ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ

Δίκτυα Επικοινωνίας και Υπολογιστών

Ενότητα 7 : Πρωτόκολλα Μεταφοράς

Γούδος Σωτήριος
Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

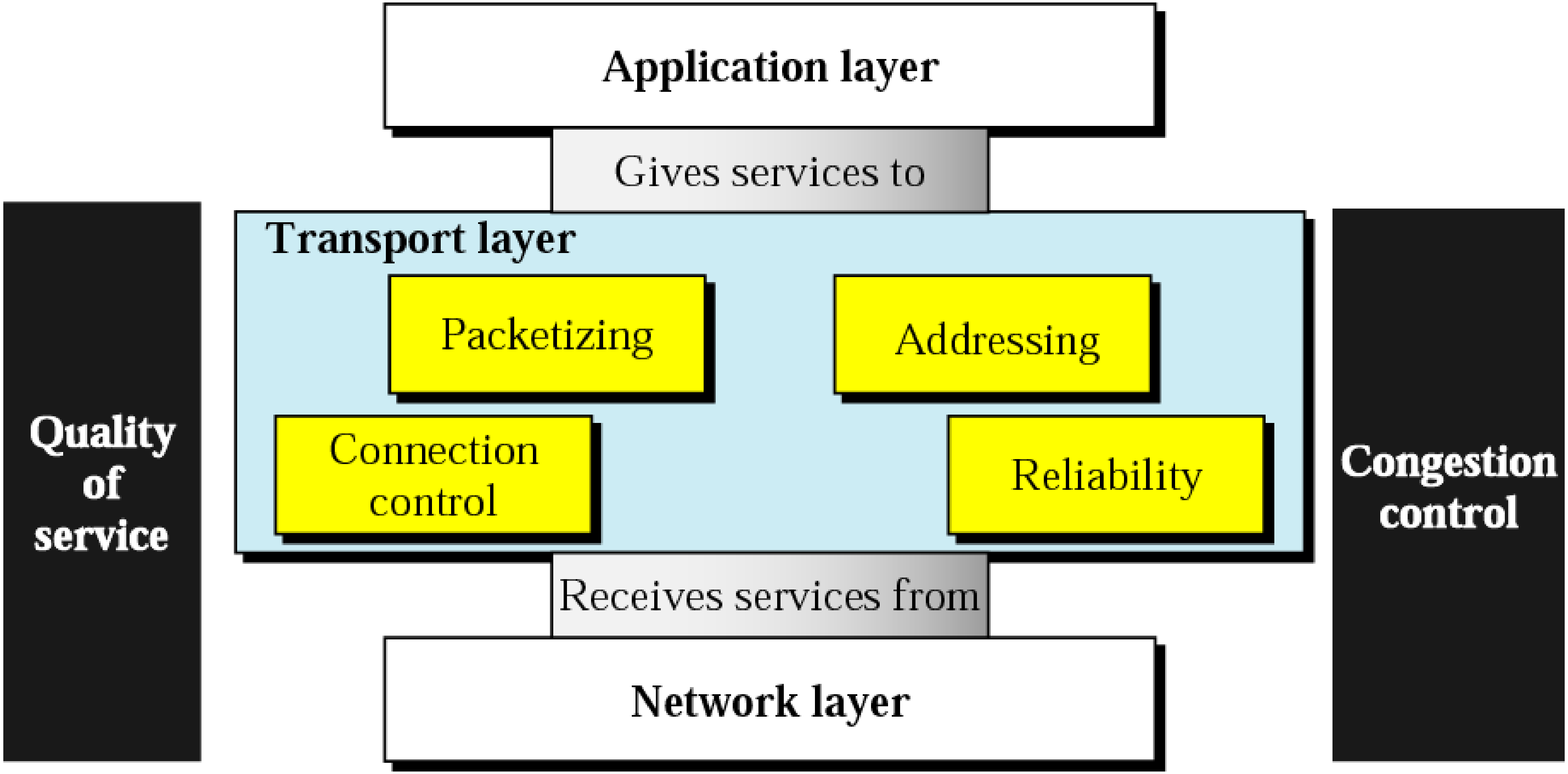
Άδειες Χρήσης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Επίπεδο μεταφοράς 1/2



Το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP)

Η ανάγκη για End-to-End πρωτοκόλλα μεταφοράς

- Το IP δεν μπορεί να ξεχωρίσει ανάμεσα σε πολλά προγράμματα εφαρμογών που εκτελούνται στον ίδιο υπολογιστή
- Γιατί η IP δεν είναι σε θέση να υποστηρίξει πολλαπλές εφαρμογές;
  - Οι διευθύνσεις πηγής / προορισμού αντιστοιχούν σε έναν υπολογιστή
- Το τελικό σημείο μια επικοινωνίας είναι
  - γνωστό ως "end-to-end πρωτόκολλο» ή «πρωτόκολλο μεταφοράς"
- TCP / IP πρωτόκολλα επέλεξε να τοποθετήσει τα από ακρό σε άκρο (end-to-end) πρωτόκολλα σε ένα ξεχωριστό επίπεδο, επίπεδο 4, επίπεδο μεταφοράς

Το πρωτόκολλο User Datagram Protocol

- UDP μπορεί να χαρακτηριστεί ως:
- End-to-end
- Ασυνδεσμική
- Μήνυμα-προσανατολισμένη
  - Μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί το UDP στέλνει και λαμβάνει μεμονωμένα μηνύματα
- Βέλτιστης προσπάθειας
  - προσφέρει στις εφαρμογές την παράδοση καλύτερης δυνατής προσπάθειας όπως το IP
- Τυχαία αλληλεπίδραση
  - μια εφαρμογή μπορεί να αλληλεπιδράσει με πολλές άλλες εφαρμογές
- Ανεξάρτητο από το Λειτουργικό σύστημα (OS)
  - δεν εξαρτάται από αναγνωριστικά που χρησιμοποιούνται από το τοπικό OS

The Connectionless Paradigm

- ❖ Μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί UDP δεν χρειάζεται να προ-δημιουργήσει μια σύνδεση πριν την αποστολή δεδομένων
- ❖ Το UDP επιτρέπει σε μια εφαρμογή να καθυστερήσει αυθαίρετα μεγάλο χρονικό διάστημα μεταξύ των μεταδόσεων
- ❖ Αν δύο εφαρμογές σταματούν την αποστολή δεδομένων
  - o δεν ανταλλάσσονται άλλα πακέτα
- ❖ UDP δεν χρειάζεται / χρησιμοποιεί οποιαδήποτε μηνύματα ελέγχου
- ❖ UDP έχει εξαιρετικά χαμηλή επιβάρυνση (overhead)

Διεπαφή προσανατολισμένη σε μηνύματα (Message-Oriented Interface)

- Το UDP προσφέρει μια διεπαφή προσανατολισμένης σε μήνυμα (MOI)
- UDP δεν διαιρεί ή συνδυάζει μηνύματα
- Το MOI έχει αρκετές σημαντικές συνέπειες:
  - UDP εξαρτάται από το πρωτόκολλο για τη διατήρηση δεδομένων
  - κάθε UDP μήνυμα πρέπει να χωρέσει σε ένα μόνο IP datagram
  - Το μέγεθος του datagram αποτελεί απόλυτο όριο για το μέγεθος του UDP
- Το μέγεθος του μηνύματος μπορεί να προκαλέσει μη αποδοτική χρήση του δικτύου
  - Για μικρά μηνύματα
    - datagrams θα έχουν μεγάλη αναλογία κεφαλίδας / δεδομένων
  - Για μεγάλα μηνύματα
    - datagrams θα είναι μεγαλύτερα από MTU του δικτύου, και θα είναι κατακερματισμένα

UDP Σημασιολογία Επικοινωνίας

- Το UDP παρέχει υπηρεσία παράδοσης βέλτιστης προσπάθειας όπως το IP, ένα μήνυμα μπορεί να
  - Χαθεί
  - διπλασιαστεί
  - Παραδοθεί εκτός σειράς ακολουθίας
  - Έχει σφάλματα
- Το UDP δεν ανιχνεύει ή διορθώνει τα προβλήματα εκπομπής.
- Μια εφαρμογή πρέπει να έχει ανοσία στα προβλήματα
  - Ή θα πρέπει να κάνει επιπλέον βήματα για να ανιχνεύσει και να διορθώσει τα προβλήματα.
- **Το UDP είναι κατάλληλο για εφαρμογές όπως φωνή και βίντεο**

UDP Τυχαίες Αλληλεπιδράσεις

UDP επιτρέπει τέσσερις μορφές αλληλεπίδρασης:

- 1-προς-1
  - Η εφαρμογή ανταλλάσσει μηνύματα με μια ακριβώς άλλη εφαρμογές.
- 1-προς-πολλά
  - Η εφαρμογή στέλνει ένα μήνυμα σε πολλούς παραλήπτες
- πολλά-προς-1
  - Η εφαρμογή λαμβάνει μηνύματα από πολλαπλούς αποστολείς
- πολλά-προς-πολλά
  - μια σειρά από εφαρμογές ανταλλάσουν μηνυμάτων

Υποστήριξη μοναδικής διανομής, πολλαπλής διανομής, και μετάδοσης

- Διαβιβάζει το μήνυμα μέσω IP πολλαπλής διανομής ή εκπομπής.
  - Υποθέτοντας ότι το υποκείμενο δίκτυο υποστηρίζει μετάδοση
    - IP στέλνει το datagram σε ένα πλαίσιο εκπομπής
  - UDP επιτρέπει σε μια εφαρμογή να στελνει πολλαπλής διανομής μηνύματα
- Παράδοση μέσω broadcast ή multicast είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για δίκτυα Ethernet
  - HW υποστηρίζει αποτελεσματικά τους δύο τύπους

Ταυτοποίηση Endpoint με πρωτοκόλλο αριθμών της θύρας

- Πώς θα πρέπει να προσδιορίσει το UDP μιας εφαρμογής το τελικό σημείο UDP;
- Ορίζει ένα αφηρημένο σύνολο αναγνωριστικών που ονομάζεται αριθμός θύρας πρωτόκολλου
  - ανεξάρτητη της υποκείμενης OS
- Παρέχει μια αντιστοιχία μεταξύ των αριθμών θύρας και των αναγνωριστικών του προγράμματος που χρησιμοποιεί η OS
- Επιτρέπει μόνο μία αίτηση από μια εφαρμογή για να καθορίστει ένα συγκεκριμένο ζεύγος τελικών σημείων ανά πάσα στιγμή

Μορφοποίηση UDP αυτοδύναμων πακέτων

- Κάθε μήνυμα ονομάζεται user datagram, έχει δύο μέρη:
  - μια σύντομη επικεφαλίδα που καθορίζει τις αποστολή / λήψη εφαρμογών
  - ένα ωφέλιμο φορτίο που μεταφέρει τα δεδομένα που αποστέλλονται
- Το επόμενο σχήμα απεικονίζει τη μορφή πακέτων δεδομένων χρήστη.
  - ΘΥΡΑ ΠΗΓΗΣ
  - ΘΥΡΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ
  - ΜΗΚΟΣ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ
  - ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

0	16 31
UDP SOURCE PORT	UDP DESTINATION PORT
UDP MESSAGE LENGTH	UDP CHECKSUM
DATA	
. . .	

Figure 24.1 The format of a UDP user datagram. Each user datagram begins with an eight octet header followed by the data being sent.

Το UDP Άθροισμα ελέγχου και η Ψευδο-Κεφαλίδα

- Το πεδίο ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ είναι προαιρετικό
  - Ένας αποστολέας μπορεί να επιλέξει είτε να υπολογίσει ένα checksum
  - ή να κάνει όλα τα bit του πεδίου μηδενικού αθροίσματος
- Ο Προορισμός εξετάζει το άθροισμα ελέγχου
  - επαληθεύει το άθροισμα ελέγχου, εάν η τιμή είναι μη μηδενική
- UDP επεκτείνει το άθροισμα ελέγχου
  - UDP λογισμικό περιλαμβάνει μια ψευδο-κεφαλίδα που περιέχει
    - πηγή
    - προορισμός
    - και τύπους πεδίων

UDP ενθυλάκωση (1)

- ❖UDP χρησιμοποιεί IP για παράδοση
- ❖Όπως ICMP, UDP είναι ενθυλακωμένα
  - o στο IP datagram και στη συνέχεια σε ένα πλαίσιο LAN HW
- ❖Το επόμενο Σχήμα απεικονίζεται η φιλοσοφία

UDP ενθυλάκωση (2)

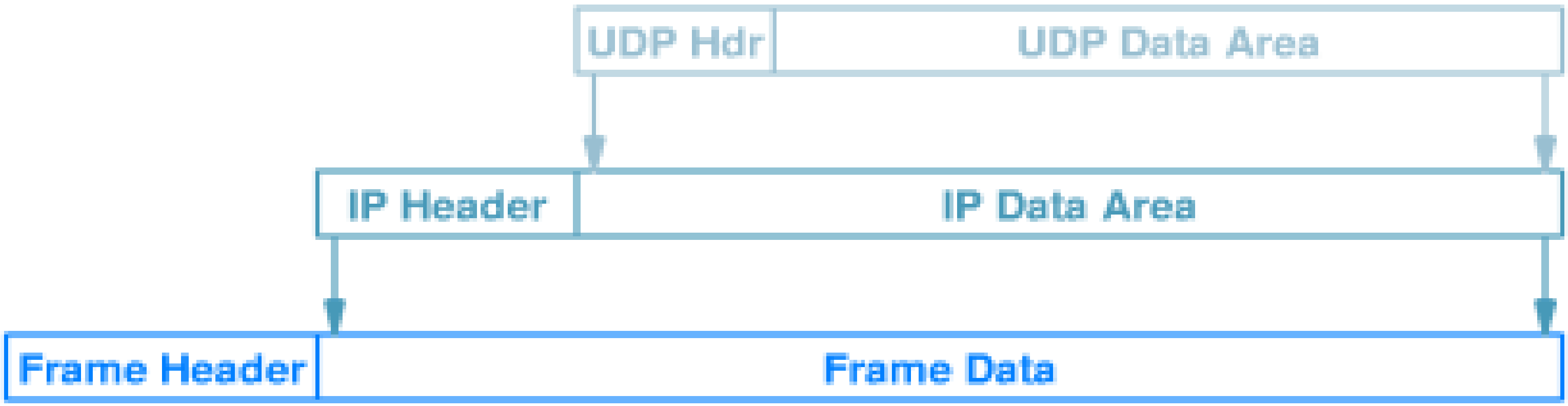


Figure 24.2 The encapsulation of a UDP message in an IP datagram. The entire UDP message, including the header and data areas resides in the data area of the IP datagram.

UDP Εφαρμογές

- Προσανατολισμένο μήνυμα, π.χ. SNMP, DNS, Χρόνος
- Το σύστημα κατανεμημένων αρχείων, π.χ. Network File System (NFS), Andrew File System (AFS)
- Ελαφριά μεταφορά αρχείων, π.χ. tftp,
- Bootstrap (bootp) για ανάθεση IP διευθύνσεων

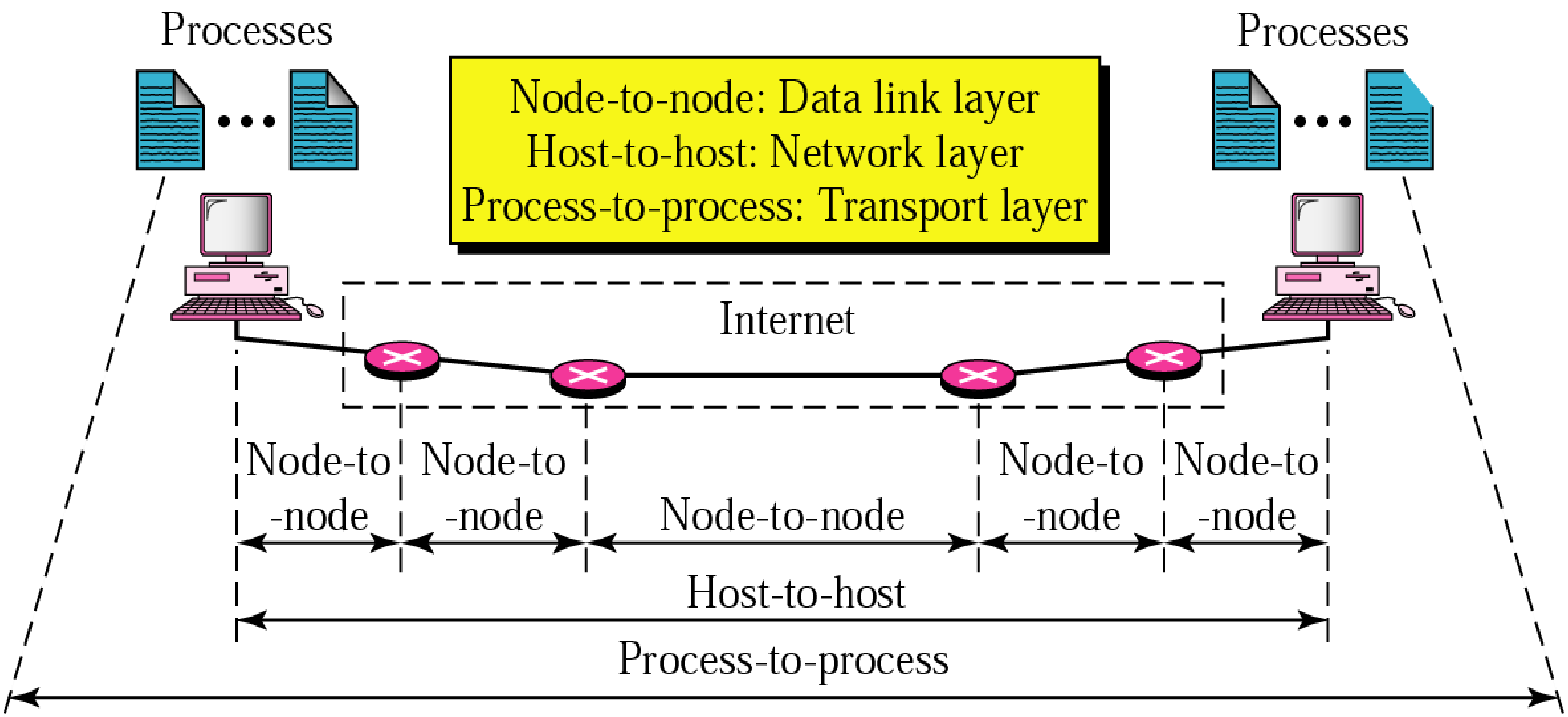
Πρωτοκόλλο User Datagram (UDP)

- υπηρεσία χωρίς σύνδεση για διαδικασίες σε επίπεδο εφαρμογής που ορίζονται στο RFC 768
  - αναξιόπιστο
  - παράδοση και επικάλυψη ελέγχου όχι εγγυημένη
- μειωμένη επιβάρυνση (overhead)
- υπηρεσία ελάχιστου κοινού παρονομαστή
- χρήσεις:
  - προς τα μέσα συλλογής δεδομένων
  - προς τα έξω διάδοση δεδομένων
  - αίτημα-απάντηση
  - εφαρμογή πραγματικού χρόνου

TCP

- ❖ Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (RFC 793)
- ❖ προσανατολισμένο σε σύνδεση, αξιόπιστη επικοινωνία
- ❖ πάνω από αξιόπιστες και αναξιόπιστα (δια) δίκτυα
- ❖ δύο τρόποι επισήμανσης δεδομένων :
- ❖ ώθηση ροής δεδομένων (data stream push)
    - o χρήστης απαιτεί τη διαβίβαση όλων των δεδομένων μέχρι αυτά που φέρουν τη σημαία ώθησης (push flag).
    - o δέκτης θα παραδώσει τον ίδιο τρόπο
    - o αποφεύγει να περιμένει για γεμάτη μνήμη (full buffers)
- ❖ με επείγον σήμα δεδομένων (urgent data signal)
    - o δείχνει ότι ροή επειγόντων δεδομένων έρχεται
    - o χρήστης αποφασίζει πώς να το χειριστεί

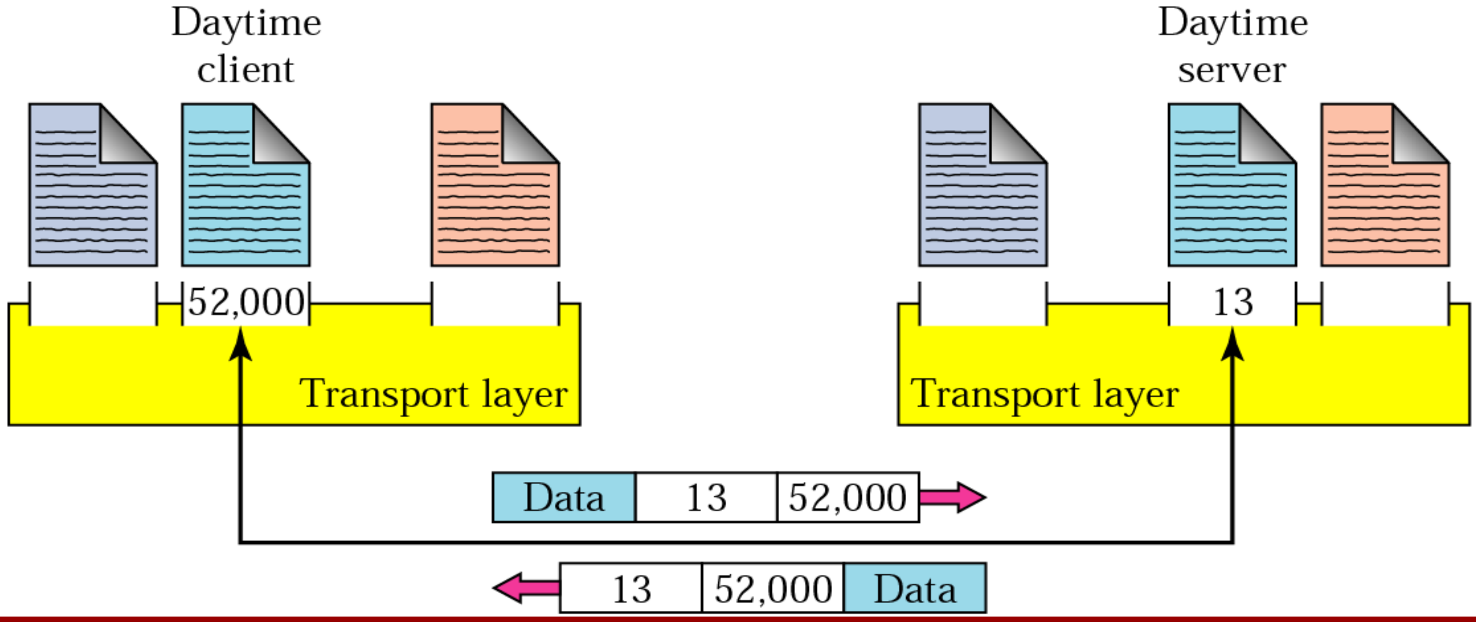
Επίπεδο μεταφοράς 2/2



Process-to-process delivery

Διευθυνσιοδότηση Επίπεδου Μεταφοράς

❖ Διευθύνσεις
- Επίπεδο ζεύξης δεδομένων ⟶ διεύθυνση MAC
- Επίπεδο δικτύου ⟶ IP διεύθυνση
- Επίπεδο Μεταφοράς ⟶ Αριθμός θύρας (επιλέξτε ανάμεσα σε πολλαπλές διεργασίες που τρέχει στον host προορισμού)



Αριθμοί θύρων

- Αριθμοί θυρών είναι ακέραιοι 16-bit (0 -65.535)
  - Διακομιστές χρησιμοποιούν γνωστές θύρες (*well know ports)*, 0-1023 είναι προνομιούχές
  - Οι πελάτες χρησιμοποιούν προσωρινές (μικρής διάρκειας) θύρες
- Internet Assigned Numbers Authority (IANA) διατηρεί μια λίστα με την εκχώρηση του αριθμού της θύρας
  - **Γνωστές θύρες (**0-1023) ⟶ ελέγχονται και αποδίδεται από IANA
  - **Εγγεγραμμένες θύρες** (1.024 με 49.151) ⟶ IANA μητρώα και καταλόγοι κάνουν χρήση των θυρών όπως τους εξυπηρέτεί(49151 είναι ¾ 65536)
  - **Δυναμικές θύρες** (49152-65535) ⟶ προσωρινές θύρες
- Για γνωστούς αριθμούς θύρας, δείτε το αρχείο / etc / services σε UNIX ή Linux

Διευθυνσιοδότηση Υποδοχής (socket)

- Process-to-process παράδοση χρειάζεται δύο αναγνωριστικά
  - Διεύθυνση IP και αριθμός θύρας
  - Ο συνδυασμός διεύθυνσης IP και αριθμού θύρας ονομάζεται Διευθυνσιοδότηση υποδοχής-socket (το τελικό σημείο επικοινωνίας)
  - Η διεύθυνση υποδοχής του πελάτη προσδιορίζει μοναδικά τον πελάτη
  - Η διεύθυνση υποδοχής του διακομιστή προσδιορίζει μοναδικά τον διακομιστή
- Το πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς χρειάζεται ένα ζευγάρι διευθύνσεων υποδοχής
  - Διεύθυνση υποδοχής του πελάτη
  - Διεύθυνσης υποδοχής του διακομιστή
  - Παράδειγμα, ζεύγος υποδοχών για μια σύνδεση TCP είναι ένα 4-πλειάδα
    - Τοπική διεύθυνση IP, τοπική θύρα, και
    - απομακρυσμένη διεύθυνση IP, απομακρυσμένη θύρα

Εκκίνηση Μεταφοράς Ροής (1)

- Ένα τελικό σημείο για μια **σύνδεση TCP** καθορίζεται από ένα (**host, θύρα**) ζεύγος
  - Host = η διεύθυνση IP του για ένα υπολογιστή
  - Θύρα = μια θύρα TCP για αυτόν τον κεντρικό υπολογιστή
- **Μια σύνδεση TCP** ορίζεται από ένα ζευγάρι των τελικών σημείων:
  - θύρα **1037** για **www.google.gr** και θύρα **76** για **www.physics.auth.gr:**
    - (**198.137.240.91**, **1037**) και (**155.207.123.22**, **76**)

Εκκίνηση Μεταφοράς ροής (2)

❖ Πολλαπλές συνδέσεις στο ίδιο host:

- θύρα **1037** για **www.whitehouse.gov** και θύρα **76** για **viper.cs.virginia.edu**:
  - (**198.137.240.91**, **1037**) και (**128.143.137.17**, 76**)**
- θύρα **355** για **falcon.cs.jmu.edu** και το θύρα **801** για **viper.cs.virginia.edu**:
  - (**134.126.10.30**, **355**) και (**128.143.137.17**, **801**)

Εκκίνηση Μεταφοράς Ροής (3)

- Πολλαπλές συνδέσεις στην ίδια θύρα:
  - Θύρα **1037** για **www.whitehouse.gov** και τη θύρα **444** για **viper.cs.virginia.edu**:
    - (**198.137.240.91**, **1037**) και (**128.143.137.17**, **444**)
  - Θύρα **355** για **falcon.cs.jmu.edu** και τη θύρα **444** για **viper.cs.virginia.edu**:
    - (**134.126.10.30**, **355**) και (**128.143.137.17**, **444**)
- Καμία ασάφεια – σύνδεσης αναγνωστηκε από τα δύο τελικά σημεία

Εκκίνηση Μεταφοράς Ροής (4)

- Και τα δύο άκρα της πρέπει να συμφωνούν για τη χρήση:
  - Εφάπτεται με ένα πρόγραμμα εφαρμογής OS της - **Παθητικά ανοιχτό** και δηλώνει ότι θα δεχθεί μια εισερχόμενη σύνδεση
  - **Ενεργά ανοιχτό** - πρόγραμμα εφαρμογής στο άλλο άκρο επαφές OS της και ζητά μια σύνδεση
- Και οι δύο ενότητες λογισμικού TCP συνεργάζονται για τη δημιουργία μιας σύνδεσης
- Τα προγράμματα εφαρμογών μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα (TCP παρέχει αξιοπιστία)

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP) (1)

- TCP είναι ένα πρωτόκολλο που καθορίζει:
  - Πώς να διακρίνει μεταξύ πολλαπλών προορισμών σε μια δεδομένη συσκευή
  - Πώς να ξεκινήσουν και να διακόψουν μια μεταφορά ροής
  - Μορφή των δεδομένων που ανταλλάσουν οι δύο υπολογιστές για να επιτευχθεί μια αξιόπιστη μεταφορά
  - Διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα φτάνουν σωστά

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (2)

- TCP πρέπει να εκτελέσει τυπικές λειτουργίες μεταφοράς:
  - Τμηματοποίηση ⟶ σπάει το μήνυμα σε πακέτα
  - End-to-end ελέγχος σφαλμάτων ⟶ το IP είναι μια αναξιόπιστη υπηρεσία
  - End-to-end ελέγχος ροής ⟶ ώστε να αποφευχθεί η υπερχείλιση
  - Πολυπλεξία και αποπολυπλεξία
- TCP είναι [αρχικά περιγράφεται στο RFC 793, 1981]
  - αξιόπιστο
  - Σύνδεση με προσανατολισμό ⟶ εικονικό κύκλωμα
  - Ρευματοστρεφή (Stream-oriented) ⟶ οι χρήστες ανταλλασουν δεδομένα με ροές
  - Αμφίδρομη μετάδοση (Full duplex) ⟶ μπορεί να πραγματοποιηθεί και στις δύο κατευθύνσεις
  - Buffered ⟶ TCP δέχεται δεδομένα και μεταδίδει κατά περίπτωση (μπορεί να παρακαμφθεί με «push»)

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (3)

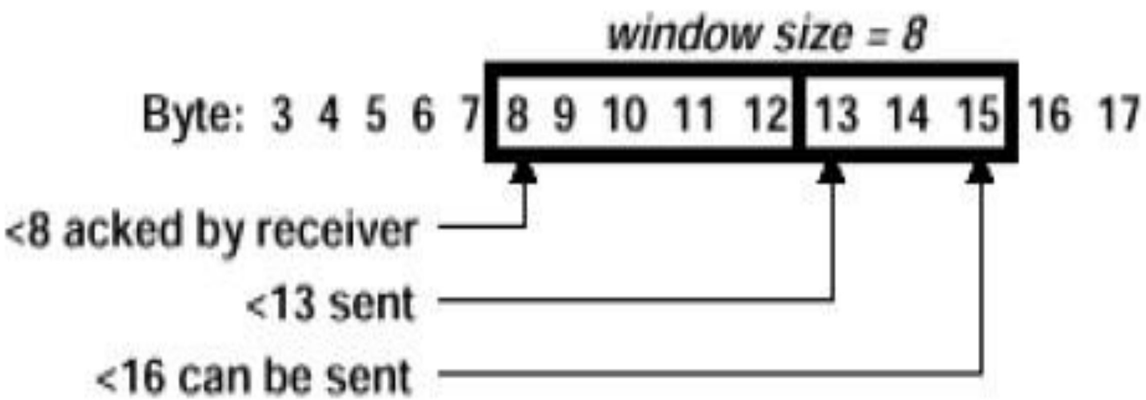
- Αξιόπιστο
  - απαιτεί ACK και εκτελεί αναμετάδοση
  - Εάν δεν λάβει ACK, θα αναμεταδώσει και να περιμένει περισσότερο χρόνο για το ACK. Μετά από ένα αριθμό επαναλήψεων, θα παραιτηθεί
  - Πόσο καιρό αναμένεται η επιβεβαίωση; (δυναμικά υπολογίσουμε το RTT για την εκτίμηση του χρόνου αναμονής για ACKs, θα μπορούσε να είναι ms για τοπικά δίκτυα ή τα δευτερόλεπτα για WAN)
  - **RTT = α * προηγούμενο RTT + (1 - α) * νέο RTT** όπου α συνήθως το 90%
  - Πιο συχνά, ο χρόνος Αναμετάδοσης = 2 * RTT
  - Αναγνωρίσεις μπορούν να "piggy-backed" στα πακέτα δεδομένων στη αντίθετη κατεύθυνση ή να αποστέλλονται ως ξεχωριστά πακέτα

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (4)

- Αριθμοί ακολουθίας
  - Σχετίζεται με κάθε byte που στέλνεται
  - Για να εντοπίσει απώλειες πακέτων, αναδιάταξη και αφαίρεση διπλών
  - Δύο πεδία χρησιμοποιούνται *αριθμός ακολουθίας* και τον *αριθμό επιβεβαίωσης*. Και τα δύο αναφέρονται σε αριθμό byte και όχι σε αριθμού τμημάτων
  - Αριθμός ακολουθίας για κάθε τμήμα είναι ο αριθμός του **πρώτου byte** που μεταφέρεται στο τμήμα
  - Ο αριθμός ACK υποδηλώνει τον αριθμό του **επόμενου byte** που αναμένει να λάβει (σωρευτικά)
    - Εάν ένας αριθμός ACK είναι 5643 ⟶ λαμβάνει όλα τα bytes από την αρχή μέχρι το 5642
    - Αναγνωρίζει όλα τα προηγούμενα bytes που ελήφθησαν χωρίς λάθη

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (5)

- TCP χρησιμοποιεί ένα συρόμενο μηχανισμό παραθύρου (sliding window) για τον έλεγχο της ροής
- Αποστολέας διατηρεί 3 δείκτες για κάθε σύνδεση
  - Pointer σε bytes που αποστέλλονται και επιβεβαιώνονται
  - Pointer σε bytes αποστέλλονται , αλλά δεν έχουν ακόμη επιβεβαιωθεί
    - Ο πομπός περιλαμβάνει τα bytes που αποστέλλονται αλλά δεν τα αναγνώριζει
  - Pointer σε bytes που δεν μπορούν ακόμη να αποσταλούν



Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (6)

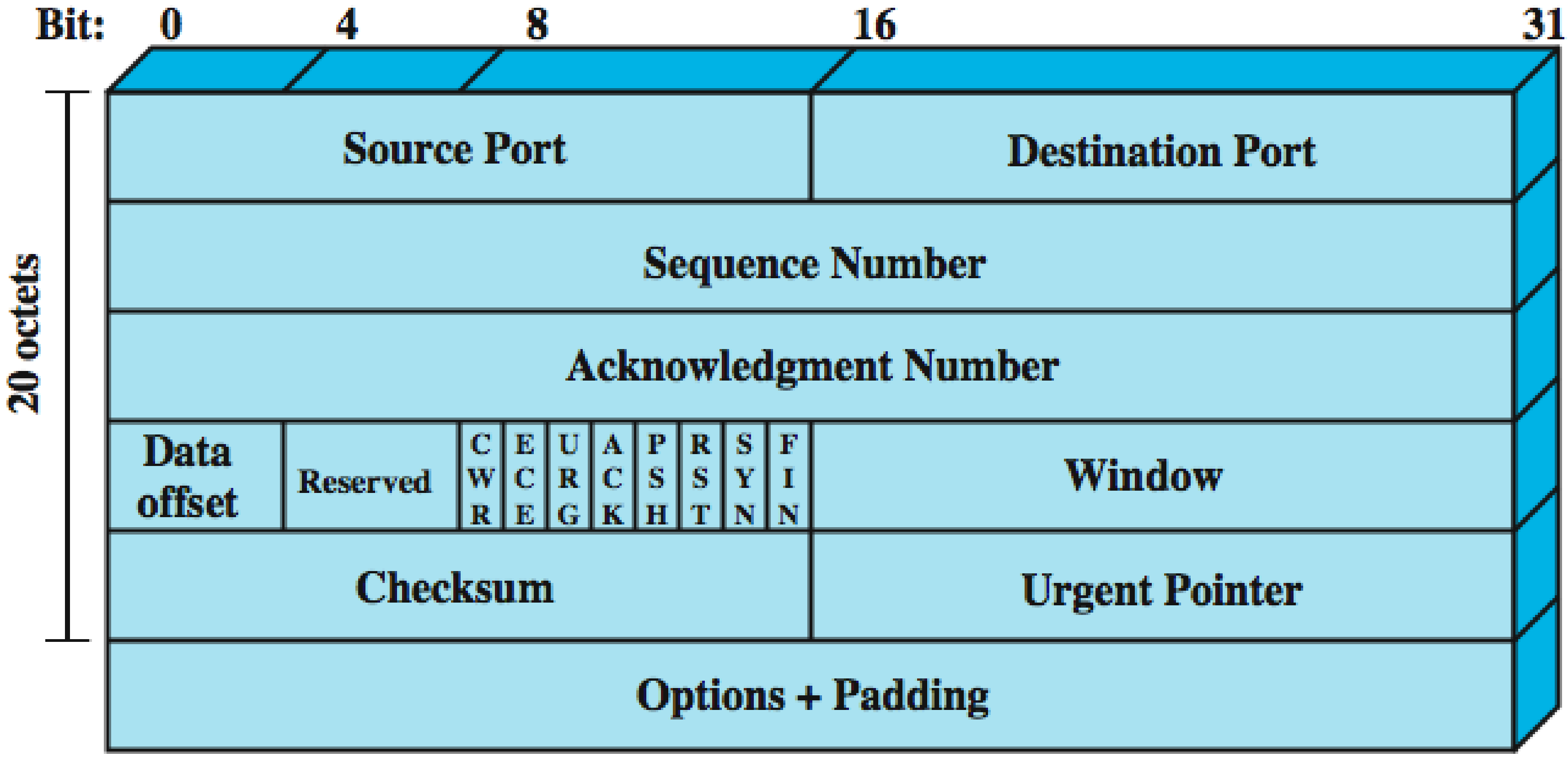
Flow Control

- Στέλνει ακριβώς πόσα bytes είναι διατεθειμένος να δεχθεί (αναγγελία παραθύρου ⟶ αποστολέας δεν μπορεί να υπερχειλίσει buffer του δέκτη)
  - παράθυρο αποστολέα περιλαμβάνει bytes που αποστέλλονται, αλλά δεν αναγνωρίζονται
  - παραθύρο του δέκτη (αριθμός κενών θέσεων σε ρυθμιστικό δέκτη)
  - Ο Δέκτης αναγγέλλει το μέγεθος του παραθύρου σε ACKs
- Παραθύρο αποστολέα <= παραθύρο δέκτη (έλεγχος ροής)
  - Συρόμενο παράθυρο αποστολέα (χωρίς αλλαγή στο αναγγελόμενο παραθύροδέκτη)
  - Επέκταση παραθύρου αποστολέα (η διαδικασία του δέκτη καταναλώνει δεδομένα γρηγορότερα από ό, τι λαμβάνει ⟶αυξάνει το μέγεθος του παραθύρου του δέκτη)
  - Συρρίκνωση παραθύρου αποστολέα (η διαδικασία του δέκτη καταναλώνει δεδομένα πιο αργά από ό, τι λαμβάνει ⟶ δέκτη μειώνει το μέγεθος του παραθύρου)
  - Κλείνοντας το παράθυρο του αποστολέα (δέκτης αναγγέλλει ένα μηδενικό παράθυρο)

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (7)

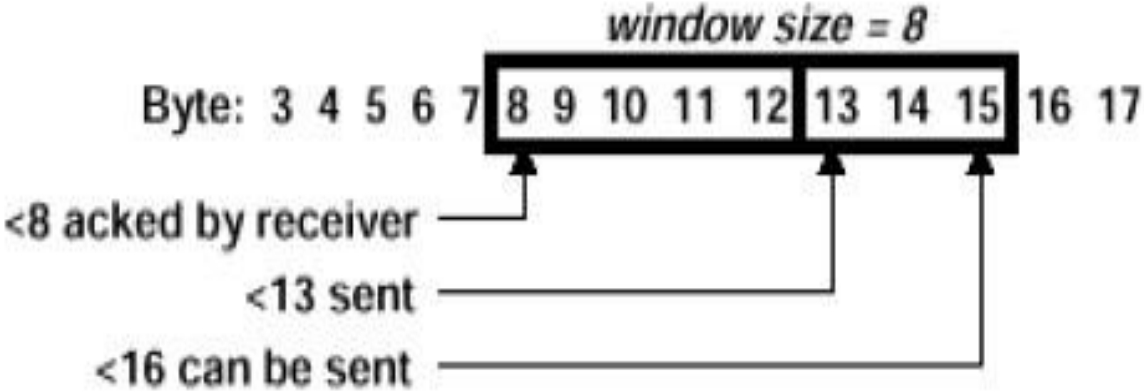
- Έλεγχος σφαλμάτων
- Μηχανισμοί για την ανίχνευση κατεστραμμένων τμημάτων, χαμένων τμημάτων, τμημάτων εκτός σειράς, και δίπλων τμήματων
  - Εργαλεία: checksum (σφαλμένα), ACK, και time-out (ένας μετρητής χρόνου ανά τμήμα)
  - Χαμένα τμήματα ή εσφαλμένα είναι η ίδια κατάσταση: το τμήμα θα αναμεταδοθεί από time-out (χωρίς NACK στο TCP)
  - Διπλό τμήμα (απόρριψη από προορισμό)
  - Τμήμα εκτός σειρά (προορισμός δεν στέλνει ACK, μέχρι να λάβει όλα τα τμήματα που προηγούνται)
  - Χαμένα ACK (απώλεια ενός ACK είναι άνευ σημασίας, δεδομένου ότι ο μηχανισμός ACK είναι σωρευτικός)

TCP Επικεφαλίδα



Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (5)

- TCP χρησιμοποιεί ένα συρόμενο μηχανισμό παραθύρου (sliding window) για τον έλεγχο της ροής
- Αποστολέας διατηρεί 3 δείκτες για κάθε σύνδεση
  - Pointer σε bytes που αποστέλλονται και επιβεβαιώνονται
  - Pointer σε bytes αποστέλλονται , αλλά δεν έχουν ακόμη επιβεβαιωθεί
    - Ο πομπός περιλαμβάνει τα bytes που αποστέλλονται αλλά δεν τα αναγνώριζει
  - Pointer σε bytes που δεν μπορούν ακόμη να αποσταλούν



Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (6)

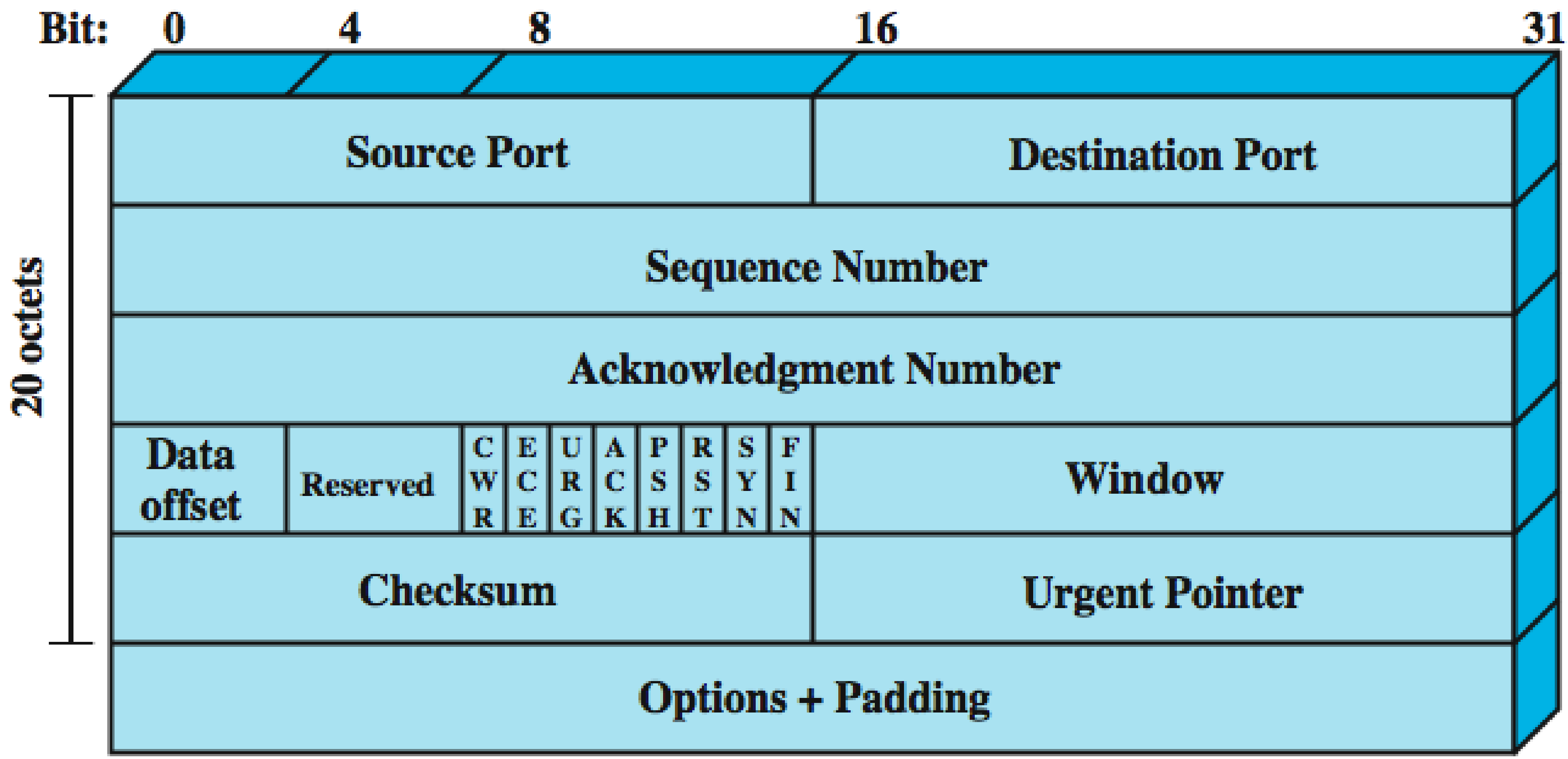
Flow Control

- Στέλνει ακριβώς πόσα bytes είναι διατεθειμένος να δεχθεί (αναγγελία παραθύρου ⟶ αποστολέας δεν μπορεί να υπερχειλίσει buffer του δέκτη)
  - παράθυρο αποστολέα περιλαμβάνει bytes που αποστέλλονται, αλλά δεν αναγνωρίζονται
  - παραθύρο του δέκτη (αριθμός κενών θέσεων σε ρυθμιστικό δέκτη)
  - Ο Δέκτης αναγγέλλει το μέγεθος του παραθύρου σε ACKs
- Παραθύρο αποστολέα <= παραθύρο δέκτη (έλεγχος ροής)
  - Συρόμενο παράθυρο αποστολέα (χωρίς αλλαγή στο αναγγελόμενο παραθύροδέκτη)
  - Επέκταση παραθύρου αποστολέα (η διαδικασία του δέκτη καταναλώνει δεδομένα γρηγορότερα από ό, τι λαμβάνει ⟶αυξάνει το μέγεθος του παραθύρου του δέκτη)
  - Συρρίκνωση παραθύρου αποστολέα (η διαδικασία του δέκτη καταναλώνει δεδομένα πιο αργά από ό, τι λαμβάνει ⟶ δέκτη μειώνει το μέγεθος του παραθύρου)
  - Κλείνοντας το παράθυρο του αποστολέα (δέκτης αναγγέλλει ένα μηδενικό παράθυρο)

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (7)

- Έλεγχος σφαλμάτων
- Μηχανισμοί για την ανίχνευση κατεστραμμένων τμημάτων, χαμένων τμημάτων, τμημάτων εκτός σειράς, και δίπλων τμήματων
  - Εργαλεία: checksum (σφαλμένα), ACK, και time-out (ένας μετρητής χρόνου ανά τμήμα)
  - Χαμένα τμήματα ή εσφαλμένα είναι η ίδια κατάσταση: το τμήμα θα αναμεταδοθεί από time-out (χωρίς NACK στο TCP)
  - Διπλό τμήμα (απόρριψη από προορισμό)
  - Τμήμα εκτός σειρά (προορισμός δεν στέλνει ACK, μέχρι να λάβει όλα τα τμήματα που προηγούνται)
  - Χαμένα ACK (απώλεια ενός ACK είναι άνευ σημασίας, δεδομένου ότι ο μηχανισμός ACK είναι σωρευτικός)

TCP Επικεφαλίδα



TCP Πεδία Επικεφαλίδας (1)

- Θύρα πηγής και θύρα προορισμού
  - Εντοπίζει τις διαδικασίες στα άκρα της σύνδεσης
- bits ελέγχου
  - URG επείγοντα δεδομένα
  - ACK επιβεβαίωση
  - PSH Αίτημα ώθησης. Ενημερώνει το TCP δέκτη να στείλει δεδομένα στην εφαρμογή το συντομότερο δυνατόν
  - RST επαναφέρει τη σύνδεση
  - SYN Συγχρονισμός αριθμών ακολουθίας
  - FIN ο αποστολέας στο τέλος της ροής byte

TCP Πεδία Επικεφαλίδας (2)

- Αριθμός ακολουθίας (Sequence Number) : θέση των δεδομένων στο ρεύμα byte του αποστολέα
- Αριθμός Επιβεβαίωσης (Acknowledgment Number) : θέση του byte ότι η πηγή αναμένει να λάβει την επόμενη (αν ισχύει ACK bit =1)
- Μήκος Επικεφαλίδας (Header Length): μέγεθος της επικεφαλίδας σε μονάδες 32-bit. Τιμή κυμαίνεται από [5-15]
- Παράθυρο (window) : Αναγγελία του μεγέθους του παραθύρου σε bytes
- Επείγων (Urgent)
  - ορίζει τέλος για τα επείγοντα δεδομένα (ή «out-of-band") δεδομένων και την έναρξη των κανονικών δεδομένων
  - Προστέθηκε στον αριθμό ακολουθίας (ισχύει μόνο εάν URG bit έχει οριστεί)
- Άθροισμα ελέγχου: 16-bit CRC (Κυκλικός έλεγχος πλεονασμού) πάνω επικεφαλίδα και τα δεδομένα
- Επιλογές: έως 40 bytes των επιλογών

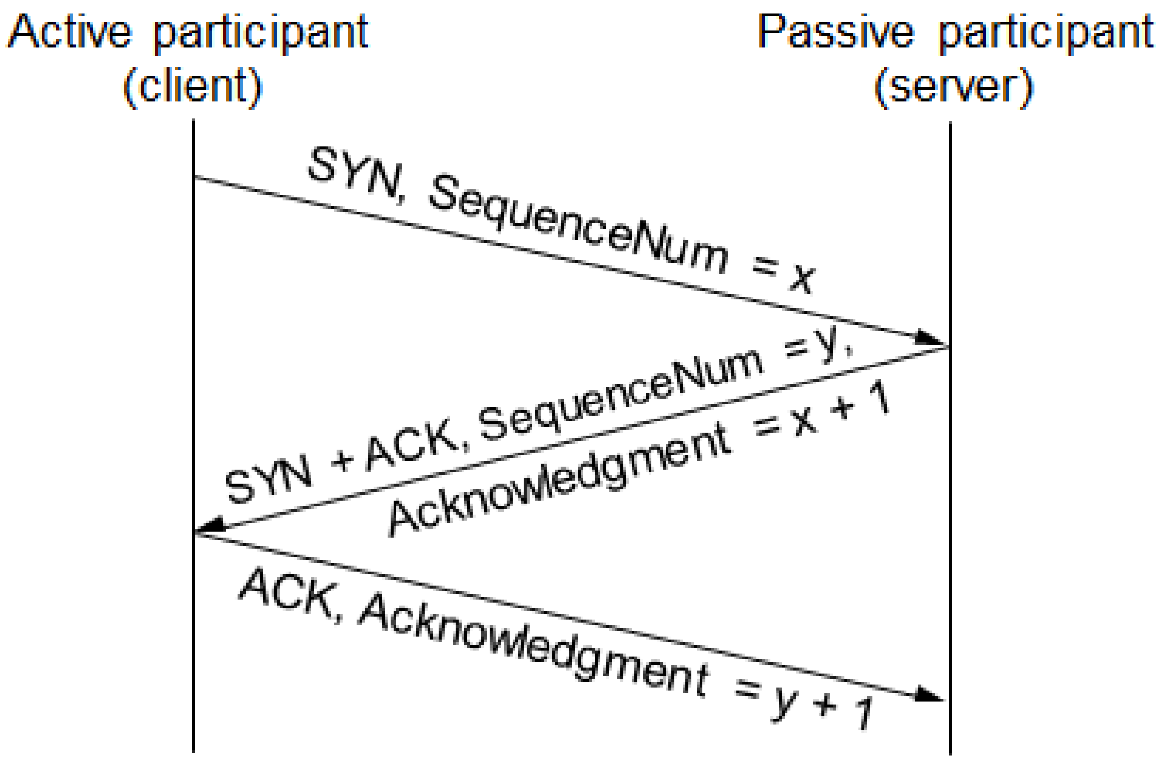
TCP και IP

- Δεν είναι όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν από το TCP στην επικεφαλίδα του
- TCP περνά κάποιες παραμέτρους κάτω στο IP
  - προτεραιότητα
  - φυσιολογική καθυστέρηση / χαμηλή καθυστέρηση
  - κανονική απόδοση / υψηλή απόδοση
  - κανονική αξιοπιστία / υψηλή αξιοπιστία
  - ασφάλεια
- Ελάχιστη επιβάρυνση γενικά για κάθε PDU είναι 40 bytes

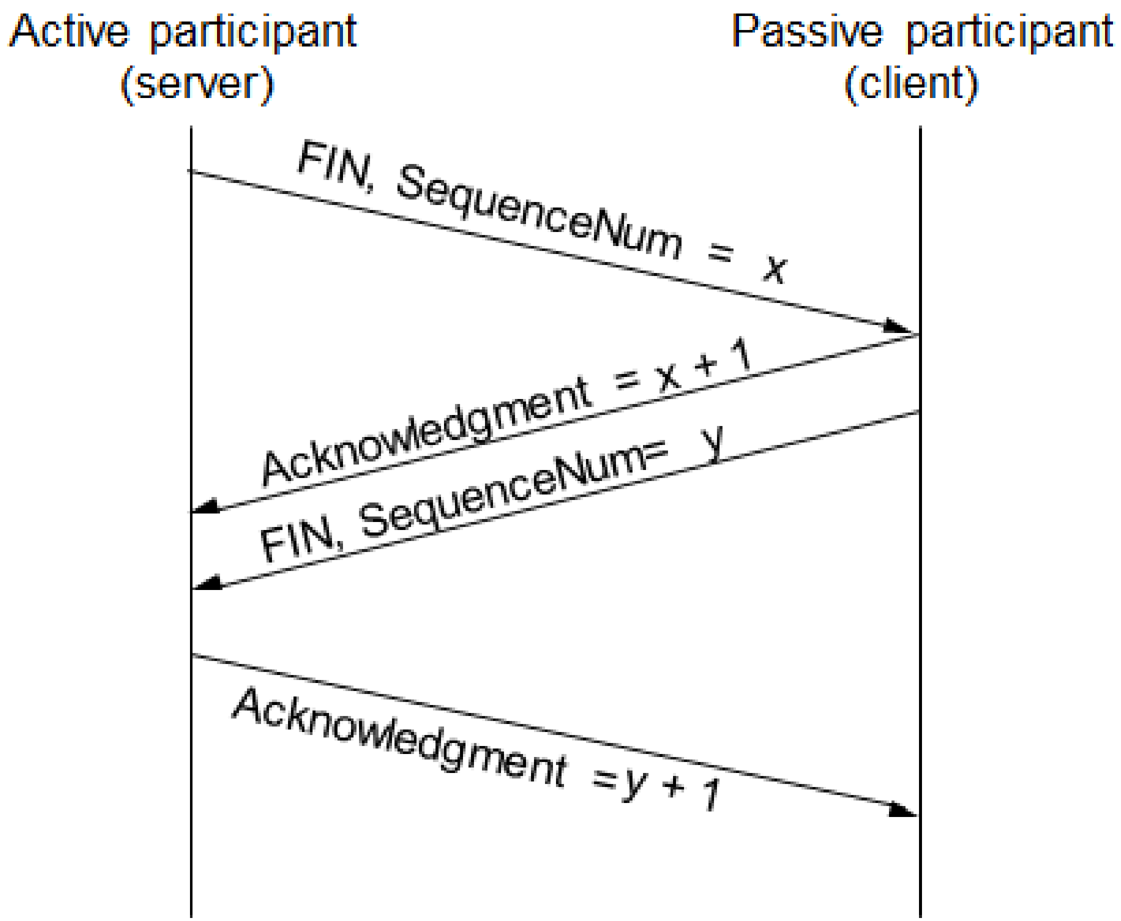
TCP Μηχανισμοί - Δημιουργία σύνδεσης

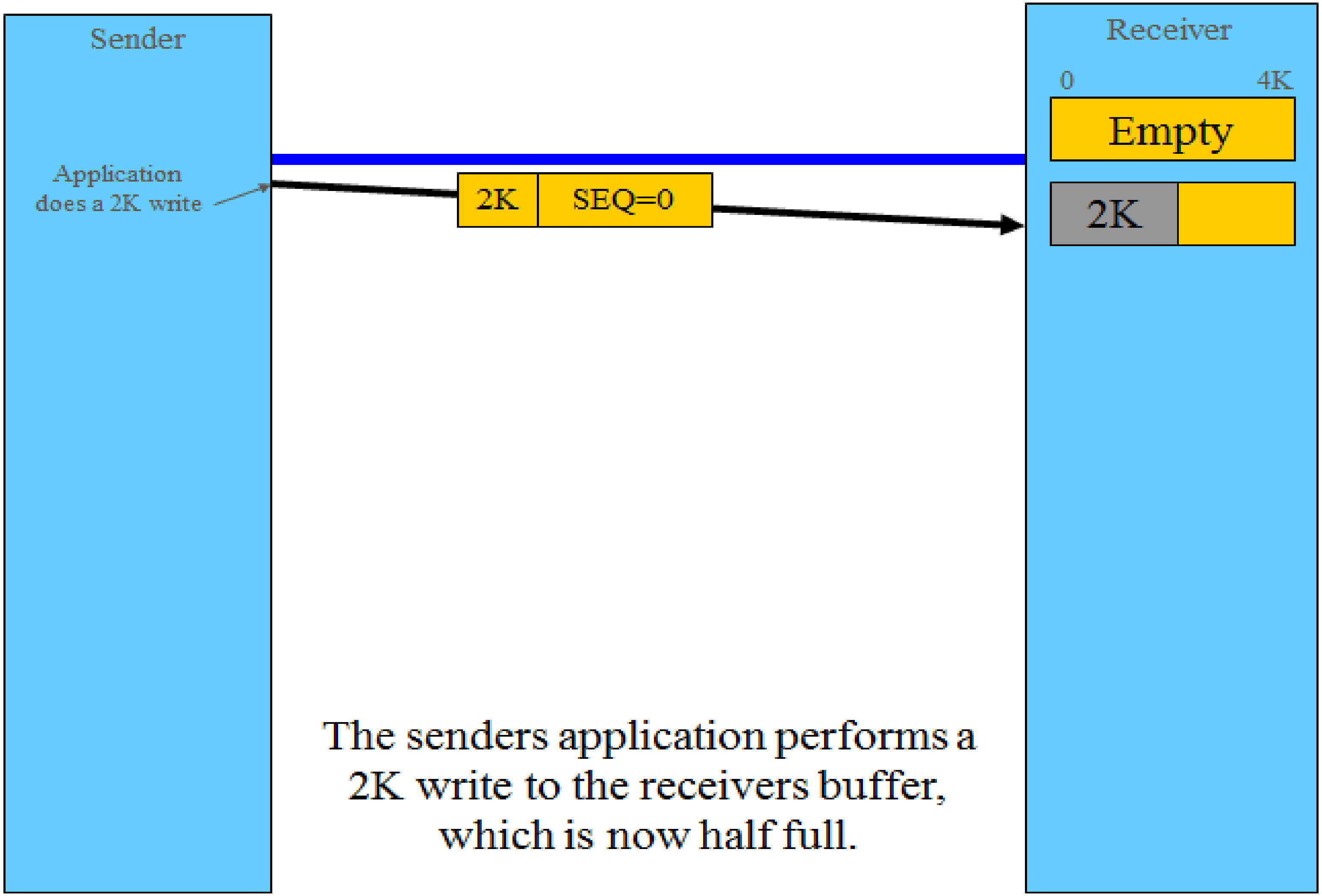
- τριών δρόμων χειραψία
  - SYN, SYN-ACK, ACK
- σύνδεση καθορίζεται από την πηγή και τον προορισμό υποδοχής-sockets (host, θύρα)
- μπορεί να έχει μόνο μια σύνδεση μεταξύ οποιωνδήποτε μοναδικών ζευγών θύρας
- αλλά μία θύρα μπορεί να συνδεθεί με πολλούς διαφορετικούς προορισμούς (διαφορετικές θύρες)

Δημιουργία σύνδεσης

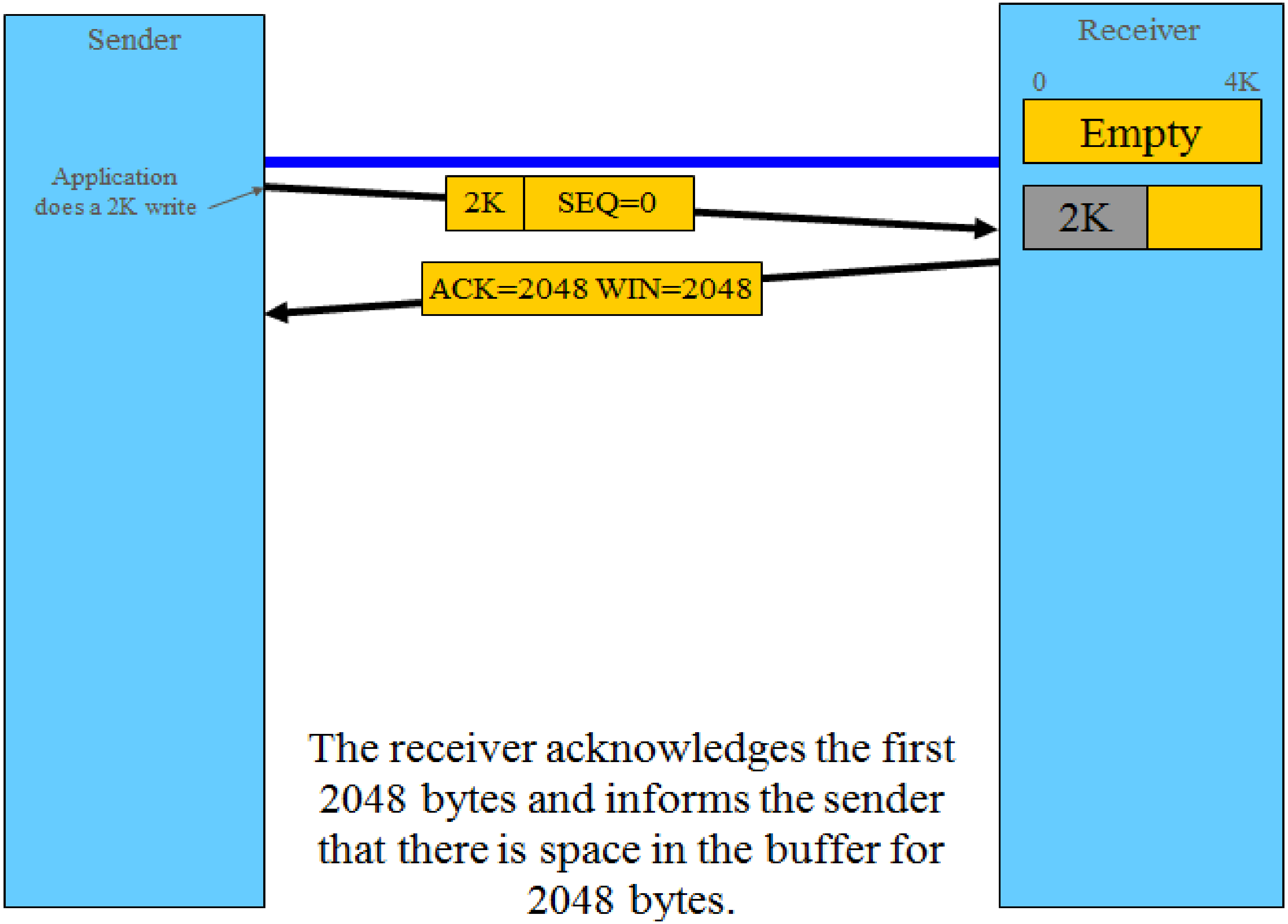


Τερματισμός Σύνδεσης

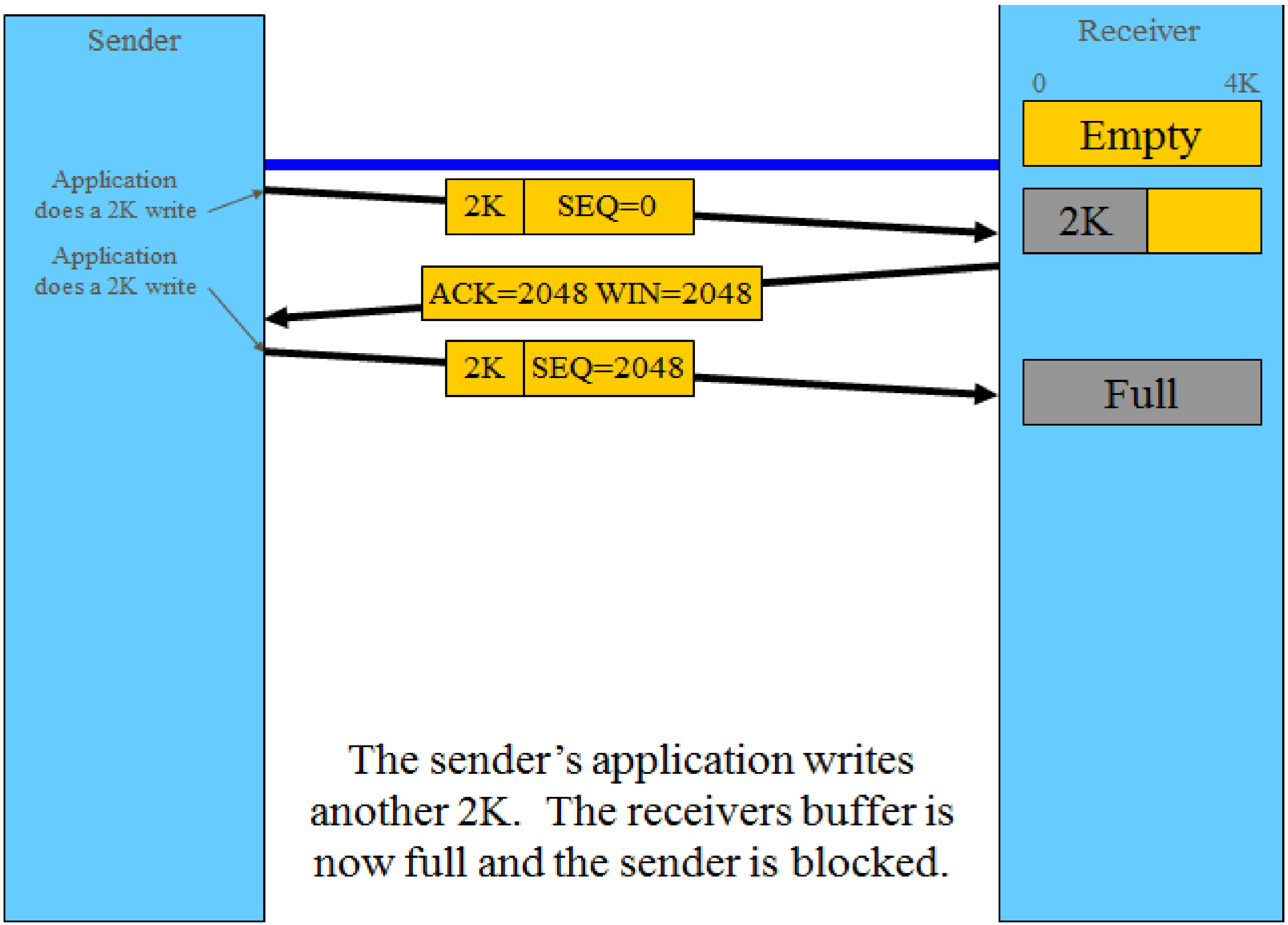




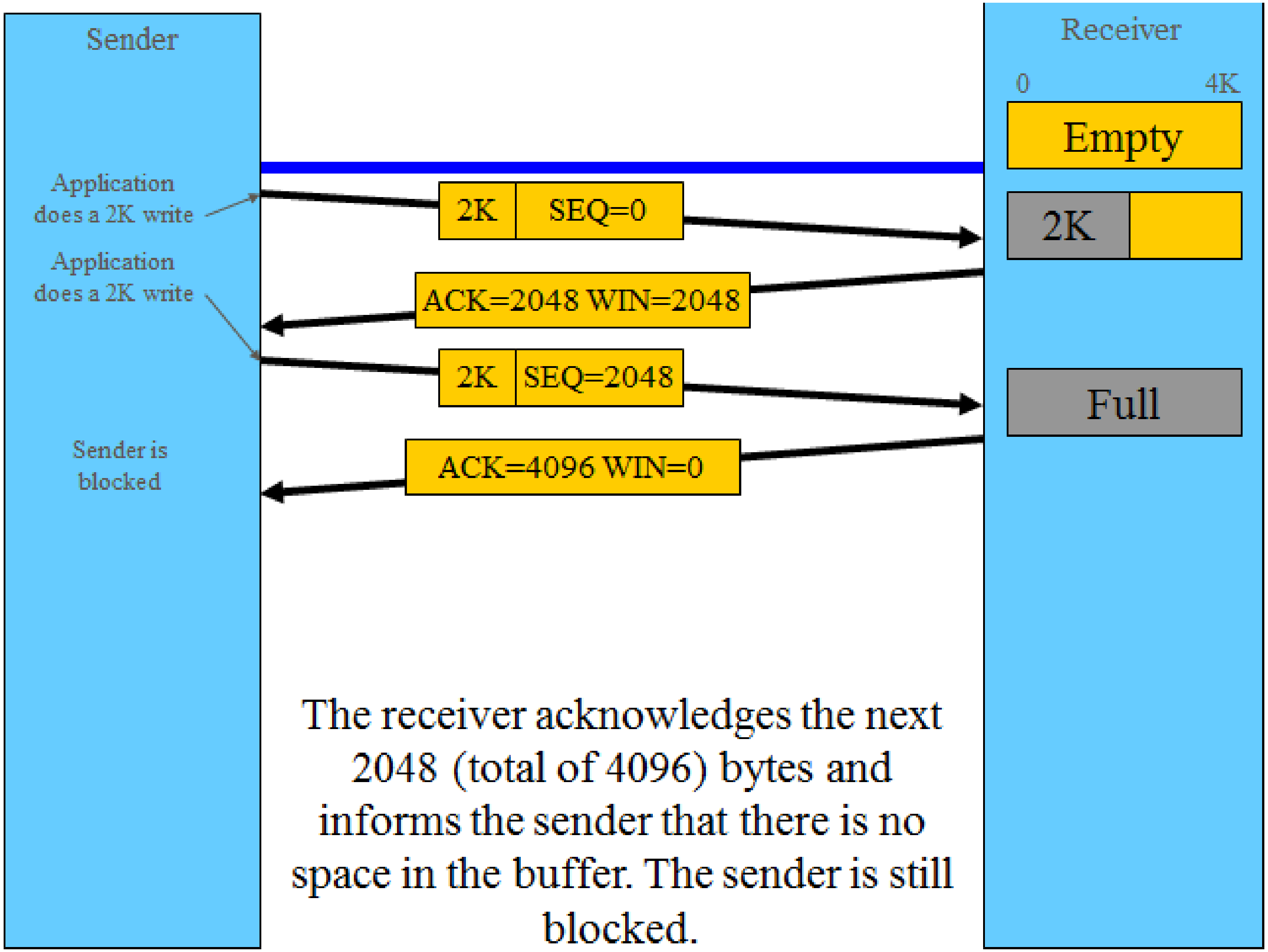
The senders application performs a 2K write to the receivers buffer, which is now half full.



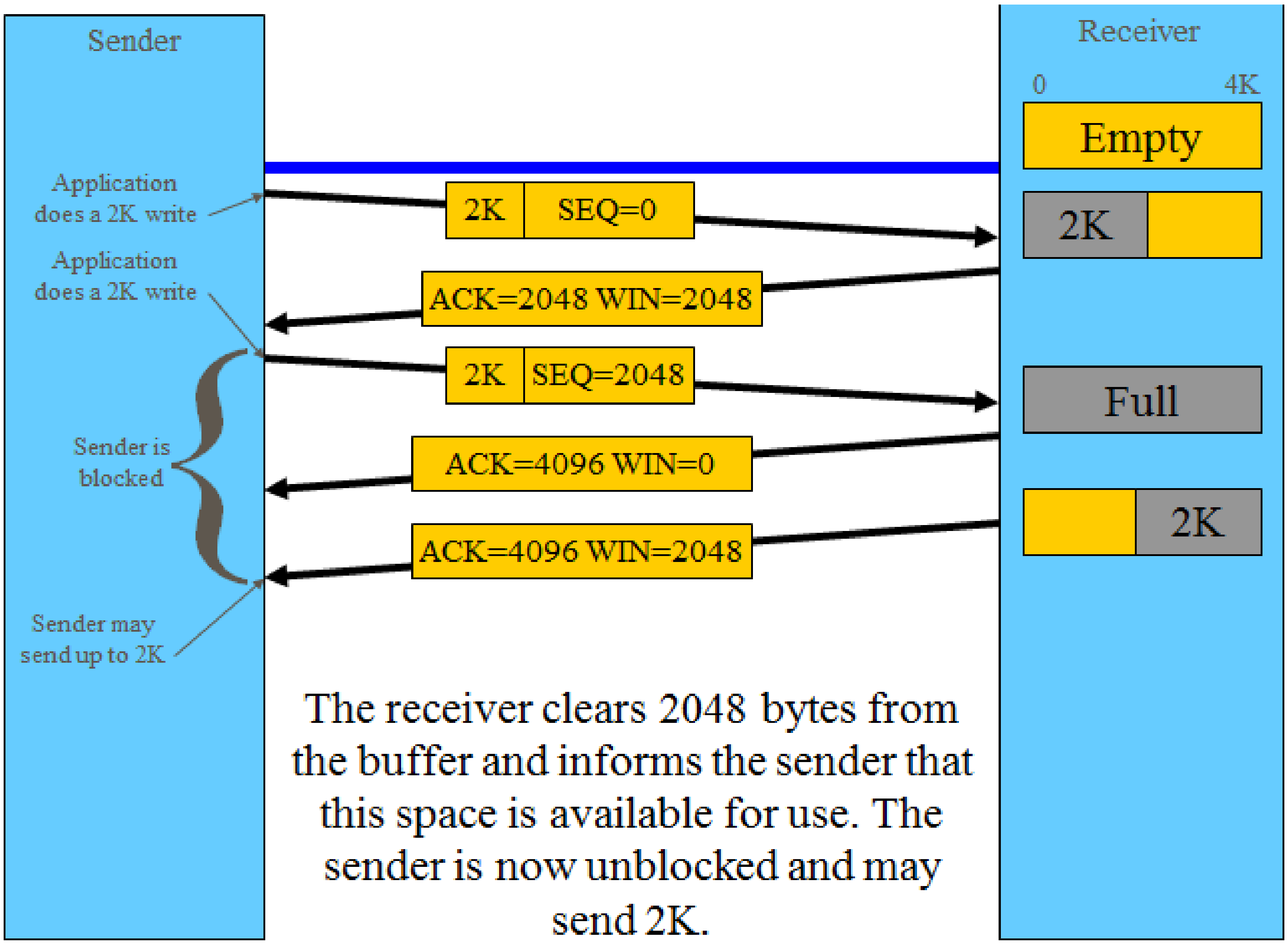
The receiver acknowledges the first 2048 bytes and informs the sender that there is space in the buffer for 2048 bytes.

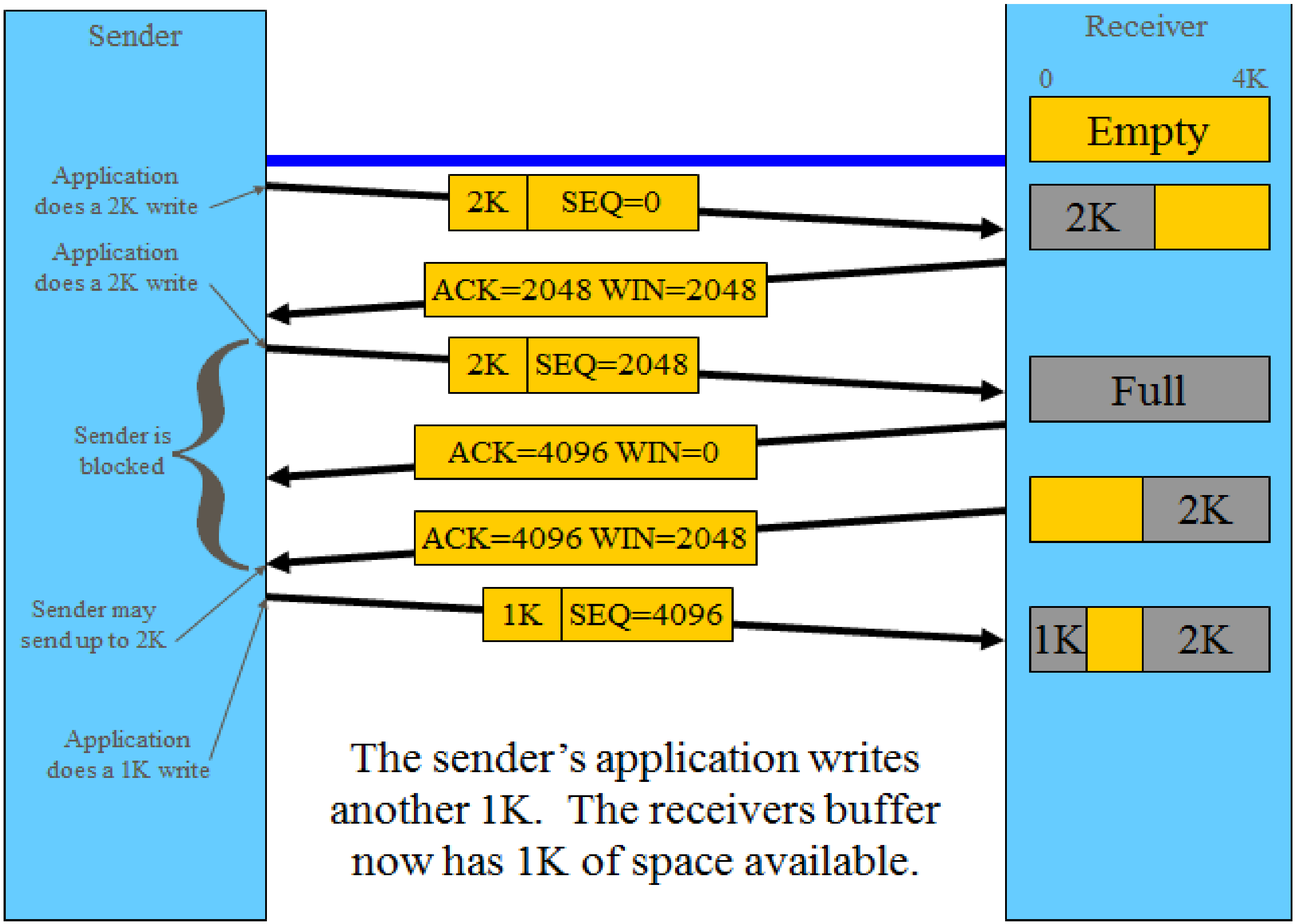


The sender's application writes another 2K. The receivers buffer is now full and the sender is blocked.



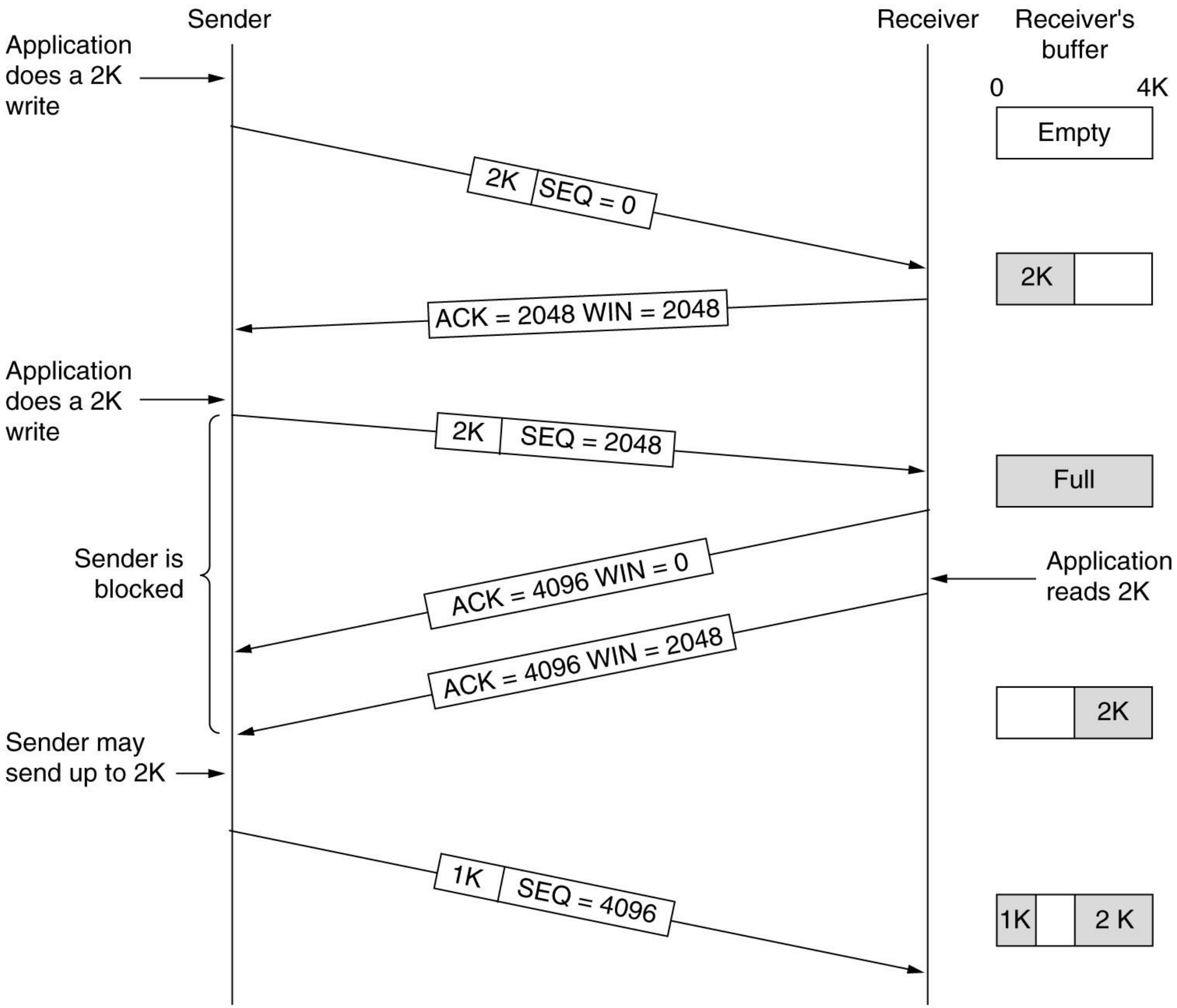
The receiver acknowledges the next 2048 (total of 4096) bytes and informs the sender that there is no space in the buffer. The sender is still blocked.


Sender
Receiver
0
4K
Empty
Application does a 2K write
2K
SEQ=0
2K
Application does a 2K write
ACK=2048 WIN=2048
2K
SEQ=2048
Full
Sender is blocked
ACK=4096 WIN=0
ACK=4096 WIN=2048
2K
Sender may send up to 2K
The receiver clears 2048 bytes from the buffer and informs the sender that this space is available for use. The sender is now unblocked and may send 2K.



The sender's application writes another 1K. The receivers buffer now has 1K of space available.

TCP Πολιτική Μεταφοράς



Έλεγχος συμφόρησης TCP

Κοιτάξαμε πώς το TCP χειρίζεται τον έλεγχο της ροής. Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι θα συμβεί η συμφόρηση. Ο μόνος πραγματικός τρόπος για να διαχειριστεί η συμφόρηση είναι ο αποστολέας να μειώσει τον ρυθμό αποστολής.

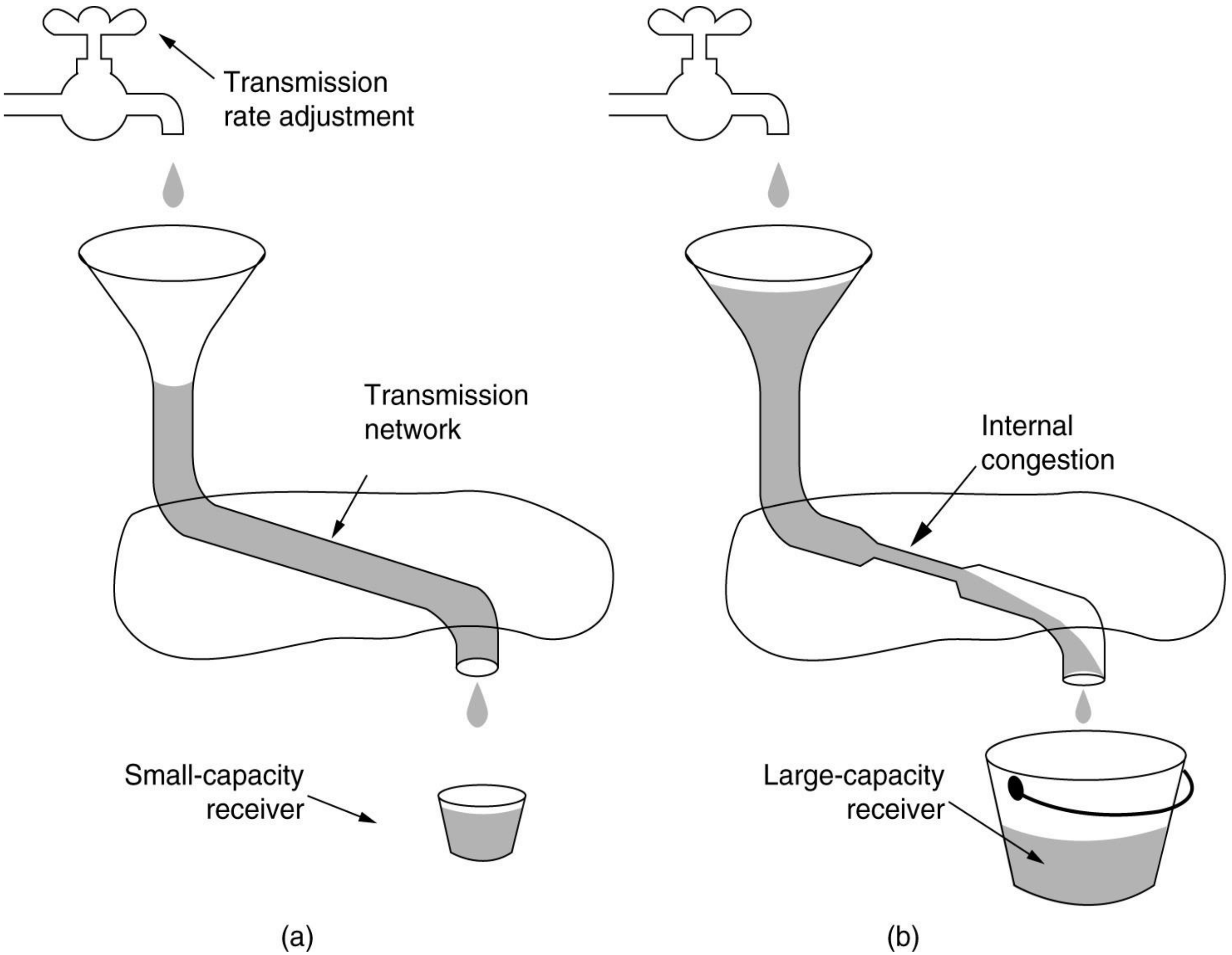
Πώς ανιχνεύει την κυκλοφοριακή συμφόρηση;
Παλαιότερα, τα πακέτα χάνονταν λόγω σφαλμάτων μετάδοσης και την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Τώρα, τα σφάλματα μετάδοσης είναι πολύ σπάνια (εκτός από ασύρματο). Έτσι, το TCP υποθέτει ένα χαμένο πακέτο ως ένδειξη συμφόρησης.

Πως ανταποκρίνεται το TCP στην συμφόρηση;
Διατηρεί μια ένδειξη της χωρητικότητας του δικτύου, που ονομάζεται παράθυρο συμφόρησης.

Συμφόρηση Ελέγχου TCP (1)

(α) Ένα γρήγορο δίκτυο τροφοδοτεί ένα δέκτη χαμηλής δυναμικότητας.

(β) Ένα αργό δίκτυο τροφοδοτεί ένα δέκτη υψηλής χωρητικότητας



Συμφόρηση Ελέγχου TCP (2)

Στην ουσία TCP ασχολείται με δύο πιθανά προβλήματα ξεχωριστά:

Πρόβλημα ⟶ *Λύση*

Χωρητικότητα δέκτη ⟶ Παράθυρο Δέκτη (rwnd)

Χωρητικότητα δικτύου ⟶ παράθυρο της συμφόρησης (cwnd)

Κάθε παράθυρο αντανακλά τον αριθμό των bytes που ο αποστολέας μπορεί να μεταδώσει. Ο αποστολέας στέλνει το ελάχιστο των δύο αυτών μεγεθών. Αυτό το μέγεθος είναι το αποτελεσματικό παράθυρο (*effective window*).

Αποτελεσματικό παράθυρο είναι το ελάχιστο για το τι σκέφτεται ο αποστολέας είναι εντάξει για να σταλεί (παράθυρο συμφόρησης) και ό, τι ο δέκτης αυτός είναι εντάξει για να σταλεί (παράθυρο δέκτη).

Υποθέτουμε ότι τόσο rwnd και cwnd μετρώνται σε bytes

Έλεγχος Συμφόρησης TCP– 4 στάδια

TCP χρησιμοποιεί αυτά τα στάδια στην ενημέρωση cwnd.
1. Αργή Έναρξη (*Slow start)* : Αρχική κατάσταση. Cwnd αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς
2 Αποφυγή συμφόρησης (*Congestion avoidance)* :. Αυξάνεται αργά το cwnd.
3Γρήγορη επαναμετάδοση (*Fast retransmit)* :. Επαναμεταδίδει χωρίς να περιμένει για χρονικό όριο.
4 Γρήγορη ανάκτηση(*Fast recovery)* :.Δεν επαναφέρει cwnd.

} Ελέγχει την ποσότητα των δεδομένων που διαχέεται στο δίκτυο

Διαβάστε: TCP Congestion Control RFC 2581
http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2581.txt

Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (8)

Έλεγχος Συμφόρησης

- TCP υποθέτει ότι η αιτία του χαμένου τμήματος οφείλεται στη συμφόρηση του δικτύου
- Αν η αιτία του χαμένου τμήματος είναι η συμφόρηση, αναμετάδοση του τμήματος δεν αφαιρεί το πρόβλημα, το επιδεινώνει πραγματικότητα
- Το δίκτυο θα πρέπει να ενημερώσουν τον αποστολέα για να επιβραδύνει (επηρεάζει το μέγεθος του παραθύρου αποστολέα TCP)
- Πραγματικό μέγεθος παραθύρου = Min (το μέγεθος του παραθύρου του δέκτη, το μέγεθος του παραθύρου συμφόρησης)
  - Το παράθυρο συμφόρησης είναι ο έλεγχος της ροής που επιβάλλεται από τον αποστολέα
  - Η αναγγελία του παράθυρου δέκτη είναι ο έλεγχος της ροής που επιβάλλονται από το δέκτη

Βιβλιογραφία

- Douglas E Comer, Δίκτυα και διαδίκτυα υπολογιστών, Κλειδάριθμος, 2014
- William Stallings, Οργάνωση και αρχιτεκτονική των υπολογιστών, Εκδ. Τζιόλα, 2011

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνες : William Stallings, Οργάνωση και αρχιτεκτονική των υπολογιστών, Εκδ. Τζιόλα, 2011 και Douglas E Comer, Δίκτυα και διαδίκτυα υπολογιστών, Κλειδάριθμος, 2014

Σημείωμα Αναφοράς

Σημείωμα Αδειοδότησης

Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Φίλιογλου Μαρία

Θεσσαλονίκη, 2014

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.