

**ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΔΙΑΒΙΒΑΣΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Η ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ, B_C ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΥ
ΣΥΜΒΟΛΩΝ R ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:

1. PAM ΒΑΣ. ΖΩΝΗΣ: $R=2B_C$
2. PAM ΜΕ ΔΙΑΜΟΡΦ. (ASK): $R=B_C$
3. PSK, QAM: $R=B_C$
4. MFSK-Coh: $B_C = MR/2$ $M>8$
5. MFSK N-Coh: $B_C = MR$ $M>8$

**ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΔΙΑΒΙΒΑΣΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Επειδή σε ένα σύστημα με M σύμβολα ισχύει:

$$R_b = \log_2(M)R$$

Προκύπτει εύκολα η τιμή του πηλίκου R_b/B_C για ένα Μιαδικό
Σύστημα.

1. PAM ΒΑΣ. ΖΩΝΗΣ: $R_b/B_C = 2\log_2(M)$
2. PAM ΜΕ ΔΙΑΜΟΡΦ. (ASK): $R_b/B_C = \log_2(M)$
3. PSK, QAM: $R_b/B_C = \log_2(M)$
4. MFSK-Coh: $R_b/B_C = 2\log_2(M)/M$ $M>8$
5. MFSK N-Coh: $R_b/B_C = \log_2(M)/M$ $M>8$

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΙΔΙΟ
ΑΡΙΘΜΟ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΟΤΑΝ Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ
ΕΙΝΑΙ ΛΕΥΚΟΣ GAUSSIAN**

Η σύγκριση των επιδόσεων δύο συστημάτων ως προς την Πιθανότητα σφάλματος γίνεται εύκολα όταν έχουμε τους αναλυτικούς τύπους των πιθανοτήτων:

Παράδειγμα

Χρησιμοποιείστε του τύπους του M-PSK και του M-PAM για να συγκρίνετε ως προς την πιθανότητα σφάλματος ένα QPSK με ένα 4-PAM.

$$P_{4-PAM} = \frac{3}{2}Q\left(\sqrt{\frac{2E_{av-4PAM}}{5N_0}}\right) \quad P_{4-PSK} = 2Q\left(\sqrt{\frac{E_{av-QPSK}}{N_0}}\right)$$

Τα δύο αυτά συστήματα για να έχουν την ίδια πιθανότητα σφάλματος πρέπει $E_{av-4PAM} = 2.5E_{av-QPSK}$.

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΙΔΙΟ
ΑΡΙΘΜΟ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΟΤΑΝ Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ
ΕΙΝΑΙ ΛΕΥΚΟΣ GAUSSIAN**

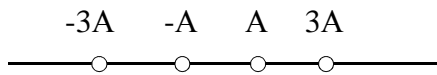
Η σύγκριση αυτή όμως, λόγω της αρχής της ελάχιστης απόστασης που τηρούμε στη φάραση, μπορεί να γίνει εύκολα συγκρίνοντας απλώς τους λόγους:

$$\frac{d_{\min}^2}{E_{av}}$$

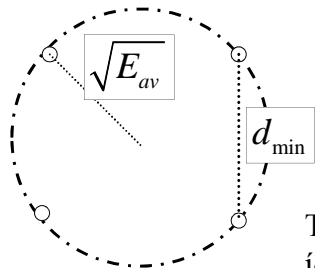
Παράδειγμα

Να συγκρίνετε ως προς την πιθανότητα σφάλματος ένα QPSK με ένα 4-PAM χρησιμοποιώντας τους αστερισμούς των συστημάτων αυτών.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΙΔΙΟ ΑΡΙΘΜΟ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΟΤΑΝ Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ ΕΙΝΑΙ ΛΕΥΚΟΣ GAUSSIAN



$$\left(d_{\min}^2 / E_{av} \right)_{4-PAM} = 4/5$$

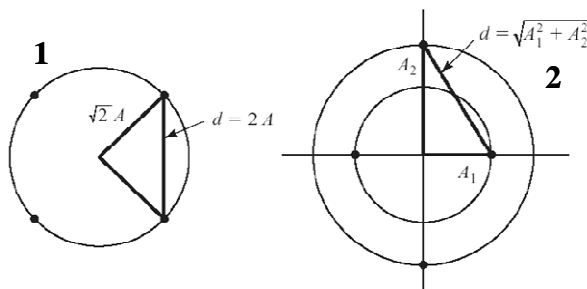


$$\left(d_{\min}^2 / E_{av} \right)_{4-PSK} = 2$$

Τα δύο αυτά συστήματα για να έχουν την ίδια πιθανότητα σφάλματος πρέπει να παρουσιάζουν την ίδια $d_{\min} \rightarrow E_{av4PAM} = 2.5 E_{av QPSK}$.

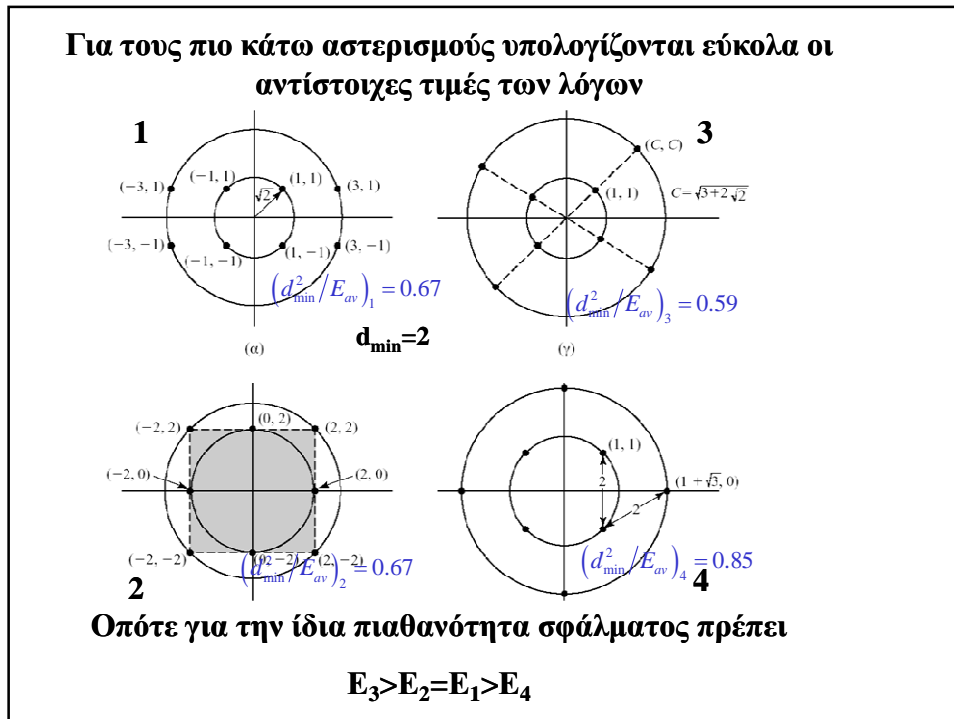
Παράδειγμα

Να συγκρίνετε ως προς την πιθανότητα σφάλματος δύο τετραδικά συστήματα επικοινωνιών.



$$\left(d_{\min}^2 / E_{av} \right)_1 = \left(d_{\min}^2 / E_{av} \right)_2 = 2$$

Δλδ τα δύο συστήματα για ίσες τιμές της E_{av} παρουσιάζουν την ίδια d_{\min} και επομένως την ίδια πιθανότητα σφάλματος.



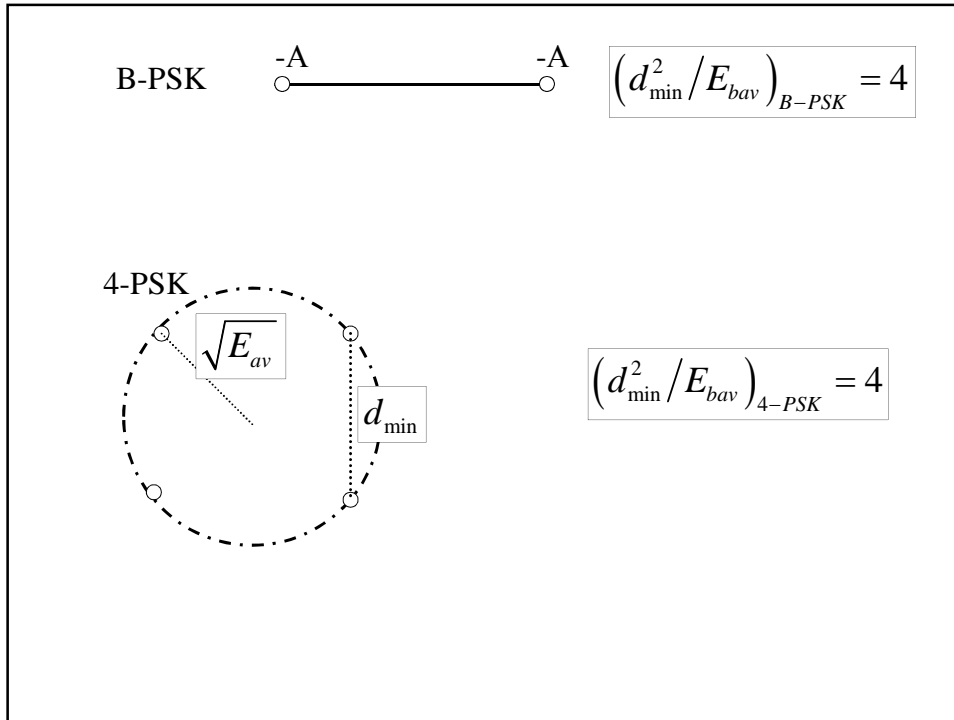
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΑΡΙΘΜΟ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΟΤΑΝ Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ ΕΙΝΑΙ ΛΕΥΚΟΣ GAUSSIAN

Στην περίπτωση αυτή η σύγκριση μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το λόγο:

$$\frac{d_{\min}^2}{E_{bav}}$$

Παράδειγμα

Να συγκρίνετε ως προς την πιθανότητα σφάλματος ένα 8-FSK με ένα QPSK και ένα B-PSK (όλα σύμφωνα συστήματα).



8-FSK Τα σύμβολα του αστερισμού είναι:

$s_1 = \sqrt{E_{av}}, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0$
 $s_2 = 0, \sqrt{E_{av}}, 0, 0, 0, 0, 0, 0$
 \vdots
 $s_8 = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, \sqrt{E_{av}}$

Στο σύστημα αυτό όλες οι αποστάσεις μεταξύ των συμβόλων είναι ίσες και επομένως:

$$d_{\min}^2 = 2E_{av} = 6E_{bav}$$

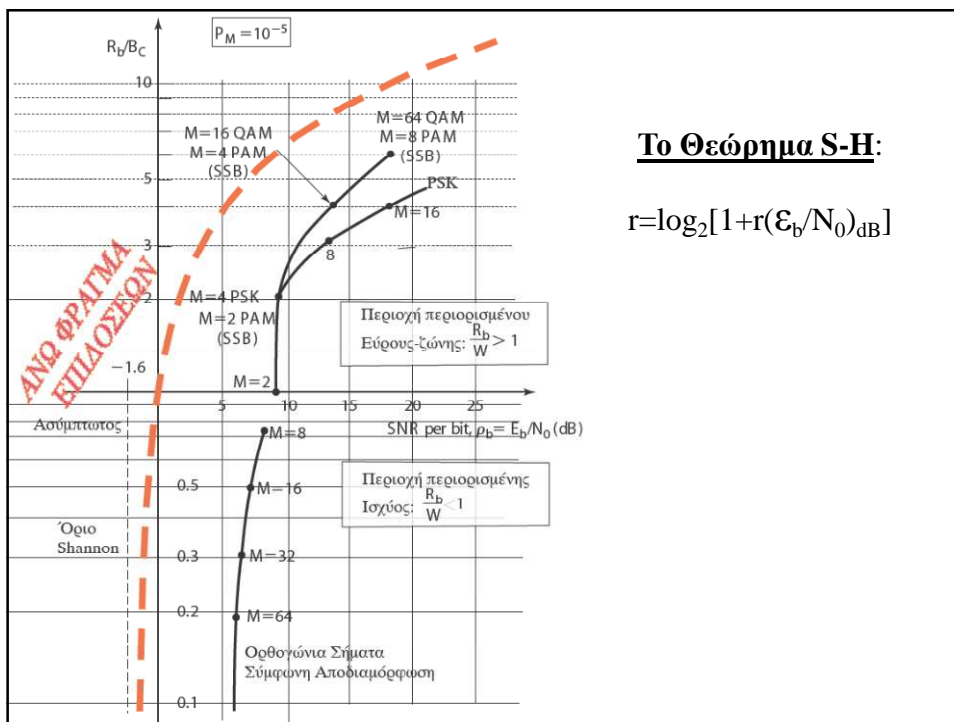
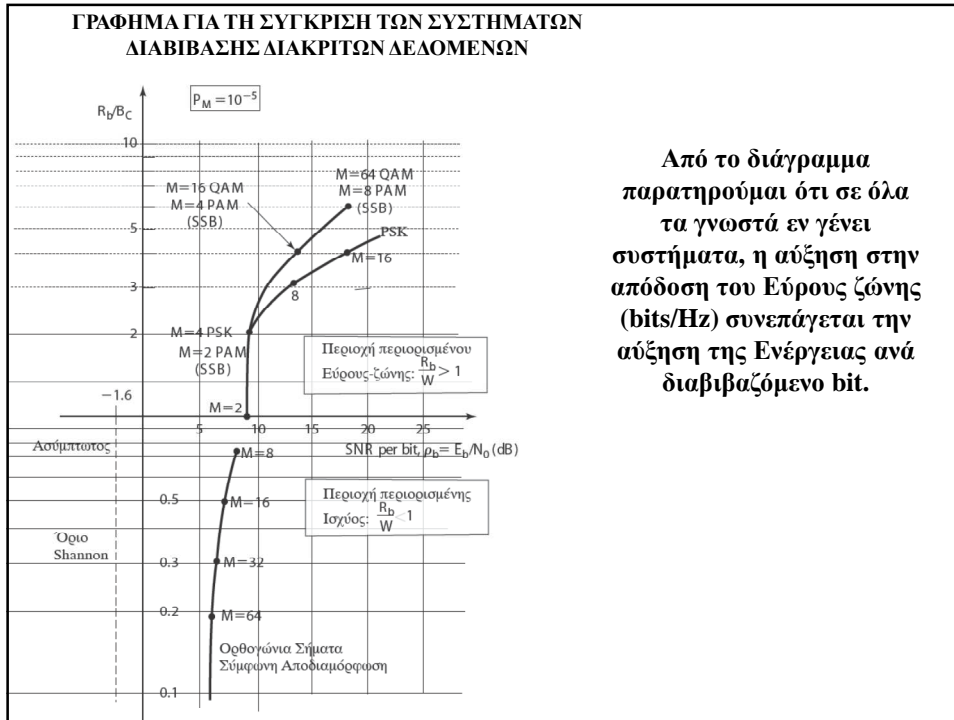
Επομένως $d_{\min}^2 / E_{bav} = 6$

Από τα πιο πάνω προκύπτει ότι για την ίδια πιθανότητα σφάλματος οι λόγοι ενεργειών ανά bit για τα τρία συστήματα:

$E_{b-BPSK} / E_{b-QPSK} = 1$

$E_{b-BPSK} / E_{b-8-FSK} = 1.5$

$(E_{b-BPSK} / E_{b-8-FSK})_{dB} = 1.8dB$



Παραδείγματα Εφαρμογής του Διαγράμματος Σύγκρισης των Συστημάτων

1. Αν διαθέτουμε ένα κανάλι με Εύρος Ζώνης, B_C =απεριόριστο, και Φασματική ισχύ Θορύβου $N_0/2=10^{-8}$ Watt/Hz καθώς και δυνατότητα εξασφάλισης της Ισχύος Λήψης στη είσοδο του δέκτη, $P_R=2$ mWatt, πόση είναι η θεωρητικά μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να λάβει ο δυαδικός ρυθμός δεδομένων R_b ;

Απάντηση

Είναι γνωστό ότι δεν μπορεί να κατασκευαστεί Τηλεπ. Σύστημα με $(E_b/N_0)_{dB} < -1.6$ dB. Επομένως πρέπει να ισχύει

$$(E_b/N_0)_{dB} = [P_R/(R_b N_0)]_{dB} > -1.6 \text{ dB} \rightarrow P_R/(R_b N_0) > 10^{-0.16} \rightarrow R_b < 10^{0.16} \times (P_R/N_0) \rightarrow R_b < 10^{0.16} \times (2 \times 10^{-3} / (2 \times 10^{-8})) \rightarrow R_b < 145 \text{ Kbits/sec.}$$

2. Να εξετάσετε αν μπορεί να υλοποιηθεί τηλεπικοινωνιακό σύστημα με ρυθμό διαβίβασης δυαδικών δεδομένων $R_b > 25$ Kbits/sec και πιθανότητα σφάλματος ανά σύμβολο $P_M = 10^{-5}$. Το κανάλι που διαθέτουμε έχει Εύρος Ζώνης, $B_C = 20$ KHz, και $N_0/2 = 10^{-8}$ Watt/Hz ενώ η Ισχύς Λήψης $P_R = 20$ mWatt. Αν υπάρξει θετική απάντηση να βρείτε το πλέον οικονομικό σε ισχύ από τα γνωστά συστήματα καθώς και το πιο αποδοτικό σε ρυθμό διαβίβασης δυαδικών δεδομένων γνωστό σύστημα που υλοποιεί τις πιο πάνω απαιτήσεις.

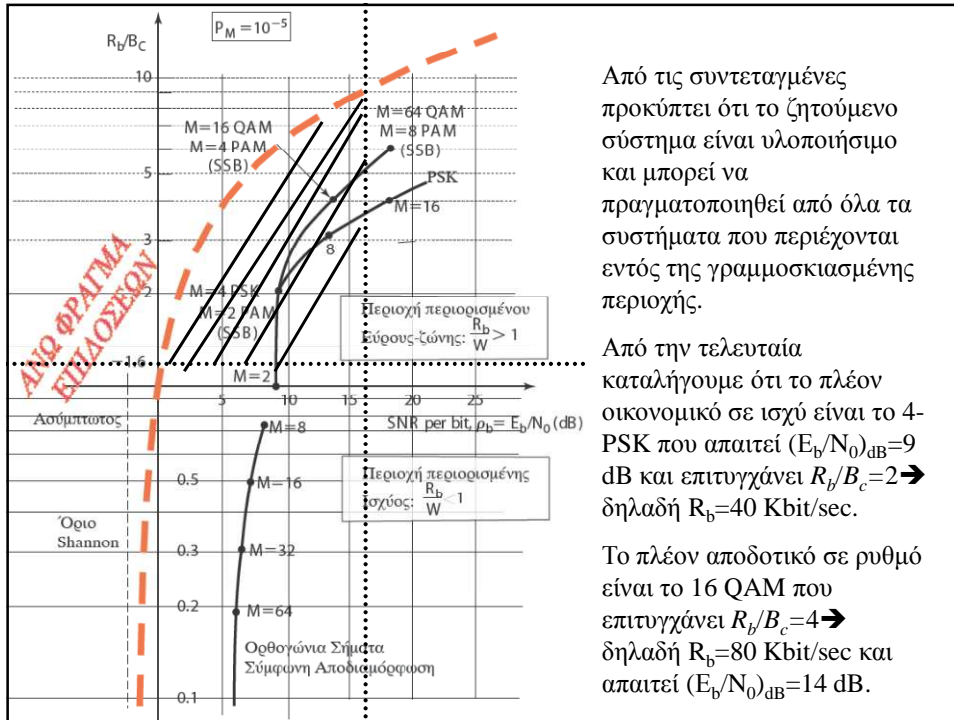
Απάντηση

$$(E_b/N_0) = [P_R/(R_b N_0)] < (0.020 / (25000 \times 2 \times 10^{-8})) \rightarrow (E_b/N_0) = 40 \rightarrow (E_b/N_0)_{dB} < 10 \log(40) \text{ dB} \rightarrow (E_b/N_0)_{dB} < 16 \text{ dB}$$

$$R_b/B_C > 25000 / (20 \times 10^3) \rightarrow R_b/B_C > 1.25$$

Επομένως το σύστημα που ζητάμε έχει συντεταγμένες

$$((E_b/N_0)_{dB} < 16 \text{ dB}, R_b/B_C > 1.25)$$



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι διαφάνειες του αρχείου αυτού καλύπτουν την ύλη που περιέχεται στο βιβλίο του J. Proakis στις παραγράφους:

\$ 7.6.10