης γενιάς, κύριο συστατικό της δικτυωμένης κοινωνίας του, όχι και τόσο μακρινού, μέλλοντος. Οι απαιτήσεις που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τα δίκτυα 5G είναι εξαιρετικά υψηλές και συγκεκριμένα:

- 1.000 φορές μεγαλύτερος όγκος δεδομένων ανά περιοχή, καθώς οι διαχειριστές των δικτύων θα κληθούν να εξυπηρετούν πολύ περισσότερους χρήστες ταυτόχρονα
- 10 έως και 100 φορές μεγαλύτερος αριθμός διασυνδεδεμένων συσκευών, όπως αυτοκίνητα, ψυγεία, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές ακόμα και το σύστημα ύδρευσης, εξοπλισμένα με αισθητήρες που καταγράφουν την τρέχουσα κατάσταση της λειτουργίας τους. Για παράδειγμα, η Ericsson συνεργάζεται με την Volvo στην Γερμανία και μαζί έχουν αναπτύξει το «έξυπνο αυτοκίνητο». Η Volvo θέλει να είναι σε θέση π.χ. να ελέγχει την κατάσταση λειτουργίας του αυτοκινήτου δικής

της κατασκευής ώστε να ειδοποιεί εγκαίρως τον ιδιοκτήτη για service εάν αυτό κριθεί απαραίτητο. Με αυτό τον τρόπο, οραματίζονται οι κατασκευαστές αυτοκινήτων, θα μπορούσαν να μειώσουν τον κίνδυνο ατυχημάτων από βλάβη στο όχημα, λειτουργώντας προληπτικά.

- Στα δίκτυα 5G θα κυκλοφορεί πολύ μεγαλύτερος όγκος δεδομένων απ'ότι σήμερα (2,6GB κίνηση σήμερα από βίντεο, σύμφωνα με το τρέχον Mobility Report της Ericsson). Η Ε.Ε. έχει θέσει την απαίτηση για 10 έως και 100 φορές μεγαλύτερη κίνηση στις ραδιοσυχνότητες.
- Προδιαγραφές έχουν τεθεί και για την αυτονομία των δικτυωμένων συσκευών: 10 φορές μεγαλύτερη αυτονομία για μια ενεργειακά λιτοδίαιτη επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή (δηλαδή, νέες συσκευές με πολύ μεγαλύτερη αυτονομία, και δυνατότητα επικοινωνίας με μικρή κατανάλωση ενέργειας, σε αντίθεση με τις τρέχουσες τεχνολογίες σήμερα που στραγγίζουν την μπαταρία για να επικοινωνήσουν).
- Οι εφαρμογές που έρχονται εκτιμάται ότι θα απαιτούν πολύ μικρό latency, δηλαδή ο χρόνος αναμονής για απόκριση στην σύνδεση πρέπει να μειωθεί πέντε φορές, σύμφωνα με την Επιτροπή, για να τρέχουν απρόσκοπτα εφαρμογές όπως τα παιχνίδια ή η αναπαραγωγή βίντεο σε πραγματικό χρόνο.

Για να γίνουν όλα αυτά εφικτά, δίκτυα (British Telecom, Deutsche Telecom, France Telecom/Orange, Telecom Italia, Telefonica, Portugal Telecom) και εταιρείες κατασκευής εξοπλισμού και διαχείρισης δικτύων (Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Thales Communications), αλλά και εταιρείες ανάπτυξης λογισμικού (SAP) και κατασκευαστές αυτοκινήτων (BMW) συμμετέχουν στην προσπάθεια ανάπτυξης των ευρωπαϊκών δικτύων 5G

Μια από τις τεχνολογίες που τελεί υπό ανάπτυξη είναι η λεγόμενη επικοινωνία Multi-Hop, που επιτρέπει σε μια συσκευή να επικοινωνεί με το δίκτυο, αξιοποιώντας την (καλύτερη) σύνδεση μιας άλλης συσκευής, η οποία π.χ. βρίσκεται πιο κοντά στον σταθμό βάσης. Το μοντέλο θυμίζει τον τρόπο αναδιανομής bit του BitTorrent αλλά η διαφορά εδώ είναι ότι, για να γίνει το... χοπ από συσκευή σε συσκευή, τίποτα δεν

είναι κρυφό -για να χρησιμοποιηθεί ως κόμβος μια συσκευή απαιτείται να γνωρίζει τι θέλει να την χρησιμοποιήσει. .

Κάτι ακόμα που δεν υπάρχει σήμερα και απαιτείται για να γίνει πραγματικότητα το 5G αφορά στις δικτυωμένες υποδομές, όπως είναι οι συναγωγμοί, το δίκτυο ηλεκτροδότησης, οι γέφυρες και τα τούνελ. Το σκεπτικό είναι ότι, ίσως, θα θέλαμε όλα αυτά να είναι δικτυωμένα ώστε να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή την κατάστασή τους. Κάτι τέτοιο θα απαιτούσε εξαιρετικά αξιόπιστη επικοινωνία με το δίκτυο -και αυτό είναι κάτι που δεν έχει ακόμα επιτευχθεί.

Το LTE επιτρέπει την επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή, με το 5G όμως η επικοινωνία αυτή θα βελτιωθεί και θα αναπτυχθούν πολλές νέες εφαρμογές. Οτιδήποτε έχει ηλεκτρισμό θα μπορεί να μιλήσει στο δίκτυο, λένε οι οραματιστές της δικτυωμένης κοινωνίας και υπολογίζεται ότι, την εποχή του 5G -η οποία παρεμπιπτόντως δεν είναι πολύ μακριά, αφού ξεκινάει το 2020- 50 δισεκατομμύρια μηχανές θα μιλάνε με το δίκτυο.

Το κυκλοφοριακό πρόβλημα και η έξυπνη δρομολόγηση Εκτός από το multi-hop και την εξαιρετικά αξιόπιστη επικοινωνία που θα εξυπηρετεί τις δικτυωμένες υποδομές, το 5G θα πρέπει να επιτρέψει την επικοινωνία μέσω και μεταξύ των αυτοκινήτων.

Το αυτοκίνητό μας θα πρέπει να μπορεί να επικοινωνήσει με τα αυτοκίνητα που προηγούνται ή ακολουθούν ή ακόμα και με ένα όχημα που κινείται δύο χιλιόμετρα μπροστά. Ακόμα κι αν οδηγός δεν χρειάζεται αυτή την επικοινωνία, το όχημα μπορεί να αξιοποιεί μια πληροφορία, όπως για παράδειγμα την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα προπορευόμενα οχήματα. Προς το παρόν, η επικοινωνία από όχημα σε όχημα ή μέσω οχημάτων δεν είναι εφικτή.

Φάσμα υπάρχει, αλλά η εμβέλεια είναι μικρή, κεραίες παντού;

Τέλος, μια άλλη πρόκληση για τα δίκτυα 5G είναι η χρήση των εξαιρετικά υψηλών συχνοτήτων για την υποστήριξη των επικοινωνιών με μεγαλύτερη ταχύτητα, κάτι που απαιτεί εγκαταστάσεις με μεγάλη πυκνότητα, αφού η εμβέλειά τους είναι μικρή («αν στεκόμουν εδώ, δεν θα με ακούγατε εκεί πίσω»).

Το φάσμα συχνοτήτων υπάρχει, αλλά προς το παρόν, δεν ξέρουμε πως να το αξιοποιήσουμε. Τα δίκτυα που αξιοποιούν τις εξαιρετικά υψηλές συχνότητες δεν έχουν μεγάλη εμβέλεια, κι αυτό είναι κάτι που θα πρέπει να επιλυθεί με την εγκατάσταση προηγμένου εξοπλισμού, σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.

Υπό διαμόρφωση τα στάνταρτ για το 5G Εκτός από αυτά, είναι γεγονός πως δεν έχουμε ακόμα καταλήξει σε όλα τα απαραίτητα βιομηχανικά στάνταρτ για το 5G (περισσότερα αναμένονται από τον οργανισμό 3GPP). Εκτός από την προτυποποίηση, απαραίτητος είναι επίσης ο εκσυγχρονισμός και η βελτίωση των υφιστάμενων δικτύων κινητής τηλεφωνίας, όχι μόνο για να στηρίξουν το 5G αλλά και για να συνεχίσουν να ανταποκρίνονται στις μελλοντικές ανάγκες. Ο στόχος που έχει τεθεί είναι το 2020 να είναι εμπορικά διαθέσιμα τα πρώτα δίκτυα πέμπτης γενιάς, που θα συνυπάρχουν με το 4G, το 3G ακόμα και το 2G, όπως άλλωστε συνέβαινε και με τις προηγούμενες γενιές δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και πολλές χώρες στην Ασία θα είναι οι πρώτες που θα έχουν στα χέρια τους την νέα αυτή τεχνολογία. Η ΕΕ έχει επενδύσει 700 εκατομμύρια ευρώ για τα επόμενα επτά χρόνια και υπέγραψε συνεργασία με την Σεούλ το περασμένο έτος για την ανάπτυξη της υποδομής.

Το 5G θα είναι πολύ περισσότερο από ό,τι ένα νέο ασύρματο δίκτυο, θα είναι βασική υποδομή για μια ψηφιακή κοινωνία, όπως τονίζει ο Thibaut Kleiner, επικεφαλής τεχνολογίας των δικτύων στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η παγκόσμια αγορά Internet of Things αναμένεται να αγγίξει τα 7,1 τρισ. εκατομμύρια δολάρια το 2020, από 1,9 τρισ. το 2013, σύμφωνα με την εταιρεία ερευνών IDC. Κινεζική κατασκευάστρια smartphone Huawei και η Samsung έχουν ήδη αναπτύξει τη βασική υποδομή για την τεχνολογία 5G, αλλά όχι ακόμη συσκευές όπως smartphones. Πολλά είδη συσκευών θα χρησιμοποιούνται με το 5G, σε αντίθεση με το 4G, όπως σημειώνει ο Hyeon Woo Lee, μέλος του 5G Forum.

Βιβλιογραφία-Ιστότοποι

- Holma, H., & Toskala, A. (2007) “WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE” 4th edition, John Wiley & Sons.
- Βαρβαρίγος, Ε., & Μπερμπερίδης, Κ. (2004). Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- UMTS Forum (<http://www.ums-forum.org/>).
- Tektronix. (2003).W-CDMA/UMTS Wireless Networks. Technical Brief.
- Holma, H., & Toskala, A. (2006).HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications. John Wiley & Sons.
- Lescuyer, P., & Lucidarme, T. (2008).Evolved Packet System (EPS): The LTE and SAE Evolution of 3G UMTS. John Wiley & Sons.
- Sesia, S., Toufik, I., & Baker, M. (2009). LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. John Wiley & Sons.
- Ευρυζωνικές Τεχνολογίες, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Χρήστος Ι. Μπούρας
- Δίκτυα Δημόσιας χρήσης και διασύνδεση δικτύων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Χρήστος Ι. Μπούρας
- <http://5g-ppp.eu/>
- <https://www.metis2020.com/>
- http://www.huawei.com/ilink/en/download/HW_314849
- <http://nsm.com/file/28771/nsm-5g-white-paper?download>
- http://www.ict-ras.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=106&jsmallfib=1&dir=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers&download_file=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers/White+Paper+on+5G+Radio+Network+Architecture.pdf
- Ιστότοπος Enet.gr
- Ιστότοπος Βικιπαιδεία
- Ιστότοπος Wikipedia
- http://cms.comsoc.org/SiteGen/Uploads/Public/Docs_TC_5GMWI/Applications_of_Self-Interference.pdf
- <http://blogs.which.co.uk/technology/smartphones/the-best-4g-phones-in-the-uk/>
- <http://www.marketstrategies.com/blog/wp-content/uploads/2015/03/2015-03-5g-fig1.jpg>
- <http://www.mobileshop.eu/blog/wp-content/uploads/2015/10/mobile-networks-1g.jpg>

- <http://fizzible.com/wp-content/uploads/2015/07/2G.jpg>
- <http://aaplinvestors.net/wp-content/themes/revolution-20/investorimages/iphone3g.jpg>
- <http://core0.staticworld.net/images/article/2014/09/lumia-830-lumia-735-microsoft-ifa-100411881-large.jpg>
- <http://www.gsmarena.com/network-bands.php3>