

Οδηγίες: 1) Εργασίες γίνονται δεκτές μέχρι την ημερομηνία παράδοσης στο eclass. 2) Στο eclass κάνετε upload μόνο ένα .m αρχείο το οποίο όταν τρέχει στο Octave πρέπει να παράγει τα ζητούμενα plots.

### Εργασία 1η (Ανάρτηση 2/10/2019 - Παράδοση 16/10/2019)

Με την βοήθεια του Octave ή Matlab και της τεχνικής Monte Carlo θα προσομοιώσετε ένα διακριτό (discrete) AWGN κανάλι ψηφιακής μετάδοσης m-PSK και θα μετρήσετε τις επιδόσεις του.

α) Εφαρμογή BPSK. Χρησιμοποιήστε το ισοδύναμο μοντέλο του συστήματος στην βασική ζώνη (baseband) και θεωρήστε ρυθμό υπερδειγματοληψίας (*OVERSAMPLING*) ίσο με 1. Ο χρήστης θα δίνει σαν είσοδο στο μοντέλο προσομοίωσης ένα διάνυσμα από τιμές του SNR ( $2E_b/N_0$ ) σε dB, τον αριθμό των bit  $N$  που θα μεταδοθούν, άλλα και τον ρυθμό μετάδοσης bit/συμβόλων  $R_b = 1/T$ .  $\sigma^2 = N_0/2$  η διασπορά (ισχύς) του AWGN θορύβου, και  $E_b$  η ενέργεια/bit. Η ακολουθία των bit στην είσοδο θα είναι ψευδοτυχαία (με την ίδια πιθανότητα το 1 και το 0). Στην έξοδο θα δείχνει σε ένα γράφημα το BER για διαφορετικές τιμές εισόδου του  $SNR = 2E_b/N_0$  σε dB. Δείξτε με την βοήθεια του scatter plot το διάγραμμα αστερισμού για διαφορετικές τιμές της διασποράς του θορύβου. Δείξτε και σε μία δεύτερη καμπύλη στο ίδιο γράφημα το θεωρητικό αποτέλεσμα του BER.

β) Εφαρμογή BPSK. Θεωρήστε ότι χρησιμοποιείται μία πιο ρεαλιστική υλοποίηση και το σύστημα της προσομοίωσης τρέχει με ένα ρυθμό *OVERSAMPLING* που είναι μεγαλύτερος από 1. Υλοποιήστε το φίλτρο πομπού, και το φίλτρο δέκτη και δείξτε τις εξόδους και τις εισόδους τους.

γ) Υλοποιήστε την γενική μετάδοση m-PSK δεδομένων και τον αντίστοιχο slicer/decision. Υπολογίστε με Monte Carlo το BER και σε αυτήν την περίπτωση για BPSK/QPSK/8-PSK/16-PSK.

### Εργασία 2η (Ανάρτηση 18/10/2019 - Παράδοση 6/11/2019)

Στην εργασία αυτή θα προσθέσετε στον προσομοιωτή την δυνατότητα μοντελοποίησης ενός flat fading καναλιού  $y = xh + w$  ( $h = X + Yj$  όπου  $X, Y$  Gaussian με μέση τιμή 0 και διασπορά  $1/\sqrt{2}$  η κάθε μία), και επίσης να δείχνει το spectrum. Θεωρήστε ότι το κανάλι παραμένει σταθερό στην ίδια τυχαία τιμή για την διάρκεια  $T$  seconds.

Ερώτημα Α: Προσθέστε στον προσομοιωτή σας plots τα οποία να δείχουν το spectrum του σήματος  $x$  και  $y$ . Συγκρίνετε το spectrum των BPSK και QPSK. Αναρτήστε τα δύο plots για κάθε modulation στο report.

Ερώτημα Β: Για το ερώτημα αυτό θεωρήστε ότι το  $h$  είναι γνωστό στον δέκτη. Επεκτείνετε το μοντέλο μετάδοσης και αποκωδικοποίησης m-PSK που αναπτύξατε στην 1η εργασία και δείξτε το BER με equalization/channel inversion (αντιστροφή καναλιού) και χωρίς για  $T = 1$  sec και  $R_b=1$ Kbps. Για να δείτε την επίπτωση του καναλιού  $h$ , εκτυπώστε για μια συγκεκριμένη τιμή του  $h$  το  $y$  και δείξτε το αποτέλεσμα μέσω του scatter plot.

Ερώτημα Γ: Ο σχεδιαστής του υποσυστήματος εκτίμησης του καναλιού σας ενημερώνει ότι η τιμή που σας δίνει δεν είναι το ακριβές  $h$  αλλά μια ποσότητα  $h + c$  όπου  $c$  μια πραγματική σταθερά. Γ1) Αρχικά δείξτε την επίπτωση του προηγούμενου στο BER για διαφορετικές τιμές του  $c$  και εφαρμόζοντας αντιστροφή καναλιού. Γ2) Προτείνετε οποιαδήποτε τεχνική θέλετε για να βελτιώσετε την επίδοση BER σε σχέση με το σύστημα του ερωτήματος Γ1.

Ερώτημα Δ: Υλοποιήστε την τεχνική επεξεργασίας MRC για έναν αριθμό τουλάχιστον 2 diversity branches (η 2 κεραιών) στον δέκτη, και για  $T = 1$ ,  $R_b=1$ Kbps δείξτε σε ένα γράφημα το BER του MRC.

### Εργασία 3η (Ανάρτηση 9/11/2019 - Παράδοση 29/11/2019)

Ερώτημα Α: Σας δίνεται ένα fading κανάλι  $\vec{y} = H\vec{x} + \vec{w}$  (2x2 MIMO). Η τυχαία μεταβλητή  $h$  κάθε κεραίας έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την προηγούμενη εργασία. Θεωρήστε ότι το κανάλι παραμένει σταθερό στην ίδια τυχαία τιμή για την διάρκεια  $T$  seconds. Υλοποιείστε την τεχνική spatial multiplexing χρησιμοποιώντας έναν δέκτη με Least Squares channel inversion (2x2 MIMO) και δείξτε το BER στο report. Χρησιμοποιήστε την απλή μορφή του πομπού/δέκτη όπου το OVERSAMPLING=1.

Ερώτημα Β: Υλοποιήστε την γενική διαμόρφωση 16-QAM στον προσωμοιωτή σας (αλλάξτε μόνο τον κωδικοποιητή συμβόλων και τον αλγόριθμο απόφασης). Δείξτε στο report την επίδοση του 16-QAM στο σύστημα μίας κεραίας και στο σύστημα MIMO.

Ερώτημα Γ: Σε ένα access point με δύο κεραίες που λειτουργεί ως δέκτης, έχουμε υλοποιημένες σε software τις τεχνικές MRC (που έχετε υλοποιήσει ήδη) και spatial multiplexing. Μεταδίδουμε πακέτα διάρκειας  $T$  seconds από έναν πομπό με δύο επίσης κεραίες. Κάθε πακέτο θεωρείται ότι έχει ληφθεί σωστά αν όλα τα bits είναι σωστά. Για BPSK μετάδοση πως μπορεί να μεγιστοποιηθεί το goodput (ο αριθμός των σωστών bit που λαμβάνουμε στην μονάδα του χρόνου) με τα δυο συστήματα και για διαφορετικές τιμές του SNR; Υποθέσεις χωρίς κωδικοποίηση καναλιού, γνώση του καναλιού στον πομπό. Δείξτε τα σχετικά figures όπου χρειάζεστε και εξηγήστε.

Μπόνους: Όποιος φοιτητής υπολογίσει για το ερώτημα Γ τον βέλτιστο συνδυασμό, m-PSK ή m-QAM διαμόρφωσης, τεχνικής (MRC ή MIMO) για δεδομένο  $T=1\text{sec}$ ,  $R_b=1\text{Kbps}$  θα έχει +1 βαθμό στο μάθημα.

### Εργασία 4η (Ανάρτηση 3/12/2019 - Παράδοση 20/12/2019)

Με την βοήθεια του Octave και της τεχνικής Monte Carlo θα προσομοιώσετε μια απλή έκδοση του συστήματος OFDM του IEEE 802.11a και θα μετρήσετε τις επιδόσεις ψηφιακής μετάδοσης. Το κανάλι για τα τρία πρώτα ερωτήματα είναι AWGN. Χρησιμοποιήστε σε όλα τα ερωτήματα την απλή μορφή του πομπού/δέκτη όπου το OVERSAMPLING=1.

Ερώτημα Α: Υλοποιήστε το OFDM σύστημα με  $N=64$  subcarriers (υπόδειξη: χρησιμοποιήστε την συνάρτηση fftshift() πριν δώσετε σαν είσοδο τα σύμβολα προς μετάδοση στην συνάρτηση ifft()). Χρησιμοποιήστε cyclic prefix μήκους 16 συμβόλων.

Ερώτημα Β: Δείξτε το BER για τις διαμορφώσεις BPSK/QPSK/8-PSK/16-QAM (ένα plot ή τέσσερα διαφορετικά).

Ερώτημα Γ: Προσθέστε στον προσωμοιωτή σας plots τα οποία να δείχουν το PSD/spectrum του σήματος OFDM που μεταδίδετε (ένα plot). Στο eclass υπάρχει αναρτημένο το σωστό γράφημα σε σχετικό φάκελο.

Ερώτημα Δ: Θεωρήστε ένα LTI κανάλι με τρεις σταθερούς συντελεστές  $h$  με τιμές  $0.9+0.9j$ ,  $0.6+0.6j$ , και  $0.3+0.3j$ . Υπολογίστε το νέο cyclic prefix και εξηγήστε πώς το υπολογίσατε. Μεταδώστε μέσα απο αυτό το κανάλι έναν αριθμό συμβόλων με BPSK/QPSK/8-PSK/16-QAM και δείξτε τις επιδόσεις ως προς το BER (ένα plot ή τέσσερα διαφορετικά).