

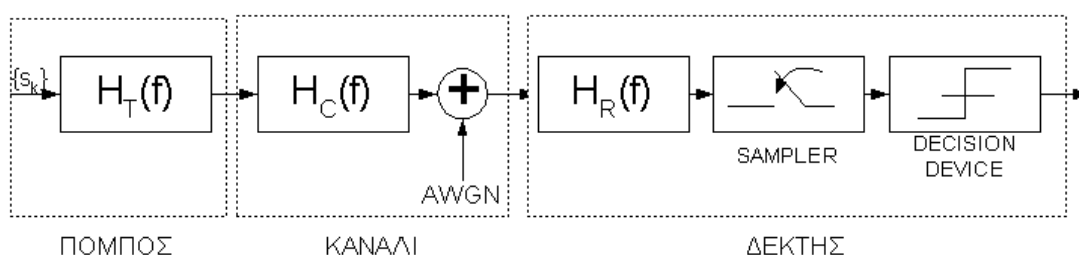
ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
Ακαδημαϊκό Έτος 2014-2015

2^η Εργαστηριακή Άσκηση

Εξομοίωση Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος Βασικής Ζώνης

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

Α' Μέρος: Περιγραφή Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος



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 συνημιτόνου (square root raised cosine). Ως παράγοντα αναδίπλωσης (roll-off factor) χρησιμοποιείτε την τιμή 0.3.

Ιδανικά, τα φίλτρα αυτά έχουν άπειρη χρονική έκταση, δηλαδή έχουν άπειρους συντελεστές. Ωστόσο στην πράξη επιλέγεται ένα συνολικός αριθμός 6-8 περιόδων σηματοδοσίας ($6-8 T_s$).

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

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

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.

Κανάλι

Στα πειράματα που θα πραγματοποιήσετε θα χρησιμοποιήσετε ένα ιδανικό κανάλι (που σημαίνει ότι το φίλτρο δέκτη λαμβάνει ως είσοδο την έξοδο του φίλτρου πομπού + θόρυβο), καθώς και το ακόλουθο μη ιδανικό κανάλι:

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

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:

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

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

Σημείωση: Στη περίπτωση των μιγαδικών αστερισμών ο θόρυβος θα πρέπει να προστεθεί στο πραγματικό και στο φανταστικό των προς μετάδοση συμβόλων. Άρα οι μεταβλητές θορύβου που θα παράγετε θα δημιουργηθούν ως $(\text{randn}(\cdot) + j \cdot \text{randn}(\cdot))/\text{sqrt}(2)$, ώστε στο πραγματικό και στο φανταστικό μέρος των συμβόλων που πρόκειται να μεταδοθούν να έχουν αλλοιωθεί από θόρυβο διασποράς $\sigma_n^2/2$.

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:

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

(σχέση 7.5.41 βιβλίου Proakis-Salehi), όπου \mathbf{r} το ληφθέν διάνυσμα και \mathbf{s}_m τα σύμβολα του αστερισμού που χρησιμοποιήθηκε στη διαμόρφωση.

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

Β' Μέρος: Διαμόρφωση 8-PSK

Στην αναπαράσταση βασικής ζώνης του PSK, ως επίπεδο αναπαράστασης των συμβόλων χρησιμοποιείται το μιγαδικό επίπεδο, με τον πραγματικό άξονα να αντιστοιχεί στην συνημιτονική φέρουσα και τον φανταστικό άξονα στην ημιτονική.

Κάθε σύμβολο της διαμόρφωσης M-PSK ορίζεται από δύο συνιστώσες

$$s_m = \begin{bmatrix} \sqrt{E_s} \cos\left(\frac{2\pi m}{M}\right) \\ \sqrt{E_s} \sin\left(\frac{2\pi m}{M}\right) \end{bmatrix}, m = 0, \dots, M-1$$

Για αυτή την άσκηση αυτή θα χρησιμοποιήσετε $E_s=1$.

Γ' Μέρος: Διαμόρφωση 8-QAM

Οι αστερισμοί QAM αποτελούν ένα συνδυασμό διαμόρφωσης πλάτους και φάσης. Όπως και στην περίπτωση του PSK, στην αναπαράσταση βασικής ζώνης του QAM, ως επίπεδο αναπαράστασης των συμβόλων χρησιμοποιείται το μιγαδικό επίπεδο, με τον πραγματικό άξονα να αντιστοιχεί στην συνημιτονική φέρουσα και τον φανταστικό άξονα στην ημιτονική.

Αντίθετα με τη διαμόρφωση PSK, στη διαμόρφωση QAM τα σύμβολα δεν έχουν όλα την ίδια ενέργεια. Η μέση ενέργεια των συμβόλων του αστερισμού που θα υλοποιήσετε θα πρέπει να είναι ίση με 1.

Ζητούμενα

1. Αρχικά, δημιουργήστε μια συμβολοσειρά της μορφής 'Το onoma mou einai [to_onoma_sas]' και μετατρέψτε την σε δυαδική ακολουθία παίρνοντας την αντίστοιχη δυαδική λέξη κατά ASCII (συνάρτηση `abs()`).

2. Υλοποιήστε διαμορφώσεις 8-PSK και 8-QAM (είτε τετραγωνική, είτε κυκλική) και δώστε το σχήμα του αστερισμού που υλοποιήσατε σε καθεμία από τις δύο περιπτώσεις. Αναφερθείτε στα βασικά τους σημεία.
3. Αφού 'μεταδώσετε' την αρχική συμβολοσειρά μέσα από το τηλεπικοινωνιακό σύστημα που δημιουργήσατε, να συγκρίνετε την ενέργεια μετάδοσης των δύο συμβολοσειρών για τις δύο διαφορετικές διαμορφώσεις. Τι παρατηρείτε;
4. Για καθένα από τα δύο συστήματα μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος του κωδικοποιημένου (διαμορφωμένου) συμβόλου και σχεδιάστε την καμπύλη SER για τιμές του $\text{SNR}=[0:2:30]\text{dB}$.
5. Μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος bit και σχεδιάστε τις καμπύλες Bit Error Rate (BER) για τιμές του $\text{SNR}=[0:2:30]\text{dB}$. Σχολιάστε τα αποτελέσματα. Ποιο σύστημα είναι καλύτερο ως προς την πιθανότητα σφάλματος για το ίδιο SNR; Τι σχέση έχουν το BER με το SER που υπολογίσατε προηγουμένως;
6. Μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος του συμβόλου του αλφαβήτου που προκύπτει μετά την αποδιαμόρφωση και σχεδιάστε την καμπύλη ρυθμού σφαλμάτων για τιμές του $\text{SNR}=[0:2:30]\text{dB}$.

Διευκρινήσεις

- Για την υλοποίηση των κωδικοποιήσεων 8-PSK και 8-QAM δε θα χρησιμοποιήσετε τις ετοιμες συναρτήσεις του MATLAB.
- Οι καμπύλες BER και SER για τα δυο διαφορετικά είδη διαμόρφωσης και τα δυο κανάλια να σχεδιαστούν στο ίδιο γράφημα.
- Στα ερωτήματα 4, 5 και 6 θα υπολογίσετε τις πιθανότητες σφάλματος για τις δύο διαμορφώσεις (8-PSK, 8-QAM) και τα δύο κανάλια (ιδανικό και μη ιδανικό).

Παρατηρήσεις

- Η αναφορά παραδίδεται ηλεκτρονικά μέσω e-class (ενότητα "Εργασίες") και εκτυπωμένη στη θυρίδα του μαθήματος (ΠΡΟΚΑΤ). 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 AM 4648 θα πρέπει το αρχείο να έχει όνομα 4648.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 (δειγματοληπτικά) στο τέλος του εξαμήνου.
- Η παράδοση της άσκησης μπορεί να γίνει μέχρι την Τρίτη 10/02/2015.
- Τυχόν απορίες σχετικά με την άσκηση θα λύνονται μέσω του forum του μαθήματος στο my.ceid. Επιπλέον θα πραγματοποιούνται ώρες γραφείου κάθε Τετάρτη 13:00 με 15:00 στα ΠΡΟΚΑΤ σε χώρο του Εργαστηρίου Σημάτων και Τηλεπικοινωνιών (αριστερή πτέρυγα των προκάτ, 1^η πόρτα δεξιά).