

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΗΛΕ.41

Έκτακτη ΟΣΣ 28/05/2023

Νίκος Δημητρίου

Σημείωση: Οι διαφάνειες αυτές περιλαμβάνουν έναν ενδεικτικό οδηγό μελέτης/επανάληψης με την ανάπτυξη του σχετικού σκεπτικού επίλυσης παλαιών ερωτημάτων χωρίς όμως να περιορίζουν την εξεταστέα ύλη που έχει αναρτηθεί στο study.eap.gr.

Ψηφιακές Επικοινωνίες

Διερεύνηση Περιοδικότητας

- Πεδίο του χρόνου: Σήμα σε μορφή αθροίσματος περιοδικών με περιόδους T_1, T_2, \dots, T_N

Κριτήριο: $T = m_1 T_1 = m_2 T_2 = \dots = m_N T_N \quad m_1, m_2, \dots, m_N \in \mathbb{N}^*$

- Πεδίο των συχνοτήτων:

Το φάσμα πλάτους να είναι διακριτό
(παλποι $\delta(f - f_i)$ σε συχνότητες f_1, f_2, \dots, f_N).

Κριτήριο: $f = f_1/m_1 = f_2/m_2 = \dots = f_N/m_N, m_1, m_2, \dots, m_N \in \mathbb{N}^*$

ΓΕ2/2021/Θ1,4

ΓΕ2/1819/Θ2, ΓΕ3/1819/Θ1

ΓΕ2/1920/Θ1, ΓΕ3/1920/Θ1

ΕΞ2018Α/Θ2, ΕΞ2018Β/Θ1

ΕΞ2019Α/Θ1, ΕΞ2019Β/Θ5

Ασκίσεις

ΓΕ2/1718/Θ3, 7α.

ΕΞ. 2017Β/Θ1, ΕΞ2015Β/Θ2

2017Α/Θ6, ΕΞ 2015Α/Θ1

ΜΣ Fourier.

$$\cos(2\pi f_0 t) \xrightarrow{F} \frac{1}{2} \{ \delta(f-f_0) + \delta(f+f_0) \} \quad \sin(2\pi f_0 t) \xrightarrow{F} \frac{1}{2j} \{ \delta(f-f_0) - \delta(f+f_0) \}$$

$$\text{sinc}(t) \xrightarrow{F} \text{rect}(f) \quad \text{rect}(t) \xrightarrow{F} \text{sinc}(f)$$

$$\text{sinc}^2(t) \xrightarrow{F} \text{tri}(f) \quad \text{tri}(t) \xrightarrow{F} \text{sinc}^2(f)$$

Σημ.

$$\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$$

Βασικές ιδιότητες

$$x(t) \xrightarrow{F} X(f) \Leftrightarrow x(at) \xrightarrow{F} \frac{1}{|a|} X\left(\frac{f}{a}\right), a > 0$$

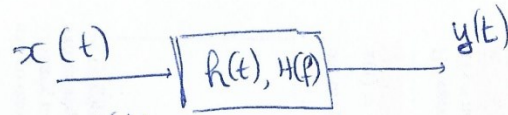
$$x(t) \xrightarrow{F} X(f) \Leftrightarrow x(t-t_0) \xrightarrow{F} e^{-j2\pi f t_0} X(f)$$

$$x(t) \xrightarrow{F} X(f) \Leftrightarrow e^{j2\pi f_0 t} x(t) \xrightarrow{F} X(f-f_0)$$

$$x(t) * g(t) \xrightarrow{F} X(f) \cdot G(f)$$

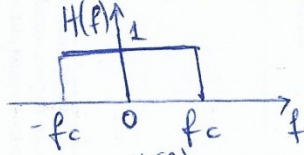
ΓΕ2/1920/Θ2,3,6

Ιδανικά φίλτρα.



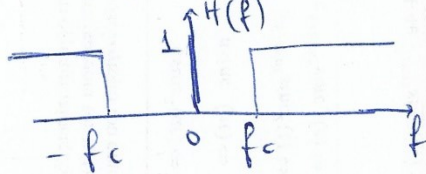
$y(t) = x(t) * h(t)$ κρουστική απάντηση
 $Y(f) = X(f) \cdot H(f)$ Γωνία μεταφοράς (απόκριση συχνότητας)

Βαθμη ερατό



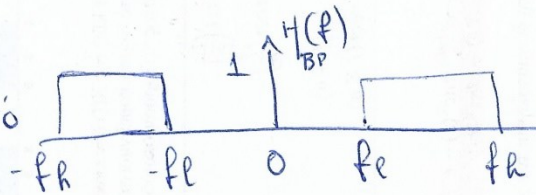
$$H(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{2f_c}\right)$$

Υψηλερατό



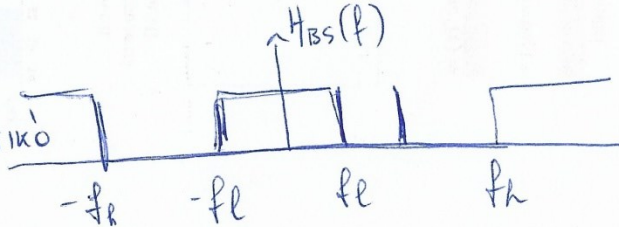
$$H(f) = 1 - \text{rect}\left(\frac{f}{2f_c}\right)$$

Ζωροπερατό



$$H_{BP}(f) = \text{rect}\left(\frac{f - \frac{fl+fr}{2}}{fr-fl}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + \frac{fl+fr}{2}}{fr-fl}\right)$$

Ζωροδρακτικό



$$H_{BS}(f) = 1 - H_{BP}(f)$$

ΓΕ2/1920/Θ4,5

Δίνεται το σήμα $x(t)=\delta(t)+\sin(2\pi 1000t)$. Ποιά από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Η συχνότητα του σήματος είναι 1000Hz και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας Nyquist είναι 2000Hz
- b. Το σήμα δεν είναι περιοδικό και δεν εφαρμόζεται το κριτήριο Nyquist.
- c. Η συχνότητα του σήματος είναι 1000Hz αλλά δεν υπάρχει ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας με το κριτήριο Nyquist.
- d. Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας με το κριτήριο Nyquist είναι 2000Hz αλλά το σήμα δεν είναι περιοδικό.

Ποιος από τους παρακάτω Μ/Σ Fourier είναι σωστός;

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. $\text{sinc}(at) \stackrel{F}{\leftrightarrow} \text{rect}\left(\frac{f}{a}\right)$

B. $\cos(2\pi at) \stackrel{F}{\leftrightarrow} \delta(f + a) + \delta(f - a)$

C. $a\text{sinc}^2(at) \stackrel{F}{\leftrightarrow} \text{tri}\left(\frac{f}{a}\right)$

D. $\text{sinc}(t - a) \stackrel{F}{\leftrightarrow} e^{j2\pi(f-a)} \text{rect}(f - a)$

Δίνονται τα παρακάτω σήματα

$$x(t) = \cos(2\pi 10t)$$

$$y(t) = \frac{4\sin(2\pi 5t)}{2\pi 5t}$$

Να εξεταστεί ως προς την περιοδικότητα το σήμα $w(t)=x(t)+y(t)$ και να υπολογιστεί η περίοδος του (εάν υπάρχει);

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Έχει περίοδο 2 sec
- B. Έχει περίοδο 5 sec
- C. Έχει περίοδο 1/5 sec
- D. Δεν είναι περιοδικό

Δίνεται το σήμα με την παρακάτω χρονική κυματομορφή

$$x(t) = \cos(2\pi 100t) + \cos(2\pi 40t)$$

το οποίο διέρχεται από φίλτρο με συνάρτηση μεταφοράς,

$$H(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{100}\right)$$

Να υπολογιστεί το σήμα $y(t)$ στην έξοδο του φίλτρου.

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $y(t) = \cos(2\pi 100t) + \cos(2\pi 40t)$
- B. $y(t) = \cos(2\pi 100t)$
- C. $y(t) = 0$
- D. $x(t) = \cos(2\pi 40t)$

Να υπολογιστεί ο Μετασχηματισμός Fourier του σήματος

$$\mathbf{x(t) = 2sinc^2(2t) + sinc(t)}$$

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $X(f) = tri\left(\frac{f}{2}\right) + rect(f)$
- B. $X(f) = tri\left(\frac{f}{4}\right) + rect(f)$
- C. $X(f) = tri\left(\frac{f}{2}\right) - tri(f)$
- D. $X(f) = tri\left(\frac{f}{2}\right) + tri(f)$

Ποιο από τα παρακάτω σήματα, η έκφραση των οποίων δίνεται στο πεδίο του χρόνου t ή των συχνοτήτων f , δεν είναι περιοδικό:

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. και τα τρία σήματα, $x(t)$, $Y(f)$, $z(t)$, δεν είναι περιοδικά

B. $Y(f) = \delta(f - f_0) + \delta(f + f_0)$

C. $z(t) = \delta(t)$

D. $x(t) = \cos(2\pi f_0 t)$

Ποιο είναι το εύρος ζώνης του σήματος

$$\mathbf{x(t) = 12sinc(6t) + 2sinc^2(2t) ;}$$

Επιλέξτε μια απάντηση:

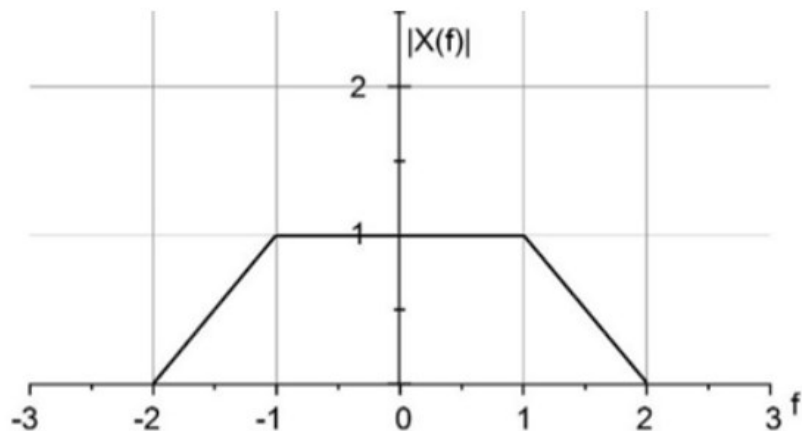
A. 3 Hz

B. 6 Hz

C. 2 Hz

D. 4 Hz

Ποιά είναι η μαθηματική έκφραση του φάσματος του σήματος $X(f)$ με φάσμα πλάτους όπως το παρακάτω;



Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $X(f) = \text{tri}(f) - 2\text{tri}\left(\frac{f}{2}\right)$
- B. $X(f) = 2\text{tri}\left(\frac{f}{2}\right) - \text{tri}(f)$
- C. $X(f) = \text{tri}\left(\frac{f}{2}\right) - 2\text{tri}(f)$
- D. $X(f) = \text{tri}\left(\frac{f}{2}\right) - \text{tri}(f)$

Ποιο από τα παρακάτω σήματα, δεν είναι περιοδικό:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. και τα τρία σήματα, $x_1(t)$, $x_2(t)$, και $x_3(t)$ είναι περιοδικά
- b. $x_3(t) = \cos(100t) + 3\cos(2\pi 200t)$
- c. $x_1(t) = \cos(2\pi 100t) + 3\cos(2\pi 200t)$
- d. $x_2(t) = \cos(100t) + 3\cos(200t)$

Ποιο από τα παρακάτω σήματα δεν είναι τριγωνομετρικό:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. $\sin(2\pi 100t)$
- b. $\cos(2\pi 100t)$
- c. $\delta(f-5) + \delta(f+5)$
- d. $\text{rect}(t)$

Ο ΜΣ Fourier χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Περιοδικών και Απεριοδικών Σημάτων
- b. Αναλογικών και Ψηφιακών Σημάτων
- c. Σημάτων Διακριτού και Συνεχούς Χρόνου
- d. Εκφράσεων Σημάτων στα Πεδία Χρόνου και Συχνοτήτων

Η περίοδος ενός περιοδικού σήματος είναι

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Πραγματικός αριθμός
- b. Ρητός Αριθμός
- c. Ακέραιος αριθμός
- d. Άρρητος Αριθμός

Διαμόρφωση πλάτους

Σήμα $x(t)$ με εύρος ζώνης f_x ← σήμα πληροφορίας/μηνύματος

DSB: $x_{DSB}(t) = x(t) \cdot A_c \cos(2\pi f_c t)$

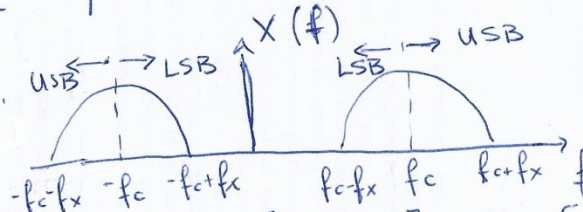
$X_{DSB}(f) = \frac{A_c}{2} \cdot \{ X(f - f_c) + X(f + f_c) \}$

Εύρος Ζώνης
 $W_{DSB} = 2f_x$

AM: $x_{AM}(t) = \{ 1 + x(t) \} A_c \cos(2\pi f_c t)$

Εύρος Ζώνης
 $W_{AM} = 2f_x$

$X_{AM}(t) = \frac{A_c}{2} \{ X(f - f_c) + X(f + f_c) \} + \frac{A_c}{2} \{ \delta(f - f_c) + \delta(f + f_c) \}$



SSB

Εύρος Ζώνης
 $W_{SSB} = f_x$

Άνω ημιπλευρική USB: Λήψη μέρους συχνοτήτων $[f_c, f_c + f_x]$ και $[-f_c - f_x, -f_c]$
 Κάτω ημιπλευρική LSB: Λήψη " " $[f_c - f_x, f_c]$ και $[-f_c, -f_c + f_x]$

ΓΕ3/2021/Θ1,2
ΓΕ3/1819/Θ2

ΓΕ5/2021/Θ5
ΕΞ2020Α/Θ1

ΓΕ3/1920/Θ4,5
ΓΕ5/1920/Θ6

Ασκήσεις
ΓΕ2/Θ2,4,5
ΕΞ2017Β/Θ2 ΕΞ2015Α/Θ2
ΕΞ2017Α/Θ1

Διαμόρφωση Γωνιας

$$x_m(t) = A_c \cos \{ 2\pi f_c t + \phi(t) \}$$

\int περιέχεται
 σήμα πληροφορίας / μηνύματος εύρους f_x
 (βλ. τέλος διαφάνειας)

Στιγναια Γωνια: $\theta(t) = 2\pi f_c t + \phi(t)$ (σε rad)

Στιγναια κυκλική συχνότητα: $\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} = 2\pi f_c + \frac{d\phi(t)}{dt}$ (σε $\frac{rad}{sec}$)

Στιγναια Συχνότητα: $f(t) = \frac{\omega(t)}{2\pi} = f_c + \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt}$ (σε Hz)

Στιγναια Απόκλιση Συχνότητας: $\Delta f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt}$

Λόγος Απόκλισης: $\frac{\max |\Delta f(t)|}{f_x} = \frac{\max \left| \frac{d\phi(t)}{dt} \right|}{2\pi f_x}$

Εύρος Ζώνης Διαμορφωμένου σήματος
 (Κανόνας Carson) $W = 2(D+1) f_x$

Διαμόρφωση Γωνιας:

- Διαμόρφωση φάσης (PM) $\phi(t) = k_f x(t)$ ↗ σήμα πληροφορίας
- Διαμόρφωση Συχνότητας (FM) $\phi(t) = k_f \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda$

Σχετικές Αποκρίσεις ΓΕ3/1718/03,4 ΕΞ 2017Α/02 ΕΞ 2015Α/01 ↘ σήμα πληροφορίας

Έστω 4 σήματα πληροφορίας, το καθένα με εύρος ζώνης ίσο με 100Hz, τα οποία διαμορφώνουν κατά DSB/SC, 4 κατάλληλα συνημιτονοειδή φέροντα και στη συνέχεια μεταδίδονται με πολυπλεξία FDM. Το ελάχιστο εύρος ζώνης που θα χρειαστεί συνολικά για τη μετάδοσή τους ισούται με:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. 800 Hz
- b. 100 Hz
- c. 1000 Hz
- d. 400 Hz

Στις αναλογικές διαμορφώσεις πλάτους (DSB, AM, SSB), όταν θέλουμε να απομονώσουμε το σήμα πληροφορίας στον δέκτη μετά την αποδιαμόρφωση, τι είδος φίλτρου χρησιμοποιούμε;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Βαθυπερατό
- B. Ζωνοπερατό
- C. Υψιπερατό
- D. Ζωνοφρακτικό

Δίνεται το σήμα $x(t)$ με φάσμα πλάτους

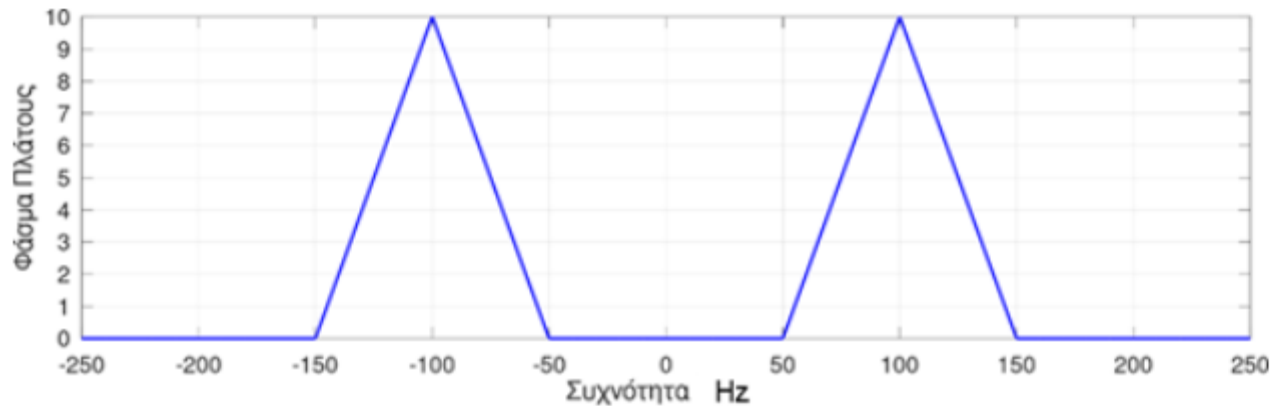
$$X(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{4}\right)$$

Το σήμα διαμορφώνει συνημιτονικό φέρον πλάτους 2 Volt και συχνότητας 200Hz κατά DSB και στη συνέχεια λαμβάνεται η άνω πλευρική (Single Side Band -Upper Side Band, SSB-USB). Να υπολογιστεί το φάσμα του σήματος SSB-USB.

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $Y(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 200}{2}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 200}{2}\right)$
- B. $Y(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 200}{4}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 200}{4}\right)$
- C. $Y(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 199}{2}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 199}{2}\right)$
- D. $Y(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 201}{2}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 201}{2}\right)$

Αν το παρακάτω γράφημα είναι το φάσμα πλάτους ενός διαμορφωμένου κατά DSB σήματος $X(f)$, το σήμα DSB στο πεδίο του χρόνου είναι:



Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $x(t) = 10 \operatorname{sinc}(50 t) \cos(2\pi 100 t)$
- B. $x(t) = 1000 \operatorname{sinc}^2(50 t) \cos(2\pi 100 t)$
- C. $x(t) = 10 \sin(50 t) \cos(2\pi 100 t)$
- D. $x(t) = 10 \Lambda\left(\frac{t}{50}\right) \cos(2\pi 100 t)$

Αν ένα σήμα FM έχει μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση συχνότητας 75 kHz και μεταφέρει ένα ημιτονικό σήμα πληροφορίας συχνότητας 15 kHz, το εύρος ζώνης του σήματος FM είναι:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 180 kHz
- B. 90 kHz
- C. 150 kHz
- D. 60 kHz

Δίνεται το σήμα $x(t) = 8\text{sinc}(8t)$.

Το σήμα διαμορφώνει συνημιτονικό φέρον πλάτους 2 Volt και συχνότητας 100Hz κατά AM.

Να υπολογιστεί η χρονική κυματομορφή του διαμορφωμένου σήματος

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. $y(t) = 8\text{sinc}(8t) \cdot 2\cos(2\pi 100t)$

B. $y(t) = 1 + 8\text{sinc}(8t) + 2\cos(2\pi 100t)$

C. $y(t) = 2\cos(2\pi 100t) + 8\text{sinc}(8t)2\cos(2\pi 100t)$

D. $y(t) = 1 + 8\text{sinc}(8t)2\cos(2\pi 100t)$

Δίνεται το φάσμα σήματος

$$X(f) = 2\text{rect}\left(\frac{f}{8}\right)$$

Το σήμα διαμορφώνει συνημιτονικό φέρον πλάτους 1 Volt και συχνότητας 50Hz κατά DSB. Να υπολογιστεί το φάσμα του διαμορφωμένου σήματος

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $Y(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 50}{8}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 50}{8}\right) + 0.5\delta(f - 50) + 0.5\delta(f + 50)$
- B. $Y(f) = 2\text{rect}\left(\frac{f - 50}{8}\right) + 2\text{rect}\left(\frac{f + 50}{8}\right)$
- C. $Y(f) = 4\text{rect}\left(\frac{f - 100}{8}\right) + 4\text{rect}\left(\frac{f + 100}{8}\right)$
- D. $Y(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 50}{8}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 50}{8}\right)$

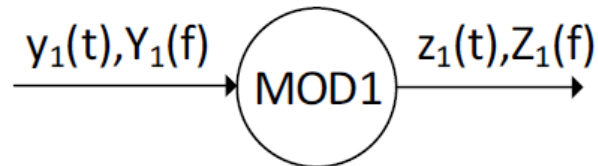
Ποιές διαμορφώσεις μεταβάλλουν το πλάτος ενός φέροντος σήματος ανάλογα με τις μεταβολές του σήματος πληροφορίας;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. AM, DSB, SSB
- b. DSB, FM
- c. AM, PM
- d. AM, FM, PM

ΘΕΜΑ 1 (15 Μονάδες)

Ας υποθέσουμε ότι το σήμα $y_1(t)=6\text{sinc}^2(3t) + 12\text{sinc}(6t)$ διαμορφώνει φέρον κατά AM και λαμβάνεται το σήμα $z_1(t)$, όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα



Εάν το πλάτος του φέροντος είναι $A_c=1$ και συχνότητα του είναι $f_c=0.5\text{kHz}$, να υπολογιστούν τα παρακάτω σήματα και φάσματα:

1. Το $Y_1(f)$ **(5 Μονάδες)**
2. Τα $Z_1(f)$ και $z_1(t)$ **(10 Μονάδες)**

1. Για να υπολογίσουμε το φάσμα $Y_1(f)$ θα πρέπει να κάνουμε μετασχηματισμό Fourier (ΜΣF) στο σήμα $y_1(t)$. Συνεπώς με τη βοήθεια της ιδιότητας αλλαγής κλίμακας συχνότητας, όπως δίνεται παρακάτω

Αλλαγή Κλίμακας Συχνότητας	$\frac{1}{a} x\left(\frac{t}{a}\right) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} X(af)$	$6\text{sinc}^2(3t) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} 2\text{tri}\left(\frac{f}{3}\right)$ $12\text{sinc}(6t) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} 2\text{rect}\left(\frac{f}{6}\right)$
----------------------------------	---	--

το $Y_1(f)$ μπορεί να υπολογιστεί ως

$$Y_1(f) = 2\text{tri}\left(\frac{f}{3}\right) + 2\text{rect}\left(\frac{f}{6}\right)$$

2.

Γενικά, υποθέτοντας διαμόρφωση AM, το φάσμα του διαμορφωμένου σήματος δίνεται από:

$$S_{AM}(f) = \frac{A_c}{2}X(f - f_c) + \frac{A_c}{2}X(f + f_c) + \frac{A_c}{2}\delta(f - f_c) + \frac{A_c}{2}\delta(f + f_c)$$

Όπου A_c και f_c είναι το πλάτος και η συχνότητα του φέροντος σήματος και $X(f)$ είναι το φάσμα του σήματος μηνύματος. Με βάση τα παραπάνω, το $Z_1(f)$ μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$Z_1(f) = tri\left(\frac{f - 500}{3}\right) + tri\left(\frac{f + 500}{3}\right) + rect\left(\frac{f - 500}{6}\right) + rect\left(\frac{f + 500}{6}\right) + \frac{1}{2}\delta(f - 500) + \frac{1}{2}\delta(f + 500)$$

Για τον υπολογισμό του σήματος $z_1(t)$ θα πραγματοποιηθεί αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier στο $Z(f)$. Με τη βοήθεια της ακόλουθης ιδιότητας

Διαμόρφωσης	$x(t) \cos(2\pi f_c t) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} \frac{1}{2}X(f - f_c) + \frac{1}{2}X(f + f_c)$	$\begin{aligned} & \text{tri}\left(\frac{f - 500}{3}\right) + \text{tri}\left(\frac{f + 500}{3}\right) \stackrel{F^{-1}}{\Leftrightarrow} \\ & 6\text{sinc}^2(3t)\cos(2\pi 500t) \\ & \text{rect}\left(\frac{f - 500}{6}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 500}{6}\right) \stackrel{F^{-1}}{\Leftrightarrow} \\ & 12\text{sinc}(6t)\cos(2\pi 500t) \end{aligned}$
-------------	---	---

Με βάση τα παραπάνω το $z(t)$ μπορεί να υπολογιστεί ως

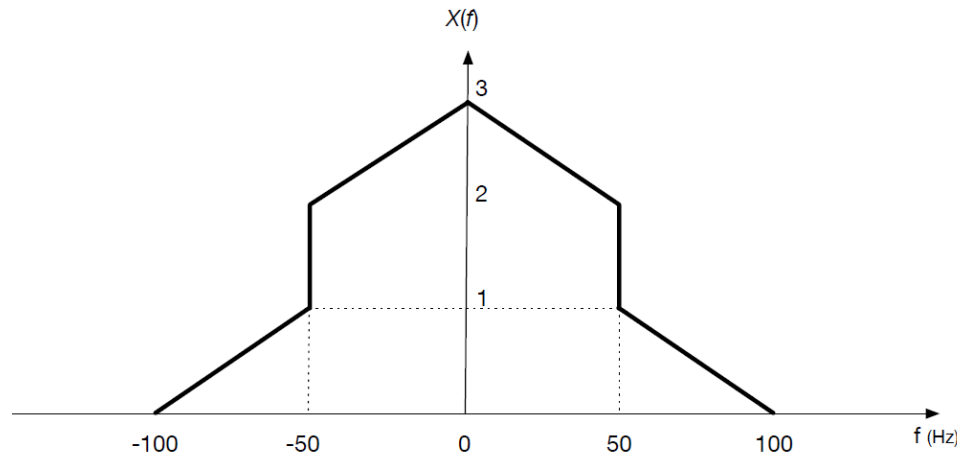
$$\begin{aligned} z_1(t) &= (6\text{sinc}^2(3t)\cos(2\pi 500t) + 12\text{sinc}(6t)\cos(2\pi 500t) + \cos(2\pi 500t)) \\ &= (6\text{sinc}^2(3t) + 12\text{sinc}(6t) + 1)\cos(2\pi 500t) \end{aligned}$$

Ο παραπάνω τύπος μπορεί να προκύψει κι απευθείας από τον ορισμό της AM διαμόρφωσης χωρίς να χρειαστεί να υπολογίσουμε τον αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier.

$$x_{AM}(t) = A_c[1 + x(t)] \cos 2\pi f_c t = A(t) \cos 2\pi f_c t$$

$$\text{Όπου } x(t) = y_1(t) = 6\text{sinc}^2(3t) + 12\text{sinc}(6t)$$

Έστω ένα σήμα πληροφορίας πεπερασμένου εύρους ζώνης $x(t)$ το οποίο έχει το παρακάτω πλάτος φάσματος $X(f)$:



Ερώτηση 1^η (5 Μονάδες): Να υπολογίσετε στο πεδίο του χρόνου την έκφραση του σήματος $x(t)$.

Ερώτηση 2^η (5 Μονάδες): Να προσδιοριστεί η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας $f_{s,min}$ κατά Nyquist του $x(t)$ και η αντίστοιχη περίοδος δειγματοληψίας. Αν το σήμα $x(t)$ δειγματοληφτείται με συχνότητα διπλάσια της ελάχιστης κατά Nyquist, να δοθεί η έκφραση του δειγματοποιημένου σήματος $x_s(n)$ στο πεδίο του χρόνου.

Ερώτηση 3^η (5 Μονάδες): Το $x(t)$ διαμορφώνει κατά DSB-SC συνημιτονικό φέρον μοναδιαίου πλάτους και συχνότητας 10 kHz. Να υπολογιστεί και να σχεδιαστεί το πλάτος φάσματος του διαμορφωμένου σήματος.

Ερώτηση 4^η (5 Μονάδες): Το $x(t)$ διαμορφώνει κατά FM συνημιτονικό φέρον συχνότητας 100 kHz και μοναδιαίου πλάτους με σταθερά απόκλισης συχνότητας $k_f = 4\pi$. Να δοθεί η έκφραση του διαμορφωμένου σήματος στο πεδίο του χρόνου και να υπολογιστεί το εύρος ζώνης του. **Σημείωση:** Το σήμα $x(t)$ παίρνει τη μέγιστη τιμή του για $t = 0$.

Ερώτηση 1^η: Αρχικά υπολογίζουμε την αλγεβρική έκφραση για το πλάτος φάσματος του σήματος:

$$X(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{100}\right) + 2 \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες και τους γνωστούς Μ/Σ Fourier:

$$a \text{sinc}(at) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} \text{rect}\left(\frac{f}{a}\right)$$

$$a \text{sinc}^2(at) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} \text{tri}\left(\frac{f}{a}\right)$$

$$\frac{1}{a} x\left(\frac{t}{a}\right) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} X(af)$$

υπολογίζουμε τον αντίστροφο Μ/Σ Fourier και έχουμε:

$$x(t) = 100 \text{sinc}(100t) + 2 \cdot 100 \text{sinc}^2(100t)$$

Ερώτηση 2^η: Η μέγιστη συχνότητα του φάσματος του $x(t)$ είναι $f_{max} = 100\text{Hz}$. Συνεπώς η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας κατά Nyquist είναι $f_{s,min} = 2f_{max} = 200\text{Hz}$ και η περίοδος δειγματοληψίας είναι $T_s = 1/200 = 0.005 \text{ sec}$.

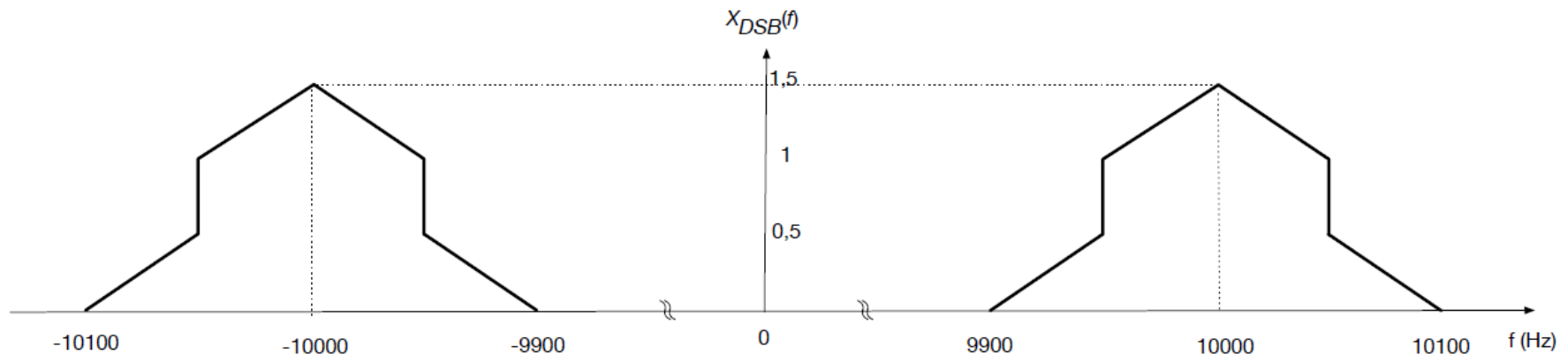
Για συχνότητα δειγματοληψίας $2f_{s,min} = 400\text{Hz}$, η περίοδος δειγματοληψίας είναι $T_s = 1/400 = 0.0025 \text{ sec}$, και το δειγματοποιημένο σήμα στο πεδίο του χρόνου γράφεται:

$$\begin{aligned}
 x_s(n) &= x(t) \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT_s) \\
 &= \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(nT_s) \delta(t - nT_s) \\
 &= \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left[100 \text{sinc} \left(100 \frac{n}{400} \right) + 2 \cdot 100 \text{sinc}^2 \left(100 \frac{n}{400} \right) \right] \delta(t - nT_s)
 \end{aligned}$$

όπου n ακέραιος αριθμός.

Ερώτηση 3^η: Το $x(t)$ διαμορφώνει κατά DSB-SC συνημιτονικό φέρον μοναδιαίου πλάτους και συχνότητας 10kHz. Η έκφραση στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας για το διαμορφωμένο σήμα είναι:

$$\begin{aligned}
 x_{DSB-SC}(t) &= x(t) \cdot \cos(2\pi 10000t) \stackrel{F}{\Leftrightarrow} X_{DSB-SC}(f) \\
 &= \frac{1}{2} [X(f - 10000) + X(f + 10000)] \\
 &= \frac{1}{2} \left\{ \text{rect} \left(\frac{f - 10000}{100} \right) + 2 \text{tri} \left(\frac{f - 10000}{100} \right) + \text{rect} \left(\frac{f + 10000}{100} \right) \right. \\
 &\quad \left. + 2 \text{tri} \left(\frac{f + 10000}{100} \right) \right\}
 \end{aligned}$$



Ερώτηση 4^η: Η έκφραση του διαμορφωμένου σήματος στο πεδίο του χρόνου είναι:

$$x_{FM}(t) = \cos \left(2\pi 100000t + 4\pi \int_{-\infty}^t [100 \operatorname{sinc}(100\lambda) + 2 \cdot 100 \operatorname{sinc}^2(100\lambda)] d\lambda \right)$$

Ο λόγος απόκλισης είναι: $D = \frac{\Delta f_{max}}{f_x} = \frac{\frac{k_f}{2\pi} \max(|x(t)|) \frac{4\pi}{2\pi} 300}{f_x} = \frac{100}{100} = 6$

Και το εύρος ζώνης είναι: $W = 2(D + 1)f_x = 2(6 + 1)100 = 1.4 \text{ kHz}$

ΘΕΜΑ 1 (15 Μονάδες)

Δίνεται το σήμα πληροφορίας

$$x(t) = 4 \cdot \cos(200\pi t) + 200 \cdot \text{sinc}^2(100t)$$

το οποίο διαμορφώνει κατά συχνότητα (FM) ένα φέρον πλάτους $50V$ και συχνότητας $f_c = 100MHz$, και λόγο απόκλισης $D = 8, 16$.

A) Να βρεθεί και να σχεδιαστεί το φάσμα $X(f)$ και να υπολογιστεί το εύρος ζώνης f_x του σήματος πληροφορίας. (5 Μονάδες)

B) Να υπολογιστεί η μέγιστη απόκλιση συχνότητας Δf_{max} και η σταθερά απόκλισης συχνότητας k_f . (5 Μονάδες)

Γ) Να δοθεί η έκφραση του διαμορφωμένου σήματος FM και να υπολογισθεί το εύρος ζώνης του. (5 Μονάδες)

(Υπόδειξη για ερώτημα (B): Υπενθυμίζεται ότι $\Delta f_{max} = \frac{k_f \cdot \max|x(t)|}{2\pi}$)

A) Χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες και τους γνωστούς Μ/Σ Fourier:

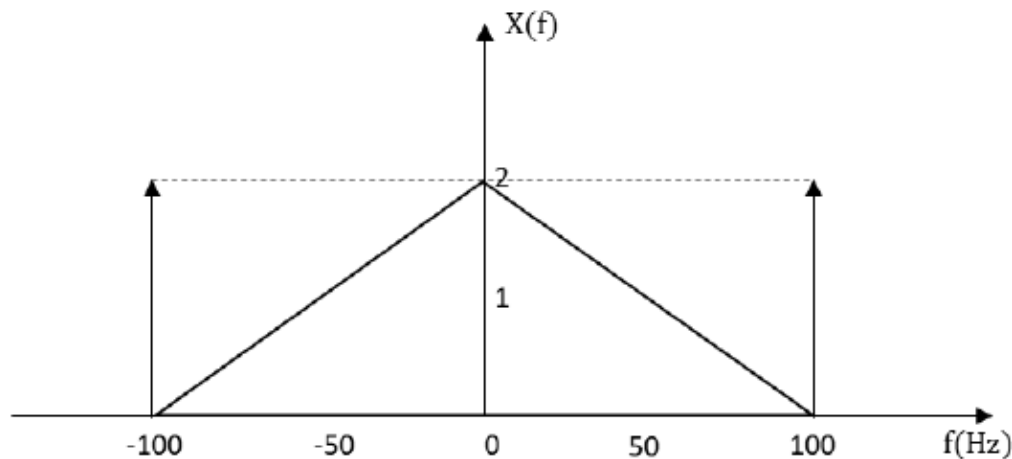
$$a \operatorname{sinc}^2(at) \stackrel{F}{\leftrightarrow} \operatorname{tri}\left(\frac{f}{a}\right)$$

$$\cos(2\pi at) \stackrel{F}{\leftrightarrow} \frac{1}{2} (\delta(f + a) + \delta(f - a))$$

το φάσμα $X(f)$ υπολογίζεται ως

$$X(f) = 2 \cdot (\delta(f + 100) + \delta(f - 100)) + 2 \cdot \operatorname{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

ενώ η απεικόνισή του είναι



Το εύρος ζώνης του σήματος πληροφορίας όπως προκύπτει από την απεικόνισή του είναι $f_x = 100\text{Hz}$.

Β) Η μέγιστη απόκλιση συχνότητας δίνεται από τη σχέση:

$$D = \frac{\Delta f_{max}}{f_x} \Rightarrow \Delta f_{max} = D \cdot f_x = 8,16 \cdot 100 = 816 \text{ Hz}$$

Η σταθερά απόκλισης συνδέεται με τη μέγιστη απόκλιση συχνότητας με την εξίσωση:

$$\Delta f_{max} = \frac{k_f \cdot \max|x(t)|}{2\pi} \Rightarrow k_f = \frac{\Delta f_{max} \cdot 2\pi}{\max|x(t)|} = \frac{816 \cdot 2\pi}{204} = 8\pi \text{ Hz/V}$$

Γ) Το διαμορφωμένο FM σήμα συνεπώς γράφεται ως εξής

$$\begin{aligned} x_{FM}(t) &= A_c \cdot \cos\left(2\pi f_c t + k_f \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau\right) \\ &= 50 \cdot \cos\left(2\pi 10^8 t + 8\pi \int_{-\infty}^t [4 \cdot \cos(200\pi\tau) + 200 \cdot \text{sinc}^2(100\tau)] d\tau\right) \end{aligned}$$

Με βάση τον κανόνα Carson, προκύπτει ότι το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος ισούται με:

$$W_{FM} = 2(D + 1)f_x = 2 \cdot 9,16 \cdot 100 = 1832 \text{ Hz}$$

ΠΛΗ22 Επαναληπτική Εξέταση 25-7-2018

ΘΕΜΑ 1

Δίνεται το σήμα $x(t) = \cos(2\pi 200t)$

Να διερευνήσετε την περιοδικότητα και τη δειγματοληψία (με βάση το κριτήριο Nyquist) για τα ακόλουθα σήματα:

(α) $a(t) = [x(t\sqrt{2})]^2$

(β) $b(t) = x(t) + \text{sinc}(400t)$

(γ) $c(t) = [x(4t) + \text{sinc}^2(100t)] * [\delta(t) - 300\text{sinc}(300t)]$ (όπου το ‘*’ υποδηλώνει τη συνέλιξη).

(δ) $e(t) = 1 + x(t) \cdot t \cdot \text{sinc}(400t)$

$$(α) a(t) = x^2(t\sqrt{2}) = \frac{1 + \cos(2\pi 400\sqrt{2} \cdot t)}{2} \text{ με τη βοήθεια της ιδιότητας } \cos^2\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1 + \cos(\theta)}{2}$$

Περιοδικό με περίοδο $T = \frac{1}{400\sqrt{2}} \text{ sec} = \frac{\sqrt{2}}{800} \text{ sec}$

Συχνότητα $f = 400\sqrt{2} \text{ Hz}$

Συχνότητα Δειγματοληψίας $f_{s,\min} = 800\sqrt{2} \text{ Hz}$

(β)

$$b(t) = x(t) + \sin c(400t) = \cos(2\pi 200t) + \sin c(400t) \xrightarrow{F} c(f) = \frac{1}{2} \{ \delta(f - 200) + \delta(f + 200) \} + \frac{1}{400} \text{rect}\left(\frac{f}{400}\right)$$

Το φάσμα πλάτους είναι συνεχές άρα το σήμα μη περιοδικό

Μέγιστη συχνότητα 200Hz, άρα ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας $f_{s,\min} = 400 \text{ Hz}$

(γ)

$$\begin{aligned}c(t) &= [x(4t) + \sin c^2(100t)] * [\delta(t) - 300 \sin c(300t)] = \\&= [\cos(2\pi 800t) + \sin c^2(100t)] * [\delta(t) - 300 \sin c(300t)] \xleftarrow{F} \\&\xrightarrow{F} \left\{ \frac{1}{2} \{ \delta(f - 800) + \delta(f + 800) \} + \frac{1}{100} \text{tri} \left(\frac{f}{100} \right) \right\} \cdot \left\{ 1 - \text{rect} \left(\frac{f}{300} \right) \right\}\end{aligned}$$

Εδώ έχουμε υπερπλάτος φίλτρο που αφήνει να περάσουν οι παλμοί δ στα +/- 800Hz

Σήμα Περιοδικό με περίοδο $T = \frac{1}{800} \text{ sec}$

Συχνότητα $f = 800 \text{ Hz}$

Συχνότητα Δειγματοληψίας $f_{s,\min} = 1600 \text{ Hz}$

(δ)

$$e(t) = 1 + x(t) \cdot t \cdot \sin c(400t) = 1 + \cos(2\pi 200t) \cdot t \cdot \frac{\sin(400\pi t)}{400\pi t} = 1 + \frac{1}{800\pi} \sin(2\pi 400t) \quad (\text{με βάση την ιδιότητα } \sin(2\theta) = 2\sin(\theta)\cos(\theta))$$

Σήμα Περιοδικό με περίοδο $T = \frac{1}{400} \text{ sec}$

Συχνότητα $f = 400 \text{ Hz}$

Συχνότητα Δειγματοληψίας $f_{s,\min} = 800 \text{ Hz}$

ΠΛΗ22 Επαναληπτική Εξέταση 25-7-2018

ΘΕΜΑ 2

Δίνεται το σήμα $x(t) = 400\text{sinc}^2(400t)$

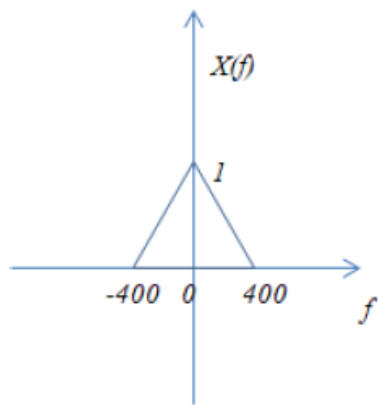
(α) Να υπολογισθεί και να σχεδιαστεί το φάσμα πλάτους του $x(t)$.

(β) Το $x(t)$ διαμορφώνει κατά DSB συνημιτονικό φέρον μοναδιαίου πλάτους και συχνότητας 2 KHz. Να υπολογιστεί και να σχεδιαστεί το φάσμα πλάτους του διαμορφωμένου σήματος.

(γ) Για τη λήψη της άνω πλευρικής του διαμορφωμένου σήματος χρησιμοποιείται υψιπερατό φίλτρο, ενώ για τη λήψη της κάτω πλευρικής χρησιμοποιείται βαθυπερατό φίλτρο. Να υπολογιστούν οι κρουστικές αποκρίσεις των 2 φίλτρων.

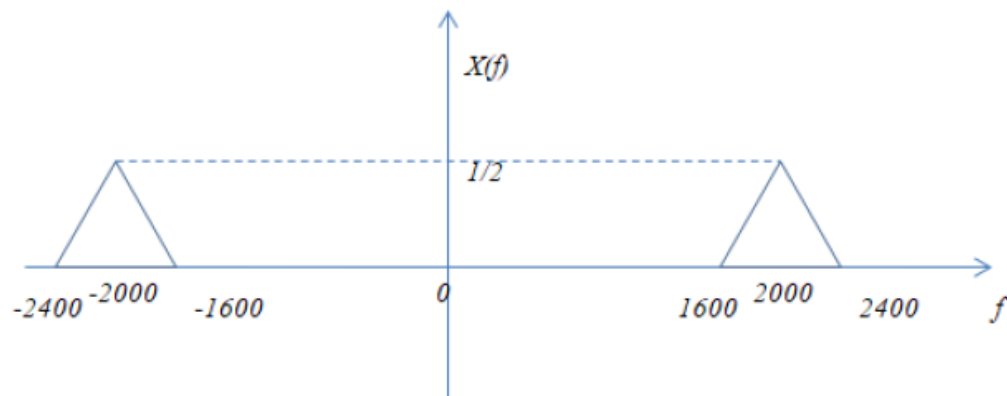
(δ) Το $x(t)$ διαμορφώνει κατά FM συνημιτονικό φέρον συχνότητας 100KHz και μοναδιαίου πλάτους με σταθερά απόκλισης συχνότητας $k_f = 8\pi$. Να δοθεί η έκφραση του διαμορφωμένου σήματος στο πεδίο του χρόνου και να υπολογιστεί το εύρος ζώνης του.

$$(\alpha) x(t) = 400 \sin^2(400t) \xrightarrow{F} \text{tri}\left(\frac{f}{400}\right) = X(f)$$



(β) Το $x(t)$ διαμορφώνει κατά DSB συνημιτονικό φέρον μοναδιαίου πλάτους και συχνότητας 2 KHz.

$$\begin{aligned} x_{DSB}(t) &= x(t) \cdot \cos(2\pi 2000t) \xrightarrow{F} \frac{1}{2} [X(f-2000) + X(f+2000)] = \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \text{tri}\left(\frac{f-2000}{400}\right) + \text{tri}\left(\frac{f+2000}{400}\right) \right\} \end{aligned}$$



(γ)

Για τη λήψη της κάτω πλευρικής ζώνης:

Βαθυπερατό φίλτρο με συνάρτηση μεταφοράς $H(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{4000}\right)$ και κρουστική απόκριση

$$h(t) = 4000 \text{sinc}(4000t)$$

Για τη λήψη της άνω πλευρικής ζώνης:

Υψιπερατό φίλτρο με συνάρτηση μεταφοράς $H(f) = 1 - \text{rect}\left(\frac{f}{4000}\right)$ και κρουστική απόκριση

$$h(t) = \delta(t) - 4000 \text{sinc}(4000t)$$

$$(\delta) x_{FM}(t) = \cos\left(2\pi 1000000t + 8\pi \int_{-\infty}^t 400 \text{sinc}^2(400\lambda) d\lambda\right)$$

Λόγος απόκλισης:

$$D = \frac{\Delta f_{\max}}{f_x} = \frac{k_f \max(|x(t)|)}{f_x} = \frac{8\pi}{2\pi} \frac{400}{400} = 4$$

$$W = 2(D+1)f_x = 2(4+1)400\text{Hz} = 4\text{KHz}$$

Διερεύνηση Δειγματοληψίας

- Σήμα $x(t)$ με φάσμα περιορισμένου εύρους f_{max}

$$X(f) \neq 0, \quad |f| < f_{max}$$

$$X(f) = 0, \quad |f| > f_{max}$$

- Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας (Nyquist)

$$f_{s, min} = 2 f_{max}$$

- Έκφραση στο πεδίο του χρόνου. (Δειγματοληπτό σήμα)
με συχν. δειγματοληψίας f_s .
" περίοδο " " $T_s = \frac{1}{f_s}$

$$x_s(n) = x(t) \\ t \rightarrow nT_s$$

- Φάσμα δειγματοληπτού σήματος

$$X_s(f) = f_s \cdot \sum_{m=-\infty}^{\infty} X(f - m f_s)$$

Ασκίσεις.

ΓΕ3/1718/Θ1

ΕΞ 2017B/Θ1, 2017A/Θ1
2016A/Θ6, Θ1

ΓΕ3/1819/Θ3

ΓΕ3/2021/Θ2,6

Διαμόρφωση PCM

Σήμα $x(t)$ } Δειγματίζεται με συχνότητα δειγματοληψίας
 περιορισμένου εύρους f_{max}
 δηλ. $|x(t)| \neq 0, |f| \leq f_{max}$
 $|x(t)| = 0, |f| > f_{max}$

$f_s \geq f_{s, min} = 2 f_{max}$. (samples/sec)

Υποθέτουμε L στάθμες κβάντισης (samples)

Διαδικά bits / στάθμη κβάντισης : $\eta = \lceil \log_2(L) \rceil$ (bits/sample)

Ρυθμός μετάδοσης δειγματοποιημένου σήματος : $R_s = f_s \left(\frac{\text{samples}}{\text{sec}} \right) \cdot \eta \left(\frac{\text{bits}}{\text{sample}} \right) = f_s \cdot \eta \left(\frac{\text{bits}}{\text{sec}} \right) = f_s \cdot \log_2 L$

Διαδικά κανάλια : μεταφέρουν $2 \frac{\text{bits/sec}}{\text{Hz}}$

Άρα Εύρος ζώνης PCM : $B_{PCM} \geq \frac{1}{2} f_s \cdot \log_2 L$ (Hz)

Για ομοιόμορφη κβάντιση : Σήματα θερμικός λόγος κβάντισης
 $SNR_q = 10 \log_{10}(L^2) = 20 \log_{10}(L)$ (dB)

ΓΕ3/2021/Θ2,5
 ΓΕ5/2021/Θ6

ΓΕ3/1819/Θ6, ΓΕ5/1819/Θ5
 ΓΕ3/1920/Θ1,2

Απορίες
 ΓΕ3/1718/Θ2, ΕΞ2013Α/Θ2
 ΕΞ2012Β/Θ2

Ένα ημιτονοειδές σήμα έχει περίοδο 1 msec. Ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός δειγματοληψίας είναι:

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. 2 kHz

B. 10 kHz

C. 1 kHz

D. 2 MHz

Ένα σήμα με μέγιστη συχνότητα φάσματος $f=1000$ Hz δειγματίζεται με τον ελάχιστο απαιτούμενο ρυθμό δειγματοληψίας και στη συνέχεια διέρχεται από ομοιόμορφο κβαντιστή PCM με 64 στάθμες κβάντισης. Το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου κατά PCM σήματος είναι:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. 6000 Hz
- b. 24000 Hz
- c. 16000 Hz
- d. 12000 Hz

Αν ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός δειγματοληψίας κατά Nyquist ενός ημιτονοειδούς σήματος είναι 2 kHz τότε η περίοδος του σήματος είναι:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. 5 msec
- b. 1 msec
- c. 0,5 msec
- d. 10 msec

Δίνεται το σήμα $x(t)=\text{sinc}(40t)$ το οποίο διέρχεται από ομοιόμορφο κβαντιστή PCM με 128 στάθμες. Υπολογίστε το ελάχιστο εύρος ζώνης W του διαύλου εξόδου του PCM (υποθέτοντας ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας).

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $W = 28 \text{ Hz}$
- B. $W = 280 \text{ Hz}$
- C. $W = 140 \text{ Hz}$
- D. $W = 14 \text{ Hz}$

Να υπολογιστεί η συχνότητα δειγματοληψίας με βάση το κριτήριο Nyquist για το σήμα

$$x(t) = 4\text{sinc}^2(2t) - \text{sinc}^2(t) + \delta(t)$$

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. 3 Hz

B. Δεν υπάρχει

C. 2 Hz

D. 4 Hz

Ποια είναι η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας Nyquist του σήματος;

$$x(t) = 1 + \text{sinc}(2t)$$

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 2 Hz
- B. 0.5 Hz
- C. 1 Hz
- D. Δεν υπάρχει

Ερώτηση 16

Δεν απαντήθηκε

Βαθμολογείται με 0,50

▶ Σήμανση ερώτησης

⚙ Επεξεργασία ερώτησης

Ποιο το απαιτούμενο εύρος ζώνης PCM σήματος με συχνότητα δειγματοληψίας την Nyquist και πλήθος σταθμών κβάντισης 8;

Δίδεται ότι η μέγιστη συχνότητα του σήματος είναι 5 KHz.

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $W = 7.5 \text{ KHz}$
- B. $W = 40 \text{ KHz}$
- C. $W = 15 \text{ KHz}$
- D. $W = 20 \text{ KHz}$

Δίνεται το σήμα με το παρακάτω φάσμα πλάτους

$$X(f) = 0.5 \operatorname{rect}\left(\frac{f}{10}\right)$$

το οποίο διέρχεται από φίλτρο με συνάρτηση μεταφοράς

$$H(f) = 2 \operatorname{rect}\left(\frac{f}{4}\right)$$

Να υπολογιστεί η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας του σήματος $y(t)$ στην έξοδο του φίλτρου.

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Δεν υπάρχει
- B. 2 Hz
- C. 8 Hz
- D. 4 Hz

Το σήμα $x(t)=\delta(t)$ έχει συχνότητα δειγματοληψίας Nyquist

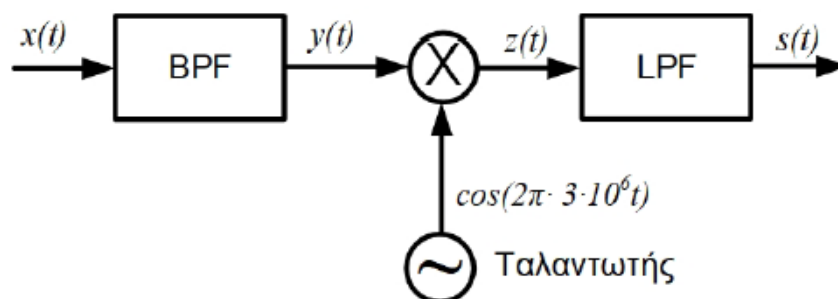
Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Δεν υπάρχει συχνότητα δειγματοληψίας με το κριτήριο Nyquist.
- b. Άπειρη
- c. 1ση με 1Hz
- d. Αρνητική

ΘΕΜΑ 6 (20 Μονάδες)

Θεωρήστε ότι το σήμα εισόδου στο ιδανικό ζωνοπερατό φίλτρο (BPF) του σχήματος είναι $x(t) = m(t) \left[1 + \cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^6 t) \right]$, όπου $m(t) = 10^6 \text{ sinc}(10^6 t)$. Η συνάρτηση μεταφοράς του

ζωνοπερατού φίλτρου είναι $H_{BPF}(f) = \Pi\left(\frac{f - 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) + \Pi\left(\frac{f + 3 \cdot 10^6}{10^6}\right)$. Το βαθυπερατό φίλτρο (LPF) έχει συχνότητα αποκοπής τα $1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$.



Ερώτηση 1^η (7 Μονάδες): Υπολογίστε και απεικονίστε το πλάτος του φάσματος του σήματος εξόδου, $Y(f)$, του ζωνοπερατού φίλτρου.

Ερώτηση 2^η (4 Μονάδες): Υπολογίστε το σήμα $s(t)$ στην έξοδο του βαθυπερατού φίλτρου.

Ερώτηση 3^η (4 Μονάδες): Ποιος είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας κατά Nyquist των σημάτων $x(t)$ και $s(t)$.

Ερώτηση 4^η (5 Μονάδες): Αν εναλλακτικά το σήμα $s(t)$ υπόκειται σε δειγματοληψία με συχνότητα διπλάσια εκείνης που υποδεικνύει ο Nyquist και στη συνέχεια μετατραπεί σε ένα ψηφιακό σήμα PCM, υπολογίστε το εύρος ζώνης που θα απαιτηθεί για τη μετάδοση του σήματος PCM, υποθέτοντας ότι ο απαιτούμενος σηματοθορυβικός λόγος για τη μετάδοση είναι τουλάχιστο 40 dB.

Ερώτηση 1^η: Αρχικά υπολογίζουμε το φάσμα του σήματος εισόδου, ώστε να εκμεταλλευτούμε την ιδιότητα των ΓΧΑ συστημάτων που συνδέει το φάσμα του σήματος εισόδου με το φάσμα του σήματος εξόδου και τη συνάρτηση μεταφοράς του φίλτρου: $Y(f) = H_{BPF}(f)X(f)$.

Άρα

$$x(t) = m(t)[1 + \cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^6 t)] \Rightarrow X(f) = F\{m(t)[1 + \cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^6 t)]\}$$

$$\Rightarrow X(f) = F\{m(t) + m(t)\cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^6 t)\}$$

$$\Rightarrow X(f) = F\{m(t)\} + F\{m(t)\cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^6 t)\}$$

$$\Rightarrow X(f) = M(f) + M(f) * F\{\cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^6 t)\}$$

$$\Rightarrow X(f) = M(f) + M(f) * \frac{1}{2}[\delta(f - 3 \cdot 10^6) + \delta(f + 3 \cdot 10^6)]$$

$$\Rightarrow X(f) = M(f) + \frac{1}{2}M(f - 3 \cdot 10^6) + \frac{1}{2}M(f + 3 \cdot 10^6)$$

όπου με * συμβολίζεται η πράξη της συνέλιξης.

Επειδή

$$m(t) = 10^6 \text{sinc}(10^6 t) \Rightarrow M(f) = F\{10^6 \text{sinc}(10^6 t)\} \Rightarrow M(f) = \Pi\left(\frac{f}{10^6}\right)$$

Άρα

$$X(f) = \Pi\left(\frac{f}{10^6}\right) + \frac{1}{2}\Pi\left(\frac{f - 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) + \frac{1}{2}\Pi\left(\frac{f + 3 \cdot 10^6}{10^6}\right)$$

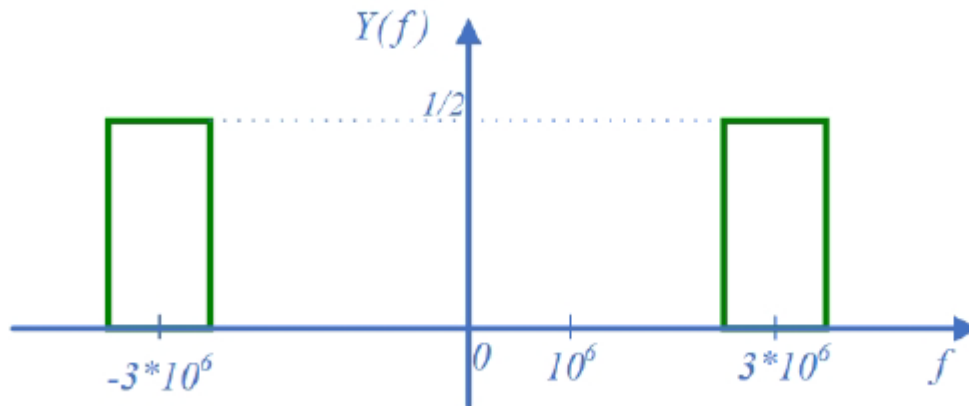
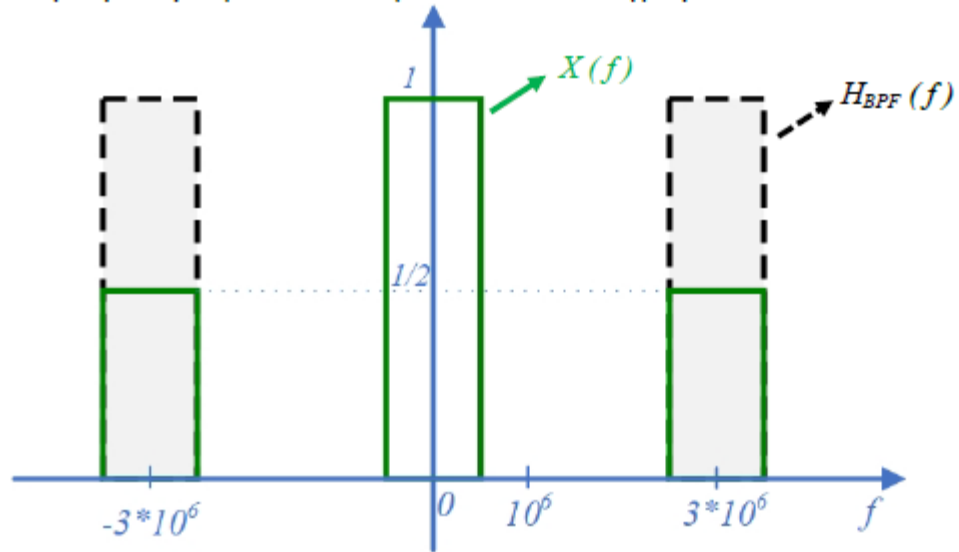
Άρα

$$Y(f) = H_{BPF}(f)X(f)$$

$$= \left[\Pi\left(\frac{f - 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) + \Pi\left(\frac{f + 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) \right] \left[\Pi\left(\frac{f}{10^6}\right) + \frac{1}{2}\Pi\left(\frac{f - 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) + \frac{1}{2}\Pi\left(\frac{f + 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) \right]$$

$$= \frac{1}{2}\Pi\left(\frac{f - 3 \cdot 10^6}{10^6}\right) + \frac{1}{2}\Pi\left(\frac{f + 3 \cdot 10^6}{10^6}\right)$$

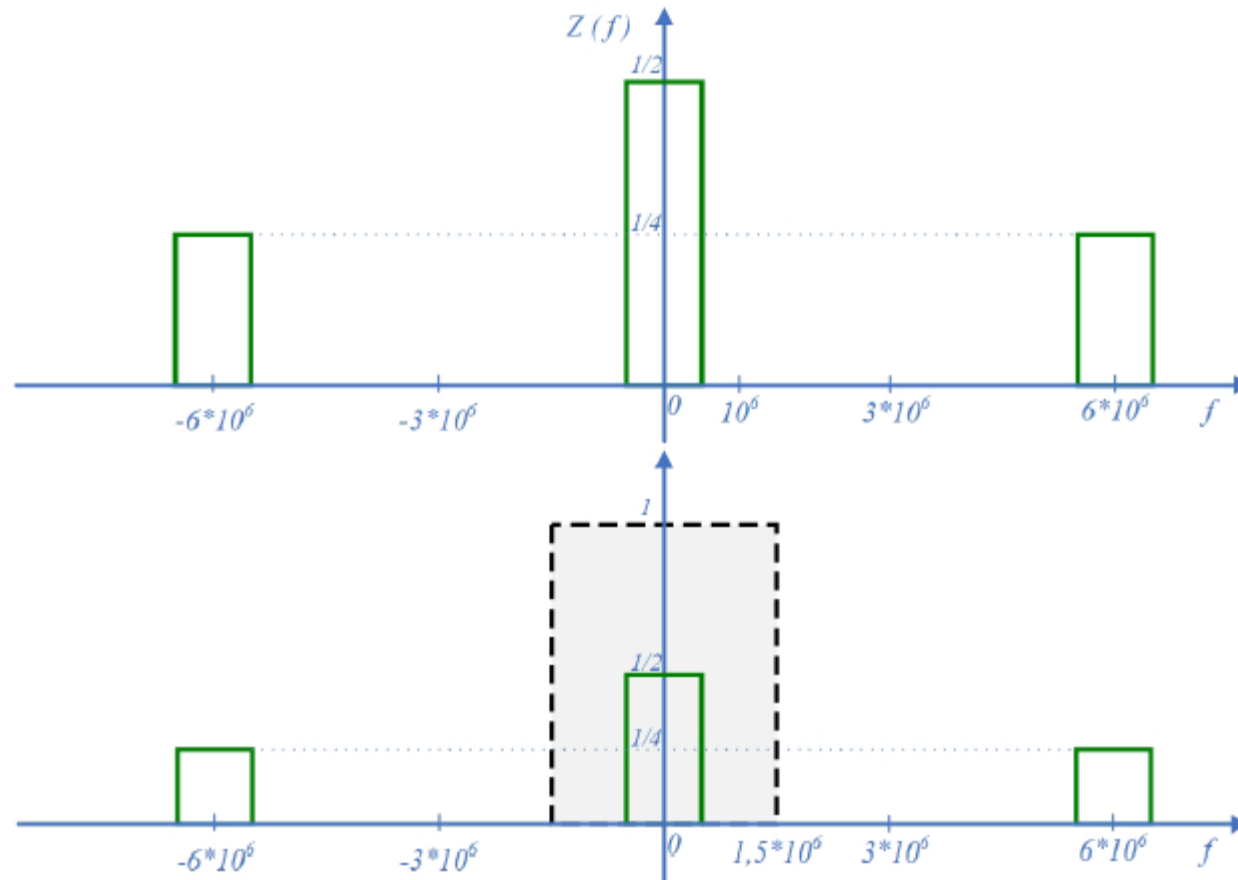
Το γινόμενο μπορεί να υπολογισθεί εύκολα και γραφικά



Ερώτηση 2^η: Το φάσμα του σήματος $z(t)$ στην έξοδο του πολλαπλασιαστή είναι

$$Z(f) = Y(f) * \frac{1}{2} [\delta(f - 3 \cdot 10^6) + \delta(f + 3 \cdot 10^6)] = \frac{1}{2} Y(f - 3 \cdot 10^6) + \frac{1}{2} Y(f + 3 \cdot 10^6)$$

Το σήμα στην έξοδο του βαθυπερατού φίλτρου υπολογίζεται εύκολα γραφικά αν απεικονίσουμε τη συνάρτηση μεταφοράς του φίλτρου στο ίδιο σχήμα με το φάσμα του σήματος στην έξοδο του πολλαπλασιαστή ως εξής:



Άρα στην έξοδο του βαθυπερατού φίλτρου έχουμε το φάσμα

$$S(f) = \frac{1}{2} \Pi\left(\frac{f}{10^6}\right) \text{ και άρα το σήμα στο πεδίο του χρόνου είναι } s(t) = \frac{10^6}{2} \text{sinc}(10^6 t).$$

Ερώτηση 3^η:

Ο ρυθμός δειγματοληψίας κατά Nyquist για μεν το $x(t)$ είναι 7 MHz, για δε το $s(t)$ είναι 1 MHz.

Ερώτηση 4^η:

Αν δειγματοληπτήσουμε το σήμα με συχνότητα διπλάσια του Nyquist, τότε $f_s = 2 \text{ MHz}$. Επειδή απαιτείται σηματοθρομβικός λόγος $SNR \geq 40 \text{ dB} \Rightarrow 20 \log_{10} L \geq 40 \Rightarrow L \geq 10^2 = 100$. Όμως στην PCM έχουμε στάθμες που είναι δυνάμεις του 2, και άρα $L = 128$, δηλαδή απαιτούνται 7 bits/sample.

$$\text{Άρα } B_{PCM} \geq \frac{1}{2} f_s \log_2 L = \frac{1}{2} 2 \cdot 7 = 7 \text{ MHz}$$

Θεωρία Πληροφορίας

χ.τ.φ. $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ Πιθανότητες

$$\sum_{i=1}^n P(x_i) = 1 \quad 0 \leq P(x_i) \leq 1$$

Ομοιόμορφη κατανομή $P(x_i) = \frac{1}{n}$

Συνδυασμένη πιθανότητα $P(x_i \text{ και } y_j) = P(x_i, y_j)$

Υπό συνθήκη πιθανότητα $P(x_i \text{ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ } y_j) = P(x_i/y_j) = \frac{P(x_i, y_j)}{P(y_j)}$

Μέση τιμή τ. φ. $E(x) = \sum_{i=1}^n x_i P(x_i)$

$$\Leftrightarrow P(x_i, y_j) = P(x_i/y_j) P(y_j) \\ = P(y_j/x_i) P(x_i)$$

Ποσότητα Πληροφορίας

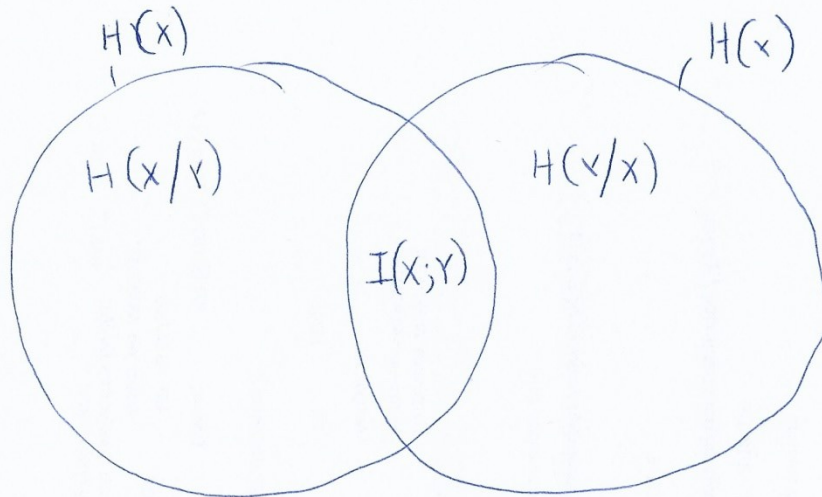
Ενδεχομένου x_i μιας τ. φ. X $H(x_i) = -\log_2 [P(x_i)]$

Αν $P(x_i) = 0$ ή $P(x_i) = 1$ $H(x_i) = 0$ (βέβαιο ή απίθανο ενδεχόμενο)

Μέση ποσότητα Πληροφορίας - Εντροπία α τ. φ. X : $H(X) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log [P(x_i)]$

Συνδυασμένη Εντροπία $H(X, Y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P(x_i, y_j) \log P(x_i, y_j)$

Υπό συνθήκη Εντροπία $H(X/Y) = \sum_{j=1}^n H(X/Y_j) P(y_j) = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{i=1}^n P(x_i/y_j) \log P(x_i/y_j) \right] P(y_j) =$
 $= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P(x_i/y_j) \cdot P(y_j) \log P(x_i/y_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P(x_i, y_j) \log P(x_i/y_j)$



$$H(x) = H(x/y) + I(x; y)$$

$$\begin{aligned} H(x, y) &= H(x) + H(y/x) = \\ &= H(y) + H(x/y) \end{aligned}$$

X : Τ.Ρ. $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

$$0 \leq H(x) \leq \log_2(n)$$

↑
↓ βέβαιο ενδεχόμενο

↑ ομοιόμορφη κατανομή
(ισοπιθανά όλα τα ενδεχόμενα)

ΓΕ4/1819/Θ1
ΓΕ4/1920/Θ1,2
ΓΕ4/2021/Θ1,2

Αδελφίσες
ΓΕ3/1718/Θ5,6
ΕΞ 2016 Β/Θ3

Κωδικοποίηση Πηγής

- ομοιομορφία
- Fano, Shannon, Huffman (βέλτιστη)

Σύμβολα $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$

Μέσο μήκος κώδικα $\bar{L} = \sum_{i=1}^n l_i p(s_i)$

$$H(S) \leq \bar{L} \leq \log_2(n)$$

Προσοχή: όλοι οι ανωτέρω κώδικες είναι μοναδικά αποκωδικοποιήσιμοι, μη προσηφατικοί)

άμεσοι (ιδιάγοτες),

Ανισότητα του Kraft

Για κάθε άμεσο δυαδικό κώδικα με μήκη κωδικολέξεων l_i ισχύει:

$$\sum_{i=1}^n 2^{-l_i} \leq 1$$

ΓΕ4/1819/Θ3,4

ΓΕ4/1920/Θ3,4

ΓΕ4/2021/Θ3,4

Ασκύσεις

ΓΕ3/1718/Θ7

ΕΞ2017Α/Θ3, ΕΞ2014Α/Θ3

ΕΞ2018Α/Θ4, ΕΞ2018Β/Θ3

ΕΞ2019Α/Θ4, ΕΞ2019Β/Θ3,4

Θεωρείστε ότι έχετε ένα αλφάβητο πηγής που αποτελείται από 64 ισοπίθانا σύμβολα. Από αυτό το αλφάβητο σχηματίζουμε μηνύματα μήκους αποτελούμενα από 4 σύμβολα το καθένα.

Ποια είναι η ποσότητα πληροφορίας των μηνυμάτων σε bits;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 24 bits
- B. 32 bits
- C. 4 bits
- D. 6 bits

Για μία πηγή πληροφορίας τεσσάρων συμβόλων δίνονται οι παρακάτω κώδικες:

I: {000, 011, 110, 000}

II: {00, 111, 10, 0010}

III: {000, 001, 010, 100}

IV: {1, 10, 100, 1000}

Ποια από τις παρακάτω φράσεις είναι σωστή;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Ο «I» είναι μη ιδιάζων κώδικας
- B. Ο «II» είναι μοναδικά αποκωδικοποιήσιμος
- C. Ο «III» είναι άμεσος
- D. Κανένας από τους κώδικες I-IV δεν είναι άμεσος

Ποιο είναι το πληροφοριακό περιεχόμενο μιας τυχαίας μεταβλητής X η οποία αντιστοιχεί στο στρίψιμο ενός ζαριού το οποίο στις 3 πλευρές του έχει τον αριθμό 1 και στις άλλες τρεις πλευρές του τον αριθμό έξη (6).

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. $\log_2 6$ bits
- b. 0 bit
- c. $\log_2 3$ bits
- d. 1 bit

Θεωρήστε πηγή πληροφορίας η οποία παράγει 3 σύμβολα α , β , γ με τα εξής χαρακτηριστικά ($p_\alpha = p_\beta$ ενώ το $p_\gamma = 1/3$). Ποιο το πληροφοριακό περιεχόμενο **μηνυμάτων** της πηγής αυτής αποτελούμενων από **4 σύμβολα**.

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 1.00 bit/μήνυμα
- B. 6.34 bits/μήνυμα
- C. 2.34 bits/μήνυμα
- D. 1.585 bit/μήνυμα

Μια πηγή μεταδίδει 6 σύμβολα σύμφωνα με την κατανομή $\{0.25, 0.2, 0.2, 0.15, 0.1, 0.1\}$ τα οποία κωδικοποιούνται σύμφωνα με τον αλγόριθμο FANO.

Ποιος διαχωρισμός πιθανοτήτων σε δύο υποσύνολα αντιστοιχεί στο **πρώτο** βήμα του αλγορίθμου FANO;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $\{0.25, 0.2\}$ και $\{0.2, 0.15, 0.1, 0.1\}$
- B. $\{0.25\}$ και $\{0.2, 0.2, 0.15, 0.1, 0.1\}$
- C. $\{0.25, 0.2, 0.2\}$ και $\{0.15, 0.1, 0.1\}$
- D. $\{0.25, 0.15, 0.1\}$ και $\{0.2, 0.2, 0.1\}$

Επιλέξτε ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι πάντοτε λάθος σχετικά με την αμοιβαία πληροφορία;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $I(X;Y)=I(Y;X)$
- B. $I(X;Y)=H(Y)-H(X/Y)$
- C. $I(X;Y)=H(X)+H(Y)-H(X,Y)$
- D. $I(X;X)=H(X)$

Μια πηγή μεταδίδει 5 σύμβολα {A, B, Γ, Δ, E} με αντίστοιχες πιθανότητες {0.4, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1} τα οποία κωδικοποιούνται σύμφωνα με τον αλγόριθμο HUFFMAN ενώ το βέλτιστο μέσο μήκος είναι $L=2.2$ bits. Ποιες από τις παρακάτω κωδικοποιήσεις μπορεί να προκύψει από τον αλγόριθμο Huffman;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. A=0, B=100, Γ=101, Δ=110, E=111
- B. A=00, B=01, Γ=10, Δ=110, E=111
- C. Όλες είναι κωδικοποιήσεις Huffman
- D. A=0, B=10, Γ=110, Δ=1110, E=1111

Για ποια από τα παρακάτω σύνολα κωδικών λέξεων δεν μπορεί να βρεθεί ένας άμεσος κώδικας;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. {1, 2, 3, 6, 6, 6}
- B. {3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3}
- C. {1, 2, 3, 3, 4}
- D. {2, 2, 3, 4}

Δίνεται η παρακάτω κωδικοποίηση

Σύμβολο	Πιθανότητα εμφάνισης	Κωδικοποίηση
A	0,5	0
B	0,2	10
Γ	0,15	110
Δ	0,15	110

Ποιο είναι το μέσο μήκος της κωδικής λέξης;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 2
- B. 2.3
- C. 1.8
- D. 1.6

Ποιο είναι το πληροφοριακό περιεχόμενο μιας τυχαίας μεταβλητής X η οποία αντιστοιχεί στο στρίψιμο ενός νομίσματος με 2 κορώνες;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Κανένα από τα παραπάνω
- b. 0 bit
- c. 1 bit
- d. 0.5 bits

Δίνεται η τυχαία μεταβλητή $X=\{1,2,3,4\}$ με κατανομή εμφάνισης συμβόλων $p(X)=\{1/2, 1/4, 1/8, 1/8\}$, αντίστοιχα. Ποιο σύμβολο έχει το μικρότερο πληροφοριακό περιεχόμενο και πόσο είναι αυτό σε bits;

Επιλέξτε μια απάντηση:

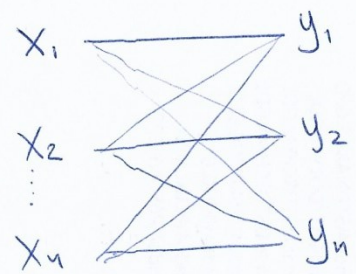
- a. $X=\{3,4\}$ και 3 bits
- b. $X=\{3,4\}$ και 1.75
- c. $X=1$ και 1 bit
- d. $X=1$ και 0.5 bits

Δίνεται ο κώδικας $\{0, 100, 101, 110, 111\}$. Τί είδους κώδικας είναι αυτός;

Επιλέξτε μια απάντηση:

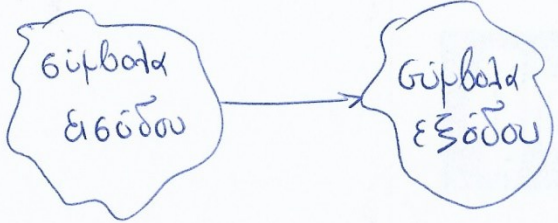
- a. Μη ιδιάζων
- b. Άμεσος
- c. Μοναδικώς αποκωδικοποιήσιμος
- d. Ιδιάζων

Κανάλια Επικοινωνίας



πίνακας μετάβασης

$$P(Y/X) = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_n \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix} & \left[\begin{matrix} P(y_1/x_1) \\ P(y_2/x_1) \\ \vdots \\ P(y_n/x_1) \end{matrix} \right] \end{matrix}$$



Μεταφερόμενη πληροφορία από το κανάλι - Απαιτούμενη Πληροφορία: $I(X; Y)$

$$I(X; Y) = H(Y) - H(Y/X) = H(X) - H(X/Y)$$

Χωρητικότητα.

$$C = \max_{P(x_i)} (I(X; Y))$$

$$0 \leq C \leq \max_{P(x_i)} (H(x))$$

Παρατηρήσεις: Για συμμετρικά κανάλια
• ο πίνακας μετάβασης έχει τα ίδια στοιχεία σε κάθε γραφή (μεγάλη διάταξη)

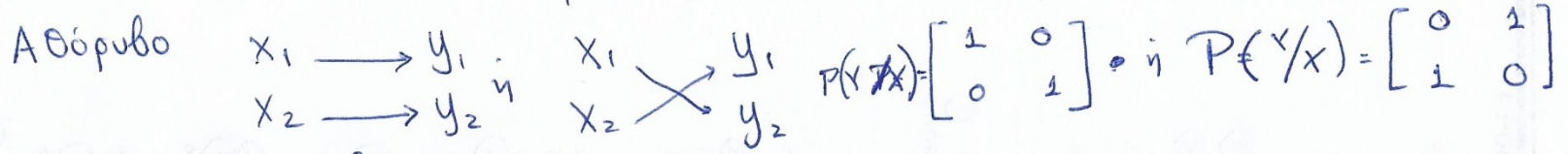
$$H(Y/X) = \sum_{j=1}^n P(y_j/x_i) \log [P(y_j/x_i)]$$

για οποιαδήποτε i γραφή του $P(Y/X)$ πίνακα.

οπότε $C = \log(n) - H(Y/X)$

- ΓΕ3/2021/05,6 ΓΕ4/1819/05,6
- ΕΞ2020Α/02 ΓΕ4/1920/05,6
- ΕΞ2018Β/04

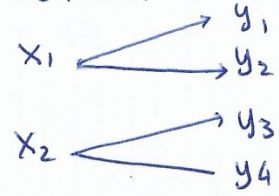
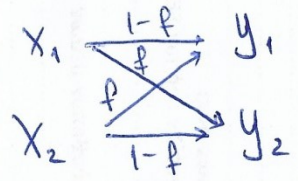
Χαρακτηριστικά Κανάλια



$C = \max H(X) = \log_2(2) = 1$
 $P(x_i) = 1/2$

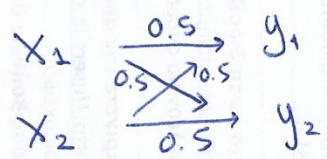
Σημ. Το ίδιο ισχύει και για ερθόρυβο κανάλι με ην επικαλυπτόμενες εξόδους

Διαδικό Συμμετρικό



$C_i = 1 + \underbrace{f \log f + (1-f) \log(1-f)}_{-H(f)} = 1 - H(f)$

Πλήρως Ερθόρυβο



$P(Y/X) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$

$C = 0$

- Ασκήσεις
 Γ Ε 4/1718/04, 2, 5
 Ε Ζ 2017B/03, 4
 Ε Ζ 2016A/05
 Ε Ζ 2015B/05
 Ε Ζ 2015A/05
 Ε Ζ 2013B/04

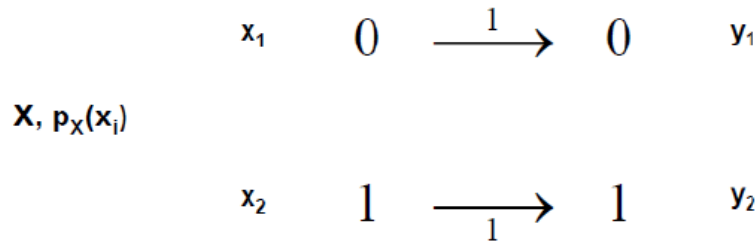
Ερθόρυβη Γραφομηχανή

$P(Y/X) = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \dots & 0 \\ \vdots & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$ η

$C = \max(H(X) - H(Y/X)) = 1$
 $\Rightarrow C = \max(H(Y) - 1) = \max(H(Y)) - 1 = \log(\eta) - 1 = \log(\frac{\eta}{2})$

$H(Y/X) = (\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{1}{2}) = 1$

Διαδικό κανάλι χωρίς θόρυβο



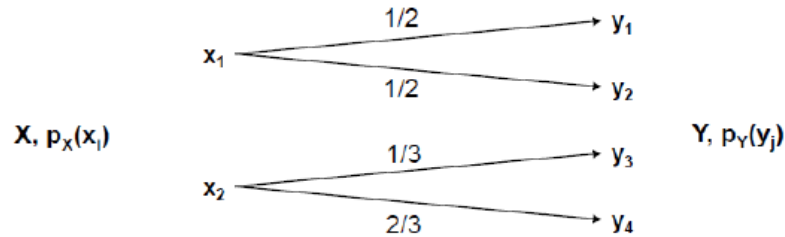
X, $p_X(x_i)$

Y, $p_Y(y_j)$

$$C(Q) = \max_{P_X} I(X;Y) = 1 \text{ bit, Προσοχή: } I(X,Y) = H(X)$$

$$[p_Y(0) \quad p_Y(1)] = [p_X(0) \quad p_X(1)] \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ενθόρυβο κανάλι με μη επικαλυπτόμενες εξόδους



X, $p_X(x_i)$

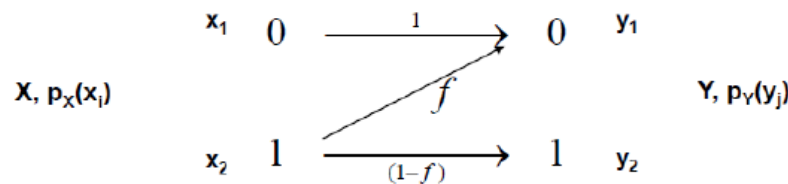
Y, $p_Y(y_j)$

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΑΘΗ.3/Ε-ΟΣΣ/Ν.Δημητρίου/
25.06.2017

$$C(Q) = \max_{P_X} I(X;Y) = 1 \text{ bit}$$

$$[p_Y(y_1) \quad p_Y(y_2) \quad p_Y(y_3) \quad p_Y(y_4)] = [p_X(x_1) \quad p_X(x_2)] \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/3 & 2/3 \end{bmatrix}$$

Το κανάλι Z



X, $p_X(x_i)$

Y, $p_Y(y_j)$

Αν θέσουμε $p_X(x_1=0)=1-\pi$, και $p_X(x_2=1)=\pi$, τότε από τα $p_Y(y_i)$, $i=1,2$ δίνονται από τους τύπους (βλ. διαφάνεια 11) ΤΟΤΕ

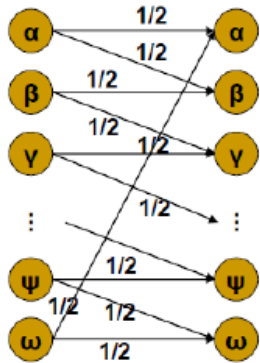
- $H(Y) = H((1-f)\pi)$
- $H(Y/X) = \pi * H(Y/X=1) = \pi * H(f)$

$$\text{Οπότε } \max I(X;Y) = \max(H(Y) - H(Y/X)) = \max(H((1-f)\pi) - \pi * H(f))$$

$$[p_Y(0) \quad p_Y(1)] = [p_X(0) \quad p_X(1)] \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ f & 1-f \end{bmatrix}$$

□ **Ενθόρυβη Γραφομηχανή**

- {α,β,γ,δ,...,χ,ψ,ω}

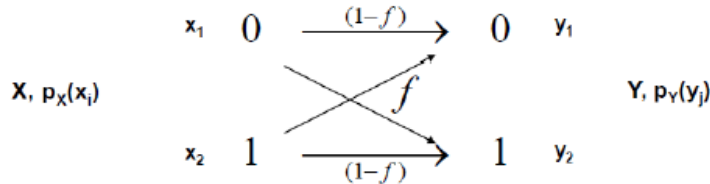


	α	β	γ	δ	ε	...	χ	ψ	ω
α	1/2	1/2	0	0	0	...	0	0	0
β	0	1/2	1/2	0	0	...	0	0	0
γ	0	0	1/2	1/2	0	...	0	0	0
δ	0	0	0	1/2	1/2	...	0	0	0
ε	0	0	0	0	1/2	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
χ	0	0	0	0	0	...	1/2	1/2	0
ψ	0	0	0	0	0	...	0	1/2	1/2
ω	1/2	0	0	0	0	...	0	0	1/2

Παρατηρούμε ότι κάθε ένα γράμμα είτε λαμβάνεται σωστά είτε λαμβάνεται το επόμενο του με πιθανότητα 1/2. Με δεδομένο ότι έχουμε 24 διαφορετικά σύμβολα εάν μεταδίδουμε μόνο κάθε δεύτερο σύμβολο δηλ. β,δ,ζ,θ,...,χ,ω, τότε μόνο αυτά τα 12 σύμβολα από τα 24 θα μπορούσαν να μεταδοθούν και στη συνέχεια να αποκωδικοποιηθούν χωρίς σφάλματα. Με άλλα λόγια η χωρητικότητα του καναλιού είναι log12 bits. Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήγαμε εάν χρησιμοποιούσαμε τον ορισμό

$$\max_{P_X} I(X;Y) = \max_{P_X} [H(Y) - H(Y/X)] = \max_{P_X} H(Y) - 1 = \log 24 - 1 = \log 12$$

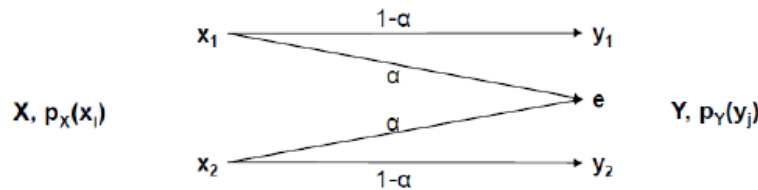
□ **Διαδικό συμμετρικό κανάλι**



$$\begin{aligned} I(X;Y) &= H(Y) - H(Y/X) \\ &= H(Y) - \sum p(x) H(Y/X=x) \\ &= H(Y) - \sum p(x) H(f) \\ &= H(Y) - H(f) \\ &\leq 1 - H(f) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} p_Y(0) & p_Y(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_X(0) & p_X(1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-f & f \\ f & 1-f \end{bmatrix}$$

Διαδικό κανάλι με αποσβέσεις



$$\begin{bmatrix} p_Y(y_1) & p_Y(e) & p_Y(y_2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_X(x_1) & p_X(x_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-\alpha & \alpha & 0 \\ 0 & \alpha & 1-\alpha \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \max I(X;Y) &= \max (H(Y) - H(Y/X)) \\ &= \max (H(Y) - H(\alpha)) \\ &= \max H(Y) - H(\alpha) \end{aligned}$$

Θα μπορούσε να είναι max H(Y) = log3 αλλά αυτή η τιμή δεν είναι εφικτή για καμία τιμή της pX(xi), i=1,2

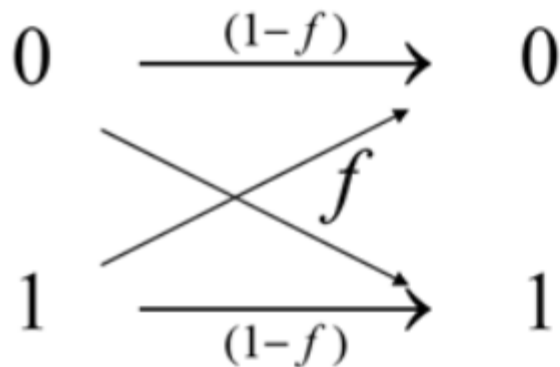
Αν θέσουμε pX(x1) = 1-π, και pX(x2) = π, τότε από τα pY(yi), i=1,e,2 δίνονται από τους τύπους (βλ. διαφάνεια 10) τότε

$$\max H(Y) = \max H((1-\alpha)\pi, \alpha, (1-\alpha)(1-\pi)) = \max [(1-\alpha)*H(\pi) + H(\alpha)] = (1-\alpha)*\max H(\pi) + H(\alpha)$$

Οπότε προκύπτει ότι

$$\max I(X;Y) = \max H(Y) - H(\alpha) = (1-\alpha)*\max H(\pi) + H(\alpha) - H(\alpha) = 1-\alpha$$

Δίνεται το παρακάτω δυαδικό συμμετρικό κανάλι όπου $f=0,25$ και πιθανότητα εμφάνισης 0 στην είσοδο είναι 0,75



Ποια είναι η πιθανότητα να έχω στην έξοδο $y=1$;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 0,5
- B. 0,375
- C. 0,625
- D. 0,425

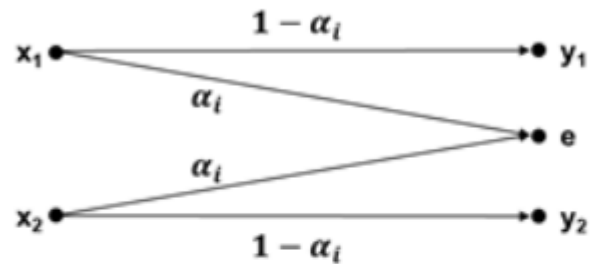
Δίνεται ο παρακάτω πίνακας μετάβασης ενός καναλιού τι τιμή πρέπει να έχουν τα x και y ώστε το κανάλι να μπορεί να χαρακτηριστεί ως ασθενώς συμμετρικός;

$$\begin{bmatrix} 1/3 & y & 1/4 & x \\ 1/6 & 1/4 & 1/4 & 1/3 \end{bmatrix}$$

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. $x=1/2$ και $y=1/2$
- b. $x=1/3$ και $y=1/6$
- c. $x=1/6$ και $y=1/4$
- d. $x=1/12$ και $y=1/3$

Δίνονται 3 ξεχωριστά κανάλια απόσβεσης με χωρητικότητες C_1, C_2, C_3 που αντιστοιχούν στις πιθανότητες απόσβεσης $\alpha_i, i=1,2,3$, όπου $\alpha_1=1/2, \alpha_2=1/4$ και $\alpha_3=1/8$.



Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι αληθής;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. $C_1 > C_2 > C_3$
- b. $C_2 > C_3 > C_1$
- c. $C_3 > C_2 > C_1$
- d. $C_3 > C_1 > C_2$

Δίνονται 3 ξεχωριστά δυαδικά συμμετρικά κανάλια (BSC) με χωρητικότητες C_1 , C_2 , C_3 που αντιστοιχούν στις πιθανότητες λάθους

$$f_1=1/2,$$

$$f_2=1/4 \text{ και}$$

$$f_3=1/8.$$

Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι αληθής:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $C_3 > C_1 > C_2$
- B. $C_1 > C_2 > C_3$
- C. $C_3 > C_2 > C_1$
- D. $C_2 > C_3 > C_1$

Δίδεται ο πίνακας μετάβασης του καναλιού C, με 8 εισόδους και 8 εξόδους.

$$P_{Y/X} = \begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

Η χωρητικότητά του είναι:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 1 bit
- B. 1,532 bit
- C. 2 bits
- D. 3 bits

Δίνεται ο παρακάτω πίνακας μετάβασης ενός καναλιού C.

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{6} & \frac{3}{6} & \frac{1}{6} \\ \frac{2}{6} & \frac{1}{6} & x \end{bmatrix}$$

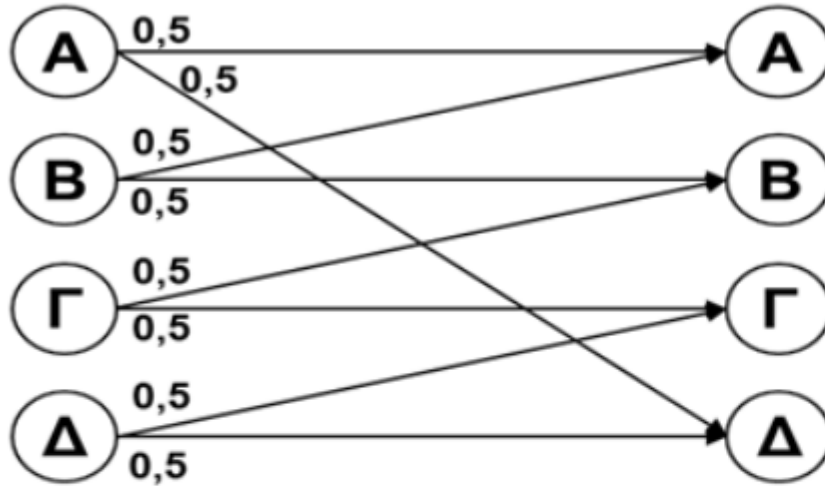
Ποια είναι η χωρητικότητα του καναλιού;

Δίνεται ότι $\log(2/6) = -1,585$, $\log(1/6) = -2,585$, $\log(3) = 1,585$

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 0.1258 bit
- B. 0,585 bit
- C. 1,7332 bit
- D. 0,0981 bit

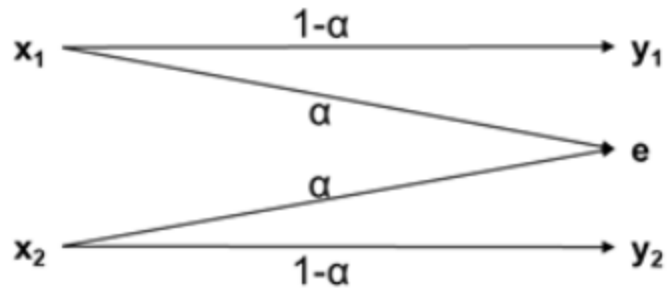
Για το παρακάτω διακριτό κανάλι, η χωρητικότητα είναι:



Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 2 bits
- B. 1.458 bits
- C. 0.5 bit
- D. 1 bit

Ποια από τα τέσσερα κανάλια απόσβεσης (BEC) με πιθανότητα λάθους α , έχει τη μεγαλύτερη χωρητικότητα;



Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $\alpha=0.2$
- B. $\alpha=0.1$
- C. $\alpha=0.4$
- D. $\alpha=0.3$

Δίνεται ένα δυαδικό συμμετρικό κανάλι με πιθανότητα λάθους $f=1/4$. Ποια είναι η χωρητικότητα του καναλιού;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. ~ 0.1887 bits
- b. 1 bit
- c. ~ 0.8113 bits
- d. 0 bit

ΘΕΜΑ 2 (15 Μονάδες) ΠΛΗ22_Τελική Εξέταση_17-6-2020_Μέρος_B

Πάνω από ένα κανάλι C με τέσσερις (4) εισόδους και τέσσερις (4) εξόδους μεταδίδονται τα σύμβολα 1, 2, 3 και 4, σύμφωνα με την κατανομή $\left\{\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}\right\}$. Αν συμβολίσουμε με X την τυχαία μεταβλητή των συμβόλων εισόδου και Y την τ.μ. των συμβόλων εξόδου, ο πίνακας μετάβασης $P(Y/X)$ δίνεται από τον παρακάτω πίνακα

$$P(Y/X) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.25 & 0.25 & 0 \\ 0.5 & 0.25 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.25 & 0.5 \\ 0 & 0.25 & 0.25 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Να βρεθούν οι παρακάτω ποσότητες:

A) Η κατανομή των τεσσάρων συμβόλων εξόδου της Y και δείξτε ότι η εντροπία $H(Y) = 1,906 \text{ bits}$

(5 Μονάδες)

B) Η εντροπία της $H(Y/X)$ και η αμοιβαία πληροφορία $I(X; Y)$ **(5 Μονάδες)**

Γ) Η χωρητικότητα C του καναλιού **(5 Μονάδες)**

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

A) Η κατανομή της Y προκύπτει από τον πίνακα μετάβασης $P(Y/X)$ βάσει των εξισώσεων

$$p_Y(y_j) = \sum_{i=1}^4 p_X(x_i)p_{ij}, \quad j = 1,2,3,4$$

$$p_X(x_i) \rightarrow \left\{ \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8} \right\}.$$

Οι παραπάνω εξισώσεις προκύπτουν άμεσα όταν πολλαπλασιάσουμε τους όρους κάθε γραμμής i του πίνακα μετάβασης με την αντίστοιχη πιθανότητα $p_X(x_i)$ του συμβόλου εισόδου i και στη συνέχεια προσθέσουμε κατά στήλες, όπου το άθροισμα της στήλης j αντιστοιχεί στην πιθανότητα εξόδου $p_Y(y_j)$ της Y .

$$\begin{array}{cccc}
 \left[\begin{array}{cccc}
 0.5 \times \frac{1}{2} & 0.25 \times \frac{1}{2} & 0.25 \times \frac{1}{2} & 0 \\
 0.5 \times \frac{1}{4} & 0.25 \times \frac{1}{4} & 0.25 \times \frac{1}{4} & 0 \\
 0 & 0.25 \times \frac{1}{8} & 0.25 \times \frac{1}{8} & 0.5 \times \frac{1}{8} \\
 0 & 0.25 \times \frac{1}{8} & 0.25 \times \frac{1}{8} & 0.5 \times \frac{1}{8}
 \end{array} \right] \\
 \downarrow + & \downarrow + & \downarrow + & \downarrow + \\
 \frac{3}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{8}
 \end{array}$$

$$p_Y(y_j) = \left[\frac{3}{8} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{8} \right]$$

Άρα προκύπτει ότι , $H(Y) = 1,906 \text{ bits}$

$$H(Y) = -\frac{3}{8} \log \frac{3}{8} - \frac{1}{4} \log \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \log \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \log \frac{1}{8} = 1,906 \text{ bits}$$

B) Η εντροπία της $H(Y/X)$ είναι

$$H(Y/X) = -\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \log \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \log \frac{1}{4} = 1,5 \text{ bits}$$

Κάνοντας χρήση της τιμής της $H(Y)$ που δίνεται από την εκφώνηση του προηγούμενου ερωτήματος, η αμοιβαία πληροφορία $I(X; Y)$ είναι:

$$I(X; Y) = H(Y) - H(Y/X) = 0.406 \text{ bits}$$

Γ) Η χωρητικότητα C του καναλιού βρίσκεται όταν μεγιστοποιήσουμε την αμοιβαία πληροφορία ως προς την κατανομή της τ.μ X των συμβόλων εισόδου. Επειδή όμως παρατηρούμε ότι το κανάλι μας είναι ασθενώς συμμετρικό και σε αυτή την περίπτωση γνωρίζουμε ότι η μέγιστη τιμή της αμοιβαία πληροφορίας επιτυγχάνεται όταν τα σύμβολα εισόδου ακολουθούν την ομοιόμορφη κατανομή, δηλαδή όταν

$$p_X(x_i) \rightarrow \left[\frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \right]$$

Για τον ίδιο λόγο (ασθενώς συμμετρικό κανάλι) και τα σύμβολα εξόδου κατανέμονται ομοιόμορφα

$$p_Y(y_j) \rightarrow \left[\frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \right]$$

Και άρα

$$H(Y) = \log 4 = 2 \text{ bits}$$

Συνεπώς

$$C = \max I(X; Y) = H(Y) - H(Y/X) = 0.5 \text{ bits}$$

Κώδικες Διόρθωσης Σφαλμάτων

Γραμμικός κώδικας $\subset \{ \eta, k, d \} = \{ c_1, c_2, \dots, c_M \}$

Συστηματικός: $\begin{cases} k \text{ data bits} \\ \eta - k \text{ parity bits} \end{cases}$

\hookrightarrow απόσταση: ελάχιστο βάρος κωδικοτήσεων
 \hookrightarrow διάσταση κώδικα: αριθμός data bits / κωδικοτήση
 \hookrightarrow αριθμός bits / κωδικοτήση (σύνολο data + parity bits)

Πλήθος κωδικοτήσεων $M = 2^k$

Ρυθμός πληροφορίας $r = \frac{k}{\eta}$

Ικανότητα διόρθωσης σφαλμάτων: $\lfloor \frac{d-1}{2} \rfloor$ bits ανά κωδικοτήση.

... ανίχνευσης ... $(d-1)$ bits ανά κωδικοτήση.

Συνοράδα κώδικα: ^{1 ταυτόχρονη} μετατόπιση όλων των κωδικοτήσεων

η.χ. $C + C_0 = \{ c_1 + c_0, c_2 + c_0, \dots, c_n + c_0 \}$

Πλήθος διαφορετικών συνοράδων: $2^{\eta-k}$

Βάση κώδικα: Γραμμικά ανεξάρτητα υποσύνολο του κώδικα που το ανάτυχα του παράγει όλες τις κωδικοτήσεις

ΓΕ5/2021/Θ1,2,3

ΓΕ5/1819/Θ1,2,3

ΓΕ5/1920/Θ1,2,3

ΕΞ2020B/Θ2

ΕΞ2018A/Θ1

ΕΞ2019A/Θ3

Ποκίσεις

ΓΕ4/1718/Θ1,3,6,7

ΕΞ2017A/Θ4

ΕΞ2016A/Θ2

ΕΞ2015B/Θ6

Γεννήτορας Πίνακας

$$G_{k \times n} = \left[\begin{array}{c|c} I_k & M_{k, (n-k)} \end{array} \right] \leftarrow \begin{array}{l} \text{γραμμές:} \\ \perp \text{ βάση του } \mathbb{F} \end{array}$$

Πίνακας Ισοτιμίας

$$H_{(n-k) \times n} = \left[\begin{array}{c} M_{k, (n-k)} \\ \hline I_{n-k} \end{array} \right] \leftarrow \begin{array}{l} \text{στήλες} \\ \text{βάση Δύναμις} \\ \text{Κώδικα } C^{\perp}(n, n-k) \end{array}$$

Κωδικοποίηση: Μήνυμα (k bits) · G = Κωδικοέξη (n bits)

Απο κωδικοποίηση: Κωδικοέξη (n bits) · H = σύνδρομο (n-k bits)
 ↑
 αν είναι μηδενικό
 κωδικοέξη ∈ \mathbb{F}

Πίνακας ΤΔΑ

- ορισμός προτύπων ελαχίστων σφαιρών y (καταρχήν 1 bit) (δεν υπάρχει σφαίρα)
- υπολογισμός συνδρόμων $y \cdot H$
- Αν δεν έχουν υπολογιστεί όλα τα δυνατά 2^{n-k} σύνδρομα, αναζήτηση επιπλέον προτύπων σφαιρών 2 bit

Αποκωδικοποίηση ληφθείσας λέξης C_0

(A) Με ΤΔΑ.

Υπολογισμός συνδρόμου $R_r = C_0 H$.

- Αν $R_r = 0$, δεν υπάρχει σφάλμα \rightarrow λύση data bits της C_0 .
- Αν $R_r \neq 0$, αντιστοίχιση στον πίνακα ΤΔΑ του

R_r στο αντίστοιχο πρότυπο σφάλματος y_r

- \rightarrow υπάρχουν περισσότερα από 1 πιθανά y_r , τότε
- \rightarrow τυχαία επιλογή ενός y_r (ΠΑΜΠ)
- \rightarrow απώριψη κωδικολέξης, αίτημα για επανεκπομπή (ΑΑΜΠ)

Σωστή λέξη: $C_0 + y_r$

Ⓑ Με συνομάδες:

Υπολογισμός συνομάδας $C + C_0 = \{ C_1 + C_0, C_2 + C_0, \dots, C_M + C_0 \}$

Εύρεση στοιχείου του $C + C_0$ με το ελάχιστο βάρος \rightarrow ^{Ζητούμενο} πρότυπο _{σφάλματος} y_r

Αν υπάρχουν περισσότερα από 1 y_r , ίδια διαδικασία με την ΤΔΑ (ΠΑΜΠ, ΑΑΜΠ)

Σωστή λέξη: $C_0 + y_r$

- Κώδικες Hamming

- Μήκος $n = 2^r - 1 \quad r \geq 2$
- Διάσταση $k = n - r = 2^r - 1 - r$
- Απόσταση $d = 3$
- Διόρθωση $\frac{d-1}{2} = \frac{3-1}{2} = 1$ σφάλματος
- ο πίνακας H περιλαμβάνει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς r bits (το ίδιο ισχύει και για τον πίνακα συνόρων της ΤΔΑ για πρότυπα σφάλματος 1 bit)

Εύρεση G .

- Α) Αν δίνονται όλες οι κωδικολέξεις (πλήθος λέξεων M)
 → προδιορισμός $k = \log_2(M)$
 → Σχηματισμός G από τις λέξεις του κώδικα με βοήθεια
 την κατασκευή του I_k
- Β) Αν δίνεται υποσύνολο των κωδικολέξεων
 με γραμμοπράξεις για να καταλήξουμε σε μορφή ΠΚΔΓ → Πίνακας G

- Γ) Αν δίνεται ο πίνακας $H = \begin{bmatrix} M_{k, n-k} \\ I_{n-k} \end{bmatrix}$
 • Αναγνώριση του μοναδίου I_{n-k} (στο κάτω μέρος του H)
 • Λήψη του πίνακα $M_{k, n-k}$
 • Κατασκευή $G_{k, n} = \begin{bmatrix} I_k & M_{k, n-k} \end{bmatrix}$

Υπολογισμός απόστασης

- Α) Αν δίνονται όλες οι κωδικολέξεις → ελάχιστο βάρος λέξης
- Β) Αν δίνεται ο H : Δοκιμή για την εύρεση $2, 3, 4, \dots, d$ γραμμικά εξαρτημένων γραμμών του H (με άθροισμα 0)
- [όριο singletou: $d-1 \leq n-k$]

Δίδεται ο πίνακας ισοτιμίας H :

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ποια από τις παρακάτω λέξεις θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός συνομάδας που να αντιστοιχεί στο σύνδρομο $[111]$;

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. 000111

B. 001001

C. Καμία

D. 001000

Δίδεται ο γραμμικός συστηματικός κώδικας C με το σύνολο των κωδικών λέξεων;

Κωδικές Λέξεις C							
c0	0	0	0	0	0	0	0
c1	0	0	0	1	0	1	1
c2	0	0	1	0	1	1	0
c3	0	0	1	1	1	0	1
c4	0	1	0	0	1	1	1
c5	0	1	0	1	1	0	0
c6	0	1	1	0	0	0	1
c7	0	1	1	1	0	1	0
c8	1	0	0	0	1	0	1
c9	1	0	0	1	1	1	0
c10	1	0	1	0	0	1	1
c11	1	0	1	1	0	0	0
c12	1	1	0	0	0	1	0
c13	1	1	0	1	0	0	1
c14	1	1	1	0	1	0	0
c15	1	1	1	1	1	1	1

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $k=4$
- B. $k=5$
- C. $k=2$
- D. $k=3$

Ποια είναι η διάσταση k του κώδικα C;

Δίνεται ο γραμμικός κώδικας $C(n=5, k=3, d=2)$.

Ποια από τις παρακάτω δεν μπορεί να είναι λέξη του κώδικα C ;

Επιλέξτε μια απάντηση:

a. 00001

b. 10011

c. 00000

d. 11100

Δίνεται ο γραμμικός συστηματικός κώδικας C, με κωδικές λέξεις

Κωδικές Λέξεις C						
c_0	0	0	0	0	0	0
c_1	0	0	1	1	1	0
c_2	0	1	0	1	0	1
c_3	0	1	1	0	1	1
c_4	1	0	0	0	1	1
c_5	1	0	1	1	0	1
c_6	1	1	0	1	1	0
c_7	1	1	1	0	0	0

Ποιο ζεύγος λέξεων από τα παρακάτω αποτελείται από λέξεις οι οποίες ανήκουν στην ίδια συνομάδα;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. (111110 , 100000)
- b. (110000 , 000110)
- c. (100101 , 000101)
- d. (011101 , 000000)

Εάν ένας γραμμικός Κώδικας C έχει δυνατότητα ανίχνευσης 2 λαθών, ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός από "1" που μπορεί να έχει μία κωδική του λέξη;

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. 1

B. 3

C. 5

D. 2

Δίνεται ο συστηματικός γραμμικός κώδικας C

Κώδικας C
0000 0000
0001 1011
0010 0111
0011 1100
0100 1101
0101 0110
0110 1010
0111 0001
1000 1110
1001 0101
1010 1001
1011 0010
1100 0011
1101 1000
1110 0100
1111 1111

Ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός των γραμμών του πίνακα ισοτιμίας H που το άθροισμά τους είναι 0;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 4
- B. 5
- C. 3
- D. 2

Δίνεται το υποσύνολο $S=\{0110010, 1001101\}$. Πόσα λάθη διορθώνει ο κώδικας που προκύπτει από το γραμμικό ανάπτυγμα $\langle S \rangle$ του υποσυνόλου S ;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 2
- B. 0
- C. 3
- D. 1

Δίνεται ο γραμμικός κώδικας $\{000000, 101010, 010101, 111111\}$. Ο κώδικας αυτός ανιχνεύει:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. 1 λάθος
- b. 2 λάθη
- c. Κανένα λάθος
- d. 3 λάθη

ΘΕΜΑ 2 (15 Μονάδες)

Δίνονται οι παρακάτω κωδικές λέξεις ενός συστηματικού γραμμικού κώδικας C από τις οποίες λείπει μία κωδική λέξη για να έχουμε το σύνολο των κωδικών λέξεων του C ,

Κωδικές Λέξεις C							
c_1	0	0	0	0	0	0	0
c_2	0	0	1	1	0	1	1
c_3	0	1	0	1	0	0	1
c_4	0	1	1	0	0	1	0
c_5	1	0	0	0	1	1	1
c_6	1	0	1	1	1	0	0
c_7	1	1	1	0	1	0	1

- A).** Βρείτε τη διάσταση k του C καθώς και τον γεννήτορα πίνακα G . **(5 Μονάδες)**
- B).** Βρείτε τον πίνακα ελέγχου ισοτιμίας H και την απόσταση d του κώδικα. **(5 Μονάδες)**
- Γ).** Βρείτε την μοναδική κωδική λέξη που λείπει, καθώς επίσης να ελέγξετε αν η λέξη $r = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$, που λαμβάνει ο δέκτης είναι λανθασμένη ή όχι. **(5 Μονάδες)**

A). Παρατηρούμε ότι το σύνολο των κωδικών λέξεων του κώδικα C είναι $|C| = 8$ (γιατί σύμφωνα με την εκφώνηση λείπει μόνο μία κωδική λέξη), άρα η διάσταση του κώδικα είναι $k = 3$ γιατί $|C| = 2^k = 8$. Εφόσον $k = 3$ και με δεδομένο ότι το μήκος της κάθε κωδικής λέξης είναι $n = 3$, αυτό σημαίνει ότι τα ψηφία ισοτιμίας είναι $n - k = 4$. Συνεπώς η κωδική λέξη που λείπει αντιστοιχεί σε μήνυμα μήκους $k = 3$ και παρατηρούμε από τον κώδικα ο οποίος είναι συστηματικός ότι δεν υπάρχει η κωδικοποίηση του μηνύματος $u = [1 \ 1 \ 0]$. Για να το κωδικοποιήσουμε χρειαζόμαστε τον γεννήτορα πίνακα ο οποίος όμως μπορεί να κατασκευαστεί από τις υπάρχουσες κωδικές λέξεις που μας δίνονται και οποίος θα πρέπει να έχει την μορφή:

$$G_{3 \times 7} = [I \ M] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Άρα η κωδικοποίηση του μηνύματος $u = [1 \ 1 \ 0]$

$$[1 \ 1 \ 0] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0]$$

Ο πίνακας ελέγχου ισοτιμίας H έχει την μορφή $H = \begin{bmatrix} M \\ I \end{bmatrix}$ (όπου I πίνακας ταυτότητας) και προκύπτει από το γεννήτορα πίνακα $G_{3 \times 7}$. Επόμενως, $M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ και κατά συνέπεια ο πίνακας ελέγχου ισοτιμίας H είναι διαστάσεων 7×4 και δίνεται από:

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ενώ η απόσταση $d=3$ η οποία προκύπτει είτε από τον H είτε από τον κώδικα C στον οποίο βλέπουμε ότι το ελάχιστο μη μηδενικό βάρος των λέξεων είναι 3.

Γ). Παρατηρώ ότι η $r = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$ δεν είναι κωδική λέξη γιατί δεν ανήκει στο σύνολο των κωδικών λέξεων του κώδικα καθότι το μήνυμα $u = [1 \ 0 \ 0]$ αντιστοιχεί στην κωδική λέξη $[1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]$, είτε γιατί έχει βάρος 2 ενώ η απόσταση του κώδικα είναι 3, είτε γιατί $s = r \cdot H = [0 \ 1 \ 1 \ 0]$

Δίκτυα Υπολογιστών

Μετάδοση αρχείων σε πακέτα

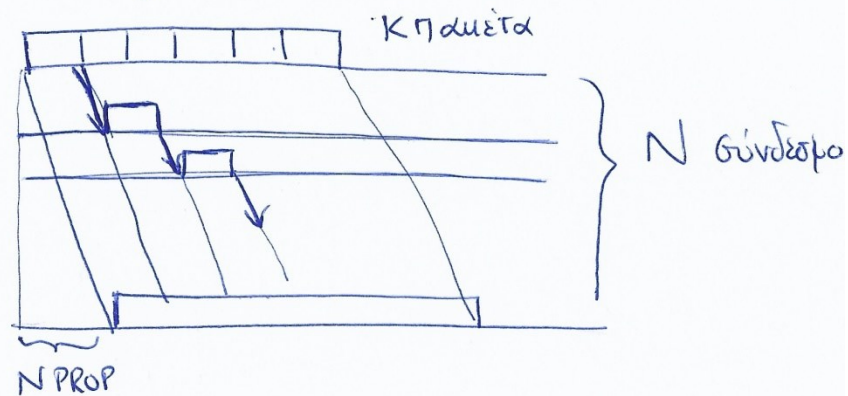
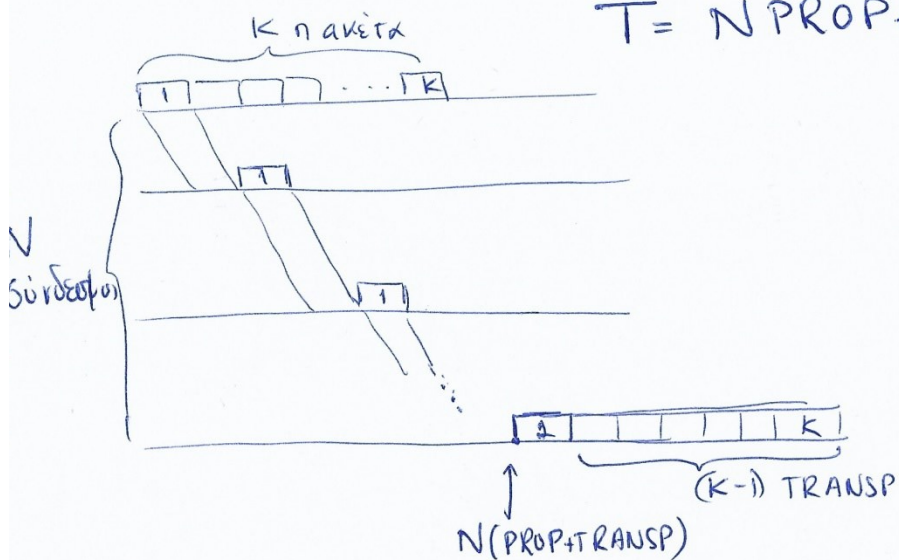
Μεταγωγή πακέτου με ιδεατά κυκλώματα

$$T = T_{\text{SETUP}} + N \text{PROP} + (N+K-1) \text{TRANSP}$$

↑
χρόνος εγκαθίδρυσης ιδεατού κυκλώματος

Μεταγωγή αυτοδύναμων πακέτων

$$T = N \text{PROP} + (N+K-1) \text{TRANSP}$$



ΓΕ1/1718/Θ1,5
ΕΞ.2014Α/Θ5

ΓΕ1/2021/Θ2

ΓΕ1/1819/Θ2,3

ΓΕ1/1920/Θ4

Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Η μεταγωγή πακέτων προϋποθέτει αποκλειστικά τη χρήση αυτοδύναμων πακέτων.
- b. Όλες οι προτάσεις είναι σωστές.
- c. Η μεταγωγή πακέτων μπορεί να χρησιμοποιεί είτε ιδεατά κυκλώματα είτε αυτοδύναμα πακέτα.
- d. Η μεταγωγή πακέτων προϋποθέτει αποκλειστικά την εγκατάσταση ιδεατών κυκλωμάτων.

Σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων ποια από τις παρακάτω καθυστερήσεις σχετίζεται με την απόσταση ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Όλες οι καθυστερήσεις, μετάδοσης, διάδοσης, επεξεργασίας και αναμονής
 - B. Καθυστέρηση διάδοσης
 - C. Καθυστέρηση επεξεργασίας στον κόμβο
 - D. Καθυστέρηση μετάδοσης
-

Εάν είχατε να επιλέξετε μεταξύ των δύο τύπων μεταγωγής πακέτων, θα επιλέγατε τη μεταγωγή με αυτοδύναμα πακέτα γιατί:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Παρουσιάζει υψηλότερη ανοχή στα προβλήματα δυσλειτουργίας του δικτύου
- b. Εμφανίζει μικρότερη διακύμανση στο χρόνο μεταφοράς των πακέτων
- c. Τα πακέτα φτάνουν στον προορισμό τους με τη σειρά που έχουν σταλεί
- d. Επιβαρύνει τους μεταγωγείς του δικτύου με λειτουργίες εγκαθίδρυσης κυκλώματος

Ασκήσιες
ΓΕ1/1718/02,3,4,6

Πρωτόκολλα επανεκπομπής -τυπολόγιο

ΕΞ2011B/03
ΕΞ2012B/03
ΕΞ2013B/03
ΕΞ2016A/03
ΕΞ2016B/06
ΕΞ2017A/06
ΕΞ2017B/05

ABP

Όταν PER=0
$$n_{ABP} = \frac{TRANSP}{RTT}$$

Όταν PER>0
$$n_{ABP} = \frac{TRANSP}{RTT + T \frac{1-p}{p}}$$

GBN

Όταν PER=0
$$n_{GBN} = \min \left\{ 1, W \frac{TRANSP}{RTT} \right\}$$

Όταν PER>0
$$n_{GBN} = \frac{TRANSP}{TRANSP + T \frac{1-p}{p}}$$

Όταν PER>0
και $T = W \times TRANSP$
$$n_{GBN} = \frac{1}{1 + W \frac{1-p}{p}}$$

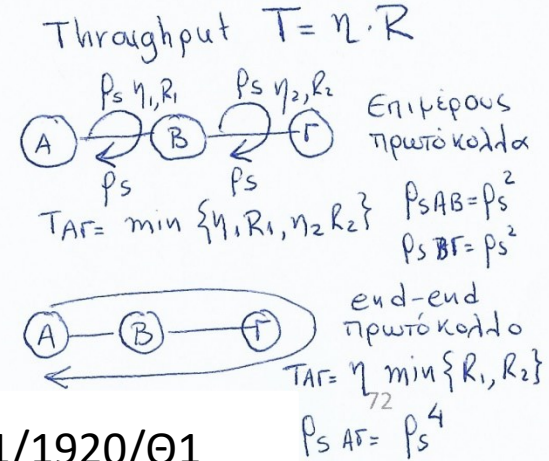
TRANSP: ΠΑΝΤΑ ο χρόνος μετάδοσης στην
↓ η Ζεύξη

$p = \text{Prob}(\text{succ.data packet Tx AND succ. ACK Rx})$

SRP

Όταν PER=0
$$n_{SRP} = \min \left\{ 1, W \frac{TRANSP}{RTT} \right\}$$

Όταν PER>0
και $T = W \times TRANSP$
και $(1-p)W \leq 10\%$
$$n_{SRP} \approx \frac{2 + (1-p)(W-1)}{2 + (1-p)(3W-1)}$$



ΓΕ1/1819/01,4

ΕΞ2018A/06, ΕΞ2018B/05

ΓΕ1/1920/01
ΓΕ5/2021/04
ΕΞ2020A/03

Βασικές Σχέσεις.

Ρυθμopόδοση ή Διαμεταμορφωτική Ικανότητα ή Throughput.

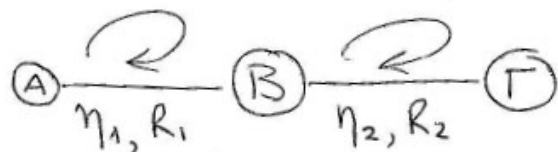
$$T = \eta \cdot R$$

↑
απόδοση συνδέσμου - πρωτόκολλου επανευπορτής

↙
Ρυθμός Μετάδοσης Συνδέσμου

Περιπτώσεις

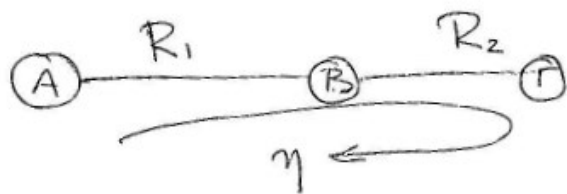
α) Διαδοχικοί Σύνδεσμοι με επικέρους πρωτόκολλα επανευπορτής



Ρυθμopόδοση σύνδεσμου A - Γ

$$T_{AG} = \min \{ T_{AB}, T_{BG} \}$$
$$= \min \{ \eta_1 R_1, \eta_2 R_2 \}$$

β) Διαδοχικοί Σύνδεσμοι με ένα πρωτόκολλο επανευπορτής end-end



$$T_{AG} = \min \{ T_{AB}, T_{BG} \} =$$
$$= \min \{ \eta R_1, \eta R_2 \} = \eta \cdot \min \{ R_1, R_2 \}$$

Ωφέλιμος / Καθαρός Ρυθμός Δεδομένων ή Goodput.

$$G = T \cdot \frac{\text{data bits per packet}}{\text{total bits per packet}}$$

↑
ρυθμότητα = γR

Δύο κόμβοι χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο GBN για την μετάδοση πλαισίων μεταξύ τους με παράθυρο $W=5$. Ο ένας κόμβος μεταδίδει 5 πλαίσια (1,2,3,4,5) στον άλλον, εκ των οποίων χάνεται το 3ο πλαίσιο ενώ πριν τη λήξη του χρονομετρητή που αφορά στο πλαίσιο 3 έχει παραλάβει επιβεβαιώσεις για τα πλαίσια 1 και 2 και έχει μεταδώσει τα πλαίσια 6 και 7. Πότε και ποια πακέτα αναμεταδίδονται;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Με τη λήξη του χρονομετρητή του πλαισίου 3, αναμεταδίδεται μόνο το πλαίσιο 3 που χάθηκε.
- b. Με τη λήξη του χρονομετρητή του πλαισίου 3, αναμεταδίδονται όλα τα πλαίσια από το 3 και μετά (3,4,5,6,7).
- c. Με τη λήξη του χρονομετρητή του πλαισίου 3, αναμεταδίδονται μόνο τα πλαίσια 3, 6 και 7 καθότι ο αποστολέας έλαβε επιβεβαιώσεις για τα 1 και 2.
- d. Με τη λήξη του χρονομετρητή του πλαισίου 3, αναμεταδίδονται πάλι όλα τα πλαίσια (1-5).

Παρουσία σφαλμάτων μεταφοράς, άπειρου buffer τόσο σε αποστολέα όσο και παραλήπτη, και για κοινές τιμές του μεγέθους παραθύρου W , του χρόνου προθεσμίας T του μήκους πλαισίου και του ρυθμού εκπομπής στη ζεύξη, το πρωτόκολλο SRP έχει:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. δεν μπορεί να υπολογιστεί εκ των προτέρων καθότι εξαρτάται και από άλλες παραμέτρους
- b. την ίδια απόδοση με το πρωτόκολλο GBN
- c. χειρότερη απόδοση από το πρωτόκολλο GBN
- d. καλύτερη απόδοση από το πρωτόκολλο GBN

Ποιο από τα παρακάτω πρωτόκολλα είναι πρωτόκολλο επανεκπομπής πλαισίων στο επίπεδο ζεύξης:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. της οπισθοχώρησης κατά N (GBN)
- b. και τα τρία πρωτόκολλα: ABP, GBN, SRP
- c. της επιλεκτικής επανάληψης (SRP)
- d. του εναλλασσόμενου bit (ABP)

Απουσία σφαλμάτων μεταφοράς και για κοινές τιμές του μεγέθους παραθύρου W (όπου ορίζεται), του χρόνου προθεσμίας T , του μήκους πλαισίου και του ρυθμού εκπομπής στη ζεύξη, ποιο πρωτόκολλο από τα ABP, GBN και SRP έχει την καλύτερη απόδοση;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Το πρωτόκολλο ABP
- B. Το πρωτόκολλο GBN
- C. Το πρωτόκολλο SRP
- D. Τα πρωτόκολλα GBN και SRP έχουν την ίδια απόδοση, η οποία είναι καλύτερη από το πρωτόκολλο ABP

Ένα πλήρως αξιόπιστο κανάλι συνδέει με οπτική ίνα δύο κόμβους με ρυθμό 64 Kbps και λειτουργεί χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP. Ο συνολικός χρόνος που μεσολαβεί από την εκπομπή πακέτου δεδομένων μέχρι και τη λήψη του πλαισίου επιβεβαίωσης (ACK) είναι $RTT = 0.1 \text{ sec}$. Έστω ότι τα πλαίσια δεδομένων έχουν μέγεθος 4096 bits. Η απόδοση του πρωτοκόλλου απουσία σφαλμάτων είναι ίση με:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. 64%
- B. 72%
- C. 56%
- D. 100%

Ένα πλήρως αξιόπιστο κανάλι συνδέει με οπτική ίνα δύο κόμβους με ρυθμό 1024 Kbps και λειτουργεί χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επανεκπομπής GBN.

Ο συνολικός χρόνος που μεσολαβεί από την αποστολή πακέτου δεδομένων μέχρι και τη λήψη του πλαισίου επιβεβαίωσης (ACK) είναι $RTT = 0,256 \text{ sec}$.

Έστω ότι τα πλαίσια δεδομένων έχουν μέγεθος 4096 bits.

Ποιο είναι το ελάχιστο μέγεθος του παραθύρου W έτσι ώστε η απόδοση του πρωτοκόλλου να είναι 100% απουσία λαθών:

Επιλέξτε μια απάντηση:

A. $W = 16$

B. $W = 64$

C. $W = 32$

D. $W = 100$

Δύο κόμβοι χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο GBN για την μετάδοση πλαισίων μεταξύ τους με $W=5$.

Ο ένας κόμβος μεταδίδει 5 πλαίσια (1,2,3,4,5) στον άλλον, εκ των οποίων χάνεται το 2^ο.

Πότε και ποια πλαίσια αναμεταδίδονται;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Αναμεταδίδονται όλα τα πλαίσια από το 2^ο και μετά, μετά την εκπνοή του χρονομετρητή
- B. Αναμεταδίδονται το 1^ο και 2^ο πλαίσιο, μετά την εκπνοή του χρονομετρητή.
- C. Αναμεταδίδεται μόνο το 2^ο πλαίσιο που χάθηκε, μετά την εκπνοή του χρονομετρητή.
- D. Αναμεταδίδονται όλα τα πλαίσια (1-5), μετά την εκπνοή του χρονομετρητή.

Απουσία σφαλμάτων μεταφοράς και για κοινές τιμές του μεγέθους παραθύρου W , του χρόνου προθεσμίας T , του μήκους πλαισίου και του ρυθμού εκπομπής στη ζεύξη, το πρωτόκολλο επιλεκτικής επανάληψης (SRP) έχει:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. καλύτερη απόδοση από το πρωτόκολλο GBN
- B. την ίδια απόδοση με το πρωτόκολλο GBN
- C. απόδοση που μπορεί να είναι είτε καλύτερη είτε χειρότερη από το πρωτόκολλο GBN, ανάλογα με την εκάστοτε τιμή του παραθύρου W
- D. χειρότερη απόδοση από το πρωτόκολλο GBN

Στο πρωτόκολλο ABP

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Δεν υπάρχουν πακέτα επιβεβαίωσης παρά μόνο χρονομετρητές
- b. Τα πακέτα που χάθηκαν ή έφτασαν φθαρμένα αναμεταδίδονται μόλις ο αποστολέας λάβει αρνητική επιβεβαίωση από τον δέκτη.
- c. Τα πακέτα που μεταδίδονται αριθμούνται με 0, 1, 0, 1
- d. Εάν χαθεί πακέτο επιβεβαίωσης, αναμεταδίδεται μόλις λήξει η προθεσμία του.

Ποιο από τα παρακάτω πρωτόκολλα δεν είναι πρωτόκολλο επανεκπομπής

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. UDP
- b. GBN
- c. ABP
- d. SRP

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι αληθής;

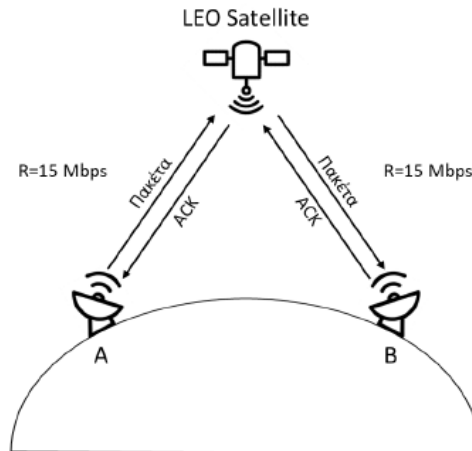
Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Τα πακέτα μεταδίδονται πάντοτε χωρίς απώλειες.
- b. Τα πρωτόκολλα επανεκπομπής μπορούν να υλοποιηθούν μόνο σε δίκτυα μονόδρομης επικοινωνίας.
- c. Όταν λέμε ότι ένα πλαίσιο «χάνεται» κατά τη μεταφορά του, εννοούμε ότι εξωτερικός θόρυβος ή άλλη παρεμβολή έχει αλλοιώσει ένα ή παραπάνω συνεχόμενα bit του πακέτου.
- d. Τα πλαίσια επιβεβαίωσης περιέχουν κώδικα ανίχνευσης λαθών.

Στο πρωτόκολλο GBN

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Εάν χαθεί πακέτο επιβεβαίωσης, αναμεταδίδεται ξανά από τον δέκτη μόλις λήξει η προθεσμία του.
- b. Τα υπάρχον πακέτα επιβεβαίωσης, επιβεβαιώνουν το σύνολο των W πακέτων που μεταδίδονται από τον αποστολέα.
- c. Τα πακέτα που μεταδίδονται αριθμούνται με $0, 1, \dots, W-1$
- d. Για τα πακέτα που χάθηκαν ή έφτασαν φθαρμένα στον δέκτη, ο δέκτης στέλνει αρνητικό πακέτο επιβεβαίωσης.

ΘΕΜΑ 3 (15 Μονάδες)

Δύο επίγειοι σταθμοί A και B επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω δορυφόρου χαμηλής τροχιάς LEO. Ο ρυθμός μετάδοσης σε κάθε μία από τις δορυφορικές συνδέσεις είναι **R=15 Mbps**. Το μέγεθος των πακέτων δεδομένων και των επιβεβαιώσεων είναι **1250 bits** ενώ **προστίθεται** σε αυτά ένα **20%** πλεονάζοντα bits λόγω του ότι χρησιμοποιείται και ένας κώδικας διόρθωσης σφαλμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ρυθμός σφαλμάτων ανά πακέτο (Packet Error Rate) να είναι **PER = 10⁻⁴** σε κάθε ζεύξη και προς κάθε κατεύθυνση.

Μεταξύ των επίγειων σταθμών A και B εφαρμόζεται πρωτόκολλο επανεκπομπής GoBackN με χρόνο προθεσμίας **T=40,4 msec**, ίσος με την τιμή του χρόνου μετάβασης μετ' επιστροφής, **S**. Ο δορυφόρος απλά αναμεταδίδει τα πακέτα και τις επιβεβαιώσεις που παραλαμβάνει προς τους επίγειους σταθμούς.

A) Να βρείτε την απόδοση του πρωτοκόλλου GBN. **(5 Μονάδες)**

B) Αν αντί για το πρωτόκολλο GBN χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο SRP με παράθυρο W_{SRP} τέτοιο ώστε να είναι το $\frac{1}{4}$ του παραθύρου $W_{100\%}$ που προκύπτει όταν παίρνουμε τη μέγιστη απόδοση απουσία σφαλμάτων μεταφοράς, ποιο από τα δύο πρωτόκολλα επανεκπομπής συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε; Βρείτε επίσης την ρυθμοαπόδοση και το ρυθμό ροής δεδομένων σε bits/sec (πριν την προσθήκη του πλεονασμού) του πρωτοκόλλου που επιλέγεται. **(10 Μονάδες)**

ΕΑΠ / ΠΛΗ22 / ΗΛΕ.41 / έκτακτη ΟΣΣ /
28.05.2023 / Ν.Δημητρίου

A) Η απόδοση η του πρωτοκόλλου GBN παρουσία σφαλμάτων δίνεται από τον τύπο

$$\eta_{GBN}(p) = \frac{TRANSP}{TRANSP + T \frac{1-p}{p}}$$

Συνεπώς θα πρέπει να υπολογίσουμε τον χρόνο μετάδοσης $TRANSP$ καθώς και την πιθανότητα επιτυχούς μετάδοσης ενός πακέτου και της επιβεβαίωσής του κατά μήκος των δύο δορυφορικών ζεύξεων που συνδέουν τους επίγειους σταθμούς.

Το συνολικό μήκος των πακέτου και των επιβεβαιώσεων με την προσθήκη των πλεοναζόντων bits είναι

$$L = 1250 + 0,2 \cdot 1250 = 1500 \text{ bits}$$

Άρα

$$TRANSP = \frac{L}{R} = \frac{1500}{15 \cdot 10^6} = \frac{1}{10^4} = 0,1 \text{ msec}$$

Η πιθανότητα επιτυχούς μετάδοσης p ενός πακέτου από το επίγειο σταθμό A στον επίγειο σταθμό B σε κάθε ζεύξη είναι $(1 - PER)$. Άρα για να μεταδοθεί ένα πακέτο επιτυχώς θα πρέπει να μεταδοθεί επιτυχώς και στις 2 ζεύξεις από τον A στον B μέσω του δορυφόρου καθώς και η αντίστοιχη επιβεβαίωση πάλι στις δύο ζεύξεις από τον B στον A.

$$p = (1 - PER)^4 = (0,9999)^4 = 0,9996$$

Συνεπώς η απόδοση του πρωτοκόλλου είναι

$$\eta_{GBN}(p) = \frac{TRANSP}{TRANSP + T \frac{1-p}{p}} = \frac{0,1}{0,1 + 40,4 \cdot \frac{0,0004}{0,9996}} \cong 0,861 = 86,1\%$$

B) Η απόδοση $\eta_{SRP}(p)$ του πρωτοκόλλου SRP παρουσία σφαλμάτων δίνεται από τον τύπο

$$\eta_{SRP}(p) \approx \frac{2 + (1 - p)(W_{SRP} - 1)}{2 + (1 - p)(3W_{SRP} - 1)}$$

Συνεπώς χρειαζόμαστε να υπολογίσουμε το παράθυρο W_{SRP} το οποίο σύμφωνα με την εκφώνηση είναι το $\frac{1}{4}$ του παραθύρου $W_{100\%}$ που προκύπτει όταν παίρνουμε τη μέγιστη απόδοση απουσία σφαλμάτων μεταφοράς. Αυτό συμβαίνει όταν

$$\frac{W_{100\%} \times TRANSP}{S} = 1$$

Κι επειδή $S=T=40,4$ msec έχουμε ότι

$$W_{100\%} = \frac{S}{TRANSP} = 404$$

$$W_{SRP} = \frac{W_{100\%}}{4} = 101$$

$$\eta_{SRP}(p) \approx \frac{2 + (1 - p)(W_{SRP} - 1)}{2 + (1 - p)(3W_{SRP} - 1)} = \frac{2 + 0,0004 \cdot (101 - 1)}{2 + 0,0004 \cdot (3 \cdot 101 - 1)} \cong \frac{2,04}{2,1208} \cong 0,962 = 96,2\%$$

Άρα μας συμφέρει η χρήση του SRP πρωτοκόλλου και η ρυθμοαπόδοση του με τον πλεονασμό είναι

$$\rho = \eta_{SRP} \cdot R = 14.430.000 \text{ bits/sec}$$

Ενώ ο ρυθμός ροής των πακέτων δεδομένων είναι

$$\rho' = \frac{1250}{1500} \cdot \rho = 12.025.000 \text{ bits/sec}$$

Στον αλγόριθμο CRC (Cyclic Redundancy Check), η ακολουθία 0001110110 αντιστοιχεί στο πολυώνυμο:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $M(x) = x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$
- B. $M(x) = x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x^2$
- C. $M(x) = x^9 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$
- D. $M(x) = x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x$

Ethernet - CSMA/CD

Βασικές Σχέσεις

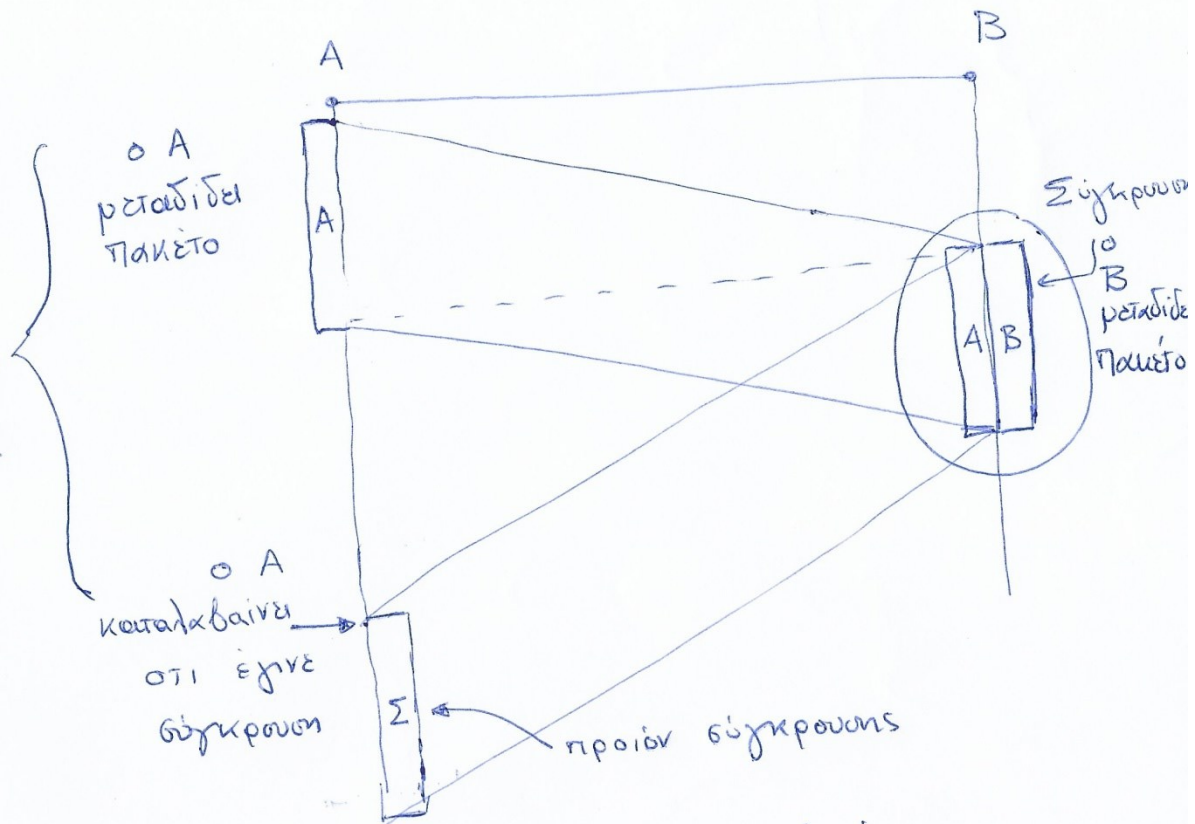
ελάχιστος χρόνος
TRANSP = 2PROP
Γενικά TRANSP ≥ 2PROP.

Αποδοτικότητα
CSMA/CD

$$\eta = \frac{1}{1 + 5 \frac{PROP}{TRANSP}}$$

ΓΕ1/2021/05
ΕΞ2020B/03

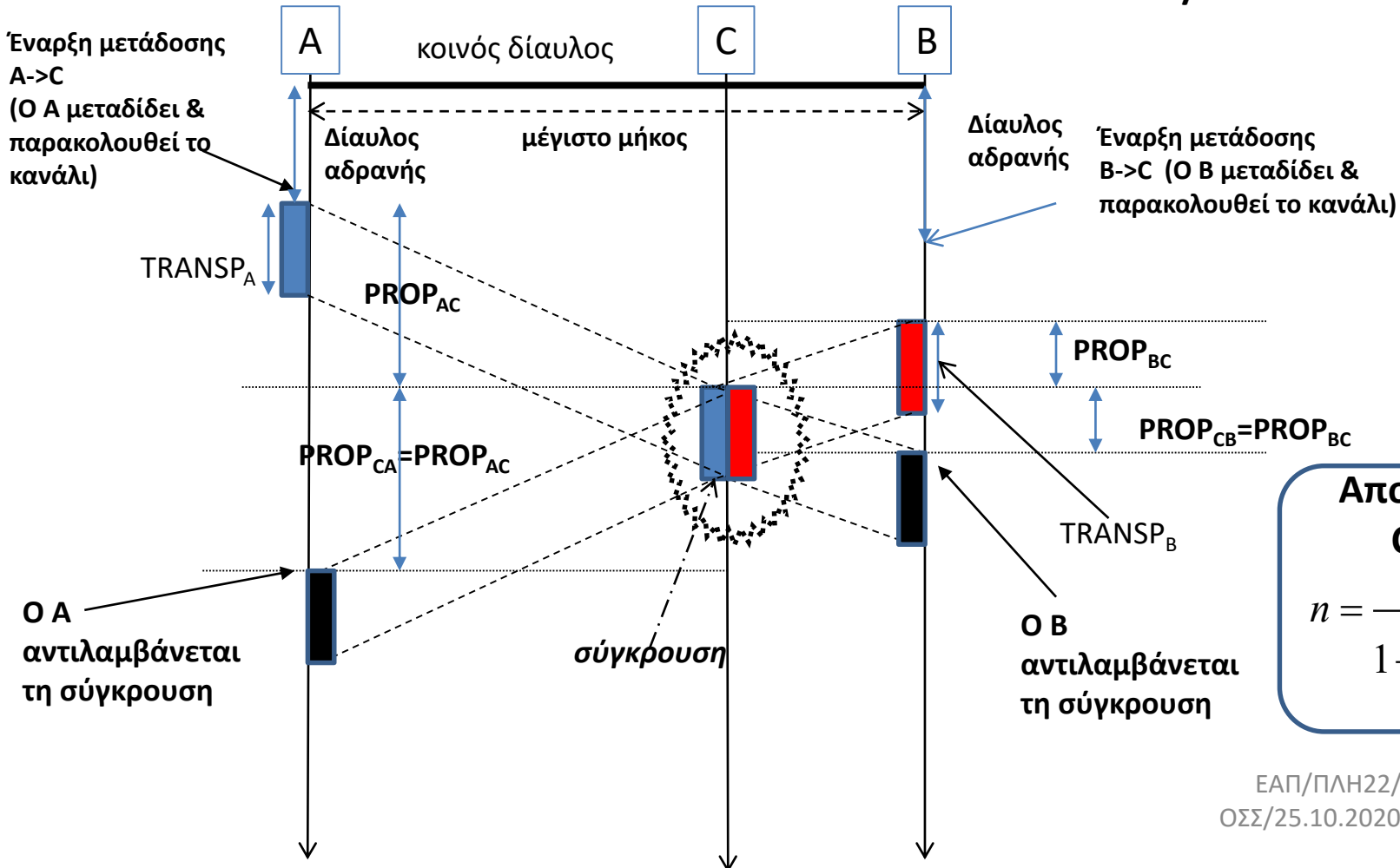
ΓΕ1/1819/05
ΓΕ1/1920/05
ΕΞ2011B/03



Αδούσης
ΓΕ5/17/18/02

ΕΞ 2014B/06
ΕΞ 2013A/03

Συνθήκη ανίχνευσης συγκρούσεων στο CSMA/CD



Αποδοτικότητα CSMA/CD

$$n = \frac{1}{1 + 5 \frac{PROP}{TRANSP}}$$

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΗΛΕ.41/1η
 ΟΣΣ/25.10.2020/Ν.Δημητρίου

Για να μπορέσει ο αποστολέας να αντιληφθεί τη σύγκρουση (ενώ μεταδίδει το πλαίσιο) θα πρέπει $TRANSP \geq 2 PROP$

Χειρότερη περίπτωση: Ο C ταυτίζεται με το B (είναι στη μέγιστη δυνατή απόσταση από τον Α)
 $TRANSP \geq 2 PROP_{MAX}$ (μέγιστος χρόνος διάδοσης ενός bit end-end)

Η απόδοση του πρωτοκόλλου CSMA/CD :

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Είναι ανάλογη της ταχύτητας μετάδοσης των κόμβων
- B. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της μέγιστης απόστασης των κόμβων
- C. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας διάδοσης στο μέσο
- D. Είναι αντιστρόφως ανάλογη του αριθμού των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι.

Η απόδοση του πρωτοκόλλου CSMA/CD :

Επιλέξτε μια απάντηση:

- a. Είναι ανάλογη του μεγέθους των πακέτων που μεταδίδονται από τους κόμβους.
- b. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας διάδοσης στο μέσο.
- c. Είναι ανάλογη της ταχύτητας μετάδοσης των κόμβων.
- d. Είναι ανάλογη της μέγιστης απόστασης των κόμβων.

Αν PROP είναι ο χρόνος διάδοσης στο μέσο και TRANSP είναι ο χρόνος μετάδοσης του πλαισίου, η αποδοτικότητα στο CSMA/CD τείνει στο 1 (100%) όταν:

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. ο χρόνος PROP τείνει στο 0 ή ο χρόνος TRANSP τείνει στο άπειρο
- B. ο χρόνος PROP τείνει στο 1 και ο χρόνος TRANSP τείνει στο 1
- C. ο χρόνος PROP τείνει στο άπειρο ή ο χρόνος TRANSP τείνει στο 0
- D. ο χρόνος PROP τείνει στο άπειρο και ο χρόνος TRANSP τείνει στο 1

Αν η απόδοση του πρωτοκόλλου CSMA/CD είναι τουλάχιστον 50% τότε η ταχύτητα μετάδοσης TRANSP δίνεται από την παρακάτω σχέση ως συνάρτηση του χρόνου διάδοσης PROP.

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. $TRANSP \geq 5*PROP$
- B. $TRANSP \geq 3*PROP$
- C. $TRANSP \geq 4*PROP$
- D. $TRANSP \geq 2*PROP$

ΘΕΜΑ 3 (15 Μονάδες)

Ένα τοπικό δίκτυο Ethernet χρησιμοποιεί πρωτόκολλο CSMA/CD για την ακρόαση μέσου και την ανίχνευση συγκρούσεων.

A) Να βρείτε την ελάχιστη απόδοση του πρωτοκόλλου η οποία προκύπτει όταν το μέγεθος του frame είναι τέτοιο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης συγκρούσεων. **(5 Μονάδες)**

B) (i) Αν η απόδοση του πρωτοκόλλου είναι 50% να δείξετε ότι ο χρόνος μετάδοσης ενός πακέτου είναι 5πλάσιος του χρόνου διάδοσης. **(5 Μονάδες)**

(ii) Αυξάνεται ή μειώνεται η απόδοση του πρωτοκόλλου αν διπλασιαστεί το μέγεθος του πακέτου που οδήγησε σε απόδοση 50% στο ερώτημα B(i) και ποια είναι η νέα τιμή της απόδοσης; **(5 Μονάδες)**

A) Η απόδοση $\eta_{\text{CSMA/CD}}$ του πρωτοκόλλου CSMA/CD δίνεται από τον τύπο

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} = \frac{1}{1 + 5\alpha}$$

Όπου α

$$\alpha = \frac{PROP}{TRANSP}$$

Γνωρίζουμε ότι για να υπάρχει δυνατότητα ανίχνευσης των συγκρούσεων θα πρέπει

$$TRANSP \geq 2 \cdot PROP$$

Άρα

$$\alpha \leq \frac{1}{2}$$

Και η ελάχιστη απόδοση προκύπτει όταν το α παίρνει την μεγαλύτερη τιμή του, δηλαδή όταν,

$$\alpha = \frac{1}{2}$$

Συνεπώς

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} = \frac{1}{1 + 5 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{2}{7} = 28,57\%$$

B.(i) Πάλι από τον τύπο της απόδοσης $\eta_{\text{CSMA/CD}}$ του πρωτοκόλλου

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} = 50\% \Leftrightarrow \frac{1}{1 + 5\alpha} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \alpha = \frac{1}{5}$$

Γνωρίζουμε όμως ότι,

$$\alpha = \frac{PROP}{TRANSP} = \frac{1}{5} \Leftrightarrow TRANSP = 5 \cdot PROP$$

B.(ii) Αν θέσουμε ως L το μέγεθος του frame το οποίο επιτυγχάνει απόδοση 50% γνωρίζουμε από το προηγούμενο ερώτημα B(i) ότι,

$$TRANSP = 5 \cdot PROP \Leftrightarrow \frac{L}{R} = 5 \cdot PROP$$

Αν $TRANSP'$ είναι ο χρόνος μετάδοσης του πακέτου με μέγεθος L' που είναι διπλάσιο του L δηλαδή $L' = 2L$, τότε προκύπτει

$$TRANSP' = \frac{L'}{R} = \frac{2L}{R} = 2 \cdot TRANSP = 2 \cdot 5 \cdot PROP = 10 \cdot PROP$$

$$\alpha = \frac{PROP}{TRANSP'} = \frac{PROP}{10 \cdot PROP} = \frac{1}{10}$$

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} = \frac{1}{1 + 5\alpha} = \frac{2}{3} = 66,667\%$$

Άρα η απόδοση του πρωτοκόλλου αυξάνεται με το διπλασιασμό του μεγέθους του frame πράγμα αναμενόμενο καθότι όσο αυξάνεται το μέγεθος του frame τόσο αυξάνεται και η απόδοση του CSMA/CD (βλ. άσκηση αυτοαξιολόγησης 5.3)

Switches

- Λήψη πακέτου GE θύρα I
MAC αποστολέα
- Προσθήκη GE switch table της
αντιστοιχισμένης MAC, θύρας
αποστολέα
- Αν η MAC παραλήπτη υπάρχει στο switch
table \Rightarrow προώθηση στην αντιστοιχική πόρτα
 \hookrightarrow ειδικώς \Rightarrow προώθηση σε όλες τις
υπόλοιπες πόρτες

ARP.

Σκοπός: Είρεση MAC δ/σης

παραλήπτη με γνωστή IP δ/ση

αποστολέας:

- Αποστολή ARP Request

MAC αποστολέα	Broadcast MAC
IP αποστολέα	IP παραλήπτη

Broadcast MAC

FF.FF.FF.FF.FF.FF

↪ όλα '1'

παραλήπτης

- Απάντηση ARP Reply

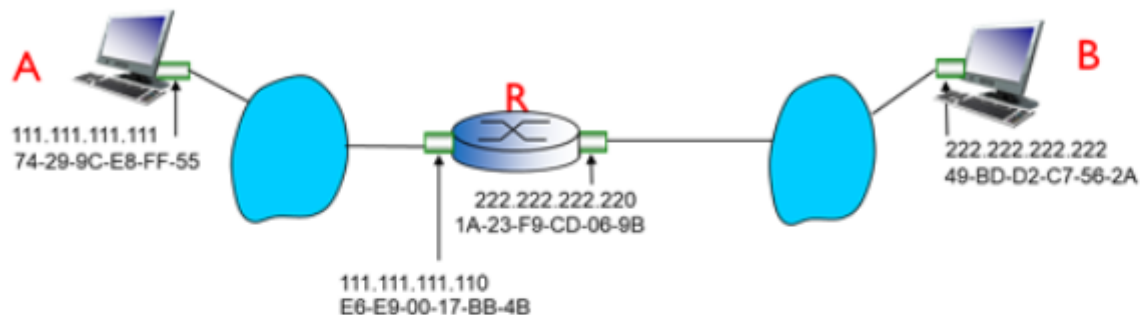
MAC αποστολέα	MAC παραλήπτη
IP αποστολέα	IP παραλήπτη

ΕΑΠ / ΠΛΗ22 / ΗΛΕ.41 / έκτακτη ΟΣΣ /
28.05.2023 / Ν.Δημητρίου

ΓΕ1/2021/06

↑
αφαίρεση ARP table.

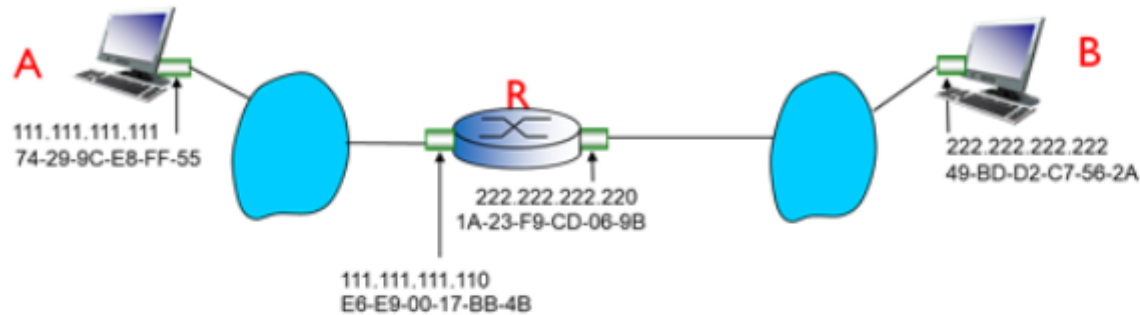
Στο παρακάτω δίκτυο ο κόμβος A στέλνει πακέτα στον κόμβο B. Ποιες διευθύνσεις περιέχουν τα πακέτα που στέλνει ο R ώστε να φτάσουν στον B;



Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. MAC προέλευσης: 74-29-9C-E8-FF-55, MAC προορισμού: 49-BD-D2-C7-56-2A, IP προέλευσης: 111.111.111.111, IP προορισμού: 222.222.222.222
- B. MAC προέλευσης: E6-E9-00-17-BB-4B, MAC προορισμού: 49-BD-D2-C7-56-2A, IP προέλευσης: 111.111.111.110, IP προορισμού: 222.222.222.222
- C. MAC προέλευσης: 1A-23-F9-CD-06-9B, MAC προορισμού: 49-BD-D2-C7-56-2A, IP προέλευσης: 111.111.111.111, IP προορισμού: 222.222.222.222
- D. MAC προέλευσης: 1A-23-F9-CD-06-9B, MAC προορισμού: 49-BD-D2-C7-56-2A, IP προέλευσης: 222.222.222.220, IP προορισμού: 222.222.222.222

Στο παρακάτω δίκτυο ο κόμβος A στέλνει πακέτα στον κόμβο B. Ποιες διευθύνσεις περιέχουν τα πακέτα που στέλνει ο A στον R ώστε να φτάσουν στον B (μέσω του R);



Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. MAC προέλευσης: 1A-23-F9-CD-06-9B, MAC προορισμού: 49-BD-D2-C7-56-2A, IP προέλευσης: 111.111.111.111, IP προορισμού: 222.222.222.222
- B. MAC προέλευσης: 74-29-9C-E8-FF-55, MAC προορισμού: E6-E9-00-17-BB-4B, IP προέλευσης: 111.111.111.111, IP προορισμού: 222.222.222.222
- C. MAC προέλευσης: 74-29-9C-E8-FF-55, MAC προορισμού: 49-BD-D2-C7-56-2A, IP προέλευσης: 111.111.111.111, IP προορισμού: 222.222.222.222
- D. MAC προέλευσης: 74-29-9C-E8-FF-55, MAC προορισμού: E6-E9-00-17-BB-4B, IP προέλευσης: 111.111.111.111, IP προορισμού: 111.111.111.110

Στο μοντέλο αναφοράς OSI, ποια επίπεδα υλοποιούνται στους κόμβους-δρομολογητές (routers) του δικτύου;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Τα επίπεδα: Φυσικό, Σύνδεσης Δεδομένων, Δικτύου, Μεταφοράς
- B. Τα επίπεδα: Φυσικό, Σύνδεσης Δεδομένων
- C. Τα επίπεδα: Φυσικό, Σύνδεσης Δεδομένων, Δικτύου
- D. Και τα επτά επίπεδα

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις που αφορούν τα πρωτόκολλα Transmission Control Protocol (TCP) και User Datagram Protocol (UDP) είναι σωστή;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Και τα δύο πρωτόκολλα ανήκουν στο Επίπεδο Δικτύου
 - B. Και τα δύο πρωτόκολλα σχετίζονται με τη δρομολόγηση των πακέτων
 - C. Και τα δύο πρωτόκολλα ανήκουν στο Επίπεδο Μεταφοράς
 - D. Και τα δύο πρωτόκολλα υποστηρίζουν επανεκπομπές δεδομένων σε πιθανή απώλεια ή σφάλματα πακέτων.
-

Ποιο από τα δύο πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς θα χρησιμοποιούσατε για αποστολή e-mail και ποιο για video-call τύπου Skype;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. UDP και TCP, αντίστοιχα
 - B. TCP και στις δύο περιπτώσεις
 - C. TCP και UDP, αντίστοιχα
 - D. UDP και στις δύο περιπτώσεις
-

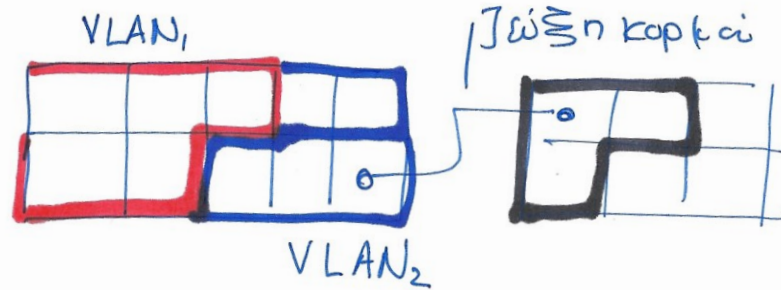
Ποια από τις παρακάτω προτάσεις που αφορούν στα πρωτόκολλα Transmission Control Protocol (TCP) και User Datagram Protocol (UDP) είναι σωστή;

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Και τα δύο πρωτόκολλα υποστηρίζουν την επανεκπομπή δεδομένων σε ενδεχόμενο απώλειας ή σφάλματος πακέτου.
- B. Το πρωτόκολλο UDP ανήκει στο επίπεδο Μεταφοράς ενώ το TCP ανήκει στο Επίπεδο Δικτύου
- C. Το πρωτόκολλο TCP υποστηρίζει την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων από άκρο σε άκρο
- D. Και τα δύο πρωτόκολλα σχετίζονται με τη δρομολόγηση των πακέτων

VLAN

Απομόνωση
κίνησης



- Δυναμική απόδοση κίνησης
- Προώθηση δεδομένων μεταξύ VLANs

Λειτουργία 802.1Q VLAN

Προσθήκη στο πλαίσιο 802.1

Ετικέτας VLAN
μήκους 2 byte

1Q bit VLANID
Αλλα bit ελέγχου

ΕΑΠ / ΠΛΗ22 / ΗΛΕ.41 / έκτακτη ΟΣΣ /
28.05.2023 / Ν.Δημητρίου

Αριθμός Σύνδεσμων κορκοί

ΓΕ1/2021/06

- εξαρτάται από τον αριθμό switches
- ανεξάρτητος από τον αριθμό VLANs

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή για τα VLAN (Virtual Local Area Network);

Επιλέξτε μια απάντηση:

- A. Επιτρέπουν τον ορισμό και τη λειτουργία περισσότερων του ενός εικονικών τοπικών δικτύων (broadcast domains) πάνω σε έναν μόνο φυσικό (πραγματικό) μεταγωγέα.
- B. Η χρήση VLAN μειώνει την προστασία των χρηστών από κακόβουλη ή εσφαλμένη χρήση του δικτύου
- C. Η σύσταση ενός VLAN πραγματοποιείται αποκλειστικά διαμέσου εξειδικευμένου λογισμικού που κατεβάζουν οι χρήστες στις συσκευές που θέλουν να δικτυώσουν
- D. Πάνω στο ίδιο μέσο πολλαπλής πρόσβασης μπορούν να δημιουργηθούν το πολύ δύο VLANs

IP Addressing

IPv4 Addressing

Κλάσεις Διευθύνσεων (προκαθορισμένες + default subnet masks)
In octets

A. $0 \underbrace{nnnnnn}_{1+7 \text{ network bits}} . \underbrace{hhhhhhhh}_{24 \text{ host bits}} . \underbrace{hhhhhhhh}_{24 \text{ host bits}} . \underbrace{hhhhhhhh}_{24 \text{ host bits}} / 8$ $0 \rightarrow 127$

B. $10 \underbrace{nnnnnn}_{2+14 \text{ network bits}} . \underbrace{nnnnnnnn}_{24 \text{ host bits}} . \underbrace{hhhhhhhh}_{16 \text{ host bits}} . \underbrace{hhhhhhhh}_{16 \text{ host bits}} / 16$ $128 - 191$

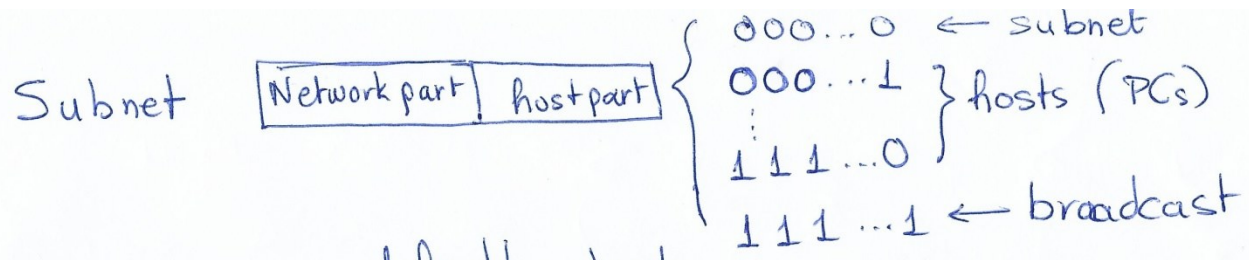
C. $110 \underbrace{nnnnnn}_{3+21 \text{ network bits}} . \underbrace{nnnnnnnn}_{24 \text{ host bits}} . \underbrace{hhhhhhhh}_{8 \text{ host bits}} / 24$ $192 - 223$

Subnetting : Δανεισμός host bits για ορισμό υποδικτύων

Με δεδομένη IP address ενός host: (IP_h) και της subnet mask: (SN)
address: $(IP_h) \text{ AND } (SN)$ σε δυαδική μορφή

- Broadcast address: $(IP_h) \text{ OR } (\text{inverted } SN)$
- PC number: $(IP_h) \text{ AND } (\text{inverted } SN)$

- ΓΕ5/1718/04,5,6
- ΕΞ 2016 Β/05
- ΕΞ 2017 Α/05
- ΕΞ 2017 Β/06



Subnetting: Διεύρυνση της default subnet mask (από δέσμευση κατάλληλων host bits από αριστερά προς τα δεξιά) για τον ορισμό subnets

Παράδειγμα: Δίκτυο 192.168.3.0
 ↳ κλάση C
 Default Subnet mask: 255.255.255.0 (8 διαθέσιμα host bits)

Δημιουργία 6 υποδικτύων:

$\lceil \log_2 6 \rceil = 3 \rightarrow$ δέσμευση 3 host bits

1	192.168.3.000	{	00000	→	192.168.3.0/27 s/net
			⋮		
			11111	→	192.168.3.31 b/cast
2	192.168.3.001	{	00000	→	192.168.3.32 s/net
			⋮		
			11111	→	192.168.3.63 b/cast
⋮					
6	192.168.3.101	{	00000	→	192.168.3.160 s/net
			⋮		
			11111	→	192.168.3.191 b/cast

Υποδικτύα:
 Custom Subnet Mask
 255.255.255.11100000 →
 → 255.255.255.224

"περιβρώων" 2 υποδικτύα.

Ασκήσεις: ΓΕ5/1718/04,5,6
 ΕΞ.2017Β/06, ΕΞ.2017Α/05
 ΕΞ.2016Β/05

ΘΕΜΑ 6

Για ένα σύστημα με δικτυακή σύνδεση δίνονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

IP Address: 68.174.242.175

Subnet Mask: 255.255.248.0

Default Gateway: 68.174.240.1

DNS: 24.29.99.21, 24.29.103.10

A) Ποιο είναι το εύρος διευθύνσεων και ποια η διεύθυνση δικτύου?

B) Ποια είναι η διεύθυνση ευρείας εκπομπής του παραπάνω υποδικτύου? Είναι η προεπιλεγμένη πύλη στο ίδιο δίκτυο με το παραπάνω σύστημα?

A) Αρχικά για να βρεθεί η διεύθυνση δικτύου πρέπει να εφαρμόσουμε τη μάσκα υποδικτύου στην IP διεύθυνση εκτελώντας τη λογική πράξη (IP) AND (SUBNET MASK):

IP: 68.174.242.175 01000100 . 10101110 . 11110010 . **10101111**

Subnet mask: 255.255.248.0 11111111 . 11111111 . 11111000 . 00000000

Network ID: 68.174.240.0 01000100 . 10101110 . 11110000 . 00000000

Άρα η διεύθυνση δικτύου είναι: 68.174.240.0

B)

Η διεύθυνση εκπομπής προκύπτει αναθέτοντας την τιμή 1 σε όλα τα host bits. Το κομμάτι host της διεύθυνσης θα είναι τα bits από το τέλος της διεύθυνσης με πλήθος ίσο με τα 0's της μάσκας υποδικτύου:

Broadcast: 68.174.247.255 01000100 . 10101110 . 11110111 . **11111111**

Άρα η διεύθυνση εκπομπής είναι: 68.174.247.255

Τέλος το εύρος διευθύνσεων του υποδικτύου είναι όλες οι διευθύνσεις ανάμεσα στη διεύθυνση δικτύου και στη διεύθυνση εκπομπής:

Πρώτη διεύθυνση: 68.174.240.1 01000100 . 10101110 . 11110000 . **00000001**

Τελευταία διεύθυνση: 68.174.247.254 01000100 . 10101110 . 11110111 . **11111110**

Άρα το εύρος διευθύνσεων είναι: 68.174.240.1 - 68.174.247.254 με πλήθος $2^{11}-2 = 2046$

Η προεπιλεγμένη πύλη έχει διεύθυνση 68.174.240.1 η οποία ανήκει στο εύρος διευθύνσεων του υποδικτύου και συγκεκριμένα είναι η πρώτη διεύθυνση του υποδικτύου. Άρα η προεπιλεγμένη πύλη είναι στο ίδιο δίκτυο με το σύστημα με διεύθυνση 68.174.242.175.

ΘΕΜΑ 5

Σε μια εταιρεία έχουν εκχωρηθεί για τις ανάγκες της το υποδίκτυο πραγματικών IP διευθύνσεων 195.251.123.0/24 (δηλαδή οι IP διευθύνσεις από 195.251.123.0 έως και 195.251.123.255). Η εταιρεία διαθέτει έναν δρομολογητή (router) συνδεδεμένο στο Internet με point-to-point ζεύξη, στα άκρα της οποίας έχουν δοθεί IP διευθύνσεις από το σύνολο διευθύνσεων του ISP provider. Η εταιρεία διαθέτει τρία τοπικά δίκτυα τεχνολογίας Ethernet, το Α με 18 σταθμούς εργασίας, το Γ με 12 σταθμούς εργασίας και το Β. Ο δρομολογητής διαθέτει ξεχωριστό interface για την σύνδεσή του σε κάθε τοπικό δίκτυο παρέχοντας έτσι πρόσβαση στο Internet στους σταθμούς του εκάστοτε τοπικού δικτύου. Στο τοπικό δίκτυο Α έχει δοθεί το υποδίκτυο 195.251.123.0 με μάσκα /27 ή 255.255.255.224 (δηλαδή οι IP διευθύνσεις από 195.251.123.0 έως και 195.251.123.31) και στο τοπικό δίκτυο Γ έχει δοθεί το υποδίκτυο 195.251.123.48 με μάσκα /28 ή 255.255.255.240 (δηλαδή οι IP διευθύνσεις από 195.251.123.48 έως και 195.251.123.63). Ένας υπολογιστής του τοπικού δικτύου Β έχει τις εξής παραμέτρους στο πρωτόκολλο IP: Διεύθυνση IP : 195.251.123.38, Μάσκα υποδικτύου : 255.255.255.240

(α) Ποια είναι η διεύθυνση υποδικτύου του τοπικού δικτύου Β και ποιά η διεύθυνση για αποστολή broadcasting μηνυμάτων του τοπικού δικτύου Β;

(β) Ποιός είναι ο αυξων αριθμός υπολογιστή (host number) στο δεκαδικό σύστημα

(γ) Αν η εταιρεία προσθέσει ένα νέο τοπικό δίκτυο Δ με 11 νέους σταθμούς εργασίας, δώστε σε πίνακα τις IP παραμέτρους που πρέπει να εισάγετε στους 11 νέους σταθμούς εργασίας του Δ για την σύνδεσή τους στο Internet, δηλαδή την IP διεύθυνση, τη μάσκα υποδικτύου και την προεπιλεγμένη πύλη.

1. Η πρώτη διεύθυνση του τοπικού δικτύου B προκύπτει αν θέσουμε τα bits του αριθμού υπολογιστή όλα 0 (λογικό AND ανάμεσα στην IP και στην μάσκα).

IP : 195.251.123.38 → 11000011.11111011.01111011.00100110

AND

Μάσκα υποδικτύου 11111111.11111111.11111111.11110000

πρώτη διεύθυνση 11000011.11111011.01111011.00100000

Άρα η ζητούμενη διεύθυνση υποδικτύου είναι: 195.251.123.32

Η τελευταία διεύθυνση του δικτύου προκύπτει αν θέσουμε τα bits του αριθμού υπολογιστή όλα 1, (λογικό OR ανάμεσα στην IP και στην ανάστροφη μάσκα) δηλαδή

IP : 195.251.123.38 → 11000011.11111011.01111011.00100110

OR

Ανάστροφη μάσκα υποδ. 00000000.00000000.00000000.00001111

διεύθυνση broadcast 11000011.11111011.01111011.00101111

Άρα η ζητούμενη τελευταία διεύθυνση host number του δικτύου είναι: 195.251.123.47

2. Ο ο αυξων αριθμός υπολογιστή (host number) προκύπτει αν στην IP διεύθυνση θέσουμε τα bits του δικτύου και του υποδικτύου ίσα με 0 (λογικό AND ανάμεσα στην IP και στην ανάστροφη μάσκα), δηλαδή

IP : 195.251.123.38 → 11000011.11111011.01111011.00100110

AND

Ανάστροφη μάσκα υποδ. 00000000.00000000.00000000.00001111

Αριθμός υπολογιστή 00000000.00000000.00000000.00000110

Άρα ο αριθμός υπολογιστή είναι ο 0110=6

3. Για το τοπικό δίκτυο Δ χρειαζόμαστε 14 IP διευθύνσεις (11 για τους σταθμούς, μία για το interface του δρομολογητή, μία για το υποδίκτυο και μία για την broadcast διεύθυνση), άρα χρειαζόμαστε 4 bits για host-id. Άρα η μάσκα υποδικτύου του Δ είναι /28, και δημιουργούμε το υποδίκτυο χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες διευθύνσεις που υπάρχουν. Η τελευταία διεύθυνση του υποδικτύου Γ είναι η 195.251.123.63(broadcasting).

Άρα η διεύθυνση του υποδικτύου Δ θα είναι η 195.251.123.64 και επειδή χρειαζόμαστε 11 διευθύνσεις για σταθμούς εργασίας και 1 διεύθυνση για το δρομολογητή, η μάσκα για το υποδίκτυο Δ θα είναι η /28 ή 255.255.255.240.

Υποθέτοντας ότι η 1^η διεύθυνση κάθε υποδικτύου εκχωρείται στο interface του δρομολογητή, συμπληρώνουμε τον Πίνακα IP

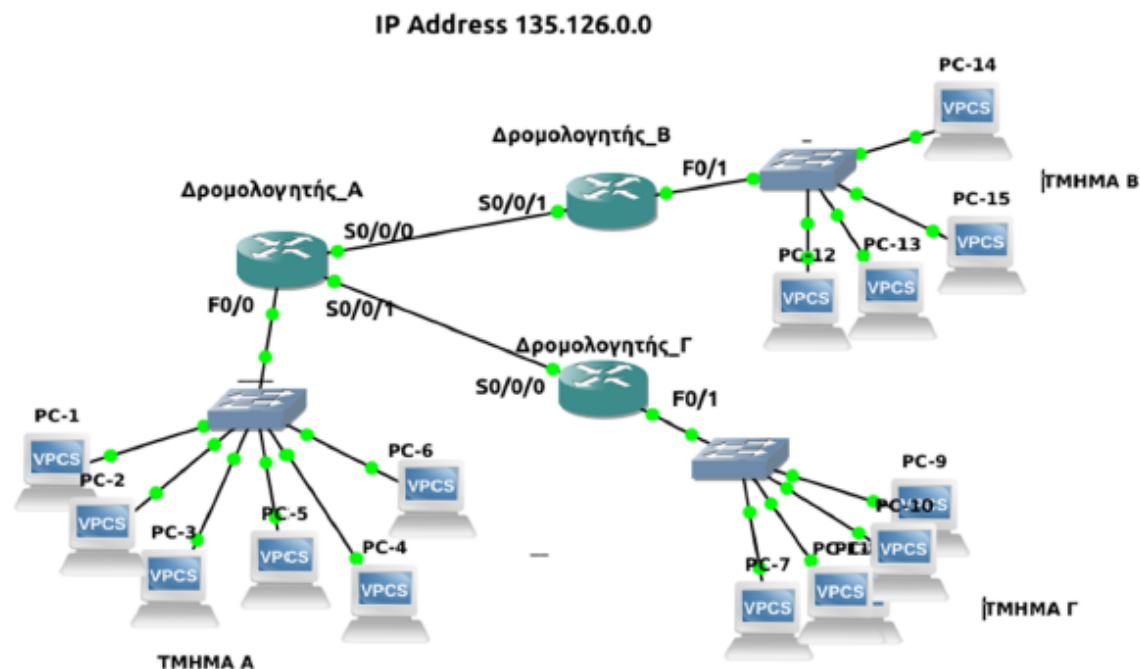
ΠΙΝΑΚΑΣ IP

Σταθμός εργασίας	IP διεύθυνση	Μάσκα υποδικτύου	Προεπιλεγμένη πύλη
Δ1	195.251.123.66	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ2	195.251.123.67	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ3	195.251.123.68	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ4	195.251.123.69	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ5	195.251.123.70	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ6	195.251.123.71	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ7	195.251.123.72	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ8	195.251.123.73	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ9	195.251.123.74	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ10	195.251.123.75	255.255.255.240	195.251.123.65
Δ11	195.251.123.76	255.255.255.240	195.251.123.65

ΘΕΜΑ 5

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τις απαιτήσεις οργάνωσης του δικτύου μιας εταιρείας στην οποία έχει δοθεί η IP διεύθυνση: **135.126.0.0** Απαντήσατε στα παρακάτω ερωτήματα.

- 1) Τι κλάσης είναι το δίκτυο και ποια είναι η default subnet mask?
- 2) Ποιος ο ελάχιστος αριθμός υποδικτύων που χρειάζονται και ποια η αντίστοιχη custom subnet mask?
- 3) Για τον ελάχιστο αριθμό υποδικτύων που υπολογίσατε και για σταθερή/ίδια μάσκα για τα τμήματα Α, Β, Γ,
 - i. Ποιος ο αριθμός των hosts που μπορεί να ανατεθεί σε κάθε τμήμα?
 - ii. Δώστε την 1^η, την τελευταία διαθέσιμη IP διεύθυνση καθώς και την broadcast διεύθυνση για το κάθε τμήμα.
- 4) Ποιο είναι το εύρος των διαθέσιμων διευθύνσεων που μπορούν να ανατεθούν στα υποδίκτυα που διασυνδέουν το δρομολογητή Α με τον Γ και τον Α με τον Β?



Απάντηση

α)

Τι κλάσης είναι το δίκτυο?

Address Class: B, αφού σε αυτήν ανήκουν διευθύνσεις στην κλίμακα 135.126.xxx.xxx

Ποια είναι η μάσκα υποδικτίου (default subnet mask)?

255.255.0.0

β)

Απαιτούνται 3 υποδίκτυα για τα τμήματα και 2 για την διασύνδεση των δρομολογητών. Σύνολο: 5

Ως εκ τούτου για τον υπολογισμό της custom subnet mask, αυτή θα δανειστεί 3 bits από τα bits που προορίζονταν για τον αριθμό των hosts. Επομένως η μάσκα θα είναι η :

11111111.11111111.(111)00000.00000000 = 255.255. 224.0

γ)

i) Ποιος ο αριθμός των hosts που μπορεί να ανατεθεί σε κάθε τμήμα; .

Εφόσον διατίθενται 13 bits για τις διευθύνσεις των κόμβων σε κάθε υπό-δίκτυο, ο συνολικός αριθμός διευθύνσεων για κάθε τμήμα είναι: $2^{13}-2=8190$.

ii) Δώστε την 1^η, την τελευταία διαθέσιμη IP διεύθυνση καθώς και την broadcast διεύθυνση για το κάθε τμήμα.

Τμήμα Α: 135.126. 0.1 - 135.126. 31.254

Broadcast: 135.126. 31.255

Τμήμα Β: 135.126. 32.1 - 135.126. 63.254

Broadcast: 135.126. 63.255

Τμήμα Γ: 135.126. 64.1 - 135.126. 95.254

Broadcast: 135.126. 95.255

δ) Ποιες οι διευθύνσεις των δρομολογητών από Α προς Β και από Α προς Γ?

Διευθύνσεις από Α προς Β:

Τμήμα Γ: 135.126. 96.1 - 135.126. 127.254

Διευθύνσεις από Α προς Γ:

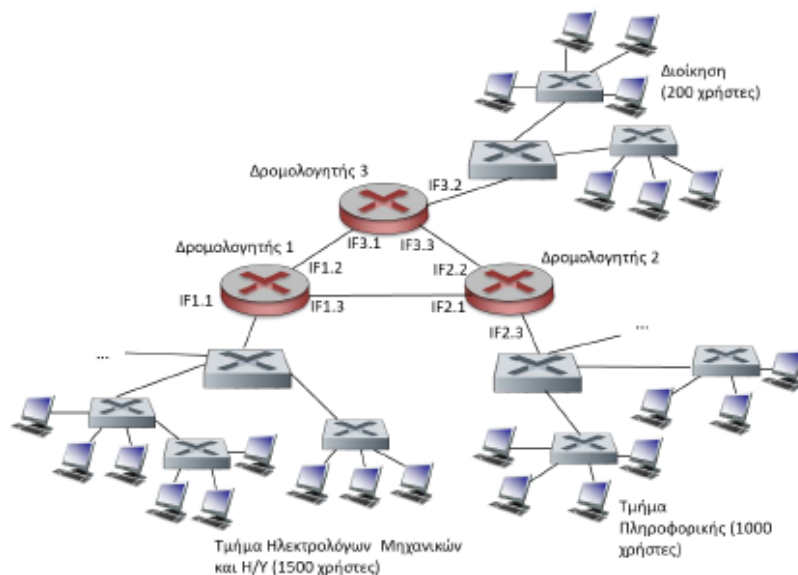
Τμήμα Γ: 135.126. 128.1 - 135.126. 159.254

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με την έννοια του υποδικτύου και τον τρόπο που χρησιμοποιείται στη διαχείριση των IP διευθύνσεων και στη δρομολόγηση πληροφορίας

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ5/1617/05, ΓΕ5/1718/05, ΓΕ5/1718/06, ΕΞ/1718/05

Στο παρακάτω σχήμα περιγράφεται υποτυπώδες δίκτυο πανεπιστημιακής σχολής που συνδέει 2 πανεπιστημιακά τμήματα, το τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Η/Υ και το Τμήμα Πληροφορικής. Το δίκτυο αποτελείται από 3 δρομολογητές, 3 μεγάλους μεταγωγείς συσσώρευσης κίνησης, και αρκετούς περισσότερους μεταγωγείς πρόσβασης χρηστών (δεν απεικονίζονται όλοι στο σχήμα). Στο δίκτυο της σχολής αποδίδεται για την επικοινωνία της με το υπόλοιπο Πανεπιστήμιο και τον έξω κόσμο η IP διεύθυνση 195.254.0.0/20. Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:

- (α) Ποια είναι η διεύθυνση broadcast αυτού του δικτύου σε δεκαδική και σε δυαδική μορφή;
- (β) Να δοθεί σε δυαδική μορφή και δεκαδική μορφή η μάσκα υποδικτύου (subnet mask) της παραπάνω διεύθυνσης.
- (γ) Ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός διευθύνσεων που είναι διαθέσιμες για χρήστες της Σχολής με αυτήν τη διεύθυνση;
- (δ) Με δεδομένη τη δικτύωση που δίνεται στο παρακάτω σχήμα, εξηγήστε πόσα υποδίκτυα χρειάζεται να οριστούν και ποια είναι αυτά.
- (ε) Με δεδομένο το πλήθος των διευθύνσεων που πρέπει να γίνουν διαθέσιμες, ποια είναι τα ελάχιστα μεγέθη (ως δύναμη του 2) των υποδικτύων του ερωτήματος (δ);
- (στ) Περιγράψτε τις μάσκες υποδικτύου για καθένα από τα υποδίκτυα του ερωτήματος (δ).
- (ζ) Για καθένα υποδίκτυο, περιγράψτε την πρώτη διεύθυνση και την τελευταία διεύθυνση χρήστη στο αντίστοιχο μπλοκ διευθύνσεων που χειρίζεται το υποδίκτυο.



Σχήμα 5. Ενδεικτικό δίκτυο σύνδεσης δύο τμημάτων πανεπιστημιακής σχολής και του διοικητικού της προσωπικού. Τα IFx υποδηλώνουν διεπαφές των τριών δρομολογητών.

ΕΑΠ / ΠΛΗ22 / ΗΛΕ.41 / έκτακτη ΟΣΣ /
28.05.2023 / Ν.Δημητρίου

Ερωτήματα γ-ζ

Διάταξη Δικτύων σε φθίνουσα σειρά απαιτούμενων διευθύνσεων

Χρήστες+ network+broadcast (2) +router interface (1)

Εύρος Διευθύνσεων

Μάσκα Υποδικτύου

H.M	$1500+2+1 \rightarrow 2048 \rightarrow 2^{11}$	$\left\{ \begin{array}{l} 195.254.0.0/21 \\ 195.254.7.255/21 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow 8 \times 256 = 2^{11}$	255.255.248.0
Πλ.	$1000+2+1 \rightarrow 1024 \rightarrow 2^{10}$	$\left\{ \begin{array}{l} 195.254.8.0/22 \\ 195.254.11.255/22 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow 4 \times 256 = 2^{10}$	255.255.252.0
Δκ	$200+2+1 \rightarrow 256 \rightarrow 2^8$	$\left\{ \begin{array}{l} 195.254.12.0/24 \\ 195.254.12.255/24 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow 1 \times 256 = 2^8$	255.255.255.0
ΔP ₁	$2+2 \rightarrow 4 \rightarrow 2^2$	$\left\{ \begin{array}{l} 195.254.13.0/30 \\ 195.254.13.3/30 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow 1 \times 4 = 2^2$	255.255.255.252
ΔP ₂	$2+2 \rightarrow 4 \rightarrow 2^2$	$\left\{ \begin{array}{l} 195.254.13.4/30 \\ 195.254.13.7/30 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow 1 \times 4 = 2^2$	
ΔP ₃	$2+2 \rightarrow 4 \rightarrow 2^2$	$\left\{ \begin{array}{l} 195.254.13.8/30 \\ 195.254.13.11/30 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow 1 \times 4 = 2^2$	

Υπόλοιπο διαθέσιμων διευθύνσεων

$$195.254.13.12 \sim 195.254.15.255$$

$$\Rightarrow 244 + 2 \times 256 = 756 \text{ διευθύνσεις}$$