



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης (Μ.Δ.Ε.) στην Κατεύθυνση

Ψηφιακές Επικοινωνίες και Δίκτυα

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Διατριβή

Συστήματα επικοινωνιών Vehicle-to-Vehicle (V2V)

Συντάκτης: Ψωμαδέλλης Γεώργιος

Επιβλέπων καθηγητής : Αθανάσιος Κανάτας

24 Σεπτεμβρίου 2009

Αριθμός σελίδων :63

Περιεχόμενα

Αντί Προλόγου.....	6
Εισαγωγή	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
Αυτοκίνητο	8
1.1 Αυτοκίνητο και χρόνος.....	8
1.2 Τεχνολογία και ασφάλεια	8
1.3 Συνοψίζοντας	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	10
Ασύρματα δίκτυα	10
2.1 Πρότυπα των Wireless LANs	10
2.1.1 IEEE 802.11x	10
2.1.2 HiperLan I/II.....	11
2.1.3 HomeRF SWAP	11
2.1.4 Bluetooth.....	12
2.1.5 Wireless USB	12
2.2 Εφαρμογές.....	13
2.2.1 Επιχειρήσεις	13
2.2.2 Εκπαίδευση.....	13
2.2.3 Υγεία.....	13
2.2.4 Ψυχαγωγία.....	13
2.3 Τοπολογία των IEEE 802.11x δικτύων	14
2.4 Δομικά στοιχεία ενός WLAN	15
2.4.1 Συσκευές χρηστών.....	16
2.4.2 Λογισμικό δικτύου (Network Software).....	16
2.4.3 Ασύρματες κάρτες δικτύου (Wireless NICs)	16
2.4.4 Ασύρματες τοπικές γέφυρες (Wireless Local Bridges)	17
2.4.5 Κεραίες (Antennas).....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	18
Φυσικό στρώμα 802.11	18
3.1 Η αρχιτεκτονική του 802.11 φυσικού στρώματος	18
3.1.1 PCLP – Physical Layer Convergence Function:	18
3.1.2 PMD – Physical Medium Depended:	18
3.1.3 PLM – Physical Layer Management:	19
3.2 Οι λειτουργίες του 802.11 φυσικού στρώματος.....	19
3.3 Μετάδοση.....	20
3.4 Λήψη.....	20
3.5 Ανίχνευση φέροντος / αποτίμηση καθαρού καναλιού (CS/CCA – Carrier sense/clear channel assessment).....	21
3.6 Το 802.11a	21
3.7 Γενικές αρχές της OFDM τεχνικής.....	22
3.8 Πολυπλεξία φέροντος.....	22
3.8.1 Ορθωγωνιότητα (Orthogonality)	23
3.8.2 Guard time.....	24
3.8.3 Convolution Coding.....	25
3.9 Το 802.11a OFDM PMD υπόστρωμα.....	25
3.10 Η εφαρμογή της OFDM τεχνικής στο 802.11a.....	26
3.11 Οι παράμετροι για την υλοποίηση της OFDM τεχνικής στο 802.11a.....	26
3.12 Η δομή ενός OFDM καναλιού.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	29
Ασύρματη Τεχνολογία και αυτοκίνητο	29
4.1 Από το ASTM E2213-02 στο 802.11p.....	29

4.2 Το ασύρματο πρότυπο 802.11p σε Αμερική και Ευρώπη	30
4.3 Ορισμός των βασικών παραμέτρων της OFDM διαμόρφωσης στο 802.11p ...	32
4.4 MAC layer 802.11p	34
4.5 Αρχιτεκτονική δικτύου	37
4.6 Αρχιτεκτονική δικτύου αυτοκίνητου –χρηστή.....	38
4.7 Αρχιτεκτονική δικτύου επιμέρους (δευτερεύοντος) κόμβου.....	39
4.8 Αρχιτεκτονική δικτύου κεντρικού κόμβου	40
4.9 Σενάριο σύγκρουσης δυο οχημάτων	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	42
Προσομοίωση φυσικού επίπεδου 802.11P	42
5.1 Μοντέλο φυσικού επίπεδου IEEE 802.11p WLAN	42
5.1.1 Χρωματική απεικόνιση	43
5.1.2 Απλοποιήσεις και παραδοχές	43
5.1.3 Αποτελέσματα και εμφάνιση.....	43
5.2 Διερεύνηση του Demo	44
5.2.1 Variable -Rate Data source	44
5.2.2 Modulator Bank.....	46
5.2.3 OFDM Σύμβολο	49
5.2.3.1 Pilot	49
5.2.3.2 Training	49
5.2.3.3 Δημιουργία OFDM Frame	50
5.2.3.4 IFFT and FFT	51
5.2.3.5 Cyclic Prefix	52
5.2.4 Multiplex OFDM Frame	53
5.3 Χρόνοι.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	55
6.1 Προσομοίωση και αποτελέσματα.....	55
6.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προσημείωσης	59
6.3 Σύγκριση Θεωρητικών αποτελεσμάτων με αποτελεσμάτων προσομοίωσης ...	60
Βιβλιογραφία	63

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 2. 1 Infrastructure Mode	15
Εικόνα 2. 2 Ad – Hoc Mode	15
Εικόνα 2. 3 Διασύνδεση δικτύων με local και remote γέφυρες.....	17
Εικόνα 3. 1 Η αρχιτεκτονική του MAC επιπέδου σε σχέση με το PHY επιπέδου.....	18
Εικόνα 3. 2 Ο συσχετισμός των state machines	19
Εικόνα 3. 3 Η σχηματική αναπαράσταση της FDM τεχνικής.....	23
Εικόνα 3. 4 Η χρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος με την OFDM σε σχέση με την FDM τεχνική	23
Εικόνα 3. 5 Η ορθογωνιότητα σε σχέση με τη συχνότητα.....	24
Εικόνα 3. 6 ISI	25
Εικόνα 3. 7 Σχηματική αναπαράσταση ενός OFDM PMD πομποδέκτη.....	26
Εικόνα 3. 8 Δομή ενός OFDM καναλιού	27
Εικόνα 4. 1 Φασματική κατανομή καναλιών 802.11p πρωτοκόλλου στην Αμερική.....	30
Εικόνα 4. 2 Πρόταση φασματικής κατανομής καναλιών 802.11p πρωτοκόλλου στην Ευρώπη.....	31
Εικόνα 4. 3 Δομή OFDM Πακέτου 802.11 a Πρότυπου	32
Εικόνα 4. 4 Αρχιτεκτονική δικτύου V2V και V2I.....	37
Εικόνα 4. 5 Δίκτυο οχήματος	38
Εικόνα 4. 6 Δίκτυο επιμέρους κόμβου.....	39
Εικόνα 4. 7 Δίκτυο Κεντρικού κόμβου.....	40
Εικόνα 4. 8 Σύγκρουση οχημάτων.....	41
Εικόνα 5. 1 Μοντέλο 802.11p	42
Εικόνα 5. 2 Variable -Rate Data source	44
Εικόνα 5. 3 Υποσύστημα Variable -Rate Data source.....	45
Εικόνα 5. 4 Modulator Bank.....	46
Εικόνα 5. 5 Υποσύστημα Modulator Bank	46
Εικόνα 5. 6 υποσύστημα του διαμορφωτή.....	47
Εικόνα 5. 7 OFDM Σύμβολο.....	49
Εικόνα 5. 8 Υποσύστημα συνένωσης OFDM Frame.....	50
Εικόνα 5. 9 IFFT	51
Εικόνα 5. 10 Cyclic Prefix.....	52
Εικόνα 5. 11 Multiplex OFDM Frame	53
Εικόνα 6. 1 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 3 Mb/s.....	55
Εικόνα 6. 2 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 3 Mb/s	55
Εικόνα 6. 3 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 6 Mb/s.....	56
Εικόνα 6. 4 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 6 Mb/s	56
Εικόνα 6. 5 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 9 Mb/s.....	57
Εικόνα 6. 6 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 9 Mb/s	57
Εικόνα 6. 7 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 24 Mb/s.....	58
Εικόνα 6. 8 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 24 Mb/s	58
Εικόνα 6. 9 Θεωρητική απεικόνιση SNR με Probability of symbol error	61
Εικόνα 6. 10 Πειραματική απεικόνιση SNR με Probability of symbol error.....	62

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 3. 1 Οι παράμετροι 802.11a PHY Layer	22
Πίνακας 3. 2 οι διαθέσιμοι ρυθμοί μετάδοσης στο 802.11 a.....	26
Πίνακας 3. 3 Τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας και η επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής για την ανάπτυξη 802.11a συστημάτων επικοινωνίας στις ΗΠΑ	28
Πίνακας 4. 1 Βασικοί παράμετροι 802.11p φυσικού επιπέδου	34
Πίνακας 4. 2 Παράμετροι EDCA.....	35
Πίνακας 5. 1 Χρωματική απεικόνιση.....	43
Πίνακας 5. 2 Τύποι Κωδικοποίησης	47

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Αντί Προλόγου

Το παρόν κείμενο αποτελεί ανάλυση της μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής με θέμα Συστήματα επικοινωνιών Vehicle to Vehicle (V2V). Η διατριβή εκπονήθηκε από τον Ψωμαδέλλη Γεώργιο του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιά, υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Αθανάσιου Κανάτα.

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να δώσει στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα για τον σχεδιασμό ενός ασύρματου δικτύου πάνω στο οποίο θα μπορούν να στηριχθούν όλα τα μελλοντικά συστήματα μεταφοράς (αυτοκίνητα, τρένα κλπ) ανταλλάσσοντας χρήσιμες πληροφορίες. Εκβαθύνει στο βασικότερο και πιο εξελιγμένο πρότυπο που χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί μια ασύρματη ζεύξη μεταξύ οχημάτων, το 802.11p.

Το κείμενο αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στο πρώτο γίνεται λόγος για το τι είναι το αυτοκίνητο, την εξέλιξη του στους αιώνες ενώ στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρονται μερικές από τις σημαντικότερες τεχνολογικές ανακαλύψεις οι οποίες βοήθησαν στην εξέλιξη του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναφορά στα σημαντικότερα πρότυπα των WLANs αναφέρονται οι εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς και παρουσιάζονται οι τοπολογίες και τα δομικά στοιχεία που αποτελούν ένα ασύρματο δίκτυο.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναφορά στο Φυσικό στρώμα του ασύρματου προτύπου 802.11x και αναλύεται η τεχνική OFDM.

Στο τέταρτο πραγματοποιείται με εκτενής αναφορά στην χρήση των ασύρματων δικτύων στα οχήματα και ειδικότερα στο ασύρματο πρότυπο 802.11p αναφέροντας την εξέλιξη του και παρουσιάζοντας χρήσιμες πληροφορίες για χαρακτηριστικά του. Τέλος προτείνεται μια τοπολογία δικτύου παροχής 802.11p υπηρεσιών και αναλύεται το σενάριο σύγκρουσης δυο οχημάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μοντέλο προσομοίωσης και αναλύονται λεπτομερώς τα υποσυστήματα από τα οποία αποτελείται.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα τα οποία εξήλθαν από την προσομοίωση του παραπάνω μοντέλου.

Τέλος περιλαμβάνονται η βιβλιογραφία, οι πηγές και τα papers που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας.

Κλείνοντας τον πρόλογο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Αθανάσιου Κανάτα, για τις πολύτιμες υποδείξεις και συμβουλές του.

Εισαγωγή

Το αυτοκίνητο είτε σαν μέσο μεταφοράς επιβατών, είτε σαν μέσο μεταφοράς υλικών, ήταν εκείνο το όποιο πρώτο κατάφερε να ταξιδέψει με ασφάλεια σε χερσαίο έδαφος, μεγάλες μάζες πληθυσμού-υλικών καταργώντας τα σύνορα και τις αποστάσεις. Σήμερα τέσσερες τροχοί και ένας κινητήρας είναι αρκετά για να μεταφέρουν τον ιδιοκτήτη τους σε οπουδήποτε χερσαίο τμήμα της γης αυτός επιθυμεί και ταυτόχρονα να μεταφέρουν σχετικά γρήγορα και με σχετική ασφάλεια από ασήμαντα μικρό υλικά έως ευπαθή και άκρως απαραίτητα προϊόντα στα πιο απίθανα και δυσπρόσιτα μέρη σώζοντας τις ζωές χιλιάδων συνάνθρωπων μας .

Το 2002 υπήρχαν περίπου 590 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα παγκοσμίως (περίπου ένα ανά 11 κατοίκους), εκ των οποίων τα 140 εκατομμύρια στις ΗΠΑ (σχεδόν ένα ανά δύο κατοίκους). Ο αριθμός αυξάνεται συνεχώς, καθώς οι κάτοικοι των αναπτυσσόμενων κρατών σταδιακά αρχίζουν να αποκτούν πέραν του ενός επιβατικών αυτοκινήτων.

Δυστυχώς όμως οι σύγχρονες καταναλωτικές κοινωνίες απαξίωσαν το αυτοκίνητο και το μεταμόρφωσαν σε αυτοσκοπό και μέσο επίδειξης και επιβολής. Τα κριτήρια αγοράς ενός αυτοκινήτου σήμερα είναι τα πόσα μίλια ή χιλιόμετρα μπορεί να φτάσει και αν σε εμφανή σημεία του αμαξώματος του θα φέρει ένα σήμα το οποίο θα μπορούν να αναγνωρίζουν οι πάντες και θα προσδίδει κύρος στον ιδιοκτήτη του .

Ταυτόχρονα, κοινωνικά και άλλα αίτια καθώς και ο σύγχρονος ρυθμός ζωής δημιούργησαν αυτοκινητιστές (οδηγούς) «δολοφόνους» οι οποίοι είτε λόγω επιβεβαίωσης και έλλειψης αυτοεκτίμησης ανέπτυσαν μεγάλες ταχύτητες συναγωνιζόμενοι άλλους, είτε λόγω μεγάλης πίεσης και στρεσαρίσματος αφηρημένοι προκαλούσαν στην καλύτερη των περιπτώσεων μονό λίγες υλικές ζημιές και στη χειρότερη ήταν υπεύθυνοι για την απώλεια ανθρωπίνων ζωών.

Οι δημιουργοί του πρώτου αυτοκινήτου δεν θα φανταζόντουσαν ποτέ πως το όνειρο τους αυτό θα μεταμορφώνονταν σε ένα σύγχρονο δολοφονικό όπλο, και πως εκατομμύρια συνανθρώπων μας θα έχαναν καθημερινά τη ζωή τους ή θα τραυματιζόνταν σοβαρά κατά τη διάρκεια ενός αυτοκινητιστικού ατυχήματος .Υπό αυτές τις συνθήκες η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα έπρεπε να αντιδράσει και να προστατεύει με όλες τις δυνάμεις ότι πολυτιμότερο υπάρχει, την ίδια τη ζωή .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Αυτοκίνητο

Αυτοκίνητο ονομάζεται κάθε τροχοφόρο (συνήθως με τέσσερις τροχούς) όχημα με ενσωματωμένο κινητήρα, το οποίο κινείται (ως επί το πλείστον) στους αυτοκινητόδρομους, και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ανθρώπων και υλικών. Αυτές οι λίγες γραμμές μπορούν να περιγράψουν με τον καλύτερο τρόπο μια από τις σπουδαιότερες εφευρέσεις του σύγχρονου ανθρώπου, το αυτοκίνητο.

1.1 Αυτοκίνητο και χρόνος

Το αυτοκίνητο, με κινητήρα του Νικολάους Όττο (Nikolaus Otto) εσωτερικής καύσης και καύσιμο τη βενζίνη, εφευρέθηκε στη Γερμανία το 1885 από τον Καρλ Μπεντς (Karl Benz). Ο Μπεντς κατέθεσε τα σχέδια αυτού του αυτοκινήτου στο Μάνχαϊμ (Mannheim) της Γερμανίας για την απόκτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας, το οποίο και έλαβε στις 29 Ιανουαρίου 1886. Παρότι στον Μπεντς αποδόθηκε η εφεύρεση του αυτοκινήτου, αρκετοί άλλοι Γερμανοί, Γάλλοι και άλλων εθνικοτήτων μηχανικοί προσπαθούσαν να κατασκευάσουν παρόμοια οχήματα την ίδια εποχή. Το 1886 οι Γκότλιμπ Ντάιμλερ (Gottlieb Daimler) και Βίλχελμ Μάιμπαχ (Wilhelm Maybach) στην Στουτγάρδη κατέθεσαν αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την μοτοσυκλέτα, κατασκευασμένη και δοκιμασμένη το 1885. Το 1870, ο Γερμανό-Αυστριακός εφευρέτης Siegfried Marcus συναρμολόγησε ένα μηχανοκίνητο αμαξίδιο. Το όχημα του Marcus δεν ξεπέρασε το δοκιμαστικό στάδιο, ενώ πολύ ενωρίτερα, σχέδια για αυτοκινούμενο όχημα είχε καταρτίσει ο Γάλλος Νικολά Κουνιό (Nicolas Cugnot), τα οποία είναι αμφίβολο αν ποτέ υλοποιήθηκαν.

1.2 Τεχνολογία και ασφάλεια

Δεν υπάρχει αμφιβολία πως στις μέρες μας, κατασκευάζεται ο μεγαλύτερος αριθμός αυτοκινήτων καθώς τα σύγχρονα συστήματα παράγωγης έχουν τελειοποιηθεί. Τα σημερινά αυτοκίνητα φέρουν ένα μεγάλο αριθμό τεχνολογικών καινοτομιών οι οποίες τα καθιστούν ασφαλέστερα και αξιόπιστα περισσότερο από κάθε άλλη φορά στο παρελθόν.

Χιλιάδες τεχνολογικών βοηθημάτων αποδεικνύουν καθημερινά την χρησιμότητά τους, ακριβώς τη χρονική στιγμή που χρειάζεται και πάντα στο «πεδίο της μάχης» τον δρόμο. Αποτρέπουν τον τραυματισμό σώζοντας τις ζωές ενός μεγάλου αριθμού συνανθρώπων μας όπου είτε λόγω δική τους υπαιτιότητας-αμέλειας είτε λόγω άλλων αιτίων βρέθηκαν σε μια δύσκολη οδηγική στιγμή και δεν μπορούσαν να αντιδράσουν.

Αναφορικά θα μπορούσαμε να παρουσιάσουμε

- **Antilock Braking System (ABS).** Συστήματα όπως το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών το οποίο άρχισε να “τοποθετείται” στην S-Class της Mercedes το 1978 αλλά η πρώτη του εφαρμογή ήταν το 1929 σε αεροπλάνα. Βοήθησαν πάρα πολύ τους οδηγούς να αντιμετωπίσουν με επιτυχία μια δύσκολη στιγμή σε ακραίες συνθήκες όπως βροχής και σε ολισθηρό οδόστρωμα, αποτρέποντας τα περισσότερα τροχαία δυστυχήματα. Το ABS αποτρέπει τους τροχούς να μπλοκάρουν (με συνέπεια να ολισθαίνουν) και έτσι επιτρέπει στον οδηγό να στρίψει το τιμόνι (π.χ. για να αποφύγει κάτι), πράγμα το οποίο δεν θα μπορούσε να κάνει αν τροχοί μπλόκαραν.
- **Αερόσακοι ασφάλειας.** Στη δεκαετία του '80, οι πρώτοι αερόσακοι έκαναν την εμφάνισή τους και στα αυτοκίνητα. Ιδέα της υιοθέτησης στο αυτοκίνητο ενός μαξιλαριού ταχείας διόγκωσης για την αποτροπή τραυματισμών σε περίπτωση σύγκρουσης έχει μια πολύ μεγάλη ιστορική διαδρομή.
- **Εγκέφαλος αυτοκινήτου.** Κανονική Κεντρική μονάδα ελέγχου μηχανής (ECU), ή ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, είναι δυο από τις πολλές ονομασίες τις οποίες χρησιμοποιούμε για την ονομασία του εγκεφάλου αυτοκινήτου. Κατά βάση ο εγκέφαλος αυτοκινήτου είναι ένας υπολογιστής. Σαν υπολογιστής αποτελείτε από τη κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU, Central Processing Unit), η οποία περιέχεται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) και λειτουργεί με τις πληροφορίες που δέχεται. Τους καταχωρητές (registers) που περιλαμβάνουν τον accumulator (καταχωρητή συσσώρευσης δεδομένων), το μετρητή δεδομένων (data counter), μετρητή προγραμμάτων (program counter), και τον register οδηγιών. Η αριθμητική λογική μονάδα (ALU - Arithmetic Logic Unit) εκτελεί τις αριθμητικές και λογικές λειτουργίες. Αν και οι πρώτοι μικροϋπολογιστές για το αυτοκίνητο σχεδιάστηκαν για να ελέγχουν λειτουργίες του κινητήρα, (όπως π.χ τον έλεγχο του μείγματος καυσίμου-αέρα, της έναυσης, τον έλεγχο της κυκλοφορίας των καυσαερίων), σήμερα είναι αρκετά συνηθισμένο να βρίσκουμε μικροϋπολογιστές για τον έλεγχο και άλλων συστημάτων.

1.3 Συνοψίζοντας

Σίγουρα θα μπορούσαμε να συνεχίσουμε να αναφέρουμε ένα τεράστιο αριθμό από εξίσου σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα τα οποία έχουν ενσωματωθεί στα σύγχρονα αυτοκίνητα και διασφαλίζουν την οδηγική συμπεριφορά τους.. Τεχνολογικές όμως εφευρέσεις οι οποίες επί το πλείστον δραστηριοποιούνταν όταν ειδή ο οδηγός ήταν ανήμπορος να αντιδράσει.

Στις μέρες μας έχει αρχίσει να αναπτύσσεται ένας αριθμός από εφαρμογές που σκοπεύουν να αποτρέψουν τέτοιες καταστάσεις, προετοιμάζοντας και ενημερώνοντας τον χρήστη-οδηγό για το τι τον περιμένει και το τι πρόκειται να συναντήσει στο δρόμο στα επόμενα δευτερόλεπτα

Φυσικά αυτό δεν θα μπορούσε να αρχίσει να γίνεται πραγματικότητα δίχως την βοήθεια και την ανάπτυξη σύγχρονων τεχνολογιών όπως η ανάπτυξη ασυρμάτων δικτύων επικοινωνίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ασύρματα δίκτυα

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless LAN) είναι ένα σύστημα επικοινωνίας το οποίο καθιστά δυνατή την διασύνδεση μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων κινητών ή ακίνητων χρηστών. Η προσφορά κινητικότητας στους χρήστες είναι το κύριο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τα ασύρματα από τα ενσύρματα δίκτυα. Η συνηθισμένη ακτίνα δράσης ενός τέτοιου δικτύου εκτείνεται από αρκετά μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα καθιστώντας το ως μία ιδιαίτερα ευέλικτη λύση, επέκτασης των ενσύρματων δικτύων ή ακόμα και ως εναλλακτική λύση για υλοποίηση ολοκληρωμένων δικτυακών λύσεων.

Οι πρώτες προσπάθειες για τη δημιουργία ενός WLAN έγιναν στα τέλη της δεκαετίας του 1970 από τον Fritz R. Gfeller στα IBM Ruschlikon Laboratories στην Ελβετία. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία των υπέρυθρων ακτινών (Infrared – IR), αλλά το σχέδιο εγκαταλείφθηκε, διότι δεν ήταν εφικτή η επίτευξη του επιθυμητού ρυθμού μετάδοσης 1 Mbps μέσα σε μια λογική περιοχή κάλυψης. Στη συνέχεια έγιναν κι άλλες απόπειρες με χρήση ραδιοκυμάτων στα 900 MHz (Ferrert, HP Palo Alto Research Laboratories, 1980) και λίγο αργότερα στα 1,73 GHz (Motorola), αλλά απέτυχαν λόγω της πολυπλοκότητας των σχεδίων και της αδυναμίας εξασφάλισης μόνιμης άδειας χρήσης φάσματος από την FCC (Federal Communications Commission). Σήμερα είναι διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός από καινούργιες συσκευές και προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες και νέα πρότυπα. παρέχοντας μεγαλύτερη ευκολία και μεγαλύτερες ταχύτητες

Σήμερα ένας μεγάλος αριθμός από καινούργιες συσκευές και προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας, παρέχουν μεγαλύτερη ευκολία και μεγαλύτερες ταχύτητες στους ασύρματους χρήστες βασιζόμενα σε νέες τεχνολογίες και πρότυπα που θεσπίζουν διεθνείς οργανισμοί όπως ο ETSI (European Telecommunications Standard Institute) ή η IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) .Αναφορά σε μερικά από αυτ

2.1 Πρότυπα των Wireless LANs

2.1.1 IEEE 802.11x

Μια από τις γνωστότερες οικογένειες πρωτοκόλλων που περιγράφουν τη λειτουργία ασύρματων τοπικών δικτύων (WLAN) είναι αυτή του 802.11x . Σημαντικά πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας όπως το 802,11a , 802.11b , 802.11g και του νεότερου όλων 802.11n (Τελευταίο στάδιο Πιστοποίησης), Απαρτίζουν την οικογένεια αυτή αναδεικνύοντας την ως μία ιδιαίτερα ευέλικτη δικτυακή λύση για την υλοποίηση ολοκληρωμένων εφαρμογών, σε κάθε είδους επιχείρηση.

Συγκεκριμένα το 802.11 αποτελεί την πρώτη προσπάθεια της ομάδας εργασίας 11 της IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) το οποίο τυποποιήθηκε και δημοσιεύτηκε τον Ιουλίου του 1997 υποστηρίζοντας ταχύτητες έως 2 Mbps.

Η ανάγκη για δημιουργία ενός ασύρματου προτύπου το οποίο θα μπορούσε να υποστηρίξει τις περισσότερες γενικές απαιτήσεις σε περιβάλλοντα εργασίας αξιόπιστα και με ρυθμό μεγαλύτερο από αυτό των 2 Mbps , Ωθησε την IEEE στη

εξεύρεση λύσης, η οποία δεν άργησε και πολύ να έρθει ,και ήταν αυτή του προτύπου 802,11b το οποίο το 1999 κατάφερε να επιτυγχάνει ασύρματη μετάδοση δεδομένων με ρυθμό 11 Mbps.πάνω απ το κανάλι των 2.4 GHz κάνοντας χρήση της τεχνική DSSS, Το την ίδια χρονιά το Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) δημοσίευσε το πρότυπο 802.11a υποστηρίζοντας ταχύτητες μέχρι 54 Mbps, κάνοντας χρήση αυτή τη φορά της τεχνικής διαμόρφωσης OFDM στο επίπεδο των 5 GHz.

Τον Ιουνίου του 2003 το 802.11g πρότυπο εγκρίθηκε επίσημα και αποτέλεσε ένα είδος εξέλιξης στο υπάρχον 802.11b πρότυπο, για ασύρματες επικοινωνίες. Το νέο αυτό πρότυπο ενώ λειτουργούσε και αυτό στη συχνότητα των 2.4GHz ήταν ταχύτερο σε σχέση με το 802.11b, προσφέροντας ρυθμό μεταφοράς δεδομένων μέχρι 54 Mbps και χρησιμοποιούσε την τεχνική μετάδοσης OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), σημαντικά γρηγορότερη από τις τεχνικές που χρησιμοποιεί το 802.11b .

Τέλος τον Ιανουάριο του 2004 η IEEE ανακοίνωσε τη δημιουργία μίας νέας ερευνητικής ομάδας η οποία θα δραστηριοποιούνταν στην ανάπτυξη ενός νέου τροποποιημένου προτύπου 802,11 για ασύρματα τοπικά δίκτυα. Το υπό-ανάπτυξη πρότυπο ονομαστικέ 802,11n και αν και βρίσκεται στο τελευταίο στάδιο πιστοποίησης υπόσχεται ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων που αγγίζουν τα 540 Mbit/s .

2.1.2 HiperLan I/II

Το HiperLan καθιερώθηκε από την ETSI (European Telecommunications Standards Institute) το 1996 και αποτελείται από δύο εκδόσεις . Η πρώτη είναι το HiperLan I. Το πρότυπο αυτό λειτουργεί στη συχνότητα των 5 GHz και προσφέρει ένα ρυθμό δεδομένων της τάξης των 24 Mbps με χρήση της GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) . Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιεί μία παραλλαγή του CSMA/CA η οποία στηρίζεται στο χρόνο ζωής του πακέτου , την προτεραιότητα των πακέτων και τις αναμεταδόσεις στο επίπεδο MAC .Στην δεύτερη έκδοσή του standard, το HiperLan II , αλλάζει η τεχνική διαμόρφωσης που έχει επιλεγεί να είναι η OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing), ενώ υποστηρίζει διάφορους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (6, 9, 12, 18, 27, 36 και 54 Mbps) . Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στο υπόστρωμα MAC στηρίζεται σε μία διαφοροποιημένη λειτουργία της τεχνικής TDMA .

2.1.3 HomeRF SWAP

Μια εναλλακτική πρόταση για οικιακά δίκτυα με λίγους κόμβους είναι το πρότυπο HomeRF , το οποίο προωθείται από την Proxim και για το οποίο έχουν δηλώσει υποστήριξη 70 εταιρίες, όπως η Hewlett Packard . Το HomeRF στηρίζεται στην τεχνολογία SWAP (Shared Wireless Access Protocol , διαμοιραζόμενο πρωτόκολλο ασύρματης πρόσβασης) . Το SWAP συνδυάζει στοιχεία από το 802.11 μαζί με ιδέες από το ευρωπαϊκό σύστημα ψηφιακής ασύρματης τηλεφωνίας DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone),είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί με μεγάλη ποικιλία ασύρματων συσκευών και προσφέρει δυνατότητα πρόσβασης στο υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN- Public Switched Telephone Network).Παράλληλα προσφέρει ασύγχρονη μεταφορά δεδομένων CSMA/CA με ρυθμούς μετάδοσης μέχρι τα 2Mb/s(Όπως το 802.11).Αντίθετα με τα 802.11και το HIPERLAN, το υπο-επίπεδο της MAC περιλαμβάνει δυνατότητες σύγχρονης μετάδοσης χρησιμοποιώντας τεχνική TDMA(Time Division Multiple Access), προσφέροντας εγγυημένο bandwidth και συγκεκριμένη καθυστέρηση, χαρακτηριστικά απαραίτητα σε real-time εφαρμογές

όπως την μετάδοση φωνής .Για να αντιμετωπίσει το ζήτημα του κόστους, το SWAP χρησιμοποιεί ένα απλοποιημένο πρωτόκολλο καθώς επίσης και σχετικά απλή υλοποίηση στο φυσικό επίπεδο ,υποστηρίζοντας λιγότερες επιλογές για δικτυακές αρχιτεκτονικές

2.1.4 Bluetooth

Το πρότυπο Bluetooth που δημιουργήθηκε από τις Ericsson, IBM , Toshiba , Intel , Nokia και Motorola και υποστηρίζεται από άλλες 1900 εταιρίες, αποτελεί το συνηθέστερο πρότυπο για μικρών επιδόσεων ασύρματη δικτύωση ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά, PDA, PC, εκτυπωτές, fax, modem, πληκτρολόγια κ.τ.λ.) με χαμηλή κατανάλωση (0,01W) και χαμηλό κόστος .Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται PAN (Personal Area Networks, Δίκτυα Προσωπικού Χώρου) γιατί σε αντίθεση με τα LAN, ο χώρος ο οποίος καλύπτεται είναι πολύ λίγα μέτρα .Τα PAN έχουν ουσιαστικά σχεδιαστεί με σκοπό την κατάργηση των καλωδίων . Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μέχρι 1Mbps ενώ είναι δυνατή και η ταυτόχρονη μεταφορά ήχου . Η συχνότητα που εκπέμπονται τα δεδομένα είναι τα 2,4GHz ενώ χρησιμοποιείται η τεχνική εναλλαγής συχνότητας (FHSS) . Το Bluetooth υποστηρίζει τόσο άμεση επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συσκευές (point to point) όσο και επικοινωνία πολλών συσκευών με ένα Access Point (point to multipoint) . Η χωρητικότητά του είναι 8 συσκευές ανά δίκτυο αλλά η μέθοδος εναλλαγής συχνοτήτων (1600 εναλλαγές ανά δευτερόλεπτο σε 79 κανάλια) επιτρέπει σε περισσότερα από 1 δίκτυα να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο . Η ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στον πομπό και το δέκτη είναι 10 εκατοστά και η μέγιστη 10 μέτρα . Από πλευράς ασφάλειας, αν και το Bluetooth δεν παρέχει ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο, η μικρή του εμβέλεια περιορίζει τον κίνδυνο . Το πρωτόκολλο χαιρεί ιδιαίτερης εκτίμησης σε συσκευές όπως αυτές των hands free ενώ ήδη σχεδιάζονται εφαρμογές του στο αυτοκίνητο . Τέλος στη φάση σχεδιασμού βρίσκεται η επόμενη έκδοση του πρότυπου η οποία αναμένεται να εξασφαλίζει μεγαλύτερο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων .

2.1.5 Wireless USB

Αποτελεί το τελευταίο πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που δημιούργησε η Intel .Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι 480Mbps με σχέδια για μελλοντική αναβάθμιση στα 1000 Mbps ενώ η συχνότητα που εκπέμπει τα δεδομένα είναι UWB 3,1GHz-10.6GHz και ισχύ εκπομπής -41dBm/Hz για την Αμερική .Το WUSB λειτουργεί σε “infrastructure mode” δηλαδή απαιτεί την ύπαρξη ενός κεντρικού hub στο οποίο θα μπορούν να συνδεθούν μέχρι και 127 WUSB συσκευές και το οποίο ελέγχει πλήρως την εκπομπή των συσκευών αυτών μοιράζοντας τους time slots και bandwidth Παρέχει την ίδια ευκολία με το USB πρωτόκολλο. Όπως άριστη συνδεσιμότητα και ευκολία εγκατάστασης αλλά και συμβατότητα με αυτό γεγονός που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται μετατροπή στο software .Δυστυχώς όμως από πλευράς ασφάλειας το WUSB δεν παρέχει ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο και έγκειται στην ευαισθησία του κατασκευαστή η περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος

2.2 Εφαρμογές

Τα ασύρματα δίκτυα βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς της καθημερινής μας ζωής, καθώς και σε πληθώρα επαγγελματικών και εμπορικών δραστηριοτήτων. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές είναι σε:

2.2.1 Επιχειρήσεις

Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να βρουν εφαρμογή σε κάθε είδους επιχείρηση. Με ένα WLAN οι εργαζόμενοι μπορούν να εκμεταλλευθούν το ασύρματο δίκτυο για αποστολή e-mail, πρόσβαση σε αρχεία, βάσεις δεδομένων και πρόσβαση στο Internet, ανεξάρτητα από την θέση του γραφείου τους στο κτίριο, ακόμη και χωρίς να βρίσκεται σε αυτό. Παράλληλα με την δημιουργία ενός WLAN εκτός από τους εργαζόμενους σε μια επιχείρηση μπορούν να επωφεληθούν και οι πελάτες οι οποίοι εισέρχονται στο χώρο της επιχείρησης και κρατώντας ο καθένας τον προσωπικό του υπολογιστή εφοδιασμένο με μια ασύρματη κάρτα θα μπορούσε να λάβει το e-mail ,να εισέρθει στο διαδίκτυο και να πραγματοποιήσει οποιαδήποτε ηλεκτρονική συναλλαγή επιθυμεί σαν να βρίσκονταν στο γραφείο ή το σπίτι του

2.2.2 Εκπαίδευση.

Με τη χρήση WLAN από τα ακαδημαϊκά ιδρύματα οι φοιτητές μπορούν να έχουν πρόσβαση μέσω laptops στο πανεπιστημιακό δίκτυο. Με την χρήση laptop, γίνεται εφικτή και η τηλε-εκπαίδευση αφού όταν αποθηκεύονται διαλέξεις μαθημάτων σε μορφή βίντεο σε κάποιον server, μπορεί κάθε φοιτητής που έχει πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο να παρακολουθεί τις διαλέξεις αυτές ακόμα και από το σπίτι του.

2.2.3 Υγεία.

Μεγάλη είναι και η κλίμακα εφαρμογών των ασύρματων δικτύων στα νοσοκομεία. Παράδειγμα αποτελούν οι πληροφορίες για την υγεία κάποιου ασθενούς που βρίσκεται στο νοσοκομείο, επιτρέποντας σε γιατρούς και νοσοκόμες, να μαθαίνουν ανά πάσα στιγμή την κατάσταση της υγείας του ασθενούς. Αποκτώντας οι γιατροί και οι νοσοκόμες laptops, μπορούν να επικοινωνήσουν ασύρματα με κάποιον server είτε για να ενημερωθούν για το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς, είτε να γνωρίσουν στοιχεία για την πορεία της υγείας του. Έτσι για κάθε τυχόν αλλαγή στην υγεία του ασθενούς, όπως και κάθε αποτέλεσμα εξετάσεων που του γίνονται, μπορεί να ενημερωθεί η βάση δεδομένων που βρίσκεται στον server, από τον γιατρό ή τη νοσοκόμα.

2.2.4 Ψυχαγωγία.

Η όλο ένα και μεγαλύτερη εξάπλωση των ασυρμάτων δικτύων καθώς επίσης και οι μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων που προσφέρουν, καθιστούν τα ασύρματα δίκτυα σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη μορφών ψυχαγωγίας που μέχρι σήμερα ήταν δύσκολο να υλοποιηθούν με την υπάρχουσα ενσύρματη καλωδίωση.

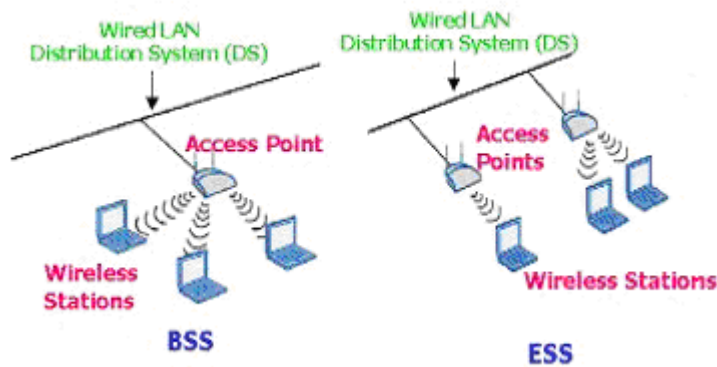
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η βίντεο-αναζήτηση (video on demand) , ο χρήστης συνδεδεμένος πλέον στο ασύρματο δίκτυο του παροχέα της υπηρεσίας video on demand και εκμεταλλευόμενος πλήρως το μεγάλο εύρος και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που του παρέχει το δίκτυο, θα μπορεί να επιλέξει από τον server της εταιρείας την ταινία της αρεσκείας του και είτε να την παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο είτε να την αποθηκεύσει σε κάποιο μέσο αποθήκευσης και να την παρακολουθήσει οποια στιγμή αυτός επιθυμεί. Τέλος θα μπορεί να ψυχαγωγηθεί παίζοντας το αγαπημένο του ηλεκτρονικό παιχνίδι συνδέοντας απλώς την κατάλληλη ασύρματη συσκευή σε έναν από τους ασύρματους κόμβους μιας εταιρείας που παρέχει την συγκεκριμένη υπηρεσία

2.3 Τοπολογία των IEEE 802.11x δικτύων

Με τον όρο τοπολογία σε ένα ασύρματο δίκτυο, εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο διασυνδέονται οι σταθμοί (stations) είτε μεταξύ τους είτε με κάποιο ενσύρματο δίκτυο, ώστε να παρέχονται οποιεσδήποτε υπηρεσίες από ένα χρήστη σε κάποιον άλλο (π.χ. από ένα Server σε ένα Client). Ένας σταθμός είναι κάθε συσκευή η οποία εμπεριέχει τις λειτουργίες του 802.11 (δηλαδή το επίπεδο MAC, το φυσικό στρώμα και μια διασύνδεση (interface) με το ασύρματο μέσο). Υπάρχουν δύο βασικές τοπολογίες που χρησιμοποιούν σήμερα τα ασύρματα δίκτυα.

Πρώτος τρόπος λειτουργίας είναι ο Infrastructure Mode. Αυτός αποτελείται από ένα τουλάχιστον AP το οποίο συνδέεται σε ένα σύστημα διανομής (Distribution System). Αυτή η τοπολογία μπορεί να υλοποιηθεί, όπως φαίνεται και από την εικόνα 2.1 με δύο διαφορετικά δομικά συστατικά. Το πρώτο είναι το BSS (Basic Service Set). Όπως φαίνεται και από την εικόνα 2.1 αυτό αποτελείται από τρεις σταθμούς (stations – STA) οι οποίοι είναι μέλη του BSS. Σύμφωνα με αυτή τη τοπολογία κάθε σταθμός που είναι μέλος του BSS μπορεί να επικοινωνήσει με ένα ενσύρματο LAN μέσω ενός AP.

Το δεύτερο δομικό συστατικό είναι το ESS. Σύμφωνα με αυτό το τρόπο λειτουργίας, επεκτείνονται οι δυνατότητες ενός ασύρματου δικτύου αφού παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης περισσότερων BSS μεταξύ τους. Αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1, επιτυγχάνεται με την χρήση τόσων APs όσα είναι και τα BSS που θέλουμε να συνδέσουμε σε ένα LAN. Στο παράδειγμά μας, αυτό που φαίνεται στην εικόνα δηλαδή, έχουμε δύο BSS τα οποία συνδέονται σε ένα ενσύρματο LAN μέσω δύο αντιστοίχων APs .



Εικόνα 2. 1 Infrastructure Mode

Στον δεύτερο τρόπο λειτουργίας εισάγεται ένα ακόμη δομικό στοιχείο που έχει το όνομα IBSS. Σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας κάθε σταθμός μπορεί να επικοινωνήσει απευθείας με ένα άλλο χωρίς την μεσολάβηση κάποιου AP. Αυτού του είδους το δίκτυο ονομάζεται Ad – Hoc. Ο τρόπος σύνδεσης του κάθε σταθμού φαίνεται στην εικόνα 2.2.



Εικόνα 2. 2 Ad – Hoc Mode

2.4 Δομικά στοιχεία ενός WLAN

Για να γίνει όμως εφικτή η ασύρματη μετάδοση δεδομένων από ένα σταθμό σε ένα άλλο, είναι απαραίτητη η χρήση κάποιων δομικών στοιχείων, υλικών δηλαδή hardware αλλά και χρήση κατάλληλου λογισμικού δηλαδή software. Τα στοιχεία αυτά βοηθούν στην αποστολή, λήψη και επεξεργασία των σημάτων από τον ένα σταθμό στον άλλο. Τέτοιου είδους δομικά στοιχεία περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

2.4.1 Συσκευές χρηστών.

Πρόκειται για το μέσο διασύνδεσης του τελικού χρήστη – πελάτη με τις υπηρεσίες και τις εφαρμογές που παρέχει το ασύρματο δίκτυο. Μερικά παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι τα εξής :

- Laptop computers
- Palmtop computers
- Handheld PCs and printers
- Personal Digital Assistants (PDAs)
- Hanheld printers and scanners

2.4.2 Λογισμικό δικτύου (Network Software)

Όπως κάθε ενσύρματο δίκτυο, έτσι και κάθε ασύρματο για να λειτουργήσει σωστά, απαιτείται η εγκατάσταση ειδικού λογισμικού (software). Ένα σύστημα διαχείρισης δικτύου (NOS: Network Operating System), όπως είναι για παράδειγμα το Microsoft NT Server, παρέχει διαφόρων ειδών υπηρεσίες, όπως διαμοιρασμό δεδομένων (file sharing) και διαμοιρασμό συσκευών (π.χ Printer sharing). Πολλά τέτοια συστήματα στηρίζονται στην ύπαρξη ενός server, στον οποίο βρίσκονται οι βάσεις δεδομένων στις οποίες έχουν πρόσβαση οι διάφορες συσκευές τις οποίες ελέγχει ο χρήστης. Στις τελευταίες έχει εγκατασταθεί ειδικό λογισμικό (client software), το οποίο κατευθύνει τις εντολές του χρήστη στον server .

2.4.3 Ασύρματες κάρτες δικτύου (Wireless NICs)

Η ασύρματη κάρτα δικτύου (Wireless Network Interface Card) χρησιμοποιείται για την μετάδοση του ψηφιακού σήματος ενός υπολογιστή μέσω του ασύρματου μέσου σε έναν άλλο υπολογιστή. Στην διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνεται η διαμόρφωση και η ενίσχυση του σήματος.

Η διασύνδεση της ασύρματης κάρτας με την συσκευή του χρήστη συμπεριλαμβάνει και έναν οδηγό λογισμικού (software driver). Το λογισμικό αυτό είναι εκείνο που καθοδηγεί την κάρτα για την επεξεργασία και τη διαμόρφωση του σήματος τόσο αυτού που λαμβάνει ένας δέκτης όσο και αυτού που στέλνει ο ίδιος.

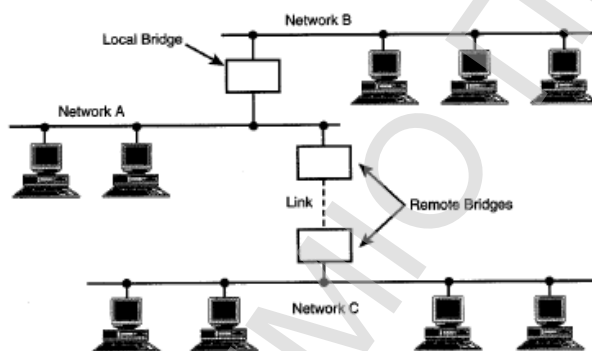
2.4.4 Ασύρματες τοπικές γέφυρες (Wireless Local Bridges)

Οι γέφυρες δικτύων αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της τοπολογίας ενός δικτύου καθώς συνδέουν δύο ή περισσότερα LANs μεταξύ τους στο επίπεδο του υποστρώματος MAC. Οι γέφυρες χωρίζονται σε δύο είδη (τα οποία παρουσιάζονται στην εικόνα 3.4):

Local bridges: Συνδέουν τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση.

Remote bridges: Συνδέουν δίκτυα που χωρίζονται από αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτές που μπορούν να υποστηρίξουν τα πρωτόκολλα των τοπικών δικτύων.

Στην ορολογία των ασύρματων δικτύων οι γέφυρες αναφέρονται ως APs (Access Points), τα οποία είναι συσκευές απαραίτητες για τη διασύνδεση ενός WLAN με ένα ενσύρματο δίκτυο, αλλά και τη διασύνδεση πολλών WLAN μεταξύ τους.



Εικόνα 2. 3 Διασύνδεση δικτύων με local και remote γέφυρες.

2.4.5 Κεραίες (Antennas)

Η κεραία εκπέμπει το διαμορφωμένο σήμα μέσω του αέρα ώστε αυτό να φτάσει στον προορισμό του. Γενικά, οι κεραίες διακρίνονται σε πολλά είδη και μεγέθη και χαρακτηρίζονται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Μοντέλο διάδοσης (propagation pattern)
- Ευαισθησία (Gain)
- Ισχύς μετάδοσης (Transmit power)
- Εύρος ζώνης (Bandwidth)

Το μοντέλο διάδοσης μιας κεραίας καθορίζει την περιοχή κάλυψης (coverage area) της κεραίας. Για την μετάδοση του σήματος στα WLAN χρησιμοποιούνται κυρίως δύο είδη κεραίων:

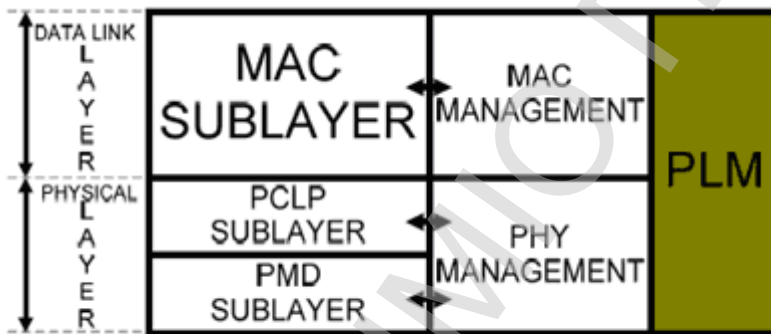
- **Μια πολυκατευθυντική (omni directional) κεραία**, η οποία διοχετεύει την ισχύ της προς κάθε κατεύθυνση.
- **Μια μονοκατευθυντική (directional) κεραία**, η οποία συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος της σε μία μόνο κατεύθυνση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Φυσικό στρώμα 802.11

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται και αναλύεται η λειτουργία του φυσικού επιπέδου γνωστού και ως PHY Layer όπως αυτό αναφέρεται στο 802.11 πρότυπο. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται η αρχιτεκτονική, οι λειτουργίες και τα είδη φυσικών στρωμάτων που καθορίζονται για τις διάφορες τεχνικές μετάδοσης

3.1 Η αρχιτεκτονική του 802.11 φυσικού στρώματος



Εικόνα 3. 1 Η αρχιτεκτονική του MAC επιπέδου σε σχέση με το PHY επίπεδο

Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του MAC επιπέδου σε σχέση με το PHY επίπεδο σύμφωνα με το μοντέλο OSI/IEC. Το PHY επίπεδο παρέχει τις υπηρεσίες του στο MAC επίπεδο χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες που παρέχονται από τις PCLP και PMD οντότητες καθώς και την PLM. Η PCLP ,η PMD και η PLM περιγράφονται παρακάτω.

3.1.1 PCLP – Physical Layer Convergence Function: Οι λειτουργίες του PCLP υποστρώματος είναι η προσαρμογή των δυνατοτήτων του PMD υποστρώματος για τον σχηματισμό MPDU's οι οποίες είναι κατάλληλες προς μετάδοση καθώς και να εισάγει σε αυτές δεδομένα που χρειάζονται για την επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών χρησιμοποιώντας το PMD υπόστρωμα. Γενικά το PCLP υπόστρωμα παρέχει τις λειτουργίες ανίχνευσης φέροντος και ανάθεσης καναλιού (Carrier Sense και CCA – Clear Channel Assessment). Για το PCLP υπόστρωμα ορίζονται δύο τύποι δομής μία με μεγάλο preamble και μία με μικρό. Η δυνατότητα μικρού πεδίου preamble ορίζεται σε υπηρεσίες όπως streaming video και VoIP

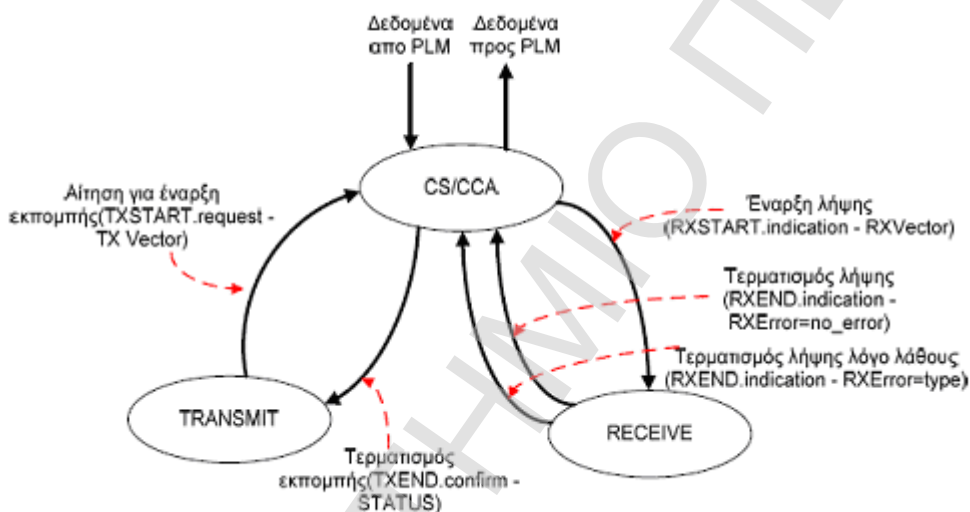
3.1.2 PMD – Physical Medium Depended: Το PMD υπόστρωμα χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του PCLP υποστρώματος και παρέχει την μέθοδο με την οποία τα δεδομένα θα μεταδοθούν στο μέσο επικοινωνίας ώστε να παρέχεται η επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών. Γενικά με τις υπηρεσίες του PMD υποστρώματος καθορίζονται τα χαρακτηριστικά και οι μέθοδοι για εκπομπή και λήψη

δεδομένων μέσω του ασύρματου μέσου μετάδοσης μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών, παρέχεται ο CCA μηχανισμός και εκτελείται η διαδικασία κωδικοποίησης του σήματος.

3.1.3 PLM – Physical Layer Management: Η PLM οντότητα παρέχει διαχειρίζεται τις λειτουργίες του φυσικού στρώματος σε συνεργασία με το MAC επίπεδο.

3.2 Οι λειτουργίες του 802.11 φυσικού στρώματος.

Στο PCLP υπόστρωμα καθορίζονται οι λειτουργίες του οι οποίες αναφέρονται και ως state machines. Οι λειτουργίες αυτές είναι η μετάδοση (transmit) – Tx , η ανίχνευση φέροντος / αποτίμηση καθαρού καναλιού (carrier sense/clear channel assessment–CS/CCA) και η λήψη (receive) – Rx. Η διαδικασία της κάθε λειτουργίας παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4



Εικόνα 3. 2 Ο συσχετισμός των state machines

Οι έννοιες και η σημασία των διάφορων μεταβλητών που αναφέρονται στο σχήμα 4.2 είναι:

TX START.request: Συνάρτηση της οποίας η τιμή ζητείται από το MAC υπόστρωμα ως πληροφορία για το αν μπορεί να ξεκινήσει η μετάδοση μίας MPDU.

TXVECTOR: Μία λίστα από παραμέτρους που παρέχεται από το MAC επίπεδο στο PHY επίπεδο και αφορά την μετάδοση μίας MPDU.

TXEND.confirm: Συνάρτηση της οποίας η τιμή περνά από το MAC επίπεδο στο PHY επίπεδο και δηλώνει το τέλος μίας επιτυχούς μετάδοσης.

RXSTART.indication: Συνάρτηση της οποίας η τιμή δίνεται από το PHY επίπεδο στο MAC υπόστρωμα και δηλώνει την έγκυρη λήψη SFD (Start Frame Delimiter) και Header από το PCLP υπόστρωμα.

RXVECTOR: Αναπαριστά μία λίστα παραμέτρων που παρέχεται από το PHY επίπεδο στο MAC υπόστρωμα σχετικά με την σωστή λήψη PCLP Header.

RXEND.indication: Συνάρτηση της οποίας η τιμή δίνεται από το PHY επίπεδο στο MAC υπόστρωμα και δηλώνει το τέλος λήψης μίας MPDU.

RXERROR: Παράμετρος η οποία ανάλογα την τιμή της δηλώνει καταστάσεις NoError, FormatViolation, CarrierLost, UnsupportedRate. Οι καταστάσεις αυτές δηλώνουν η κάθε μια τα εξής

NoError: Δεν παρουσιάστηκε λάθος κατά τη διαδικασία λήψης από την PCLP υπηρεσία

FormatViolation: Παρουσιάστηκε μη αποδεχτή PCLPPDU κατά τη λήψη (δεδομένα των οποίων το format δεν υποστηρίζεται)

CarrierLost: Δηλώνει ότι κατά τη διαδικασία λήψης μίας MPDU το φέρον σήμα χάθηκε και η διαδικασία λήψης δεν θα συνεχισθεί.

UnsupportedRate: Δηλώνει ότι κατά τη διαδικασία λήψης μίας PCLPPDU ανιχνεύθηκε μη υποστηριζόμενος ρυθμός μετάδοσης και λήψης.

3.3 Μετάδοση

Η διαδικασία μετάδοσης δεδομένων υλοποιείται από την CS/CCA λειτουργία όταν η τιμή της TXSTART.request (TXVECTOR) συνάρτησης ληφθεί από το MAC υπόστρωμα με το CSMA/CA πρωτόκολλο να υλοποιείται από το MAC υπόστρωμα ενώ η μετάδοση από την CS/CCA. Όταν η διαδικασία μετάδοσης ενεργοποιηθεί το PCLP υπόστρωμα θέτει το κύκλωμα του PMD υποστρώματος σε κατάσταση μετάδοσης με ρυθμό 1Mbps ενώ θα ορίσει και θα μεταδώσει τα Sync και SFD πεδία του PCLP Preamble πεδίου ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη κεραία. Επίσης το PCLP υπόστρωμα θα δημιουργήσει την PCLP Header ώστε να σταλθεί σε χρόνο ίσο με την χρονοθυρίδα (slot time) που της αντιστοιχεί.

3.4 Λήψη

Η διαδικασία λήψης υλοποιείται από την PCLP CS/CCA λειτουργία όταν ανιχνευθεί ένα Sync πεδίο ακολουθούμενο από ένα έγκυρο SFD πεδίο και μία PCLP Header. Το PCLP υπόστρωμα θέτει έναν μετρητή ο οποίος μετρά ανά οκτάδες τα bit μίας εισερχόμενης PPDU και χρησιμεύει στο να καθορίζεται το τέλος ενός πακέτου επίσης λαμβάνει και αποκωδικοποιεί τις εισερχόμενες PPDU. Οι λαμβανόμενες σωστά PPDU προωθούνται στο MAC υπόστρωμα μαζί με την ένδειξη DATA.indicate(DATA) (τα δεδομένα που λαμβάνονται από το MAC υπόστρωμα). Όταν όλες οι PPDU ληφθούν χωρίς λάθη η RXEND.indicate (RXERROR=no_error) στέλνεται στο MAC υπόστρωμα και ο μετρητής θέτεται ίσος με μηδέν. Υπάρχει η πιθανότητα βέβαια να παρουσιασθεί λάθος κατά την λήψη. Σε περιπτώσεις που ανιχνευθεί κάποιο λάθος το οποίο προήλθε λόγω μη υποστηριζόμενου ρυθμού μετάδοσης και λήψης ή παρουσιασθεί απώλεια φέροντος (carrier lost) τότε η RXEND.indicate(RXERROR=unsupported_rate) ένδειξη στέλνεται στο MAC υπόστρωμα ενώ η τιμή του μετρητή την στιγμή που παρουσιάστηκε το λάθος και ο ρυθμός μετάδοσης όπως αυτός αναφέρεται στην PCLP Header περνούν στην ως παράμετροι στην CS/CCA λειτουργία ενώ σε περίπτωση απώλειας φέροντος η

RXEND.indicate (RXERROR=carrier_lost) ένδειξη στέλνεται στο MAC υπόστρωμα ενώ η τιμή του μετρητή την στιγμή που παρουσιάστηκε το λάθος και ο ρυθμός μετάδοσης όπως αυτός αναφέρεται στην PCLP Header περνούν ως παράμετροι στην CS/CCA λειτουργία.

3.5 Ανίχνευση φέροντος / αποτίμηση καθαρού καναλιού (CS/CCA – Carrier sense/clear channel assessment).

Για τη υλοποίηση της CSMA/CA τεχνικής στο 802.11 στο PCLP υπόστρωμα συμπεριλαμβάνεται η λειτουργία για τον καθορισμό της κατάστασης του μέσου μετάδοσης (εάν χρησιμοποιείται ή εάν δεν χρησιμοποιείται). Το MAC υπόστρωμα χρησιμοποιεί virtual και physical ανίχνευση φέροντος με την physical ανίχνευση να υλοποιείται στο φυσικό επίπεδο. Από το πρότυπο δεν καθορίζεται το πώς το σήμα παρουσιάζεται στους 802.11 σταθμούς και οι κατασκευαστές μπορούν να υλοποιούν την υπηρεσία αυτή ανάλογα με την απαιτούμενη απόδοση που θέλουν να έχουν οι συσκευές τους περιοριζόμενοι όμως από τα επίπεδα ισχύος που θα μεταδίδονται ή θα ανιχνεύονται από τις συσκευές καθώς και το είδος του σήματος π.χ. DSSS τεχνική διαμόρφωσης.

Η PCLP CS/CCA διαδικασία εκτελείται όταν ένας σταθμός δεν λαμβάνει η μεταδίδει δεδομένα και χρησιμοποιείται για την ανίχνευση φέροντος και τον καθορισμό συσχέτισης π.χ. ο ρυθμός μετάδοσης σε ένα δίκτυο και ο καθορισμός της κατάστασης του καναλιού (ελεύθερο μέσο μετάδοσης ή μη ελεύθερο μέσο μετάδοσης) για μετάδοση δεδομένων.

Για τον καθορισμό του ελεύθερου ή μη καναλιού και για τον συσχετισμό χρησιμοποιούνται τα PIFS, DIFS χρονικά διαστήματα, οι χρονοθυρίδες (slot times) του παραθύρου υποχώρησης και οι CS/CCA παράμετροι ώστε να ανιχνευθεί το τελευταίο bit του τελευταίου πακέτου που μεταδόθηκε στο μέσο μετάδοσης αλλά και να καθορισθεί η δυνατότητα συσχέτισης σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (slot time)

3.6 Το 802.11a

Πολλές από τις συσκευές δικτύωσης οι οποίες ακολουθούν το 802.11 πρότυπο λειτουργούν στα 2.4 GHz στην ISM μπάντα συχνοτήτων. Στην προσπάθεια του για ανάπτυξη προτύπων για ασύρματη δικτύωση με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης το 802.11 working group αναζήτησε την λύση στην ελεύθερη μπάντα των 5GHz. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής η μπάντα των 5GHz είναι ελεύθερη για ιδιωτική (unlicensed) χρήση όπως ορίζεται από το Unlicensed National Information Infrastructure (UNII). Οι μπάντες συχνοτήτων οι οποίες ορίζονται από το U-NII παρέχουν διαθέσιμο φάσμα μεγαλύτερο από αυτό που προσφέρουν τα 2.4GHz. Παρ' όλα αυτά δεν κατασκευάζονται πολλές συσκευές που να λειτουργούν σε αυτές τις μπάντες. Υπάρχει όμως το 802.11a working group το οποίο ασχολείται με την ανάπτυξη του φυσικού μέσου για εκπομπή και λήψη στην μπάντα των 5GHz χρησιμοποιώντας την OFDM τεχνική διαμόρφωσης σήματος. Οι παράμετροι του 802.11a OFDM PHY Layer παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1.

Παράμετρος	Τιμή
Maximum MAC frame length	4095 bytes
Slot time	9μs
SIFS time	16μs
Contention Window Size	15 – 1023 slots
Preamble Duration	20μs
PCLP Header Duration	4μs

Πίνακας 3. 1 Οι παράμετροι 802.11a PHY Layer

Παρά το ότι στην μπάντα των 5GHz προσφέρεται περισσότερο φάσμα, το 802.11a φυσικό επίπεδο δε έχει μεγάλη εμπορική επιτυχία. Αυτό οφείλεται στα μειονεκτήματα που έχει η μπάντα των 5GHz έναντι των 2.4GHz όπως η μεγαλύτερη εξασθένηση του σήματος (path loss) αλλά και η μεγαλύτερη ισχύς στην εκπομπή του σήματος που χρειάζεται για αυτές τις συχνότητες γεγονός που θέτει το 802.11a φυσικό επίπεδο ακατάλληλο να υλοποιηθεί για φορητές συσκευές(π.χ. laptop, PDA).

Το 802.11a βασίζεται στην OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) τεχνική μετάδοσης. Η OFDM τεχνική χρονικά εμφανίστηκε το περίπου το 1960 με αριθμό πατέντας 3,488,445 και καταχωρήθηκε τον Ιανουάριο του 1970. Η OFDM τεχνική διαφέρει από τις υπόλοιπες τεχνικές όπως την CDMA στο ότι ενώ στην CDMA χρησιμοποιούνται πολλαπλοί μαθηματικοί μετασχηματισμούς για την εκπομπή πολλών μεταδόσεων δεδομένων πληροφορίας σε ένα φέρον στην OFDM ένα σήμα μετάδοσης (πληροφορία) κωδικοποιείται σε πολλά υπό – φέροντα. Οι OFDM συσκευές χρησιμοποιούν ένα κανάλι ευρείας συχνότητας διαχωρίζοντάς το σε πολλά υπό – κανάλια με κάθε υπό – κανάλι να μεταφέρει ένα τμήμα της προς μετάδοση πληροφορίας πολυπλέκοντάς τα σε ένα κανάλι μετάδοσης.

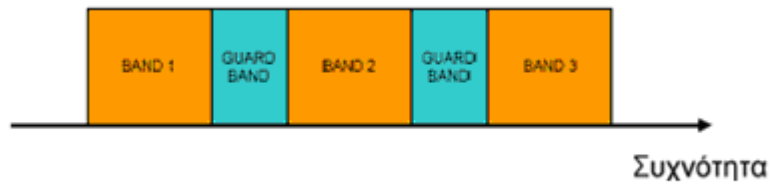
3.7 Γενικές αρχές της OFDM τεχνικής.

Στην OFDM τεχνική για τη μετάδοση της πληροφορίας ένα κανάλι επικοινωνίας χωρίζεται σε υπό – κανάλια και κάθε ένα από αυτά μεταφέρει ένα τμήμα της προς μετάδοση πληροφορίας. Πριν προχωρήσουμε στο πως η OFDM εφαρμόζεται σε 802.11 συστήματα επικοινωνιών θα εξηγήσουμε κάποια από τα χαρακτηριστικά της..

3.8 Πολυπλεξία φέροντος

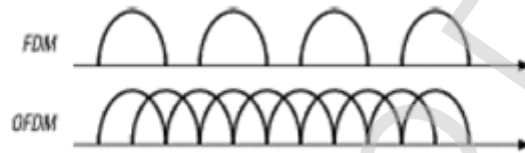
Η OFDM τεχνική έχει σχέση με την FDM (Frequency Division Multiplexing) τεχνική πολυπλεξίας. Στην OFDM όπως και στην FDM το διαθέσιμο εύρος ζώνης διαχωρίζεται σε τμήματα που ονομάζονται υπό – φέροντα κάθε ένα από τα οποία θεωρείται ως ανεξάρτητο κανάλι για μετάδοση δεδομένων. Η υιοθέτηση της OFDM τεχνικής αυξάνει το throughput καθώς χρησιμοποιούνται παράλληλα αρκετά υπό – φέροντα για την μετάδοση της πληροφορίας.

Η FDM τεχνική αρχικά χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη γενιά κινητών τηλεφώνων ως μέθοδος κατανομής καναλιών. Σε κάθε χρήστη δίνεται αποκλειστικά ένα κανάλι ενώ υπάρχουν μπάντες ασφαλείας (guard bands) για την αποφυγή παρεμβολών μεταξύ γειτονικών καναλιών. Στην εικόνα 3.3 αναπαριστάται ένα μοντέλο της FDM τεχνικής πολυπλεξίας .



Εικόνα 3. 3 Η σχηματική αναπαράσταση της FDM τεχνικής

Το πρόβλημα που παρουσιάζεται στην FDM τεχνική είναι η κατανάλωση εύρους ζώνης από της guard bands. Η σπατάλη αυτού του εύρους ζώνης από μη χρησιμοποιούμενες για μετάδοση πληροφορίας μπάντες αντιμετωπίζεται από την OFDM τεχνική διότι είναι δυνατή η επικάλυψη μεταξύ των υπο- φερόντων χωρίς να παρουσιάζονται παρεμβολές. Στην εικόνα 3.4 παρουσιάζεται η αναπαράσταση της OFDM έναντι FDM τεχνικής.

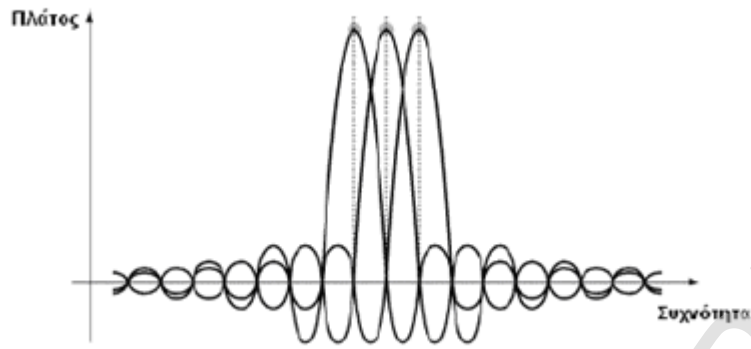


Εικόνα 3. 4 Η χρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος με την OFDM σε σχέση με την FDM τεχνική

Ενώ στην FDM τεχνική δεν επιτρέπεται να επικαλύπτονται τα κανάλια στην OFDM η επικάλυψη των καναλιών επιτρέπεται καθώς τα υπό – φέροντα καθορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η αναγνώριση τους κατά τη λήψη. Η ικανότητα του διαχωρισμού βασίζεται σε μία πολύπλοκη μαθηματική σχέση που ονομάζεται ορθωγωνιότητα (orthogonality).

3.8.1 Ορθωγωνιότητα (Orthogonality)

Ο όρος orthogonal είναι ένας μαθηματικός όρος που προέρχεται από την ελληνική λέξη “ορθό”. Στα μαθηματικά ο όρος ορθό χρησιμοποιείται για να την περιγραφή ανεξάρτητων αντικειμένων η με άλλα λόγια αν δύο σήματα είναι ορθογώνια τότε το ολοκλήρωμα του γινόμενού τους είναι ίσο με μηδέν. Όταν αναφερόμαστε σε συχνότητες ο όρος orthogonality έχει την έννοια της φασματικής ταξινόμησης ενός σήματος. Στην OFDM τεχνική τα δεδομένα διανέμονται σε ένα αριθμό υπο-φερόντων με κάθε ένα από αυτά να μεταδίδεται σε διαφορετική συχνότητα από τα υπόλοιπα.



Εικόνα 3. 5 Η ορθογωνιότητα σε σχέση με τη συχνότητα

Η διαφοροποίηση μεταξύ των υπο-φερόντων που μεταδίδονται επιτυγχάνεται μέσω αντίστροφου FFT (Fast Fourier Transform) ενώ ο δέκτης εφαρμόζει FFT για την επιλογή του φέροντος που επιθυμεί.

3.8.2 Guard time

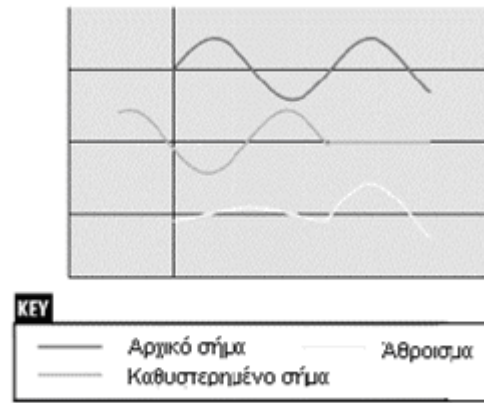
Ένα πρόβλημα το οποίο παρατηρείται κατά την λήψη του σήματος από τον δέκτη είναι παρεμβολή μεταξύ των μεταδιδόμενων συμβόλων ή Inter Symbol Interference (ISI) όπως ονομάζεται. Η ISI λαμβάνει χώρα όταν η καθυστέρηση του σήματος διαχέεται σε διαφορετικές διαδρομές ώστε κατά τη λήψη να δημιουργούνται αντίγραφα των μεταδιδόμενων bit τα οποία αλλάζουν την δομή προγενέστερων αντιγράφων.

Στην OFDM η ISI δεν προκαλεί το ίδιο είδος προβλήματος καθώς με την εφαρμογή του FFT ανακτώνται τα πλάτη των λαμβανόμενων υπό – φερόντων και οι αλλαγές στον χρόνο άφιξης του σήματος δεν προκαλούν σοβαρά προβλήματα. Στην εικόνα 3.6 λαμβάνεται υπόψη το πλάτος του φέροντος χαμηλής συχνότητας ενώ αγνοείται το καθυστερημένο υψηλής συχνότητας σήμα .

Παρά το πλεονέκτημα της OFDM κατά την ISI παρουσία η χρησιμοποίηση πολλαπλών υπό – φερόντων σε διαφορετικές συχνότητες και η ομαδοποίηση τους σε ένα φέρον μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα εάν συμβούν μικρές μετακινήσεις συχνοτήτων. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται παρεμβολή μεταξύ των φερόντων ή Inter Carrier Interference (ICI). Η ICI μπορεί να συμβεί εξαιτίας του φαινομένου Doppler ή λόγω διαφορών στον συγχρονισμό μεταξύ πομπού και δέκτη.

Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα της ISI και ICI οι OFDM πομποδέκτες χρησιμοποιούν τον αρχικό symbol time ως guard time και εφαρμόζουν FFT στα non-guard time τμήματα του symbol time. Το non – guard time τμήμα ενός συμβόλου ονομάζεται FFT integration time λόγω της εφαρμογής του FFT μόνο σε αυτό το τμήμα του συμβόλου.

Οι καθυστερήσεις που είναι μικρότερες του guard time δεν προκαλούν ICI διότι δεν επιτρέπουν στις συνιστώσες της συχνότητας να θεωρηθούν ως symbol times. Η επιλογή του guard time πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μειώνεται το επιθυμητό throughput καθώς είναι δυνατό να μειώσει ή να αυξήσει τον χρόνο μεταξύ διαδοχικών μεταδόσεων. Γενικά η επιλογή μικρού guard time μπορεί να αυξήσει το throughput αλλά δεν προλαμβάνει τις παρεμβολές.



Εικόνα 3. 6 ISI

3.8.3 Convolution Coding

Η Convolution coding είναι μία τεχνική η οποία εφαρμόζεται στους OFDM πομποδέκτες και είναι μία μορφή Forward Error Correction κωδικοποίησης. Ένα σημαντικό στοιχείο που περιγράφει την Convolution Coding είναι ο ρυθμός (rate) που συμβολίζεται με τον χαρακτήρα R και περιγράφει τον αριθμό των δεδομένων που μεταδίδονται ανά bit κωδικοποίησης. Για παράδειγμα η Convolution Code με $R=1/2$ σημαίνει ότι μεταδίδεται 1 bit δεδομένων για κάθε 2 bit κωδικοποίησης.

3.9 Το 802.11a OFDM PMD υπόστρωμα.

Το OFDM φυσικό επίπεδο συνδυάζονται διάφορες τεχνικές διαμόρφωσης ώστε να επιτευχθούν ρυθμοί μετάδοσης από 6 έως 54Mbps. Σε όλες τις περιπτώσεις στο φυσικό μέσο ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων είναι 250.000 σύμβολα ανά δευτερόλεπτο σε 48 υπό – κανάλια ενώ ο αριθμός των bit ανά σύμβολο ποικίλει ,με 48 υπό – κανάλια να χρησιμοποιούνται για την μετάδοση ενός συμβόλου.

Στο OFDM PHY επίπεδο ορίζονται τέσσερις βαθμίδες ρυθμού μετάδοσης: 6 και 9Mbps, 12 και 18Mbps, 18 και 36Mbps, 48 και 54Mbps. Για τις τρεις πρώτες βαθμίδες απαιτείται υποστήριξη για την εξάλειψη παρεμβολών στον μικρότερο ρυθμό (π.χ. στα 6Mbps στην πρώτη βαθμίδα).

Στην μικρότερη βαθμίδα (6 – 9 Mbps) χρησιμοποιείται η Binary Phase Shift Keying (BPSK) για την κωδικοποίηση ενός bit ανά υπό – κανάλι ή 48 bit ανά σύμβολο. Στην convolution κωδικοποίηση στην OFDM τεχνική το $1/2$ ή το $1/4$ των bit που μεταδίδονται είναι πλεονάζοντα και χρησιμοποιούνται για την διόρθωση λαθών, έτσι χρησιμοποιούνται 24 ή 36 data bit ανά σύμβολο.

Στην δεύτερη βαθμίδα (12 – 18 Mbps) χρησιμοποιείται η Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) τεχνική κωδικοποίησης 2 bit ανά υπό – κανάλι με κάθε σύμβολο να α παρτίζεται από 96 bit. Αφού τα πλεονάζοντα bit αφαιρεθούν τα bit που απομένουν για την αναπαράσταση ενός συμβόλου μειώνονται σε 48 ή 72.

Στην τρίτη και τέταρτη βαθμίδα χρησιμοποιείται η Quadrature Amplitude Modulation (QAM). Βασικά χρησιμοποιούνται 16 και 64QAM. Στην 16 QAM τεχνική κωδικοποιούνται τέσσερα bit και χρησιμοποιούνται 16 σύμβολα ενώ στην 64QAM κωδικοποιούνται 6 bit και χρησιμοποιούνται 64 σύμβολα. Στην τρίτη βαθμίδα χρησιμοποιείται η 16QAM με $R=1/2$ και $3/4$. Για μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης χρησιμοποιείται η 64 QAM με $R=2/3$ και $3/4$. Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι

τεχνικές κωδικοποίησης για κάθε ρυθμό μετάδοσης. Στην εικόνα 3.7 περιγράφεται η δομή ενός του PMD OFDM πομποδέκτη.



Εικόνα 3. 7 Σχηματική αναπαράσταση ενός OFDM PMD πομποδέκτη

TAXYTHTA (Mbps)	MODULATION AND CODING RATE (R)	CODED BITS PER CARRIER	CODED BITS PER SYMBOL	DATA BITS PER SYMBOL
6	BPSK, R=1/2	1	48	24
9	BPSK, R=3/4	1	48	36
12	QPSK, R=1/2	2	96	48
18	QPSK, R=3/4	2	96	72
24	16-QAM, R=1/2	4	192	96
36	16-QAM, R=3/4	4	192	144
48	64-QAM, R=2/3	6	288	192
54	64-QAM, R=3/4	6	288	216

Πίνακας 3. 2 οι διαθέσιμοι ρυθμοί μετάδοσης στο 802.11 a

3.10 Η εφαρμογή της OFDM τεχνικής στο 802.11a

Το 802.11a ακολουθεί τις βασικές αρχές της OFDM τεχνικής ενώ οι τιμές των παραμέτρων ορίζονται από το 802.11a task group που είναι υπεύθυνο για την τυποποίηση της OFDM τεχνικής για τα 802.11 a ασύρματα δίκτυα.

3.11 Οι παράμετροι για την υλοποίηση της OFDM τεχνικής στο 802.11a

Όταν επιλέγουμε τις παραμέτρους για την υλοποίηση της OFDM τεχνικής για σχεδίαση συστημάτων επικοινωνίας πρέπει να καθορισθούν τα εξής: Το εύρος ζώνης (που συχνά ορίζεται από κανονισμούς π.χ. ο εθνικός τηλεπικοινωνιακός φορέας μίας χώρας), η καθυστέρηση του σήματος (που εξαρτάται από το περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου) και τέλος ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος και συχνά εξαρτάται από άλλες παραμέτρους. Κάποιες άλλες παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Μια γενική κατευθυντήρια γραμμή είναι η τιμή του guard time που πρέπει να ισούται με το διπλάσιο ή το τετραπλάσιο της μέσης τιμής της καθυστέρησης και συνήθως οι σχεδιαστές δίνουν τιμή guard time ίση με 800ns.
- Η διάρκεια ενός συμβόλου (Symbol duration ή symbol time) πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή του guard time καθώς η μεγάλη –ες symbol time σημαίνει περισσότερα υπό- κανάλια σε μία symbol time και περισσότερα υπό- κανάλια σημαίνει μεγαλύτερο φόρτο επεξεργασίας του σήματος στον πομπό και τον δέκτη άρα μεγαλύτερο κόστος κατασκευής. Μία πρακτική επιλογή είναι να δίνεται τιμή στην symbol time ίση με το πενταπλάσιο του guard time άρα για guard time τιμή ίση με 800ns η τιμή του symbol time θα είναι ίση με 4μs.
- Ο διαχωρισμός των υπό – καναλιών είναι αντιστρόφως ανάλογος με τον FFT integration time. Στο 802.11a ο integration time είναι ίσος με 3,2μs και ο διαχωρισμός των υπό – καναλιών είναι ίσος με 0,3125 MHz (1/3.2 μs).
- Κάθε κανάλι καταναλώνει εύρος ίσο με 20MHz ενώ το εύρος ζώνης του (bandwidth) ορίζεται από τον σχεδιαστή.

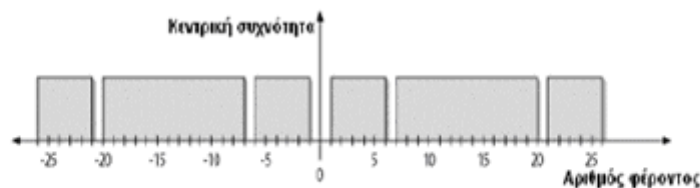
3.12 Η δομή ενός OFDM καναλιού.

Στο OFDM PHY επίπεδο το διαθέσιμο φάσμα χωρίζεται σε κανάλια. Σε κάθε κανάλι αφιερώνονται 20MHz και αυτό διαχωρίζεται σε 52 υπό – φέροντα Τα τέσσερα από αυτά χρησιμοποιούνται σαν οδηγό φέροντος (pilot carriers) για την επίβλεψη των αλλαγών της διαδρομής του σήματος καθώς και την παρεμβολή μεταξύ των φερόντων (Inter-Carrier Interference – ICI). Τα υπόλοιπα 48 υπό – φέροντα χρησιμοποιούνται για την μετάδοση δεδομένων. Όλα τα υπό – φέροντα χωρίζονται ανά 0.3125 MHz. Στην εικόνα 3.8 αναπαριστάται ο διαχωρισμός των καναλιών σε υπό – φέροντα με το υπό – φέρον 0 (κεντρική συχνότητα) να μην χρησιμοποιείται για επεξεργασία σήματος. Η κεντρική συχνότητα βρίσκεται από τον τύπο

$$\text{center frequency} = 5000 \cdot n$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, 200$$

Τα επιτρεπόμενα κανάλια επικοινωνίας για 802.11a συστήματα στις ΗΠΑ δίνονται στον πίνακα 3.3.



Εικόνα 3. 8 Δομή ενός OFDM καναλιού

BAND	ALLOWED POWER[CHANNEL NUMBERS	CENTER FREQUENCY (GHZ)
U-NII lower band (5.15-5.25 GHz)	40 mW (2.5 mW/MHz)	36	5.180
		40	5.200
		44	5.220
		48	5.240
U-NII mid-band (5.25-5.35 GHz)	200 mW (12.5 mW/MHz)	52	5.260
		56	5.280
		60	5.300
		64	5.320
U-NII upper band (5.725-5.825 GHz)	800 mW (50 mW/MHz)	149	5.745
		153	5.765
		157	5.785
		161	5.805

Πίνακας 3. 3 Τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας και η επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής για την ανάπτυξη 802.11a συστημάτων επικοινωνίας στις ΗΠΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ασύρματη Τεχνολογία και αυτοκίνητο

Τα τελευταία χρόνια μια ομάδα εργασίας της IEEE άρχισε την ανάπτυξη και τον καθορισμό ενός νέου ασυρμάτου προτύπου το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και το οποίο θα μπορούσε να βελτιώσει την ασφάλεια των επιβατών και να μειώσει σημαντικά τα μοιραία περιστατικά .

Η δημιουργία ασυρμάτων ευριζωνικών δικτύων μεταξύ των οχημάτων , δίνει τη ευκαιρία στον σύγχρονο άνθρωπο, να προχωρήσει ένα βήμα μπροστά. Τα αυτοκίνητα πλέον προσπαθούν να επικοινωνήσουν το ένα με το άλλο και να ανταλλάζουν μεταξύ τους χρήσιμες πληροφορίες για το τι τους συμβαίνει, προειδοποιώντας τους γύρους τους για τυχόν προβλήματα.

Η «κοινωνικοποίηση» αυτή των οχημάτων ασφαλώς και δεν αποτελεί εύκολη υπόθεση. Τα αυτοκίνητα κινούνται με μεγάλες ταχύτητες πάνω στους αυτοκινητόδρομους , κινούνται αλλάζοντας πορεία ανάμεσα σε μεγάλα κτίρια ή σε ατελείωτες πεδιάδες, κάποια στιγμή μπορεί βρίσκονται στη επιφάνεια της θάλασσας και άλλες στα έγκατα ενός μεγάλου και αχανούς τούνελ. Γεγονότα που σίγουρα το καθένα από αυτά αποτελεί ένα τεράστιο πρόβλημα .που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε

4.1 Από το ASTM E2213-02 στο 802.11p

Το 1999 το πρώτο γκρουπ που ήταν υπεύθυνο για την τυποποίηση ενός πρωτοκόλλου το οποίο θα μπορούσε να αντεπεξέλθει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο σε ένα δυναμικό από άποψη κίνησης περιβάλλον ήταν το E17.51 της ASTM (American Society for Testing and Materials) για την ανάπτυξη του πρωτοκόλλου αυτού τα μέλη της ομάδας E17.51 άντλησαν χρήσιμα στοιχεία από το ήδη υπάρχον 802.11a . Τη χρονιά 2002 το πρότυπο ASTM E2213-02 εγκρίνεται και γίνεται η βάση για τα ευφυή συστήματα μεταφοράς στην Αμερική (Intelligent Traffic Systems ,ITS) το πρότυπο αυτό λειτουργούσε στη μάντα των 5.9 GHz..

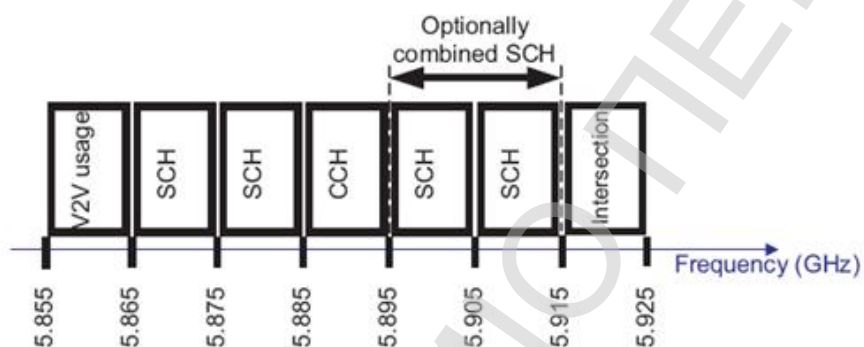
Έπειτα από την επανέκδοση του προτύπου με το όνομα ASTM 2213-03, όλες οι ενέργειες για την περαιτέρω τυποποίηση-ανάπτυξη μεταφέρονται στο καθόλα αρμόδιο IEEE 802.11 working group , όπου τον Σεπτέμβριο του 2003 συνεδριάζει για πρώτη φορά. η ομάδα μελέτης (Study Group, SG) για την ασύρματη πρόσβαση σε αυτοκινητιστικό περιβάλλον (Wireless Access in Vehicular Environment ,WAVE).

Ένα χρόνο αργότερα τον Σεπτέμβρη του 2004 το αίτημα για την έγκριση του project (Project authorization request , PAR) εγκρίνεται και η ομάδα μελέτης του WAVE μετονομάζεται σε ομάδα εργασία με το κωδικό γράμμα “p” (Task Group TG) “p”). Τον Φεβρουάριο του 2006 η ομάδα εργασίας συμπλήρωσε το αρχικό σχέδιο 1.0 ενώ η πραγματική έκδοση 1.4 θα ψηφιστεί το Νοέμβριο του ίδιου έτους . Η περιγραφή του φυσικού και MAC επιπέδου του πρωτοκόλλου 802.11p παρουσιάζεται και αναλύεται στις επόμενες ενότητες και βασίζεται σε αυτή ακριβώς την έκδοση ,την IEEE 802.11p-D1.4 .

4.2 Το ασύρματο πρότυπο 802.11p σε Αμερική και Ευρώπη

Η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC) των ΗΠΑ έχει διαθέσει το ευρύς των 75MHz της περιοχής από 5.855–5.925GHz για ευφυή συστήματα μεταφοράς (Intelligent Transportation System , ITS .)

Το εύρος ζώνης διαιρείται σε επτά κανάλια 10MHz όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1 και αποτελείται από ένα κανάλι ελέγχου (Control Channel, CCH) και έξι κανάλια Υπηρεσιών (SCH).



Εικόνα 4. 1 Φασματική κατανομή καναλιών 802.11p πρωτοκόλλου στην Αμερική

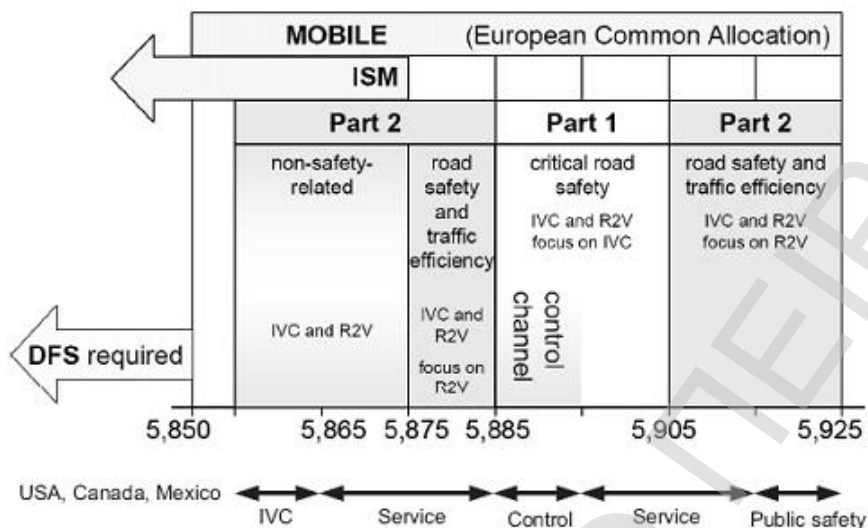
Μετά από έρευνες στην Ευρώπη προτάθηκε για εφαρμογές οδικής ασφάλειας ένα κανάλι εύρους 30MHz (5875-5905MHz), και επιπλέον 20 MHz (5905–5925MHz) για μελλοντική επέκταση των ITS εφαρμογών.

Το κανάλι 30MHz διαιρείται σε SCH και η CCH ως εξής:

1. SCH1: (5,875 - 5.885GHz) θα χρησιμοποιηθεί για μηνύματα ασφαλείας χαμηλότερης προτεραιότητας (σε σύγκριση με CCH) καθώς επίσης και για εφαρμογές αξιολόγησης της κυκλοφορίας .
2. SCH2: (5,895 - 5.905GHz) θα χρησιμοποιείται για μεταδόσεις μικρών αποστάσεων γεγονός που οδηγεί στην αποφυγή παρεμβολών για SCH1 και CCH, λόγω της χαμηλής ισχύς μετάδοσης.
3. CCH: (5,885 - 5.895GHz) θα χρησιμοποιούνται για υψηλή προτεραιότητα των μηνύματα ασφαλείας

Τα επιπλέον 20MHz (5,905-5.925GHz) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά με διαφορετικό τρόπο. Μια εκδοχή θα μπορούσε να είναι ένα μικρό μέρος να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ενός ακόμα καναλιού υπηρεσιών με χαμηλή ισχύ εκπομπής παρόμοιο με το SCH2 και το μεγαλύτερο μέρος χρησιμοποιείται ως SCH με υψηλή ισχύ εκπομπής παρόμοια να SCH1. Γεγονός που θα οδηγούσε στην αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του καναλιού.

Η προτεινόμενη Ευρωπαϊκή εκχώρηση συχνοτήτων για τις ITS εφαρμογές απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4. 2 Πρόταση φασματικής κατανομής καναλιών 802.11p πρωτοκόλλου στην Ευρώπη

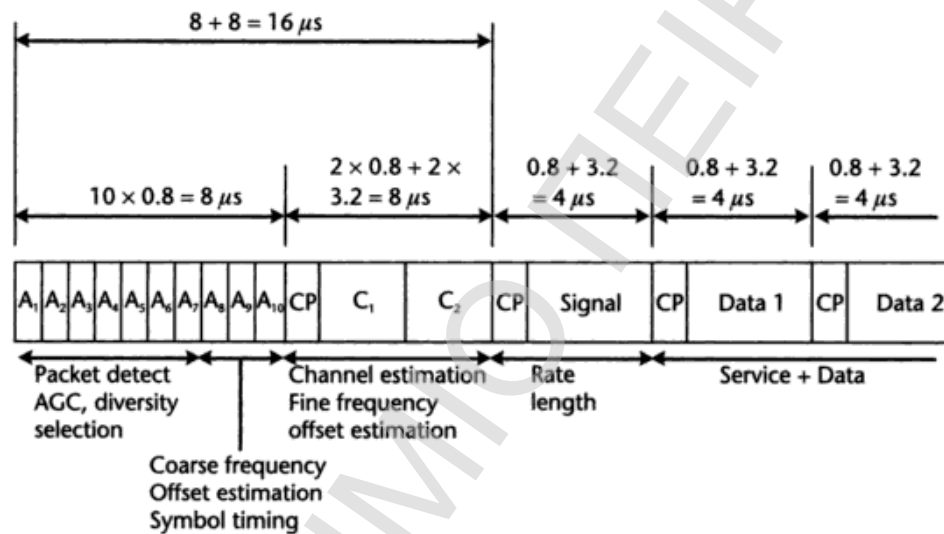
Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η προτεινόμενη από την αρμόδια επιτροπή περιοχή συχνοτήτων εμπεριέχει πολλούς και σημαντικούς κινδύνους από άποψης παρεμβολών αν αναλογιστεί κανείς ότι ορισμένα άλλα συστήματα υπάρχουν και λειτουργούν ήδη σε αυτή τη ζώνη

Ενδεικτικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε

1. Σταθερή Δορυφορική (Γη-Satellite) Υπηρεσία (FSS).
2. Υπηρεσίες Ραδιεντοπισμού. (RL)
3. Διάφορες μη εξακριβωμένες συσκευές μικρής εμβέλειας.

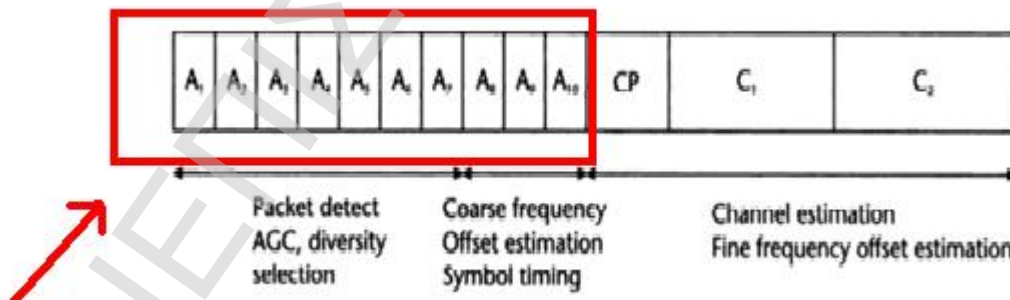
4.3 Ορισμός των βασικών παραμέτρων της OFDM διαμόρφωσης στο 802.11p

Το Φυσικό επίπεδο του 802.11p βασίζεται σε αυτό του 802.11a πρότυπο χρησιμοποιεί την τεχνική OFDM με 64 subcarriers .52 από τα 64 subcarriers χρησιμοποιούνται για την πραγματική μετάδοση από τα οποία 48 μεταφέρουν την καθαρή πληροφορία και τα άλλα 4 χρησιμοποιούνται σαν οδηγό Pilots στην ανιχνεύσει φαινομένων frequency offset and phase noise. Η δομή του πακέτου δεδομένων στο φυσικό επίπεδο απεικονίζεται στην εικόνα 4.3. Η δομή αυτή είναι ίδια για IEEE 802.11a και IEEE 802.11p



Εικόνα 4. 3 Δομή OFDM Πακέτου 802.11 a Πρότυπου

Όπως παρατηρούμε το Training σύμβολα εμφανίζονται στην αρχή του συμβόλου.



Το τμήμα του OFDM συμβόλου από το A_1 έως το A_{10} αποτελεί το κομμάτι των **Short Training** συμβόλων το οποίο αποτελείται όπως και στο 802.11a (εικόνα 4.3) από 10 όμοια τμήματα και έχει μήκος 16 samples .

Στο 802.11p το Clocking Rate είναι **10 MHz** αυτό σημαίνει ότι 16 samples έχουν διάρκεια σε χρόνο

$$(1/10 \times 10^6) \times 16 = 1.6 \mu\text{sec}$$

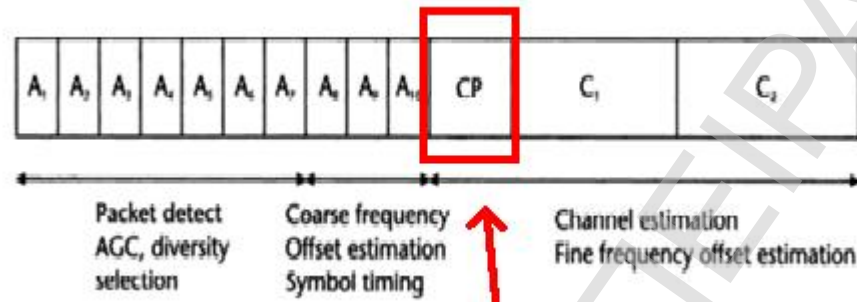
Συνεπώς η διάρκεια των **Short Training** συμβόλων είναι 1.6 μsec .

Κάθε ένα από τα **10 Short Training** σύμβολα έχει διάρκεια 1600 nSec

Τα Short Training σύμβολα ακολουθεί ένα πλαίσιο CP (Cyclic Prefix) διάρκειας 32 samples

Το οποίο αντιστοιχεί σε

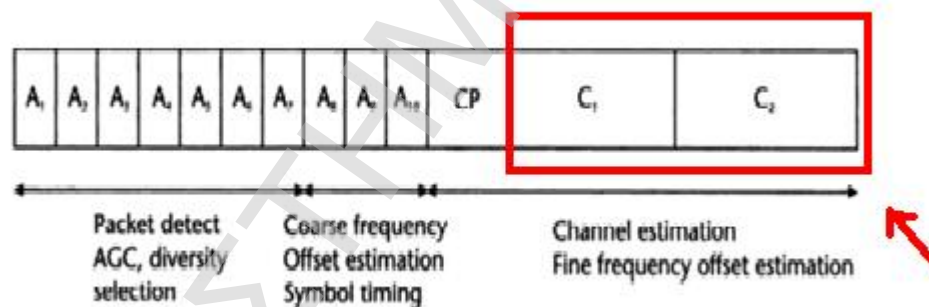
$$(1/10 \times 10^6) \times 32 = 3.2 \mu\text{sec}$$



Το CP πλαίσιο προστατεύει τα Long Training σύμβολα που ακολουθούν από τις ISI παρεμβολές που μπορεί να προκληθούν από τα Short Training σύμβολα .

Τα **Long Training σύμβολα** είναι 2 παρόμοια πλαίσια συνολικού μήκους 64 Samples που αντιστοιχεί

$$(1/10 \times 10^6) \times 64 = 6.4 \mu\text{sec}$$



Επειδή οι απαιτήσεις του προτύπου σχετικά με την γραμμή φύλαξης δεν είναι δεσμευτικές οι μηχανικοί σχεδίασης έχουν την ελευθερία στην επιλογή μεταξύ των είδη διαθέσιμων και την ανάπτυξη μιας νέας

Στο πλαίσιο της αρχικής μας εικόνας έρχεται να προστεθεί ένα σήμα (πλαίσιο signal εικόνας 4.1) το οποίο αποτελεί μέρος του MAC πρωτοκόλλου και το οποίο ενημερώνει το δέκτη σχετικά με τον ρυθμό και το μήκος των δεδομένων που ακολουθούν .Το μήκος του σήματος αυτού είναι σε διάρκεια με το OFDM σύμβολο και ίσο με 6.4 μsec (Εικόνα 4.1) ενώ ακολουθεί ένα πλαίσιο CP από 16 samples .

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι το πλαίσιο CP του OFDM συμβόλου δεν είναι το ίδιο με το CP που ακολουθεί μετά το short training σύμβολα διότι στην περίπτωση των short training προτιμήθηκε να διπλάσιο CP προκειμένου να αποτρέψουμε τις παρεμβολές μεταξύ των long και Short Training σύμβολων.

Στο 802.11p πρότυπο το bandwidth έχει μειωθεί από τα 20 MHz στα 10 MHz ,το οποίο σημαίνει ότι όλοι η παράμετροι στο πεδίο του χρόνου έχουν διπλασιαστεί. Ο πίνακας 4.1 παρουσιάζει της διαφορές μεταξύ του φυσικού επιπέδου του 802.11p και αυτού του 802.11a

Παράμετροι	IEEE 802.11a	IEEE 802.11p	Διαφορές
Bit rate (Mb/s)	6 , 9 , 12, 18, 24, 36 , 48 , 54	3 , 4.5 , 6 , 9 , 12 , 18 , 24 , 27	Μείωση στο μισό
Τύπος Διαμόρφωσης	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	Καμία αλλαγή
Code rate	1/2 , 1/3 , 1/4	1/2 , 1/3 , 1/4	Καμία αλλαγή
Αριθμός Subcarriers	52	52	Καμία αλλαγή
Διάρκεια Συμβόλου (Symbol Duration)	4 μs	8 μs	Διπλασιασμός χρόνου
Διάστημα Φύλαξης (Guard Time)	0.8 μs	1.6 μs	Διπλασιασμός χρόνου
FFT Περίοδος	3.2 μs	6.4 μs	Διπλασιασμός χρόνου
Preamble Duration	16 μs	3.2 μs	Διπλασιασμός χρόνου
Subcarrier Frequency Spacing (Bandwidth / Total Number of Subcarriers)	0.3125 MHz	0.15625 MHz	Μείωση στο μισό

Πίνακας 4. 1 Βασικοί παράμετροι 802.11p φυσικού επιπέδου

4.4 MAC layer 802.11p

Το σύνολο των βασικών υπηρεσιών που παρέχονται από το WAVE (WBSS) ενισχύουν τις λειτουργίες του IEEE 802.11 MAC επιπέδου προκειμένου να μπορούν να ανταπεξέλθουν σε ένα γρήγορα μεταβαλλόμενο περιβάλλον επικοινωνίας

Ένας από τους πλέον σημαντικούς μηχανισμός πρόσβασης που χρησιμοποιεί το ασύρματο πρωτόκολλο 802.11p είναι ο μηχανισμός EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) .

Ο μηχανισμός αυτός προέρχεται από το 802.11e πρότυπο και περιλαμβάνει ενέργειες όπως είναι το άκουσμα του καναλιού προτού μιλήσει(εκπέμψει) καθώς επίσης και τυχαία **back-off** διαστήματα οπισθοχώρησης..

Τα διαστήματα αυτά (back-off) αποτελούνται από ένα σταθερό (AIFSN) και ένα τυχαίο χρόνο (CW).Ο σταθερός χρόνος αναμονής είναι ένας αριθμός από slots τα οποία δίνονται από την παράμετρο AIFSN. Η διάρκεια κάθε slot είναι 8μs .

Ο τυχαίος χρόνος αναμονής είναι επίσης ένας αριθμός από slots τα οποία δίνονται από την παράμετρο CW που αναφέρεται σας παράθυρο ανταγωνισμού (Contention Window) Cwmin είναι η αρχική τιμή του CW, κάθε φορά που αποτυγχάνει μια προσπάθεια μεταδόσεις η τιμή αυτή διπλασιάζεται μέχρι να φτάσει την τιμή του Cwmax .

Ο καθορισμός των προτεραιοτήτων παρέχεται κάνοντας χρήση διαφορετικών παραμέτρων πρόσβασης στο κανάλι για κάθε διαφορετικής προτεραιότητας πακέτο.

Αρχικά έχουν οριστεί τέσσερις (4) κατηγορίες πρόσβασης

- a) background (AC_BK).
- b) best effort (AC_BE).
- c) voice (AC_VO).
- d) video (AC_VI)

Το σύνολο των παραμέτρων που χρησιμοποιείται στο IEEE 802.11p παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

TABLE I
EDCA PARAMETER SET

AC	CWmin	CWmax ^a	AIFSN
AC_BK	15	1023	9
AC_BE	7	15 ²	6
AC_VO	3	7	3
AC_VI	3	7	2

Πίνακας 4. 2 Παράμετροι EDCA

Σε ένα περιβάλλον με υψηλή κινητικότητα όπως το περιβάλλον μέσα στο οποίο κινούνται τα αυτοκίνητα, το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο δύο οχήματα μπορούν να βρίσκονται σε απόσταση επικοινωνίας είναι πολύ περιορισμένο.

Η αξιοποίηση του διαστήματος αυτού κρίνεται ως ύψιστης σημασίας για την πορεία της επικοινωνίας. με αποτέλεσμα να προτιμηθεί η **ΜΗ ανταλλαγή** οποιασδήποτε μορφής πληροφορίας στο ασύρματο μέσο πριν από την πραγματική μετάδοση στοιχείων.

Το σύνολο των βασικών υπηρεσιών (Basic Service Set ,BSS) σε ένα WAVE περιβάλλον προέρχεται από τον σταθμό παροχής (provider station STA) ο οποίος εκπέμπει το πακέτο ανακοίνωσης υπηρεσιών (WAVE service announcement frame, WSA).

Το πακέτο αυτό είναι παρόμοιο με το beacon frame (Αναγνωριστικό Frame) στα συνηθισμένα μας 802.11 πρότυπα με την διαφορά ότι στην περίπτωση μας δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στο διάστημα μετάδοσης του.

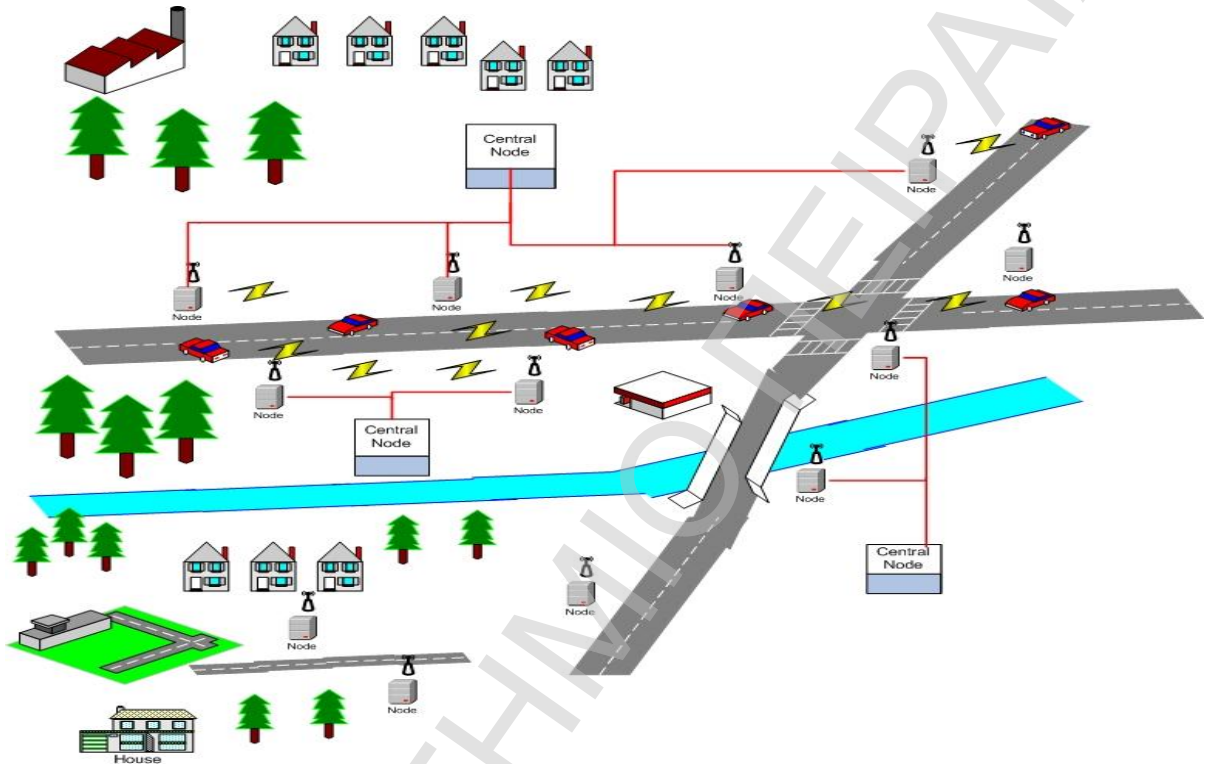
Για την λήψη μια υπηρεσίας δεν απαιτείται καμία authentication καθώς και καμία ανταλλαγή πακέτων association (association Frames) αποτελεί μια εσωτερική διεργασία των STA που θέλουν να επικοινωνήσουν.

Δεδομένου ότι κανένα αναγνωριστικό Frame δεν χρησιμοποιείται καμία συνάρτηση συγχρονισμού δεν διατίθεται .ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται από ένα εξωτερικό σύστημα αναφοράς όπως ένα GPS

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

4.5 Αρχιτεκτονική δικτύου

Ένα δίκτυο παροχής ασυρμάτων υπηρεσιών σε περιβάλλον στο οποίο κινούνται αυτοκίνητα θα μπορούσε να είχε την παρακάτω μορφή



Εικόνα 4. 4 Αρχιτεκτονική δικτύου V2V και V2I

Το δίκτυο μας αποτελείται από τους χρήστες του δικτύου μας τα αυτοκίνητα , τους επιμέρους κόμβους του δικτύου οι οποίοι είναι τα σταθερά σημεία του δικτύου μας στις άκρες των δρόμων και τέλος τους κεντρικούς κόμβους στους οποίους δρομολογείτε το σύνολο της πληροφορίας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινίσουμε ότι με τον ορό χρήστη αναφερόμαστε και στον άνθρωπο- οδηγό οποίος ανά πάσα στιγμή μπορεί να ζητήσει κάποια υπηρεσία από το δίκτυο αλλά και το όχημα το οποίο θα μπορεί να αποστέλλει και να λάβει πληροφορίες οι οποίες τον αφορούν και να αλληλεπιδράσει και αυτό με την σειρά του με το δίκτυο

4.6 Αρχιτεκτονική δικτύου αυτοκίνητου –χρηστή

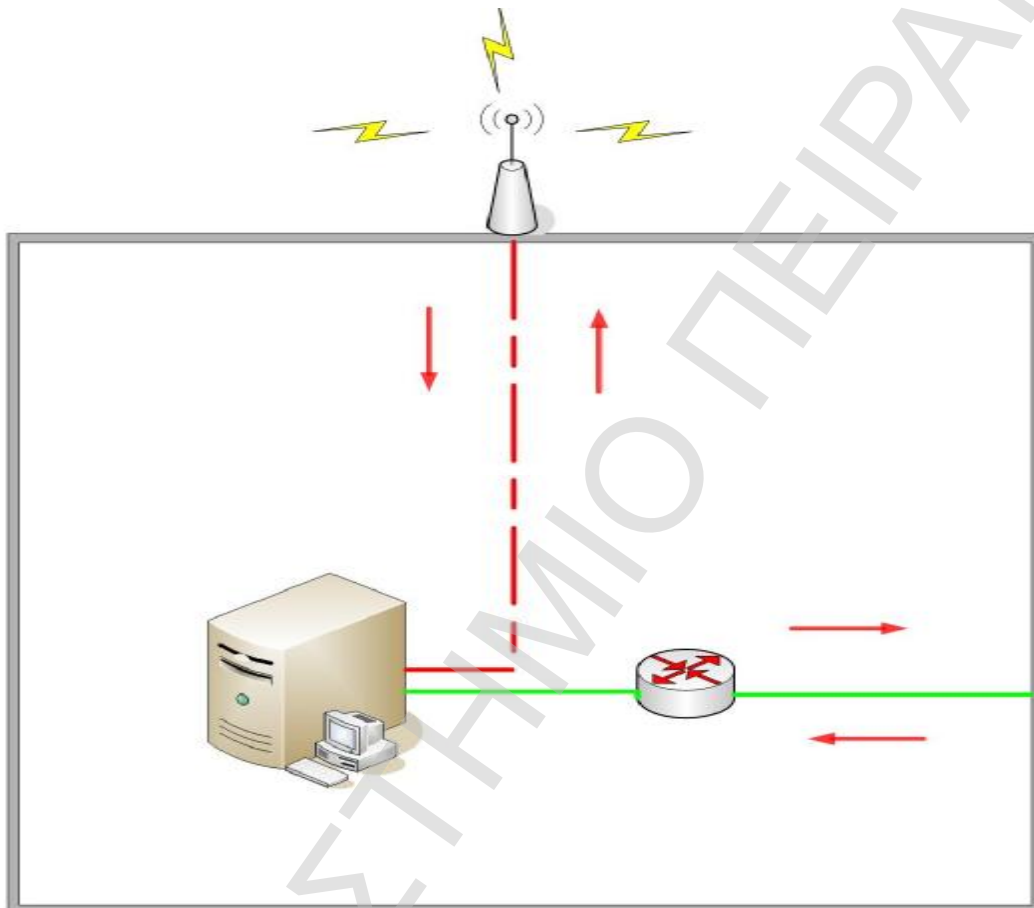
Το αυτοκίνητο είναι εφοδιασμένο μια συσκευή η οποία κάνει χρήση του ασυρμάτου πρωτοκόλλου επικοινωνίας 802.11p ,όπου μέσω μιας συστοιχίας κεραιών αποστέλλει και λαμβάνει οποιαδήποτε πληροφορία χρειάζεται .τα οχήματα είναι σε θέση να επικοινωνούν είτε απευθείας μεταξύ τους αν βρίσκονται σε μια ικανοποιητική απόσταση και η μορφολογία του εδάφους το επιτρέπει (V2V) είτε μέσω των κόμβων που βρίσκονται στη άκρη του δρόμου (V2I) και από εκεί ανάλογα με την υπηρεσία την οποία θέλουν να λάβουν να δρομολογείτε κατάλληλα το αίτημα τους.



Εικόνα 4. 5 Δίκτυο οχήματος

4.7 Αρχιτεκτονική δικτύου επιμέρους (δευτερεύοντος) κόμβου

Οι Κομβίοι του δικτύου οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε διάφορα σταθερά σημεία κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου είναι υπεύθυνοι για την λήψη και δρομολόγηση προς τον κύριο ή κάποιον γειτονικό κόμβο των πακέτων που λαμβάνουν από τα οχήματα, ανάλογα με το είδος της πληροφορίας που αυτά έχουν αιτηθεί και παράλληλα είναι και εκείνοι οι οποίοι θα μεταδώσουν τις απαντήσεις ή κάποιες άλλες χρήσιμες πληροφορίες πίσω στα οχήματα.

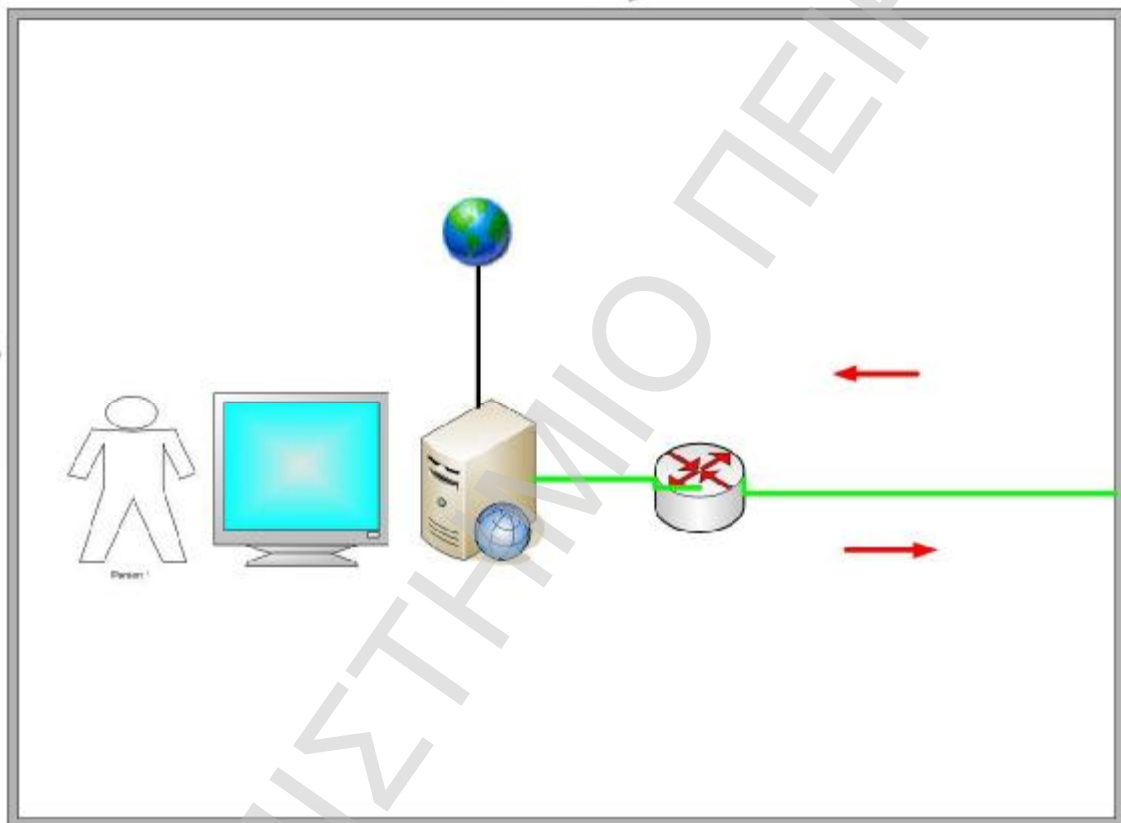


Εικόνα 4. 6 Δίκτυο επιμέρους κόμβου

4.8 Αρχιτεκτονική δικτύου κεντρικού κόμβου

Οι κύριοι κόμβοι του δικτύου μας είναι τα σημεία εκείνα στα οποία συνορεύεται ολόκληρος ο όγκος των πληροφοριών μια περιοχής και από εκεί δρομολογείτε σύμφωνα με τις απαιτήσεις είτε πίσω σε κάποιον επιμέρους κόμβο ο οποίος βρίσκεται στην άκρη του δρόμου και από εκεί (ίσως) στο όχημα είτε σε κάποια κοινωνική υπηρεσία (Αστυνομία ,Πυροσβεστική κλπ) προκειμένου να ξεκινήσει όλες τις απαραίτητες ενέργειες για την αντιμετώπιση ενός περιστατικού

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η προτεινόμενη σύνδεση μεταξύ κεντρικού και επιμέρους κόμβων πραγματοποιείται μέσω ενός δικτύου οπτικών ινών το οποίο συνήθως βρίσκεται ήδη εγκατεστημένο κατά μήκος των μεγάλων οδικών δικτύων



Εικόνα 4. 7 Δίκτυο Κεντρικού κόμβου

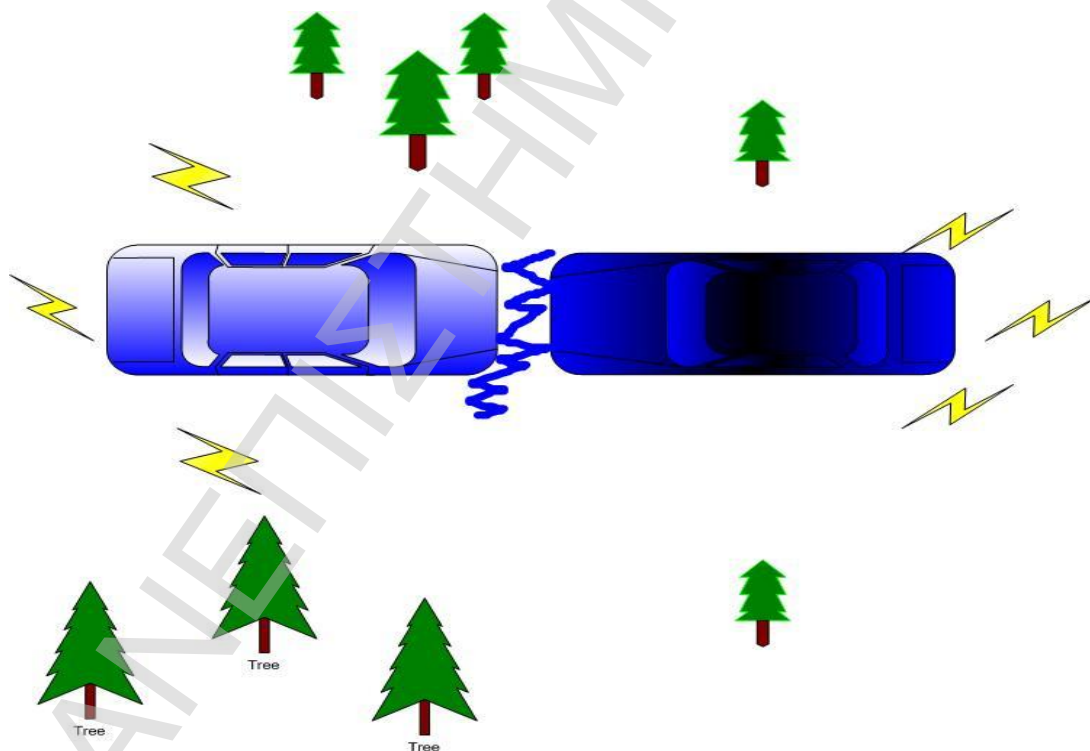
4.9 Σενάριο σύγκρουσης δυο οχημάτων

Στη περίπτωση που δύο οχήματα συγκρουστούν, ο εγκέφαλος του αυτοκινήτου μόλις συνειδητοποιήσει την σύγκρουση αποστέλλει αμέσως μέσω της ασύρματης συσκευής η οποία βρίσκεται στο όχημα την αναγγελία της σύγκρουσης καθώς και το στίγμα του προς

1. όλα τα πλησιέστερα οχήματα
2. το πλησιέστερο παρακείμενο κόμβο του δικτύου

Έτσι όλα τα οχήματα τα οποία βρίσκονται στην περιοχή κάλυψης ενημερώνονται εγκαίρως ενώ παράλληλα μέσω του επιμέρους κόμβου η πληροφορία μεταδίδεται στον κεντρικό και ενημερώνονται άμεσα όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς.

Παράλληλα ο κεντρικός κόμβος θα μπορεί να ενημερώσει τους γειτονικούς του συμβάντος επιμέρους κόμβους έτσι ώστε οχήματα τα οποία έχουν κατεύθυνση προς το ατύχημα και βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από αυτή της κάλυψης της συσκευής να ενημερωθούν έγκαιρα με αποτέλεσμα είτε να αποτραπεί ένα νέο δυστύχημα είτε να αλλάξουν πορεία επιλέγοντας έναν διαφορετικό δρόμο συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην αποσυμφόρηση της ήδη βεβαρημένης κυκλοφορίας του σημείου.



Εικόνα 4. 8 Σύγκρουση οχημάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Προσομοίωση φυσικού επίπεδου 802.11P

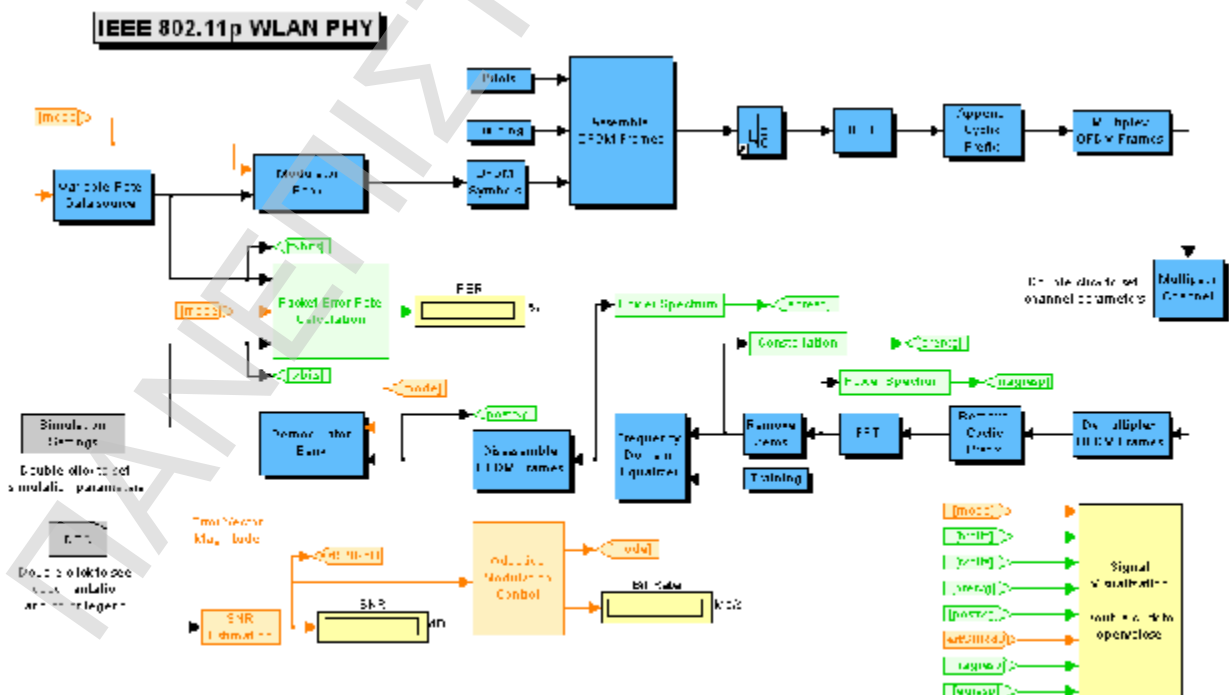
Σκοπό της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη των χαρακτηριστικών του φυσικού στρώματος του ασυρμάτου πρωτοκόλλου επικοινωνίας 802.11p μέσω της προσομοίωσης με την εφαρμογή του προγράμματος Matlab. Το σχεδιαστικό αυτό εργαλείο επιλέχθηκε καθώς θεωρείται μία υψηλής απόδοσης γλώσσα για τον τεχνικό προγραμματισμό. Πρόκειται για ένα διαδραστικό σύστημα, το οποίο ενσωματώνει τις διεργασίες του υπολογισμού, της απεικόνισης και του προγραμματισμού σε ένα εύχρηστο περιβάλλον.

5.1 Μοντέλο φυσικού επίπεδου IEEE 802.11p WLAN

Η προσημείωση παρουσιάζει ένα end-to-end μοντέλο του φυσικού στρώματος ενός ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN), σύμφωνα προς το πρότυπο IEEE 802.11p. Το μοντέλο υποστηρίζει όλους τους υποχρεωτικούς και προαιρετικούς ρυθμούς μετάδοσης: 3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, και 27 Mb/s.

Το μοντέλο προσομοίωσης παρουσιάζει ταυτόχρονα την προσαρμοστική διαμόρφωση (adaptive modulation) και την κωδικοποίηση σε ένα κανάλι με μεγάλη διασπορά λόγω του φαινομένου πολλαπλών διαδρομών.

Η πάνω σειρά των μπλοκ περιέχει συστατικά στοιχεία του πομπού, ενώ η κάτω σειρά περιέχει συστατικά του δέκτη στην επομένη ενότητα θα πραγματοποιήσουμε μια εκτενή ανάλυση των συστατικών στοιχείων του συστήματος.



Εικόνα 5. 1 Μοντέλο 802.11p

5.1.1 Χρωματική απεικόνιση

Το μοντέλο χρησιμοποιεί χρώματα για να βοηθήσει τον χρήστη στη διάκριση των μπλοκ που παίζουν διαφορετικούς ρόλους.

Χρώμα	Τύπος Block
Μπλε	Σύστημα λειτουργίας
Πορτοκαλί	Σύστημα ελέγχου και σήματος
Πράσινο	Σήμα μετρήσεις και αξιολόγησης των επιδόσεων
Κίτρινο	Εμφάνιση και διαγράμματα
Γκρι	Ρυθμίσεις και πληροφορίες Block

Πίνακας 5. 1 Χρωματική απεικόνιση

5.1.2 Απλοποιήσεις και παραδοχές

Για λόγους απλούστευσης, αυτό το demo

- Καθορίζει τον αριθμό των data symbols σε κάθε πακέτο και παραλείπει pad bits.
- Λειτουργεί συνεχώς από Frame to Frame με αποτέλεσμα να παραλείπει τα bit της ουράς τα όποια
 1. θα είχαν χρησιμοποιηθεί για την επαναφορά της καταστασης του αποκωδικοποιητή.
- Καθορίζει το επίπεδο της ισχύς κατά την μετάδοση που κυμαίνεται στον μέσο όρο SNR του καναλιού.
- Προϋποθέτει idealized timing/frequency acquisition

5.1.3 Αποτελέσματα και εμφάνιση

Για να δούμε παραστατικά τα στοιχεία κάνουμε διπλό κλικ στο the Signal Visualization icon, στο ποιο περιέχονται όλες οι γραφικές παραστάσεις

5.2 Διερεύνηση του Demo

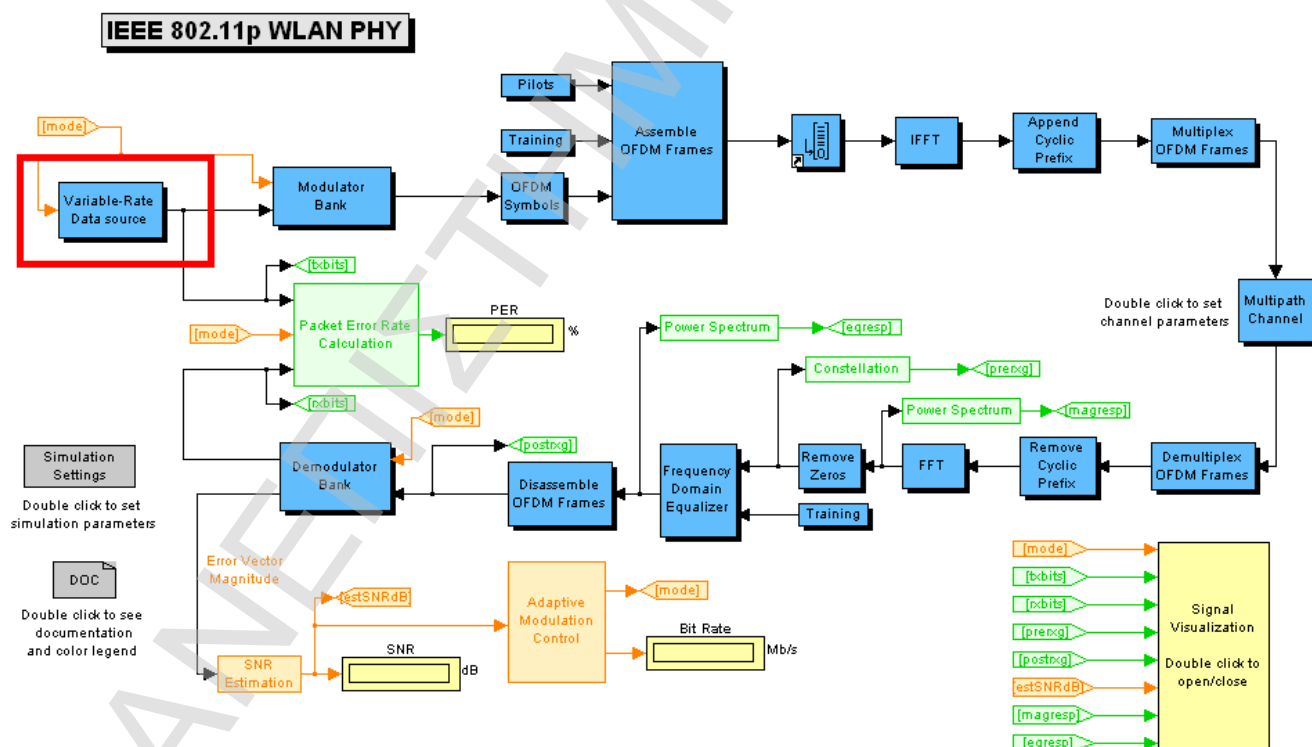
Ένα μπλοκ που ονομάζεται Ρυθμίσεις Προσομοίωσης μας επιτρέπει να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους, όπως η σύνθεση του κάθε OFDM πλαισίου (Frame), το traceback και το βάθος του Viterbi αποκωδικοποιητή.

Μία παράμετρος που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την προσαρμοστική διαμόρφωση και κωδικοποίηση σε αυτό το demo είναι η παράμετρος Low-SNR thresholds (επτά επιπέδων). Μας παρουσιάζει πως η προσομοίωση μας μπορεί να επιλέξει ένα data rate εκτιμώντας την τιμή του SNR

Το μοντέλο μας περιέχει 8 περιπτώσεις (Mode) όπου η κάθε μια συνδέεται με ένα συγκεκριμένο σχήμα διαμόρφωσης και convolutional κωδικοποίησης. Τα 7 όρια είναι τα όρια μεταξύ οκτώ γειτονικών περιοχών που αντιστοιχούν σε οκτώ φάσεις.

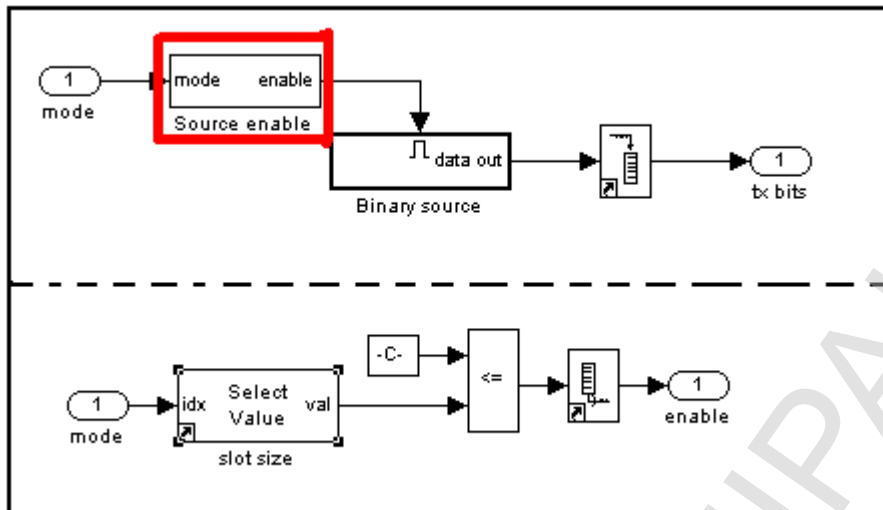
Στην ιδανική περίπτωση, προσομοίωση θα πρέπει να χρησιμοποιούν το υψηλότερο throughput

5.2.1 Variable -Rate Data source



Εικόνα 5.2 Variable -Rate Data source

Γέννα τυχαία δεδομένα σε ένα bit rate το οποίο ποικίλει ανάλογα με την προσομοίωση. οι διάφοροι data rates (ρυθμοί δεδομένων) δημιουργούνται από την ενεργοποίηση μιας περιοδικής πηγής και για διάρκεια η οποία εξαρτάται από τον επιθυμητό ρυθμό δεδομένων.



Εικόνα 5. 3 Υποσύστημα Variable -Rate Data source

Η πηγή του μοντέλου προσομοίωσης μας μέσω του υπό-συστήματος **Slot Size** “Select Value” «γεννά» ένα σταθερού μεγέθους slot κάθε φορά που ισούνται με τις παραμέτρου “nSource” στην περίπτωση του 802.11p μοντέλου

nSource=240 bits.

Η πηγή μας μπορεί να μεταβάλλει περιοδικά το Data Rate της πολλαπλασιάζοντας την τιμή του Slot (“nSource”) με τα περιεχόμενα του πίνακα

“nS= [2 3 4 6 8 12 16 18]” του Binary source “data out”

Έτσι τα bits_per_Bolck που μπορεί να μεταδώσει η πηγή είναι :

bits_per_Bolck=[2x240 3x240 4x240 6x240 8x240 12x240 16x240 18x240] =>

bitsper Bolck = [480 720 960 1440 1920 2880 3840 4320]

όπως παρατηρούμε ο μέγιστος αριθμός των bit ανά block για **nSource=240 bits και nS= [18]** ισούνται :

“maxBitsPerBlock= 4320 ”

Παράλληλα έχοντας τον αριθμό των μεταδιδόμενο συμβόλων ίσο με 960

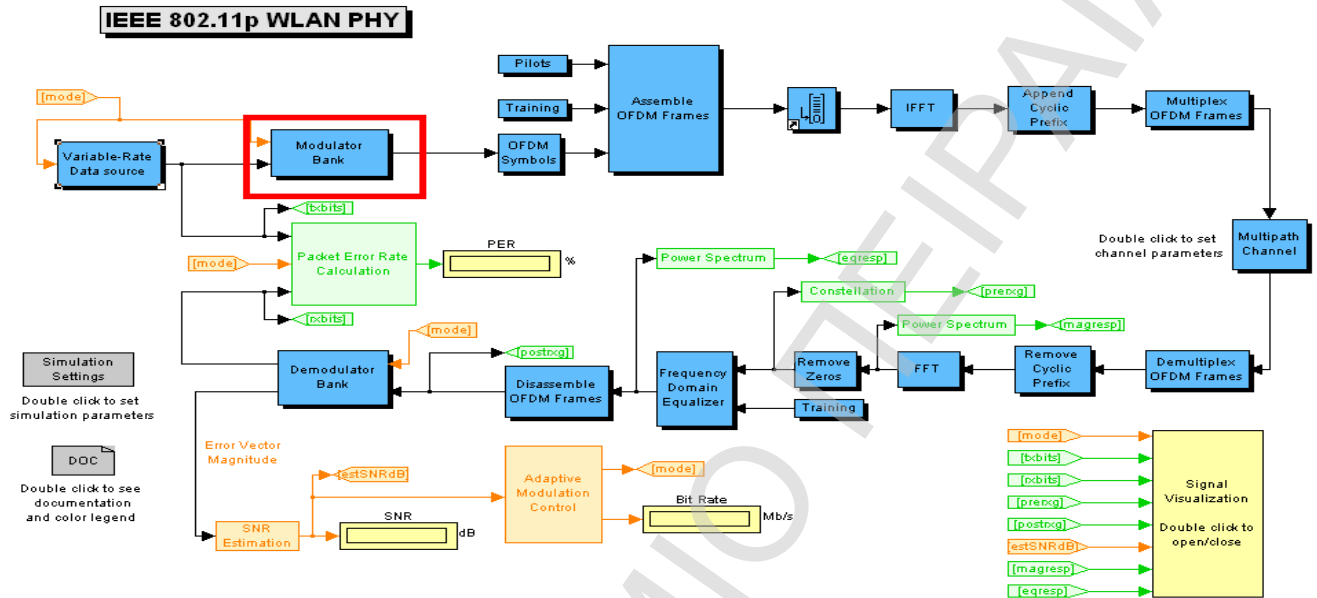
numTxSymbols= 960

για να μεταδώσουμε την παραπάνω πληροφορία των bits σε κάθε σύμβολο θα πρέπει να τοποθετήσουμε [bits per Bolck / numTxSymbols] bits , γεγονός που αντιστοιχεί στον παρακάτω πίνακα

bitPerSymbol = [0.5 0.75 1 1.5 2 3 4 4.5]

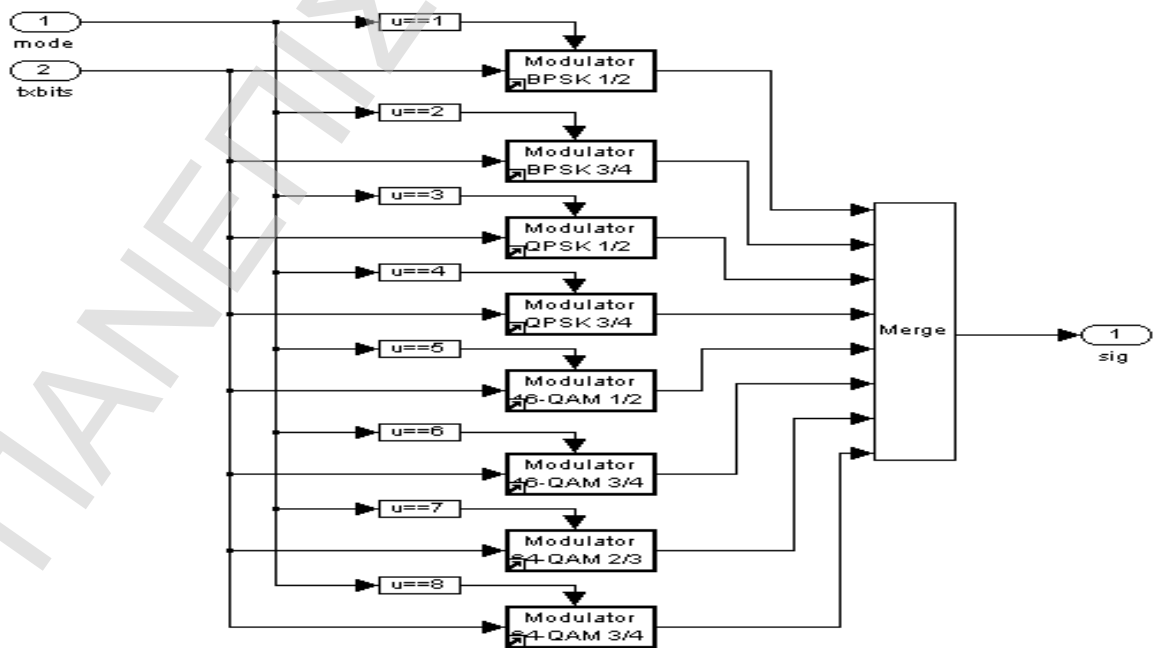
Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι αριθμός αυτός των bit ,θα ήταν αυτός που θα χρησιμοποιούσαμε αν δεν κωδικοποιούσαμε τα δεδομένα μας με εάν από τους 8 παρακάτω κωδικοποιητές και δεν προσθέταμε παραπάνω πληροφορία

5.2.2 Modulator Bank



Εικόνα 5. 4 Modulator Bank

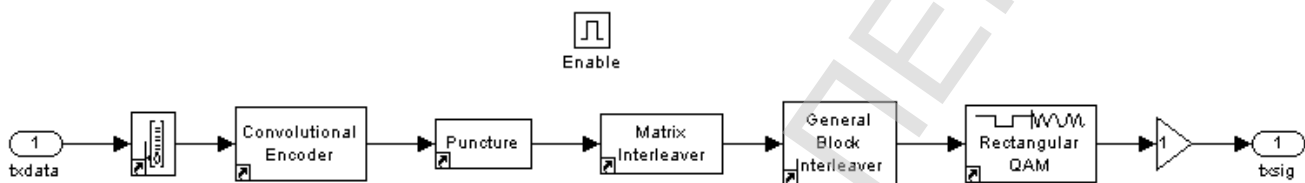
Το σύστημα μας εξαιτίας των διαφορετικών data rates κάνει χρήση 8 διαφορετικών σχημάτων διαμόρφωσης .



Εικόνα 5. 5 Υποσύστημα Modulator Bank

Το υποσύστημα του διαμορφωτή υποδιαιρείται ως εξής

1. Padding
2. Convolutional encoder
3. Puncturing convolutional codes
4. Matrix interleaver
5. General block interleaver
6. Rectangular QAM



Εικόνα 5. 6 υποσύστημα του διαμορφωτή

Αναλυτικότερα τα 8 mode διαμόρφωσης παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά .

Mode	Τύπος Κωδικοποίησης	Code Rate = Tx data bits / bits Κωδικοποίησης
1	BPSK	1/2 (0.5)
2	BPSK	3/4 (0.75)
3	QPSK	1/2 (0.5)
4	QPSK	3/4 (0.75)
5	16 QPSK	1/2 (0.5)
6	16 QPSK	3/4 (0.75)
7	24 QPSK	2/3 (0.66667)
8	24 QPSK	3/4 (0.75)

Πίνακας 5. 2 Τύποι Κωδικοποίησης

Ο πίνακας του Code Rate για κάθε ένα από τους 8 διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων ισούνται

codeRate= [0.5 0.75 0.5 0.75 0.5 0.75 0.66667 0.75] τα bits

Συμφώνα με την Εικόνα 5.5 τα bits εξόδου του εκάστου διαμορφωτή μπαίνουν στην είσοδο του συστήματος Merge και ομαδοποιούνται σε Block έτοιμα προς μετάδοση. Ανάλογα με το data rate έχουμε και τον ανάλογο αριθμό μεταδιδόμενων bits αν Block οποίος ισούνται

$txBitsPerBlock = [\text{bitsper Block (που εισέρχονται στην είσοδο του διαμορφωτή)} / \text{Bits που μπορούν να μεταδοθούν ανάλογα με το Code Rate (Tx data bits)}] \times \text{Bit bits Κωδικοποίησης}$

Έτσι αν στην είσοδο του διαμορφωτή BPSK έχουμε 720 bits και Code rate 3/4 που σημαίνει ότι μεταδώσουμε 3 bit πληροφορίας για κάθε 4 bits κωδικοποίησης έχουμε ότι τα $txBitsPerBlock = (720/3 = 240) \times 4 = 960$ bits.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας $txBitsPerBlock$ για κάθε ένα από τα data rate ισούνται

$txBitsPerBlock = [960 960 1920 1920 3840 3840 5760 5760]$

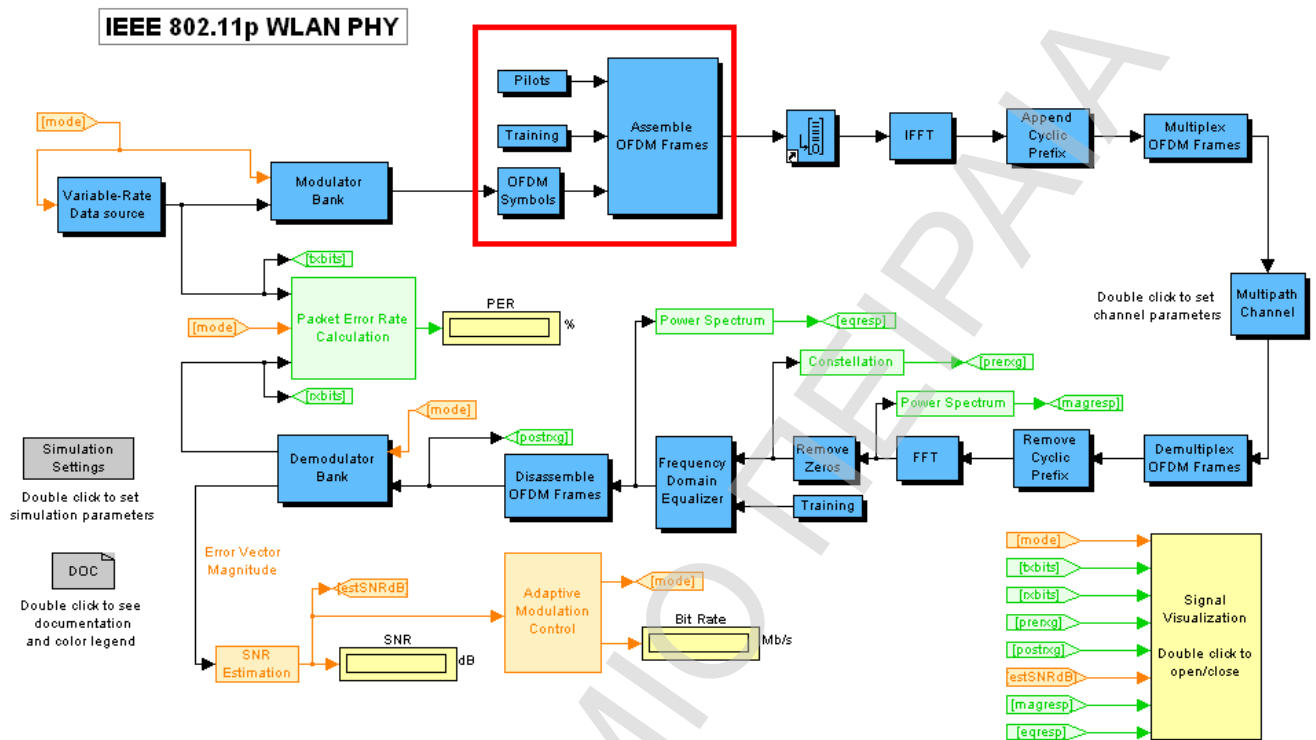
Όπως προαναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα για να μεταδώσουμε των αριθμό των κωδικοποιημένων bit σε 960 σύμβολα θα πρέπει

$txBitsPerSymbol = [txBitsPerBlock / numTxSymbols]$

Έτσι κάθε σύμβολο στην έξοδο του συστήματος modulator Bank για ένα από τα 8 διαφορετικά data rate μπορεί να περιέχει

$txBitsPerSymbol = [1 1 2 2 4 4 6 6]$

5.2.3 OFDM Σύμβολο



Εικόνα 5. 7 OFDM Σύμβολο

Το συγκριμένο μπλοκ μας επιτρέπει να μετατρέψουμε ένα μπλοκ N συνεχόμενων σύμβολων (που το καθένα ένα έχει διάρκεια T_s) σε ένα μπλοκ N παράλληλων συμβόλων (που το καθένα έχει διάρκεια $T = N \times T_s$), Το διάνυσμα εξόδου του είναι ένα αριθμός subcarrier δεδομένων από OFDM σύμβολα ανά frame.

5.2.3.1 Pilot

Η δημιουργία των Pilot γίνεται από μια ψευδοτυχαία γεννήτρια θορύβου Noise (PN) στην οποία η διάρκεια του Sample time καθώς και ο χρόνος των Sample ανά Frame είναι:

$$\text{Sample Time} = \frac{\text{Διάρκεια του Block}}{\text{OFDM Symbol Frame}}$$

$$\text{Sample per Frame} = \text{OFDM Symbol per Frame}$$

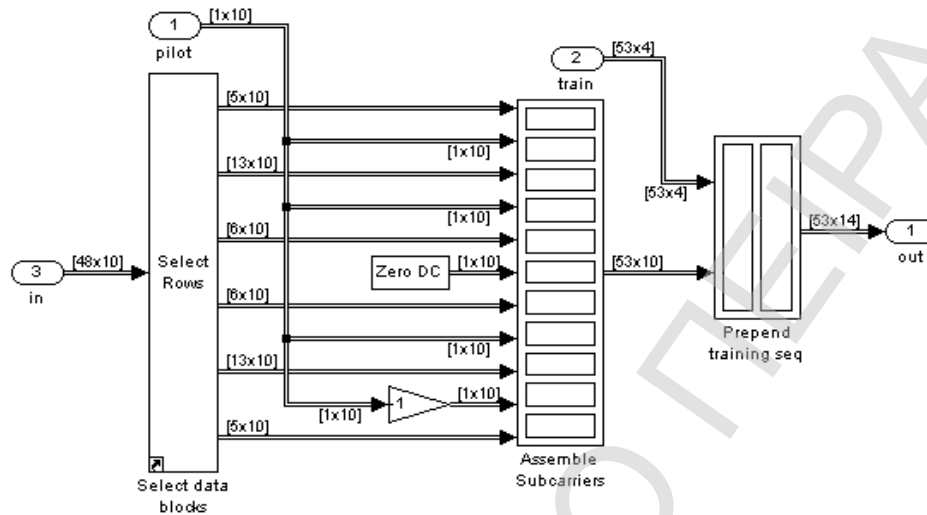
Στο 802.11p τοποθετούμε 4 pilot μεταξύ των -21, -7, 7 και 21 Subcarrier .

5.2.3.2 Training

Για την εκτίμηση του καναλιού χρησιμοποιούνται 4 OFDM Training Symbols (αντί 2 που χρησιμοποιεί το σύστημα) Τα Long Training σύμβολο αποτελείται από 53 sub carrier τα οποία έχουν μηδενική τιμή στο DC subcarrier

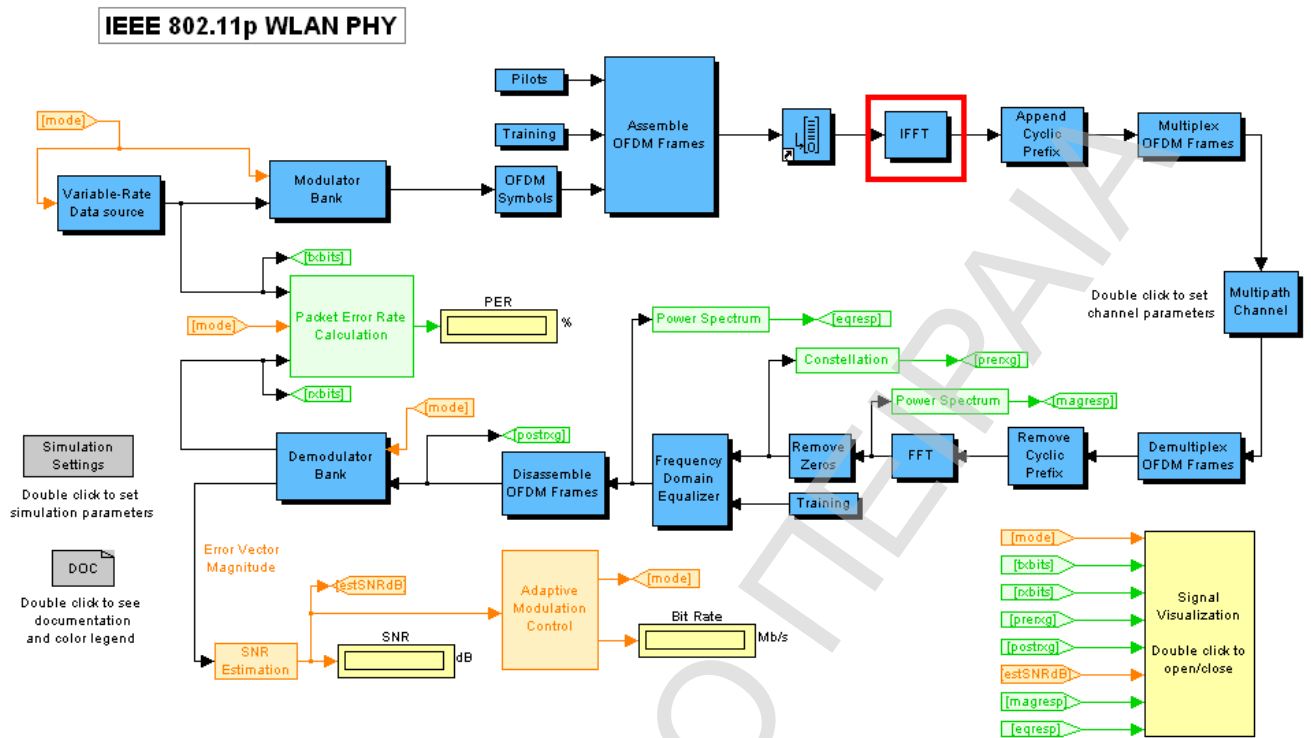
5.2.3.3 Δημιουργία OFDM Frame

Η σύνθεση του OFDM πλαισίου πραγματοποιείται με την προσθήκη των Pilot και Training σύμβολων στο OFDM σύμβολο. Αρχικά προσθέτονται τα 4 Pilot σύμβολα μεταξύ των Subcarriers και στη συνέχεια προστίθεται η ακολουθία των Training συμβόλων.



Εικόνα 5. 8 Υποσύστημα σύνθεσης OFDM Frame

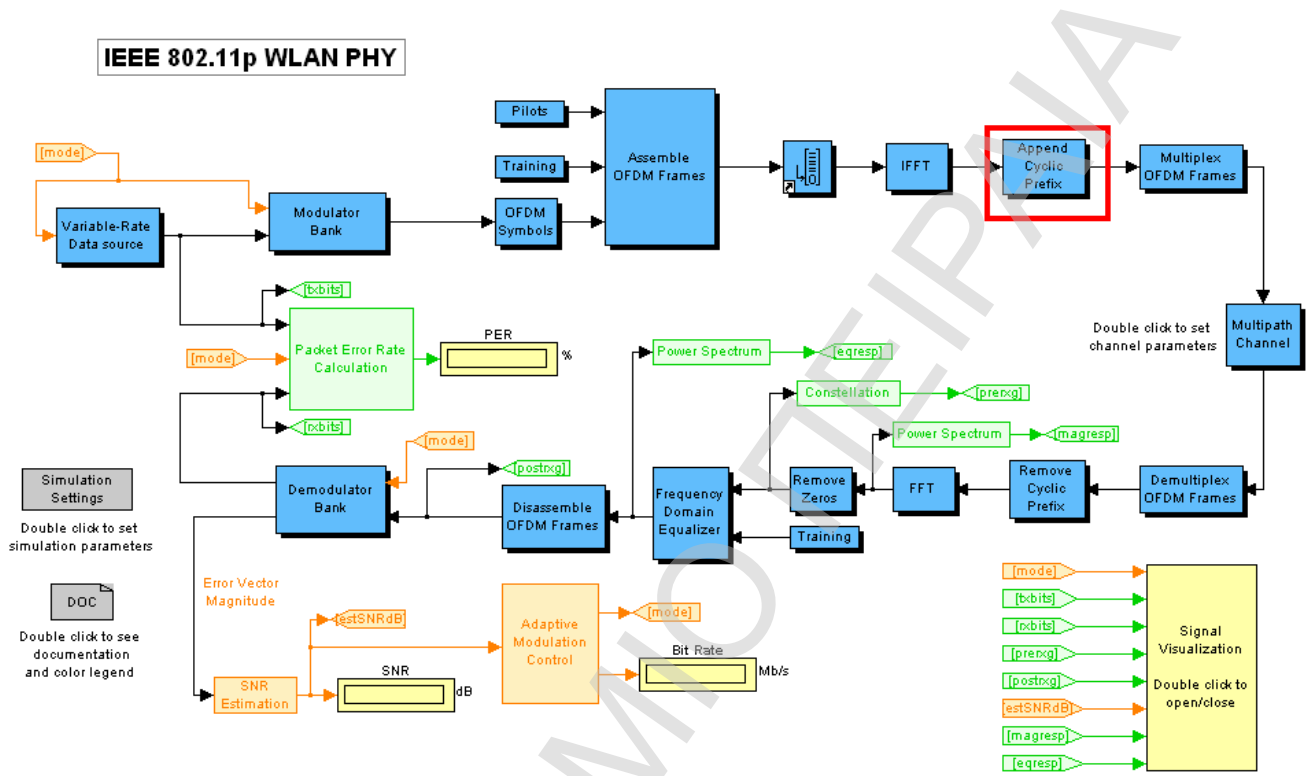
5.2.3.4 IFFT and FFT



Εικόνα 5. 9 IFFT

Ο αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier μετατρέπει τη ροή δεδομένων από τον τομέα της συχνότητας στον αντίστοιχο τομέα του χρόνου. Το IFFT Block κατανέμει τα διαφορετικά ορθογωνικά υπό-φέροντα των μεταδιδόμενων bit κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η παρεμβολή μεταξύ των Subcarriers. Σε αυτή την περίπτωση το εύρος ζώνης αξιοποιείται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο μιας και τα Subcarriers είναι πιο κοντά.

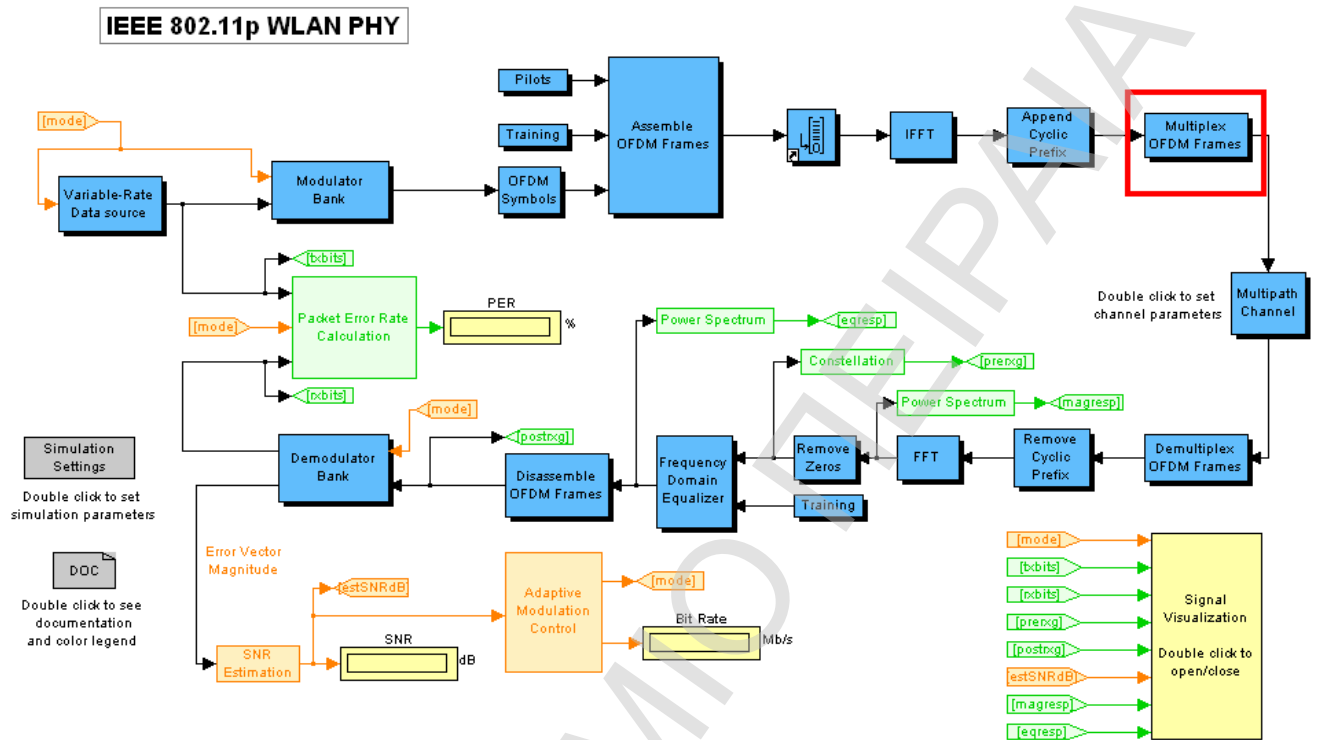
5.2.3.5 Cyclic Prefix



Εικόνα 5. 10 Cyclic Prefix

Χρησιμοποιείτε ως διάστημα φύλαξης προκειμένου να μειώσουμε τις επιπτώσεις της ISI παρεμβολών. Ένα επιλεγμένο Block εφαρμόζεται προκρίμένου να τοποθετήσει τα τελευταία 16 subcarriers στην αρχή του OFDM σύμβολου

5.2.4 Multiplex OFDM Frame



Εικόνα 5. 11 Multiplex OFDM Frame

Το multiplex block είναι το τελευταίο block στον πομπό το οποίο μετατρέπει από παράλληλα σε σειριακά τα χρονικά δείγματα κάθε σύμβολου

5.3 Χρόνοι

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί μια ανάλυση των χρονικών περιόδων που αναφέρονται στις παραμέτρους του συστήματος μας

- Η διάρκεια Συμβόλου ορίζεται από τον χροιστή και ισούνται :

$$\text{symbolPeriod} = 16 \times 10^{-8} .$$

- Περίοδο Block = Αριθμό μεταδιδόμενων σύμβολων x Διάρκεια Συμβόλου

$$\text{blockPeriod} = \text{numTxSymbols} * \text{symbolPeriod} .$$

- Περίοδο Bit = Διάρκεια Συμβόλου / Αριθμό Bits ανά Σύμβολο

$$\text{bitPeriod} = \text{symbolPeriod} / \text{bitsPerSymbol} .$$

- $\text{chanSamplePeriod} = \text{Περίοδο Block} / (\text{Σύνολο των OFDM σύμβολων} \times \text{NFFT2})$

Σύνολο των OFDM σύμβολων = $\text{OFDMSymPerFrame} + \text{OFDMTrainPerFrame}$

$$= 20 + 4 = 24$$

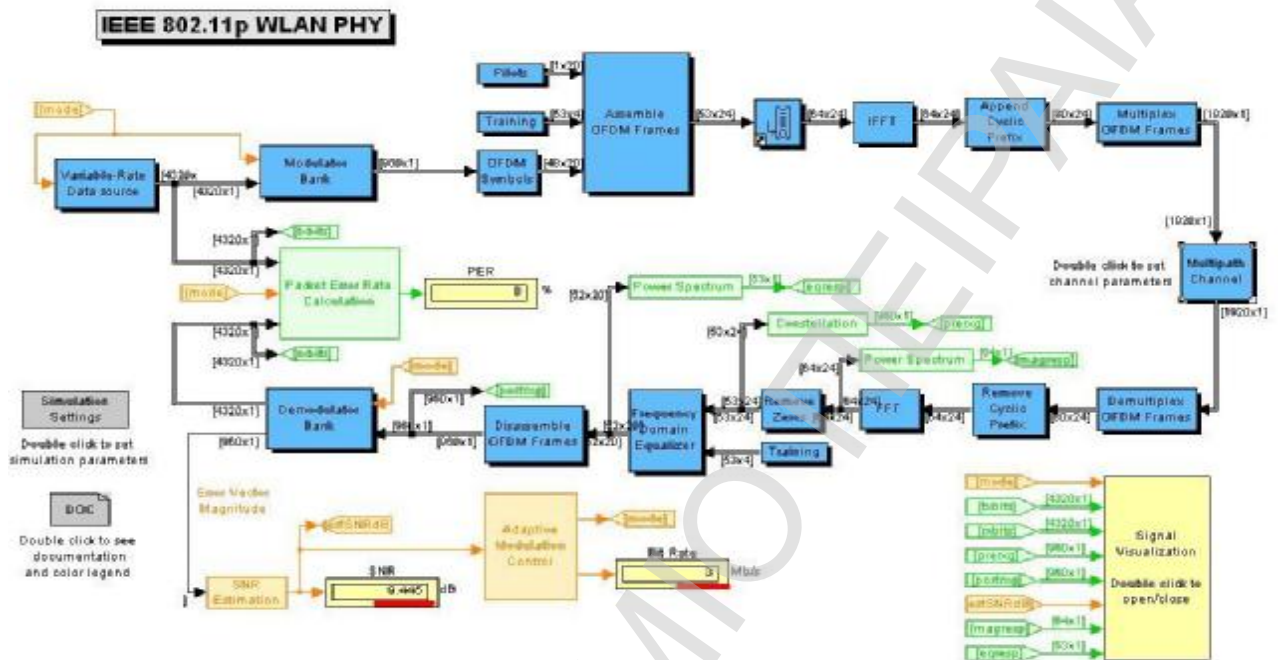
$$\text{NFFT2} = \text{NFFT} + \text{NcyclicPrefix} = 64 + 16 = 80$$

$$\text{chanSamplePeriod} = \text{blockPeriod} / (\text{OFDMTotSymPerFrame} * \text{NFFT2}) .$$

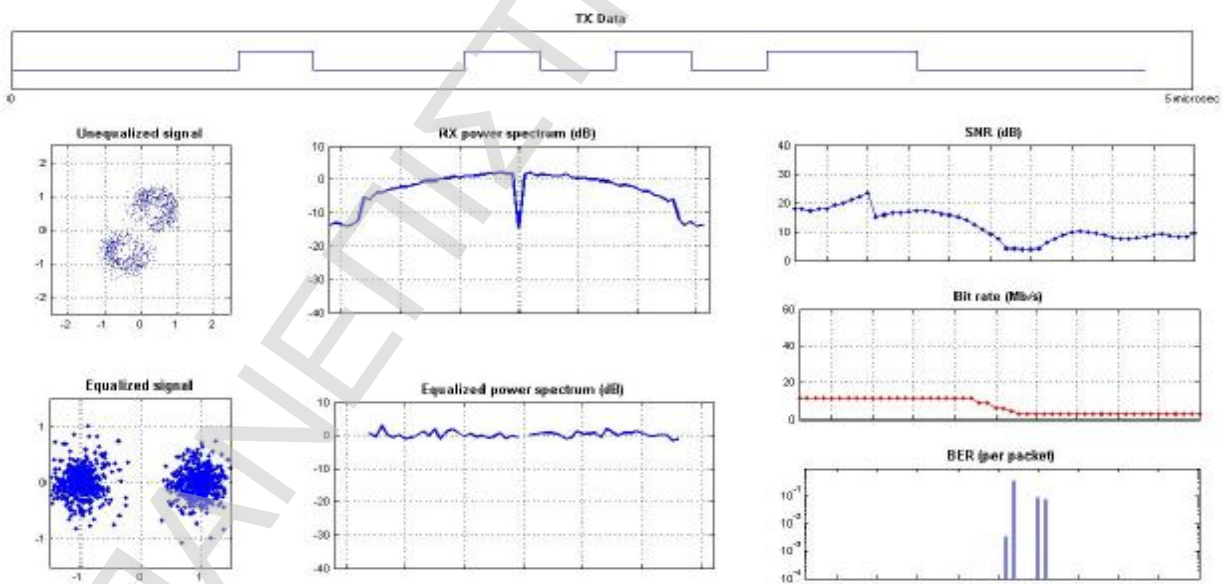
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Προσομοίωση και αποτελέσματα

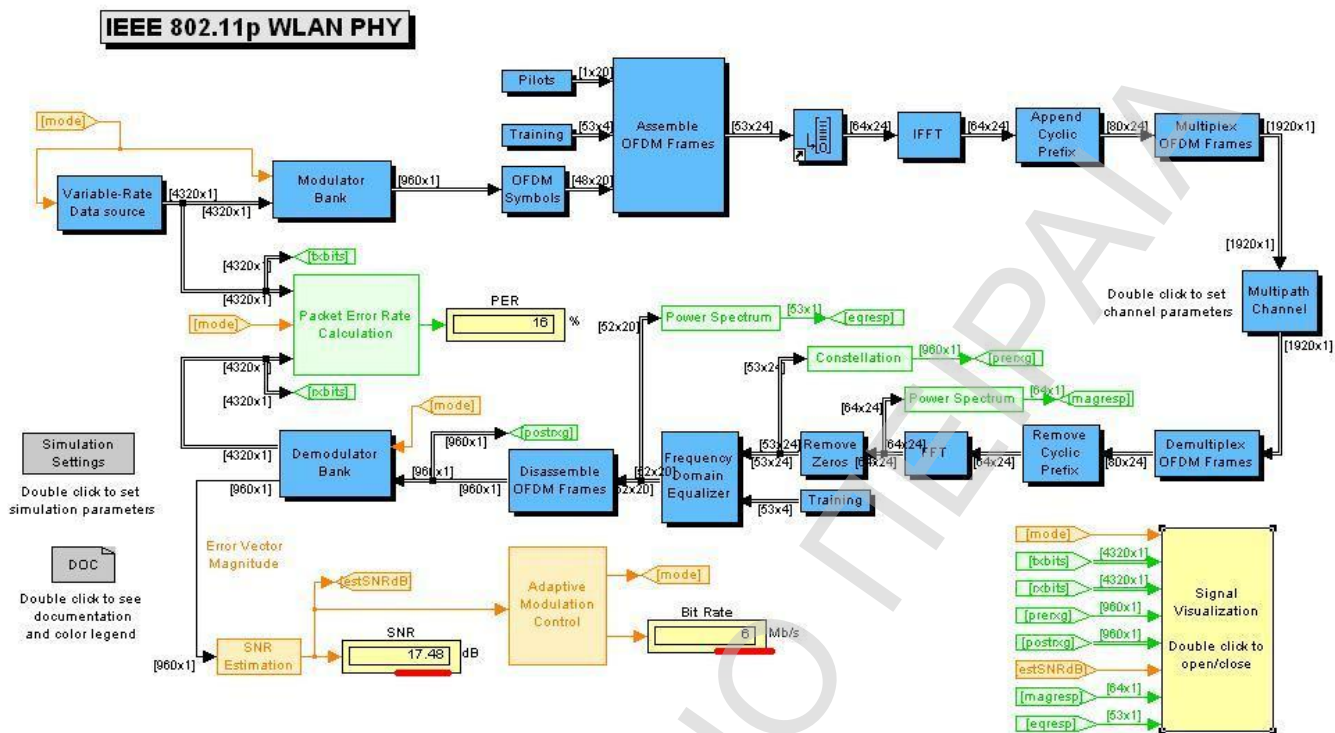
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έπειτα από την παραμετροποίηση του μοντέλου μας .



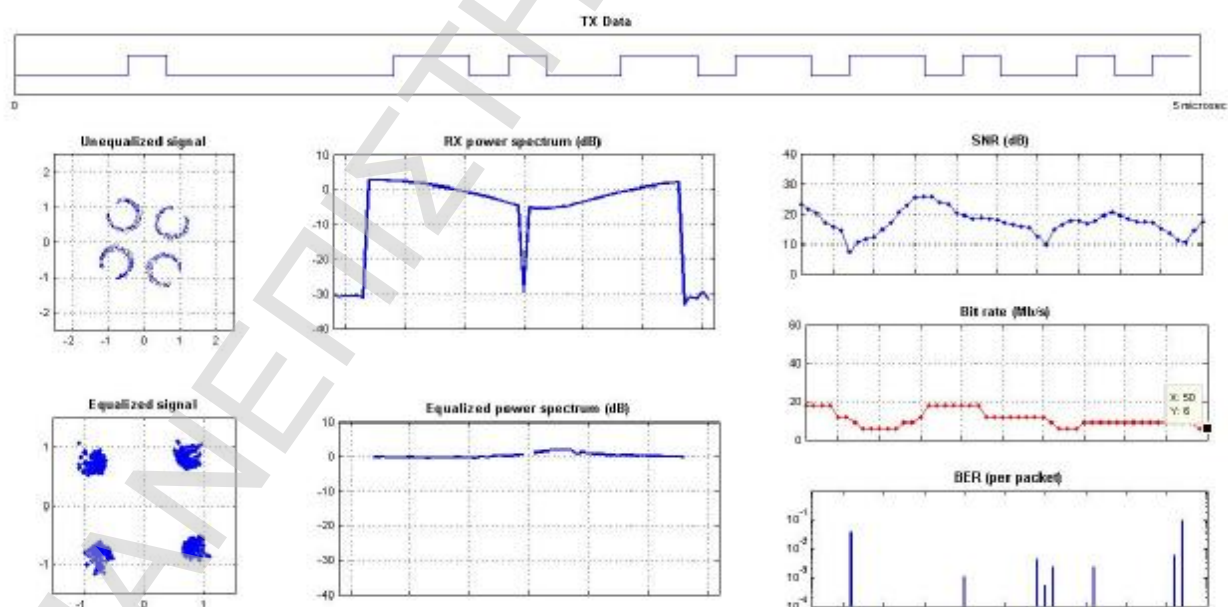
Εικόνα 6. 1 Απαικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 3 Mb/s



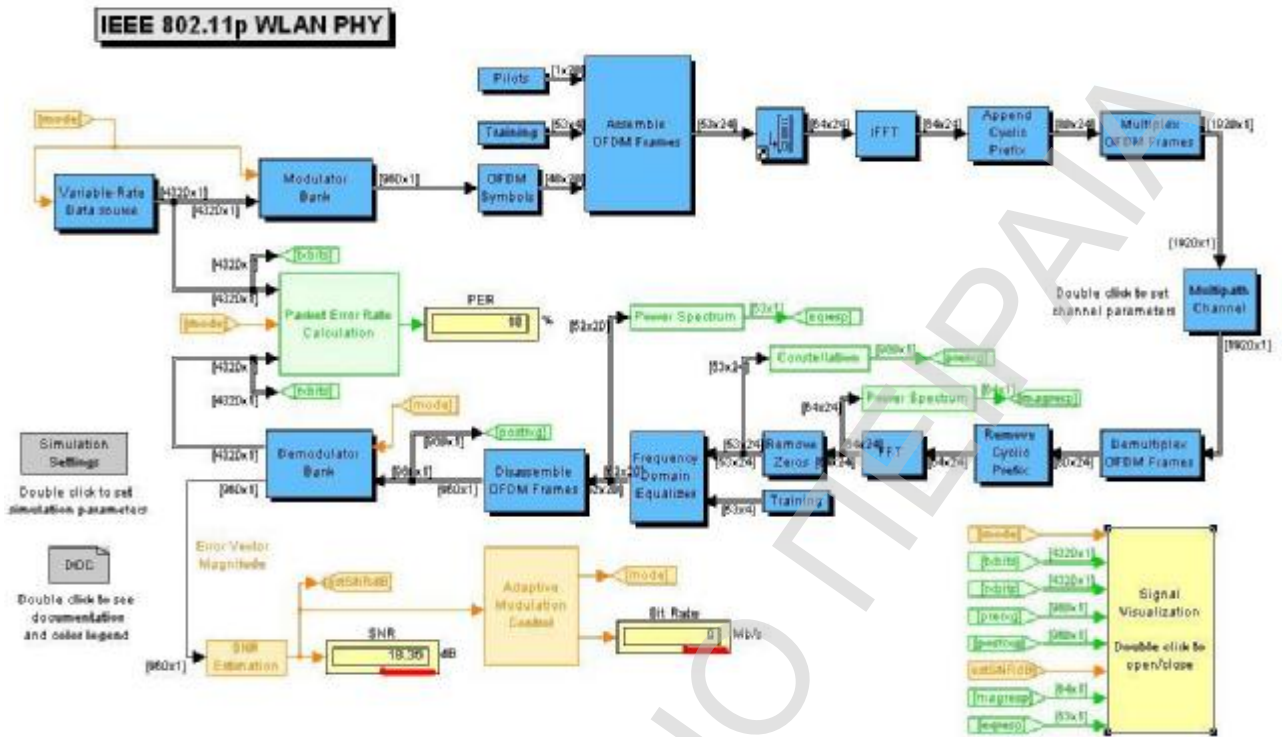
Εικόνα 6. 2 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 3 Mb/s



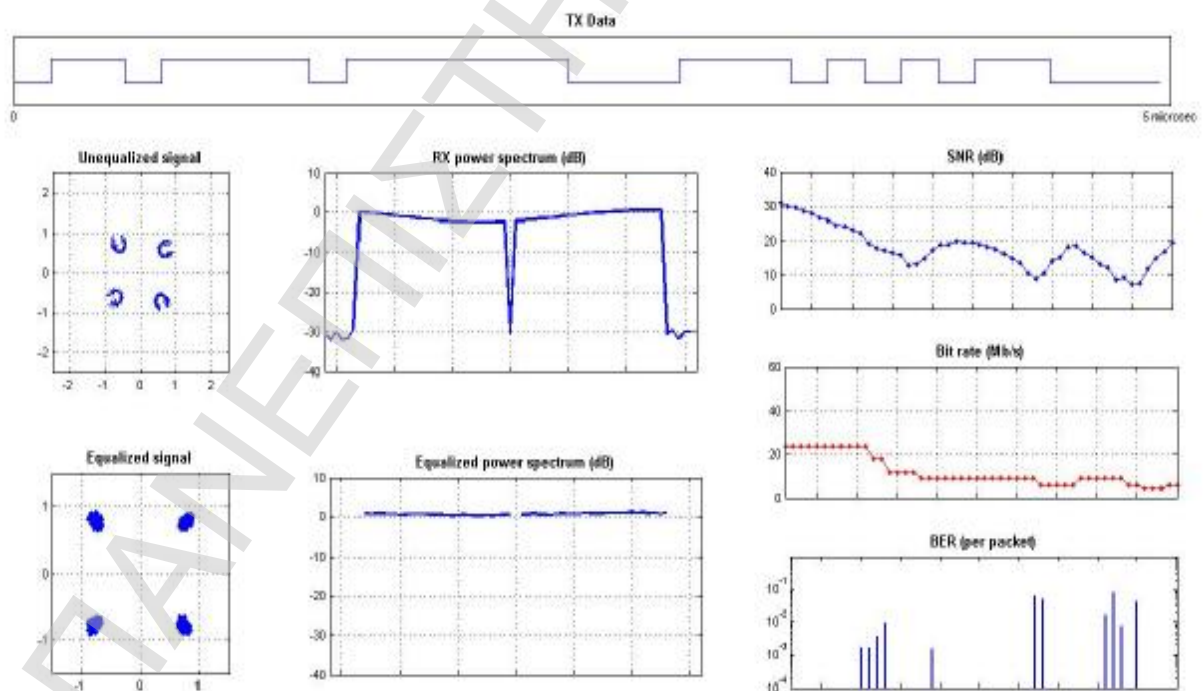
Εικόνα 6. 3 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 6 Mb/s



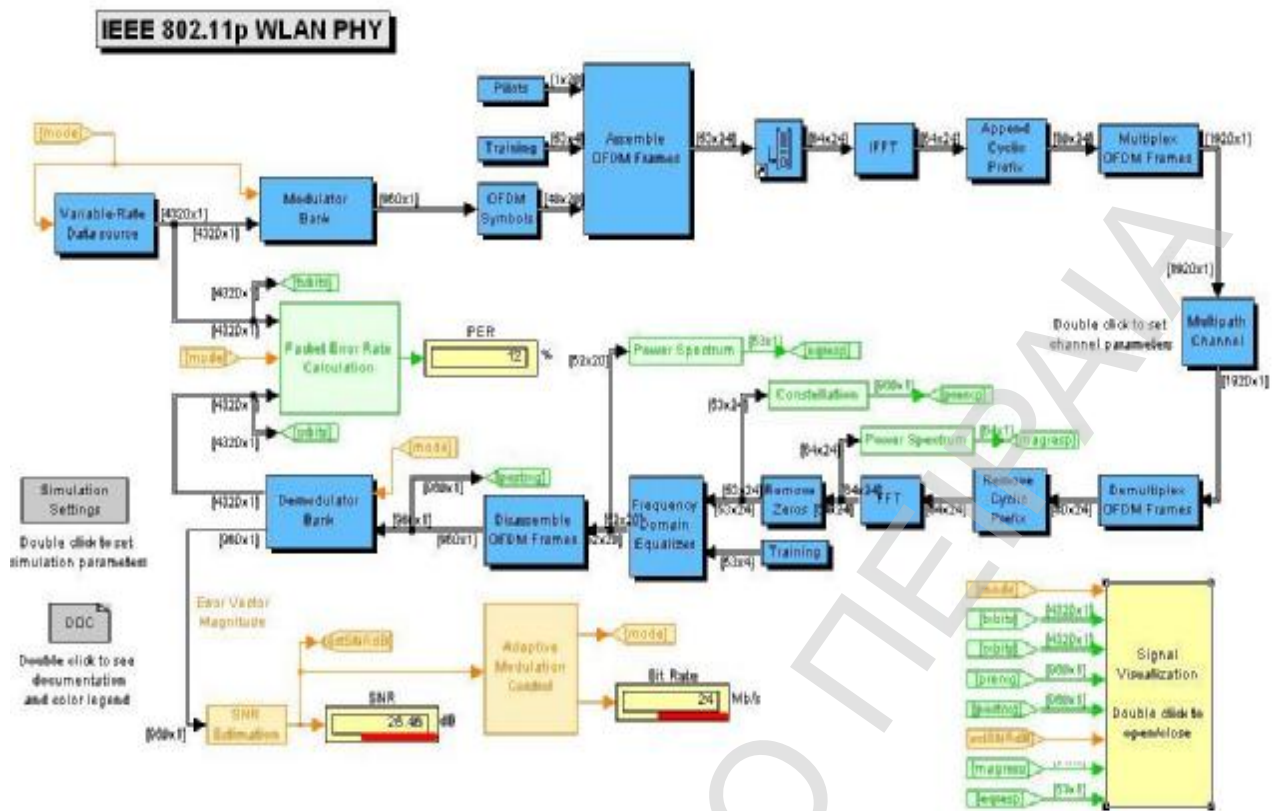
Εικόνα 6. 4 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 6 Mb/s



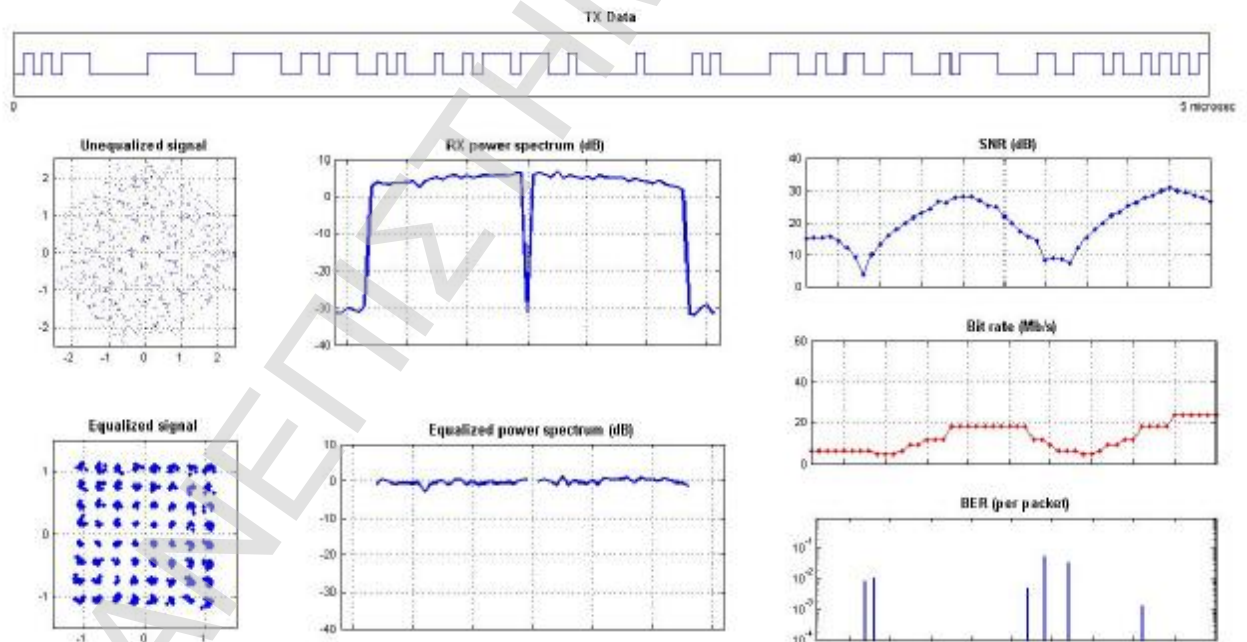
Εικόνα 6. 5 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 9 Mb/s



Εικόνα 6. 6 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 9 Mb/s



Εικόνα 6. 7 Απεικόνιση Προσομοίωσης με ρυθμό μετάδοσης 24 Mb/s



Εικόνα 6. 8 Γραφικές παραστάσεις για ρυθμό μετάδοσης 24 Mb/s

6.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προσημείωσης

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε μια απεικόνιση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης μας. Η πρώτη εικόνα κάθε αποτελέσματος παρουσίαζε το Simulink μοντέλο μας εμφανίζοντας τον ρυθμό (Bit Rate) και το SNR, ενώ στη συνέχεια ακλουθούσε η απεικόνιση των γραφικών παραστάσεων.

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν σε πραγματικό χρόνο:

1. Τον αριθμό των bits που μεταδίδονται στη μονάδα του χρόνου.
2. Το μη-εξισοροπημένο (Unequalized) σήμα μας.
3. Το φάσμα της λαμβανόμενης ισχύς σε dB.
4. Το σηματοθρορυβικό λόγο (SNR) σε συνάρτηση με τον χρόνο.
5. Το εξισοροπημένο (equalized) σήμα μας.
6. Το φάσμα εξισοροπημένης (equalized) λαμβανόμενης ισχύς σε dB.
7. Το Bit Error Rate (BER) ανά πακέτο σε συνάρτηση με τον χρόνο.

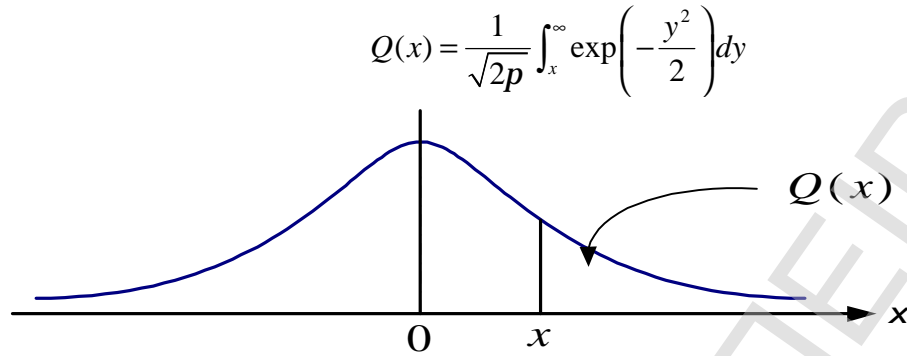
Όπως γίνεται φανερό από τις γραφικές παραστάσεις, ο πίνακας 4.1 ανταποκρίνεται πλήρως στα αποτελέσματα της προσομοίωσης μας, παρουσιάζοντας πλήρη αντιστοιχία στον ρυθμό μετάδοσης σε σχέση με τον αντίστοιχο τύπο διαμόρφωσης.

Συνεπώς στην εικόνα 6.1, το σύστημα μας παρουσιάζεται να εμφανίζει ρυθμό μετάδοσης ίσο με 3 Mb/Sec όταν σε αυτό εφαρμόζουμε BPSK (εικόνα 6.2 γραφική παράσταση εξισοροπημένου (equalized) σήματος μας). Ανάλογα έχουμε ρυθμούς 6 και 9 Mb/Sec κάνοντας χρήση της QPSK (εικόνα 6.3&6.4 και εικόνα 6.5&6.6) και τέλος 24 Mb/Sec με διαμόρφωση 64 QAM (εικόνα 6.7&6.8)

Τα παραπάνω γεγονότα συνηγορούν στην ορθότητα των πρώτων θεωρητικών μας υποθέσεων που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες

6.3 Σύγκριση Θεωρητικών αποτελεσμάτων με αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Οι εκφράσεις, είτε για την πιθανότητα σφάλματος συμβόλου (P_s) συναρτήσει της E_s/N_0 , είτε της πιθανότητας σφάλματος bit (P_b) συναρτήσει του E_b/N_0 , δίνονται με κάποια μορφή της συνάρτησης $Q(\cdot)$.



Στο MATLAB υπάρχει η συνάρτηση $\text{erfc}(x)$ (μία άλλη μορφή της co-error συνάρτησης), που ορίζεται ως

$$\text{erfc} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-y^2) dy$$

Επομένως προκύπτει ότι:

$$\text{erfc}(x) = 2Q(x\sqrt{2}) \rightarrow Q(x) = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right)$$

Στο MATLAB μπορούμε να δημιουργήσουμε τη συνάρτηση **Qfunct(x)** ως εξής: δημιουργούμε το αρχείο **Qfunct.m** με περιεχόμενο:

```
function y=Qfunct(x)
y = (erfc(x/sqrt(2)))/2;
```

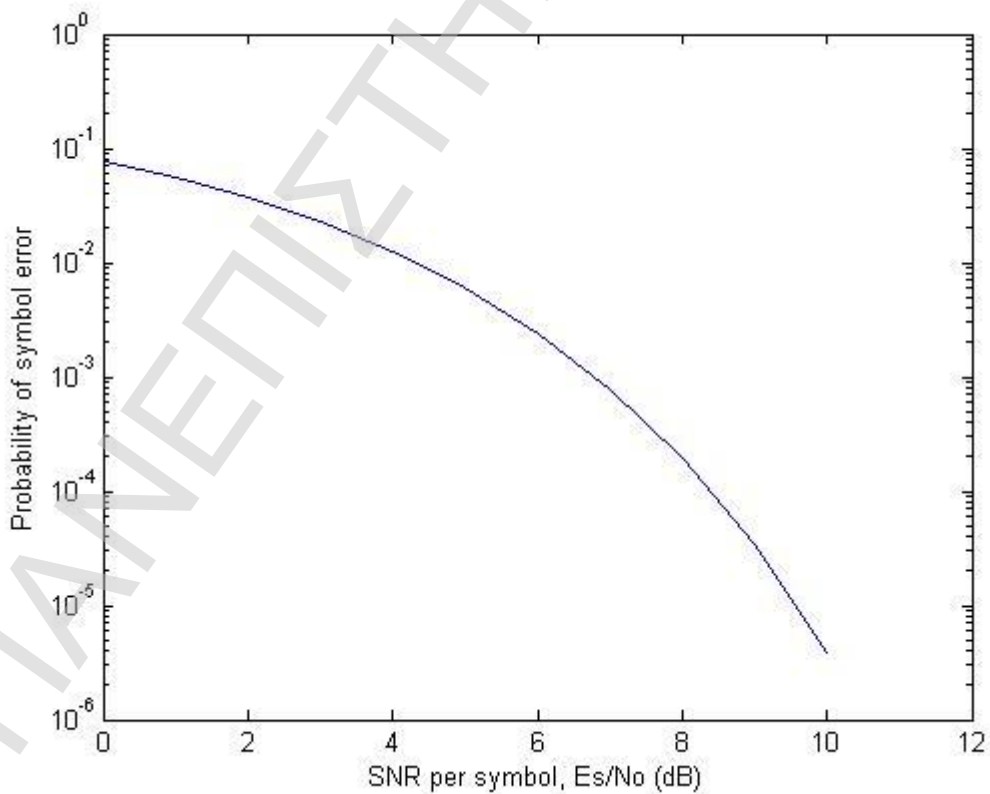
Η $\text{erfc}(\bullet)$ είναι η συμπληρωματική συνάρτηση λάθους και η $Q(\bullet)$ είναι η Gaussian συνάρτηση-Q. Η σχέση που συνδέει τις δύο συναρτήσεις είναι:

$$Q(x) = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right). \quad (2-22)$$

Στη συνέχεια μπορούμε με ένα άλλο πρόγραμμα να υπολογίσουμε και να σχεδιάσουμε την P_s (ή P_b) συναρτήσει του E_s/N_0 (ή E_b/N_0).

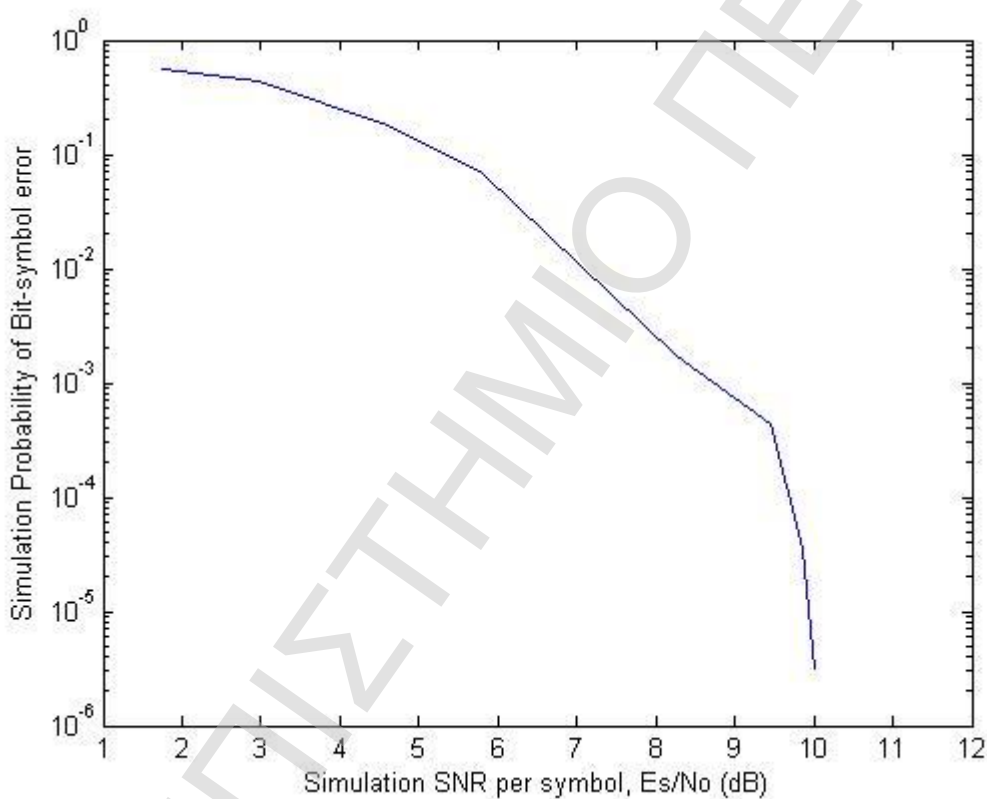
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ BPSK: **bpsk_awgn_1.m**

```
clear;  
  
am = 1;  
bm = 2;  
  
snr_symbol_dB = 0:1:10;    % 9 different values for the SNR  
  
for i = 1:length(snr_symbol_dB)  
  
    % transform from dB to regular number and assign to variable snr  
  
    snr = 10^(snr_symbol_dB(i)/10.0);  
  
    Ps(i) = am*Qfunc(sqrt(bm*snr));  
  
end  
  
semilogy(snr_symbol_dB, Ps)  
axis([0 10 10^(-5) 10^0])  
xlabel('SNR per symbol, Es/No (dB)')  
ylabel('Probability of symbol error')
```



Εικόνα 6. 9 Θεωρητική απεικόνιση SNR με Probability of symbol error

Στο εσωτερικό του μπλοκ Packet Error Rate Calculation το σύστημα error rate Calculator υπολογίζει το ποσοστό λάθους (error Rate) , τον αριθμό των λανθασμένων bit και των αριθμό των συνολικών bit . Με την χρήση δυο mat αρχείων σε συνδυασμό με την πρόσθεση καθυστέρησης υπολογίσαμε και αποθηκεύσαμε για κάθε χρονική στιγμή τον αριθμό των συνολικών bit και των αριθμό των λανθασμένων. Οι τιμες αυτές σε συνδυασμό με τις τιμές του SNR του συστήματος μας βοήθησαν στον υπολογισμό της παρακάτω γραφικής παράστασης



Εικόνα 6. 10 Πειραματική απεικόνιση BER με Probability of symbol error

Όπως παρατηρούμε από τα δυο γραφήματα οι πειραματικές τιμές με αυτές τις θεωρητικές μας ανάλυσης είναι πολύ κοντά αν αναλογιστούμε και την πρόσθεση της κωδικοποίησης που πραγματοποιείτε στην προσομοίωση μας

Βιβλιογραφία

- [1] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/3540>, M. Clark, "IEEE 802.11a WLAN model."
- [2] Y. Zang, L. Stibor, G. Orfanos, S. Guo, and H. Reurmerman, "An error model for inter-vehicle communications in highway scenarios at 5.9 GHz," in International Workshop on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Montreal, Quebec, Canada, 2005.
- [3] P. Brenner, "A technical tutorial on the IEEE 802.11 protocol," Breezecom Wireless Communications, July 1996.
- [4] Samaneh Shooshtary "Development of a MATLAB Simulation Environment for Vehicle-to-Vehicle and Infrastructure Communication Based on IEEE 802.11p" university of Gavle, December 2008.
- [5] Nakjung Choi, Sungjoon Choi, Yongho Seoky, Taekyoung Kwon , Yanghee Choi "A Solicitation-based IEEE 802.11p MAC Protocol for Roadside to Vehicular Networks" School of Computer Science and Engineering, Seoul National University, Korea and Information and Technology Lab., LG Electronics Institute of Technology, 2007.
- [6] Stephan Eichler "Performance Evaluation of the IEEE 802.11p WAVE Communication Standard", Institute of Communication Networks, Technische Universität München.
- [7] Mahdi Abbasi "Characterization of a 5GHz Modular Radio Frontend for WLAN Based on IEEE 802.11p" university of Gavle, December 2008.
- [8] Lothar Stibor, Yunpeng Zang, Hans-Jürgen Reurmerman "Neighborhood evaluation of vehicular ad-hoc network using IEEE 802.11p" ComNets RWTH-Aachen University, Philips Research Aachen.
- [9] Y. Wang and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "Channel Sharing among Competing Flows in Ad Hoc Networks ," in Proc. of IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC '03), (Kemer -Antalya, Turkey), June 30 -- July 3 2003.
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Automobile> "Automobile"
- [11] Michele Weigle "Standards:WAVE / DSRC / 802.11p" Old Dominion University ,2008.
- [12] Jose´ Santa a,*, Antonio F. Go´mez-Skarmeta a, Marc Sa´nchez-Artigas, "Architecture and evaluation of a unified V2V and V2I communication system based on cellular networks " Eslevier Computer Communications 31 (2008) 2850–2861 ,2008