



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ & ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ

ΔΙΚΤΥΩΝ

OFDMA

ΚΟΛΑ ΤΖΕΝΙ

Α.Μ : 6083

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	1
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	3
1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΚΑΝΑΛΙ	6
2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΚΑΝΑΛΙ.....	6
2.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΗΜΑΤΩΝ.....	6
2.3 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΔΙΑΛΕΙΨΕΩΝ.....	7
2.3.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ.....	8
2.3.2 ΣΚΙΑΣΗ.....	10
2.3.3 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΛΥΟΔΕΥΣΗΣ.....	10
2.3.4 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ DOPPLER.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ (OFDMA)	13
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΤΕΧΝΙΚΗ OFDMA.....	13
3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ OFDMA.....	14
3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ OFDMA.....	16
3.4 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕ OFDM.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΆΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	21
4.1 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (FDMA).....	21
4.2 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ (TDMA)	22
4.3 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΚΩΔΙΚΩΝ (CDMA).....	24
Βιβλιογραφία.....	26

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

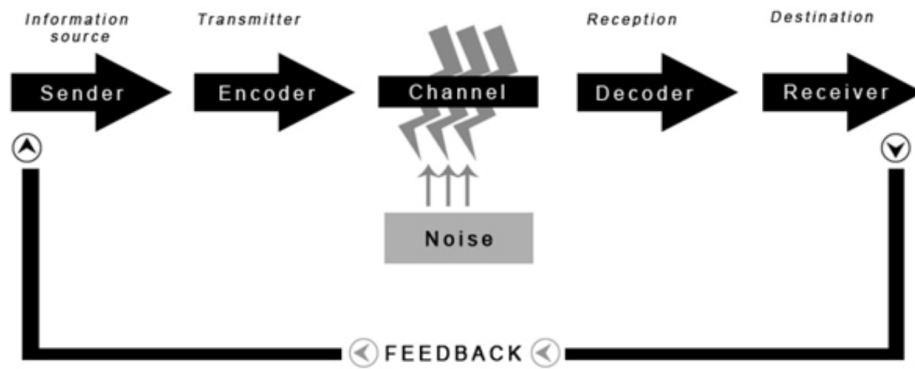
- CDMA: Code Division Multiple Access
- DECT: Digital European Cordless Telecommunications
- DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum
- FDD: Frequency Division Duplex
- FDMA: Frequency Division Multiple Access
- FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum
- GSM: Global System for Mobile communications
- ISP: Internet Service Provider
- LTE: 3GPP Long Term Evolution
- MAC: Medium Access Control
- OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
- OSI: Open System Interconnection
- TDD: Time Division Duplex
- TDM: Time Division Multiplexing
- TDMA: Time Division Multiple Access
- WIMAX: Worldwide Interoperability Microwave Access
- WLAN: Wireless Local Area Network

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η έννοια της επικοινωνίας

Η επικοινωνία είναι ένα σύνθετο και πολύπλοκο φαινόμενο, με διαστάσεις κοινωνικές, ψυχολογικές και βιολογικές. Είναι ένα φαινόμενο άμεσα συνδεδεμένο με την ανθρώπινη φύση αφού σε κάθε διαδικασία επικοινωνίας οι συμμετέχοντες (φυσικά πρόσωπα ή συσκευές επικοινωνίας) επικοινωνούν μέσω μιας σειράς φυσικών και διανοητικών λειτουργιών. Ουσιαστικά αποτελεί μια διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων όχι μόνο μεταξύ ανθρώπινων όντων, αλλά κάθε οργανισμού ή μηχανής που είναι σε θέση να λάβει και να στείλει μηνύματα ή σήματα. Ανάλογα όμως με το επιστημονικό πεδίο έχουν δωθεί διάφοροι ορισμοί για αυτήν την έννοια. Ας δούμε λοιπόν κάποιους από αυτούς[Ref].

- Ο Claude Elwood Shannon και ο Warren Weaver το 1949 παρουσίασαν ένα επικοινωνιακό μοντέλο στο οποίο περιγράφεται η διαδικασία της επικοινωνίας με μαθηματικούς και ποσοτικούς όρους. Πιο συγκεκριμένα το μοντέλο αυτό εισάγει τις έννοιες της πηγής πληροφορίας, του μήνυματος, του πομπού, του δέκτη, του καναλιού, της κωδικοποίησης, της πιθανότητας σφάλματος καθώς και πολλούς άλλους τέτοιους όρους. Το μοντέλο Shannon –Weaver ονομάστηκε "η μητέρα των μοντέλων", διότι χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε μεταγενέστερες έρευνες γύρω από διάφορες θεωρητικές επιστήμες. Σε αυτό το μοντέλο (εικόνα 1) παρουσιάζονται οι παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη αποτελεσματικής επικοινωνίας μεταξύ πομπού και δέκτη. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της επικοινωνίας είναι ο θόρυβος, το κανάλι-μέσο, ο προορισμός των πληροφοριών-μήνυματος, η κωδικοποίηση και η αποκωδικοποίηση.



SHANNON-WEAVER'S MODEL OF COMMUNICATION

Εικόνα 1: Μοντέλο επικοινωνίας των Shannon- Weaver

(Πηγή:<http://communicationtheory.org/shannon-and-weaver-model-of-communication/>)

- Ο Umberto Eco προσπάθησε να ορίσει την έννοια της επικοινωνίας διακρίνοντας τη "Σημειολογία της Επικοινωνίας" από την "Σημειολογία του Νοήματος" ως δύο μη-αμοιβαία αποκλειόμενες έννοιες. Κατά τον Umberto Eco στην επικοινωνία μεταξύ δυο συσκευών-μηχανών πραγματοποιείται νοηματική και όχι σημασιολογική μεταφορά της πληροφορίας . Όταν όμως ο παραλήπτης δεν αποτελεί συσκευή-μηχανή, ανεξάρτητα από την φύση του αποστολέα ο οποίος μπορεί να είναι μηχανή η νοητική ύπαρξη και δεδομένου ότι το σήμα δεν είναι απλά ένας ερεθισμός αλλά μια σύνθετη νοηματική έκφραση, τότε λαμβάνει χώρα η σημειολογία του νοήματος. Συνεπώς η έννοια της επικοινωνίας εξαρτάται και από την ιδιότητα του παραλήπτη (μηχανή ή νοητική ύπαρξη), κάτι που δεν συμβαίνει με τους Shannon-Weaver οι οποίοι εξετάζουν τη διαδικασία της επικοινωνίας από την πλευρά του μηχανικού[Ref].

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η ανθρώπινη επικοινωνία (σηπλαιογραφίες, γλώσσα) αναπτύχθηκε πριν από εκατομμύρια χρόνια εφόσον οι άνθρωποι ένιωθαν από νωρίς αυτήν την ανάγκη. Σήμερα η επικοινωνία παίζει μεγάλο ρόλο στη ζωή μας αφού ολόκληρη η καθημερινότητά μας εξαρτάται από αυτήν. Η ιστορία των τηλεπικοινωνιών χωρίζεται σε δύο μεγάλες περιόδους πριν και μετά την εμφάνιση και χρήση του ηλεκτρισμού.

Ας δούμε κάποιες τηλεπικοινωνίες πριν την εμφάνιση του ηλεκτρισμού. Οι φρυκτωρίες ήταν ένα σύστημα συνεννόησης που πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε στη Μινωική Κρήτη την περίοδο των πρώτων ανακτόρων 1900πΧ - 1700πΧ και κατόπιν εγκαταλείφθηκαν με την πρώτη καταστροφή τους, λόγω μάλλον της στροφής των Μινωιτών προς τη θάλασσα. Η μεταβίβαση της πληροφορίας γίνεται με τη χρήση πυρσών κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ο οπτικός τηλεγράφος αποτελεί ένα νέο πρακτικό σύστημα τηλεπικοινωνιών. Η μέθοδος αυτή ήταν πραγματική επανάσταση στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, αφού πλέον υπήρχε η δυνατότητα μετάδοσης κάθε γράμματος του αλφαβήτου χωριστά. Η εμβέλεια αυτού του τρόπου επικοινωνίας έφθανε μέχρι και τα 30 χιλιόμετρα. Τέλος αξίζει να αναφέρουμε τον σηματοφόρο ή μηχανικό τηλεγράφο. Ήταν μία μηχανή με κινητούς βραχίονες που μπορούσε να μεταδώσει μηνύματα σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιήθηκε με διάφορες παραλλαγές σε όλη σχεδόν την Ευρώπη έως και τις αρχές του 19ου αιώνα.

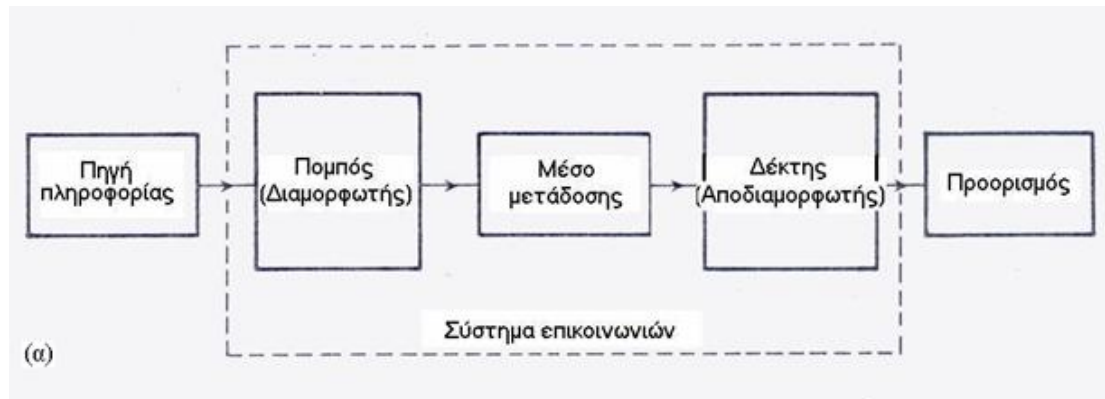
Τώρα ας δούμε κάποιες τηλεπικοινωνίες μετά την εμφάνιση του ηλεκτρισμού. Ο ηλεκτρικός τηλεγράφος είναι ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα που χρησιμοποίησε πρώτο τον ηλεκτρισμό. Προυσιάστηκε στην Αγγλία από τους William Cooke και Charles Wheatstone το 1839 και στην Αμερική το 1844 από τον Samuel Morse. Ο ηλεκτρικός τηλεγράφος επέτρεπε την ταυτόχρονη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ πομπού και δέκτη σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με την χρήση ενός μέσου (καλώδιο). Ήταν ένα ταχύτερο και πολύ πιο αξιόπιστο τηλεπικοινωνιακό μέσο σε σχέση με τα προηγούμενα. Στις αρχές του 1850 είχαν αναπτυχθεί τηλεγραφικές γραμμές σε Ευρώπη, Αμερική και Μέση Ανατολή. Το 1851 ενώθηκε με υποβρύχιο καλώδιο η Αγγλία με την Ηπειρωτική Ευρώπη και το 1866 λειτούργησε αξιόπιστα ο πρώτος υπερ-ατλαντικός τηλεγράφος μεταξύ Αγγλίας και Αμερικής. Το επόμενο σημαντικό βήμα στην ιστορία της επικοινωνίας ήταν η εμφάνιση του τηλεφώνου. Αφετηρία για την δημιουργία του τηλεφώνου ήταν οι

ερευνητικές προσπάθειες των Joseph Stearns και Thomas Edison, στα μέσα του 1870, με την εφεύρεση ενός συστήματος ταυτόχρονης μετάδοσης δύο και τεσσάρων τηλεγραφικών σημάτων σε ένα απλό καλώδιο. Το τηλέφωνο γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη και το 1880 η Bell Company λειτουργούσε στην Αμερική 100000 τηλεφωνικές συσκευές. Ο ασύρματος τηλεγράφος είναι η πρώτη ασύρματη συσκευή μετάδοσης πληροφορίας. Η ύπαρξή του οφείλεται στις έρευνες του Βρετανού φυσικού James Clark Maxwell το 1860 και του Γερμανού φυσικού Heinrich Hertz το 1886. Η συσκευή παρουσιάστηκε το 1896 από τον Guglielmo Marconi και μέσα σε λίγα χρόνια μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή μηνυμάτων σε απόσταση εκατοντάδων χιλιομέτρων[Ref].

1.3 Δομή Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος

Κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα αποτελείται από τρεις βασικές μονάδες το πομπό, το κανάλι και τον δέκτη.

- **Πομπός:** Ο πομπός αποτελεί μέσο του συστήματος επικοινωνίας, το οποίο εκπέμπει σήματα που περιέχουν πληροφορίες. Ουσιαστικά δέχεται κάποια δεδομένα τα οποία μετασχηματίζει ή κωδικοποιεί με σκοπό να μεταδοθούν σε κάποιο κανάλι ή μέσω μετάδοσης.
- **Κανάλι:** Το κανάλι είναι το μέσο μετάδοσης της πληροφορίας από τον πομπό στον δέκτη. Σε γενικές γραμμές το κανάλι προκαλεί εξασθένηση και εισάγει θόρυβο, με αποτέλεσμα ο δέκτης να λαμβάνει ένα αλλοιωμένο αντίγραφο του εκπεμπόμενου σήματος. Ο θόρυβος μπορεί να οφείλεται σε διάφορες αιτίες και να επιδρά με διαφορετικό τρόπο στην επικοινωνία. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες καναλιών τα Hardwire και τα Software. Τα Hardwire είναι τα ενσύρματα κανάλια όπως τα χάλκινα καλώδια, οι οπτικές ίνες, οι κυματοδηγοί και τα. Αντίθετα τα Software είναι τα ασύρματα κανάλια όπως το νερό και ο αέρας. Στα ασύρματα κανάλια η πληροφορία μεταφέρεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, όπως άλλωστε θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο.
- **Δέκτης:** Σκοπός του δέκτη είναι η αξιόπιστη ανάκτηση του σήματος πληροφορίας που εκπέμπει ο πομπός. Ο δέκτης λαμβάνει το σήμα του πομπού, αφού πρώτα περάσει από το κανάλι και το αποκωδικοποιεί.



Εικόνα 2: Δομή Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος

(Πηγή: https://www.google.gr/search?q=δομη+τηλεπικοινωνιακου+συστηματος&client=opera&hs=4LE&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiyquXrkt3YAhWCSBQKHdv6ACkQ_AUICygC&biw=1326&bih=658#imgrc=xZ7d_0-RLhR45M:)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΚΑΝΑΛΙ

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΚΑΝΑΛΙ

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

2.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Η διάδοση των σημάτων στο ασύρματο κανάλι πραγματοποιείται με τέσσερις τρόπους. Την απευθείας διάδοση, την περίθλαση, την ανάκλαση και την σκέδαση. Η απευθείας διάδοση πραγματοποιείται όταν το σήμα δεν συναντάει εμπόδια στην πορεία του από τον πομπό ως το δέκτη. Η περίθλαση είναι το φαινόμενο της διάχυσης των κυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις όταν αυτά συναντάνε ένα εμπόδιο ή μία οπή με διαστάσεις παραπλήσιες του μήκους κύματος. Η περίθλαση είναι αποτέλεσμα δύο κυματικών φαινομένων, της αρχής του Huygens και της συμβολής. Εμφανίζεται όταν παρεμβάλλεται πολύ μεγάλο εμπόδιο στη διαδρομή του σήματος από τον πομπό προς το δέκτη και εμποδίζει την οπτική επαφή μεταξύ τους. Ανάκλαση ονομάζεται το φαινόμενο της αλλαγής διεύθυνσης διάδοσης ενός μετώπου κύματος, μέσα στο ίδιο μέσο, από μια διαχωριστική επιφάνεια. Τα πιο συνηθισμένα παραδείγματα ανάκλασης είναι αυτά των κυμάτων φωτός, ήχου και νερού, καθώς επίσης και των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων όπου με βάση την ιδιότητα αυτή επιτυγχάνεται ο ραδιοεντοπισμός στόχων (Ραντάρ), ή η λήψη σεισμικών κυμάτων και πολλά άλλα. Οι επιφάνειες που προκαλούν το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης ονομάζονται κάτοπτρα (καθρέπτες). Εμφανίζεται όταν το διαδιδόμενο σήμα προσπίπτει σε εμπόδιο με διαστάσεις πολύ μεγάλες σε σχέση με το μήκος κύματός του. Τα ανακλώμενα κύματα συμβάλλουν στο δέκτη με τα απευθείας. Στη φυσική και

τα μαθηματικά, η θεωρία σκέδασης αποτελεί ένα θεωρητικό εργαλείο διερεύνησης του τρόπου με τον οποίο σκεδάζονται σωματίδια και κύματα. Η θεωρία σκέδασης έχει ευρύ φάσμα εφαρμογών, από τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν μακροσκοπικά αντικείμενα όπως μπάλες του μπιλιάρδου μέχρι την σκέδαση ηλιακού φωτός από τα μόρια της ατμόσφαιρας (σκέδαση Ρέιλι). Αυστηρότερα, η θεωρία σκέδασης ασχολείται με τη μελέτη των διαφορικών εξισώσεων που διέπουν τα διάφορα φαινόμενα σκέδασης. Εμφανίζεται στην περίπτωση όπου στη διαδρομή του σήματος υπάρχουν αντικείμενα με διαστάσεις ίσες ή μικρότερες από το μήκος κύματος του μεταδιδόμενου ραδιοκύματος.

2.3 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΔΙΑΛΕΙΨΕΩΝ

Μία ιδιαίτερα σημαντική έννοια που εισάγουμε στα ασύρματα κανάλια είναι η έννοια των διαλείψεων του καναλιού. Κάθε κανάλι έχει δύο είδη χωρικών διακυμάνσεων, τις διαλείψεις μεγάλης κλίμακας και διαλείψεις μικρής κλίμακας. Οι διαλείψεις μεγάλης κλίμακας οφείλονται στην παρουσία μεγάλων σταθερών εμποδίων στο δρόμο διάδοσης του ραδιοσήματος. Συσχετίζονται με δύο φαινόμενα, τις απώλειες διαδρομής (path loss) δηλαδή τις απώλειες του μεταδιδόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος κατά τη διάδοσή του από τον πομπό στον δέκτη και την σκίαση (shadowing) που οφείλεται στην παρεμπόδιση του κύματος από πολύ μεγάλα αντικείμενα όπως βουνά ή κτίρια. Από την άλλη οι διαλείψεις μικρής κλίμακας οφείλονται στις πολλαπλές διαδρομές διάδοσης, στην κίνηση του τερματικού και στις ανακλάσεις. Εδώ κυριαρχεί το φαινόμενο της πολυόδευσης (multipath effect), δηλαδή της δημιουργίας πολλών καθυστερημένων διαδρομών του ίδιου σήματος από τον πομπό στο δέκτη επιδρώντας άλλοτε θετικά και άλλοτε αρνητικά στον δέκτη. Επίσης, δεν πρέπει να ξεχάσουμε και το φαινόμενο Doppler στην περίπτωση όπου υπάρχει σχετική κίνηση ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη ή κίνηση εμποδίων. Παρακάτω παρουσιάζονται αυτά τα φαινόμενα πιο αναλυτικά.

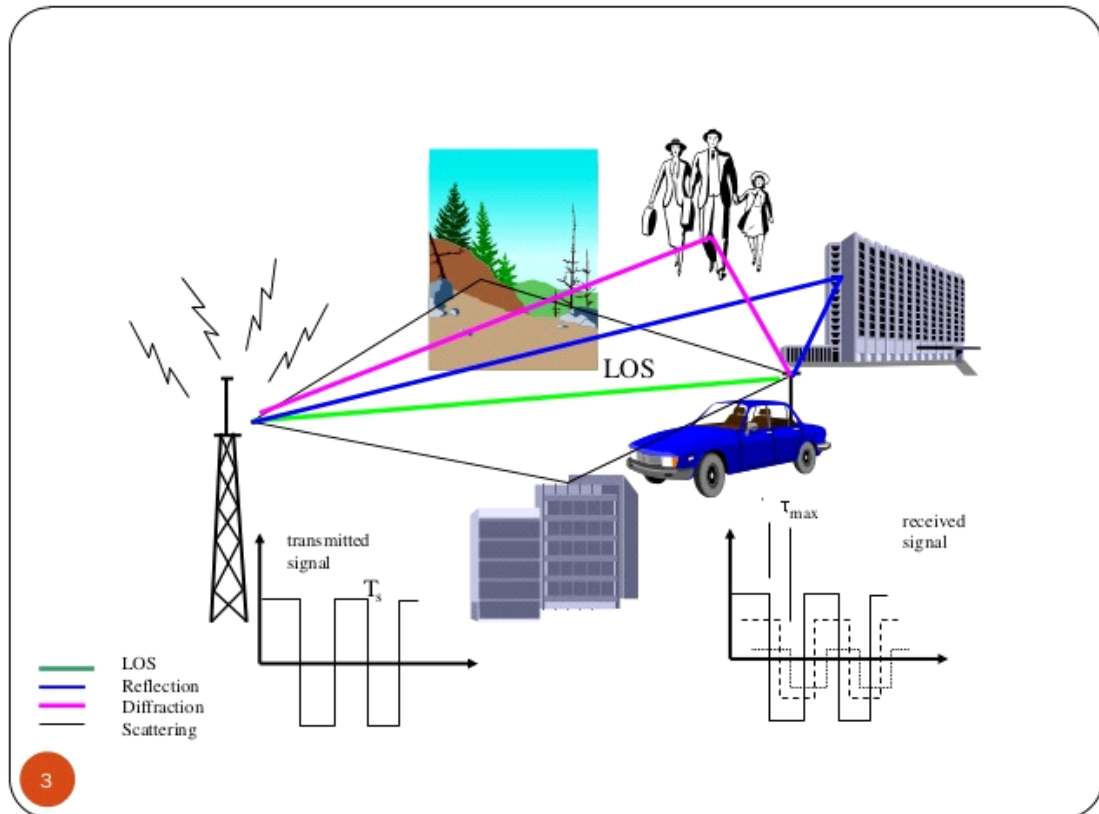
2.3.1 Απώλειες Διαδρομής (Path Loss)

Η απώλεια διαδρομής είναι η εξασθένηση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος καθώς μεταδίδεται δια μέσου του χώρου από τον πομπό στον δέκτη. Μπορεί να οφείλεται σε πολλά φαινόμενα όπως η απώλεια ελεύθερου χώρου, η διάθλαση, η περίθλαση, η αντανάκλαση, η απώλεια σύζευξης με διάφραγμα και η απορρόφηση. Η απώλεια διαδρομής επηρεάζεται επίσης από τα περιγράμματα του εδάφους, το περιβάλλον (αστικό ή αγροτικό), το μέσο διάδοσης (ξηρός ή υγρός αέρας), την απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη καθώς και την θέση των κεραιών.

Αν d είναι η απόσταση ανάμεσα στις κεραιές του πομπού και του δέκτη, η σχέση που περιγράφει τις απώλειες διαδρομής στον κενό χώρο, γνωστή και ως τύπος του Friis είναι

$$P_r / P_t = G_r G_t (\lambda / 4\pi d)^2 ,$$

όπου P_r και P_t είναι η ληφθείσα και η μεταδιδόμενη ισχύς αντίστοιχα και λ το μήκος κύματος. Οι παράγοντες G_r και G_t είναι τα κέρδη των κεραιών του δέκτη και του πομπού, αντίστοιχα. Όταν οι κεραιές είναι ιστροπικές και τα δύο ισούνται με 1. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιούνται κατευθυντικές κεραιές, τα επιμέρους κέρδη είναι μεγαλύτερα της μονάδας και η ληφθείσα ισχύς. Γενικά παρατηρούμε ότι η ληφθείσα ισχύς είναι ανάλογη του τετραγώνου του μήκους κύματος. Συνεπώς αν λάβουμε υπόψη μας και τη βασική κυματική σχέση $c = \lambda f_c$, όπου f_c η φέρουσα συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ληφθείσα ισχύς P_r φθίνει τετραγωνικά ως προς τη φέρουσα συχνότητα. Ο τύπος του Friis βασίζεται στην παραδοχή ότι οι δυο κεραιές βρίσκονται στο κενό. Αυτό σημαίνει ότι το σήμα κατά την μετάδοση του δεν συναντά εμπόδια ή φαινόμενα που το αλλοιώνουν. Φυσικά αυτή η παραδοχή δεν είναι δυνατή στον πραγματικό κόσμο.



Εικόνα 3: Απώλειες Διαδρομής (Path Loss)

(Πηγή:https://www.google.gr/search?client=opera&hs=O9Y&biw=1326&bih=658&tbm=isch&sa=1&ei=8kpeWqSuEsT9kwW7nJKYAw&q=%28Path+Loss%29&oq=%28Path+Loss%29&gs_l=psy-ab.3..0i7i30k1l4j0i30k1l5j0i8i30k1.51425.51425.0.51964.1.1.0.0.0.0.417.417.4.1.1.0...0...1c.1.64.psyab..0.1.414...0.lxBBgXUisak#imgsrc=niZMqWTDkJ4n0M:)

Βέβαια, υπάρχουν και μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του φαινομένου των απωλειών διαδρομής που υφίσταται το ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Χαρακτηριστικά μοντέλα είναι

- μοντέλο Okamura,
- μοντέλο Hata και COST-231 Hata,
- μοντέλο Erceg,
- μοντέλο Walfish-Ikegami

2.3.2 Σκίαση (Shadowing)

Ένα άλλο σημαντικό φαινόμενο διαλείψεων μεγάλης κλίμακας είναι η σκίαση. Παρατηρήσαμε ότι τα μοντέλα που προσπαθούν να εξομοιώσουν τις απώλειες διαδρομής μεταξύ πομπού και δέκτη στηρίζονται κυρίως στην απόσταση και στην ισχύ. Παρ' όλα αυτά εκτός από την απόσταση, υπάρχουν πολλοί άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ισχύ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα φυσικά ή και τεχνητά εμπόδια μεγάλων διαστάσεων που παρεμβάλλονται ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη, δηλαδή κτίρια ή δέντρα τα οποία προκαλούν διακυμάνσεις στην ισχύ του λαμβανόμενου σήματος. Γενικά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την θέση και τον όγκο του κάθε εμποδίου που μπορεί να βρεθεί σε ένα περιβάλλον επικοινωνίας μεταξύ πομπού και δέκτη, ούτε άλλωστε να μετακινήσουμε το εμπόδιο. Η μοντελοποίηση των θέσεων στο επικοινωνιακό περιβάλλον δεν είναι κάτι εφικτό. Επομένως η σκίαση θα αντιμετωπίζεται ως ένα τυχαίο φαινόμενο. Όπως προαναφέραμε η σκίαση τις περισσότερες φορές λειτουργεί αρνητικά στην επικοινωνία. Ωστόσο κάποιες φορές επιδρά και θετικά. Αυτό γίνεται όταν τα εμπόδια που υπάρχουν στο περιβάλλον δεν εμποδίζουν το σήμα του πομπού να φτάσει στο δέκτη, αλλά εμποδίζουν ή εξασθενούν το σήμα ενός άλλου πομπού που σε αυτή την περίπτωση είναι παρασιτικό. Το σήμα αυτό μπορεί να βρίσκεται στο ίδιο ή σε γειτονικό περιβάλλον. Συνεπώς με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η τυχόν παρεμβολή που μπορεί να υπάρχει κατά την επικοινωνία πομπού και δέκτη.

2.3.3 Φαινόμενο Πολυόδευσης

Σε ένα τυπικό περιβάλλον κινητών τηλεπικοινωνιών το σήμα κατά τη διάδοσή του από τον πομπό στο δέκτη υπόκειται σε όλους σχεδόν τους μηχανισμούς διάδοσης, ανάκλαση, περίθλαση και σκέδαση. Αποτέλεσμα όλων αυτών των μηχανισμών διάδοσης είναι το σήμα να φτάνει στο δέκτη μέσω πολλαπλών διαδρομών. Οι συνιστώσες που λαμβάνει ο δέκτης από κάθε διαδρομή διαφέρουν μεταξύ τους στο χρόνο άφιξης, στη φάση αλλά και στο πλάτος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πολύοδη διάδοση ή διάδοση πολλαπλών διαδρομών. Έτσι, όταν συνδυάζονται διανυσματικά μεταξύ τους παράγεται ένα σύνθετο λαμβανόμενο σήμα. Η διανυσματική αυτή άθροιση των συνιστωσών του σήματος οδηγεί σε αρνητική ή θετική συμβολή, γεγονός που αποτυπώνεται στις αυξομειώσεις στο πλάτος του λαμβανόμενου σήματος. Επίσης, σε ένα ασύρματο περιβάλλον εξαιτίας της κίνησης των αντικειμένων του περιβάλλοντος και του κινητού τερματικού οι

καθυστερημένες εκδοχές του σήματος που λαμβάνει ο δέκτης μεταβάλλονται και συναρτήσσει του χρόνου. Αυτό το διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα τα σήματα που φτάνουν από διαφορετικές διαδρομές στον δέκτη να συμβάλλουν είτε θετικά είτε αρνητικά, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται συνεχώς η περιβάλλουσα του σήματος. Επομένως, καθώς ο δέκτης μετακινείται, οι χωρικές μεταβολές της περιβάλλουσας εμφανίζονται ως χρονικές μεταβολές και το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως διαλείψεις περιβάλλουσας ή μικροσκοπικές διαλείψεις. Οι διαλείψεις περιβάλλουσας λόγω πολύοδης διάδοσης μπορεί να είναι επιλεκτικές ως προς το χρόνο, τη συχνότητα ή τον χώρο.

2.3.4 Φαινόμενο Doppler

Το φαινόμενο Ντόπλερ είναι η παρατηρούμενη αλλαγή στη συχνότητα και το μήκος κύματος ενός κύματος από παρατηρητή που βρίσκεται σε σχετική κίνηση με την πηγή των κυμάτων. Ονομάστηκε προς τιμήν του αυστριακού φυσικού Christian Doppler. Το φαινόμενο παρατηρείται συχνά όταν πλησιάζει και απομακρύνεται ένα όχημα με έντονο θόρυβο. Συγκεκριμένα η συχνότητα του ήχου αυξάνεται όταν πλησιάζει το όχημα τον παρατηρητή, ενώ μειώνεται όταν απομακρύνεται από αυτόν.

Για κύματα όπως τα ηχητικά κύματα, που διαδίδονται μέσα σε κάποιο υλικό μέσο, η ταχύτητα τόσο του παρατηρητή όσο και της πηγής, πρέπει να προσδιορίζεται σε σχέση με το μέσο διάδοσης. Το τελικό φαινόμενο Ντόπλερ μπορεί επομένως να προκύψει από την κίνηση του παρατηρητή, της πηγής και του μέσου διάδοσης. Για κύματα που δεν χρειάζονται ένα υλικό μέσο για τη διάδοσή τους, όπως τα ηλεκτρομαγνητικά ή τα βαρυτικά κύματα στην ειδική σχετικότητα, μόνο η σχετική ταχύτητα του παρατηρητή και της πηγής παίζει ρόλο.

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η συχνότητα του εκπεμπόμενου κύματος δεν αλλάζει. Αυτό που αλλάζει είναι η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής, δηλαδή η συχνότητα με την οποία φτάνουν σ' αυτόν τα μέτωπα του κύματος. Ειδικότερα, στην περίπτωση που κινείται η πηγή ως προς το μέσο διάδοσης, αλλάζει και το μήκος κύματος (η απόσταση που «μετράει» ο παρατηρητής ανάμεσα σε δύο διαδοχικά μέτωπα κύματος), ενώ όταν η πηγή είναι ακίνητη το μήκος κύματος δεν μεταβάλλεται.

Με βάση το φαινόμενο Ντόπλερ μπορεί να υπολογιστεί η μεταβολή της θέσης της πηγής των κυμάτων. Κύρια εφαρμογή του φαινομένου

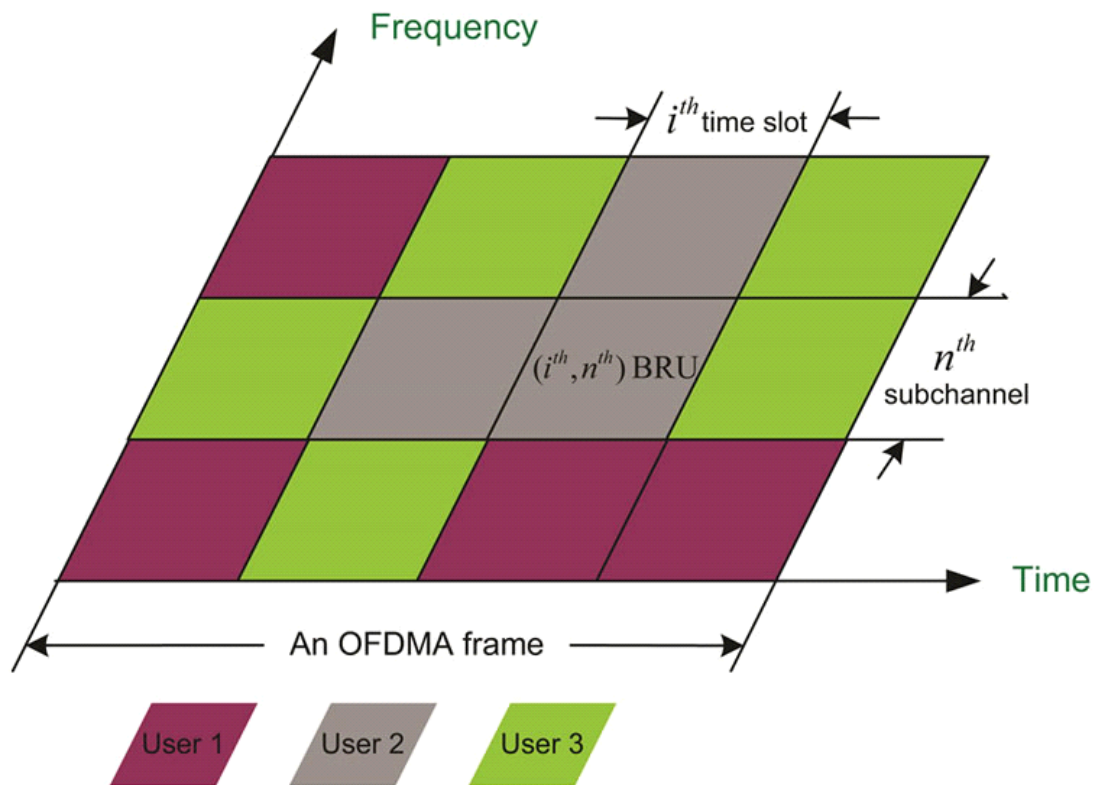
Ντόπλερ είναι το ραντάρ, όπου εκπέμπονται κύματα με σκοπό να αντανakλαστούν από τα ζητούμενα αντικείμενα. Με βάση τη συχνότητα του αντανakλώμενου κύματος μπορεί να υπολογιστεί η θέση και η ταχύτητά τους. Μερικές άλλες εφαρμογές του φαινομένου Doppler:

- Ραντάρ ταχύτητας, που χρησιμοποιεί η αστυνομία.
- Εύρεση της Ακτινικής ταχύτητας των άστρων.
- Εύρεση της θερμοκρασίας των άστρων.
- Ιατρικές συσκευές για μέτρηση της ταχύτητας του αίματος στην καρδιά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

3.1 Τι είναι η τεχνική OFDMA

Η τεχνική OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) είναι παρόμοια με την OFDM, με την διαφορά ότι αντί να διατίθενται όλες οι διαθέσιμες υποφέρουσες, ο σταθμός βάσης διαθέτει ένα υποσύνολο σε κάθε χρήστη, για να μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλές μεταδόσεις ταυτόχρονα. Συγκεκριμένα ένα OFDMA σύστημα διαιρεί τα διαθέσιμα υποφέροντα (subcarriers) σε ομάδες, οι οποίες ονομάζονται υποκανάλια, και μεταβιβάζει ένα ή περισσότερα υποκανάλια σε διάφορους χρήστες. Επειδή οι δύο τεχνικές μοιάζουν πολύ θα αναλύσουμε πρώτα την τεχνική OFDM προκειμένου να γίνει κατανοητή και η τεχνική πολλαπλής πρόσβασης OFDMA. Η Ορθογωνική Πολύπλεξη με Διάρθρωση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) είναι μια τεχνική μετάδοσης μεγάλων ποσοτήτων ψηφιακών δεδομένων μέσω ραδιοκυμάτων σε ένα κανάλι επικοινωνίας. Τα ψηφιακά δεδομένα μεταδίδονται επαρκώς και με αξιοπιστία χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο αριθμό καναλιών μικρού εύρους ζώνης. Τα κανάλια αυτά χωρίζονται σε τακτά διαστήματα συχνότητας σχηματίζοντας το φάσμα του μεταδιδόμενου σήματος. Η συχνοτική απόσταση των φερουσών επιλέγεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ορθογωνικές μεταξύ τους και να μην παρεμβάλλεται το περιεχόμενο της μιας επάνω στην άλλη. Γενικά το σύνολο των διαθέσιμων υποκαναλιών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της OFDM, ενώ το ποιο υποσύνολο εκχωρείται σε κάθε χρήστη εξαρτάται από την OFDMA.



Εικόνα 4: Λειτουργία OFDMA τεχνικής

(Πηγή:https://www.google.gr/search?q=OFDMA&client=opera&hs=4Wh&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5x5HP3_PXAhWLBQKHxfBBtAQ_AUICigB&biw=1326&bih=658#imgrc=U55ABHBNBGhmvM:)

ΚΕwi5x5HP3_PXAhWLBQKHxfBBtAQ_AUICigB&biw=1326&bih=658#imgrc=U55ABHBNBGhmvM:)

Γενικά η τεχνική OFDMA είναι μια συνδυασμένη εφαρμογή των τεχνικών TDMA (Time Division Multiple Access) και FDMA (Frequency Division Multiple Access), αφού στον κάθε χρήστη αποδίδονται διαφορετικές χρονοσχιμές και διαφορετικά υποφέροντα.

3.2 Πλεονεκτήματα Μειονεκτήματα του OFDMA

Μερικά από τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνικής είναι τα εξής.

Πλεονεκτήματα:

- Η τεχνική OFDMA είναι μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης, που εμπεριέχει όμως τη διαμόρφωση OFDM, η οποία προσδίδει στο σήμα ανθεκτικότητα σε φαινόμενα πολυδιαδρομικής διάδοσης

- Ευελιξία ως προς τον καθορισμό παραμέτρων που αφορούν την επεξεργασία σήματος στον πομποδέκτη (π.χ. μέγεθος FFT, φασματικά κενά μεταξύ καναλιών κ.α.) που συναντάται στο Scalable OFDMA (SOFDMA).
- Τα ευρυζωνικά σε σχέση με το εύρος των διαλείψεων κανάλια, υφίστανται επιλεκτικές ως προς τη συχνότητα διαλείψεις (όπως και στο OFDM).
- Κάθε χρήστης, ανάλογα με το περιβάλλον του, αντιμετωπίζει διαφορετικά ένα συγκεκριμένο κανάλι. Π.χ. ενώ για κάποιον χρήστη ένα κανάλι μπορεί να υποφέρει από βαθιές διαλείψεις, για κάποιους άλλους μπορεί να προσφέρεται για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης . Αυτό συνιστά ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση ραδιοπόρων.
- Σε σύγκριση με το CDMA, μειώνει κατά πολύ την ενδοκυβελική παρεμβολή, αποφεύγοντας την τεχνική εντοπισμού πολλαπλών χρηστών που χρησιμοποιεί το CDMA.
- Απλότητα στην ηλεκτρονική επεξεργασία σήματος στον πομποδέκτη.
- Η επίδοση όσο αφορά το ρυθμό σφαλμάτων (Bit Error Rate - BER) εμφανίζεται αυξημένη σε κανάλια που υποφέρουν από βαθιές διαλείψεις (κατάλληλο συνεπώς για εφαρμογή σε αστικό περιβάλλον).

Μειονεκτήματα

- Το πρόβλημα του υψηλού λόγου μέγιστης προς μέση ισχύ (PAR) που προκαλεί παραμόρφωση λόγω μη γραμμικότητας σε συστήματα OFDM, στην περίπτωση της τεχνικής OFDMA εμφανίζεται συνήθως ακόμη πιο έντονο λόγω του μεγαλύτερου πλήθους των υποκαναλιών.
- Απαιτείται συγχρονισμός μεταξύ χρηστών για τον FFT στο δέκτη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά πιλοτικά σήματα.
- Η ενδοκαναλική (ή ενδοδιαυλική) παρεμβολή είναι πολυπλοκότερη στην αντιμετώπισή της σε σχέση με το CDMA, μιας και απαιτείται κατάλληλη συνεργασία μεταξύ γειτονικών σταθμών βάσης για την αποφυγή τους.

3.3 Εφαρμογές του OFDMA

Σε αυτή εδώ την ενότητα γίνεται αναφορά στα πιο γνωστά ασύρματα δίκτυα που χρησιμοποιούν την τεχνική OFDM και κατά επέκταση την OFDMA. Μερικά από αυτά τα πρότυπα είναι το IEEE 802.11a, το IEEE 802.11g και το IEEE 802.11n τα οποία είναι εκδόσεις του WLAN ή αλλιώς WiFi, το IEEE 802.16 γνωστό και ως WMAN ή WiMax και το LTE (Long Term Evolution). Παρακάτω παρουσιάζονται πιο αναλυτικά αυτά τα πρότυπα.

Πρότυπο IEEE 802.11

Το IEEE 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων της IEEE για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN). Σκοπός των προτύπων ήταν η επεκτάση του 802.3 δηλαδή του Ethernet, το οποίο αποτελεί το συνηθέστερο πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης υπολογιστών στην ασύρματη περιοχή. Τα πρότυπα 802.11 είναι ευρύτερα γνωστά ως WiFi. Το 802.11 έχει ως βασική περιοχή λειτουργίας τα 2.4 GHz και ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 1 και 2 Mbps. Η πρώτη έκδοση της οικογένειας προτύπων ήταν η 802.11 το 1997, αλλά ευρεία αποδοχή είχε η δεύτερη, με την ονομασία 802.11b. Στη συνέχεια ακολούθησαν οι εκδόσεις 802.11a, 802.11g, 802.11n και 802.11ac. Το πρότυπο 802.11g είναι ένας συνδυασμός των προτύπων IEEE 802.11a και του IEEE 802.11b, το οποίο προσπαθεί να επεκτείνει τους ρυθμούς δεδομένων του προτύπου 802.11b χρησιμοποιώντας την τεχνική OFDM. Επιτυγχάνει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης οι οποίοι φτάνουν την τάξη των 54 Mbps, διατηρώντας παράλληλα τη συμβατότητα με το IEEE 802.11b. Το πρότυπο IEEE 802.11n χρησιμοποιεί και αυτό την τεχνική OFDM αλλά προκειμένου να επιτύχει μεγάλη χωρητικότητα του συστήματος οπότε και μεγαλύτερους ρυθμούς δεδομένων χρησιμοποιεί τεχνικές όπως MIMO και συνάθροιση πλαισίων (Frame Aggregation). Στην τεχνική MIMO έχουμε πολλαπλές κεραιές τόσο στον αποστολέα όσο και στον δέκτη, οι οποίες στέλνουν ή λαμβάνουν ταυτόχρονα το ίδιο σύμβολο. Η τελευταία έκδοση 802.11ac χρησιμοποιεί φάσμα στα 5 GHz και καταλαμβάνοντας εύρος ζώνης έως και 160 MHz πετυχαίνει ταχύτητες αρκετών εκατοντάδων Mbps.

Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά τον τρόπο λειτουργίας του προτύπου. Το 802.11 επικεντρώνεται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου OSI, δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer-PHY) και στο υπόστρωμα MAC (Medium Access Control-Ελέγχου προσπέλασης Μέσων) του στρώματος

διασύνδεσης δεδομένων (Data Link Layer. Το πρότυπο 802.11 του 1997 καθορίζει τρεις επιτρεπόμενες τεχνικές μετάδοσης για το φυσικό επίπεδο. Η μέθοδος των υπέρυθρων χρησιμοποιεί σχεδόν την ίδια τεχνολογία με τα τηλεχειριστήρια των τηλεοράσεων. Οι άλλες δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν ραδιοκύματα μικρής εμβέλειας χρησιμοποιώντας τεχνικές που ονομάζονται FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) και DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Αποτελεί το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση και ακολουθείται από τα περισσότερα ασύρματα δίκτυα μέχρι και σήμερα.

Πρότυπο IEEE 802.16

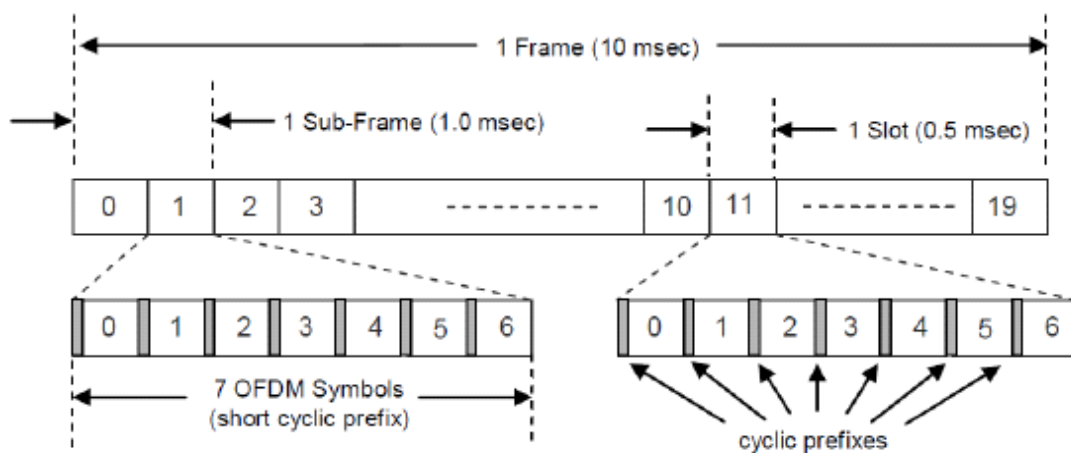
Το 802.16 η αλλιώς WiMAX (εμπορική ονομασία) αναπτύχθηκε από την ομάδα 16 της IEEE 802 όπως και το 802.11. Η IEEE 802 είναι η επιτροπή που ασχολείται με LAN, MAN (metropolitan area network) standards. Πρόκειται για μια τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης η οποία λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το WiFi, ωστόσο με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια. Συγκεκριμένα ενώ το WiFi εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας μέχρι 100 μέτρα, το WiMax φθάνει τα 50 χιλιόμετρα ή και παραπάνω. Το πρότυπο 802.16 εξασφαλίζει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ίσο με 54 Mbit/s. Μέχρι σήμερα το WiFi επέτρεπε την πρόσβαση στο Ιντερνέτ σε πολύ μικρή εμβέλεια γύρω από τα σημεία πρόσβασης (hotspots), όπως σε αεροδρόμια, συνεδριακούς χώρους ή ξενοδοχεία. Το WiMAX θα είναι σε θέση να κάνει το ίδιο σε εμβέλεια ολόκληρης πόλης, τα κτήρια της οποίας θα καλύπτουν με το σήμα τους οι εταιρείες παροχής Ιντερνέτ (ISP). Το WiMAX θα χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο Ιντερνέτ σε τελικούς χρήστες, με εξοπλισμό ιδιαίτερα εύκολο στην εγκατάσταση. Με τον ίδιο τρόπο που σήμερα εγκαθιστά κανείς στον υπολογιστή του μια κάρτα δικτύωσης Wi-Fi, μελλοντικά θα εγκαθιστά μια κάρτα WiMAX η οποία θα του επιτρέπει να χρησιμοποιήσει από τον οικιακό του χώρο (και όχι μόνο) τις ασύρματες υπηρεσίες που παρέχουν οι ISP.

LTE

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. Αναπτύσσεται από τον οργανισμό 3GPP. Βασίζεται στα προϋπάρχοντα 3G δίκτυα και ακολουθεί την πορεία των προηγούμενων 3G δικτύων τόσο για την κινητικότητα των χρηστών όσο και για την υψηλή απόδοση φάσματος. Συνεργάζεται με τα

με τα υπόλοιπα 3G δίκτυα προκειμένου να προσφέρει νέες αλλά και καλύτερες υπηρεσίες. Το πρότυπο του LTE είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων στη καθοδική ζεύξη (downlink) της τάξης των 300 Mbps και στην ανοδική (uplink) μέχρι και 75 Mbps. Για την καθοδική ζεύξη χρησιμοποιείται η διαμόρφωση OFDM(A) ενώ για την ανοδική η SC-FDMA.

Το πεδίο του χρόνου στο LTE χωρίζεται σε πλαίσια (frames). Κάθε πλαίσιο έχει διάρκεια 10 ms και χωρίζεται σε 10 υποπλαίσια (subframes) των 1 ms. Το μισό υποπλαίσιο (0.5 ms) ονομάζεται slot και στο FDD (frequency division duplex) αποτελείται από σύμβολα. Κάθε slot μπορεί να περιέχει 7 σύμβολα (normal cyclic prefix) ή 6 σύμβολα (Extended Cyclic Prefix). Στο TDD (time division duplex) κάθε υποπλαίσιο ανατίθεται για uplink, downlink ή απαραίτητη σηματοδότηση ελέγχου.

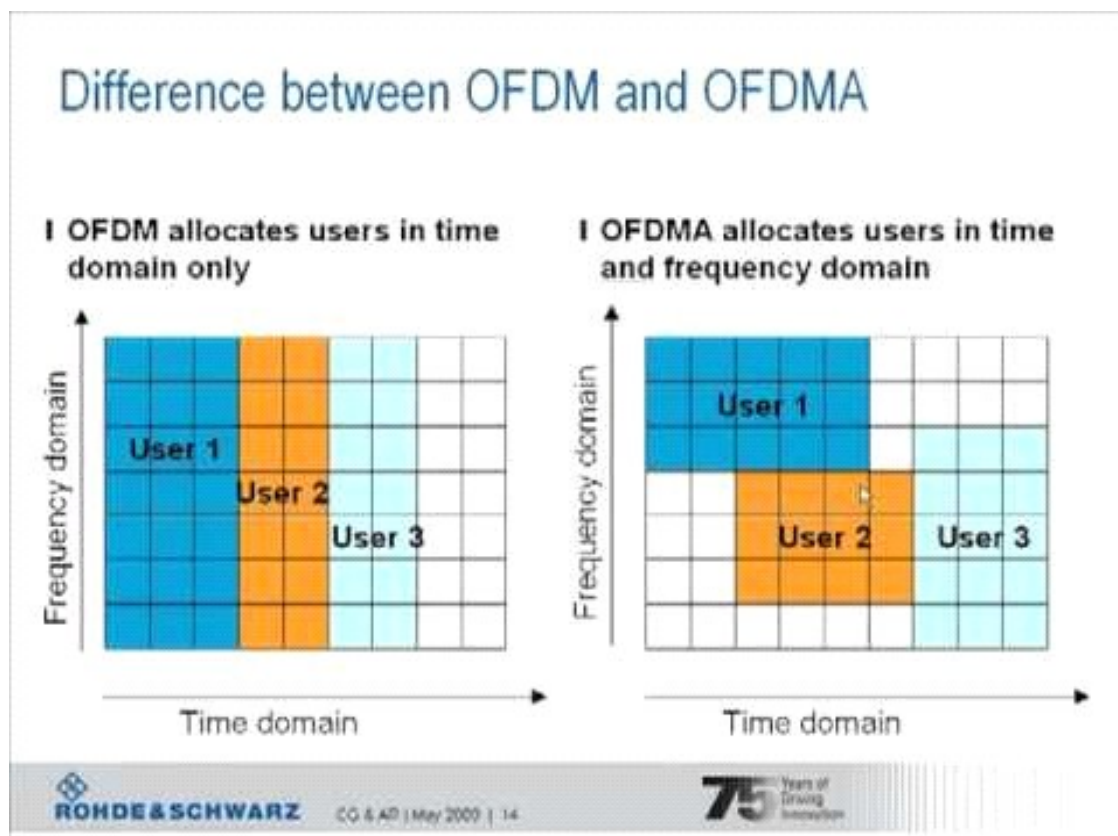


Εικόνα 5: Δομή LTE

(Πηγή: https://www.google.gr/search?client=opera&hs=UI6&biw=1326&bih=655&tbm=isch&sa=1&ei=6eYqWtq2CYK9UcTjlpGK&q=LTE+frame&oq=LTE+frame&gs_l=psy-ab.3..0i19k1l4j0i30i19k1l2j0i8i30i19k1l4.60280.60280.0.61102.1.1.0.0.0.380.380.3-1.1.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.1.379...0.z6RBB7YA6vk#imgsrc=4thlvu8GbLAFOM:)

3.4 Διαφορές με OFDM τεχνική

Όπως προαναφέραμε η τεχνική πολλαπλής πρόσβαση OFDMA μοιάζει πολύ με την OFDM. Παρόλο αυτά όμως οι τεχνικές παρουσιάζουν και κάποιες σημαντικές διαφορές. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι το OFDMA σύστημα διαιρεί τα διαθέσιμα υποφέροντα σε ομάδες (υποκανάλια) και μεταβιβάζει ένα ή περισσότερα υποκανάλια στους χρήστες υποστηρίζοντας πολλαπλές μεταδόσεις, ενώ η OFDM μεταβιβάζει όλες τις υποφέρουσες σε κάθε χρήστη. Η OFDMA υποστηρίζει ταυτόχρονη μετάδοση χαμηλού ρυθμού δεδομένων από πολλούς χρήστες, αλλά η OFDM μπορεί να υποστηρίξει μόνο έναν χρήστη σε δεδομένη στιγμή. Επίσης η OFDMA υποστηρίζει ισχύ ανά κανάλι ή υποφορέα, ενώ η OFDM πρέπει να διατηρεί την ίδια ισχύ για όλους τους υποφορείς. Μία ακόμα διαφορά είναι ότι η OFDM τεχνική είναι λιγότερο ανθεκτική στο ξεθώριασμα καθώς και στις παρεμβολές, αντίθετα η OFDMA είναι πιο ευάλωτη. Τέλος η τεχνική OFDM έχει σταθερό wimax PHY σε αντίθεση με την OFDMA που έχει κινητό wimax PHY.



Εικόνα 6: Διαφορές OFDM και OFDMA

(Πηγή:https://www.google.gr/search?client=opera&hs=UI6&biw=1326&bih=655&tbm=isch&sa=1&ei=6eYqWtq2CYK9UcTjlpGK&q=LTE+frame&oq=LTE+frame&gs_l=psy-ab.3..0i19k1l4j0i30i19k1l2j0i8i30i19k1l4.60280.60280.0.61102.1.1.0.0.0.380.380.3-1.1.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.1.379...0.z6RBB7YA6vk#imgrc=73w9pa4mcEINvM:)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΆΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Οι στρατηγικές πολλαπλής πρόσβασης επικεντρώνονται, γενικά, στην παροχή ορθογώνιων (μη αλληλοπαρεμβαλλόμενων) καναλιών επικοινωνίας για κάθε ενεργή ζεύξη. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι διαίρεσης των διαθέσιμων πόρων του συστήματος και κατανομής τους στο πλήθος των χρηστών είναι η πολυπλεξία στο πεδίο της συχνότητας, στο πεδίο του χρόνου και με χρήση κωδίκων.

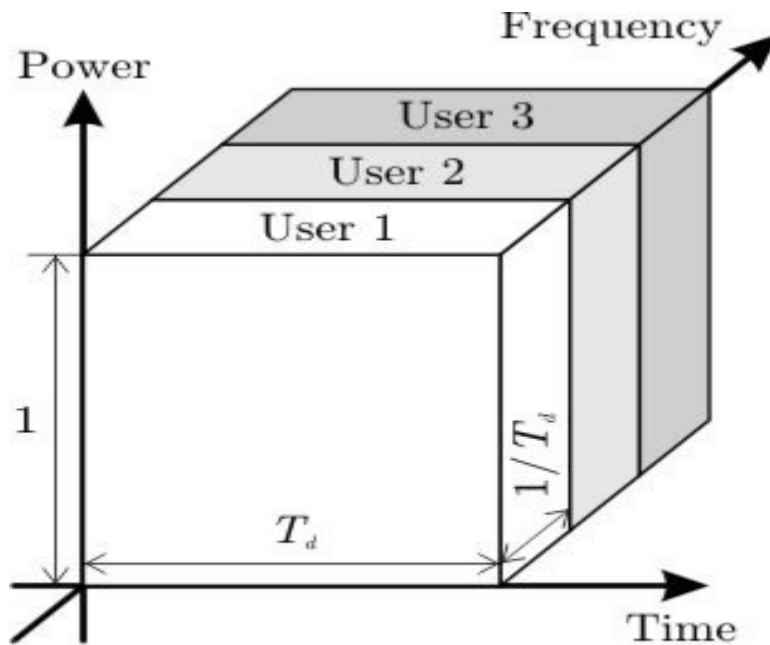
4.1 Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Συχνότητας (FDMA).

Το FDMA είναι μια μορφή μετάδοσης που διαιρεί τη συνολική συχνότητα σε ένα αριθμό καναλιών και κάθε κανάλι μπορεί να ανατεθεί σε οποιονδήποτε χρήστη. Η απονομή των φυσικών καναλιών-συχνοτήτων στους χρήστες μπορεί να είναι στατική (ραδιοφωνία, τηλεόραση) ή δυναμική (κινητή τηλεφωνία). Το FDMA παρέχει στους χρήστες μια μεμονωμένη κατανομή μιας ή περισσότερων ζωνών συχνότητας ή καναλιών, συντονίζοντας την πρόσβαση μεταξύ πολλών χρηστών. Ο χρήστης μεταφέρει τα δεδομένα χωρίς να επηρεάζεται από το πεδίο του χρόνου. Χρησιμοποιεί αποκλειστικά ένα τμήμα του διαθέσιμου συνόλου εύρους ζώνης συχνοτήτων.

Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στο σύστημα πολυπλεξίας διαίρεσης της συχνότητας (FDM). Στην τεχνική FDM το συνολικό εύρος ζώνης που είναι διαθέσιμο διαιρείται σε μια σειρά μη επικαλυπτόμενων ζωνών συχνοτήτων, οι οποίες παρέχονται σε διαφορετικές ροές δεδομένων. Στην τεχνική του FDMA συστήματος, οι αντίστοιχες ροές δεδομένων κατανέμονται σε διαφορετικούς κόμβους ή συσκευές. Ένα παράδειγμα τέτοιου συστήματος αποτελούν τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας πρώτης γενιάς (1G). Στα συστήματα αυτά σε κάθε κλήση γινόταν ανάθεση στα κανάλια συχνότητας άνω ζεύξης (uplink) και κατερχόμενης ζεύξης (downlink).

Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου παρουσιάζονται παρακάτω.

- Όλοι οι χρήστες μοιράζονται το κανάλι συχνότητας ταυτόχρονα, αλλά ο καθένας μεταδίδει σε μόνο μία συχνότητα.
- Η μέθοδος χρησιμοποιείται και σε αναλογικό και σε ψηφιακό σήμα.
- Κάθε χρήστης εκπέμπει και λαμβάνει σε διαφορετικές συχνότητες, εφόσον κάθε χρήστης παίρνει μία μοναδική σχισμή συχνότητας.



FDMA

Εικόνα 7: Κατανομή πόρων στην τεχνική FDMA

(Πηγή:https://www.google.gr/search?client=opera&biw=1326&bih=658&tbm=isch&sa=1&ei=NslkWvm7L4SYkwWh4oKYCg&q=fdma+&oq=fdma+&gs_l=psy-ab.3..0i19k1l10.928911.933779.0.934319.14.11.3.0.0.0.213.1329.0j7j1.10.0....0...1c.1.64.psy-ab..1.8.1074.0..0j0i24k1j0i67k1j0i30k1.357.Dx__d1GCPyU#imgrc=5-GkB11oTeVsaM:)

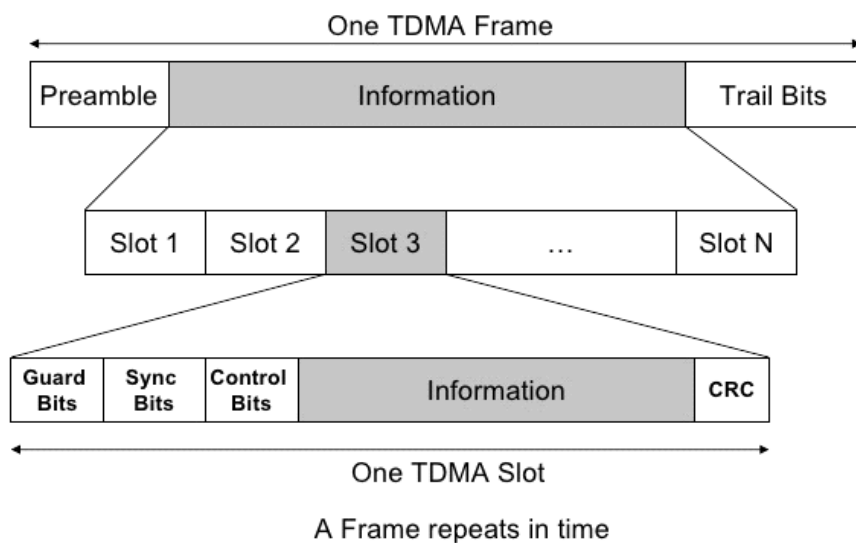
client=opera&biw=1326&bih=658&tbm=isch&sa=1&ei=NslkWvm7L4SYkwWh4oKYCg&q=fdma+&oq=fdma+&gs_l=psy-ab.3..0i19k1l10.928911.933779.0.934319.14.11.3.0.0.0.213.1329.0j7j1.10.0....0...1c.1.64.psy-ab..1.8.1074.0..0j0i24k1j0i67k1j0i30k1.357.Dx__d1GCPyU#imgrc=5-GkB11oTeVsaM:)

4.2 Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Χρόνου (TDMA)

Η πολλαπλή πρόσβαση χρόνου TDMA διακρίνει τα διαφορετικά φυσικά κανάλια στο πεδίο του χρόνου (TDM). Η απονομή των φυσικών καναλιών στους χρήστες γίνεται με την απόδοση μιας συγκεκριμένης

χρονικής σχισμής ή διαστήματος (time slot). Κάθε χρήστης έχει το δικαίωμα να μεταδίδει μόνο στα slots που του ανήκουν. Στο παρακάτω σχήμα αναπαρίσταται η ανάθεση των slots σε N χρήστες σύμφωνα με το TDMA πρωτόκολλο. Κάθε χρήστης μεταδίδει ένα πακέτο πληροφορίας στα slots που του αναλογούν με διάρκεια ίση ή μικρότερη του t_s (χρόνου που αναλογεί σε κάθε slot). Στην πορεία το δικαίωμα χρήσης του καναλιού δίνεται στον δεύτερο χρήστη για τα αντίστοιχα δευτερόλεπτα που του αναλογούν. Όταν και ο N-οστός χρήστης χρησιμοποιήσει το αντίστοιχο slot, ο κύκλος αρχίζει πάλι από τον πρώτο χρήστη και συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο.

General Frame and Time Slot Structure in TDMA Systems



Εικόνα 8: Διαχωρισμός του χρόνου στο TDMA.

(Πηγή:https://www.google.gr/search?client=opera&biw=1326&bih=658&tbm=isch&sa=1&ei=kqhkWrezJ4zzkwWuvJnIDQ&q=tdma+slot+&oq=tdma+slot+&gs_l=psy-ab.3...61218.62305.0.63074.6.5.0.1.1.0.184.642.0j4.4.0...0...1c.1.64.psy-ab..1.4.500...0i19k1j0i8i30i19k1j0i24k1.0.HjEWS9djSBA#imgsrc=pOX-w2RQpGGbFM:)

Η τεχνική TDMA, όπως και η FDMA, έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί πολλούς χρήστες. Τα συστήματα WiMAX χρησιμοποιούν ταυτόχρονα τις

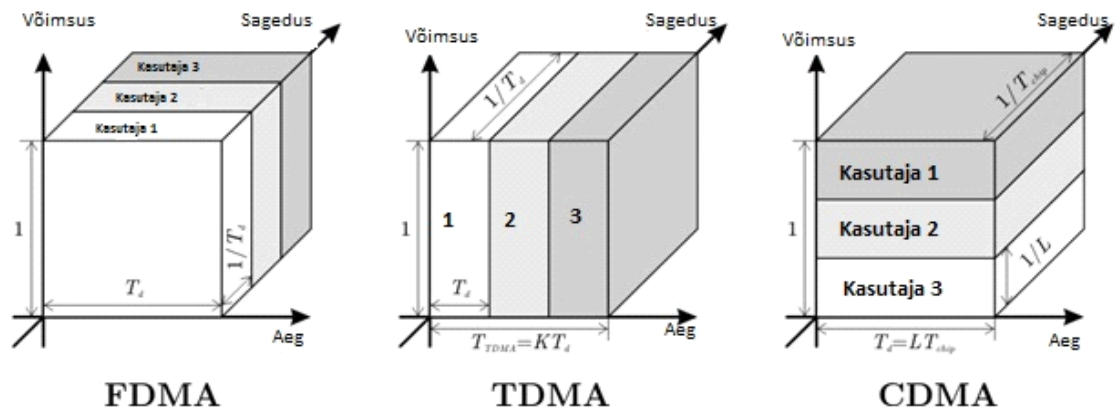
τεχνικές FDMA και TDMA καθώς με αυτόν τον τρόπο μπορεί να υποστηριχθεί μεγαλύτερος αριθμός χρηστών στο σύστημα.

Το TDMA χρησιμοποιείται στα ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα 2G, όπως για παράδειγμα το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (GSM) καθώς και στις ψηφιακές ενισχυμένες ασύρματες τηλεπικοινωνίες (DECT) για φορητά τηλέφωνα. Επίσης, χρησιμοποιείται σε δορυφορικά συστήματα.

4.3 Πολλαπλή Πρόσβαση με Διάρθρωση Κωδίκων (CDMA)

Η τεχνολογία αυτή αρχικά αναπτύχθηκε για την εξουδετέρωση των ραδιοφωνικών παρεμβολών που γίνονταν εκ προθέσεως στα στρατιωτικά συστήματα. Το 1949, ο John Pierce έγραψε ένα τεχνικό υπόμνημα το οποίο περιέγραφε ένα σύστημα πολλαπλής πρόσβασης που χρησιμοποιούσε ένα κοινό μέσο το οποίο μετέφερε ένα κωδικοποιημένο σήμα που δεν χρειαζόταν να συγχρονιστεί. Αργότερα εκείνο το έτος, ο Claude Shannon και ο Robert Pierce ανέπτυξαν τις βασικές λειτουργικές ιδέες για το σύστημα CDMA.

Η πολλαπλή πρόσβαση κώδικα CDMA διακρίνει τα διαφορετικά φυσικά κανάλια ή και τους διαφορετικούς χρήστες στο πεδίο των κωδίκων, δηλαδή η πληροφορία του κάθε χρήστη κωδικοποιείται με διαφορετικούς κώδικες που είναι σχεδόν ορθογώνιοι μεταξύ τους. Η ορθογωνιότητα μεταξύ των διαφορετικών κωδικών σημαίνει ότι η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (autocorrelation) τους είναι υψηλή ενώ η συνάρτηση διασυσχέτισης (crosscorrelation) λαμβάνει χαμηλές ή μηδενικές τιμές. Η ανεξαρτησία των κωδικών και της κωδικοποιημένης πληροφορίας επιτρέπει στον δέκτη να μπορεί να διακρίνει τον κάθε χρήστη εφαρμόζοντας τον κωδικό του χρήστη έστω και αν πολλοί διαφορετικοί χρήστες εκπέμπουν ταυτόχρονα αλλά και στις ίδιες συχνότητες. Ας δούμε λοιπόν ένα παράδειγμα από την καθημερινή μας ζωή προκειμένου να κατανοήσουμε τον ακριβή τρόπο λειτουργίας της τεχνικής CDMA. Βρισκόμαστε σε μια αίθουσα αεροδρομίου, όπου άνθρωποι διαφορετικών εθνικοτήτων μιλούν ταυτόχρονα σε διαφορετικές γλώσσες. Εάν εισέλθει κάποιος στην αίθουσα μπορεί ανάμεσα σε όλες αυτές τις ομιλίες να αντιληφθεί την δικιά του γλώσσα. Έτσι ακριβώς λοιπόν λειτουργεί η τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με κώδικα. Η CDMA τεχνική χρησιμοποιείται ήδη στα δίκτυα κυψελωτής τηλεφωνίας 2ης γενιάς των ΗΠΑ καθώς και στα δίκτυα 3ης γενιάς και στα ασύρματα τοπικά δίκτυα 802.11.



Εικόνα 9: Κατανομή πόρων στις 3 τεχνικές.

(Πηγή: https://www.google.gr/search?client=opera&biw=1326&bih=658&tbm=isch&sa=1&ei=NslkWvm7L4SYkwWh4oKYCg&q=fdma+%&oq=fdma+%&gs_l=psy-ab.3..0i19k1l10.928911.933779.0.934319.14.11.3.0.0.0.213.1329.0j7j1.10.0....0...1c.1.64.psy-ab..1.8.1074.0..0j0i24k1j0i67k1j0i30k1.357.Dx__d1GCPyU#imgdii=KR9-qhT3crxQ_M:&imgsrc=5-GkB11oTeVSaM:)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία: Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Γεώργιος Κ.Καραγιαννίδης Αν Καθηγητής Α.Π.Θ 2η Έκδοση Έκδοσεις ΤΖΟΛΑ.

Δημοσιεύσεις:

URLs:

1. http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13304/STE_MHP_00059_Medium.pdf?sequence=1
2. <https://gellym.pressbooks.com/chapter/6-1-h-έννοια-της-επικοινωνίας/>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency_division_multiplexing
4. http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/114/tlp_000385.pdf?sequence=1
5. http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/114/tlp_000385.pdf?sequence=1
6. <https://el.wikipedia.org/wiki/LTE>
7. http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4348/1/Nimertis_Mpalaskas%28mech%29.pdf
8. http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2008-0155/DT2008-0155.pdf

9. <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2364/CIED%20ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΤΟΣ%20ΙΩΑΝΝΗΣ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. http://www.rfwireless-world.com/Articles/OFDM_vs_OFDMA.html
11. <http://www.differencebetween.com/difference-between-ofdm-and-vs-ofdma/>
12. http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/6716/1/Nimertis_Papastylianou%28ele%29.pdf
13. <http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/6322/1/DT2012-0110.pdf>
14. <http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/7415/1/DT2015-0166.pdf>
15. <http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/3890/1/Ζήμος%20Ευάγγελος%20%285967%29-Diploma%20Thesis.pdf>
16. <http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI115/03%20Τεχνικές%20Ασύρματης%20Πολλαπλής%20Πρόσβασης%20%28Multiple%20Access%29.pdf>
17. <http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4740/ΠΤΥΧΙΑΚΗ%20ΕΡΓΑΣΙΑ%20-%20Ζηκοβέλης.pdf?sequence=1>
18. http://nestoras.ee.auth.gr/networks/DIKTYA_THEORY_2.pdf

Αναφορές:

Ref: Γεώργιος Κ.Καραγιαννίδης Τελεπικοινωνιακά Συστήματα.

Πρότυπα: