ΕΑΠ/ΠΛΗ22/ΑΘΗ.3
4η ΟΣΣ 15/03/2014
Συμπληρωματικές Διαφάνειες

Νίκος Δημητρίου

Επίπεδα / Στρώματα OSI

	5	Εφαρμογής	
segments	4	Μεταφοράς	end-end
datagrams	3	Δικτύου	routing devices (routers)
frames	2	Ζεύξης	switching devices (switches, bridges)
	1	φυσικό	repeaters, hubs

repeaters, hubs : Λήψη μεταδιδόμενων bits (ηλεκτρικό σήμα),
ενίσχυση/αναγέννηση σήματος, αποστολή στην έξοδο
προώθηση
χρήση: επέκταση ενός διαύλου.

hubs : multiport repeaters. Κάθε εισερχόμενο frame
αναμεταδίδεται σε όλες τις υπόλοιπες θύρες του hub
χρήση: διασύνδεση πολλαπλών σταθμών σε
τοπολογία αστέρα

bridges: Συσκευές store and forward.
Λήψη ολόκληρου πλαισίου, έλεγχος στο επίπεδο ζεύξης και προώθηση/απόρριψη (οδηγός: MAC Address)

Switches: Multiport bridges. Έλεγχος πλαισίου στο επίπεδο ζεύξης και προώθηση στην αντίστοιχη θύρα (βάσει πίνακα διευθύνσεων MAC- θυρών)

Routers: Έλεγχος datagrams (επιπέδου δικτύου) και επιλεκτική προώθηση στην αντίστοιχη θύρα, βάσει forwarding table (αντιστοίχηση IP address - destination subnet)

Θεωρία Aloha/Slotted Aloha

Συστήματα πολλαπλής προσπέλασης

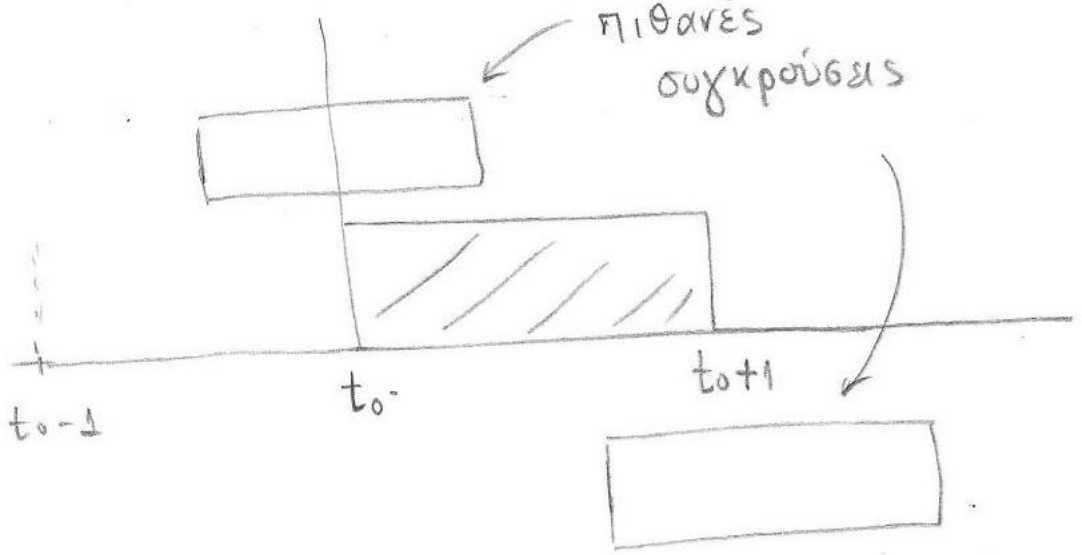
Τυχαίας

Μ σταθμοί

Κοινός δίαυλος

Aloha

Απλούστερο: Όταν ένας κόμβος έχει ένα πακέτο προς αποστολή, το αποστέλλει χωρίς προσυνεννόηση



ρ: πιθανότητα αποστολής πακέτου από ένα σταθμό

Για τη σωστή αποστολή ενός πακέτου:

'σιγή' από τους υπόλοιπους $M-1$ σταθμούς

στα 2 διαστήματα $[t_0-1, t_0]$, $[t_0, t_0+1]$

πιθανότητα $(1-p)^{M-1}$ πιθανότητα $(1-p)^{M-1}$

Πιθανότητα επιτυχούς μετάδοσης $(1-p)^{M-1} \cdot (1-p)^{M-1} = (1-p)^{2(M-1)}$

Πιθανότητα επιτυχούς πρόσβασης $p \cdot (1-p)^{2(M-1)}$ (ενός σταθμού)

(δηλ. ο σταθμός να έχει να στείλει πακέτο και να πετύχει)

Πιθανότητα επιτυχούς πρόσβασης

για M σταθμούς (throughput) $S = Mp(1-p)^{2(M-1)}$

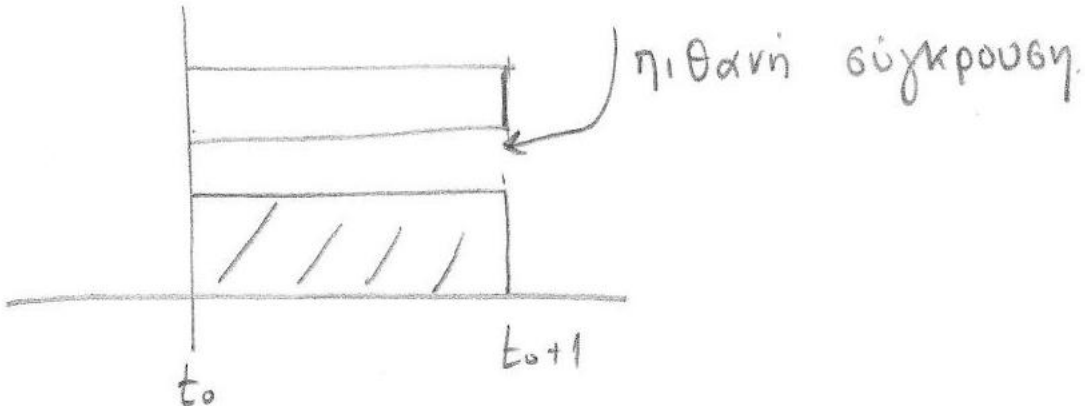
θέτοντας $G = Mp$ ← συνολική ροή πακέτων σε 1 χρονοσχισμή

$$S = G\left(1-\frac{G}{M}\right)^{2(M-1)}$$

Αν $M \to \infty$, $S \sim G e^{-2G}$

Slotted Aloha

Μετάδοση σε συγκεκριμένες χρονοστιγμές
(όλοι οι χρήστες συγχρονισμένοι)



Για σωστή αποστολή πακέτου χρειάζεται 'σιγή' από τους υπόλοιπους $M-1$ σταθμούς στο 1 διάστημα $[t_0, t_0+1]$

πιθανότητα $(1-p)^{M-1}$

πιθανότητα επιτυχούς μετάδοσης $= (1-p)^{M-1}$

πιθανότητα επιτυχούς πρόσβασης $= p(1-p)^{M-1}$ ενός σταθμού

για M σταθμούς : $M \cdot p \cdot (1-p)^{M-1}$

Θέτοντας $G = Mp$

$$S = G\left(1 - \frac{G}{M}\right)^{M-1}$$

Αν $M \to \infty$ $\quad S \sim Ge^{-G}$

Παράδειγμα Slotted Aloha

Θέμα 6

Ένα σύστημα ALOHA με σχισμές (Slotted ALOHA) έχει μόνο δύο χρήστες, Α και Β. Ο Β δεν ακολουθεί το πρωτόκολλο ακριβώς, αλλά προσπαθεί να εκπέμπει συνεχώς, αλλά με πιθανότητα p = 0.4 σε κάθε σχισμή (για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα συγκρούσεων).

Α Ποία είναι η πιθανότητα η αποστολή πακέτου από τον Α να είναι επιτυχής την πρώτη φορά;

Β Ποια είναι η πιθανότητα η εκπομπή του Α να είναι επιτυχής μετά από ακριβώς k συγκρούσεις (πακέτων των Α και Β); Υπολογίστε την πιθανότητα για k=3. [*Παρατήρηση*: δεν μας ενδιαφέρει πότε ακριβώς εκπέμπει ο Α, δηλ. σε πόσες σχισμές μετά την προηγούμενη μετάδοση μεταδίδει και πάλι. Απλά μετράμε k (διαδοχικές) απόπειρες που καταλήγουν σε σύγκρουση πριν από την επιτυχή μετάδοση.]

C Ποιός είναι ο αναμενόμενος αριθμός προσπαθειών του Α που απαιτείται για τη επιτυχή μετάδοση ενός πακέτου του (σαν συνάρτηση του p και αριθμητικά);

Α. Η πιθανότητα να εκπέμπει ο Β κάποια χρονική στιγμή είνα p = 0.4, άρα η πιθανότητα η αποστολή από τον Α να είναι επιτυχής είναι να μην εκπέμπει ο Β, δηλαδή

$\overline{p} = 1 - p = 0.6$.

Β. Η πιθανότητα να μεταφερθεί ένα πακέτο σωστά με την πρώτη προσπάθεια είναι $\overline{p} = 0.6$, με την δεύτερη είναι $(1-\overline{p})\ \overline{p}$, με την τρίτη $(1-\overline{p})(1-\overline{p})\ \overline{p}$ … οπότε με την k προσπάθεια είναι

$$(1-\overline{p})^{k}\ \overline{p}$$

Αν k=3 τότε $(1-\overline{p}))^{3}\ \overline{p} = (1-0,6)^{3} \cdot (0,6) = 0,4^{3} \cdot 0,6 = 0,0384$

Ο αναμενόμενος αριθμός προσπαθειών του Α που απαιτείται για τη επιτυχή μετάδοση ενός πακέτου του είναι:

$$\sum_{k=0}^{\infty}(k+1)p^k\,\overline{p} =$$

$$\overline{p}(\sum_{k=0}^{\infty}k\cdot p^k+\sum_{k=0}^{\infty}p^k =$$

$$\overline{p}(\frac{p}{\overline{p}^2}+\frac{1}{\overline{p}}) =$$

$$\overline{p}(\frac{p+\overline{p}}{\overline{p}2}) =$$

$$\overline{p}\,\frac{1}{\overline{p}^2} =$$

$$\frac{1}{\overline{p}} =$$

$$\frac{1}{0.6} =$$

$$1.666$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \rho^k = ?$$

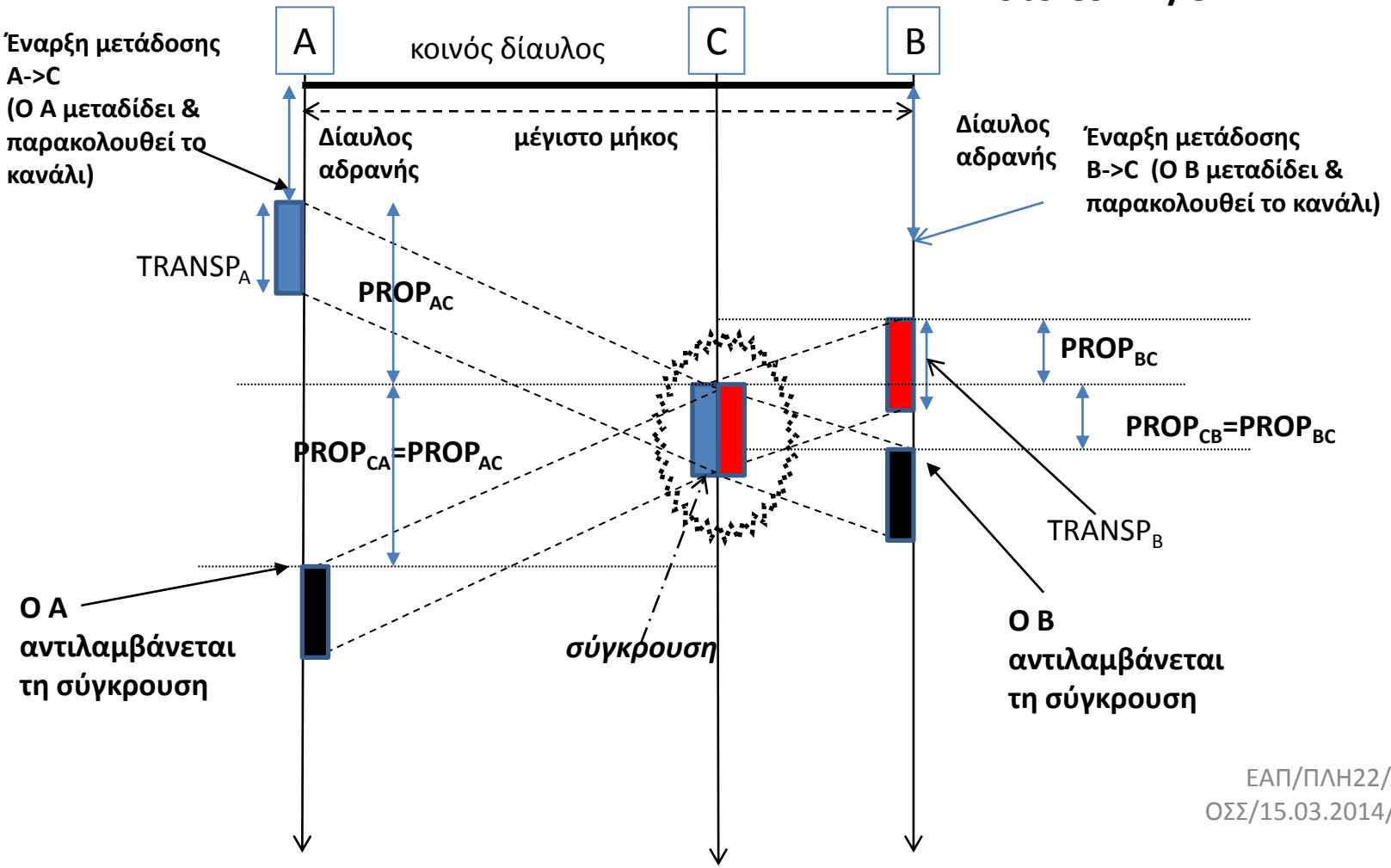
$$\rho \frac{d\left[\rho^k\right]}{d\rho} = \rho \frac{k\rho^k}{\rho} = k\rho^k$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \rho^k = \sum_{k=0}^{\infty} \rho \frac{d\left[\rho^k\right]}{d\rho} = \rho \sum_{k=0}^{\infty} \frac{d\left[\rho^k\right]}{d\rho} =$$

$$= \rho \frac{d\left[\sum_{k=0}^{\infty} \rho^k\right]}{d\rho} = \rho \frac{d\left[\frac{1}{1-\rho}\right]}{d\rho} = \rho \left(-\frac{1}{(1-\rho)^2} \frac{d[1-\rho]}{d\rho} \right) =$$

$$= \rho \left(-\frac{1}{(1-\rho)^2}(-1) \right) = \frac{\rho}{(1-\rho)^2}$$

Συνθήκη ανίχνευσης συγκρούσεων στο CSMA/CD



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

Χειρότερη περίπτωση: Ο C ταυτίζεται με το B (είναι στη μέγιστη δυνατή απόσταση από τον A) TRANSP≥2PROP$_{MAX}$ (μέγιστος χρόνος διάδοσης ενός bit end-end)

Παράδειγμα CSMA/CD

ΘΕΜΑ 4

Στόχος της άσκησης *είναι η εξοικείωση με το πρωτόκολλα CSMA/CD*

Δίκτυο CSMA/CD με ταχύτητα μετάδοσης 200 Mbps αποτελείται απο 4 τμήματα ομοαξονικού καλωδίου μήκους 1 Km το καθένα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με επαναλήπτες. Η ταχύτητα διάδοσης στο καλώδιο είναι 200000 Km/sec και η καθυστέρηση που εισάγει ο κάθε επαναλήπτης είναι 5 μsec.

Α. Ποιό το ελάχιστο μήκος πλαισίου;

Β. Στο δίκτυο συνδέονται 80 σταθμοί ανά τμήμα και μεταδίδονται πλαίσια μήκους διπλασίου του ελαχίστου. Πόσα πλαίσια μπορεί να στείλει κατά μέσο όρο κάθε σταθμός το δευτερόλεπτο;

Α.

Το ελάχιστο μήκος πλαισίου στο CSMA/CD πρέπει να είναι 2*PROP. Συνεπώς, εφόσον το μήκος του καλωδίου L=4Km, PROP=4Km/200000Km/sec + 3*5 μsec =>PROP=35 μsec =>2*PROP=70 μsec.

Ταχύτητα μετάδοσης R=200Mbps

Συνεπώς, Fmin=2*PROP*R=14.000 bits

B.

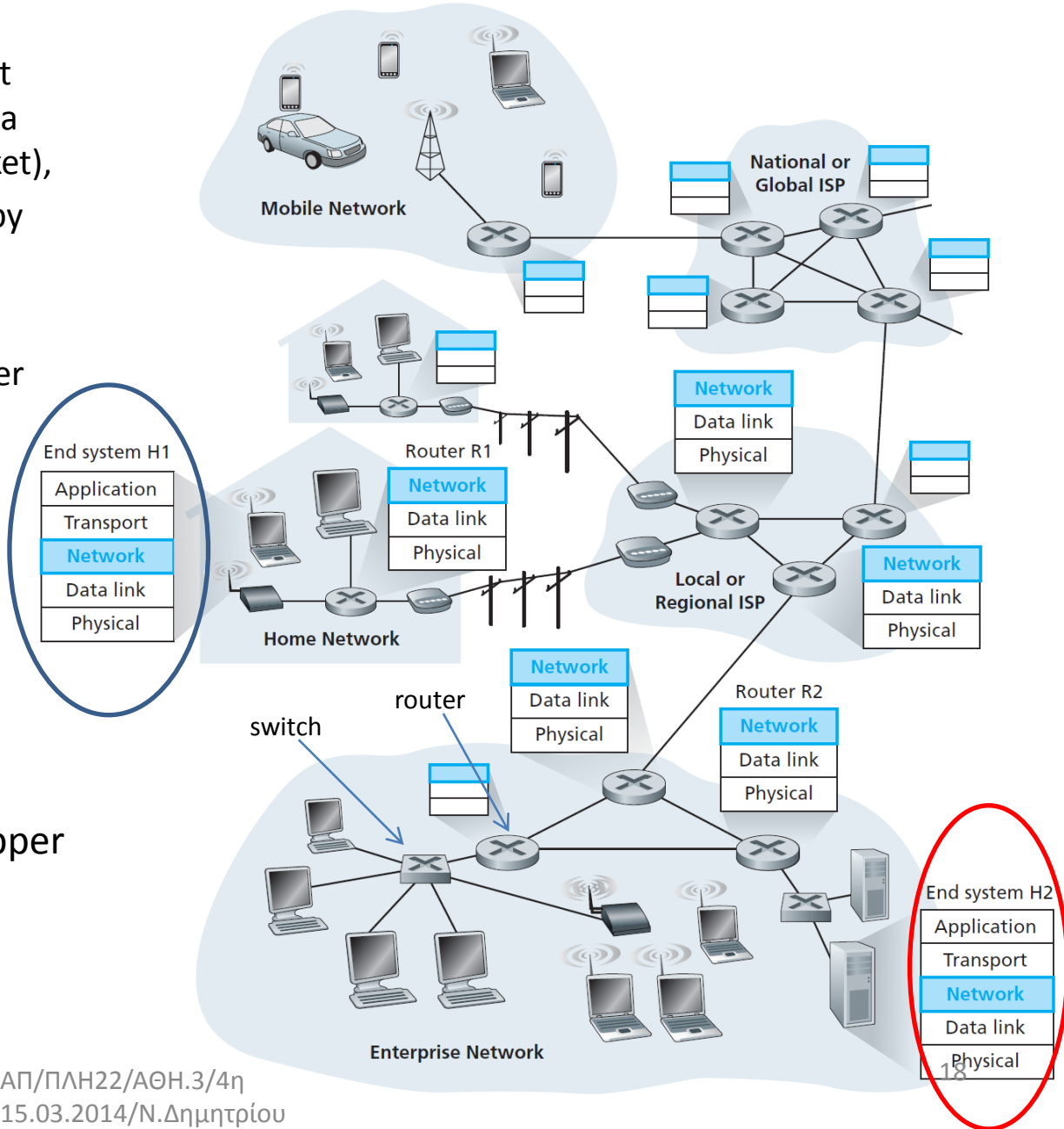
F=2*Fmin=28000 bits

n=1/(1+5*a)=1/(1+5*PROP/TRANSP))=1/(1+5*35/140)=1/2.25=0.444

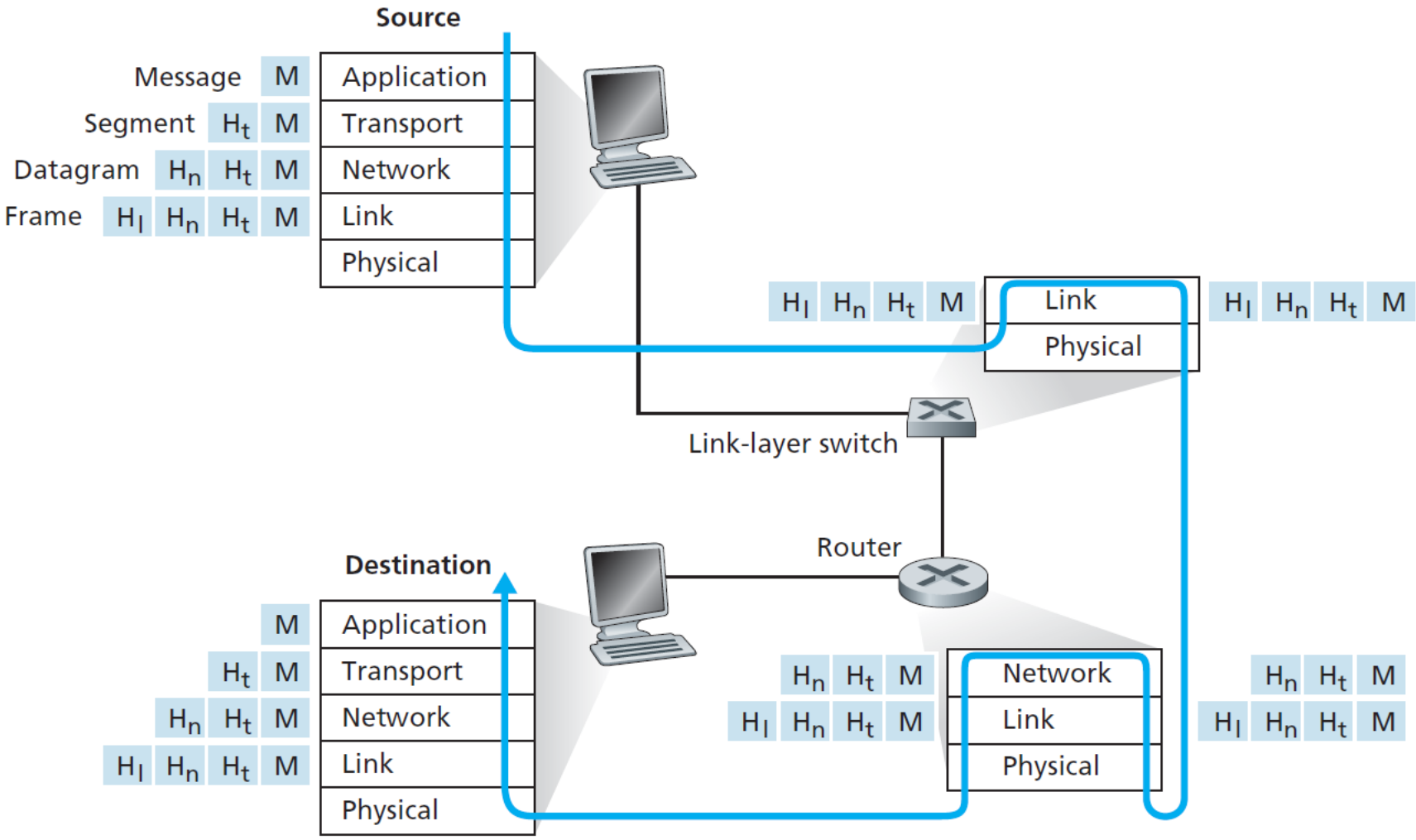
Απόδοση=n*R=0.444*200Mbps=88.88 Mbps

Απόδοση/σταθμό= απόδοση/(4*80)=277.77 Kbps=> Απόδοση/σταθμό (σε πακέτα /sec)=277.77/28=9.92 packets/sec

- Network with hosts, H1, H2, +several routers
- NET layer in H1
  - takes segments from transport layer , encapsulates each into a datagram (network-layer packet),
  - sends the datagrams to nearby router, R1.
- At H2, the NET layer
  - receives datagrams from router R2,
  - extracts transport-layer segments,
  - delivers the segments the transport layer at H2.
- Role of routers : forward datagrams from input links to output links.
- truncated protocol stack, no upper layers above the network layer
- routers mostly do not run application /transport-layer protocols



Encapsulation



Spanning Tree Algorithm: Details

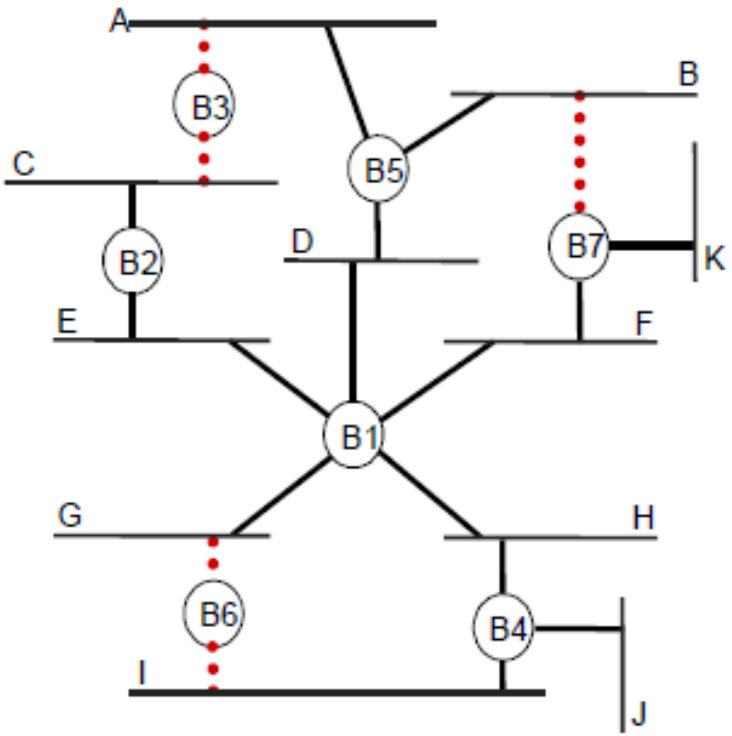
- Each bridge sends periodic configuration messages
  - (RootID, Distance to Root, BridgeID)
    - » "I am BridgeID, the Root is named RootID, I'm X hops away"
  - All nodes think they are the root initially
- Each bridge updates route/Root upon receipt
  - Smaller root address is better, then shorter distance
  - To break ties, bridge with smaller address is better
  - Record best config heard via each port
- Rebroadcast new config only to ports we're "best"
  - Don't bother sending config to LANs with better options
  - Add 1 to distance, send new configs where still "best"
  - Only forward to ports to route or where we're best

Spanning Tree Example

- Sample messages to and from B3:

1. B3 sends (B3, 0, B3) to B2 and B5
2. B3 receives (B2, 0, B2) and (B5, 0, B5) and accepts B2 as root
3. B3 sends (B2, 1, B3) to B5
4. B3 receives (B1, 1, B2) and (B1, 1, B5) and accepts B1 as root
5. B3 wants to send (B1, 2, B3) but doesn't as its nowhere "best"
6. B3 receives (B1, 1, B2) and (B1, 1, B5) again and again…

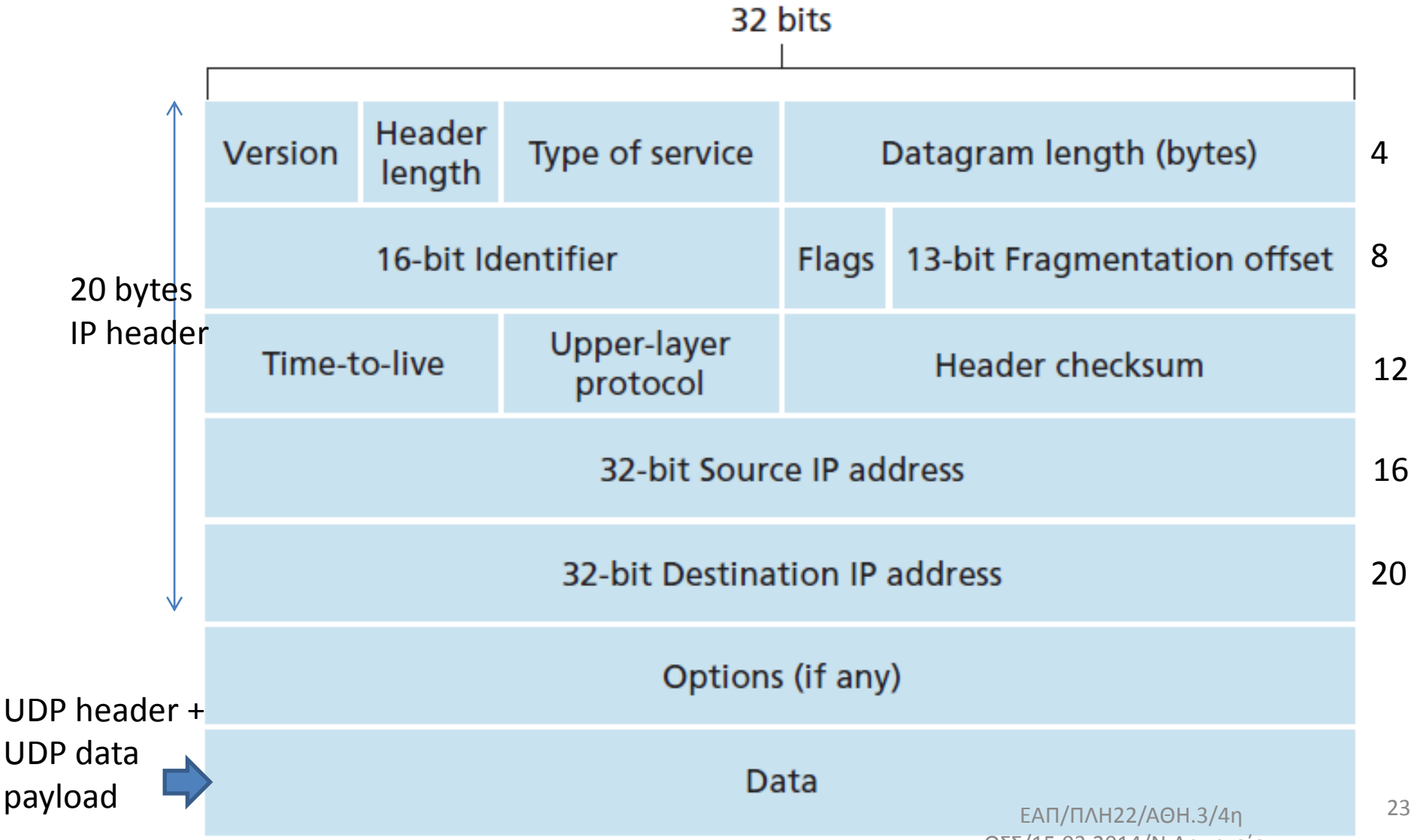
Data forwarding is turned off for LAN A



Παράδειγμα IP fragmentation

Να θεωρήσετε ένα UDP πακέτο μήκους 1472 bytes (Η επικεφαλίδα του επιπέδου UDP ισούται με 8 byte) το οποίο πρέπει να μεταδοθεί σε ένα IP δίκτυο με μέγεθος MTU 1280 bytes. Να υπολογισθεί ο αριθμός των IP πακέτων που θα μεταδοθούν όπως και τα πεδία Fragment ID, Offset και Flag More Fragment για κάθε IP πακέτο που μεταδίδεται.

IPv4 Datagram format

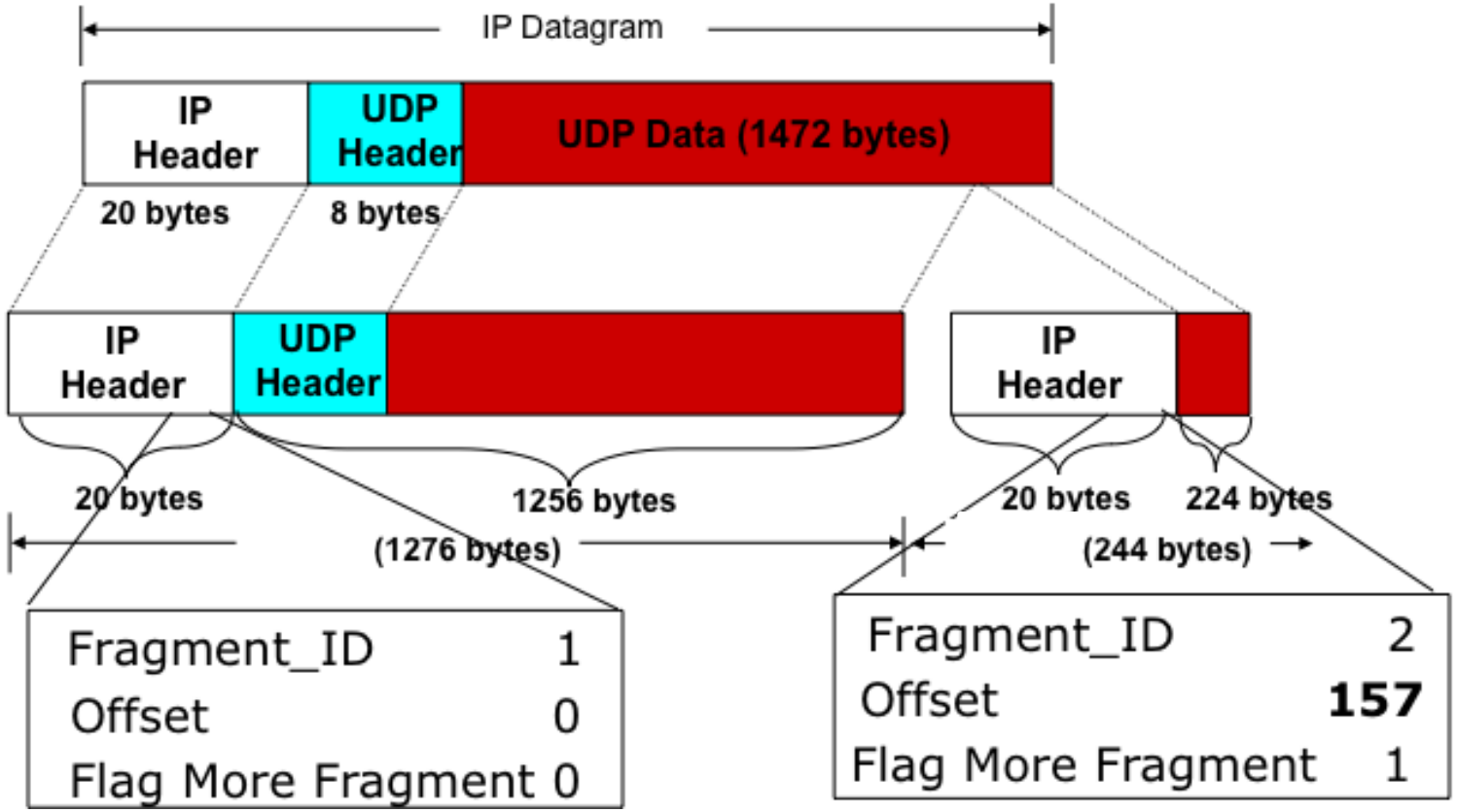


- Υπολογισμός IP packet size
- Αν IP packet size > MTU=>Fragmentation
- IP Packet size: 20+1472+8=1500 bytes >1280 bytes (MTU)
- Fragmentation:
- Το IP layer θα δημιουργήσει 2 IP packets
- Κάθε fragmented packet εκτός του τελευταίου θα έχει πολλαπλάσιο των 8 bytes payload και μέγεθος μικρότερο του MTU.

- **IP Packet 1**

- IP header=20 bytes=> Payload=1280-20=1260=>1260/8=157,5 (θεωρούμε το μεγαλύτερο ακέραιο floor(157,5)).
- Payload size: 157*8=1256 bytes. Total IP packet size= 20+1256=1276 bytes.
-
- **IP Packet 2**
- IP header=20 bytes=> Payload=Initial payload-1st IP packet payload= 1480-1256=224 bytes. Total IP Packet Size= 20+224=244 bytes

- MTU=1280 bytes



Παράδειγμα IP routing

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

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 απάντηση σας)

a) 128.96.39.132

β) 193.96.39.34

γ) 128.97.40.32

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

128.96.39.0/25 -> subnet mask 11111111.11111111.11111111.10000000=255.255.255.128
128.96.39.128/25-> subnet mask 11111111.11111111.11111111.10000000=255.255.255.128
128.97.0.9/16 -> subnet mask 11111111.11111111.00000000.00000000=255.255.0.0
193.96.39.0/25 -> subnet mask 11111111.11111111.11111111.10000000=255.255.255.128

Each destination address is AND'ed with the respective subnet mask

128.96.39.132 = 10000000.01100000.00100111.10000100
255.255.255.128 = 11111111 .11111111 .11111111 .10000000
result = 10000000.01100000.00100111.10000000=128.96.39.128 ->Interface 1

193.96.39.34 AND 255.255.255.128 =
=193.96.39.00100010 AND 255.255.255.10000000 = 193.96.39.00000000=
=193.96.39.0 ->Interface 0

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

128.97.40.32 AND 255.255.255.128 =
=128.97.40.00100000 AND 255.255.255.10000000=128.97.40.00000000=**128.97.40.0**

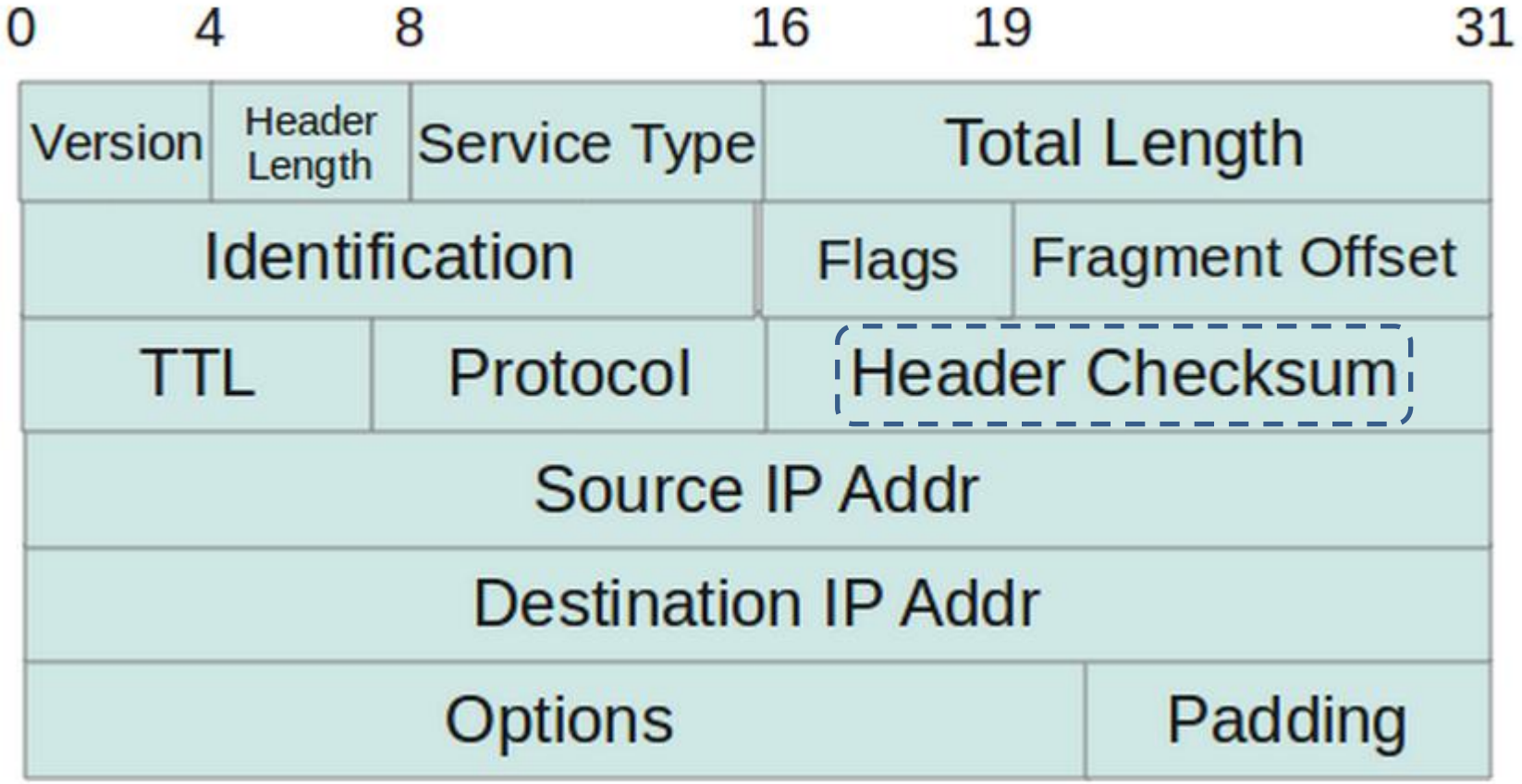
128.97.40.32 AND 255.255.0.0 =
=128.97.40.00100000 AND 255.255.00000000.00000000=
=**128.97.0.0**

Longest Prefix matching: ->R2

IP header Checksum

- Check sum: Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση λαθών στην επικεφαλίδα του IP datagram
  - (χρησιμοποιείται και σε άλλους τύπους πακέτων/πλαισίων σε άλλα OSI επίπεδα)
- Αποστολέας: Υπολογίζει το checksum και το προσθέτει στο σχετικό πεδίο της επικεφαλίδας.
- Παραλήπτης:
  - Υπολογίζει εκ νέου το checksum και το συγκρίνει με την τιμή που υπάρχει στο σχετικό πεδίο
  - (Ισοδύναμα) Αθροίζει όλα τα πεδία της επικεφαλίδας (και το checksum field) και ελέγχει αν το αποτέλεσμα είναι 0.

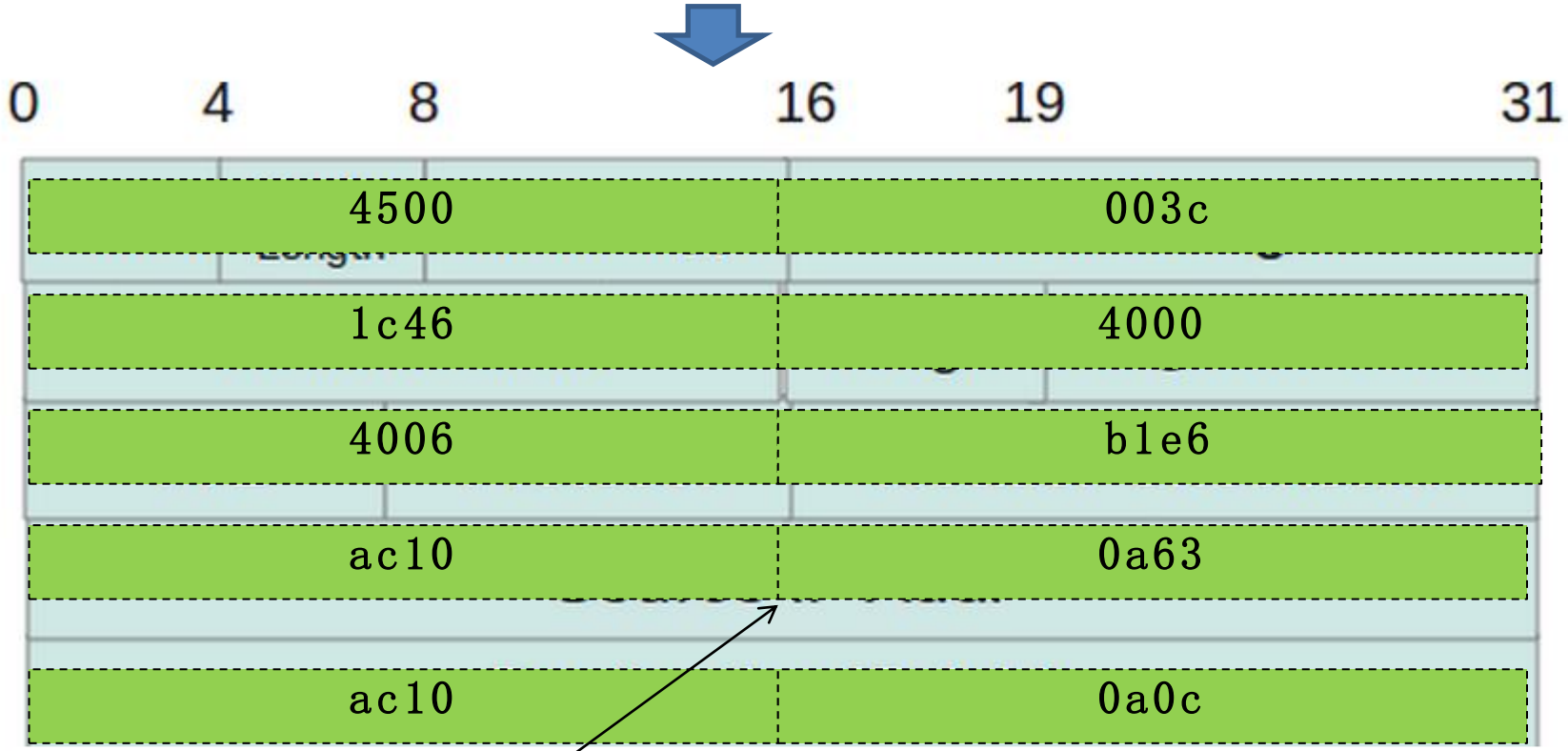
Checksum of IP header



- Το IP header checksum λαμβάνει υπόψη μόνο τα Bytes της επικεφαλίδας. Το τμήμα δεδομένων (που ουσιαστικά περιλαμβάνει ένα TCP ή UDP segment έχει ξεχωριστό –ανεξάρτητο- μηχανισμό υπολογισμού checksum (στο επίπεδο μεταφοράς)

Παράδειγμα: Έστω η ληφθείσα IP header

4500 003c 1c46 4000 4006 b1e6 ac10 0a63 ac10 0a0c



Κάθε δεκαεξαδικό ψηφίο αντιστοιχεί σε ένα 4-μπιτο δυαδικό αριθμό

π.χ. source IP address a c.1 0.0 a.6 3=

1010 1100.0001 0000.0000 1010.0110 0011=172.16.10.99

Ανάλυση IP header (για το παράδειγμα)

- Η προηγούμενη επικεφαλίδα (hexadecimal)

4500 003c 1c46 4000 4006 b1e6 ac10 0a63 ac10 0a0c

- ’**45**’:
  - ’4’ -> IP version, ’5’ ->header length. Μέγεθος header 5×4=20 bytes.
- ’**00**’ : type of service / normal operation.
- ’**003c**’ : Συνολικό μήκος IP datagram.
  - Στην περίπτωση του παραδείγματος είναι 60 bytes

    (**0 0 3 c** =**0** x 16^4+**0** x 16^3+**3** x 16^1+**c** x 16^0=48+12=60)
- ’**1c46**’ : identification field.
- ’**4000**’ αντιστοιχεί σε 2 bytes (16 bits) για τη διαδικασία fragmentation.
  - 3 bits για flags και 13 bits για fragment offset.
- ’**4006**’:
  - ’40’ -> TTL field, ’06’ -> protocol field of the IP header (06->TCP).
- **‘b1e6’ : checksum υπολογισμένο από τον αποστολέα**
- ‘**ac100a63**’ : IP address αποστολέα
- **’ac100a0c’** : IP address παραλήπτη.

IP header checksum -παράδειγμα

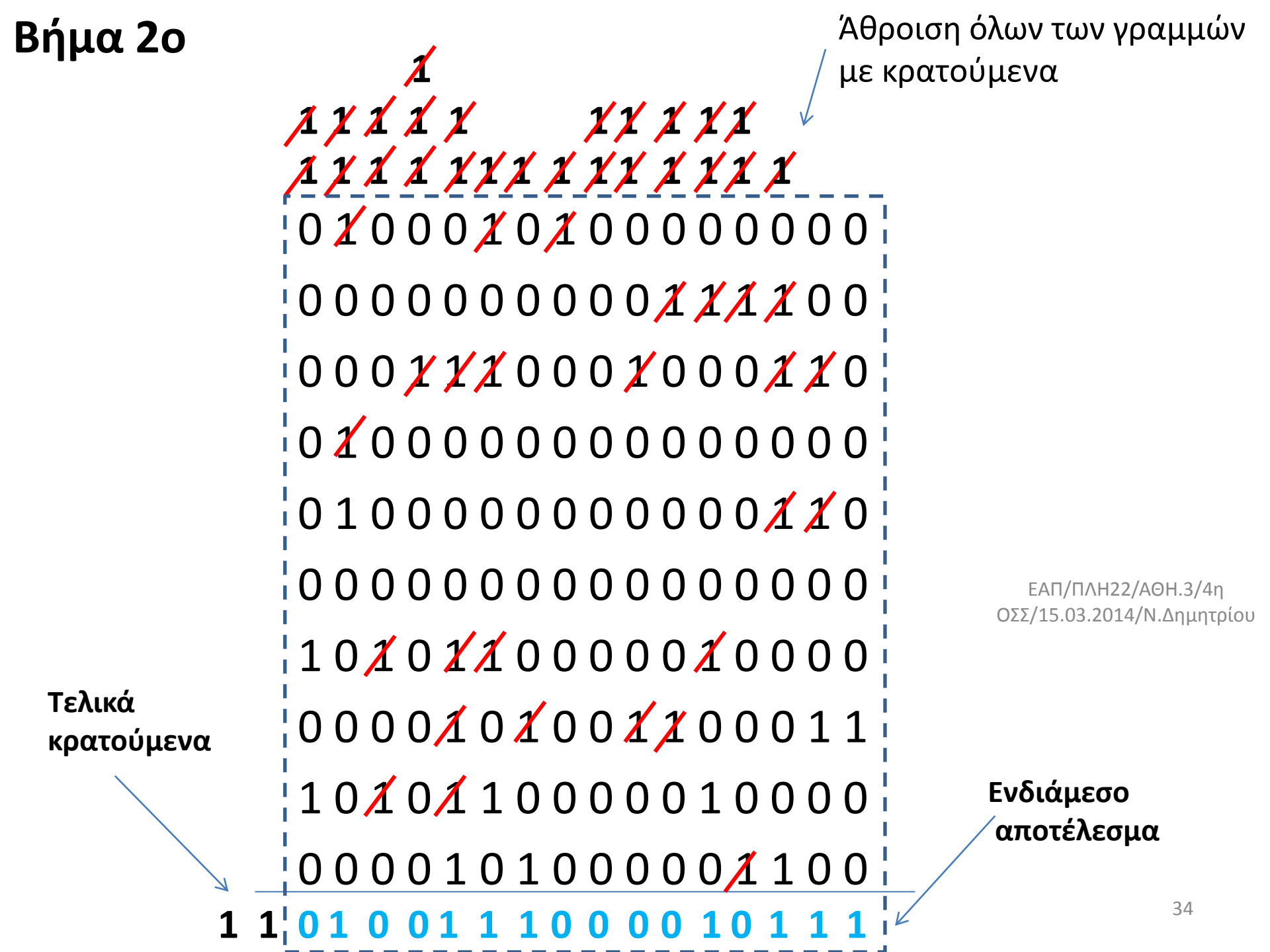
Βήμα 1ο

- Δημιουργία γραμμών που αποτελούνται από 4 16δικά ψηφία (‘μισή’ γραμμή του IP header-2 δυαδικά bytes)
- Μετατροπή hex -> binary (κάθε 16δικό ψηφίο μετατρέπεται στον αντίστοιχο 4-μπιτο δυαδικό)

```
4500 -> 0100010100000000
003c -> 0000000000111100
1c46 -> 0001110001000110
4000 -> 0100000000000000
4006 -> 0100000000000110
0000 -> 0000000000000000
ac10 -> 1010110000010000
0a63 -> 0000101001100011
ac10 -> 1010110000010000
0a0c -> 0000101000001100
```

Το checksum πεδίο τίθεται ίσο με 0

Βήμα 2ο


Άθροιση όλων των γραμμών με κρατούμενα
Τελικά κρατούμενα
Ενδιάμεσο αποτέλεσμα
1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1 1

Βήμα 3ο

Άθροιση των τελικών κρατουμένων στο αποτέλεσμα

Ενδιάμεσο αποτέλεσμα προηγούμενης διαφάνειας

Τελικά Κρατούμενα προηγούμενης διαφάνειας

1

1 1 1 1

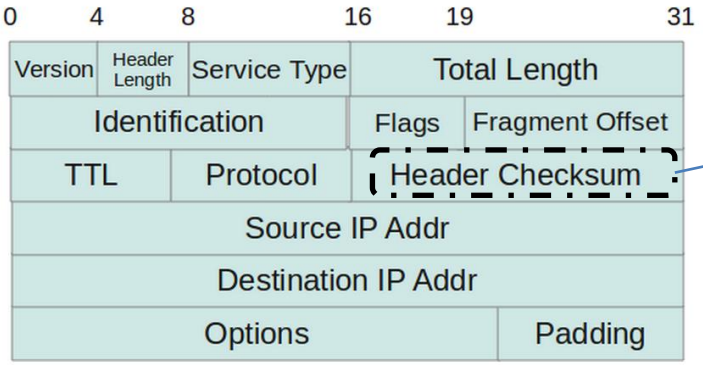
0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1

0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 ⟸ **Τελικό αποτέλεσμα**

Συμπλήρωμα ως προς 1 του τελικού αποτελέσματος

1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 ⟸ **checksum**

b 1 e 6 ⟸ **Μετατροπή σε δεκαεξαδικό**



b1e6

Σύγκριση με το checksum που είχε προσθέσει ο αποστολέας στο σχετικό πεδίο.
Είναι ίσα, άρα στο header δεν ανιχνεύεται σφάλμα