



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εφαρμογές



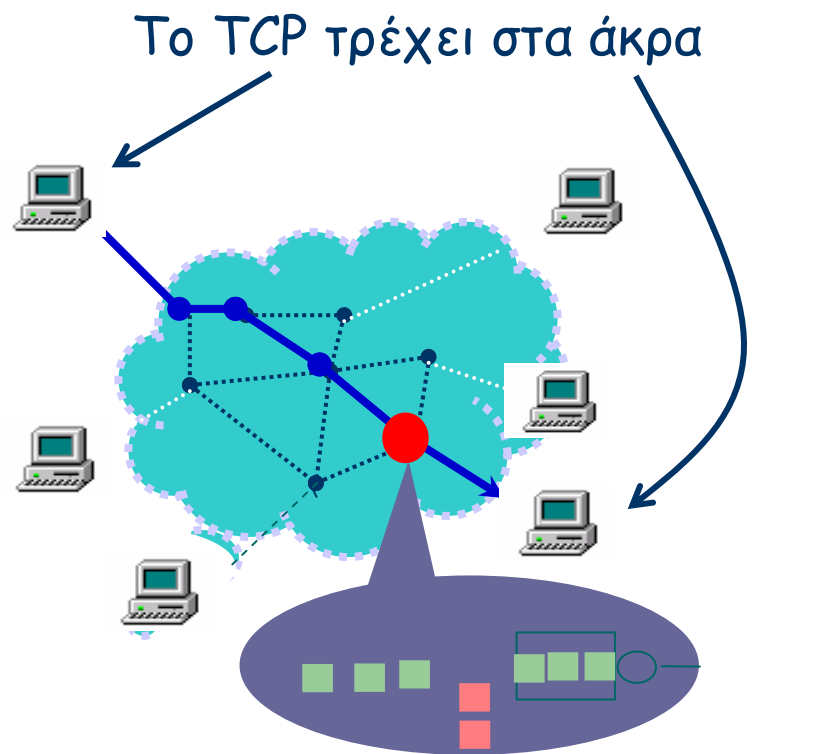
ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Επίδοση TCP



Συμπεριφορά του TCP

- Αποφυγή συμφόρησης:
 - μείωση του ρυθμού αποστολής μόλις ανιχνευθεί απώλεια, αύξηση όσο δεν υπάρχουν απώλειες
- δρομολογητές
 - απορρίπτουν ή σηματοδεύουν τα πακέτα όταν υπάρχει συμφόρηση
- πώς μοντελοποιούμε αυτή τη συμπεριφορά μεταξύ ακραίων συστημάτων (TCP) και δρομολογητών;
 - ποσοτικοποίηση

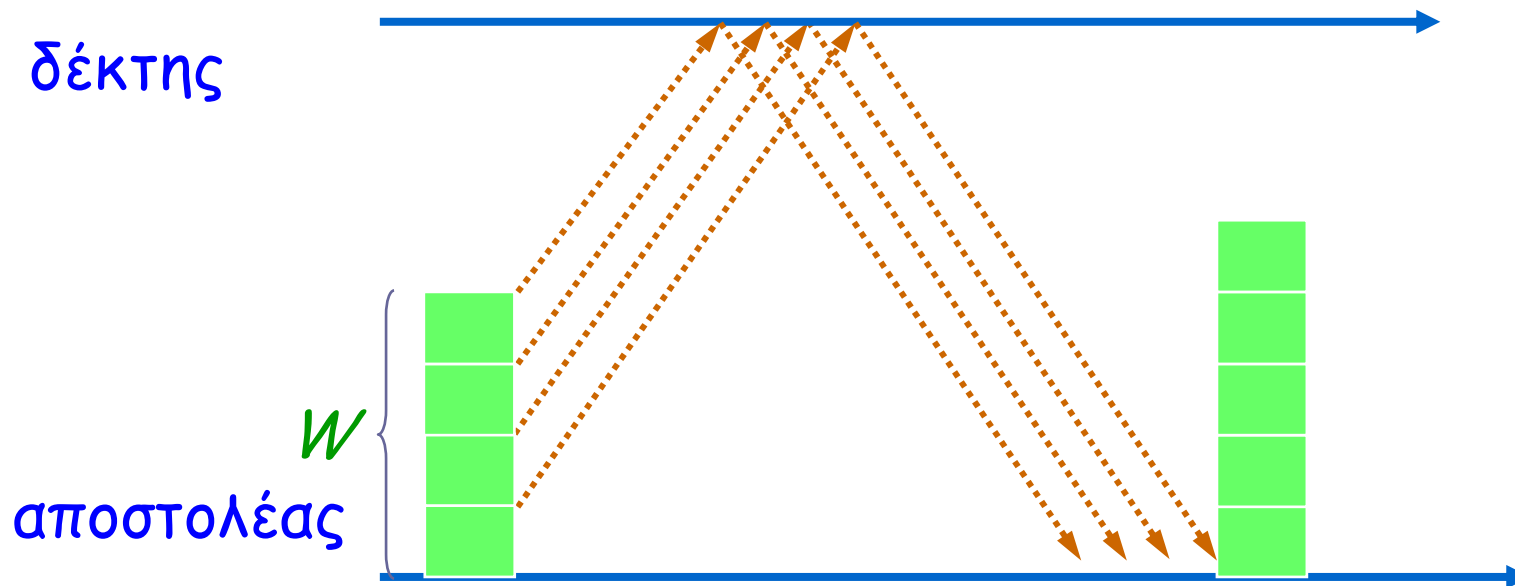


Ο δρομολογητής απορρίπτει πακέτα όταν υπάρχει συμφόρηση



Συμπεριφορά του TCP

- Παράθυρο συμφόρησης (W)
 - μέχρι W τεμάχια στο δίκτυο
 - κάθε ACK επιτρέπει την αποστολή άλλου ένα τεμαχίου
 - συσσωρευτικά ACK
- Αύξηση του παραθύρου κατά ένα για κάθε RTT
$$W \leftarrow W + 1 / W \text{ ανά ACK}$$
$$\Rightarrow W \leftarrow W + 1 \text{ ανά RTT}$$
- Διερεύνηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης δικτύου

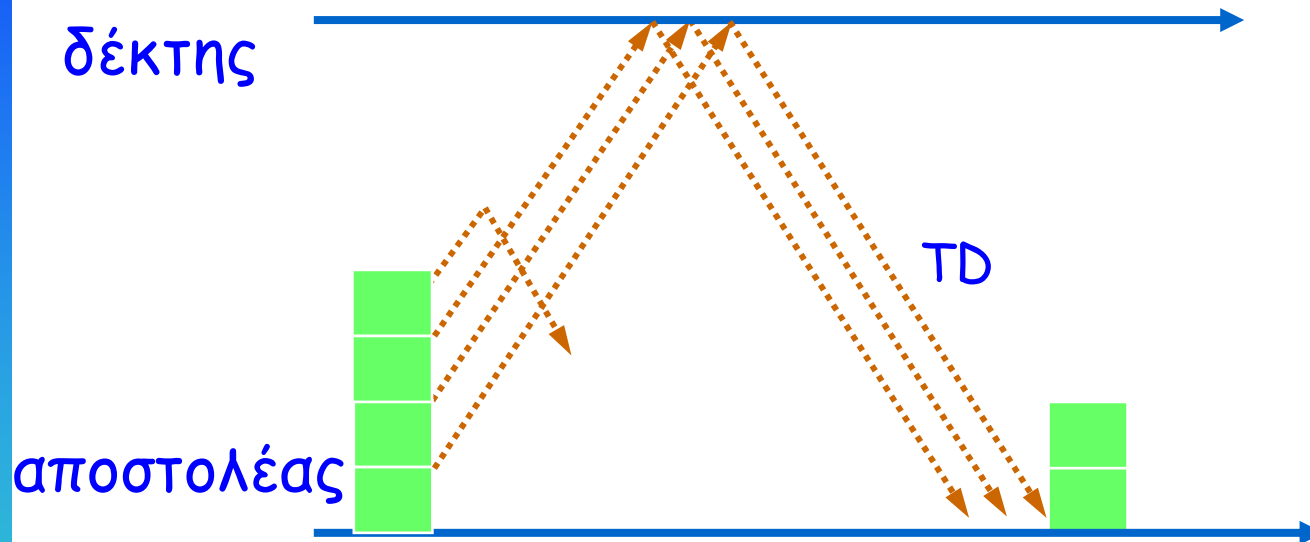




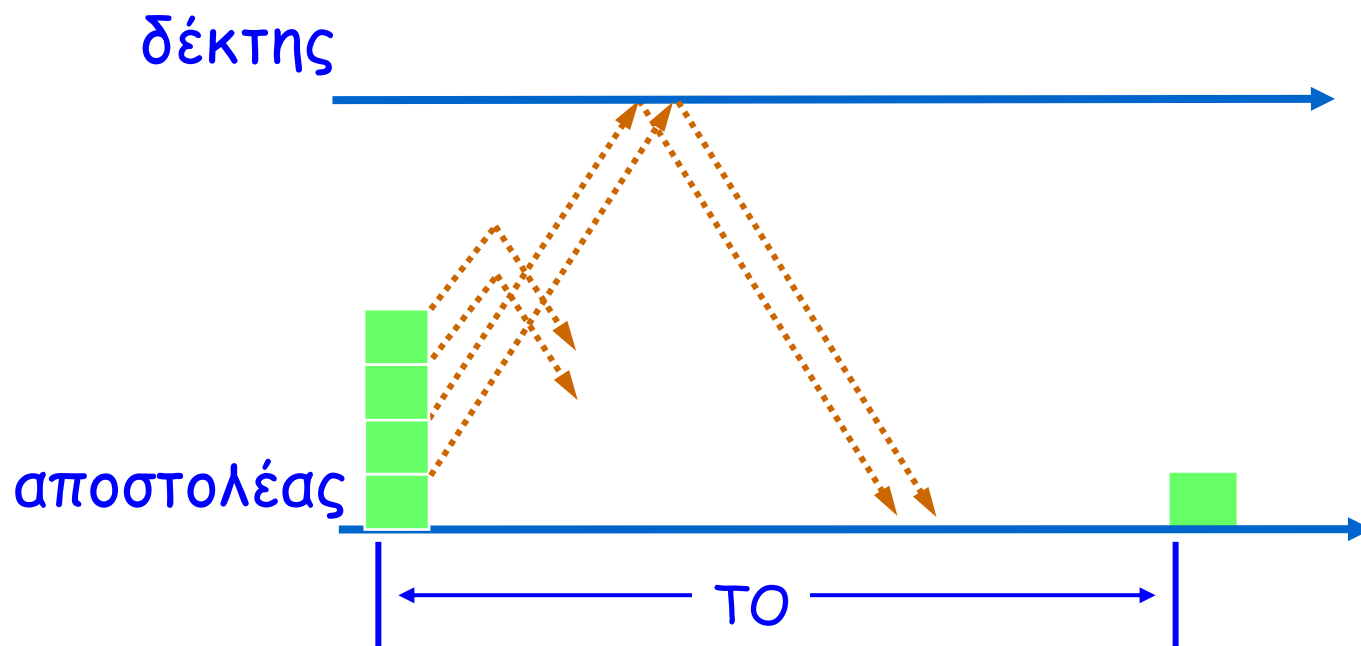
Συμπεριφορά του TCP

- Η απώλεια δείχνει συμφόρηση
- Μείωση του παραθύρου στο μισό με την ανίχνευση απώλειας (τριπλό ACK)
- $W \leftarrow W/2$
- Εκπνοή χρόνου λόγω έλλειψης ACK, μείωση του παραθύρου στο ένα
- $W \leftarrow 1$
- Τα διαδοχικά διαστήματα χρόνων εκπνοής μεγαλώνουν εκθετικά μέχρι έξι φορές

Απώλεια

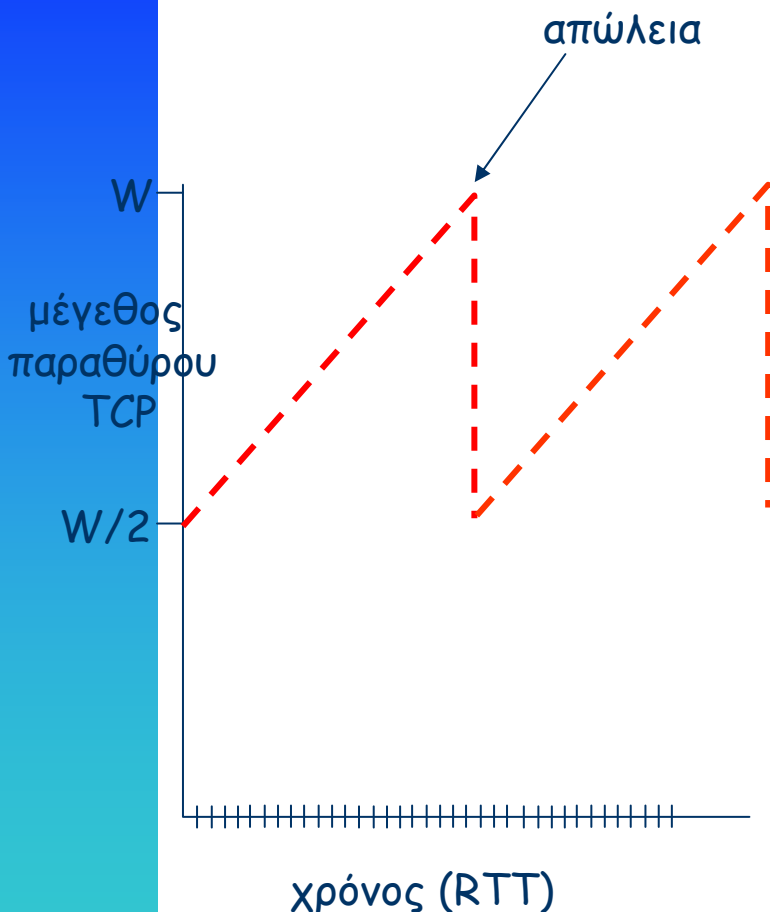


Εκπνοή





Σχέση διέλευσης/απωλειών στο TCP



Εξιδανικευμένο μοντέλο:

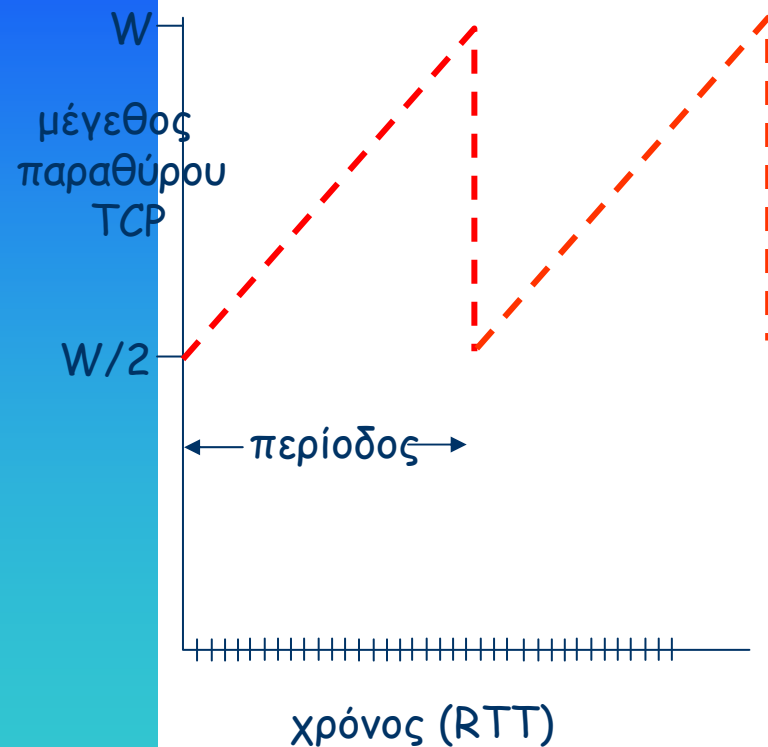
- Το W είναι το μέγιστο ανεκτό παράθυρο (μετά έχουμε απώλεια)
- Το παράθυρο TCP αρχίζει από το $W/2$, μετά αυξάνει στο W , μετά μειώνεται στο μισό, μετά αυξάνει στο W , μετά μειώνεται ...
- Με κάθε RTT αποστέλλεται ένα παράθυρο τεμαχίων
- *ζητείται:* η διέλευση ως συνάρτηση της πιθανότητας απώλειας και του RTT



Σχέση διέλευσης/απωλειών στο TCP

αριθμός τεμαχίων ανά “περίοδο” =

$$\begin{aligned} \frac{W}{2} + \left(\frac{W}{2} + 1 \right) + \dots + W &= \sum_{n=0}^{W/2} \left(\frac{W}{2} + n \right) \\ &= \left(\frac{W}{2} + 1 \right) \frac{W}{2} + \sum_{n=0}^{W/2} n \\ &= \left(\frac{W}{2} + 1 \right) \frac{W}{2} + \frac{W/2(W/2 + 1)}{2} \\ &= \frac{3}{8}W^2 + \frac{3}{4}W \\ &\approx \frac{3}{8}W^2 \end{aligned}$$





Σχέση διέλευσης/απωλειών στο TCP

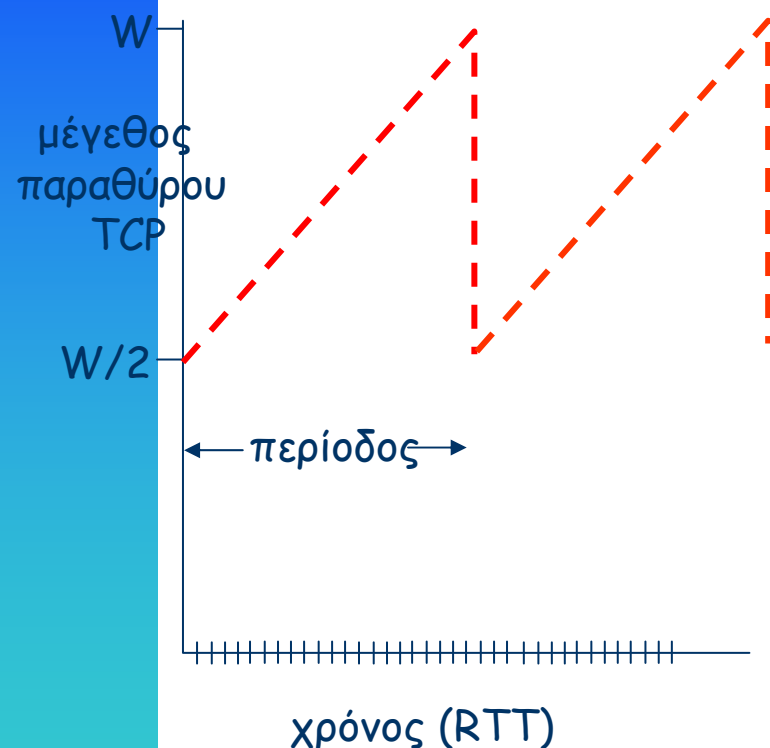
αριθμός τεμαχίων ανά “περίοδο” $\approx \frac{3}{8} W^2$

1 απώλεια ανά “περίοδο” σημαίνει:

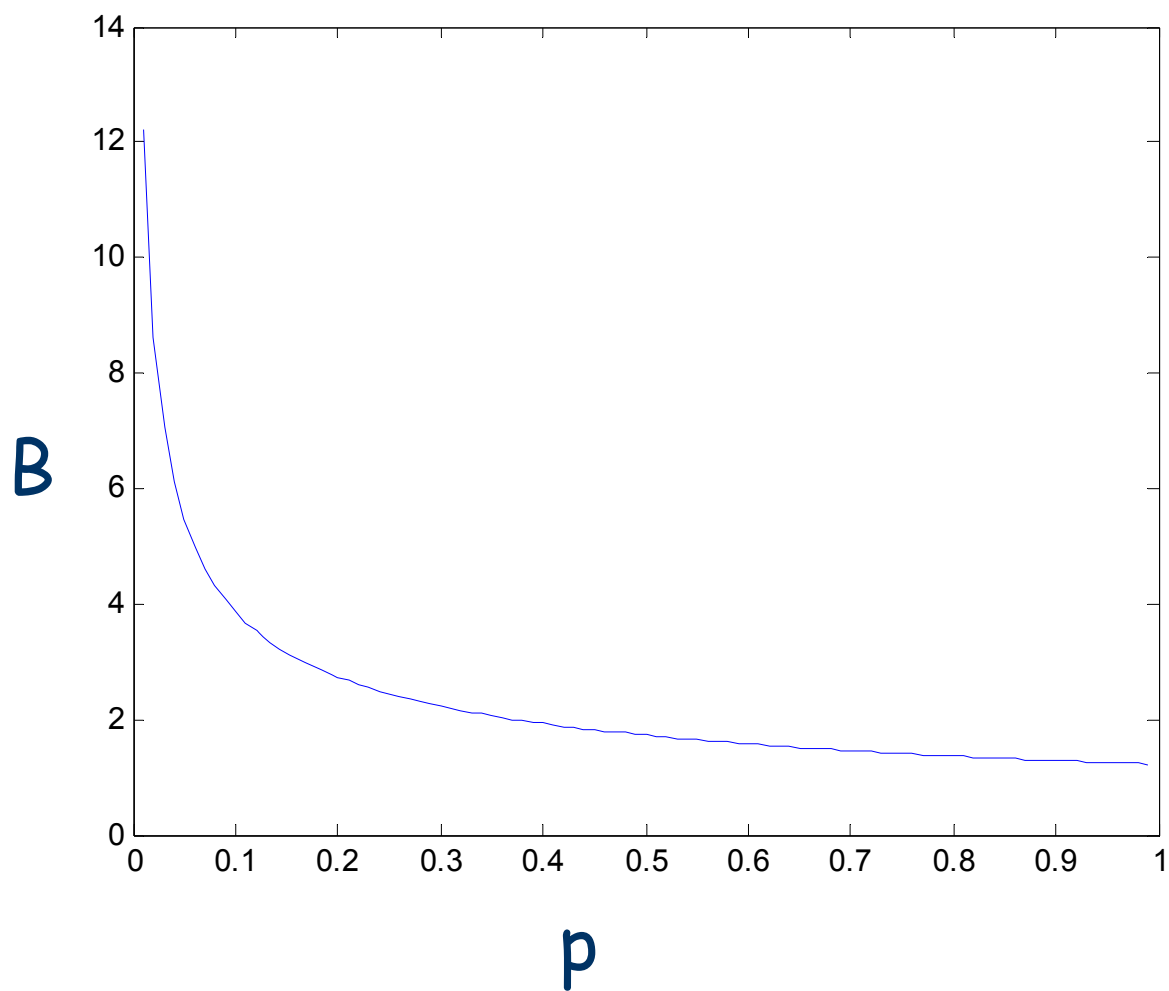
$$p_{\text{loss}} \approx \frac{8}{3W^2} \quad \text{ή} \quad W = \sqrt{\frac{8}{3p_{\text{loss}}}}$$

$$B = \text{διέλευση} = \frac{3}{4} W \frac{\text{τεμάχια}}{\text{RTT}}$$

$$B = \text{διέλευση} = \frac{1.22}{\sqrt{p_{\text{loss}}}} \frac{\text{τεμάχια}}{\text{RTT}}$$



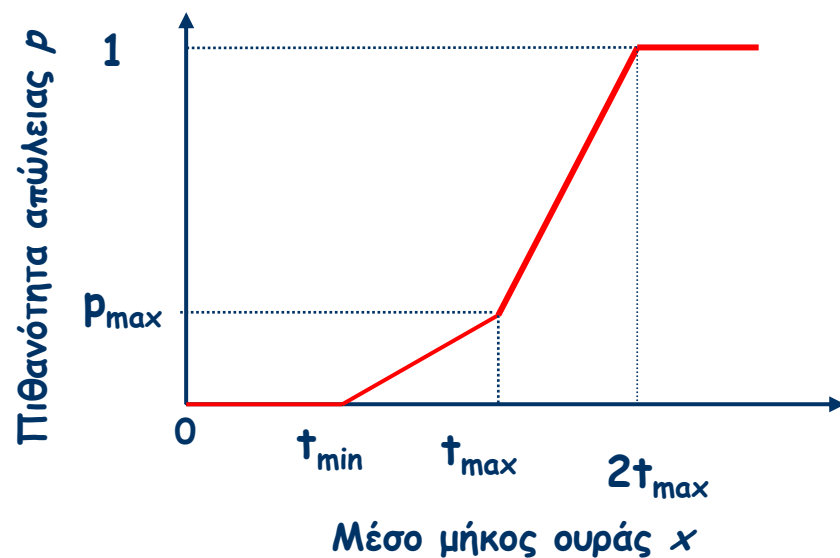
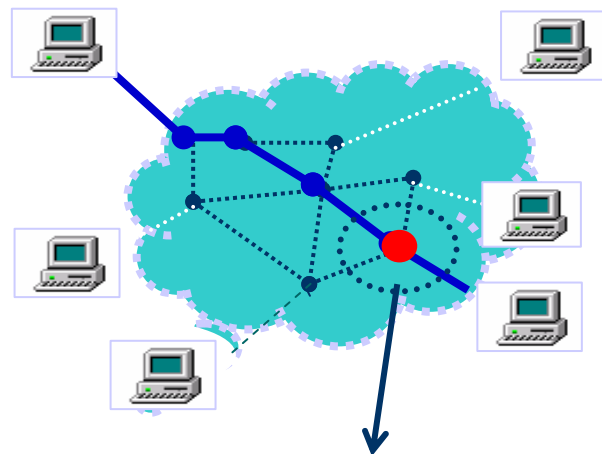
Σημ.: Η σχέση για το B δυνατό να επεκταθεί ώστε να περιλάβει εκπνοές και την αργή αρχή





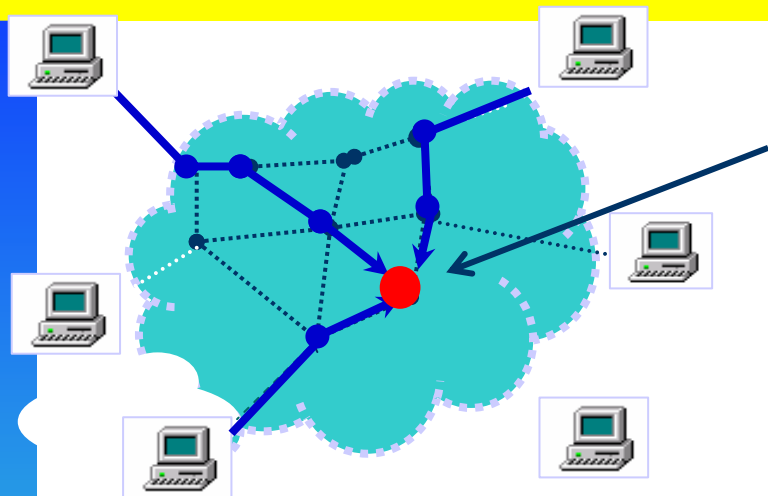
Διαχείριση ουρών RED

- Η απώλεια είναι συνάρτηση του μέσου μήκους ουράς $\rightarrow p = p(x)$





Συμπεριφορά στο σημείο συμφόρησης



Ο δρομολογητής που παρουσιάζει συμφόρηση:

- Χρησιμοποιεί πλήρως τη διαθέσιμη χωρητικότητα
- Όλες οι ροές βλέπουν την ίδια πιθανότητα απώλειας
- Έχουν την ίδια διέλευση?

$$\sum_i B_i(RTT_i, p) = C$$

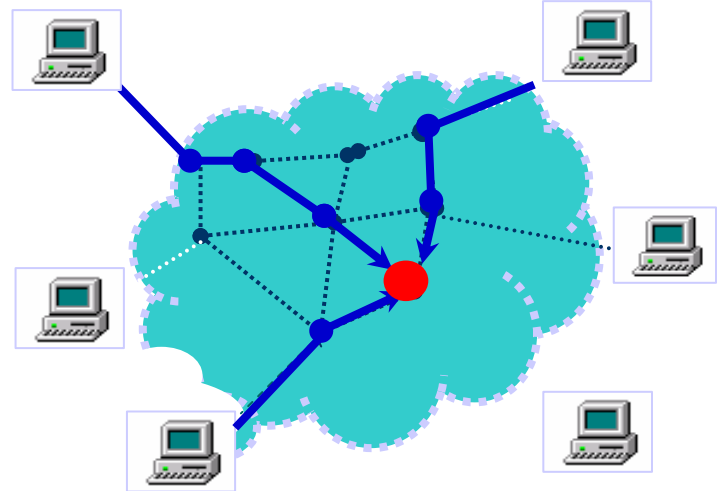
C = χωρητικότητα δρομολογητή

B_i = διέλευση ροής i

Μοναδικό σημείο συμφόρησης, άπειρης διάρκειας ροές



- N ροές TCP άπειρης διάρκειας
 - Καθυστέρηση διάδοσης A_i , $i = 1, \dots, N$
 - διέλευση $B_i(p, RTT_i)$
- Ένας δρομολογητής με συμφόρηση
 - Ουρές RED
 - μέσο μήκος ουράς x ; πιθανότητα απώλειας $p(x)$
- ζητείται
 - B_i : διέλευση ανά ροή TCP,
 - παράμετροι δρομολογητή: μέσο μήκος ουράς x ; πιθανότητα απώλειας $p(x)$





Μοντέλο και λύση

- Μοντέλο

$$p = p(x)$$

$$RTT_i = A_i + x / C$$

$$\sum_j B(p, RTT_j) = C, \text{ για } j=1, \dots, N$$

- λύση ως προς x $\sum_j B_j(x) = C, \text{ για } j=1, \dots, N$
- Μοναδική λύση αφού το B είναι μονοτονική και συνεχής συνάρτηση του x
- Από το x λαμβάνουμε RTT_j και p



Ονοματοδοσία

Ονόματα των host



- Οι διευθύνσεις IP προσδιορίζουν διεπαφές υπολογιστών ή δρομολογητών
 - Η διεύθυνση IP περιέχει πληροφορία που χρησιμοποιείται για τη δρομολόγηση.
- Οι διευθύνσεις IP είναι δύσκολο να απομνημονεύονται από τους ανθρώπους.
- Τις διευθύνσεις IP είναι αδύνατο να τις μαντέψει κάποιος.
 - π.χ. από το όνομα μιας ιστοθέσης



Σύστημα ονομασίας περιοχών

Domain Name System (DNS):

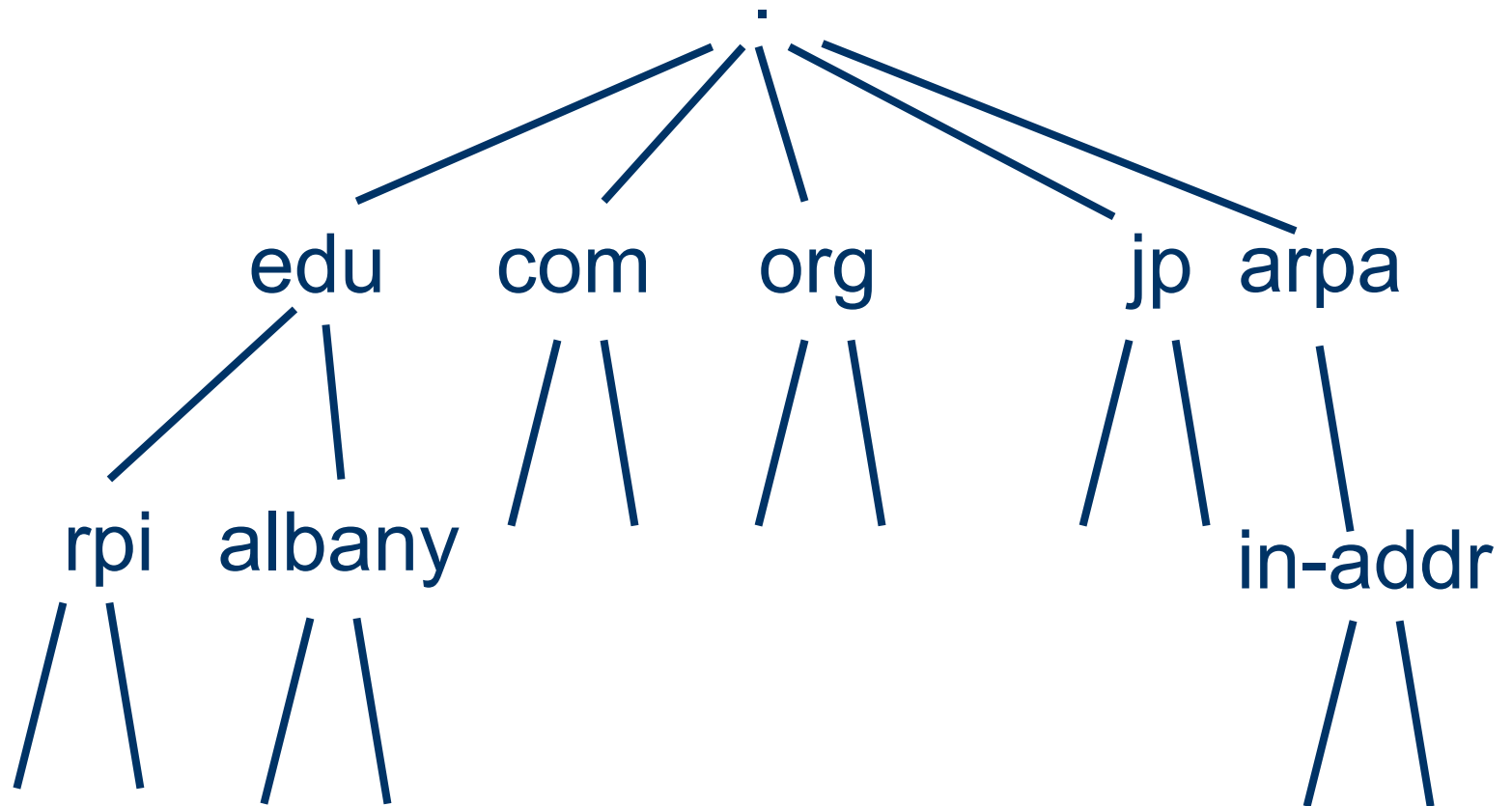
- *κατανεμημένη βάση δεδομένων* που εφαρμόζεται σε μια ιεραρχία πολλών *εξυπηρετητών ονομάτων*
- *πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογών* που επιτρέπει σε hosts, routers και name servers να επικοινωνούν για να *αναλύσουν* ονόματα (μετάφραση ονόματος σε διεύθυνση)
 - είναι λειτουργία του κορμού του Internet, που εφαρμόζεται ως πρωτόκολλο του στρώματος εφαρμογών
 - η πολυπλοκότητα βρίσκεται στο "άκρο" του δικτύου

Χώρος ονομάτων του DNS



- Χρήση ιεραρχίας ονομάτων
 - Τα ονόματα των περιοχών απαρτίζουν μια ιεραρχία κατά τρόπο που τα ονόματα είναι μοναδικά και εύκολα απομνημονεύονται
- Το Internet είναι χωρισμένο νοητά σε εκατοντάδες διαφορετικές **περιοχές (domains)** υψηλού επιπέδου, με πολλούς host η καθεμία
 - Sub-domains, κ.ο.κ.
- Οι περιοχές μπορεί να παρασταθούν μ' ένα δέντρο

Ιεραρχία του DNS





Δομή ονόματος του Host

- Το όνομα κάθε host αποτελείται από μια ακολουθία *ετικετών (Labels)* που χωρίζονται με τελείες.
 - κάθε ετικέτα μπορεί να έχει μέχρι 63 χαρακτήρες
 - το όνομα συνολικά μπορεί να έχει το πολύ 255 χαρακτήρες.
- Παραδείγματα:
 - whitehouse.gov
 - barney.the.purple.dinosaur.com
 - monica.cs.rpi.edu

Όνομα περιοχής



- Το όνομα περιοχής (domain name) για έναν host είναι η ακολουθία των ετικετών που οδηγούν από τον host (φύλλο στο δέντρο ονομάτων) στην κορυφή του παγκόσμιου δέντρου ονομάτων.
- Μια περιοχή είναι ένα υποδέντρο του παγκόσμιου δέντρου ονομάτων.

Περιοχές ανώτατου επιπέδου (top-level)



- αρχικά (1988) υπήρχαν
 - edu, gov, com, net, org, mil, int
- μετά προστέθηκαν περιοχές για κάθε χώρα (όνομα περιοχής με 2 γράμματα).
 - gr, nl, uk, us, jp, ...
- κατόπιν (2001) εγκρίθηκαν
 - aero, biz, coop, info, museum, name, pro
- πρόσφατα (2005) εγκρίθηκαν αρκετές νέες
 - cat, jobs, mobi, post, tel, travel



Πρωτόκολλο DNS



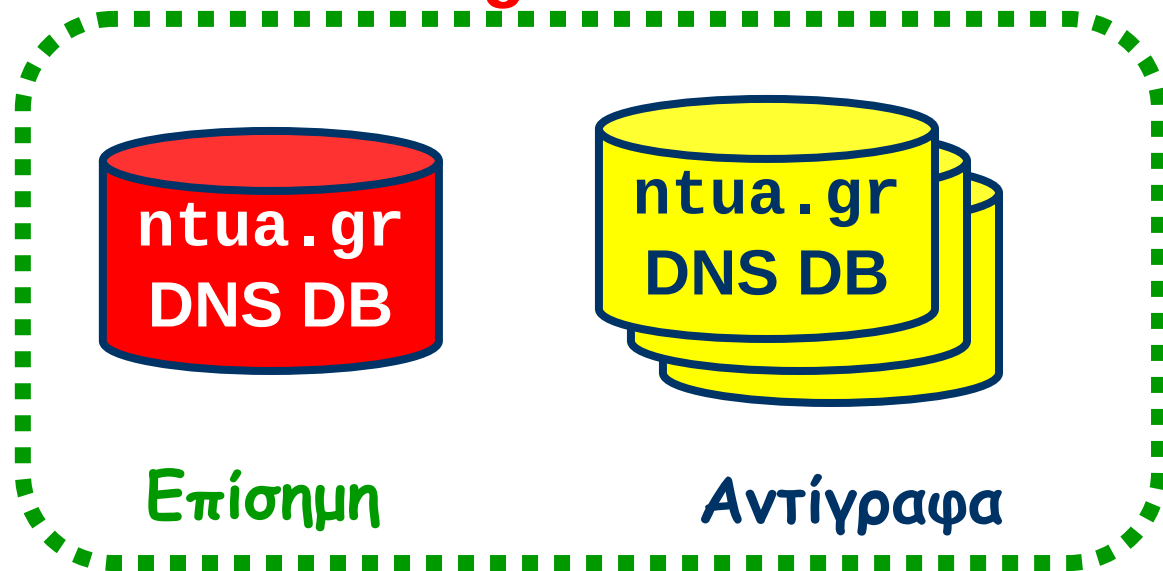
Οργάνωση του DNS

- Κατανεμημένη βάση δεδομένων
 - Ο οργανισμός που κατέχει μια περιοχή ονομάτων είναι υπεύθυνος να έχει έναν εξυπηρετητή DNS, ο οποίος θα κάνει την αντιστοίχιση μεταξύ των ονομάτων υπολογιστών με τις διευθύνσεις IP.
 - Έτσι, κάποιος εξυπηρετητής του ΕΜΠ είναι υπεύθυνος για οτιδήποτε βρίσκεται στην περιοχή `ntua.gr`

Κατανεμημένη βάση DNS



- Υπάρχει ένας κύριος εξυπηρετητής DNS για μια περιοχή και, συνήθως, ένας αριθμός από δευτερεύοντες εξυπηρετητές DNS που περιέχουν αντίγραφα των βάσεων δεδομένων.
- Ένας πελάτης DNS ονομάζεται *επιλυτής (resolver)*
ntua.gr DNS server





Μετατροπή ονομάτων σε διευθύνσεις

Σε συντομία το DNS χρησιμοποιείται ως εξής:

- το πρόγραμμα εφαρμογής καλεί μια συνάρτηση βιβλιοθήκης, που ονομάζεται *επιλυτής (resolver)* στην οποία περνά το όνομα ως παράμετρο
- ο επιλυτής στέλνει ένα πακέτο UDP στον τοπικό εξυπηρετητή DNS
- ο DNS επιστρέφει την διεύθυνση IP στον επιλυτή, ο οποίος την επιστρέφει με τη σειρά του στον καλούντα
- διαθέτοντας τη διεύθυνση IP, το πρόγραμμα μπορεί στη συνέχεια να εγκαταστήσει μια σύνδεση TCP ή να στείλει πακέτα UDP

Εξυπηρετητές ονομάτων



Γιατί όχι κεντρικό DNS?

- μοναδικό σημείο αποτυχίας
- όγκος κίνησης
- απόμακρη κεντρική βάση δεδομένων
- συντήρηση

δεν είναι επεκτάσιμη

Εξυπηρετητές ονομάτων



- κανένας εξυπηρετητής DNS δεν έχει όλες τις αντιστοιχίες ονομάτων σε διευθύνσεις IP

ΤΟΠΙΚΟΙ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΕΣ ΟΝΟΜΑΤΩΝ:

- η ερώτηση του υπολογιστή πηγαίνει πρώτα στον τοπικό εξυπηρετητή DNS
- οι τοπικοί εξυπηρετητές DNS χειρίζονται άμεσα τις αιτήσεις που αφορούν την περιοχή τους
- οι τοπικοί εξυπηρετητές DNS χειρίζονται αιτήσεις προς άλλες περιοχές επικοινωνώντας με μακρινούς εξυπηρετητές DNS
- οι τοπικοί εξυπηρετητές DNS φυλάσσουν προσωρινά εξωτερικές αντιστοιχίες

Λειτουργία του εξυπηρετητή DNS



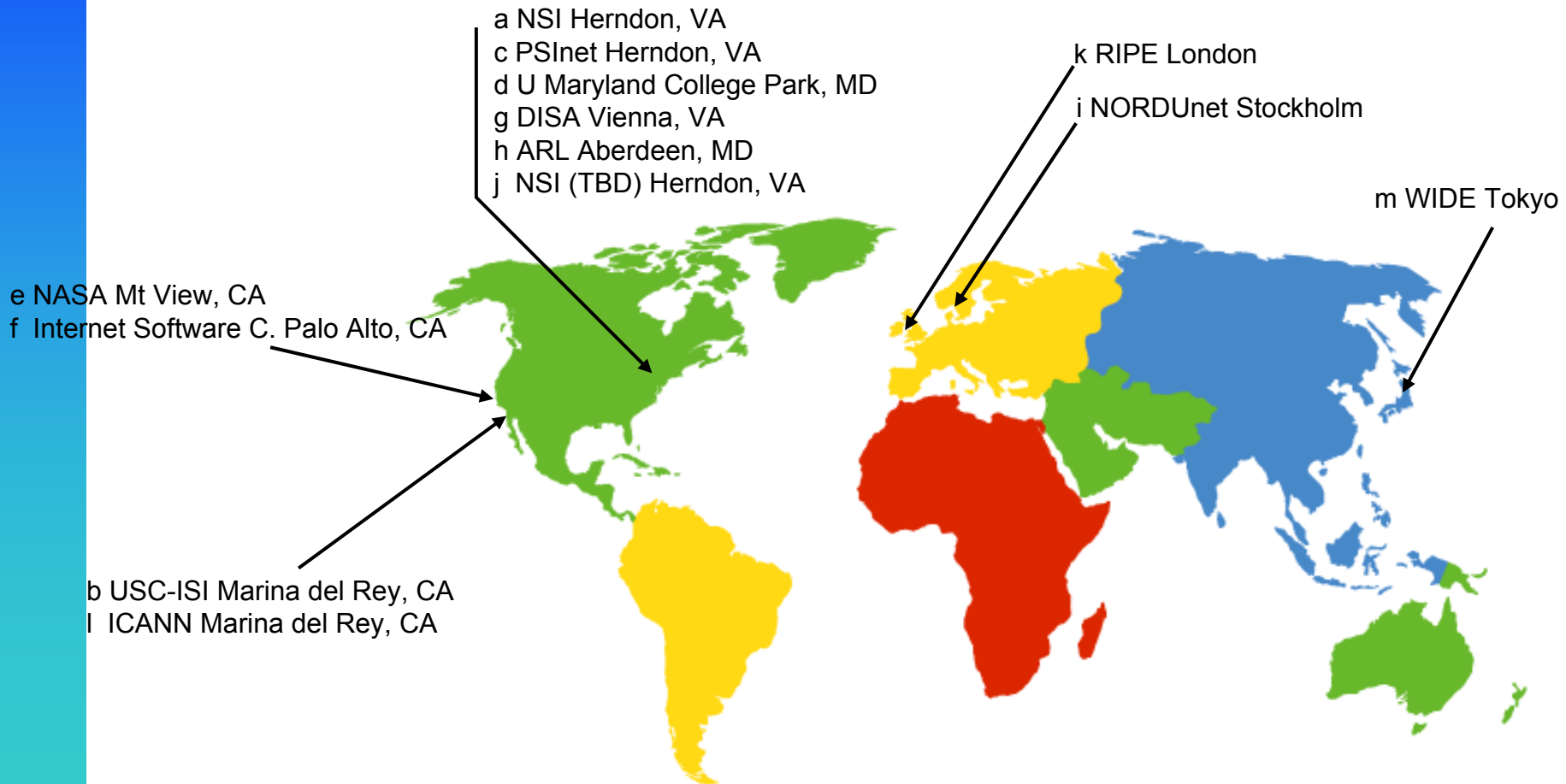
- Αν ένας εξυπηρετητής DNS δεν έχει καταλήξει στο πού θα βρει τη διεύθυνση που αντιστοιχεί στο όνομα κάποιου υπολογιστή, ρωτά τον εξυπηρετητή κορυφής
- Ο εξυπηρετητής κορυφής θα του υποδείξει με ποιον εξυπηρετητή να επικοινωνήσει
- Μια ερώτηση μπορεί να προωθηθεί αρκετές φορές

Εξυπηρετητές κορυφής (Root name servers)



- ερωτώνται από τοπικούς εξυπηρετητές ονομάτων όταν δεν μπορούν να αναλύσουν κάποιο όνομα
- ο εξυπηρετητής κορυφής DNS:
 - επικοινωνεί με επίσημο name server αν η αντιστοίχιση του ονόματος δεν είναι γνωστή
 - λαμβάνει την αντιστοίχιση
 - επιστρέφει την αντιστοίχιση στον τοπικό εξυπηρετητή

13 εξυπηρετητές κορυφής σε όλο τον κόσμο



Εξυπηρετητές DNS ανώτατου επιπέδου (Top-level domain - TLD)



- Υπεύθυνοι για τις γενικές περιοχές com, org, net, edu, κλπ, και όλες τις περιοχές χωρών π.χ. uk, fr, ca, jp
- Υπάρχουν λίγοι εξυπηρετητές DNS ανώτατου επιπέδου ανά γενική περιοχή
 - Η Network Solutions διατηρεί στους εξυπηρετητές DNS για την περιοχή com
 - Η Educause διατηρεί στους εξυπηρετητές DNS για την περιοχή edu
 - Οι εξυπηρετητές κορυφής προωθούν τις ερωτήσεις προς αυτούς

Επίσημοι εξυπηρετητές περιοχής (Authoritative DNS servers)



- Ο επίσημος (authoritative) εξυπηρετητής ονομάτων:
 - περιέχει τις αυθεντικές εγγραφές για τους υπολογιστές μιας περιοχής
 - τον συντηρεί συνήθως ο οργανισμός που κατέχει το όνομα της περιοχής ή ο πάροχος δικτύου



Τοπικός εξυπηρετητής

- Κάθε οργανισμός, εταιρεία, πανεπιστήμιο, πάροχος έχει έναν
 - γνωστός και ως ο επιλεγμένος (default) εξυπηρετητής
- Όταν ένας υπολογιστής κάνει μια ερώτηση, αυτή αποστέλλεται στον τοπικό εξυπηρετητή
 - λειτουργεί ως ενδιάμεσος και προωθεί την ερώτηση εάν απαιτείται

Επικοινωνία μεταξύ εξυπηρετητών



- Αν ζητηθεί από έναν εξυπηρετητή DNS να δώσει την αντιστοίχιση για έναν host εκτός της περιοχής του (και η αντιστοίχιση δεν υπάρχει στην προσωρινή μνήμη):
 - Ο εξυπηρετητής βρίσκει έναν εξυπηρετητή ονομάτων της άλλης περιοχής.
 - Ο εξυπηρετητής ζητά από τον εξυπηρετητή ονομάτων να του δώσει την αντιστοίχιση του ονόματος του host με μια διεύθυνση IP.
- Για να βρει τον σωστό εξυπηρετητή ονομάτων, χρησιμοποιεί DNS.

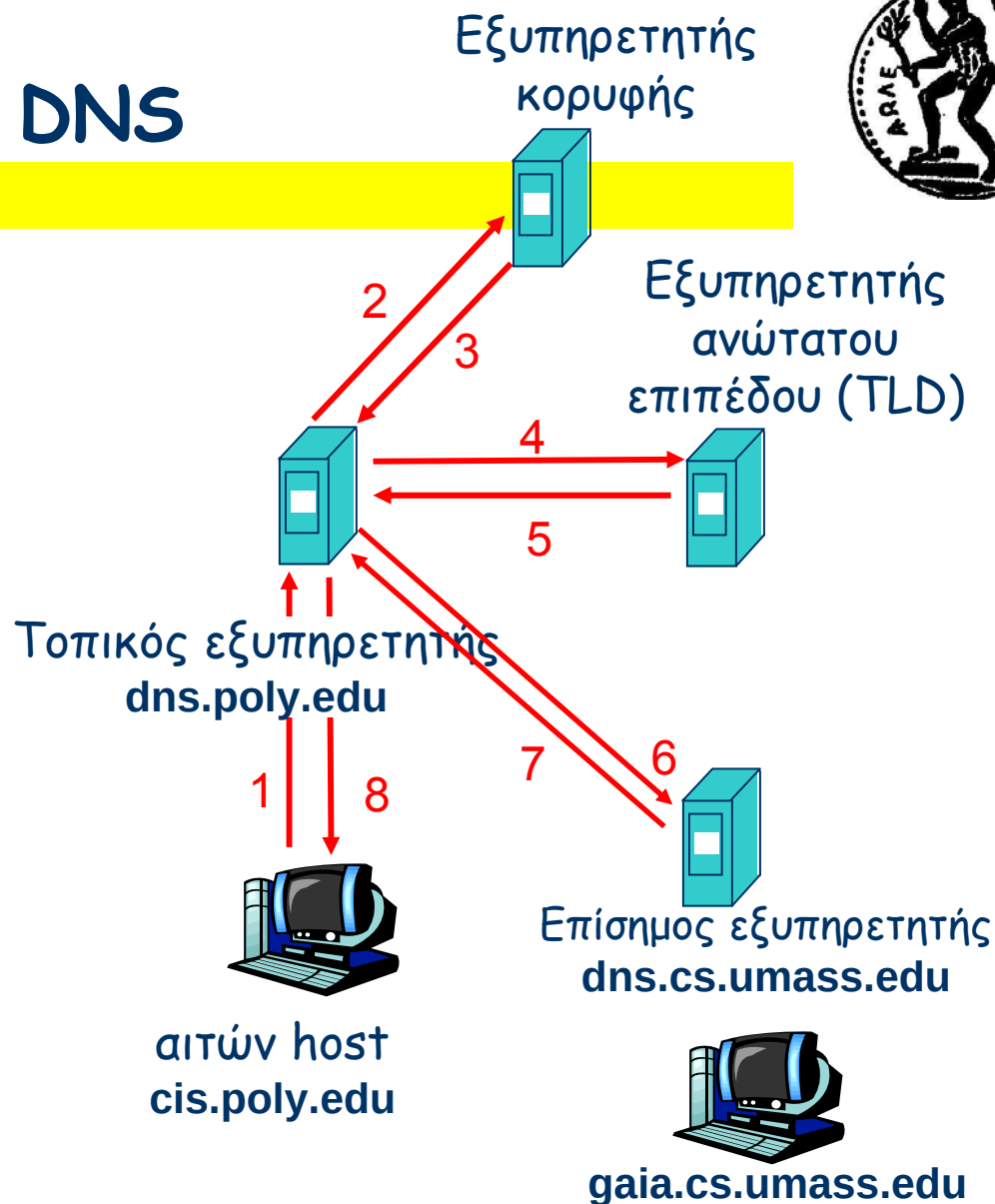
Απλό παράδειγμα DNS



- Υπολογιστής της περιοχής cis.poly.edu θέλει την διεύθυνση IP του υπολογιστή gaia.cs.umass.edu

Επαναληπτική αναζήτηση:

- ο καλούμενος server απαντά με το όνομα του server για την επόμενη επικοινωνία
- "Δεν ξέρω αυτό το όνομα, αλλά ρώτα αυτόν τον server"

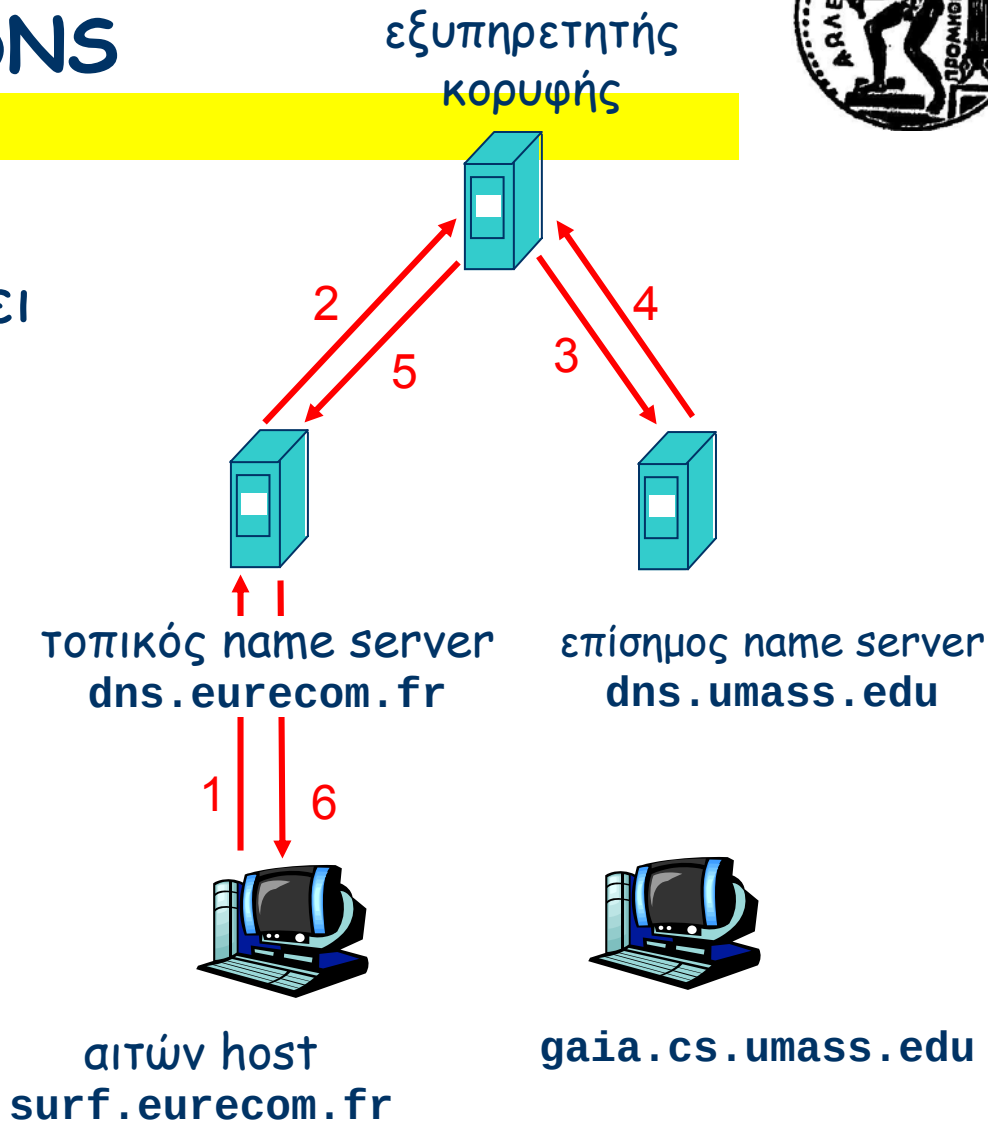




Άλλο παράδειγμα DNS

ο υπολογιστής
surf.eurecom.fr θέλει
τη διεύθυνση IP του
gaia.cs.umass.edu

1. επικοινωνεί με τον τοπικό του DNS server, **dns.eurecom.fr**
2. ο **dns.eurecom.fr** επικοινωνεί με τον root name server, αν χρειάζεται
3. ο root name server επικοινωνεί με τον επίσημο name server, **dns.umass.edu**, αν είναι αναγκαίο



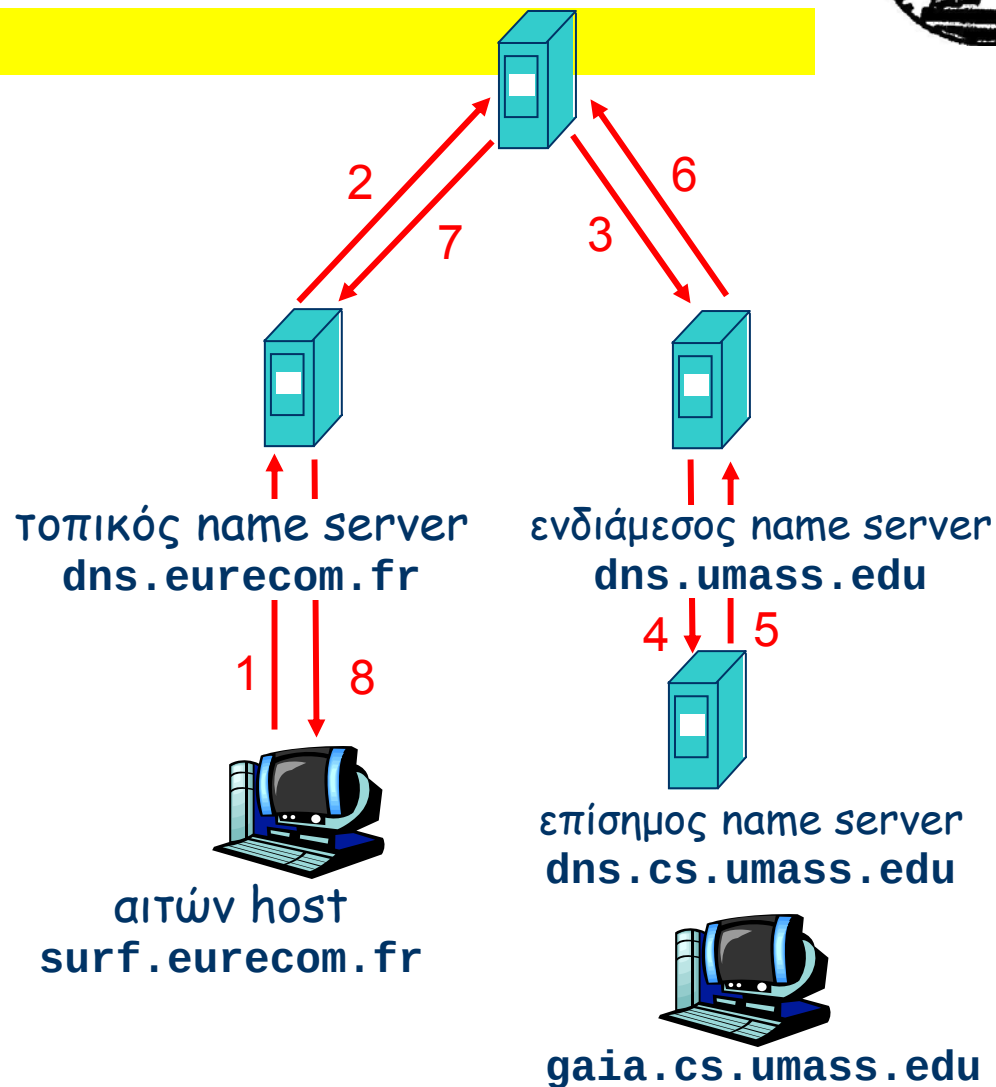
Άλλο παράδειγμα DNS

εξυπηρετητής
κορυφής



Root name server:

- μπορεί να μην γνωρίζει επίσημο name server
- μπορεί να γνωρίζει *ενδιάμεσο name server*: με το οποίο θα έρθει σε επαφή για να βρει επίσημο name server





- Μια αίτηση μπορεί να δείχνει ότι είναι επιθυμητή μια αναδρομή - τούτο υποδεικνύει στον εξυπηρετητή να βρει την απάντηση (πιθανώς επικοινωνώντας με άλλους εξυπηρετητές).
- Αν δεν αιτείται αναδρομή - η απάντηση μπορεί να είναι μια λίστα από άλλους εξυπηρετητές για επικοινωνία.

Αναδρομική ή επαναληπτική αναζήτηση:

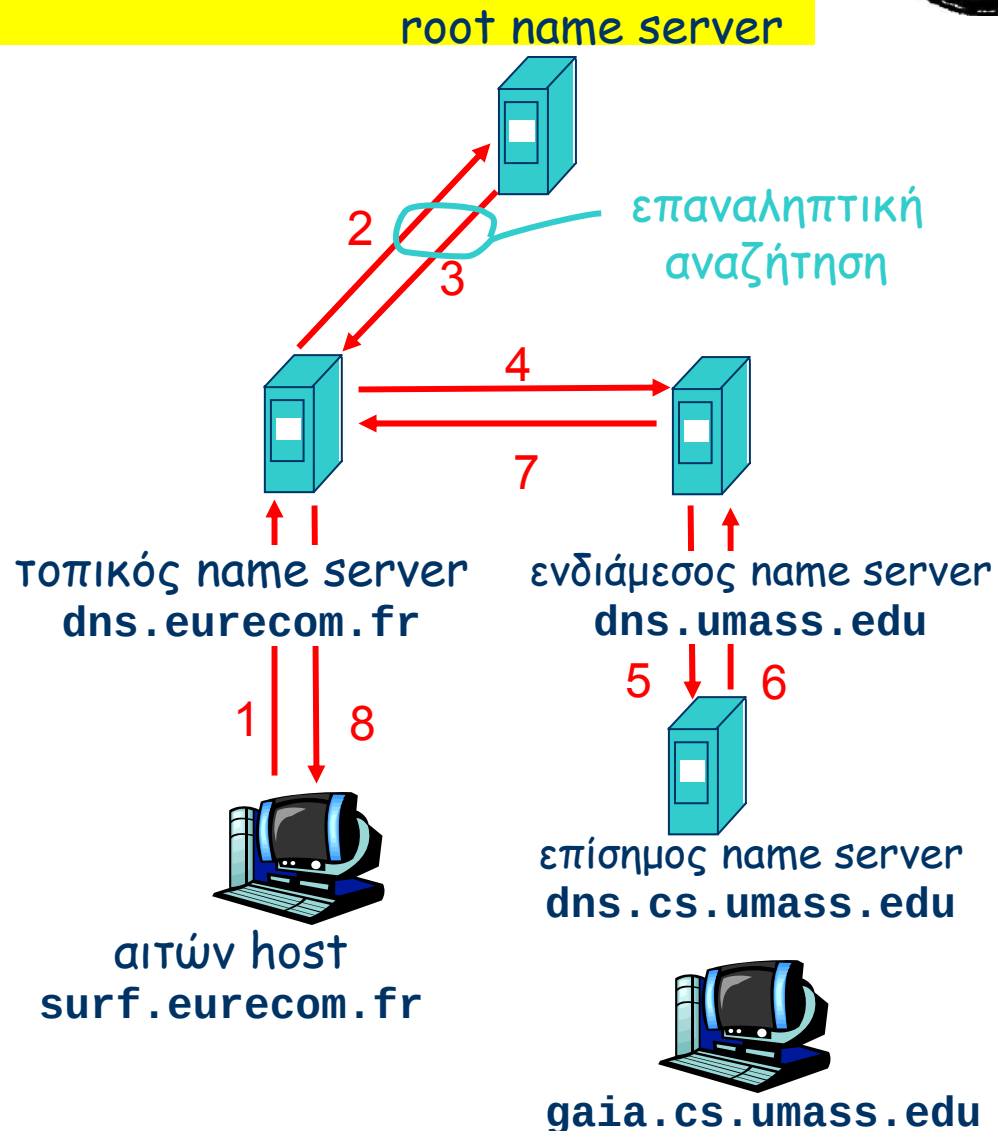


Αναδρομική αναζήτηση:

- επιβαρύνει τον καλούμενο name server για την επίλυση του ονόματος
- υψηλό φορτίο;

Επαναληπτική αναζήτηση:

- ο καλούμενος server απαντά με το όνομα του server για την επόμενη επικοινωνία
- "Δεν ξέρω αυτό το όνομα, αλλά ρώτα αυτόν τον server"



Προσωρινή αποθήκευση



- Όταν κάποιος εξυπηρετητής DNS μάθει μια αντιστοιχία, την αποθηκεύει προσωρινά
 - Οι εγγραφές αυτές μετά από κάποιο διάστημα διαγράφονται
 - Οι εξυπηρετητές DNS ανώτατου επιπέδου εν γένει βρίσκονται στην προσωρινή μνήμη του τοπικού εξυπηρετητή DNS
 - Δεν χρειάζεται ερώτηση στους εξυπηρετητές κορυφής

Εγγραφές DNS



Τύπος RR: (name, value, type, ttl)

- Type = A
 - name είναι το όνομα του host
 - value είναι η διεύθυνση IP
- Type = NS
 - name είναι η περιοχή (πχ. foo.com)
 - value είναι η διεύθυνση IP του επίσημου name server για την περιοχή
- Type = CNAME
 - name είναι ψευδώνυμο για κάποιο "επίσημο" όνομα `www.ibm.com`
 - value είναι επίσημο (canonical) όνομα `servereast.backup2.ibm.com`
- Type = MX
 - value είναι το όνομα του mail-server που σχετίζεται με το name



Πρωτόκολλο, μηνύματα DNS

Πρωτόκολλο DNS: *ερωτήσεις* και *απαντήσεις*, με την ίδια *μορφή μηνύματος*

επικεφαλίδα

- **ταυτότητα**: αριθμός 16 bit για την ερώτηση, η απάντηση χρησιμοποιεί τον ίδιο αριθμό
- **σημαίες**:
 - ερώτηση ή απάντηση
 - επιθυμητή αναδρομή
 - διαθέσιμη αναδρομή
 - η απάντηση είναι επίσημη

identification	flags
number of questions	number of answer RRs
number of authority RRs	number of additional RRs
questions (variable number of questions)	
answers (variable number of resource records)	
authority (variable number of resource records)	
additional information (variable number of resource records)	

↑
12 bytes
↓



Πρωτόκολλο, μηνύματα DNS

Πεδία Name, type
για ερώτηση

RR απάντησης
σε ερώτηση

εγγραφές για
επίσημους servers

πρόσθετη "χρήσιμη"
πληροφορία που μπορεί
να χρησιμοποιηθεί

identification	flags
number of questions	number of answer RRs
number of authority RRs	number of additional RRs
questions (variable number of questions)	
answers (variable number of resource records)	
authority (variable number of resource records)	
additional information (variable number of resource records)	

12 bytes

Σημαίες μηνύματος



- QR: Query=0, Response=1
- AA: Authoritative Answer
- TC: response truncated (> 512 bytes)
- RD: recursion desired
- RA: recursion available
- rcode: return code

Μορφή ερώτησης



- Name: όνομα περιοχής (ή διεύθυνση IP)
- Query type (A, NS, MX, ...)
- Query class (1 για IP)

Πεδία που περιέχει η απάντηση



- Domain Name
- Response type
- Class (IP)
- Time to live (in seconds)
- Length of resource data
- Resource data

UDP & TCP



- Και το UDP και TCP χρησιμοποιούνται:
 - Το TCP για μεταφορές ολόκληρης βάσης δεδομένων σε δευτερεύοντες εξυπηρετητές (αντιγραφή).
 - Το UDP για αναζητήσεις
 - Αν η απάντηση υπερβαίνει τα 512 byte, ο αιτών ξανα-υποβάλλει την ερώτηση χρησιμοποιώντας TCP.



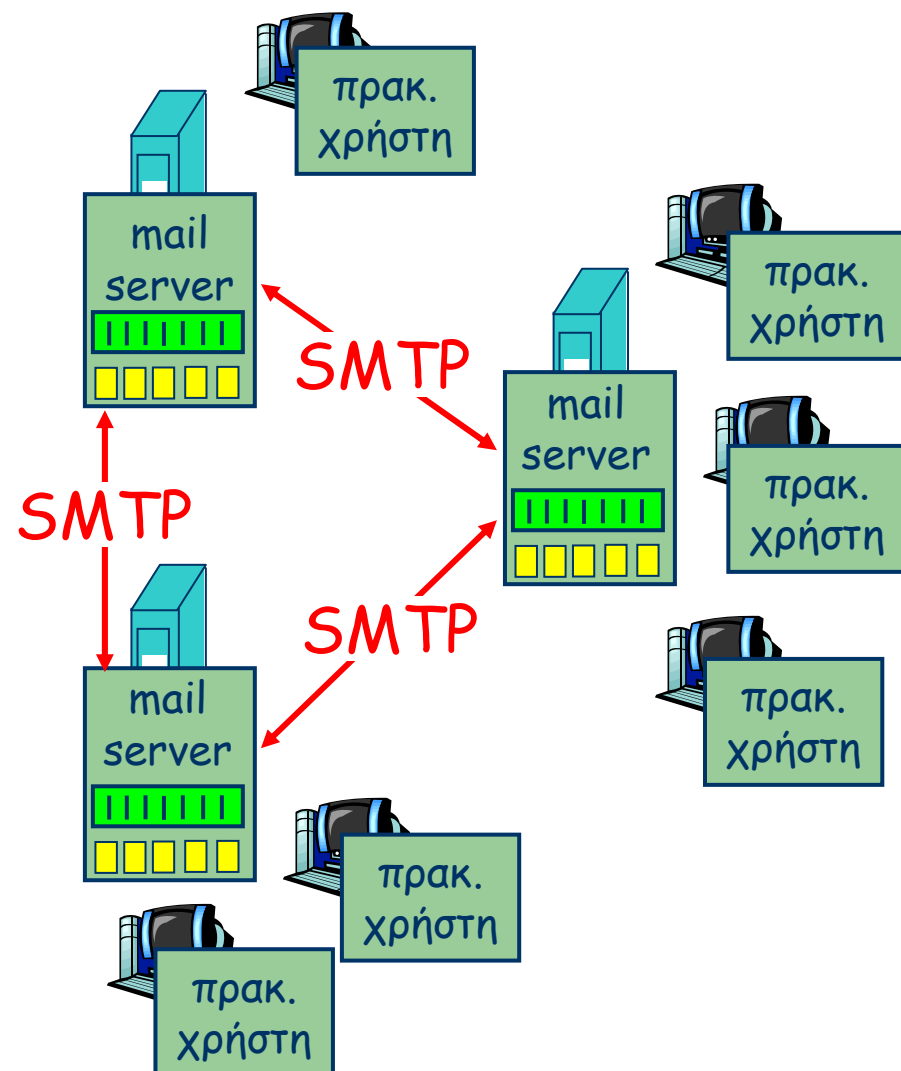
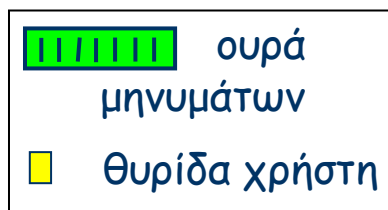
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο

Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο



Τρεις κύριες συνιστώσες:

- Πράκτορες χρηστών
- Εξυπηρετητές ηλ. ταχυδρομείου
- Πρωτόκολλο SMTP



Πράκτορας χρήστη



- Πρόγραμμα ανάγνωσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
- Σύνθεση και ανάγνωση μηνυμάτων ηλ. ταχυδρομείου
 - π.χ., Eudora, Outlook, elm, Mozilla Thunderbird
- Εισερχόμενα και εξερχόμενα μηνύματα αποθηκεύονται στον εξυπηρετητή

Εξυπηρετητής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου



- client: sending mail server
- "server": receiving mail server
- Η θυρίδα περιέχει τα εισερχόμενα μηνύματα του χρήστη
- Η ουρά μηνυμάτων περιέχει τα προς αποστολή μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
- Το πρωτόκολλο SMTP χρησιμοποιείται μεταξύ εξυπηρετητών ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για την αποστολή ηλεκτρονικής αλληλογραφίας
 - Ο πελάτης: στέλνει στον εξυπηρετητή
 - Ο εξυπηρετητής: λαμβάνει την ηλεκτρονική αλληλογραφία

Πρωτόκολλο SMTP

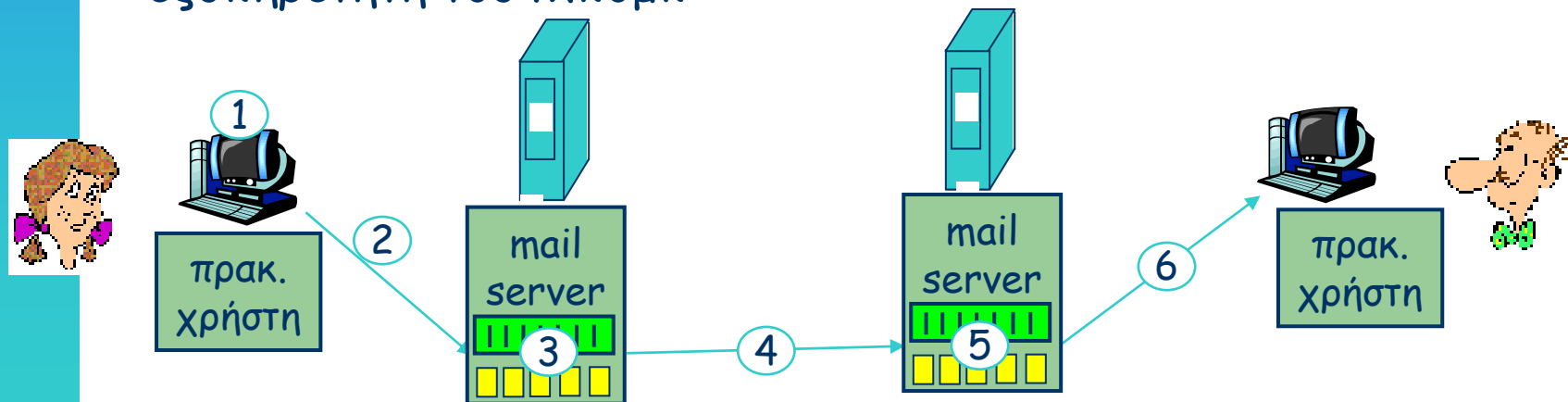


- Χρησιμοποιεί το TCP για την ασφαλή μεταφορά ηλεκτρονικής αλληλογραφίας από τον πελάτη στον εξυπηρετητή (θύρα 25)
- Απευθείας μεταφορά: εξυπηρετητής αποστολέα προς εξυπηρετητή παραλήπτη
- Τρεις φάσεις μεταφοράς
 - χειραψία
 - μεταφορά μηνύματος
 - κλείσιμο
- Αλληλεπίδραση στη μορφή εντολή/απόκριση
 - **εντολές**: κείμενο ASCII
 - **απόκριση**: κωδικός κατάστασης και φράση
- Το μήνυμα είναι χαρακτήρες ASCII



Παράδειγμα

- 1) Η Αλίκη χρησιμοποιεί τον πράκτορα ηλ. ταχυδρομείου για να συνθέσει μήνυμα προς τον Μπομπ
- 2) Ο πράκτορας ηλεκτρονικού ταχυδρομείου της Αλίκης στέλνει την αλληλογραφία στον εξυπηρετητή της όπου και αποθηκεύεται στην ουρά μηνυμάτων
- 3) Ο εξυπηρετητής ηλ. ταχυδρομείου ανοίγει σύνδεση TCP με τον εξυπηρετητή του Μπομπ
- 4) Ο εξυπηρετητής ηλ. ταχυδρομείου στέλνει το μήνυμα της Αλίκης πάνω από τη σύνδεση TCP
- 5) Ο εξυπηρετητής ηλ. ταχυδρομείου του Μπομπ τοποθετεί το μήνυμα στη θυρίδα του Μπομπ
- 6) Ο Μπομπ διαβάζει το μήνυμα της Αλίκης με τη βοήθεια του πράκτορα ηλ. ταχυδρομείου





Παράδειγμα SMTP

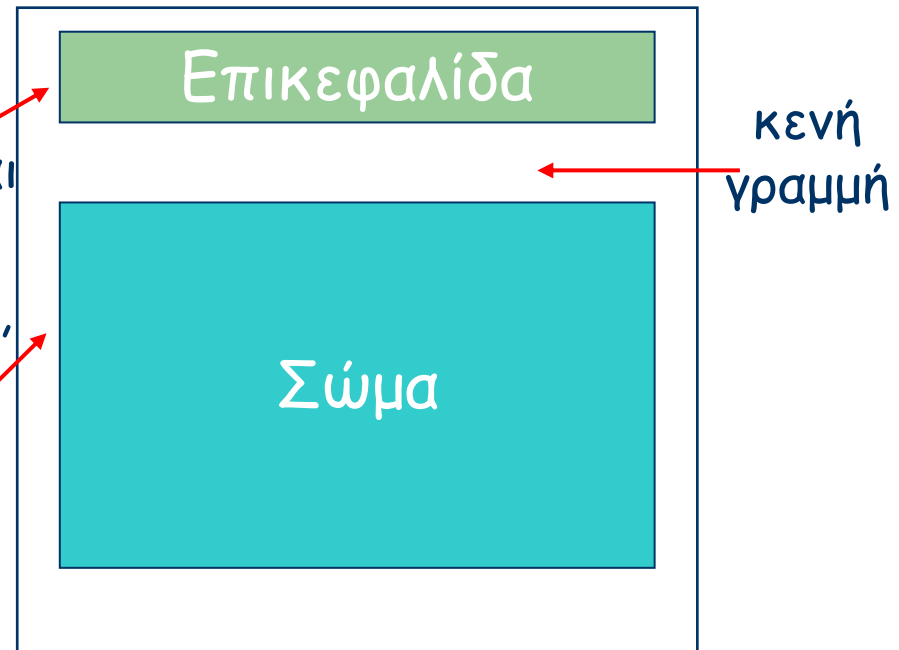
```
S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250 Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>
S: 250 alice@crepes.fr... Sender ok
C: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>
S: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Do you like ketchup?
C: How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

Μορφή μηνύματος ηλεκτρονικής αλληλογραφίας



Το πρωτόκολλο SMTP ορίζεται στο RFC 822:

- Γραμμές επικεφαλίδας, π.χ.,
 - To:
 - From:
 - Subject:*διαφέρουν από τις εντολές SMTP!*
- Σώμα
 - Το μήνυμα (αποκλειστικά) σε χαρακτήρες ASCII





Επεκτάσεις MIME

- Οι επεκτάσεις MIME ορίζονται στα πρότυπα RFC 2045, 2056
- Προσδιορίζονται επιπλέον γραμμές στην επικεφαλίδα για να προσδιορισθεί το είδος το περιεχομένου MIME

Έκδοση MIME

Μέθοδος κωδικοποίησης δεδομένων

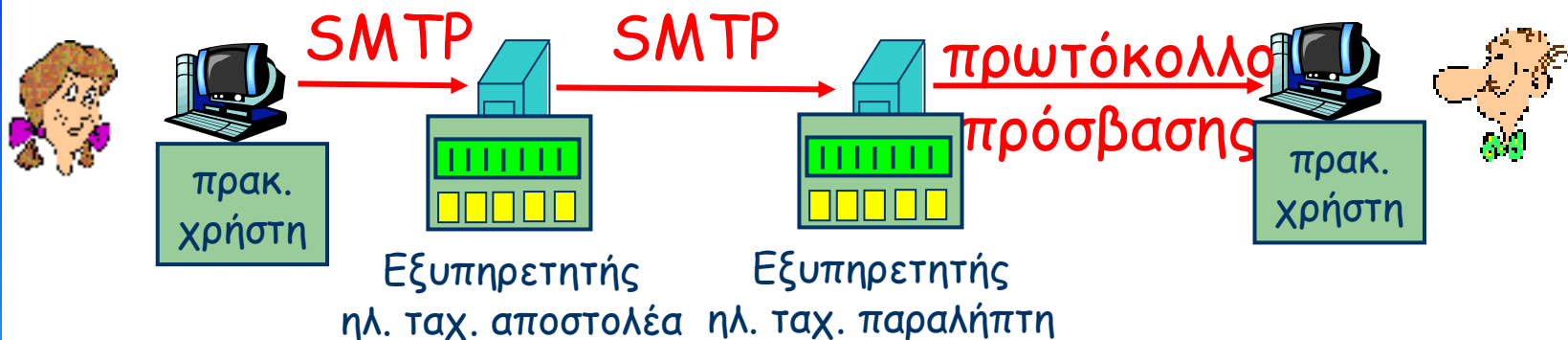
Τύπος πολυμεσικών δεδομένων (type/subtype)

Κωδικοποιημένα δεδομένα

```
From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.....base64 encoded data
```

Πρωτόκολλα πρόσβασης στην ηλεκτρονική αλληλογραφία



- SMTP: παράδοση/αποθήκευση στον εξυπηρετητή του παραλήπτη
- Πρωτόκολλο πρόσβασης στην ηλεκτρονική αλληλογραφία: ανάκληση μηνύματος από τον εξυπηρετητή
 - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
 - ταυτοποίηση (πράκτορας <--> εξυπηρετητής) και κατέβασμα
 - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
 - πολύπλοκο
 - επεξεργασία των αποθηκευμένων μηνυμάτων
 - HTTP: π.χ. gmail, Hotmail, Yahoo! Mail, κλπ



Πρωτόκολλο POP3

Φάση ταυτοποίησης

- Εντολές πελάτη:
 - user: όνομα χρήστη
 - pass: κωδικός χρήστη
- Απόκριση εξυπηρετητή
 - +OK
 - -ERR

Φάση δοσοληψίας, πελάτης:

- list: λίστα α/α μηνυμάτων
- retr: ανάκληση μηνύματος βάση του α/α
- dele: διαγραφή
- quit

```
S: +OK POP3 server ready
C: user bob
S: +OK
C: pass hungry
S: +OK user successfully logged on

C: list
S: 1 498
S: 2 912
S: .
C: retr 1
S: <message 1 contents>
S: .
C: dele 1
C: retr 2
S: <message 1 contents>
S: .
C: dele 2
C: quit
S: +OK POP3 server signing off
```

POP3 και IMAP



POP3

- Κατέβασμα και διαγραφή
 - Ο Μπομπ δε μπορεί να ξαναδιαβάσει την ηλ. αλληλογραφία εάν αλλάξει πελάτη
- Κατέβασμα και διατήρηση
 - Αντίγραφα της ηλ. αλληλογραφίας σε διαφορετικούς πελάτες
- POP3 δε διατηρεί πληροφορία κατάστασης

IMAP

- Τα μηνύματα παραμένουν σε μια θέση: στον εξυπηρετητή
- Ο χρήστης μπορεί να τα οργανώσει σε φακέλους
- Το IMAP διατηρεί την κατάσταση μεταξύ διαφορετικών συνόδων:
 - Ονόματα φακέλων
 - Αντιστοιχίες α/α μηνυμάτων και φακέλων