Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής
ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
Ακαδημαϊκό Έτος 2022-2023

1ο σετ Εργαστηριακών Ασκήσεων

Μέρος 1

Μέρος 1.1 Κωδικοποίηση PCM με Μη Ομοιόμορφη Κβάντιση

Η PCM είναι μια μέθοδος κωδικοποίησης κυματομορφής, η οποία μετατρέπει ένα αναλογικό σήμα σε ψηφιακά δεδομένα. Τυπικά η μέθοδος PCM αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: Έναν δειγματολήπτη, έναν κβαντιστή, και έναν κωδικοποιητή .

Στα πλαίσια της άσκησης, βασικός στόχος είναι η εξοικείωση με τη λειτουργία του κβαντιστή. Συγκεκριμένα, καλείστε να υλοποιήσετε ένα μη ομοιόμορφο κβαντιστή N bits, δηλαδή 2^N επιπέδων.

Μη Ομοιόμορφος Κβαντιστής

Για τη μη ομοιόμορφη κβάντιση του διανύσματος εισόδου θα χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος Lloyd-Max ο οποίος επιτρέπει τη σχεδίαση βέλτιστου κβαντιστή για οποιοδήποτε αριθμό επιπέδων. Καλείστε να υλοποιήσετε στη MATLAB την παρακάτω συνάρτηση:

$$[x_q, centers, D] = LloydMax(x, N, min_{value}, max_{value});$$

Οι είσοδοι είναι:

- x: το σήμα εισόδου υπό μορφή διανύσματος

- N: ο αριθμός των bits/sample που θα χρησιμοποιηθούν

- max_{value}: η μέγιστη αποδεκτή τιμή του σήματος εισόδου

- min_{value}: η ελάχιστη αποδεκτή τιμή του σήματος εισόδου

Οι έξοδοι:

- x_q: το κωδικοποιημένο διάνυσμα εξόδου μετά από K_{max} επαναλήψεις του αλγορίθμου

- centers: τα κέντρα των περιοχών κβάντισης μετά από K_{max} επαναλήψεις του αλγορίθμου

- D: Διάνυσμα που περιέχει τις τιμές $[D_1 : D_{Kmax}]$ όπου το D_i αντιστοιχεί στη μέση παραμόρφωση στην i-οστή επανάληψη του αλγορίθμου.

Παρακάτω δίνεται μια σύντομη περιγραφή του αλγορίθμου:
Αρχικά επιλέγετε ένα τυχαίο σύνολο επιπέδων κβάντισης (επιλέξτε τα επίπεδα αυτά να αντιστοιχούν στα κέντρα ενός αντίστοιχου ομοιόμορφου κβαντιστή).

$$\{\varkappa_1^{(0)}, \varkappa_2^{(0)}, \ldots\ldots, \varkappa_M^{(0)}\}$$

Σε κάθε επανάληψη i του Αλγόριθμου Lloyd-Max:

1. Υπολογίστε τα όρια των ζωνών κβάντισης, που πρέπει να είναι στο μέσον των επιπέδων κβάντισης, δηλαδή:

$$T_k = \frac{\varkappa_k^{(i)} + \varkappa_{k+1}^{(i)}}{2}, 1 \leq k \leq M$$

2. Υπολογίστε το κβαντισμένο σήμα με βάση τις περιοχές αυτές και μετρήστε την μέση παραμόρφωση D_i με βάση το δοθέν σήμα.
3. Τα νέα επίπεδα κβάντισης είναι τα κεντροειδή των ζωνών:

$$\varkappa_k^{(i)} = E[x | T_k < x < T_{k+1}]$$

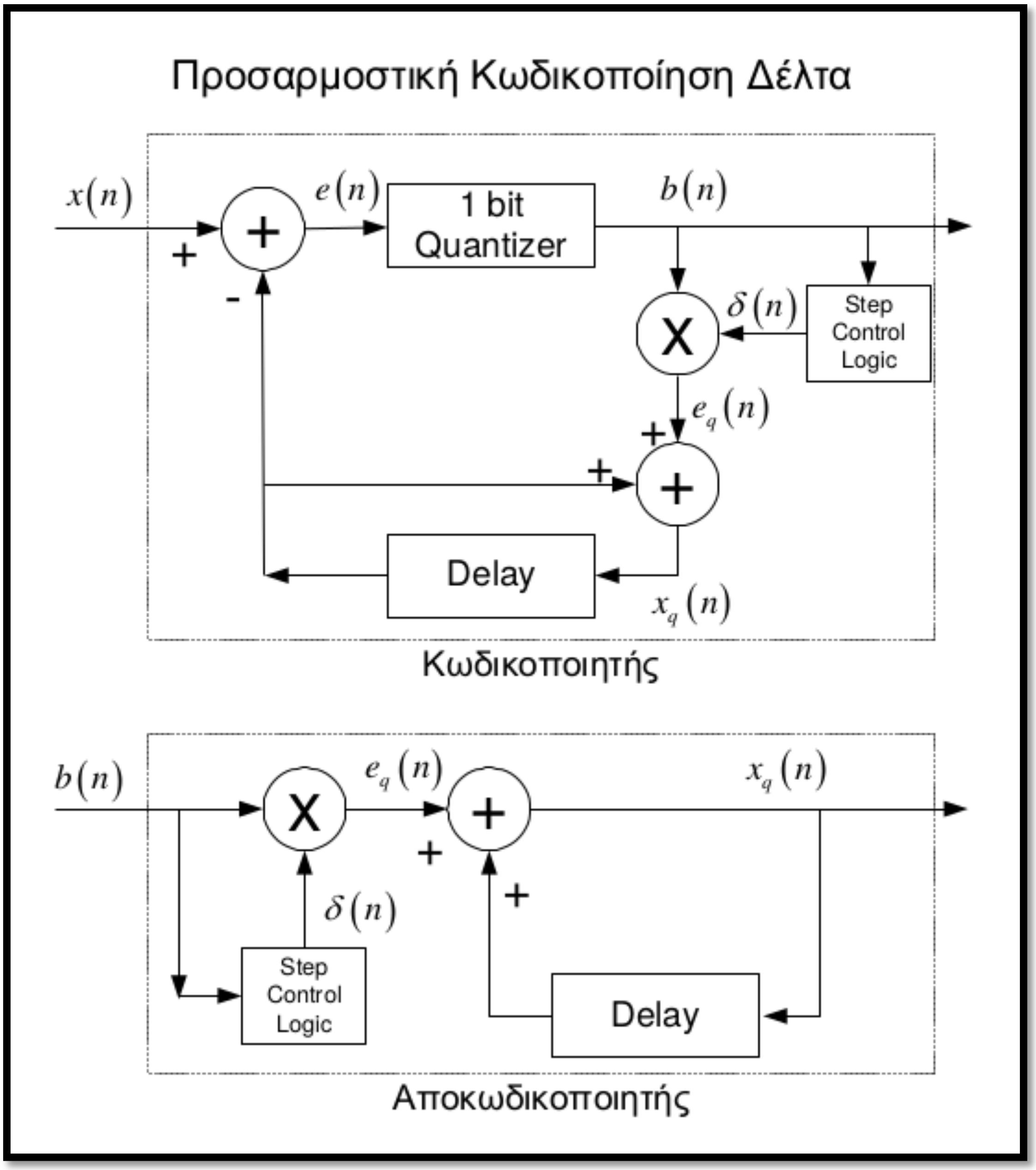
4. Επαναλαμβάνουμε τα τρία τελευταία βήματα μέχρις ότου

$$|D_i - D_{i-1}| < \varepsilon$$

Η τιμή του ε καθορίζει και τον αριθμό των K_{max} επαναλήψεων.

Μέρος 1.2 Προσαρμοστική Διαμόρφωσή Δέλτα (ADM)

Στα πλαίσια του Μέρους 1.2 καλείστε να υλοποιήσετε την προσαρμοστική διαμόρφωση Δέλτα που φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1.

Η μόνη διαφορά ανάμεσα στην DM και την ADM, είναι ότι η ADM χρησιμοποιεί μεταβαλλόμενο βήμα. Συγκεκριμένα, σε περιοχές που η κυματομορφή του σήματος εμφανίζει απότομη κλήση, η ADM αυξαίνει το βήμα. Αντίθετα, σε περιοχές σταθερής τιμής του σήματος, το βήμα μικραίνει, ώστε να αποφευχθεί ο κοκκώδης θόρυβος. Η ανανέωση του βήματος βασίζεται στο τρέχον και το προηγούμενο bit εξόδου, *b(n)*, ως εξής:

$$\delta(n) = \begin{cases} \delta(n-1)K, & b(n) = b(n-1) \\ \dfrac{\delta(n-1)}{K}, & b(n) \neq b(n-1) \end{cases}$$

Να σημειωθεί ότι τα bits είναι σε μορφή *{+1,-1}*. Η βέλτιστη τιμή τη παραμέτρου Kέχει βρεθεί πειραματικά ως $K = 1.5$ και η τιμή του βήματος αρχικοποιείται σε μια μικρή τιμή.
Η ADM, όπως και η DM, προκειμένου να πετύχουν καλύτερη συσχέτιση μεταξύ των γειτονικών δειγμάτων και να παρακολουθούν καλύτερα τις αυξομειώσεις της κυματομορφής, πραγματοποιούν υπερδειγματοληψία του σήματος κατά M.

Έτσι, ενώ το PCM στέλνει δεδομένα με ρυθμό N·fs bits/sec, η κωδικοποίηση Δέλτα στέλνει 1·M·fs bits/sec. Προκειμένου να κάνετε υπερδειγματοληψία του σήματος, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή:

```
>> y2=interp(y,M);
```

Πηγές που θα χρησιμοποιηθούν

A. AR(1) διαδικασία

Η έξοδος της πρώτης πηγής είναι μία AR(1) (Auto-Regressive) τυχαία διαδικασία πρώτης τάξης η οποία περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση διαφορών

$$y(n) = a_1 y(n-1) + x(n)$$

όπου $x(n)$ είναι λευκός θόρυβος με μέση τιμή μηδέν και διασπορά b^2. Για να προσομοιώσετε την παραπάνω AR(1) διαδικασία θεωρήστε μία τυχαία διαδικασία λευκού θορύβου η οποία περνάει μέσα από ένα φίλτρο το οποίο περιγράφεται από την παρακάτω συνάρτηση μεταφοράς (all-pole filter).

$$H(z) = \frac{b}{1 + a_1 z^{-1}}.$$

Προκειμένου να έχει νόημα η παραπάνω επεξεργασία πρέπει το εν λόγω σύστημα να είναι ευσταθές. Στην περίπτωση μας η ευστάθεια ικανοποιείται, αρκεί οι ρίζες του παρανομαστή (ή οι πόλοι του συστήματος) να βρίσκονται εντός του μοναδιαίου κύκλου στο πεδίο Z.

Στο MATLAB μπορούμε να προσεγγίζουμε AR διαδικασίες ως εξής:

1) Αρχικά θα χρειαστεί να δημιουργήσουμε (προσεγγιστικά) μία διαδικασία λευκού θορύβου:
   >> x = randn(L,1);
2) Στη συνέχεια, πρέπει να ορίσουμε ένα ευσταθές φίλτρο επιλέγοντας τους κατάλληλους συντελεστές b, α_1 οι οποίοι εμφανίζονται στην συνάρτηση μεταφοράς. Για την ανάγκη της άσκησης θα χρειαστεί να δημιουργήσετε δύο AR(1) διαδικασίες.
   - Για την πρώτη ($AR_1(1)$) διαδικασία επιλέγουμε τον συντελεστή $\alpha_1 = 0.9$.
   - Για την δεύτερη $AR_2(1)$) διαδικασία επιλέγουμε τον συντελεστή $\alpha_1 = 0.01$.
3) Τέλος, μπορούμε να δημιουργούμε AR(1) διαδικασίες ως εξής:
   >> y = filter(b,a,x);
   όπου $b = 1,\ a = [1\ -\alpha_1]^T$.

Για τις ανάγκες της άσκησης επιλέξτε, $L = 10000$. Μέχρι την τελική συγγραφή της άσκησης όμως, μπορείτε να πειραματιστείτε με λιγότερα δείγματα για να αποφύγετε τους μεγάλους χρόνους εκτέλεσης των κβαντιστών.

Β. Εικόνα

Η πηγή Β είναι τα εικονοστοιχεία (pixels) μιας grayscale εικόνας. Μια τέτοια εικόνα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας με εικονοστοιχεία, όπου κάθε εικονοστοιχείο αντιστοιχεί σε ένα byte πληροφορίας. Κάθε εικονοστοιχείο επομένως λαμβάνει μια τιμή στο δυναμικό εύρος [0:255] η οποία αντιστοιχεί σε ένα από τα 256 επίπεδα φωτεινότητας (το 0 αντιστοιχεί στο μαύρο και το 255 στο λευκό).

Στο αρχείο cameraman.mat περιέχεται ένα σήμα εικόνας. Για να φορτώσουμε το συγκεκριμένο σήμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση:

```
>> load cameraman.mat
```
οπότε το σήμα εικόνας φορτώνεται στον πίνακα I. Οι τιμές του πίνακα αυτού αντιστοιχούν στο δυναμικό εύρος [0:255]. Για να απεικονίσουμε την εικόνα που αντιστοιχεί στον πίνακα I εκτελούμε:
```
>>imshow(uint8(I));
```
Η πηγή B είναι το διάνυσμα που προκύπτει από τον πίνακα I αν αντιστοιχίσουμε τις τιμές που ανήκουν στο [0:255] στο δυναμικό εύρος [-1:1] εκτελώντας
```
>> x = I(:);
>> x = (x-128)/128;
```
Οπότε, έχουμε ένα σήμα το οποίο περιορίζεται στη δυναμική περιοχή [-1:1], όπου χρησιμοποιούνται 8 bits για την αναπαράσταση κάθε δείγματος. Για να απεικονίσουμε ένα τέτοιο σήμα σε μια εικόνα πρέπει αρχικά να αντιστοιχίσουμε τη δυναμική περιοχή του από [-1:1] στη [0:255] εκτελώντας
```
>> x = 128*x+128;
```
και στη συνέχεια να μετατρέψουμε το διάνυσμα σε εικόνα διαστάσεων MxN (στην περίπτωση μας M=N=256) εκτελώντας
```
>> y=reshape(x,M,N);
```
Για απεικονίσουμε τον πίνακα που προκύπτει χρησιμοποιούμε την εντολή
```
>> imshow(uint8(y));
```

Ερωτήσεις – Ζητούμενα για Μέρος 1

1. Κωδικοποιήστε τα δείγματα της πηγής A (διαδικασίες $AR_1(1)$ & $AR_2(1)$) χρησιμοποιώντας τα σχήματα PCM για N = 2, 4 και 8 bits και ADM.

1.1 Αξιολογείστε τις παραπάνω μεθόδους βασισμένοι:

a. Στις τιμές του SQNR. Για την περίπτωση του πρώτου σχήματος να σχεδιάσετε το πως μεταβάλλεται το SQNR σε σχέση με τον αριθμό των επαναλήψεων του αλγορίθμου Lloyd-Max για κάθε AR διαδικασία ξεχωριστά.

b. Στις κυματομορφές εξόδου.

1.2 Για την περίπτωση του PCM υπολογίστε την εντροπία στην έξοδο του κβαντιστή.

1.3 Συγκρίνετε την απόδοση των μεθόδων PCM και ADM (σύμφωνα με τα αποτελέσματα που λάβατε στα ερωτήματα 1.1 & 1.2) όταν εφαρμόζονται στην $AR_1(1)$ διαδικασία σε σχέση με την $AR_2(1)$ διαδικασία. Αιτιολογήστε για ποιον λόγο παρατηρούνται τυχόν διαφορές.

2. Κωδικοποιήστε τα δείγματα της πηγής Β χρησιμοποιώντας το σχήμα PCM για N=2 και 4 bits.

2.1 Αξιολογείστε τη μέθοδο βασισμένοι:

a. Στις τιμές του SQNR. Για την περίπτωση του πρώτου σχήματος να σχεδιάσετε το πως μεταβάλλεται το SQNR σε σχέση με τον αριθμό των επαναλήψεων του αλγορίθμου Lloyd-Max.

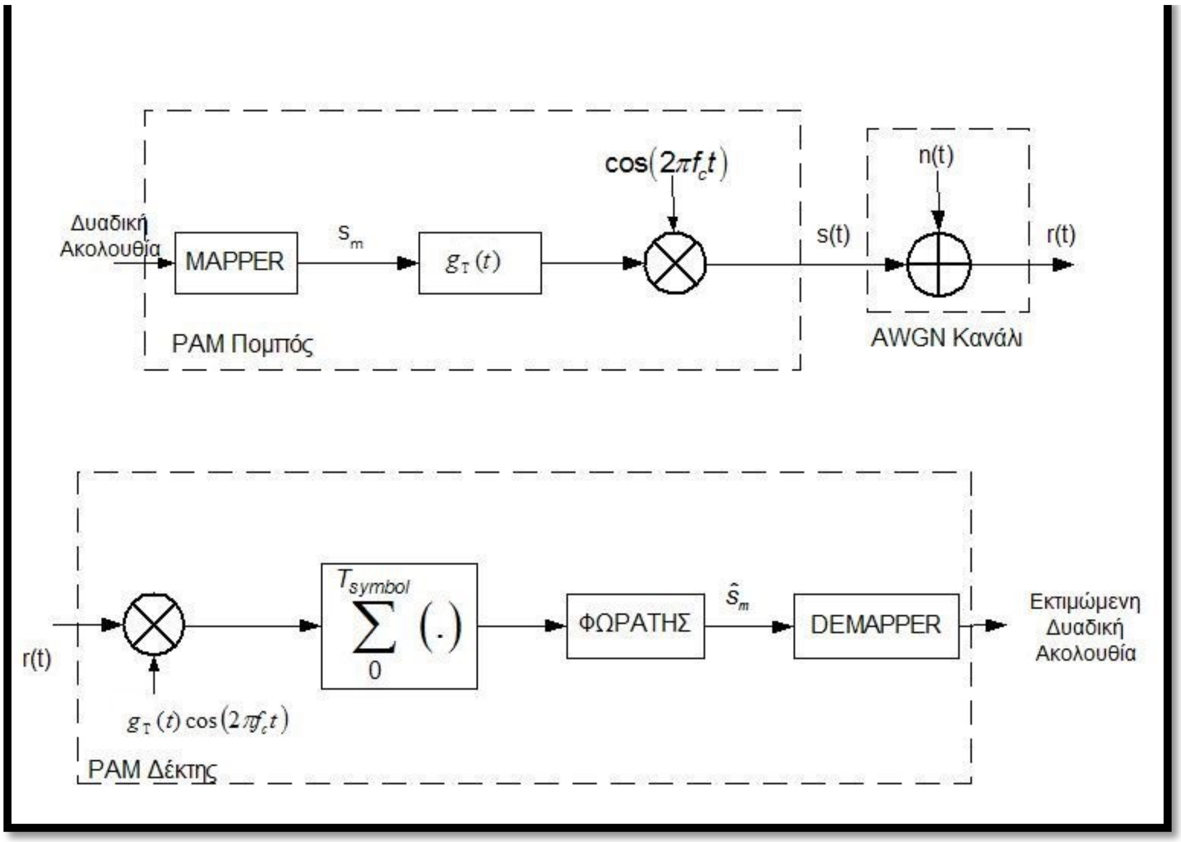
b. Στο τελικό οπτικό αποτέλεσμα.

2.2 Υπολογίστε την εντροπία στην έξοδο του κβαντιστή.

<u>Μέρος 2</u>

Μελέτη Απόδοσης Ομόδυνου Ζωνοπερατού Συστήματος M-PAM

Στην άσκηση αυτή καλείστε να συγκρίνετε την απόδοση της διαμόρφωσης M-PAM και για M = 4 και 8 αντίστοιχα. Η σύγκριση αυτή θα βασιστεί σε μετρήσεις πιθανότητας σφάλματος bit (Bit Error Rate, BER) και συμβόλου (Symbol Error Rate, SER), που θα πραγματοποιηθούν σε ομόδυνο ζωνοπερατό σύστημα με ορθογώνιο παλμό.



Σχήμα 2.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, ο πομπός του συστήματος M-PAM δέχεται ως είσοδο μια δυαδική ακολουθία, τη μετατρέπει σε σύμβολα, την πολλαπλασιάζει με τον ορθογώνιο παλμό, και κατόπιν το σήμα μεταφέρεται στη ζώνη μετάδοσης μέσω του διαμορφωτή. Στο σήμα που στάλθηκε προστίθεται AWGN θόρυβος, και φθάνει στο δέκτη του M-PAM συστήματος. Εκεί αποδιαμορφώνεται και προκύπτει ένα μονοδιάστατο διάνυσμα το οποίο εισάγεται στο φωρατή όπου και αποφασίζεται ποιο σύμβολο στάλθηκε. Τέλος, ο demapper κάνει την αντίστροφη αντιστοίχιση από σύμβολα σε bits. Το σύστημα περιγράφεται στη συνέχεια.

Δυαδική Ακολουθία Εισόδου

Η είσοδος του συστήματος είναι μια ακολουθία bits, όπου οι τιμές 0 και 1 εμφανίζονται ισοπίθανα. Μια τέτοια ακολουθία μπορεί να παραχθεί αν χρησιμοποιήσετε κατάλληλα κάποια από τις συναρτήσεις randsrc, rand, randn. Το πλήθος των bits που πρέπει να στείλετε θα πρέπει να είναι της τάξης των $L_b = 10000 - 100000$ bits.

Αντιστοιχία Bits - Συμβόλων

Ο mapper είναι στην ουσία ένας μετατροπέας από bits σε σύμβολα. Κάθε σύμβολο αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ακολουθία $log_2 M$ δυαδικών ψηφίων. Επομένως, ο mapper θα πρέπει για κάθε $log_2 M$ δυαδικά ψηφία να εξάγει και ένα από τα σύμβολα της διαμόρφωσης. Αντίστοιχα, ο demapper δέχεται ως είσοδο το σύμβολο που έχει ανιχνεύσει ο φωρατής (decision device) του δέκτη, και βγάζει την αντίστοιχη ακολουθία των $log_2 M$ δυαδικών ψηφίων.

Ένα σημαντικό στοιχείο κατά την αντιστοίχιση αυτή είναι η κωδικοποίηση Gray. Σύμφωνα με αυτήν, αν δύο σύμβολα είναι γειτονικά στο δυσδιάστατο ή μονοδιάστατο χώρο σημάτων, τότε σε αυτά ανατίθενται δυαδικές λέξεις που διαφέρουν μόνο κατά ένα δυαδικό ψηφίο μεταξύ τους.

Ορθογώνιος Παλμός

Το σύστημα M-PAM που καλείστε να προσομοιώσετε χρησιμοποιεί ορθογώνιο παλμό για τη μετάδοση των συμβόλων ο οποίος ορίζεται ως:

$$g_T(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2E_s}{T_{symbol}}} = \sqrt{\frac{2}{T_{symbol}}}, 0 \le t \le T_{symbol} \\ 0, αλλού \end{cases} \quad (1)$$

όπου E_s είναι η ενέργεια ανά σύμβολο, την οποία κανονικοποιούμε ως $E_s = 1$, και T_{symbol} είναι η περίοδος συμβόλου.

Διαμόρφωση M-PAM

Οι κυματομορφές του M-αδικού PAM είναι μονοδιάστατα σήματα, τα οποία μπορούν να εκφρασθούν ως

$$s_m(t) = s_m g_T(t) cos(2\pi f_c t), 0 \leq t \leq T_{symbol} \qquad (1)$$

όπου $s_m = (2m - 1 - M)A, m = 1, .., M$. Το A καθορίζει την ενέργεια των συμβόλων. Στην περίπτωση που τα σήματα PAM έχουν διαφορετικές ενέργειες (π.χ. όταν M >2), θέλουμε η μέση ενέργεια των μεταδιδόμενων συμβόλων να είναι ίση με 1.

Χρονικές Μονάδες Προσομοίωσης

Τα συστήματα που θέλουμε να προσομοιώσουμε μεταδίδουν σύμβολα με ρυθμό $R_{symbol} =$ 250 Ksymbols/sec οπότε η περίοδος συμβόλου είναι $T_{symbol} = 4$ μsec. Στη ζώνη μετάδοσης, χρησιμοποιείται η φέρουσα συχνότητα $f_c = 2.5$ MHz, οπότε η περίοδος της φέρουσας είναι $T_c = 0.4$ μsec. Στο πλαίσιο της προσομοίωσης, για να έχουμε μια ικανοποιητική αναπαράσταση των ζωνοπερατών σημάτων, πραγματοποιείται δειγματοληψία 2 φορές μεγαλύτερη του ορίου του Nyquist, δηλαδή παίρνουμε 4 δείγματα ανά περίοδο φέρουσας, και άρα η περίοδος δειγματοληψίας είναι $T_{sample} = \frac{T_c}{4} = 0.1$μsec.

Κανάλι AWGN

Τα ζωνοπερατό σήμα που εκπέμπει ο πομπός των δύο συστημάτων διέρχεται μέσα από ένα ιδανικό κανάλι προσθετικού θορύβου. Ο θόρυβος είναι λευκός και ακολουθεί $Gaussian$ κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και διασποράς $\sigma^2 = \frac{N_0}{2}$. Ο θόρυβος μπορεί να παραχθεί με χρήση της συνάρτησης randn.

Η διασπορά του θορύβου καθορίζεται κάθε φορά από το $\frac{SNR}{bit}$ που θέλουμε να έχουμε στο δέκτη του συστήματος. Υπενθυμίζεται ότι λόγω των κανονικοποιήσεων που έχουμε κάνει, η ενέργεια ανά σύμβολο είναι $E_s = 1$, οπότε η ενέργεια ανά bit $E_b = \frac{E_s}{log_2(M)}$ είναι $E_b =$

$\frac{1}{log_2(M)}$. Ο υπολογισμός του SNR βασίζεται στη σχέση $SNR = 10log_{10}\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = 10log_{10}\left(\frac{E_b}{2\sigma^2}\right) = 10log_{10}\left(\frac{1}{2log_2(M)\sigma^2}\right)$.

Αποδιαμορφωτής M-PAM

Ο αποδιαμορφωτής του συστήματος M-PAM συσχετίζει (δηλαδή πολλαπλασιάζει και ολοκληρώνει-αθροίζει) το ληφθέν σήμα με τη φέρουσα και τον ορθογώνιο παλμό. Η συσχέτιση γίνεται στα χρονικά πλαίσια μιας περιόδου συμβόλου. Κατά την προσομοίωση υποθέτουμε ότι το M-PAM είναι ομόδυνο (coherent). Αυτό σημαίνει ότι ο δέκτης γνωρίζει τη φάση της φέρουσας και τα χρονικά πλαίσια κάθε συμβόλου, δηλαδή είναι πλήρως συγχρονισμένος με τον πομπό. Ο αποδιαμορφωτής συσχετίζει το ληφθέν σήμα με τη συνιστώσα της φέρουσας, οπότε προκύπτει μια τιμή r, η οποία είναι η εκτιμηθείσα τιμή του τρέχοντος συμβόλου πάνω στον αστερισμό του M-PAM.

Φωρατής M-PAM

Ο φωρατής δέχεται ως είσοδο την τιμή r, και αποφασίζει σε ποιο σύμβολο (όπως αυτά ορίστηκαν διανυσματικά παραπάνω) βρίσκεται εγγύτερα. Για το M-PAM το σύμβολο s_m που θα έχει τη μικρότερη απόσταση από το r, αντιστοιχεί και στο σύμβολο που στάλθηκε.

Μετρήσεις BER-SER

Για να μετρήσετε το BER (Bit Error Rate), δηλαδή την πιθανότητα εμφάνισης σφάλματος bit, θα πρέπει να συγκρίνετε την τιμή bit που λάβατε με αυτήν που στείλατε. Για να πραγματοποιήσετε αξιόπιστες μετρήσεις BER, θα πρέπει αυτές να προέρχονται από έναν αρκετά μεγάλο αριθμό δεδομένων. Ένας πρακτικός κανόνας είναι ότι για να μετρήσετε μια τιμή BER της τάξης του 10^{-2} χρειάζεστε 10^4 bits δεδομένων, για BER της τάξης του 10^{-3} χρειάζεστε 10^5 bits δεδομένων, κ.ο.κ.

Οι καμπύλες BER συνήθως σχεδιάζονται σε λογαριθμική κλίμακα ως προς τον άξονα y, δηλαδή ως προς την πιθανότητα σφάλματος (βλέπε π.χ. Σχ.7.57, όπου εκεί φαίνονται κάποιες καμπύλες SER (πιθανότητα σφάλματος συμβόλου)).

Για να μετρήσετε το SER (Symbol Error Rate), δηλαδή την πιθανότητα εμφάνισης σφάλματος σε σύμβολο, θα πρέπει να συγκρίνετε την τιμή συμβόλου που λάβατε με αυτό που στείλατε. Χρησιμοποιείστε τον ίδιο αριθμό δεδομένων που χρησιμοποιήσατε για τον υπολογισμό του BER.

Ερωτήματα για Μέρος 2

1. Με βάση τις παραπάνω υποδείξεις, υλοποιήστε το σύστημα ***M-PAM*** και αναφερθείτε στα βασικά του σημεία.

2. Μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος bit και σχεδιάστε την καμπύλη ***BER*** για M = 4 για απλή κωδικοποίηση για τιμές του $SNR = 0:2:20dB$.

3. Στο παραπάνω σύστημα διαμόρφωσης **M-PAM** έχει νόημα να χρησιμοποιήσουμε κωδικοποίηση Gray; Αιτιολογήστε σύντομα την απάντηση σας**.**

4. Επαναλάβετε το ερώτημα 2 για M = 8 αν τα σύμβολα στην αντιστοίχιση κωδικοποιούνταν κατά *Gray*. **Οι καμπύλες να σχεδιαστούν όλες στο ίδιο γράφημα.**

4. Μετρήστε την πιθανότητα σφάλματος συμβόλου και σχεδιάστε την καμπύλη ***SER*** για M = 4, 8 για απλή κωδικοποίηση για τιμές του $SNR = 0:2:20dB$. **Οι καμπύλες θα πρέπει και πάλι να σχεδιαστούν όλες στο ίδιο γράφημα.**

Διαδικαστικά:

- Η αναφορά παραδίδεται ηλεκτρονικά μέσω e-class (ενότητα "Εργασίες"). Στο τέλος της αναφοράς παραθέστε τον κώδικα που υλοποιήσατε. **Το αρχείο τη 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 1234 θα πρέπει το αρχείο να έχει όνομα 1234.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 άσκησή σας έχει υποβληθεί σωστά στο e-class. Δεν θα γίνουν δεκτές ασκήσεις αργότερα με την δικαιολογία ότι την έχετε υποβάλλει 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 τις 10/01/2023.
- Τυχόν απορίες σχετικές με την άσκηση θα λύνονται είτε σε ώρες ηλεκτρονικού γραφείου που θα αφορά τις εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος και θα ανακοινωθούν προσεχώς, είτε μέσω της ενότητας «Συζητήσεις» στο e-class.