

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2021-2022

ΜΑΘΗΜΑ «ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ»

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΗΘΟΙ: ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΔΑΜΑΣΙΩΤΗΣ, ΙΑΚΩΒΟΣ ΠΙΤΤΑΡΑΣ, ΘΕΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ

1^η Σειρά Ασκήσεων

Μαθήτριες:

Πελαγία Ροδίτη	p3190346
Ελευθερία Ντούλια	p3180129
Αγγελική Ναούμ	s6180070

1. Βασικά χαρακτηριστικά των καρτών δικτύωσης

1.1. 300 Mbps

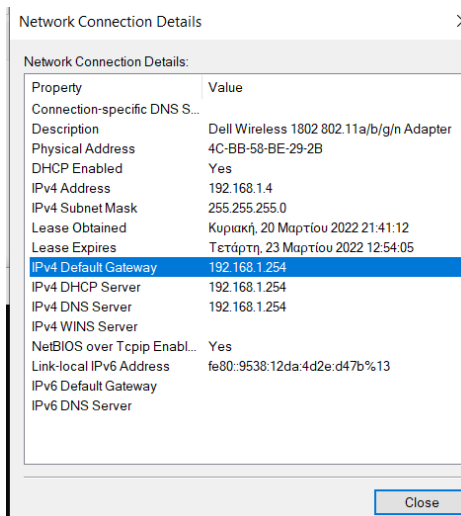
1.2. IP: 192.168.1.4

DG: 192.168.1.254

DNS: 192.168.1.254

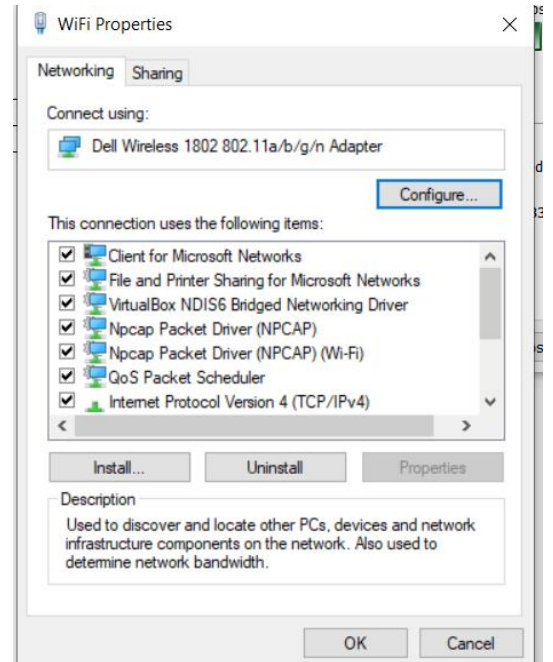
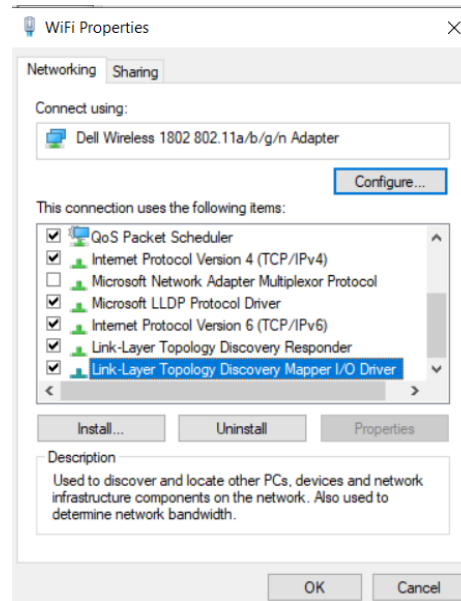
1.3. Φυσική διεύθυνση (MAC address) σε δεκαεξαδική μορφή:

1.3.1. 4C-BB-58-B3-29-2B



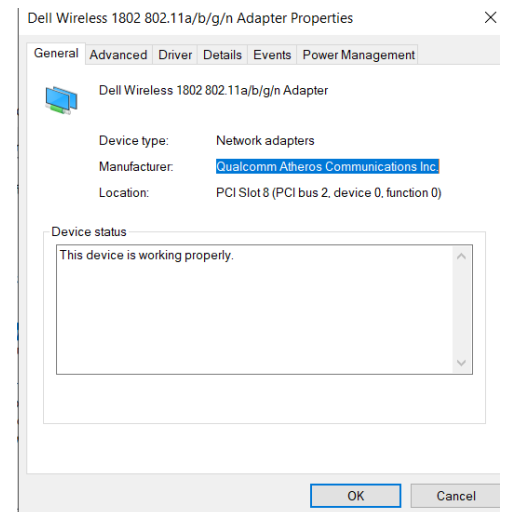
1.4. Συνδεδεμένα πρωτόκολλα δικτύωσης:

- 1.4.1. LLDP
- 1.4.2. TCP/IPv4
- 1.4.3. Microsoft Network Adapter multiplexor protocol
- 1.4.4. TCP/IPv6
- 1.4.5. SMB
- 1.4.6. LLTD

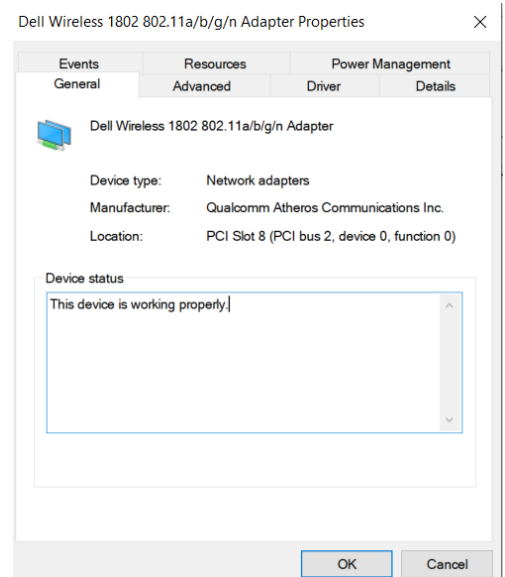


1.5. Κατασκευαστής της κάρτας δικτύωσης:

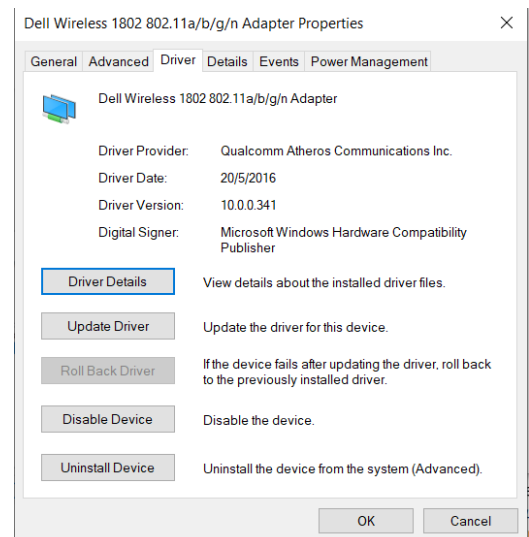
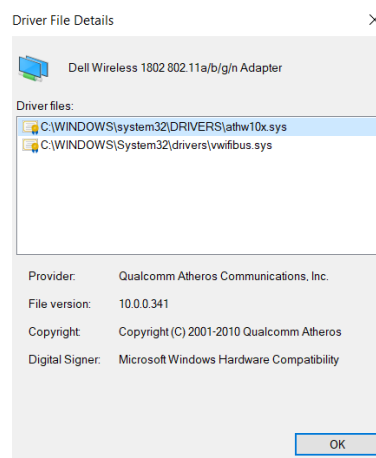
Qualcomm Atheros Communications Inc.



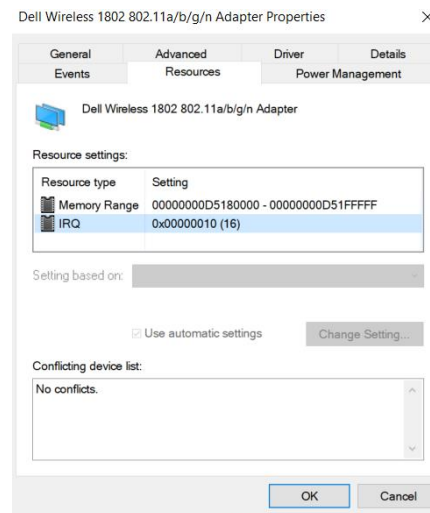
1.6. Τη θέση της στο PCI bus του υπολογιστή:
PCI Slot 8 (PCI bus 2, device 0, function 0)



1.7 Έκδοση του οδηγού (driver) της κάρτας: 10.0.0.341
Το όνομα του σχετικού αρχείου: athw10x.sys



- α. Διακοπή (interrupt – IRQ) που χρησιμοποιεί:
0x00000010 (16)



2. Αρχική Χρήση Αναλυτή Πρωτοκόλλων Wireshark

2.1 Η διεύθυνση IP του εξυπηρετητή που «φιλοξενεί» το <http://grad.cs.aueb.gr/> είναι 195.251.248.252.

1782	23.639971	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	908	0.000000000	HTTP/1.1 200 OK (JPEG JFIF image)
1783	23.640093	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.000000000	54299 → 80 [ACK] Seq=2567 Ack=6782 Win=262656 Len=0
1784	23.640316	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	708	0.000000000	GET /images/vertical_facebook.jpg HTTP/1.1
1785	23.649259	195.251.248.252	192.168.1.191	TCP	1506	0.000000000	80 → 54298 [ACK] Seq=51619 Ack=3779 Win=13440 Len=145
1786	23.649259	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	739	0.000000000	HTTP/1.1 200 OK (JPEG JFIF image)
1787	23.649378	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.000000000	54298 → 80 [ACK] Seq=3779 Ack=53756 Win=262656 Len=0
1788	23.666971	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.000000000	54297 → 80 [ACK] Seq=3882 Ack=79835 Win=261632 Len=0
1901	24.000675	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	708	0.000000000	GET /images/banner_background.jpg HTTP/1.1
1903	24.001810	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	712	0.000000000	GET /images/homepage_slim_divider.jpg HTTP/1.1
1904	24.009476	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	695	0.000000000	HTTP/1.1 200 OK (JPEG JFIF image)
1906	24.011066	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	627	0.000000000	HTTP/1.1 200 OK (JPEG JFIF image)
1909	24.051141	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.000000000	54298 → 80 [ACK] Seq=4433 Ack=54397 Win=262144 Len=0
1910	24.051179	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.000000000	54299 → 80 [ACK] Seq=3225 Ack=7355 Win=262144 Len=0
2117	25.431114	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	753	0.000000000	GET /favicon.ico HTTP/1.1
2119	25.440250	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	537	0.000000000	HTTP/1.1 302 Found (text/html)
2129	25.497251	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	753	0.000000000	GET /favicon.ico HTTP/1.1
2130	25.505993	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	537	0.000000000	HTTP/1.1 302 Found (text/html)
2133	25.715295	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.000000000	54299 → 80 [ACK] Seq=4623 Ack=8321 Win=262656 Len=0

.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)	
Source: HewlettP_14:75:ac (80:ce:62:14:75:ac)	
Address: HewlettP_14:75:ac (80:ce:62:14:75:ac)	
.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)	
.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)	
Type: IPv4 (0x0800)	
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.191, Dst: 195.251.248.252	
0100 = Version: 4	
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)	
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)	
0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)	
.... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)	

2.2 Η διεύθυνση IP του υπολογιστή είναι 192.168.1.191.

2.3 Η διεύθυνση MAC του υπολογιστή σε δεκαεξαδική μορφή είναι 80:ce:62:14:75:ac.

Wireshark · Conversations · ex1_diktya_upologistwn.pcapng

Ethernet · 6IPv4 · 31IPv6TCP · 40UDP · 41

Address A	Address B	Packets	Bytes	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start	Duration	Bits/s
80:ce:62:14:75:ac	a4:91:b1:ed:96:02	2,076	1303 k	854	150 k	1,222	1152 k	0.908447	24.8068	
80:ce:62:14:75:ac	01:00:5e:7f:ff:fa	4	860	4	860	0	0	20.725099	3.0061	
a4:91:b1:ed:96:02	ff:ff:ff:ff:ff:ff	38	2280	38	2280	0	0	0.282080	28.2153	
a4:91:b1:ed:96:02	01:00:5e:7f:ff:fa	15	6792	15	6792	0	0	3.274475	3.2303	
e8:84:a5:11:9c:16	01:00:5e:7f:ff:fa	1	211	1	211	0	0	0.000000	0.0000	
e8:84:a5:11:9c:16	ff:ff:ff:ff:ff:ff	2	172	2	172	0	0	8.904046	11.2263	

2.4 Ο κατασκευαστής της κάρτας δικτύου είναι HewlettP_14:75:ac.

Wireshark · Conversations · ex1_diktya_upologistwn.pcapng

Ethernet · 6	IPv4 · 31	IPv6	TCP · 40	UDP · 41						
Address A	Address B	Packets	Bytes	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start	Duration	Bits/s
HewlettP_14:75:ac	Technico_ed:96:02	2,076	1303 k	854	150 k	1,222	1152 k	0.908447	24.8068	
HewlettP_14:75:ac	IPv4mcast_7f:ff:fa	4	860	4	860	0	0	20.725099	3.0061	
Technico_ed:96:02	Broadcast	38	2280	38	2280	0	0	0.282080	28.2153	
Technico_ed:96:02	IPv4mcast_7f:ff:fa	15	6792	15	6792	0	0	3.274475	3.2303	
IntelCor_11:9c:16	IPv4mcast_7f:ff:fa	1	211	1	211	0	0	0.000000	0.0000	
IntelCor_11:9c:16	Broadcast	2	172	2	172	0	0	8.904046	11.2263	

2.5 1. HTTP

2. TCP

3. TLSv1

692	20.347587	192.168.1.191	195.251.248.252	TLSv1	61	0.
689	20.346536	192.168.1.191	195.251.248.252	TLSv1	61	0.
681	20.340358	195.251.248.252	192.168.1.191	TLSv1	1369	0.
680	20.340105	195.251.248.252	192.168.1.191	TLSv1	1369	0.
677	20.331856	192.168.1.191	195.251.248.252	TLSv1	571	0.
676	20.331461	192.168.1.191	195.251.248.252	TLSv1	571	0.
2133	25.715295	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.
1910	24.051179	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.
1909	24.051141	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.
1788	23.666971	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	54	0.

672	20.323521	195.251.248.252	192.168.1.191	TCP	66	
669	20.315837	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	66	
668	20.315010	192.168.1.191	195.251.248.252	TCP	66	
2130	25.505993	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	537	
2129	25.497251	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	753	
2119	25.440250	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	537	
2117	25.431114	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	753	
1906	24.011066	195.251.248.252	192.168.1.191	HTTP	627	

3. Το πλαίσιο Ethernet

1. Η mac address του υπολογιστή είναι η 80:ce:62:14:75:ac

```

> Frame 1: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits) on interface \Device\NPF...
▼ Ethernet II, Src: 80:ce:62:14:75:ac, Dst: a4:91:b1:ed:96:02
  ▼ Destination: a4:91:b1:ed:96:02
    Address: a4:91:b1:ed:96:02
      .... ..0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      .... ..0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
  ▼ Source: 80:ce:62:14:75:ac
    Address: 80:ce:62:14:75:ac
      .... ..0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      .... ..0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Type: IPv4 (0x0800)
▼ Data (52 bytes)
  Data: 450000343275400080060000c0a801bfc0a83801d39103e199d4394d000000008002faf0...
  [Length: 52]

```

2. Η mac address του προορισμού του πλαισίου είναι a4:91:b1:ed:96:02..
3. Η mac address προορισμού είναι αυτή του router, το οποίο χρησιμοποιούμε για να βγούμε από το τοπικό δίκτυο. Για αυτό το λόγο αν επισκεφτούμε άλλη ιστοσελίδα δεν θα αλλάξει.
4. Η δεκαεξαδική τιμή του πεδίου Τύπος (Type) του παραπάνω πλαισίου είναι 0x0800.
Το πρωτόκολλο που υποδεικνύει είναι το IPv4.

```

... ..0. .... = LG bit: Globally unique address (fact
... ..0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
Type: IPv4 (0x0800)

```

5. Το μήκος του πλαισίου είναι 383 bytes.

```

Arrival Time: Mar 26, 2022 18:28:49.456972000 GTB Standard Time
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1648312129.456972000 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.002931000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.002931000 seconds]
[Time since reference or first frame: 17.958984000 seconds]
Frame Number: 200
Frame Length: 383 bytes (3064 bits)
Capture Length: 383 bytes (3064 bits)
[Frame is marked: False]
[Frame is ignored: False]
[Protocols in frame: eth:ethertype:ip:tcp:http]
[Coloring Rule Name: HTTP]
[Coloring Rule String: http || tcp.port == 80 || http2]
▼ Ethernet II, Src: 80:ce:62:14:75:ac, Dst: a4:91:b1:ed:96:02
  ▼ Destination: a4:91:b1:ed:96:02

```

6. Ο χαρακτήρας ASCII “G” εμφανίζεται μετά από 54 bytes. Υπάρχουν 14 Byte στο πλαίσιο Ethernet, 20 bytes IP header και ακολουθούν 20 bytes TCP header πριν τα HTTP data.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Time shift for this packet	Info
199	17.956053	192.168.1.191	192.168.1.254	DNS	79	0.000000000	Standard query 0xa0ec A ajax.googleapis.com
200	17.958984	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	383	0.000000000	GET /external/testimonialrotator/testimonialrotator.css HTTP/1.1
201	17.961311	192.168.1.191	195.251.248.252	HTTP	402	0.000000000	GET /external/testimonialrotator/testimonialrotator.js HTTP/1.1

<

> Frame 200: 383 bytes on wire (3064 bits), 383 bytes captured (3064 bits) on interface \Device\NPF_{D4498545-CEDA-4334-84DC-3FABD5B4BB33}, id 0

> Ethernet II, Src: 80:ce:62:14:75:ac, Dst: a4:91:b1:ed:96:02

> Destination: a4:91:b1:ed:96:02

Address: a4:91:b1:ed:96:02

.....0. = LG bit: Globally unique address (factory default)

.....0. = IG bit: Individual address (unicast)

> Source: 80:ce:62:14:75:ac

Address: 80:ce:62:14:75:ac

.....0. = LG bit: Globally unique address (factory default)

.....0. = IG bit: Individual address (unicast)

Type: IPv4 (0x0800)

> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.191, Dst: 195.251.248.252

> Transmission Control Protocol, Src Port: 54164, Dst Port: 80, Seq: 281, Ack: 8642, Len: 329

> Hypertext Transfer Protocol

0000 a4 91 b1 ed 96 02 80 ce 62 14 75 ac 08 00 45 00 b-u...E-

0010 01 71 a8 94 40 00 80 06 00 00 c0 a8 01 bf c3 fb ..q-@...

0020 f8 fc d3 94 00 50 fe dd bb 28 ce cc 47 51 50 18P... (.GQP-

0030 04 00 80 c3 00 00 47 45 54 20 2f 65 78 74 65 72GE T /exter

0040 6e 61 6c 2f 74 65 73 74 69 6d 6f 6e 69 61 6c 72 nal/test imonialr

0050 6f 74 61 74 6f 72 2f 74 65 73 74 69 6d 6f 6e 69 otator/t estimoni

0060 61 6c 72 6f 74 61 74 6f 72 2e 63 73 73 20 48 54 alrotato r.css HT

0070 54 50 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 TP/1.1.. Accept:

0080 74 65 78 74 2f 63 73 73 2c 20 2a 2f 2a 0d 0a 52 text/css , /*..R

0090 65 66 65 72 65 72 3a 20 68 74 74 70 3a 2f 2f 67 eferer: http://g

00a0 72 61 64 2e 63 73 2e 61 75 65 62 2e 67 72 2f 0d rad.cs.a ueb.gr/-

00b0 0a 41 63 63 65 70 74 2d 4c 61 6e 67 75 61 67 65 -Accept- Language

00c0 3a 20 65 6e 2d 55 53 2c 65 6e 3b 71 3d 30 2e 37 : en-US, en;q=0.7

00d0 2c 65 6c 3b 71 3d 30 2e 33 0d 0a 55 73 65 72 2d ,el;q=0.3..User-

00e0 41 67 65 6e 74 3a 20 4d 6f 7a 69 6c 6c 61 2f 35 Agent: M ozilla/5

00f0 2e 30 20 28 57 69 6e 64 6f 77 73 20 4e 54 20 31 .0 (Wind ows NT 1

0100 30 2e 30 3b 20 57 4f 57 36 34 3b 20 54 72 69 64 0.0; WOW 64; Trid

0110 65 6e 74 2f 37 2e 30 3b 20 72 76 3a 31 31 2e 30 ent/7.0; rv:11.0

0120 29 20 6c 69 6b 65 20 47 65 63 6b 6f 0d 0a 41 63) like G ecko..Ac

4. Γενικές Ερωτήσεις και Ασκήσεις

1. Η πρόταση ότι όταν αυξάνει η γεωγραφική απόσταση δύο κόμβων αυξάνει αναλογικά η συνολική καθυστέρηση ενός πλαισίου, από τη στιγμή που θα αρχίσει η αποστολή του από τον ένα κόμβο μέχρι τη στιγμή που θα παραληφθεί από τον άλλο κόμβο είναι σωστή, αφού στον συνολικό χρόνο καθυστέρησης μετάδοσης του πακέτου συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος μετάδοσης, ο οποίος είναι το μέγεθος πακέτου / ρυθμός συνδέσμου, αλλά και ο χρόνος διάδοσης, ο οποίος υπολογίζεται από τον τύπο: απόσταση / ταχύτητα φωτός. Επομένως αν αυξηθεί η απόσταση μεταξύ των κόμβων, αυξάνεται και η συνολική καθυστέρηση του πλαισίου. Επιπλέον στην καθυστέρηση αυτή προστίθεται χρόνος αναμονής έως την έναρξη της μετάδοσης, ο οποίος όμως για την περίπτωση μας δεν διαδραματίζει κάποιο σημαντικό ρόλο.

Η πρόταση ότι όταν αυξάνει το μήκος ενός πλαισίου αυξάνει αναλογικά η συνολική καθυστέρηση του από τη στιγμή που θα αρχίσει η αποστολή του μέχρι τη στιγμή που θα παραληφθεί από τον άλλο κόμβο είναι επίσης σωστή, λόγω του πρώτου μέρους της προηγούμενης δικαιολόγησης, δηλαδή ότι η συνολική καθυστέρηση μετάδοσης επηρεάζεται από τον χρόνο μετάδοσης. Όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος του πλαισίου, τόσο περισσότερο θα καθυστερήσει ο ενίοτε κόμβος να τον προωθήσει στην

κατάλληλη διεπαφή, εφόσον έχει συγκεκριμένο ρυθμό συνδέσμου με τον οποίο επεξεργάζεται και προωθεί τα πακέτα.

2.

- a. Το RTT(Round Trip Time) του συνδέσμου είναι ο χρόνος που απαιτείται για ένα πακέτο να φτάσει στον προορισμό του, συν τον χρόνο της επιβεβαίωσης (ACK – acknowledge) να επιστρέψει στην πηγή. Επομένως εδώ έχουμε:

Καθυστέρηση διάδοσης συνδέσμου = απόσταση συνδέσμου / ταχύτητα φωτός =

$$\frac{55 \cdot 10^9 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \approx 183,3 \text{ sec}$$

Επειδή πρέπει να υπολογίσουμε και την επιστροφή, πολλαπλασιάζουμε αυτό τον αριθμό με το 2 και τελικά παίρνουμε το τελικό αποτέλεσμα: $RTT = 183,3 \cdot 2 = 36,6 \text{ sec}$ ή $36.666,66 \text{ msec}$, όπως συνηθίζεται να εκφράζεται το RTT.

- b. Χρόνος άφιξης εικόνας στη Γη (αποστολή πλαισίου) $D_{TP} = \frac{\text{μέγεθος εικόνας σε bits}}{\text{χωρητικότητα συνδέσμου}} = \frac{5 \text{ Mbits}}{128 \text{ Kbps}} =$

$$\frac{5 \cdot 10^6 \text{ bits}}{128 \cdot 10^3 \cdot 8 \text{ bits/s}} = 4,8828125 \text{ sec}$$

Ο συνολικός χρόνος S υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D_{TP} + D_{TA} + 2 \cdot D_{DP} = 4,8828125 + 4,8828125 + 2 \cdot 183,3 = 376,365625$$

Εφόσον θεωρήσουμε ότι επιβεβαίωση περιέχεται εμβόλιμα σε πλαίσια επίσης των 5Mbits, τότε απαιτούνται επιπλέον 183,3 sec για την μετάδοση της.

- c. Το ποσοστό του συνολικού αυτού χρόνου που αποτελεί ο χρόνος μετάδοσης της φωτογραφίας είναι: $\frac{100\% \cdot 4,8828125}{376,365625} \approx 1,29\%$.

3.

$$\begin{aligned} a. D_{TP} &= \frac{\text{μέγεθος πακέτου σε bits}}{\text{χωρητικότητα συνδέσμου}} = \frac{10.000 \text{ bits}}{10.000.000 \text{ bits/sec}} = 0,001 \text{ sec} \\ D_{TA} &= \frac{\text{μέγεθος πακέτου σε bits}}{\text{χωρητικότητα συνδέσμου}} = \frac{1.000 \text{ bits}}{10.000.000 \text{ bits/sec}} = 0,0001 \text{ sec} \\ D_P &= \frac{\text{distance}}{\text{speed}} = \frac{57.600 \cdot 10^3 \text{ bits}}{3 \cdot 10^8 \text{ bits/sec}} = 0,192 \text{ sec} \end{aligned}$$

Ο συνολικός χρόνος S υπολογίζεται από τον τύπο:

$$S = D_{TP} + 2D_{DP} + D_{TA} = 0,001 + 2 \cdot 0,192 + 0,0001 = 0,3851 \text{ sec}$$

$$\text{ρυθμός αποστολής ωφέλιμης πληροφορίας} = \frac{\text{μέγεθος bits}}{\text{χρόνος sec}} = \frac{10000 \text{ bits}}{0,3851 \text{ sec}} \approx 25967,28 \text{ bits/sec}$$

Επίσης ρυθμός γραμμής = $10.000.000 \text{ bits/sec}$, άρα το ποσοστό του ονομαστικού ρυθμού της γραμμής που αξιοποιείται είναι: $\frac{100\% \cdot 25.967,28 \text{ bits/sec}}{10.000.000 \text{ bits/sec}} \approx 0.26\%$.

b) Αφού από τα 10.000 bits των πλαισίων δεδομένων τα 200 bits είναι κεφαλίδα, το ωφέλιμο φορτίο των δεδομένων είναι $10.000 - 200 = 9.800$ bits. Επομένως ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας ο οποίος επιτυγχάνεται είναι:

$$\frac{\text{αριθμός ωφέλιμων bits}}{\text{συνολικό χρόνο sec}} = \frac{9.800 \text{ bits}}{0,3851 \text{ sec}} = 25.447,9356 \text{ bits/sec} \quad \text{ή} \quad \approx 25,44 \text{ Kbps}$$

c) Εύρεση μεγέθους παραθύρου

$$n * D_{TP} = S \quad \text{άρα} \quad n = \frac{S}{D_{TP}}$$

Έστω ότι b = ρυθμός μετάδοσης, L = το μέγεθος του πλαισίου, R ($=D_p$) = η καθυστέρηση διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων στο κανάλι, δηλ. $2R$ = round-trip time (RTT).

Για να «γεμίζει» η γραμμή πρέπει το μέγεθος του παραθύρου n να ικανοποιεί το εξής:

$$n \geq \frac{2bR}{L} + 1 = \frac{2 * 10.000.000 * 0,192}{10.000} + 1 = 2 * 1.000 * 0,192 + 1 = 385$$

Άρα $n = 385$ είναι το μέγεθος παραθύρου που θα έδινε μέγιστη απόδοση σε πρωτόκολλο GBN ή SRP, με την προϋπόθεση ότι δεν συμβαίνουν σφάλματα.

$$\text{Εναλλακτικά: } n = \frac{S}{D_{TP}} = \frac{0,3851}{0,001} = 385,1, \text{ άρα αφού πρέπει να είναι ακέραιος, } n=385.$$

Οπότε στο διάστημα αναμονής για επιβεβαίωση μπορούν να σταλούν άλλα 385 πλαίσια.

$$\text{Αν στελνόταν ένα μεγάλο πλαίσιο διάρκειας μετάδοσης } n * D_{TP}, \text{ τότε θα επιτυγχάνονταν απόδοση: } E' = \frac{n * D_{TP}}{S} = \frac{n * D_{TP}}{n * D_{TP} + 2 * D_p + D_{TA}} = \frac{385 * 0,001}{385 * 0,001 + 2 * 0,192 + 0,0001} = 0,5 = 50\%$$

Βλέπουμε ότι υπερβαίνει την αρχική απόδοση.

d) Χρόνος προθεσμίας = χρόνος μετάβασης μετ' επιστροφής = RTT = $S = 0,3851 \text{ sec}$

Σφάλματα με πιθανότητα $p = 10^{-3}$

Έστω p η πιθανότητα να συμβεί σφάλμα σε ένα πλαίσιο, άρα η πιθανότητα να μεταφερθεί σωστά είναι $(1-p)$

Έστω X η τυχαία μεταβλητή που περιγράφει το χρόνο μεταξύ δύο διαδοχικών μεταδόσεων πλαισίων στο δίκτυο. Αν δεν υπάρχουν σφάλματα ο χρόνος αυτός θα είναι ίσος με S . Αν υπάρχει σφάλμα τότε ο αποστολέας περιμένει να περάσει ο χρόνος προθεσμίας (ΧΠ) και ξαναπροσπαθεί. Η μέση τιμή του χρόνου X δύο διαδοχικών μεταδόσεων, και έπειτα η απόδοση, δίνονται από τη σχέση:

$$E[X] = S + \text{ΧΠ} * p / (1-p), \quad \text{Απόδοση} = \frac{D_{TP}}{E[X]}$$

Επομένως έχουμε:

$$E[X] = 0,3851 + \frac{0,3851 * 10^{-3}}{1 - 10^{-3}} \approx 0,3854$$

$$\text{Απόδοση} = \frac{0,001}{0,3854} \approx 0,002594 \approx 0,259\%$$

$$(\text{απόδοση χωρίς σφάλματα: } \frac{D_{TP}}{S} = \frac{0,001}{0,3851} \approx 0,002596 \approx 0,260\%)$$

e)

1. GBN:

- Μετά τη λήξη του χρόνου αναμετάδοσης (timeout) για ένα πλαίσιο, γίνεται επαναμετάδοση αυτού και όλων των επομένων πλαισίων που έχουν ήδη μεταδοθεί.
 - Ο παραλήπτης δέχεται μόνο πλαίσια που είναι στη σωστή σειρά, τα υπόλοιπα απορρίπτονται (ακόμα και αν είναι ορθά).
 - Επομένως και οι επιβεβαιώσεις στέλνονται με τη σειρά
 - Αν στέλνονται συνέχεια πλαίσια και έχει γίνει η βέλτιστη επιλογή του n, τότε σε κάθε timeout ο αποστολέας «επιστρέφει» κατά n πλαίσια πίσω.
 - Απαιτήσεις για ενταμειυτή:
 - Αποστολέας: n
 - Παραλήπτης: 1 → το πλαίσιο με την αναμενόμενη αρίθμηση προωθείται κατευθείαν, ενώ τα υπόλοιπα απορρίπτονται
- \cong
- Αρίθμηση:
- Οι αριθμοί σειράς είναι από 0 έως MAX_SEQ
 - Προφανώς πρέπει $n < \text{MAX_SEQ} + 1$, άρα αφού $n=385$ (αριθμός παραθύρων) τότε έστω ότι $\text{MAX_SEQ} = 386$

2. SRP

- Μόνο τα πλαίσια για τα οποία γίνεται λήξη του χρόνου αναμετάδοσης (timeout) πρέπει να σταλούν εκ νέου.
- Ο παραλήπτης δέχεται, αποθηκεύει (μέχρι να ληφθούν τα τυχόν χαμένα πακέτα) και επιβεβαιώνει ατομικά τα πλαίσια εκτός σειράς (τα πλαίσια που έχουν ληφθεί σωστά αναμεταδίδονται μόνο αν χαθεί η επιβεβαίωση τους).
- Το παράθυρο αποστολής κυλίζει όταν επιβεβαιωθεί το πρώτο πλαίσιο του, κατά τόσες θέσεις μέχρι το επόμενο μη επιβεβαιωθέν πλαίσιο
- Πιο περίπλοκο από την οπισθοχώρηση κατά n αλλά και πιο αποτελεσματικό

- Απαιτήσεις για ενταμειυτή:

- Αποστολέας: n

- Παραλήπτης: n

Αρίθμηση:

- Το μέγεθος παραθύρου n πρέπει να είναι το πολύ το μισό του εύρους των αριθμών σειράς $(MAX_SEQ+1)/2$, δηλ θα πρέπει $n \leq (MAX_SEQ+1)/2$, οπότε η αρίθμηση των πλαισίων πρέπει να γίνεται κατά modulo $(2n)$

- Επομένως έχουμε ότι $MAX_SEQ \geq 2n - 1 = 2*385 - 1 = 769$, άρα έστω ότι $MAX_SEQ = 770$

3. Stop-and-Wait

- Αν και δεν απαιτούνται επιβεβαιώσεις λόγω σφαλμάτων στον σύνδεσμο, απαιτείται έλεγχος ροής των πλαισίων.

- Στέλνεται ένα μόνο πλαίσιο, που λαμβάνεται σωστά. Όταν ο παραλήπτης το επεξεργαστεί και το προωθήσει στο επίπεδο δικτύου, στέλνει επιβεβαίωση. Μόλις ληφθεί η επιβεβαίωση από τον αποστολέα, στέλνεται το επόμενο πλαίσιο

- Κατάλληλο για μονόδρομη, ημιαμφίδρομη ή αμφίδρομη επικοινωνία σε κανάλι χωρίς σφάλματα

Αρίθμηση:

- Αρίθμηση των πλαισίων με αριθμό σειράς στην κεφαλίδα ώστε να εξασφαλίζεται η διαφοροποίηση βάσει αυτού (οι αναμεταδόσεις ενός πλαισίου διατηρούν τον αριθμό σειράς του).

- Ο παραλήπτης μπορεί να διακρίνει αν έχει ήδη λάβει το πλαίσιο. Αν ναι, πρέπει να το επιβεβαιώσει πάλι και να το απορρίψει.

- Αρκούν δύο αριθμοί σειράς (0 και 1), δηλαδή ένα bit (αρκεί να μπορεί να διακρίνεται ένα πλαίσιο F από το αμέσως προηγούμενο και το αμέσως επόμενο του).

f)

Απόδοση του Stop-and-wait:

$$E = \frac{D_{TP}}{S} = \frac{0,001 \text{ sec}}{0,3851 \text{ sec}} = 0,259\%$$

Αν είχαμε πρωτόκολλο GBN ή SRP με μέγεθος παραθύρου 385, η απόδοση θα ήταν 50% δηλαδή ίση μεταξύ τους και εμφανώς μεγαλύτερη από του Stop-and-wait. Δεδομένου ότι οι απαιτήσεις για ενταμιευτή στο SRP είναι μεγαλύτερες από ότι στο GBN, θα επιλέγαμε το τελευταίο.