



Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

# ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΜΕΡΟΣ 3<sup>ο</sup>

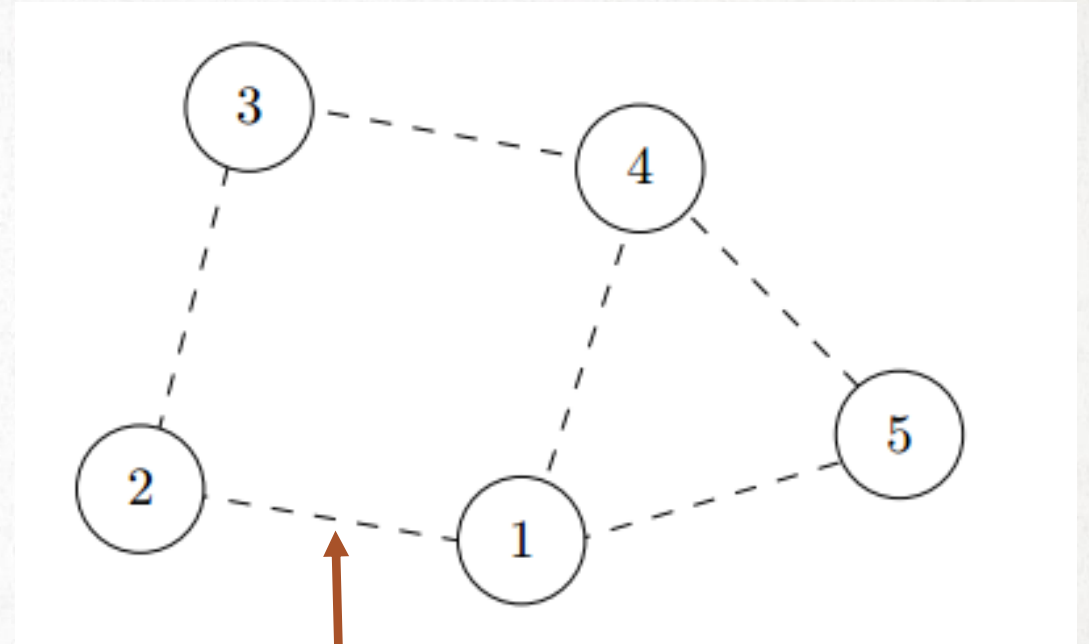
Καθηγητής  
Χρήστος Δουληγέρης  
[cdoulig@unipi.gr](mailto:cdoulig@unipi.gr)

Διδάκτωρ  
Απόστολος Καραλής  
[akaralis@unipi.gr](mailto:akaralis@unipi.gr)

# ΑΣΚΗΣΗ 1<sup>Η</sup> – ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ/ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΡΥΦΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Βρείτε τους κρυφούς κόμβους κατά τη μετάδοση δεδομένων στο διπλανό ασύρματο δίκτυο:

- a) Από τον κόμβο 1 στον κόμβο 2
- b) Από τον κόμβο 1 στον κόμβο 4
- c) Από τον κόμβο 1 στον κόμβο 5



Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τους κόμβους που βρίσκονται στην εμβέλεια ενός κόμβου

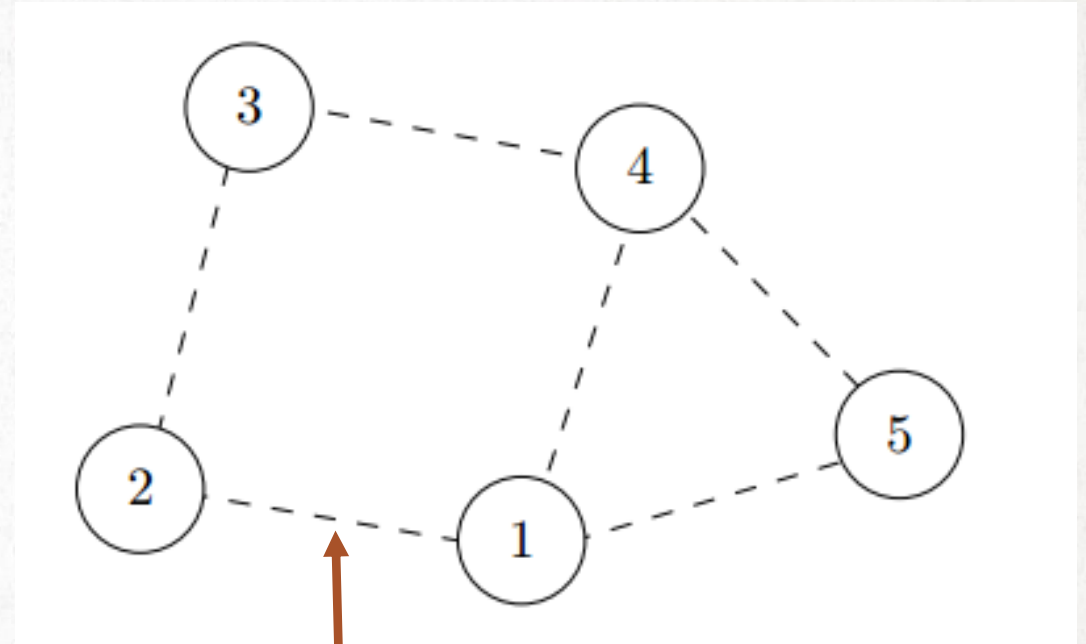
# ΑΣΚΗΣΗ 1<sup>Η</sup> – ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ/ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΡΥΦΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Βρείτε τους κρυφούς κόμβους κατά τη μετάδοση δεδομένων στο διπλανό ασύρματο δίκτυο:

- a) Από τον κόμβο 1 στον κόμβο 2
- b) Από τον κόμβο 1 στον κόμβο 4
- c) Από τον κόμβο 1 στον κόμβο 5

Απάντηση:

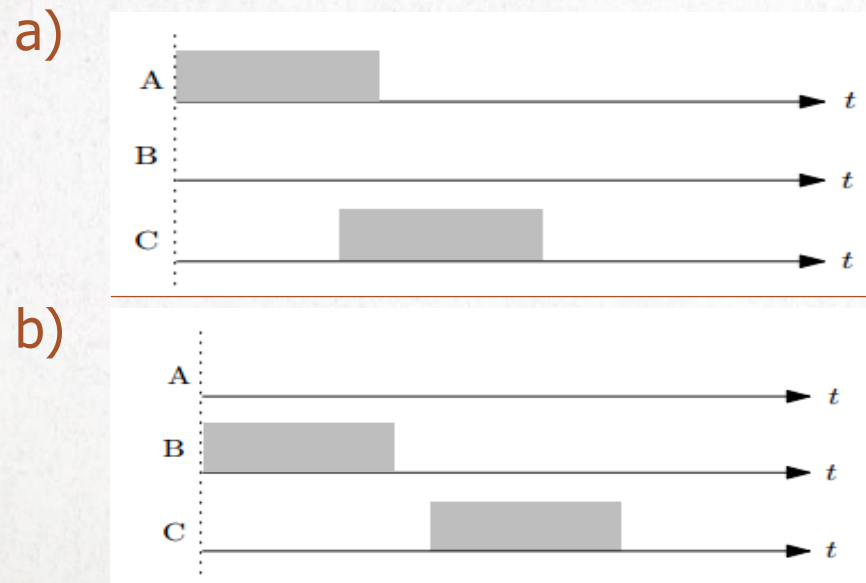
- a) Ο κόμβος 3
- b) Ο κόμβος 3
- c) Κανένας



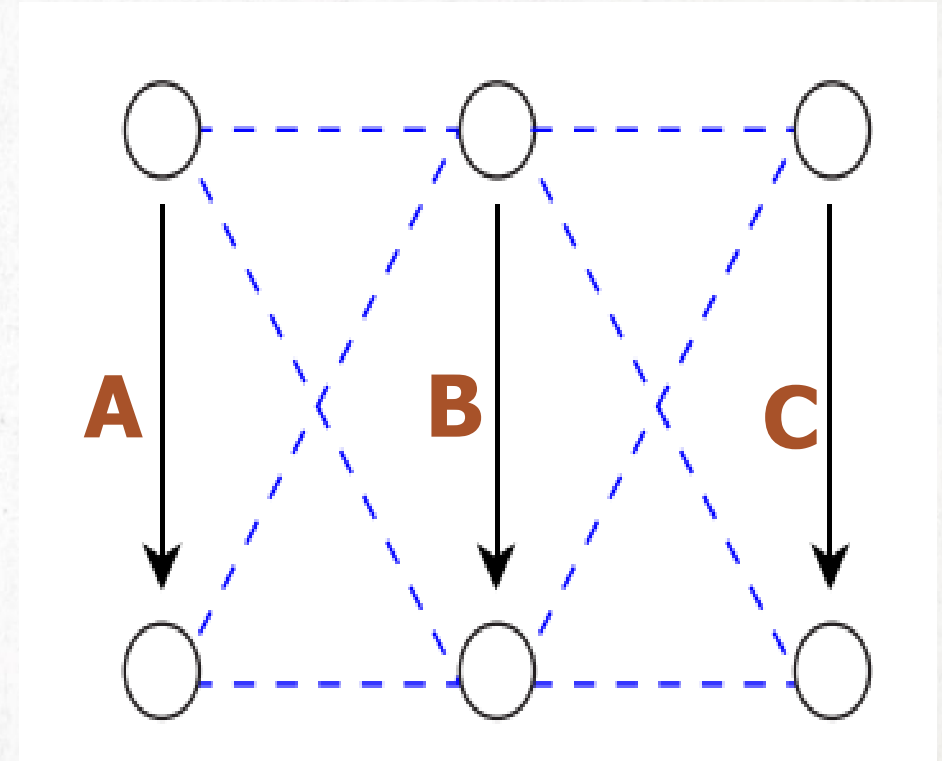
Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τους κόμβους που βρίσκονται στην εμβέλεια ενός κόμβου

# ΑΣΚΗΣΗ 2<sup>Η</sup> – ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ/ ΠΡΟΒΛΗΜΑ «FLOW IN THE MIDDLE»

- Πότε μπορεί να μεταδοθούν δεδομένα στη σύνοδο B αν η δραστηριότητα των συνόδων A και B είναι εξής:



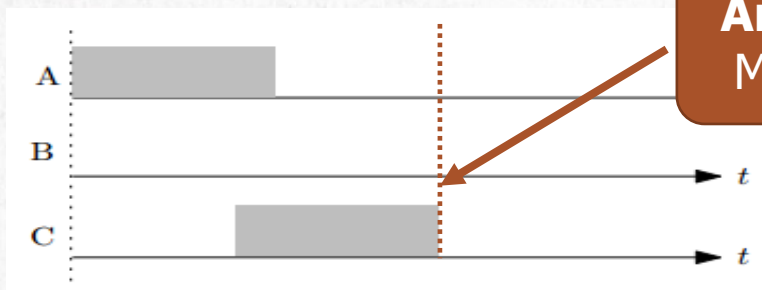
- Γιατί η σύνοδος B βρίσκεται σε μειονεκτική θέση;



# ΑΣΚΗΣΗ 2<sup>Η</sup> – ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ/ ΠΡΟΒΛΗΜΑ «FLOW IN THE MIDDLE»

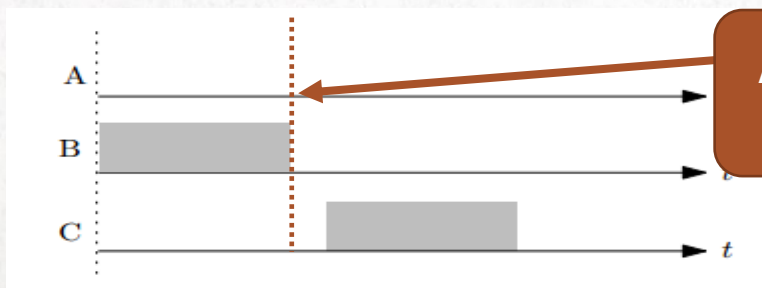
- Πότε μπορεί να μεταδοθούν δεδομένα στη σύνοδο B αν η δραστηριότητα των συνόδων A και B είναι εξής:

a)



**Απάντηση:**  
Μετά τη C

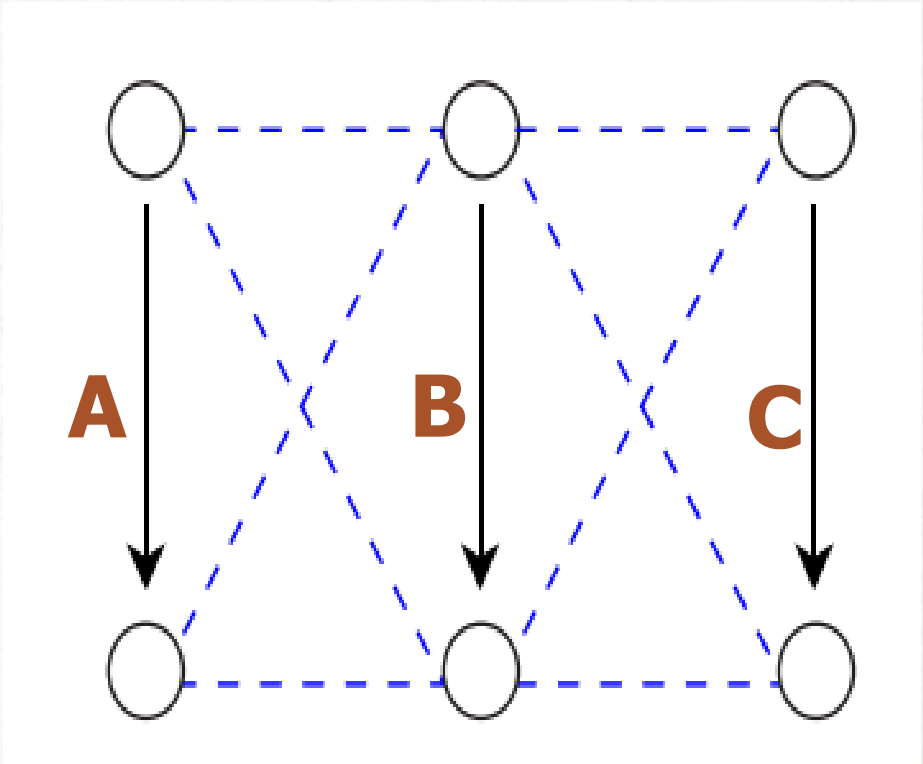
b)



**Απάντηση:**  
Μετά τη B

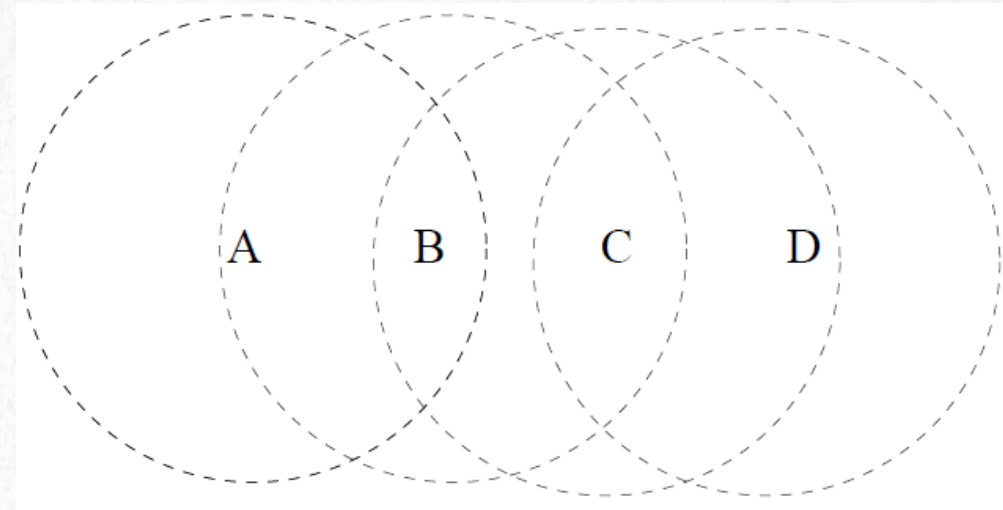
- Γιατί η σύνοδος B βρίσκεται σε μειονεκτική θέση;

**Απάντηση:**  
Γιατί η B μπορεί να μεταδίδει μόνο όταν η A και η C είναι ταυτόχρονα ανενεργές, ενώ η A και η C μπορούν να μεταδίδουν παράλληλα αρκεί η B να είναι ανενεργή



# ΑΣΚΗΣΗ 3<sup>η</sup> – ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΡΥΦΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Στο διπλανό σχήμα δίνεται η τοπολογία τεσσάρων ασύρματων συσκευών Wi-Fi. Οι διακεκομμένες γραμμές καταδεικνύουν την εμβέλεια εκπομπής κάθε συσκευής. Δώστε ένα παράδειγμα που το RTS/CTS βοηθά στην επίλυση του προβλήματος του κρυφού κόμβου.

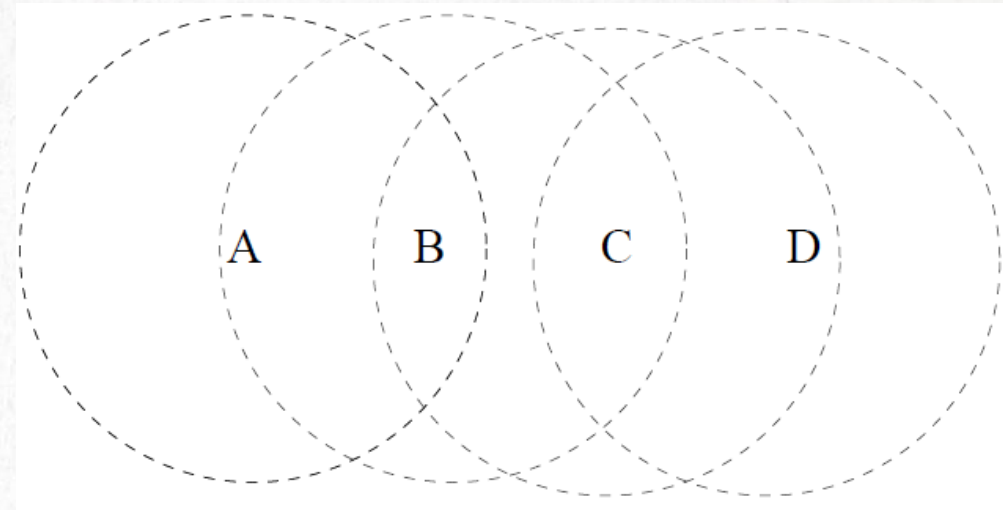


# ΑΣΚΗΣΗ 3<sup>Η</sup> – ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΡΥΦΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Στο διπλανό σχήμα δίνεται η τοπολογία τεσσάρων ασύρματων κόμβων Wi-Fi. Οι διακεκομμένες γραμμές καταδεικνύουν την εμβέλεια εκπομπής κάθε συσκευής. Δώστε ένα παράδειγμα που το RTS/CTS βοηθά στην επίλυση του προβλήματος του κρυφού κόμβου.

**Απάντηση:**

Δίχως τη χρήση του μηχανισμού RTS/CTS, κατά τις παράλληλες μεταδόσεις από τον κόμβο A στον B και από τον C στον D, ο κρυφός κόμβος C παρεμβάλλει τη μετάδοση του A προς τον B. Αντιθέτως, με τη χρήση του μηχανισμού RTS/CTS δεν θα εμφανίζονταν αυτό το πρόβλημα, καθότι ο C θα λάμβανε μήνυμα CTS από τον B.



# ΑΣΚΗΣΗ 4<sup>Η</sup> – ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΡΥΦΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Ο μηχανισμός RTS/CTS λύνει πάντα το πρόβλημα του κρυφού κόμβου;

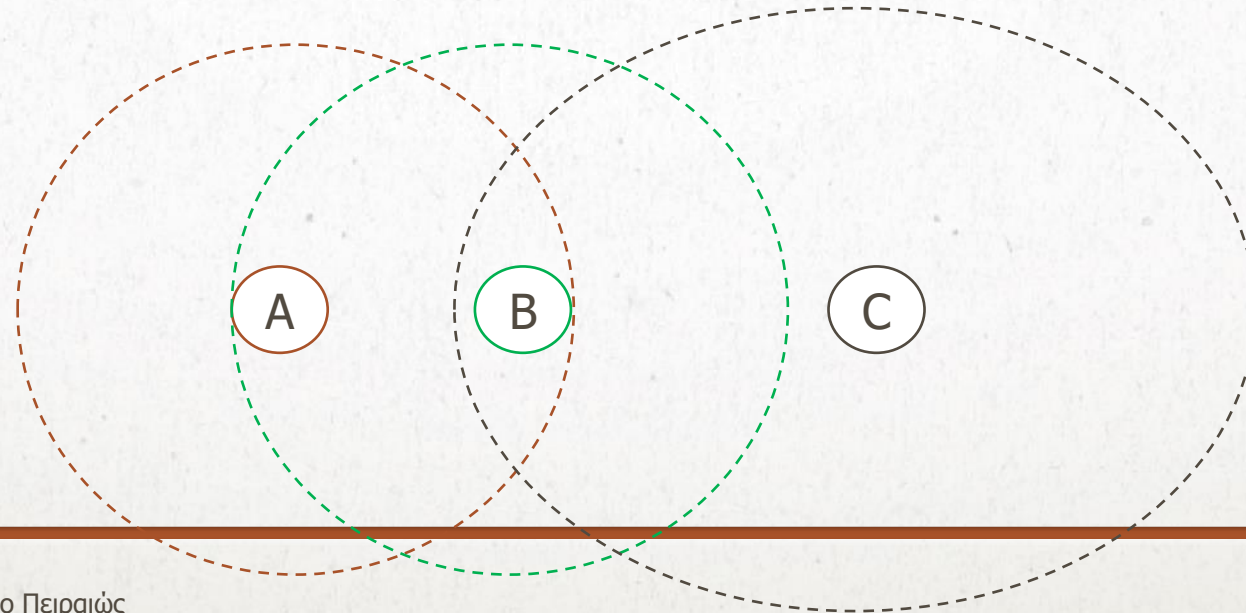


# ΑΣΚΗΣΗ 4<sup>Η</sup> – ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΡΥΦΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Ο μηχανισμός RTS/CTS λύνει πάντα το πρόβλημα του κρυφού κόμβου;

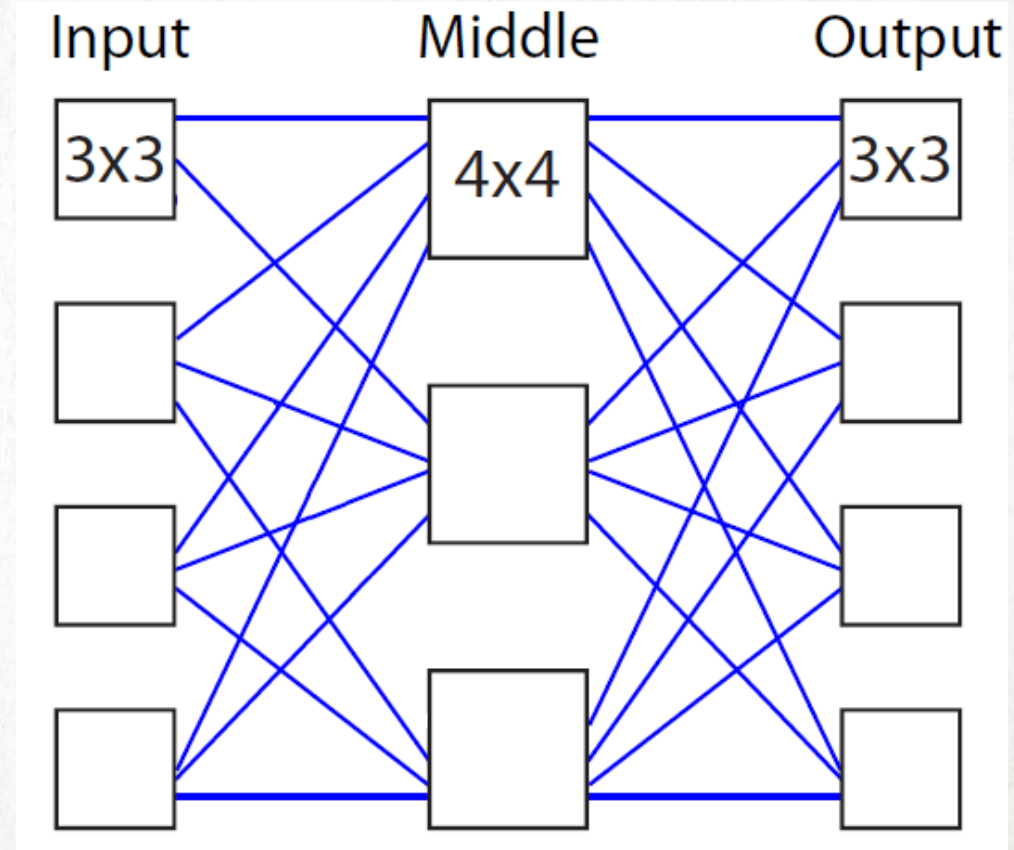
Απάντηση:

Η απάντηση είναι αρνητική αφού στην παρακάτω τοπολογία ο κόμβος C δεν μπορεί να λάβει τα μηνύματα CTS που αποστέλλονται από τον B, ενώ είναι σε θέση να παρεμβάλει τις μεταδόσεις που γίνονται από τον A προς τον B.



# ΑΣΚΗΣΗ 5<sup>Η</sup> – ΕΛΕΓΧΟΣ CLOS

Εξετάστε αν το δίκτυο του διπλανού σχήματος αποτελεί έγκυρο δίκτυο clos 3 σταδίων.

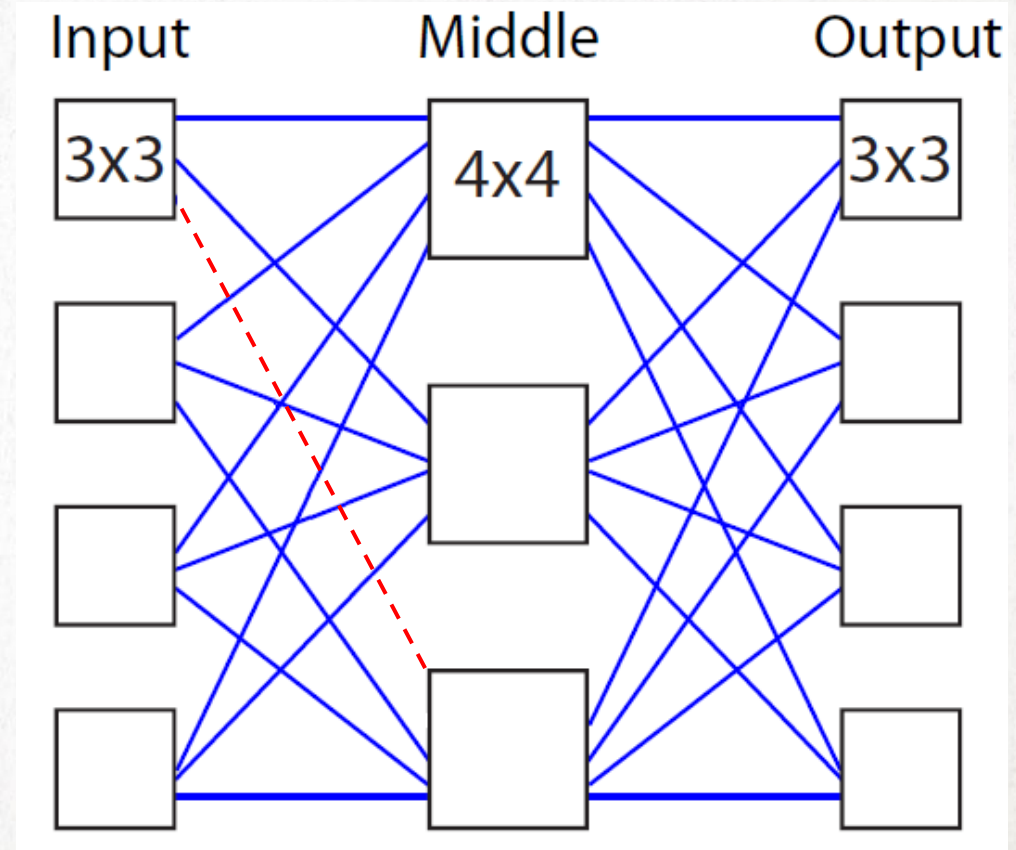


## ΑΣΚΗΣΗ 5<sup>Η</sup> - ΕΛΕΓΧΟΣ CLOS

Εξετάστε αν το δίκτυο του διπλανού σχήματος αποτελεί έγκυρο δίκτυο clos 3 σταδίων.

Απάντηση:

Το δοσμένο δίκτυο δεν αποτελεί έγκυρο δίκτυο clos 3 σταδίων, καθώς ο πρώτος (από πάνω) μεταγωγέας **δεν** συνδέεται με όλους του μεταγωγείς μεσαίου επιπέδου.



# ΑΣΚΗΣΗ 6<sup>Η</sup> – ΠΙΘΑΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΕ ΕΝΑ CLOS

Με πόσους διαφορετικούς τρόπους δύναται να πραγματοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ μίας πόρτας είσοδου ενός μεταγωγέα εισόδου και μίας πόρτας εξόδου ενός μεταγωγέα εξόδου σε ένα δίκτυο clos 3 σταδίων  $(n, m, r)$  όταν όλες οι πόρτες όλων των μεταγωγέων του δικτύου είναι ελεύθερες;

# ΑΣΚΗΣΗ 6<sup>Η</sup> – ΠΙΘΑΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΕ ΕΝΑ CLOS

Με πόσους διαφορετικούς τρόπους δύναται να πραγματοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ μίας πόρτας είσοδου ενός μεταγωγέα εισόδου και μίας πόρτας εξόδου ενός μεταγωγέα εξόδου σε ένα δίκτυο clos 3 σταδίων  $(n, m, r)$  όταν όλες οι πόρτες όλων των μεταγωγέων του δικτύου είναι ελεύθερες;

**Απάντηση:**

Η σύνδεση μπορεί να πραγματοποιηθεί με  $m$  διαφορετικούς τρόπους αξιοποιώντας κάθε φορά έναν διαφορετικό (από τους  $m$  διαθέσιμους) μεταγωγείς μεσαίου επιπέδου.

## ΑΣΚΗΣΗ 7<sup>Η</sup> – NONBLOCKING CLOS

Ελέγξτε αν το δίκτυο clos τριών επιπέδων (2, 2, 4) αποτελεί μη απορρίπτον (nonblocking) δίκτυο.

## ΑΣΚΗΣΗ 7<sup>Η</sup> – NONBLOCKING CLOS

Ελέγξτε αν το δίκτυο clos τριών επιπέδων (2, 2, 4) αποτελεί μη απορρίπτον (nonblocking) δίκτυο.

Απάντηση:

Για να μην εμφανίζονται μπλοκαρίσματα θα πρέπει να ισχύει:

$$m \geq 2n - 1 \Rightarrow 2 \geq 2*2 - 1 \Rightarrow 2 \geq 3 \text{ Δεν ισχύει}$$

Επομένως, το συγκεκριμένο δίκτυο clos δεν είναι μη απορρίπτον (nonblocking) δίκτυο,

# ΑΣΚΗΣΗ 8<sup>Η</sup> – ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ ΕΝΟΣ CLOS

Θεωρήστε ότι σας ζητείται να αντικαταστήσετε ένα δίκτυο clos τριών επιπέδων ( $n, m, r$ ) με έναν «μεγάλο» μεταγωγέα. Πόσες πόρτες εισόδου και εξόδου πρέπει να έχει αυτός ο μεταγωγέας;



# ΑΣΚΗΣΗ 8<sup>Η</sup> – ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ ΕΝΟΣ CLOS

Θεωρήστε ότι σας ζητείται να αντικαταστήσετε ένα δίκτυο clos τριών επιπέδων  $(n, m, r)$  με έναν «μεγάλο» μεταγωγέα. Πόσες πόρτες εισόδου και εξόδου πρέπει να έχει αυτός ο μεταγωγέας;

Απάντηση:

Το δίκτυο clos έχει  $r * n$  πόρτες εισόδου και  $r * n$  πόρτες εξόδου. Συνεπώς, απαιτείται ένας μεταγωγέας  $rn \times rn$ .

## ΑΣΚΗΣΗ 9<sup>Η</sup> – ΣΥΝΘΕΤΑ CLOS

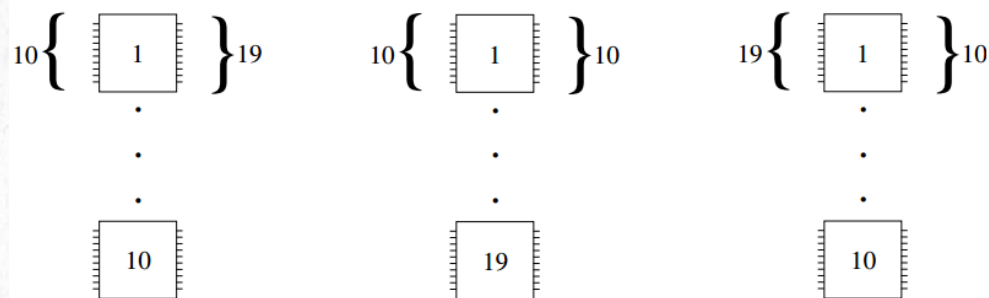
Σχεδιάστε ένα δίκτυο clos τριών σταδίων μεγέθους 100x100 στο οποίο δεν εμφανίζονται μπλοκαρίσματα και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά μεταγωγείς 10x10.

# ΑΣΚΗΣΗ 9<sup>Η</sup> - ΣΥΝΘΕΤΑ CLOS

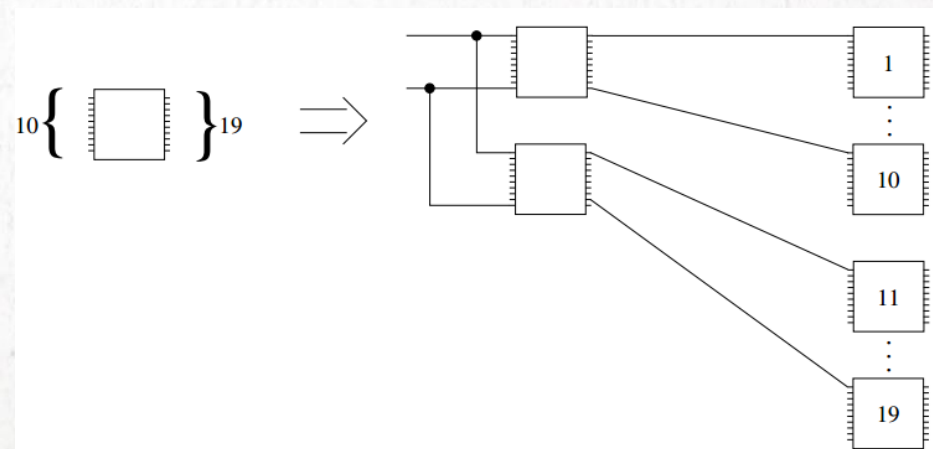
Σχεδιάστε ένα δίκτυο clos τριών σταδίων μεγέθους 100x100, στο οποίο δεν εμφανίζονται μπλοκαρίσματα και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά μεταγωγείς 10x10.

Απάντηση:

- Προφανώς  $n = 10$  και  $r = \frac{n}{10} = \frac{100}{10} = 10$
- Για την αποφυγή μπλοκαρισμάτων θα πρέπει  $m \geq 2n - 1 \Rightarrow m \geq 19$
- Επομένως, οι μεταγωγείς εισόδου θα είναι 10x19, οι μεταγωγείς εξόδου 19x10 και οι μεταγωγείς μεσαίου επιπέδου 10 x 10
- Στη θέση κάθε μεταγωγέα εισόδου 10x19 θα χρησιμοποιηθούν παράλληλα δυο μεταγωγείς 10x10, όπου η τελευταία πόρτα εξόδου του δεύτερου μεταγωγέα θα είναι αδρανής
- Αντίστροφα, στη θέση κάθε μεταγωγέα εξόδου 19x10 θα χρησιμοποιηθούν παράλληλα δυο μεταγωγείς 10x10, όπου η τελευταία πόρτα εισόδου του δεύτερου μεταγωγέα θα είναι αδρανής



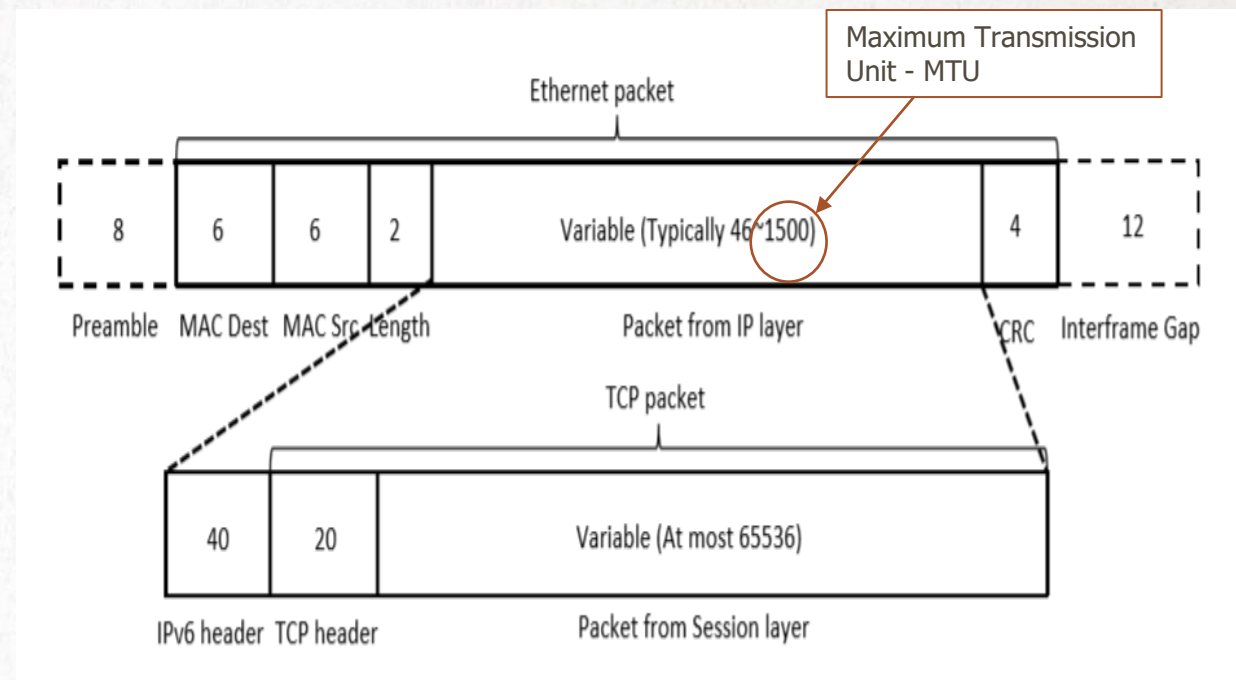
Ζητούμενο clos δίκτυο



Δύο μεταγωγείς 10x10 στη θέση ενός μεταγωγέα 19x10

# ΑΣΚΗΣΗ 10 – ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΛΟΓΩ ΕΠΙΚΕΦΑΛΙΔΩΝ

- Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η τυπική δομή ενός Ethernet πακέτου.
- Ποιο είναι το ποσοστό του ρυθμού αποστολής που αξιοποιείται για τη μετάδοση των δεδομένων της εφαρμογής, όταν η εφαρμογή στέλνει ένα πακέτο δεδομένων μεγέθους 250bytes;



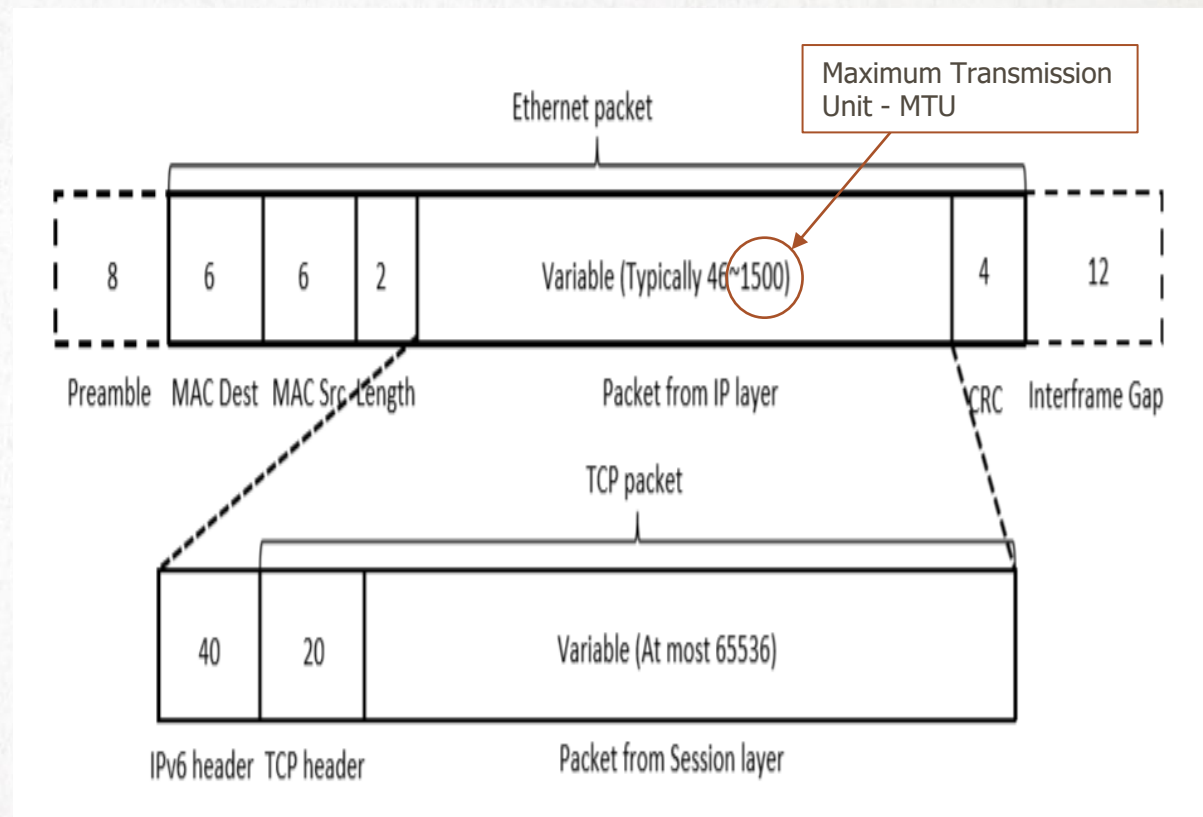
# ΑΣΚΗΣΗ 10 – ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΛΟΓΩ ΕΠΙΚΕΦΑΛΙΔΩΝ

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η τυπική δομή ενός Ethernet πακέτου.

Ποιο είναι το ποσοστό του ρυθμού αποστολής που αξιοποιείται για τη μετάδοση των δεδομένων της εφαρμογής, όταν η εφαρμογή στείλει ένα πακέτο δεδομένων μεγέθους 250bytes;

**Απάντηση:**

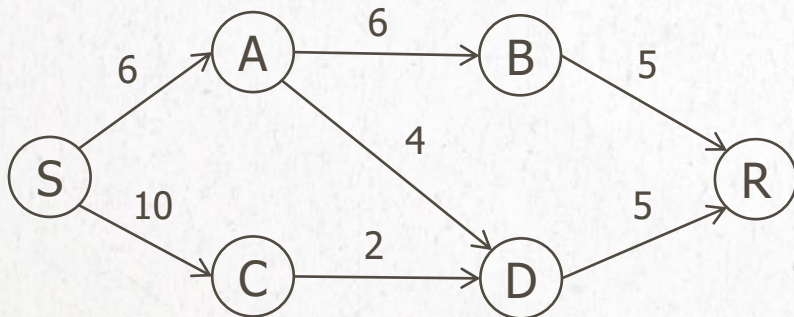
Στο πακέτο των 250bytes προστίθενται αρχικά 20bytes επικεφαλίδα TCP και 40bytes επικεφαλίδα IP. Συνεπώς, το πακέτο IP που θα χειριστεί το πρωτόκολλο Ethernet είναι 310bytes. Καθότι,  $310\text{bytes} < \text{MTU} = 1500\text{bytes}$ , αρκεί ένα πακέτο Ethernet για την αποστολή των δεδομένων. Το πακέτο Ethernet θα έχει επικεφαλίδα 18bytes, δηλαδή το συνολικό μέγεθος του μεταδιδόμενου πακέτου Ethernet θα είναι 328bytes. Για το πακέτο Ethernet των 328bytes θα μεταδοθούν  $8+12=20$  επιπλέον bytes για την έναρξη και τη λήξη της αποστολής του πακέτου. Συνολικά, λοιπόν για τα 250bytes που αποστέλλονται από την εφαρμογή, στη ζεύξη μετάδοσης τοποθετούνται 348bytes. Άρα, το ποσοστό του ρυθμού αποστολής που αξιοποιείται για τα πραγματικά δεδομένα της εφαρμογής είναι  $\frac{250}{348} \approx 0.718 \approx 71,8\%$



# ΑΣΚΗΣΗ 11<sup>Η</sup> – ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ FORD-FULKERSON & ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ

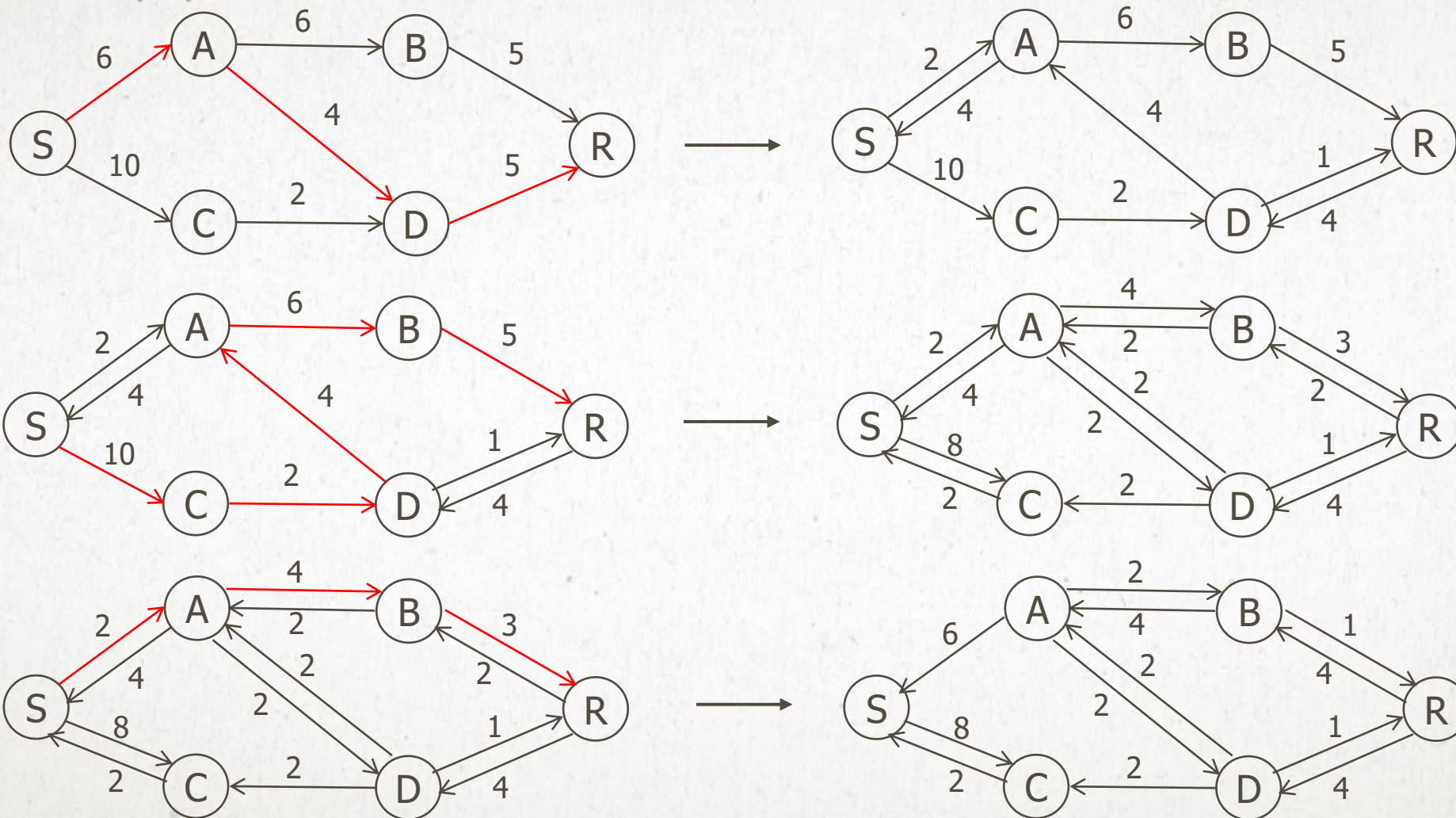
Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Ford-Fulkerson να βρείτε τη μέγιστη ροή από τον κόμβο S στον κόμβο R του παρακάτω δικτύου.

Σημείωση: Πάνω από τις συνδέσεις αναγράφεται η χωρητικότητα σε Mbps.



# ΑΣΚΗΣΗ 11<sup>Η</sup> – ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ FORD-FULKERSON & ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ

Απάντηση:



**Η μέγιστη ροή είναι 8 Mbps.**

## ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 16.1 ΒΙΒΛΙΟΥ\*

α) Το υπολογιστικό κόστος είναι:  $600 \text{ GB} / 0,5 \text{ GB/hr-instance} \times \$0,10/\text{hr-instance} = \$120$

Το κόστος μεταφοράς είναι:  $600 \text{ GB} \times \$0,15/\text{GB} = \$90$

Άρα το συνολικό κόστος είναι:  $\$120 + \$90 = \$210$

β) Ο χρόνος μεταφοράς είναι:  $600 \text{ GB} / 20 \text{ Mb/sec} = 240000 \text{ sec} \approx 66,7 \text{ hr}$ .

Για την επεξεργασία χρειάζονται  $600 \text{ GB} / 0,5 \text{ GB/hr-instance} = 1200 \text{ hrs-instance}$ . Αγοράζοντας 1200 εικονικές μηχανές EC2 η επεξεργασία μπορεί να γίνει σε 1 ώρα.

γ) Ο χρόνος επεξεργασίας είναι  $600 \text{ GB} / (0,5 \text{ GB/hr-computer} \times 24 \text{ computers}) = 50 \text{ hr}$  και το κόστος της συντήρησης είναι  $\$15 \times 24 = \$360$ . Βλέπουμε λοιπόν ότι η υπηρεσία EC2 είναι φθηνότερη αλλά πιο αργή.

δ) Μια πιθανή λύση είναι αποστολή των δεδομένων αποθηκευμένων σε κάποιο μέσο αποθήκευσης (π.χ., σκληρό δίσκο) χρησιμοποιώντας βέβαια κάποιον γρήγορο τρόπο αποστολής.

\*Δικτυωμένη Ζωή, Mung Chiang, Χ. Δουληγέρης



## ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 17.2 ΒΙΒΛΙΟΥ\*

(α) Το κόστος κάθε GoP είναι:  $17+3+1=21$  KB. Συνεπώς, το κόστος του βίντεο είναι  $5 \times 21 = 105$  KB

(β) Η πιθανότητα να μεταδοθεί επιτυχώς το GoP είναι ίση με  $0,99^3 \approx 0,97$  ή 97%. Ο αναμενόμενος αριθμός επιτυχών GoP στη πρώτη προσπάθεια μετάδοσης του βίντεο είναι  $5 * 0,97 = 4,85$ . Συνεπώς, ο αναμενόμενος αριθμός GoP που πρέπει να αναμεταδοθούν είναι  $5 - 4,85 = 0,15$ . Επομένως, το κόστος της πρώτης αναμετάδοσης είναι  $0,15 * 21 = 3,15$  KB.

(γ) Το κόστος κάθε GoP είναι:  $17+3+3=23$  KB. Συνεπώς, το κόστος του βίντεο είναι  $3 \times 23 = 69$  KB.

(δ) Η πιθανότητα να μεταδοθεί επιτυχώς το GoP είναι ίση με  $0,99^5 \approx 0,95$  ή 95%. Ο αναμενόμενος αριθμός επιτυχών GoP στη πρώτη προσπάθεια μετάδοσης του βίντεο είναι  $3 * 0,95 = 2,85$ . Συνεπώς, ο αναμενόμενος αριθμός GoP που πρέπει να αναμεταδοθούν είναι  $3 - 2,85 = 0,15$ . Επομένως, το κόστος της πρώτης αναμετάδοσης είναι  $0,15 * 23 = 3,45$  KB.

(ε) Υπάρχει ένας συμβιβασμός ανάμεσα στη συμπίεση και στην ανοχή στα σφάλματα

\*Δικτυωμένη Ζωή, Mung Chiang, Χ. Δουληγέρης

# ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 17.4 ΒΙΒΛΙΟΥ\*

- Round Robin:

Time (s)	Queue A arrived packet size (Mbits)	Queue B arrived packet size (Mbits)	Queue A departed packet size (Mbits)	Queue B departed packet size (Mbits)
t = 0		3		
t = 1	1			
t = 2	1			
t = 3		2		3
t = 4			1	
t = 5		4		
t = 6				2
t = 7			1	
t = 8				
t = 9				
t = 10				
t = 11				4

\*Δικτυωμένη Ζωή, Mung Chiang, X. Δουληγέρης

# ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 17.4 ΒΙΒΛΙΟΥ\*

- Priority queue:

Time (s)	Queue A arrived packet size (Mbits)	Queue B arrived packet size (Mbits)	Queue A departed packet size (Mbits)	Queue B departed packet size (Mbits)
t = 0		3		
t = 1	1			
t = 2	1			
t = 3		2		3
t = 4				
t = 5		4		2
t = 6				
t = 7				
t = 8				
t = 9				4
t = 10			1	
t = 11			1	

\*Δικτυωμένη Ζωή, Mung Chiang, Χ. Δουληγέρης

# ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 17.4 ΒΙΒΛΙΟΥ\*

- Weighted fair queue:

Time (s)	Queue A arrived packet size (Mbits)	Queue B arrived packet size (Mbits)	Queue A departed packet size (Mbits)	Queue B departed packet size (Mbits)
t = 0		3		
t = 1	1			
t = 2	1			
t = 3		2		3
t = 4				
t = 5		4		2
t = 6			1	
t = 7			1	
t = 8				
t = 9				
t = 10				
t = 11				4

\*Δικτυωμένη Ζωή, Mung Chiang, Χ. Δουληγέρης