



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ,  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΒΕΣ 04: ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

**Θεωρητικές Ασκήσεις (# 1): Δειγματοληψία, κβαντοποίηση και συμπίεση σημάτων**

1. Στην τηλεφωνία θεωρείται ότι το ουσιαστικό περιεχόμενο της ανθρώπινης ομιλίας μπορεί να αποδοθεί χωρίς σφάλματα με την μετάδοση συχνοτήτων έως 3.4kHz. Κατά συνέπεια στα συστήματα ISDN όπου η ομιλία μεταδίδεται σε ψηφιοποιημένη μορφή χρησιμοποιούνται αντιαναδιπλωτικά φίλτρα με συχνότητα αποκοπής (cut-off frequency)  $f_c=3.4\text{kHz}$ . Επειδή τα φίλτρα αυτά δεν μπορούν να είναι τέλεια χρησιμοποιείται συχνότητα δειγματοληψίας μεγαλύτερη από αυτή που υποδεικνύει το θεώρημα Shannon ( $f_s \geq 2 \cdot f_{\max}$ , εδώ  $f_{\max} = f_c$ ) και συγκεκριμένα  $f_s = 8 \text{ kHz}$  ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα αναδιπλώσης. Κάθε δείγμα κωδικοποιείται με 8 bits σύμφωνα με τον Νόμο κβαντοποίησης σε 13 τομείς.
- (a) Να υπολογίσετε το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (bit rate) για κάθε κανάλι ομιλίας
  - (b) Να υπολογίσετε το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μιας γραμμής ISDN η οποία περιλαμβάνει 2 κανάλια ομιλίας
  - (c) Να υπολογίσετε την απαιτούμενη μνήμη σε (bytes) για την αποθήκευση 2 λεπτών ψηφιοποιημένης ομιλίας.

(3 μονάδες)

2. Η ηλεκτρική μορφή ενός σήματος ομιλίας έχει μέγιστη τιμή  $V_{\max} = 1720\text{mV}$  και ελάχιστη  $V_{\min} = 120 \text{ mV}$ . Το σήμα δειγματοληπτείται με συχνότητα  $f_s = 11,025 \text{ kHz}$  και τα δείγματα κωδικοποιούνται με: (α) 4 bits / δείγμα, (β) 6 bits / δείγμα, (γ) 8 bits / δείγμα, (δ) 12 bits / δείγμα, (ε) 16 bits / δείγμα.
- (i) Για τις περιπτώσεις (α)-(ε) να υπολογίσετε το bit rate και να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση του bit rate ως συνάρτηση του αριθμού των bits που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση ( $\text{bitrate} = f(n)$ ).
  - (ii) Για τις περιπτώσεις (α)-(ε) να υπολογίσετε το μέγιστο σφάλμα κβαντισμού ( $e_{\max}$ ) και να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση του  $e_{\max}$  ως συνάρτηση του αριθμού των bits που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση ( $e_{\max} = f(n)$ ). Θεωρείστε γραμμική κβάντιση.
  - (iii) Για τις περιπτώσεις (α)-(ε) να υπολογίσετε τον ελάχιστο σηματοθορυβικό λόγο σε db, ο οποίος δίνεται από τη σχέση :

$$SNR_{\min} = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{\min}}{e_{\max}} \right)$$

και να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση του  $SNR_{\min}$  ως συνάρτηση του αριθμού των bits που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση ( $SNR_{\min} = f(n)$ ).

(6 μονάδες)

3. Στη περίπτωση του σήματος της ερώτησης 2 θεωρείστε ότι χρησιμοποιούμε γραμμικό κβαντιστή με διάστημα κβαντισμού  $q = 0.025\text{mV}$ .
- (i) Πόσα bits απαιτούνται για την κωδικοποίηση των δειγμάτων;

- (ii) Πόσο είναι το προκείμενο bit rate;
- (iii) Πόσος είναι ο ελάχιστος σηματοθορυβικός λόγος  $SNR_{min}$  (σε db);
- (iv) Αν θέλαμε να επιτύχουμε ελάχιστο σηματοθορυβικό λόγο 40 db, τι βήμα κβαντισμού έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε; Πόσα bits απαιτούνται για την κωδικοποίηση των δειγμάτων σε αυτή την περίπτωση;

(4 μονάδες)

4. Θεωρήστε μια πηγή πληροφορίας η οποία μπορεί να δημιουργήσει μόνο επτά σύμβολα:  $\{s_1, s_2, \dots, s_7\}$ . Μετά από μετρήσεις οι αντίστοιχες πιθανότητες εμφάνισης εκτιμήθηκαν ως:  $\{1/32, 2/32, 4/32, 4/32, 5/32, 8/32, 8/32\}$ . Τα σύμβολα δημιουργούνται με ρυθμό 1000 σύμβολα/sec. Ποιο είναι το ελάχιστο bit rate το οποίο μπορεί να επιτευχθεί για αυτή τη πηγή χρησιμοποιώντας συμπίεση / κωδικοποίηση χωρίς απώλειες;

(3 μονάδες)

5. Για την ερώτηση 4 χρησιμοποιείτε τη μέθοδο Huffman για να υπολογίσετε τις κωδικές λέξεις (codewords) για τα σύμβολα  $\{s_1, s_2, \dots, s_7\}$ , και υπολογίστε τον μέσο αριθμό bits ανά σύμβολο που απαιτούνται για την κωδικοποίησή τους.

(3 μονάδες)

6. Μια σειρά από μηνύματα απαιτείται να ανταλλάσσονται ανάμεσα σε δύο υπολογιστές μέσω μιας τηλεφωνικής γραμμής. Τα μηνύματα απαρτίζονται μόνο από τους χαρακτήρες  $\{A, B, C, \dots, H\}$ . Μετά από μετρήσεις οι αντίστοιχες πιθανότητες εμφάνισης των χαρακτήρων εκτιμήθηκαν ως:  $\{48/128, 2/128, 16/128, 4/128, 32/128, 8/128, 2/128, 16/128\}$ .

- (i) Υπολογίστε τον ελάχιστο αριθμό bits ανά σύμβολο που απαιτούνται για την κωδικοποίησή τους (εντροπία).
- (ii) Χρησιμοποιείτε τη μέθοδο Huffman για να υπολογίσετε τις κωδικές λέξεις (codewords) για τα σύμβολα  $\{A, B, \dots, H\}$ .
- (iii) Υπολογίστε τον μέσο αριθμό bits ανά σύμβολο που απαιτούνται για την κωδικοποίησή τους με βάση τον κώδικα που αναπτύξατε στο (ii). Συγκρίνετε τον αριθμό αυτό με: (α) την εντροπία των μηνυμάτων (υποερώτημα (i)), (β) με την κωδικοποίηση με σταθερό μήκος λέξης, (γ) με την κωδικοποίηση με χρήση κωδικών λέξεων ASCII των 7 bits.

(4 μονάδες)

7. Οι παρακάτω αριθμοί αντιπροσωπεύουν τις τιμές φωτεινότητας των pixels για μια γραμμή μιας εικόνας αποχρώσεων του γκρι. (α) Με δεδομένο ότι στις εικόνες αποχρώσεων του γκρι οι τιμές φωτεινότητας αναπαριστώνται με 8 bits / pixel υπολογίστε πόσα bytes απαιτούνται για την κωδικοποίηση του συγκεκριμένου τμήματος της εικόνας. (β) Αν χρησιμοποιούσαμε κωδικοποίηση RLE (Run Length Encoding) πόσα bytes θα απαιτούνταν (χρησιμοποιήστε ένα byte για την τιμή της φωτεινότητας και ένα byte για τον αριθμό των επαναλήψεων της τιμής); (γ) Με πόσα bits / pixel θα μπορούσαμε να κωδικοποιήσουμε το παρακάτω τμήμα της εικόνας αν χρησιμοποιούσαμε την τεχνική DPCM;

10 10 10 16 16 16 17 17 20 20 22 24 24 24 22 22 26 26 30 34 34 34 32 32 24 24 24 18 18 18  
12 12 10 10 10 8 8 8 8 8 8 8 4 4 2 2 2 2

(3 μονάδες)

8. Με δεδομένη την ακολουθία γραμμάτων "WORK OR NO WORK" (θεωρήστε τα κενά ως σύμβολα), σχηματίστε ένα πίνακα στον οποίο να επιδεικνύονται τα διάφορα στάδια της συμπίεσης της ακολουθίας σύμφωνα με τον αλγόριθμο LZW. Στον πίνακα πρέπει να φαίνονται: (α) η κωδικοποιημένη ακολουθία εξόδου, οι δείκτες και τα σύμβολα του λεξικού που θα δημιουργηθεί.

(4 μονάδες)