

ΕΑΠ ΘΕ ΠΛΗ-22/ΗΛΕ.46

1^η ΟΣΣ

22/10/2023

Νίκος Δημητρίου

Σημείωση: Οι διαφάνειες αυτές βασίζονται στην παρουσίαση PLH22_OSS1_Networks_2023_2024_v2.pptx που είναι διαθέσιμη στο study.eap.gr (σε κάθε υποενότητα δίνονται παραπομπές στις αντίστοιχες διαφάνειες) και περιλαμβάνουν πρόσθετα παραδείγματα και υποδειγματικά λυμένες ασκήσεις

Οργάνωση ΘΕ

- 5 γραπτές εργασίες
- Δικαίωμα Εξετάσεων:
 - 4/5 εργασίες να παραδοθούν τουλάχιστον
 - Σύνολο Βαθμών Εργασιών ≥ 25
- Επιτυχής εξέταση
 - Βαθμός Εξετάσεων ≥ 5
- Τελικός Βαθμός
 - $70\% \times \text{Βαθμ.Εξετασης} + 30\% \times \text{Μ.Ο.Βαθμ.Εργασιών}$

Πρόσθετα

- Τηλεδιασκέψεις
- Εξάσκηση
- 6^η / έκτακτη ΟΣΣ
- Site τμήματος με υλικό (φετινό, έτη 2012-2023)
 - <http://users.iit.demokritos.gr/~nikodim/index.html>

Γραπτές Εργασίες

- Υποβολή εργασιών μέσω study.eap.gr
- 1 ενιαίο αρχείο MS.Word format για σχόλια [Μέγεθος < 2MB]
- Μαθηματικές εκφράσεις είτε μέσω MS Equation είτε μέσω εφαρμογών όπως π.χ. Mathtype : <https://www.wiris.com/en/mathtype/>
- Όχι σκαναρισμένες χειρόγραφες εργασίες
- Καταληκτική Ημέρα: Τετάρτη 23:59
- Μεγαλύτερο περιθώριο: Συνεννόηση ΣΕΠ-Συντονιστή
- *Καταληκτική Ημερομηνία Διόρθωσης: 3 εβδομάδες μετά τη δημοσίευση των λύσεων*
- **Σκοπός Εργασιών: Μάθηση / Εξάσκηση / Προετοιμασία για τις εξετάσεις**
- **Ναι στη Συνεργασία - Όχι στην Αντιγραφή**

Οριζόντια ΟΣΣ

- Υπεύθυνος ΣΕΠ: Δημήτριος Κοσμάνος
- Ανακοινώθηκε το χρονοδιάγραμμα των Οριζοντίων ΟΣΣ
 - <https://study.eap.gr/mod/forum/discuss.php?d=287305>
 - Βοηθητικό Υλικό ΟΣΣ → ΟΣΣ 2023-2024 → Οριζόντιες ΟΣΣ
 - Αίθουσα Τηλεδιάσκεψης <https://hou.webex.com/meet/dimitrios.kosmanos>
- Κάθε Τετάρτη στις 20:30 εκτός από τις εβδομάδες που υπάρχει παράδοση ΓΕ
 - 1η Οριζόντια ΟΣΣ, Τετάρτη 25/10 20:30.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΑΠΟ)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΕΩΣ)	ΚΕΦΑΛΑΙΑ	ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ (πχ Γραπτή Εργασία)	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΟΣΣ τμημάτων	Αντικείμενο Οριζόντιας ΟΣΣ
02-10-23	08-10-23	ΤΟΜΟΣ Γ ΚΕΦ. 1.2, 1.3 (*) ΒΙΒΛΙΟ ΕΥΔΟΣΟΣ ΚΕΦ. 1.1-1.3				
09-10-23	15-10-23	ΤΟΜΟΣ Γ ΚΕΦ. 1.4, 1.5, ΚΕΦ. 2 ΒΙΒΛΙΟ ΕΥΔΟΣΟΣ ΚΕΦ. 1.4, 1.5 (1.5.1, 1.5.2)				
16-10-23	22-10-23	ΤΟΜΟΣ Γ, ΚΕΦ. 1.1 ΒΙΒΛΙΟ ΕΥΔΟΣΟΣ ΚΕΦ. 2.1 (2.1.1- 2.1.5), 2.4			1η ΟΣΣ	
23-10-23	29-10-23	ΒΙΒΛΙΟ ΕΥΔΟΣΟΣ ΚΕΦ. 3.1 (3.1.1, 3.1.2), 3.2 ΚΕΦ. 4.1- 4.2, ΚΕΦ. 5.1,5.2				Δίκτυα 1: Εισαγωγικά θέματα, Επίπεδο Εφαρμογών, Επίπεδο Μεταφοράς, Επίπεδο Δικτύου (Μέρος 1), Ασκήσεις Store and Forward.
30-10-23	05-11-23	ΒΙΒΛΙΟ ΕΥΔΟΣΟΣ ΚΕΦ. 4.3-4.5				Δίκτυα 2: Εισαγωγικά θέματα, Επίπεδο Εφαρμογών, Επίπεδο Μεταφοράς, Επίπεδο Δικτύου (Μέρος 2), Ασκήσεις σε CRC.
06-11-23	12-11-23	ΤΟΜΟΣ Γ ΚΕΦ. 3, ΚΕΦ. 4 ΒΙΒΛΙΟ ΕΥΔΟΣΟΣ ΚΕΦ. 6.1, 6.2 και 3.4				Δίκτυα 3: Επίπεδο Μεταφοράς, Υπηρεσίες DNS, Υπηρεσίες Δικτύου, IP διευθυνσιοδότηση, SDN.
13-11-23	19-11-23	ΤΟΜΟΣ Γ ΚΕΦ. 5.1				Δίκτυα 4: Πρωτόκολλα επανεκπομπής (ABP, GBN, SRP)

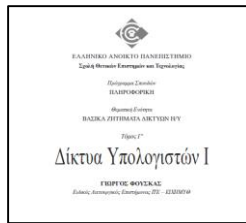
Επικοινωνία

- Κινητό : 6944 569818
- Email
 - dimitriou.nikolaos@ac.eap.gr
 - nikodim@iit.demokritos.gr

Γνωστικό Αντικείμενο ΠΛΗ-22

- **Δίκτυα Η/Υ** Τόμος Γ / βιβλίο Kurose - Ross
 - Αρχιτεκτονική Δικτύου
 - Μοντέλο Αναφοράς OSI
 - Πρωτόκολλα Επανεκπομπής
 - Τοπικά Δίκτυα
 - Ασύρματα Δίκτυα
 - IP Addressing
 - Στοιχεία δικτυακών εφαρμογών και πρωτόκολλο DNS
- **Ψηφιακές Επικοινωνίες** Τόμοι Β-I, Β-II
 - Σήματα & Συστήματα
 - Περιγραφή στα πεδία χρόνου & συχνότητας
 - Μετασχηματισμός Fourier
 - Αναλογικές – Ψηφιακές Διαμορφώσεις
 - Δειγματοληψία Σήματος
- **Θεωρία Πληροφορίας & Κωδικοποίησης** Τόμος Α
 - Ποσότητα Πληροφορίας
 - Πηγές Συμβόλων
 - Κωδικοποίηση πηγής
 - Κανάλια Επικοινωνίας
 - Κωδικοποίηση ελέγχου σφάλματος

Δίκτυα Η/Υ

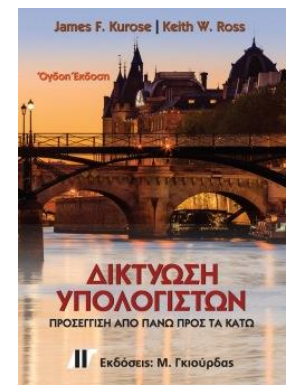


Τόμος Γ

- Κεφ.1, Εισαγωγή στα Δίκτυα Η/Υ
 - Μεταγωγή κυκλώματος/Πακέτου
 - Μετάδοση-Προώθηση Πακέτων
 - Καθυστέρηση Μεταφοράς
 - Απόδοση Δικτύου
- Κεφ.2, Αρχιτεκτονική Δικτύου
 - Μοντέλο Αναφοράς OSI
 - Μοντέλο Διαδικτύου (TCP/IP)
- Κεφ.3, Απευθείας σύνδεση κόμβων
 - Πρωτόκολλα πλαισίωσης
 - Έλεγχος Σφαλμάτων (CRC)
- Κεφ.4, Πρωτόκολλα Επανεκπομπής
 - ABP, GoBackN, SRP
- Κεφ.5, Τοπικά Δίκτυα
 - Ethernet
 - Μηχανισμός CSMA/CD

Kurose-Ross

- 1.1 Τι Είναι το Διαδίκτυο;
- 1.2 Τα Άκρα των Δικτύων
- 1.3 Ο Πυρήνας του Δικτύου
- 1.4 Καθυστέρηση, Απώλεια και Διεκπεραιωτική Ικανότητα
- 1.5 Επίπεδα Πρωτοκόλλων και τα Μοντέλα Υπηρεσιών τους
- 6.2 Τεχνικές Ανίχνευσης και Διόρθωσης Σφαλμάτων
- 3.4 Αρχές Αξιόπιστης Μεταφοράς Δεδομένων
- 6.3 Πρωτόκολλα και Ζεύξεις Πολλαπλής Προσπέλασης
- 6.4.4 Εικονικά Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (VLAN)
- 4.3 IPv4 Διευθυνσιοδότηση
- 2.3 Πρωτόκολλο DNS



Οργάνωση Ύλης

- Δίκτυα Υπολογιστών (ΟΣΣ 1,2 – ΓΕ 1,2)
- Ψηφιακές Επικοινωνίες (ΟΣΣ 2,3,4 – ΓΕ 2,3,4)
 - Τόμος Β:
 - ΟΣΣ/ΓΕ 2, 3, 4: Σήματα, ΜΣ Fourier, Συστήματα, Αναλογικές/Ψηφιακές Διαμορφώσεις, Δειγματοληψία
- Θεωρία Πληροφορίας (ΟΣΣ 4,5 – ΓΕ 4,5)
 - Τόμος Α:
 - ΟΣΣ/ΓΕ 4,5: Μέτρα Πληροφορίας, Κωδικοποίηση Πηγής, Κανάλια Επικοινωνίας Κώδικες Διόρθωσης Σφαλμάτων
- Εξετάσεις:
 - Δια Ζώσης: Διάρκεια 3 ώρες (2022-23)
 - Ανοικτά βιβλία
 - Βαρύτητα Τόμων ανάλογη της βαρύτητάς τους στις εργασίες

Αναπαράσταση/Μετάδοση Σημάτων



Τόμοι Β(I,II)

Δειγματοληψία / Κβάντιση / Ψηφιοποίηση



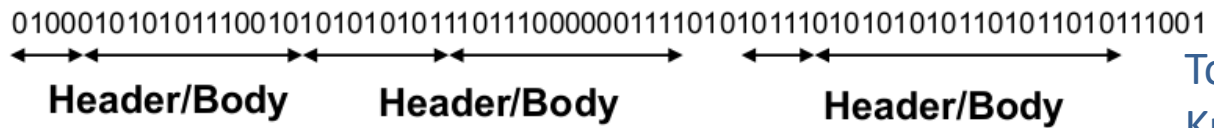
Τόμοι Β(I,II)

Κωδικοποίηση Πηγής/Καναλιού

0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1

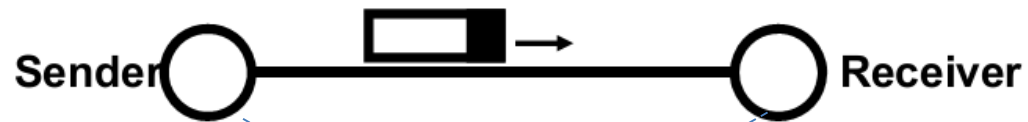
Τόμος Α

Οργάνωση bits σε πακέτα



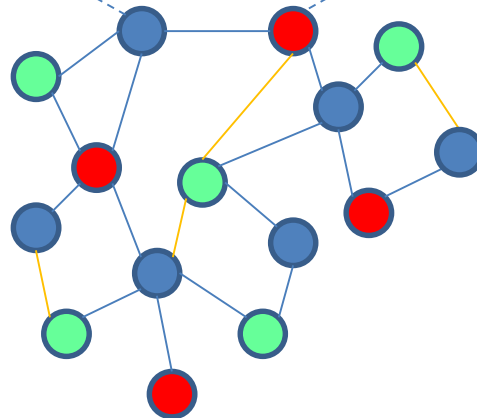
Τόμος Γ, Kurose/Ross

Μετάδοση Πακέτων



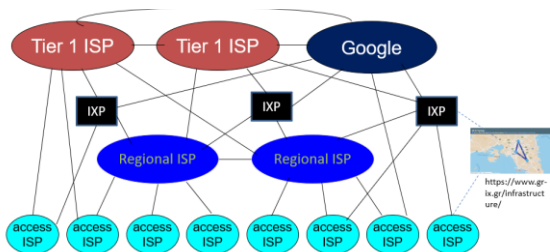
Τόμος Γ, Kurose/Ross

Δίκτυο

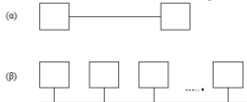


Υψηλή 1^η ΟΣΣ / Εργασίας (I)

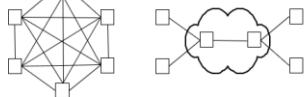
Εισαγωγή στα δίκτυα



Διασυνδεσιμότητα/ Μεταγωγή

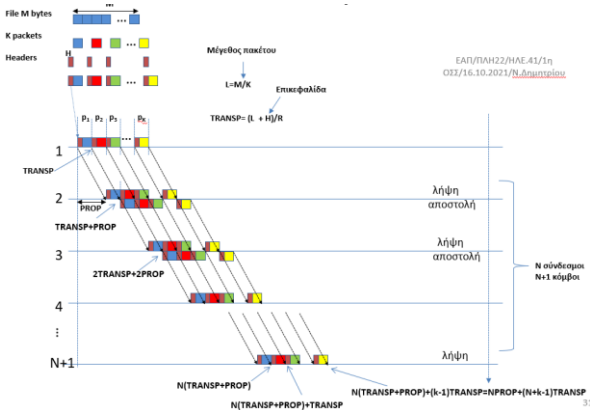


Σύνδεσμος (α) σημείου με σημείο, (β) πολλαπλής πρόσβασης.



(α) Το δίκτυο διασύνδεσης 6 κόμβων χρησιμοποιώντας μόνο απευθείας συνδέσεις

Καθυστέρηση Μεταφοράς πακέτων

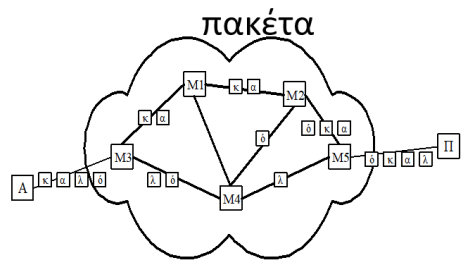


Οργάνωση δεδομένων σε πακέτα

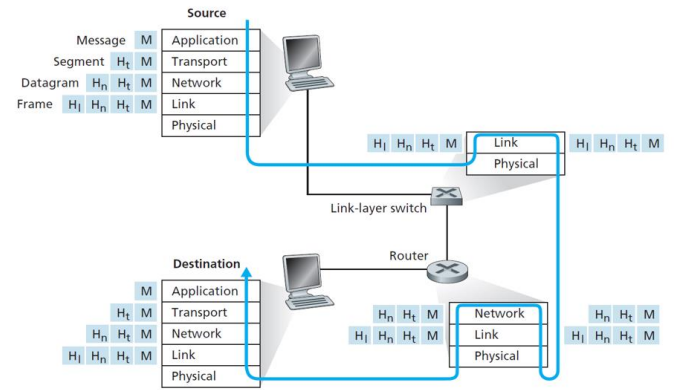


- Πλεονεκτήματα
 - Εντοπισμός και αντιμετώπιση σφαλμάτων μετάδοσης με αποδοτικό τρόπο
 - Πιο εύκολη πολυπλεξία πολλαπλών χρηστών και μεταδόσεων
- Προσθήκη επικεφαλίδας σε κάθε πακέτο για προσθήκη πληροφοριών

Δίκτυα μεταγωγής με αυτοδύναμα πακέτα

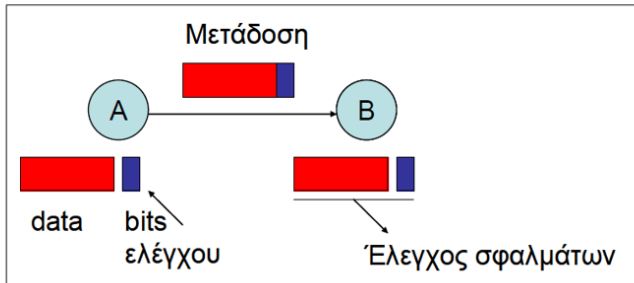


Ενθυλάκωση

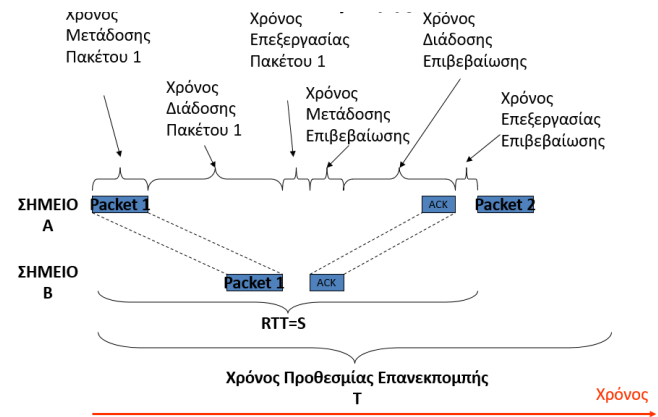


Υψη 1^{ης} ΟΣΣ / Εργασίας (II)

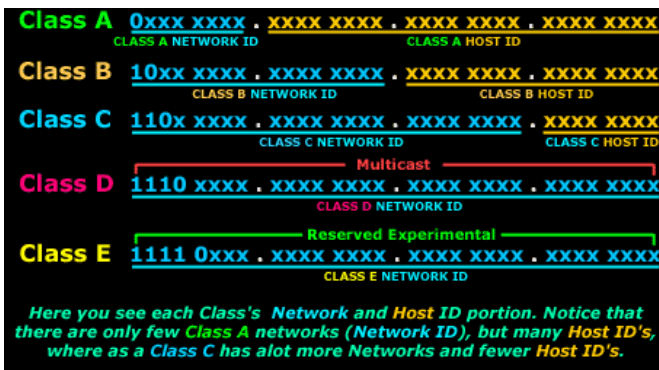
Τεχνικές Εντοπισμού Σφαλμάτων (CRC)



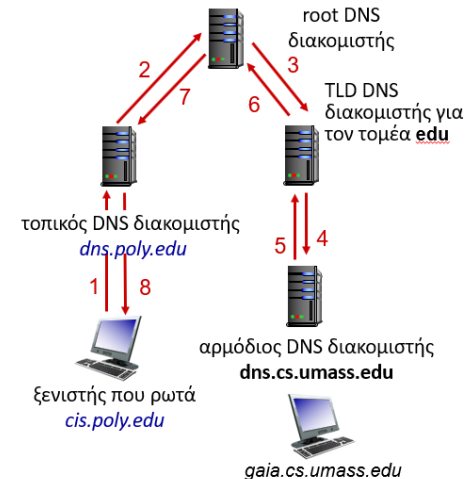
Πρωτόκολλα Επανεκπομπής



Διευθυνσιοδότηση (Internet Protocol)



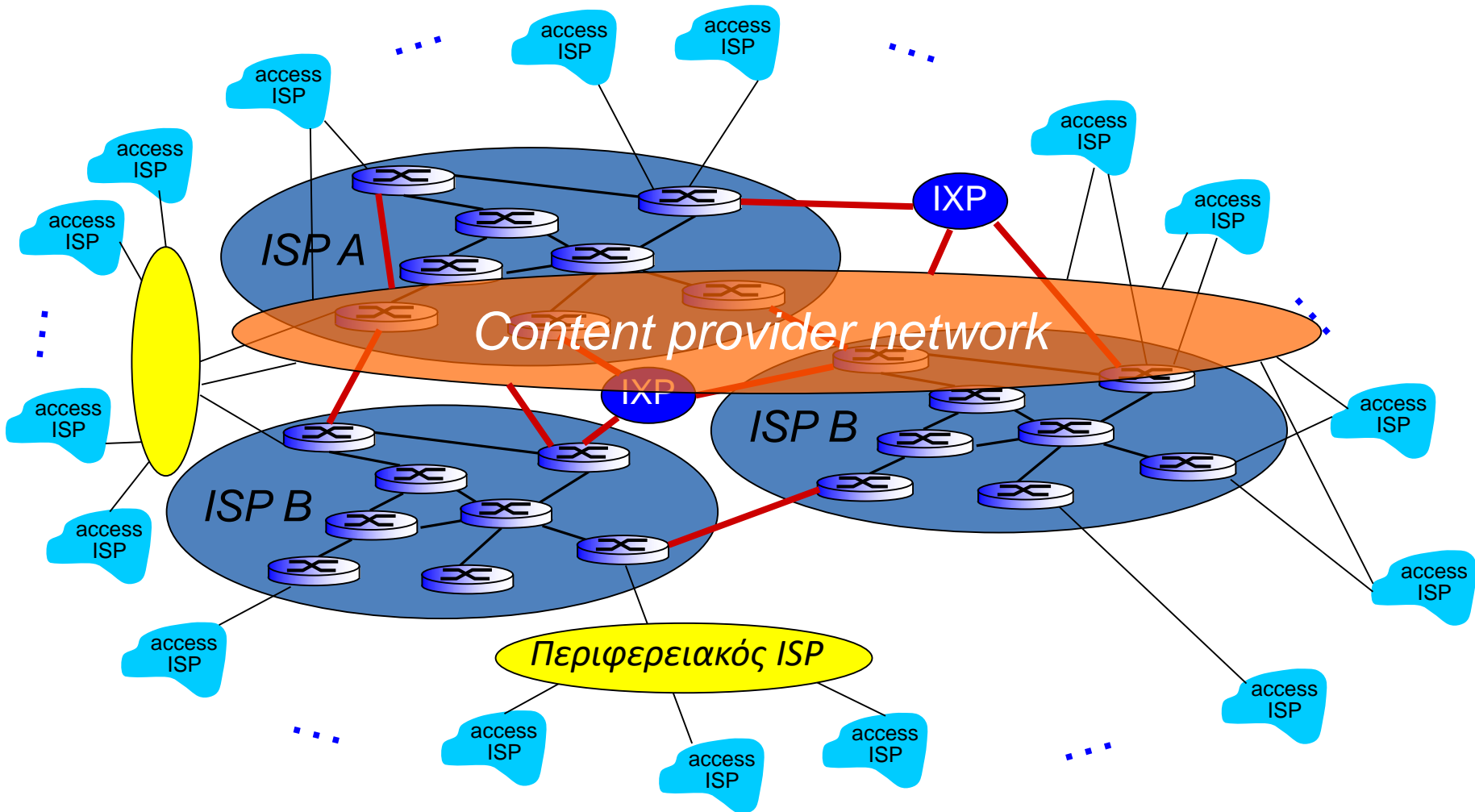
Υπηρεσίες Domain Name System (DNS)



Δίκτυα/Αρχιτεκτονική

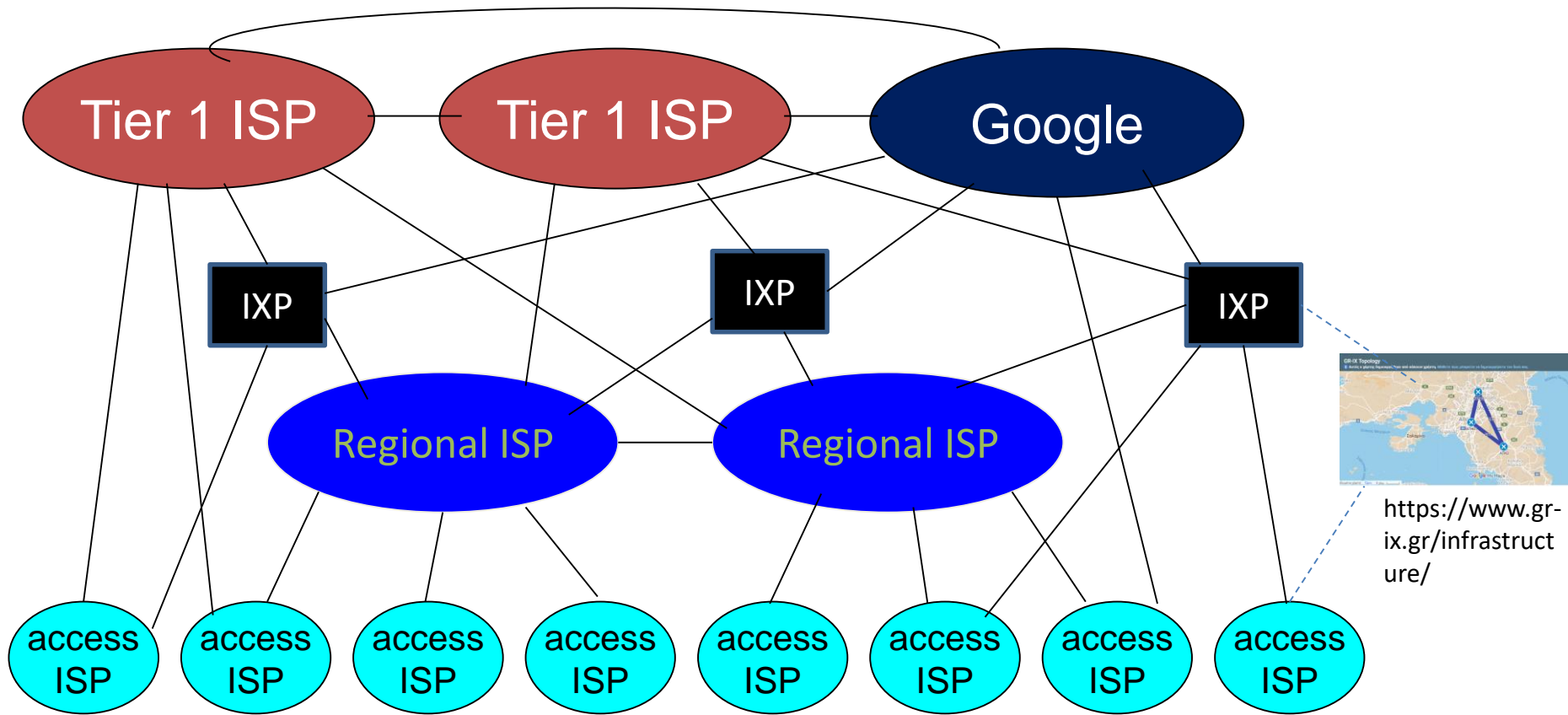
- βλ. διαφάνειες 7-21 , 52-61

Internet : ένα δίκτυο επιμέρους δικτύων (I)



ISP: Internet Service Provider

Internet : ένα δίκτυο επιμέρους δικτύων (II)



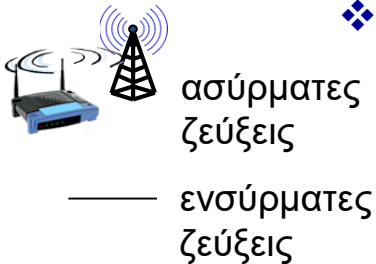
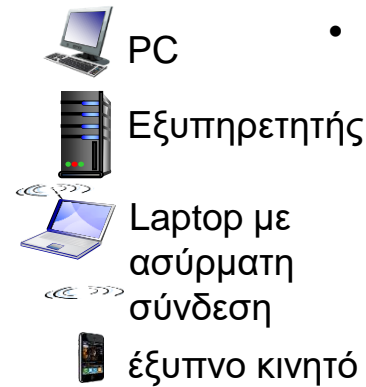
- Στον πυρήνα: μικρός αριθμός από καλά συνδεδεμένα μεγάλα δίκτυα
 - “**tier-1**” ISPs (π.χ., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), με εθνική και διεθνή κάλυψη
 - **δίκτυα παρόχων περιεχομένου** (π.χ., Google): ιδιωτικά δίκτυα που διασυνδέουν τα κέντρα δεδομένων τους (data centers) στο Internet, συχνά αποφεύγοντας τους tier-1 και τους περιφερειακούς ISPs

Στο ακόλουθο βίντεο, του euro-ix, επεξηγείται ο ρόλος και η σημασία του IXP (δείτε το link):

<https://www.gr-ix.gr/el/%cf%83%cf%87%ce%b5%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%ac/>



Τι είναι το Internet: δομή/συστατικά στοιχεία



- Εκατομμύρια συνδεδεμένων υπολογιστικών συσκευών:

- *hosts = end systems*
- τρέχουν *δικτυακές εφαρμογές*

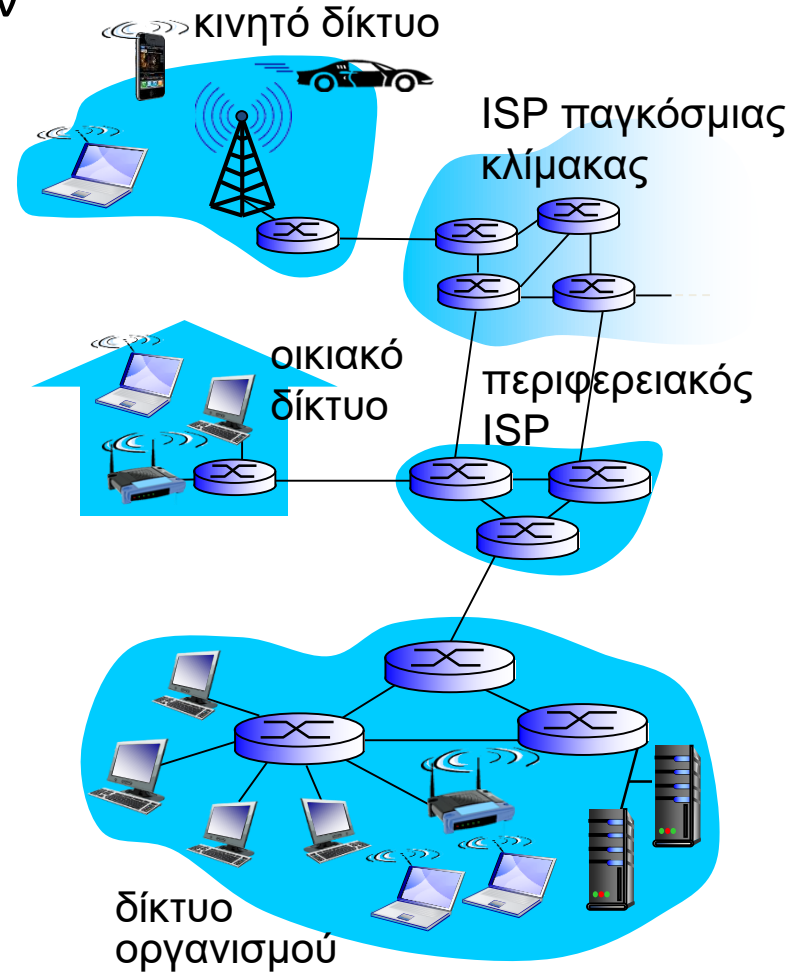
❖ *Μεταγωγείς πακέτων:*

προωθούν πακέτα (κομμάτια δεδομένων)

- *δρομολογητές (routers) και μεταγωγείς (switches)*

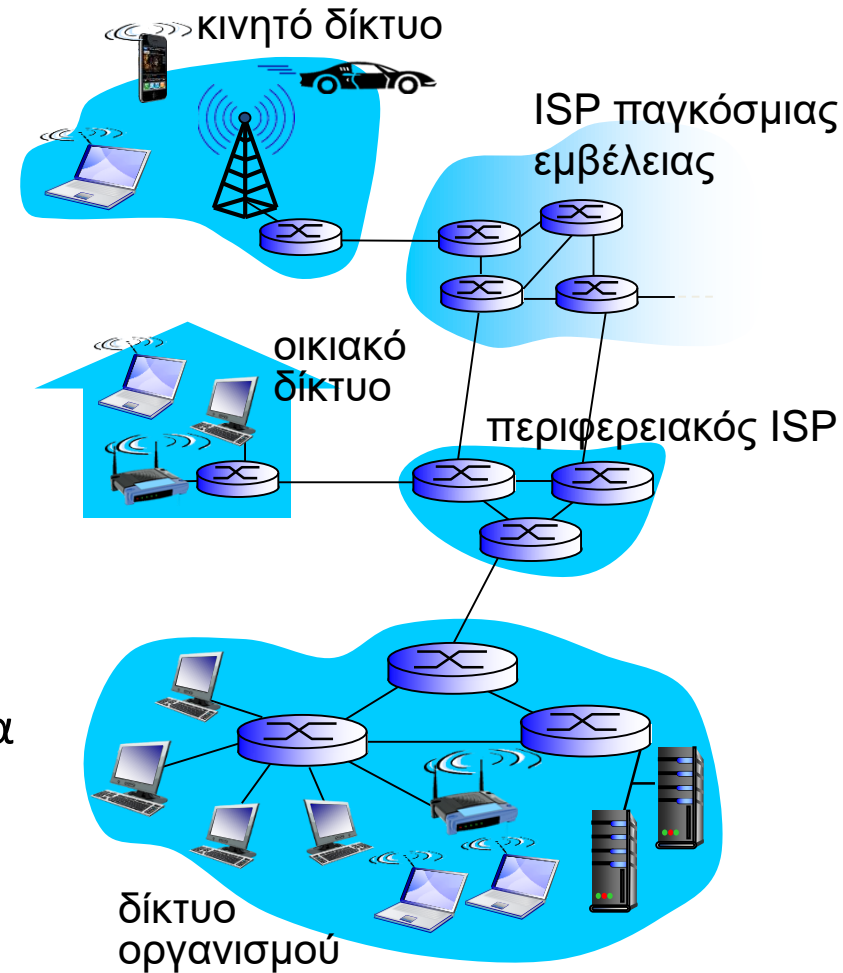
❖ *Ζεύξεις επικοινωνίας*

- οπτικές, χαλκός, ασύρματες, δορυφορικές
- ρυθμός εκπομπής:
εύρος φάσματος (bandwidth)



Δομή δικτύου σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια

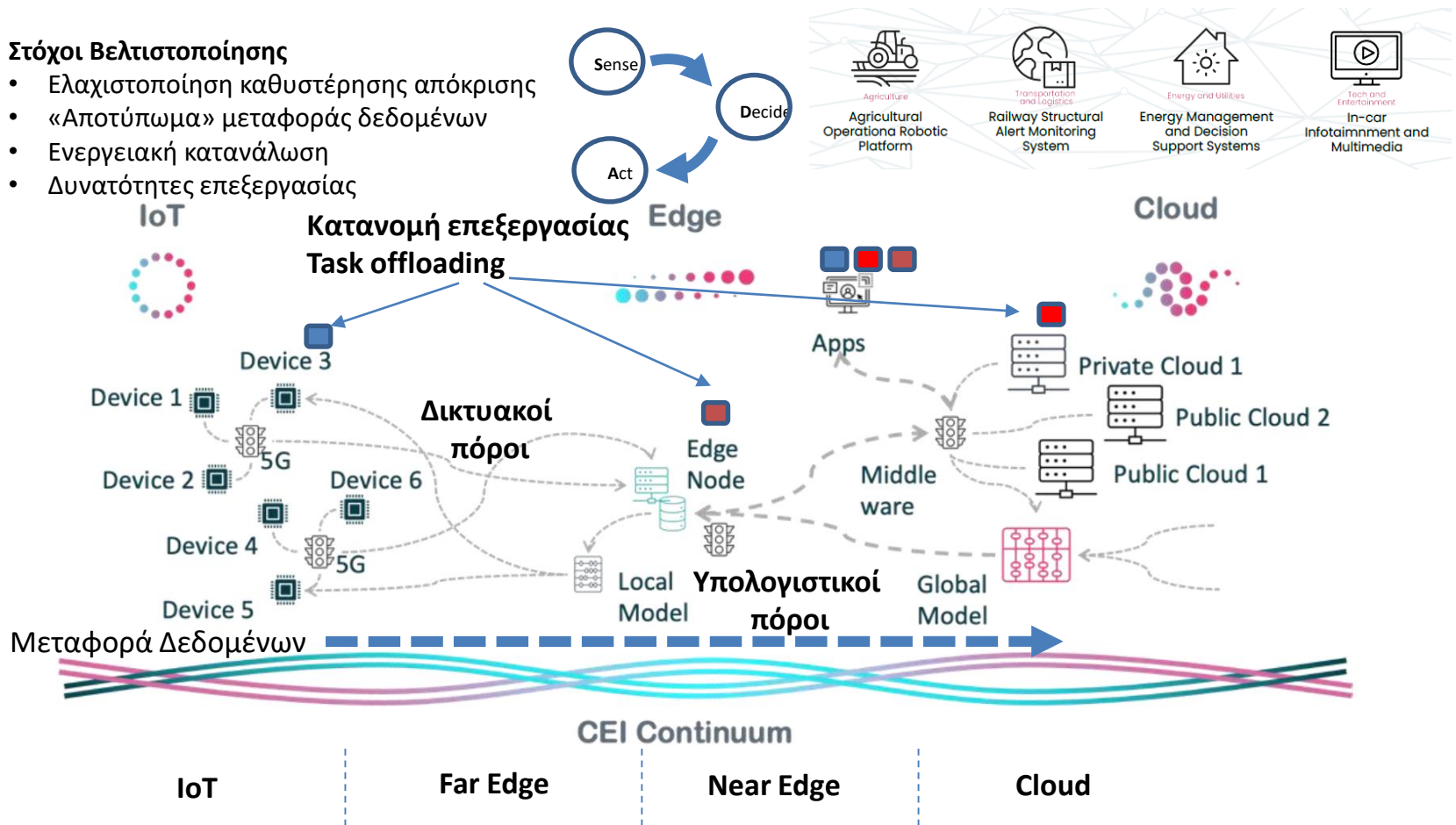
- *άκρα δικτύου: (δίκτυα πρόσβασης)*
 - hosts: πελάτες (clients) και εξυπηρετητές (servers) πίσω από ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα πρόσβασης
 - Εξυπηρετητές συχνά συγκεντρωμένοι σε κέντρα δεδομένων (data centers)
- ❖ *πυρήνας δικτύου (δίκτυα κορμού)*
 - διασυνδεδεμένοι δρομολογητές ομαδοποιημένοι σε αυτόνομα δίκτυα
 - Internet : δίκτυο των δικτύων



Cloud-Edge-IoT Continuum

Στόχοι Βελτιστοποίησης

- Ελαχιστοποίηση καθυστέρησης απόκρισης
- «Αποτύπωμα» μεταφοράς δεδομένων
- Ενεργειακή κατανάλωση
- Δυνατότητες επεξεργασίας

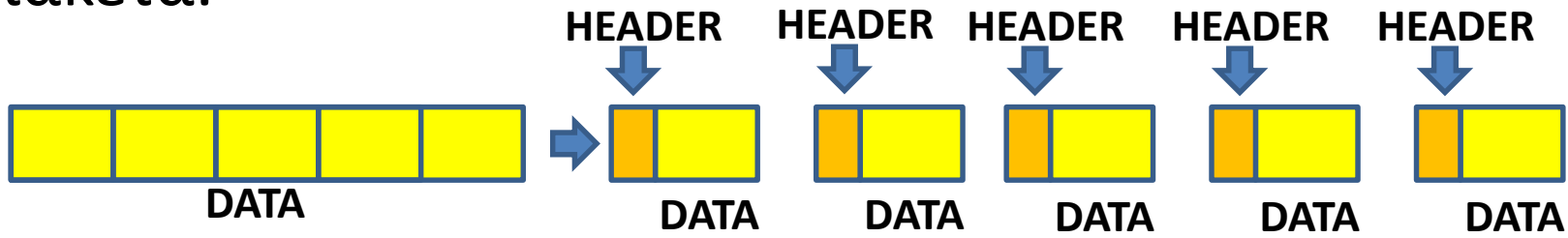


Μεταγωγή Πακέτων

- βλ. διαφάνειες 23-30 , 64-75

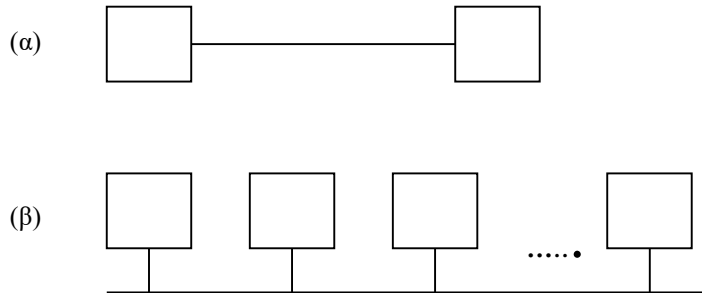
Μετάδοση περιεχομένου-΄Πακετοποίηση΄

- Σκοπός: Διαίρεση αρχείων σε κατάλληλου μεγέθους πακέτα.

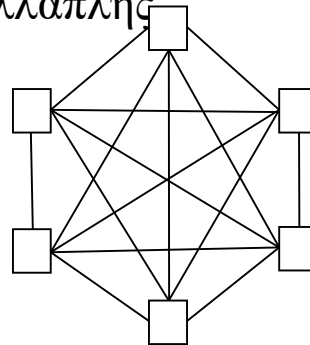


- Πλεονεκτήματα
 - Εντοπισμός και αντιμετώπιση σφαλμάτων μετάδοσης με αποδοτικό τρόπο
 - Πιο εύκολη πολυπλεξία πολλαπλών χρηστών και μεταδόσεων
- Προσθήκη επικεφαλίδας σε κάθε πακέτο για προσθήκη πληροφοριών
 - Δρομολόγησης
 - Σειράς
 - Ελέγχου σφαλμάτων

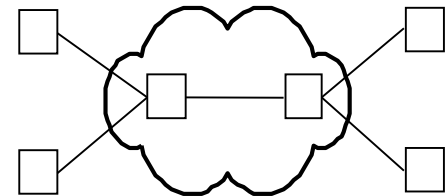
Διασυνδεσιμότητα/ Μεταγωγή



Σύνδεσμος (α) σημείου με σημείο, (β) πολλαπλής πρόσβασης.



(α)

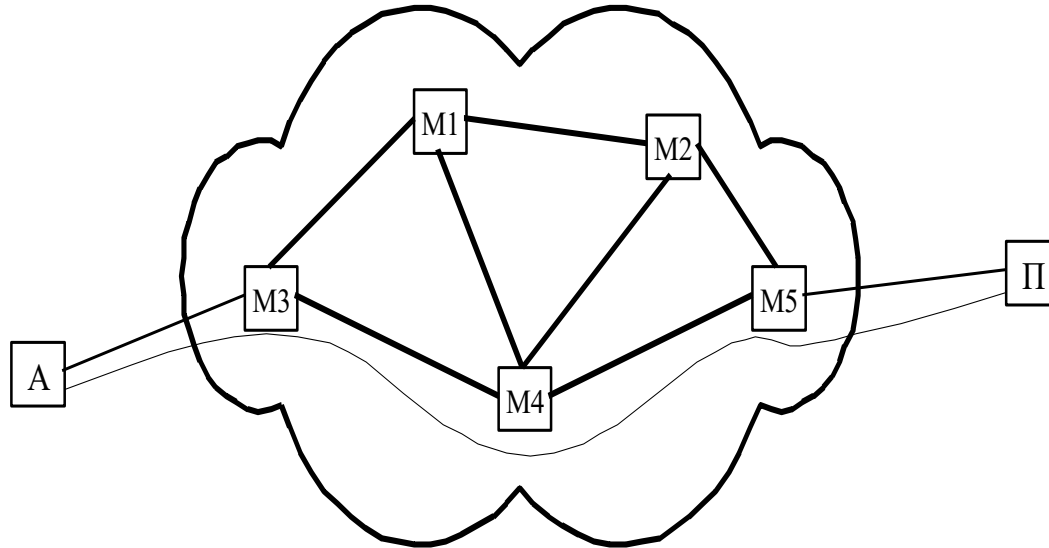


(β)

(α) Το δίκτυο διασύνδεσης 6 κόμβων χρησιμοποιώντας μόνο απευθείας συνδέσεις,

(β) ένα δίκτυο μεταγωγής για τη διασύνδεση 6 κόμβων.

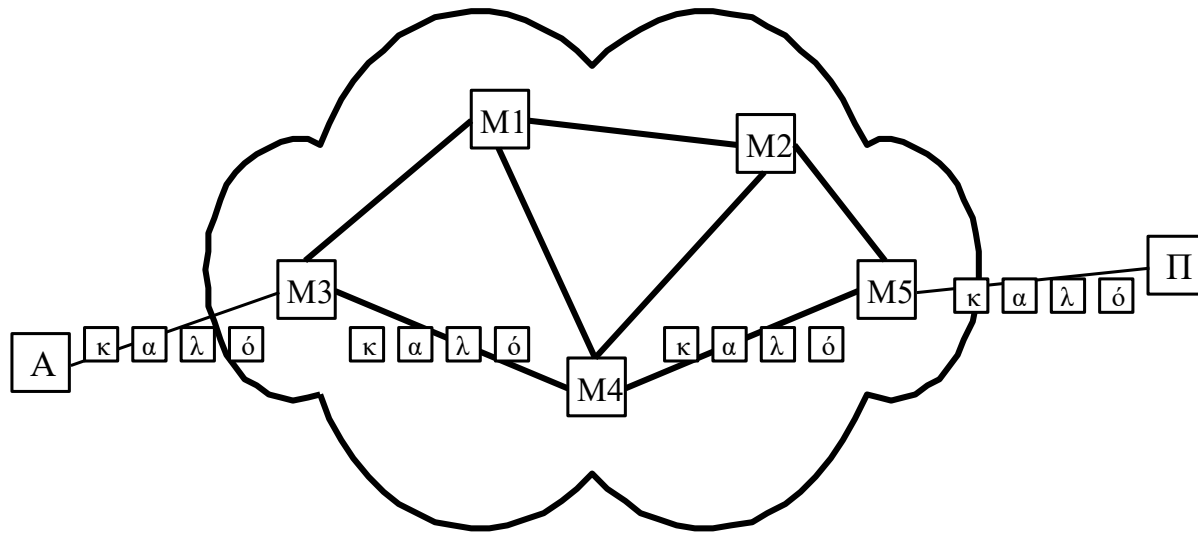
Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος



Δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος

Η μετάδοση δεδομένων μεταξύ A και Π είναι εφικτή μόνο μετά την εγκαθίδρυση ενός ανάλογου κυκλώματος (π.χ. του A-M3-M4-M5-Π). Το κύκλωμα παραμένει ενεργό καθ' όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας των κόμβων και αποδεσμεύεται με το πέρας αυτής.

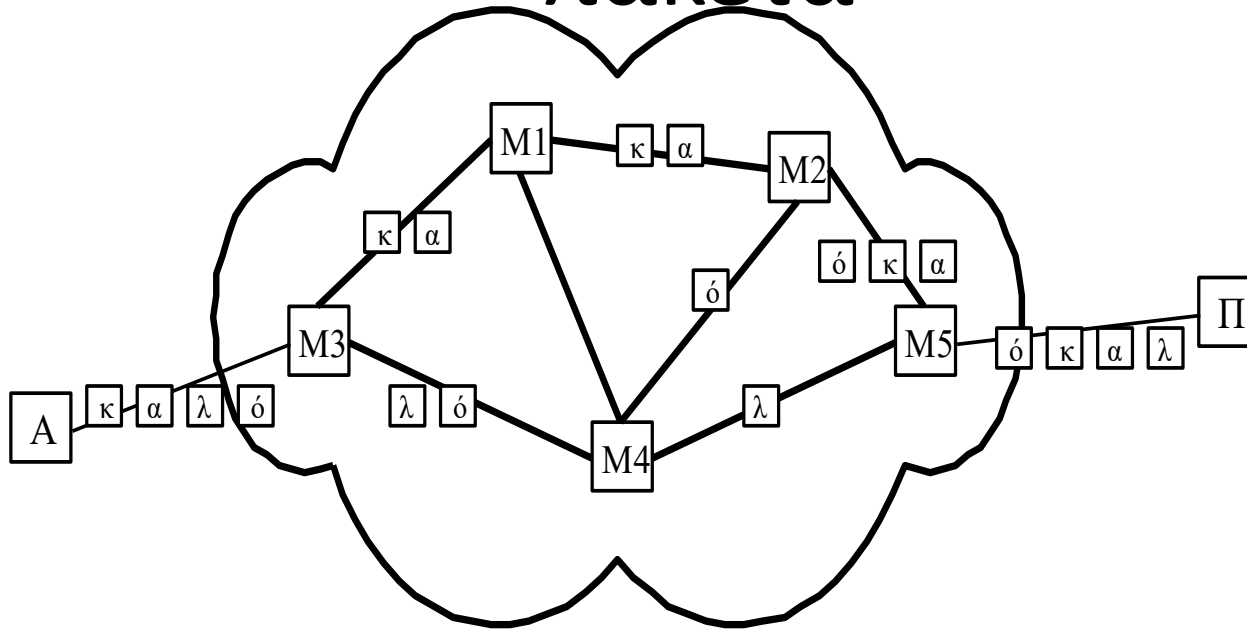
Δίκτυα μεταγωγής πακέτων με ιδεατά κυκλώματα



Ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων με ιδεατά κυκλώματα

Σε κάθε μεταγωγέα του δικτύου τα πακέτα μιας ροής δεδομένων δρομολογούνται πάντα από τον ίδιο σύνδεσμο. Έτσι, μπορούμε να σκιαγραφήσουμε στο δίκτυο ένα ιδεατό κύκλωμα που αφιερώνεται για την εξυπηρέτηση του συγκεκριμένου ζευγαριού (αποστολέα - παραλήπτη).

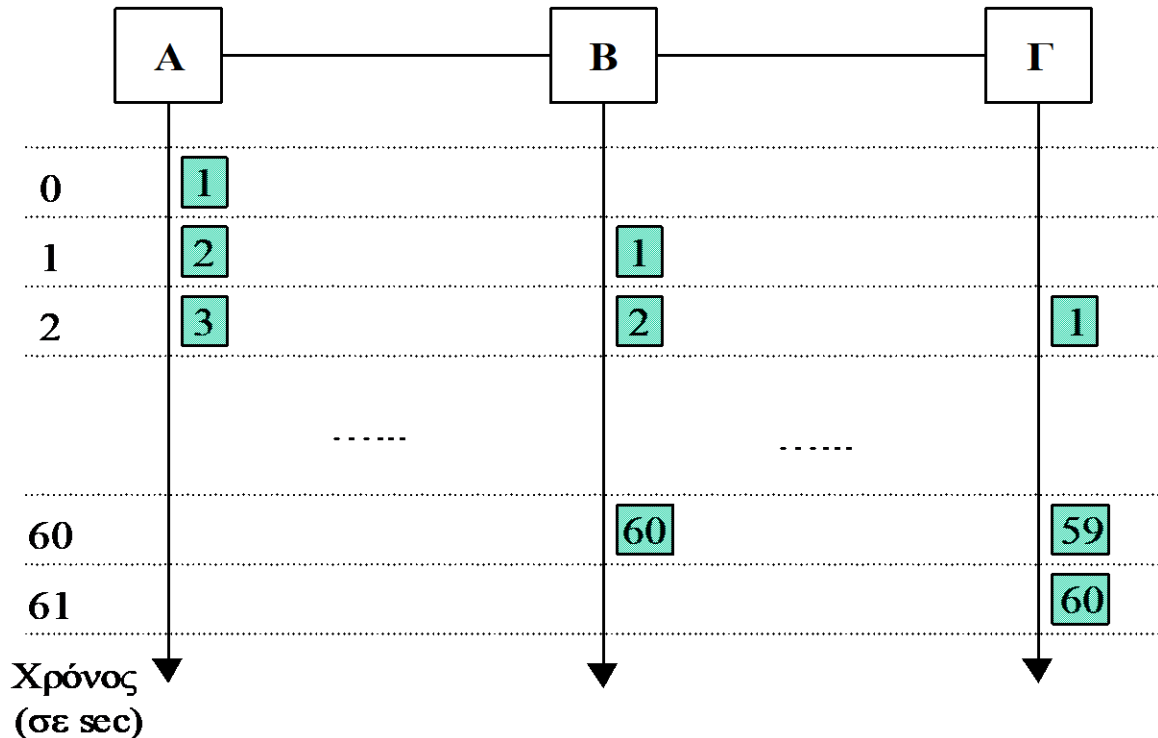
Δίκτυα μεταγωγής με αυτοδύναμα πακέτα



Ένα δίκτυο μεταγωγής με αυτοδύναμα πακέτα

Σε κάθε μεταγωγέα του δικτύου τα πακέτα μιας ροής δεδομένων δρομολογούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Έτσι, μπορούν να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές κατά τη διέλευσή τους από το δίκτυο.

Δίκτυα μεταγωγής πακέτων – Μετάδοση με αποθήκευση και προώθηση



παράδειγμα της μετάδοσης με αποθήκευση και προώθηση

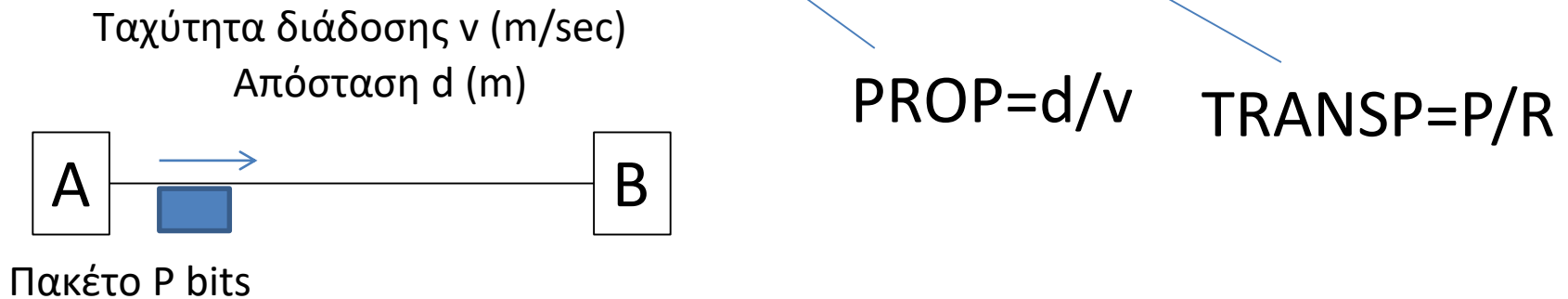
Τα πακέτα στέλνονται συνεχόμενα στο δίκτυο και έτσι μειώνουμε τον απαιτούμενο χρόνο μετάδοσης της πληροφορίας.

Καθυστέρηση μεταφοράς πακέτου

1.5.2 Καθυστέρηση Μεταφοράς

Η καθυστέρηση μεταφοράς εκφράζει το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να μεταφερθεί ένα bit από ένα άκρο του δικτύου σε ένα άλλο άκρο και ισούται με το ακόλουθο άθροισμα:

Καθυστέρηση Μεταφοράς = Χρόνος Διάδοσης + Χρόνος Μετάδοσης + Χρόνος Αναμονής

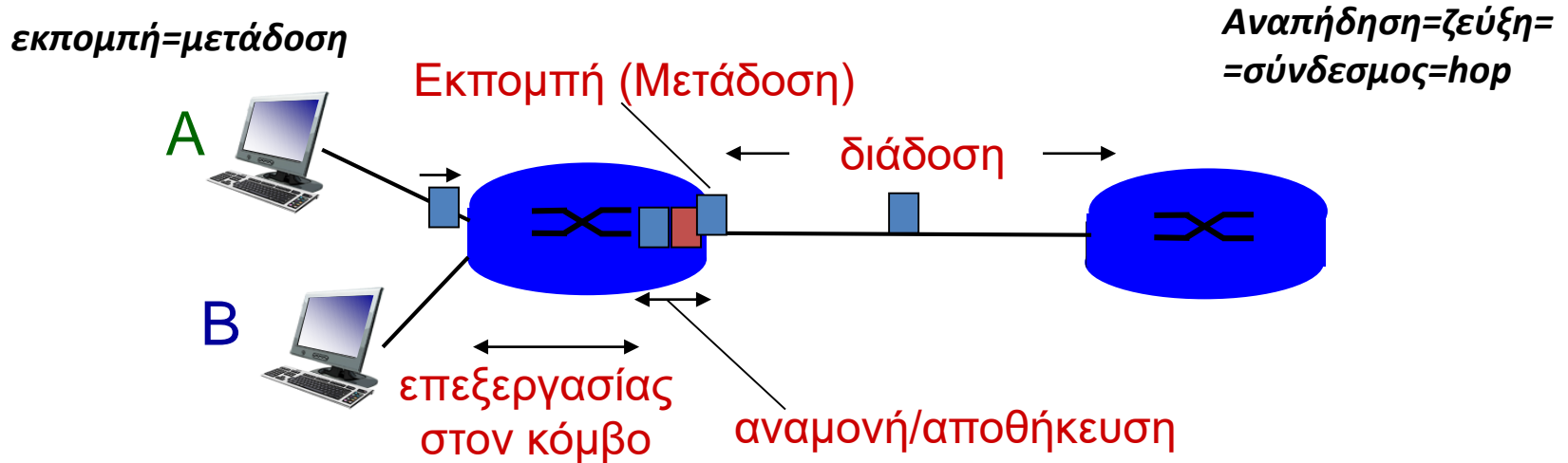


[Link to demo](#)

Ρυθμός μετάδοσης
 R (bits/sec)

Διαμετακομιστική (Διεκπαιραιωτική Ικανότητα Ρυθμαπόδοση Throughput
Η διαμετακομιστική ικανότητα συνήθως εκφράζεται ως το πλήθος των bits που μπορούν να μεταφερθούν αξιόπιστα μέσα από το δίκτυο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

4 πηγές καθυστέρησης σε μια αναπήδηση



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

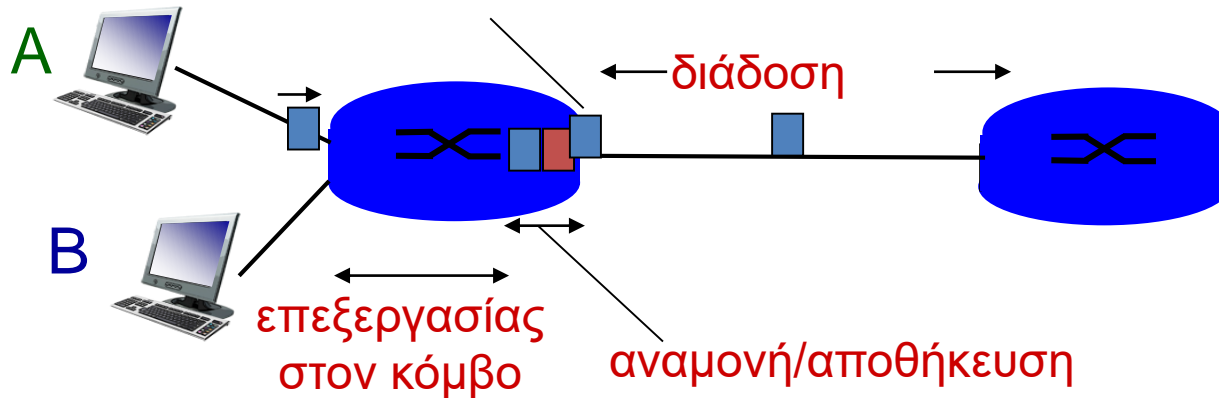
d_{proc} : επεξεργασία στον κόμβο

- Έλεγχος σφαλμάτων
- Καθορισμός ζεύξης εξόδου
- τυπικά < msec

d_{queue} : καθυστέρηση αναμονής

- Χρόνος αναμονής στην ουρά της ζεύξης εξόδου για εκπομπή
- Εξαρτάται από το συνωστισμό στο δρομολογητή

4 πηγές καθυστέρησης σε μια αναπήδηση



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{trans} : καθυστέρηση εκπομπής
(μετάδοση)

- L : μήκος πακέτου (bits)
- R : ταχύτητα ζεύξης (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

d_{prop} : καθυστέρηση διάδοσης

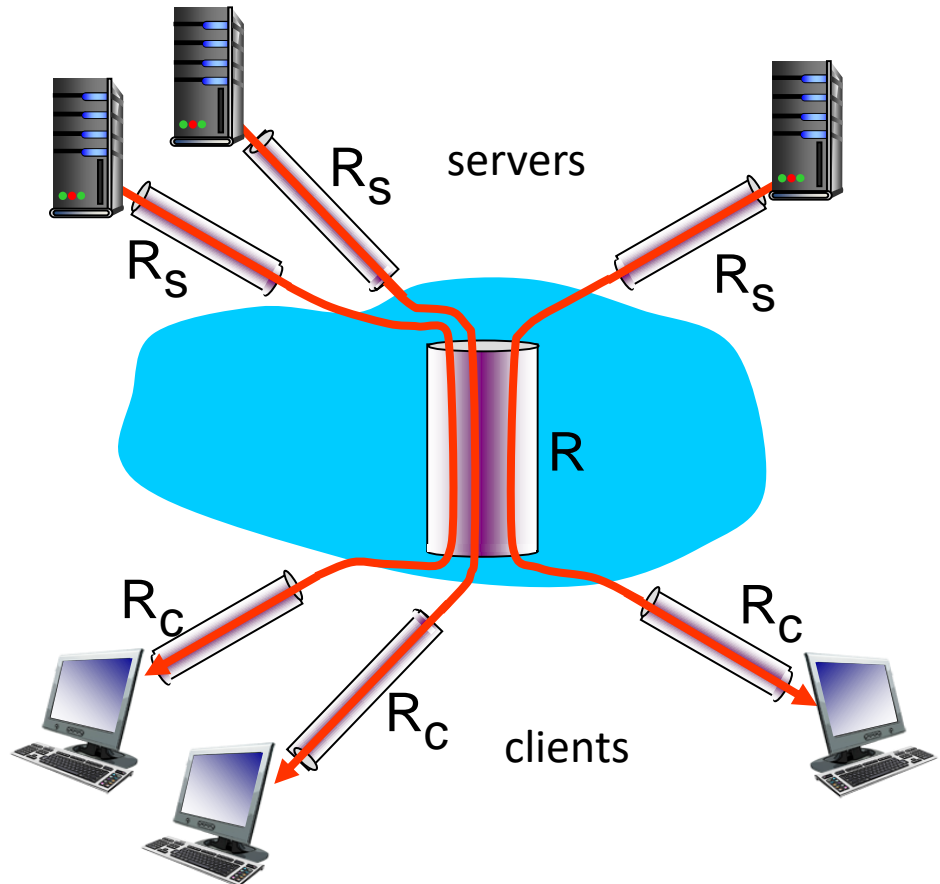
- d : μήκος φυσικής ζεύξης
- v : ταχύτητα διάδοσης στο μέσο ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)

▪ $d_{\text{prop}} = d/v$

d_{trans} και d_{prop}
πολύ διαφορετικές

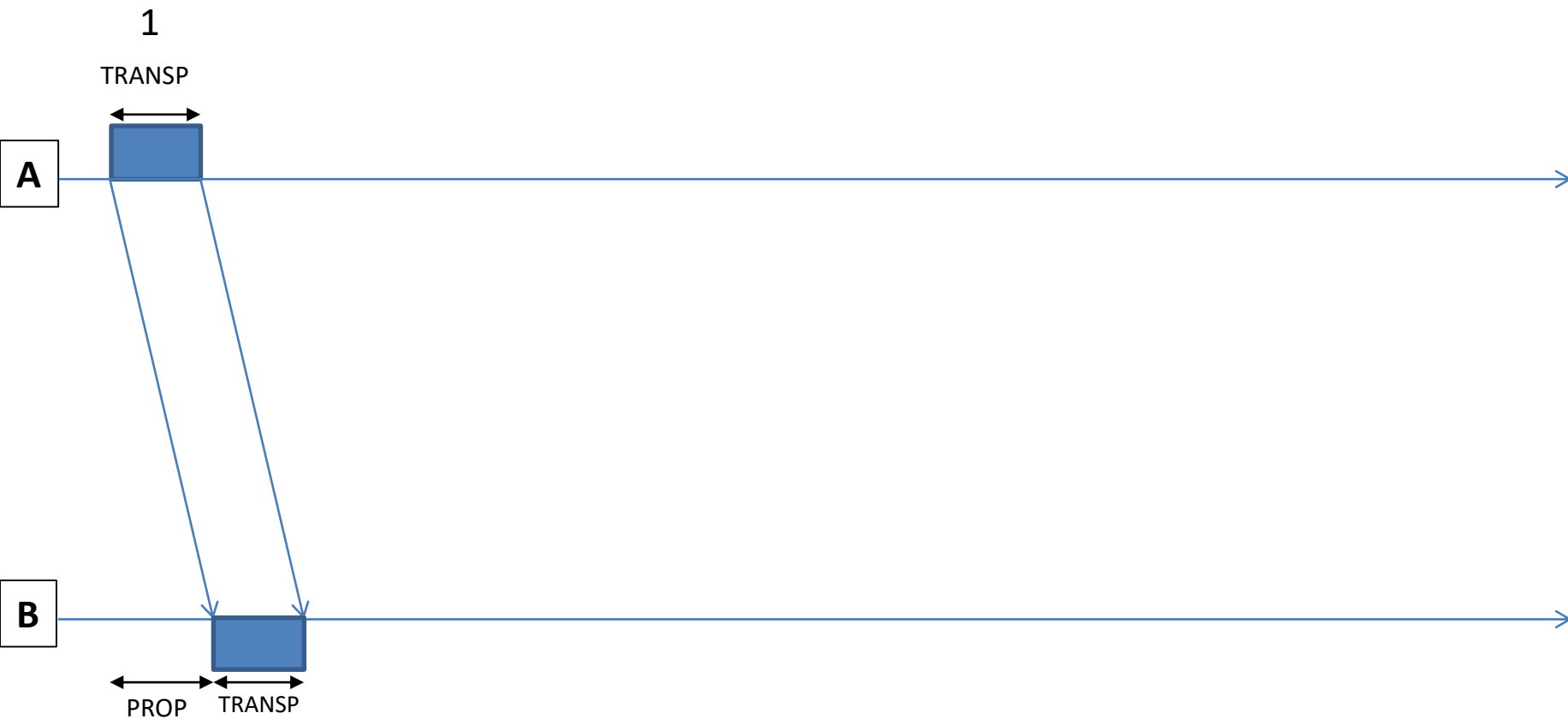
Ρυθμαπόδοση: Internet σενάριο

- Ανά σύνδεση end-end ρυθμαπόδοση:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- Στην πράξη : R_c ή R_s είναι συνήθως τα bottlenecks

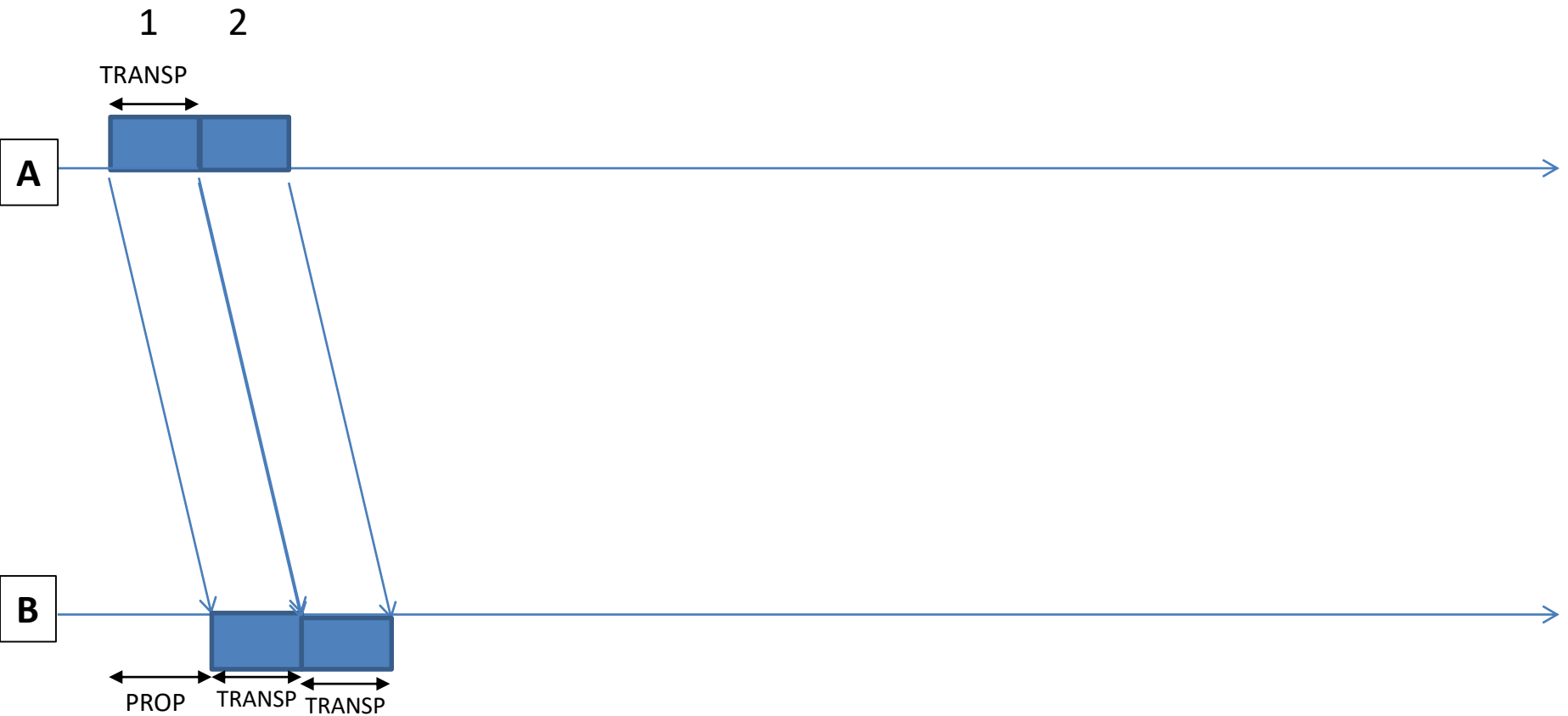


10 συνδέσεις (δίκαια) μοιράζονται τη bottleneck ζεύξη R bits/sec

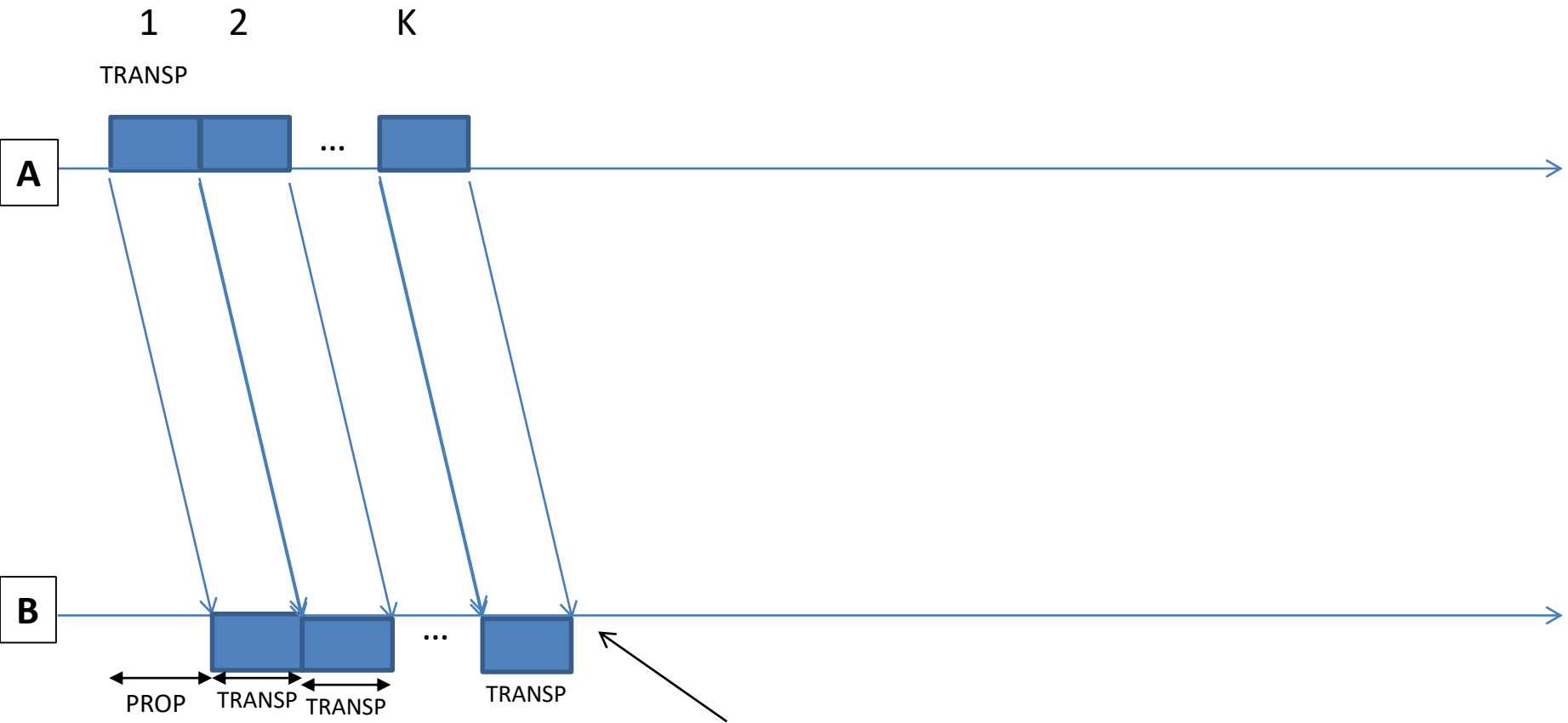
1 πακέτο



2 πακέτα



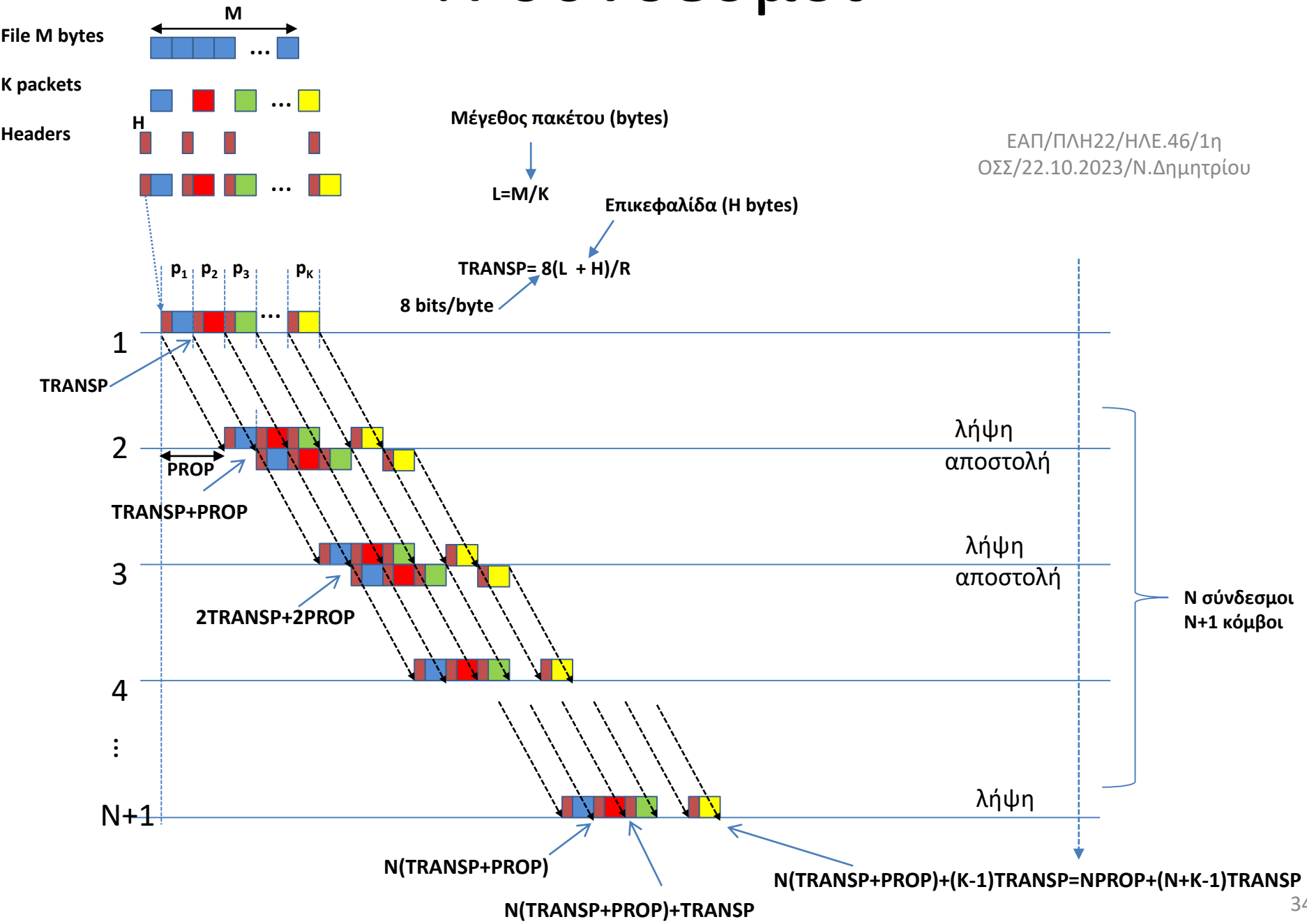
Κ πακέτα



Συνολική καθυστέρηση μεταφοράς $PROP + K \times TRANSP$

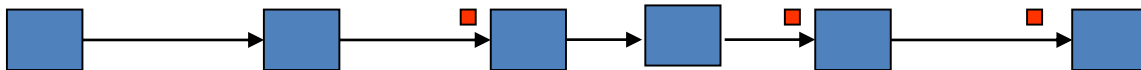
N σύνδεσμοι

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΗΛΕ.46/1η
 ΟΣΣ/22.10.2023/Ν.Δημητρίου



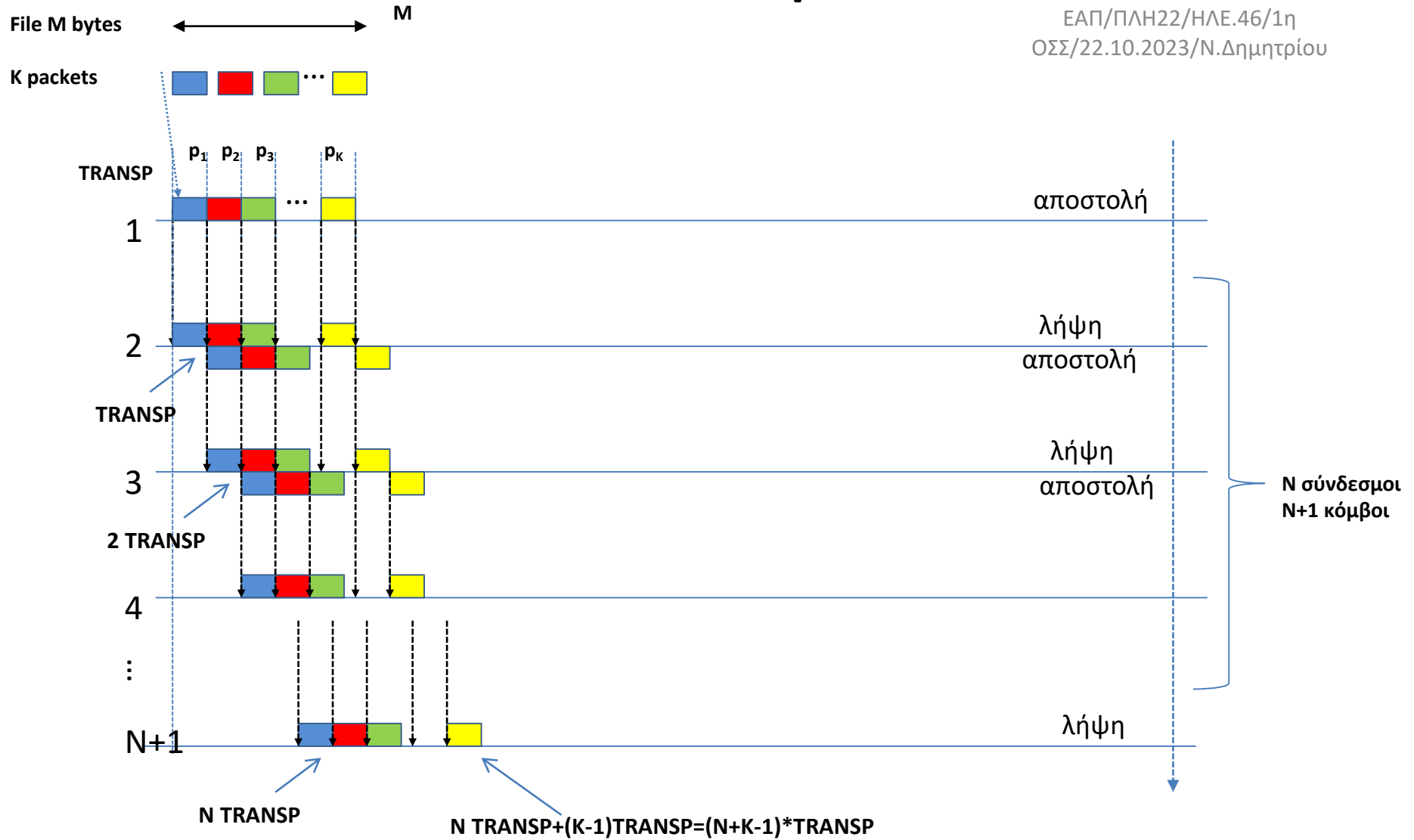
Έστω ότι θέλουμε να μεταφέρουμε ένα αρχείο μεγέθους S bits μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων N συνδέσμων. Εάν ο κάθε σύνδεσμος μπορεί να μεταδίδει R bits σε κάθε sec (δηλαδή έχει ρυθμό μετάδοσης R bits/sec) και το μέγεθος πακέτου είναι P bits, τότε υπολογίστε το συνολικό χρόνο μεταφοράς T του αρχείου. Επίσης, πόσο θα πρέπει να μειώσουμε το μέγεθος του πακέτου έτσι ώστε να μεταφέρουμε το αρχείο στο μισό χρόνο;

- **Αρχείο S bits, N σύνδεσμοι, Ρυθμός R bits/sec, Μέγεθος Πακέτου P bits. Χρόνος Μετάδοσης T του S ;**
- Αριθμός Πακέτων: $K=S/P$
- Χρόνος μετάδοσης πακέτου ανά σύνδεσμο: $t_1=P/R$
- Χρόνος Μετάδοσης σε όλους τους N συνδέσμους: $t_N=t_1*N$
- Όταν το πρώτο από τα πακέτα διανύσει και τον τελευταίο σύνδεσμο θα έχει παρέλθει χρόνος t_N ενώ τα υπόλοιπα $K-1$ πακέτα θα βρίσκονται στους υπόλοιπους $K-1$ σύνδεσμους.
- Ο συνολικός χρόνος $T= t_N+t_1*(K-1)=P/R*(N+K-1)$.
- Αν θέλουμε να μειώσουμε το χρόνο μετάδοσης στο μισό θα πρέπει να λύσουμε ως προς P' τη σχέση $T'=T/2$.



Λύση

ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΗΛΕ.46/1η
ΟΣΣ/22.10.2023/Ν.Δημητρίου



Άσκηση Αυτοαξιολόγησης 1.4

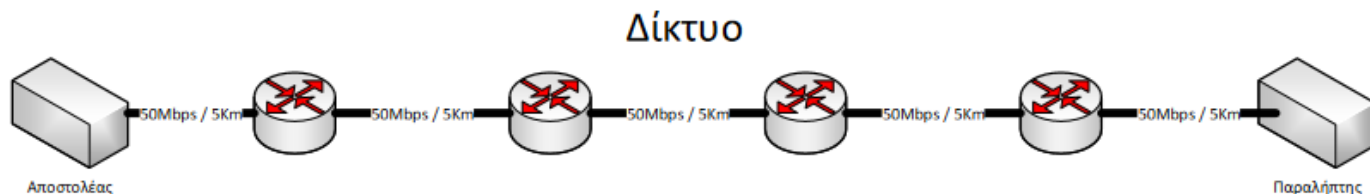
- **K=91 πακέτα, N=10 σύνδεσμοι, R=10kbps,**
- **α) Μεταγωγή με ιδεατά κυκλώματα**
 - Εγκαθίδρυση ιδεατού κυκλώματος 100 ms
 - Επιβάρυνση επικεφαλίδας H=5 bits
- **β) Μεταγωγή με αυτοδύναμα πακέτα**
 - Δεν έχουμε εγκαθίδρυση ιδεατού κυκλώματος
 - Επιβάρυνση είναι διπλάσια, 10 bits
- Με βάση την άσκηση αξιολόγησης 1.2 έχουμε ότι ο χρόνος μετάδοσης για,

- Ιδεατά κυκλώματα είναι $T_{vc} = 100 + \frac{(P+5)}{R} * (N+K-1)$
 - Αυτοδύναμα πακέτα είναι $T_D = \frac{(P+10)}{R} * (N+K-1)$
 - $T_{vc} - T_D > 0$
- $(N+K-1) * TRANSP$

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις έννοιες της μετάδοσης store-and-forward.

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ1/1718/Θ1, ΓΕ1/1819/Θ3, ΓΕ1/1920/Θ4, ΓΕ1/2021/Θ2

Αρχείο μεγέθους 10Mbyte μεταδίδεται με την χρήση δικτύου τεχνολογίας store-and-forward το οποίο αποτελείται από 5 διαδοχικές ζεύξεις με ρυθμό μετάδοσης σε κάθε ζεύξη ίσο με 50Mbps και φυσικό μήκος ζεύξης ίσο με 5Km. Η ταχύτητα διάδοσης των δεδομένων στο φυσικό μέσο της ζεύξης είναι ίση με $2 \times 10^8 \text{ m/sec}$. Η καθυστέρηση επεξεργασίας πακέτου σε κάθε κόμβο είναι αμελητέα. Το δίκτυο χρησιμοποιεί πακέτα μήκους 1KByte (χωρίς την επικεφαλίδα). Δείτε και το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1: Επικοινωνία μέσω δικτύου 5 διαδοχικών ζεύξεων

(α) Υπολογίστε τον χρόνο που απαιτείται για τη μεταφορά του παραπάνω αρχείου, εάν το δίκτυο χρησιμοποιεί *μεταγωγή πακέτου με ιδεατά κυκλώματα*, όπου απαιτείται χρόνος 500msec για την εγκατάσταση του ιδεατού κυκλώματος και σε κάθε πακέτο προστίθεται επικεφαλίδα 20Bytes.

(β) Υπολογίστε τον χρόνο που απαιτείται για τη μεταφορά του παραπάνω αρχείου, εάν το δίκτυο χρησιμοποιεί *μεταγωγή πακέτου με αυτοδύναμα πακέτα* και σε κάθε πακέτο προστίθεται επικεφαλίδα 40Bytes.

(γ) Υποθέστε ότι έχουμε μεταγωγή του *ενιαίου* αρχείου, δηλαδή στο αρχείο προστίθεται μια επικεφαλίδα 10KByte και το αρχείο δεν κατατμείται αλλά μεταφέρεται σαν ένα (τεράστιο) πακέτο στο παραπάνω δίκτυο χρησιμοποιώντας *μεταγωγή πακέτου με ιδεατά κυκλώματα*. Ο χρόνος για την εγκατάσταση του ιδεατού κυκλώματος είναι 500msec. Υπολογίστε τον χρόνο που απαιτείται για τη μεταφορά του παραπάνω αρχείου. Ποια είναι η επιβάρυνση στον χρόνο που απαιτείται για την μεταφορά του αρχείου σε αυτή την περίπτωση σε σχέση με το ερώτημα (α); Πως εξηγείται αυτή η επιβάρυνση;

(δ) Υποθέστε ότι έχουμε μεταγωγή του *ενιαίου* αρχείου, δηλαδή στο αρχείο προστίθεται μια επικεφαλίδα 1KByte και το αρχείο δεν κατατμείται αλλά μεταφέρεται σαν ένα (τεράστιο) πακέτο στο παραπάνω δίκτυο χρησιμοποιώντας *μεταγωγή πακέτου με αυτοδύναμα πακέτα*. Να υπολογίσετε τον νέο ρυθμό μετάδοσης κάθε ζεύξης ώστε ο χρόνος μετάδοσης του αρχείου από τον αποστολέα στον παραλήπτη να ισούται με τον χρόνο που υπολογίσατε στο ερώτημα (β). Σχολιάστε το αποτέλεσμα.

(α) Για το δίκτυο ισχύει:

$$\text{Χρόνος Διάδοσης: } PROP = \frac{D}{v} = \frac{5km}{2 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}} = 0,025 \cdot 10^{-3} sec$$

$$\text{Πλήθος ζεύξεων: } N = 5$$

$$\text{Αριθμός πακέτων: } K = \frac{File_size}{Packet_size} = \frac{10Mbyte}{1000bytes} = 10^4 packets$$

$$\text{Χρόνος για την εγκατάσταση του ιδεατού κυκλώματος: } T_{setup} = 0,5 sec$$

Χρόνος μετάδοσης πακέτου:

$$TRANSP_A = \frac{Packet_size + Header_size_A}{R} = \frac{(1000 + 20) \cdot 8bits}{50 \cdot 10^6 \frac{bits}{sec}} = 0,163 \cdot 10^{-3} sec$$

Συνολικός χρόνος μεταφοράς αρχείου στο δίκτυο:

$$T_A = T_{setup} + N \cdot PROP + (N + K - 1) \cdot TRANSP_A = 2,133 sec$$

(β) Για το δίκτυο ισχύει:

$$\text{Χρόνος Διάδοσης: } PROP = \frac{D}{v} = \frac{5km}{2 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}} = 0,025 * 10^{-3} sec$$

$$\text{Πλήθος ζεύξεων: } N = 5$$

$$\text{Αριθμός πακέτων: } K = \frac{File_size}{Packet_size} = \frac{10Mbyte}{1000bytes} = 10^4 packets$$

Χρόνος μετάδοσης πακέτου:

$$TRANSP_B = \frac{Packet_size + Header_size_B}{R} = \frac{(1000 + 40) \cdot 8bits}{50 \cdot 10^6 \frac{bits}{sec}} = 0,166 * 10^{-3} sec$$

Συνολικός χρόνος μεταφοράς αρχείου στο δίκτυο:

$$T_B = N \cdot PROP + (N + K - 1) \cdot TRANSP_B = 1,665 sec$$

(γ) Για το δίκτυο ισχύει:

$$\text{Χρόνος Διάδοσης: } PROP = \frac{D}{v} = \frac{5km}{2 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}} = 0,025 \cdot 10^{-3} sec$$

Πλήθος ζεύξεων: $N = 5$

Αριθμός πακέτων: $K = 1packet$

Χρόνος μετάδοσης πακέτου:

$$TRANSP_r = \frac{Packet_size + Header_size_r}{R} = \frac{(10 \cdot 10^6 + 10 \cdot 10^3) \cdot 8bits}{50 \cdot 10^6 \frac{bits}{sec}} = 1,602sec$$

Συνολικός χρόνος μεταφοράς αρχείου στο δίκτυο:

$$T_r = T_{setup} + N * (PROP + TRANSP_r) = 8,508sec$$

Σε σχέση με το ερώτημα (α) απαιτούνται $8,508sec - 2,133sec = 6,375sec$ περισσότερα, έχουμε δηλαδή αύξηση της τάξης του 300%. Αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι σε σχέση με το ερώτημα (α) το δίκτυο υπολειτουργεί: όσο το μοναδικό μεγάλο πακέτο μεταδίδεται πάνω από μία ζεύξη, οι άλλες ζεύξεις δεν χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πακέτων όπως στην περίπτωση του δικτύου (α) αλλά παραμένουν αδρανείς. Αυτός, δλδ. η πιο αποδοτική χρήση των ζεύξεων του δικτύου, είναι ο βασικός λόγος που στο Internet χρησιμοποιούμε πακέτα της τάξης των 1000 bytes (200-1500 bytes, ανάλογα με την εφαρμογή).

(δ) Για το δίκτυο ισχύει:

$$\text{Χρόνος Διάδοσης: } PROP = \frac{D}{v} = \frac{5km}{2 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}} = 0,025 \cdot 10^{-3} sec$$

Πλήθος ζεύξεων: $N = 5$

Αριθμός πακέτων: $K = 1 packet$

Χρόνος μετάδοσης πακέτου:

$$TRANSP_{\Delta} = \frac{Packet_size + Header_size_{\Delta}}{R_{\Delta}} = \frac{(10 \cdot 10^6 + \cdot 10^3) \cdot 8}{R_{\Delta}} bit/sec$$

Καθυστέρηση μεταφοράς αρχείου στο δίκτυο

$$T_B = N \cdot (PROP + TRANSP_{\Delta})$$

$$1,665sec = 5 \cdot \left(0,025 \cdot 10^{-3}sec + \frac{(10 \cdot 10^6 + \cdot 10^3) \cdot 8}{R_{\Delta}} sec \right)$$

$$R_{\Delta} = 240,282Mbps$$

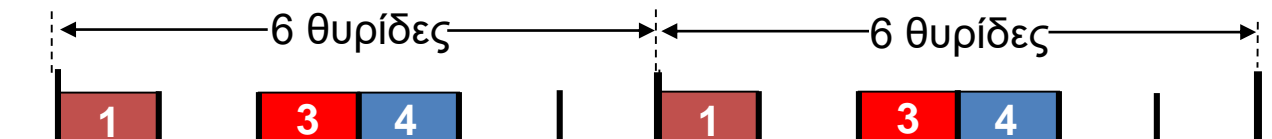
Σε σχέση με το ερώτημα (β) απαιτείται σχεδόν πενταπλάσιος ρυθμός μετάδοσης, γεγονός το οποίο οφείλεται, όπως και στο ερώτημα (γ), στο ότι σε σχέση με το ερώτημα (β) το δίκτυο υπολειτουργεί: όσο το μοναδικό μεγάλο πακέτο μεταδίδεται πάνω από μία ζεύξη οι άλλες ζεύξεις δεν χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πακέτων όπως στην περίπτωση του δικτύου (β).

Πρωτόκολλα διαμοιρασμού καναλιού: TDMA

TDMA: time division multiple access (GSM) (*ανά συχνότητα)

- Το δικαίωμα πρόσβασης στο μέσο δίνεται σε γύρους
- Κάθε σταθμός λαμβάνει μια χρονοθυρίδα σταθερού μήκους, που συνήθως είναι κάποιο πολλαπλάσιο του χρόνου εκπομπής ενός πλαισίου σε κάθε γύρο
- Χρονοθυρίδες που δε χρησιμοποιούνται από κάποιο χρήστη απλά χάνονται για το σύστημα

Παράδειγμα: τοπικό δίκτυο 6 σταθμών, οι σταθμοί 1,3,4 έχουν πλαίσιο προς εκπομπή, οι σταθμοί 2,5,6 είναι αδρανείς

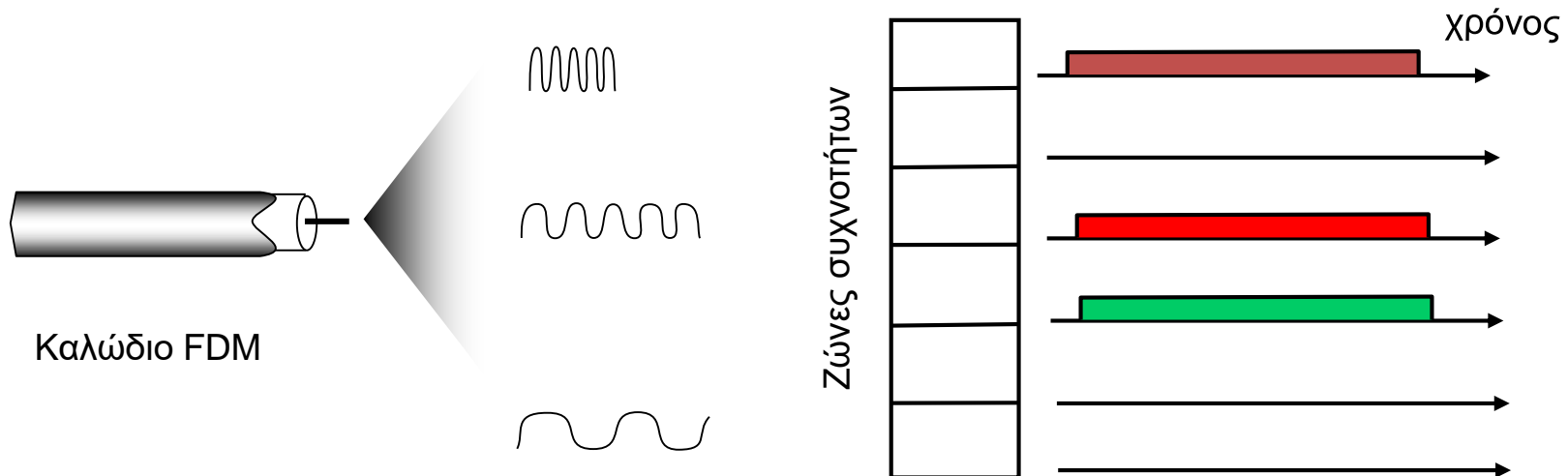


Πρωτόκολλα διαμοιρασμού καναλιού: FDMA

FDMA: frequency division multiple access (FM
ραδιόφωνο)

- Το φάσμα καναλιού διαιρείται σε ζώνες (μπάντες) συχνοτήτων
- Σε κάθε σταθμό αποδίδεται σταθερή ζώνη συχνοτήτων
- Χρόνος εκπομπής που δε χρησιμοποιείται σε καθεμιά ζώνη πάει χαμένος

Παράδειγμα: τοπικό δίκτυο 6 σταθμών, οι σταθμοί 1,3,4 έχουν πλαίσιο προς εκπομπή, οι σταθμοί 2,5,6 είναι αδρανείς

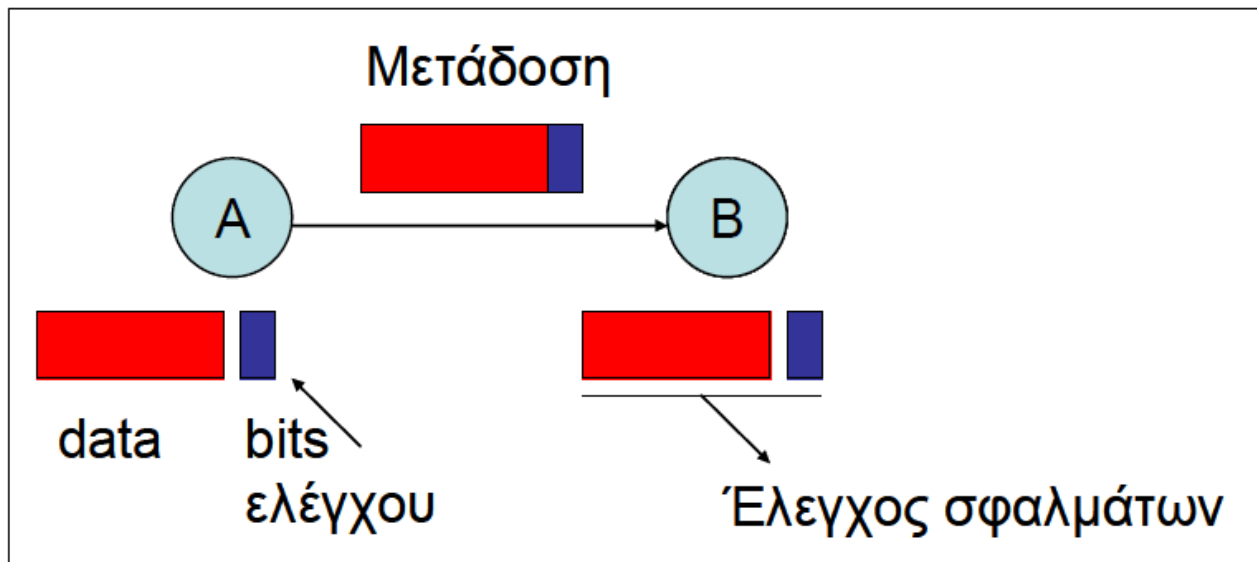


Ανίχνευση Σφαλμάτων CRC

- βλ. διαφάνειες 135-140

Τεχνικές Εντοπισμού Σφαλμάτων

Cyclic Redundancy Check (CRC) .σελ. 78-82



Αν εντοπίζεται ότι υπάρχει σφάλμα -> αίτηση για επανεκπομπή.

Υπάρχει μια ακολουθία bits γνωστή σε πομπό και δέκτη – Πολυώνυμο Γεννήτορας $G(x)$

Αντιστοίχιση σε ακολουθία μήκους $n+1$ bits ενός πολυωνύμου βαθμού n

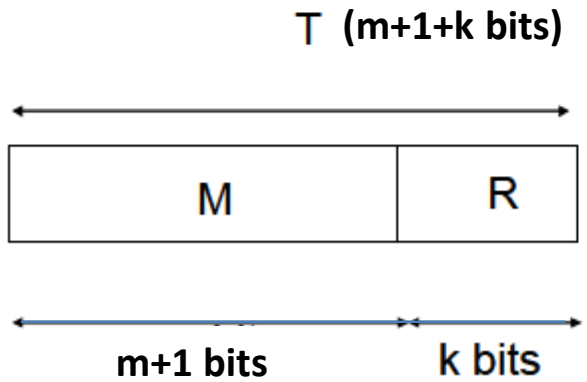
π.χ CRC-8 σελ.82 $\overset{8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1\ 0}{100000111} \leftrightarrow 1x^8 + 0x^7 + 0x^6 + 0x^5 + 0x^4 + 0x^3 + 1x^2 + 1x^1 + 1x^0 =$
 $= x^8 + x^2 + x + 1$ Εδώ ο κώδικας μήκους $n+1=9$ bits αντιστοιχεί σε πολυώνυμο βαθμού $n=8$

Αλγόριθμος CRC:

Το μήνυμα $M(x)$ βαθμού m (δηλ. $m+1$ bits) κωδικοποιείται από το Πολυώνυμο Γεννήτορας $G(x)$ βαθμού k (δηλ. $k+1$ bits) ως εξής:

Εκτελούμε τη διαίρεση $\frac{M(x)x^k}{G(x)}$ και υπολογίζουμε το ΥΠΟΛΟΙΠΟ $R(x)$ (το οποίο θα έχει k bits)

Μεταδίδουμε το πλαίσιο $T(x) = M(x)x^k + R(x)$



Το πλαίσιο $T(x)$ στη διαδρομή μπορεί να επηρεαστεί από θόρυβο και κάποια bits να αλλοιωθούν οπότε να ληφθεί το πλαίσιο $T'(x)=T(x)+E(x)$ όπου το $E(x)$ είναι ακολουθία bits ίσου μεγέθους με το $T(x)$ και έχει bits ίσα με 1 στις αντίστοιχες θέσεις όπου έχουν αλλοιωθεί τα bits του $T(x)$.

$$\text{Γίνεται η διαίρεση } \frac{T'(x)}{G(x)} = \frac{T(x) + E(x)}{G(x)} = \frac{T(x)}{G(x)} + \frac{E(x)}{G(x)}$$

Εάν δεν υπάρχει σφάλμα, ($E(x)=000000\dots000$) τότε το υπόλοιπο θα ισούται με μηδέν.

Εαν υπάρχει σφάλμα (το $E(x)$ μη μηδενικό) αυτό θα ισούται με το υπόλοιπο της διαίρεσης $\frac{E(x)}{G(x)}$ μια και η διαίρεση $\frac{T(x)}{G(x)}$ έχει μηδενικό υπόλοιπο.

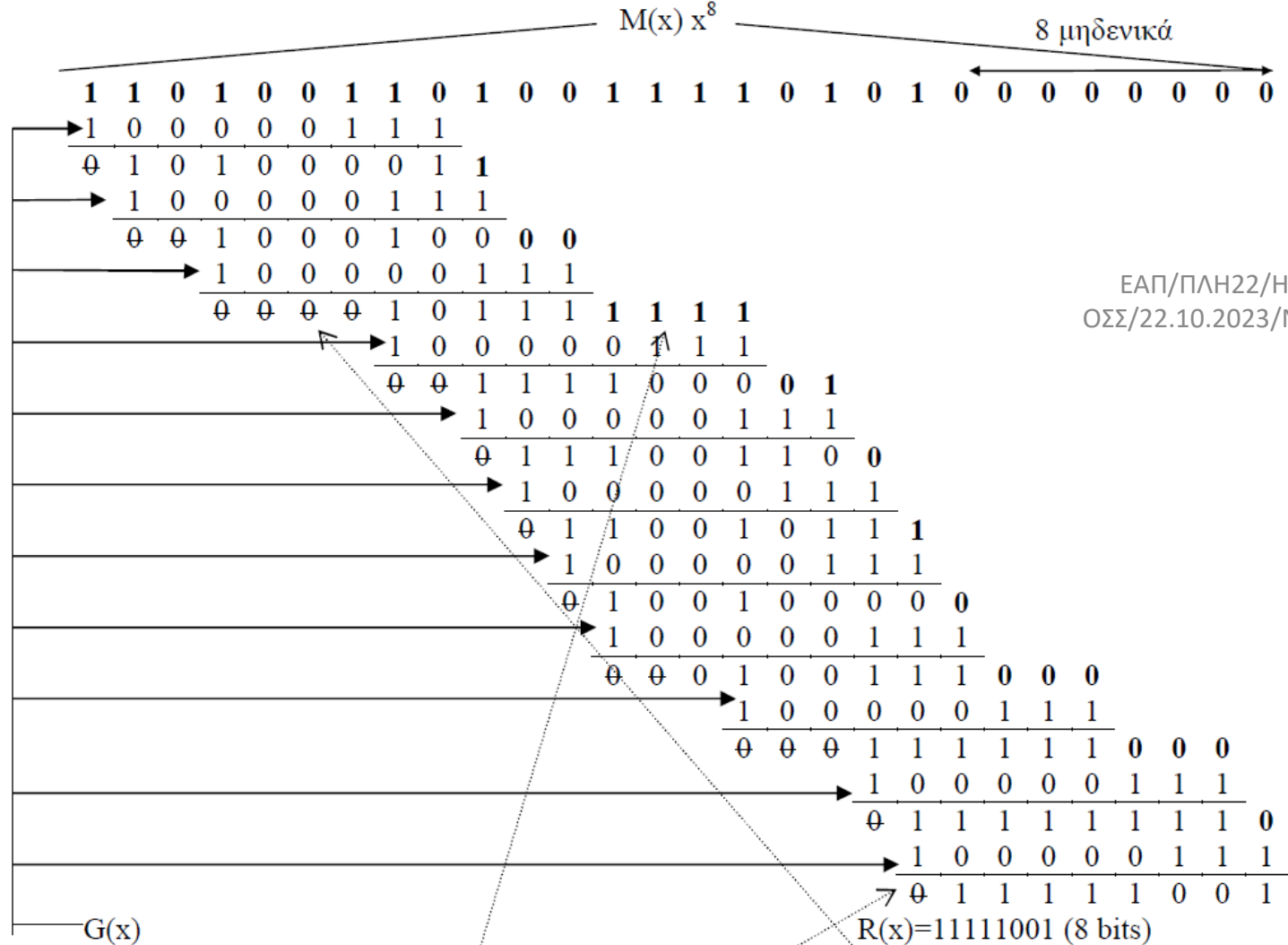
A.A. 3.5

$M(x)=11010011010011110101$ 20bits

$G(x)=100000111$ (9 bits) $k=8$

Εκτελούμε τη διαίρεση ως εξής:

Προσθέτουμε στο τέλος του $M(x)$ k μηδενικά και διαδοχικά προσθέτουμε από αριστερά προς τα δεξιά το $G(x)$



Κάθε φορά ‘κατεβάζουμε’ τόσα bits του $M(x) x^8$, όσα και τα μηδενικά αριστερά του $1^{ου}$ ‘1’.

Οι προσθέσεις που γίνονται δεν έχουν κρατούμενο $1+1=0+0=0$, $1+0=0+1=1$.

Το υπόλοιπο προκύπτει όταν το αποτέλεσμα της πρόσθεσης οδηγεί σε αποτέλεσμα με $k+1$ bits και το $1^{ο}$ τουλάχιστον (από αριστερά) bit ίσο με μηδέν.

Δυνατότητες Εντοπισμού σφαλμάτων:

- Όλα τα σφάλματα περιττού πλήθους bit (1,3,5,...) αρκεί το $G(x)$ να περιέχει το $(x+1)$ δηλ. να παραγοντίζεται ως $G(x)=(x+1)H(x)$, όπου $H(x)$ τυχαίο πολυώνυμο.
- Όλα τα σφάλματα 1 bit αρκεί οι όροι x^k και x^0 του $G(x)$ να αντιστοιχούν σε '1'
- Όλα τα σφάλματα 2 bit αρκεί το $G(x)$ να έχει τουλάχιστον 3 μη μηδενικούς όρους

Άρα, το πακέτο προς μετάδοση $T(x)$ θα είναι

1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 | 1 1 1 1 1 0 0 1
 $M(x)$ $R(x)$

Στο κανάλι αλλοιώνονται το 2° , 4° , και 11° bits
 Άρα το $E(x)$ θα είναι

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

Και το $T'(x)=T(x)+E(x)$ θα είναι:

1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 | 1 1 1 1 1 0 0 1

Στο δέκτη, η διαίρεση $\frac{T'(x)}{G(x)}$ θα δώσει μη μηδενικό υπόλοιπο (ίσο με το υπόλοιπο

της διαίρεσης $\frac{E(x)}{G(x)}$ διότι $\frac{T'(x)}{G(x)} = \frac{T(x)+E(x)}{G(x)} = \frac{T(x)}{G(x)} + \frac{E(x)}{G(x)}$

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με την κωδικοποίηση CRC

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ3/1213/Θ1, ΓΕ1/1415/Θ1, ΓΕ1/1819/Θ6, ΓΕ1/1920/Θ3, ΓΕ1/2021/Θ4

(α) Το μήνυμα 1010011101 μεταδίδεται χρησιμοποιώντας τον Κυκλικό Έλεγχο Πλεονασμού (CRC) για τον έλεγχο σφαλμάτων, με τη βοήθεια του πολυώνυμο $G(x) = x^4 + x + 1$. Να δείξετε την αλληλουχία από bits που θα μεταδοθεί μετά την κωδικοποίηση CRC.

(β) Εάν υποθέσουμε ότι το 4ο και 8ο bit από τα αριστερά στο κωδικοποιημένο μήνυμα που προκύπτει στο (α) αλλοιώνονται κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, ο δέκτης θα ανιχνεύσει αυτό το λάθος; Να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος.

(γ) Ας υποθέσουμε ότι έχουμε το μήνυμα 10011101 προς αποστολή με τη βοήθεια του πολυώνυμο $G(x) = x^3 + 1$. Να δοθεί ένα παράδειγμα σφαλμάτων 2 bits τα οποία δεν μπορεί να ανιχνεύσει ο δέκτης.

(δ) Υπάρχει κάποιο μοναδικό σφάλμα (ενός μόνο bit) που να μην μπορεί να ανιχνεύσει η κωδικοποίηση του υπο-ερωτήματος (γ); Δικαιολογήστε σύντομα την απάντησή σας.

Ενδεικτική Μεθοδολογία: Να εφαρμόσετε τα βήματα του αλγορίθμου CRC στον αποστολέα και παραλήπτη κόμβο, όπως περιγράφονται στην ενότητα 3.2.1 του Τόμου Γ'.

(α) Με $M(x) = 1010011101$ και πολυώνυμο γεννήτορα 10011 , το οποίο είναι βαθμού $k=4$, έχουμε $M(x) x^k = 10100111010000$.

Διαιρούμε με το πολυώνυμο γεννήτορα και έχουμε:

$$\begin{array}{r}
 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ \color{red}{0} \ 1 \ 1 \ 1 \ \color{blue}{1} \ \color{blue}{1} \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ \color{blue}{1} \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ \color{blue}{0} \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ \color{red}{0} \ 1 \ 1 \ 1 \ \color{blue}{1} \ \color{blue}{0} \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ \color{blue}{0} \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ \color{blue}{0} \\
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \color{red}{0} \ \color{red}{0} \ \color{red}{0} \ \color{red}{0} \ \color{green}{1} \ \color{green}{0}
 \end{array}$$

Το υπόλοιπο της διαίρεσης είναι $R(x) = 10$.

Το μήνυμα που τελικά αποστέλλεται στο δίκτυο είναι $T(x) = M(x) + R(x) = 10100111010010$

(β) Το μήνυμα το οποίο λαμβάνεται θα είναι το $T'(x) = 10110110010010$ με πολυώνυμο γεννήτορα **10011**.
 Διαιρούμε με το πολυώνυμο γεννήτορα και έχουμε:

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

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

Το υπόλοιπο της διαίρεσης είναι $R(x) = 1011$.

Συνεπώς, επειδή η τιμή του υπολοίπου δεν είναι μηδενική ο δέκτης θα καταλήξει στο συμπέρασμα ότι υπήρξε σφάλμα.

(γ) Με $M(x) = 10011101$ και πολυώνυμο γεννήτορα 1001 , το οποίο είναι βαθμού $k=3$, έχουμε $M(x) \cdot x^k = 10011101000$.

Διαιρούμε με το πολυώνυμο γεννήτορα και έχουμε:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 1 & & & & & & & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & \\
 & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & & \\
 & & & & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & & \\
 & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & \\
 & & & & & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0
 \end{array}$$

Το υπόλοιπο της διαίρεσης είναι $R(x) = 100$.

Το μήνυμα που τελικά αποστέλλεται στο δίκτυο είναι $T(x) = M(x) + R(x) = 10011101100$

Ας υποθέσουμε ότι το μήνυμα το οποίο λαμβάνεται είναι το $T'(x) = 10011100101$, δλδ. τα ψηφία 8 και 11, αριθμώντας από τα αριστερά προς τα δεξιά είναι εσφαλμένα.

Διαιρούμε με το πολυώνυμο γεννήτορα και έχουμε:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\
 1 & 0 & 0 & 1 & & & & & & & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & & & \\
 & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & & \\
 & & & & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & \\
 & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & \\
 & & & & & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array}$$

Το υπόλοιπο της διαίρεσης είναι $R(x) = 0$.

Συνεπώς επειδή η τιμή του υπολοίπου είναι μηδενική ο δέκτης θα καταλήξει στο εσφαλμένο συμπέρασμα ότι δεν υπήρξε σφάλμα (περίπτωση false negative – ψευδές αρνητικό). Άλλες δυάδες ψηφίων που μπορούν να οδηγήσουν σε ψευδές αρνητικό είναι τα ψηφία 6 και 9, τα ψηφία 2 and 8, τα 1 και 4, τα 7 και 10, τα 2 και 11 κοκ, πάντα αριθμημένα από αριστερά προς τα δεξιά όπως βλέπουμε τις κωδικές λέξεις.

Εντοπισμός Σφαλμάτων

- βλ. διαφάνειες 130-134

Δισδιάστατη Ισοτιμία (Parity)

- 1 bit σε κάθε byte χρησιμοποιείται σαν bit ισοτιμίας.
 - Το άθροισμα όλων των bits να είναι ζυγό (even parity)
 - Το πρωτόκολλο μπορεί να καθορίζει είτε ζυγή (even parity) ισοτιμία είτε μονή ισοτιμία (odd parity)
- Τα δεδομένα τοποθετούνται σε ένα πίνακα (matrix)
 - Το άθροισμα όλων των στηλών και γραμμών να είναι ζυγό (even parity)
- Η μέθοδος ανιχνεύει σφάλματα στις περιπτώσεις που υπάρχουν 1 ή 2 ή 3 σφάλματα σε ένα πλαίσιο ή πολλές φορές ακόμα και 4.
- Πλεονάζουσα πληροφορία = $8 + n$ bits, όπου $n = dataBits/7$
 - Πολύ πιο αποδοτικό από το να σταλούν όλα τα δεδομένα 2 φορές και επίσης υπάρχει καλύτερη πιθανότητα ανίχνευσης των σφαλμάτων

Παράδειγμα Δισδιάστατης (Περιττής) Ισοτιμίας (1)

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

Bits ισοτιμίας
(parity bits)

Παράδειγμα Δισδιάστατης (Περιττής) Ισοτιμίας (2)

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

Bits ισοτιμίας
(parity bits)

Παράδειγμα Δισδιάστατης (Περιττής) Ισοτιμίας (3)

Ο δέκτης παρέλαβε το πιο κάτω πλαίσιο:

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

λάθος

λάθος

Παράδειγμα Δισδιάστατης Ισοτιμίας (4)

Ο δέκτης παρέλαβε το πιο κάτω πλαίσιο:

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

Ο δέκτης μπορεί επίσης να
επιδιορθώσει το σφάλμα!

Πρωτόκολλα Επανεκπομπής & Απόδοση

βλ. διαφάνειες 141-171

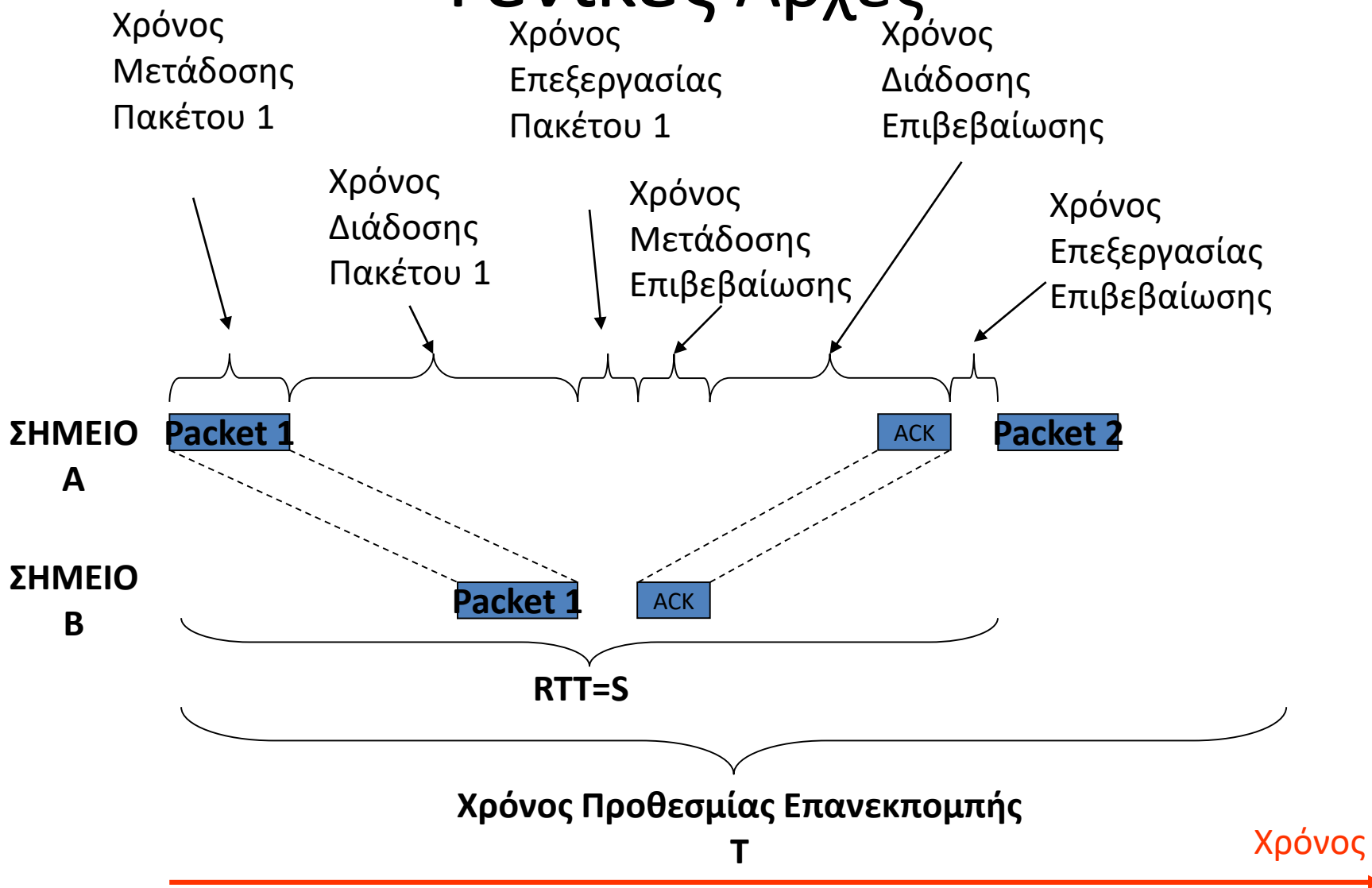
Γενικές Αρχές

- Δίκτυα μεταγωγής πακέτων.
- Κάθε πακέτο εξοπλίζεται με πληροφορίες ελέγχου και προωθείται στο Επίπεδο Ζεύξης / Σύνδεσης Δεδομένων (Data Link) για την πλαισίωσή του και τη μεταφορά του πάνω από το φυσικό μέσο.
- Το φυσικό μέσο μετάδοσης δεν μπορεί να εγγυηθεί μία μεταφορά πλαισίου απαλλαγμένη από σφάλματα.
- Τα δίκτυα επικοινωνιών πρέπει να περιλαμβάνουν μηχανισμούς για τον εντοπισμό (π.χ., CRC) και το χειρισμό των σφαλμάτων μεταφοράς.
- Παρ' όλα αυτά πακέτα φτάνουν με λάθη όποτε για την αξιόπιστη παράδοσή τους εφαρμόζονται μηχανισμοί επανεκπομπής

Γενικές Αρχές

- Πρωτόκολλα:
 - *Εναλλασσομένου bit (Alternating Bit Protocol)*
 - *Παύση και Αναμονή (Stop and Wait)*
 - *Οπισθοχώρησης κατά N (Go Back N)*
 - *Επιλεκτικής επανάληψης (Selective Repeat Protocol)*
- Μηχανισμοί:
 - *Χρονομετρητές (Χρόνος προθεσμίας)*
 - *Επιβεβαιώσεις Λήψης/ Αρνητικές Επιβεβαιώσεις*

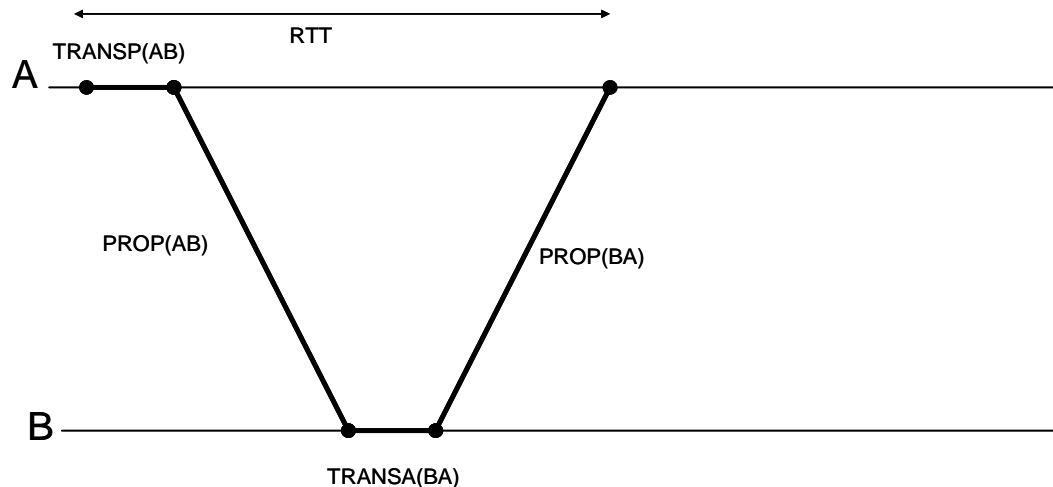
Γενικές Αρχές



Πρωτόκολλο Επανεκπομπής ABP

- Η παύση και αναμονή (stop-and-wait) είναι η βασική ιδέα του πρωτοκόλλου ABP: μόλις ο αποστολέας μεταδώσει ένα πλαίσιο, περιμένει το ACK από τον παραλήπτη πριν προχωρήσει στην αποστολή του επόμενου πλαισίου.
- Εάν το ACK δεν φτάσει μέσα στον προσυμφωνημένο χρόνο προθεσμίας, τότε μεταδίδει ξανά το πλαίσιο.
- Για την αποφυγή παρεξηγήσεων, η διάταξη των πλαισίων δεδομένων αποτυπώνεται δεσμεύοντας 1 bit στην επικεφαλίδα του πλαισίου. Δηλαδή, τα πιθανά νούμερα πλαισίων είναι τα 0 και 1.
- Τα ACKs περιέχουν αναφορές στην αρίθμηση των αντίστοιχων πλαισίων δεδομένων που επιβεβαιώνουν.

Απόδοση Πρωτοκόλλου Επανεκπομπής ABP



- Καθυστέρηση Μεταφοράς = Χρόνος Διάδοσης (PROP)+Χρόνος Μετάδοσης (TRANSP ή TRANSA) +Χρόνος Αναμονής
- Χρόνος αποστολής πακέτου δεδομένων και επιστροφής επιβεβαίωσης (Round Trip Time)

$$S=RTT=TRANSP(AB)+PROP(AB)+TRANSA(BA)+PROP(BA)$$

Απόδοση Πρωτοκόλλου Επανεκπομπής ABP – δίχως σφάλματα

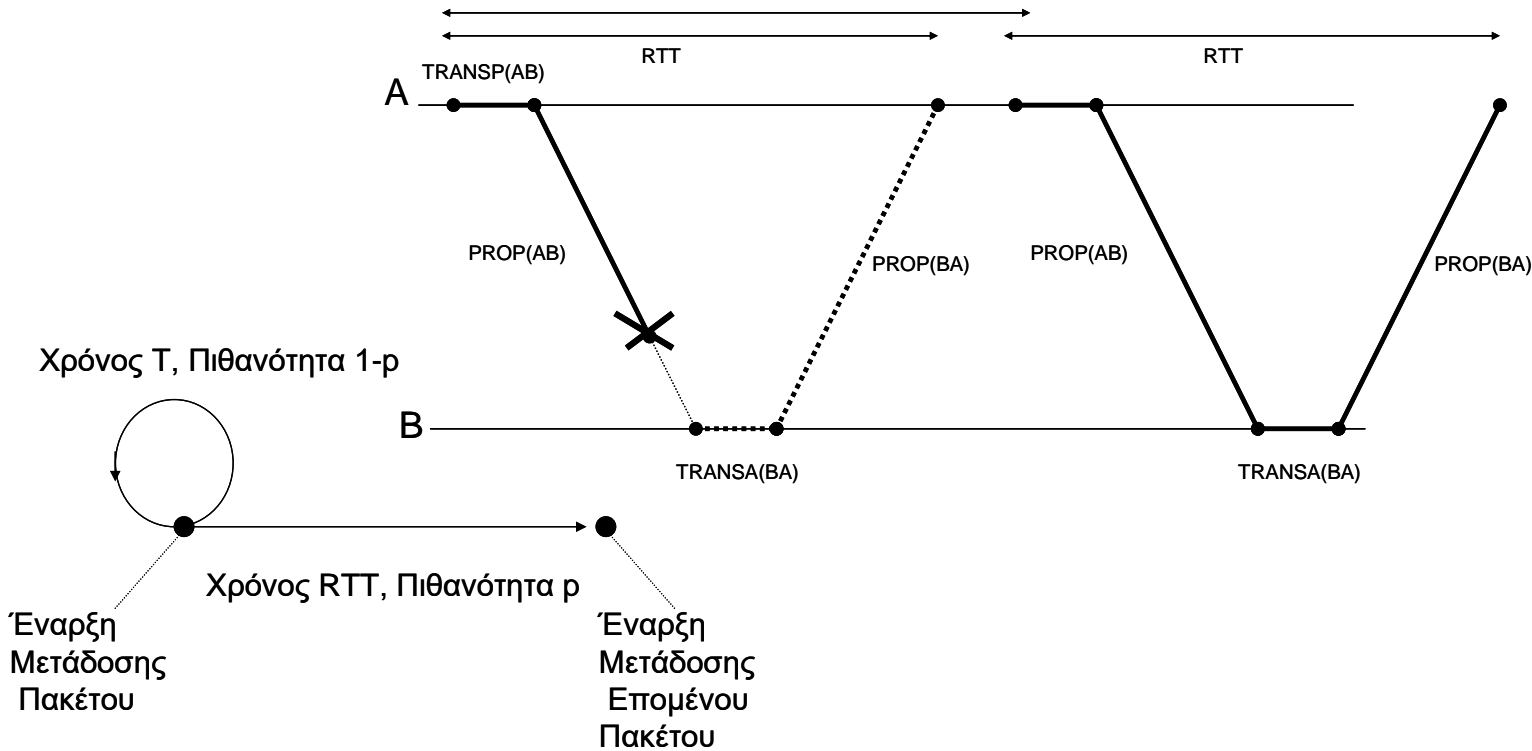
Η απόδοση της ABP χωρίς σφάλματα [$p(\text{success})=100\%$] θα είναι ίση με

$$n_{ABP} = \frac{TRANSP(AB)}{S} \text{ (duty cycle του κόμβου-αποστολέα A)}$$

$$\text{Ρυθμός ροής πακέτων: } \lambda = 1 \text{ πακέτο κάθε RTT sec} = \frac{1}{RTT} \frac{\text{πακέτο}}{\text{sec}}$$

$$\text{Ρυθμός ροής δεδομένων } r = \lambda \frac{\text{πακέτα}}{\text{sec}} \cdot D \frac{\text{data_bits}}{\text{πακέτο}} = \lambda D \frac{\text{data_bits}}{\text{sec}}$$

Απόδοση Πρωτοκόλλου Επανεκπομπής ABR_T – με σφάλματα



Μέσος Χρόνος Αποστολής πακέτου

$$E(x) = p \cdot RTT + (1 - p)[T + E(x)]$$

.....↓ αν αποτύχει η μετάδοση (που το αντιλαμβάνεται ο αποστολέας μετά χρόνο T), ο μέσος χρόνος για την επιτυχή επανεκπομπή θα είναι πάλι E(x), διότι η διαδικασία επανεκπομπής δεν έχει μνήμη και η πιθανότητα επιτυχίας της δεν εξαρτάται από το τι συνέβη πριν.

Απόδοση Πρωτοκόλλου Επανεκπομπής ABP – με σφάλματα

$$E(x) = RTT + \frac{(1-p)}{p}T$$

Και η απόδοση θα είναι $n_{ABP} = \frac{TRANSP}{E(x)} = \frac{TRANSP}{RTT + T \frac{1-p}{p}}$, σχέση (4.4) σελ.109

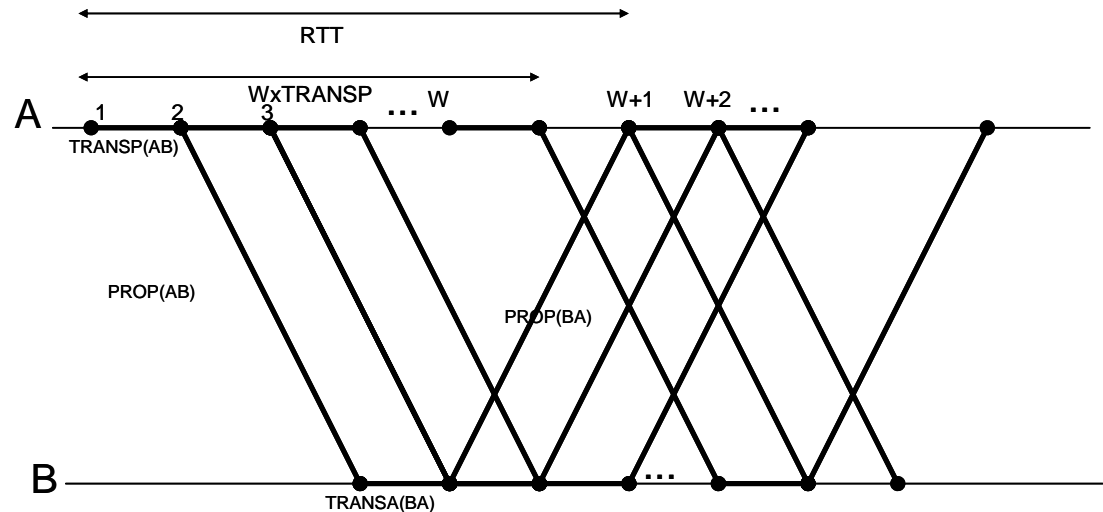
Μέσος ρυθμός ροής πακέτων: $\lambda = 1 \text{ πακέτο κάθε } E(x) \text{ sec} = \frac{1}{E(x)} \frac{\text{πακέτα}}{\text{sec}}$

Μέσος ρυθμός ροής δεδομένων $r = \lambda \frac{\text{πακέτα}}{\text{sec}} \cdot D \frac{\text{data_bits}}{\text{πακέτο}} = \lambda D \frac{\text{data_bits}}{\text{sec}}$

Πρωτόκολλο Επανεκπομπής Go-Back-N (GBN)

- Ο αποστολέας μπορεί να στείλει ένα πλήθος από πλαίσια δεδομένων πριν λάβει το 1ο ACK από τον παραλήπτη. Το πλήθος αυτών των ανεπιβεβαίωτων πλαισίων ονομάζεται μέγεθος παραθύρου και συμβολίζεται με n (ή με W =window).
- Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι για να εκμεταλλευτεί την χωρητικότητα της ζεύξης για όσο χρόνο κάνει ένα πακέτο να μεταδοθεί, να διαδοθεί και στη συνέχεια να αποσταλεί η επιβεβαίωση.
- Ο αποστολέας μεταδίδει τα πλαίσια - εφόσον υπάρχουν - με αριθμό 0, 1, 2, ..., $n-1$ και μετά αναμένει, για κάποιο χρόνο T , την άφιξη του αντίστοιχου ACK για κάθε μεταφερόμενο πλαίσιο.
- Μόλις ο αποστολέας παραλάβει την επιβεβαίωση λήψης ACK-0 για το πλαίσιο 0, τότε μεταδίδει το επόμενο πλαίσιο W . Ανάλογα, μόλις παραλάβει το ACK-1, τότε αποστέλλει το πλαίσιο $W+1$. Έτσι, φροντίζει κάθε στιγμή να βρίσκονται υπό μεταφορά ένα παράθυρο W ανεπιβεβαίωτων πλαισίων.
- Στην πράξη, συνήθως η σύμβαση είναι ότι αντι να κάνει ACK το i , μπορεί να κάνει request το $i+1$ (request number $RN=i+1$)

Απόδοση Πρωτοκόλλου Επανεκπομπής Go Back N – Χωρίς σφάλματα



Αποστολή W διαδοχικών πακέτων.

Αν επιβεβαιωθεί εντός προθεσμίας $T \geq RTT$ το πακέτο 1, τότε αποστέλλονται διαδοχικά τα πακέτα $W+1, W+2, \dots, 2W$. Αν δεν ληφθεί η επιβεβαίωση του πακέτου k , τότε επανεκπέμπονται όλα τα πακέτα από το k και μετά (πάντα τα παράθυρα εκπομπής έχουν W πακέτα).

Και στην GoBackN, ισχύει ότι

$$S = RTT = \text{TRANSP}(AB) + \text{PROP}(AB) + \text{TRANSA}(BA) + \text{PROP}(BA)$$

Απόδοση χωρίς σφάλματα:

$$n_{GBN} = \frac{W \cdot \text{TRANSP}(AB)}{S} = W \cdot n_{ABP}$$

Αν $W \cdot \text{TRANSP} \geq RTT$ τότε $n_{GBN} = 100\%$ οπότε έχουμε ότι,

$$n_{GBN} = \min\left(1, \frac{W \cdot \text{TRANSP}(AB)}{S}\right)$$

Απόδοση Πρωτοκόλλου Επανεκπομπής Go Back N – Με σφάλματα

Μέσος Χρόνος Αποστολής πακέτου

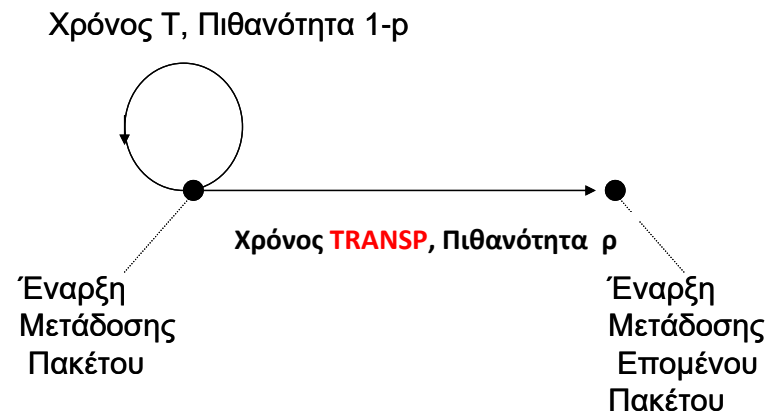
$$E(x) = p \cdot \text{TRANSP} + (1-p)[T + E(x)] \Rightarrow E(x) = \text{TRANSP} + T \frac{1-p}{p}$$

$$n_{GBN} = \frac{\text{TRANSP}}{E(x)} = \frac{\text{TRANSP}}{\text{TRANSP} + T \frac{1-p}{p}}$$

Αν $T = W \times \text{TRANSP}$,

$$n_{GBN} = \frac{1}{1 + W \frac{1-p}{p}}$$

Μέσος ρυθμός ροής πακέτων: $\lambda = 1 \text{ πακέτο κάθε } E(x) \text{ sec} = \frac{1}{E(x)} \frac{\text{πακέτα}}{\text{sec}}$

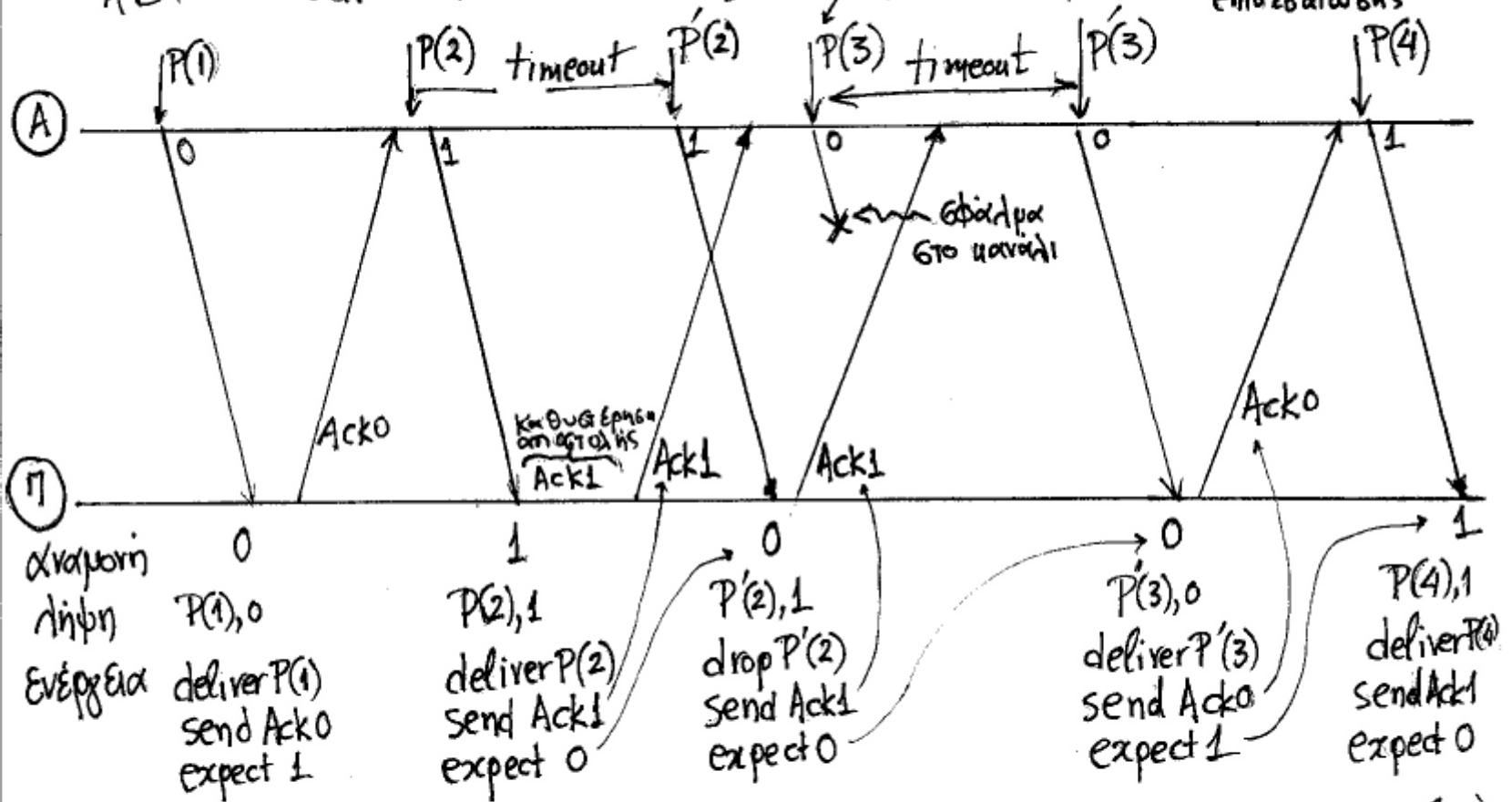


Selective Repeat Protocol

- Το πρωτόκολλο επιλεκτικής επανάληψης βασίζεται στους μηχανισμούς επιβεβαίωσης λήψης και χρόνου προθεσμίας και επιτρέπει περισσότερα από ένα ανεπιβεβαίωτα πλαίσια να βρίσκονται κάθε στιγμή υπό μεταφορά.
- Χρησιμοποιεί έναν ενταμιευτή στον αποστολέα, για να αποθηκεύει προσωρινά τα ανεπιβεβαίωτα πλαίσια.
- Χρησιμοποιεί προσωρινό ενταμιευτή και στον παραλήπτη κόμβο, στον οποίο αποθηκεύονται τα πλαίσια που λαμβάνονται εκτός σειράς, μέχρις ότου έρθει η στιγμή για να προωθηθούν προς περαιτέρω επεξεργασία. Και αυτή η στιγμή έρχεται, όταν ο παραλήπτης λαμβάνει τα πλαίσια που έλειπαν από την επιθυμητή διάταξη.

[Link_demo](#)

Σχόλια για Παράδειγμα 4.3 (Τόμος Γ)
 ABP. σελ. 106.
 επανέμπολη P(2) λόγω παρέλευσης χρόνου προθεσμίας
 αποστολή P(3) με τη λήψη της αρχικής επιβεβαίωσης



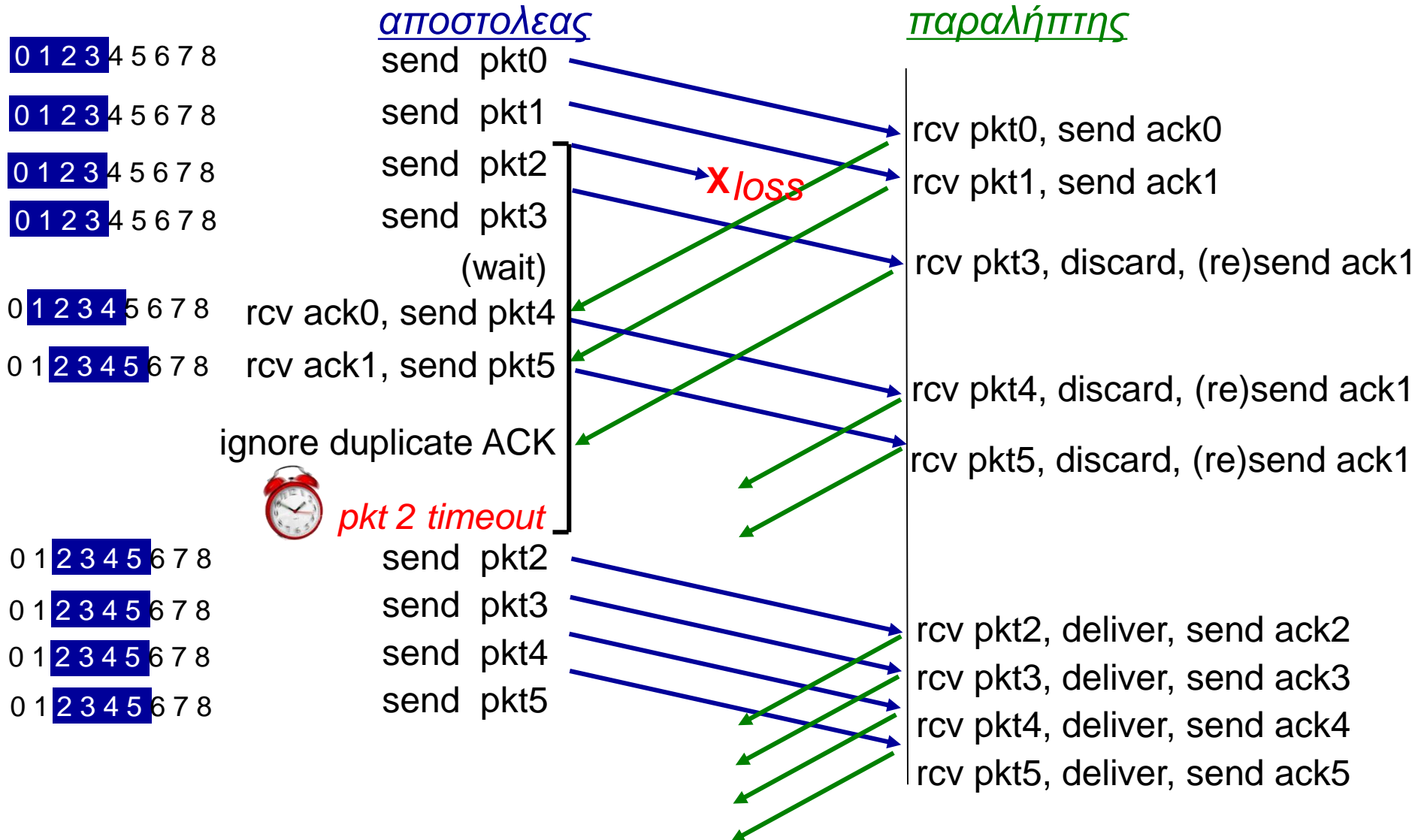
Αποστολέας (A) : Στέλνει πακέτα και 1 bit επικεφαλίδα (0/1)

Παραλήπτης (Π) : Απαρτίζει αντίστοιχη επικεφαλίδα (0/1) και στέλνει επιβεβαιώσεις.

Σημείωση για την προηγούμενη διαφάνεια: Επειδή τόσο ο αποστολέας όσο και ο παραλήπτης τηρούν την ακολουθία επικεφαλίδων 0-1-0-1-... δεν επηρεάζεται η σειρά των πακέτων που μεταφέρονται μεταξύ Α-Π από οποιαδήποτε εσφαλμένα πακέτα δεδομένων ή επιβεβαιώσεων. Αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί είναι κάποιες πλεονάζουσες επαναποστολές πακέτων (δεδομένων ή επιβεβαιώσεων), τα οποία απορρίπτονται στον Π ή στον Α αντίστοιχα.

GBN σε δράση

Παράθυρο εκπομπής ($W=4$)



Selective repeat σε δράση

Παράθυρο εκπομπής (W=4)

αποστολέας

παραλήπτης

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8

send pkt0

send pkt1

send pkt2

send pkt3

(wait)

rcv ack0, send pkt4

rcv ack1, send pkt5

record ack3 arrived



pkt 2 timeout

send pkt2

record ack4 arrived

record ack5 arrived

receive pkt0, send ack0

receive pkt1, send ack1

rcv pkt3, buffer, send ack3

rcv pkt4, buffer, send ack4

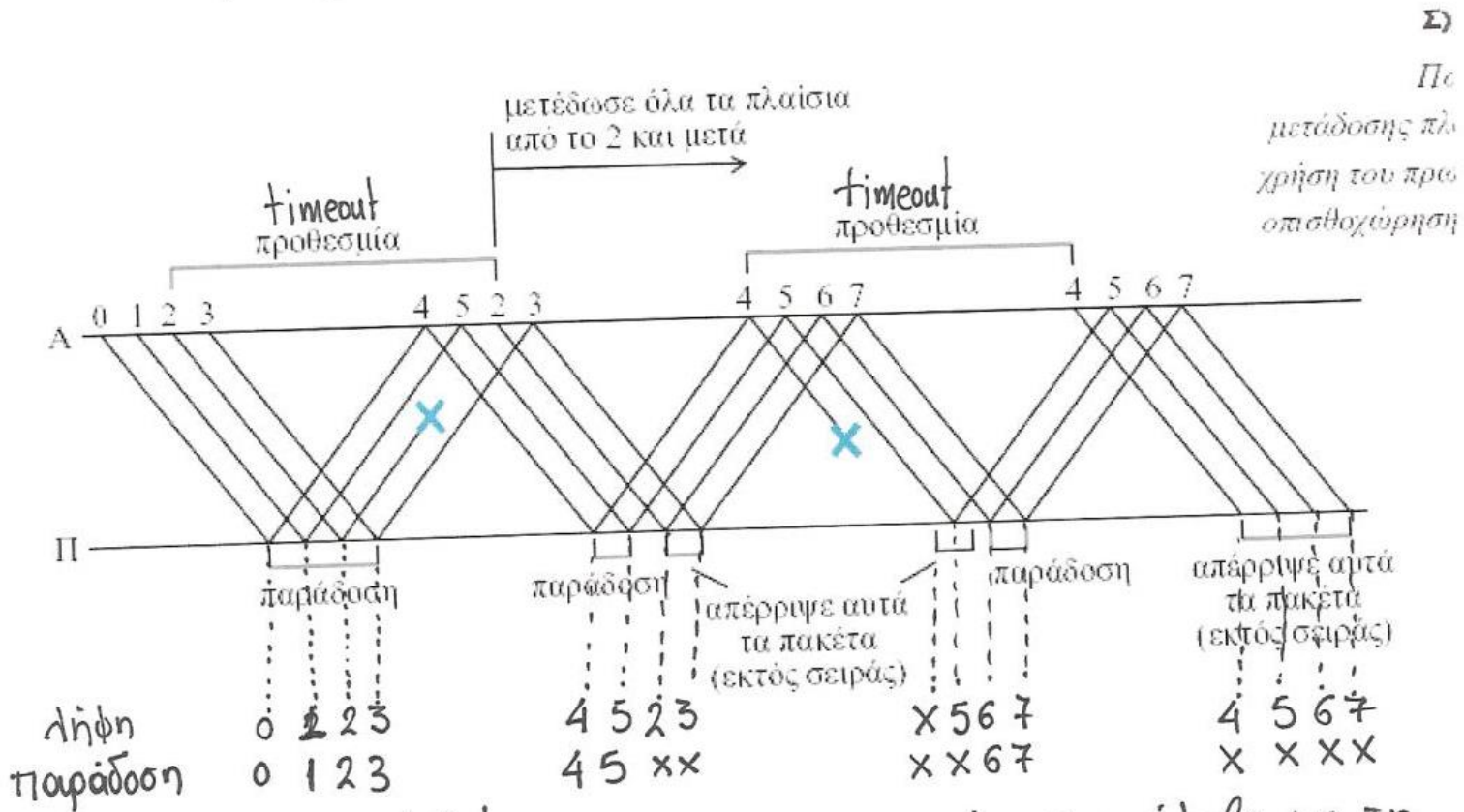
rcv pkt5, buffer, send ack5

rcv pkt2; deliver pkt2,
pkt3, pkt4, pkt5; send ack2

X loss

Σχέδια για Go Back-N & SRP. (Τόμος Γ)

σελ. 113 Παράδειγμα 4.5 Go Back-N



Ο παραλήπτης παραδίδει/προωθεί μόνο τα πακέτα που έλαβε με τη σωστή σειρά & απαιτεί επανεκπομπή όλων των πακέτων μετά το 'αποτυχημένο'

⇒ Πρόβλημα Go Back N: Άσυστη χρήση παραλίου/συνδέσφου για αναμετάδοση όλων των πακέτων.

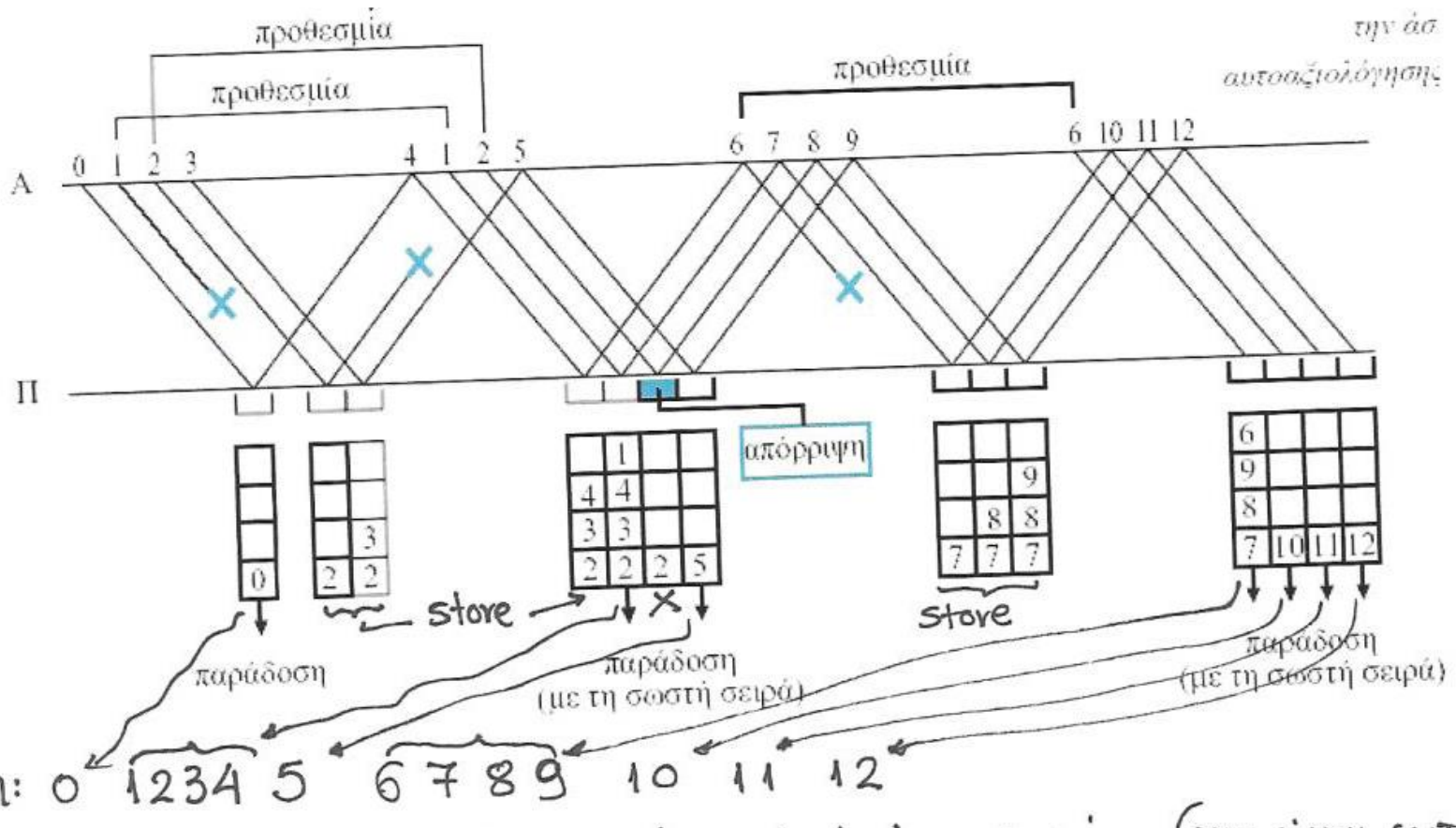
1ο σενάριο μετά πλαίσιο

σελ. 123

σχ. 4.13

SRP.

(Τόμος Γ)



ο παραλήπτης αποθηκεύει προσωρινά τα ήδη φθέρτα πακέτα (που είναι εκτός σειράς) και αναμένει αναμετάδοση μόνο των "αποτυχημένων". ώστε να προωθεί τελικά τα πακέτα στη σωστή σειρά

Μειονέκτηρα SRP: Απαιτήσεις μνήμης στον παραλήπτη για αποθήκευση πακέτων.

Πρωτόκολλα επανεκπομπής -τυπολόγιο

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 $T=W \times TRANSP$

$$n_{GBN} = \frac{1}{1 + W \frac{1-p}{p}}$$

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

SRP

Όταν PER=0

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

Όταν PER>0

και $T=W \times TRANSP$

$$n_{SRP} \approx \frac{2 + (1-p)(W-1)}{2 + (1-p)(3W-1)}$$

και $(1-p)W \leq 10\%$

ΕΞ2016Β

ΘΕΜΑ 6

Μέσα από ένα αμφίδρομο δορυφορικό δίαυλο με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 100Kbps στέλνονται πλαίσια των 6000bit. Οι επικεφαλίδες καταλαμβάνουν 600bit από τα 6000bit του πλαισίου. Οι επιβεβαιώσεις είναι πολύ μικρές.

Ποιος είναι ο καθαρός ρυθμός δεδομένων που βλέπει ο τελικός χρήστης αν χρησιμοποιείται:

(α) πρωτόκολλο STOP-AND-WAIT;

(β) πρωτόκολλο GO-BACK-N με μέγεθος για το παράθυρο 7 πλαίσια;

(γ) πρωτόκολλο SELECTIVE-REPEAT με μέγεθος για το παράθυρο 16 πλαίσια;

Εξηγήστε σε κάθε περίπτωση γιατί έχουμε «χαμένο» ρυθμό μετάδοσης σε σχέση με το συνολικό ρυθμό μετάδοσης του δίαυλου. Η καθυστέρηση διάδοσης είναι 300ms για κάθε κατεύθυνση. Να υποθέσετε ότι ο ρυθμός εσφαλμένων πακέτων και επιβεβαιώσεων είναι αμελητέος.

α) Stop & Wait.

$$\text{Goodput} = \text{Throughput} \cdot \frac{\text{data bits} - \text{packet}}{\text{total bits} - \text{packet}}$$

$$\text{Throughput} = \eta \cdot R$$

$$\eta = \frac{\text{TRANSP}}{\text{ABP} \text{ TRANSP} + 2 \text{ PROP}} = \frac{\frac{6000 \text{ bits}}{100 \cdot 10^3 \text{ bits/sec}}}{\frac{6000}{100 \cdot 10^3} \text{ sec} + 2 \cdot 300 \text{ msec}} = \frac{0.06}{0.06 + 0.6} = 0.091$$

Διευκρίνιση ότι TRANSA = 0

$$\text{Goodput} = 0.091 \cdot 100 \text{ kbps} \cdot \frac{5400}{6000} = 8.18 \text{ kbps}$$

β) GBN:

$$\eta = \frac{W \cdot \text{TRANSP}}{\text{TRANSP} + 2 \text{ PROP}} = W_B \cdot \eta_{\text{ABP}} = 7 \cdot 0.091 = 0.637 < 1$$

$$\text{Goodput} = 0.637 \cdot 100 \text{ kbps} \cdot \frac{5400}{6000} = 57.3 \text{ kbps}$$

γ) SRP

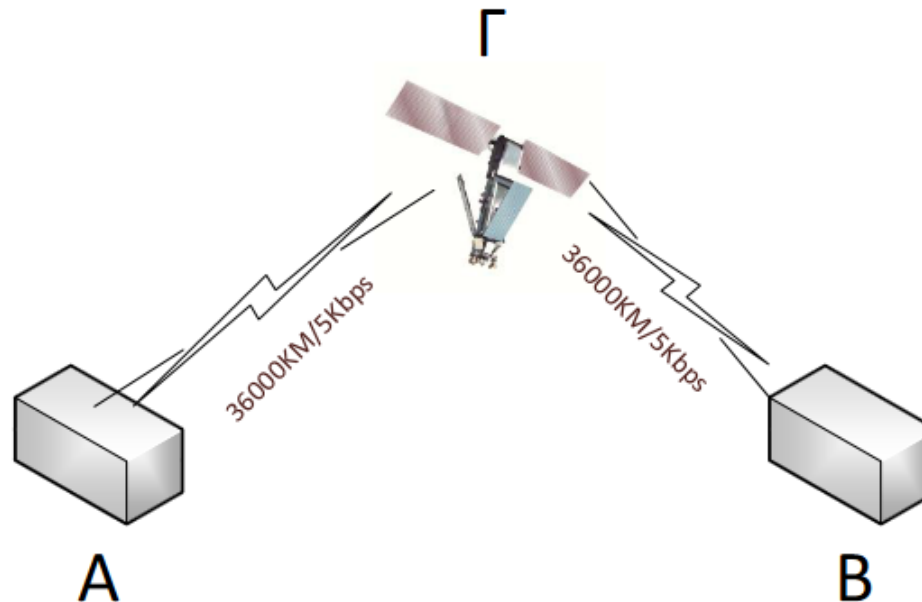
$$\eta = \frac{W \text{ TRANSP}}{\text{TRANSP} + 2 \text{ PROP}} = W_F \cdot \eta_{\text{ABP}} = 16 \cdot 0.091 = 1.456 > 1 \Rightarrow \eta = 1$$

$$\text{Goodput} = 1 \cdot 100 \text{ kbps} \cdot \frac{5400}{6000} = 90 \text{ kbps}$$

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τα βασικά πρωτόκολλα ABP, GBN, SRP και της έννοιας της απόδοσης αυτών των πρωτοκόλλων.

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ3/1112/Θ4, ΓΕ1/1415/Θ2, ΓΕ3/1011/Θ4, ΓΕ1/1718/Θ2, ΓΕ1/1819/Θ1

Στα πλαίσια παρακολούθησης της κλιματικής αλλαγής έχει τοποθετεί στην έρημο Σαχάρα ένας μετεωρολογικός σταθμός (σταθμός A) ο οποίος επικοινωνεί με το κέντρο ελέγχου (σταθμός B) μέσω γεωστατικού δορυφόρου, έστω Γ. Οι αποστάσεις μεταξύ των επίγειων σταθμών και του δορυφόρου, δηλαδή οι αποστάσεις A-Γ και B-Γ, είναι 36000km. Κάθε πλαίσιο δεδομένων μεταδίδεται από τον σταθμό A στον δορυφόρο Γ και ο δορυφόρος Γ το προωθεί στον σταθμό B. Αντίστοιχα, ο σταθμός B στέλνει επιβεβαίωση λήψης του πλαισίου δεδομένων στον δορυφόρο Γ και ο δορυφόρος Γ την προωθεί στον σταθμό A (δείτε την σχετική τοπολογία του Σχήματος 2). Ο ρυθμός μετάδοσης των δορυφορικών ζεύξεων είναι 5Kbps. Τα πλαίσια έχουν μέγεθος 1000bit, και οι επιβεβαιώσεις (ACK) έχουν μέγεθος 100bit. Ο χρόνος επεξεργασίας πλαισίου δεδομένων και επιβεβαιώσεων σε κάθε κόμβο είναι αμελητέος. Υποθέτουμε ότι τόσο στη ζεύξη A-Γ όσο και στη ζεύξη Γ-B η πιθανότητα σφάλματος είναι $0,98 \times 10^{-3}$. Η ταχύτητα διάδοσης είναι ίση με 300.000 km/sec.



(α) Υποθέτουμε ότι η μετάδοση των δεδομένων από τον έναν σταθμό στον άλλο γίνεται με το πρωτόκολλο ABP και ο χρόνος προθεσμίας του πρωτοκόλλου ABP ισούται με τον αντίστοιχο χρόνο μετάβασης μετ' επιστροφής (RTT). Ποια είναι η απόδοση του πρωτοκόλλου ABP; Την αποτιμάτε ως ψηλή ή χαμηλή για τα δεδομένα λειτουργίας του πρωτοκόλλου ABP; Δικαιολογήστε σύντομα την απάντησή σας.

(β) Υποθέτουμε ότι η μετάδοση των δεδομένων από τον έναν σταθμό στον άλλο γίνεται με το πρωτόκολλο SRP. Αν το μέγεθος παραθύρου W του πρωτοκόλλου SRP είναι ίσο με το μέγεθος παραθύρου το οποίο εξασφαλίζει απόδοση 100% σε συνθήκες μετάδοσης χωρίς σφάλματα, ποια είναι η απόδοση του πρωτοκόλλου SRP παρουσία των σφαλμάτων;

(γ) Υποθέτουμε ότι η μετάδοση των δεδομένων από τον έναν σταθμό στον άλλο γίνεται με το πρωτόκολλο GBN και σε αντίθεση με ερώτημα (α) δεν γνωρίζουμε την τιμή του χρόνου προθεσμίας του πρωτοκόλλου. Αν η απόδοση του πρωτοκόλλου GBN είναι 0,98168, ποια είναι η τιμή του χρόνου προθεσμίας του πρωτοκόλλου GBN;

Διευκρίνιση : Για τους υπολογισμούς θεωρήστε ότι $1K = 1000$

Για όλα τα ερωτήματα ισχύουν:

Απόσταση ΑΓ $D_{ΑΓ} = 36.000.000\text{m}$

Ρυθμός μετάδοσης ΑΓ $R_{ΑΓ} = 5.000\text{bps}$

Απόσταση ΓΒ $D_{ΓΒ} = D_{ΑΓ} = 36.000.000\text{m}$

Ρυθμός μετάδοσης ΓΒ $R_{ΓΒ} = R_{ΑΓ} = 5.000\text{bps}$

Μέγεθος πλαισίου $P = 1000\text{bits}$

Μέγεθος επιβεβαίωσης (ACK) $A = 100\text{bits}$

Ταχύτητα διάδοσης $V = 300.000.000\text{m/sec}$

Χρόνοι μετάδοσης πλαισίου:

$$\text{TRANSP}_{ΑΓ} = \text{TRANSP}_{ΒΓ} = P / R_{ΑΓ} = 1000\text{bits}/5.000\text{bps} = 0,2\text{sec}$$

Χρόνοι μετάδοσης επιβεβαίωσης:

$$\text{TRANSA}_{ΒΓ} = \text{TRANSA}_{ΓΑ} = A / R_{ΑΓ} = 100\text{bits}/5.000\text{bps} = 0,02\text{sec}$$

Χρόνοι διάδοσης πλαισίου και επιβεβαίωσης στις 4 εμπλεκόμενες ζεύξεις:

$$\text{PROP}_{ΑΓ} = \text{PROP}_{ΓΒ} = \text{PROP}_{ΒΓ} = \text{PROP}_{ΓΑ} = D_{ΑΓ}/V = 36.000.000\text{m}/300.000.000\text{m/sec} = 0,12\text{sec}$$

Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά ενός πλαισίου και τη λήψη της επιβεβαίωσης είναι:

$$S = \text{TRANSP}_{ΑΓ} + \text{TRANSP}_{ΓΑ} + \text{TRANSP}_{ΒΓ} + \text{TRANSP}_{ΓΒ} + \text{PROP}_{ΑΓ} + \text{PROP}_{ΓΑ} + \text{PROP}_{ΒΓ} + \text{PROP}_{ΓΒ} = 0,92\text{sec}$$

Όταν η πιθανότητα σφάλματος είναι $p_f = 0.98 \times 10^{-3}$, η πιθανότητα να μεταφερθεί σωστά το πλαίσιο ή η επιβεβαίωση σε κάθε ζεύξη είναι $p_s = 1 - p_f = 1 - 0.98 \times 10^{-3} = 0,99902$. Συνεπώς, η συνολική πιθανότητα επιτυχούς μετάδοσης πλαισίου ισούται με $p_s = 0,99902^4 = 0,99609$.

(α) Σύμφωνα με την εκφώνηση, ο χρόνος προθεσμίας του πρωτοκόλλου ABP ισούται με τον αντίστοιχο χρόνο μετάβασης μετ' επιστροφής (RTT):

$$T = S = 0,92\text{sec}$$

Η απόδοση του πρωτοκόλλου καθορίζεται από την πιο αργή ζεύξη, στην περίπτωση μας οι ζεύξεις έχουν την ίδια ταχύτητα και τυχαία επιλέγουμε την Α-Γ, επομένως η απόδοση του ABP παρουσία σφαλμάτων σφάλματα δίνεται από την παρακάτω σχέση, δεδομένου ότι $S = T$:

$$n_{ABP} = p_s \cdot TRANSP_{AG}/S \approx 0,217$$

(το σύμβολο \approx υποδεικνύει ρητά ότι υπήρξε στρογγύλευση του αποτελέσματος, εδώ σε επίπεδο 3^{ου} δεκαδικού ψηφίου)

Η απόδοση, ως σχετικός αριθμός, κρίνεται ιδιαίτερα ψηλός, με δεδομένη την ένα-πλαίσιο-τη-φορά λειτουργία του ABP και της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης στις δορυφορικές ζεύξεις. Ο λόγος είναι ότι οι ζεύξεις είναι ιδιαίτερα αργές (5kbps) ώστε να καθιστούν τις καθυστερήσεις εκπομπής συγκρίσιμες με (στην πραγματικότητα ψηλότερες από) τις καθυστερήσεις διάδοσης. Σε κάθε περίπτωση, η ρυθμαπόδοση πάνω από το δίκτυο σε απόλυτους όρους είναι ιδιαίτερα χαμηλή, μόλις $0.217 \cdot 5\text{kbps} = 1,085\text{kbps}$

(β) Καταρχήν, θα πρέπει να υπολογίσουμε το παράθυρο W το οποίο εξασφαλίζει απόδοση 100% σε μετάδοση χωρίς σφάλματα με το SRP:

$$W \cdot TRANSP_{AR} \geq S \Leftrightarrow W \geq \frac{S}{TRANSP_{AR}} \Leftrightarrow W \geq \frac{0,92sec}{0,2sec} \Leftrightarrow W \geq 4,6$$

Επομένως, το ελάχιστο μήκος παραθύρου είναι ακέραιος αριθμός και είναι $W = 5$.

Επίσης, τα λάθη είναι σπάνια δεδομένου ότι:

$$(1 - p_s) W \approx 0,01957 < 0,1$$

Κατά συνέπεια, μπορούμε να εφαρμόσουμε τον παρακάτω τύπο για τον υπολογισμό της απόδοσης του πρωτοκόλλου SRP:

$$n_{SRP} = \frac{2 + (1 - p_s) \cdot (W - 1)}{2 + (1 - p_s) \cdot (3W - 1)} = \frac{2 + (1 - 0,9960858) \cdot (5 - 1)}{2 + (1 - 0,9960858) \cdot (3 \cdot 5 - 1)} \approx 0,981$$

(γ) Η απόδοση του πρωτοκόλλου καθορίζεται από την πιο αργή ζεύξη, στην περίπτωση μας οι ζεύξεις έχουν την ίδια ταχύτητα και τυχαία επιλέγουμε την Α-Γ. επομένως η απόδοση του GBN παρουσία σφαλμάτων σφάλματα δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$n_{GBN} = \frac{TRANSP_{AG}}{TRANSP_{AG} + T \frac{1-p_s}{p_s}}$$

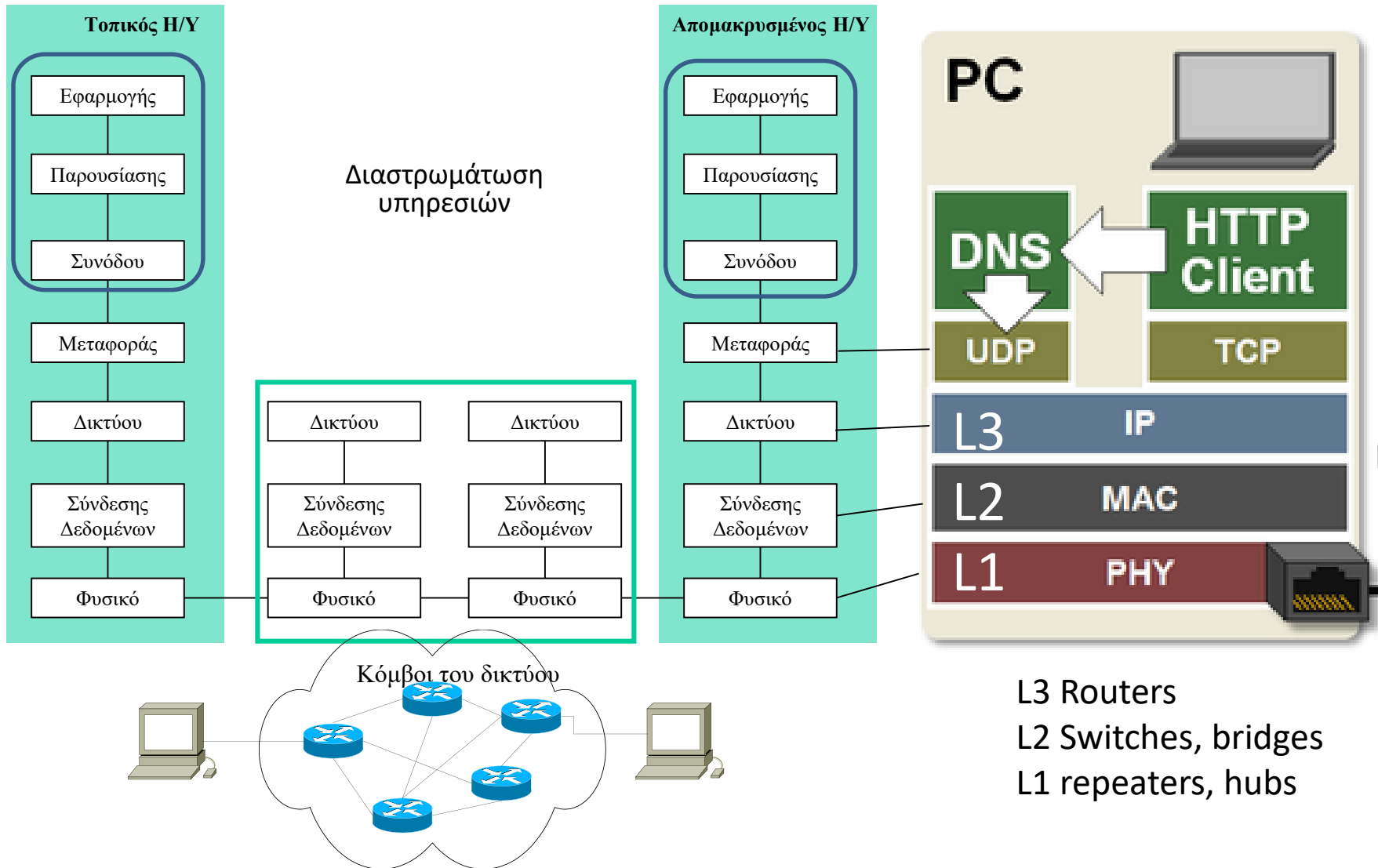
Εάν λύσουμε την παραπάνω σχέση ως προς την τιμή του χρόνου προθεσμίας του πρωτοκόλλου T:

$$T = \frac{\frac{TRANSP_{AG}}{n_{GBN}} - TRANSP_{AG}}{\frac{1-p_s}{p_s}} \approx 0,95 \text{ sec}$$

Διαστρωμάτωση OSI, TCP/IP

- βλ. διαφάνειες 77-84

Το Μοντέλο Αναφοράς ISO/OSI



L3 Routers
L2 Switches, bridges
L1 repeaters, hubs

Επίπεδο Εφαρμογής: Προδιαγράφει τις Υπηρεσίες που εκτελούνται από τις τελικές εφαρμογές (e-mail, ftp κλπ)

Επίπεδο Παρουσίας: Αναπαράσταση Δεδομένων, Συμπύεση, Κρυπτογράφηση. (θα ασχοληθούμε με τέτοια θέματα στο βιβλίο «Θεωρία Πληροφορίας»)

Επίπεδο Συνόδου: Εγκαθίδρυση-Επίβλεψη-τερματισμός sessions μεταξύ τερματικών υπολογιστών (επιλογή simplex/half duplex/duplex σύνδεσης κλπ)

Επίπεδο Μεταφοράς: Αφορά το κανάλι επικοινωνίας μεταξύ των τερματικών υπολογιστών. Διάσπαση Δεδομένων σε πακέτα, Ανασύνθεση, έλεγχος ορθής αποστολής, διόρθωση σφαλμάτων, πρωτόκολλα επανεκπομπής, σύνδεση με νοητά κυκλώματα/αυτοδύναμα πακέτα, πολυπλεξία μηνυμάτων κλπ. (Θα ασχοληθούμε με τέτοια θέματα σε ασκήσεις του βιβλίου «Δίκτυα Υπολογιστών»)

Επίπεδο Δικτύου: Δρομολογήση πακέτων μεταξύ γειτονικών κόμβων, έλεγχος συμφόρησης κόμβων, διευθυνσιοδότηση πακέτων

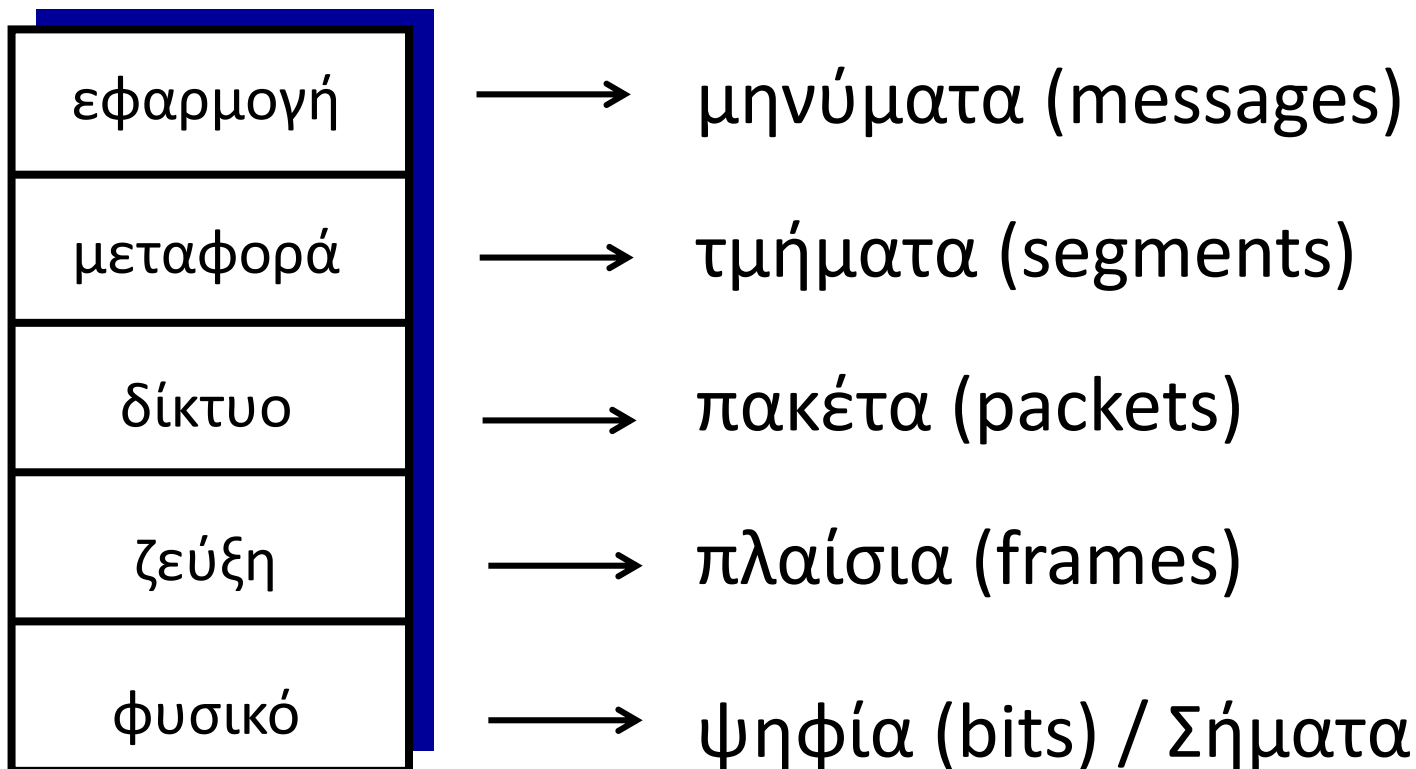
Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων: Οργάνωση πακέτων σε πλαίσια, πρόσθεση πληροφοριών ελέγχου, έλεγχος σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων, πρωτόκολλα επανεκπομπής(Θα ασχοληθούμε με τέτοια θέματα σε ασκήσεις του βιβλίου «Δίκτυα Υπολογιστών»)

Φυσικό επίπεδο: Ηλεκτρικές/Μηχανικές/Λειτουργικές προδιαγραφές μετάδοσης σημάτων μεταξύ κόμβων (Χαρακτηριστικά Μετάδοσης, Διαμόρφωσης Σήματος, Κωδικοποίησης Καναλιού κλπ) (Θα ασχοληθούμε με τέτοια θέματα σε ασκήσεις του βιβλίου «Ψηφιακές Επικοινωνίες»)

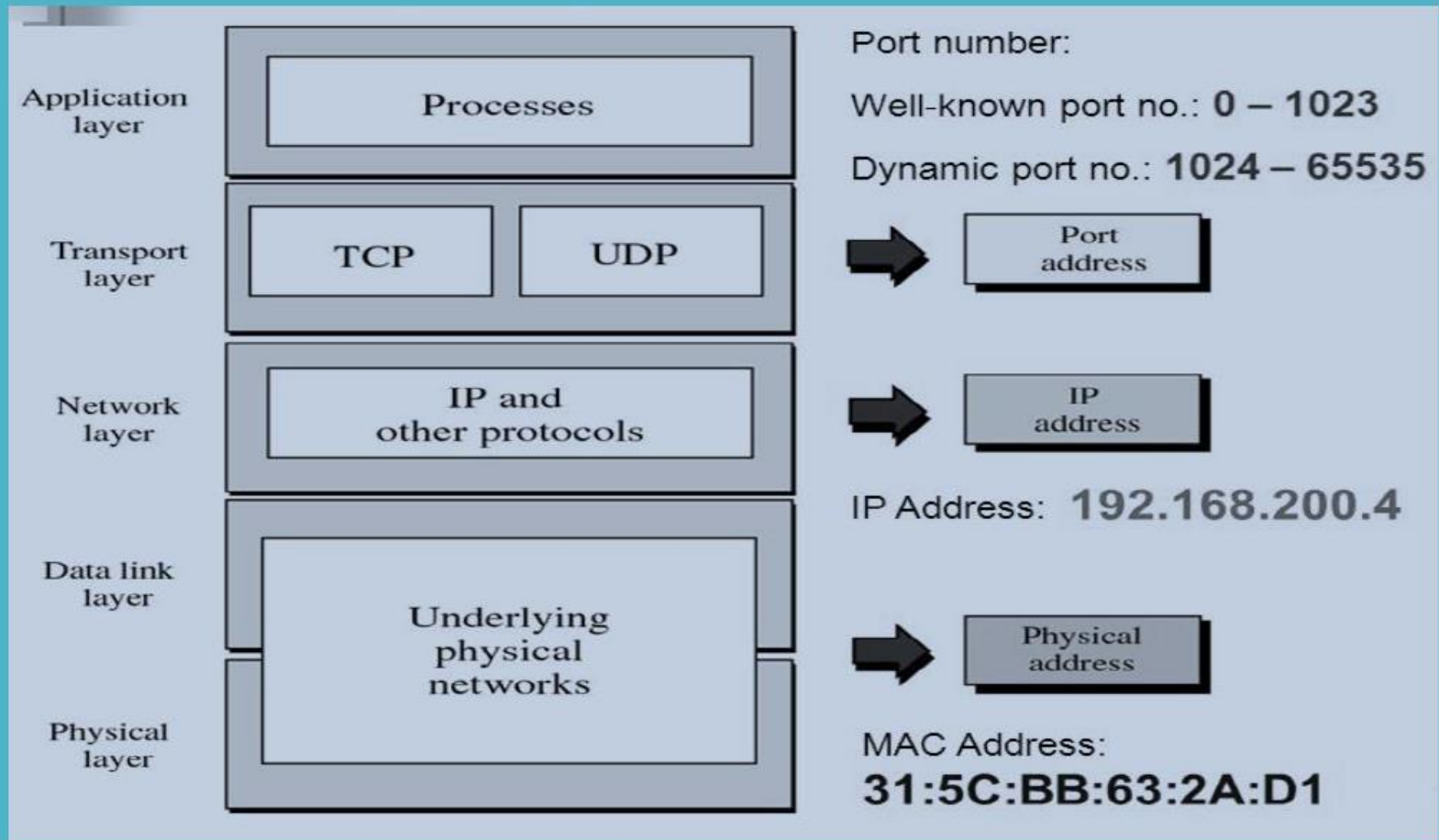
Για το Διαδίκτυο (σελ.58-61)έχουμε την εξής διαστρωμάτωση:

- Επίπεδο Εφαρμογής (περιλαμβάνει τα OSI επίπεδα 7,6,5)
- Επίπεδο Μεταφοράς (TCP/UDP) (περιλαμβάνει το OSI επίπεδο 4)
- Επίπεδο Δικτύου (IP) (περιλαμβάνει το OSI επίπεδο 3)
- Επίπεδο Πρόσβασης (περιλαμβάνει τα OSI επίπεδα 2,1)

Στοίβα πρωτοκόλλων και μονάδες δεδομένων



Με πιο τρόπο είναι δυνατή η ταυτοποίηση ενός υπολογιστή σε κάθε επίπεδο? Αυτή η ταυτοποίηση απαιτείται στο επίπεδο μεταφοράς (port number), στο επίπεδο δικτύου (IP address) και στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου (MAC address).



Υπηρεσίες πρωτοκόλλων μεταφοράς στο Διαδίκτυο

Υπηρεσία μεταφοράς TCP:

- **Αξιόπιστη μεταφορά** μεταξύ διεργασιών αποστολής και λήψης
- **έλεγχος ροής:** ο αποστολέας δε θα υπερφορτώσει τον δέκτη
- **έλεγχος συνωστισμού:** φρενάρει τον εξυπηρετητή όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο
- **Δεν παρέχει:** χρονισμό, ελάχιστες εγγυήσεις ρυθμαπόδοσης, ασφάλεια
- **connection-oriented:** απαιτείται εκκίνηση σύνδεσης μεταξύ διεργασιών εξυπηρετητή και πελάτη

Υπηρεσία μεταφοράς UDP:

- **Αναξιόπιστη μεταφορά δεδομένων** ανάμεσα στις διαδικασίες αποστολής και λήψης
- **Δεν παρέχει:** αξιοπιστία, έλεγχο ροής, έλεγχο συμφόρησης, χρονισμό, εγγυήσεις ρυθμαπόδοσης, ασφάλεια, ή εγκατάσταση σύνδεσης

Q: Γιατί να υπάρχει το UDP, τι το χρειαζόμαστε;

Ένα TCP / IP socket είναι ένας συνδυασμός της μορφής

IP Address : Port Number

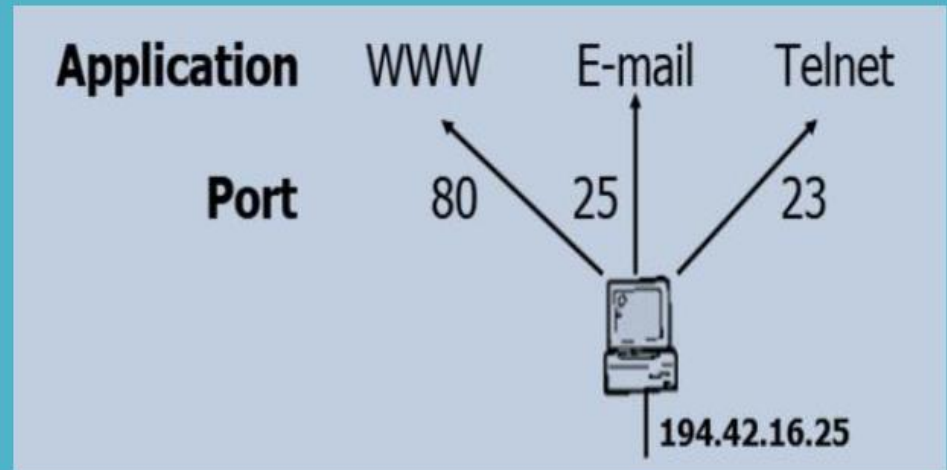
για παράδειγμα,

194.42.16.25 : 21

Στον παραπάνω συνδυασμό, η διεύθυνση IP προσδιορίζει με μοναδικό τρόπο **έναν και μοναδικό υπολογιστή** του παγκόσμιου διαδικτύου, ενώ ο αριθμός θύρας προσδιορίζει μία **υπηρεσία** σε αυτόν τον υπολογιστή.

Το σύστημα χρησιμοποιεί τα ports 0 – 1023 ενώ τα υπόλοιπα (με τιμές μέχρι 65536) χρησιμοποιούνται από τις εφαρμογές των χρηστών. Γνωστοί αριθμοί θύρας είναι

www → 80 ssh → 22
ftp → 21 telnet → 23
email → 25

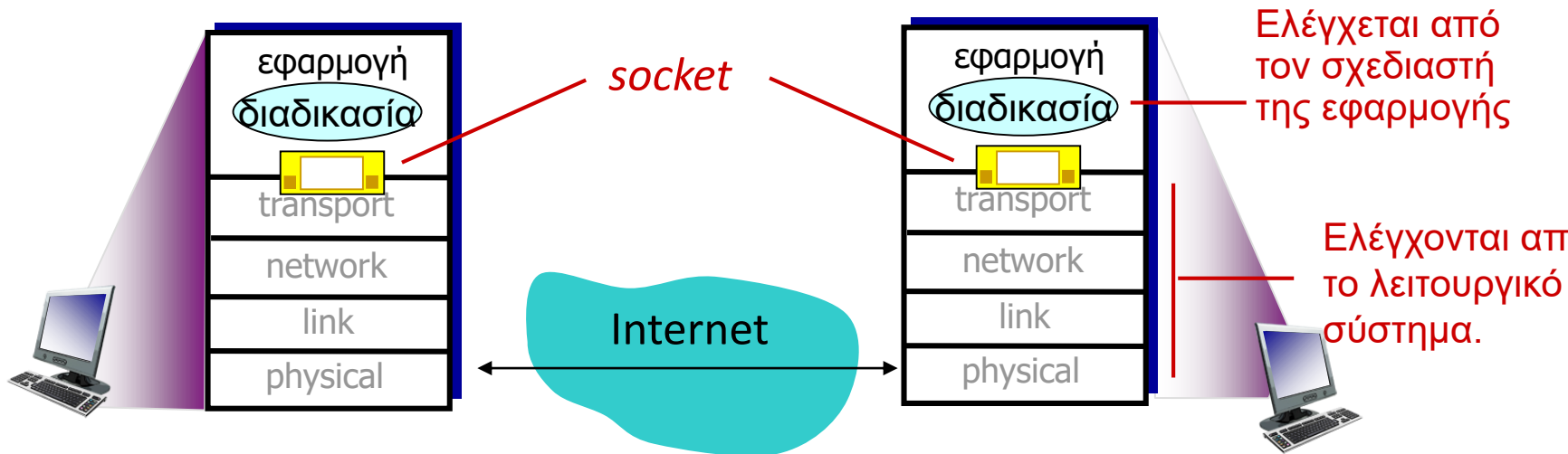


Διευθυνσιοδότηση διεργασιών

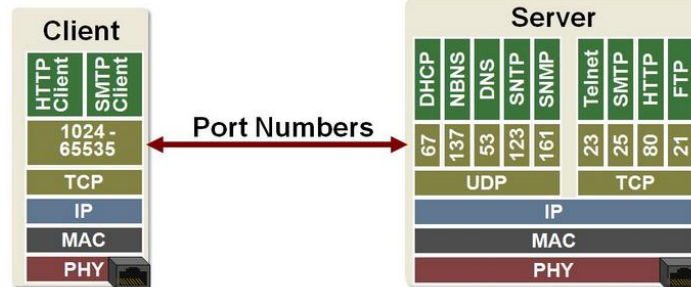
- Για να λάβει μηνύματα, μια διεργασία χρειάζεται να έχει ένα αναγνωριστικό (*identifier*)
- Ο host έχει μια μοναδική IP διεύθυνση των 32 bits
- Q: Αρκεί η IP διεύθυνση του host, στον οποίο τρέχει η διεργασία, για να αναγνωρίζεται η διεργασία;
 - A: όχι, αφού περισσότερες από μία διεργασίες μπορεί να τρέχουν στον ίδιο κόμβο-host
- ο *identifier* περιλαμβάνει και την IP διεύθυνση και αριθμούς θυρίδας (*port numbers*) συσχετισμένους με τη διεργασία στον host
- Παραδείγματα αριθμών ports:
 - HTTP εξυπηρετητής: 80
 - Εξυπηρετητής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου : 25
- για να στείλει κανείς HTTP μήνυμα στον εξυπηρετητή ιστού `gaia.cs.umass.edu`:
 - IP διεύθυνση: 128.119.245.12
 - αριθμός port : 80

Sockets

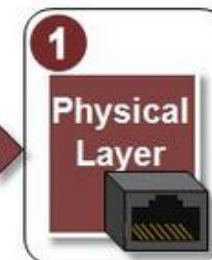
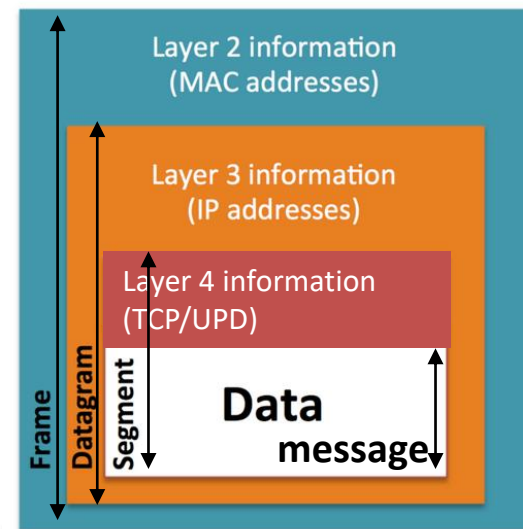
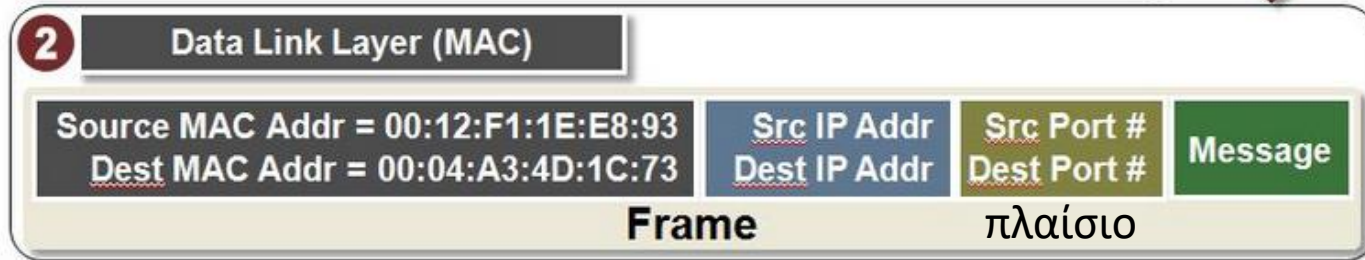
- Μια διεργασία στέλνει/λαμβάνει μηνύματα προς/από τα sockets που χρησιμοποιεί
- socket : αναλογία με την πόρτα
 - Διεργασία που ωθεί μηνύματα από το επίπεδο εφαρμογής
 - Η διεργασία-αποστολέας βασίζεται στο επίπεδο μεταφοράς που υλοποιείται από την άλλη μεριά της πόρτας ώστε να μεταφέρει το μήνυμα σε ένα socket στη διαδικασία λήψης



Ενθυλάκωση-Παράδειγμα



DNS
Έχει προηγηθεί



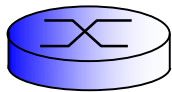
Επίπεδα πρωτοκόλλων και κόμβοι

- ❖ Κάθε κόμβος στο δίκτυο υλοποιεί λειτουργίες που σχετίζονται με όλα τα επίπεδα ή ένα υποσύνολό τους



PC Εξυπηρετητής Laptop με ασύρματη σύνδεση: όλα τα επίπεδα

εφαρμογές,
TCP/IP ως μέρος λειτουργικού συστήματος,
κάρτες δικτύου για πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης και φυσικού επιπέδου



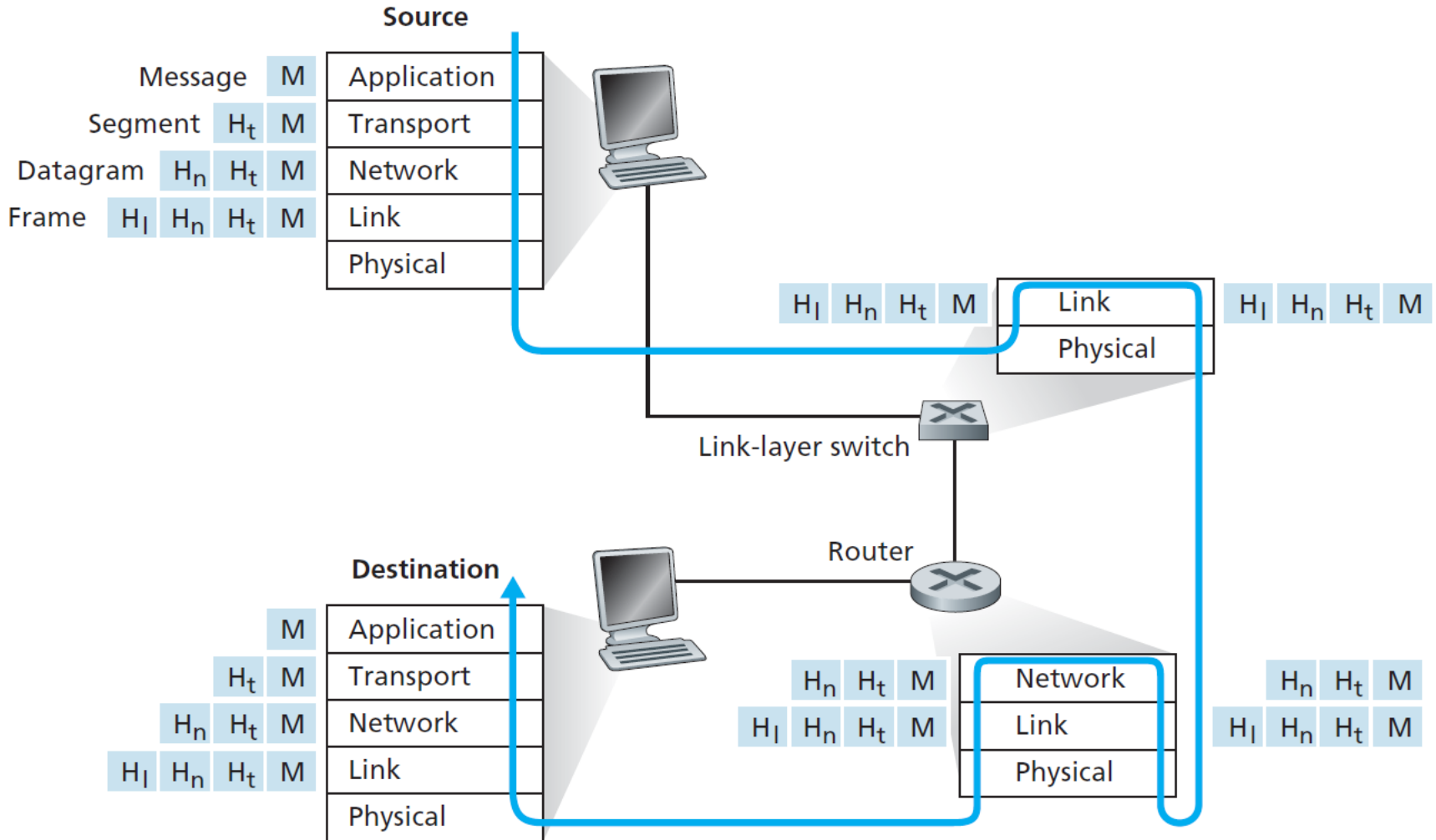
δρομολογητής : φυσικό επίπεδο, επίπεδο ζεύξης και δρομολόγησης



μεταγωγέας

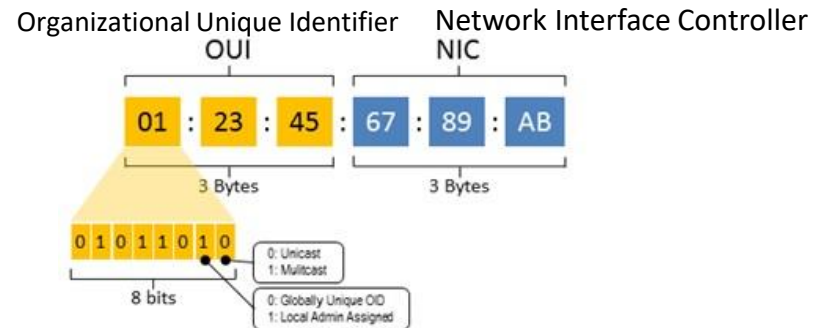
: φυσικό επίπεδο, επίπεδο ζεύξης

Ενθυλάκωση



MAC – IP Διευθύνσεις

- Διευθύνσεις επιπέδου Ζεύξης MAC
 - LAN/link layer/physical address
 - Αναλογία: Αριθμός ταυτότητας (ποιός είσαι;)
 - ‘Flat’ διεύθυνση / παρέχεται από το κατασκευαστή υλικού (κατασκευαστές υλικού) / τα πρώτα 3 bytes αντιστοιχούν στον κατασκευαστή



- Διευθύνσεις επιπέδου Δικτύου (IP)
 - Αναλογία: Ο αριθμός σταθερού τηλεφώνου (πού είσαι συνδεδεμένος;)
 - Ιεραρχική διεύθυνση / εξαρτάται από το υποδίκτυο όπου συνδέεται ο χρήστης / η συσκευή

An IPv4 address (dotted-decimal notation)

172 . 16 . 254 . 1

↓ ↓ ↓ ↓

10101100 . 00010000 . 11111110 . 00000001

One byte = Eight bits

Thirty-two bits (4 x 8), or 4 bytes

IP addressing

- βλ. διαφάνειες 33-51

IP διευθύνσεις: μορφή

- Οι διευθύνσεις της έκδοσης IPv4 έχουν μήκος 32 bit
 - Διαχωρίζεται με τελείες σε 4 groups των 8 bits
 - Κάθε οκτάδα αναπαρίσταται σαν αριθμός στο δεκαδικό σύστημα (κλίμακα 0...255).

Παράδειγμα: 128.2.7.10

Σε δυαδική μορφή

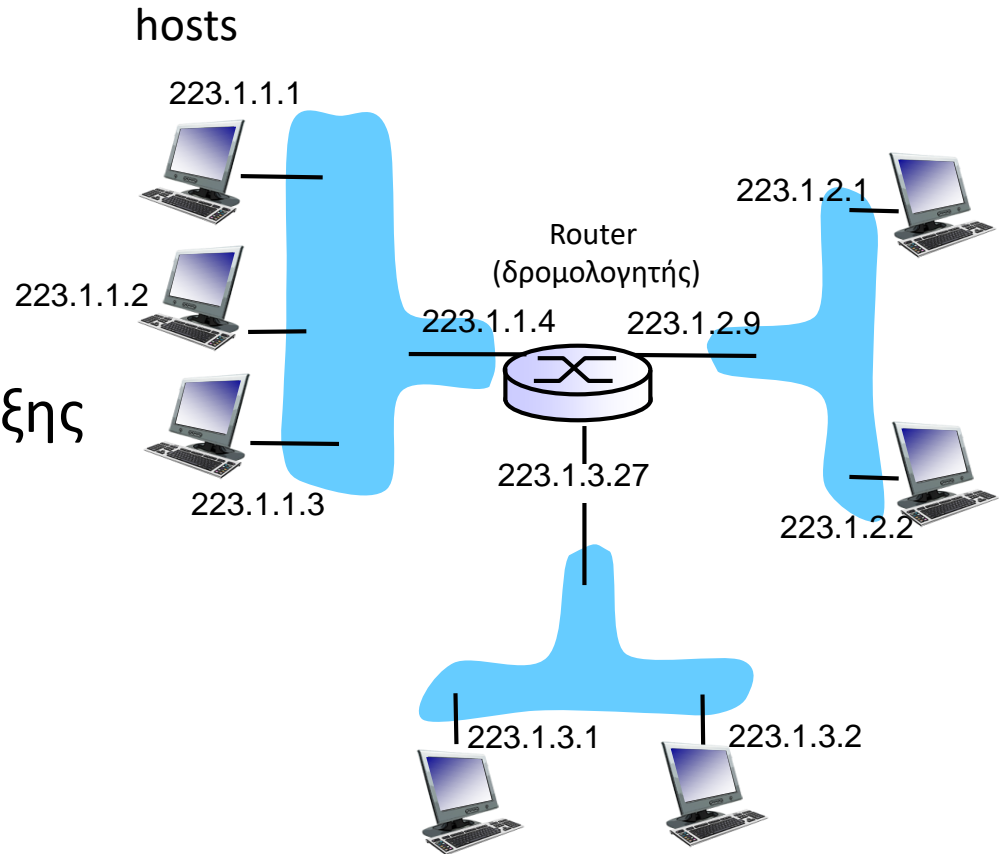
10000000.00000010.00000111.00001010



IP διευθύνσεις: αναγνωριστικό διεπαφών (interfaces)

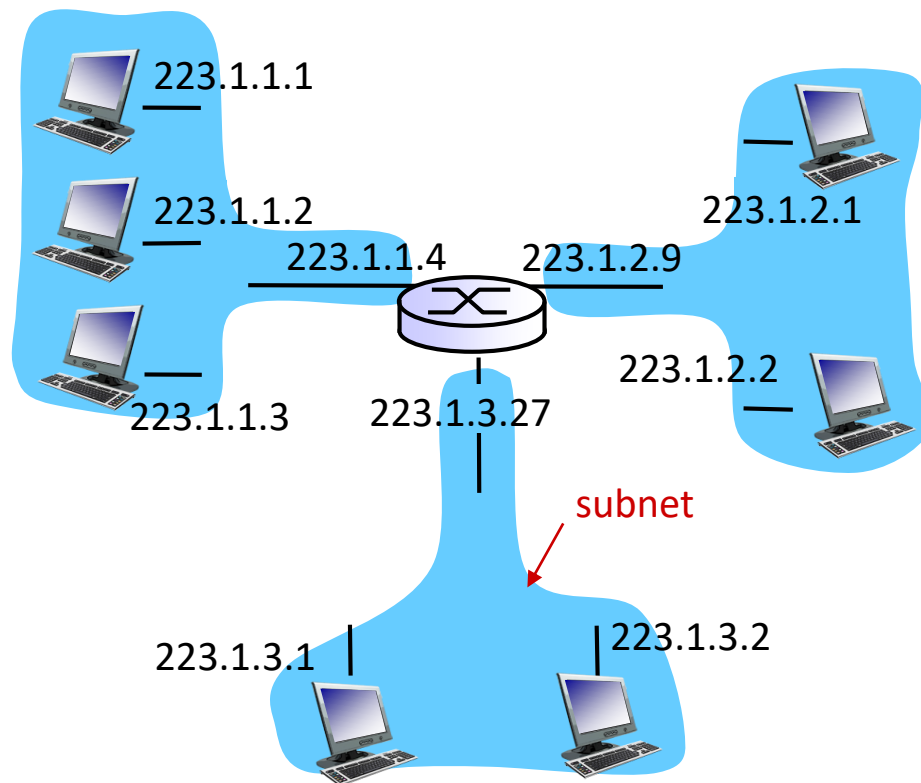
- **IP διεύθυνση:** 32-bit αναγνωριστικό για **διεπαφές (interfaces)** κόμβων
- **διεπαφή:** σύνδεση μεταξύ host*/router και φυσικής ζεύξης
 - οι routers έχουν πολλές διεπαφές
 - Ένας host έχει συνήθως μια ή δύο διεπαφές (π.χ., ενσύρματη διεπαφή Ethernet, ασύρματη 802.11 διεπαφή)
- **Μια IP διεύθυνση για κάθε διεπαφή!**

host = 'ξενιστής'



IP υποδίκτυα (subnets)

- Τμήματα IP διεύθυνσης
 - τμήμα υποδικτύου – υψηλής τάξης ψηφία
 - τμήμα host – χαμηλής τάξης ψηφία
- Τι είναι ένα **υποδίκτυο** ;
 - Διεπαφές συσκευών με το ίδιο τμήμα υποδικτύου στην IP διεύθυνσή τους
 - Μπορούν να επικοινωνήσουν **χωρίς τη μεσολάβηση δρομολογητή**

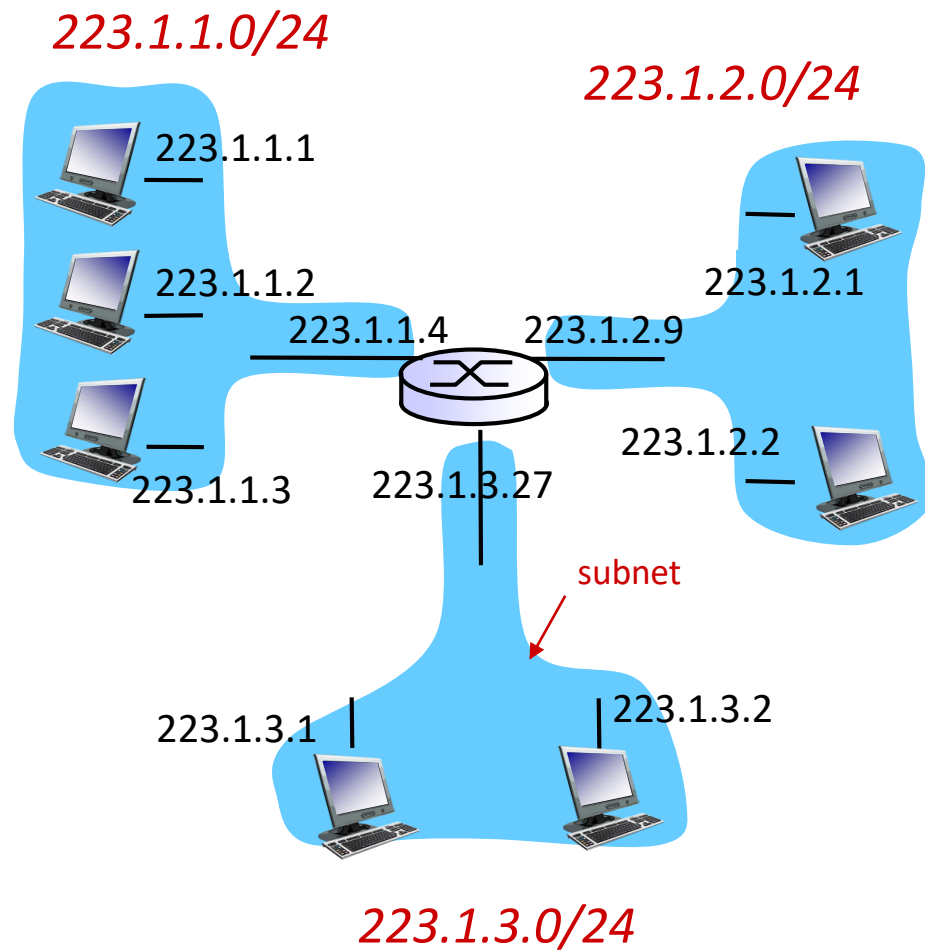


Το δίκτυο αποτελείται από 3 υποδίκτυα

Υποδίκτυα – πρακτική αναγνώριση

Συνταγή για την αναγνώρισή τους

- Αποκόλλησε κάθε interface από τον host ή router της, δημιουργώντας νησίδες απομονωμένων δικτύων
- Κάθε απομονωμένο δίκτυο είναι ένα υποδίκτυο (subnet)



μάσκα υποδικτύου: /24

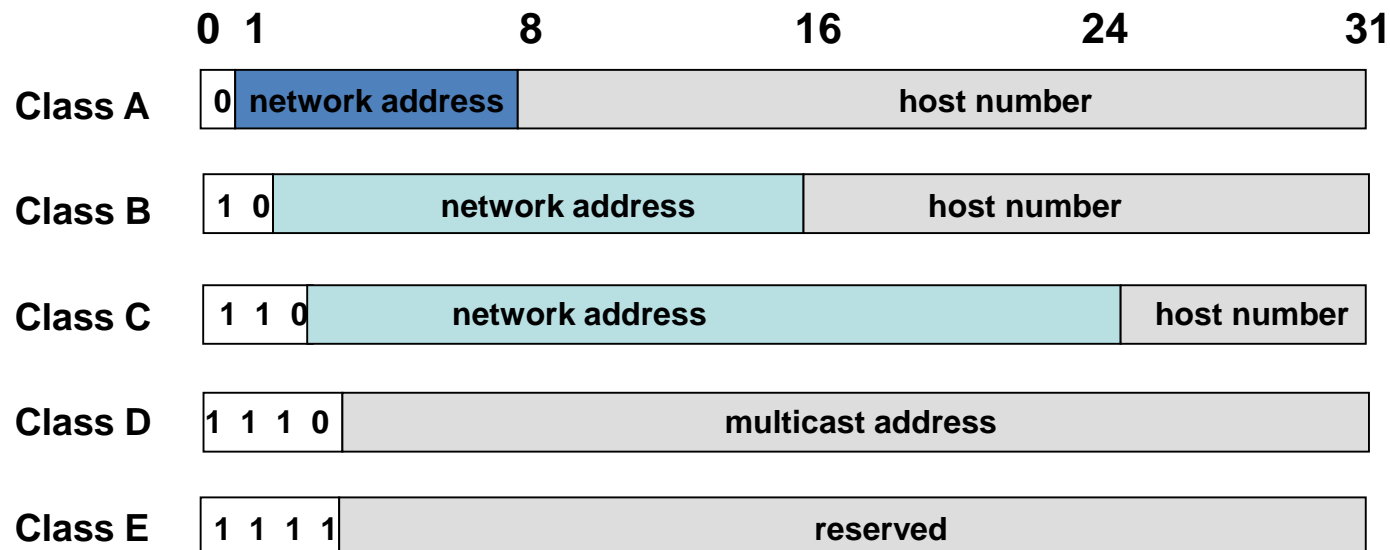
IP Διευθύνσεις (2)

- Ο αριθμός κόμβου που έχει όλα bits ίσα με '1' δεσμεύεται ως η διεύθυνση εκπομπής (*broadcast address*) του δικτύου (π.χ. 128.2.255.255)
- Ο αριθμός κόμβου που έχει όλα bits ίσα με '0' αντιστοιχεί στη διεύθυνση δικτύου (προσδιορίζει όλο το δίκτυο π.χ. 197.54.40.0)
- Οι δύο παραπάνω αριθμοί κόμβου ΔΕΝ μπορούν να δοθούν σε κόμβο του δικτύου
 - άρα εάν n bits για αριθμό κόμβων, μπορούν να εξυπηρετηθούν $2^n - 2$ κόμβοι
- Υπάρχουν πέντε κατηγορίες IP διευθύνσεων οι οποίες ονομάζονται *κλάσεις* (classes)

Κλάσεις IP διευθύνσεων και μάσκες ΥΠΟΔΙΚΤΥΟΥ

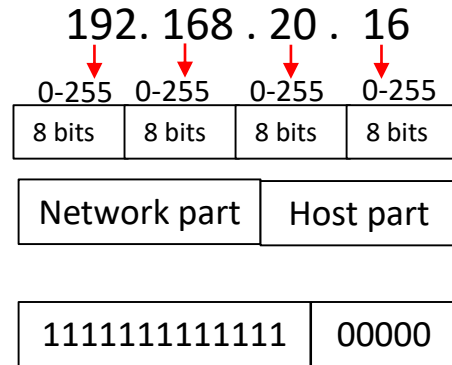
- Οι διευθύνσεις IP παραδοσιακά ήταν διαχωρισμένες σε 5 μπλοκ/κλάσεις

Κλάση	IP Διευθύνσεις
A	0.0.0.0 to 127.255.255.255
B	128.0.0.0 to 191.255.255.255
C	192.0.0.0 to 223.255.255.255
D	224.0.0.0 to 239.255.255.255
E	240.0.0.0 to 247.255.255.255



IP Addressing

παράδειγμα



Ip Address

Subnet Mask

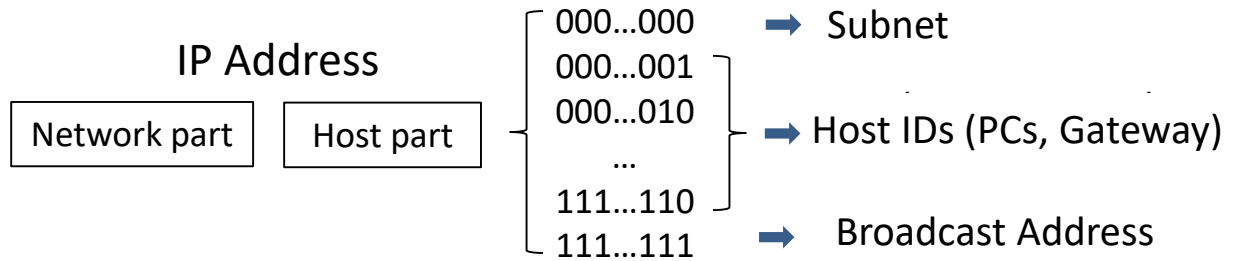
Η διεύθυνση του δικτύου όπου ανήκει ο host βρίσκεται με τη βοήθεια του subnet mask (τα '1' bits από αριστερά προς τα δεξιά)

παράδειγμα

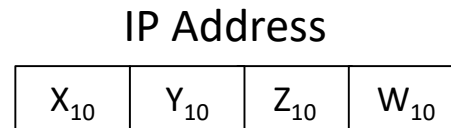
255 . 255 . 255 . 0
11111111.11111111.11111111.00000000
IP Address /24

IP Address
<AND>
MASK
↓
SUBNET Address

IP Address
<AND>
Inverted MASK
↓
Host ID (PC Number)



IP Address
<OR>
Inverted MASK
↓
Broadcast Address



$$X_{10} \text{ <AND> } 255_{10} = X_{10}$$

$$X_{10} \text{ <AND> } 0_{10} = 0_{10}$$

$$X_{10} \text{ <OR> } 0_{10} = X_{10}$$

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

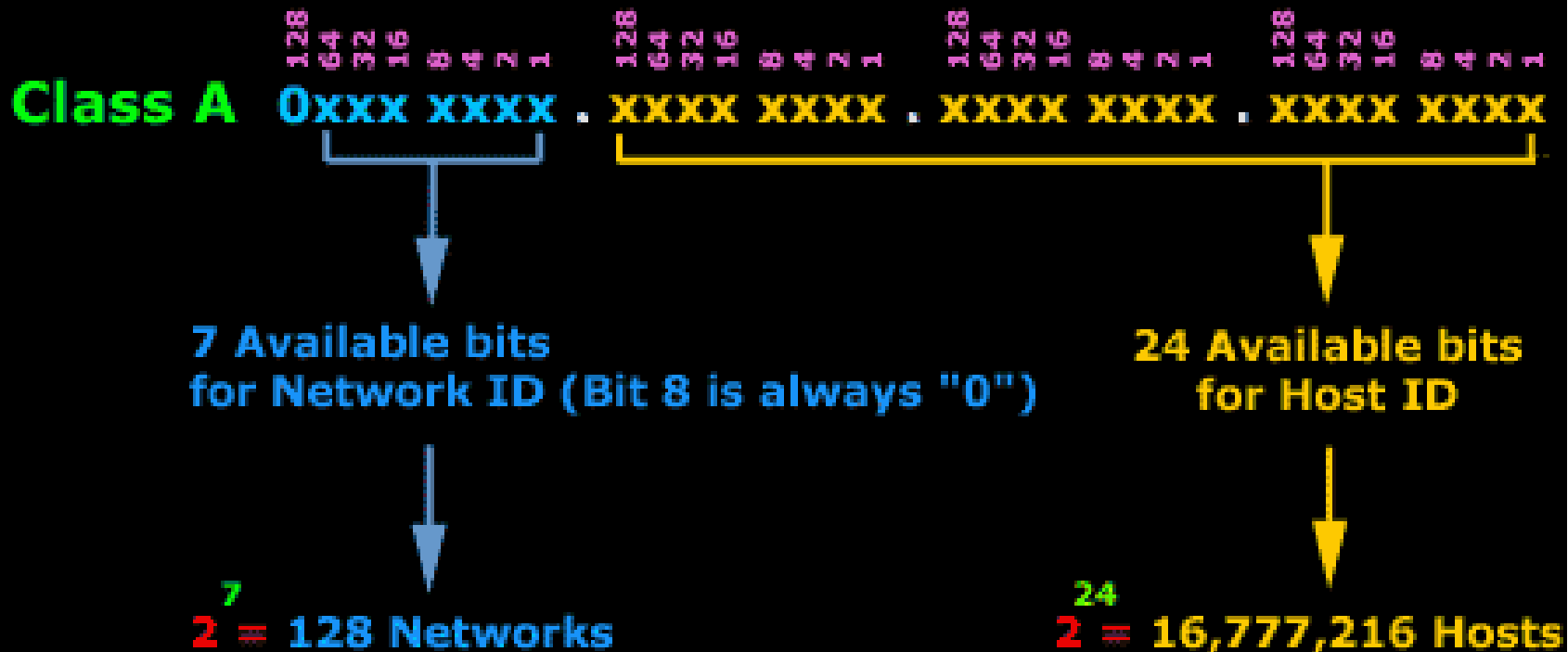
Σημείωση: Η 1^η διεύθυνση που μπορεί να δοθεί σε υπολογιστή είναι η 202.60.208.1 και η τελευταία είναι η 202.60.223.254

Identifying Network and Host ID

Class A	$\begin{matrix} 128 \\ 64 \\ 32 \\ 16 \\ 8 \\ 4 \\ 2 \\ 1 \end{matrix}$ <u>0xxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> CLASS A NETWORK ID CLASS A HOST ID
Class B	<u>10xx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> CLASS B NETWORK ID CLASS B HOST ID
Class C	<u>110x xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> CLASS C NETWORK ID CLASS C HOST ID
Class D	<u>1110 xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> CLASS D NETWORK ID Multicast
Class E	<u>1111 0xxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> . <u>xxxx xxxx</u> CLASS E NETWORK ID Reserved Experimental

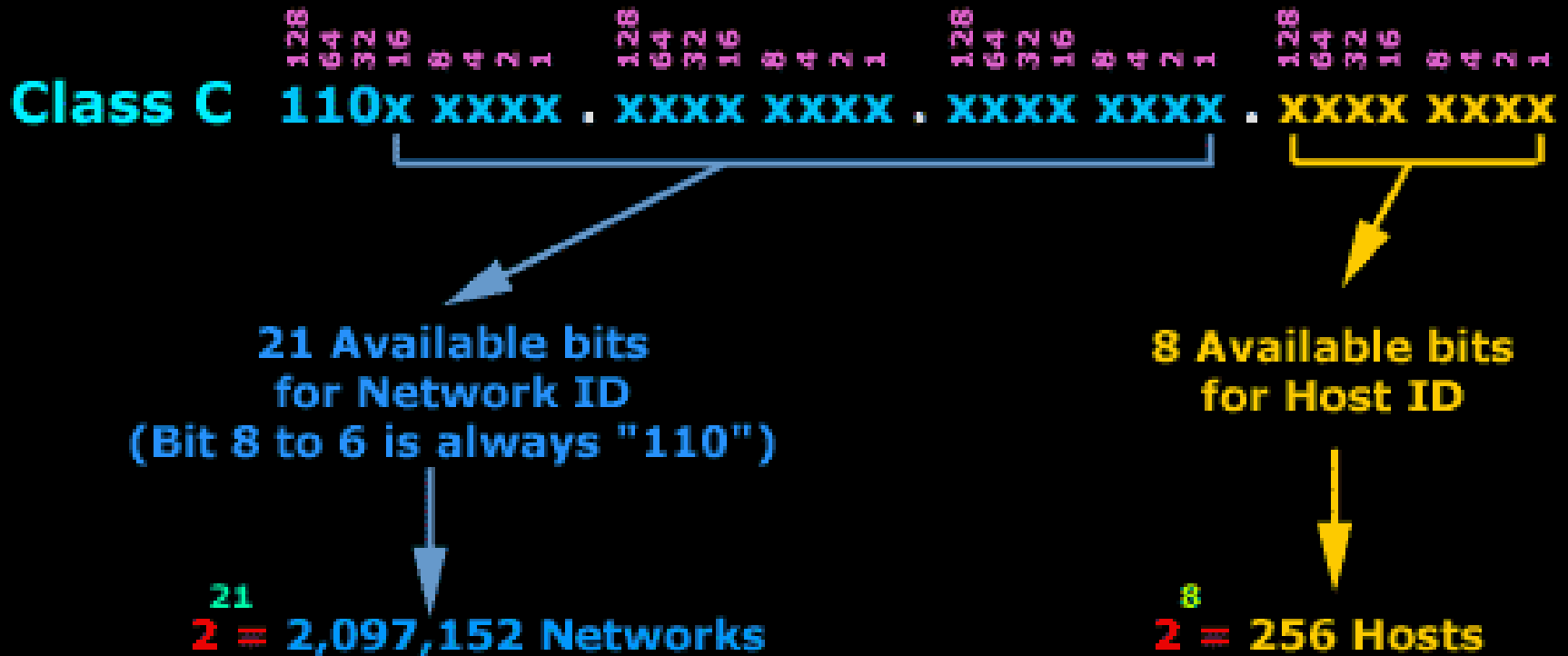
Here you see each Class's Network and Host ID portion. Notice that there are only few Class A networks (Network ID), but many Host ID's, where as a Class C has alot more Networks and fewer Host ID's.

Analysis of a Class A Network



Class A networks use 7 Bits for the Network ID, whereas the Host ID uses 24 Bits. The more Bits used, the greater the number. This is why Class A networks can have so many Hosts, and therefor are large networks.

Analysis of a Class C Network



Class C networks use 21 Bits for the Network ID and 8 Bits for the Host ID. This is why Class C networks have a large number of networks but with only 256 hosts per network

Class C Classful IP Address

IP Address : 192 . 168 . 0 . 5
Subnet mask : 255 . 255 . 255 . 0

Conversion to Binary

	128	64	32	16	8	4	2	1	128	64	32	16	8	4	2	1	128	64	32	16	8	4	2	1	128	64	32	16	8	4	2	1		
IP Address	:	1	1	0	0	0	0	0	:	1	0	1	0	1	0	0	0	:	0	0	0	0	0	0	0	:	0	0	0	0	0	1	0	1
Subnet mask	:	1	1	1	1	1	1	1	:	1	1	1	1	1	1	1	1	:	1	1	1	1	1	1	:	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Network ID																	Host ID															

This Class C network uses 21 Bits for the Network ID (remember, the first 3 bits in the first octet are set) and 8 Bits for the Host ID. The Subnet mask is what splits the Network ID and Host ID. This particular subnet mask is 24 Bits long (consists of 24 one's (1) counting from left side)

The Analysis Of Our Example - Part 2

IP Address : 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0000 . 000 0 1010
 Subnet mask : 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 111 0 0000

This part of the IP Address and Subnet mask we take as is. In Decimal this part gives us:
 192 . 168 . 0 .
 255 . 255 . 255 .

This is the section we focus. From here we will get all the info we are after ! Since I've colour coded the 3 subnet Bits, we won't need the subnet mask anymore to help us determine which bits are borrowed.

Determining the Subnets

First: 000 (0 Decimal)
 Second: 001 (32 Decimal)
 Third: 010 (64 Decimal)
 Fourth: 011 (96 Decimal)
 Fifth: 100 (128 Decimal)
 Sixth: 101 (160 Decimal)
 Seventh: 110 (192 decimal)
 Eighth: 111 (224 Decimal)

Determining the Hosts per Subnet

0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)
 0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)
 0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)
 0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)
 0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)
 0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)
 0 0001 (1 Decimal) to 1 1110 (30 Decimal)

NOTE: 0 0000 (First IP in each subnet) is reserved as the **Network Address** for the Subnet .
 1 1111 (Last IP in each subnet) is reserved as the **Broadcast Address** for that Subnet

The Analysis Of Our Example - Part 3

128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128

FIRST NETWORK

First IP: 0000 0000 (0 Decimal) Last IP: 0001 1111 (31 Decimal)

Full Range of the First Network: 192.168.0.0 - 192.168.0.31

128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128

SECOND NETWORK

First IP: 0010 0000 (32 Decimal) Last IP: 0011 1111 (63 Decimal)

Full Range of the Second Network: 192.168.0.32 - 192.168.0.63

128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128

THIRD NETWORK

First IP: 0100 0000 (64 Decimal) Last IP: 0101 1111 (95 Decimal)

Full Range of the Third Network: 192.168.0.64 - 192.168.0.95

128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128
128 128 128 128

FOURTH NETWORK

First IP: 0110 0000 (96 Decimal) Last IP: 0111 1111 (127 Decimal)

Full Range of the Fourth Network: 192.168.0.96 - 192.168.0.127

128
64
32
16
8
4
2
1

FIFTH NETWORK

128
64
32
16
8
4
2
1

First IP: 1000 0000 (128 Decimal) Last IP: 1001 1111 (159 Decimal)

Full Range of the Fifth Network: 192.168.0.128 - 192.168.0.159

128
64
32
16
8
4
2
1

SIXTH NETWORK

128
64
32
16
8
4
2
1

First IP: 1010 0000 (160 Decimal) Last IP: 1011 1111 (191 Decimal)

Full Range of the Sixth Network: 192.168.0.160 - 192.168.0.191

128
64
32
16
8
4
2
1

SEVENTH NETWORK

128
64
32
16
8
4
2
1

First IP: 1100 0000 (192 Decimal) Last IP: 1101 1111 (223 Decimal)

Full Range of the Seventh Network: 192.168.0.192 - 192.168.0.223

128
64
32
16
8
4
2
1

EIGHTH NETWORK

128
64
32
16
8
4
2
1

First IP: 1110 0000 (224 Decimal) Last IP: 1111 1111 (255 Decimal)

Full Range of the Eighth Network: 192.168.0.224 - 192.168.0.255

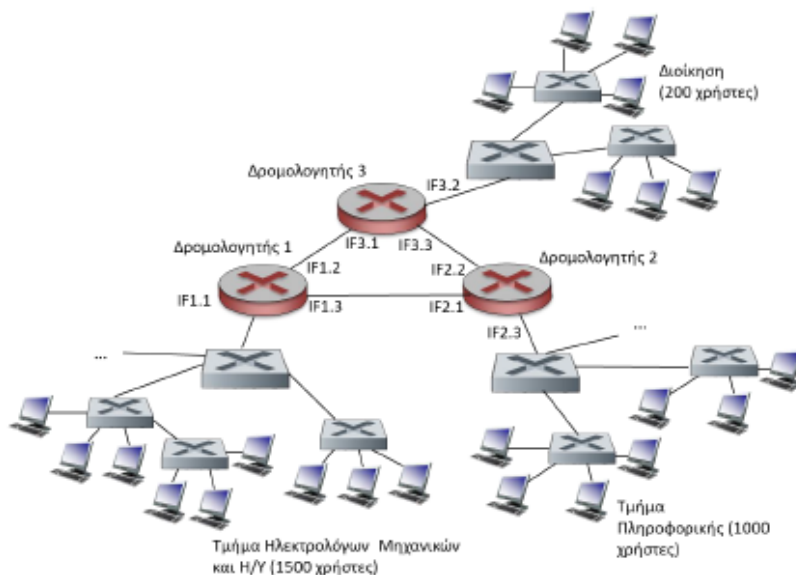
You should remember that the First IP Address of each Subnet is the Network Address for that Subnet, and the Last IP Address is the Broadcast Address for that Subnet.

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.46 / 1η ΟΣΣ /
22.10.2023 / Ν.Δημητρίου

(α) Η IP Διεύθυνση broadcast είναι η 195.254.15.255

Σε δυαδική μορφή : 11000011.11111110.00001111.11111111

(β) Η μάσκα υποδικτύου της IP Διεύθυνσης σε δυαδική μορφή αποτελείται από 1 στα πρώτα 20 ψηφία (από τα συνολικά 32 ψηφία της διεύθυνσης) και 0 στα υπόλοιπα 12 bits, δηλαδή:

11111111.11111111.11110000.00000000

Επομένως η μάσκα υποδικτύου της παραπάνω IP Διεύθυνσης σε δεκαδική μορφή είναι: 255.255.240.0

Ερωτήματα γ-ζ

$2^{\lceil \log_2(n) \rceil}$ Εύρος Διευθύνσεων

Μάσκα Υποδικτύου

Διάταξη Δικτύων σε φθίνουσα σειρά απαιτούμενων διευθύνσεων

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

$H.M \quad 1500+2+1 \rightarrow 2048 \rightarrow 2^{11}$ $\left\{ \begin{array}{l} 195.254.0.0/21 \\ 195.254.7.255/21 \end{array} \right\} \Rightarrow 8 \times 256 = 2^{11}$ $255.255.248.0$
 $Πλ. \quad 1000+2+1 \rightarrow 1024 \rightarrow 2^{10}$ $\left\{ \begin{array}{l} 195.254.8.0/22 \\ 195.254.11.255/22 \end{array} \right\} \Rightarrow 4 \times 256 = 2^{10}$ $255.255.252.0$
 $\Delta K \quad 200+2+1 \rightarrow 256 \rightarrow 2^8$ $\left\{ \begin{array}{l} 195.254.12.0/24 \\ 195.254.12.255/24 \end{array} \right\} \Rightarrow 1 \times 256 = 2^8$ $255.255.255.0$

$\Delta P_1 \quad 2+2 \rightarrow 4 \rightarrow 2^2$ $\left\{ \begin{array}{l} 195.254.13.0/30 \\ 195.254.13.3/30 \end{array} \right\} \Rightarrow 1 \times 4 = 2^2$ $255.255.255.252$

$\Delta P_2 \quad 2+2 \rightarrow 4 \rightarrow 2^2$ $\left\{ \begin{array}{l} 195.254.13.4/30 \\ 195.254.13.7/30 \end{array} \right\} \Rightarrow 1 \times 4 = 2^2$

$\Delta P_3 \quad 2+2 \rightarrow 4 \rightarrow 2^2$ $\left\{ \begin{array}{l} 195.254.13.8/30 \\ 195.254.13.11/30 \end{array} \right\} \Rightarrow 1 \times 4 = 2^2$

↑
Variable Length Subnet Masks

Υπόλοιπο διαθέσιμων διευθύνσεων

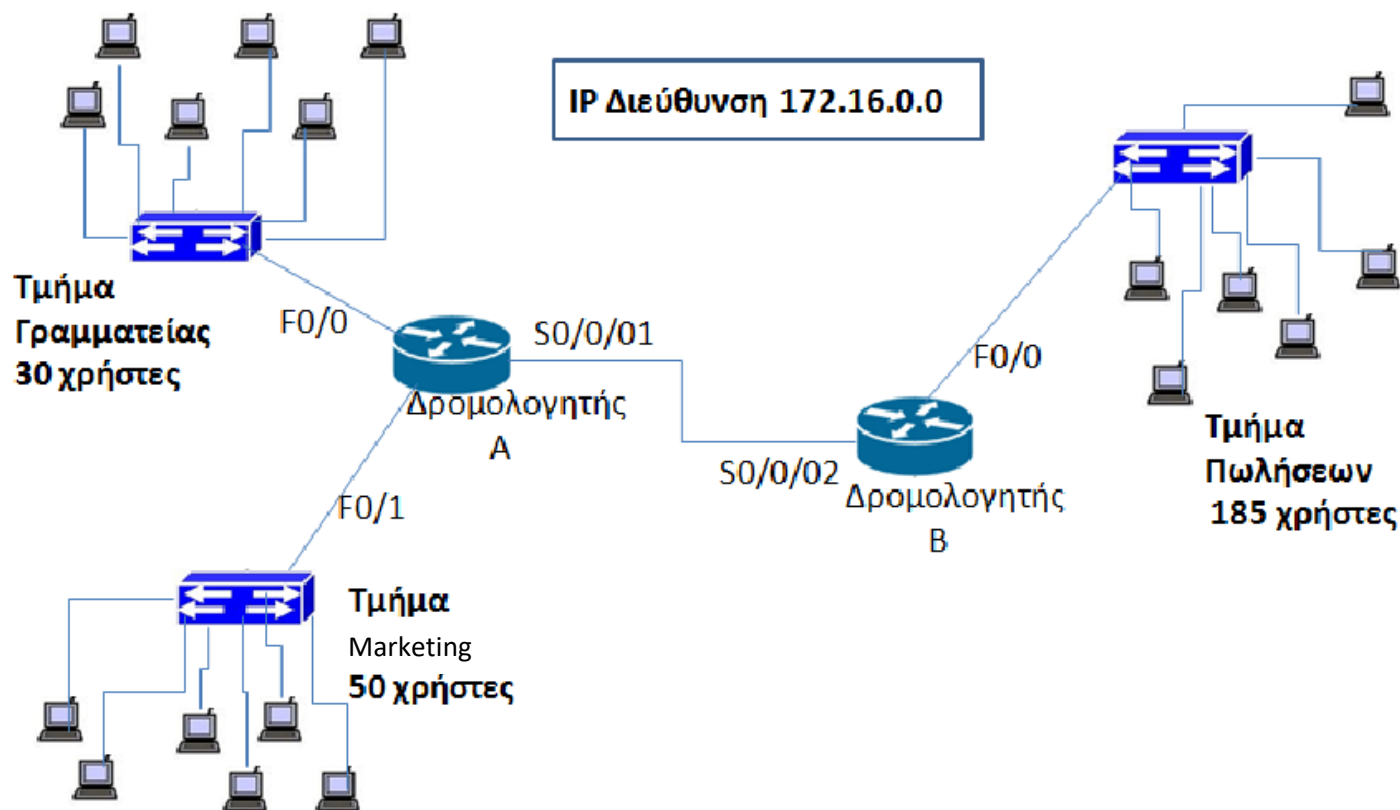
$195.254.13.12 \sim 195.254.15.255$

$\Rightarrow 244 + 2 \times 256 = 756$ διευθύνσεις

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τις έννοιες των υποδικτύων και την διευθυνσιοδότηση IP.

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ4/1314/04, ΓΕ5/1415/05, ΓΕ5/1516/05, ΓΕ5/1617/05

Με βάση την πληροφορία του σχήματος για μια εταιρία, σχεδιάσε ένα σχήμα διευθύνσεων που να προσφέρει τον ελάχιστο αριθμό χρηστών ανά υποδίκτυο, και να επιτρέπει επαρκή αριθμό υποδικτύων και χρηστών για 25% αύξηση σε όλα τα τμήματα της εταιρίας (αύξηση τόσο στον αριθμό των υποδικτύων όσο και των χρηστών ανά υποδίκτυο).



Απαντήσατε στις εξής ερωτήσεις:

A) Κλάση διευθύνσεων (Address Class)

B) Συνολικός αριθμός υποδικτύων που χρειάζονται

Γ) Μάσκα υποδικτύου (Subnet Mask)

Δ) Συνολικός αριθμός διευθύνσεων που απαιτούνται στην παρούσα φάση του δικτύου.

Αρχίζοντας με το πρώτο υποδίκτυο, κατάταξε τα υποδίκτυα από τη μεγαλύτερη ομάδα προς την μικρότερη, και κατάγραψε όλες τις διευθύνσεις.

E) IP διευθύνσεις για Πωλήσεις

Z) IP διευθύνσεις για Marketing

H) IP διευθύνσεις για Γραμματεία

Θ) IP διευθύνσεις για Router A προς B

Ενδεικτική Μεθοδολογία: Μελετήστε το IP subnetting και ακολουθήστε τις διαδικασίες υπολογισμού που φαίνονται στις λυμένες ασκήσεις που αναφέρονται παραπάνω

Λύση:

A) Address Class: B αφού σε αυτήν ανήκουν διευθύνσεις στην κλίμακα 128.0.xxx.xxx - 191.255.xxx.xxx

B) Συνολικός αριθμός υποδικτύων που χρειάζονται : 5 (4 στην παρούσα φάση και 1 ακόμα για 25% αύξηση στον αριθμό των υποδικτύων)

Γ) Custom Subnet Mask : 255.255.224.0 /19.

Περιέχει 0 στις θέσεις που καταλαμβάνονται από bits αναγνωριστικού πόρου στην αντίστοιχη IP διεύθυνση και άρα στο παράδειγμα το συγκεκριμένο είναι η :

11111111.11111111.(111)00000.00000000

αφού δεσμεύουμε ("δανειζόμαστε") 3 bits από το αναγνωριστικό πόρου για τον καθορισμό των 5 υποδικτύων.

Δ) Συνολικός αριθμός διευθύνσεων: 270

Τμ. Πωλήσεων: 185+1 για τη διεπαφή του Δρομολογητή B

Τμ. Γραμματείας: 30 + 1 για τη διεπαφή του Δρομολογητή A

Τμ. Marketing : 50 + 1 για τη διεπαφή του Δρομολογητή A

Δίκτυο Δρομολογητών A και B: 2

Σύνολο: 270

Αρχίζοντας με το πρώτο υποδίκτυο, κατάταξε τα υποδίκτυα από το μεγαλύτερη ομάδα προς την μικρότερη, και κατέγραψε όλες τις διευθύνσεις.

Όλες οι διευθύνσεις είναι οι ακόλουθες δανειζόμενοι 3 bits για 5 υποδίκτυα max. , με 8192 χρήστες

Number of Hosts-->	65536	32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2
Number of subnets-->	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536
Binary value-->	128	64	32	16	8	4	2	1	128	64	32	16	8	4	2	1
	172.	16.	0	0	0	0	0	0.	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0		172.16.0.0	έως	172.16.31.255								
		0	0	1		172.16.32.	έως	172.16.63.255								
		0	1	0		172.16.64.	έως	172.16.95.255								
		0	1	1		172.16.96.	έως	172.16.127.255								
		1	0	0		172.16.128	έως	172.16.159.255								
		1	0	1		172.16.160	έως	172.16.191.255								
		1	1	0		172.16.192	έως	172.16.223.255								
		1	1	1		172.16.224	έως	172.16.255.255								

IP address: 172.16.0.0 Subnet mask: 255.255.224.0 Bits in mask: 19
IP class: B Subnet address: 172.16.0.0 Number of hosts: 8190

Subnet addr	First host	Last host	Subnet mask	Broadcast
172.16.0.0	172.16.0.1	172.16.31.254	255.255.224.0	172.16.31.255
172.16.32.0	172.16.32.1	172.16.63.254	255.255.224.0	172.16.63.255
172.16.64.0	172.16.64.1	172.16.95.254	255.255.224.0	172.16.95.255
172.16.96.0	172.16.96.1	172.16.127.254	255.255.224.0	172.16.127.255
172.16.128.0	172.16.128.1	172.16.159.254	255.255.224.0	172.16.159.255
172.16.160.0	172.16.160.1	172.16.191.254	255.255.224.0	172.16.191.255
172.16.192.0	172.16.192.1	172.16.223.254	255.255.224.0	172.16.223.255
172.16.224.0	172.16.224.1	172.16.255.254	255.255.224.0	172.16.255.255

E) IP διευθύνσεις για Πωλήσεις 172.16.0.1 έως 172.16.31.254

Z) IP διευθύνσεις για Marketing 172.16.32.1 έως 172.16.63.254

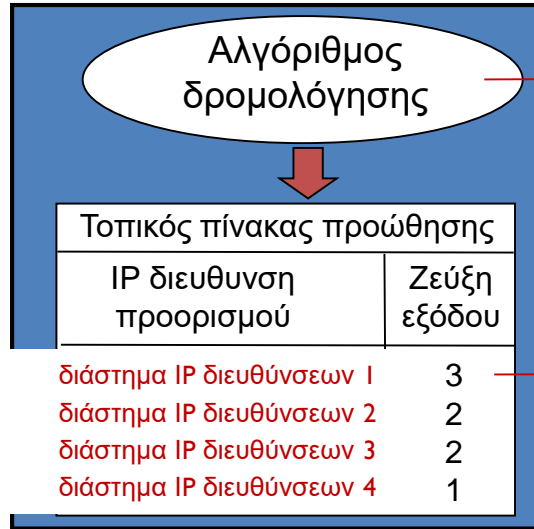
H) IP διευθύνσεις για Γραμματεία 172.16.64.1 έως 172.16.95.254

Θ) IP διευθύνσεις για Router A προς B 172.16.96.1 έως 172.16.127.254

Δρομολόγηση IP

- βλ. διαφάνειες 46-48

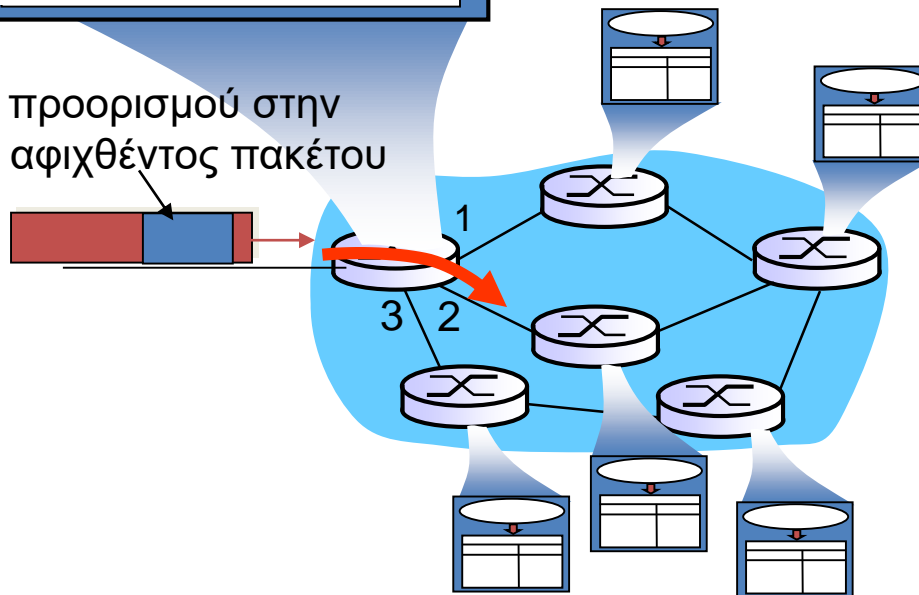
Πίνακες δρομολογητών



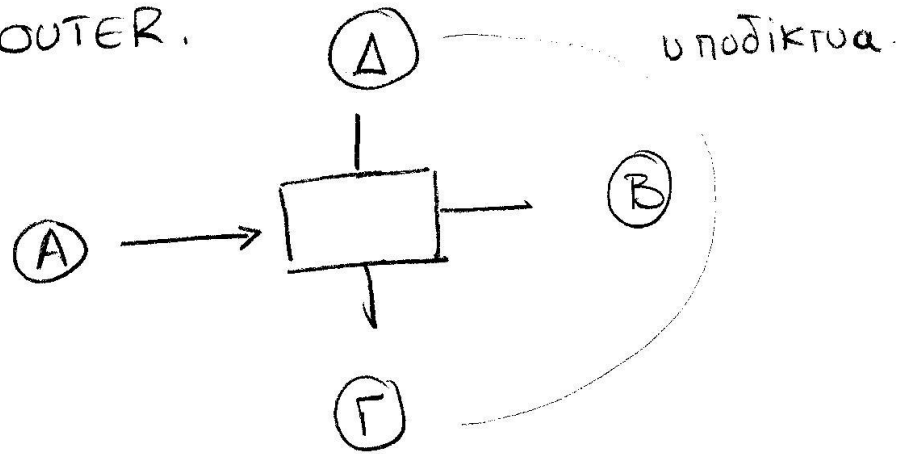
Καθορίζει τη συνολική διαδρομή που ακολουθεί το πακέτο στο δίκτυο (πηγή-προορισμός)

Καθορίζει πώς προωθείται τοπικά το πακέτο μέσα στο δρομολογητή

IP διεύθυνση προορισμού στην κεφαλίδα του αφιχθέντος πακέτου



ROUTER.

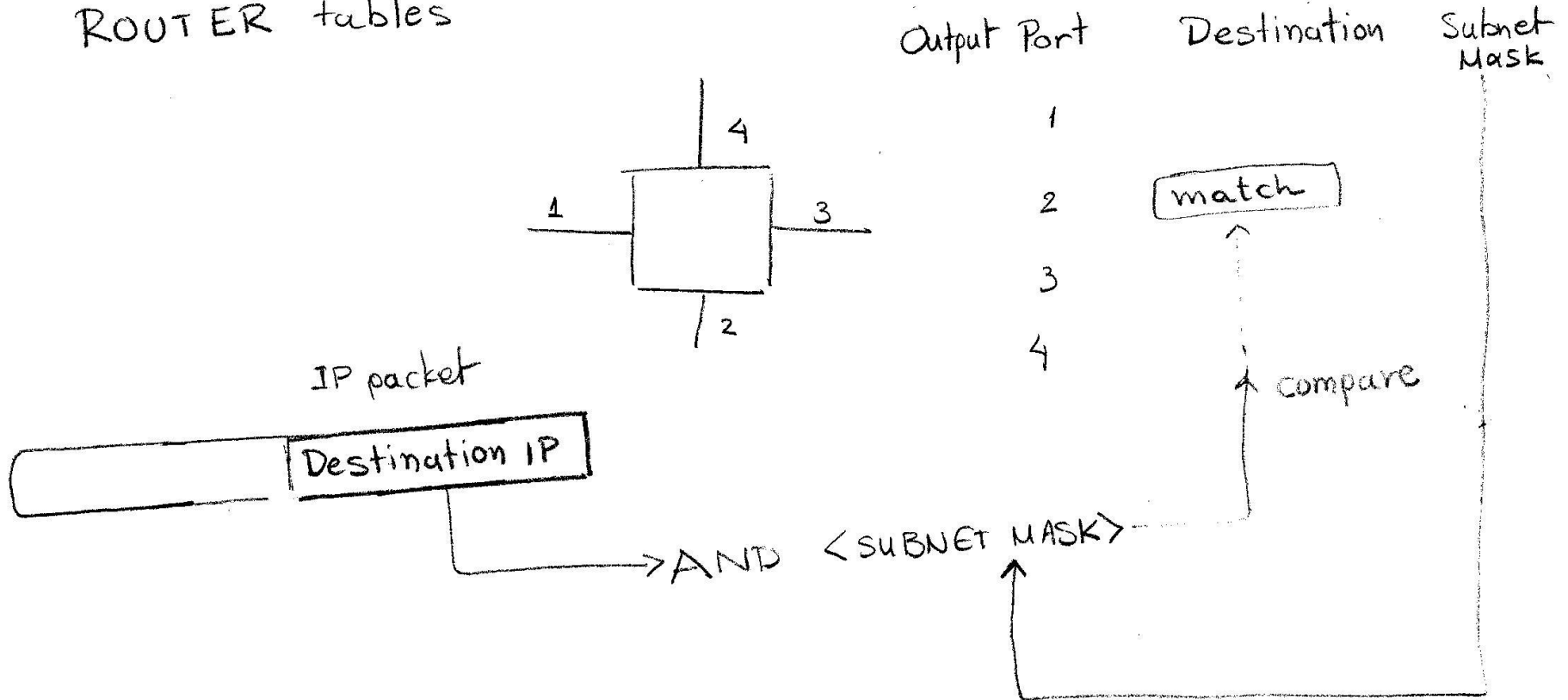


πρωτόκολλο πακέτων με βάση την αντιστοίχιση
(Subnet) IP Address - θύρας σε πίνακα διαδρομολόγησης
Ο πίνακας δεν έχει self learning

Γίνεται επεξεργασία της διεύθυνσης προορισμού του
εισερχόμενου πακέτου με τη subnet mask

$$\frac{\text{IP Address} \text{ AND } \text{SUBNET_MASK}}{\text{DESTINATION SUBNET}} \longrightarrow \text{router port}$$

ROUTER tables



1. Να θεωρήσετε ένα δρομολογητή ο οποίος έχει τον καταχωρημένες τις παρακάτω εγγραφές

Subnet Number	Next Hop
128.96.39.0/25	Interface 0
128.96.39.128/25	Interface 1
128.97.0.9/16	R2
193.96.39.0/25	R3

Να βρείτε το next hop, αν θεωρήσετε ότι ο router λαμβάνει IP πακέτο για κάθε μια από τις περιπτώσεις (Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας)

α) 128.96.39.132

β) 193.96.39.34

Θα πρέπει να γίνει η λογική πράξη AND μεταξύ της IP διεύθυνσης και της Subnet Mask. Αν η IP διεύθυνση ταιριάζει με κάποιο από τα records (με βάση το “longest prefix matching”), το αντίστοιχο interface θα επιλεγεί.

α) 128. 96. 39. 132=> 128. 96. 39. 10000100

255. 255. 255. 128=> 255. 255.255. 10000000 (Μάσκα /25)

128. 96. 39. 128=> υπάρχει στην δεύτερη γραμμή

Το επόμενο hop θα είναι προς το Interface 1

Subnet Number	Next Hop
128.96.39.0/25	Interface 0
128.96.39.128/25	Interface 1
128.97.0.9/16	R2
193.96.39.0/25	R3

β) Κάνουμε τη λογική πράξη AND της 193.96.39.34 με την Μάσκα /25
 193. 96. 39. 34=> 193. 96. 39. 00100100
 255. 255. 255. 128=> 255. 255.255. 10000000

193. 96. 39. 0=> υπάρχει στην τέταρτη γραμμή
 Το επόμενο hop θα είναι προς το R3

Παράδειγμα longest prefix match: Όταν ταιριάζουν με το υποδίκτυο προορισμού περισσότερες της μιας καταχωρίσεις σε έναν πίνακα δρομολόγησης

For example, consider this IPv4 forwarding table (CIDR notation is used):

```
192.168.20.16/28  
192.168.0.0/16
```

When the address 192.168.20.19 needs to be looked up, both entries in the forwarding table "match". That is, both entries contain the looked up address. In this case, the longest prefix of the candidate routes is 192.168.20.16/28, since its subnet mask (/28) is longer than the other entry's mask (/16), making the route more specific.

Forwarding tables often contain a default route, which has the shortest possible prefix match, to fall back on in case matches with all other entries fail.

Ένας υπολογιστής έχει τις εξής παραμέτρους στο πρωτόκολλο IP:

Διεύθυνση IP	92.213.193.53
Μάσκα υποδικτύου	255.255.252.0
Προεπιλεγμένη πύλη	92.213.193.35

α) Ποιο είναι το μέγιστο πλήθος υπολογιστών που περιλαμβάνει το υποδίκτυο στο οποίο ανήκει ο παραπάνω υπολογιστής; **(5 μονάδες)**

β) Ποια είναι η πρώτη διεύθυνση του υποδικτύου (ή διεύθυνση υποδικτύου) και ποια η τελευταία διεύθυνση του υποδικτύου (ή διεύθυνση ευρείας εκπομπής - broadcast); **(5 μονάδες)**

γ) Δύο πακέτα τα οποία αποστέλλονται από τον παραπάνω σταθμό με διευθύνσεις προορισμού 92.213.196.171 και 92.213.194.171 θα παραδοθούν εντός ή εκτός του υποδικτύου στο οποίο ανήκει ο αποστολέας; Αιτιολογείστε την απάντησή σας. **(5+5=10 μονάδες)**

α) Η μάσκα υποδικτύου : 255.255.252.0 σε δυαδική μορφή είναι:

255.255.252.0 → 11111111.11111111.11111100.00000000

άρα τα τελευταία 10 δυαδικά ψηφία χρησιμοποιούνται για τον αριθμό του υπολογιστή ορίζοντας $2^{10}=1.024$ συνδυασμούς. Το μέγιστο πλήθος υπολογιστών είναι $1.024-2=1.022$ αφού οι διευθύνσεις με αριθμό υπολογιστή 0 (διεύθυνση υποδικτύου) και 1.023 (διεύθυνση broadcast) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για IP υπολογιστή.

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

IP : 92.213.193.53 → 01011100.11010101.11000001.00110101

Μάσκα υποδικτύου → 11111111.11111111.11111100.00000000

AND

Διεύθυνση υποδικτύου → 01011100.11010101.11000000.00000000 → **(92.213.192.0)**

Άρα η ζητούμενη τελευταία διεύθυνση του υποδικτύου (ή διεύθυνση broadcast) είναι: **92.213.195.255**

01011100.11010101.11000011.11111111

γ) Για να βρει ο υπολογιστής αν μια IP διεύθυνση προορισμού ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο ή όχι, θα πρέπει να διαπιστώσει αν τα bits της δικής του IP διεύθυνσης που αντιστοιχούν στη μάσκα του υποδικτύου στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής, ταυτίζονται με τα αντίστοιχα bits της IP διεύθυνσης προορισμού. Δηλαδή.

IP (προορ) : 92.213.196.171 → 01011100.11010101.11000100.10101011
IP (υπολ): 92.213.193.53 → 01011100.11010101.11000001.00110101
255.255.252.0 → 11111111.11111111.11111100.00000000

Είναι φανερό ότι οι δύο IP διευθύνσεις διαφέρουν σε κάποιο από τα πρώτα 22 bits (που είναι 1) της μάσκας, και συγκεκριμένα στο ενδέκατο από δεξιά bit. Άρα η διεύθυνση προορισμού δεν βρίσκεται το ίδιο υποδίκτυο. Το IP πακέτο πρέπει να σταλεί στον δρομολογητή (προεπιλεγμένη πύλη) που συνδέει τον υπολογιστή με το διαδίκτυο, άρα η διεύθυνση του επόμενου άλματος είναι η 92.213.193.35.

Ομοίως και για την IP διεύθυνση προορισμού 92.213.194.171

IP (προορ) : 92.213.194.171 → 01011100.11010101.11000010.10101011
IP (υπολ): 92.213.193.53 → 01011100.11010101.11000001.00110101
255.255.252.0 → 11111111.11111111.11111100.00000000

Είναι φανερό ότι οι δύο IP διευθύνσεις δεν διαφέρουν σε κάποιο από τα πρώτα 22 bits (που είναι 1) της μάσκας. Άρα η διεύθυνση προορισμού βρίσκεται το ίδιο υποδίκτυο το 92.213.192.0. Το IP πακέτο θα σταλεί μέσω MAC απευθείας στον υπολογιστή με IP διεύθυνση αυτή του προορισμού δηλαδή 92.213.194.171.

2017B

ΘΕΜΑ 6

Για τις ακόλουθες IPv4 διευθύνσεις:

- i) 192.168.1.64/29
- ii) 192.168.37.190/25
- iii) 172.17.16.255/23
- iv) 10.0.8.1/22

Να αναφέρετε και να αιτιολογήσετε εν συντομία τι είδους διευθύνσεις είναι αυτές, επιλέγοντας από τις ακόλουθες: α) network, β) broadcast, γ) host.

- **Network** είναι όταν το host number είναι 00...0
- **Directed Broadcast** είναι όταν το host number είναι 11...1
- **Host** είναι όταν το host number είναι διάφορο του 00...0 και 11...1

Επομένως για τις παραπάνω διευθύνσεις ισχύουν:

- i) Η διεύθυνση 192.168.1.64/29 σε δυαδική μορφή είναι:

11000000 . 10101000 . 00000001 . 01000000

Τα 3 πρώτα bit είναι **110** άρα ανήκει στην κλάση C. Η μάσκα υποδικτύου είναι 29, δηλαδή τα 32-29=3 τελευταία bit είναι το host number, τα οποία είναι 000. **Αυτό σημαίνει ότι είναι η διεύθυνση είναι network.**

- ii) Η διεύθυνση 192.168.37.190/25 σε δυαδική μορφή είναι:

11000000 . 10101000 . 00100101 . 10111110

Η μάσκα υποδικτύου είναι 25, δηλαδή τα 32-25=7 τελευταία bit είναι το host number, τα οποία είναι 111110. **Αυτό σημαίνει ότι είναι η διεύθυνση ανήκει σε host.**

- iii) Η διεύθυνση 172.17.16.255/23 σε δυαδική μορφή είναι:

10101100 . 00010001 . 00010000 . 11111111

Η μάσκα υποδικτύου είναι 25, δηλαδή τα 32-23=9 τελευταία bit είναι το host number, τα οποία είναι **01111111**. **Αυτό σημαίνει ότι είναι η διεύθυνση ανήκει σε host.**

- iv) Η διεύθυνση 10.0.8.1/22 σε δυαδική μορφή είναι:

00001010 . 00000000 . 00001000 . 00000001

Η μάσκα υποδικτύου είναι 22, δηλαδή τα 32-22=10 τελευταία bit είναι το host number, τα οποία είναι **000000001**. **Αυτό σημαίνει ότι είναι η διεύθυνση ανήκει σε host.**

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

Στοιχεία δικτυακών εφαρμογών και πρωτόκολλο DNS

- βλ. διαφάνειες 85-118

DNS: domain name system*

Άνθρωποι πολλά αναγνωριστικά:

- ΑΜΚΑ, όνομα, αριθμός διαβατηρίου

hosts, δρομολογητές:

- IP διεύθυνση (32 ψηφία) – χρησιμοποιείται για τη δρομολόγηση των πακέτων
- “όνομα”, π.χ., www.yahoo.com – όπως και με τους ανθρώπους

Q: Πώς να αντιστοιχίσουμε IP διευθύνσεις σε ονόματα και το αντίστροφο;

Domain Name System:

- *Κατανεμημένη βάση δεδομένων* υλοποιημένη ως ιεραρχία πολλών *εξυπηρετητών ονοματοδοσίας*
- *Πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής:* hosts και εξυπηρετητές ονοματοδοσίας επικοινωνούν με σκοπό την αντιστοίχιση των ονομάτων σε IP διευθύνσεις
 - Σημ.: λειτουργία του πυρήνα του δικτύου, υλοποιημένη ως πρωτόκολλο του επιπέδου εφαρμογής
 - πολυπλοκότητα στα άκρα του δικτύου

*domain : τομέας

*name system : σύστημα ονοματοδότησης

Υπηρεσίες DNS

- Μετάφραση ονομάτων hosts σε IP διευθύνσεις
- Συντομεύσεις/συνώνυμα ονομασίας hosts (host aliasing)
 - Κανονικά ονόματα έναντι απλουστευμένων εκδοχών τους (alias names)
- Συντομεύσεις/συνώνυμα ονομασίας εξυπηρετητών ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
 - Παρόμοιο με το προηγούμενο αλλά συγκεκριμένα για διακομιστές ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
- Κατανομή φόρτου εργασίας
 - αντίγραφα διακομιστών ιστού: ένα όνομα → πολλές IP διευθύνσεις

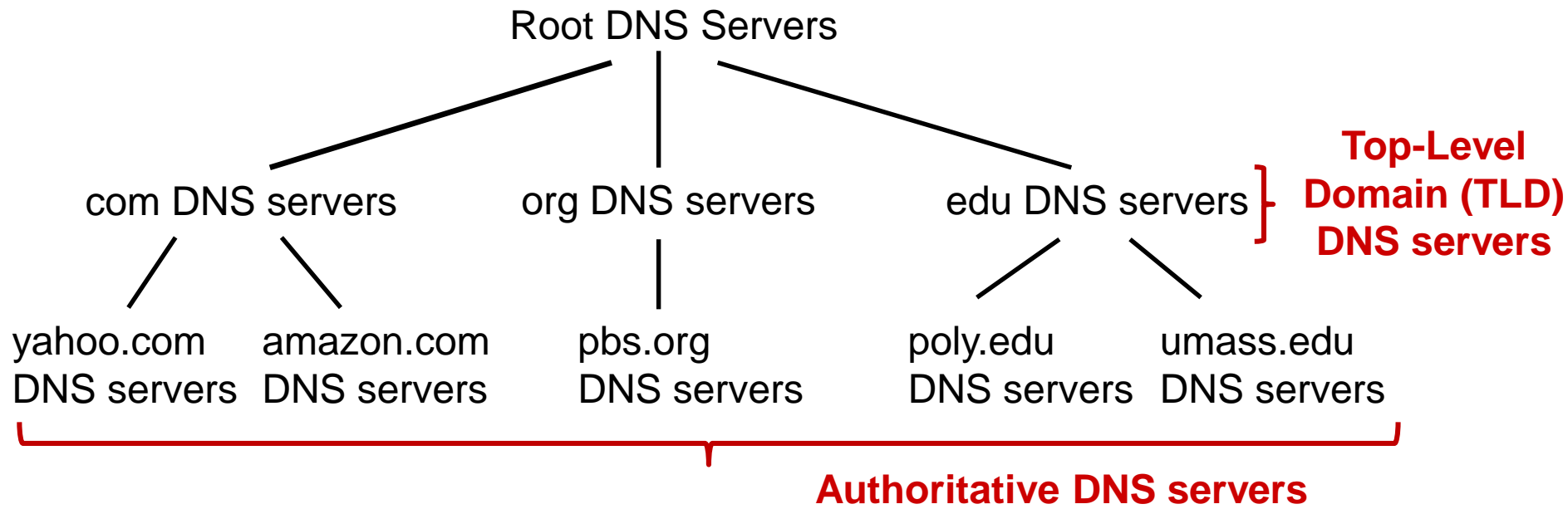
Δομή DNS : γιατί όχι κεντροποιημένη;

Μειονεκτήματα κεντροποίησης

- μοναδικό σημείο αποτυχίας (single point of failure)
- μεγάλος όγκος κίνησης
- απομακρυσμένη κεντρική βάση δεδομένων
- συντήρηση

⇒ **δεν είναι κλιμακώσιμο!**

DNS : μια κατακευμημένη ιεραρχική βάση δεδομένων

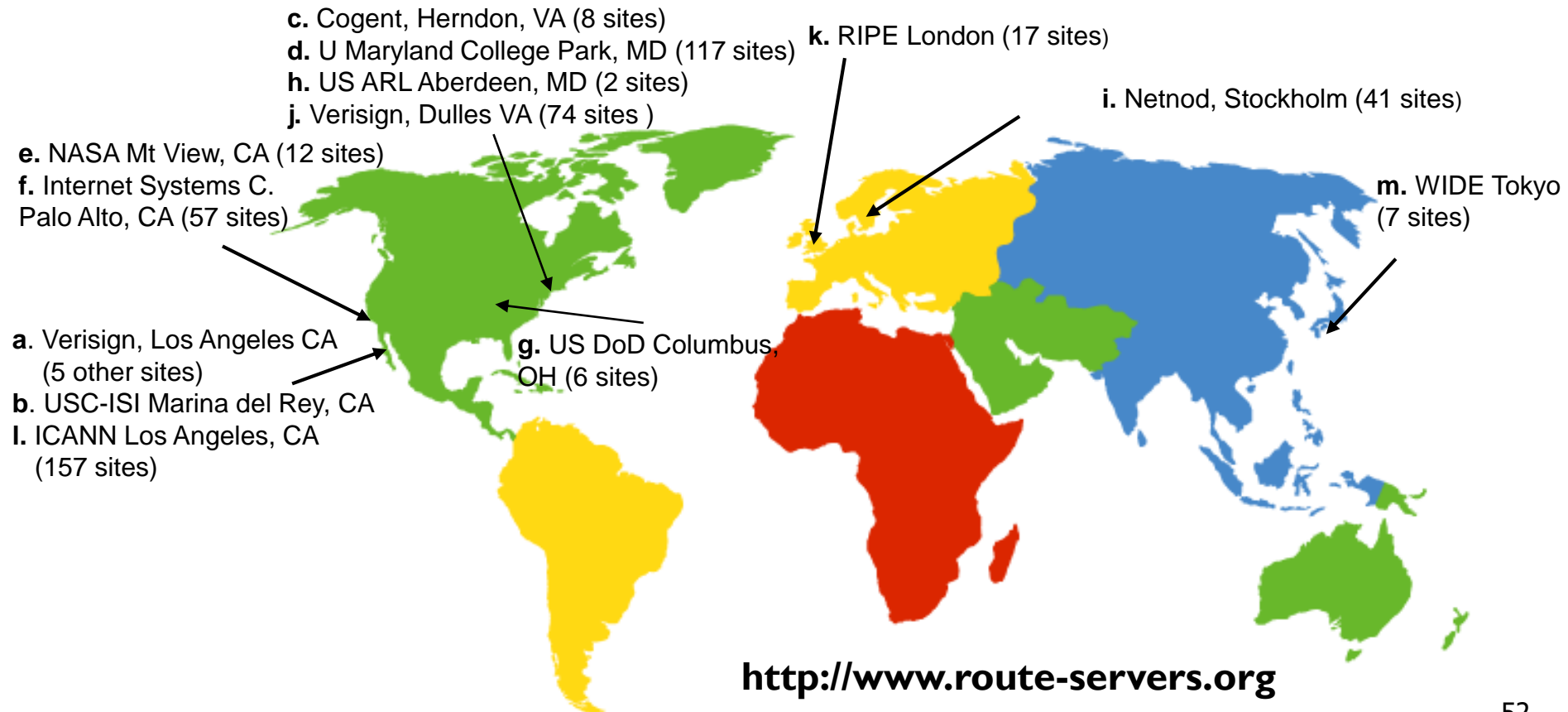


Το πρόγραμμα πελάτης θέλει την IP διεύθυνση του www.amazon.com : 1^η προσέγγιση

- ο πελάτης ρωτά τον root server για τον DNS διακομιστή που είναι υπεύθυνος για το domain .com και μαθαίνει από αυτόν τη διεύθυνσή του
- ο πελάτης ρωτά τον .com DNS server για τον DNS διακομιστή που είναι αρμόδιος για το domain amazon.com και μαθαίνει τη διεύθυνσή του
- ο πελάτης ρωτά τον διακομιστή DNS που είναι αρμόδιος για το amazon.com για να λάβει την IP διεύθυνση του www.amazon.com

DNS root διακομιστές ονομάτων

- 13 διαχειριστές root διακομιστών ονομάτων παγκοσμίως
 - Καθένας έχει παρουσία σε πολλά sites (504 το 2014, πάνω από 1000 το 2020)
 - Κάθε site → συστάδα διακομιστών για λόγους αξιοπιστίας



TLD + authoritative DNS διακομιστές

top-level domain (TLD) διακομιστές:

- υπεύθυνοι για γενικού τύπου top-level διαδικτυακούς τομείς (gTLDs) όπως .com, .org, .net, .edu, .gov και όλους τους top-level διαδικτυακούς τομείς χώρας (ccTLDs) όπως .uk, .fr, .ca, .jp
- η εταιρία Network Solutions συντηρεί διακομιστές για τον top-level διαδικτυακό τομέα .com
- η Educause για τον top-level διαδικτυακό τομέα .edu
- η λίστα των τωρινών top-level διαδικτυακών τομέων δίνεται εδώ : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Internet_top-level_domains

Αρμόδιοι (authoritative) DNS διακομιστές:

- οι DNS διακομιστές ενός οργανισμού, που παρέχουν authoritative αντιστοιχίσεις ονομάτων σε IP διευθύνσεις για τους επώνυμους hosts του οργανισμού
- μπορεί να συντηρούνται είτε από τον οργανισμό είτε από πάροχο υπηρεσιών

Τοπικός διακομιστής DNS

- δεν ανήκει στη βασική ιεραρχία της υπηρεσίας DNS
- Κάθε πάροχος υπηρεσιών διαδικτύου (οικιακός, εταιρικός ή Πανεπιστήμιο, εταιρία) έχει έναν
 - αποκαλείται επίσης “default” DNS διακομιστής
- Όταν ένας host κάνει μια ερώτηση τύπου DNS (DNS query), αυτή αποστέλλεται στον τοπικό DNS διακομιστή, ο οποίος
 - διατηρεί τοπική μνήμη cache με εγγραφές (ονόμα host, IP διεύθυνση host) που προήλθαν από πρόσφατες DNS ερωτήσεις και την απάντησή τους (οι οποίες μπορεί να μην είναι ενημερωμένες!)
 - λειτουργεί ως εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπος (proxy) και, αν δεν μπορεί ο ίδιος να απαντήσει την ερώτηση, την προωθεί στην ιεραρχία του DNS (root, TLD, authoritative DNS διακομιστές)

DNS resource records*

DNS: μπορεί κανείς να το δει ως μια κατανεμημένη βάση δεδομένων που αποθηκεύει εγγραφές πόρων (RR)

Η γενική μορφή αυτών των εγγραφών έχει ως εξής :
(name, value, type, ttl)

❖ type = A

– **name** : όνομα host, **value** : IP διεύθυνση
π.χ. (www.eap.gr, 193.108.160.58, A)

❖ type=NS

– **name** : τομέας (domain), **value** : όνομα host, όνομα του αρμόδιου διακομιστή DNS για αυτόν τον τομέα
π.χ. (eap.gr, nic1.eap.gr, NS)

* resource record: εγγραφή πόρου

Εγγραφές πόρων DNS (συν.)

DNS: μπορεί κανείς να το δει ως μια κατανεμημένη βάση δεδομένων που αποθηκεύει εγγραφές πόρων (RR)

Η γενική μορφή αυτών των εγγραφών έχει ως εξής :
(name, value, type, ttl)

❖ type=CNAME

- **name** : απλουστευμένο όνομα έναντι κάποιου “κανονικού” (του πραγματικού) ονόματος, **value** : το κανονικό όνομα
π.χ. (www.aueb.gr, www-cl.aueb.gr, CNAME)

❖ type=MX

- **name** : απλουστευμένο όνομα έναντι κάποιου “κανονικού” (του πραγματικού) ονόματος, **value** : πραγματικό/κανονικό όνομα του διακομιστή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που αντιστοιχεί στο **name**

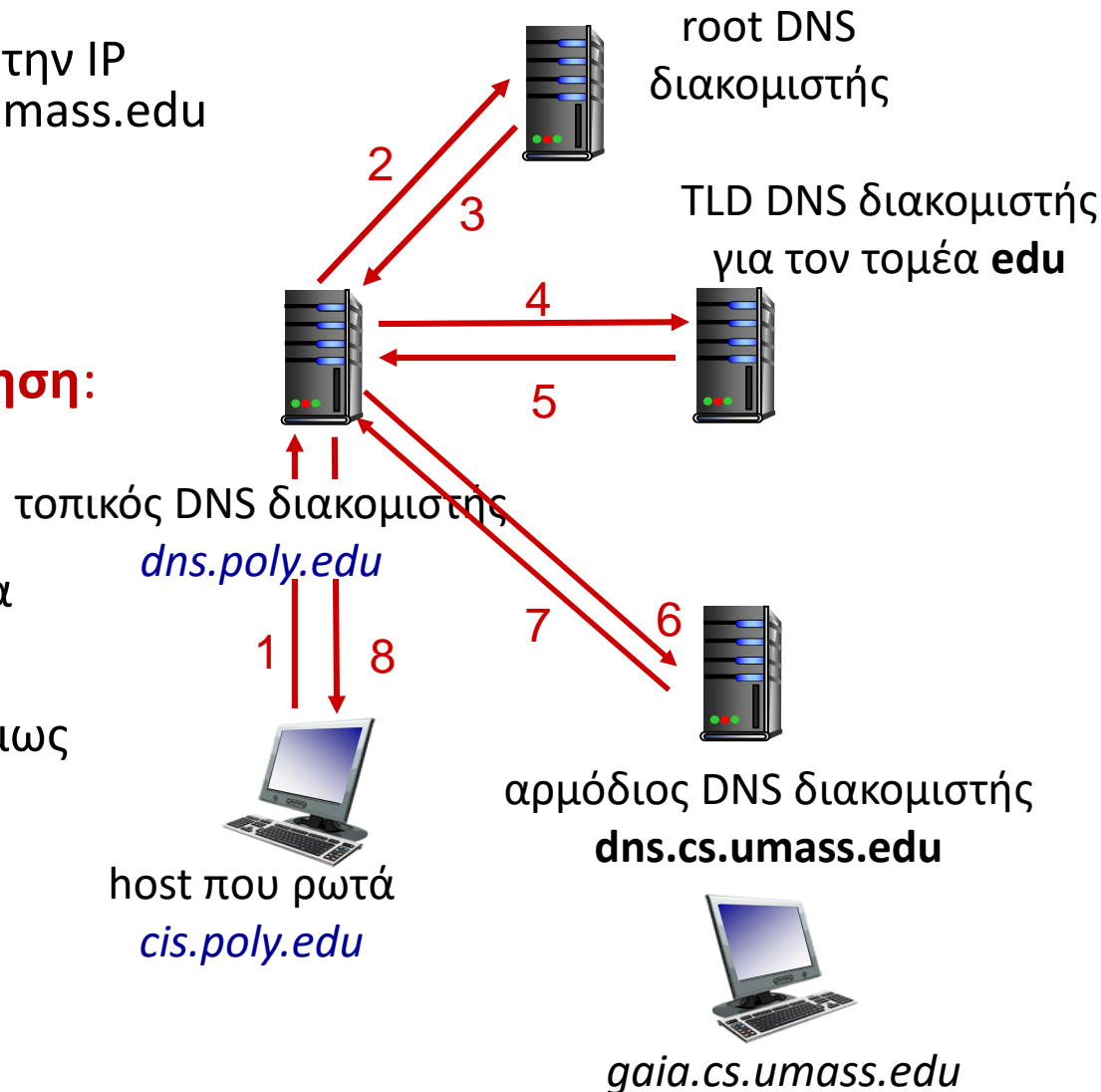
π.χ. (mail.aueb.gr, imap.aueb.gr, MX)

Παράδειγμα ανάλυσης ονόματος με το DNS

- host στο cis.poly.edu ψάχνει την IP διεύθυνση του host gaia.cs.umass.edu

Επαναλαμβανόμενη αναζήτηση:

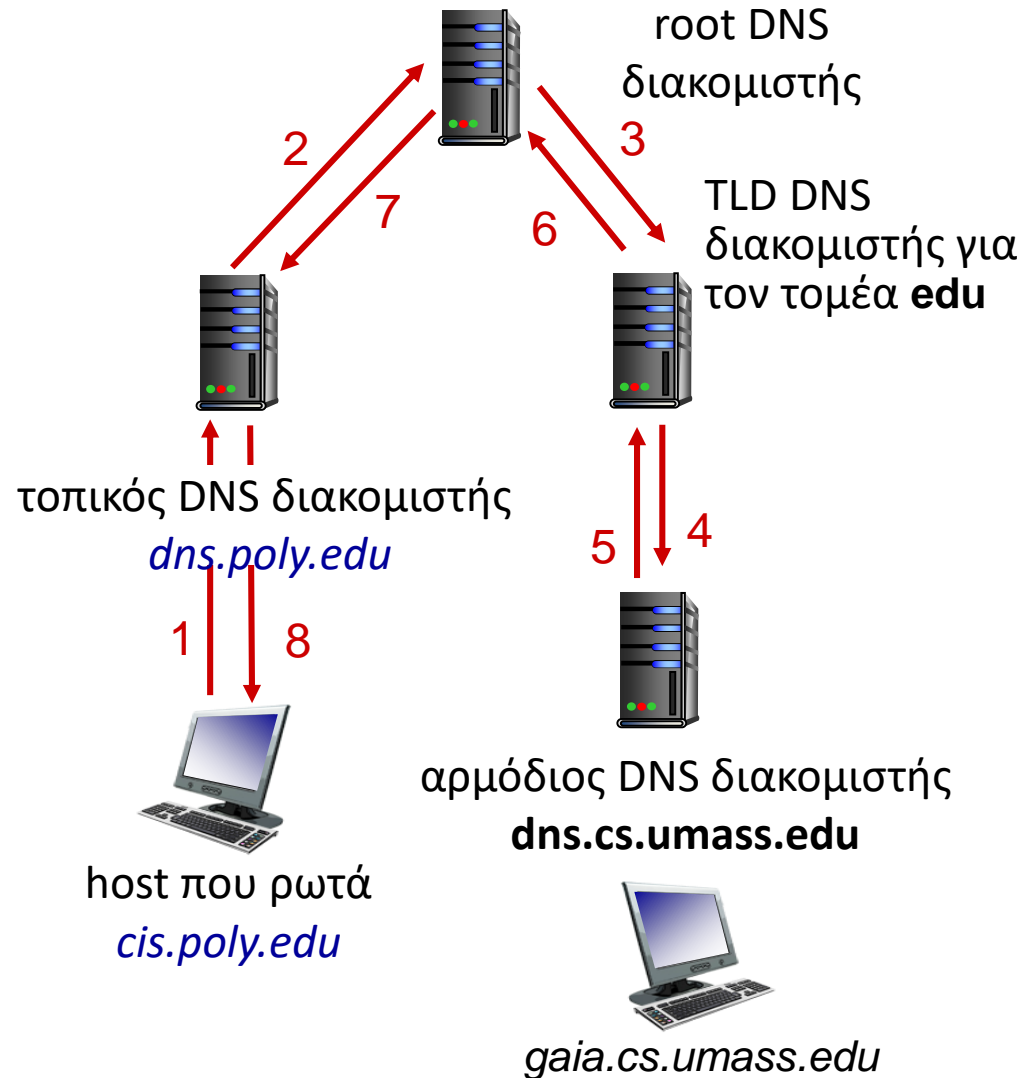
- ❖ ο διακομιστής που ρωτάται απαντά με το όνομα του διακομιστή που θα πρέπει να ρωτηθεί στο επόμενο βήμα
- ❖ “Δεν ξέρω αυτό το όνομα, όμως ρώτα αυτόν τον διακομιστή”



Παράδειγμα ανάλυσης ονόματος με το DNS

Αναδρομική αναζήτηση:

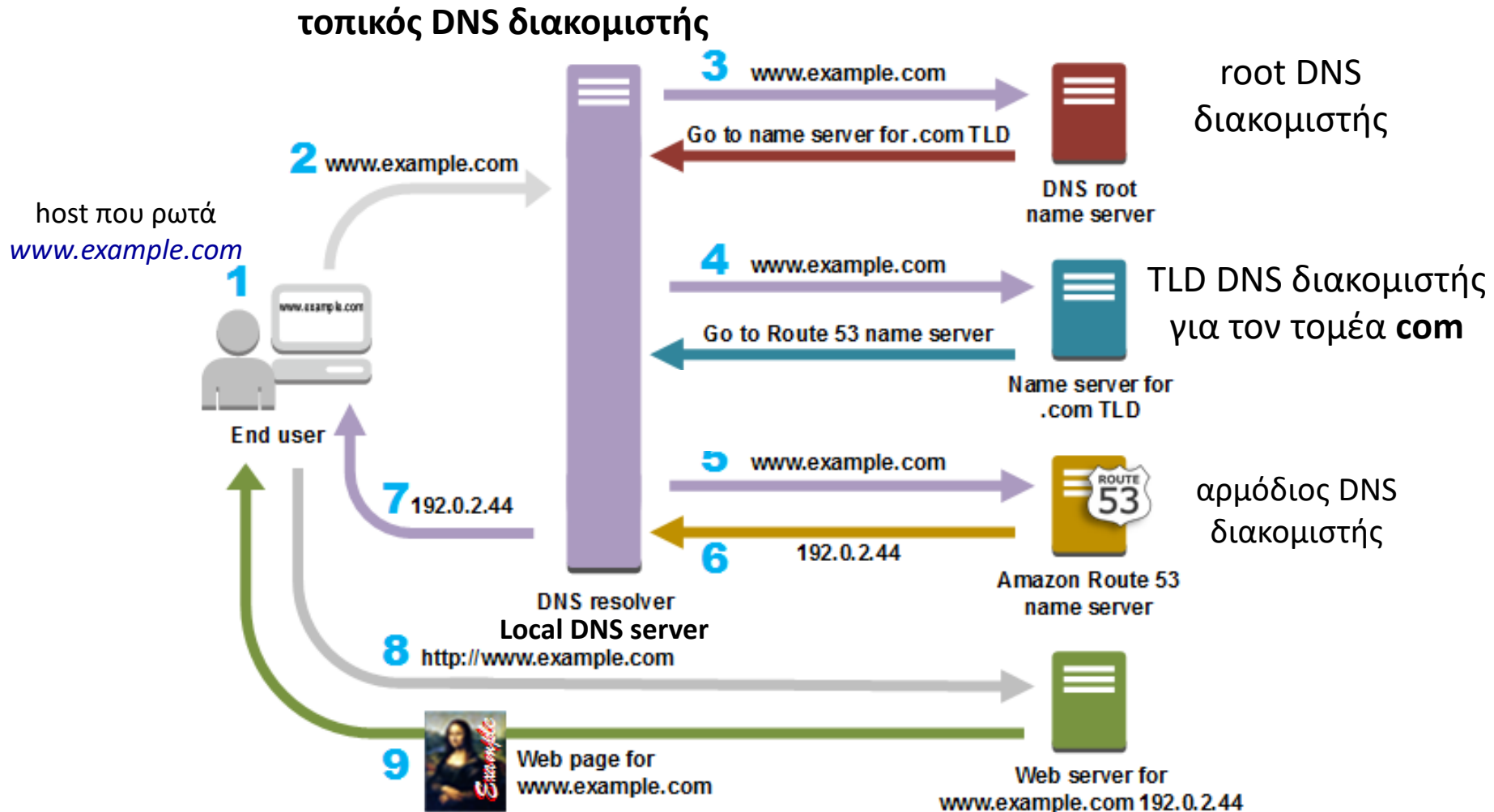
- ❖ το βάρος της ανάλυσης πέφτει στον διακομιστή (τοπικό) που είναι το πρώτο σημείο επαφής
- ❖ **ΕΡΩΤΗΣΗ** : Η επιβάρυνση για τους διακομιστές στα ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη;



DNS caching

- ❖ όταν (οποιοσδήποτε) DNS διακομιστής μάθει μια αντιστοίχιση, μπορεί να την σώσει στη μνήμη *cache* του
 - οι εγγραφές της μνήμης cache εκπνέουν και εξαφανίζονται μετά από ορισμένο χρόνο, TTL (Time-To-Live)
 - εγγραφές για τους TLD διακομιστές (όνομα, IP διεύθυνση) βρίσκονται αποθηκευμένες στις μνήμες cache στους τοπικούς DNS διακομιστές
 - ώστε να μην ενοχλούνται συχνά οι root διακομιστές στα ψηλότερα επίπεδα ιεραρχίας
- ❖ οι εγγραφές της μνήμης cache μπορεί να είναι παλιές
 - Αν ένας host αλλάξει IP διεύθυνση, μπορεί αυτό να μη γίνει γνωστό ευρύτερα στο Διαδίκτυο μέχρι όλοι οι χρόνοι TTLS στις απανταχού caches εκπνεύσουν
- ❖ μηχανισμοί ενημέρωσης για τις μνήμες cache προτείνονται στο IETF standard RFC 2136

Ενδεικτικό Παράδειγμα DNS lookup



Παράδειγμα

Windows Command prompt (cmd)

Με την εντολή nslookup

```
C:\Users\nikod> Ερώτηση τύπου A: «Ποια είναι η IP Address »για το website www.eap.gr?»  
Server: zeus.iit.demokritos.gr  
Address: 143.233.226.2  
Non-authoritative answer:  
Name: www.eap.gr  
Address: 193.108.160.61
```

Απάντηση

IP διεύθυνση για το website www.eap.gr

τοπικός DNS διακομιστής του host

IP διεύθυνση τοπικού DNS διακομιστή

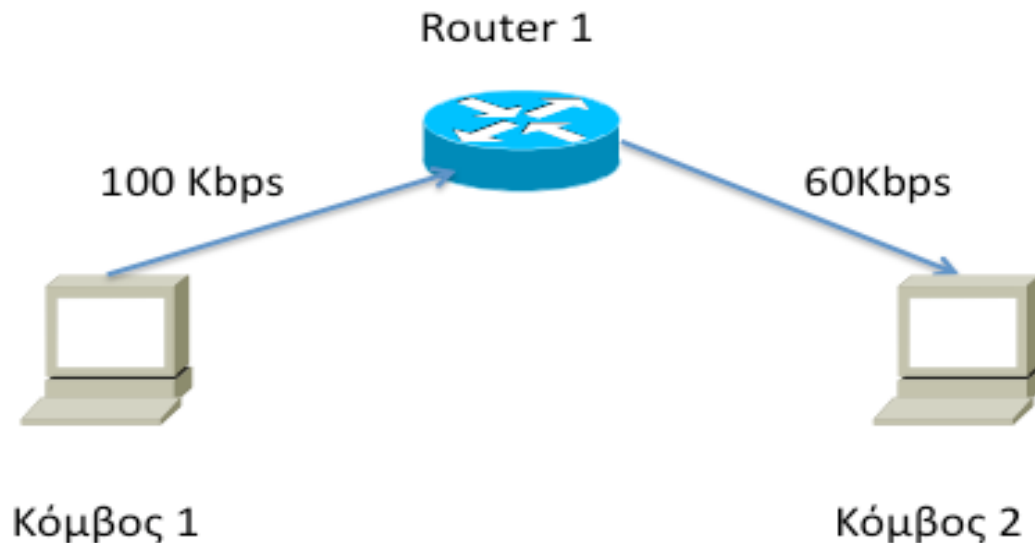
Δείτε και το tutorial:

<https://activedirectorypro.com/use-nslookup-check-dns-records/>

Πρόσθετα παραδείγματα

Άσκηση

- Δίνεται το δίκτυο του σχήματος που ακολουθεί. Να θεωρήσετε ότι 1000 πακέτα μήκους 100 bits μεταδίδονται από το κόμβο 1 στο κόμβο 2. Να υπολογισθεί ο συνολικός χρόνος μετάδοσης.



Λύση

Τα πακέτα μεταδίδονται με τη λογική store & forward

Το 1ο πακέτο θα μεταδοθεί από τον κόμβο 1 στον κόμβο 2 σε χρόνο

$$t_1 = \text{TRANSP}_1 + \text{TRANSP}_2 = 100/100\text{ms} + 100/60\text{ms}$$

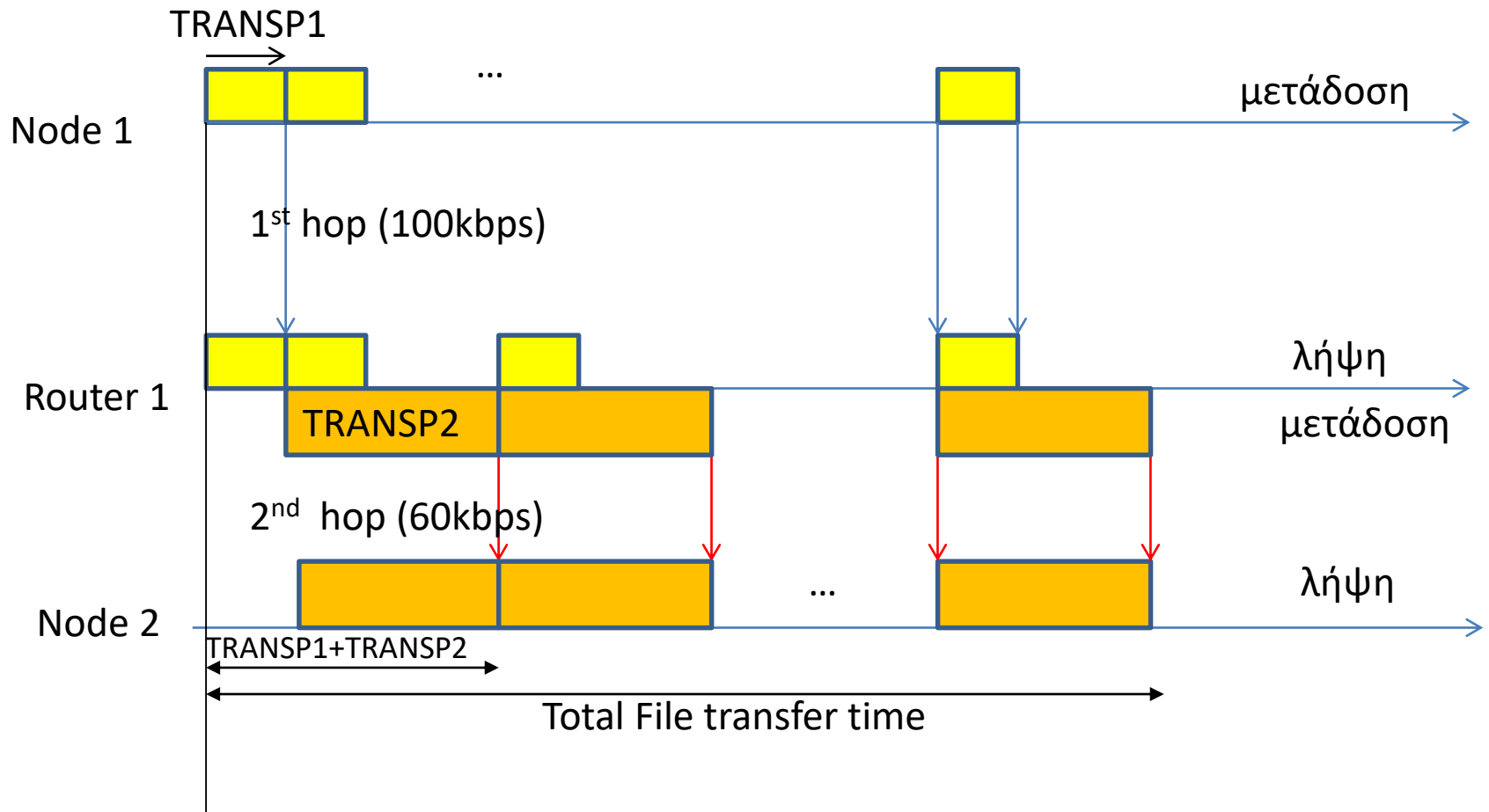
Το 2^ο πακέτο θα ληφθεί από τον κόμβο 2 μετά από 100/60ms
 $t_2 = t_1 + 100/60\text{ms}$

Κ.Ο.Κ.

Το 1000^ο πακέτο θα ληφθεί σε χρόνο $t_1 + (1000-1)100/600\text{ms}$

Άρα ο συνολικός χρόνος μετάδοσης του αρχείου θα ισούται με

$$t_1 + (1000-1)100/60\text{ms} = 100/100\text{ms} + 100/60\text{ms} + (1000-1)100/60\text{ms} = 1\text{ms} + 1000(100/60)\text{ms} = 1\text{ms} + 1660\text{ms} = 1661\text{ms}$$



ΘΕΜΑ 3

Ένα ABP πρωτόκολλο (δηλ. πρωτόκολλο παύσης και αναμονής) τρέχει πάνω από ένα κανάλι χρησιμοποιώντας μετρητή (timer) για να αναμεταδίδει μετά από ένα διάστημα προθεσμίας επανεκπομπής (TIMEOUT) πλαίσια για τα οποία δεν λαμβάνεται πίσω θετική επιβεβαίωση (λόγω λαθών στο πλαίσιο με τα δεδομένα ή στις επιβεβαιώσεις). Ο μετρητής ξεκινάει μόλις ο αποστολέας αρχίσει να στέλνει ένα πλαίσιο και όχι αφού το στείλει.

Έχετε τα εξής δεδομένα:

- Ταχύτητα μετάδοσης καναλιού ίση με 2 Mbits/sec.
- Μήκος πλαισίου ίσο με 200 bits.
- Χρόνος μετάδοσης επιβεβαίωσης TRANSA=0 λόγω πολύ μικρού μήκους των επιβεβαιώσεων.
- Απόδοση πρωτοκόλλου δίχως λάθη ίση με 33.3%.
- Πιθανότητα λάθους ίση με $p=0.05$ (1 στα 20 πλαίσια κατά μέσον όρο χρειάζεται να μεταδοθεί ξανά).
- Απόδοση πρωτοκόλλου με λάθη ίση με 10%.

Ζητούνται:

α) Ο χρόνος μετάδοσης ενός πλαισίου TRANSP

β) Η καθυστέρηση διάδοσης (μονής κατεύθυνσης) PROP του σήματος στο κανάλι.

γ) Η διάρκεια TIMEOUT της προθεσμίας επανεκπομπής.

$$E \equiv 2011A / \text{B}$$

3.

$$a) \text{ TRANSP} = \frac{[P]}{R} = \frac{200 \text{ bits}}{2 \cdot 10^6 \frac{\text{bits}}{\text{sec}}} = 10^{-4} \text{ sec}$$

b) Δίνεται ότι $\eta_0 = 33,3\%$ (χωρίς σφάλματα)

$$\eta_0 = \frac{\text{TRANSP}}{\text{RTT}} = \frac{\text{TRANSP}}{\text{TRANSP} + \text{TRANSA} + 2\text{PROP}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_0 \cdot \text{TRANSP} + 2\eta_0 \cdot \text{PROP} = \text{TRANSP} \Rightarrow \text{PROP} = \frac{(1 - \eta_0) \text{TRANSP}}{2\eta_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{PROP} = \frac{0,66}{0,66} \cdot \text{TRANSP} = 10^{-4} \text{ sec}$$

8) Δίνεται ότι $\eta_P = 10\%$ $P_F = 0,05 \Rightarrow P_S = 0,95$

$$\eta_P = \frac{\text{TRANSP}}{\text{RTT} + T \cdot \frac{1-P_S}{P_S}} \Rightarrow \eta_P \cdot \text{RTT} + \eta_P \cdot T \cdot \frac{1-P_S}{P_S} = \text{TRANSP} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{\text{TRANSP} - \eta_P \cdot \text{RTT}}{\eta_P \cdot \frac{1-P_S}{P_S}}$$

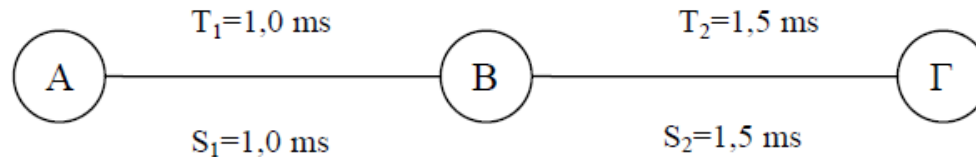
$$\text{RTT} = \text{TRANSP} + \text{TRANSA} + 2\text{PROP} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ sec}$$

$$\Rightarrow T = \frac{10^{-4} \text{ sec} - 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-4} \text{ sec}}{10^{-1} \cdot \frac{0,05}{0,95}} = \frac{10^{-3} - 3 \cdot 10^{-4}}{\frac{1}{19}} \text{ sec} =$$

$$= 19 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ sec} = 13,3 \text{ msec}$$

ΕΞ2007Α/Θ6

ΘΕΜΑ 6 - Έστω σταθμός A που επικοινωνεί με σταθμό Γ μέσω ενός σταθμού B και δύο συνδέσμων (σύνδεσμος 1 μεταξύ AB, και σύνδεσμος 2 μεταξύ BΓ). Οι χρόνοι μετάδοσης πλαισίου είναι ίδιοι σε κάθε σύνδεσμο ($TRANSP1 = TRANSP2 = 10^{-4}$ s), ενώ οι χρόνοι μετάβασης με επιστροφή (S) και προθεσμίας (T) είναι αντίστοιχα $S_1=T_1=1,0$ ms και $S_2=T_2=1,5$ ms.



Η πιθανότητα σφάλματος πακέτου μονόδρομης μετάδοσης είναι: στον 1ο σύνδεσμο $p_{err1} = 10^{-2}$, και στον 2ο σύνδεσμο $p_{err2} = 2 \times 10^{-2}$. Πρέπει να επιλέξετε μεταξύ δύο σεναρίων:

- 1) ένα πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP υλοποιείται μεταξύ των σταθμών A και Γ (end-to-end), ενώ ο B είναι απλός αναμεταδότης (στην περίπτωση αυτή ο χρόνος προθεσμίας ισούται με το άθροισμα των επιμέρους χρόνων προθεσμίας κάθε συνδέσμου).
- 2) ξεχωριστά πρωτόκολλα επανεκπομπής ABP υλοποιούνται μεταξύ των σταθμών A,B και των σταθμών B,Γ.

Ποιο σενάριο έχει τη μεγαλύτερη απόδοση;

Για τον προσδιορισμό της επίδοσης του κάθε σεναρίου θα υπολογίσουμε την Αντίστοιχη ρυθμαπόδοση που πετυχαίνει.

Γενικά η ρυθμαπόδοση ισούται με

$$\textit{Throughput} = \textit{Efficiency} \times \textit{Link_Bit_Rate}$$

Αν έχουμε πολλαπλούς συνδέσμους με ξεχωριστά πρωτόκολλα επανεκπομπής
Η συνολική ρυθμαπόδοση ισούται με:

$$\begin{aligned} \textit{Throughput} &= \min_{i=1,\dots,N} \{ \textit{Throughput}_i \} = \\ &= \min_{i=1,\dots,N} \{ \textit{Efficiency}_i \times \textit{Link_Bit_Rate}_i \} \end{aligned}$$

Αν έχουμε πολλαπλούς συνδέσμους με ένα ενιαίο πρωτόκολλο επανεκπομπής end-end
Η ρυθμαπόδοση θα ισούται με:

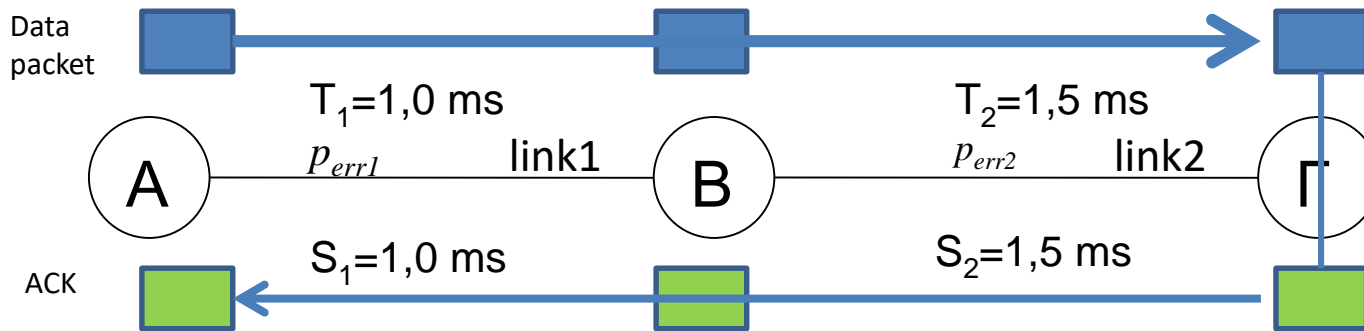
$$\begin{aligned} \textit{Throughput} &= \min_{i=1,\dots,N} \{ \textit{Throughput}_i \} = \\ &= \min_{i=1,\dots,N} \{ \textit{Efficiency} \times \textit{Link_Bit_Rate}_i \} = \\ &= \textit{Efficiency} \times \min_{i=1,\dots,N} \{ \textit{Link_Bit_Rate}_i \} \end{aligned}$$

Απόδοση ABP (με Packet Error Rate>0)

$$\eta_{ABP} = \frac{TRANSP}{S + \frac{(1 - p_{success})}{p_{success}} T}$$

1^ο σενάριο

ABP μεταξύ A and Γ (end-end) . Ο B θεωρείται ως απλός αναμεταδότης (ο χρόνος προθεσμίας δίνεται ότι ισούται με T_1+T_2).



Χρειάζεται υπολογισμός της πιθανότητας επιτυχούς αποστολής πακέτου και λήψης επιβεβαίωσης ‘end-end’

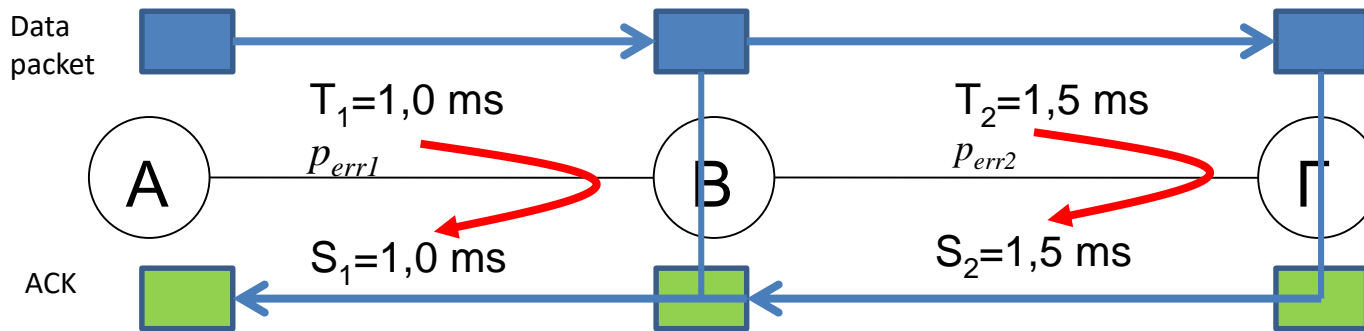
$$\begin{aligned} p_{12} &= P(\text{success, data_packet_in_link_1}) \times P(\text{success, data_packet_in_link_2}) \times \\ &\times P(\text{success, ACK_in_link_2}) \times P(\text{success, ACK_in_link_1}) = \\ &= (1 - p_{err1}) \times (1 - p_{err2}) \times (1 - p_{err2}) \times (1 - p_{err1}) = 0,94128804 \end{aligned}$$

1^ο σενάριο

$$\eta_{ABP1} = \frac{TRANSP}{S_{12} + \frac{(1-p_{12})}{p_{12}} T_{12}} = \frac{p_{12} TRANSP}{S_1 + S_2} = \frac{0,94128804 \cdot 10^{-4}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 3,76\%$$

2^ο σενάριο

Ξεχωριστές ABP μεταξύ A-B and B-Γ



Χρειάζεται υπολογισμός της πιθανότητας επιτυχούς αποστολής πακέτου και λήψης επιβεβαίωσης σε καθένα από τους 2 'βρόχους' ABP

$$p_1 = P(\text{success, data_packet_in_link_1}) \times P(\text{success, ACK_in_link_1}) = \\ = (1 - p_{err1}) \times (1 - p_{err1}) = 0,9801$$

$$p_2 = P(\text{success, data_packet_in_link_2}) \times P(\text{success, ACK_in_link_2}) = \\ = (1 - p_{err2}) \times (1 - p_{err2}) = 0,9604$$

2^ο σενάριο

$$\eta_{ABP2.1} = \frac{TRANSP}{S_1 + \frac{(1-p_1)}{p_1}T_1} = \frac{p_1TRANSP}{S_1} = 9.8\%$$

$$\eta_{ABP2.2} = \frac{TRANSP}{S_2 + \frac{(1-p_2)}{p_2}T_2} = \frac{p_2TRANSP}{S_2} = 9.6\%$$

Εφόσον ο ρυθμός μετάδοσης και στα δύο links είναι ο ίδιος, η απόδοση του συστήματος θα εξαρτάται από το link με τη μικρότερη επιμέρους απόδοση (bottleneck) , που είναι το link 2.

Με βάση τα αποτελέσματα, το 2^ο σενάριο θα είναι πιο αποδοτικό, διότι έχει απόδοση 9.6%, σε σχέση με το 1^ο σενάριο που έχει απόδοση 3.76%

Προσοχή! Κανονικά πρέπει να συγκρίνουμε ρυθμαποδόσεις, αλλά -για τη συγκεκριμένη περίπτωση- αφού έχουμε τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης σε όλα τα links και τα σενάρια, αρκούν οι αντίστοιχες αποδόσεις

Έστω ένας κόμβος A ο οποίος μεταδίδει πακέτα δεδομένων, μήκους 6 bits πάνω από ένα ασύρματο κανάλι σε ένα κόμβο B. Στα πακέτα δεδομένων τοποθετείται επίσης πρόσθετη επικεφαλίδα μήκους 10 bits. Επειδή το κανάλι έχει θόρυβο, το καθένα από αυτά τα πακέτα δεδομένων προστατεύεται από σφάλματα μεταφοράς με την προσθήκη κυκλικού πλεονασμού (CRC) μήκους 4 bits χρησιμοποιώντας το πολυώνυμο γεννήτορα $G(x)=x^3+x+1$. Να υποθέσετε επίσης ότι η χρήση του CRC μείωσε τα σφάλματα μετάδοσης πακέτων σχεδόν στο 0. Η απόσταση μεταξύ των κόμβων A και B είναι 3×10^4 Km, ο ρυθμός μετάδοσης μεταξύ των κόμβων A και B είναι 5 Kbits/sec, το συνολικό μέγεθος της επιβεβαίωσης είναι 10 bits, ενώ η ταχύτητα διάδοσης είναι 3×10^5 km/sec.

(α) Μεταξύ των κόμβων A και B χρησιμοποιείται πρωτόκολλο επανεκπομπής GoBackN, $N=32$. Να υπολογιστεί η απόδοση του πρωτοκόλλου επανεκπομπής.

(β) Να βρεθεί ο ρυθμός ροής (bits/sec) των δεδομένων, δηλαδή πόσα bits δεδομένων μεταδίδονται ανά δευτερόλεπτο.

(γ) Να υποθέσετε ότι ο κόμβος θέλει να στείλει τα πακέτα δεδομένων M_1 και M_2 , στα οποία προστίθεται ο κυκλικός πλεονασμός (χρησιμοποιώντας το πολυώνυμο γεννήτορα $G(x)=x^3+x+1$) και μεταδίδονται ως μηνύματα T_1 και T_2 πάνω από το ασύρματο κανάλι. Εάν κατά τη στιγμή της μετάδοσης στο μεταδιδόμενο μήνυμα T_1 υπεισέρχεται θόρυβος $E_1=1010000001$, ενώ στο μήνυμα T_2 , υπεισέρχεται θόρυβος $E_2=1000100011$ να βρείτε εάν ο παραλήπτης κόμβος έχει τη δυνατότητα εντοπισμού του λάθους που υπεισέρχεται λόγω θορύβου στο κάθε ένα από τα μηνύματα.

(Υπόδειξη: Εφόσον χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος CRC και με δεδομένο ότι το πολυώνυμο γεννήτορας είναι $3^{\text{ο}}$ βαθμού ($\kappa=3$), το μήνυμα T (ή $T(x)$ σε πολυωνυμική μορφή) που θα μεταδοθεί τελικά πάνω από το ασύρματο κανάλι μετά και την προσθήκη του κυκλικού πλεονασμού $R(x)$, θα αποτελείται από 10 bits εφόσον $T(x)=M(x)*x^3+R(x)$. Το μήνυμα $T(x)$ - λόγω κατασκευής- όταν διαιρεθεί με το πολυώνυμο γεννήτορα $G(x)$, αφήνει υπόλοιπο 0. Η άσκηση επίσης μας δίνει ότι στο κάθε μήνυμα $T(x)$ υπεισέρχεται θόρυβος $E(x)$, οπότε το μήνυμα που παραλαμβάνεται δίνεται από τη σχέση $T'(x) = T(x)+E(x)$. Εάν διαιρέσουμε το $T'(x)$ με το $G(x)$ και με δεδομένο ότι $T(x)/G(x)=0$ προκύπτει ότι $T'(x)/G(x) = E(x)/G(x)$)

a)

Τα πακέτα που μεταδίδονται μεταξύ των Α και Β έχουν μήκος

$P_1 = \text{Μήκος Επικεφαλίδας} + \text{Μήκος Δεδομένων} + \text{Μήκος CRC} \Rightarrow$

$$P_1 = 10 + 6 + 4 = 20 \text{ bits} \quad (1)$$

Ο χρόνος που απαιτείται για να παραληφθεί μια οποιαδήποτε επιβεβαίωση είναι:

$$S_1 = \text{TRANSP}_1 + \text{TRANSA} + 2 * \text{PROP} \quad (2)$$

$$\text{TRANSP}_1 = P_1 \text{ bits} / 5 \text{ Kbps} = 20 \text{ bits} / 5 \text{ Kbps} = 0.004 \text{ sec} \quad (3)$$

$$\text{TRANSA} = 10 \text{ bits} / 5 \text{ Kbps} = 0.002 \text{ sec} \quad (4)$$

$$\text{PROP} = 3 * 10^4 / 3 * 10^5 \text{ sec} = 0.1 \text{ sec} \quad (5)$$

Αντικαθιστώντας τις (3)-(5) στην (2) έχουμε,

$$S_1 = 0.004 + 0.002 + 2 * 0.1 = 0.005 + 0.2 = 0.205 \text{ sec} \quad (6)$$

Επομένως η απόδοση του πρωτοκόλλου GoBack-N όπου $N=32$ δίνεται από τον τύπο

$$\eta_{GBN} = \min \left\{ 1, \frac{N \times \text{TRANSP}_1}{S_1} \right\} = \min \left\{ 1, \frac{32 \times 0,004}{0,205} \right\} = 0,624 \quad (7)$$

β)

Ο ρυθμός ροής πακέτων λ είναι

$$\lambda = 32/S_1 = 32/0,205 \text{ πακέτα/sec} = 156 \text{ πακέτα/sec} \quad (8)$$

Από αυτά τα πακέτα μόνο 6 bits αφορούν σε δεδομένα και άρα ο ρυθμός ροής των δεδομένων είναι $156 \cdot 6 = 936 \text{ bits/sec}$

Εναλλακτικά, με χρήση της απόδοσης από (α), θα είχαμε

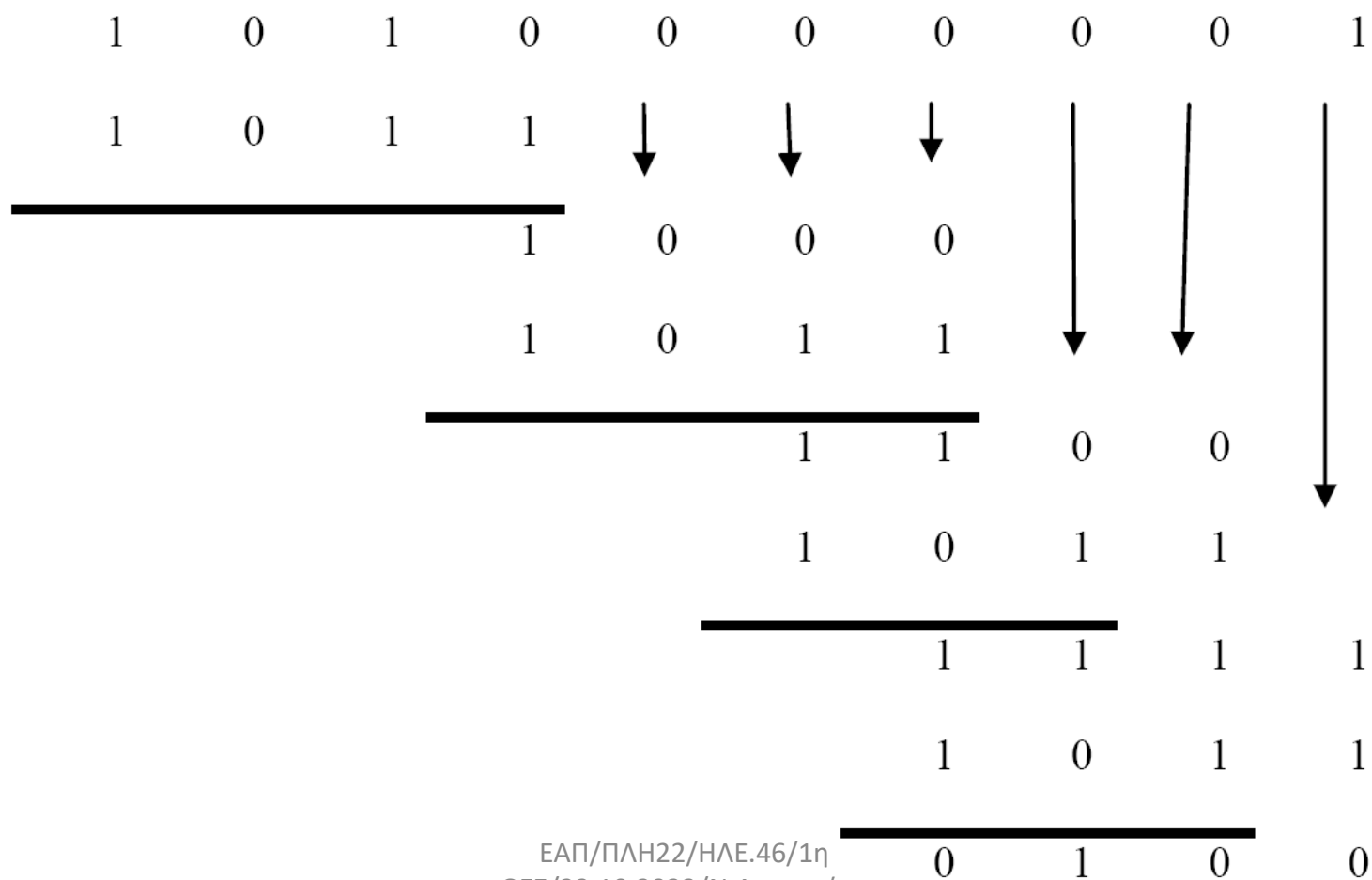
$$\lambda = n \cdot R = 0,624 \cdot 5000 = 3120 \text{ bits/sec} \quad (9)$$

Μόνο 6 bits αφορούν σε δεδομένα και άρα ο ρυθμός ροής των δεδομένων είναι

$$3120 \cdot 6/20 = 936 \text{ bits/sec.}$$

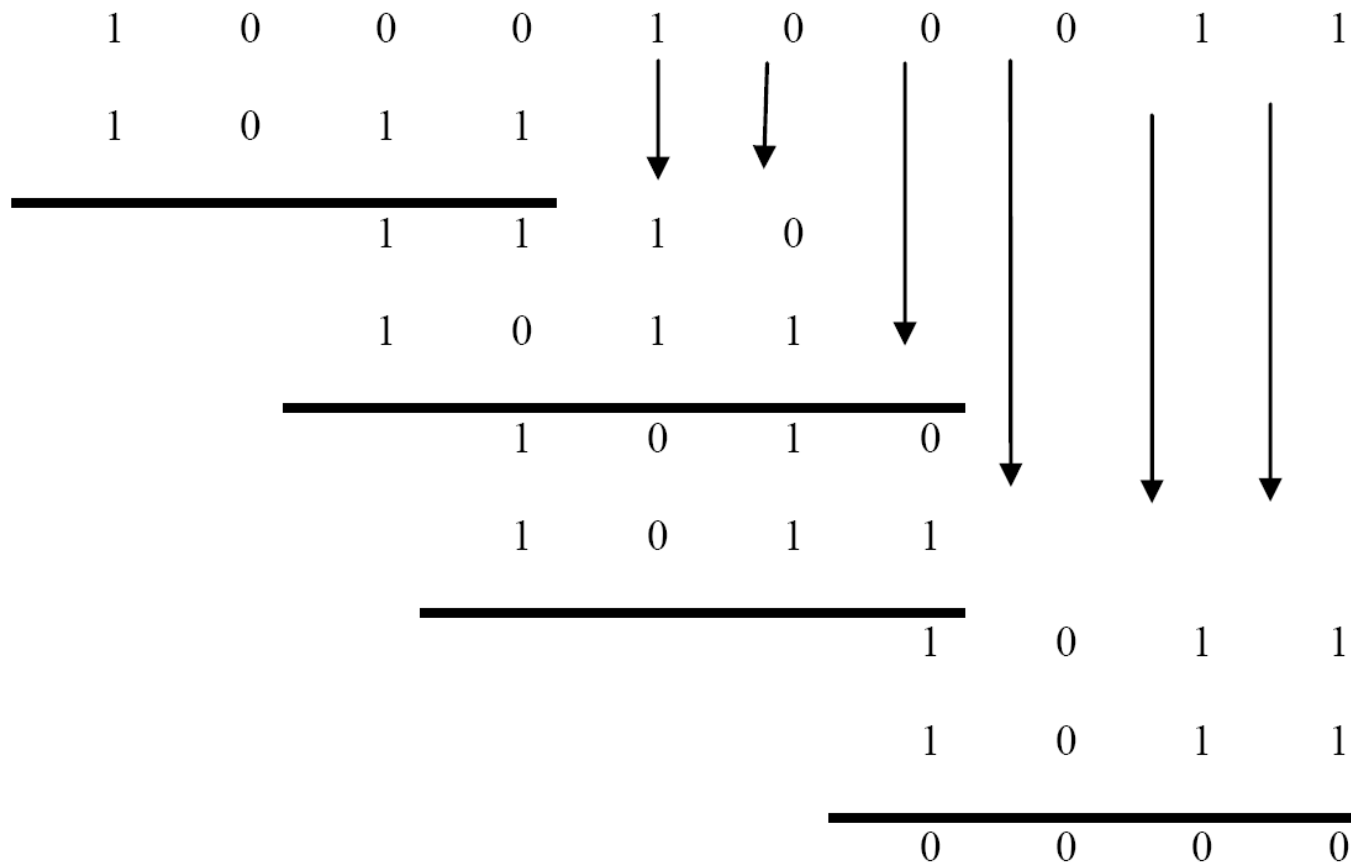
γ) Άρα για να διαπιστώσουμε εάν ο παραλήπτης κόμβος έχει τη δυνατότητα εντοπισμού του λάθους αρκεί να βρει ότι το υπόλοιπο της διαίρεσης $E(x)/G(x)$ είναι διάφορο του μηδενός.

Περίπτωση 1^η: $E_1(x) = 1010000001$



*Σημείωση: Η διαίρεση θα μπορούσε να αποφευχθεί εάν το πολυώνυμο – γεννήτορας είχε ως παράγοντα το $(x+1)$, οπότε θα μπορούσε να εφαρμοστεί η ιδιότητα με βάση την οποία ο CRC κώδικας ανιχνεύει περιττό αριθμό σφαλμάτων, όμως στην περίπτωση του δεδομένου $G(x)$, αυτό δεν ισχύει διότι δεν μπορεί να γραφεί σε μορφή $G(x)=(x+1)*H(x)$.*

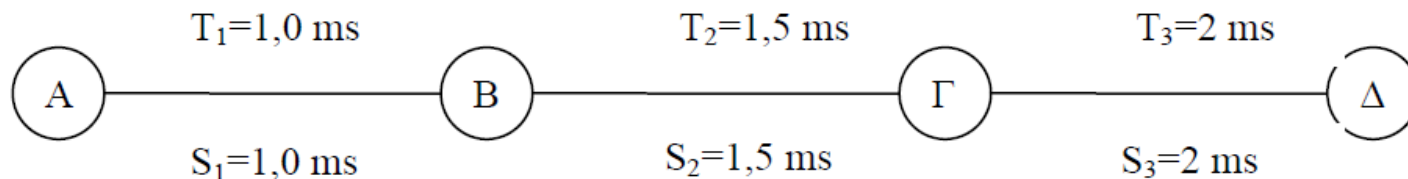
Περίπτωση 2^η: E₂(x)= 1000100011



Διαπιστώνουμε ότι το υπόλοιπο είναι 0 και παρά την ύπαρξη λαθών ο αλγόριθμος **δεν** είναι σε θέση να εντοπίσει το λάθος μήνυμα.

ΘΕΜΑ 3 ΕΞ 2011B

Έστω σταθμός A που επικοινωνεί με σταθμό Δ μέσω των σταθμών B και Γ και τριών συνδέσμων (σύνδεσμος 1 μεταξύ AB, σύνδεσμος 2 μεταξύ BΓ, σύνδεσμος 3 μεταξύ ΓΔ). Οι χρόνοι μετάδοσης πλαισίου είναι ίδιοι σε κάθε σύνδεσμο ($TRANSP1 = TRANSP2 = TRANSP3 = 10^{-4}$ s), ενώ οι χρόνοι μετάβασης με επιστροφή (S) και προθεσμίας (T) είναι αντίστοιχα $S_1=T_1=1,0$ ms, $S_2=T_2=1,5$ ms, και $S_3=T_3=2,0$ ms.



Η πιθανότητα σφάλματος πακέτου μονόδρομης μετάδοσης είναι: στον 1ο σύνδεσμο και στον 3ο σύνδεσμο $P_{err1} = 10^{-2}$, ενώ στον 2ο σύνδεσμο $P_{err2} = 2 \times 10^{-2}$.

Πρέπει να επιλέξετε μεταξύ τριών σεναρίων:

- 1) ένα πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP υλοποιείται μεταξύ των σταθμών A και Δ (end-to-end), με συνέπεια οι B και Γ να ενεργούν απλά ως αναμεταδότες. Το πρωτόκολλο αυτό έχει μετρηθεί ότι έχει απόδοση **2,05%**.
- 2) ένα πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP υλοποιείται μεταξύ των σταθμών A και Γ με συνέπεια ο B να ενεργεί ως απλός αναμεταδότης και ένα πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP υλοποιείται μεταξύ των σταθμών Γ και Δ.
- 3) ένα πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP υλοποιείται μεταξύ των σταθμών A και B και ένα πρωτόκολλο επανεκπομπής ABP υλοποιείται μεταξύ των σταθμών B και Δ με συνέπεια ο Γ να ενεργεί ως απλός αναμεταδότης.

Ποιό από τα τρία σενάρια επιτυγχάνει την καλύτερη απόδοση;

$$E = 2011 \text{ B} / \theta_3$$

$$ABP_{A-\Delta} : \eta_1 = 2,05\%$$

$$\left. \begin{array}{l} ABP_{A-\Gamma} \\ ABP_{\Gamma-\Delta} \end{array} \right\} \eta_2 = \min \{ \eta_{A\Gamma}, \eta_{\Gamma\Delta} \}$$

$$\eta_{A\Gamma} = \frac{\text{TRANSP}_A}{S_{A\Gamma} + T_{A\Gamma} \cdot \frac{1 - P_{S,A\Gamma A}}{P_{S,A\Gamma A}}}$$

$$S_{A\Gamma} = S_1 + S_2 = 2,5 \text{ ms}$$

$$T_{A\Gamma} = T_1 + T_2 = 2,5 \text{ ms}$$

$$P_{S,A\Gamma A} = P_{S,AB} \cdot P_{S,B\Gamma} \cdot P_{S,\Gamma B} \cdot P_{S,BA}$$

$$= 0,99^2 \cdot 0,98^2 = 0,94128804$$

$$\Rightarrow \eta_{A\Gamma} = \frac{10^{-4} \text{ sec} \cdot 0,94128804}{2,5 \cdot 10^{-4} \text{ sec}} = 3,76\%$$

$$(1 - 10^{-2}) (1 - 2 \cdot 10^{-2}) (1 - 2 \cdot 10^{-2}) (1 - 10^{-2})$$

$$\eta_{\Gamma\Delta} = \frac{\text{TRANSP}_{\Gamma}}{S_{\Gamma\Delta} + T_{\Gamma\Delta} \frac{1 - \rho_{S,\Gamma\Delta\Gamma}}{\rho_{S,\Gamma\Delta\Gamma}}}$$

$$\rho_{S,\Gamma\Delta\Gamma} = \rho_{S,\Gamma\Delta} \cdot \rho_{S,\Delta\Gamma} = (1 - 10^{-2}) (1 - 10^{-2}) = 0,99^2 = 0,9801.$$

$$\eta_{\Gamma\Delta} = \frac{10^{-4} \cdot 0,9801}{2 \cdot 10^{-4} \text{ sec}} = 4,9\%$$

$$\eta_2 = \min \{ 3,76\%, 4,9\% \} = 3,76\%$$

$$\eta_3 = \min \{ \eta_{AB}, \eta_{BD} \}$$

$$\eta_{AB} = \frac{\text{TRANSPA}}{S_{AB} + T_{AB} \cdot \frac{1 - P_{S,ABA}}{P_{S,ABA}}}$$

$$P_{S,ABA} = P_{S,AB} \cdot P_{S,BA} = (1 - 10^{-2}) (1 - 10^{-2}) = 0,99^2 = 0,9801.$$

$$\eta_{AB} = \frac{10^{-4} \cdot 0,9801}{10^{-3}} = 9,8\%$$

$$\eta_{B\Delta} = \frac{\text{TRANSP}_B}{S_{B\Delta} + T_{B\Delta} \cdot \frac{1 - \rho_{B\Delta B}}{\rho_{S, B\Delta B}}}$$

$$S_{B\Delta} = S_2 + S_3 = 3,5 \text{ ms}$$

$$T_{B\Delta} = T_2 + T_3 = 3,5 \text{ ms}$$

$$\rho_{S, B\Delta B} = \rho_{S, B\Delta} \cdot \rho_{S, \Gamma\Delta} \cdot \rho_{S, \Delta\Gamma} \cdot \rho_{S, \Gamma B} =$$

$$= (1 - 2 \times 10^{-2}) (1 - 10^{-2}) \cdot (1 - 10^{-2}) (1 - 2 \times 10^{-2}) = 0,94128804$$

$$\eta_{B\Delta} = \frac{10^{-4} \cdot 0,94128804}{3,5 \cdot 10^{-4}} = 2,68\%$$

$$\eta_3 = \min \{ 9,8\%, 2,68\% \} = 2,68\%$$

Συμπερασματικά $n_2 > n_3 > n_1$

Σημείωση: Κανονικά οι σύνδεσμοι συγκρίνονται βάσει των ρυθμαποδόσεών τους (γινόμενο απόδοσης & ρυθμού μετάδοσης), όμως στην περίπτωση της άσκησης όλοι οι σύνδεσμοι έχουν το ίδιο TRANSP άρα και τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης συνεπώς αρκεί η σύγκριση των αποδόσεών τους