



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΩΝ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗ Κu
ΖΩΝΗ**

Πτυχιακή εργασία

ΤΟΥΜΑΝΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Αθήνα, 2020



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων: Βασίλειος Δαλάκας

**Μέλος ΕΔΙΠ, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Θωμάς Καμαλάκης

**Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Γεώργιος Δημητρακόπουλος

**Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Ο Αλέξανδρος Τουμανίδης δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

"If you always put limits on everything you do, physical or anything else, it will spread into your work and into your life. There are no limits. There are only plateaus, and you must not stay there, you must go beyond them."

-Bruce Lee

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία υλοποιήθηκε στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, της Σχολής Ψηφιακής Τεχνολογίας, του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, υπό την επίβλεψη και τη βοήθεια του Δρ.Βασιλείου Δαλάκα.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ.Βασίλειο Δαλάκα για τη καθοδήγηση και στήριξή του σε όλα τα προβλήματα και απορίες που προέκυπταν κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.Παρα το επιβαρυνόμενο πρόγραμμά του και τα καθήκοντά του, απαντούσε πάντα στις ερωτήσεις μου και ήταν πολύτιμος βοηθός στην ενίσχυση των γνώσεών μου για το αντικείμενο στο οποίο εργαζόμουν.Επίσης,θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές Θωμά Καμαλάκη και Γεώργιο Δημητρακόπουλο για τη βοήθεια τους στη περάτωση των σπουδών μου.

Τέλος,ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου,που με την αγάπη και τη στήριξή τους μπόρεσα να αντεπεξέλθω στις απαιτήσεις τις φοιτητικής μου ζωής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη στα Ελληνικά.....	σ.7
Περίληψη στα Αγγλικά.....	σ.8
Ευχαριστίες.....	σ.5
Περιεχόμενα.....	σ.6
Κατάλογος Εικόνων.....	σ.9
Κατάλογος Πινάκων.....	σ.11
Κατάλογος Σχημάτων.....	σ.12
Συντομογραφίες.....	σ.13
1. Εισαγωγή.....	σ.14
1.1. Πρωτόκολλα και δορυφορικές επικοινωνίες.....	σ.14
1.2. Χαρακτηριστικά δορυφορικών καναλιών.....	σ.17
1.3. 16APSK και Ku ζώνη συχνοτήτων.....	σ.19
1.3.1 16APSK.....	σ.19
1.3.2 Ku ζώνη.....	σ.20
1.4. Non Linearity.....	σ.21
1.5. Σκοπός της Εργασίας.....	σ.21
1.6. Τεχνολογίες Που Χρησιμοποιήθηκαν.....	σ.22
2. Μεταφορά Κώδικα από Bitbucket σε Matlab.....	σ.26
2.1 Repositories and fork.....	σ.26
2.2. Sourcetree και αποθήκευση σε φάκελο.....	σ.28
2.3. Πρόσβαση του φακέλου από MATLAB.....	σ.30
3. Τροποποίηση Μεταβλητών.....	σ.31
3.1. Μεταβλητή sp.Fc.....	σ.31
3.2. Μεταβλητή sp.code.Idpc.R και sp.mode.Gamma.....	σ.31
3.3. Μεταβλητή EbNodB.....	σ.33
3.4. Μεταβλητές sp.Flags.NL και sp.NL.IBO.....	σ.33
3.5. Μεταβλητή sp.Flags.MA.....	σ.34
4. Εκτέλεση προγράμματος και καταγραφή αποτελεσμάτων.....	σ.34
4.1. Γραφικές Παραστάσεις.....	σ.35
4.1.1. Linearity.....	σ.35
4.2.2. Non Linearity.....	σ.37
5. Total Degradation και σύγκριση αποτελεσμάτων.....	σ.46
5.1. Προσδιορισμός βέλτιστου αποτελέσματος.....	σ.47
6. Συμπεράσματα.....	σ.47
Βιβλιογραφία.....	σ.48

Περίληψη στα Ελληνικά

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και ο περιορισμός του θορύβου που υπάρχει στην επικοινωνία μεταξύ δορυφόρου-επίγειου δέκτη στη Ku ζώνη συχνοτήτων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου,εργάστηκα πάνω σε έναν υπάρχων κώδικα MATLAB ανεπτυγμένο από τον Δρ.Βασίλειο Δαλάκα. Ο κώδικας αυτός επέτρεψε την δοκιμή διαφόρων τιμών σε διαφορετικά σενάρια για την εξαγωγή γραφικών παραστάσεων απαραίτητων για τη μελέτη των δεδομένων και την επίτευξη του παραπάνω σκοπού.

Αρχικά,για να παρθούν αρκετές τιμές για την εκπόνηση της εργασίας,στο πρόγραμμα εφαρμόστηκαν 4 φάσεις για 16APSK : $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$. Συγκεκριμένα,οι 4 αυτές φάσεις εκτελέστηκαν την πρώτη φορά με Non-Linearity και τη δεύτερη με Linearity.Στη περίπτωση με Linearity,κάθε φάση εκτελέστηκε με διαφορετικά Input Backoff(iBO),ώστε να πλησιάσουμε στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.Και στις 2 περιπτώσεις,με την εκτέλεση του προγράμματος παίρναμε,για κάθε φάση, μια γραφική παράσταση με άξονα x το Energy-per-Bit(E_b/N_0) και άξονα y το Bit Error Rate(BER).

Έπειτα,προκειμένου να βρούμε τον βέλτιστο για εμάς θόρυβο στην κάθε περίπτωση,υλοποιήθηκαν δύο ενέργειες για τη κάθε φάση:Στην περίπτωση με Non-Linearity σημειώθηκε για BER 10^{-3} το αντίστοιχο E_b/N_0 ,και στη περίπτωση με Linearity σημειώθηκε για όλα τα iBO κάθε φάσης πάλι το αντίστοιχο E_b/N_0 για BER 10^{-3} .Έτσι,αφαιρώντας τις τιμές που πήραμε για το iBO κάθε φάσης στη περίπτωση της γραμμικότητας(Linearity) από τις αντίστοιχες τιμές κάθε φάσης για μη γραμμικότητα(Non-Linearity) πήραμε το Total Degradation(TD) για τα διάφορα iBO των φάσεων.Τέλος,για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων και φάσεων,υλοποιήθηκε μια γραφική παράσταση με άξονα x το TD(Total Degradation) και άξονα y το iBO(input Backoff),ώστε να έχουμε μία καλύτερη εικόνα για τα αποτελέσματα που είχαν παρθεί.

Λέξεις κλειδιά: [Total Degradation,Input Backoff,θόρυβος]

Abstract ή Περίληψη στα Αγγλικά

The purpose of this paper is to study and reduce the noise that exists in the communication between the satellite and ground receiver in the Ku frequency band. To achieve this goal, I worked on an existing MATLAB code developed by Dr. Vassilios Dalakas. The code allowed us to test different values in different scenarios for the extraction of the graphs necessary to study the data and achieve this paper's goal.

Initially, in order to get enough values for the completion of this study, 4 phases in 16APSK* were applied in the program: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6. Specifically, these 4 phases were executed with Non-Linearity the first time and with Linearity the second time. In the case of Linearity, each phase was run with different Input Backoff(iBO), in order to approach the best possible result. In both cases, the matlab code gave us, for each phase, a graph with the Energy-per-Bit (EbNo) as the x axis and the Bit Error Rate (BER) as the y axis.

Then, in order to find the optimal noise for our signal in each case, two actions were implemented for each phase: In the case of Non-Linearity the corresponding EbNo was noted for BER 10^{-3} , and in the case of Linearity, the corresponding EbNo for BER 10^{-3} was noted for all the iBOs that we analysed. Subtracting the values we got from the iBO of each phase in the case of Linearity from the corresponding values of each phase for Non-Linearity we got the Total Degradation (TD) for the various iBO phases. Finally, to compare the results and phases, a graph was performed with TD (Total Degradation) as the x axis and the input Backoff(iBO) as the y axis to get a better picture of the obtained results.

Keywords: [Noise, Total Degradation, Input Backoff]

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.1. Τηλεπικοινωνιακό Διάγραμμα.....	σ.15
Εικ.2. Τρόπος μετάδοσης bits.....	σ.15
Εικ.3. Ζώνες συχνοτήτων.....	σ.18
Εικ.4. Constellation diagram of 16APSK.....	σ.19
Εικ.5. Nonlinear Communication System.....	σ.21
Εικ.6. Λογότυπο MATLAB.....	σ.24
Εικ.7. Λογότυπο Bitbucket.....	σ.25
Εικ.8. Λογότυπο Sourcetree.....	σ.25
Εικ.9. Menu.....	σ.26
Εικ.10. Code Repository.....	σ.27
Εικ.11. Clone Button.....	σ.27
Εικ.12. Προσωπικό Repository.....	σ.28
Εικ.13. Sourcetree Clone.....	σ.28
Εικ.14. Clone Menu.....	σ.29
Εικ.15. Git Code.....	σ.29
Εικ.16. Αναζήτηση φακέλου.....	σ.30
Εικ.17. Κώδικας Προγράμματος.....	σ.30
Εικ.18. Μεταβλητή sp.Fc.....	σ.31
Εικ.19. 16APSK Signal Constellation.....	σ.32
Εικ.20. Code Rates and Gamma.....	σ.32
Εικ.21. Sp.code.ldpc.R.....	σ.32
Εικ.22. Sp.mode.gamma.....	σ.32
Εικ.23. Μεταβλητή Eb.Nod.b.....	σ.33
Εικ.24. Linearity.....	σ.33
Εικ.25. Non Linearity.....	σ.33
Εικ.26. Input Backoff example.....	σ.33
Εικ.27. Παράδειγμα Εκτέλεσης Προγράμματος.....	σ.34
Εικ.28. Linearity 2/3.....	σ.35
Εικ.29. Linearity 3/4.....	σ.36
Εικ.30. Linearity 4/5.....	σ.36
Εικ.31. Linearity 5/6.....	σ.37
Εικ.32. G(A) formula	σ.37
Εικ.33. Φ(A) formula.....	σ.38
Εικ.34. 2/3 IBO 15.....	σ.38
Εικ.35. 2/3 IBO 10.....	σ.39
Εικ.36. 2/3 IBO 5.....	σ.39
Εικ.37. 2/3 IBO 1.....	σ.40
Εικ.38. 3/4 IBO 15.....	σ.40
Εικ.39. 3/4 IBO 10.....	σ.41
Εικ.40. 3/4 IBO 5.....	σ.41
Εικ.41. 3/4 IBO 1.....	σ.42
Εικ.42. 4/5 IBO 15.....	σ.42
Εικ.43. 4/5 IBO 10.....	σ.43
Εικ.44. 4/5 IBO 5.....	σ.43
Εικ.45. 4/5 IBO 1.....	σ.44
Εικ.46. 5/6 IBO 15.....	σ.44

Εικ.47. 5/6 IBO 10.....	σ.45
Εικ.48. 5/6 IBO 5.....	σ.45
Εικ.49. Phases and Total Degradation.....	σ.46
Εικ.50. Γραφική παράσταση TD των 4 φάσεων.....	σ.46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν.1: Code Rates and Gamma.....σ.32
Πίν.2: Phases and Total Degradation.....σ.46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχ.1: Τηλεπικοινωνιακό Διάγραμμα.....	σ.15
Σχ.2: Τρόπος Μετάδοσης Bits.....	σ.15
Σχ.3: Ζώνες συχνοτήτων.....	σ.18
Σχ.4: Constellation diagram of 16APSK.....	σ.19
Σχ.5: Non Linear Communication System.....	σ.21
Σχ.6: 16APSK Signal Constellation.....	σ.32

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

HPA	High Power Amplifier
UE	User Equipment
APSK	Amplitude and Phase-Shift Keying
BER	Bit Error-Rate
EbNo	Energy-per-bit
IBO	Input Back-off
TD	Total Degradation

1. Εισαγωγή

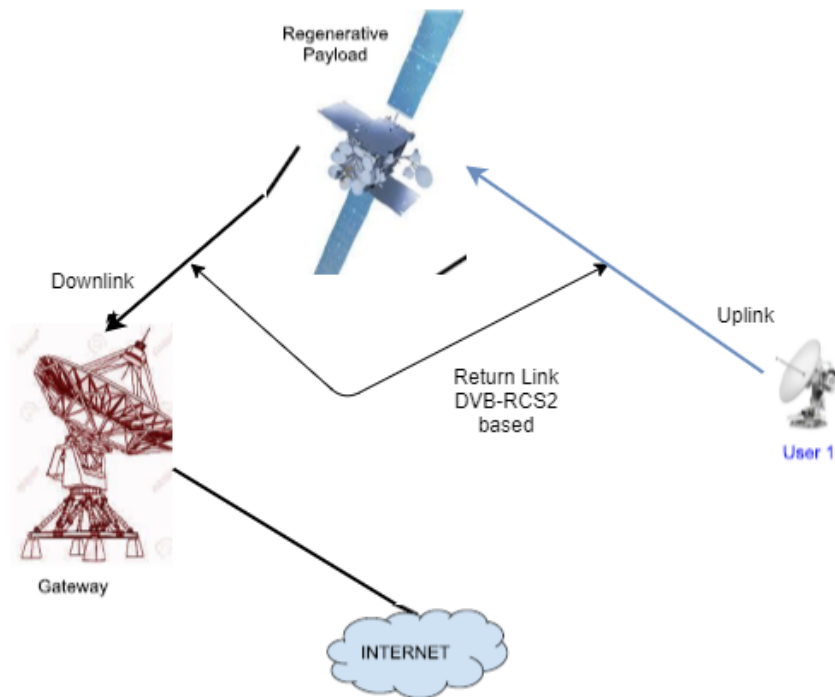
Λόγω των αναπτυσσόμενων τεχνολογιών και απαιτήσεων του 21ου αιώνα, οι δορυφορικές επικοινωνίες, καθώς και η βελτιστοποίηση αυτών, παίζουν ένα καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη της επικοινωνίας και της σύνδεσης σε παγκόσμιο επίπεδο. Στις μέρες μας, ένα μεγάλο ποσοστό επιχειρήσεων και οργανώσεων όπως κυβερνητικά σώματα, διεθνή συστήματα υγειονομικής περιθαλψής καθώς και επιχειρήσεις εξόρυξης πετρελαίου και καυσίμων, χρησιμοποιούν τις επικοινωνίες αυτές για τη γρήγορη μετάδοση πληροφοριών και άμεση ανταπόκριση στις οποιεσδήποτε κρίσεις που παρουσιάζονται. Έτσι, δημιουργήθηκε η ζήτηση για την εφαρμογή των δορυφορικών επικοινωνιών και σε άλλους κλάδους, όπως είναι τα drones.

Τα drones είναι μη επανδρωμένα αεροσκάφη (unmanned aerial vehicle ή αλλιώς UAV) [1] των οποίων η χρήση επιτυγχάνεται συνήθως με ένα χειριστήριο από το έδαφος και τη χρήση ενός συστήματος τηλεπικοινωνιών μεταξύ των 2. Η πτήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών μπορεί να επιτευχθεί σε διαφόρους βαθμούς αυτονομίας: είτε με χειριστήριο από το έδαφος είτε με ειδικό σύστημα πάνω στο ίδιο το σκάφος.

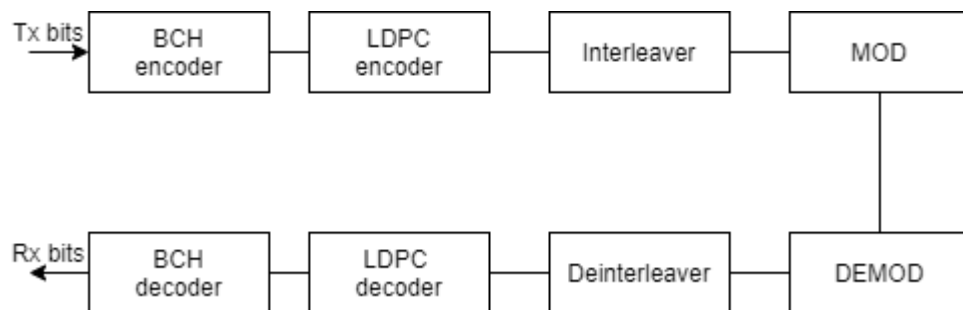
Αρχικά, τα drones χρησιμοποιήθηκαν σε στρατιωτικό επίπεδο για την εκπόνηση αποστολών οι οποίες ήταν ακατάλληλες για το ανθρώπινο δυναμικό. Με τη πάροδο των χρόνων, η τεχνολογία αυτή έγινε προσιτή και στο ευρύτερο κοινό με αποτέλεσμα να πολλαπλασιαστούν οι εφαρμογές της στη καθημερινή ζωή και η βελτίωση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων να γίνεται ολοένα και πιο απαραίτητη.

1.1 Πρωτόκολλα και δορυφορικές επικοινωνίες

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στη σχέση μεταξύ ενός χρήστη, ενός δορυφόρου και ενός πομπού καθώς και στον τρόπο με τον οποίο μεταφέρεται η πληροφορία μεταξύ τους. Παρακάτω βλέπουμε μια απλή γραφική απεικόνιση της σχέσης αυτής (εικόνα 1) και στη συνέχεια τον τρόπο που κωδικοποιείται και μεταδίδεται η πληροφορία (εικόνα 2) [1]:



Τηλεπικοινωνιακό διάγραμμα(εικ.1)



Τρόπος μετάδοσης bits(εικ.2)

Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος ονομάζεται ο μη επανδρωμένος τεχνητός δορυφόρος (*unmanned artificial satellite*), μέσω του οποίου παρέχονται υπηρεσίες μεγάλων αποστάσεων, όπως τηλεοπτικής και ραδιοφωνικής μετάδοσης, τηλεφωνικών επικοινωνιών και συνδέσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Λόγω της ικανότητας των δορυφόρων να καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και να διασυνδέουν μακρινούς τηλεπικοινωνιακούς κόμβους, η χρήση και η έρευνα πάνω στη βελτίωσή τους αυξάνεται ταχύτατα, προκειμένου να παρέχονται δυνατότερες και πιο σταθερές επικοινωνίες.

Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ένας δορυφόρος είναι ο εξής: Λαμβάνει ένα σήμα από ένα πομπό και επεξεργάζεται, ενισχυεί και αναμεταδίδει το σήμα σε ένα επίγειο δέκτη σε διαφορετική συχνότητα. Ο δορυφόρος τοποθετείται σε γεωσύγχρονη τροχιά, κατά την οποία ο δορυφόρος κινείται με γωνιακή ταχύτητα ίση με την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της Γης, με αποτέλεσμα ο δέκτης να μη χάνει ποτέ σήμα με τον δορυφόρο.

Η επικοινωνία υφίσταται με τον παρακάτω τρόπο. Αρχικά, ένας επίγειος πομπός στέλνει δεδομένα σε μια συγκεκριμένη συχνότητα στους transponders ενός δορυφόρου. Έπειτα, ο δορυφόρος επεξεργάζεται το σήμα και το στέλνει με διαφορετική συχνότητα σε έναν επίγειο δέκτη για αποκωδικοποίηση και λήψη δεδομένων.

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα πρωτόκολλα των δορυφορικών επικοινωνιών είναι ο καταμερισμός των σημάτων που στέλνουν οι διάφοροι επίγειοι πομποί σε έναν δορυφόρο. Στη περίπτωση που υπάρχουν και πολλαπλοί πομποί, υπάρχει πρόβλημα διαχείρισης και λήψης των σημάτων. Συγκεκριμένα, αν ο χρόνος μετάδοσης ενός σήματος από έναν επίγειο σταθμό στον δορυφόρο ξεπερνάει τα 270msec, υπάρχει πρόβλημα στην επικοινωνία και στη μεταφορά των δεδομένων. [13]

Πέρα από το καταμερισμό των σημάτων σε κανάλια, προβλήματα όπως ο θόρυβος σε ένα τηλεπικοινωνιακό σήμα, απόσταση πομπού από το δορυφόρο καθώς και χρήση μη συμβατού εύρους ζώνης στο σήμα καθιστούν δύσκολη την ομαλή και γρήγορη μετάδοσή του.

Για το λόγο αυτό,είναι αναγκαία η έρευνα και η χρήση πρωτοκόλλων τα οποία επικεντρώνονται στη χρήση μοναδιαίων καναλιών ή συχνοτήτων για τον κάθε χρήστη,προκειμένου να μην υπάρχει σύγκρουση στον καταμερισμό των διαφόρων σημάτων.

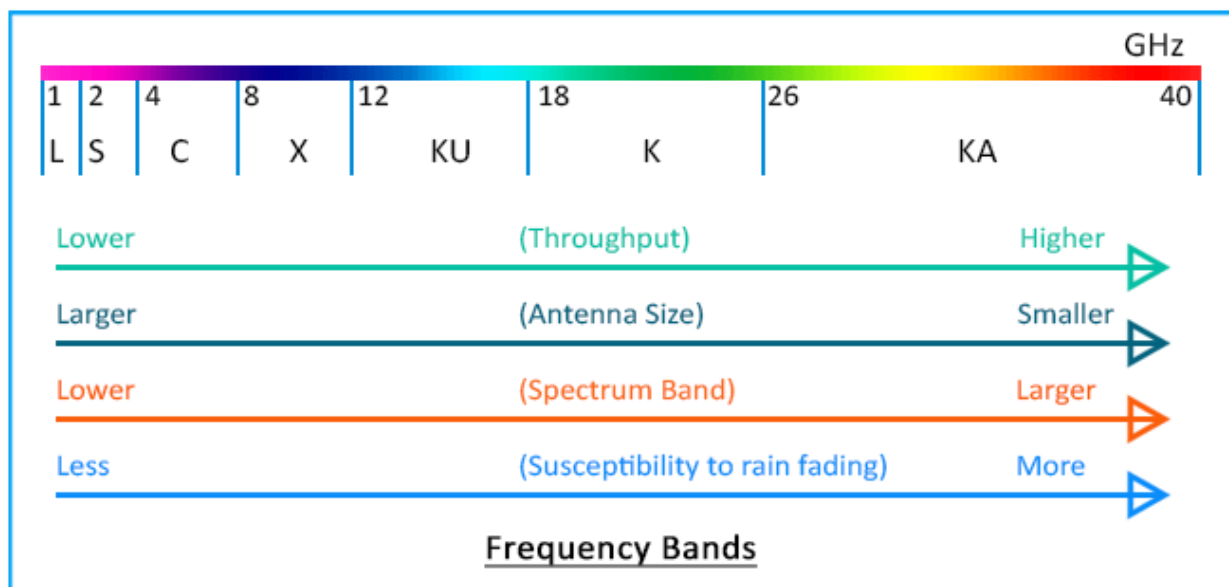
1.2 Χαρακτηριστικά δορυφορικών καναλιών

ΘΟΡΥΒΟΣ – η δύναμη ενός ραδιοσήματος μειώνεται αναλογικά προς το τετράγωνο της απόστασης που διανύεται. Για μια δορυφορική σύνδεση η απόσταση είναι μεγάλη και έτσι το σήμα γίνεται αδύνατο πριν φθάνει στον προορισμό του. Αυτό οδηγεί σε ένα χαμηλό σήμα προς τον θόρυβο σε αναλογία. Μερικές συχνότητες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στα ατμοσφαιρικά αποτελέσματα όπως η μείωση βροχής. Για τις κινητές εφαρμογές, τα δορυφορικά κανάλια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην πολλαπλών διαδρομών διαστρέβλωση και να σκιάσουν (π.χ., παρεμπόδιση από τα κτήρια). Τα χαρακτηριστικά ποσοστά λάθους κομματιών (TZITZIΦΑ) για μια δορυφορική σύνδεση είναι σήμερα σε παραγγελία 1 λάθους ανά 10 εκατομμύριο μπιτ (1×10^{-7}) ή λιγότερο συχνά. Η προηγμένη κωδικοποίηση ελέγχου λάθους (π.χ. Solomon) μπορεί να προστεθεί στις υπάρχουσες δορυφορικές υπηρεσίες και χρησιμοποιείται αυτήν την περίοδο από πολλές υπηρεσίες. Η δορυφορική ίνα απόδοσης λάθους θα γίνει πιο κοινή όπως η προηγμένη κωδικοποίηση ελέγχου λάθους χρησιμοποιείται στα νέα συστήματα. Εντούτοις, πολλά δορυφορικά συστήματα κληρονομιών θα συνεχίσουν να εκθέτουν τα υψηλότερα TZITZIΦΑ από τα νεότερα δορυφορικά συστήματα και τα επίγεια κανάλια.

(https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%B4%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82)

ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ – το ράδιο φάσμα είναι ένας περιορισμένος φυσικός πόρος, ως εκ τούτου υπάρχει ένα περιορισμένο ποσό εύρους ζώνης, διαθέσιμο στα δορυφορικά συστήματα που ελέγχεται χαρακτηριστικά από τις άδειες. Αυτή η έλλειψη το καθιστά δύσκολο να ανταλλάξει το εύρος ζώνης για να λύσει άλλα προβλήματα σχεδίου. Χαρακτηριστικές συχνότητες μεταφορέων για το ρεύμα, εμπορικές δορυφορικές υπηρεσίες είναι 6 GHz (uplink) και 4 GHz (κατιούσα σύνδεση), επίσης γνωστή ως ζώνη γ, και 14/12 GHz (ζώνη Ku)[10]. Μια νέα υπηρεσία σε 30/20 GHz (ζώνη Ka) θα προκύπτει κατά τη διάρκεια των επόμενων μερικών ετών. Οι δορυφορικοί ραδιοεπαναλήπτες είναι γνωστοί ως αναμεταδότες. Το παραδοσιακό εύρος ζώνης αναμεταδωτών ζωνών γ είναι χαρακτηριστικά 36 MHz για να προσαρμόσει ένα κανάλι έγχρωμης τηλεό-

ρασης (ή 1200 κανάλια φωνής). Οι αναμεταδότες ζωνών Ku είναι χαρακτηριστικά περίπου 50 MHz. Επιπλέον, ένας δορυφόρος μπορεί να φέρει μερικές δωδεκάδες αναμεταδότες. Όχι μόνο το εύρος ζώνης περιορίζεται από τη φύση, αλλά οι κατανομές για τις εμπορικές επικοινωνίες περιορίζονται με τις διεθνείς συμφωνίες έτσι ώστε αυτός ο λιγοστός πόρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρκετά από πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Αν και οι δορυφόροι έχουν ορισμένα μειονεκτήματα όταν συγκρίνονται με τα κανάλια ινών (π.χ., δεν μπορεί να επισκευαστεί εύκολα, η βροχή εξασθενίζει, κ.λπ.), έχουν επίσης ορισμένα πλεονεκτήματα πέρα από τις επίγειες συνδέσεις. Κατ' αρχάς, οι δορυφόροι έχουν μια φυσική ικανότητα ραδιοφωνικής μετάδοσης. Αυτό δίνει στους δορυφόρους ένα πλεονέκτημα για τις πολλαπλής διανομής εφαρμογές. Έπειτα, οι δορυφόροι μπορούν να φθάσουν γεωγραφικά στις απομακρυσμένες περιοχές ή τις χώρες που έχουν λίγη επίγεια υποδομή. Ένα σχετικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα των δορυφορικών συνδέσεων να επιτευχθούν οι κινητοί χρήστες. (https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%B4%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82)



Ζώνες συχνοτήτων(εικ.3)

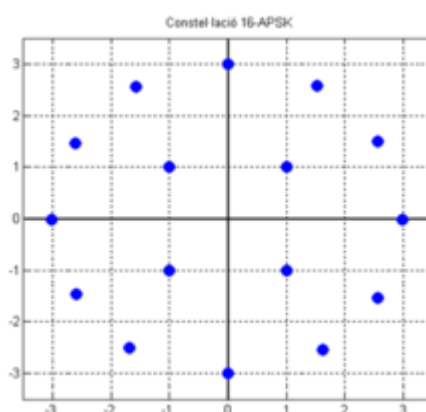
1.3 16APSK και Ku ζώνη συχνοτήτων

1.3.1 16APSK

Στην ψηφιακή διαμόρφωση, ένα αναλογικό σήμα φορέα διαμορφώνεται από ένα διακριτό σήμα. Οι μέθοδοι ψηφιακής διαμόρφωσης μπορούν να θεωρηθούν ως μετατροπή ψηφιακού σε αναλογικό και η αντίστοιχη αποδιαμόρφωση ή ανίχνευση ως μετατροπή αναλογικού σε ψηφιακό. Οι αλλαγές στο σήμα φορέα επιλέγονται από έναν πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών συμβόλων M (το αλφάβητο διαμόρφωσης).

Στην εργασία αυτή, χρησιμοποιήσαμε ως μέθοδο ψηφιακής διαμόρφωσης το 16APSK. Το Amplitude και phase-shift keying ή αλλιώς asymmetric phase-shift keying (APSK) είναι ένα σχήμα ψηφιακής διαμόρφωσης που μεταφέρει δεδομένα αλλάζοντας ή τροποποιώντας, τόσο το πλάτος όσο και τη φάση ενός σήματος. Με άλλα λόγια, συνδυάζει το shift-amplitude (ASK) και το phase-shift keying (PSK) για να αυξήσει το σύνολο συμβόλων.[11]

Επιπλέον, ένας προσεκτικός σχεδιασμός της γεωμετρίας αστερισμού μπορεί να προσεγγίσει την χωρητικότητα του Gauss καθώς το μέγεθος του αστερισμού αυξάνεται στο άπειρο. Η προηγούμενη λύση, όπου ο αστερισμός έχει σχήμα Gauss, ονομάζεται σχηματισμός αστερισμού.



Constellation diagram of 16APSK(εικ.4)

1.3.2 Ku ζώνη

Η Ku ζώνη είναι το κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος της ζώνης μικροκυμάτων με συχνότητες από 12 έως 18 GHz. Η ζώνη αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στις δορυφορικές τηλεοράσεις, σε συστήματα επικοινωνίας της NASA, στον διεθνή διαστημικό σταθμό καθώς και σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης για την ανίχνευση παραβάσεων ταχύτητας των αυτοκινήτων.[12]

Σε σύγκριση με τη ζώνη C, η Ku ζώνη δεν περιορίζεται εξίσου στην ισχύ για να αποφευχθούν παρεμβολές στα επίγεια συστήματα μικροκυμάτων και μπορεί να αυξηθεί η ισχύς των άνω ζεύξεων και των κάτω ζεύξεων. Αυτή η υψηλότερη ισχύς μεταφράζεται επίσης σε μικρότερα πιάτα λήψης και επισημαίνει μια γενίκευση μεταξύ της μετάδοσης ενός δορυφόρου και του μεγέθους ενός πιάτου. Καθώς αυξάνεται η ισχύς, το μέγεθος του δίσκου της κεραίας θα μειώνεται.[15] Αυτό συμβαίνει επειδή ο σκοπός του στοιχείου πιάτου της κεραίας είναι να συλλέξει τα περιστατικά κύματα σε μια περιοχή και να τα επικεντρώσει όλα στο πραγματικό στοιχείο λήψης της κεραίας, τοποθετημένο μπροστά από το πιάτο (και στραμμένο προς τα πίσω προς το πρόσωπό του). Εάν τα κύματα είναι πιο έντονα, λιγότερα από αυτά πρέπει να συλλεχθούν για να επιτευχθεί η ίδια ένταση στο στοιχείο λήψης.

Η μπάντα Ku προσφέρει επίσης μεγαλύτερη ευελιξία στον χρήστη. Ένα μικρότερο μέγεθος πιάτου και η ελευθερία ενός συστήματος Ku band από επίγειες λειτουργίες απλοποιεί την εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας πιάτων. Για τους τελικούς χρήστες η μπάντα Ku είναι γενικά φθηνότερη και επιτρέπει μικρότερες κεραίες (τόσο λόγω της υψηλότερης συχνότητας όσο και μιας πιο εστιασμένης δέσμης). Η ζώνη Ku είναι επίσης λιγότερο ευάλωτη σε εξασθένιση της βροχής από το φάσμα συχνότητας της ζώνης Ka.

1.4 Non Linearity

Η μη γραμμική συμπεριφορά παρατηρείται σε πολλά ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας όπως είναι οι δορυφόροι, οι κινητές επικοινωνίες, συσκευές LAN, ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί και ούτω καθεξής. Η εφαρμογή γραμμικών (linear) μεθόδων υποβαθμίζει τη ποιότητα του συστήματος των παραπάνω εφαρμογών, ενώ έχουν παρατηρηθεί σημαντικά πλεονεκτήματα στη χρήση ενός μη γραμμικού μοντέλου στις παραπάνω τηλεπικοινωνίες.

Τα σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας χρησιμοποιούνται συχνά σε μη γραμμικά κανάλια με μνήμη. Οι περισσότεροι πομποί είναι εξοπλισμένοι με ενισχυτές ισχύος (PA) που λειτουργούν κοντά στον κορεσμό για να επιτύχουν απόδοση ισχύος [14]. Για να αναλυθεί σωστά ένα σύστημα επικοινωνίας, όπως η εικόνα 5, τα μη γραμμικά αποτελέσματα που προκαλούνται από την παρουσία PAs πρέπει να συνδυάζονται με τη μετάδοση, λήψη και τα φίλτρα καναλιών.



Nonlinear communication system(εικ.5)

1.5 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας ήταν η εκτέλεση ενός εξειδικευμένου κώδικα MATLAB ο οποίος επέτρεπε την εξαγωγή γραφικών παραστάσεων για διαφορετικές φάσεις και τιμές στην Κυ ζώνη συχνοτήτων και για 16 APSK. Χρησιμοποιώντας αυτές τις γραφικές παραστάσεις, μπορέσαμε να κατανοήσουμε καλύτερα τα επίπεδα θορύβου ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη και τα βήματα που μπορούμε να ακολουθήσουμε για την μείωσή του.

1.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Matlab

Το Matlab[3] (matrix laboratory) είναι ένα περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής που αποθηκεύει και κάνει τις πράξεις με βάση την άλγεβρα μητρών. Δημιουργήθηκε από την εταιρεία Mathworks.

Ιστορία

Ο Cleve Moler, πρόεδρος του τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών στο Πανεπιστήμιο του Νέου Μεξικού, άρχισε να αναπτύσσει το MATLAB στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Το σχεδίασε για να δώσει στους μαθητές του πρόσβαση στα LINPACK και EISPACK (βιβλιοθήκες για μαθηματικούς υπολογισμούς σε ψηφιακά συστήματα) χωρίς να χρειάζεται να μάθουν τη γλώσσα Fortran. Σύντομα εξαπλώθηκε σε άλλα πανεπιστήμια και βρήκε ένα ισχυρό κοινό στην κοινότητα των εφαρμοσμένων μαθηματικών. Ο Jack Little, μηχανικός, εκτέθηκε σε αυτό κατά την επίσκεψη του Moler στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ το 1983. Αναγνωρίζοντας τις εμπορικές δυνατότητές του, ενώθηκε με τους Moler και Steve Bangert. Έγραψαν εκ νέου το MATLAB στη C και ίδρυσαν το MathWorks το 1984 για να συνεχίσουν την ανάπτυξή του. Οι νέα διατυπωμένες βιβλιοθήκες ήταν γνωστές ως JACKPAC. Το 2000, το MATLAB ξαναγράφηκε για να χρησιμοποιήσει ένα νεότερο σύνολο βιβλιοθηκών για χειρισμό μητρών, LAPACK.

Το MATLAB υιοθετήθηκε για πρώτη φορά από ερευνητές και επαγγελματίες στη μηχανική έλεγχο, την ειδικότητα του Jack Little, αλλά γρήγορα εξαπλώθηκε σε πολλούς άλλους τομείς. Τώρα χρησιμοποιείται επίσης στην εκπαίδευση, ιδίως στη διδασκαλία της γραμμικής άλγεβρας και της αριθμητικής ανάλυσης, και είναι δημοφιλής στους επιστήμονες που ασχολούνται με την επεξεργασία εικόνων.

Ακόμη, είναι μια γλώσσα υψηλής απόδοσης για τεχνικούς υπολογιστές. Ενσωματώνει τον υπολογισμό, την οπτικοποίηση και τον προγραμματισμό σε ένα εύχρηστο περιβάλλον όπου τα

προβλήματα και οι λύσεις εκφράζονται με γνωστή μαθηματική σημειογραφία. Οι τυπικές χρήσεις περιλαμβάνουν:

- Μαθηματικά και υπολογισμοί
- Ανάπτυξη αλγορίθμου
- Μοντελοποίηση, προσομοίωση και πρωτοτυπία
- Ανάλυση δεδομένων, εξερεύνηση και οπτικοποίηση
- Επιστημονικά και μηχανικά γραφικά
- Ανάπτυξη εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας γραφικών διεπαφών χρήστη.

Το MATLAB είναι ένα διαδραστικό σύστημα του οποίου το βασικό στοιχείο δεδομένων είναι ένας πίνακας που δεν απαιτεί διαστασιολόγηση. Αυτό μας επιτρέπει να επιλύσετε πολλά τεχνικά υπολογιστικά προβλήματα, ειδικά εκείνα με διαμόρφωση μήτρας και διανυσμάτων, σε ένα κλάσμα του χρόνου που θα χρειαζόταν για να γράψουμε ένα πρόγραμμα σε μια βαθμιαία μη αλληλεπιδραστική γλώσσα όπως η C ή το Fortran.

Το όνομα MATLAB σημαίνει εργαστήριο μήτρας. Γράφτηκε αρχικά για να παρέχει εύκολη πρόσβαση σε λογισμικό matrix που αναπτύχθηκε από τα έργα LINPACK και EISPACK, τα οποία από κοινού αντιπροσωπεύουν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας στο λογισμικό για υπολογισμό matrix.

Επιπλέον, εξελίχθηκε ανά τα χρόνια με τη βοήθεια και τις παρατηρήσεις πολλών χρηστών., είναι το τυπικό εκπαιδευτικό εργαλείο για εισαγωγικά και προχωρημένα μαθήματα στα μαθηματικά, τη μηχανική και την επιστήμη. Στη βιομηχανία, είναι το εργαλείο επιλογής για έρευνα, ανάπτυξη και ανάλυση υψηλής παραγωγικότητας.

Διαθέτει ακόμη μια οικογένεια λύσεων για συγκεκριμένες εφαρμογές που ονομάζονται εργαλειοθήκες. Πολύ σημαντικό για τους περισσότερους χρήστες του MATLAB, οι εργαλειοθήκες επιτρέπουν την εφαρμογή εξειδικευμένης τεχνολογίας. Οι εργαλειοθήκες είναι ολοκληρωμένες συλλογές λειτουργιών MATLAB (αρχεία M) που επεκτείνουν το περιβάλλον για την επίλυση συγκεκριμένων κατηγοριών προβλημάτων. Οι περιοχές στις οποίες είναι διαθέσιμες εργαλειο-

θήκες περιλαμβάνουν επεξεργασία σήματος, συστήματα ελέγχου, νευρωνικά δίκτυα, ασαφή λογική, κύματα, προσομοίωση και πολλά άλλα.



Λογοτυπο MATLAB(εικ.6)

Bitbucket

Το Bitbucket[4] είναι η λύση διαχείρισης αποθετηρίου Git που έχει σχεδιαστεί για επαγγελματικές ομάδες. Δίνει ένα κεντρικό μέρος για την διαχείριση αποθετηρίων Git, συνεργασίας μεταξύ ατόμων στον πηγαίο κώδικα και προσφέρει καθοδήγηση στη ροή ανάπτυξης. Παρέχει χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν:

- Έλεγχος ή περιορισμός της πρόσβασης στον πηγαίο κώδικα.
- Έλεγχος της ροής εργασίας για την επιβολή έργου ή ομαδικής εργασίας.
- “Τράβηγμα” αιτημάτων με σχόλιο in-line για συνεργασία στον έλεγχο κώδικα.
- Ενσωμάτωση Jira για πλήρη ανιχνευσιμότητα ανάπτυξης.
- API πλήρους ανάπαυσης για τη δημιουργία προσαρμοσμένων λειτουργιών στη ροή της εργασίας, εάν δεν είναι ήδη διαθέσιμες από το Marketplace.

Στην περίπτωση της εργασίας μας, χρησιμοποιήθηκε για την ενημέρωση της εφαρμογής με την τελευταία έκδοση του προγράμματος και διόρθωση τυχόν λαθών.



Λογότυπο Bitbucket(εικ.7)

Sourcetree

Το SourceTree[4] είναι ένα δωρεάν Mercurial και Git Client. Διαθέτει μια γραφική διεπαφή για αποθετήρια που γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ ενός χρήστη και ενός Git. Στη περίπτωση αυτής της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε ως ένα γραφικό περιβάλλον για την εύκολη ενημέρωση του κώδικα από το Bitbucket στο Matlab.



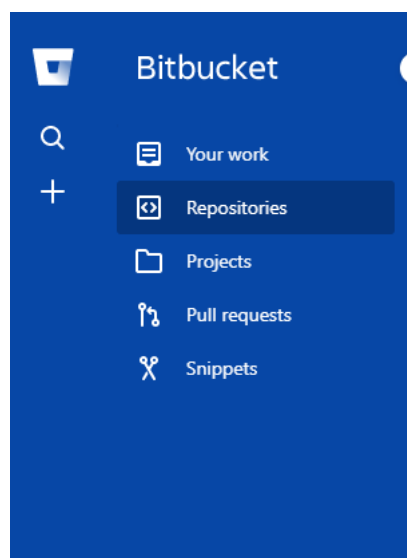
Λογότυπο Sourcetree(εικ.8)

2.Μεταφορά Κώδικα από Bitbucket σε Matlab

Αρχικά,προκειμένου να μεταφέρουμε ομαλά τον κώδικα και να τον κρατάμε ενημερωμένο για οποιεσδήποτε αλλαγές,χρησιμοποιήθηκε το Bitbucket.Για τη μεταφορά αυτή χρησιμοποιήθηκε ως μεσολαβητής το Sourcetree[5] ,πρόγραμμα που επιτρέπει τη μεταφορά αποθετηρίων Git στο πρόγραμμα που επιθυμούμε.

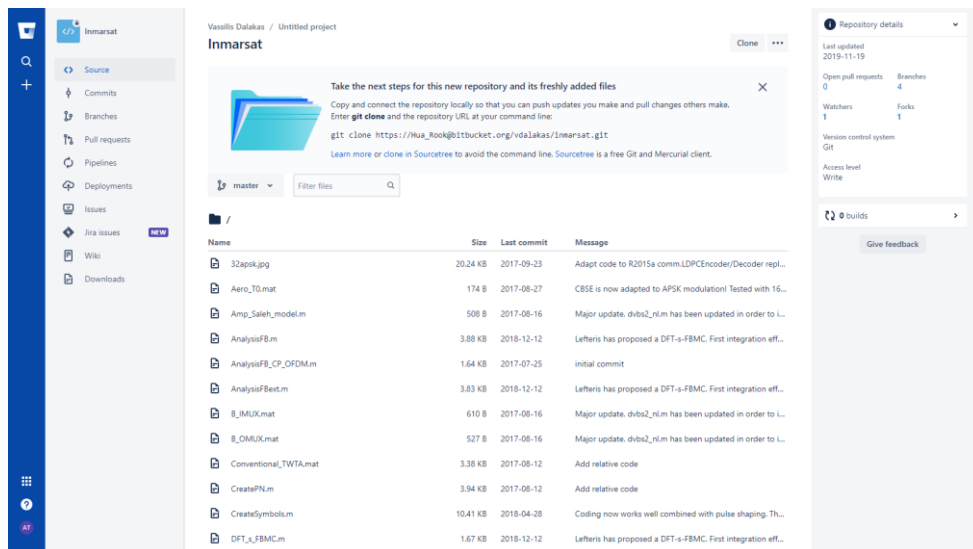
2.1 Repositories και fork

Μετά την είσοδο στο site του Bitbucket,χρησιμοποιούμε το μενού αριστερά προκειμένου να διαλέξουμε τη κατηγορία Repositories:



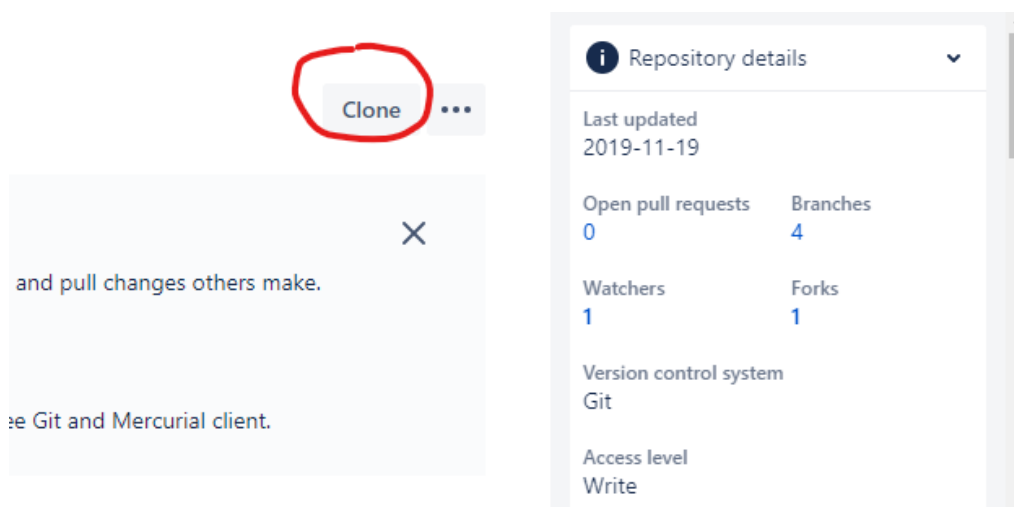
Menu(εικ.9)

Έπειτα,μετά από αίτηση πρόσβασης στο αποθετήριο του Δρ.Δαλάκα,μπορούμε να δούμε τον κώδικα και τα διάφορα στοιχεία του:

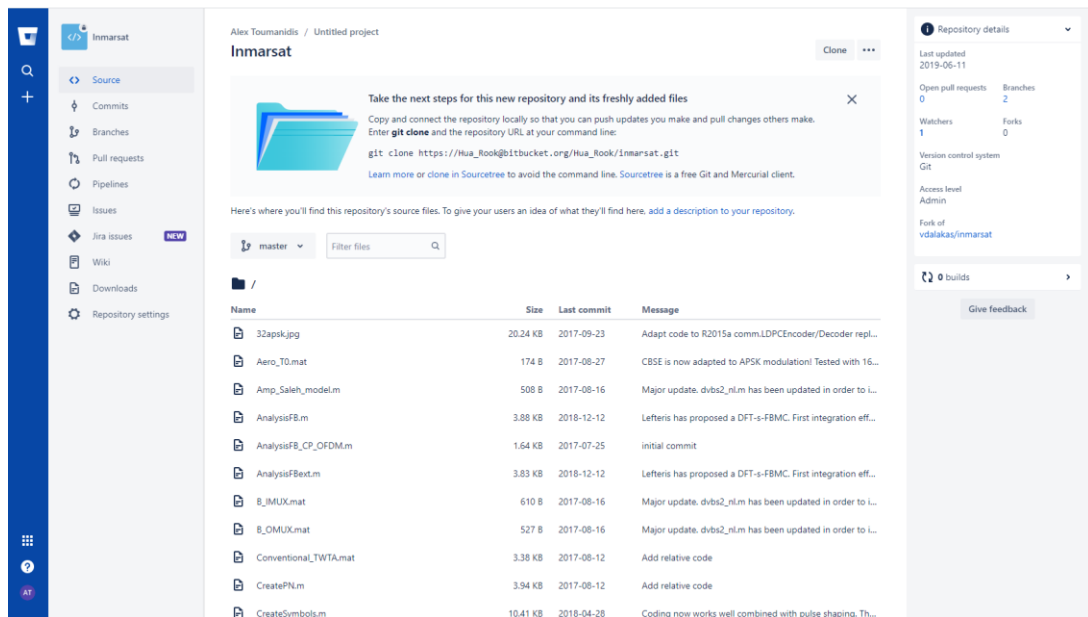


Code Repository(εικ.10)

Χρησιμοποιώντας το κουμπί Clone πάνω αριστερά,μπορούμε να “αντιγράψουμε” τον κώδικα σε ένα προσωπικό Repository,προκειμένου να κάνουμε αλλαγές στο πρόγραμμα χωρίς να επηρεάζουμε το αρχικό



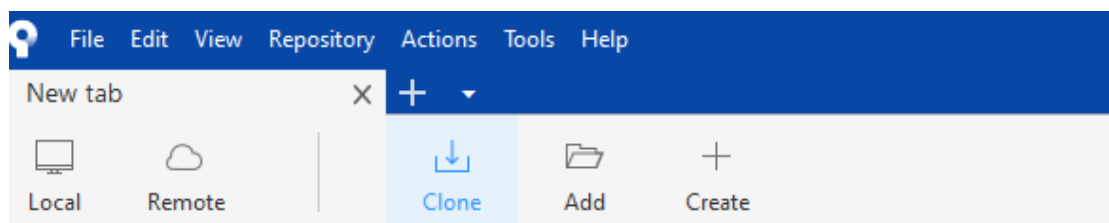
Clone button(εικ.11)



Προσωπικό Repository(εικ.12)

2.2 Sourcetree και αποθήκευση σε φάκελο

Αφού φτιάξουμε το προσωπικό Repository στο Bitbucket,κατεβάζουμε το Sourcetree από την επίσημη σελίδα.Μετα την εγκατάσταση και τη δημιουργία λογαριασμού,πατάμε το κουμπί Clone από το μενού του προγράμματος

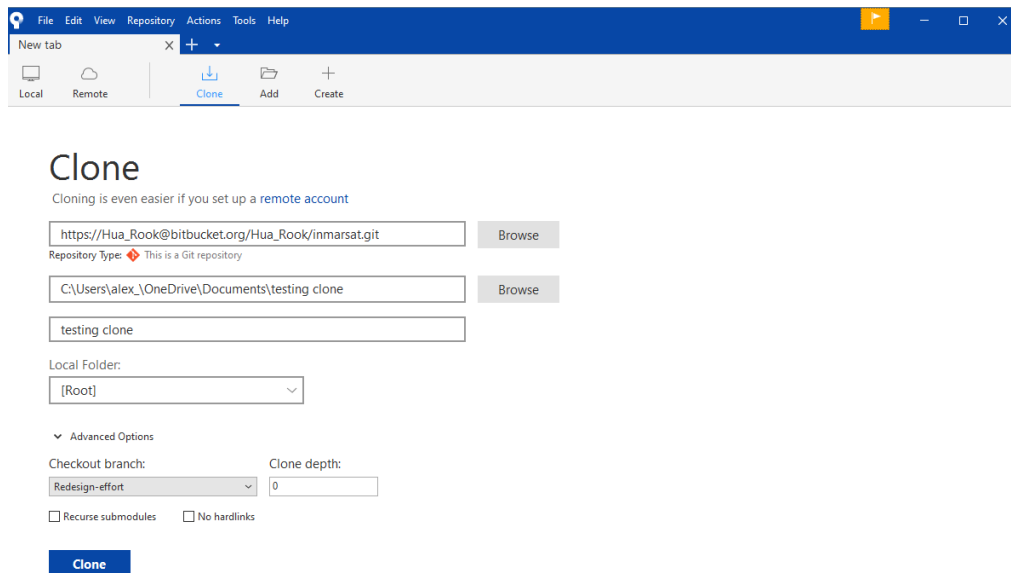


Clone

Cloning is even easier if you set up a [remote account](#)

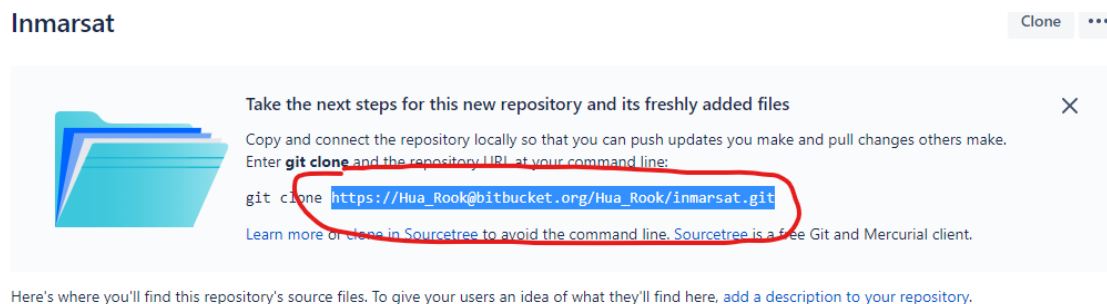
Sourcetree Clone(εικ.13)

Έπειτα, εμφανίζεται το ακόλουθο μενού



Clone Menu(εικ.14)

Στο repository type, εισάγουμε το link που εμφανίζεται στην αρχική σελίδα του προσωπικού Repository μας:

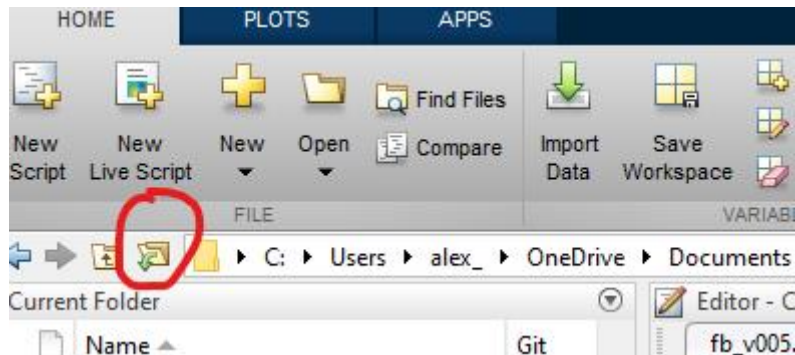


Git code(εικ.15)

Έπειτα, εισάγουμε την τοποθεσία στην οποία θέλουμε να αποθηκεύσουμε τον κώδικα, το όνομα του φακέλου καθώς και ποιο branch του κώδικα θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε (στη περίπτωση μας το Redesign effort) και πατάμε Clone.

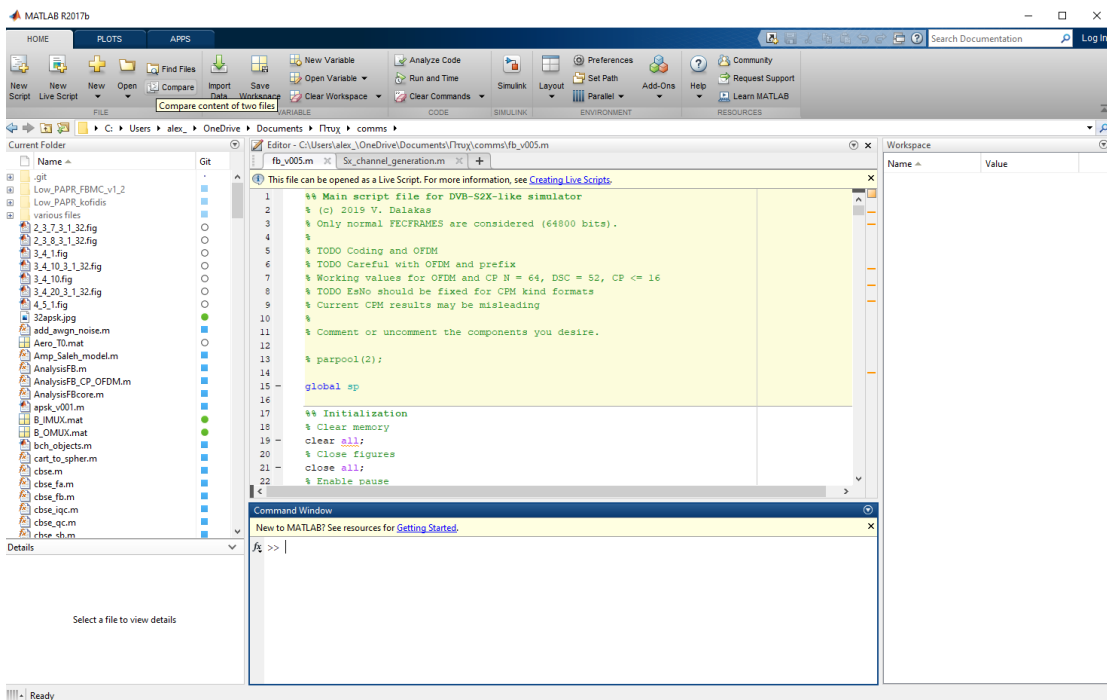
2.3 Πρόσβαση του φακέλου από MATLAB

Τέλος,προκειμένου να ανοίξουμε τον κώδικα στο MATLAB,ανοίγουμε το πρόγραμμα και πατάμε στο κουμπί αναζήτησης φακέλου



Αναζήτηση φακέλου(εικ.16)

Έπειτα,αφού επιλέξουμε τον φάκελο στον οποίο έχουμε αποθηκεύσει το πρόγραμμα,μπορούμε επιτέλους να δούμε και να τροποποιήσουμε τον κώδικα του Repository μας:



Κώδικας προγράμματος(εικ.17)

3.Τροποποίηση μεταβλητών

Προκειμένου να πάρουμε τα αποτελέσματα που θέλουμε στην Κυζώνη συχνοτήτων για 16APSK,θα επρεπε να τροποποιήσουμε ορισμένες μεταβλητές στο αρχείο fb_v0005.m του προγράμματος.

3.1 Μεταβλητή sp.Fc

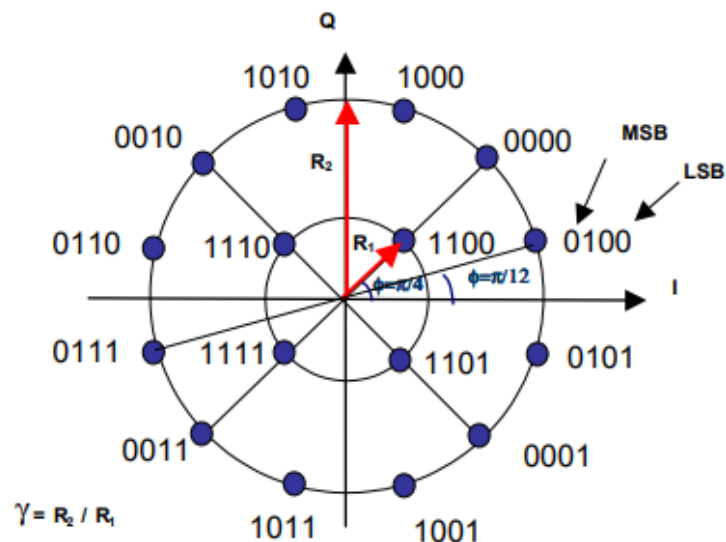
Η μεταβλητή sp.Fc αναφέρεται στην uplink συχνότητα της ζώνης συχνοτήτων που χρησιμοποιούμε.Στην περίπτωσή μας,για την Κυζώνη συχνοτήτων, είναι γύρω στα 12 GHz[9].

```
77 - sp.Fc = 12e9;
```

Μεταβλητή sp.Fc(εικ.18)

3.2 Μεταβλητές sp.code.Idpc.R και sp.mode.Gamma

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την αναπαράσταση bit σε ένα συστημα 16APSK,μπορούμε να δημιουργήσουμε μία γραφική παράσταση με 2 ομόκεντρους κύκλους για 4 και 12 APSK αντίστοιχα.Ο πρώτος κύκλος,για 4APSK,θα έχει ακτίνα R1 ενώ ο δεύτερος κύκλος για 12APSK θα έχει ακτίνα R2:



16APSK Signal Constellation(εικ.19)

Στο πρόγραμμα μας,η μεταβλητή `sp.code.ldpc.R` αναφέρεται στα code rates ή αλλιώς φάσεις που επιθυμούμε να δοκιμάσουμε πάνω στο σήμα μας.Προκειμένου να δοκιμάσουμε όμως τις φάσεις αυτές,πρέπει να γνωρίζουμε και την αντίστοιχη μεταβλητή γ που έχουν για 16APSK(`sp.mod.Gamma`).Για να υπολογιστεί αυτή η τιμή,διαιρούμε το R_2 κάθε φάσης με το αντίστοιχο R_1 που έχουν με βάση το παραπάνω σχήμα.Έτσι,παίρνουμε το ακόλουθο πίνακάκι για τις 4 φάσεις που χρειαζόμαστε[6]:

Code rate	Modulation/coding spectral efficiency	γ
2/3	2,66	3,15
3/4	2,99	2,85
4/5	3,19	2,75
5/6	3,32	2,70

Code Rates and Gamma(εικ.20)

Για παράδειγμα,για code rate 2/3 και γ 3,15,εισάγουμε τις ακόλουθες τιμές στο πρόγραμμα:

```
sp.code.ldpc.R = 2/3; % code rate
```

Sp.code.ldpc.R(εικ.21)

```
sp.mod.gamma = '3.15'; % settings for ring ratios R 2/3
```

Sp.mod.gamma(εικ.22)

3.3 Μεταβλητή EbNodB

Η μεταβλητή EbNodB αναφέρεται στην αναλογία ενέργειας ανά bit προς θόρυβο φασματικής πυκνότητας ισχύος. Στη περίπτωση μας, προκειμένου να έχουμε πιο ομαλές καμπύλες και αποτελέσματα, τρέξαμε το EbNodB από 10 έως 30 επαναλήψεις εκτέλεσης του προγράμματος με βήμα 1:

```
364 - EbNodB = 10:1:30;
```

Μεταβλητή EbNodB(εικ.23)

3.4 Μεταβλητές sp.Flags.NL και sp.NL.IBO

Η μεταβλητή sp.Flags.NL αναφέρεται στη γραμμικότητα ή όχι του σήματος. Σε περίπτωση που θέλουμε να έχει γραμμικότητα το πρόγραμμά μας, βάζουμε σαν τιμή αυτής της μεταβλητής το 0, ενώ αν θέλουμε να υπάρχει μη γραμμικότητα βάζουμε τιμή το 1.

Σε περίπτωση που θέλουμε να υπάρχει μη γραμμικότητα, το πρόγραμμα μας επιτρέπει να επιλέξουμε και το input backoff(iBO) του σήματος. Στη περίπτωση μας, τα iBO(σε dB) που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 15,10,5,1.

```
228 - sp.flags.NL = 0;
229 % Flag for exploitation of the DVBsX Channel Models as provided by ESA.
230 - sp.flags.Sx = 0;
```

Linearity(εικ.24)

```
228 - sp.flags.NL = 1;
229 % Flag for exploitation of the DVBsX Channel Models as provided by ESA.
230 - sp.flags.Sx = 1;
```

Non Linearity(εικ.25)

```
242 - sp.NL.IBO = -1; % Select Input Backoff level in dB
```

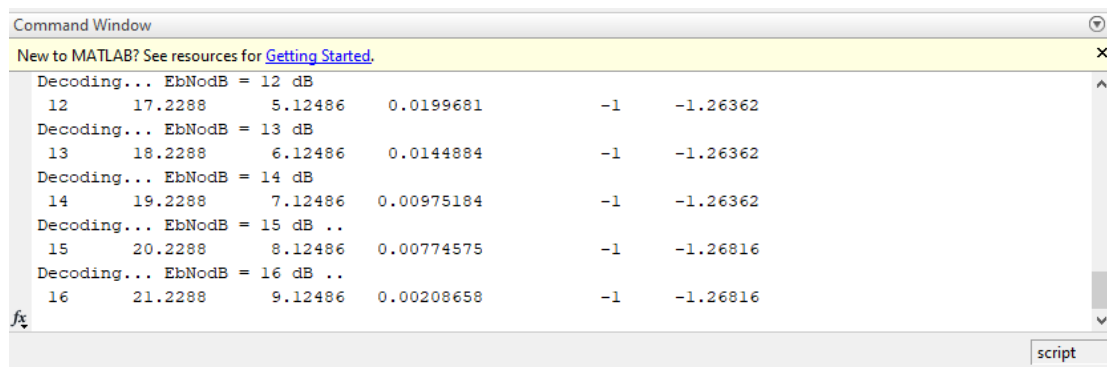
Input Backoff example(εικ.26)

3.5 Μεταβλητή sp.flags.MA

Η μεταβλητή sp.flags.MA μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε αν στην επικοινωνία με το δορυφόρο υπάρχουν μόνο ένας ή πολλαπλοί χρήστες. Στη περίπτωση μας, επειδή χρησιμοποιήσαμε μόνο ένα χρήστη, βάλαμε τη τιμή 0 (δηλαδή δεν υπάρχουν πολλαπλοί χρήστες). Διαφορετικά, θα έπρεπε να βάλουμε τη τιμή 1.

4. Εκτέλεση προγράμματος και καταγραφή αποτελεσμάτων

Αφού βάλουμε τις μεταβλητές που επιθυμούμε, τρέχουμε τον κώδικα. Το πρόγραμμα θα εκτελεστεί όσες φορές έχουμε βάλει στη μεταβλητή EbNodb (στη περίπτωση μας από το 10 έως το 30 με βήμα 1) ή έως ότου η μεταβλητή EbNo φτάσει στο 10^{-3} . Αφού τελειώσει η εκτέλεση του προγράμματος, εμφανίζεται μία γραφική παράσταση που έχει άξονα y το Bit-Error-Rate και άξονα x το Energy-per-Bit (EbNo).



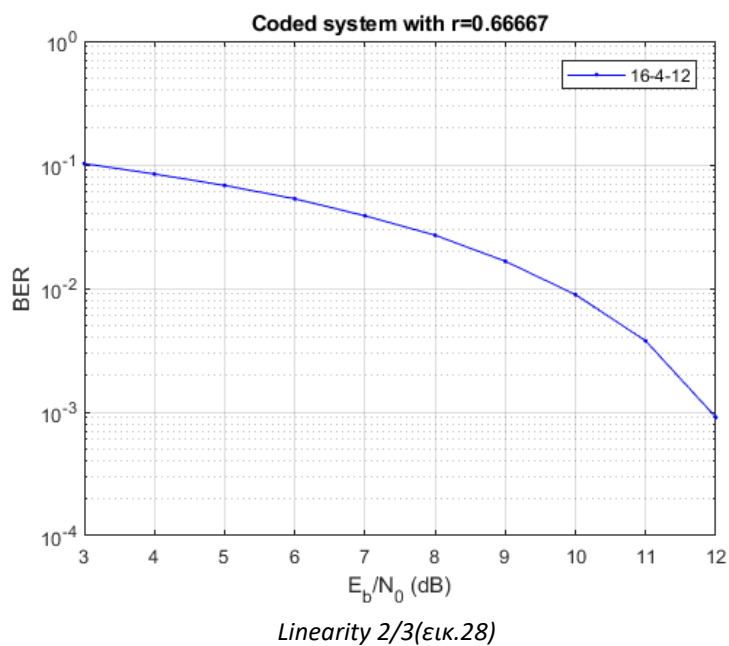
Παράδειγμα Εκτέλεσης προγράμματος(εικ.27)

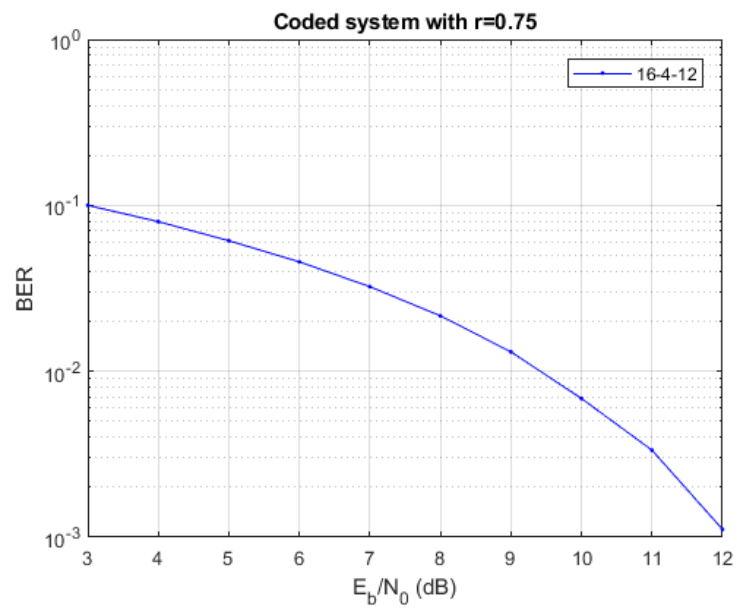
4.1 Γραφικές Παραστάσεις

Προκειμένου να πάρουμε τα αποτελέσματα που θέλουμε, καταγράψαμε τις γραφικές παραστάσεις για τις φάσεις $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$ σε περιπτώσεις γραμμικότητας (Linearity) και μη γραμμικότητας (Non Linearity). Αρχικά, στη μη γραμμικότητα, έπρεπε να καταγραφούν, για τις ίδιες φάσεις, οι γραφικές παραστάσεις και για τα διαφορετικά iBO (15, 10, 5, 1).

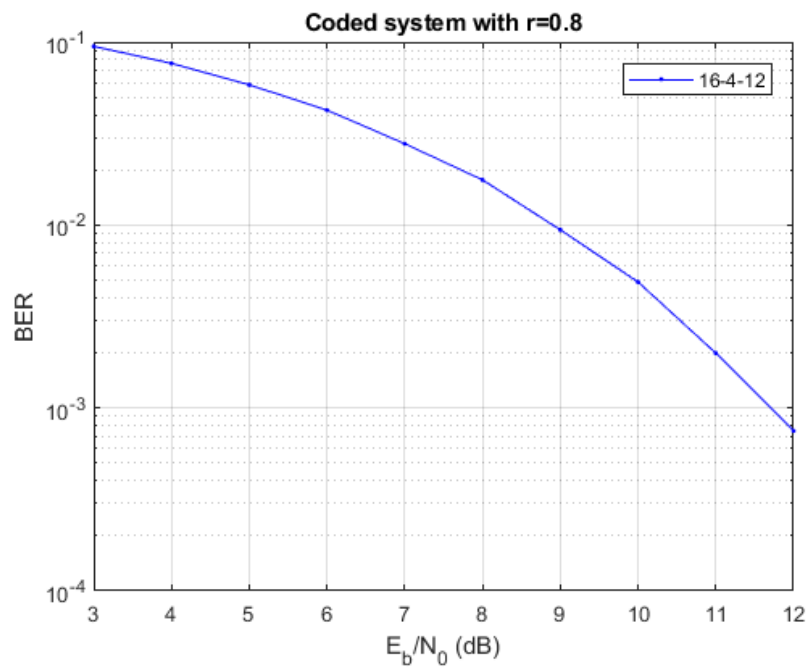
4.1.1 Περίπτωση Linearity

Για την περίπτωση της γραμμικότητας, με την εκτέλεση του προγράμματος πήραμε τις ακόλουθες γραφικές παραστάσεις για τις 4 φάσεις:

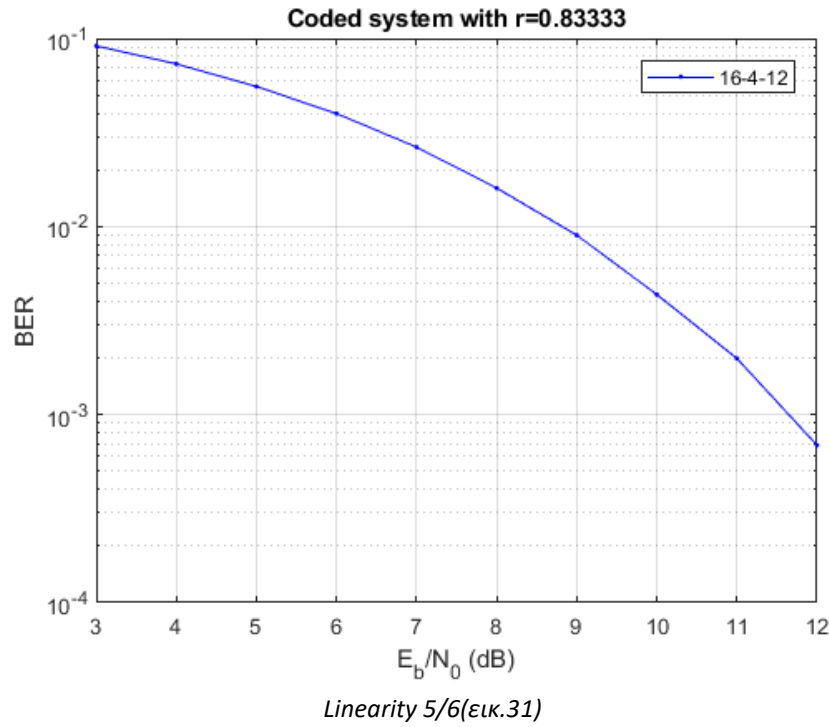




Linearity $\frac{3}{4}$ (εικ.29)



Linearity $\frac{4}{5}$ (εικ.30)



4.1.2 Περίπτωση Non Linearity

Σύμφωνα με τον οδηγό υλοποίησης DVB-RCS2[7], η μη γραμμική παραμόρφωση που επηρεάζει το σήμα ραδιοσυχνότητας (RF) εκπομπής καναλιού επιστροφής μέσω δορυφορικού τερματικού (RCST) προκαλείται κυρίως από το HPA στο UE. Τα χαρακτηριστικά πλάτους και φάσης μιας μη γραμμικής συσκευής δίδονται συνήθως από τις λειτουργίες μεταφοράς πλάτους (AM / AM) και μεταφοράς φάσης (AM / PM) που συσχετίζουν το πλάτος σήματος εξόδου και τη φάση με το πλάτος εισόδου. Το HPA που θεωρείται εδώ για το UE είναι ένας ενισχυτής ισχύος στερεάς κατάστασης (SSPA)[8] που λαμβάνεται από το πρότυπο.[7] Το χαρακτηριστικό του AM / AM δίνεται από

$$G(A) = \frac{gA}{\left[1 + \left(\frac{gA}{A_{sat}}\right)^{2s}\right]^{\frac{1}{2s}}},$$

$G(A)$ formula(εικ.32)

όπου s είναι ο παράγοντας ομαλότητας, το A_{sat} είναι το πλάτος κορεσμού και το g καθορίζει το κέρδος του ενισχυτή στη γραμμική περιοχή. Ο αντίκτυπος της χαρακτηριστικής μετατροπής AM

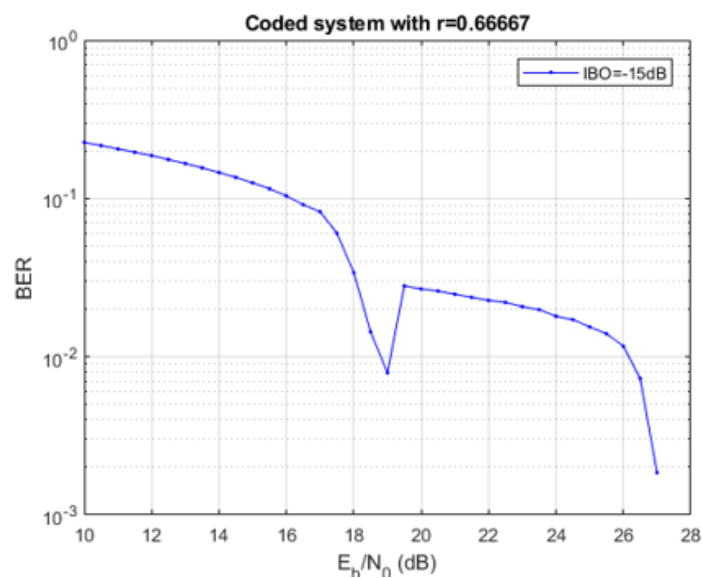
/ PM του SSPA στο σήμα RF θεωρείται συχνά αμελητέος. Έτσι, για μεγαλύτερη ακρίβεια, έχουμε υιοθετήσει ένα χαρακτηριστικό AM / PM που δίνεται από

$$\Phi(A) = \begin{cases} 0, & A < A_{ave} \\ \alpha \rho (A - A_{ave}), & A \geq A_{ave}, \end{cases}$$

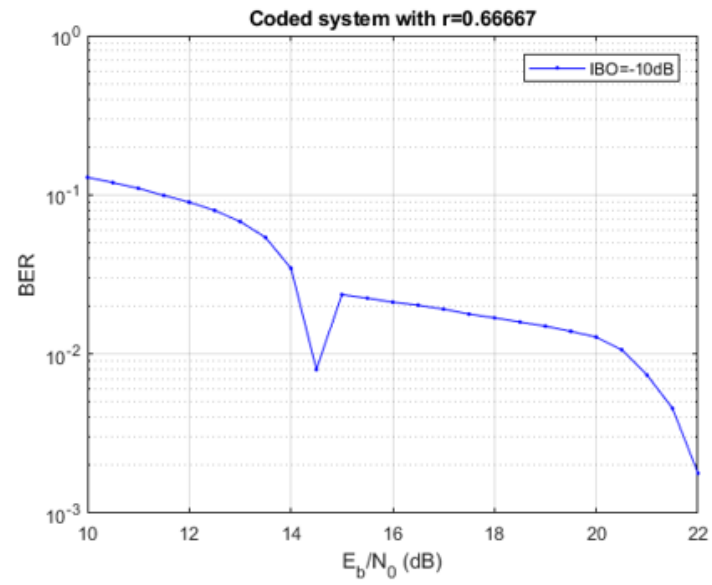
$\Phi(A)$ formula(εικ.33)

όπου ρ καθορίζει την κλίση της μετατροπής AM / PM, το A_{ave} είναι μια παράμετρος που δείχνει το σημείο από το οποίο ξεκινά η περιστροφή φάσης και το α είναι πραγματική βαθμίδα.

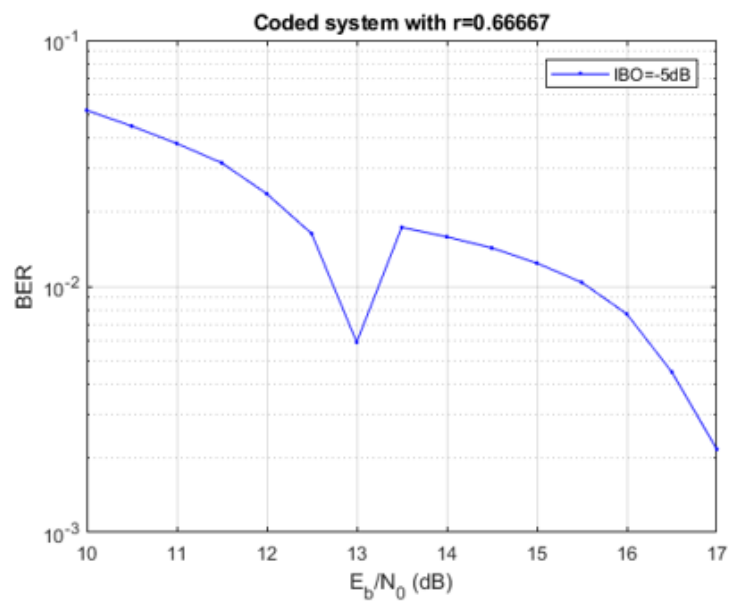
Στη περίπτωση της μη γραμμικότητας λοιπόν, εκτελέσαμε το πρόγραμμα για τις 4 φάσεις με τα διαφορετικά iBO(15,10,5,1) για τη κάθε φάση. Οι γραφικές παραστάσεις είναι οι εξής:



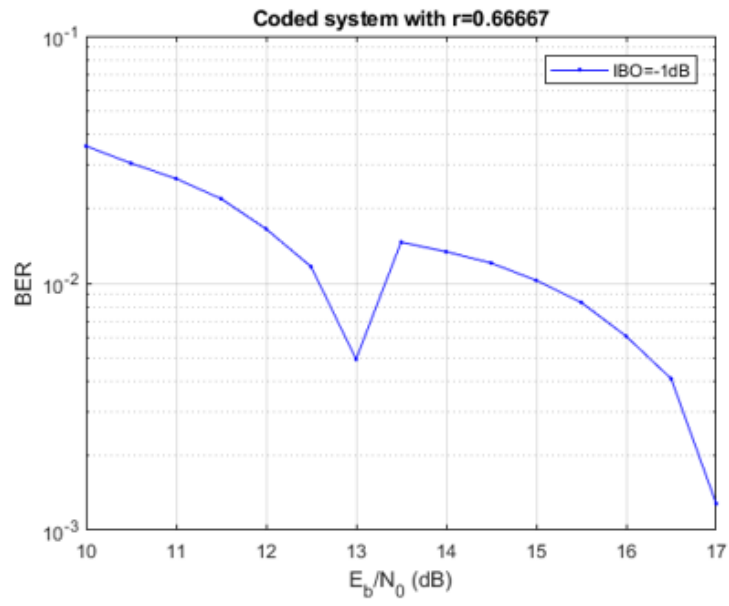
2/3 IBO 15(εικ.34)



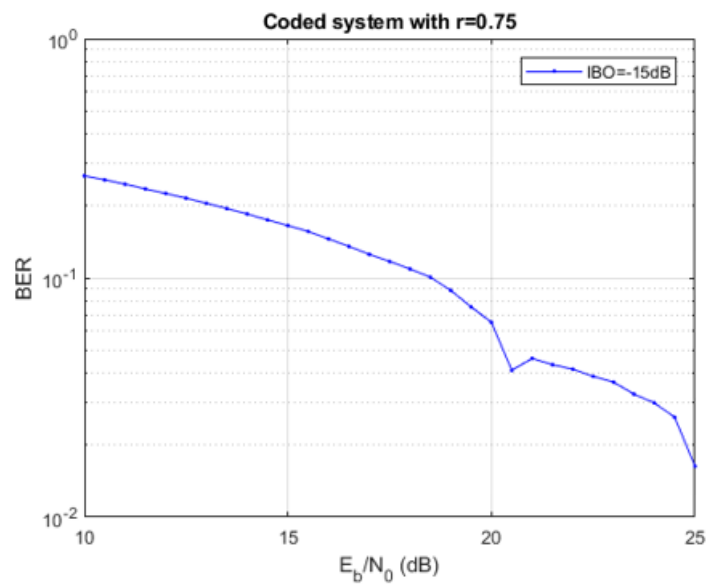
2/3 IBO 10($\epsilon_{IK.35}$)



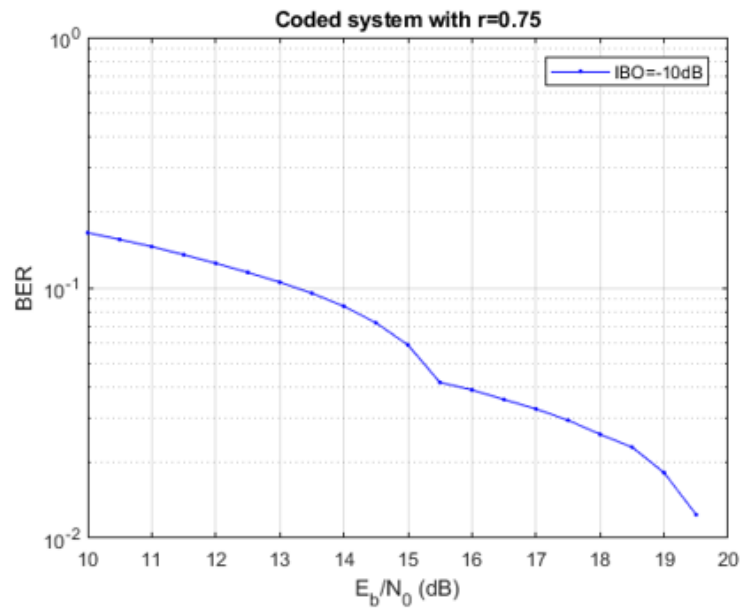
2/3 IBO 5($\epsilon_{IK.36}$)



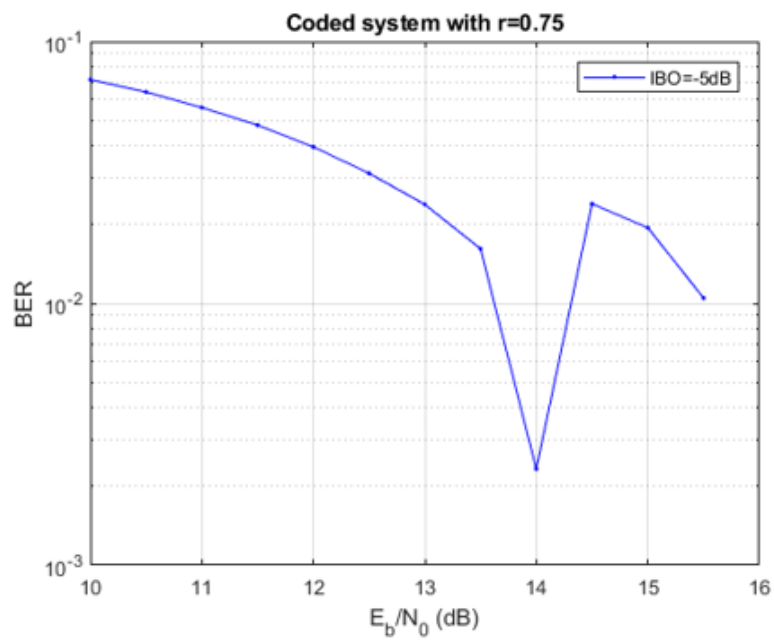
2/3 IBO 1($\epsilon_{IK.37}$)



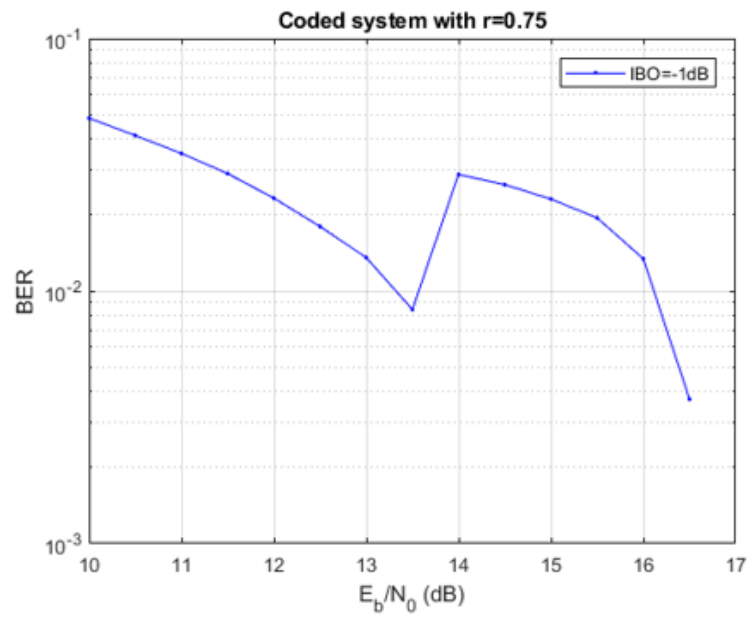
3/4 IBO 15($\epsilon_{IK.38}$)



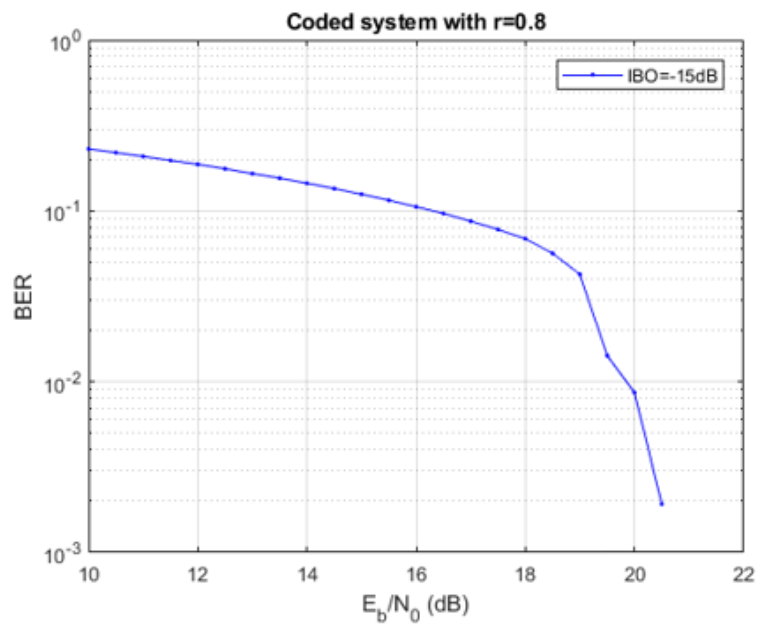
¾ IBO 10(εικ.39)



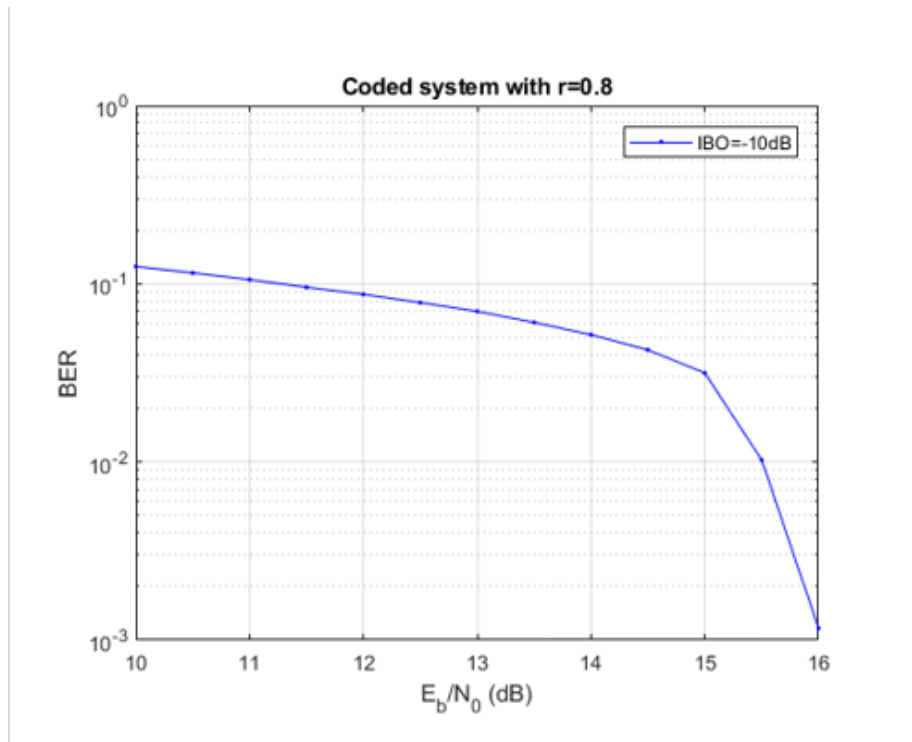
¾ IBO 5(εικ.40)



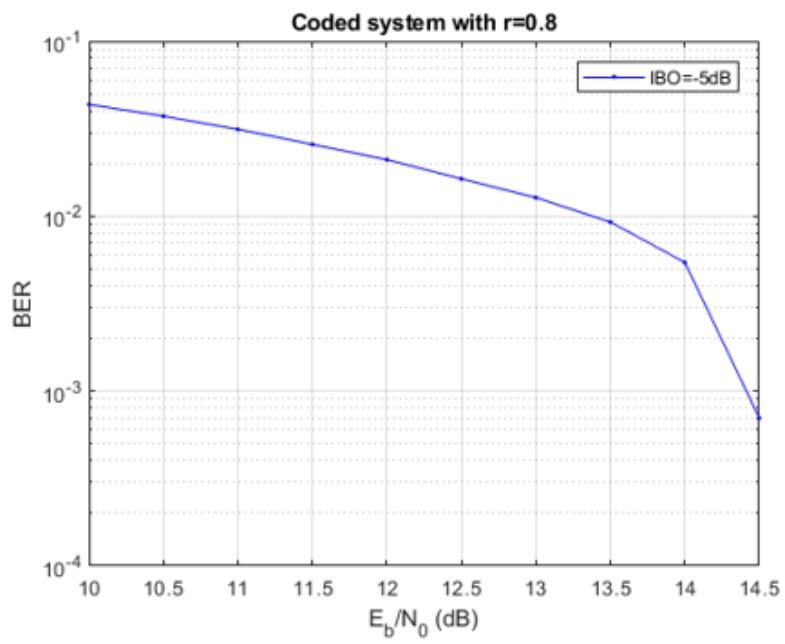
$\frac{3}{4}$ IBO 1($\epsilon_{IK.41}$)



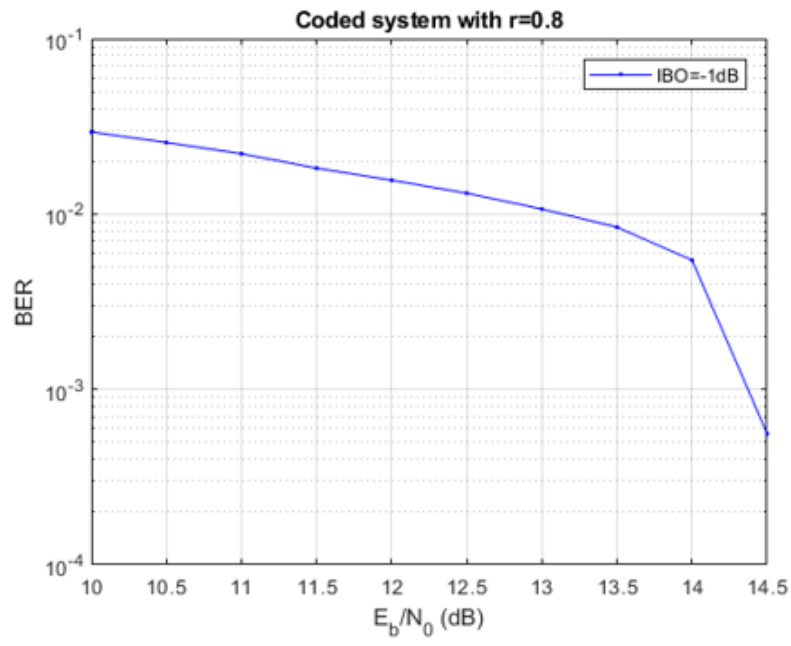
$\frac{4}{5}$ IBO 15($\epsilon_{IK.42}$)



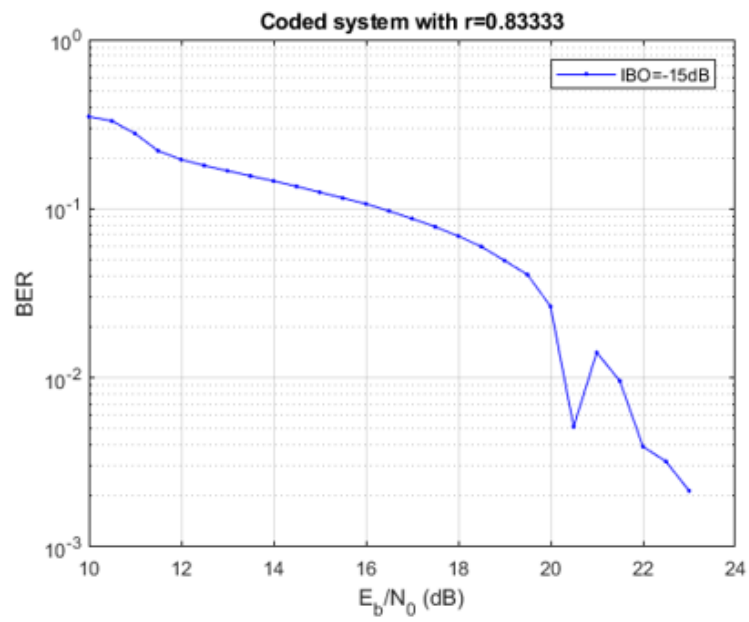
4/5 IBO 10($\epsilon_{\kappa.43}$)



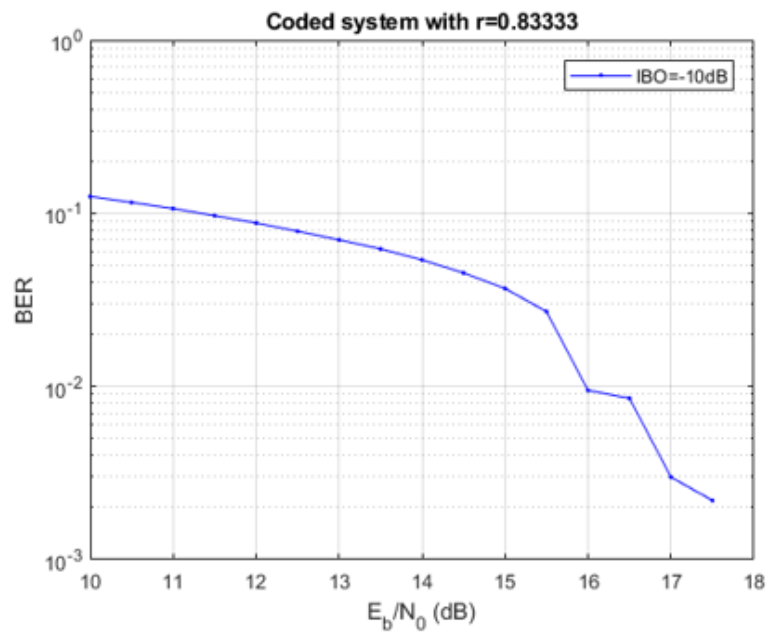
4/5 IBO 5($\epsilon_{\kappa.44}$)



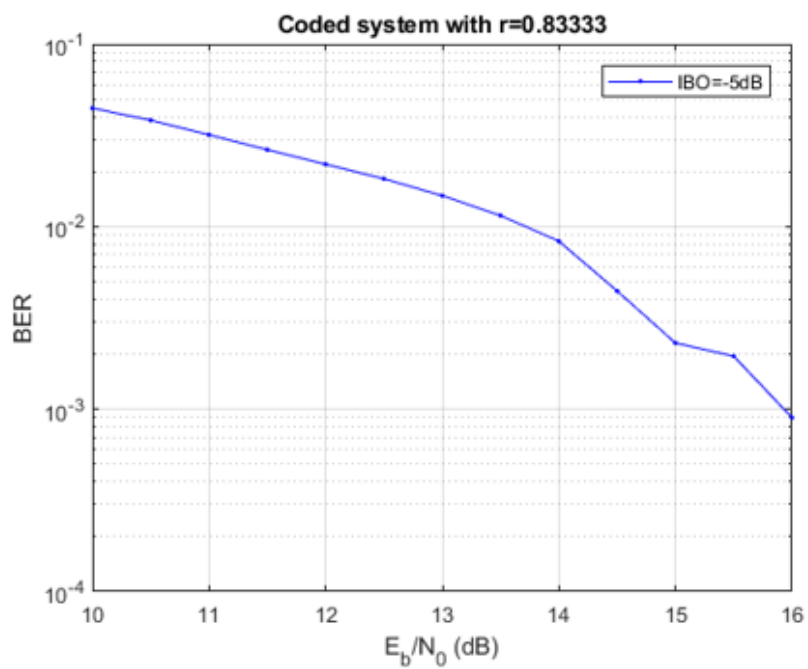
4/5 IBO 1($\epsilon_{\kappa.45}$)



5/6 IBO 15($\epsilon_{\kappa.46}$)



5/6 IBO 10(εικ.47)



5/6 IBO 5(εικ.48)

Στη περίπτωση της φάσης 5/6 με IBO 1, οι διαφορές με το IBO 5 είναι σχεδόν μηδαμινές οπότε δε καταγράφονται.

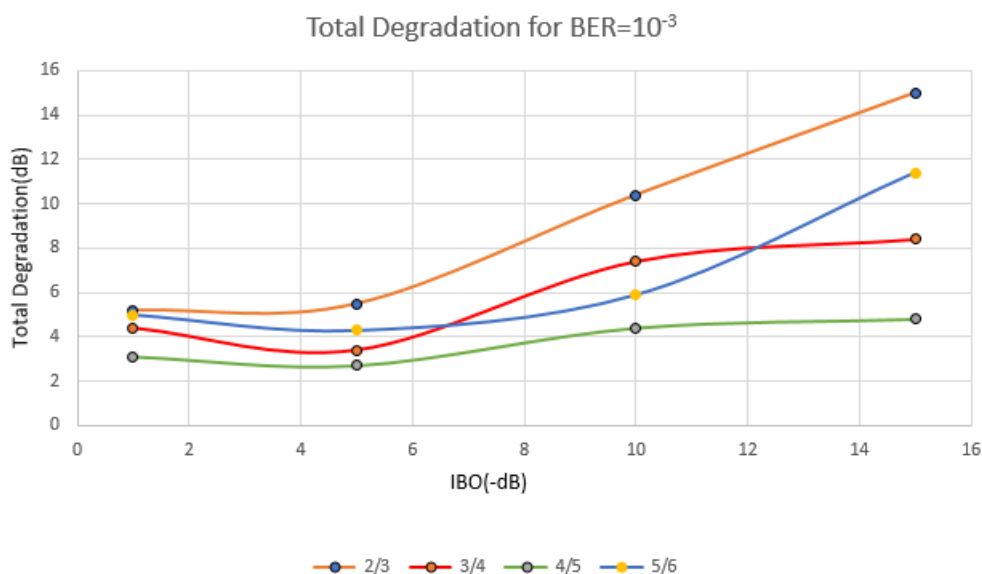
5.Total Degradation και σύγκριση αποτελεσμάτων

Προκειμένου να διαλέξουμε τη κατάλληλη φάση για το σήμα μας,πρέπει να υπολογίσουμε το Total Degradation(TD) για τα διάφορα IBO για την κάθε φάση που έχουμε επιλέξει παραπάνω.Το Total Degradation είναι ο αριθμός που καθορίζει το πόσο έχει επιδεινωθεί η ποιότητα του σήματος και υπολογίζεται (με βάση τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις) στη περίπτωση μας ως εξής: Αφαιρούμε,για $BER=10^{-3}$,το αντίστοιχο E_b/N_0 για το IBO κάθε φάσης(στη μη γραμμικότητα) από το E_b/N_0 κάθε φάσης στη περίπτωση της γραμμικότητας.Στη περίπτωση που το E_b/N_0 των γραφικών παραστάσεων δε φτάσει μέχρι το $BER=10^{-3}$,παίρνουμε ως τιμή το τελευταίο σημείο της καμπύλης.Έτσι,προκύπτει το ακόλουθο πίνακάκι:

2/3		3/4		4/5		5/6	
IBO(-dB)	TD(dB)	IBO(-dB)	TD(dB)	IBO(-dB)	TD(dB)	IBO(-dB)	TD(dB)
1	5,2	1	4,4	1	3,1	1	5
5	5,5	5	3,4	5	2,7	5	4,3
10	10,4	10	7,4	10	4,4	10	5,9
15	15	15	8,4	15	4,8	15	11,4

Phases and Total Degradation(εικ.49)

Έπειτα,προκειμένου να πάρουμε μια καλύτερη εικόνα για τις τιμές αυτές,φτιάχνουμε τις γραφικές παραστάσεις των 4 φάσεων με άξονα x το Input Backoff(BO) και άξονα y το Total Degradation:



Γραφική Παράσταση TD των 4 φάσεων(εικ.50)

5.1 Προσδιορισμός βέλτιστου αποτελέσματος

Με βάση τη παραπάνω γραφική παράσταση, συνειδητοποιούμε ότι για Input Backoff 5 έχουμε για τις παραπάνω φάσεις το λιγότερο Total Degradation του σήματος, και άρα τη καλύτερη απόδοσή του. Συγκεκριμένα, η φάση 4/5 παρατηρούμε ότι για τα παραπάνω $\text{ibo}(15,10,5,1)$, παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις υπόλοιπες φάσεις, με αποτέλεσμα να είναι το ιδανικό Code Rate για το σήμα μας.

6. Συμπεράσματα

Η ραγδαία ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών στις μέρες μας καθιστά απαραίτητη την βελτιστοποίηση της επικοινωνίας στα δορυφορικά συστήματα. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να επικεντρωθούμε στη βελτιστοποίηση του τηλεπικοινωνιακού σήματος και στη μείωση του θορύβου που υπάρχει σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα.

Στην εργασία αυτή, προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται και επικοινωνούν τα διαφορετικά μέλη μιας δορυφορικής επικοινωνίας, και διερευνήσαμε τρόπους με τους οποίους μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε το σήμα μας, επικεντρώνοντας της προσοχή μας στη Κυ ζώνη συχνοτήτων των δορυφορικών επικοινωνιών.

Για να το πετύχουμε αυτό, χρησιμοποιήσαμε έναν υπάρχων κώδικα του Δρ. Βασιλείου Δαλάκα με σκοπό την εξαγωγή γραφικών παραστάσεων μέσω της δοκιμής διαφορετικών τιμών και φάσεων. Με τις γραφικές παραστάσεις αυτές, μπορέσαμε να προσδιορίσουμε τις τιμές στις οποίες έχουμε τον λιγότερο δυνατό θόρυβο, και άρα το καλύτερο δυνατό σήμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1].Dalakas and Kofidis. 2020. Filter bank-based multiple access in next-generation satellite up-links: A DVB-RCS2-based experimental study. Athens,Greece
- [2].Wikipedia.org(Σεπτέμβριος,2020) Drone[Online]-
<https://en.wikipedia.org/wiki/Drone>
- [3].Wikipedia.org(Σεπτέμβριος,2020) Matlab[Online]-
<https://en.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
- [4].Wikipedia.org(Σεπτέμβριος,2020) Bitbucket[Online]-
<https://en.wikipedia.org/wiki/Bitbucket>
- [5].Wikipedia.org(Σεπτέμβριος,2020) Sourcetree[Online]-
<https://en.wikipedia.org/wiki/Atlassian>
- [6].Cedex.S.A. 2006. Digital Video Broadcasting (DVB);
Second generation framing structure, channel coding and
modulation systems for Broadcasting, Interactive Services,
News Gathering and other broadband satellite applications. France.
https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/302307/01.01.02_60/en_302307v010102p.pdf
- [7].ETSI. Guidelines for the implementation and use of EN 301 545-2 (DVB-RCS2 Lower Layer
[https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101500_101599/10154504/01.01.01_60/\\$\backslash\\$tr_10154504v010101p.pdf; 2014](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101500_101599/10154504/01.01.01_60/\backslashtr_10154504v010101p.pdf; 2014).
- [8].Rapp C. Effects of HPA-nonlinearity on a 4-DPSK/OFDM-signal for a digital sound broadcast-
ing system. In: ESA, Second European Conference on Satellite Communications (ECSC-2); 1991;
Liège, Belgium:179-184.
- [9].Satellite frequency bands [Online] (Οκτώβριος,2019)
<https://satoms.com/satellites/frequency-bands/>
- [10].Wikipedia.org(Σεπτέμβριος,2020) Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος[Online]-
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%B4%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82
- [11]. Ershov, A.N., Berezkin, V.V., Petrov, S.V., Petrov, A.V. and Pochivalin, D.A., 2018. Features of Calculation and Design of High-Speed Radio Links for Earth Remote Sensing Spacecraft
- [12]. SpaceX seeks FCC permission for operating all first-gen Starlink in lower orbit
(Απρίλιος,2020) <https://spacenews.com/spacex-seeks-fcc-permission-for-operating-all-first-gen-starlink-in-lower-orbit/>
- [13]. Martin, Donald; Anderson, Paul; Bartamian, Lucy (March 16, 2007). "Communications Satellites"

[14]. S. Benedetto, E. Biglieri, Principles of Digital Transmission: with wireless applications, Springer, 1999.

[15]. Mirabito, M; Morgenstern, B (2004). *Satellites: Operations and Applications. The New Communication Technologies* (5 ed.). Burlington