

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΑΘΗ.3
5^η ΟΣΣ 10/05/2014

Νίκος Δημητρίου
ΣΕΠ/ΘΕ ΠΛΗ22

Λύσεις ΓΕ4

ΘΕΜΑ 1

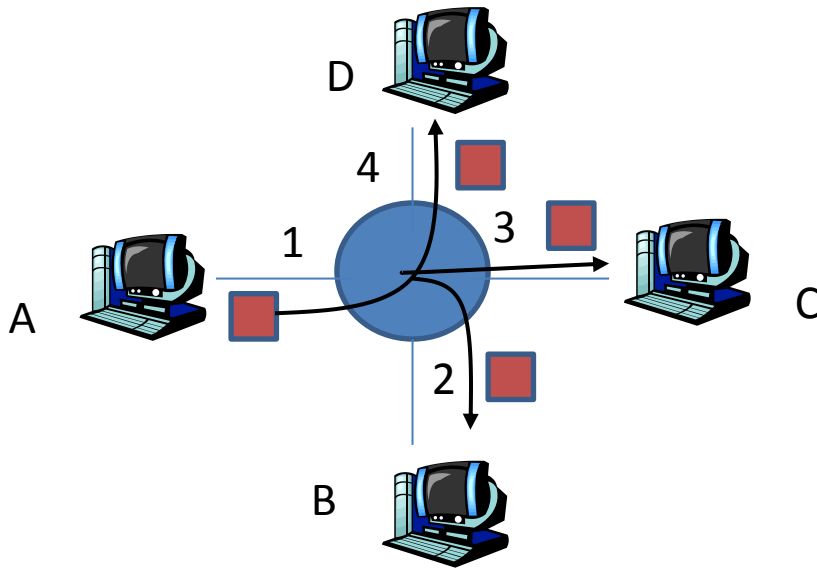
Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις τεχνολογίες Ethernet και TCP/IP

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικά με Hub, Bridge, Switching και IP Forwarding, ARP

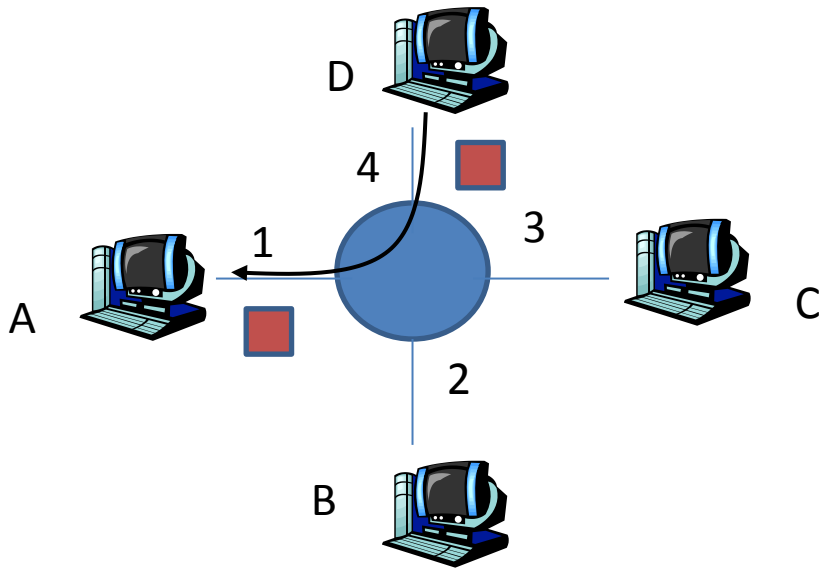
1. Να θεωρήσετε ένα Ethernet LAN switch στο οποίο είναι συνδεδεμένοι τέσσερις hosts: A, B, C, D. Οι κόμβοι χρησιμοποιούν την τοπολογία star για τη διασύνδεση των hosts A, B, C, D. Ο Host A είναι συνδεδεμένος στο interface 1 του μεταγωγέα, ο host B στο interface 2, ο host C στο interface 3 και ο host D στο interface 4. Να θεωρήσετε ότι ο πίνακας μεταγωγής του μεταγωγέα είναι άδειος. Για κάθε ένα από τα παρακάτω γεγονότα να δείξετε πως ανανεώνεται ο πίνακας αυτός και να αναφέρεται τα interfaces όπου τα πλαίσια μεταδίδονται.

- Ο A στέλνει ένα frame στο D
- Ο D στέλνει ένα frame στον A

Μεθοδολογία: Θα πρέπει να μελετήσετε τα Θέματα 2, 4 απ τις λυμένες ασκήσεις στην ενότητα Hub, Bridge, Switching



1. Μετάδοση A-D
2. Ο A αποστέλλει ένα πακέτο με τη MAC address του D
3. Ο πίνακας του switch είναι άδειος οπότε το πακέτο αποστέλλεται σε όλες τις θύρες; Πλην της εισόδου (2,3,4)
4. Οι B,C απορρίπτουν το πακέτο.
5. Το switch ενημερώνει τον πίνακά του (A,1)



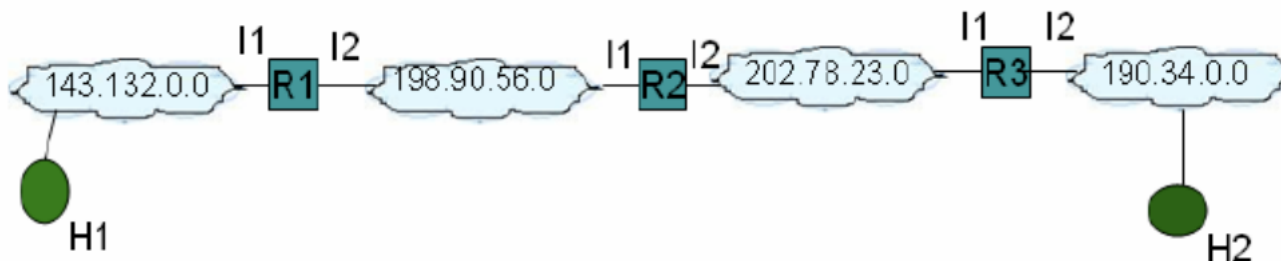
1. Μετάδοση D-A
2. Ο D αποστέλλει ένα πακέτο με τη MAC address του A
3. Ο πίνακας του switch table έχει την εγγραφή (A,1) οπότε το πακέτο αποστέλλεται ΜΟΝΟ στη θύρα 1 και το σταθμό A.
4. Το switch ενημερώνει τον πίνακά του (D,4)

ΘΕΜΑ 1

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις τεχνολογίες Ethernet και TCP/IP

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικά με Hub, Bridge, Switching και IP Forwarding, ARP

2. Δίνεται το δίκτυο του παρακάτω σχήματος



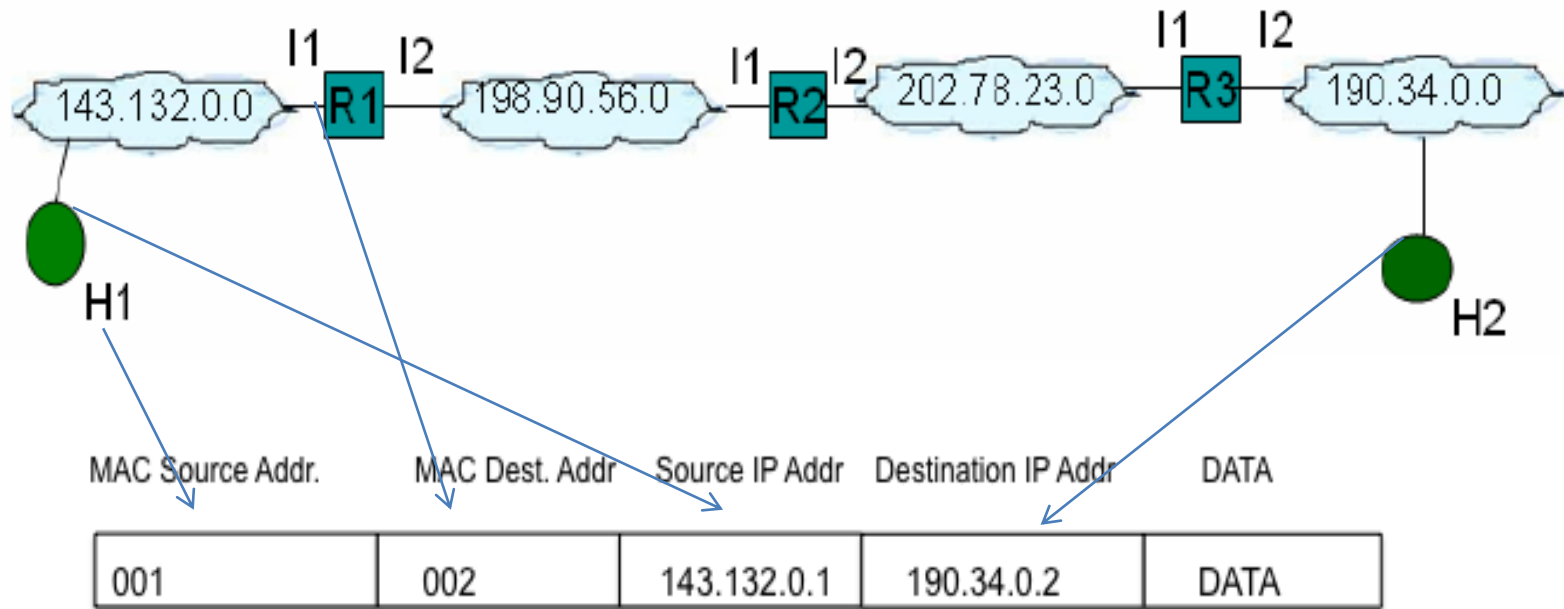
Να θεωρήσετε τις παρακάτω εγγραφές στο κάθε ένα δρομολογητή.

Host/Router	IP Διεύθυνση	MAC Διεύθυνση
H1	143.132.0.1	001
Interface 1 of R1	143.132.90.2	002
Interface 2 of R1	198.90.56.1	00002
Interface 1 of R2	198.90.56.2	00004
Interface 2 of R2	202.78.23.1	03
Interface 1 of R3	202.78.23.2	05

Interface 2 of R3	190.34.0.1	0004
H2	190.34.0.2	0005

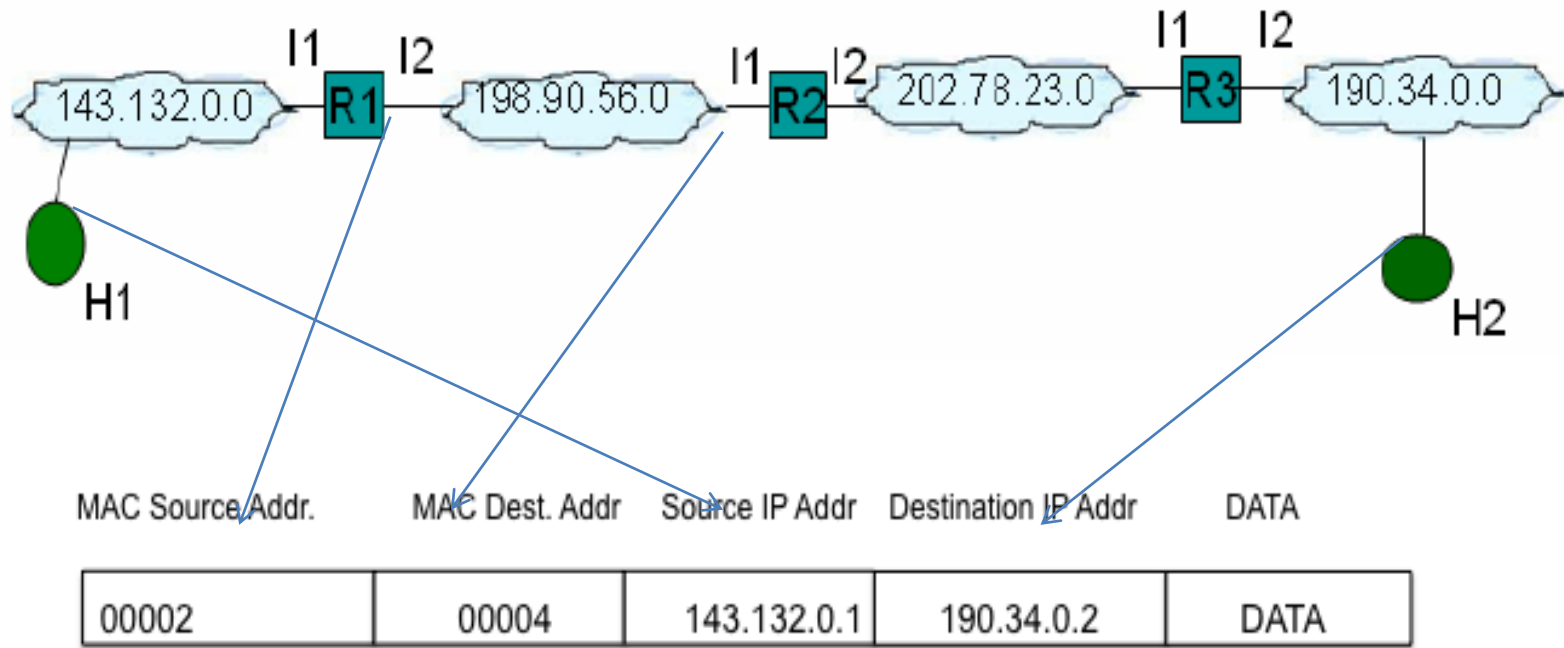
Να δείξετε τα πεδία που μεταβάλλονται καθώς ένα πακέτο μεταδίδεται από το H1 προς το H2 μέσω των R1, R2, R3.

- Μετάδοση H1 - R1 (αλλάζουν μόνο οι MAC διευθύνσεις)



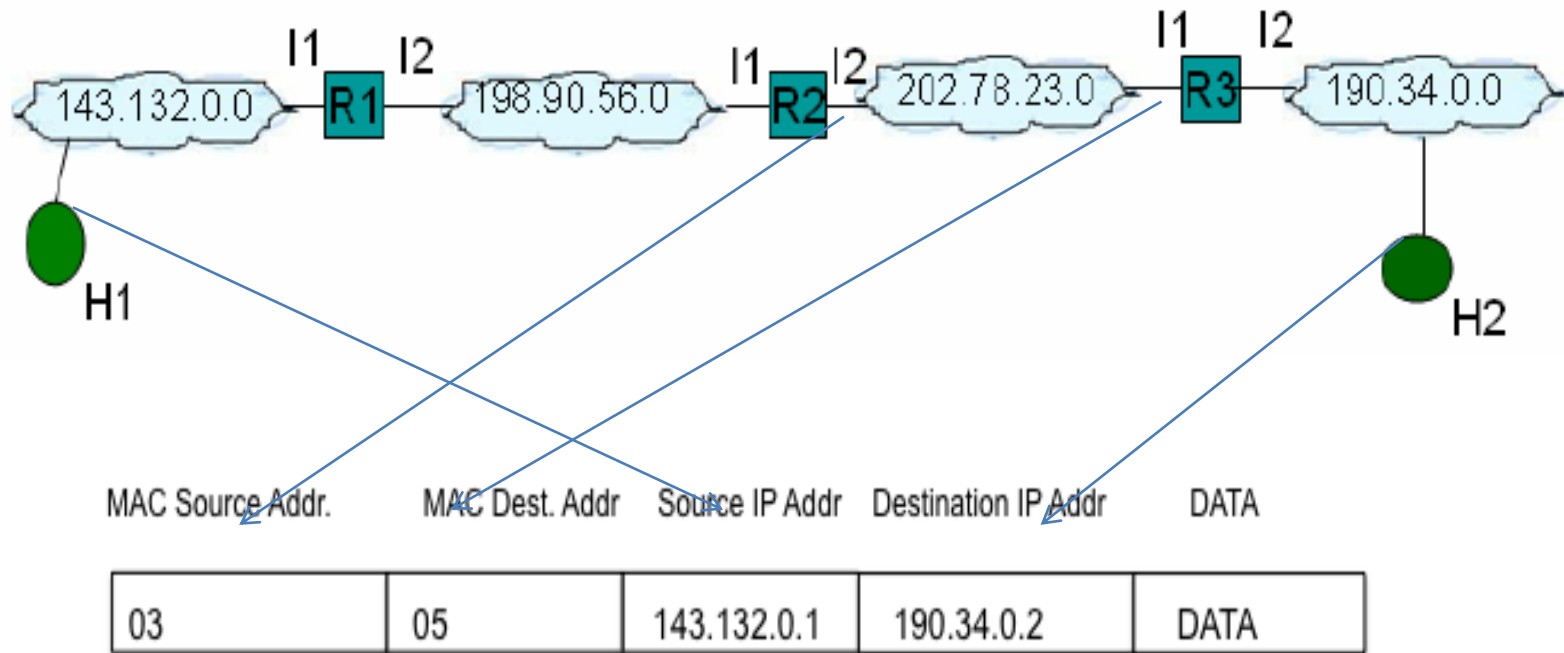
Host/Router	IP address	MAC address
H1	143.132.0.1	001
Interface 1 of R1	143.132.90.2	002
Interface 2 of R1	198.90.56.1	00002
Interface 1 of R2	198.90.56.2	00004
Interface 2 of R2	202.78.23.1	03
Interface 1 of R3	202.78.23.2	05
Interface 2 of R3	190.34.0.1	0004
H2	190.34.0.2	0005

- Μετάδοση R1 - R2



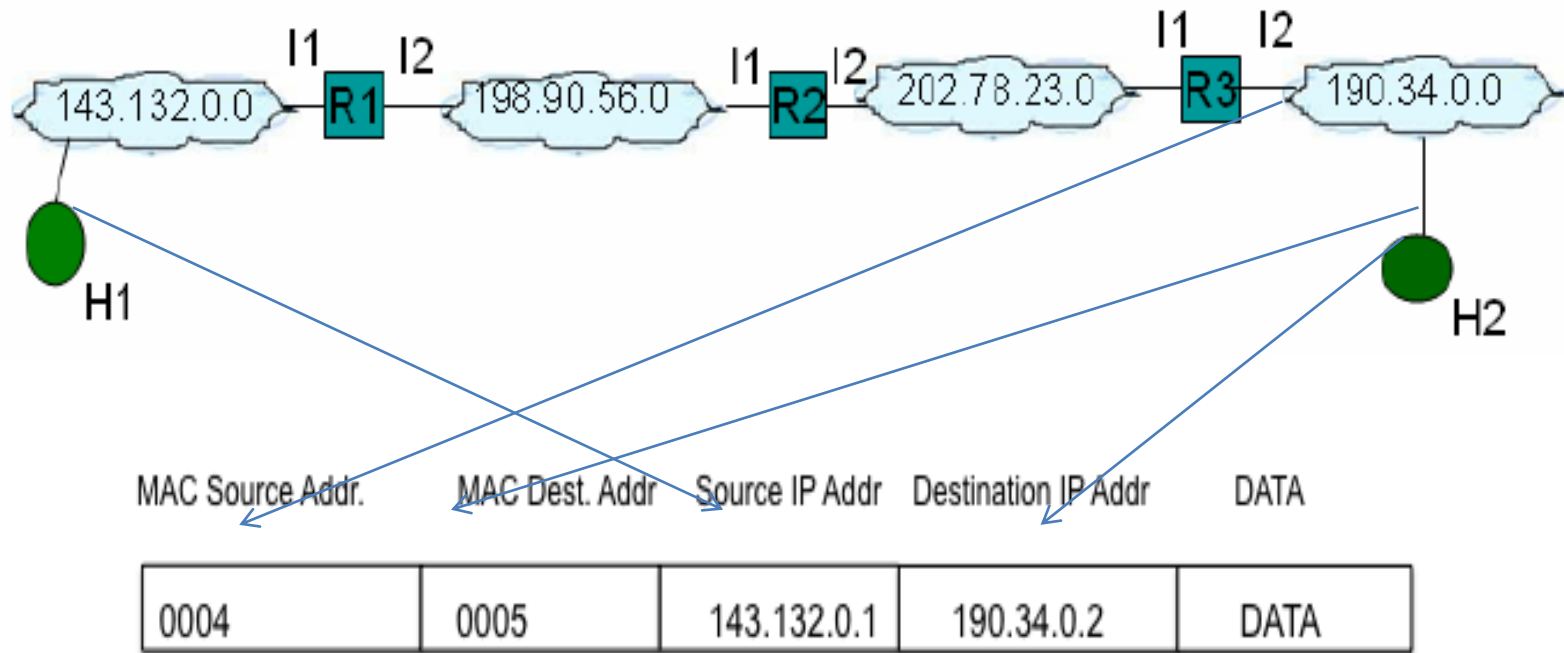
Host/Router	IP address	MAC address
H1	143.132.0.1	001
Interface 1 of R1	143.132.90.2	002
Interface 2 of R1	198.90.56.1	00002
Interface 1 of R2	198.90.56.2	00004
Interface 2 of R2	202.78.23.1	03
Interface 1 of R3	202.78.23.2	05
Interface 2 of R3	190.34.0.1	0004
H2	190.34.0.2	0005

- Μετάδοση R2 - R3



Host/Router	IP address	MAC address
H1	143.132.0.1	001
Interface 1 of R1	143.132.90.2	002
Interface 2 of R1	198.90.56.1	00002
Interface 1 of R2	198.90.56.2	00004
Interface 2 of R2	202.78.23.1	03
Interface 1 of R3	202.78.23.2	05
Interface 2 of R3	190.34.0.1	0004
H2	190.34.0.2	0005

- Μετάδοση R3 - H2



Host/Router	IP address	MAC address
H1	143.132.0.1	001
Interface 1 of R1	143.132.90.2	002
Interface 2 of R1	198.90.56.1	00002
Interface 1 of R2	198.90.56.2	00004
Interface 2 of R2	202.78.23.1	03
Interface 1 of R3	202.78.23.2	05
Interface 2 of R3	190.34.0.1	0004
H2	190.34.0.2	0005

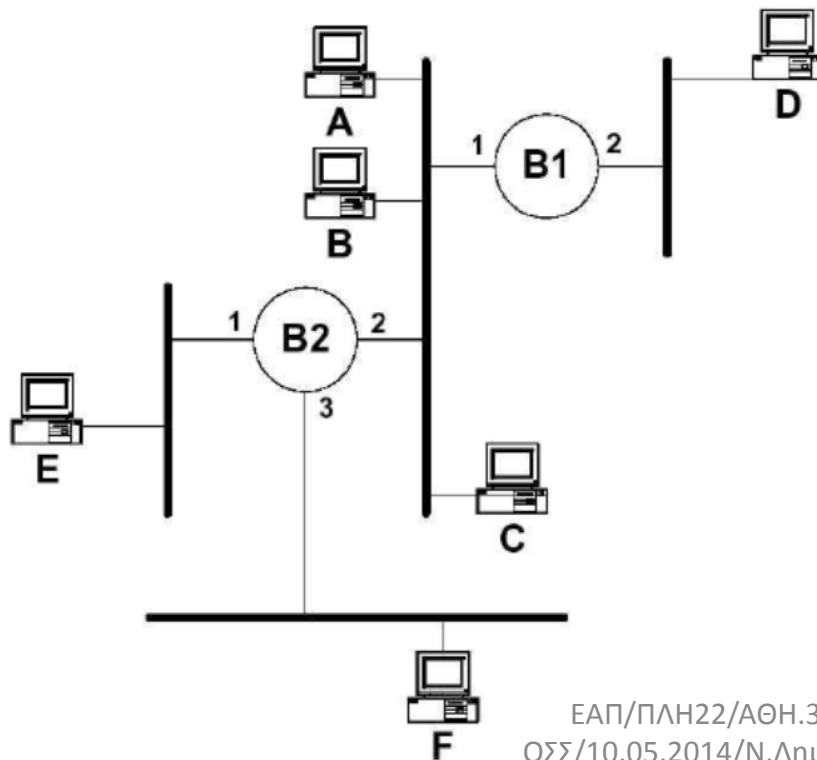
ΘΕΜΑ 1

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις τεχνολογίες Ethernet και TCP/IP

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικά με Hub, Bridge, Switching και IP Forwarding, ARP

3. Να θεωρήσετε το δίκτυο του παρακάτω σχήματος. Αν θεωρήσετε ότι δεν υπάρχουν εγγραφές, να αναφέρετε πως θα τροποποιηθούν οι εγγραφές στις γέφυρες B1, B2, όταν γίνουν οι παρακάτω μεταδόσεις

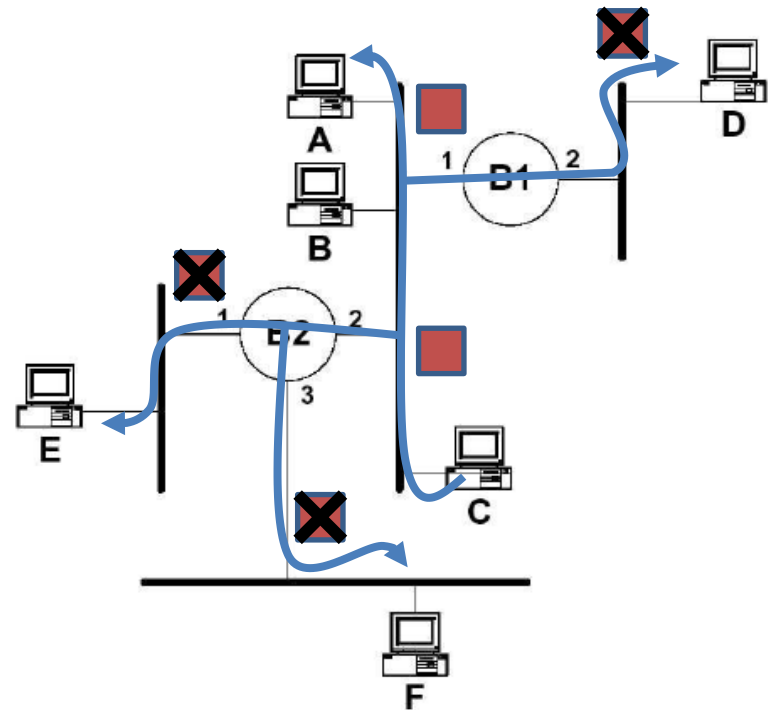
- C στέλνει στον A
- F στέλνει στον E
- E στέλνει στον F



Μετάδοση C - A

Bridge B1		Bridge B2	
C	1	C	2

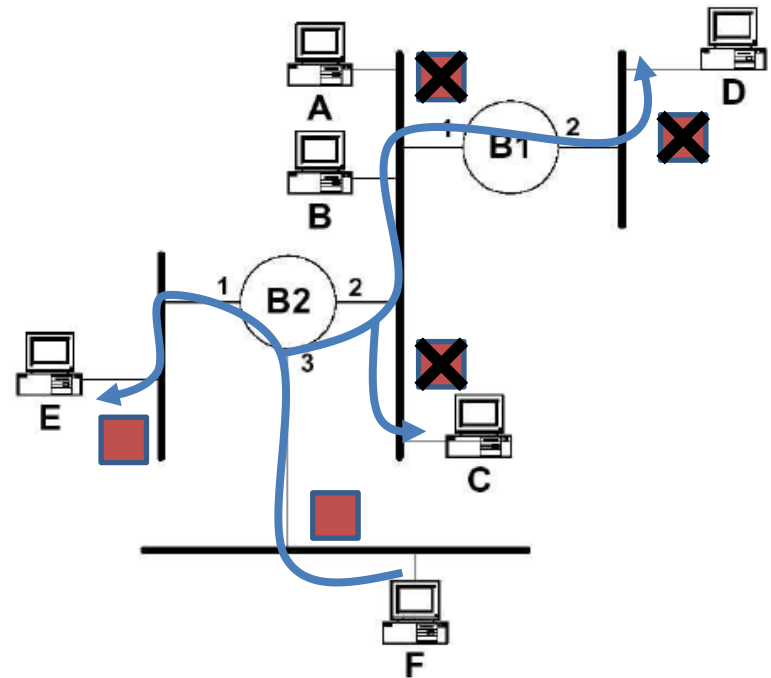
✗ → discarded



Μετάδοση F - E

Bridge B1		Bridge B2	
C	1	C	2
F	1	F	3

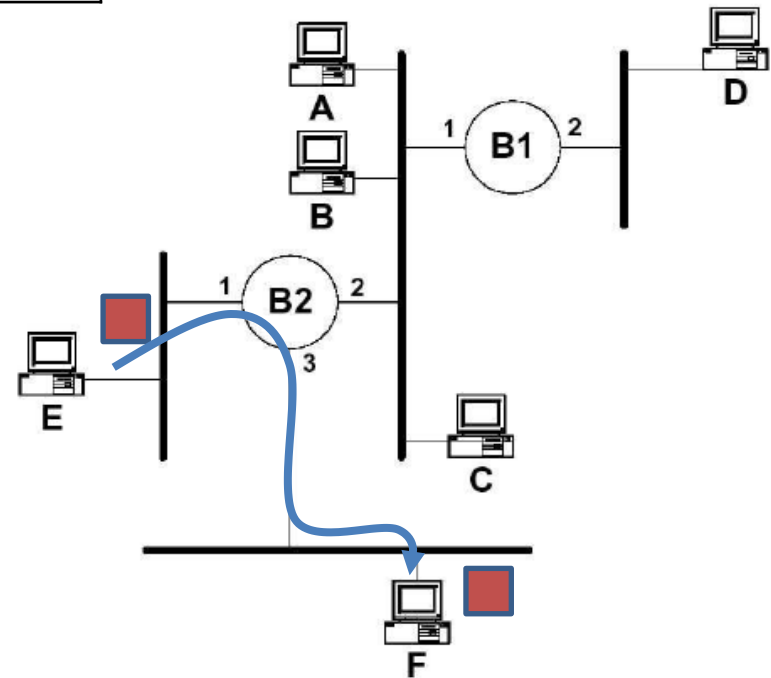
✗ → discarded



Μετάδοση E - F

Bridge B1		Bridge B2	
C	1	C	2
F	1	F	3
		E	1

Ο πίνακας της B2 έχει μια εγγραφή για το Σταθμό F . Το πακέτο αποστέλλεται Μόνο στη θύρα 3 της B2 και καταλήγει Στον παραλήπτη σταθμό F.
Η B2 προσθέτει και την εγγραφή (E,1)



ΘΕΜΑ 2

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με το δίκτυο Ethernet

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες Ενδεικτικές Ασκήσεις τις σχετικές με CSMA/CD, TDMA, ALOHA

1. Δίκτυο CSMA/CD με ταχύτητα μετάδοσης $R=400$ Mbps, αποτελείται από 3 τμήματα ομοαξονικού καλωδίου μήκους 1 Km το καθένα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με επαναλήπτες με κάθε επαναλήπτη να εισάγει καθυστέρηση 5 μ sec. Η ταχύτητα διάδοσης στο μέσο μετάδοσης είναι 200000 Km/sec.

- A. Στο δίκτυο αυτό εισέρχονται 80 σταθμοί (που παράγουν κίνηση με τον ίδιο ρυθμό) ανά τμήμα του και μεταδίδονται πλαίσια μήκους διπλασίου του ελαχίστου. Ποια θα είναι η ρυθμαπόδοση του επιπέδου δικτύου κάθε σταθμού του δικτύου, αν η επιβάρυνση (overhead) που εισάγει το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων ανά μεταδιδόμενο πλαίσιο είναι 1000 bits;
- B. Θέλουμε να επιτύχουμε απόδοση του CSMA/CD δικτύου 80%, χωρίς όμως να μεταβάλλουμε το μήκος των πλαισίων και το μήκος του δικτύου. Τι πρέπει να κάνουμε ώστε να το πετύχουμε και πόσα πλαίσια θα πρέπει να στέλνει κάθε σταθμός το δευτερόλεπτο;

(1)

A. Γνωρίζουμε ότι στο CSMA/CD, το ελάχιστο μήκος πλαισίου αντιστοιχεί σε χρονικό διάστημα μετάδοσης διπλάσιο του PROP. Το PROP ισούται με την καθυστέρηση στο συνολικό μήκος του καλωδίου ($3 \times 1 = 3 \text{ Km}$) συν την καθυστέρηση που εισάγουν οι δύο επαναλήπτες. Άρα έχουμε

$$PROP = \frac{3}{200000} + 2 \times 5 = 15 + 10 = 25 \text{ } \mu\text{s}. \text{ Έτσι, } 2 \times PROP = 50$$

μsec και το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου είναι ίσο με $2 \times PROP \times R = 50 \text{ } \mu\text{sec} \times 400 \text{ Mbps} = 20.000 \text{ bits}$.

Εφόσον μεταδίδονται πλαίσια μήκους διπλάσιου του ελαχίστου, κάθε ένα τέτοιο πλαίσιο θα έχει μέγεθος ίσο με 40.000 bits με χρόνο μετάδοσης $TRANSP = 100 \text{ } \mu\text{sec}$.

Επίσης, κάθε ένα τέτοιο πλαίσιο θα μεταφέρει $40.000 - 1000 = 39.000 \text{ bits}$ πληροφορίας με αποτέλεσμα το ποσοστό μεταφοράς ωφέλιμης πληροφορίας ανά πλαίσιο να είναι ίσο με $39.000 / 40.000 = 0.975$.

Εφόσον $PROP = 25 \text{ } \mu\text{sec}$, $TRANSP = 100 \text{ } \mu\text{sec}$, σύμφωνα με τον γνωστό από τη θεωρία τύπο που δίνει την απόδοση ενός CSMA/CD δικτύου ($n = 1 / (1 + 5\alpha)$, όπου $\alpha = PROP / TRANSP$), προκύπτει ότι η απόδοση του δικτύου θα είναι ίση με $n = 0.444$.

Η ρυθμαπόδοση του δικτύου θα είναι ίση με $n \times R = 0.444 \times 400 \text{ Mbps} = 177.6 \text{ Mbps}$.

Η ρυθμαπόδοση κάθε σταθμού θα είναι ίση με $(177.6 \text{ Mbps}) / (3 \times 80 \text{ σταθμοί}) = 740 \text{ Kbps}$.

Η ρυθμαπόδοση του επιπέδου δικτύου κάθε σταθμού του δικτύου θα είναι ίση με $0.975 \times 740 \text{ Kbps} = 721.5 \text{ Kbps}$.

B Για να επιτύχουμε το ζητούμενο, θα πρέπει προφανώς να μεταβάλλουμε τη ταχύτητα μετάδοσης από R σε R1, κάτι που προφανώς θα μεταβάλλει το χρόνο μετάδοσης σε TRANSP1.

Θα πρέπει συνεπώς $n1 = 1 / (1 + 5\alpha) = 0.8 \Rightarrow \alpha = 0.05 \Rightarrow TRANSP1 = 20 \times PROP \Rightarrow TRANSP1 = 500 \text{ } \mu\text{sec}$.

ΘΕΜΑ 2

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με το δίκτυο Ethernet

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες Ενδεικτικές Ασκήσεις τις σχετικές με CSMA/CD, TDMA, ALOHA

2. Υποθέστε ότι έχετε ένα PC συνδεδεμένο στη θύρα 12 ενός Ethernet switch και ότι λαμβάνει κίνηση (δηλ. Το switch έχει μάθει για την ύπαρξη του στη θύρα 12). Τώρα αποσυνδέετε το PC από την θύρα 12 και το συνδέετε στη θύρα 13. Τι θα συμβεί στα επόμενα πακέτα που προορίζονται για το PC, υποθέτοντας ότι το PC έχει λάβει ένα πακέτο από το switch στο πρόσφατο παρελθόν; Πότε/πως διορθώνει το switch τον switching πίνακά του?

Επειδή το switch έχει φτιάξει τον πίνακα με την αντιστοίχιση του MAC address του PC στη θύρα 12, για το χρόνο που διαρκεί η αποσύνδεση από τη θύρα 12 μέχρι τη σύνδεση στη θύρα 13, τα πακέτα με προορισμό το PC θα χαθούν. Όταν το PC συνδεθεί στη θύρα 13 τότε το δικτυακό του interface θα εκκινήσει και το network stack θα στείλει ένα αίτημα ARP (gratuitous ARP) το οποίο θα ληφθεί από το switch που θα αντιστοιχήσει την MAC address του PC με την θύρα 13 στον switching πίνακα του. Άρα η διόρθωση γίνεται σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα.

Στην περίπτωση που το PC δεν είναι σε λειτουργία, η εγγραφή του switching table για τη θύρα 12 παραμένει μέχρι να λήξει το χρονικό της όριο (aging time) οπότε διαγράφεται, ή μέχρι να πάρει μήνυμα στη θύρα 12 από διαφορετική MAC address οπότε θα δημιουργήσει μια νέα εγγραφή.

ΘΕΜΑ 2

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με το δίκτυο Ethernet

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες Ενδεικτικές Ασκήσεις τις σχετικές με CSMA/CD, TDMA, ALOHA

3. Θεωρείστε ένα δίκτυο Ethernet που λειτουργεί στα 100 Mbps και όλοι οι σταθμοί συνδέονται σε ένα κεντρικά τοποθετημένο hub με καλώδια ίσου μήκους. Θεωρείστε ότι το

μέγεθος του πλαισίου είναι 1000 bytes στα οποία προστίθεται ένα πρόθεμα των 64-bits, ότι δεν υπάρχουν επαναλήπτες και η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στο είναι 1.8×10^8 m/sec.

α) Ποιά είναι η μέγιστη δυνατή απόσταση που επιτρέπεται να υπάρχει ανάμεσα στους σταθμούς και στο hub, έτσι ώστε να είναι βέβαιο ότι ένας μεταδίδων κόμβος A θα είναι σε θέση να ανιχνεύσει αν οποιοσδήποτε άλλος κόμβος μετέδωσε κατά τη διάρκεια που μετέδιδε ο A.

β) Στην περίπτωση που η απόσταση ανάμεσα στους σταθμούς και στο hub ισούται με το 30% της μέγιστης δυνατής απόστασης που υπολογίστηκε παραπάνω, ποιά θα είναι η απόδοση του δικτύου?

3. Το μέγεθος του πλαισίου είναι: $1000 \cdot 8 + 64 = 8064$ bits.

Έχουμε:

$$t_{\text{prop}} = d / (1.8 \times 10^8 \text{ m/sec}) = (d/180) \text{ } \mu\text{sec}$$

$$t_{\text{trans}} = (8064 \text{ bits}) / (100 \times 10^6 \text{ bits/sec}) = 80.64 \text{ } \mu\text{sec}$$

Για να μπορεί ο μεταδίδων σταθμός A να ανιχνεύσει αν οποιοσδήποτε άλλος σταθμός B μετέδωσε κατά τη διάρκεια που μετέδιδε ο A, πρέπει το t_{trans} να είναι μεγαλύτερο από $2 t_{\text{prop}} = (d/90) \text{ } \mu\text{sec}$

Άρα: $80.64 \text{ } \mu\text{sec} > (d/90) \text{ } \mu\text{sec}$, και επομένως: $d_{\text{max}} = 7258 \text{ m}$

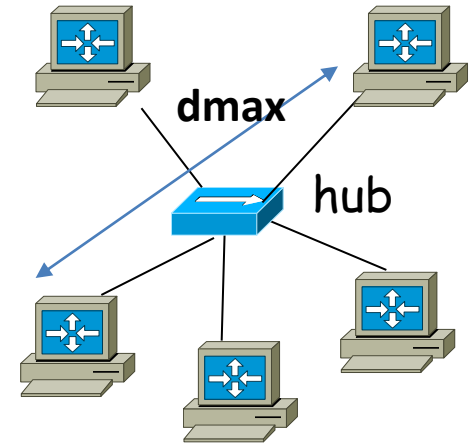
Καθώς μας ζητείται η μέγιστη απόσταση από σταθμό στο hub και θεωρώντας ότι το hub βρίσκεται στο μέσο του δικτύου έχουμε $7257 \text{ Km} / 2 = 3628$

Η απόσταση μεταξύ σταθμού και hub $d_{\text{hub}} = 30\% \times 3628 = 1088.4 \text{ } \mu$. Η συνολική απόσταση ισούται με $d = 2 \times d_{\text{hub}} = 2 \times 1088.4 = 2176.8$ και τότε: $t_{\text{prop}} = (d/180) \text{ } \mu\text{sec} = 12.09 \text{ msec} \Rightarrow$

Άρα: $\alpha = t_{\text{prop}} / t_{\text{trans}} = 12.09 \text{ msec} / 80.64 \text{ } \mu\text{sec} = 0.15$

Τότε:

$$\text{Απόδοση} = 1 / (1 + 5\alpha) = 1 / (1 + 0.75) = 0.571$$



ΘΕΜΑ 3

Στόχος της άσκησης είναι η εξέταση για επιβεβαίωση της εξοικείωσης με τις έννοιες fragmentation και ARP

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες Ενδεικτικές Ασκήσεις τις σχετικές με IP Forwarding, ARP

1. Ο δρομολογητής R1 λαμβάνει το datagram μήκους 8 KB και πρέπει να το προωθήσει στο δρομολογητή R4. Να υπολογιστεί ο αριθμός και το συνολικό μήκος των πακέτων που φτάνουν στους δρομολογητές R2, R3 και R4 και για το κάθε πακέτο να δοθούν τα πεδία Fragment Offset, More Flag και Fragment ID.



Στον R2

Πακέτο 1

Επικεφαλίδα IP πακέτου = 20 bytes \Rightarrow Payload = $4500 - 20 = 4480 \Rightarrow 4480/8 = 560$. Άρα το Payload πρέπει να έχει μήκος 4480 bytes. Συνολικό μήκος πρώτου πακέτου = $20 + 4480 = 4500$ bytes.

Πακέτο 2

Επικεφαλίδα IP Πακέτου = 20 bytes \Rightarrow Payload = Αρχικό Payload – Payload 1^ο πακέτου = $7980 - 4480 = 3500$. Συνολικό μήκος δεύτερου πακέτου = $20 + 3500 = 3520$ bytes.

Fragment Packet - 1 Total Length = 4500 Fragment Offset = 0	Fragment Packet - 2 Total Length = 3520 Fragment Offset = 560
More Flag = True = 1	More Flag = False = 0

Στον R3

Μέγιστο συνολικό μήκος για κάθε fragment εκτός από το τελευταίο = $1500 - 20 = 1480 \Rightarrow$
Offset = $1480 / 8 = 185$

Το payload για το πρώτο πακέτο με συνολικό μήκος 4500 bytes, είναι ίσο με $4500 - 20 = 4480$ bytes. Το πακέτο χωρίζεται σε 3 fragments των 1480 bytes και 1 fragment των $4480 - (3 * 1480) = 60$ bytes.

Fragment Packet - 1	Fragment Packet - 2	Fragment Packet - 3	Fragment Packet - 4
Total Length = 1500	Total Length = 1500	Total Length = 1500	Total Length = 60
Fragment Offset = 0	Fragment Offset = 185	Fragment Offset = 370	Fragment Offset = 555
More Flag = True = 1	More Flag = True = 1	More Flag = True = 1	More Flag = False = 0

Το payload για το δεύτερο πακέτο με συνολικό μήκος 3520 bytes, είναι ίσο με $3520 - 20 = 3500$ bytes. Το πακέτο χωρίζεται σε 2 fragments των 1480 bytes και 1 fragment των $3500 - (2 * 1480) = 540$ bytes.

Fragment Packet - 5	Fragment Packet - 6	Fragment Packet - 7
Total Length = 1500	Total Length = 1500	Total Length = 560
Fragment Offset = 560	Fragment Offset = 745	Fragment Offset = 930
More Flag = True = 1	More Flag = True = 1	More Flag = False = 0

Στον R4

Όλα τα πιο πάνω datagrams έχουν μήκος το οποίο δεν υπερβαίνει το MTU του Network 3 άρα τα πιο πάνω datagrams θα φτάσουν στον R4 χωρίς άλλο fragmentation.

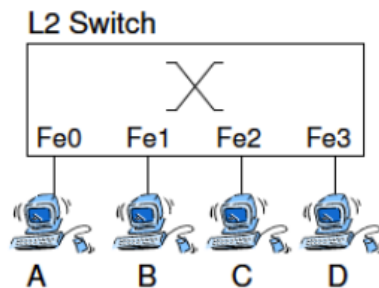
ΘΕΜΑ 3

Στόχος της άσκησης είναι η εξέταση για επιβεβαίωση της εξοικείωσης με τις έννοιες fragmentation και ARP

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες Ενδεικτικές Ασκήσεις τις σχετικές με IP Forwarding, ARP

2. Δίνεται το δίκτυο του παρακάτω σχήματος.

- Αν υποθέσετε ότι η ARP cache είναι κενή σε όλες τις συσκευές, να καταγράψετε όλα τα πακέτα τα οποία προωθούνται από το μεταγωγέα σε περίπτωση που ο Host A κάνει ping στο Host D.
- Να γίνει η λίστα της ARP cache για όλους τους hosts μετά το τέλος του ping
- Να καταγράψετε το πίνακα του μεταγωγέα για το φιλτράρισμα των πακέτων



Περίπτωση 1

Χρήση του ARP πρωτοκόλλου όπως περιγράφεται στο RFC 826

Ο κάθε host έχει αποθηκευμένη στην cache την αντιστοιχία IP-MAC διεύθυνσης. Επιπλέον μετά το πέρας της επικοινωνίας από την αποστολή του μηνύματος ARP Request (ARP Reply), ο D (A) θα αποθηκεύσει την IP _MAC Διεύθυνση του A (D) . Οι hosts B, C απορρίπτουν το ARP Request μήνυμα και οι ARP Caches τους είναι κενές.

Host A		Host B		Host C		Host D	
IP	MAC	IP	MAC	IP	MAC	IP	MAC
D	d					A	a

Περίπτωση 2

Χρήση του πρωτοκόλλου Gratuitous ARP

Αν θεωρήσουμε ότι οι hosts κάνουν boot και χρησιμοποιήσουν το Gratuitous_ARP πρωτόκολλο, το ARP Request μήνυμα θα ενημερώσει τις ARP Caches για τους κόμβους B, C, D. Με την αποστολή του ARP Reply ενημερώνεται και η Cache του A (D, d)

Host A		Host B		Host C		Host D	
IP	MAC	IP	MAC	IP	MAC	IP	MAC
D	d	A	a	A	a	A	a

ΘΕΜΑ 4

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις έννοιες των υποδικτύων

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικές με IP Forwarding, Addressing, ARP

Ένας υπολογιστής έχει τις εξής παραμέτρους στο πρωτόκολλο IP:

Διεύθυνση IP : 202.60.215.150

Μάσκα υποδικτύου : 255.255.240.0

1. Ποιο είναι το μέγιστο πλήθος υπολογιστών που περιλαμβάνει η network address του δικτύου στο οποίο ανήκει;
2. Ποια είναι η πρώτη διεύθυνση host number του δικτύου στο οποίο ανήκει και ποια η τελευταία διεύθυνση host number του δικτύου ή διεύθυνση για αποστολή broadcasting μηνυμάτων;
3. Ποιός είναι ο αυξων αριθμός υπολογιστή (host number) στο δεκαδικό σύστημα;

(α) Η μάσκα υποδικτύου : 255.255.240.0 σε δυαδική μορφή είναι:

255.255.224.0 → 11111111.11111111.11110000.00000000

άρα τα τελευταία 12 δυαδικά ψηφία χρησιμοποιούνται για τον αριθμό του υπολογιστή (host number ή subnet number και host number) ορίζοντας $2^{12}=4.096$ συνδυασμούς. Το μέγιστο πλήθος υπολογιστών είναι $4.096-2=4.094$ αφού οι διευθύνσεις με αριθμό υπολογιστή 0 αναφέρεται στο δίκτυο «this network» και 4.095 χρησιμοποιείται για broadcasting μνημάτων και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για IP υπολογιστή.

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

IP : 202.60.215.150 → 11001010.00111100.11010111.10010110

AND

Μάσκα υποδικτύου 11111111.11111111.11110000.00000000

πρώτη διεύθυνση host number 11001010.00111100.11010000.00000000

Άρα η ζητούμενη διεύθυνση υποδικτύου είναι: 202.60.208.0

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

IP : 202.60.215.150 → 11001010.00111100.11010111.10010110

OR

Ανάστροφη μάσκα υποδ. 00000000.00000000.00001111.11111111

διεύθυνση broadcast 11001010.00111100.11011111.11111111

Άρα η ζητούμενη τελευταία διεύθυνση host number του δικτύου είναι: 202.60.223.255

Σημείωση: Η 1^η διεύθυνση που μπορεί να δοθεί σε υπολογιστή είναι η 202.60.208.1 και η τελευταία είναι η 202.60.223.254

(γ) Ο ο άξων 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 :	202.60.215.150	→	11001010.00111100.11010111.10010110
	AND		
Ανάστροφη μάσκα υποδ.			00000000.00000000.00001111.11111111
Αριθμός υπολογιστή			00000000.00000000.00000111.10010110

Άρα ο αριθμός υπολογιστή είναι ο 11110010110 =1942

ΘΕΜΑ 5

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με το Slotted Aloha και την ανάλυση της απόδοσής του.

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικές με CSMA/CD, TDMA, ALOHA

Θεωρείστε ένα Aloha με σχισμές σύστημα με άπειρο αριθμό από χρήστες. Υποθέστε ότι οι προσπάθειες μετάδοσης (νέα πακέτα ή επαναμεταδόσεις) γίνονται με συνολικό μέσο ρυθμό G προσπάθειες μετάδοσης/σχισμή.

1. Ποια είναι η πιθανότητα μια μετάδοση να είναι επιτυχής στην πρώτη της προσπάθεια?
2. Ποια είναι η πιθανότητα να χρειαστούν ακριβώς k προσπάθειες μέχρι μια μετάδοση να είναι επιτυχής?
3. Ποιος είναι ο μέσος αριθμός προσπαθειών που απαιτείται μέχρι ένα πακέτο να μεταδοθεί επιτυχώς?
4. Υποθέστε ότι όταν γίνεται μια σύγκρουση, ο κόμβος επαναμεταδίδει το πακέτο σε κάθε επόμενη σχισμή με πιθανότητα q . Ποιος είναι ο μέσος αριθμός από σχισμές που απαιτείται από την άφιξη ενός πακέτου σε έναν κόμβο μέχρι να μεταδοθεί επιτυχώς?

[Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την προσέγγιση $(1 - \frac{a}{n})^n \sim e^{-a}$ για $n \rightarrow \infty$.]

(α) Η πιθανότητα μια προσπάθεια να είναι επιτυχής είναι e^{-G} .

Αυτό προκύπτει και κατευθείαν από τις διαφάνειες, αλλά αν θέλετε να το αποδείξετε, έστω N ο αριθμός των χρηστών, όπου θα πάρουμε $N \rightarrow \infty$.

Ο κάθε χρήστης προσπαθεί να μεταδώσει στην διάρκεια μιας σχισμής με πιθανότητα G/N .

Αν ένας συγκεκριμένος χρήστης μεταδίδει στην διάρκεια μιας σχισμής, η πιθανότητα η μετάδοση του να είναι επιτυχής είναι ίση με την πιθανότητα κανείς άλλος χρήστης να μην προσπαθήσει την ίδια σχισμή, δηλαδή

$$P_{\text{success}} = (1 - G/N)^{N-1} \rightarrow e^{-G} \text{ όταν } N \rightarrow \infty.$$

(β) Έστω X ο αριθμός των προσπαθειών που θα χρειαστεί να μεταδώσει ένας χρήστης μέχρι να είναι επιτυχής. Η πιθανότητα να χρειαστούν ακριβώς k προσπάθειες μέχρι μια μετάδοση να είναι επιτυχής είναι

$$\Pr(X=k) = (1 - P_{\text{success}})^{k-1} P_{\text{success}}$$

(γ) Ο μέσος αριθμός προσπαθειών που απαιτείται μέχρι ένα πακέτο να μεταδοθεί επιτυχώς είναι

$$E(X) = \sum_{k=1}^{\infty} k(1 - P_{\text{success}})^{k-1} P_{\text{success}} = 1/P_{\text{success}} = e^G$$

4. Υποθέστε ότι όταν γίνεται μια σύγκρουση, ο κόμβος επαναμεταδίδει το πακέτο σε κάθε επόμενη σχισμή με πιθανότητα q . Ποιος είναι ο μέσος αριθμός από σχισμές που απαιτείται από την άφιξη ενός πακέτου σε έναν κόμβο μέχρι να μεταδοθεί επιτυχώς?

Από ερώτημα (1)

$$P_{success} = P(\text{no_collision}) = e^{-G}$$

Μέσος αριθμός προσπαθειών E :

Ενδεχόμενα: Με πιθανότητα $P_{success}$ 1 σχισμή

Με πιθανότητα $1-P_{success}$ E' σχισμές



Δοκιμή με
 $P_{success}$

Δοκιμή με
 $P_{success}' = q P_{success}$

$$E = P_{success} \times 1 + [1 - P_{success}] \times E' = e^{-G} + (1 - e^{-G}) E'$$

$$E' = \frac{1}{P_{success}'} = \frac{1}{q e^{-G}}$$

$$E = e^{-G} + (1 - e^{-G}) \left[\frac{1}{q e^{-G}} + 1 \right] = e^{-G} + \frac{1}{q e^{-G}} - \frac{1}{q} + 1 - e^{-G} = 1 + \frac{e^G - 1}{q}$$

ΘΕΜΑ 6

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τα πεδία της επικεφαλίδας του IP πακέτου, την αλλαγή μορφής της IP διεύθυνσης και τον υπολογισμό του πεδίου header checksum του IP πακέτου.

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικές με IP Forwarding, Addressing, ARP

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις τιμές των 20 οκτάδων της κεφαλίδας ενός πακέτου IP το οποίο πρόκειται να αποσταλεί στο δεκαεξαδικό σύστημα.

bit 0			bit 31
47	00	7D	90
DF	1E	05	1A
1C	2A	header checksum	
D2	BF	5A	18
B8	71	34	1A

1. Ποιες είναι οι διευθύνσεις IP του αποστολέα και του παραλήπτη σε μορφή διάστικτης δεκαδικής σημειογραφίας;
2. Σε ποια κλάση ανήκει η κάθε μια από αυτές τις διευθύνσεις IP;

(α1) Η IP διεύθυνση του αποστολέα είναι η 4^η 32-αδα bits της κεφαλίδας, δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση τα D2BF5A18 (σε δεκαεξαδική μορφή). Χωρίζουμε τα δεκαεξαδικά ψηφία ανά δύο, δηλαδή ανα οκτώ bits για να βρούμε τα τέσσερα δεκαδικά ψηφία της IP διεύθυνσης ως εξής:

D2BF5A18 → D2.BF.5A.18 → 210.191.90.24

(α2) Η IP διεύθυνση του παραλήπτη είναι η 5^η 32-αδα bits της κεφαλίδας, δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση τα B871341A (σε δεκαεξαδική μορφή). Χωρίζουμε τα δεκαεξαδικά ψηφία ανά δύο, δηλαδή ανα οκτώ bits για να βρούμε τα τέσσερα δεκαδικά ψηφία της IP διεύθυνσης ως εξής:

B871341A → B8.71.34.1A → 184.113.52.26

(β1) Επειδή η κλάση μιας IP διεύθυνσης καθορίζεται από τα πρώτα 4 bits

210 → 11010010 άρα η διεύθυνση IP ανήκει είναι κλάσης C αφού τα δύο πρώτα bits είναι 1 και το τρίτο 0.

Εναλλακτικά:

D → 1101 άρα η διεύθυνση IP ανήκει είναι κλάσης C αφού τα δύο πρώτα bits είναι 1 και το τρίτο 0.

(β2) Επειδή η κλάση μιας IP διεύθυνσης καθορίζεται από τα πρώτα 4 bits

184 → 10111000 άρα η διεύθυνση IP ανήκει είναι κλάσης B αφού το πρώτο bit είναι 1 και το δεύτερο 0.

Εναλλακτικά:

B → 1011 άρα η διεύθυνση IP ανήκει είναι κλάσης B αφού το πρώτο bit είναι 1 και το δεύτερο 0.

3. Να υπολογισθεί το πεδίο «header checksum» που θα υπολογίσει ο αποστολέας πριν την αποστολή του πακέτου.
4. Δώστε τους υπολογισμούς του παραλήπτη του πακέτου IP με τους οποίους θα εξετάσει εάν η επικεφαλίδα αυτού του πακέτου λήφθηκε σωστά ή όχι.

bit 0

bit 31

47 0100 0111

00 0000 0000

7D 0111 1101

90 1001 0000

DF 1101 1111

1E 0001 1110

05 0000 0101

1A 0001 1010

1C 0001 1100

2A 0010 1010

0000 0000

header checksum

0000 0000

D2 1101 0010

BF 1011 1111

5A 0101 1010

18 0001 1000

B8 1011 1000

71 0111 0001

34 0011 0100

1A 0001 1010

Βήμα 2ο

~~1~~
~~1 1~~ ~~1 1~~
~~1 1~~ ~~1 1~~ ~~1 1~~
~~1 1~~ ~~1 1~~ ~~1 1~~ ~~1 1~~
~~1 1~~ ~~1 1~~ ~~1 1~~ ~~1 1~~ ~~1 1~~

Άθροιση όλων των γραμμών με κρατούμενα

~~0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0~~
~~0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0~~
~~1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0~~
~~0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0~~
~~0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0~~
~~1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1~~
~~0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0~~
~~1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1~~
~~0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0~~

Τελικά κρατούμενα

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΑΘΗ.3/5η
 ΟΣΣ/10.05.2014/Ν.Δημητρίου

Ενδιάμεσο αποτέλεσμα

1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0

Βήμα 3ο

Άθροιση των τελικών κρατούμένων στο αποτέλεσμα

Ενδιάμεσο
αποτέλεσμα προηγούμενης
διαφάνειας

1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0

~~1~~

1 ~~1~~

1

Τελικά
Κρατούμενα
προηγούμενης
διαφάνειας

1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1

← Τελικό αποτέλεσμα

Συμπλήρωμα ως προς 1 του τελικού αποτελέσματος

0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0

← checksum

2

1

a

8

← Μετατροπή σε δεκαεξαδικό

0 4 8 16 19 31

Version	Header Length	Service Type	Total Length	
Identification		Flags	Fragment Offset	
TTL	Protocol	Header Checksum		
Source IP Addr				
Destination IP Addr				
Options			Padding	

21a8

Σύγκριση με το checksum που είχε προσθέσει ο αποστολέας στο σχετικό πεδίο.

Είναι ίσα, άρα στο header δεν ανιχνεύεται σφάλμα

47	00	7D	90
DF	1E	05	1A
1C	2A	header checksum	
D2	BF	5A	18
B8	71	34	1A

4700
7D90
DF1E
051A
1C2A
0000
D2BF
5A18
B871
341A
3 DE54
DE57
21A8

$37 = 2 \times 16 + 5$

κρατούμενα

$68 = 4 \times 16 + 4$

Πρόσθεση κρατουμένου 3

$78 = 4 \times 16 + 14(\text{E})$

$61 = 3 \times 16 + 13(\text{D})$

Άθροιση απευθείας των 16δικών ψηφίων

- A 10
- B 11
- C 12
- D 13
- E 14
- F 15

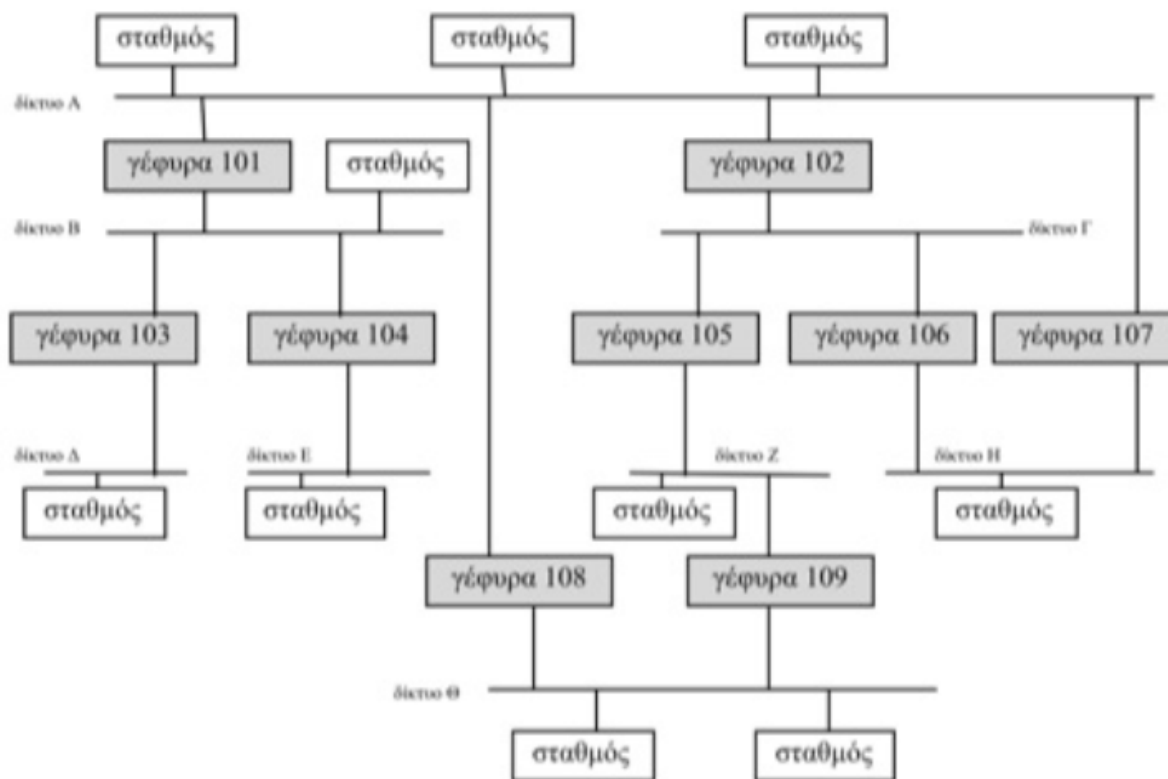
Συμπλήρωμα ως προς 1: Για το κάθε 16δικό ψηφίο X υπολογισμός του 15-X

ΘΕΜΑ 7

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις μήτρες δρομολόγησης γεφυρών.

Μεθοδολογία Άσκησης: Θα πρέπει να μελετήσετε τις λυμένες ενδεικτικές ασκήσεις σχετικές με *Hub, Bridge, Switching*

Θεωρήστε μια εταιρεία που διαθέτει οκτώ (8) τοπικά δίκτυα υπολογιστών συνδεδεμένα με γέφυρες όπως στο παρακάτω σχήμα:



Δώστε την κεντρική μήτρα δρομολόγησης και τους πίνακες δρομολόγησης κάθε γέφυρας του παραπάνω σχήματος. Σε περίπτωση διαδρομών με το ίδιο κόστος αλμάτων, προτιμήστε την διαδρομή της νέας (ταχύτερης και με λιγότερη κίνηση) γέφυρας 108.

Στην κεντρική μήτρα δρομολόγησης προσθέτουμε τη γέφυρα που βλέπει πρώτη ένα πακέτο που φεύγει από τον πομπό και κατευθύνεται προς το δέκτη. Δηλ για παράδειγμα, με πομπό το Α ένα πακέτο συναντάει πρώτα τη γέφυρα 101 για το Β, ενώ συναντάει πρώτα τη γέφυρα 102 για να πάει στο Γ. (άρα στις αντίστοιχες θέσεις (πομπός Α - δέκτης Β) και (πομπός Α – δέκτης Γ) συμπληρώνουμε 101 και 102 αντίστοιχα, ενώ στη θέση (πομπός Α – δέκτης Δ) συμπληρώνουμε πάλι 101 κ.ο.κ.

		δίκτυο πομπού							
		A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ
δίκτυο δέκτη	A	-	101	102	103	104	109	107	108
	B	101	-	102	103	104	109	107	108
	Γ	102	101	-	103	104	105	106	108
	Δ	101	103	102	-	104	109	107	108
	E	101	104	102	103	-	109	107	108
	Z	108	101	105	103	104	-	106	109
	H	107	101	106	103	104	105	-	108
	Θ	108	101	102	103	104	109	107	-

Για τον πίνακα δρομολόγησης της κάθε γέφυρας συμπληρώνουμε μόνο τις θέσεις που αντιστοιχούν σε μονοπάτια μεταξύ 2 δικτύων που συνδέει αυτή.

Π.χ. για τον πίνακα δρομολόγησης της γέφυρας 101 συμπληρώνουμε μόνο τις θέσεις που αντιστοιχούν σε μονοπάτια μεταξύ 2 δικτύων που συνδέει η 101. Δηλαδή, εφόσον η 101 αναφέρεται στην κεντρική μήτρα δρομολόγησης για τις συνδέσεις Α-Β και Α-Δ, θα συμπληρωθεί αντίστοιχα στο πίνακα δρομολόγησης της στον υποπίνακα «από δίκτυο Α» και στη γραμμή «δέκτης Β», στη στήλη «επόμενο», το δίκτυο Β, και στη γραμμή «δέκτης Δ» στη στήλη «επόμενο» πάλι το δίκτυο Β. Επειδή ένα πακέτο από το Α στο Γ δεν χρησιμοποιεί τη γέφυρα 101, στον υποπίνακα «από δίκτυο Α» και στη γραμμή «δέκτης Γ», η στήλη «επόμενο» θα μείνει κενή.

Πίνακας γέφυρας 101				Πίνακας γέφυρας 102				Πίνακας γέφυρας 103			
από δίκτυο Α		από δίκτυο Β		από δίκτυο Α		από δίκτυο Γ		από δίκτυο Β		από δίκτυο Δ	
δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο
Β	Β	Α	Α	Β	-	Α	Α	Α	-	Α	Β
Γ	-	Γ	Α	Γ	Γ	Β	Α	Γ	-	Β	Β
Δ	Β	Δ	-	Δ	-	Δ	Α	Δ	Δ	Γ	Β
Ε	Β	Ε	-	Ε	-	Ε	Α	Ε	-	Ε	Β
Ζ	-	Ζ	Α	Ζ	-	Ζ	-	Ζ	-	Ζ	Β
Η	-	Η	Α	Η	-	Η	-	Η	-	Η	Β
Θ	-	Θ	Α	Θ	-	Θ	Α	Θ	-	Θ	Β

Πίνακας γέφυρας 104				Πίνακας γέφυρας 105				Πίνακας γέφυρας 106			
από δίκτυο Β		από δίκτυο Ε		από δίκτυο Γ		από δίκτυο Ζ		από δίκτυο Γ		από δίκτυο Η	
δέκτης	επόμενο	Δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο
Α	-	Α	Β	Α	-	Α	-	Α	-	Α	-
Γ	-	Β	Β	Β	-	Β	-	Β	-	Β	-
Δ	-	Γ	Β	Δ	-	Γ	Γ	Δ	-	Γ	Γ
Ε	Ε	Δ	Β	Ε	-	Δ	-	Ε	-	Δ	-
Ζ	-	Ζ	Β	Ζ	Ζ	Ε	-	Ζ	-	Ε	-
Η	-	Η	Β	Η	-	Η	Γ	Η	Η	Ζ	Γ
Θ	-	Θ	Β	Θ	-	Θ	-	Θ	-	Θ	-

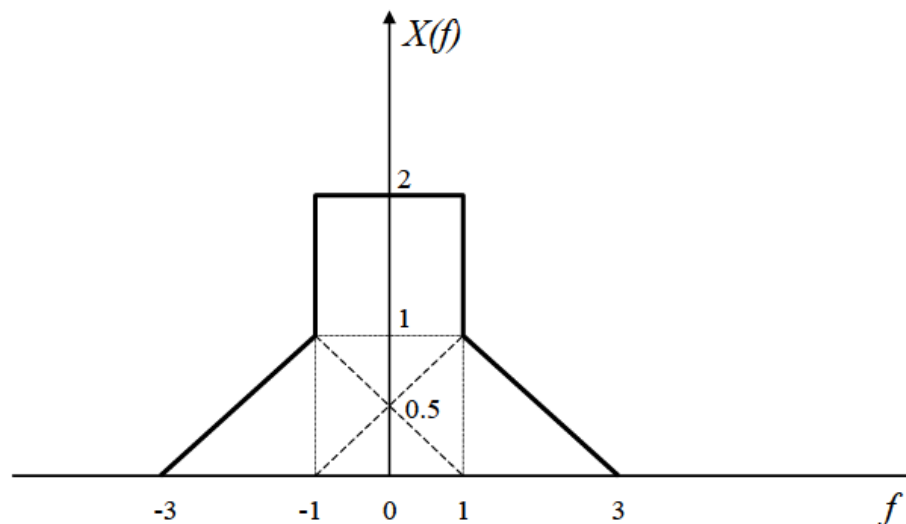
Πίνακας γέφυρας 107				Πίνακας γέφυρας 108				Πίνακας γέφυρας 109			
από δίκτυο Η		από δίκτυο Α		από δίκτυο Α		από δίκτυο Θ		από δίκτυο Ζ		από δίκτυο Θ	
δέκτης	επόμενο	Δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο	δέκτης	επόμενο
Α	Α	Β	-	Β	-	Α	Α	Α	Θ	Α	-
Β	Α	Γ	-	Γ	-	Β	Α	Β	Θ	Β	-
Γ	-	Δ	-	Δ	-	Γ	Α	Γ	-	Γ	-
Δ	Α	Ε	-	Ε	-	Δ	Α	Δ	Θ	Δ	-
Ε	Α	Ζ	-	Ζ	Θ	Ε	Α	Ε	Θ	Ε	-
Ζ	-	Η	Η	Η	-	Ζ	-	Η	-	Ζ	Ζ
Θ	Α	Θ	-	Θ	Θ	Η	Α	Θ	Θ	Η	-

Επαναληπτικές ασκήσεις

Ψηφιακές Επικοινωνίες

ΘΕΜΑ 1 ΕΞ2013Α

Δίνεται το πιο κάτω σήμα $X(f)$, (η συνεχής εξωτερική γραμμή):



α) Αφού αναλύσετε το $X(f)$ ως άθροισμα τριγωνικών και τετραγωνικού παλμού να υπολογίσετε το σήμα $x(t)$. (7 μονάδες)

β) Το σήμα αυτό περνά από φίλτρο με κρουστική απόκριση $h(t) = 2 \sin c(2t)$ και δημιουργεί στην έξοδο το σήμα $\chi_1(t)$.

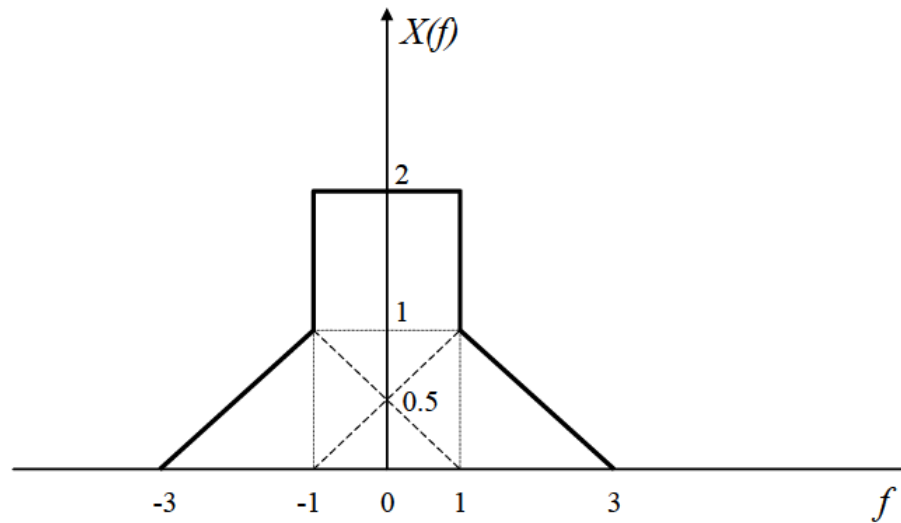
Το $\chi_1(t)$ περνά κατόπιν από κατάλληλο γραμμικό χρονικά αναλλοίωτο (ΓΧΑ) σύστημα έτσι ώστε στην έξοδο να δημιουργηθεί το σήμα $X_2(f) = X_1(f) * X_1(f)$, (όπου με '*' εννοείται η πράξη της συνέλιξης).

Να δείξετε ότι $X_2(f) = 8 \cdot \text{tri}\left(\frac{f}{2}\right)$. (7 μονάδες)

γ) Τέλος το $X_2(f)$ διαμορφώνεται κατά FM με σταθερά απόκλισης συχνότητας 10π και παίρνουμε το διαμορφωμένο σήμα $\chi_3(t)$.

(i) Να υπολογίσετε την έκφραση του διαμορφωμένου σήματος $\chi_3(t)$ στο πεδίο του χρόνου. (3 μονάδες)

(ii) Να υπολογίσετε το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος $\chi_3(t)$. (8 μονάδες)



α) Αφού αναλύσετε το $X(f)$ ως άθροισμα τριγωνικών και τετραγωνικού παλμού να υπολογίσετε το σήμα $x(t)$. (7 μονάδες)

Το $X(f)$ μπορεί να γραφτεί ως άθροισμα τριών βασικών σημάτων:

$$X(f) = \text{tri}\left(\frac{f+1}{2}\right) + \text{tri}\left(\frac{f-1}{2}\right) + \text{rect}\left(\frac{f}{2}\right)$$

Έχουμε:

$$\text{sinc}^2(t) \xleftrightarrow{F} \text{tri}(f) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 2 \cdot \text{sinc}^2(2t) \xleftrightarrow{F} \text{tri}\left(\frac{f}{2}\right)$$

Και

$$2 \cdot \text{sinc}^2(2t) e^{-j2\pi(1)t} \xleftrightarrow{F} \text{tri}\left(\frac{f+1}{2}\right)$$

$$2 \cdot \text{sinc}^2(2t) e^{j2\pi(1)t} \xleftrightarrow{F} \text{tri}\left(\frac{f-1}{2}\right)$$

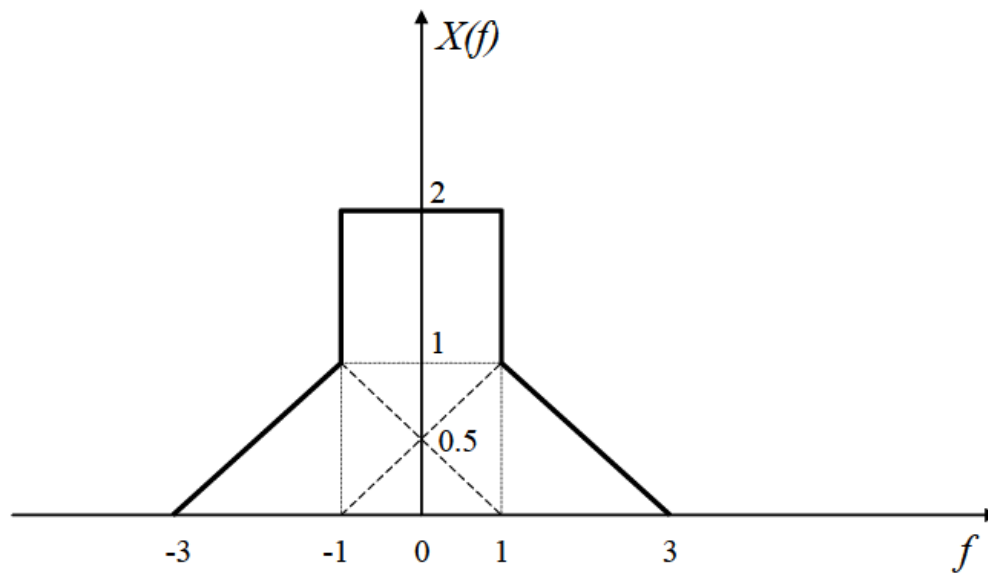
Αντίστοιχα

$$\text{sinc}(t) \xleftrightarrow{F} \text{rect}(f) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 2 \cdot \text{sinc}(2t) \xleftrightarrow{F} \text{rect}\left(\frac{f}{2}\right) \quad (\text{A})$$

Άρα έχουμε ότι

$$x(t) = 2 \text{sinc}(2t) + 2 \text{sinc}^2(2t) \{e^{-j2\pi t} + e^{j2\pi t}\} = 2 \text{sinc}(2t) + 4 \text{sinc}^2(2t) \cos(2\pi t)$$



β) Το σήμα αυτό περνά από φίλτρο με κρουστική απόκριση $h(t) = 2 \sin c(2t)$ και δημιουργεί στην έξοδο το σήμα $\chi_1(t)$.

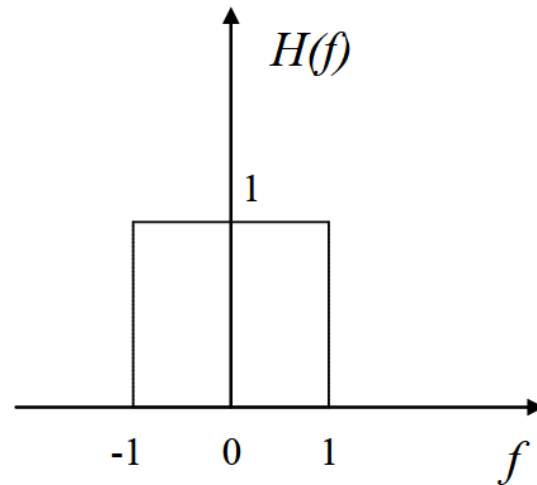
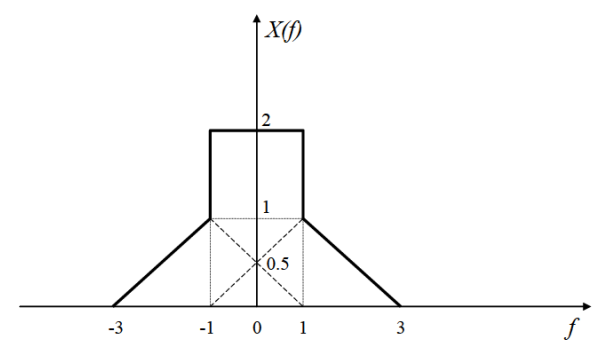
Το $\chi_1(t)$ περνά κατόπιν από κατάλληλο γραμμικό χρονικά αναλλοίωτο (ΓΧΑ) σύστημα έτσι ώστε στην έξοδο να δημιουργηθεί το σήμα $X_2(f) = X_1(f) * X_1(f)$, (όπου με ‘*’ εννοείται η πράξη της συνέλιξης).

Να δείξετε ότι $X_2(f) = 8 \cdot \text{tri}\left(\frac{f}{2}\right)$. (7 μονάδες)

Η κρουστική απόκριση που δίνεται έχει ΜΣ Fourier σύμφωνα με την (Α)

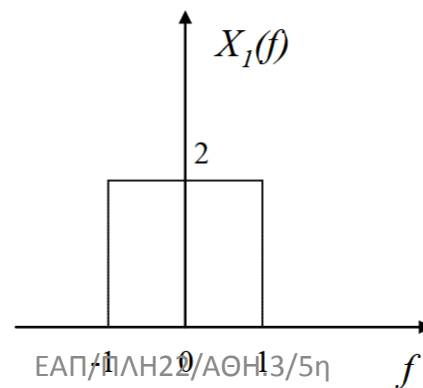
$$H(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{2}\right)$$

άρα πρόκειται για ένα βαθυπερατό φίλτρο με συχνότητα αποκοπής 1ΗΖ.



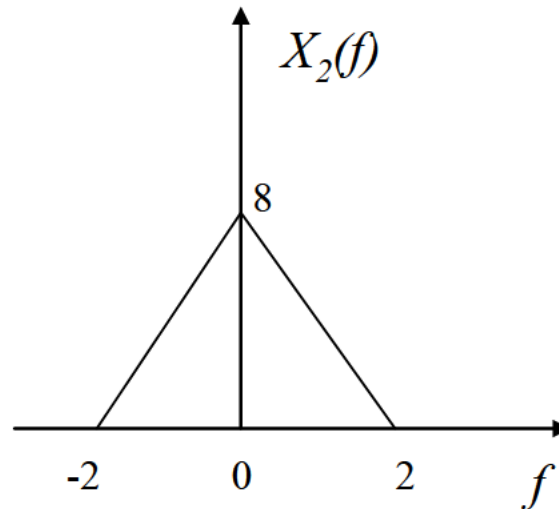
Επομένως, όταν περάσει το $X(f)$ από αυτό το βαθυπερατό στην έξοδο θα δημιουργηθεί το σήμα

$$X_1(f) = 2\text{rect}\left(\frac{f}{2}\right)$$



Αυτό κατόπιν θα περάσει από κατάλληλο ΓΧΑ σύστημα και στην έξοδο θα δημιουργηθεί το $X_2(f) = X_1(f) * X_1(f) \leftrightarrow x_1(t) \cdot x_1(t) = [4 \sin c(2t)]^2 = 16 \sin^2 c(2t) = x_2(t)$

$$x_2(t) \leftrightarrow 8 \cdot \text{tri}\left(\frac{f}{2}\right) = X_2(f)$$



γ) Τέλος το $X_2(f)$ διαμορφώνεται κατά FM με σταθερά απόκλισης συχνότητας 10π και παίρνουμε το διαμορφωμένο σήμα $x_3(t)$.

- (i) Να υπολογίσετε την έκφραση του διαμορφωμένου σήματος $x_3(t)$ στο πεδίο του χρόνου. (3 μονάδες)
- (ii) Να υπολογίσετε το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος $x_3(t)$. (8 μονάδες)

γ)

(i)

Η έκφραση του διαμορφωμένου σήματος στο πεδίο του χρόνου είναι

$$x_{3FM}(t) = A_c \cos\left(2\pi f_c t + k_f \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda\right) = A_c \cos\left(2\pi f_c t + 160\pi \int_{-\infty}^t \sin c^2(2\lambda) d\lambda\right)$$

(ii)

Από το $X_2(f)$ παρατηρούμε ότι το εύρος ζώνης του $x_2(t)$ είναι 2Hz.

Επίσης

$$\max(x_2(t)) = 16$$

Άρα

$$\Delta f_{\max} = \frac{k_f}{2\pi} \max(x_2(t)) = \frac{10\pi}{2\pi} 16 = 80$$

Και

$$D = \frac{\Delta f_{\max}}{f_x} = \frac{80}{2} = 40$$

Επομένως

$$W = 2(D+1)f_x = 2(40+1)2 = 164 \text{ Hz}$$

ΘΕΜΑ 2 ΕΞ2013Α

Δίνεται το σήμα $X(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{4a}\right)$.

α) Να προσδιοριστούν για το σήμα $y(t) = x(t) + \frac{1}{2}x\left(\frac{t}{2}\right)$, οι εκφράσεις του δειγματοσιμένου σήματος στο πεδίο του χρόνου $y_\delta(n)$. (5 μονάδες)

β) Να εξηγήσετε αν τα παρακάτω σήματα είναι περιοδικά και να υπολογιστούν οι περίοδοι (αν υπάρχουν)

i) $y(t)$ και (3 μονάδες)

ii) $z(t) = \frac{\mathfrak{F}^{-1}\left\{X(f) * [\delta(f - 20) + \delta(f + 20)]\right\}}{2a\pi \sin c(4at)}, \quad (7 \text{ μονάδες})$

(όπου με $\mathfrak{F}^{-1}\{\}$ εννοείται αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier και με ‘*’ εννοείται η πράξη της συνέλιξης).

a)

$$X(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{4a}\right) \leftrightarrow 4a \sin c(4at) = x(t)$$

$$y(t) = x(t) + \frac{1}{2}x\left(\frac{t}{2}\right) = 4a \sin c(4at) + \frac{1}{2}4a \sin c\left(4a \frac{t}{2}\right) = 4a \sin c(4at) + 2a \sin c(2at)$$

$$y(t) = 4a \sin c(4at) + 2a \sin c(2at) \leftrightarrow \text{rect}\left(\frac{f}{4a}\right) + \text{rect}\left(\frac{f}{2a}\right) = Y(f)$$

Παρατηρούμε ότι έχουμε άθροισμα δύο σημάτων βασικής ζώνης με εύρος $4a$ ($f_{\max}=2a$) και $2a$ ($f_{\max}=a$) αντίστοιχα. Άρα $f_{\max}=2a$ και επομένως η συχνότητα δειγματοληψίας Nyquist είναι $f_{s,\min}=4a$.

Άρα το δειγματοσιμεμένο σήμα στο πεδίο του χρόνου $y_\delta(n)$ είναι:

$$\begin{aligned} y_\delta(n) &= y(t) \Big|_{t=nT_s} = 4a \sin c\left(4an \frac{1}{f_{s,\min}}\right) + 2a \sin c\left(2an \frac{1}{f_{s,\min}}\right) = \\ &= 4a \sin c\left(4an \frac{1}{4a}\right) + 2a \sin c\left(2an \frac{1}{4a}\right) = \\ &= 4a \sin c(n) + 2a \sin c\left(\frac{n}{2}\right) \end{aligned}$$

Συμπληρωματικά, η έκφραση στο πεδίο των συχνοτήτων είναι:

$$\begin{aligned} Y_\delta(f) &= f_\delta \sum_{m=-\infty}^{\infty} Y(f - mf_\delta) = f_{s,\min} \sum_{m=-\infty}^{\infty} Y(f - mf_{s,\min}) = \\ &= 4a \sum_{m=-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(\frac{f - mf_{s,\min}}{4a}\right) + \text{rect}\left(\frac{f - mf_{s,\min}}{2a}\right), \quad m \text{ ακέραιος} \end{aligned}$$

β) Να εξηγήσετε αν τα παρακάτω σήματα είναι περιοδικά και να υπολογιστούν οι περίοδοι (αν υπάρχουν)

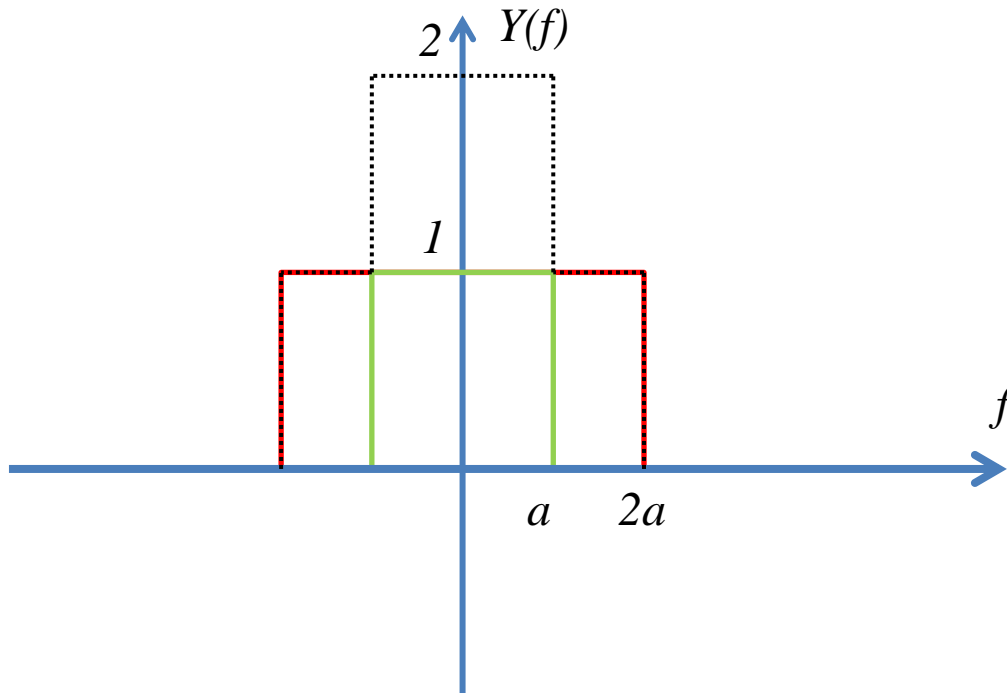
i) $y(t)$ και (3 μονάδες)

ii)
$$z(t) = \frac{\mathfrak{F}^{-1}\{X(f) * [\delta(f - 20) + \delta(f + 20)]\}}{2\pi \sin c(4at)}, \quad (7 \text{ μονάδες})$$

(όπου με $\mathfrak{F}^{-1}\{ \}$ εννοείται αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier και με ‘*’ εννοείται η πράξη της συνέλιξης).

$$\text{rect}\left(\frac{f}{4a}\right) + \text{rect}\left(\frac{f}{2a}\right) = Y(f)$$

(i) Το σήμα $y(t)$ δεν είναι περιοδικό γιατί το φάσμα του είναι συνεχές



$$\begin{aligned}
 z(t) &= \frac{\mathfrak{F}^{-1}\left\{X(f) * [\delta(f - 20) + \delta(f + 20)]\right\}}{2a\pi \operatorname{sinc}(4at)} = \frac{x(t)2 \cos(2\pi 20t)}{2a\pi \operatorname{sinc}(4at)} = \\
 &= \frac{4a \operatorname{sinc}(4at) 2 \cos(2\pi 20t)}{2a\pi \operatorname{sinc}(4at)} \Leftrightarrow z(t) = \frac{4}{\pi} \cos(2\pi 20t)
 \end{aligned}$$

Άρα το σήμα αυτό είναι περιοδικό με περίοδο 1/20 sec.

MATLAB

Σχόλια matlab/octave

Ορισμός διαστημάτων στο Octave

- Γενικά εάν έχουμε ένα διάστημα με όρια A, B και ορίζουμε ισομήκη διαστήματα με N συνολικά σημεία (που συμπεριλαμβάνουν τα A, B) καθένα από τα οποία (διαστήματα) έχει μήκος Δ , τότε ισχύει η σχέση $\Delta = (B - A) / (N - 1)$.
- Το διάστημα αυτό μπορεί να οριστεί στο MATLAB
 - είτε ως $t = A : \Delta : B$
 - είτε ως $t = \text{linspace}(A, B, N)$.

Θεωρία Πληροφορίας

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2011Α

Έστω η πηγή χωρίς μνήμη S1 που παράγει τα σύμβολα {α,β,γ,δ,ε} βάσει της κατανομής {0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2} και η πηγή με μνήμη S2, η οποία χαρακτηρίζεται από τον πίνακα μετάβασης

$$P = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} \end{bmatrix}$$

ενώ οι στατικές πιθανότητες π_i , $i=1,2,3,4,5$ που προκύπτουν από την επίλυση του συστήματος $\pi P = \pi$ είναι όπως στην περίπτωση της πηγής χωρίς μνήμη δηλαδή $\pi_i=0.2$, $i=1,2,3,4,5$.

β) Αν θεωρήσουμε τον παραπάνω πίνακα μετάβασης ως τον πίνακα μετάβασης ενός καναλιού και ότι η S1 είναι η πηγή συμβόλων που αποστέλλονται με την κατανομή του ερωτήματος (α) πάνω από αυτό το κανάλι βρείτε τα παρακάτω:

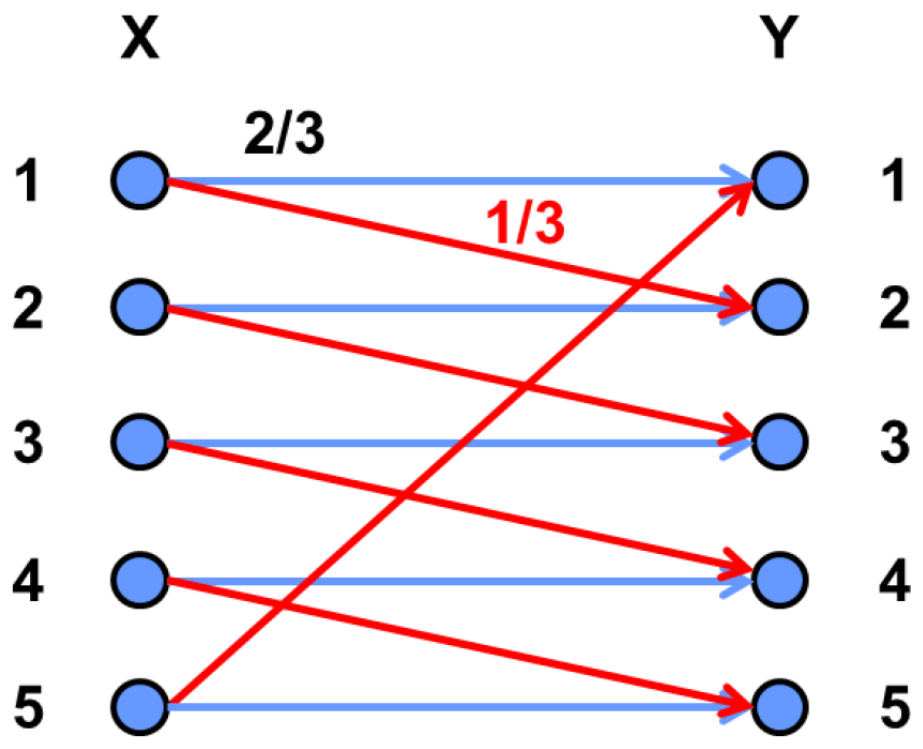
- (i) Τι είδους *χαρακτηριστικό* κανάλι αντιπροσωπεύει ο πίνακας μετάβασης P;
- (ii) Βρείτε την χωρητικότητα του καναλιού αυτού. Είναι δυνατόν το πληροφορικό περιεχόμενο που μετάδωσε η πηγή S1 πάνω από το κανάλι να είναι ίσο με την χωρητικότητα του καναλιού; Εξηγείστε την απάντησή σας.

$$P = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} \end{bmatrix}$$

β) Αν θεωρήσουμε τον παραπάνω πίνακα μετάβασης ως τον πίνακα μετάβασης ενός καναλιού και ότι η S1 είναι η πηγή συμβόλων που αποστέλλονται με την κατανομή του ερωτήματος (α) πάνω από αυτό το κανάλι βρείτε τα παρακάτω:

- (i) Τι είδους χαρακτηριστικό κανάλι αντιπροσωπεύει ο πίνακας μετάβασης P;
- (ii) Βρείτε την χωρητικότητα του καναλιού αυτού. Είναι δυνατόν το πληροφορικό περιεχόμενο που μετάδωσε η πηγή S1 πάνω από το κανάλι να είναι ίσο με την χωρητικότητα του καναλιού; Εξηγείστε την απάντησή σας.

β) Ο πίνακας μετάβασης αντιπροσωπεύει κανάλι το οποίο συμπεριφέρεται ως ενθόρυβη γραφομηχανή.



Για να βρούμε τη χωρητικότητα του καναλιού πρέπει πρώτα να βρούμε την αμοιβαία πληροφορία $I(X;Y)$

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

Άρα

$$H(Y/X) = - \left[\sum_{j=1}^5 P(X=j) \sum_{i=1}^5 P(Y=i/X=j) \log(P(Y=i/X=j)) \right]$$

$$\begin{aligned} H(Y/X) &= - \left[\sum_{j=1}^5 P(X=j) \left\{ \frac{2}{3} \log \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \log \left(\frac{1}{3} \right) \right\} \right] \\ &= - \left[\frac{2}{3} \log \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \log \left(\frac{1}{3} \right) \right] \\ &= H\left(\frac{1}{3}\right) \end{aligned}$$

Οπότε προκύπτει ότι

$$I(X;Y) = H(Y) - H\left(\frac{1}{3}\right)$$

Αφού βρήκαμε την αμοιβαία πληροφορία, προχωρούμε να βρούμε την χωρητικότητα του καναλιού που προκύπτει από αυτή μέσω της μεγιστοποίησης της

$$C = \max_{p(x)} I(X;Y) = \max_{p(x)} \left(H(Y) - H\left(\frac{1}{3}\right) \right)$$

Άρα το πρόβλημα μεγιστοποίησης μεταφέρεται στην μεγιστοποίηση της $H(Y)$ η οποία παίρνει την μέγιστη τιμή όταν οι έξοδοι είναι ισοπίθανοι, δηλαδή όταν

$$H(0,2) = \log 5$$

Άρα η χωρητικότητα του καναλιού είναι

$$C = \max_{p(x)} I(X;Y) = \log 5 - H\left(\frac{1}{3}\right) \text{ bits}$$

Επειδή η μεγιστοποίηση της $H(Y)$ είναι συναρτήσει των πιθανοτήτων εισόδου θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι υπάρχει κατάλληλη κατανομή πιθανοτήτων εισόδου η οποία όντως μεγιστοποιεί την εντροπία εξόδου. Πράγματι παρατηρούμε ότι η πιθανότητες εμφάνισης των συμβόλων της πηγής εισόδου μεγιστοποιούν την εντροπία της εξόδου.

$$\begin{aligned} P(Y=j) &= \sum_{i=1}^5 P(Y=j/X=i)P(X=i) \\ &= P(Y=i/X=i)P(X=i) + P(Y=i/X=i-1)P(X=i-1) \quad , \text{ για κάθε } i,j=1,2,3,4,5 \\ &= \frac{2}{3}0.2 + \frac{1}{3}0.2 = 0.2 \end{aligned}$$

Άρα στην περίπτωση μας το πληροφορικό περιεχόμενο ισούται με την μέγιστη χωρητικότητα του καναλιού.

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013Α

Μια ψηφιακή πηγή **2** συμβόλων $X = \{0,1\}$ εκπέμπει τα σύμβολα της γνωρίζοντας ότι η πιθανότητα να εκπεμφθεί το σύμβολο 0 από την πηγή είναι $p_X(0) = \frac{1}{4}$. Η πηγή μεταδίδει τα σύμβολα αυτά πάνω από κανάλι όπου τα σύμβολα εξόδου Y προκύπτουν από τη σχέση $Y = X \cdot Z$ (γινόμενο) όπου $Z = \{1,2\}$ είναι μία τυχαία μεταβλητή με κατανομή με $p_Z(1) = \frac{1}{8}$. Ζητούνται τα παρακάτω:

- α)** Να υπολογίσετε τις πιθανότητες εμφάνισης των συμβόλων εξόδου της Y . (8 μονάδες)
- β)** Να βρείτε τον πίνακα μετάβασης του καναλιού και να σχεδιάσετε το κανάλι. (6 μονάδες)
- γ)** Να αποφανθείτε ως προς το είδος του καναλιού (π.χ χωρίς θόρυβο, ενθόρυβο δυαδικό, κλπ). Εξηγήστε την απάντησή σας. (3 μονάδες)
- δ)** Να βρείτε την χωρητικότητα C του καναλιού. (3 μονάδες)

Οι τιμές των συμβόλων της εξόδου του καναλιού καθώς και οι συνδυασμένες πιθανότητες (X,Z) προκύπτουν από το γινόμενο όλων των δυνατών ζευγών των τιμών των τ.μ. X και Z .

(X,Z)	$Y=X \cdot Z$	$P(x,z)$
(0,1)	0	$P(X=0, Z=1) = p_X(0) \cdot p_Z(1) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{32}$
(0,2)	0	$P(X=0, Z=2) = p_X(0) \cdot p_Z(2) = \frac{1}{4} \cdot \frac{7}{8} = \frac{7}{32}$
(1,1)	1	$P(X=1, Z=1) = p_X(1) \cdot p_Z(1) = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{8} = \frac{3}{32}$
(1,2)	2	$P(X=1, Z=2) = p_X(1) \cdot p_Z(2) = \frac{3}{4} \cdot \frac{7}{8} = \frac{21}{32}$

Από τις συνδυασμένες πιθανότητες προκύπτουν και οι πιθανότητες εξόδου της Y ως ακολούθως

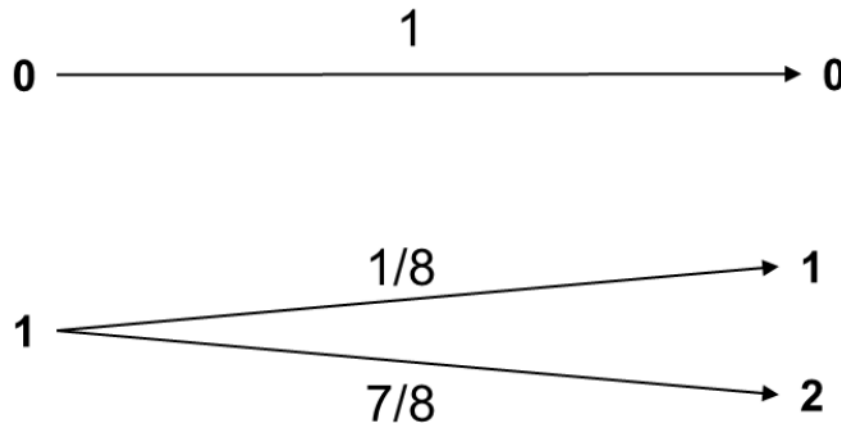
$$p_Y(0) = P(X=0, Z=1) + P(X=0, Z=2) = \frac{1}{32} + \frac{7}{32} = \frac{1}{4}$$

$$p_Y(1) = P(X=1, Z=1) = \frac{3}{32}$$

$$p_Y(2) = P(X=1, Z=2) = \frac{21}{32}$$

β) Να βρείτε τον πίνακα μετάβασης του καναλιού και να σχεδιάσετε το κανάλι. (6 μονάδες)

Με βάση τις πιθανότητες εμφάνισης της Y και την κατανομή της Z προκύπτει ότι το κανάλι μας είναι το παρακάτω



Και άρα ο πίνακας μετάβασης είναι

$$P(Y/X) = \begin{bmatrix} p(y=0/x=0) & p(y=1/x=0) & p(y=2/x=0) \\ p(y=0/x=1) & p(y=1/x=1) & p(y=2/x=1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{8} & \frac{7}{8} \end{bmatrix}$$

Μια πιο αναλυτική εξήγηση για τον πίνακα μετάβασης προκύπτει από την παρατήρηση ότι

$p(y=1/x=0)=0$ διότι δεν υπάρχει γινόμενο με το 0 που να δίνει αποτέλεσμα διάφορο του μηδενός. Έτσι, $p(y=0/x=0)=1$ αφού με δεδομένο ότι το $X=0$ το αποτέλεσμα πάντα θα είναι 0 με πιθανότητα 1. Ομοίως η συνδυασμένη πιθανότητα $p(y=1/x=1)$ προκύπτει όταν $Z=1$ το οποίο συμβαίνει με πιθανότητα $1/8$.

- γ) Να αποφανθείτε ως προς το είδος του καναλιού (π.χ χωρίς θόρυβο, ενθόρυβο δυαδικό, κλπ). Εξηγήστε την απάντησή σας. (3 μονάδες)
- δ) Να βρείτε την χωρητικότητα C του καναλιού. (3 μονάδες)
-

γ)

Από τον πίνακα μετάβασης και από το σχήμα προκύπτει ότι το κανάλι μας είναι τελικά χωρίς θόρυβο αφού πάντα μπορούμε να συμπεράνουμε το σύμβολο εισόδου από το σύμβολο εξόδου.

δ)

Με δεδομένο λοιπόν ότι το κανάλι είναι χωρίς θόρυβο η χωρητικότητα του καναλιού με δύο εισόδους είναι ίση με τη μέγιστη τιμή της $H(X)$ άρα 1 bit.

ΘΕΜΑ 5 ΕΞ2013Α

Δίδεται ένας γραμμικός και **συστηματικός κώδικας** C από τον οποίο γνωρίζουμε τα παρακάτω σύνδρομα με τους συνοδηγούς τους.

ΣΥΝΔΡΟΜΑ		
1	1	1
1	1	0
1	0	1
1	0	0

ΣΥΝΟΔΗΓΟΣ					
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0

- α)** Βρείτε την επίδοση του κώδικα C , το πλήθος των κωδικών λέξεων που αποτελεί τον C , και συμπληρώστε μόνο τον πίνακα συνδρόμων (4 μονάδες)
- β)** Εξηγήστε γιατί τα παραπάνω σύνδρομα θα αντιστοιχούν σε γραμμές του πίνακα H και σε ποιες από αυτές (3 μονάδες).
- γ)** Βρείτε τον πίνακα ισοτιμίας H . (5 μονάδες)
- δ)** Αποκωδικοποιείστε τη λέξη 111000. (3 μονάδες)

α)

Επειδή το μήκος του συνδρόμου είναι $n-k=3$ και το μήκος του πρότυπου σφάλματος είναι $n=6$ αυτό σημαίνει ότι το $k=3$. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η επίδοση του κώδικα είναι $3/6=0,5$ ενώ το πλήθος των κωδικών λέξεων είναι $2^3=8$.

Το πλήθος των συνδρόμων είναι επίσης $2^{n-k}=2^3=8$

ΣΥΝΔΡΟΜΑ		
1	1	1
1	1	0
1	0	1
1	0	0
0	1	0
0	0	1
0	1	1
0	0	0

ΣΥΝΔΡΟΜΑ		
1	1	1
1	1	0
1	0	1
1	0	0

ΣΥΝΟΔΗΓΟΣ					
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0

β) Εξηγείστε γιατί τα παραπάνω σύνδρομα θα αντιστοιχούν σε γραμμές του πίνακα H και σε ποιες από αυτές (3 μονάδες).

β)

Ξέρουμε ότι οι γραμμές του H αντιστοιχούν και σε σύνδρομα. Οπότε θα πρέπει να βρούμε σε ποιες γραμμές αντιστοιχούν τα σύνδρομα του ερωτήματος. Για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τους συνοδηγούς από τους οποίους μπορούμε να καταλάβουμε ότι τα σύνδρομα αυτά αποτελούν μέρος των τεσσάρων πρώτων γραμμών του πίνακα H αφού οι συνοδηγοί είναι πρότυπα σφάλματος βάρους 1 με τη θέση του μη μηδενικού bit να αντιστοιχεί σε γραμμή του H .

ΣΥΝΔΡΟΜΑ		
1	1	1
1	1	0
1	0	1
1	0	0

ΣΥΝΟΔΗΓΟΣ					
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0

γ) Βρείτε τον πίνακα ισοτιμίας H. (5 μονάδες)

δ) Αποκωδικοποιείστε τη λέξη 111000. (3 μονάδες)

Επειδή το μήκος του συνδρόμου είναι $n-k=3$ και το μήκος του πρότυπου σφάλματος είναι $n=6$ αυτό σημαίνει ότι ο πίνακας ισοτιμίας H θα έχει 6 γραμμές και 3 στήλες. Επιπλέον επειδή ο κώδικας είναι συστηματικός και λαμβάνοντας υπόψη την απάντηση του ερωτήματος (β) ο πίνακας H θα είναι της μορφής

$$H = \begin{bmatrix} M_{k \times n-k} \\ I_{n-k \times n-k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{3 \times 3} \\ I_{3 \times 3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

δ)

Πολλαπλασιάζοντας τη παραληφθείσα λέξη 111000 με τον H αντιστοιχεί στο άθροισμα των πρώτων τριών γραμμών το οποίο μας δίνει ως σύνδρομο 100 που το οποίο έχει ως συνοδηγό το πρότυπο σφάλματος 000100. Άρα ο κώδικάς μας θα διορθώσει στη κωδική λέξη 111100.

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

1. $H(X) = H(Y) = 2$ bits,

Απάντηση

1. $H(X) = H(Y) = 2$ bits, είναι σωστό για ισοπίθανες εισόδους και αθόρυβο κανάλι,

Ισχύει και για την περίπτωση ενθόρυβου καναλιού με ισοπίθανες εισόδους όπου οι πιθανότητες μετάβασης είναι όλες ίσες με $1/n$, όπου $n = 4$ (ο αριθμός των εισόδων και των εξόδων), τότε ισχύει ότι $I(X;Y)=0$ $H(X)=2$ και $H(Y)=2$ (μέγιστη αβεβαιότητα εισόδων και εξόδων)

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

2. $H(X) = H(Y) = a < 2$ bits,

Απάντηση

2. $H(X) = H(Y) = a < 2$ bits, είναι σωστό για μη ισοπίθανες εισόδους και αθόρυβο κανάλι ή μη ισοπίθανες εισόδους και ενθόρυβο κανάλι με τέτοιο πίνακα μετάβασης όμως που οδηγεί σε ίδιες, αλλά με άλλη διάταξη, πιθανότητες των συμβόλων εξόδου του καναλιού,

Εδώ δεν μπορούμε να έχουμε ενθόρυβο κανάλι με πιθανότητες μετάβασης όλες ίσες με $1/n$, όπου $n=4$ (ο αριθμός των εισόδων και των εξόδων), διότι στην περίπτωση αυτή θα ισχύει μεν ότι $I(X;Y)=0$ και $H(Y)=2$ (μέγιστη αβεβαιότητα εξόδων), αλλά θα έχουμε ότι $H(X)<2$ μια και οι είσοδοι δεν είναι ισοπίθανες, οπότε $H(X)<H(Y)=2$.

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

3. $C = H(Y)$, όπου C η χωρητικότητα του καναλιού επικοινωνίας,

Απάντηση

3. $C = H(Y)$, σωστό για αθόρυβο κανάλι και ισοπίθανες εισόδους,

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

4. $C + H(X/Y) \geq H(X)$,

Απάντηση

4. $C + H(X/Y) \geq H(X)$, σωστό, αφού η δεδομένη ανισωτική σχέση γράφεται $C \geq H(X) - H(X/Y) = I(X;Y)$ που ισχύει (ορισμός της χωρητικότητας).

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

5. $H(X) > H(Y) > L$, όπου L το μέσο μήκος των κωδικών λέξεων κώδικα Huffman της πηγής X .

Απάντηση

5. $H(X) > H(Y) > L$, λάθος, αφού αν και η εντροπία της εισόδου μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την εντροπία της εξόδου ενθόρυβου καναλιού, δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη του μέσου μήκους των κωδικών λέξεων κώδικα πηγής του αλφάβητου εισόδου (η εντροπία αποτελεί το όριο της συμπίεσης που μπορεί να επιτευχθεί).

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

6. $H(X, Y) = -4\text{bits}$,

Απάντηση

6. $H(X, Y) = -4$, λάθος, αφού η εντροπία είναι μη αρνητική ποσότητα,

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

7. $I(X;Y) > L$ bits, όπου L το μέσο μήκος των κωδικών λέξεων του κώδικα της πηγής.

Απάντηση

7. $I(X;Y) > L$, λάθος, αφού η αμοιβαία πληροφορία είναι μικρότερη ή ίση της εντροπίας της εισόδου, ενώ το $L \geq H(X)$,

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

8. $I(X;Y) = 1 \text{ bit}$,

Απάντηση

8. $I(X;Y) = 1$, σωστό για κατάλληλες ακραίες και υπό συνθήκη πιθανότητες των συμβόλων εισόδου και εξόδου του καναλιού,

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

9. $I(X; Y) = 0$ bits,

Απάντηση

9. $I(X; Y) = 0$, είναι σωστό για εξόδους ανεξάρτητες από τις εισόδους.

ΘΕΜΑ 4 ΕΞ2013B

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, η οποία αναπαριστά το αλφάβητο πηγής χωρίς μνήμη και αποτελεί την είσοδο καναλιού επικοινωνίας και την τυχαία μεταβλητή $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ που αναπαριστά την έξοδο του ίδιου καναλιού επικοινωνίας. Να αιτιολογήσετε αν μπορεί να είναι σωστές ή αν είναι εσφαλμένες οι ακόλουθες προτάσεις:

10. $C < I(X; Y)$.

Απάντηση

10. $C < I(X; Y)$, λάθος, αφού η χωρητικότητα είναι ίση με τη μέγιστη αμοιβαία πληροφορία μεταξύ εισόδου και εξόδου του καναλιού.

Δίκτυα Η/Υ

ΘΕΜΑ 3 ΕΞ2013Β

Σε ένα κανάλι μετάδοσης με καθυστέρηση μονόδρομης διάδοσης 150 ms και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 1 Mbit/sec (1024*1024 bit/sec), γίνεται μετάδοση πλαισίων μεγέθους 1 Kbytes (1 byte = 8 bits) χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο GO-BACK-N με μέγεθος παραθύρου 63. Αν το μέγεθος των κεφαλίδων των πλαισίων και των πλαισίων επιβεβαίωσης (TRANSA=0) θεωρείται αμελητέο, να υπολογισθούν:

α) Η απόδοση η_{GBN} του πρωτοκόλλου,

β) Η απόδοση η_{GBN} του πρωτοκόλλου αν το μέγεθος παραθύρου είναι 15

γ) Αν το μέγεθος παραθύρου είναι 31, να υπολογισθεί το μέγεθος πλαισίου σε bytes ώστε να επιτευχθεί απόδοση η_{GBN} ίση με 38%

δ) Θεωρώντας μέγεθος παραθύρου 31, πλαίσια μεγέθους 1 Kbytes και χρόνο προθεσμίας T ίσο με την τιμή του χρόνου μετάβασης μετ'επιστροφής που δίνει την μέγιστη απόδοση του 100% απουσία σφαλμάτων μεταφοράς, να υπολογισθεί η πιθανότητα p να μεταφερθεί σωστά ένα πλαίσιο δεδομένων ώστε να επιτευχθεί η απόδοση $\eta_{GBN}=38\%$,

α) Χρόνος μετάδοσης πλαισίου $TRANSP = \text{μήκος πλαισίου} / \text{ρυθμός μετάδοσης δεδομένων} = 1024 \text{ bytes} / 1 \text{ Mbit/sec} = 8 * 1024 \text{ bits} / 1024 * 1024 \text{ bits/sec} = 7.8 \text{ ms}$

Ο χρόνος S μεταξύ της έναρξης της μετάδοσης ενός πλαισίου και της άφιξης της αντίστοιχης επιβεβαίωσης υπολογίζεται από $S = TRANSP + TRANSA + 2 * TROP$. Αφού το μέγεθος των πλαισίων επιβεβαίωσης θεωρείται αμελητέο, $TRANSA = 0$, αρα $S = TRANSP + 2 * TROP = 7.8 \text{ ms} + 2 * 150 \text{ ms} = 307.8 \text{ ms}$.

Αφού $S < W * TRANSP$ επειδή $307.8 \text{ ms} < 63 * 7.8 \text{ ms} = 491.4 \text{ ms}$, τότε

$$\eta_{GBN} = 100\%$$

β) Η απόδοση η_{GBN} του πρωτοκόλλου αν το μέγεθος παραθύρου είναι 15

πρωτόκολλο GO-BACK-N

Αφού $S > W * \text{TRANSP}$ επειδή $307.8\text{ms} > 15 * 7.8\text{ms} = 117\text{ms}$, τότε

$$\eta_{\text{GBN}} = W * \text{TRANSP} / S = 15 * 7.8\text{ms} / 307.8 \text{ms} = 38.01\%$$

γ) Αν το μέγεθος παραθύρου είναι 31, να υπολογισθεί το μέγεθος πλαισίου σε bytes ώστε να επιτευχθεί απόδοση η_{GBN} ίση με 38%

$$\eta_{GBN} = \frac{W * TRANSP}{S} = \frac{W * TRANSP}{TRANSP + 2 * TROP} = \frac{W * \frac{L}{C}}{\frac{L}{C} + 2 * TROP} = \frac{W * L}{L + 2 * C * TPROP} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{2 * C * \eta_{GBN} * T_{prop}}{W - \eta_{GBN}} = \frac{2 * 1024 * 1024 * bits / sec * 0,38 * 150 * 10^{-3} sec}{31 - 0,38} ; 3904 bits \Rightarrow L = 488 bytes$$

δ) Θεωρώντας μέγεθος παραθύρου 31, πλαίσια μεγέθους 1 Kbytes και χρόνο προθεσμίας T ίσο με την τιμή του χρόνου μετάβασης μετ'επιστροφής που δίνει την μέγιστη απόδοση του 100% απουσία σφαλμάτων μεταφοράς, να υπολογισθεί η πιθανότητα p να μεταφερθεί σωστά ένα πλαίσιο δεδομένων ώστε να επιτευχθεί η απόδοση $\eta_{GBN}=38\%$,

δ) πρωτόκολλο GO-BACK-N

Σύμφωνα με την σχέση (4.9) του Τόμου Γ' (Δικτυα Υπολογιστών Ι)

$$\eta_{GBN} = \frac{1}{1 + W \frac{1-p}{p}} \Leftrightarrow \eta_{GBN} * W \frac{1-p}{p} = 1 - \eta_{GBN} \Leftrightarrow \frac{1-p}{p} = \frac{1 - \eta_{GBN}}{\eta_{GBN} * W} = \frac{1 - 0.38}{0.38 * 31} = 0.0526 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 1 = p(1 + 0.0526) \Leftrightarrow p = 0.95$$

Με μεγαλύτερη ακρίβεια:

p : πιθανότητα ένα πακέτο να ληφθεί σωστά από τον παραλήπτη ΚΑΙ η επιβεβαίωση να ληφθεί σωστά από τον αποστολέα

$$P_{ABA} = P_{one_way} \cdot P_{one_way} = (P_{one_way})^2 \Rightarrow$$

$$P_{one_way} = \sqrt{P_{ABA}} = \sqrt{0.95} = 0.974$$

Packet _ Error _ Rate(one-way):

$$PER = 1 - P_{one_way} = 1 - 0.974 = 0.025$$

