

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΑΝΑΡΓΥΡΟΣ ΣΙΔΕΡΗΣ

`<sideris@epp.teiher.gr>`

`<https://eclass2.teicrete.gr/courses/TP182/>`

ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ



**ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ
(TRANSMISSION CONTROL
PROTOCOL-TCP)**



Γενικά (1)

- Προτυποποίηση το Σεπτέμβρη του 1981 (RFC 793).
- Σκοπός:
 - Υπηρεσίες αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων μεταξύ διεργασιών που εδρεύουν σε απομακρυσμένους υπολογιστές.

Γενικά (2)

- Παρέχει :
 - Έλεγχο για αλλοίωση επικεφαλίδας.
 - Έλεγχο ρυθμού ροής/συμφόρησης.
 - Υπηρεσίες σύνδεσης/τερματισμού.
 - Αξιόπιστη μετάδοση.
- Δεν παρέχει :
 - Ασφάλεια (π.χ. Κρυπτογράφηση payload)

TCP Επικεφαλίδα (2)

- **Source/Destination (16 bits)**: Η θύρα του αποστολέα/παραλήπτη.
- **Sequence number (32 bits)**: Ο αριθμός ακολουθίας του πρώτου byte δεδομένων σε ένα TCP τμήμα.
- **Acknowledgment number (32 bits)**: Υποδεικνύει την επόμενη ακολουθία από bytes που περιμένει ο αποστολέας του TCP μηνύματος.
- **Data Offset (4 bits)**: Ο αριθμός των 32-bit λέξεων στη TCP επικεφαλίδα.
- **Reserved (6 bits)**: Δεσμευμένο για μελλοντική χρήση.
- **Control Bits (6 bits)**: Flags που αξιοποιούνται κατά τη TCP λειτουργία (SYN, FIN, ACK, RST, URG, PSH) .



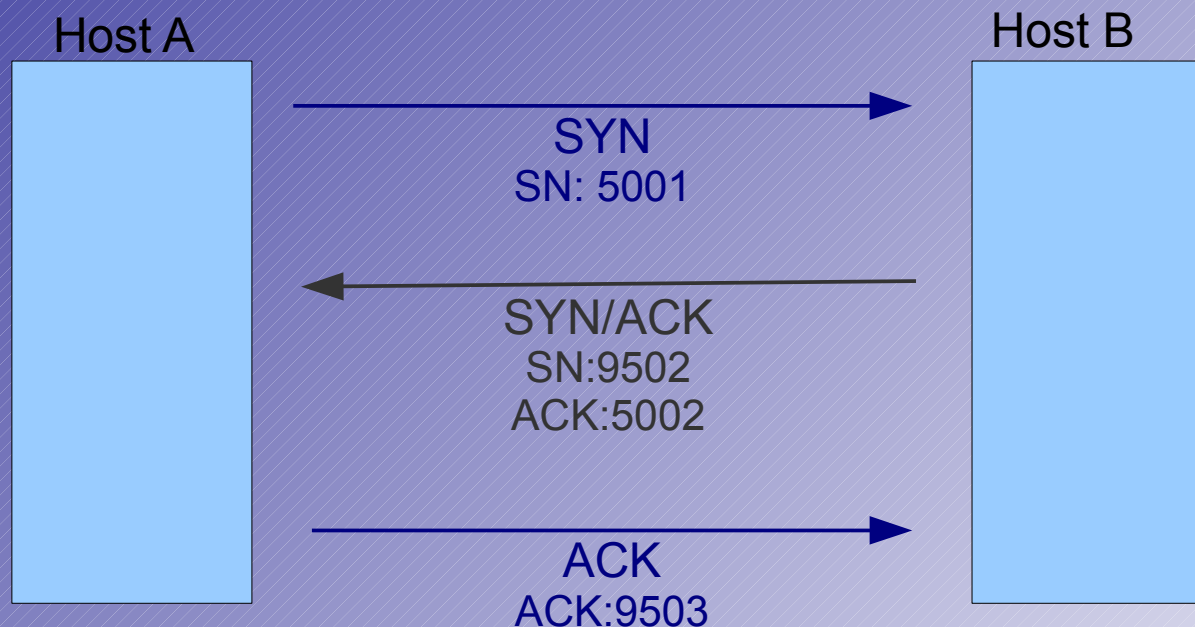
TCP Επικεφαλίδα (3)

- **Window (16 bits):** Ο αριθμός των bytes που μπορεί να δεχθεί ο αποστολέας του TCP μηνύματος.
- **Checksum (16 bits):** Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αλλοίωσης του TCP μηνύματος.
- **Urgent Pointer (16 bits):** Υποδεικνύει τη θέση των δεδομένων μετά από τη urgent πληροφορία.
- **Options (μεταβλητό):** Επιπλέον επιλογές για το TCP πρωτόκολλο.
- **Padding (μεταβλητό):** Χρησιμοποιείται για τη αναγωγή της TCP επικεφαλίδας σε λέξεις των 32 bit.
- Μετά και αυτό το πεδίο ακολουθούν τα δεδομένα (payload).



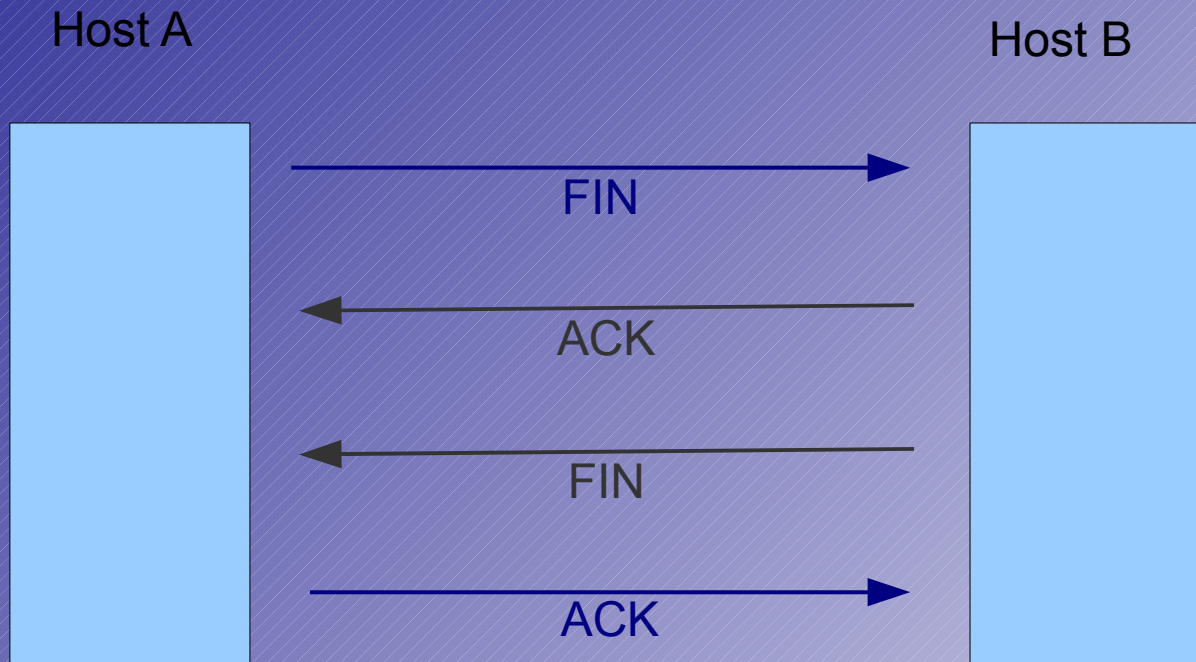
TCP Λειτουργία Εγκατάστασης Σύνδεσης

- Κατά τη διάρκεια εγκατάστασης της σύνδεσης ανταλλάσσονται τα ISN καθώς και διάφοροι άλλοι παράμετροι όπως το MSS.



Three way handshake & Initial Sequence Number (ISN)

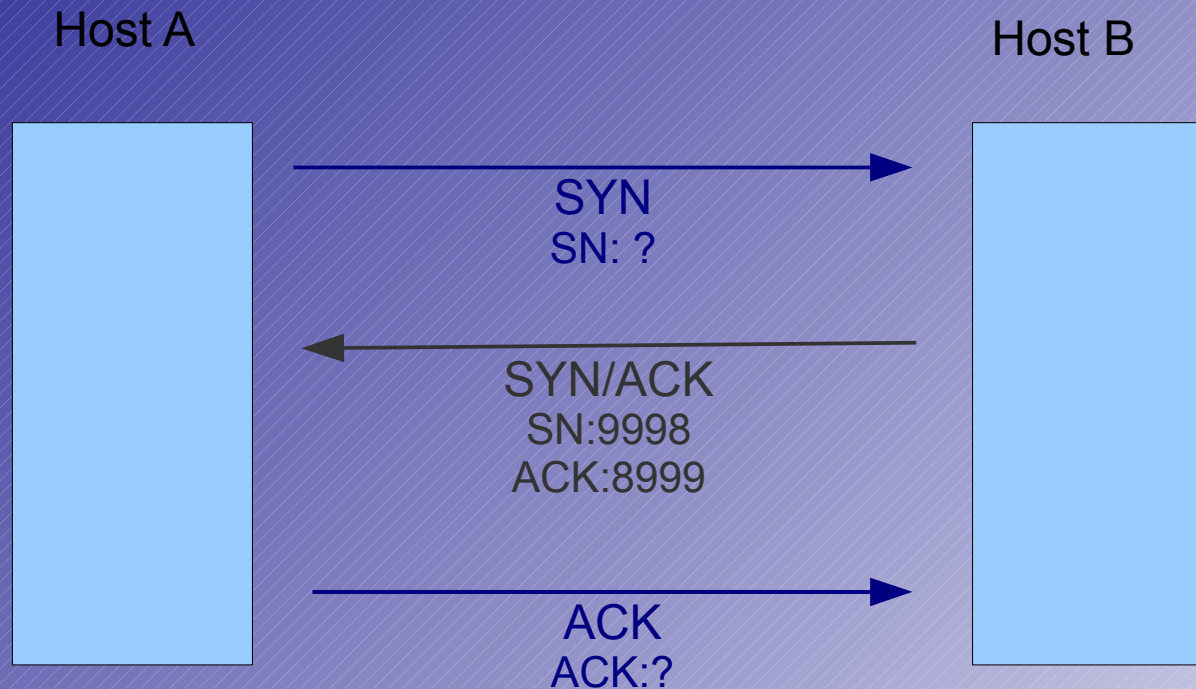
TCP Λειτουργία Απόλυσης Σύνδεσης



TCP απόλυση σύνδεσης

Ερωτήσεις (Μπλιάχ!!)

- Τι τιμές πρέπει να έχουν τα SN και ACK στο παρακάτω σχήμα;



Μηχανισμός Επιβεβαιώσεων στο TCP

- Οι επιβεβαιώσεις στο TCP εξασφαλίζουν την αξιόπιστη μετάδοση.
 - Πώς;
 - Ο παραλήπτης επιβεβαιώνει στο αποστολέα τα bytes που έχει λάβει.
- Για λόγους ταχύτητας ένα ack μπορεί να επιβεβαιώνει μια ομάδα από byte.
- Ο μηχανισμός των επιβεβαιώσεων δουλεύει συνήθως συσσωρευτικά.
 - Το ACK με τιμή 2344 επιβεβαιώνει την ορθή λήψη των bytes 1-2343.
- Υπάρχει και ο μηχανισμός επιλεκτικών επιβεβαιώσεων (SACK).

TCP Sliding Window (1)

- Για τη μεταφορά των δεδομένων αξιοποιείται η τεχνική κυλιόμενου παράθυρου.
- Οι υπολογιστές για κάθε TCP κίνηση κρατάνε πληροφορίες για τα bytes που στέλνουνε και τα bytes που δέχονται.
 - Δείκτες αποστολής:
 - SND.UNA: Δείχνει το SN του πρώτου byte από τα συνολικά bytes που έχουν σταλθεί αλλά δεν έχουν ακόμα επιβεβαιωθεί.
 - SND.NXT: Δείχνει το SN του επόμενου byte που πρόκειται να μεταδοθεί.
 - SND.WND: Το μέγεθος του παράθυρου αποστολής.

TCP Sliding Window (2)

- Δείκτες λήψης:
 - RCV.NXT: Δείχνει το SN του επόμενου byte που αναμένεται να ληφθεί.
 - RCV.WND: Το μέγεθος του παράθυρου λήψης.
- Πεδία της TCP επικεφαλίδας που χρησιμοποιούνται από τους δείκτες:
 - Sequence Number (SN)
 - Acknowledgement Number (ACK)
 - Window
 - Η τιμή που έχει από ποιους δείκτες χρησιμοποιείται;



TCP Sliding Window (3)

HOST A

SETUP: ISN=3000, WND=200

SND.NXT:3001
SND.UNA:3001
SND.WND:300
RCV.NXT:6001
RCV.WND:200
C.WND:300

HOST B

SETUP: ISN=6000, WND=300

SND.NXT:6001
SND.UNA:6001
SND.WND:200
RCV.NXT:3001
RCV.WND:300
C.WND:200

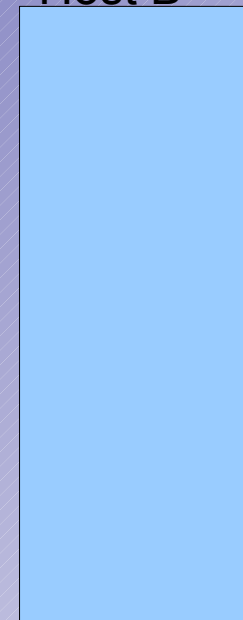
SND.NXT:3051
SND.UNA:3001
SND.WND:300
RCV.NXT:6001
RCV.WND:200
C.WND:250

Host A



Length: 50
SN:3001
ACK:6001

Host B



SND.NXT:6001
SND.UNA:6001
SND.WND:200
RCV.NXT:3051
RCV.WND:300
C.WND:200

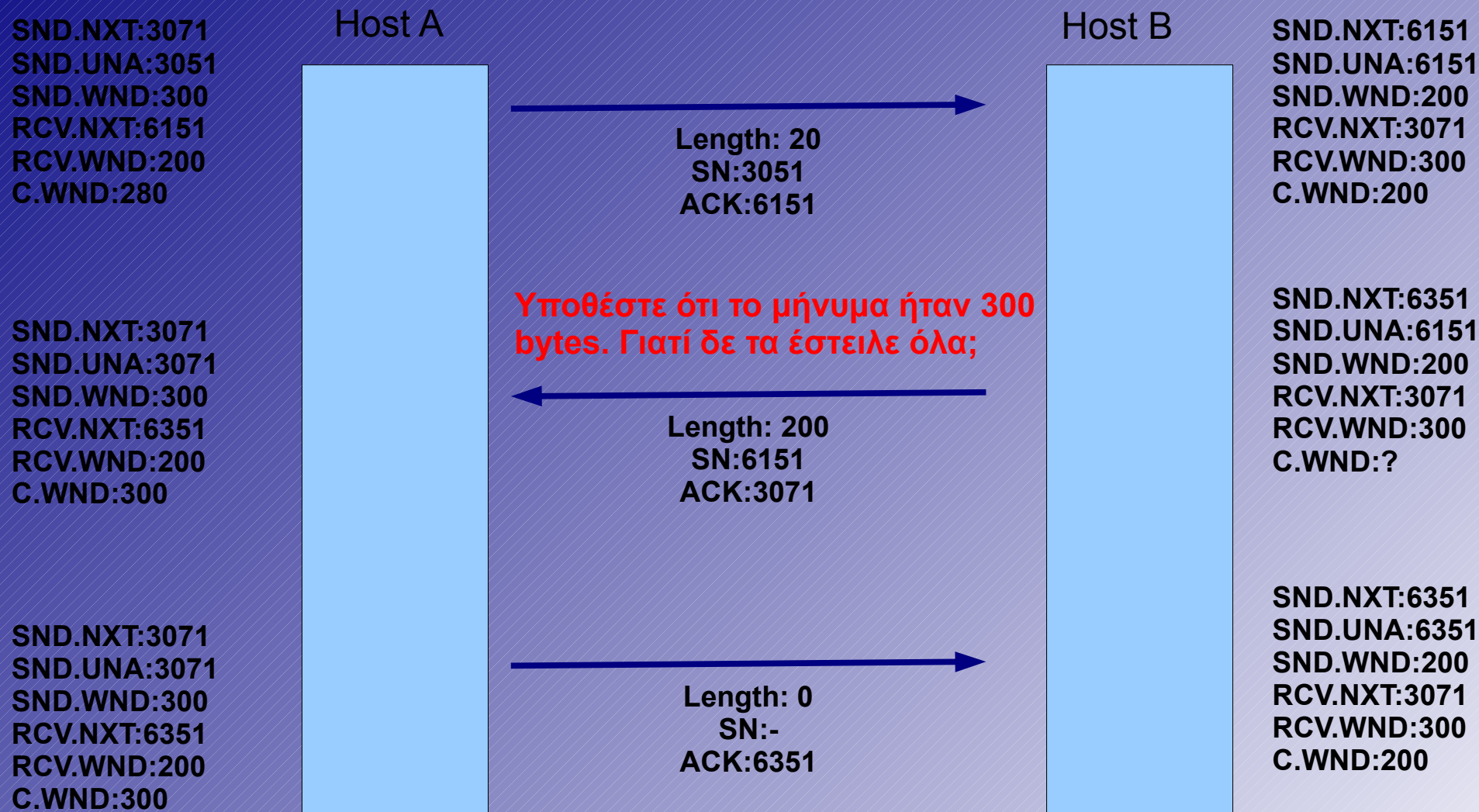
SND.NXT:3051
SND.UNA:3051
SND.WND:300
RCV.NXT:6151
RCV.WND:200
C.WND:300



Length: 150
SN:6001
ACK:3051

SND.NXT:?
SND.UNA:?
SND.WND:?
RCV.NXT:?
RCV.WND:?
C.WND:?

TCP Sliding Window (4)



TCP Sliding Window (5)



TCP μηχανισμός επανεκπομπών

- Κάθε tcp segment που εκπέμπεται αντιγράφεται σε μια ουρά.
- Για κάθε ένα από τα αντιγραμμένα segments εκκινεί ένα χρονόμετρο (timer).
- Εάν δε ληφθεί ack μέχρι να λήξει ο timer, το segment θεωρείται χαμένο και επανεκπέμπεται.
- Εάν το ack ληφθεί πριν λήξει ο timer το segment αφαιρείται από την ουρά.



TCP χρονόμετρα επανεκπομπής

- Ο υπολογισμός βασίζεται στο μέσο RTT της κάθε TCP σύνδεσης.
- Περιγράφεται αναλυτικά στο RFC 2988.
- Για το υπολογισμό του μέσου RTT χρησιμοποιείται η εξής σχέση:
 - $\text{New RTT} = (a * \text{Old RTT}) + ((1-a) * \text{Newest RTT Measurement})$.
- Προβλήματα:
 - Αμφισημία επιβεβαιώσεων.
- Λύση:
 - Αλγόριθμος Karn.
 - Απεμπλοκή RTT με χρονόμετρα επανεκπομπής σε περίπτωση απωλειών.

TCP έλεγχος ρυθμού ροής

- Ο έλεγχος ρυθμού ροής επιτυγχάνεται με το πεδίο Window ενός TCP segment.
- Η τιμή σε αυτό το πεδίο υποδεικνύει το αριθμό των bytes που μπορεί να ληφθεί χωρίς να γίνει υπερχείλιση στο buffer δεδομένων του παραλήπτη.
- Με άλλα λόγια:
 - Μικρό window μικρός ρυθμός ροής.
 - Μεγάλο window μεγάλος ρυθμός ροής.
- Η ειδική τιμή 0 στο window σταματάει τη μετάδοση δεδομένων.
- Ο ρυθμός ροής επιβεβαιώσεων επηρεάζει το ρυθμό ροής δεδομένων;



TCP & Διαχείριση συμφόρησης

- Οι μηχανισμοί διαχείρισης συμφόρησης περιγράφονται στο RFC 2581.
- Είναι οι:
 - Slow start (Αργής Αρχής) .
 - Congestion Avoidance (Αποφυγής Συμφόρησης) .
 - Fast Retransmit (Γρήγορης Επανεκπομπής) .
 - Fast Recovery (Γρήγορης Επανάκτησης) .

TCP Slow Start

- Μετά την εγκατάσταση της σύνδεσης:
 - Ο αποστολέας στέλνει ένα tcp segment μεγέθους MSS.
 - Μόλις πάρει επιβεβαίωση αυξάνει την ποσότητα των μεταδιδόμενων bytes κατά 1 MSS.
 - Αυτό συνεχίζεται για κάθε επιβεβαίωση που δέχεται.
 - Πότε σταματάμε;
 - Όταν φτάσουμε τη τιμή του window του παραλήπτη.
 - Εάν ανιχνευτεί συμφόρηση



TCP congestion avoidance

- Όταν ανιχνευτεί συμφόρηση:
 - Το παράθυρο εκπομπής μειώνεται στο μισό του μεγέθους των δεδομένων που είναι ανεπιβεβαίωτα.
 - πχ. Εάν ο αποστολέας έχει στείλει 1000 bytes και δεν έχει πάρει επιβεβαίωση το νέο παράθυρο εκπομπής είναι 500.
 - Εκκινεί από τη αρχή το slow start μέχρι να φτάσει το νέο παράθυρο εκπομπής.
 - Απο εκεί και μετά το παράθυρο εκπομπής αυξάνει γραμμικά μέχρι να γίνει ίσο με το window του παραλήπτη (1 MSS ανά RTT).

TCP Fast Retransmit

- Υποθέστε ότι ένας αποστολέας στέλνει τα segments 2,3,4,5,6 με χρονική διαφορά t .
- Υποθέστε ότι ο παραλήπτης παίρνει το 2 και το επιβεβαιώνει.
- Έπειτα παίρνει το 4.
 - Μπορεί να στείλει πίσω ένα ack που να λέει περιμένω το 3.
- Έπειτα παίρνει το 5.
 - Μπορεί να στείλει πίσω ένα ack που να λέει περιμένω το 3.
- Έπειτα παίρνει το 6
 - Μπορεί να στείλει πίσω ένα ack που να λέει περιμένω το 3.
- Ο αποστολέας μπορεί να συνάγει ότι το 3 έχει χαθεί και το ξαναστέλνει χωρίς να περιμένει τη λήξη του χρονόμετρου επανεκπομπής.



TCP Fast Recovery

- Όταν έχει fast retransmit μειώνουμε πάλι το παράθυρο εκπομπής στο μισό των ανεπιβεβαιωτών δεδομένων.
- Δεν εκκινείται όμως το slow start.
- Βάση αυτής της τιμής στέλνουμε δεδομένα αυξάνοντας γραμμικά το παράθυρο εκπομπής μέχρι να φτάσουμε το window του παραλήπτη.

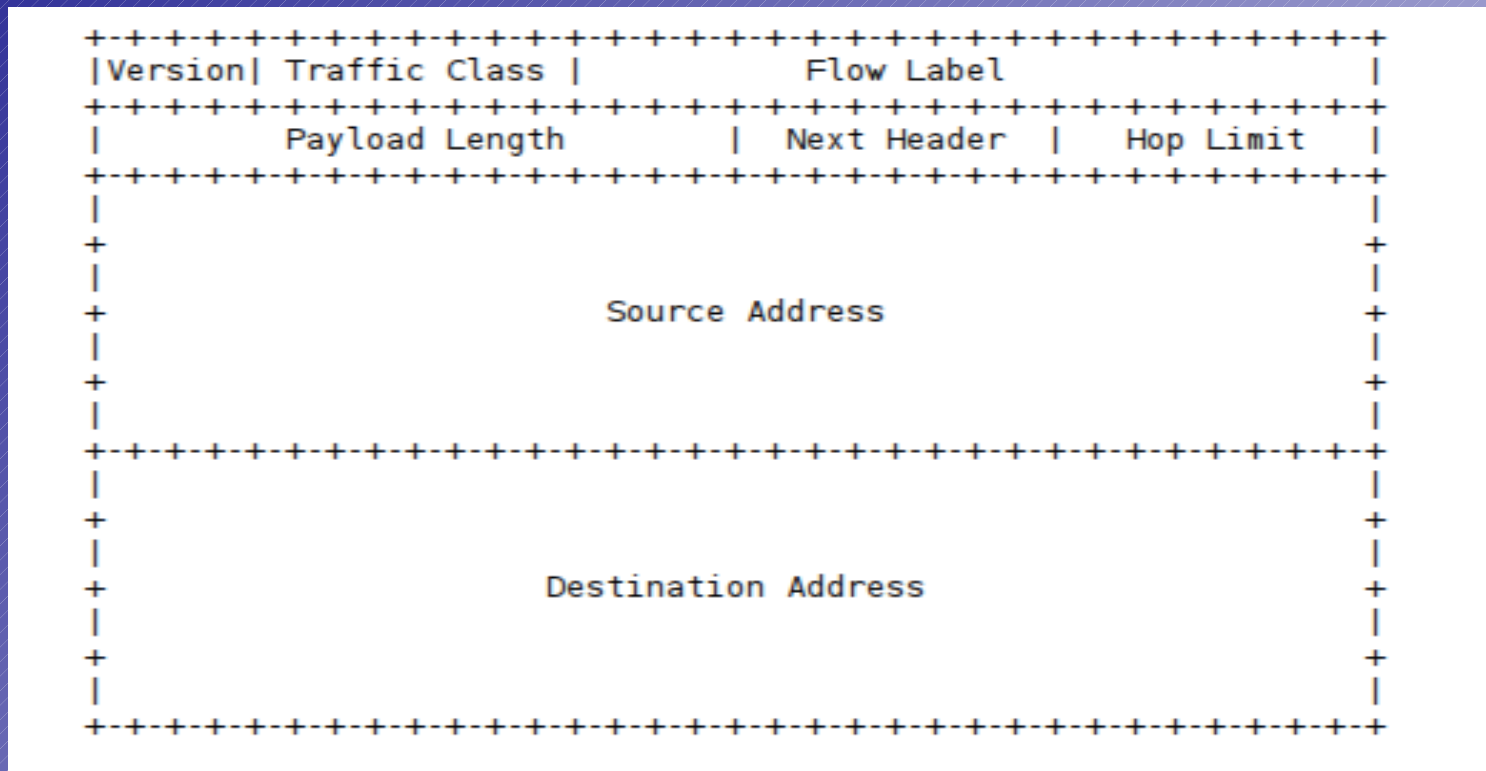
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ
ΕΚΔΟΣΗΣ 6
(INTERNET PROTOCOL
version 6-IPv6)



Εισαγωγή

- Γιατί IPv6;
 - Οι διευθύνσεις στο IPv4 δεν είναι αρκετές για να καλύψουν όλες τις δικτυακές συσκευές.
 - Η χρήση προσωρινών λύσεων όπως το NAT επιβαρύνουν τη λειτουργία δρομολογητών.
 - Δεν έχει εγγενής υποστήριξη λειτουργιών για QoS, Security και mobility.
- Περιγράφεται στο RFC 2460

IPv6 Επικεφαλίδα (1)



Πηγή: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>



IPv6 Επικεφαλίδα (2)

- **Version (4 bit)**: Έκδοση του πρωτοκόλλου (τιμή 6)
- **Traffic Class (8 bit)**: Χρησιμοποιείται για QoS.
- **Flow Label (20 bit)**: Μαρκάρισμα ροών.
- **Payload Length (16 bit)**: Μέγεθος ωφέλιμου φορτίου.
- **Next Header (8 bit)**: Καθορίζει την επικεφαλίδα που ακολουθεί
- **Hop Limit (8 bit)**: Ανάλογο του TTL στο IPv4.
- **Source/Destination Address (128 bit)**: Οι διευθύνσεις αποστολέα/παραλήπτη αντίστοιχα.



IPv6 Επικεφαλίδα (3)

- Σταθερή επικεφαλίδα μεγέθους 40 bytes σε αντίθεση με το IPv4 που κυμαίνεται από 20-60 bytes.
- Τα πεδία Traffic Class και Flow Label δίνουν τη δυνατότητα χρήσης και καλύτερης αξιοποίησης QoS μηχανισμών (DiffServ).
- Η αξιοποίηση του πεδίου next header μειώνει το φόρτο εργασίας στους δρομολογητές καθώς δε χρειάζεται να επεξεργαστούν αυτά τα πεδία εάν δεν είναι απαραίτητο.
- Για το checksum (που υπήρχε στο IPv4) τι έχετε να πείτε;



IPv6 διευθύνσεις (1)

- **Unicast:** Αντιπροσωπεύει μία δικτυακή διεπαφή.
- **Anycast:** Αντιπροσωπεύει ένα σύνολο από δικτυακές διεπαφές. Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση anycast παραδίδεται στη διεργασία της κοντινότερης διεπαφής.
- **Multicast:** Αντιπροσωπεύει ένα σύνολο από δικτυακές διεπαφές. Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση multicast παραδίδεται σε όλες τις διεπαφές που προσδιορίζονται από την διεύθυνση αυτή.

IPv6 Επικεφαλίδα (3)

- Σταθερή επικεφαλίδα μεγέθους 40 bytes σε αντίθεση με το IPv4 που κυμαίνεται από 20-60 bytes.
- Τα πεδία Traffic Class και Flow Label δίνουν τη δυνατότητα χρήσης και καλύτερης αξιοποίησης QoS μηχανισμών (DiffServ).
- Η αξιοποίηση του πεδίου next header μειώνει το φόρτο εργασίας στους δρομολογητές καθώς δε χρειάζεται να επεξεργαστούν αυτά τα πεδία εάν δεν είναι απαραίτητο.
- Για το checksum (που υπήρχε στο IPv4) τι έχετε να πείτε;

IPv6 διευθύνσεις (1)

- **Unicast:** Αντιπροσωπεύει μία δικτυακή διεπαφή.
- **Anycast:** Αντιπροσωπεύει ένα σύνολο από δικτυακές διεπαφές. Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση anycast παραδίδεται στη διεργασία της κοντινότερης διεπαφής.
- **Multicast:** Αντιπροσωπεύει ένα σύνολο από δικτυακές διεπαφές. Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση multicast παραδίδεται σε όλες τις διεπαφές που προσδιορίζονται από την διεύθυνση αυτή.

IPv6 διευθύνσεις (2)

- Πάραδειγμα IPv6 διεύθυνσης:
 - 2001:db8:100:f101:210:a4ff:fee3:9566/64
- Τα πρώτα 64 bits ορίζουν το δίκτυο ενώ τελευταία 64 τον υπολογιστή.
- Είδη διευθύνσεων:
 - Link local Address: Ξεκινάνε με fe8x: (αυτή χρησιμοποιείται συνήθως), fe9x:, feax:, febx:.
 - Unique Local IPv6 Unicast Addresses: Ξεκινάνε με fcxx: (αυτή χρησιμοποιείται συνήθως), fdxx:.
 - Global IPv6 Unicast Addresses: Ξεκινάνε με 2xxx: (αυτή χρησιμοποιείται συνήθως), 3xxx:.



IPv6 διευθύνσεις (3)

Είδη διευθύνσεων:

- 6Bone test Address: Ξεκινάνε με 3ffe:.
- IPv6 Multicast Addresses: Ξεκινάνε με ffxy:
 - ffx1: τα πακέτα δε φεύγουν από το κόμβο.
 - ffx2: τα πακέτα δε προωθούνται από τους δρομολογητές.
 - ffxe: παγκόσμιες.

Παράδειγμα IPv6 σε υπολογιστή (1)

```
Interrupt:29 Base address:0xe000
lo
  Link encap:Local Loopback
  inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
  inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
  UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
  RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
  TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
  collisions:0 txqueuelen:0
  RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

wlan0
  Link encap:Ethernet  Hwaddr 00:1c:bf:bc:78:ad
  inet addr:10.0.0.202  Bcast:10.0.0.255  Mask:255.255.255.0
  inet6 addr: fe80::21c:bfff:febc:78ad/64 Scope:Link
  UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
  RX packets:45453 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
  TX packets:34997 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
  collisions:0 txqueuelen:1000
  RX bytes:56576598 (53.9 MiB)  TX bytes:4369708 (4.1 MiB)
```



Παράδειγμα IPv6 σε υπολογιστή (2)

```
lilith ~ # ip -6 addr add 3ffe:ffff:2345:4543:1::1/64 dev wlan0
lilith ~ # ifconfig wlan0
wlan0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:1c:bf:bc:78:ad
           inet addr:10.0.0.202  Bcast:10.0.0.255  Mask:255.255.255.0
           inet6 addr: 3ffe:ffff:2345:4543:1::1/64 Scope:Global
           dev <interface> inet6 addr: fe80::21c:bfff:febc:78ad/64 Scope:Link
           UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
           RX packets:45625 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
           TX packets:35029 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
           collisions:0 txqueuelen:1000
           RX bytes:56623195 (54.0 MiB)  TX bytes:4376490 (4.1 MiB)

lilith ~ # ip -6 route add default via 3ffe:ffff:2345:4543:1::10
lilith ~ # ip -6 route show
3ffe:ffff:2345:4543::/64 dev wlan0  proto kernel  metric 256  mtu 1500  advmss 14
40 hoplimit 0
fe80::/64 dev wlan0  proto kernel  metric 256  mtu 1500  advmss 1440 hoplimit 0
default via 3ffe:ffff:2345:4543:1::10 dev wlan0  metric 1024  mtu 1500  advmss 14
40 hoplimit 0
lilith ~ # █
<prefixlength>
```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- "Δίκτυα Υπολογιστών", A.S. Tanenbaum, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 3η έκδοση.
- *The TCP/IP GUIDE* © 2003-2005 Charles M. Kozierek. All Rights Reserved.
<http://www.tcpiptide.com/free/index.htm>
- *IPv6 tutorial*:
http://tldp.org/HOWTO/html_single/Linux+IPv6-HOWTO/
- *RFCs*
 - <http://www.ietf.org/rfc.html>

