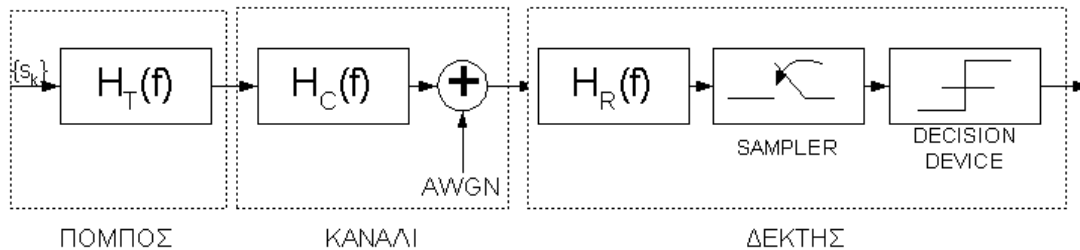


Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής
ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
Ακαδημαϊκό Έτος 2022-2023
2^ο σετ Εργαστηριακών Ασκήσεων
(προαιρετικό)

Εξομοίωση Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος Βασικής Ζώνης

Στην άσκηση αυτή καλείστε να εξομοιώσετε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα βασικής ζώνης και να εξετάσετε την επίδοση του για δύο είδη διαμόρφωσης σε ιδανικό και μη ιδανικό κανάλι.

Περιγραφή Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος



1. Φίλτρα Πομπού-Δέκτη

Θεωρούμε ότι το κανάλι είναι άγνωστο (όπως συμβαίνει συνήθως και στην πραγματικότητα). Οπότε, επειδή τα βέλτιστα φίλτρα πομπού και δέκτη δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν, θα υλοποιηθούν (όπως και στην πράξη) ως φίλτρα τετραγωνικής ρίζας ανυψωμένου συνημίτονου (square root raised cosine). Ως *συντελεστή επέκτασης* (roll-off factor) χρησιμοποιείτε την τιμή 0.3.

Ιδανικά, τα φίλτρα αυτά έχουν άπειρη χρονική έκταση, δηλαδή έχουν άπειρους συντελεστές. Ωστόσο στην πράξη, για λόγους υλοποίησης, γίνεται αποκοπή και επιλέγεται ένας περιορισμένος αριθμός περιόδων σηματοδοσίας (συνήθως 6-8 T_s).

Επίσης, για λόγους καλύτερης ψηφιακής αναπαράστασης (και όχι μόνο), τα φίλτρα αυτά δεν εφαρμόζονται απευθείας στην ακολουθία συμβόλων, αλλά σε μια υπερδειγματοληψία αυτής. Αυτό όμως προϋποθέτει ότι θα πρέπει και το φίλτρο να είναι υπερδειγματοληπτημένο, έστω κατά 4. Οπότε αν επιλέξουμε 6 περιόδους σηματοδοσίας, με την υπερδειγματοληψία τους θα προκύψουν συνολικά 25 συντελεστές (ένας κεντρικός, 12 αιτιατοί και 12 μη-αιτιατοί).

Για την κατασκευή των φίλτρων αυτών, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη συνάρτηση της MATLAB `rcosdesign(.)` με κατάλληλες παραμέτρους.

2. Υπερδειγματοληψία Ακολουθιών και Καναλιού

Εφόσον η εξομοίωση των φίλτρων πομπού/δέκτη γίνεται με υπερδειγματοληψία κατά 4, το ίδιο θα πρέπει να γίνει και για την ακολουθία συμβόλων, αλλά και για την κρουστική απόκριση του καναλιού. Αυτό σημαίνει, ότι εισάγουμε 3 μηδενικά ανάμεσα σε κάθε δύο διαδοχικά σύμβολα της ακολουθίας εισόδου, και 3 μηδενικά ανάμεσα σε κάθε δύο συντελεστές του καναλιού.

3. Κανάλια

Στα πειράματα που θα πραγματοποιήσετε θα χρησιμοποιήσετε τα εξής δύο κανάλια:

α) ένα ιδανικό κανάλι (που σημαίνει ότι το φίλτρο δέκτη λαμβάνει ως είσοδο την έξοδο του φίλτρου πομπού + θόρυβο),

β) το ακόλουθο μη ιδανικό κανάλι:

$$h(-5:5) = [0.04 \quad -0.05 \quad 0.07 \quad -0.21 \quad -0.5 \quad 0.72 \quad 0.36 \quad 0 \quad 0.21 \quad 0.03 \quad 0.07],$$

γ) επίσης, το ακόλουθο μη ιδανικό κανάλι:

$$h(-2:2) = [0.227 \quad 0.460 \quad 0.688 \quad 0.460 \quad 0.227] .$$

4. Θόρυβος Συστήματος

Στην έξοδο κάθε καναλιού, και πριν την είσοδο στο φίλτρο δέκτη, προστίθεται θόρυβος στην (υπερδειγματοληπτημένη) ακολουθία συμβόλων. Ο θόρυβος αυτός συνήθως εξομοιώνεται ως λευκός Gaussian θόρυβος, μηδενικής μέσης τιμής. Η ισχύς του, που ισούται με τη διασπορά του, καθορίζεται από το SNR που θέλουμε να έχουμε. Για να εισάγετε θόρυβο κατάλληλης ισχύος, μετρήστε την ισχύ της ακολουθίας στην έξοδο του καναλιού και ρυθμίστε τη διασπορά του θορύβου ώστε:

$$10 \log_{10} \frac{P_s}{P_N} = 10 \log_{10} \frac{P_s}{\sigma_n^2} = SNR[dB]$$

Για την παραγωγή του θορύβου, χρησιμοποιείτε τη συνάρτηση `randn(.)`.

5. Διάταξη Απόφασης

Η ακολουθία των συμβόλων στην έξοδο του φίλτρου δέκτη υποδειγματοληπτείται στις κατάλληλες χρονικές στιγμές και τα δείγματα που προκύπτουν περνούν από κάποια διάταξη απόφασης (κατώφλι), οπότε και αποφασίζεται ποια ήταν τα αντίστοιχα σύμβολα που στάλθηκαν. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το κριτήριο ML κατά το οποίο, το σύμβολο που στάλθηκε είναι αυτό που έχει την ελάχιστη Ευκλείδεια απόσταση από το ληφθέν διάνυσμα η οποία ορίζεται ως:

$$D(r, s_m) = \sum_{k=1}^N (r_k - s_{mk})^2$$

όπου \mathbf{r} το ληφθέν διάνυσμα και s_m τα σύμβολα του αστερισμού που χρησιμοποιήθηκε στη διαμόρφωση.

Με βάση τις παραπάνω υποδείξεις, υλοποιήστε το ζητούμενο σύστημα και αναφερθείτε στα βασικά του σημεία.

6. Διαμόρφωση M-PSK βασικής ζώνης

Στην αναπαράσταση βασικής ζώνης του PSK, ως επίπεδο αναπαράστασης των συμβόλων χρησιμοποιείται το μιγαδικό επίπεδο. Κάθε σύμβολο της διαμόρφωσης M-PSK ορίζεται από δύο συνιστώσες:

$$s_m = \begin{cases} \sqrt{E_s} \cos\left(\frac{2\pi m}{M}\right) \\ \sqrt{E_s} \sin\left(\frac{2\pi m}{M}\right) \end{cases}$$

Στα πλαίσια της άσκησης αυτής θα χρησιμοποιήσετε $E_s = 1$.

Ζητούμενα

1. Αρχικά, δημιουργήστε μια αρκούντως μεγάλη ψευδοτυχαία δυαδική ακολουθία.
2. Υλοποιήστε τις διαμορφώσεις 4-PSK και 8-PSK και δώστε το σχήμα του αστερισμού που υλοποιήσατε σε καθεμία από τις δύο περιπτώσεις. Η αντιστοίχιση των συμβόλων με δυαδικές λέξεις να γίνει με τρόπο που να ελαχιστοποιείται το BER.
3. Για καθένα από τα δύο συστήματα και για κάθε ένα από τα τρία κανάλια μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος συμβόλου και σχεδιάστε την καμπύλη SER για τιμές του SNR=[0:2:30]dB.
4. Για καθένα από τα δύο συστήματα και για καθένα από τα τρία κανάλια μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος bit και σχεδιάστε τις καμπύλες Bit Error Rate (BER) για τιμές του SNR=[0:2:30]dB. Σχολιάστε τα αποτελέσματα. Ποιο σύστημα είναι καλύτερο ως προς την πιθανότητα σφάλματος για το ίδιο SNR; Συγκρίνετε τις καμπύλες BER με τις καμπύλες SER που υπολογίσατε προηγουμένως.
5. Θεωρητική ερώτηση: Ήταν αναμενόμενη η διαφορετική επίδοση (σε BER) στην περίπτωση του 3^{ου} καναλιού σε σχέση με αυτήν του 2^{ου} ;
6. Θεωρητική ερώτηση: Σε περίπτωση που τα λαμβανόμενα σύμβολα δεν ήταν ισοπίθανα, με βάση πιο κριτήριο θα λειτουργούσε ο βέλτιστος δέκτης. Η $P(\text{σφάλματος})$ θα παρέμενε η ίδια σε σχέση με την ισοπίθανη περίπτωση;
7. Θεωρητική ερώτηση: Αν το κανάλι είναι άγνωστο στον δέκτη, με ποιον ή ποιους τρόπους θα μπορούσε να εκτιμηθεί;

Διευκρινήσεις

- Για την υλοποίηση των κωδικοποιήσεων 4-PSK και 8-PSK δεν πρέπει να χρησιμοποιήσετε τις έτοιμες συναρτήσεις της MATLAB.
- Οι καμπύλες BER και SER για τα δυο διαφορετικά είδη διαμόρφωσης και τα τρία κανάλια να σχεδιαστούν στο ίδιο γράφημα.

Παρατηρήσεις

- Η αναφορά παραδίδεται ηλεκτρονικά μέσω e-class (ενότητα “Εργασίες”). Στο τέλος της αναφοράς, παραθέστε τον κώδικα που υλοποιήσατε. Το αρχείο της αναφοράς θα πρέπει να είναι σε μορφή pdf και να έχει ως όνομα τον αριθμό μητρώου σας. Για παράδειγμα αν η άσκηση έχει γίνει από τον φοιτητή με ΑΜ 1234567 θα πρέπει το αρχείο να έχει όνομα 1234567.pdf.
- Για να ανεβάσετε μια άσκηση θα πρέπει πρώτα να έχετε εγγραφεί στο μάθημα. Αν δεν είστε εγγεγραμμένοι στο μάθημα το σύστημα δεν θα σας αφήσει να ανεβάσετε την άσκηση. Η εγγραφή γίνεται από τις επιλογές που διατίθενται στο e-class.
- Φροντίστε να διαπιστώσετε ότι η άσκηση σας έχει υποβληθεί σωστά στο e-class. Δεν θα γίνουν δεκτές ασκήσεις αργότερα με την δικαιολογία ότι την έχετε υποβάλει αλλά για κάποιο λόγο η άσκηση δεν υπάρχει στο e-class.
- Η άσκηση είναι ατομική και θα γίνει προφορική εξέταση σε αυτή μετά την παράδοσή της.
- Η παράδοση της άσκησης μπορεί να γίνει μέχρι 20 Φεβρ. 2023.
- Τυχόν απορίες σχετικά με την άσκηση θα λύνονται μέσω του forum στην σελίδα του μαθήματος στο eclass, στην ενότητα «Συζητήσεις». Επιπλέον θα πραγματοποιηθεί ηλεκτρονικά ώρα γραφείου μέσω zoom.