



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΔΕΚΤΗ 802.11a

ΜΙΧΑΛΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

Επιβλέπων: Αγγέλης Κωνσταντίνος
Καθηγητής

Άρτα, Ιούνιος, 2025

ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΡΙΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Άρτα, 30 Ιουνίου 2025

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Κωνσταντίνος Αγγέλης

ΜΕΛΟΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Όνομα Επίθετο,

ΜΕΛΟΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Όνομα Επίθετο

ΜΕΛΟΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Όνομα Επίθετο

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου σε όλη την διαδρομή των προπτυχιακών σπουδών μου.

Ευχαριστώ όλους τους καθηγητές μου για την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση των προπτυχιακών σπουδών μου που τελειώνει με την παρούσα εργασία.

Επίσης, ευχαριστώ τους γονείς μου που χωρίς την αμέριστη υποστήριξη τους θα ήταν αδύνατον να καταφέρω τον σκοπό μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Αγγέλη για την καθοδήγηση ,την ενθάρρυνση και την επίβλεψη της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Εισαγωγή στο 802.11 και 802.11 ^α	8
1.1 Ιστορική αναδρομή	8
1.2Εισαγωγή στο 802.11a	9
1.3Επισκόπηση του IEEE802.11a.....	10
1.4 Λίστα παραμέτρων ειδικής υπηρεσίας 802.11a OFDM PHY	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΤεχνολογίαOFDM.....	16
2.1 Τι είναι η OFDM.....	16
2.2 Τα χαρακτηριστικά της OFDM.....	17
2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τηςOFDM	18
2.3.1 Πλεονεκτήματα της OFDM	18
2.3.2 Μειονεκτήματα της OFDM.....	19
Κεφάλαιο 3 : Πειραματικό μέρος.....	21
3.1 Περιγραφή κυκλώματος 802.11a.....	21
3.1.1 Ανάλυση κυκλώματος 802.11a	22
3.2Επεξήγηση Blocks που χρησιμοποιήθηκαν.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:Μετρήσεις.....	31
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	36
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: : Διάγραμμα αστερισμού της 16-QAM.	11
Σχήμα 2: Διάγραμμα αστερισμού της 32-QAM.....	11
Σχήμα 3: Διάγραμμα αστερισμού της 64-QAM.....	12
Σχήμα 4: Διάγραμμα αστερισμού της 128-QAM.....	13
Σχήμα 5: Διάγραμμα αστερισμού της 256-QAM.....	14
Σχήμα 6: Γενικό διάγραμμα κυκλώματος.....	21
Σχήμα 7: PRBS.....	23
Σχήμα 8: TP	23
Σχήμα 9:SCRAMBLER	23
Σχήμα 10:CONV_ENC.....	23
Σχήμα 11:INTERLEAVER.....	24
Σχήμα 12:QAMMapper.....	24
Σχήμα 13:ASSEMBLER.....	25
Σχήμα 14:OFDM	25
Σχήμα 15:ATTEN	26
Σχήμα 16:AMP_F	26
Σχήμα 17:AWGN.....	26
Σχήμα 18:AMP_B.....	27
Σχήμα 19:OFDM_DMOD.....	27
Σχήμα 20:QAM_DET	27
Σχήμα 21:BER.....	28
Σχήμα 22:VSA	28
Σχήμα 23:DISASSEMBLER	29
Σχήμα 24:DEINTERLEAVER	29
Σχήμα 25: Ρυθμός εμφάνισης εσφαλμένων BITσυναρτήση της ευαισθησίας του δέκτη.....	31
Σχήμα 26: Φάσμα του σήματος στον πομπό (TX), φάσμα στον δέκτη με 5dB (green) και 10dB (black).	32
Σχήμα 27: Διάγραμμα ΙQτου διαμορφωμένου σήματος στον πομπό και στον δέκτη.	33
Σχήμα 28: Πυκνότητα ισχύος	34
Σχήμα 29: Διάγραμμα του σήματος εξόδου συναρτήση του σήματος εισόδου για	35

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη ευαισθησίας δέκτη 802.11a και η παρουσίαση του κυκλώματος του. Αρχικά, θα κάνουμε μια εισαγωγή στο πρότυπο 802.11 πως δημιουργήθηκε καθώς και την εξελίξη του στο 802.11a. Έτσι κάνοντας μια ιστορική ανάδρομη και στα δυο. Στην συνέχεια, θα αναφερθούμε στο τι είναι η ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας, ποια τα χαρακτηριστικά της και ο τρόπος ανάπτυξης της. Επίσης θα αναλύσουμε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που έχει ο OFDM. Τέλος με την βοήθεια του AWR θα δημιουργήσουμε ένα κύκλωμα πομπού και δέκτη μαζί με αρκετές μετρήσεις. Θα μελετήσουμε την ευαισθησία του δέκτη χωρίς την χρήση ενισχυτή ισχύος καθώς και με την χρήση ενισχυτή 5dbm και 10dbm αντίστοιχα για να δούμε πως αντιδράει καλύτερα.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the sensitivity of an 802.11a receiver and present its circuit. Initially, we will make an introduction to the 802.11 standard, how it was created, as well as its evolution to 802.11a. Thus, making a historical review of both. The next, we will discuss what orthogonal frequency division multiplexing is, its characteristics and its development method. We will also analyze the advantages and disadvantages of OFDM. Finally, with the help of AWR, we will create a transmitter and receiver circuit along with several measurements. We will study the sensitivity of the receiver without the use of a power amplifier as well as with the use of a 5dbm and 10dbm amplifier respectively to see how it reacts best.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Εισαγωγή στο 802.11 και 802.11^α

1.1 Ιστορική αναδρομή

Το πρότυπο IEEE 802.11, κοινώς γνωστό ως Wi-Fi, εξελίχθηκε από έναν προδρομικό δρομέα που ονομαζόταν WaveLAN στις αρχές της δεκαετίας του 1990, που αρχικά προοριζόταν για τραπεζικά/ταμειακά συστήματα. Το πρώτο επίσημο πρότυπο 802.11 κυκλοφόρησε το 1997, αποσαφηνίστηκε αργότερα το 1999, προσφέροντας ταχύτητες έως και 2 Mbit/s. Οι επόμενες εκδόσεις όπως 802.11b (1999), 802.11a (1999) και 802.11g (2003) παρείχαν βελτιώσεις στους ρυθμούς δεδομένων και τις ζώνες συχνοτήτων. Το πρότυπο 802.11n, που κυκλοφόρησε το 2009, εισήγαγε κεραίες πολλαπλής εισόδου πολλαπλής εξόδου (MIMO), βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοση δεδομένων. Περαιτέρω βελτιώσεις οδήγησαν στο 802.11ac (2013), το 802.11ax (2019) και το πιο πρόσφατο 802.11be (2024), με το καθένα να προσφέρει αυξημένες ταχύτητες και αποτελεσματικότητα.

Το 802.11a χρησιμοποιούσε το ίδιο βασικό πρωτόκολλο με το αρχικό πρότυπο, ωστόσο, λειτουργούσε σε συχνότητα 5 GHz. Χρησιμοποιούσε ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (OFDM) 52 υποφερόντων και είχε μέγιστο θεωρητικό ρυθμό δεδομένων 54 Mbps. Σε πρακτικά σενάρια χρήσης, το πρότυπο Wi-Fi πέτυχε απόδοση περίπου 20 Mbps.

Άλλες ταχύτητες δεδομένων που υποστήριζε περιλάμβαναν 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps και 48 Mbps. Παρόλο που και τα δύο πρωτόκολλα κυκλοφόρησαν την ίδια χρονιά, το 802.11a δεν ήταν διαλειτουργικό με το 802.11b, καθώς λειτουργούσαν σε διαφορετικές μη αδειοδοτημένες ζώνες συχνοτήτων ISM. Η ζώνη των 5 GHz έδινε στο 802.11a ένα πλεονέκτημα όσον αφορά τους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων, καθώς η ζώνη των 2,4 GHz γινόταν υπερπλήρης λόγω της κατάληψης του φάσματος από άλλες συσκευές.

Ωστόσο, η λειτουργία σε υψηλότερη συχνότητα μείωσε επίσης την εμβέλεια λειτουργίας των συσκευών που χρησιμοποιούν το 802.11a. Η λύση ήταν να επιλεχθούν πιο ισχυρές κεραίες, οι οποίες είχαν τη δυνατότητα να αυξήσουν λίγο την εμβέλεια. Ωστόσο, η χρήση τους περιοριζόταν σε μεγάλο βαθμό σε δρομολογητές που αναπτύσσονταν σε μεγάλους οργανισμούς λόγω της απαίτησης για ισχυρές κεραίες και της υψηλής τιμής.

Από τις 52 υποφέρουσες OFDM, οι 48 ήταν για δεδομένα και οι 4 ήταν πιλοτικές υποφέρουσες με διαχωρισμό φερόντων 312,5 kHz. Κάθε μία από αυτές τις υποφέρουσες θα μπορούσε να είναι BinaryPhaseShiftKeying (BPSK), QuadraturePhaseShiftKeying (QPSK), Quadratureamplitudemodulation (QAM) ή 64QAM. Το εύρος ζώνης του καναλιού ήταν 20 MHz με κατειλημμένο εύρος ζώνης 16,6 MHz. Η διάρκεια συμβόλου ήταν 4μsec, η οποία περιλαμβάνει διάστημα προστασίας 0,8 msec. Τα πλεονεκτήματα του OFDM περιελάμβαναν μειωμένα φαινόμενα πολλαπλών διαδρομών στη λήψη και αυξημένη φασματική απόδοση. Τελικά, τα προϊόντα 802.11a δεν έγιναν ευρέως αποδεκτά λόγω του υψηλού κόστους, της χαμηλής εμβέλειας και της ασυμβατότητάς τους με το 802.11b.

1.2 Εισαγωγή στο 802.11a

Το πρότυπο IEEE 802.11 καθορίζει μια συχνότητα λειτουργίας 2,4 GHz με ρυθμούς δεδομένων 1 και 2 Mbps χρησιμοποιώντας είτε DirectSequenceSpreadSpectrum (DSSS) είτε FrequencyHoppingSpreadSpectrum (FHSS). Το πρότυπο IEEE 802.11a καθορίζει ένα φυσικό επίπεδο OFDM (PHY) που χωρίζει ένα σήμα πληροφοριών σε 52 ξεχωριστούς υποφορείς για να παρέχει μετάδοση δεδομένων με ρυθμό 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 ή 54 Mbps. Στο πρότυπο 802.11a IEEE οι ρυθμοί δεδομένων 6, 12 και 24 Mbps είναι υποχρεωτικοί. Τέσσερις από τους υποφορείς είναι πιλοτικοί υποφορείς που το σύστημα χρησιμοποιεί ως αναφορά για την αγνόηση των μετατοπίσεων συχνότητας ή φάσης του σήματος κατά τη μετάδοση.

Στο πρότυπο 802.11a, μια ψευδοδυαδική ακολουθία αποστέλλεται μέσω των πιλοτικών υποκαναλιών για να αποτραπεί η δημιουργία φασματικών γραμμών. Στο 802.11a, οι υπόλοιποι 48 δευτερεύοντες φορείς παρέχουν ξεχωριστές ασύρματες διαδρομές για την αποστολή των πληροφοριών με παράλληλο τρόπο. Η προκύπτουσα απόσταση συχνότητας υποφοράς στο πρότυπο IEEE 802.11a είναι 0,3125 MHz (για 20 MHz με 64 πιθανές υποδοχές συχνότητας υποφέροντος).

Το πρότυπο 802.11a, ο πρωταρχικός σκοπός του OFDM PHY είναι η μετάδοση μονάδων δεδομένων πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης μέσων (MAC) σύμφωνα με τις οδηγίες του επιπέδου MAC 802.11. Το OFDM PHY του προτύπου 802.11a χωρίζεται σε δύο στοιχεία: το πρωτόκολλο σύγκλισης φυσικών επιπέδων (PLCP) και τα υποστρώματα που εξαρτώνται από φυσικό μέσο (PMD).

Το επίπεδο MAC του προτύπου 802.11a επικοινωνεί με το PLCP μέσω συγκεκριμένων primitives μέσω ενός σημείου πρόσβασης υπηρεσίας PHY. Όταν το επίπεδο MAC δίνει εντολή, το PLCP προετοιμάζει MPDU για μετάδοση. Το PLCP παραδίδει επίσης εισερχόμενα καρέ από το ασύρματο μέσο στο επίπεδο MAC. Το υποστρώμα PLCP ελαχιστοποιεί την εξάρτηση του επιπέδου MAC από το υποστρώμα PMD αντιστοιχίζοντας τα MPDU σε μια μορφή πλαισίου κατάλληλη για μετάδοση από το PMD.

Υπό τη διεύθυνση του PLCP, το PMD παρέχει πραγματική μετάδοση και λήψη οντοτήτων PHY μεταξύ δύο σταθμών μέσω του ασύρματου μέσου. Για την παροχή αυτής της υπηρεσίας, το PMD διασυνδέεται απευθείας με το μέσο αέρα και παρέχει διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση των μεταδόσεων πλαισίου. Το PLCP και το PMD επικοινωνούν χρησιμοποιώντας πρωτόγονα υπηρεσιών για να διέπουν τις λειτουργίες μετάδοσης και λήψης.

Με τη διαμόρφωση 802.11a OFDM, το δυαδικό σειριακό σήμα χωρίζεται σε ομάδες (σύμβολα) ενός, δύο, τεσσάρων ή έξι bit, ανάλογα με τον επιλεγμένο ρυθμό δεδομένων, και μετατρέπεται σε μιγαδικούς αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τα ισχύοντα σημεία αστερισμού. Εάν επιλεγεί ένας ρυθμός δεδομένων 24 Mbps, για παράδειγμα, τότε το PLCP αντιστοιχίζει τα bit δεδομένων σε έναν αστερισμό 16QAM.

Μετά τη χαρτογράφηση, το PLCP κανονικοποιεί τους μιγαδικούς αριθμούς στο πρότυπο 802.11a για να επιτύχει την ίδια μέση ισχύ για όλες τις αντιστοιχίσεις. Το PLCP εκχωρεί κάθε σύμβολο, με διάρκεια 4 μικροδευτερόλεπτα, σε έναν συγκεκριμένο υποφορά. Ένας

αντίστροφος γρήγορος μετασχηματισμός Fourier (IFFT) συνδυάζει τους υποφορείς πριν από τη μετάδοση.

Όπως και με άλλα PHY που βασίζονται στο 802.11, στο 802.11a το PLCP εφαρμόζει ένα σαφές πρωτόκολλο αξιολόγησης καναλιού αναφέροντας ένα μέσο κατειλημμένο ή καθαρό στο επίπεδο MAC μέσω ενός πρωτόγονου μέσω του σημείου πρόσβασης υπηρεσίας. Το επίπεδο MAC χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να καθορίσει εάν θα εκδώσει οδηγίες για την πραγματική μετάδοση ενός MPDU.

Το πρότυπο 802.11a απαιτεί από τους δέκτες να έχουν ελάχιστη ευαισθησία που κυμαίνεται από -82 έως -65 dBm, ανάλογα με τον επιλεγμένο ρυθμό δεδομένων.

1.3Επισκόπηση του IEEE802.11a

Το IEEE 802.11a είναι ένα σύστημα Ορθογώνιας Πολυπλεξίας Διαίρεσης Συχνότητας (OFDM) πολύ παρόμοιο με μόντεμ Ασύμμετρου Ψηφιακού Βρόχου Συνδρομητών (ADSL) DiscreteMultiTone (DMT) που στέλνει πολλούς υπο-φορείς παράλληλα χρησιμοποιώντας τον Αντίστροφο Γρήγορο Μετασχηματιστή Φουριέ (IFFT) και λαμβάνει τον μετασχηματιστή FFFTurι (FFFTurι).

Στο 802.11a το μέσο μετάδοσης είναι ασύρματο και η ζώνη συχνοτήτων λειτουργίας είναι 5 GHz.

Το OFDM του συστήματος 802.11a παρέχει ένα ασύρματο LAN με δυνατότητες επικοινωνίας ωφέλιμου φορτίου δεδομένων 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 και 54 Mbps. Η υποστήριξη μετάδοσης και λήψης με ρυθμούς δεδομένων 6, 12 και 24 Mbps είναι υποχρεωτική στο πρότυπο. Το σύστημα 802.11a χρησιμοποιεί 52 υποφορείς που διαμορφώνονται χρησιμοποιώντας δυαδικό ή τετραγωνικό πληκτρολόγιο μετατόπισης φάσης (BPSK/QPSK), 16 Διαμόρφωση Τετραγωνικού Πλάτους (QAM) ή 64 QAM. Η κωδικοποίηση ForwardErrorCorrection (FEC) (συνεκτική κωδικοποίηση) χρησιμοποιείται με ρυθμό κωδικοποίησης 1/2, 2/3 ή 3/4.

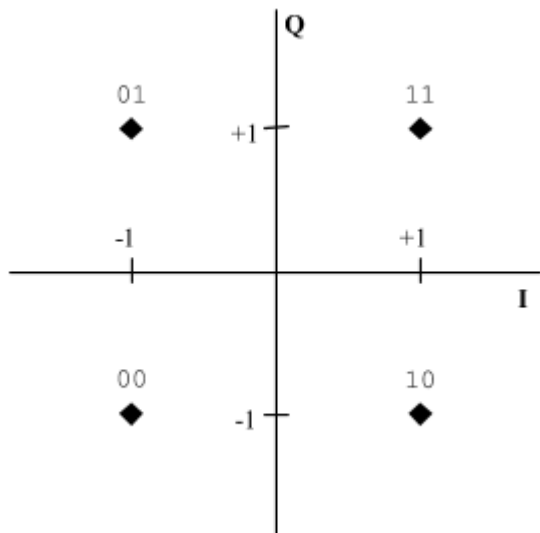
Οι παρακάτω είναι οι αυτόματα δημιουργημένοι αστερισμοί:

$M = 2$

Δημιουργείται ένας αστερισμός BPSK, με 1 bit να αντιστοιχεί στο +1 και ένα bit 0 να αντιστοιχεί στο -1.

$M = 4$

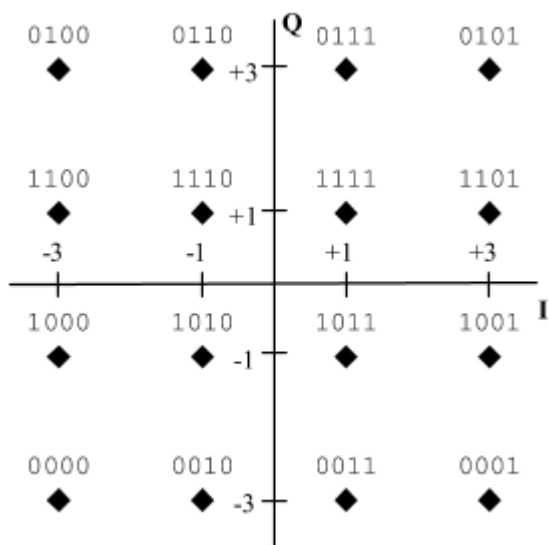
Δημιουργείται ένας αστερισμός QPSK. Ο αστερισμός έχει την ακόλουθη διάταξη (το πιο αριστερό bit είναι το πρώτο bit που ελήφθη):



Σχήμα 1: Διάγραμμα αστερισμού της 16-QAM.

$M = 16$

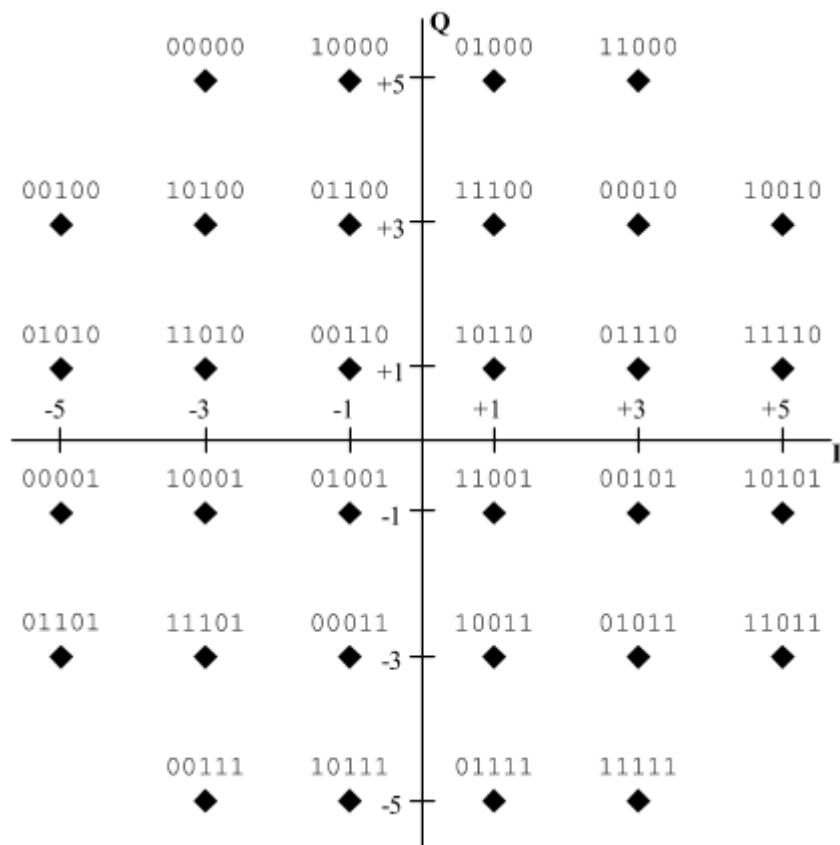
Ένας γκρι κωδικοποιημένος τετράγωνος αστερισμός 16-QAM δημιουργείται χρησιμοποιώντας το αρχείο δεδομένων Data\Constel\16QAMGray.CON. Έχει την ακόλουθη διάταξη (το αριστερό bit είναι το πρώτο bit που λαμβάνεται):



Σχήμα 2: Διάγραμμα αστερισμού της 32-QAM

$M = 32$

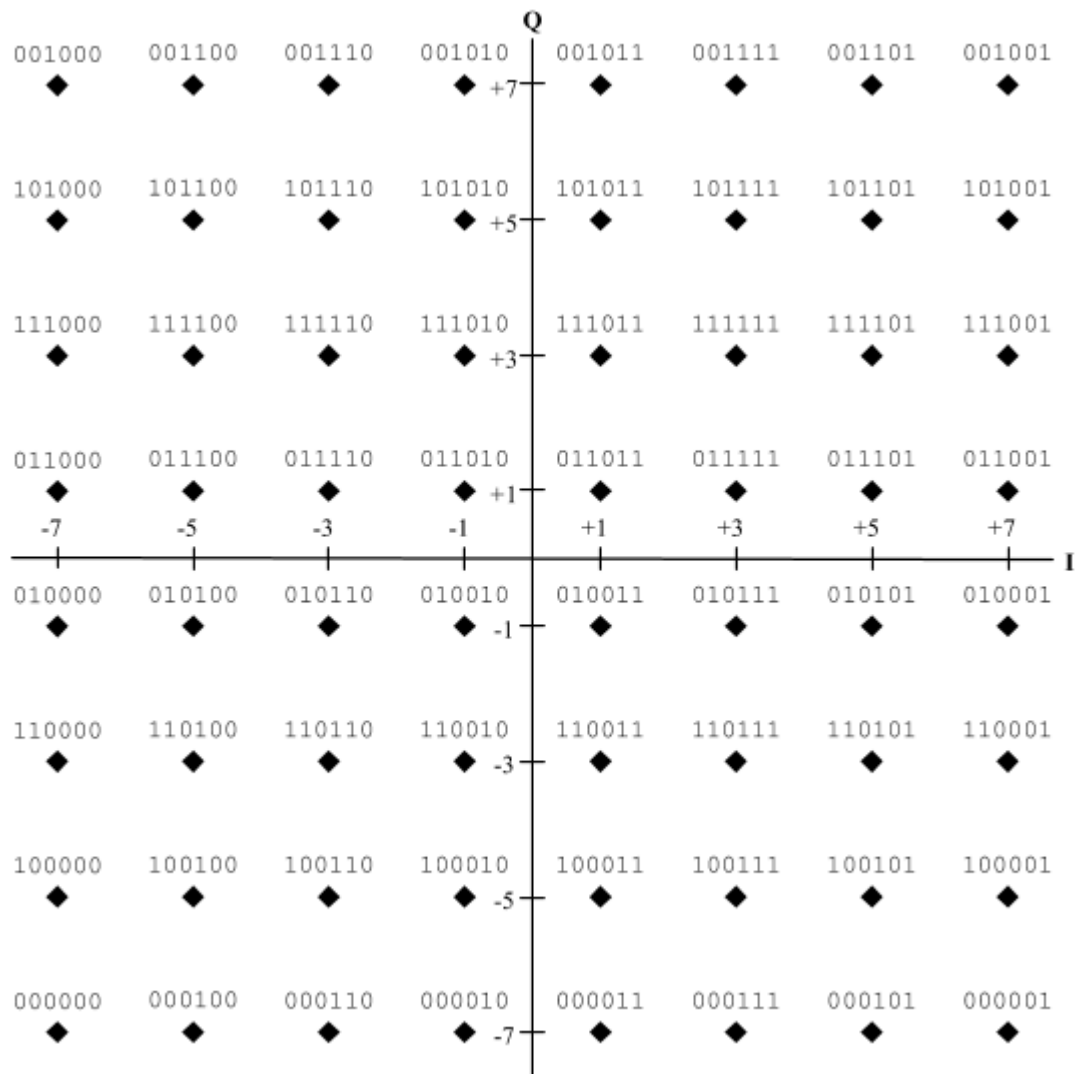
Ένας τετράγωνος αστερισμός 32-QAM με τις γωνίες που λείπουν δημιουργείται χρησιμοποιώντας το αρχείο δεδομένων Data\Constel\32QAM.CON. Έχει την ακόλουθη διάταξη (το αριστερό bit είναι το πρώτο bit που λαμβάνεται):



Σχήμα 3: Διάγραμμα αστερισμού της 64-QAM

M = 64

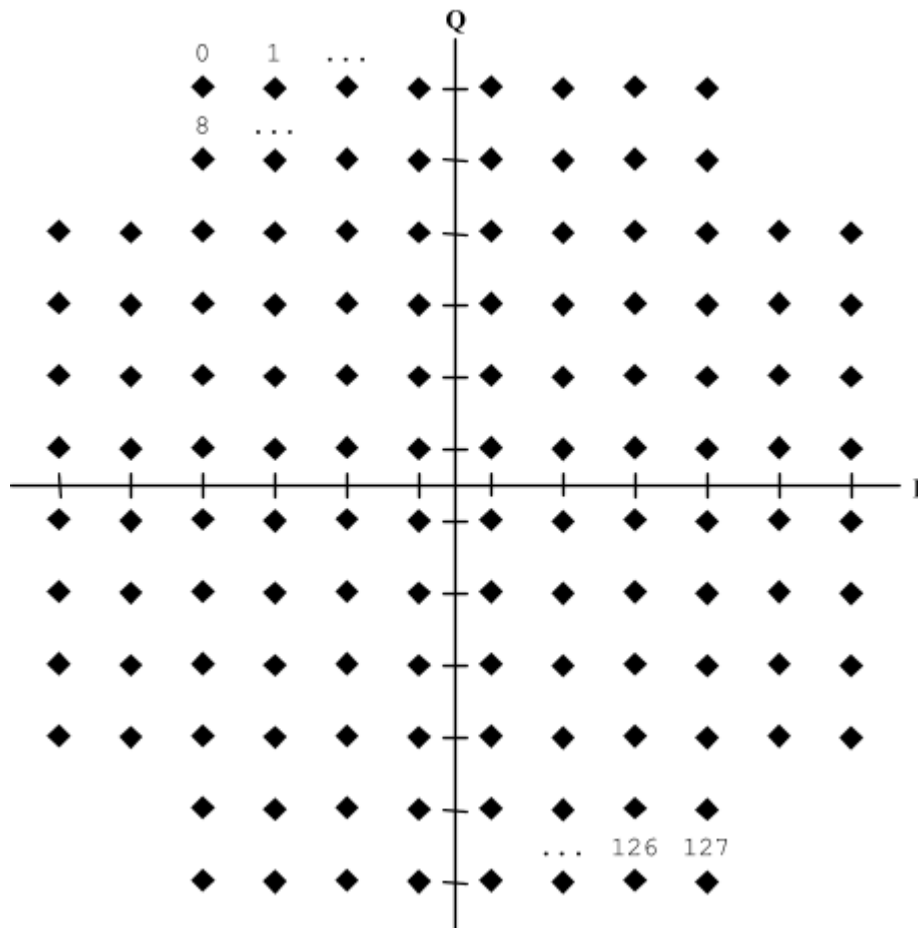
Ένας γκρι κωδικοποιημένος τετράγωνος αστερισμός 64-QAM δημιουργείται χρησιμοποιώντας το αρχείο δεδομένων Data\Constel\64QAMGray.CON. Έχει την ακόλουθη διάταξη (το αριστερό bit είναι το πρώτο bit που λαμβάνεται):



Σχήμα 4: Διάγραμμα αστερισμού της 128-QAM

$M = 128$

Ένας τετράγωνος αστερισμός 128-QAM με τέσσερα σημεία από κάθε γωνία που αφήνονται έξω δημιουργείται χρησιμοποιώντας το αρχείο δεδομένων Data\Constel\128QAM.CON. Τα σύμβολα ταξινομούνται από αριστερά προς τα δεξιά, από πάνω προς τα κάτω:



Σχήμα 5: Διάγραμμα αστερισμού της 256-QAM

$M = 256$

Ένας τετράγωνος γκρι κωδικοποιημένος αστερισμός 256-QAM δημιουργείται χρησιμοποιώντας το αρχείο δεδομένων Data\Constel\256QAMGray.CON. Στο αριστερό κάτω σημείο (πιο αρνητικό) εκχωρείται 0.

$M = 1024$

Ένας τετράγωνος γκρι κωδικοποιημένος αστερισμός 1024-QAM δημιουργείται χρησιμοποιώντας το αρχείο δεδομένων Data\Constel\1024QAMGray.CON. Στο αριστερό κάτω σημείο (πιο αρνητικό) εκχωρείται 0.

Το επίπεδο OFDM PHY αποτελείται από δύο λειτουργίες πρωτοκόλλου: πρώτα μια συνάρτηση σύγκλισης PHY, η οποία προσαρμόζει τις δυνατότητες του συστήματος που εξαρτάται από φυσικό μέσο (PMD) στην υπηρεσία PHY. Αυτή η λειτουργία υποστηρίζεται από τη διαδικασία σύγκλισης φυσικών επιπέδων (PLCP), η οποία ορίζει μια μέθοδο αντιστοίχισης των μονάδων δεδομένων υπηρεσίας υποστρώματος IEEE 802.11 PHY σε μια μορφή πλαισίου κατάλληλη για αποστολή και λήψη δεδομένων χρήστη και πληροφοριών διαχείρισης μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών χρησιμοποιώντας το σχετικό σύστημα

PMD. Δεύτερον, ένα σύστημα PMD του οποίου η λειτουργία καθορίζει τα χαρακτηριστικά και τη μέθοδο μετάδοσης και λήψης δεδομένων μέσω ενός ασύρματου μέσου μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών, ο καθένας χρησιμοποιώντας το σύστημα OFDM.

1.4 Λίστα παραμέτρων ειδικής υπηρεσίας 802.11a OFDM PHY

Η αρχιτεκτονική του IEEE 802.11 MAC προορίζεται να είναι ανεξάρτητη από PHY, επομένως διαφορετικοί τύποι διαμόρφωσης μπορούν να χρησιμοποιούν το ίδιο MAC. Ορισμένες υλοποιήσεις PHY απαιτούν μηχανές κατάστασης μεσαίας διαχείρισης που εκτελούνται στο υποεπίπεδο MAC προκειμένου να πληρούν ορισμένες απαιτήσεις PMD. Οι μηχανές κατάστασης MAC που εξαρτώνται από το PHY βρίσκονται σε ένα υποστρώμα που ορίζεται ως η οντότητα διαχείρισης υποστρώματος MAC (MLME). Σε ορισμένες υλοποιήσεις PMD, το MLME μπορεί να χρειαστεί να αλληλεπιδράσει με το PLME ως μέρος των κανονικών αρχικών στοιχείων PHY Service Access Point (SAP). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις ορίζονται από τη λίστα παραμέτρων PLME που ορίζεται επί του παρόντος στα primitives της υπηρεσίας PHY ως TXVECTOR και RXVECTOR. Ο κατάλογος αυτών των παραμέτρων του προτύπου 802.11a και οι τιμές που μπορεί να αντιπροσωπεύουν ορίζονται στις συγκεκριμένες προδιαγραφές PHY για κάθε Εξαρτημένο Φυσικό Μέσο (PMD).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΤεχνολογίαOFDM

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του OFDM (OrthogonalFrequencyDivisionMultiplexing) έχει έρθει στο προσκήνιο με την αποδοχή του σε κάθε τομέα προτύπων επικοινωνιών όπως τα πρότυπα WirelessLocalAreaNetworks (WLAN), WorldwideInteroperability for Microwave Access (WiMAX), DigitalAudioBroadcasting (DAB) και DigitalVideoBroading (DigitalVideoBroadcasting). Αναγνωρίζεται στις Ασύρματες Επικοινωνίες λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων του, όπως η υψηλή απόδοση εύρους ζώνης και η αντοχή στο ξεθώριασμα πολλαπλών διαδρομών. Στα ασύρματα συστήματα επικοινωνίας, η ενέργεια του σήματος βιώνει σκέδαση και ανάκλαση από τα αντικείμενα που υπάρχουν στο περιβάλλον επικοινωνίας, γεννώντας έτσι την πρόκληση της λήψης αξιόπιστων συνδέσεων δεδομένων με χαμηλά επίπεδα ισχύος στην πλευρά του δέκτη. Το σήμα αντιμετωπίζει επίσης εξασθένηση του καναλιού λόγω των ανακλάσεων πολλαπλών διαδρομών που προκαλούνται από τα παρεμβαλλόμενα αντικείμενα. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι τα συστήματα επικοινωνιών που βασίζονται στο OFDM.

2.1 Τι είναι η OFDM

Η τεχνική OFDM ή Ορθογώνια Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας είναι η ευρέως διαδεδομένη επιλογή για τη μείωση των επιδράσεων εξασθένησης πολλαπλών διαδρομών και την παροχή τεράστιων ρυθμών δεδομένων. Αυτό, με τη σειρά του, μειώνει την παραμόρφωση πολλαπλών διαδρομών και την παρεμβολή συχνότητας. Ενώ οι κλασικές επικοινωνίες χωρίζαν το εκχωρημένο εύρος ζώνης σε πολλαπλές εφαρμογές ή κανάλια, το OFDM είναι μια μορφή «μη τετριμμένης» πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας, η οποία διαχωρίζει το εύρος ζώνης που έχει εκχωρηθεί σε μία μόνο εφαρμογή. Επομένως, το OFDM μπορεί να αναφερθεί ως τεχνική μετάδοσης πολλαπλών φορέων, όπου ο διαχωρισμός των δυαδικών ψηφίων λαμβάνει χώρα στο ρεύμα εισόδου και το ρεύμα εισόδου χωρίζεται σε διάφορες παράλληλες ροές που στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση διαφορετικών φορέων. Η βασική ιδέα πίσω από το OFDM είναι να διαιρεθεί το εκχωρημένο φάσμα ή το εύρος ζώνης σε πολλούς υποφορείς στενής ζώνης. Αν και τα φάσματα των διαμορφωμένων σημάτων επικαλύπτονται στον τομέα συχνότητας, παραμένουν ορθογώνια μεταξύ τους.

Με τα χρόνια, το OFDM έχει γίνει η επιλογή του φυσικού επιπέδου σε πολλά από τα ασύρματα πρότυπα που χρησιμοποιούμε σήμερα. Αυτό οφείλεται κυρίως στις βελτιστοποιημένες υλοποιήσεις υλικού που χρησιμοποιούν το FastFourierTransform (FFT) που το καθιστούν ιδανική επιλογή για πρακτικές υλοποιήσεις. Το OFDM έχει υιοθετηθεί για επίγειες εκπομπές και πρότυπα ασύρματης κινητής τηλεφωνίας και ευρυζωνικότητας. Φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το σήμα χωρίζεται τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και στο πεδίο συχνότητας.

Η διαίρεση συχνότητας αυξάνει τη χωρητικότητα του καναλιού, ενώ η χρονική διαίρεση εξασφαλίζει μείωση της παρεμβολής μεταξύ συμβόλων (ISI) ή παρέχει λιγότερες παρεμβολές στα διπλανά σύμβολα. Σύμφωνα με αυτό, τα σύμβολα στο πεδίο χρόνου έχουν ένα διάστημα προστασίας μεταξύ τους.

Σε ένα κλασικό σύστημα επικοινωνίας πολλαπλών διαδρομών, πολλά αντίγραφα του ίδιου συμβόλου λαμβάνονται στον δέκτη μετά από διάφορες καθυστερήσεις, γεγονός που οδηγεί σε ISI. Για την καταπολέμηση αυτού του φαινομένου, τα συστήματα OFDM χρησιμοποιούν την έννοια του κυκλικού προθέματος (CP) ή ενός διαστήματος προστασίας, όπου ένας καθορισμένος αριθμός δειγμάτων από το τέλος της ροής δεδομένων προστίθεται στην αρχή του συμβόλου OFDM στον τομέα χρόνου. Εκτός από το διάστημα προστασίας, μια ζώνη προστασίας πραγματοποιείται επίσης με τη ρύθμιση μερικών υποφορέων στενής ζώνης στην αρχή και προς το τέλος του εκχωρημένου φάσματος στο μηδέν. Η προστατευτική ζώνη όχι μόνο απλοποιεί τη διαμόρφωση του φάσματος, αλλά εξυπηρετεί επίσης το ρόλο της αποτροπής της δημιουργίας ψευδώνυμων στους εξωτερικούς υποφορείς.

2.2 Τα χαρακτηριστικά της OFDM

- **Ορθογωνικότητα:** Το OFDM είναι μια ειδική μορφή πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας με όλα τα σήματα υποφορέα μέσα σε ένα κανάλι επικοινωνίας να είναι ορθογώνια μεταξύ τους. Στο OFDM, η αλληλεπίδραση μεταξύ των υποκαναλιών εξαλείφεται και δεν απαιτούνται ζώνες προστασίας μεταξύ των φορέων. Αυτό συμβάλλει σημαντικά στην απλοποίηση του πομπού και του δέκτη. Δεν απαιτείται ξεχωριστό φίλτρο για κάθε υποκανάλι στα συστήματα OFDM.
- **GuardInterval(Διάστημα φύλαξης):** Στα συστήματα ασύρματης επικοινωνίας, τα κύρια ζητήματα αφορούν την αυτο-παρεμβολή (ή παρεμβολή συμβόλων Inter ή ISI) και το ξεθώριασμα πολλαπλών διαδρομών, που συμβαίνουν όταν το ίδιο σήμα φτάνει σε έναν δέκτη μέσω διαφορετικών διαδρομών. Η λύση για την αποφυγή σφαλμάτων πολλαπλών διαδρομών είναι να μεταδοθεί ένα σύντομο μπλοκ δεδομένων (ένα σύμβολο) και να προσδιοριστεί η ώρα που όλες οι ηχώ πολλαπλών διαδρομών εξασθενούν και, στη συνέχεια, να σταλεί ένα άλλο σύμβολο. Αυτός ο χρόνος αναμονής ονομάζεται διάστημα φύλαξης. Στο περιβάλλον των επιδράσεων πολλαπλών διαδρομών, η χρονική περίοδος του διαστήματος προστασίας είναι ευθέως ανάλογη με την ευρωστία του συστήματος. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του διαστήματος προστασίας, το σύστημα δεν επωφελείται από το διαθέσιμο φάσμα. Έτσι, η αποτελεσματική χωρητικότητα καναλιού μειώνεται. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι κάποιο διάστημα προστασίας είναι απαραίτητο για οποιοδήποτε ασύρματο σύστημα, αλλά ο γενικός στόχος του συστήματος θα είναι να ελαχιστοποιήσει αυτό το διάστημα και να μεγιστοποιήσει το χρόνο μετάδοσης συμβόλων. Αυτή η πρόκληση αντιμετωπίζεται στα συστήματα OFDM διαιρώντας τις μεταδόσεις μεταξύ πολλών υποφορέων. Το ίδιο διάστημα προστασίας μπορεί στη συνέχεια να εφαρμοστεί σε κάθε υποφορέα, ενώ ο χρόνος μετάδοσης συμβόλων πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των υποφερόντων.
- **Προσαρμοστική μετάδοση:** Η αποτελεσματικότητα της χωρητικότητας του καναλιού μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω εάν αποστέλλονται πληροφορίες για το κανάλι μέσω ενός καναλιού επιστροφής. Με βάση αυτές τις πληροφορίες

ανατροφοδότησης, μπορεί να προσδιοριστεί εάν ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων υποφέρει από παρεμβολές ή εξασθένηση. Οι φορείς εντός αυτού του εύρους μπορούν στη συνέχεια να απενεργοποιηθούν ή να λειτουργήσουν πιο αργά, εφαρμόζοντας πιο ισχυρή διαμόρφωση ή κωδικοποίηση σφαλμάτων σε αυτούς τους δευτερεύοντες φορείς. Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, η Διακριτή Πολυτονική Διαμόρφωση (DMT) χρησιμοποιείται σε συστήματα επικοινωνίας που βασίζονται στο OFDM που προσαρμόζουν τη μετάδοση στις συνθήκες καναλιού ξεχωριστά για κάθε δευτερεύοντα φορέα, χρησιμοποιώντας «φόρτωση bit».

- **Επέκταση OFDM με πολλαπλή πρόσβαση:** Το OFDM μπορεί να συνδυαστεί με πολλαπλή πρόσβαση χρησιμοποιώντας το χρόνο, τη συχνότητα ή τον διαχωρισμό κωδικοποίησης των χρηστών. Στην ορθογώνια πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (OFDMA), η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας επιτυγχάνεται με την εκχώρηση διαφορετικών υποκαναλιών OFDM σε διαφορετικούς χρήστες. Στην πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα πολλαπλών φορέων (MC-CDMA), επίσης γνωστή ως OFDM-CDMA, το OFDM συνδυάζεται με την επικοινωνία ευρέως φάσματος CDMA για τον διαχωρισμό κωδικοποίησης των χρηστών.
- **Διαφορετικότητα χώρου:** Στα συστήματα επικοινωνίας που βασίζονται στο OFDM, οι δέκτες μπορούν να επωφεληθούν από τη λήψη σημάτων από πολλούς πομπούς που διασκορπίζονται στο χώρο ταυτόχρονα, καθώς μόνο καταστροφικές παρεμβολές γίνονται μεταξύ των πομπών σε περιορισμένο αριθμό υποφορέων. Στην πραγματικότητα, η περιοχή κάλυψης αυξάνεται και η πιθανότητα διακοπής μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη ισχύ του λαμβανόμενου σήματος που υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε όλους τους υποφορείς. Το OFDM μπορεί επίσης να συνδυαστεί με άλλες μορφές διαφοροποίησης χώρου, για παράδειγμα, συστοιχίες κεραιών και κανάλια MIMO.

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της OFDM

2.3.1 Πλεονεκτήματα της OFDM

- Τα κλασικά συστήματα ασύρματης επικοινωνίας τηρούν αυστηρές φασματικές μάσκες. Ωστόσο, η χρήση του OFDM καθιστά τη φασματική διαμόρφωση ευκολότερη και πιο αποτελεσματική στην εφαρμογή.
- Η τεχνική OFDM αυξάνει τη διάρκεια των συμβόλων και κάνει το σύστημα πιο ανθεκτικό στις επιπτώσεις της εξασθένησης πολλαπλών διαδρομών. Με τη χρήση ενός κυκλικού προθέματος, η παρεμβολή συμβόλων Inter (ISI) μπορεί να μειωθεί.
- Δεν απαιτείται ξεχωριστό φίλτρο για τους υποφορείς, επομένως διευκολύνεται ο απλοποιημένος σχεδιασμός πομπού και δέκτη.
- Τα συστήματα OFDM διευκολύνουν τη διαδικασία εξισορρόπησης.

- Το OFDM είναι μια τέλεια επιλογή για συσκευές κατανάλωσης ενέργειας από μπαταρία λόγω της αποτελεσματικής εφαρμογής του αλγορίθμου FFT.

2.3.2 Μειονεκτήματα της OFDM

- Τα σήματα OFDM βασίζονται στην ιδέα της ορθογωνικότητας μεταξύ των υποφορέων στενής ζώνης. Ωστόσο, παρουσία μετατοπίσεων Doppler, οι υποφορείς δεν είναι πλέον ορθογώνιοι μεταξύ τους, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε παρεμβολή μεταξύ φέροντος (ICI) και μπορεί να επηρεάσει την απόδοση ενός συστήματος OFDM.
- Τα σήματα OFDM έχουν μια διακύμανση στο πλάτος λόγω του γραμμικού συνδυασμού των ξεχωριστά διαμορφωμένων υποφορέων. Επομένως, σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα τον συνδυασμό υποφορέων είτε εντός φάσης είτε εκτός φάσης, που οδηγεί σε υψηλό λόγο κορυφής προς μέση ισχύ (PAPR). Αυτό σημαίνει ότι θα χρειαζόταν ένας εξαιρετικά γραμμικός ενισχυτής στον πομπό για να αποφευχθεί η παραμόρφωση. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα επειδή οι ενισχυτές με μεγάλο (ή γραμμικό) εύρος εργασίας καταναλώνουν περισσότερη ισχύ.

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) αναπτύχθηκαν ως αντικατάσταση των ενσύρματων δικτύων. Βρήκαν την εφαρμογή τους σε περιβάλλοντα που βασίζονται σε μεγάλα δεδομένα (TCP/IP), όπως αεροδρόμια, συνεδριακά κέντρα και γραφεία.

Μέχρι τώρα τα ασύρματα προϊόντα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε ένα εσωτερικό περιβάλλον, π.χ. για συνεχή ροή εφαρμογών ήχου και βίντεο. Ωστόσο, το πρότυπο WLAN δεν προοριζόταν ποτέ για λειτουργία στο σπίτι και συχνά αυτά τα συστήματα υποφέρουν από έλλειψη ευρωστίας. Για να βελτιωθεί αυτή η ευρωστία και να βελτιωθεί η ποιότητα των υπηρεσιών (QOS), αναπτύσσονται τεχνικές διαφοροποίησης.

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος διαφοροποίησης είναι η ποικιλία επιλογής. Ο δέκτης (ή/και ο πομπός) εδώ επιλέγει από ένα σύνολο κεραιών εκείνη που έχει την καλύτερη απόδοση. Η διαφοροποίηση με καθυστέρηση είναι μια δεύτερη μέθοδος. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί είτε από τον πομπό είτε από τον δέκτη ή και τα δύο. Η διαφοροποίηση καθυστέρησης κατ' αρχήν δημιουργεί επιλεκτικότητα συχνότητας στη ζώνη μετάδοσης και αυτό βελτιώνει την ευρωστία (διαφορετικότητα) ενός συστήματος.

Πρόσφατα αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε στα Ερευνητικά Εργαστήρια Philips, ένας επικυρωτής ιδέας σε πραγματικό χρόνο (RT-CV) για την διαφοροποίηση καθυστερήσεων για το IEEE 802.11a. Ωστόσο, αυτό το RT-CV δεν έδειξε κανένα κέρδος διαφορετικότητας. Ο στόχος αυτής της διατριβής ήταν να ανακαλύψει γιατί η έννοια της καθυστέρησης-ποικιλομορφίας δεν απέδωσε τόσο καλά όσο ήταν αναμενόμενο.

Τα τρέχοντα προϊόντα (ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN)) αυξάνονται σε δημοτικότητα. Αυτά τα συστήματα σχεδιάστηκαν αρχικά ως αντικατάσταση των ενσύρματων δικτύων. Ως αποτέλεσμα, τα πρότυπα WLAN δεν συμμορφώνονται πολύ καλά με τις νέες εφαρμογές. Οι νέες αυτές εφαρμογές είναι π.χ. τη χρήση συστημάτων WLAN σε κινητές συσκευές και σε

οικιακό περιβάλλον. Για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας υπηρεσιών ποιότητας υπηρεσιών (QOS) προστέθηκαν στο σύστημα διάφορες μέθοδοι διαφοροποίησης.

Κεφάλαιο 3 : Πειραματικό μέρος

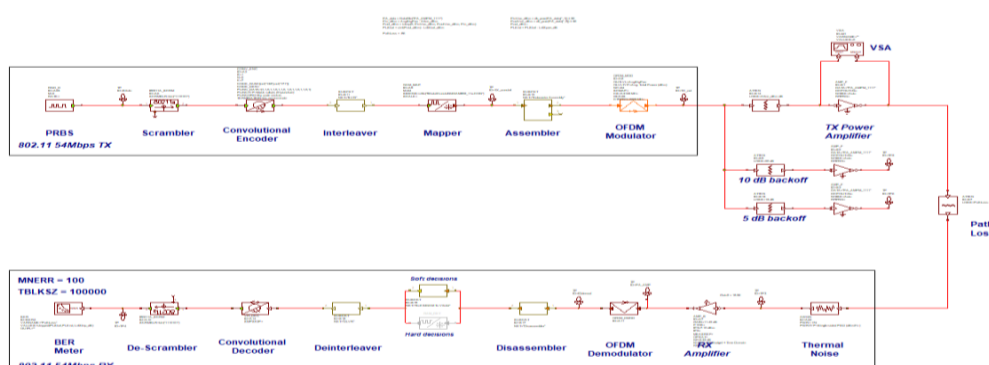
Για την εκπόνηση μετρήσεων χρησιμοποίησα το λογισμικό AWR DesignEnvironment της Cadence, στο οποίο δημιούργησα την προσομοίωση πομπού και δέκτη καθώς και τα αντίστοιχα κυκλώματα.

3.1 Περιγραφή κυκλώματος 802.11a

Αυτό το κύκλωμα παρουσιάζει ένα σύστημα πομπού (TX) και δέκτη (RX) 802.11a μαζί με αρκετές σχετικές μετρήσεις. Ο πομπός αποτελείται από μπλοκ που υλοποιούν την κρυπτογράφηση, τη συνελικτική κωδικοποίηση, την παρεμβολή, τη χαρτογράφηση και τη διαμόρφωση που ορίζονται στις προδιαγραφές 802.11a. Ο δέκτης εκτελεί τις αντίστροφες λειτουργίες για την εξαγωγή των εκπεμπόμενων bits. Ο δέκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε Hard είτε SoftDecisionsViterbiDecoding. Επί του παρόντος, έχει ρυθμιστεί να χρησιμοποιεί SoftDecisions.

AvgSigPwr=0	==> Average output power of OFDM Modulator
Oversample=4	==> Oversampling ratio in OFDM Modulator
Atten_dBm = 20	==> Attenuation before input to PA
TraceBack=48	==> Traceback used in Viterbi Decoder
LvlStart_dBm = -85	==> Start signal level in BER curve
LvlSpan_dB = 8	==> Span of signal level in BER curve
LvlStep_dB = 1	==> Step of signal level in BER curve

Αρχικά δημιουργήσαμε την τοπολογία της προσομοίωσης.



Σχήμα 6: Γενικό διάγραμμα κυκλώματος

3.1.1 Ανάλυση κυκλώματος 802.11a

Το κύκλωμα χρησιμοποιεί 802.11a TX και RX για τη δοκιμή ενισχυτών ισχύος(PA) πομπού με βάση έναν αριθμό μετρήσεων. Ο πομπός PA ορίζεται μέσω των χαρακτηριστικών AM/AM και AM/PM του, τα οποία εξήχθησαν από μια προσομοίωση αρμονικής ισορροπίας (HB) ενός κυκλώματος PA επιπέδου τρανζίστορ.

Η έξοδος του διαμορφωτή OFDM εξασθενεί πριν τροφοδοτηθεί στο PA. Το επίπεδο εξασθένησης καθορίζεται από το variableAtten_dBm στους Καθολικούς ορισμούς, το οποίο αποδίδει διαφορετικά επίπεδα οπισθοδρόμησης από το σημείο συμπίεσης 1 dB. Το Atten_dBm=20 χρησιμοποιείται για τη δημιουργία αποτελεσμάτων με backoff περίπου 10 dB, ενώ το Atten_dBm=13,5 χρησιμοποιείται για αποτελέσματα με backoff περίπου 5 dB.

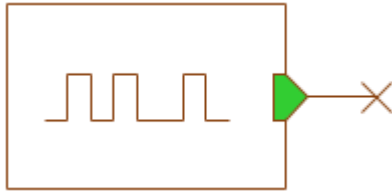
Η φασματική αναγέννηση ως συνάρτηση του επιπέδου υποχώρησης από το σημείο συμπίεσης 1 dB διερευνάται χρησιμοποιώντας δύο πανομοιότυπα PA που οδηγούνται με διαφορετικά επίπεδα σήματος. Φορτώνονται σε περίπου 10 dB και 5 dBbackoff, αντίστοιχα. Οι έξοδοι αυτών των PA's φαίνονται στο γράφημα "TX Spectrum". Το φάσμα οπισθοδρόμησης 5 dB εμφανίζει μεγαλύτερη φασματική αναγέννηση από αυτό των 10 dB.

Ένα μπλοκ VSA συνδέεται με τον πομπό PA και χρησιμοποιείται για να σχεδιάσει τα χαρακτηριστικά του AM σε AM και AM σε PM. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο γράφημα AMtoAM και AMtoPM, μαζί με καμπύλες αναφοράς.

Τα αποτελέσματα του ρυθμού σφάλματος bit (BER) υπολογίζονται ως συνάρτηση του επιπέδου σήματος στην είσοδο του δέκτη μέσω προσομοιώσεων Monte Carlo. Η εξασθένηση του σήματος στην είσοδο του πομπού PA χρησιμοποιείται για να ρυθμιστεί το κατάλληλο επίπεδο backoff. Οι άλλες καμπύλες αναφοράς που εμφανίζονται στο γράφημα "BER" περιλαμβάνουν αποτελέσματα BER όταν δεν χρησιμοποιείται πομπός PA και αποτελέσματα BER για φόρτωση PA σε περίπου 5 και 10 dBbackoff. Η ευαισθησία του δέκτη αξιολογείται με βάση το επίπεδο σήματος που απαιτείται για την επίτευξη του στόχου ποσοστού σφάλματος. Στο $1e-5$ BER, η ευαισθησία είναι περίπου -76,5 dB και -70,6 dB για οπισθοδρόμηση 10 και 5 dB αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα BER μπορούν να παρακολουθηθούν στο παράθυρο Εξόδου του προσομοιωτή συστήματος.

3.2 Επεξήγηση Blocks που χρησιμοποιήθηκαν

- Γεννήτρια τυχαίων Σημάτων (PRBS)



Σχήμα 7: PRBS

Αρχικά χρησιμοποιήσαμε μια γεννήτρια που δημιουργεί μια ψευδοτυχαία ακολουθία ψηφιακών συμβόλων

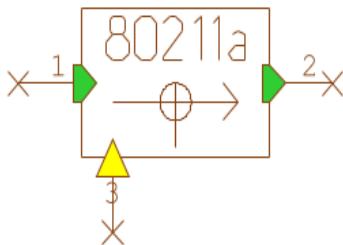
- Μετρητής σημείου



Σχήμα 8: TP

Τοποθετήσαμε μετρητή(testpoint) που μετρά χαρακτηριστικά των σημάτων όπως ισχύ, φάσμα, κ.τ.λ.

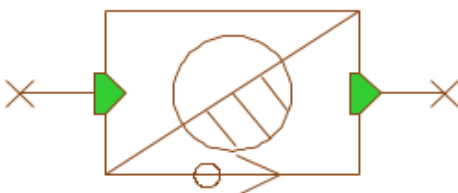
- Ανακρυπτοποιητής (Scrambler)



Σχήμα 9:SCRAMBLER

Το I80211A_SCRM εκτελεί τη λειτουργία κρυπτογράφησης δεδομένων που περιγράφεται στην προδιαγραφή IEEE 802.11a .

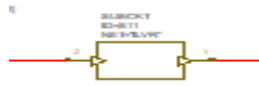
- Συνελικτικός Κωδικοποιητής(ConvolutionalEncoder)



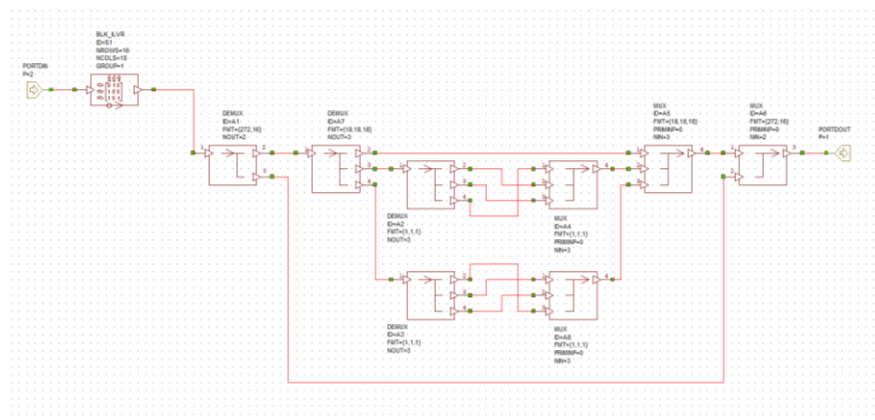
Σχήμα 10:CONV_ENC

Είναι ένας δυαδικός συνελκτικός κωδικοποιητής με προαιρετική διάτρηση κώδικα. Υποστηρίζει επίσης αναδρομικούς συνελκτικούς κώδικες. (CONV_ENC)

- INTERLEAVER

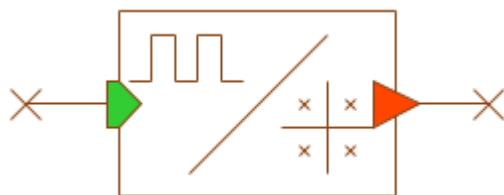


Σχήμα 11:INTERLEAVER



Ο Interleaver αναδιατάσσει τα δεδομένα εισόδου με τρόπο ώστε τα διαδοχικά σημεία δεδομένων να τοποθετούνται σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.

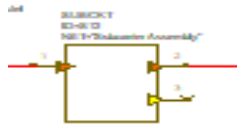
- QAM Mapper



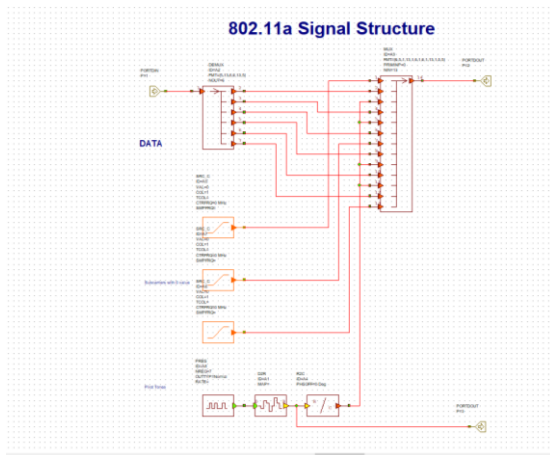
Σχήμα 12:QAMMapper

Το QAM_MAP δημιουργεί ένα σύνολο συντελεστών τετραγωνικής διαμόρφωσης πλάτους (QAM) από ένα σήμα εισόδου. Οι συντελεστές μπορούν στη συνέχεια να τροφοδοτηθούν σε έναν διαμορφωτή για τη δημιουργία μιας αναλογικής κυματομορφής. Το μπλοκ δέχεται τόσο δυαδικές εισόδους (bits) όσο και M-ary ψηφιακά σύμβολα. Αν η είσοδος είναι δυαδική, τα bit ομαδοποιούνται σε σύνολα $\log_2 M$ bit πριν αντιστοιχιστούν σε ένα από τα σημεία M στον αστερισμό εξόδου.

- ASSEMBLER

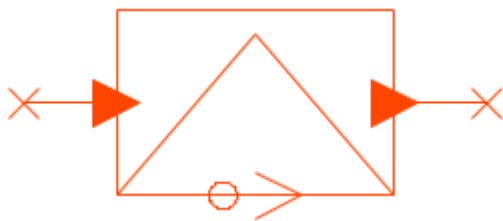


Σχήμα 13:ASSEMBLER



Στις τηλεπικοινωνίες, ένας ASSEMBLER (συναρμολογητής) OFDM (ή γενικότερα, ένας πομπός OFDM) είναι ένα σύστημα που λαμβάνει ψηφιακά δεδομένα, τα αντιστοιχίζει σε πολλαπλές συχνότητες φέροντος (υποφορείς) και τα μεταδίδει ως ένα ενιαίο σύνθετο σήμα.

- OFDM Modulator



Σχήμα 14:OFDM

Το OFDM_MOD προσομοιώνει έναν διαμορφωτή Ορθογώνιας Πολυπλεξίας Διαίρεσης Συχνότητας (OFDM). Μετατρέπει μια ακολουθία μιγαδικών συμβόλων σε μια πολλαπλή κυματομορφή OFDM σύμπλοκου φακέλου (CE).

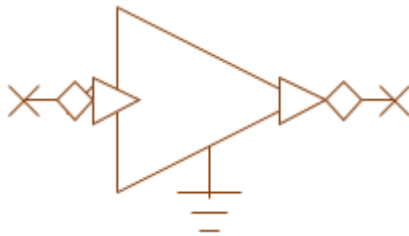
- ΕξασθεניתήςAttenuator



Σχήμα 15:ATTEN

Το ATTEN υλοποιεί έναν ιδανικό εξασθενητή με απώλεια που καθορίζεται από το LOSS σε dB.

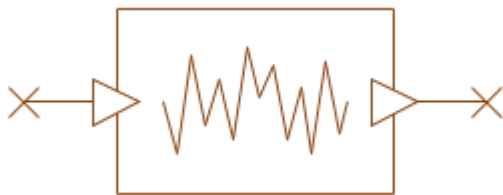
- Frequency Dependent Behavioral Amplifier



Σχήμα 16:AMP_F

Το AMP_F μοντελοποιεί μη γραμμικούς ενισχυτές RF 2 θυρών χρησιμοποιώντας δεδομένα μη γραμμικού χαρακτηρισμού από ένα αρχείο δεδομένων κειμένου. Υποστηρίζονται και οι πίνακες δεδομένων που εξαρτώνται από την ισχύ/τάση εισόδου και οι πίνακες δεδομένων που εξαρτώνται από τη συχνότητα.

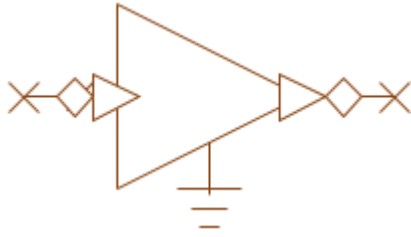
- Additive White Gaussian Noise Channel: AWGN



Σχήμα 17:AWGN

Το AWGN υλοποιεί ένα κανάλι Προσθετικού Λευκού Γκαουσιανού Θορύβου (AWGN). Αυτό το μοντέλο προσθέτει ανεξάρτητα δείγματα θορύβου Gauss στο σήμα εισόδου του.

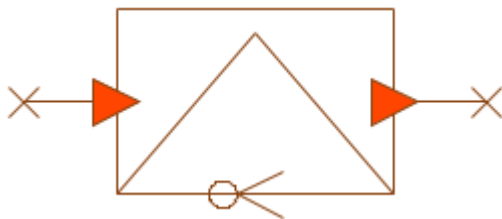
- BehavioralAmplifier: AMP_B



Σχήμα 18:AMP_B

Το AMP_B υλοποιεί ένα μοντέλο συμπεριφοράς ενός μη γραμμικού ενισχυτή. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιεί ένα πολυώνυμο πέμπτης τάξης για να μοντελοποιήσει τη μη γραμμικότητα. Η τετραγωνική διαμόρφωση του σήματος εισόδου μετά από P1dB χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση των εφέ κορεσμού. Η συμπεριφορά στενής ζώνης υποστηρίζεται μέσω μιας προσέγγισης AM-AM/AM-PM του πολυωνυμικού μοντέλου πέμπτης τάξης.

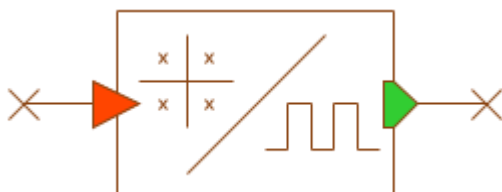
- OFDM Demodulator: OFDM_DMOD



Σχήμα 19:OFDM_DMOD

Το OFDM_DMOD προσομοιώνει έναν αποδιαμορφωτή OFDM. Λειτουργεί σε μια κυματομορφή δειγματοληψίας δεδομένων ComplexEnvelope (CE) με θόρυβο για την αποδιαμόρφωση ενός σήματος πολλαπλών φορέων.

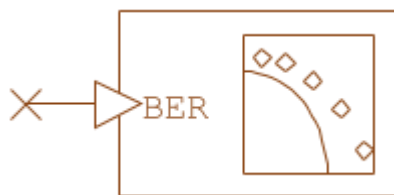
- QAM Detector: QAM_DET



Σχήμα 20:QAM_DET

Το QAM_DET δημιουργεί μια ακολουθία ψηφιακών ή δυαδικών συμβόλων από ένα αποδιαμορφωμένο σήμα I/Q με τετραγωνική διαμόρφωση πλάτους (QAM).

- BER (Bit Error Rate) Meter, Internal Reference Source: BER



Σχήμα 21:BER

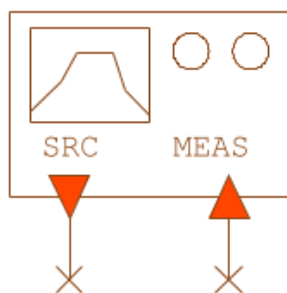
Το BER υπολογίζει το ποσοστό σφάλματος bit (BER) από ένα ψηφιακό σήμα. Αυτό το μπλοκ χρησιμοποιείται με τη μέτρηση BER για να σχεδιάσει το BER. Μπορεί επίσης να μεταφέρει απευθείας τα ποσοστά σφάλματος στο παράθυρο εξόδου κειμένου.

Το BER καθορίζει αυτόματα το σήμα αναφοράς όταν το σήμα παράγεται από ψηφιακούς πομπούς όπως QAM_SRC, QAM_TX ή QPSK_TX. Όταν αυτό δεν συμβαίνει, ο BER προσπαθεί να προσδιορίσει το σήμα αναφοράς από τις πηγές που παράγουν το σήμα εισόδου. Μπορεί να υπάρχουν φορές που το μπλοκ δεν μπορεί να προσδιορίσει το σήμα αναφοράς, σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε το μπλοκ BER_EXT στη θέση του μπλοκ BER.

Το BER είναι ικανό να σαρώσει την προσομοίωση, παράγοντας έξοδο σαρωμένου BER. Μια προαιρετική μεταβλητή που θα σαρωθεί μαζί με τις τιμές για κάθε σάρωση μπορεί να καθοριστεί χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους VARNAME και VALUES. Το BER ξεκινά μια νέα σάρωση όταν έχουν εντοπιστεί σφάλματα MNERR ή έχουν υποστεί επεξεργασία τα σύμβολα MXTRIAL*TBLKSZ.

Το BER μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το μπλοκ SweptVariableControl SWPVAR και το VectorSignalAnalyzerblock VSA για την εκτέλεση πολυδιάστατων σαρώσεων. Η τεκμηρίωση του SWPVAR περιγράφει λεπτομερώς τις πολυδιάστατες σαρώσεις.

- Vector Signal Analyzer (Complex Envelope): VSA



Σχήμα 22:VSA

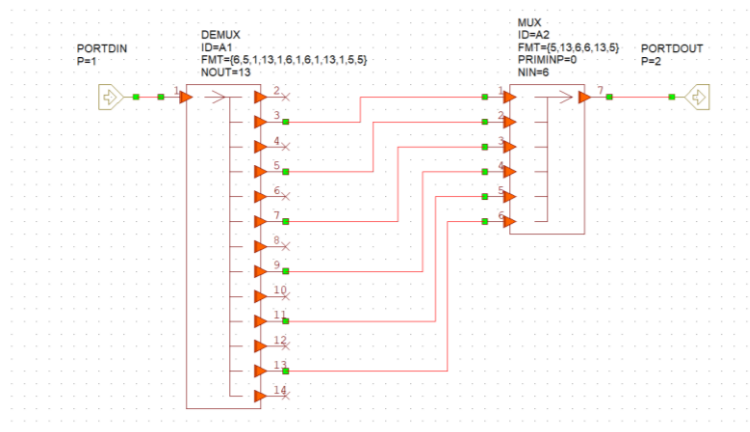
Το VSA συλλέγει ένα σήμα αναφοράς και ένα μετρημένο σήμα για χρήση από πολλές από τις πολλαπλές μετρήσεις εισόδου, όπως AMtoAM_PS ή EVM_PS. Το VSA μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως ελεγκτής σάρωσης, παρόμοιο με το μπλοκ SweptVariableController SWPVAR. Για να το κάνετε αυτό, καθορίστε τη μεταβλητή που θα σαρωθεί στην παράμετρο VARNAME και τις τιμές για τη σάρωση στην παράμετρο VALUES. Εάν το μπλοκ πρόκειται να ελέγξει τότε ξεκινά μια νέα σάρωση, ορίστε είτε την παράμετρο SWPDUR είτε SWPCNT. Το VSA μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το μπλοκ SweptVariableControl (SWPVAR) και το

VectorNetworkAnalyzer (VNA) για την εκτέλεση πολυδιάστατων σαρώσεων. Η τεκμηρίωση του SWPVAR περιγράφει λεπτομερώς τις πολυδιάστατες σαρώσεις.

- DISASSEMBLER

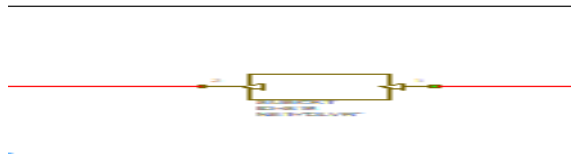


Σχήμα 23:DISASSEMBLER

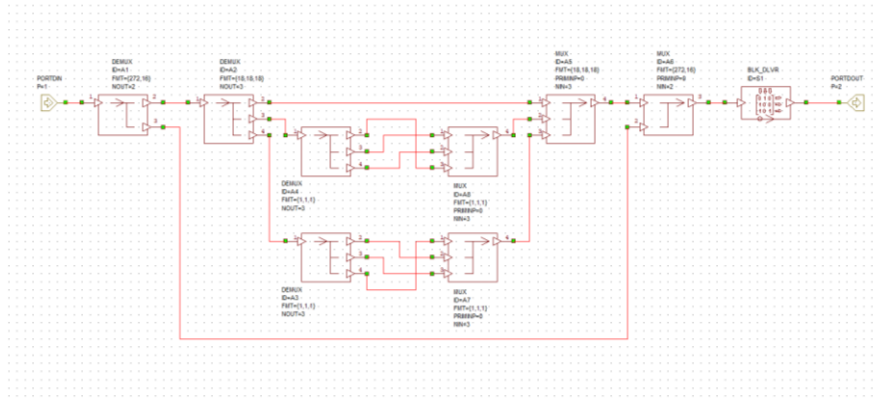


Ένας DISASSEMBLER(αποσυναρμολογητής) στο πλαίσιο της OFDM(Ορθογώνιας Πολυπλεξίας Διαίρεσης Συχνότητας) είναι ένα πρόγραμμα που μετατρέπει τον αναγνώσιμο από μηχανήματα δυαδικό κώδικα ενός συστήματος OFDM σε μορφή αναγνώσιμη από τον άνθρωπο, όπως η γλώσσα assembly. Ουσιαστικά, είναι ένα εργαλείο αντίστροφης μηχανής, που μας επιτρέπει να αναλύσουμε τον κώδικα και να κατανοήσουμε πώς λειτουργεί το σύστημα OFDM σε χαμηλό επίπεδο.

- DEINTERLEAVER

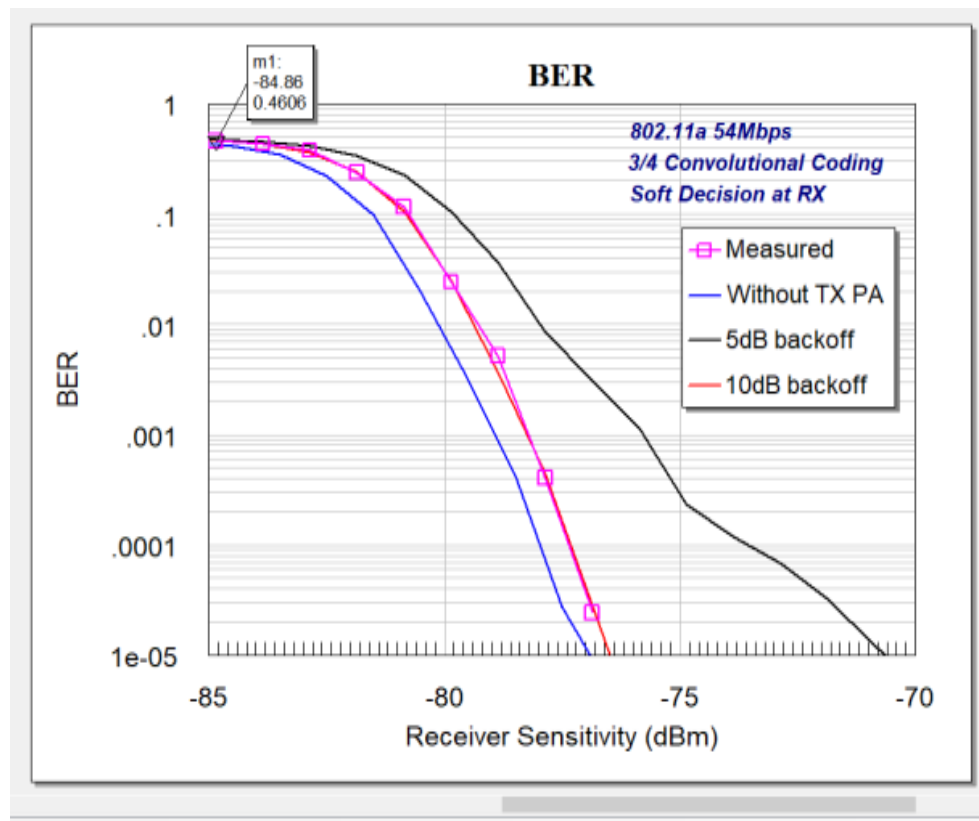


Σχήμα 24:DEINTERLEAVER



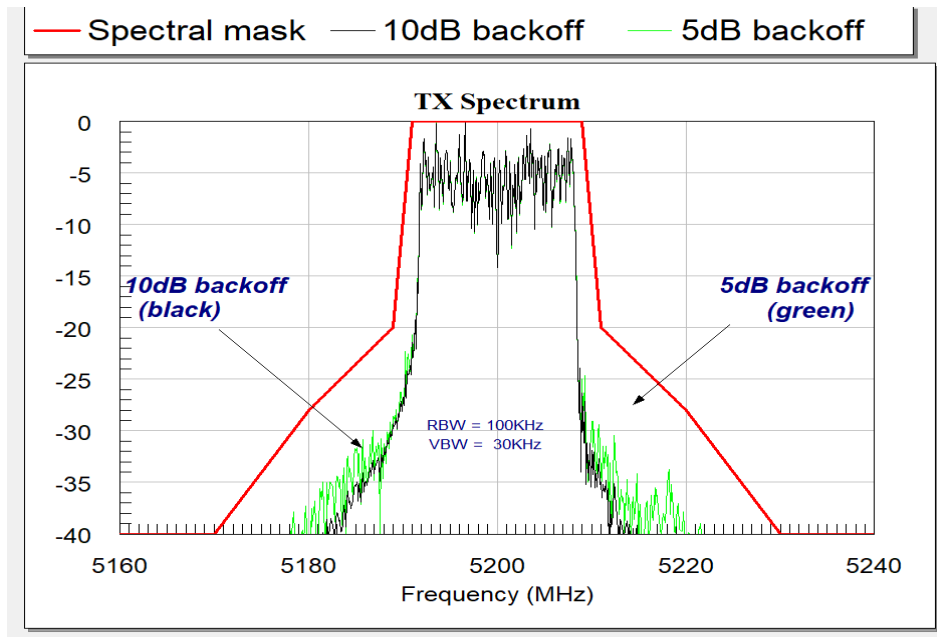
Στον δέκτη, ο Deinterleaver αντιστρέφει την ενέργεια του Interleaver, ταξινομώντας τα διαπλοκόμενα δεδομένα πίσω στην αρχική τους ακολουθία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:Μετρήσεις



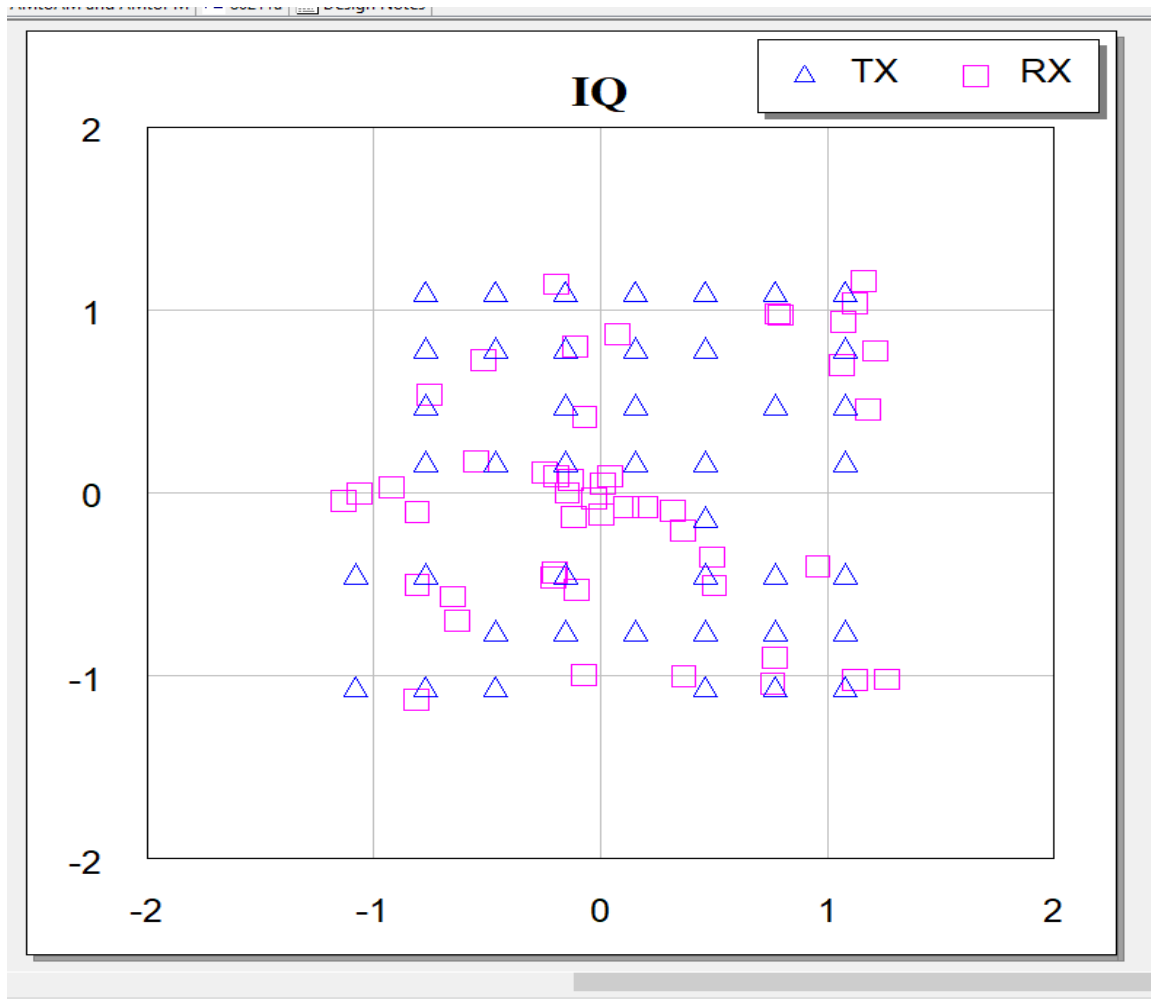
Σχήμα 25: Ρυθμός εμφάνισης εσφαλμένων BIT συναρτήση της ευαισθησίας του δέκτη.

Το σχήμα δίνει το ρυθμό εμφάνισης εσφαλμένων bits σε συναρτήση της ευαισθησίας του δέκτη. Παρατηρούμε την πτώση για διαφορετικές τιμές, την μέτρηση χωρίς παρουσία ενισχυτή στον πομπό καθώς και με 5dbm και 10dbm στους ενισχυτές αντίστοιχα. Η βέλτιστη επιλογή του PA είναι για 10dB.



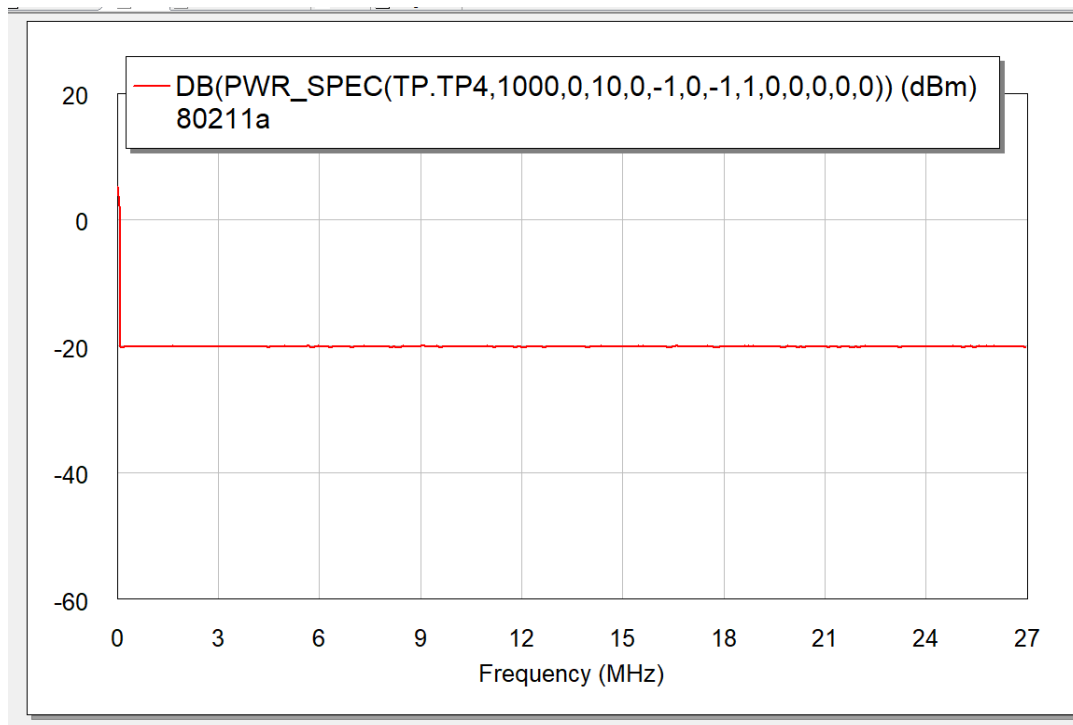
Σχήμα 26: Φάσμα του σήματος στον πομπό (TX), φάσμα στον δέκτη με 5dB (green) και 10dB (black).

Παρατηρούμε ότι τα σηματα είναι αναμενόμενα καθώς δεν βγένουν έξω από τον πομπό. Είναι κεντραρισμενα στην συχνότητα εκπομπής τα 5,2 GHz. Παρατηρούμε ότι το φάσμα οπισθοδρόμησης 5 dB εμφανίζει μεγαλύτερη φασματική αναγέννηση από αυτό των 10 dB.



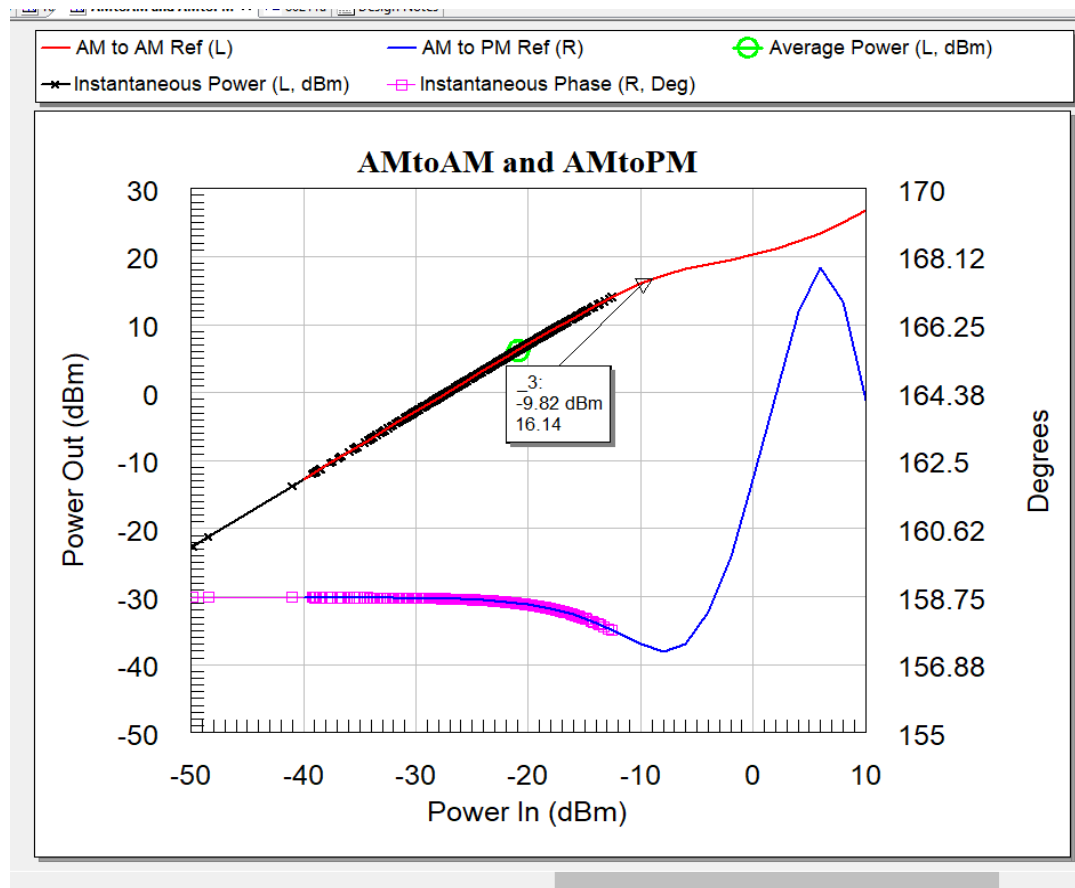
Σχήμα 27: Διάγραμμα IQ του διαμορφωμένου σήματος στον πομπό και στον δέκτη.

Σε αυτό μας το γράφημα βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την πρώτη περίπτωση χωρίς την χρήση ενισχυτή ισχύος. Γι αυτό τον λόγο δεν αποτυπώνονται στο γράφημα ευκρινώς η διαμόρφωση 64QAM. Βάζοντας τους ενισχυτές με 5dbm και 10dbm διακρίνουμε καλύτερη συμπεριφορά στον πομπό και στον δέκτη.



Σχήμα 28: Πυκνότητα ισχύος

Το επίπεδο της εξασθένησης καθορίζεται από τη μεταβλητή Atten_dBm η οποία αποδίδει διαφορετικά επίπεδα υποχώρησης από το σημείο συμπίεσης 1 dB.



Σχήμα 29: Διάγραμμα του σήματος εξόδου συναρτήσει του σήματος εισόδου

Εδώ βλέπουμε την ισχύ εξόδου σε συναρτήσει την ισχύ εισόδου και όταν βάζουμε τους ενισχυτές υπάρχει μια γραμμική μεταβολή. Όταν βάζουμε τους ενισχυτές υπάρχει μια γραμμική μεταβολή ,δηλαδή το επιθυμητό αποτέλεσμα .

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αφου αναλύσαμε τα πρότυπα 802.11 και 802.11a και είδαμε πως δημιουργήθηκαν και πως εξελιχθήκαν και αφου αναφερθήκαμε στην ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας και στα χαρακτηριστικά της δημιουργήσαμε ένα κύκλωμα πομπού και δέκτη. Το κύκλωμα αυτό δημιουργήθηκε για να μελετήσουμε χωρίς την χρήση ενισχυτών και με την χρήση δυο ενδικοτικών τιμών ενισχυτών 5dbm και 10dbm αντίστοιχα. Κατά την διάρκεια της μελέτης παρατηρήσαμε ότι χωρίς την χρήση ενισχυτή ισχύος είχαμε θόρυβο, ενώ βάζοντας τους ενισχυτές ισχύος είδαμε καλύτερες αποδόσεις στην ζεύξη μας. Στην περίπτωση μας με την χρήση του ενισχυτή 10dbm είχαμε ένα πολύ επιθυμητό αποτέλεσμα .Συμπερασματικά χρησιμοποιώντας ενισχυτές ισχύος βελτιώνεται η συνολική ζεύξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. https://www.vocal.com/wp-content/uploads/2012/05/80211a_wp1pdf.pdf
2. <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/5664108/5385508.pdf>
3. <https://www.intel.com/content/www/us/en/content-details/654023/an503-implementing-ofdm-modulation-for-wireless-communications.html>
4. <https://www.copperpodip.com/post/an-overview-of-ofdm-technology-and-patent-analysis-trends-challenges-and-opportunities>
5. <https://www.wevolver.com/article/the-evolution-of-wi-fi-networks-from-ieee-80211-to-wi-fi-6e>