



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Δίκτυα Επικοινωνιών

Εργαστήριο

Άννα Τζανακάκη

Τμήμα Φυσικής

Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών



Θεματικές Ενότητες (ΘΕ) Εργαστηρίου:

- **ΘΕ1: Εισαγωγή στα Δίκτυα Επικοινωνιών**
 - Εισαγωγή στο Cisco Packet Tracer
 - Επίπεδα Δικτύου
 - Πρωτόκολλα Επικοινωνίας
 - Ενθυλάκωση Πακέτων
- **ΘΕ2: Επίπεδο Μεταφοράς**
 - TCP πρωτόκολλο-Τριμερής χειραψία
 - UDP πρωτόκολλο
 - Έλεγχος συμφόρησης TCP
- **ΘΕ3: Επίπεδο Δικτύου**
 - Διευθυνσιοδότηση IP (Στατική/Δυναμική)
 - Δρομολόγηση/Προώθηση πακέτων IP
 - Πρωτόκολλα Δρομολόγησης
- **ΘΕ4: Επίπεδο Ζεύξης**
 - Διευθυνσιοδότηση MAC
 - ARP Πρωτόκολλο
 - Δομή Ethernet Πλαισίου
 - Μεταγωγείς (Switches)
 - Εικονικά Τοπικά Δίκτυα (VLANs)

Εργαλεία-Λογισμικό Εργαστηρίου:

Cisco Packet Tracer (CPT)

Το CPT είναι ένα εργαλείο οπτικής προσομοίωσης που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν τοπολογίες δικτύου και να μιμούνται σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών.

<https://www.packettracernetwork.com/>

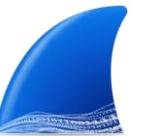
Cisco Packet Tracer



Wireshark

Το Wireshark είναι ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα λογισμικό ανάλυσης πρωτοκόλλων δικτύου υπολογιστών. Χρησιμοποιείται για ανάλυση δικτύου, παρακολούθηση δικτύου, εντοπισμό και αντιμετώπιση προβλημάτων στα δίκτυα και για εκπαίδευση.

<https://www.wireshark.org/>





Θεματικές Ενότητες (ΘΕ) Εργαστηρίου:

- **ΘΕ1: Εισαγωγή στα Δίκτυα Επικοινωνιών**
 - Εισαγωγή στο Cisco Packet Tracer
 - Επίπεδα Δικτύου
 - Πρωτόκολλα Επικοινωνίας
 - Ενθυλάκωση Πακέτων
- **ΘΕ2: Επίπεδο Μεταφοράς**
 - TCP πρωτόκολλο-Τριμερής χειραψία
 - UDP πρωτόκολλο
 - Έλεγχος συμφόρησης TCP
- **ΘΕ3: Επίπεδο Δικτύου**
 - Διευθυνσιοδότηση IP (Στατική/Δυναμική)
 - Δρομολόγηση/Πρωώθηση πακέτων IP
 - Πρωτόκολλα Δρομολόγησης
- **ΘΕ4: Επίπεδο Ζεύξης**
 - Διευθυνσιοδότηση MAC
 - ARP Πρωτόκολλο
 - Δομή Ethernet Πλαισίου
 - Μεταγωγείς (Switches)
 - Εικονικά Τοπικά Δίκτυα (VLANs)

Σήμερα

Εργαλεία-Λογισμικό Εργαστηρίου:

Cisco Packet Tracer (CPT)

Το CPT είναι ένα εργαλείο οπτικής προσομοίωσης που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν τοπολογίες δικτύου και να μιμούνται σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών.

<https://www.packettracernetwork.com/>

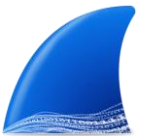
Cisco Packet Tracer



Wireshark

Το Wireshark είναι ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα λογισμικό ανάλυσης πρωτοκόλλων δικτύου υπολογιστών. Χρησιμοποιείται για ανάλυση δικτύου, παρακολούθηση δικτύου, εντοπισμό και αντιμετώπιση προβλημάτων στα δίκτυα και για εκπαίδευση.

<https://www.wireshark.org/>





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΘΕ2: Επίπεδο Μεταφοράς

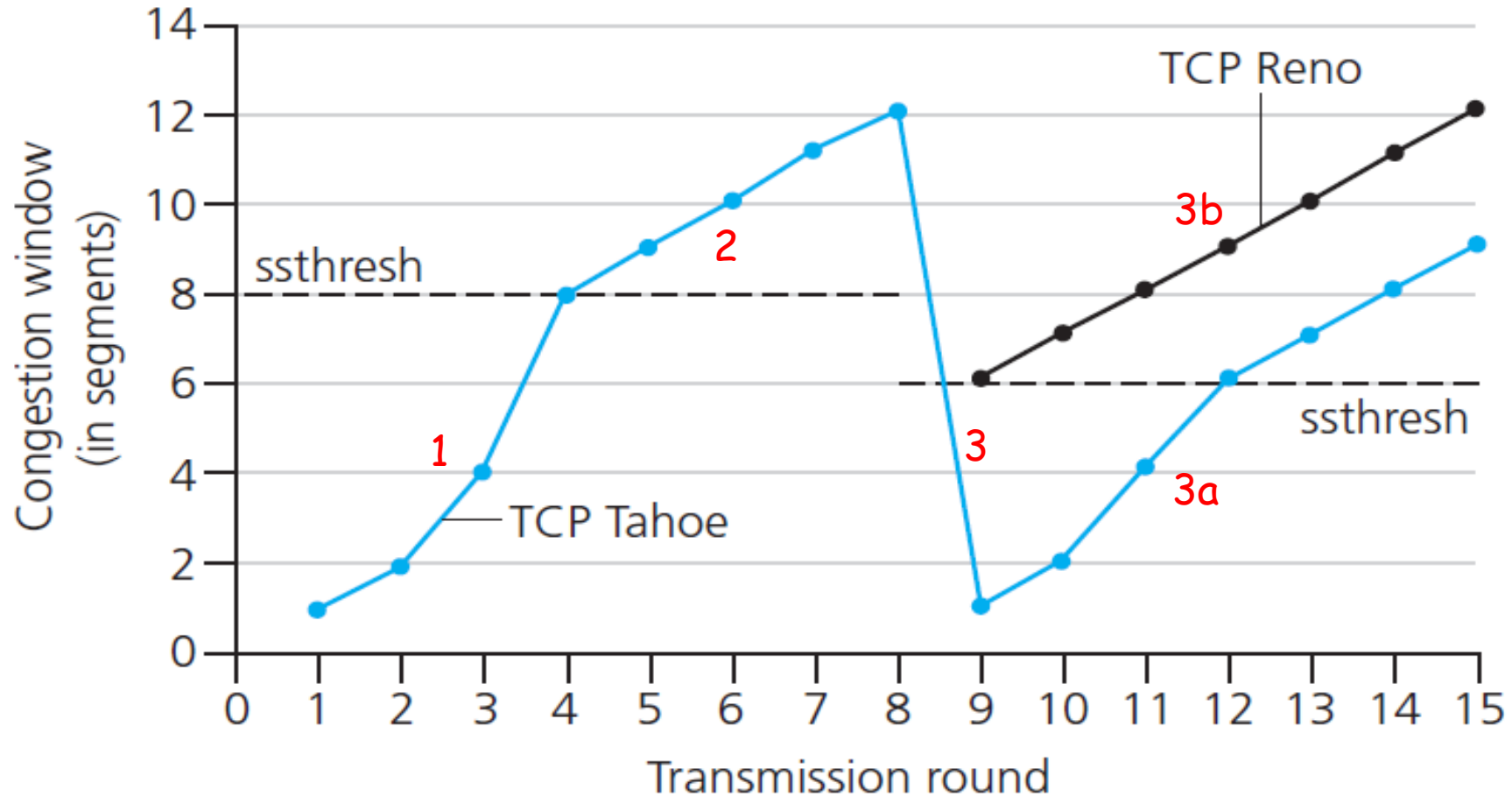
Έλεγχος Συμφόρησης TCP



Πώς γίνεται η αποστολή πακέτων;

- Ο αποστολέας στέλνει CongWin bytes
- περιμένει RTT για ACKs
- Μολις λάβει ACKs στέλνει περισσότερα bytes

Έλεγχος συμφόρησης TCP

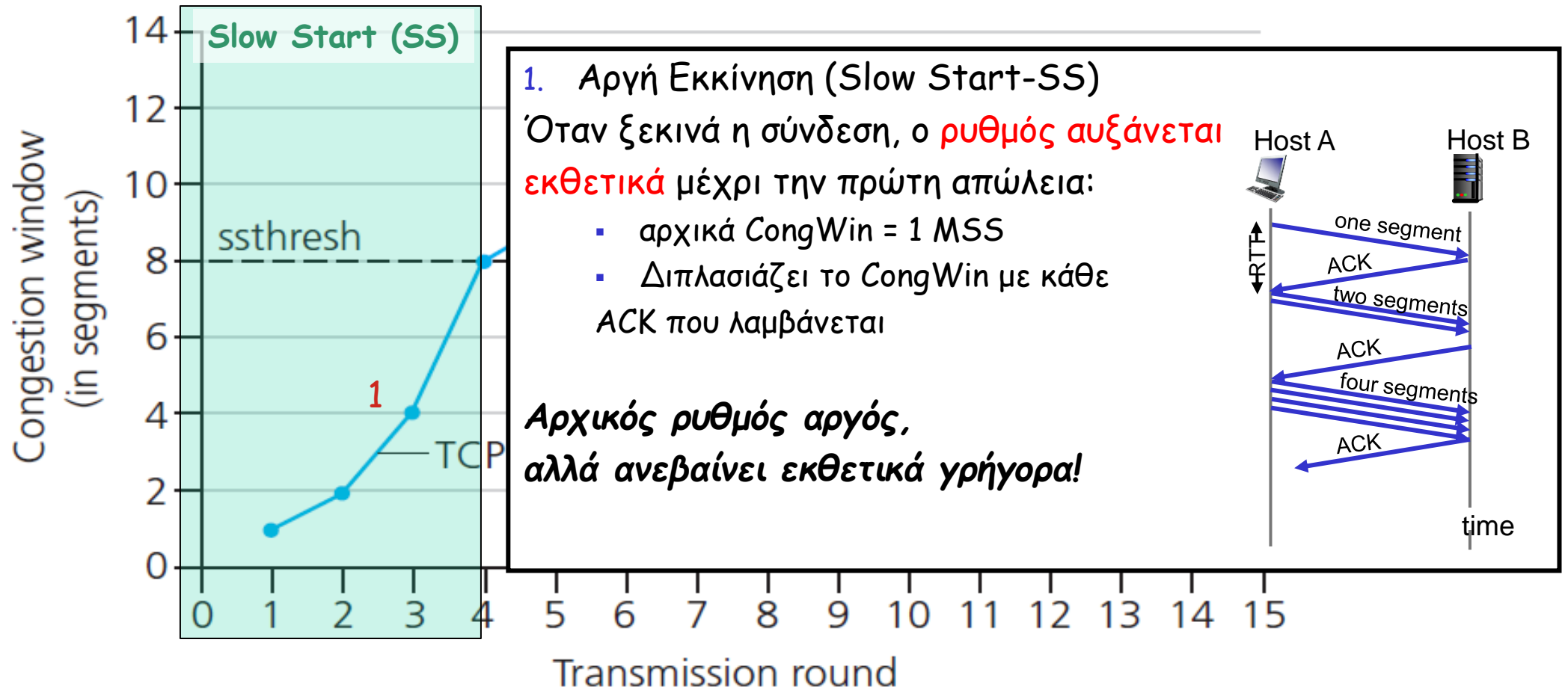




Πώς γίνεται η αποστολή πακέτων;

- Ο αποστολέας στέλνει CongWin bytes
- περιμένει RTT για ACKs
- Μολις λάβει ACKs στέλνει περισσότερα bytes

Έλεγχος συμφόρησης TCP

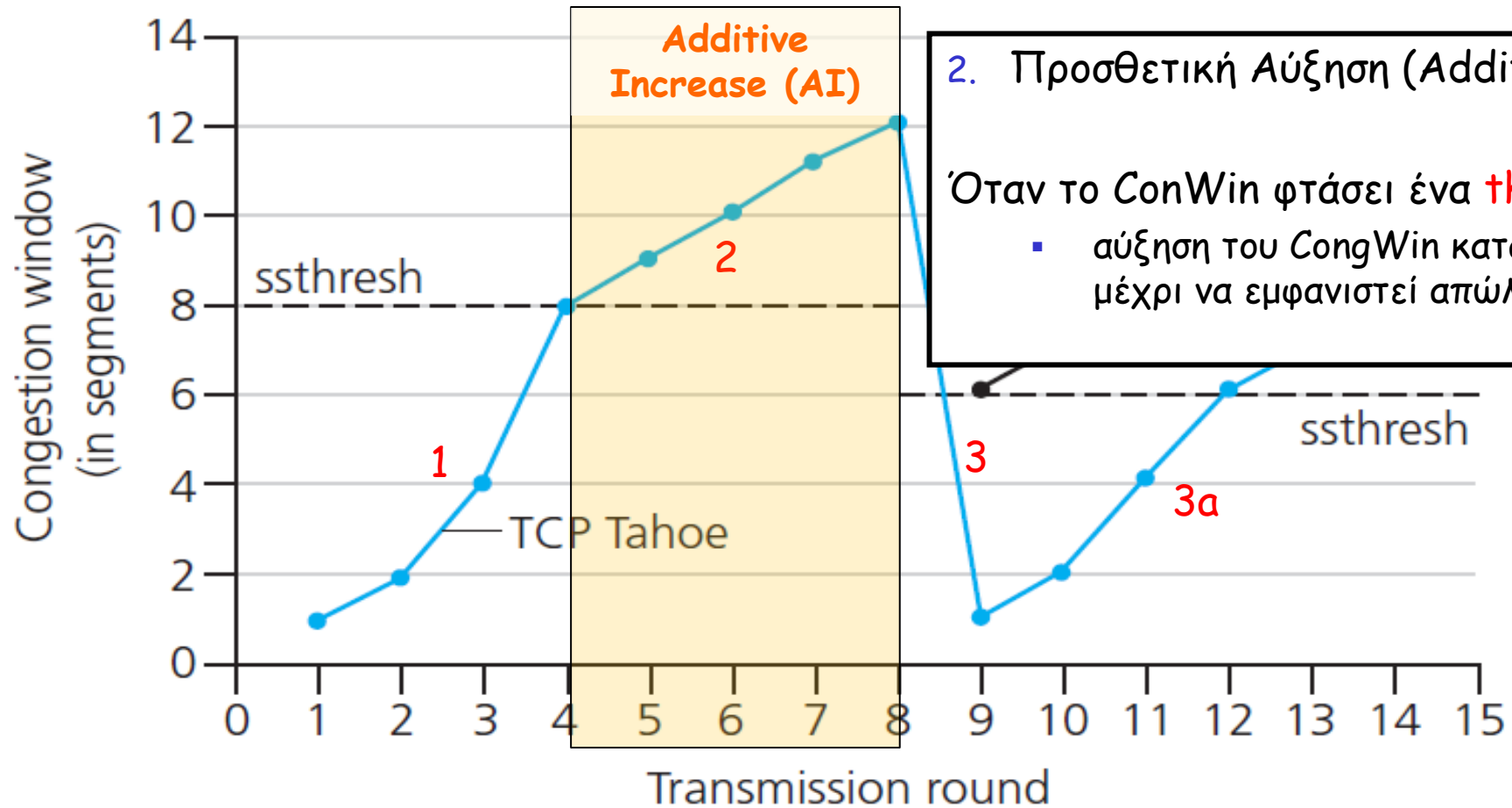




Πώς γίνεται η αποστολή πακέτων;

- Ο αποστολέας στέλνει CongWin bytes
- περιμένει RTT για ACKs
- Μολις λάβει ACKs στέλνει περισσότερα bytes

Έλεγχος συμφόρησης TCP



2. Προσθετική Αύξηση (Additive Increase - AI)

Όταν το CongWin φτάσει ένα **threshold**:

- αύξηση του CongWin κατά 1 MSS κάθε RTT μέχρι να εμφανιστεί απώλεια



Πώς γίνεται η αποστολή πακέτων;

- Ο αποστολέας στέλνει CongWin bytes
- περιμένει RTT για ACKs
- Μόλις λάβει ACKs στέλνει περισσότερα bytes

Έλεγχος συμφόρησης TCP

3. Μόλις παρατηρηθεί **απώλεια**:

- το Threshold τίθεται στο 1/2 του CongWin πριν το γεγονός της απώλειας
- το CongWin μειώνεται, ανάλογα με το είδος της απώλειας
 - α) Λήξη χρόνου (timeout):
 - Το CongWin τίθεται ξανά 1 MSS και αυξάνεται εκθετικά (Slow Start)
 - β) 3 διπλότυπα ACKs:
 - το CongWin μειώνεται στο μισό, μετά αυξάνεται γραμμικά (Additive Increase)

14

Multiplicative Decrease (MD)

TCP Reno

3b

3

3a

ssthresh

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

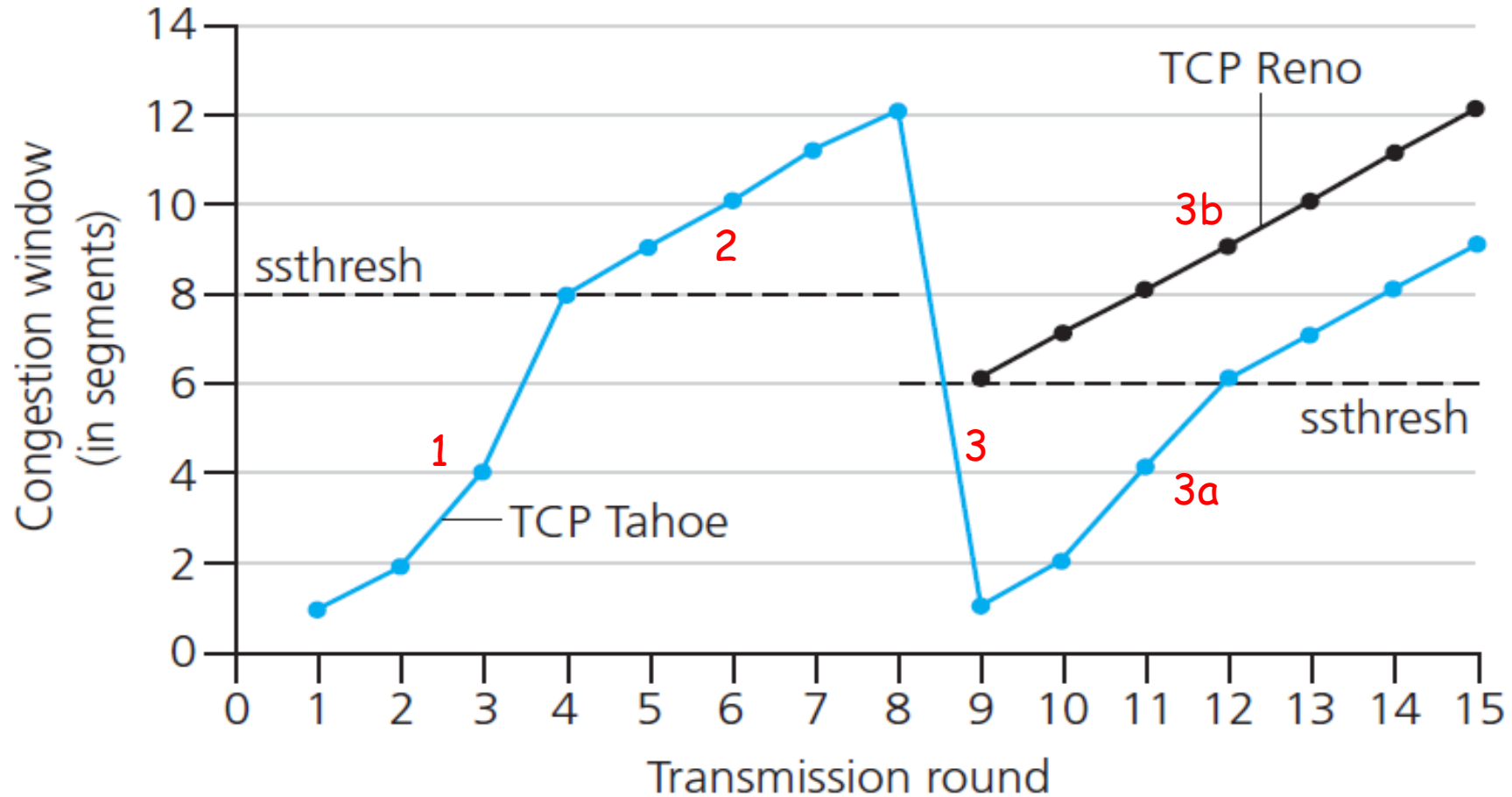
Transmission round



Πώς γίνεται η αποστολή πακέτων;

- Ο αποστολέας στέλνει CongWin bytes
- περιμένει RTT για ACKs
- Μολις λάβει ACKs στέλνει περισσότερα bytes

Έλεγχος συμφόρησης TCP





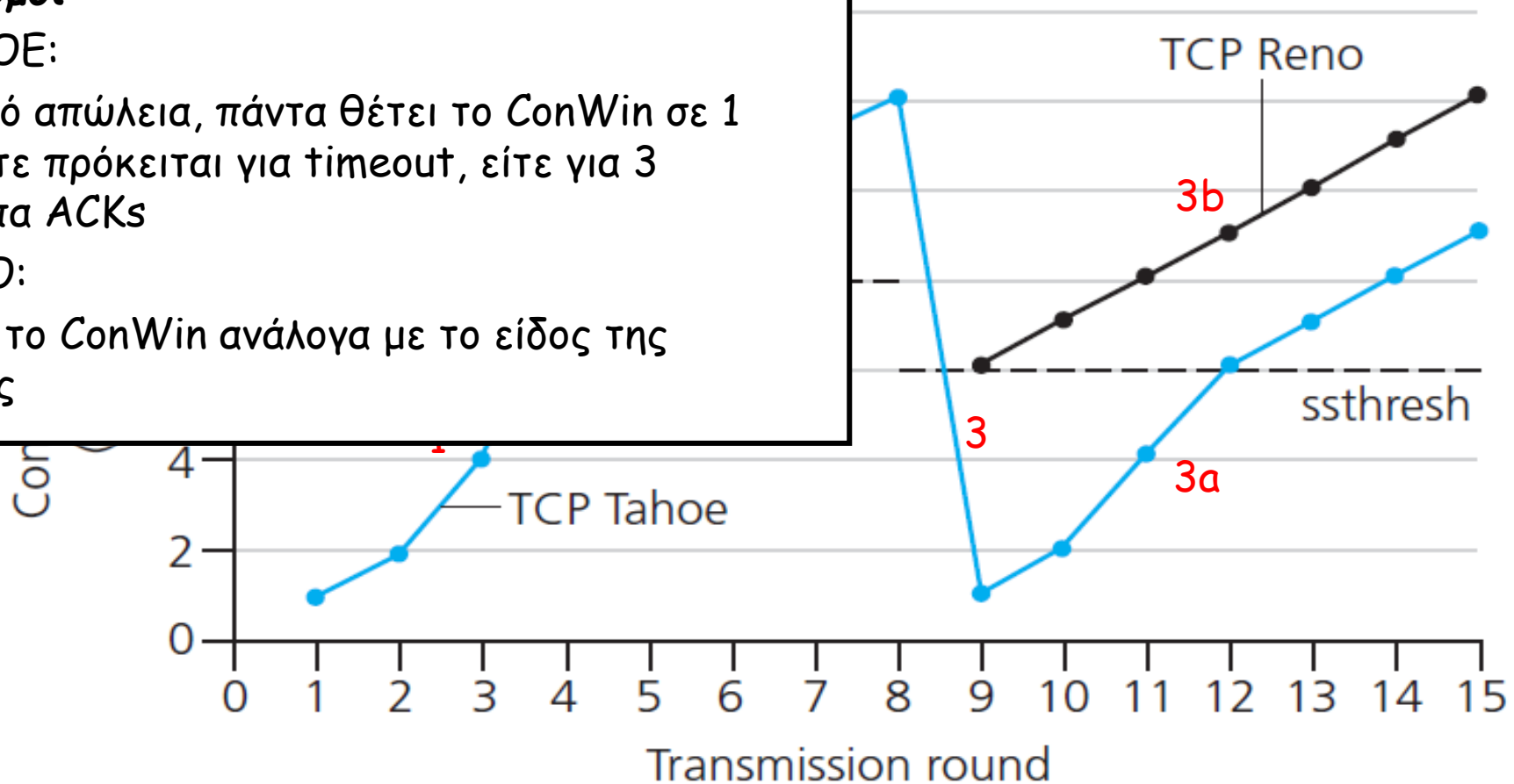
Πώς γίνεται η αποστολή πακέτων;

- Ο αποστολέας στέλνει CongWin bytes
- περιμένει RTT για ACKs
- Μολις λάβει ACKs στέλνει περισσότερα bytes

Έλεγχος συμφόρησης TCP

Δυο Αλγόριθμοι

- TCP TAHOE:
Μετά από απώλεια, πάντα θέτει το CongWin σε 1 MSS, είτε πρόκειται για timeout, είτε για 3 διπλότυπα ACKs
- TCP RENO:
Μειώνει το CongWin ανάλογα με το είδος της απώλειας





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΘΕ3: Επίπεδο Δικτύου

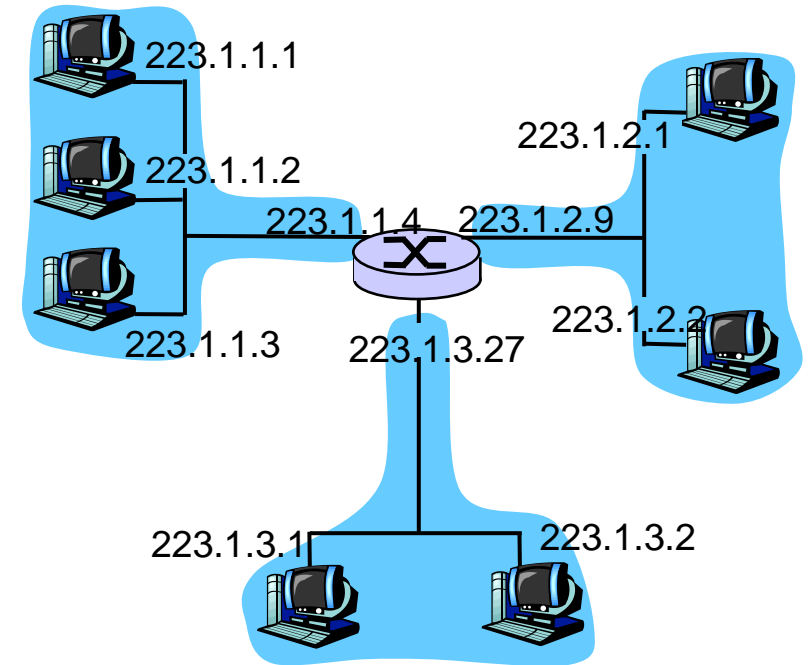


Internet Protocol (IP)

- Τι κάνει το πρωτόκολλο IP;
 - Είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά (δρομολόγηση/προώθηση) των IP πακέτων (datagrams) από έναν source host σε ένα destination host
 - Η μεταφορά αυτή γίνεται βάσει της IP διεύθυνσης η οποία βρίσκεται εντός του IP header (κεφαλίδα)
- Διεύθυνση IP (IP address):
 - IPv4/IPv6
 - IPv4: 32-bit αναγνωριστικό (2^{32} διευθύνσεις συνολικά) της διασύνδεσης (interface) του υπολογιστή ή δρομολογητή (router)

$$223.1.1.1 = \underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$$

- Η Διεύθυνση IP χωρίζεται σε δύο τμήματα:
 - Τμήμα υποδικτύου (subnet part) - bits υψηλής τάξης (MSB)
 - Τμήμα υπολογιστή (host part) - bits χαμηλής τάξης (LSB)





Δομή IP datagram

μήκος κεφαλίδας (bytes)

"τύπος" δεδομένων

32 bits

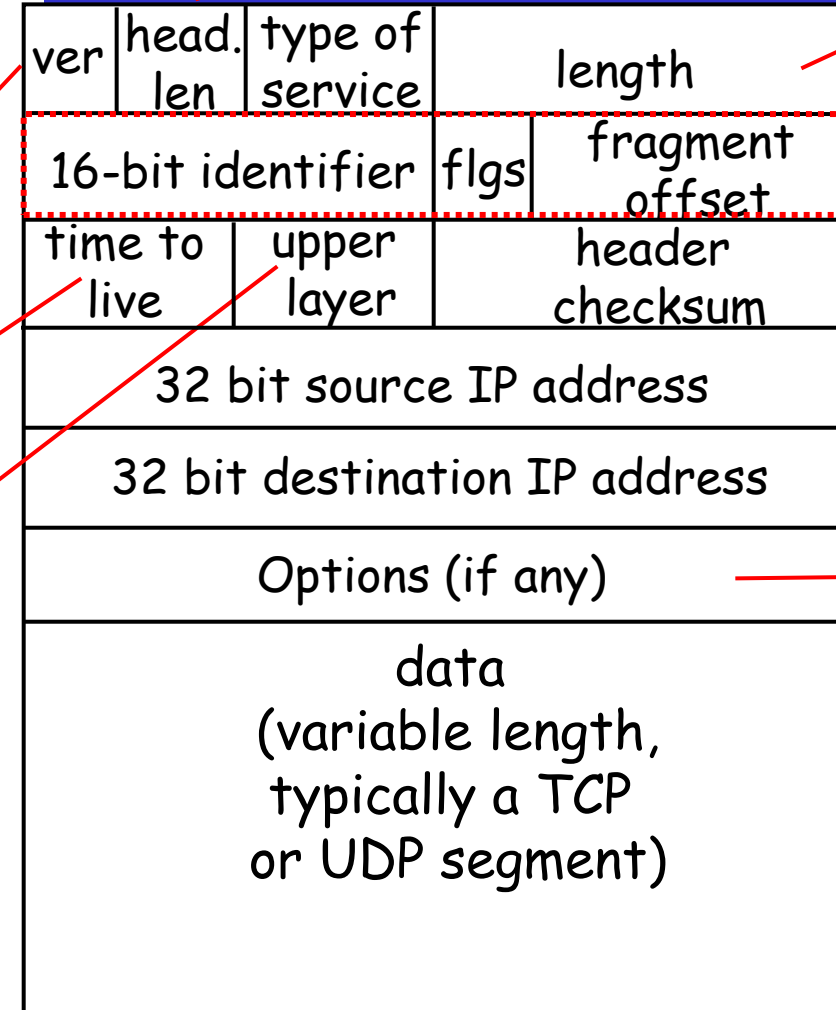
αριθμός έκδοσης IP πρωτοκόλλου

μέγιστος αριθμός αλμάτων (hops) που απομένουν
(μειώνεται κατά 1 σε κάθε δρομολογητή)

Πρωτόκολλο ανώτερου επιπέδου που θα
παραδοθεί το φορτίο

TCPoverhead

- 20 bytes του TCP
- 20 bytes του IP
- = 40 bytes +
overhead επιπέδου
εφαρμογής



Συνολικό μήκος
datagram (bytes)

Για κατάτμηση/
ανασύνθεση

Π.χ. χρονοσφραγίδα,
καταγραφή διαδρομής
που ακολουθείται,
καθορισμός λίστας
δρομολογητών
που θα επισκεφτεί

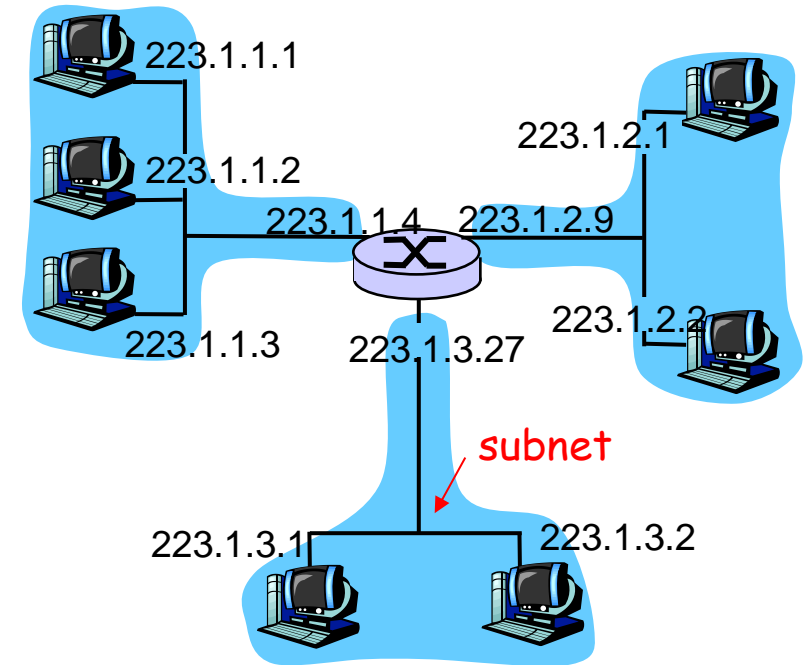


Διευθυνσιοδότηση IP

- Τι είναι ένα υποδίκτυο (subnet):
 - Μια λογική υποδιαίρεση ενός IP δικτύου
 - Τερματικά που ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο έχουν κοινά τα MSB της IP διεύθυνσης τους (subnet part) και διαφοροποιούνται με βάση τα LSB (host part)

- Πώς χωρίζεται μια IP διεύθυνση σε τμήμα δικτύου και τμήμα υπολογιστή:
 - Με τη μάσκα υποδικτύου (subnet mask)
 - Π.χ. 255.255.255.0 ή /24

- Αρχιτεκτονική IP Δικτύων:
 - Classful network
 - Classless Interdomain Routing (CIDR)

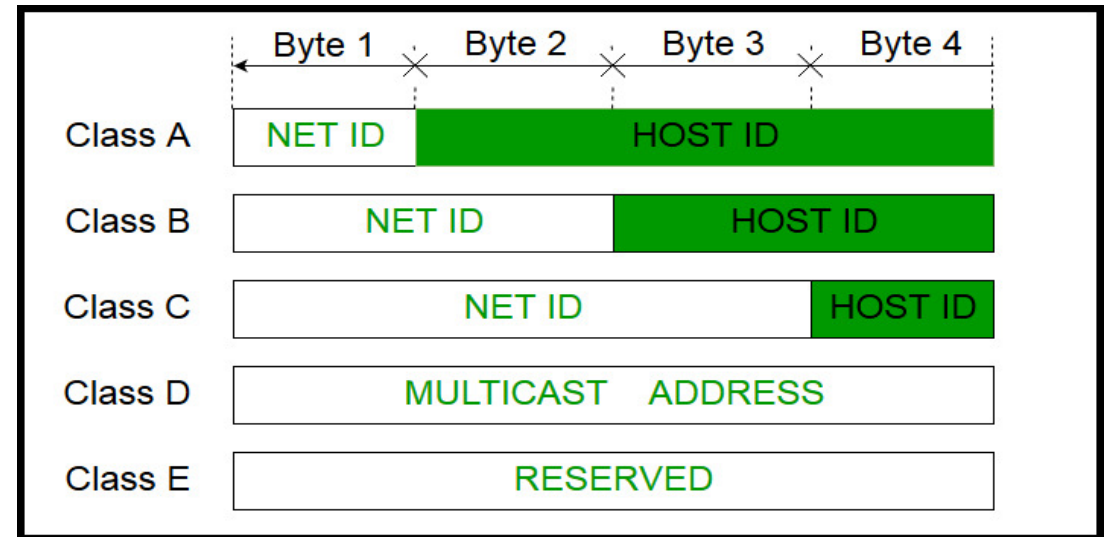




Classful network Architecture

□ Αρχιτεκτονική Διευθυνσιοδότησης:

- Βασίζεται στη διαίρεση των IP διευθύνσεων σε πέντε κλάσεις (A, B, C, D, E)
- Οι κλάσεις A, B και C παρέχουν unicast διευθύνσεις σε δίκτυα τριών διαφορετικών μεγεθών
- Η κλάση D χρησιμοποιείται για multicast
- Η κλάση E αφορά δεσμευμένες διευθύνσεις για πειραματικούς σκοπούς ή μελλοντική χρήση
- Ασύμφορη αρχιτεκτονική καθώς δεσμεύει πολύ μεγάλο αριθμό των (ήδη περιορισμένων) IP διευθύνσεων

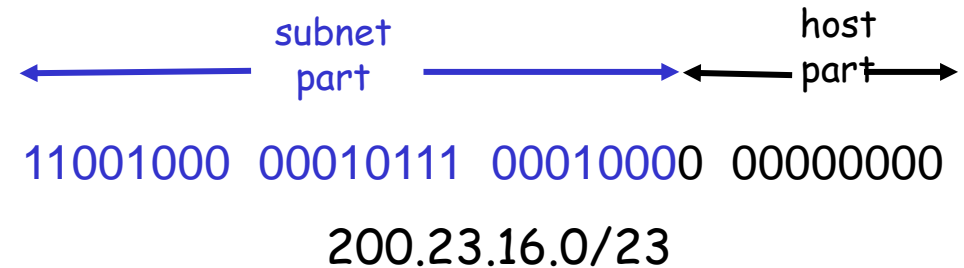


Class	Start Address	End Address
A	0.0.0.0	127.255.255.255
B	128.0.0.0	191.255.255.255
C	192.0.0.0	223.255.255.255
D	224.0.0.0	239.255.255.255
E	240.0.0.0	255.255.255.255



Classless InterDomain Routing (CIDR)

- **Αρχιτεκτονική Διευθυνσιοδότησης:**
 - Συστήνεται το 1993 από την IETF για να αντικαταστήσει την classful αρχιτεκτονική
 - Βασίζεται στο variable length subnet masking (VLSM)
 - Το κύριο του πλεονέκτημα είναι ότι παρέχει πιο ακριβή έλεγχο των μεγεθών των υποδικτύων
 - Το CIDR εισήγαγε και ένα νέο τρόπο γραφής των IP διευθύνσεων (notation) όπου μετά την διεύθυνση ακολουθεί ο αριθμός των δεσμευμένων bits δικτύου.





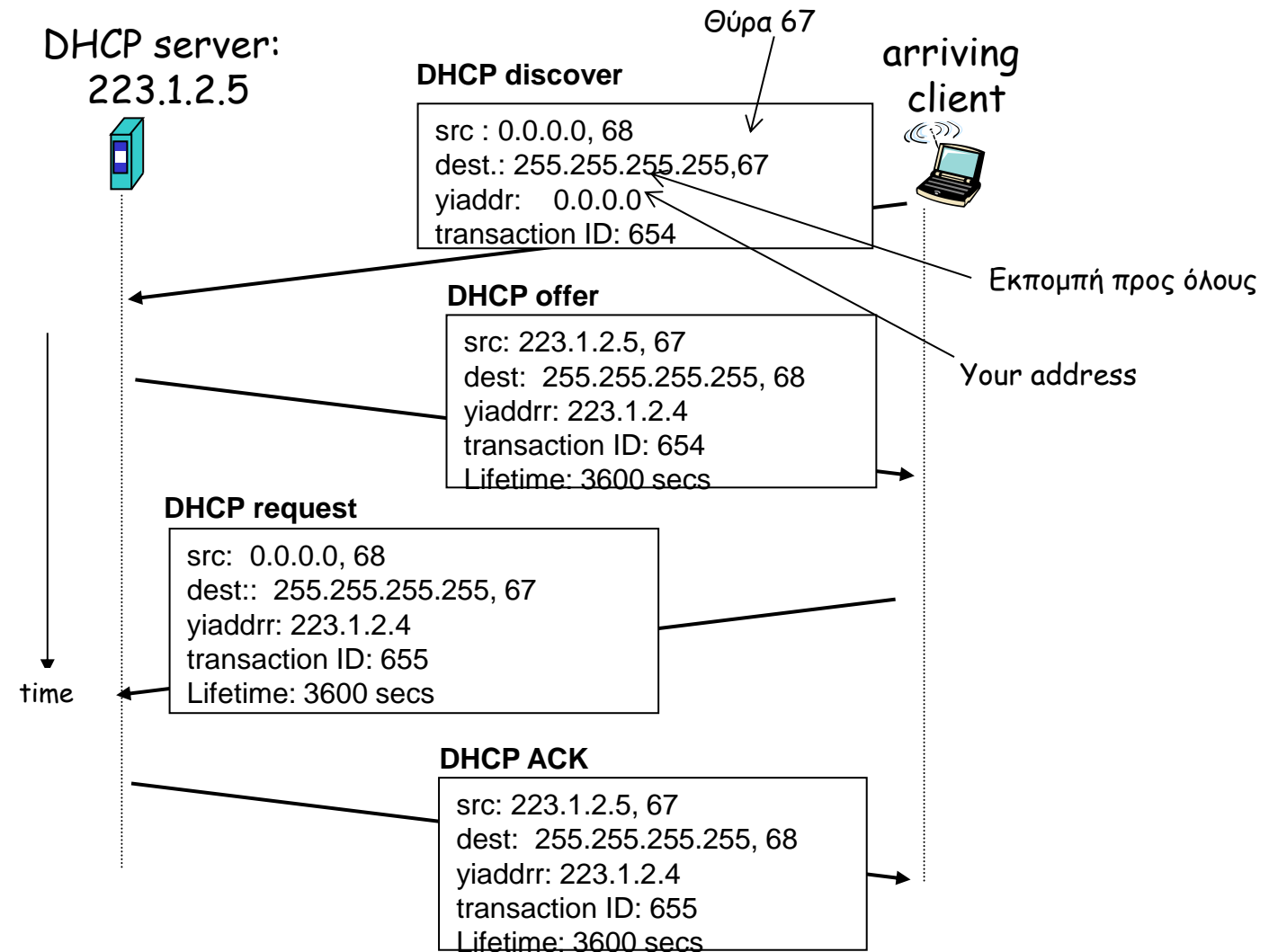
Reserved IP Addresses

- Δεσμευμένες IP διευθύνσεις για άλλους σκοπούς. Ενδεικτικά:
 - 10.0.0.0/8: Local communication within a private network
 - 127.0.0.0/8: Used for loopback addresses to the localhost
 - 192.0.0.0/24: IETF protocol assignments
 - 192.0.2.0/24: Assigned as TEST-NET-1, documentation and examples
 - 192.168.0.0/16: Used for local communications within a private network
 - 255.255.255.255/32: Reserved for the "limited broadcast" destination address



Διευθύνσεις IP: πώς αποδίδονται;

- Στατικά
 - Προσδιορισμένο σε ένα αρχείο από το διαχειριστή του συστήματος
- Δυναμικά
 - Δυναμική απόδοση διεύθυνσης κατά τη σύνδεση στο δίκτυο από έναν server μέσω του πρωτοκόλλου **DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol**
 - "plug-and-play"
 - Επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των διευθύνσεων
 - Παρεχει επιπλέον:
 - Διεύθυνση του δρομολογητή πρώτου άλματος (first-hop router) για τον πελάτη
 - Όνομα και IP διεύθυνση του DNS server
 - Μάσκα δικτύου





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

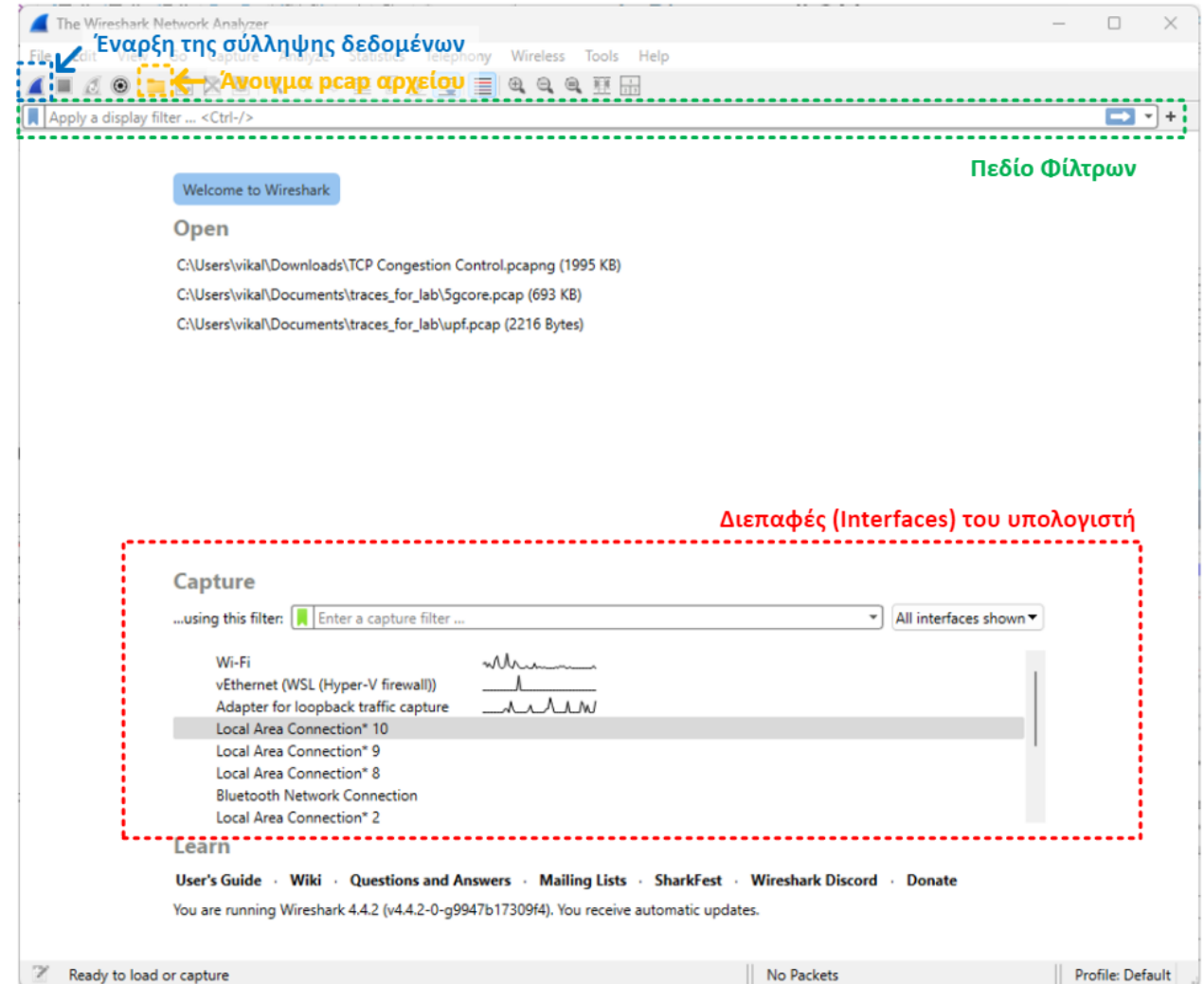
Πρακτικό Μέρος



Wireshark

Δύο βασικές επιλογές:

- ❑ Σύλληψη πακέτων δικτύου σε πραγματικό χρόνο.
 - ❑ παρακολούθηση ζωντανά της κίνησης του δικτύου που περνά από τη διεπαφή που έχει επιλεγεί.
- ❑ Φόρτωση και εξέταση ενός αποθηκευμένου αρχείου PCAP.
 - ❑ Τα αρχεία PCAP (Packet Capture) περιέχουν καταγεγραμμένα δεδομένα δικτύου που έχουν συλλεχθεί από εργαλεία παρακολούθησης, όπως το Wireshark.





Wireshark

The screenshot shows the Wireshark interface with a capture file named '5gcore.pcap'. The main window displays a list of network packets. A red dashed box highlights the 'List of Packets' table. A yellow dashed box highlights the 'Packet Details' pane for packet 6, showing the raw data and its hexadecimal and ASCII representations. A purple dashed box highlights the hexadecimal and ASCII data.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	68	57266 → 22 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=5
2	0.502452146	172.16.6.165	192.168.7.90	SSH	112	Server: Encrypted packet (len=44)
3	0.515117318	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	68	57266 → 22 [ACK] Seq=1 Ack=45 Win=
4	0.683645219	192.168.7.90	172.16.6.165	SSH	140	Client: Encrypted packet (len=84)
5	0.683706399	172.16.6.165	192.168.7.90	TCP	56	22 → 62772 [ACK] Seq=1 Ack=85 Win=
6	0.683933647	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	112	39072 → 33675 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=
7	0.683957278	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	68	33675 → 39072 [ACK] Seq=1 Ack=45 W
8	0.699578983	192.168.7.90	172.16.6.165	SSH	140	Client: Encrypted packet (len=84)
9	0.699620351	172.16.6.165	192.168.7.90	TCP	56	22 → 62772 [ACK] Seq=1 Ack=169 Win
10	0.699894828	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	112	39072 → 33675 [PSH, ACK] Seq=45 Ac
11	0.699907623	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	68	33675 → 39072 [ACK] Seq=1 Ack=89 W
12	0.816340674	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	116	33675 → 39072 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=
13	0.816359067	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	68	39072 → 33675 [ACK] Seq=89 Ack=49
14	0.816500791	172.16.6.165	192.168.7.90	SSH	140	Server: Encrypted packet (len=84)
15	0.871575763	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	56	62772 → 22 [ACK] Seq=169 Ack=85 Wi
16	1.014824432	172.16.6.165	192.168.7.90	SSH	112	Server: Encrypted packet (len=44)
17	1.024769425	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	68	57266 → 22 [ACK] Seq=1 Ack=89 Win=
18	1.526744723	172.16.6.165	192.168.7.90	SSH	112	Server: Encrypted packet (len=44)
19	1.541291953	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	68	57266 → 22 [ACK] Seq=1 Ack=133 Win
20	2.038693294	172.16.6.165	192.168.7.90	SSH	112	Server: Encrypted packet (len=44)
21	2.043642649	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	68	57266 → 22 [ACK] Seq=1 Ack=177 Win
22	2.545012335	172.16.6.165	192.168.7.90	SSH	112	Server: Encrypted packet (len=44)
23	2.550350526	192.168.7.90	172.16.6.165	TCP	68	57266 → 22 [ACK] Seq=1 Ack=221 Win
24	2.610498302	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	116	33675 → 39072 [PSH, ACK] Seq=49 Ac
25	2.610521391	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	68	39072 → 33675 [ACK] Seq=1 Ack=49

Λίστα πακέτων

> Frame 6: 112 bytes on wire (896 bits), 112 bytes captured (896 bits) on 1
> Linux cooked capture v1
> Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
> Transmission Control Protocol, Src Port: 39072, Dst Port: 33675, Seq: 1,
> Data (44 bytes)

Λεπτομέρειες Πακέτου

Δεκαεξαδική και ASCII αναπαράσταση

```

0000 00 00 03 04 00 06 00 00 00 00 00 00 00 08 00
0010 45 00 00 60 b5 76 40 00 40 06 87 1f 7f 00 00 01
0020 7f 00 00 01 98 a0 83 8b f7 27 5e fb bc 7f ac 53
0030 80 18 02 00 fe 54 00 00 01 01 08 0a dc 84 e5 84
0040 dc 84 d9 83 82 a6 6d 65 74 68 6f 64 a9 73 65 72
0050 76 65 72 6d 73 67 a6 70 61 72 61 6d 73 82 a1 69
0060 01 a4 62 6f 64 79 c4 08 42 e1 00 00 00 00 ff ff

```

Packets: 4419 Profile: Default