

Πρόβλημα 4

Διατίθεται κανάλι με απόσβεση $L=40$ db, με προσθετικό Gaussian λευκό θόρυβο στην έξοδο του φασματικής πυκνότητας $N_0/2=10^{-12}$ Watt/Hz. Επιθυμούμε να σχεδιάσουμε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα, για τη διαβίβαση ενός σήματος video με ομοιόμορφο PDF ($W=4.5$ MHz). Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιήσει οσοδήποτε μεγάλο εύρος ζώνης από το πιο πάνω κανάλι αλλά η ισχύς εκπομπής P_T δεν μπορεί να υπερβεί τα 10 Watt.

α) Αν προσπαθήσουμε να διαβιβάσουμε live το video πόση είναι η μέγιστη τιμή της ποιότητας που μπορούμε να επιτύχουμε στον προορισμό, όταν χρησιμοποιήσετε PCM-B-PSK; Συχνότητα Δειγματοληψίας $f_s=2W=9$ MHz (Υπόδειξη: βρείτε την μεγαλύτερη τιμή του ν για την οποία ισχύουν οι σχέσεις:

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2P_{av}}{N_0 R_b}}\right) < 4^{-(\nu+2)} \text{ και } R_b = 2\nu W$$

και στη συνέχεια υπολογίστε το αντίστοιχο $(S/N)_d$.)

β) Επειδή επιθυμούμε ποιότητα στον προορισμό 60 dB αποφασίστηκε να ψηφιοποιηθεί το video με την κατάλληλη συχνότητα δειγματοληψίας και το κατάλληλο ν , και τα data του να διαβιβαστούν off line με ένα B-PSK σύστημα. . Πόσος χρόνος απαιτείται για να διαβιβαστούν τα data που αντιστοιχούν σε video διάρκειας $\Delta=10$ min;

Πρόβλημα 4

Διατίθεται κανάλι με απόσβεση $L=40$ db, με προσθετικό Gaussian λευκό θόρυβο στην έξοδο του φασματικής πυκνότητας $N_0/2=10^{-12}$ Watt/Hz. Επιθυμούμε να σχεδιάσουμε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα, για τη διαβίβαση ενός σήματος video με ομοιόμορφο PDF ($W=4.5$ MHz). Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιήσει οσοδήποτε μεγάλο εύρος ζώνης από το πιο πάνω κανάλι αλλά η ισχύς εκπομπής P_T δεν μπορεί να υπερβεί τα 10 Watt.

α) Αν προσπαθήσουμε να διαβιβάσουμε live το video πόση είναι η μέγιστη τιμή της ποιότητας που μπορούμε να επιτύχουμε στον προορισμό, όταν χρησιμοποιήσετε PCM-B-PSK; Συχνότητα Δειγματοληψίας $f_s=2W=9$ MHz (Υπόδειξη: βρείτε την μεγαλύτερη τιμή του ν για την οποία ισχύουν οι σχέσεις:

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2P_{av}}{N_0R_b}}\right) < 4^{-(\nu+2)} \text{ και } R_b = 2\nu W$$

και στη συνέχεια υπολογίστε το αντίστοιχο $(S/N)_d$.)

β) Επειδή επιθυμούμε ποιότητα στον προορισμό 60 dB αποφασίστηκε να ψηφιοποιηθεί το video με την κατάλληλη συχνότητα δειγματοληψίας και το κατάλληλο ν , και τα data του να διαβιβαστούν off line με ένα B-PSK σύστημα. . Πόσος χρόνος απαιτείται για να διαβιβαστούν τα data που αντιστοιχούν σε video διάρκειας $\Delta=10$ min;

Λύση

α) $P_T=10$ Watt άρα $P_r=P_{av}=1$ mWatt.

$$Q\left(\sqrt{\frac{2P_{av}}{N_0R_b}}\right) < 4^{-(\nu+2)} \Leftrightarrow 16 \cdot 4^\nu Q\left(\sqrt{\frac{P_{av}}{\nu W N_0}}\right) < 1$$

Η τελευταία ανισότητα είναι μη γραμμική ως προς ν και η επίλυσή της γίνεται με την ακόλουθη διαδικασία. Η

$$g(\nu) = 16 \cdot 4^\nu Q\left(\sqrt{\frac{P_{av}}{\nu W N_0}}\right)$$

είναι μονότονα αύξουσα συνάρτηση του v . Αυτό διαπιστώνεται εύκολα αφού και το $16 \cdot 4^v$

και το $Q\left(\sqrt{\frac{P_{av}}{vWN_0}}\right)$ αυξάνουν μονότονα με το v . Η ανισότητα λοιπόν μπορεί να

επαληθευτεί μόνο από ένα πεπερασμένο πλήθος διαδοχικών ακεραίων θετικών αριθμών που αρχίζει από 1. Υπολογίζουμε λοιπόν την τιμή του $g(v)$ διαδοχικά για $v=1,2,\dots$, και υπολογίζουμε το πεπερασμένο σύνολο ακεραίων τιμών του v για το οποίο ισχύει $g(v)<1$. Η μεγαλύτερη τιμή του συνόλου αυτού είναι η λύση. Η μεγαλύτερη αυτή τιμή του $v=6$ άρα $(S/N)_d = 36$ dB.

β) $(S/N)_d = 60$ dB σημαίνει $6v=60$ δηλαδή $v=10$ bits. Όγκος δεδομένων $\Delta \cdot R_b$ όπου $\Delta=10$ min και $R_b=2vW$, Δηλαδή συνολικός όγκος δεδομένων $=10 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 4.5 \cdot 10^6 = 54 \cdot 10^9$ bits. Για τη διαβίβαση απαιτείται

$$P_{th} = 1/(16 \cdot 4^{10}) = 2^{-24} = 64 \cdot 10^{-9}.$$

Επομένως αν R_b' είναι ο ρυθμός διαβίβασης του όγκου αυτών των δεδομένων, θα ισχύει

$$Q\left(\sqrt{\frac{2P_{av}}{N_0 R_b'}}\right) < 64 \cdot 10^{-9} \Leftrightarrow \frac{2P_{av}}{N_0 R_b'} > \left[\text{qfuncinv}(64 \cdot 10^{-9}) \right]^2$$

$$R_b' < \frac{2P_{av}}{N_0} / \left[\text{qfuncinv}(64 \cdot 10^{-9}) \right]^2 \quad R_b' < 10^{-3} / 10^{-12} / 28 \text{ bits/sec} \quad \text{ή} \quad R_b' < 36 \cdot 10^6 \text{ bits/sec.} \quad \text{Επομένως}$$

ο ολικός χρόνος t_{total} που απαιτείται για τη διαβίβαση του ολικού όγκου δεδομένων του video είναι $t_{total} = 54 \cdot 10^9 \text{ bits} / [36 \cdot 10^6] \text{ bits/sec} = 1500 \text{ sec} = 25 \text{ min}$