

HY335: 7ο Φροντηστήριο

Fontas Fafoutis <fontas@csd.uoc.gr>

Έλεγχος Λαθών

Υποθέστε ότι το περιεχόμενο πληροφοριών ενός πακέτου είναι η ομάδα bit 1000101011100011 και ότι χρησιμοποιείται ένα σχήμα άρτιας ισοτιμίας. Ποια θα είναι η τιμή του πεδίου αθροίσματος ελέγχου για την περίπτωση ενός σχήματος δισδιάστατης ισοτιμίας; Η απάντησή σας πρέπει να είναι τέτοια ώστε να χρησιμοποιείται ένα πεδίο αθροίσματος ελέγχου ελάχιστου μεγέθους.

Έλεγχος Λαθών

Το μικρότερο πεδίο
αθροίσματος
ελέγχου θα έχω με
πίνακα 4x4

$$\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

Έλεγχος Λαθών

Θεωρήστε τις ακόλουθες σειρές bit δεδομένων:

11100

10111

01010

Δείξτε (δώστε ένα παράδειγμα) ότι ένας δισδιάστατος έλεγχος ισοτιμίας μπορεί να διορθώσει και να ανιχνεύσει ένα σφάλμα bit. Δείξτε ένα παράδειγμα ενός σφάλματος διπλού bit, που μπορεί να ανιχνευθεί, αλλά όχι να διορθωθεί.

Έλεγχος Λαθών

- 1 λάθος

- Εντοπίζεται
- Διορθώνεται

1	1	1	0	0	1	
1	0	0	1	1	0	→ parity error
0	1	0	1	0	0	
0	0	0	0	1	1	

parity error

- 2 λάθη

- Εντοπίζεται
- **Δεν** διορθώνεται

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

parity errors

Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

- *Μελετήσαμε πολλά πρωτοκόλλα πολλαπλής πρόσβασης (Multiple access protocols) όπως το 1) TDMA, 2) CSMA, 3) Slotted Aloha, και 4) Token Passing.*
- *Υποθέστε πως είχατε να φτιάξετε ένα LAN που υποστηρίζει (μόνο) IP telephony (τηλεφωνία μέσω του Διαδικτύου) και πως **πολλαπλοί χρήστες** μπορούν να θέλουν να κάνουν IP τηλεφωνήματα **συγχρόνως**. Η τεχνολογία IP τηλεφωνίας μετατρέπει την φωνή σε ψηφιακά πακέτα ήχου και τα στέλνει με σταθερό ρυθμό bit όταν κάνει τηλεφώνημα ένας χρήστης. Πόσο κατάλληλα είναι αυτά τα 4 πρωτόκολλα για αυτό το σενάριο; Δώστε μια σύντομη (π.χ. μια πρόταση) εξήγηση για κάθε απάντηση.*

Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

- *TDMA: Κατάλληλο, δεν έχουμε συγκρούσεις, χαμηλές καθυστερήσεις, δεν έχουμε υποχρησιμοποίηση του καναλιού ($1/N$)*
- *CSMA: Ακατάλληλο, μεγάλες καθυστερήσεις όταν έχω πολλούς χρήστες λόγω συγκρούσεων*
- *Slotted Aloha: Ακατάλληλο, μεγάλες καθυστερήσεις όταν έχω πολλούς χρήστες λόγω περισσότερων συγκρούσεων, καθυστερήσεις λόγω idle slots*
- *Token Passing: Κατάλληλο, δεν έχουμε συγκρούσεις, μικρές καθυστερήσεις, δεν έχουμε υποχρησιμοποίηση του καναλιού*

Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

- *Τώρα υποθέστε ότι είχατε να φτιάξετε ένα LAN που υποστηρίζει σποραδικές ανταλλαγές δεδομένων μεταξύ κόμβων. Δηλαδή, κάθε κόμβος στο δίκτυο δεν έχει να στείλει δεδομένα πολύ συχνά. Πόσο κατάλληλα είναι αυτά τα 4 πρωτόκολλα για αυτό το σενάριο; Δώστε μια σύντομη (π.χ. μια πρόταση) εξήγηση για κάθε απάντηση.*

Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

- *TDMA: Ακατάλληλο, έχουμε υποχρησιμοποίηση του καναλιού ($1/N$)*
- *CSMA: Κατάλληλο, μικρό πρόβλημα με συγκρούσεις, πλήρης χρήση του καναλιού*
- *Slotted Aloha: Κατάλληλο, μικρό πρόβλημα με συγκρούσεις, σχεδόν πλήρης χρήση του καναλιού*
- *Token Passing: Ακατάλληλο, περιττές καθυστερήσεις*

NAK vs ACK

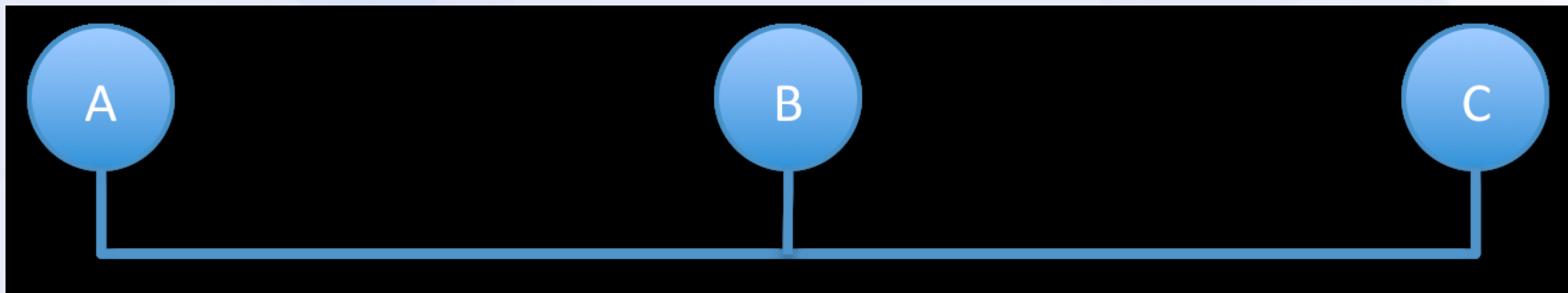
- *Αν ο αποστολέας στέλνει δεδομένα σποραδικά (infrequently) τι θα ήταν προτιμότερο: ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς με αρνητικές (NAK) ή θετικές (ACK) επιβεβαιώσεις; Γιατί;*
- *Αν έχει πολλά δεδομένα να στείλει και το κανάλι έχει λίγες απώλειες; Γιατί;*

NAK vs ACK

- *Σποραδικά: Προτιμότερα τα ACK*
 - *Ο παραλήπτης μπορεί να καταλάβει ότι το πακέτο k έχει χαθεί όταν λάβει το πακέτο $k+1$. Συνεπώς, όταν μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα ανάμεσα από την λήψη δύο πακέτων, η ανίχνευση του λάθους θα γίνει με μεγάλη καθυστέρηση*
- *Πολλά δεδομένα: Προτιμότερα τα NAK*
 - *Τα λάθη θα ανιχνεύονται γρήγορα και λόγω του μικρού αριθμού λαθών θα έχω λίγα NAK πακέτα αντί για πολλά ACK*

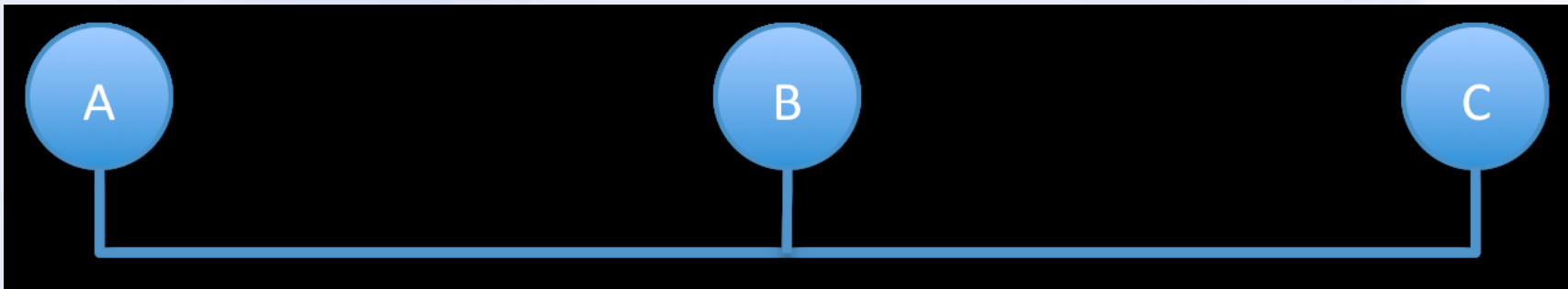
Ethernet

- Έστω οι A , B , C συνδεδεμένοι σε Ethernet χωρίς Switch
- Η ταχύτητα διάδοσης είναι $2 \cdot 10^8$ m/s
- Η απόσταση $A-B$ και $A-C$ είναι 1024 m
- Έστω οι A και C ξεκινούν ταυτόχρονα να στέλνουν στον B με ρυθμό $100 \cdot 10^6$ bps
- Πόσο μεγάλο πρέπει να είναι το μεγεθός του πλαισίου Ethernet έτσι ώστε να εντοπιστεί η σύγκρουση;



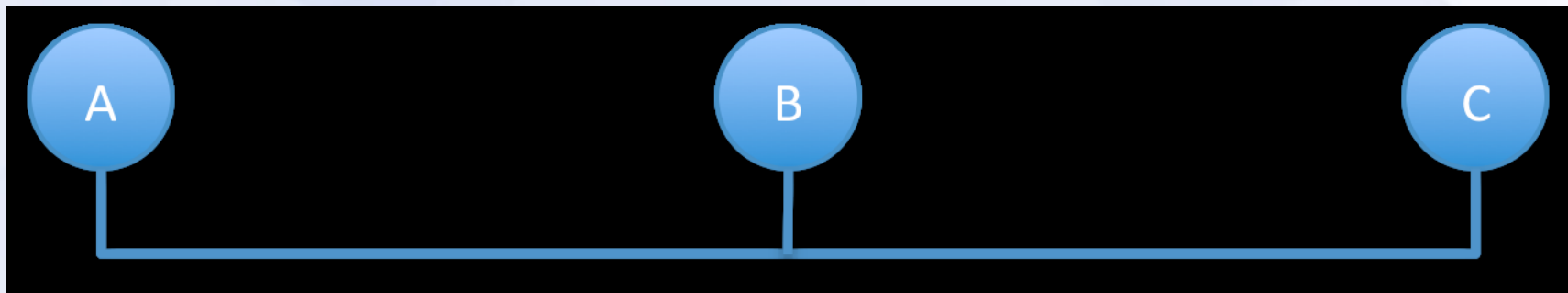
Ethernet

- Για να γίνει ανίχνευση σύγκρουσης πρέπει να φτάσει το πρώτο bit από τόν ένα στον άλλο πριν ο άλλος ολοκληρώσει την μετάδοση του πλαισίου. Δηλαδή πρέπει $D_{trans} > D_{prop}$
- $L / (100 * 10^6) > (2 * 1024) / (2^{10^8})$
- $L > 1024 \text{ bits}$



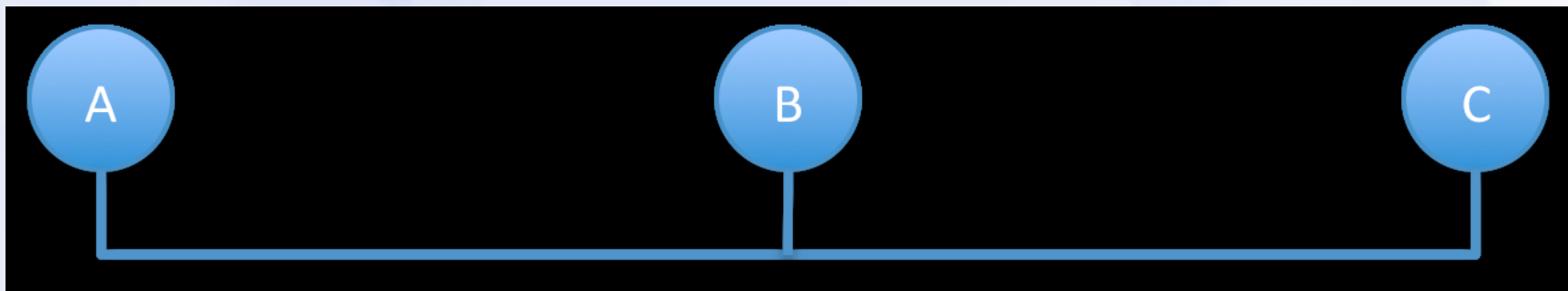
Ethernet

- *Τι θα γίνει αν το πλαίσιο είναι μικρότερο από 1025 bits; Πώς θα επηρεάσει αυτό το επίπεδο εφαρμογής;*
- *Έστω ότι χρησιμοποιούμε πλαίσιο μεγέθους 1526 Bytes. Ποιά είναι η εκτιμώμενη απόδοση του συγκεκριμένου τοπικού δικτύου Ethernet;*



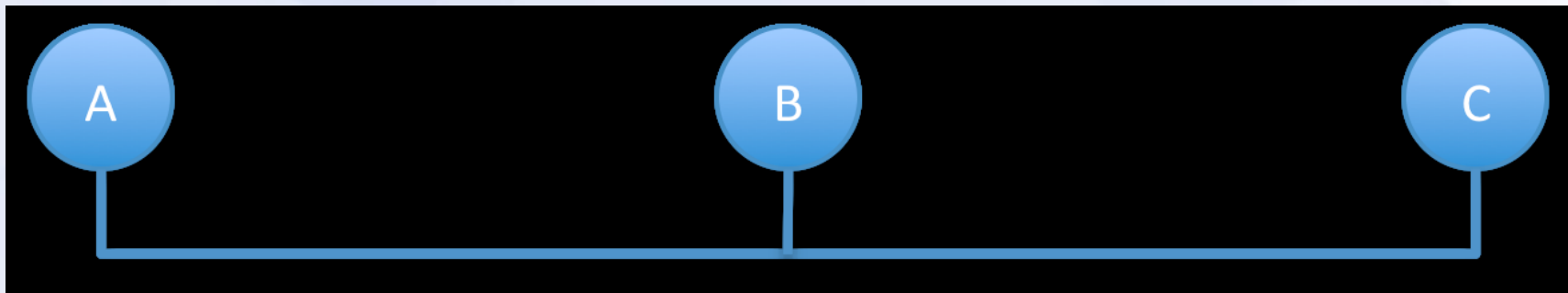
Ethernet

- Δεν θα γίνει ανίχνευση της σύγκρουσης. Το πλαίσιο θα αποτύχει στον έλεγχο CRC. Αν σε επίπεδο μεταφοράς χρησιμοποιείται το TCP τότε θα έχουμε επαναμετάδοση και το επίπεδο εφαρμογής θα δει καθυστερήσεις. Αν σε επίπεδο μεταφοράς χρησιμοποιείται το UDP τότε το επίπεδο εφαρμογής θα δει απώλεια δεδομένων
- $Efficiency = 1 / (1 + 5 * D_{prop} / D_{trans})$
- $D_{prop} = 2 * 1024 / (2 * 10^8)$, $D_{trans} = 1526 * 8 / (100 * 10^6)$
- $Efficiency = 0.7$



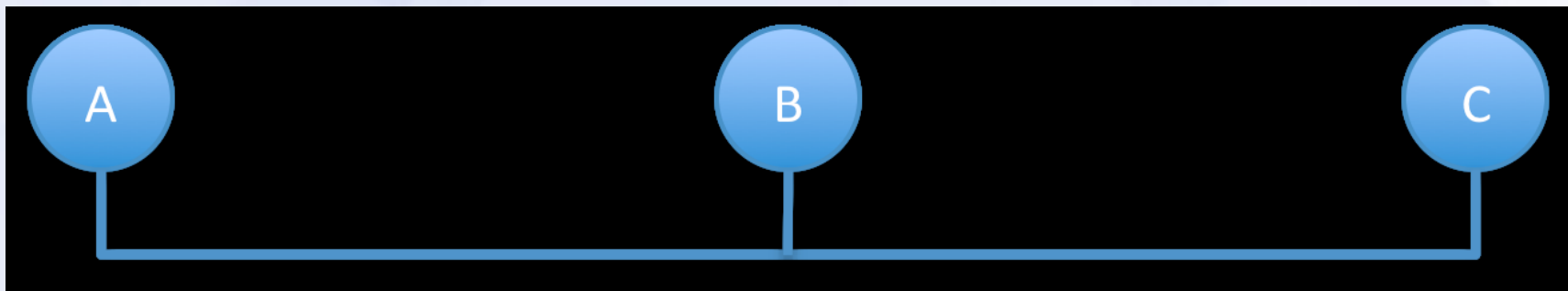
Ethernet

- *Αν οι αποστάσεις A-B και B-C είναι 10m.*
- *Πόσο μεγάλο πρέπει να είναι το μέγεθος του πλαισίου Ethernet έτσι ώστε να εντοπιστεί η σύγκρουση;*
- *Έστω ότι χρησιμοποιούμε πλαίσιο μεγέθους 1526 Bytes. Ποιά είναι η εκτιμώμενη απόδοση του συγκεκριμένου τοπικού δικτύου Ethernet; Τι συμπέρασμα βγάζουμε;*



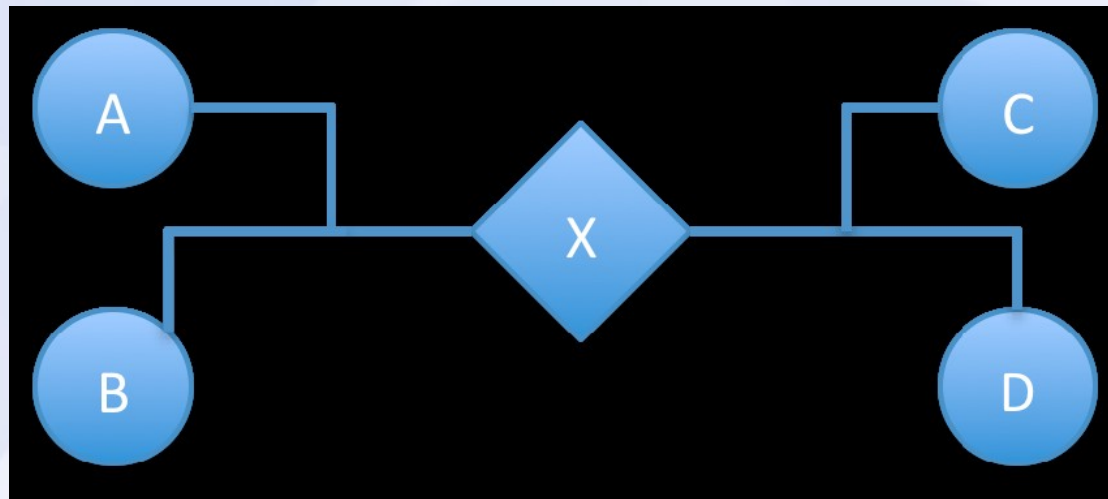
Ethernet

- Πρέπει $D_{trans} > D_{prop}$, $L / (100 * 10^6) > (2 * 10) / (2^{10^8})$,
 $L > 10 \text{ bits}$
- $D_{prop} = 2 * 10 / (2 * 10^8)$, $Efficiency = 0.996$
- Συμπεραίνουμε ότι το μέγεθος του καλωδίου αποτελεί όριο για την τεχνολογία *Ethernet*.



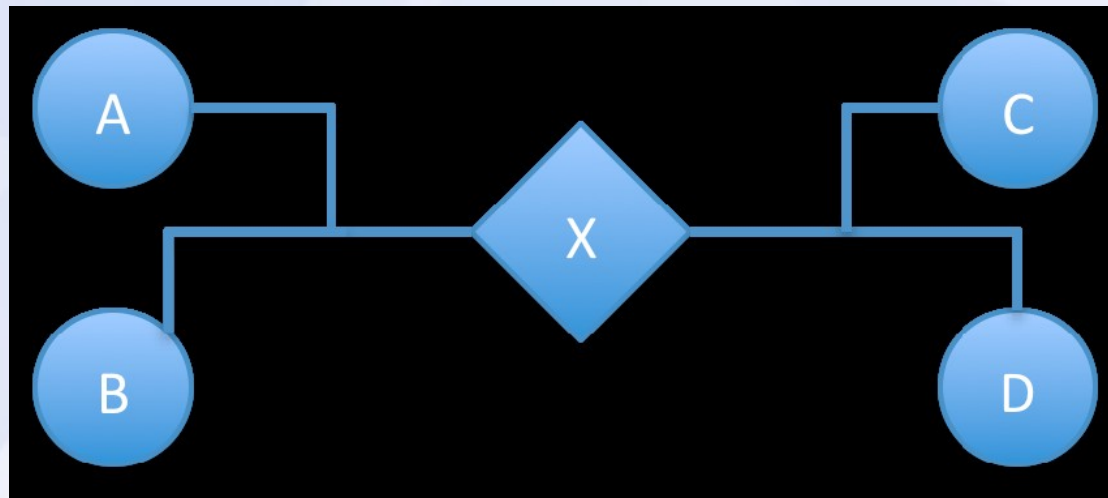
Switched Ethernet

- Έστω η τοπολογία του σχήματος. Το X είναι switch.
- Έστω ότι ο A είναι κακόβουλος και παρακολουθεί πακέτα που περνάνε από το δίκτυο. Ποιά πακέτα μπορεί να λάβει με επιτυχία και γιατί;



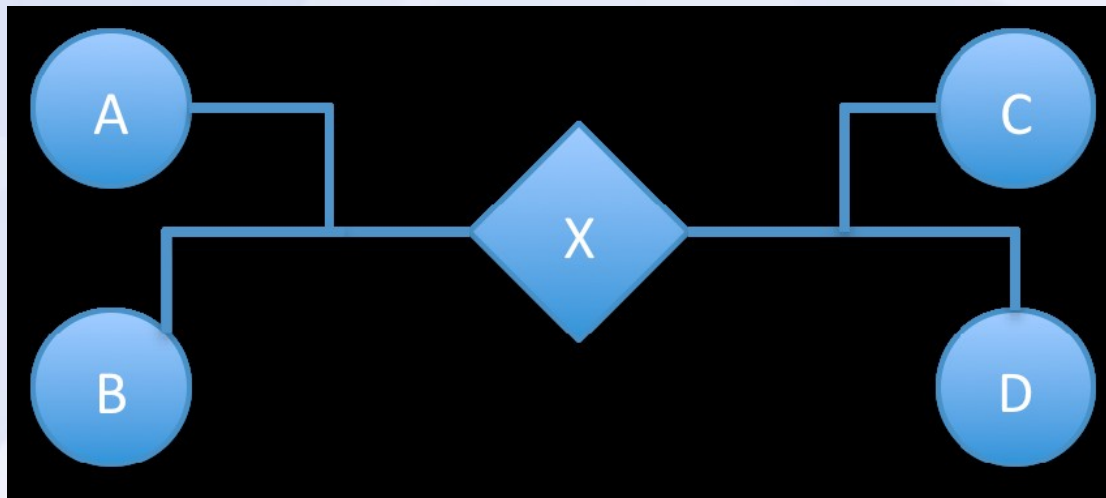
Switched Ethernet

- Μπορεί να λάβει τα πακέτα που έρχονται και φεύγουν από τους κόμβους A και B. Δεν θα μπορεί να δει τα πακέτα ανάμεσα στους C και D, γιατί το switch δεν θα τα προωθήσει.*



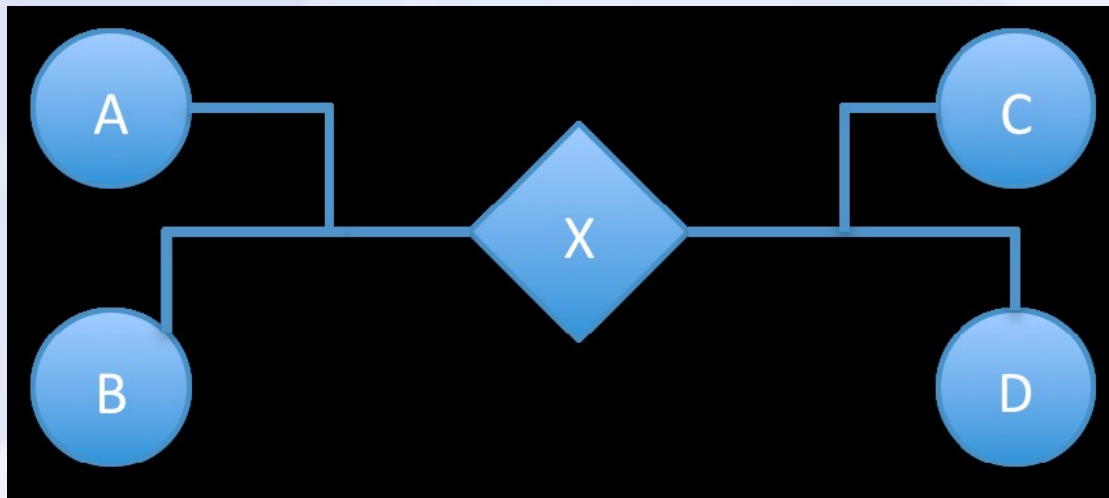
Switched Ethernet

- Τώρα ο Α έχει την ικανότητα να αλλάζει την διεύθυνση MAC (spoofing) του με όποια επιθυμεί. Πώς μπορεί να χρησιμοποιήσει την ικανότητα αυτή για να “κλέψει” τα πλαίσια που απευθύνονται στον C; Ο C θα λαμβάνει κάποια πακέτα; Απο ποιον και γιατί; Τι μπορεί να κάνει για να αμυνθεί;*



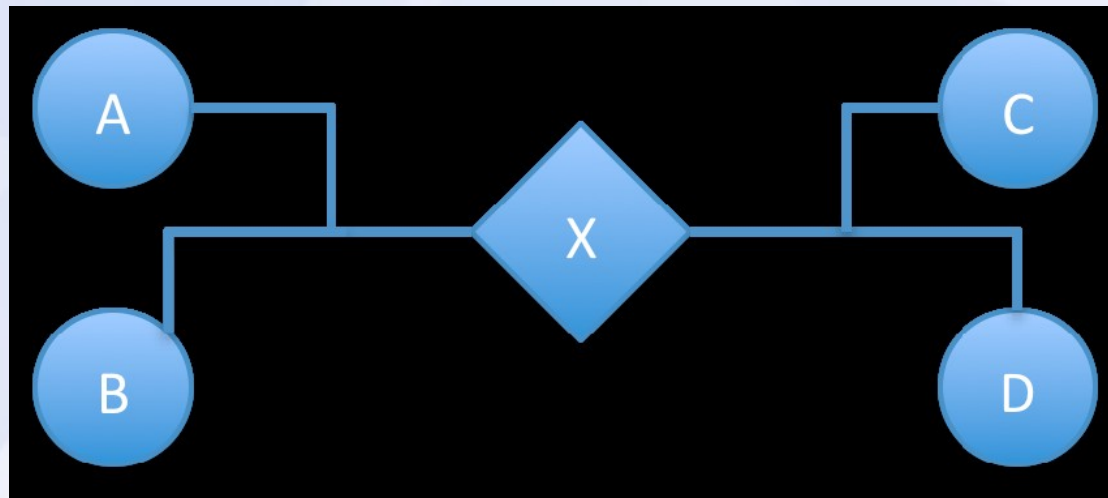
Switched Ethernet

- Θα αλλάξει την MAC διεύθυνσή του με την MAC διεύθυνση του C. Στέλνοντας ένα πλαίσιο θα δηλητηριάσει τους πίνακες του switch και αυτό θα προωθεί τα πακέτα του C στον A. Ο C θα λαμβάνει τα πακέτα που έρχονται από τον D. Ο C μπορεί να στείλει για να διορθώσει τον πίνακα του switch. Παρόλαυτα ο A μπορεί να επαναλάβει την επίθεση!



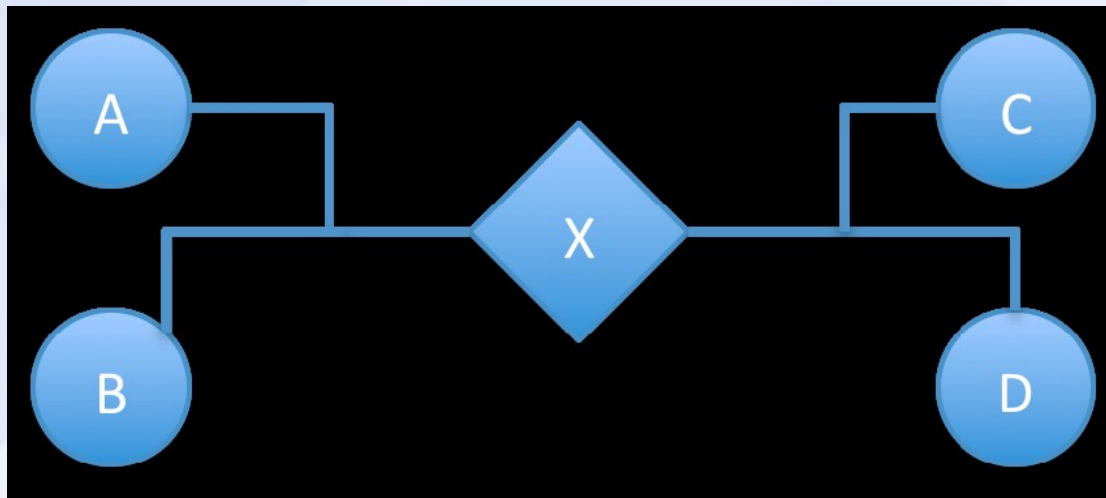
Switched Ethernet

- Έστω ότι δεν υπάρχει πια κακόβουλος χρήστης. Ο C μεταφέρει το laptop και συνδέεται στο καλώδιο που συνδέει τον A και τον B.
- Τι πρέπει να γίνει για να μπορεί ο D να στείλει πλαίσια στον C;



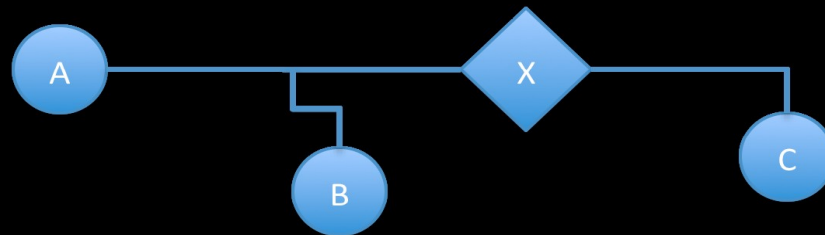
Switched Ethernet

- *Είτε θα πρέπει ο C να μεταδώσει ένα πλαίσιο έτσι ώστε το switch να ενημερώσει τον πίνακα του.*
- *Είτε θα πρέπει να λήξει η εγγραφή στο switch με αποτέλεσμα το switch μην γνωρίζοντας που είναι ο C θα στείλει το πακέτο και απο τις δύο διεπαφές.*



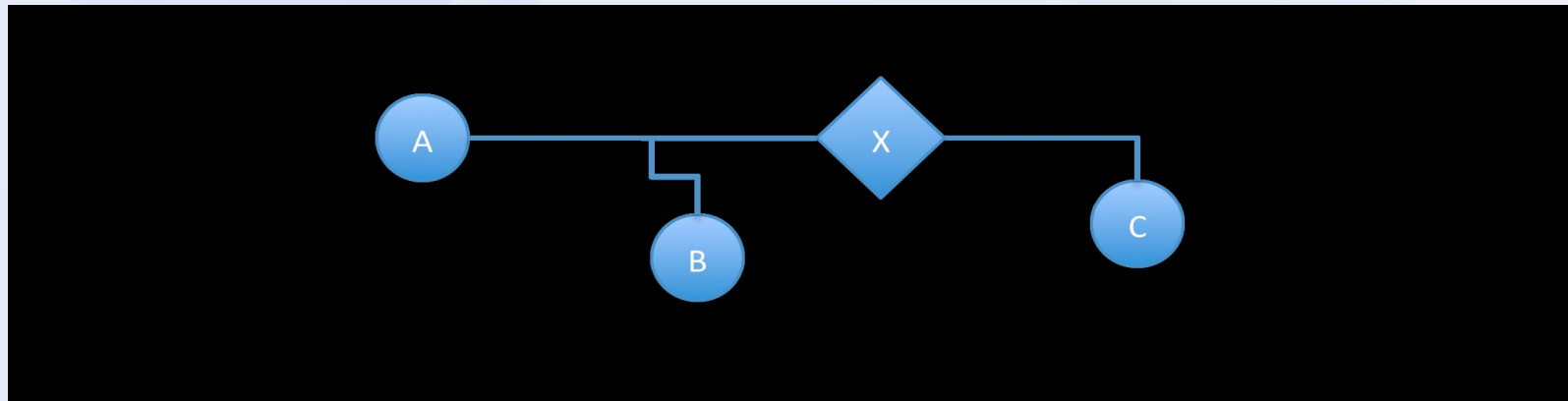
ARP

- Έστω η τοπολογία του σχήματος. Το X είναι router.
- Ο B θέλει να στείλει ένα πακέτο στον A. Περιγράψτε την διαδικασία αν όλες οι ARP caches είναι κενές. Αναφέρετε τις MAC, IP διευθύνσεις όπου υπάρχουν.
- Υποθέστε ότι MAC_A , MAC_B , IP_A , IP_B οι διευθύνσεις των στοιχείων δικτύου



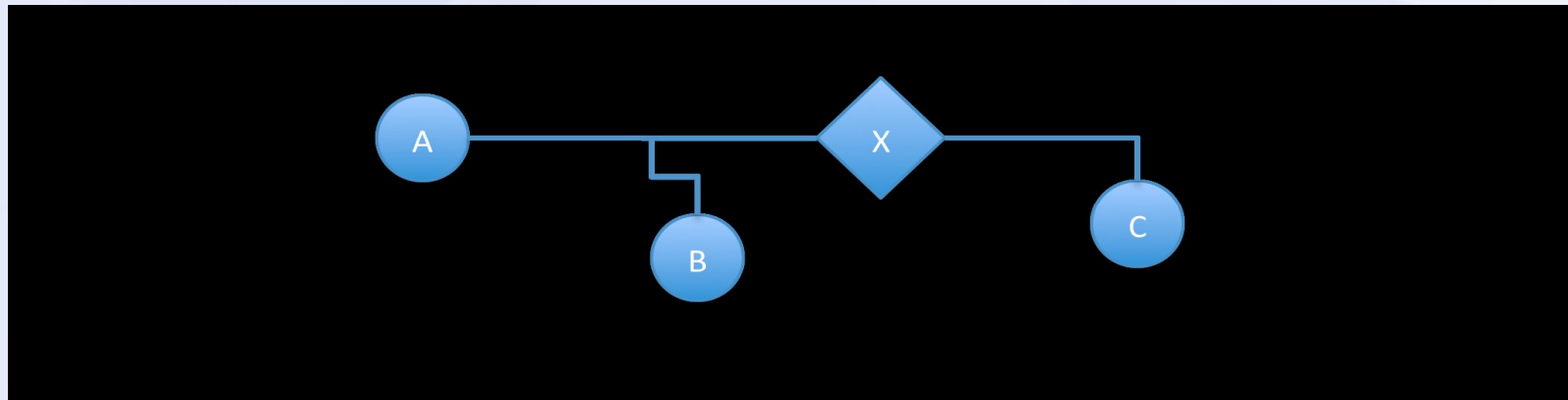
ARP

- *B broadcasts an APR request for IP_A with dest MAC=FF:FF:FF:FF:FF:FF and src MAC=MAC_B*
- *A sends an ARP reply including his IP_A with dest MAC=MAC_B and src MAC=MAC_A*
- *B sends IP message with dest IP=IP_A, src IP=IP_B, dest MAC=MAC_A and src MAC=MAC_B*



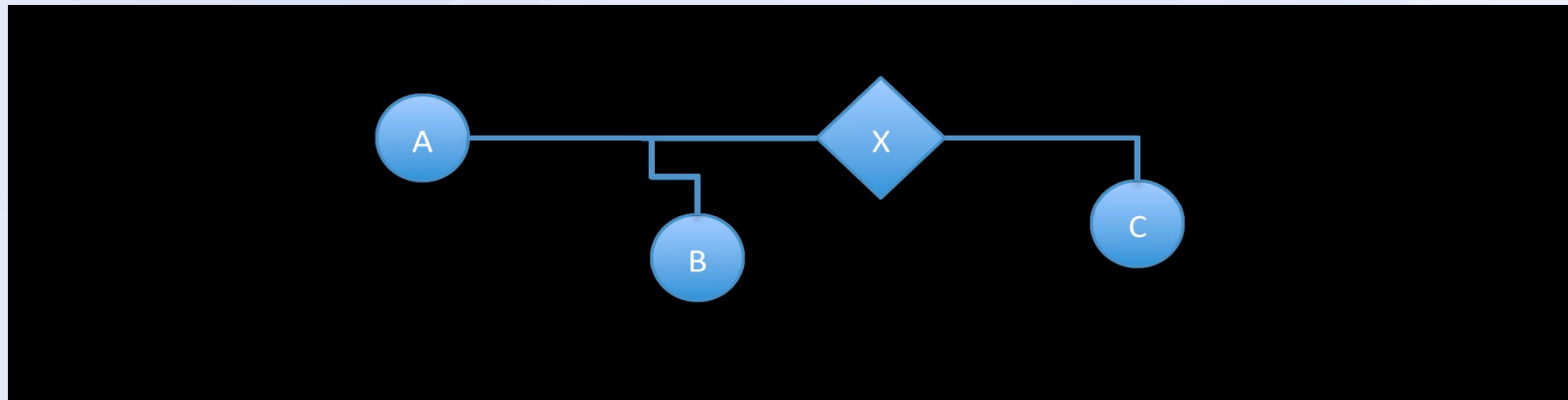
ARP

- *Επαναλάβετε την διαδικασία όταν ο B θέλει να στείλει ένα πακέτο στον C.*
- *Υποθέστε ότι MAC_A , MAC_B , MAC_C , MAC_X0 , MAC_X1 , IP_A , IP_B , IP_C , IP_X0 , IP_X1 οι διευθύνσεις των στοιχείων δικτύου*
- *Σημείωση: Το router έχει διαφορετική IP και MAC για τις διαφορετικές διεπαφές*



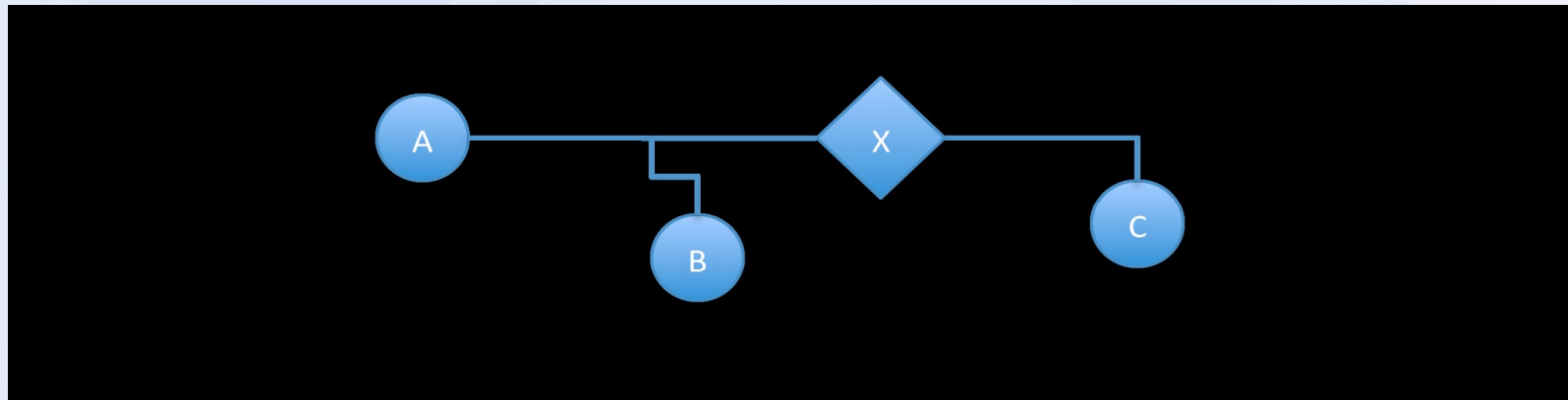
ARP

- *B knows that IP_C is outside his subnet, thus he needs to find the gateway. B broadcasts an APR request for IP_X0 with dest MAC=FF:FF:FF:FF:FF:FF and src MAC=MAC_B*
- *The router sends an ARP reply including his IP=IP_X0 with dest MAC=MAC_B and src MAC=MAC_X0*
- *B sends the IP message with dest IP=IP_C, src IP=IP_B, dest MAC=MAC_X0 and src MAC=MAC_B*



ARP

- *The router forwards the IP message to the other subnet. The router broadcasts an APR request for IP_C with dest MAC=FF:FF:FF:FF:FF:FF and src MAC=MAC_X1*
- *C sends an ARP reply including his IP=IP_C with dest MAC=MAC_X1 and src MAC=MAC_C*
- *The router sends the IP message with dest IP=IP_C, src IP=IP_B, dest MAC=MAC_C and src MAC=MAC_X1*



ARP Cache

- *Γιατί χρησιμοποιούμε ARP caching;*
- *Για να ελαχιστοποιήσουμε τον αριθμό των ARP μνημάτων που διακινούνται στο δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε μικρότερες καθυστερήσεις.*

Απόδοση Ethernet

- Έστω ένα τοπικό δίκτυο τύπου *ethernet* ρυθμού *10Mbps* στο οποίο όλοι οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι σε ένα *hub* (όλοι είναι στην ίδια περιοχή συγκρούσεων).
- Βρείτε την απόδοση του δικτύου αν υποθέσουμε χρησιμοποιούμε πακέτα μεγέθους *512 bytes*.
- Υποθέστε ότι η καθυστέρηση διάδοσης ανάμεσα σε κάθε ζευγάρι τερματικών σταθμών είναι *25.6 μs* και ότι πολλά ζευγάρια σταθμών προσπαθούν να επικοινωνήσουν.

Απόδοση Ethernet

- $Efficiency = 1 / (1 + 5 * D_{prop} / D_{trans})$
- $D_{prop} = 25.6 * 10^{-6}$
- $D_{trans} = (512 * 8) / (10 * 10^6)$
- $Efficiency = 1 / (1 + 5 * 0.0625) = 0.76$

Slotted Aloha vs Ethernet

- *Η απόδοση του Slotted Aloha είναι ίση με $1/e$.*
- *Πόσο πρέπει να είναι το μέγεθος του πλαισίου έτσι ώστε το Ethernet να είναι πιο αποδοτικό από το Slotted Aloha;*
- *Υποθέστε ότι η καθυστέρηση διάδοσης ανάμεσα σε κάθε ζευγάρι τερματικών σταθμών είναι 25.6 μ s και ότι πολλά ζευγάρια σταθμών προσπαθούν να επικοινωνήσουν.*

Slotted Aloha vs Ethernet

- $1 / (1 + 5 * D_{prop} / D_{trans}) > 1/e$
- $D_{prop} / D_{trans} < (e - 1) / 5 = 0.34$
- $D_{trans} > D_{prop} / 0.34$
- $(L * 8) / (10 * 10^7) > (25.6 * 10^{-6}) / 0.34$
- $L > 94 \text{ bytes}$

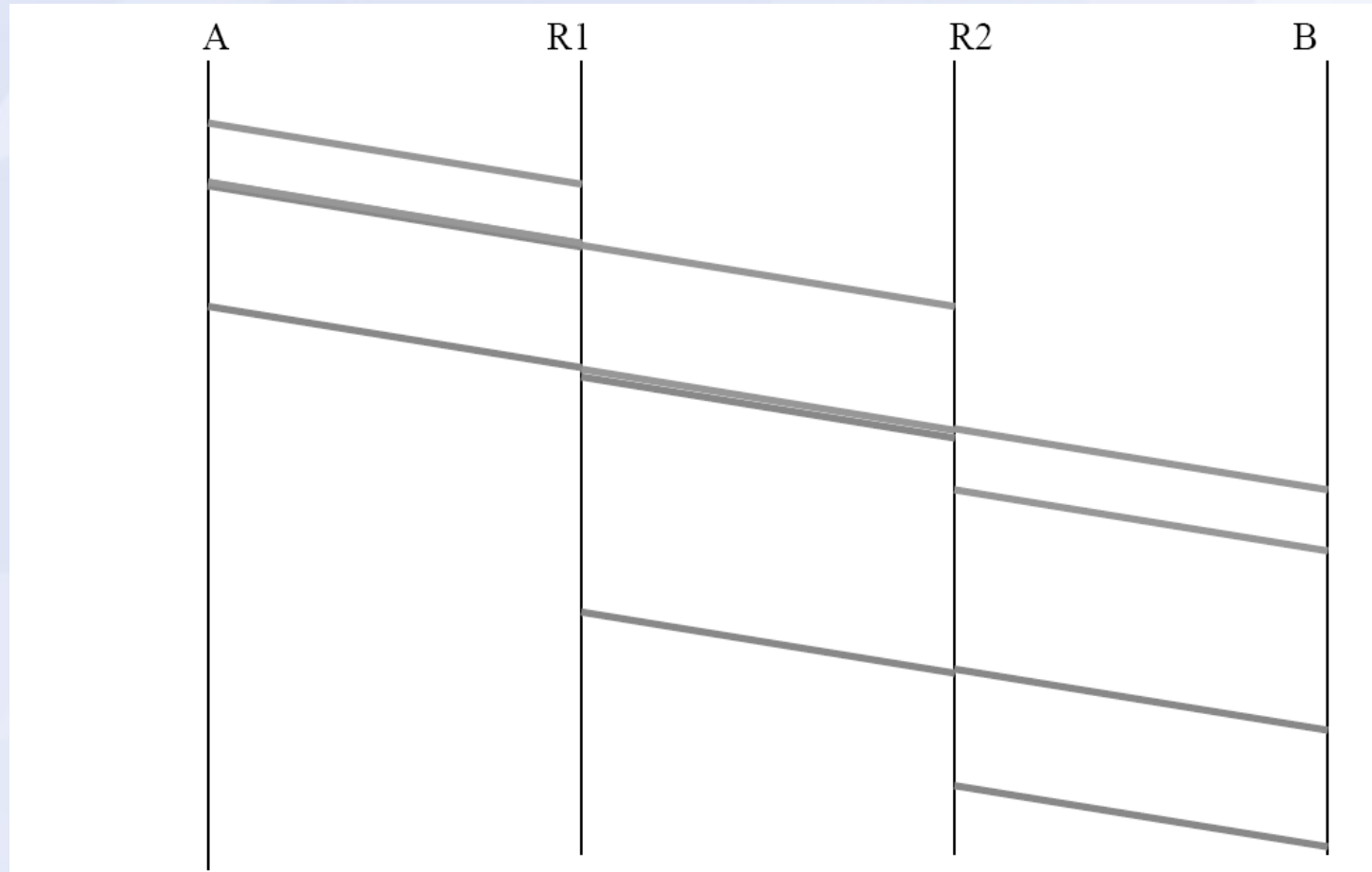
Manchester

- Έστω ένα κανάλι με δύο επίπεδα *hi* και *lo*. Υποθέστε ότι πιο πρόσφατο *bit* που στείλαμε είναι 0 και αφού το στείλαμε μείναμε στο επίπεδο *hi*. Αν χρησιμοποιούμε *manchester* κωδικοποίηση τότε ποια θα είναι η σειρά επιπέδων για να στείλουμε την σειρά από *bits*:
1110;
- *hi lo hi lo hi lo lo hi*

Διασπορά Πακέτων

- Έστω ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου όπου για να επικοινωνήσει ο κόμβος A με τον κόμβο B πρέπει να περάσουν από δύο δρομολογητές.
- Η χωρητικότητα της ζεύξης $A-R1$ είναι 10 Mbps , της ζεύξης $R1-R2$ είναι 5 Mbps και της ζεύξης $R2-B$ 10 Mbps
- Έστω ότι ο A στέλνει 2 πακέτα το ένα μετά το άλλο (*back-to-back*) στον κόμβο B .
- Οι $R1$ και $R2$ δρομολογητές είναι *store and forward* δρομολογητές
- Υπολογίστε την διαφορά χρόνου άφιξης των δύο πακέτων αν το πρώτο είναι 1000 bits και το δεύτερο 2000 bits

Διασπορά Πακέτων



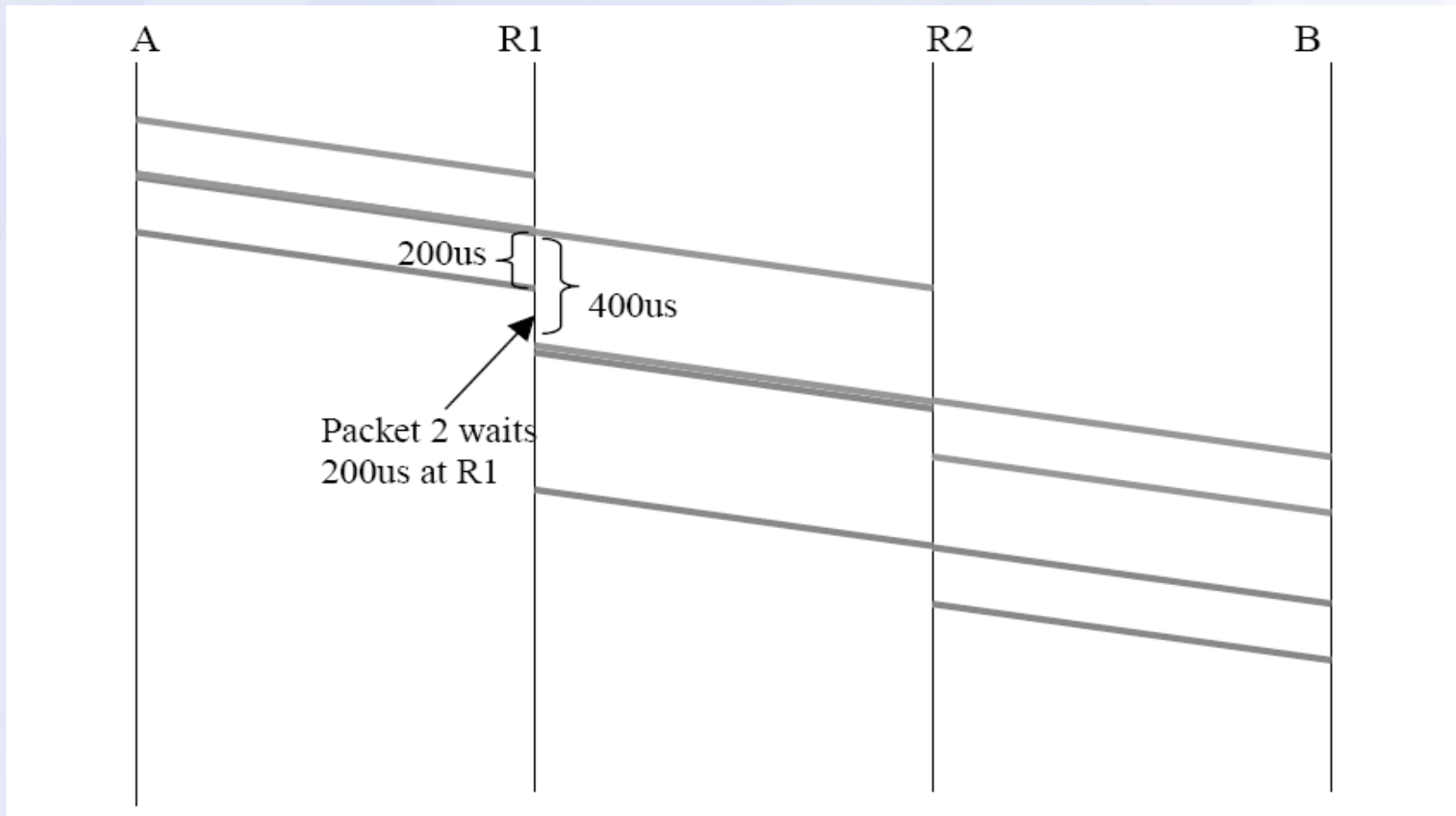
Διασπορά Πακέτων

- *Επειδή μας νοιάζει η διαφορά άφιξης των πακέτων μπορούμε να μην υπολογίσουμε την $Dprop$ καθώς είναι ίδια για τα δύο πακέτα και αλληλοακυρώνεται*
- *Το πρώτο πακέτο θα χρειαστεί (L/R): 100 μs για την πρώτη ζεύξη, 200 μs για την δεύτερη και 100 μs για την τρίτη. Σύνολο 400 μs .*
- *Το δεύτερο πακέτο θα περιμένει 100 μs μεχρι να ο κόμβος A να στείλει το πρώτο πακέτο. Ο R1 όταν λάβει το δεύτερο πακέτο θα έχει ήδη στείλει το πρώτο. Συνεπώς δεν θα καθυστερήσει καθόλου το δευτερο πακέτο στον R1.*
- *Το δεύτερο πακέτο θα χρειαστεί: (L/R): 200 μs για την πρώτη ζεύξη, 400 μs για την δεύτερη και 200 μs για την τρίτη και 100 μs αναμονή. Σύνολο 900 μs*
- *900 μs - 400 μs = 500 μs*

Διασπορά Πακέτων

- *Επαναλάβετε το προηγούμενο ερώτημα υποθέτοντας ότι και τα δύο πακέτα είναι μεγέθους 2000 bits.*

Διασπορά Πακέτων



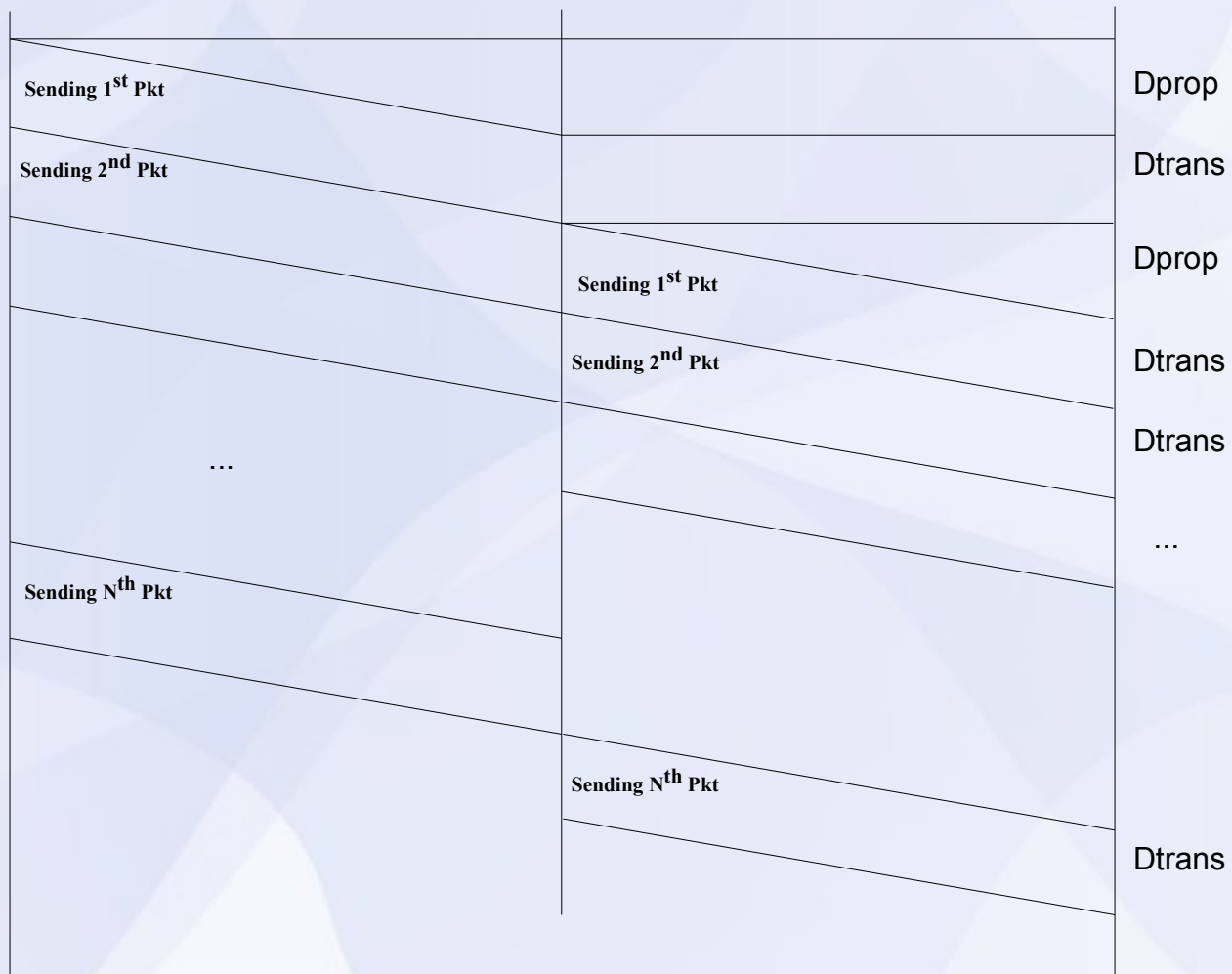
Διασπορά Πακέτων

- Το πρώτο πακέτο θα χρειαστεί (L/R): 200 μs για την πρώτη ζεύξη, 400 μs για την δεύτερη και 200 μs για την τρίτη. Σύνολο 800 μs .
- Το δεύτερο πακέτο θα περιμένει 200 μs μεχρι να ο κόμβος A να στείλει το πρώτο πακέτο. Ο R1 όταν λάβει το δεύτερο πακέτο δεν θα έχει ολοκληρώσει την αποστολή του πρώτο. Συνεπώς θα καθυστερήσει 200 μs το δευτερο πακέτο στον R1.
- Το δεύτερο πακέτο θα χρειαστεί: (L/R): 200 μs για την πρώτη ζεύξη, 400 μs για την δεύτερη και 200 μs για την τρίτη και 400 μs αναμονή. Σύνολο 1200 μs
- $1200 \mu s - 800 \mu s = 400 \mu s$

Καθυστέρηση Πακέτων

- *Θέλουμε να μεταφέρουμε ένα αρχείο μεγέθους K bits από τον κόμβο A στον C μέσω του κόμβου B (store and forward). Οι κόμβοι έχουν ρυθμό R .*
- *Τα πακέτα έχουν δεδομένα μεγέθους P bits και επικεφαλίδα μεγέθους H bits.*
- *Ποια είναι η τιμή P για την οποία ελαχιστοποιείται ο χρόνος μεταφοράς του αρχείου;*

Καθυστέρηση Πακέτων



Καθυστέρηση Πακέτων

- Ο αριθμός πακέτων έχω K / P
- $Total Delay = (K/P+1) * D_{trans} + 2 * D_{prop}$
- $Total Delay = (K/P+1) * (P+H)/R + 2 * D_{prop}$
- $Total Delay = K/R + H/R + P/R + (K*H)/(P*R) + 2 * D_{prop}$
- $Min\{ P/R + (K*H)/(P*R) \}$
- Αν επιλέξω πολύ μικρό P θα έχω πολλά πακέτα και συνεπώς πολλές καθυστερήσεις από τις επικεφαλίδες
- Αν επιλέξω πολύ μεγάλο P θα έχω μεγάλες καθυστερήσεις λόγω του *store and forward* ενδιάμεσου κόμβου.

Loops

Στο ethernet χρησιμοποιούμε τον αλγόριθμο spanning tree για να αποφύγουμε loops. Γιατί είναι σημαντικό στο ethernet να αποφεύγουμε loops;

Loops

Γιατί έχουμε broadcast μηνύματα τα οποία θα μεταφέρονται συνεχώς στο δίκτυο καταναλώνοντας πόρους

Πίνακας Switch

Έστω ότι ένα τερματικό είναι συνδεδεμένο στην πόρτα 12 ενός switch και καθώς δέχετε δεδομένα, βγάζουμε το καλώδιο απο την πόρτα 12 και το βάζουμε στην 13. Τι θα γίνει; Πώς και πότε θα ενημερωθεί το switch;

Πίνακας Switch

Τα επόμενα πακέτα θα τα προωθήσει στην πόρτα 12 και θα χαθούν.

Ο πίνακας του switch θα ενημερωθεί αν το τερματικό στείλει δεδομένα από την νέα πόρτα ή αν περάσει αρκετός χρόνος έτσι ώστε να λήξει η εγγραφή στον πίνακα.

TDMA vs Ethernet

*Είδαμε από τις ασκήσεις ότι η απόδοση του ethernet είναι αρκετά μικρότερη από 100%.
Γιατί να μην χρησιμοποιήσουμε TDMA όπου δεν θα υπάρχουν συγκρούσεις και θα έχουμε 100% απόδοση;*

TDMA vs Ethernet

Θα έχουμε 100% απόδοση με το TDMA μόνο όταν κάθε κόμβος έχει δεδομένα για να χρησιμοποιήσει την χρονοθυρίδα του. Αν όταν έρθει η ώρα να στείλει κάποιος κόμβος, αυτός δεν έχει δεδομένα, τότε η απόδοση θα είναι πολύ μικρότερη από 100%.