

## «Επισκόπηση των Τηλεπικοινωνιών»

### Ασκήσεις 2017-18

1. Έστω ένα σήμα φωνής με φάσμα από 300Hz έως 3600Hz. Πόσο είναι το εύρος ζώνης του; Για να μεταδοθεί από ένα ασύρματο κανάλι το σήμα διαμορφώνει κατά AM φέρον σήμα μήκους κύματος 0.33m. Να υπολογιστεί το εύρος ζώνης μετάδοσης του διαμορφωμένου σήματος και σχεδιαστεί το φάσμα του πριν και μετά τη διαμόρφωση. Πως μπορούν να μεταδοθούν τρία ίδια σήματα φωνής ταυτόχρονα από το κοινό μέσο και ποιο θα είναι το νέο εύρος ζώνης μετάδοσης θεωρώντας διαστήματα φύλαξης 300Hz; Τι διαφορά θα προκύψει αν χρησιμοποιηθεί μετάδοση μονής πλευρικής ζώνης;

(Απ.:  $B_m=3.3\text{KHz}$ ,  $B_{RF}=7.2\text{KHz}$ ,  $B_{RF,FDM,DS}=22.2\text{KHz}$ ,  $B_{RF,FDM,SS}=10.5\text{KHz}$ )

2. Έστω ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα το οποίο αποτελείται από κανάλι εύρους ζώνης από 2.2675GHz έως 2.2725 GHz και έχει σηματοθορυβικό λόγο 11.76dB στον δέκτη. Να υπολογιστεί η χωρητικότητα του καναλιού. Πόσες στάθμες πρέπει να έχει ένα PSK σύστημα για την πλήρη αξιοποίηση της (θεωρώντας μη ιδανικούς παλμούς με  $a=0.5$ ); Να υπολογιστεί ο ρυθμός baud και η φασματική απόδοση του συστήματος;

(Απ.:  $C=20\text{Mbps}$ ,  $M=64$ ,  $R_s=3.33\text{Mbauds}$ ,  $\eta=4\text{bits/s/Hz}$ )

3. Για ένα σύστημα 16-QAM με κανάλι προσθετικού λευκού Gaussian θορύβου  $N_0=10^{-10}$  W/Hz εύρους ζώνης 100KHz, να υπολογιστεί ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης καθώς και η ενέργεια ανά σύμβολο για πιθανότητα σφάλματος bit  $10^{-5}$ . Αν χρησιμοποιηθεί κωδικοποίηση Hamming(7,4), τι τιμή θα έχει η ενέργεια ανά bit και η ισχύς στον δέκτη για την ίδια πιθανότητα σφάλματος bit; Πόσα λάθη μπορεί να διορθώσει ένας τέτοιος κώδικας;

(Απ.:  $R_b=400\text{Kbps}$ ,  $E_s=8.8 \cdot 10^{-9}\text{J/symbol}$ ,  $E_b=1.29 \cdot 10^{-9}\text{J/bit}$ ,  $S=0.516\text{mW}$ ,  $t_c=1$ )

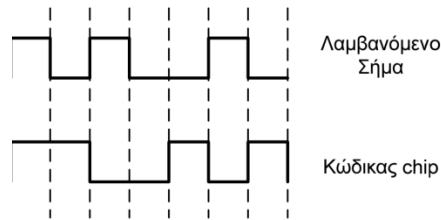
4. Έστω ασύρματο κανάλι εύρους ζώνης 4000Hz με μέγιστη χρονική διασπορά πολλαπλών διαδρομών 1ms. Τι τιμή έχει η διασυμβολική παρεμβολή για ένα σύστημα ενός φέροντος; Να σχεδιαστεί ένα σύστημα OFDM για τη μετάδοση δεδομένων 6Kbps. Τι τιμή θα έχει η διασυμβολική παρεμβολή του OFDM συστήματος;

(Απ.:  $ISI_{sc}=4$ ,  $N=40$ , 4QAM,  $ISI_{mc}=0.1$ )

5. Ένα αναλογικό σήμα φωνής δειγματοληπτείται με ρυθμό τέτοιο ώστε να δημιουργηθεί ζώνη προστασίας 4000Hz, κβαντίζεται δημιουργώντας τις στάθμες  $\{-5, -2, -1, 0, 3, 7, 9, 10\}$  και κωδικοποιείται σε δυαδικές λέξεις. Τα προκύπτοντα κατά PCM διαμορφωμένα δεδομένα αποστέλλονται από κανάλι λευκού Gaussian θορύβου εύρους ζώνης 300KHz. Ποιο είναι το μέγιστο εύρος ζώνης του αναλογικού σήματος που μπορεί να μεταδοθεί από το συγκεκριμένο κανάλι και κάθε πόσα sec θα λαμβάνονται δείγματα; Αν δυο τέτοια σήματα δειγματοληπτηθούν, πολυπλεχθούν κατά TDM και μεταδοθούν από το PCM σύστημα, ποιο θα είναι το απαιτούμενο εύρος ζώνης καναλιού; Αν το σύστημα ήταν PAM;

(Απ.:  $W_{max}=98\text{KHz}$ ,  $f_s=200\text{ksamples/sec}$ ,  $B_{TDM-PCM}=600\text{KHz}$ ,  $B_{TDM-PAM}=200\text{KHz}$ )

6. Έστω ένα σύστημα Direct Sequence Spread Spectrum, όπου στον δέκτη λαμβάνεται  $SNR=-20dB$  με  $BER=10^{-5}$ . Να υπολογιστεί το κέρδος επεξεργασίας και ο αριθμός των απαιτούμενων ψηφίων της ψευδοτυχαίας σειράς αν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με διαμόρφωση BPSK για συχνότητα φέροντος 3MHz και διαθέσιμο εύρος ζώνης 100KHz. Ποιος είναι ο ρυθμός εκπομπής; Να υπολογιστεί η απαιτούμενη ισχύς στον πομπό, αν ο δέκτης απέχει 2000km από τον πομπό και οι κεραιές εκπομπής και λήψης έχουν αντίστοιχα κέρδος  $G_t=20dB$  και  $G_r=0dB$ . Τέλος, για την περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί BPSK διαμόρφωση, να βρεθούν τα δεδομένα του μηνύματος αν το λαμβανόμενο σήμα και η ψευδοτυχαία σειρά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Πως αναπαριστώνται τα δεδομένα που προέκυψαν με κωδικοποίησης γραμμής Bipolar NRZ. Δίνεται  $k=1.38 \times 10^{-23}J/K$  και θερμοκρασία θορύβου 300°K.

(Απ.:  $P_G=910$ ,  $R_b=110bps$ ,  $P_t=-55.8dBm$ ,  $[0,1,1,0,1,1,1]$ ,  $[0,+V,-V, 0,+V,-V,+V]$ )

7. Έστω μία διακριτή πηγή χωρίς μνήμη η οποία παράγει σύμβολα από το αλφάβητο  $A=\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\}$  με πιθανότητες εμφάνισης  $\{0.5, 0.2, 0.2, 0.1\}$  και ρυθμό  $2048 \cdot 10^3$  σύμβολα ανά sec.

- i. Να υπολογιστεί την εντροπία της πηγής και ο ρυθμός της παραγόμενης πληροφορίας σε bps;
- ii. Να κωδικοποιηθεί η πηγή χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Huffman και υπολογιστεί ο πλεονασμός του κώδικα. Ποιος είναι ο ρυθμός των εκπεμπόμενων δεδομένων σε αυτή την περίπτωση;
- iii. Για ασύρματο κανάλι με εύρος ζώνης συχνοτήτων από 2.401GHz έως 2.423GHz και  $SNR=12.6$  dB στο δέκτη, να υπολογιστεί η χωρητικότητα του. Είναι δυνατή η μετάδοση χωρίς σφάλματα από το συγκεκριμένο κανάλι;
- iv. Να αποκωδικοποιηθεί το μήνυμα 1110000100111010.
- v. Η δυαδική ακολουθία που προκύπτει από τον αλγόριθμο Huffman, κωδικοποιείται από έναν κώδικα Reed-Solomon (255, 239) και διαμορφώνεται χρησιμοποιώντας διαμόρφωση QPSK. Να υπολογιστεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης μετάδοσης.

(Απ.:  $H=1.761bits/symbol$ ,  $R_i=3.61Mbps$ ,  $\alpha_1=0$ ,  $\alpha_2=11$ ,  $\alpha_3=100$ ,  $\alpha_4=101$ ,  $\pi_c=0.02$ ,  $R_b=3.69Mbps$ ,  $C=93.79Mbps > R_b$ ,  $[a_2, a_3, a_1, a_1, a_3, a_2, a_4, a_1]$ ,  $B_{RF}=1.97MHz$ )