



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Δίκτυα Επικοινωνιών

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Άννα Τζανακάκη

Τμήμα Φυσικής
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Δίκτυα Επικοινωνιών



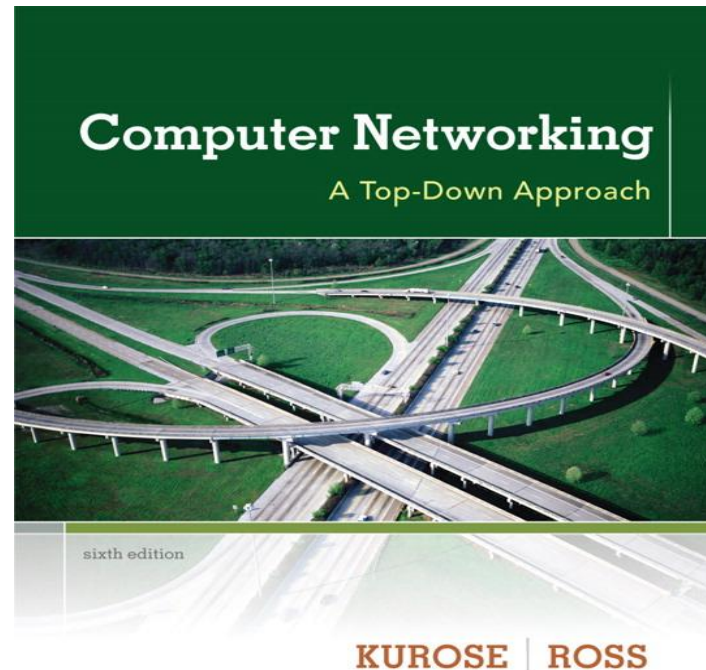
Εθνικό & Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Συνιστώμενο Βιβλίο:

**Computer Networking: A Top-Down
Approach, by Kurose & Ross,
Addison-Wesley**

Ελληνική Μετάφραση:

Εκδόσεις : Μ. Γκιούρδας



Κάποιες από τις διαφάνειες αυτής της ενότητας αποτελούν προσαρμογή και απόδοση στα ελληνικά των διαφανειών που συνοδεύουν το βιβλίο Computer Networking : A Top-Down Approach, J.F Kurose and K.W. Ross, 7/E, Addison-Wesley.

All material copyright 1996-2012
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Προσαρμογή και επιμέλεια της απόδοσης των πρωτότυπων διαφανειών στα ελληνικά :
Λάζαρος Μεράκος

Εργαστήριο στα Δίκτυα Επικοινωνιών

🔗 Προμοίωση Πραγματικών Δικτύων:

✦ 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/>)

✦ Διαθέσιμο σε Windows, MAC OS, Ubuntu

🔗 Εργαστηριακές Ασκήσεις:

✦ Εισαγωγή στο CPT

✦ Επίπεδο Μεταφοράς

✦ Επίπεδο Δικτύου

✦ Επίπεδο Ζεύξης

✦ Δίκτυα Καθοριζόμενα απο Λογισμικό (SDN)

Ιστορική αναδρομή υπολογιστικών συστημάτων.....

- ❖ 1950's / 60's / 70's - Centralized
 - Κοινή χρήση και αξιοπιστία
 - Τερματικά βασισμένα σε κειμενογράφους, περιορισμένες δυνατότητες----> PC's
- ❖ 1980's - Distributed client server
 - Χαμηλό κόστος και απλότητα
 - PC's ----> κινητές συσκευές και αισθητήρες
- ❖ Mid 1990's - Internet / Web
 - Παροχή υπολογιστική πόρων κατ' απαίτηση (on demand computing)



Δίκτυα Υπολογιστών

- ❖ 1960-1970: Πρώτα πακέτα στέλνονται από το UCLA-Stanford Research Institute
- ❖ 1980: Τα δίκτυα καλύπτουν τις επιστημονικές αναζητήσεις ερευνητών σε πανεπιστήμια
- ❖ 1988: Όλα τα ενσύρματα δίκτυα είναι από χαλκό
- ❖ 1988: Τα δίκτυα χρησιμοποιούνται μόνο από πανεπιστήμια και μεγάλες επιχειρήσεις
- ❖ 1996: Τα δίκτυα χρησιμοποιούνται από εκατομμύρια ανθρώπων - διαδίκτυο
- ❖ 2002: Υψηλού ρυθμού συνδέσεις και μεταφορά μεγάλου όγκου πληροφοριών
- ❖ 2015: Εξαιρετικά υψηλοί ρυθμοί πληροφορίας, καινούριες υπηρεσίες για τον τελικό χρήστη π.χ. υπολογιστικό πλέγμα, νέφος κτλ
- ❖ 2050: ?

Εξέλιξη υπηρεσιών

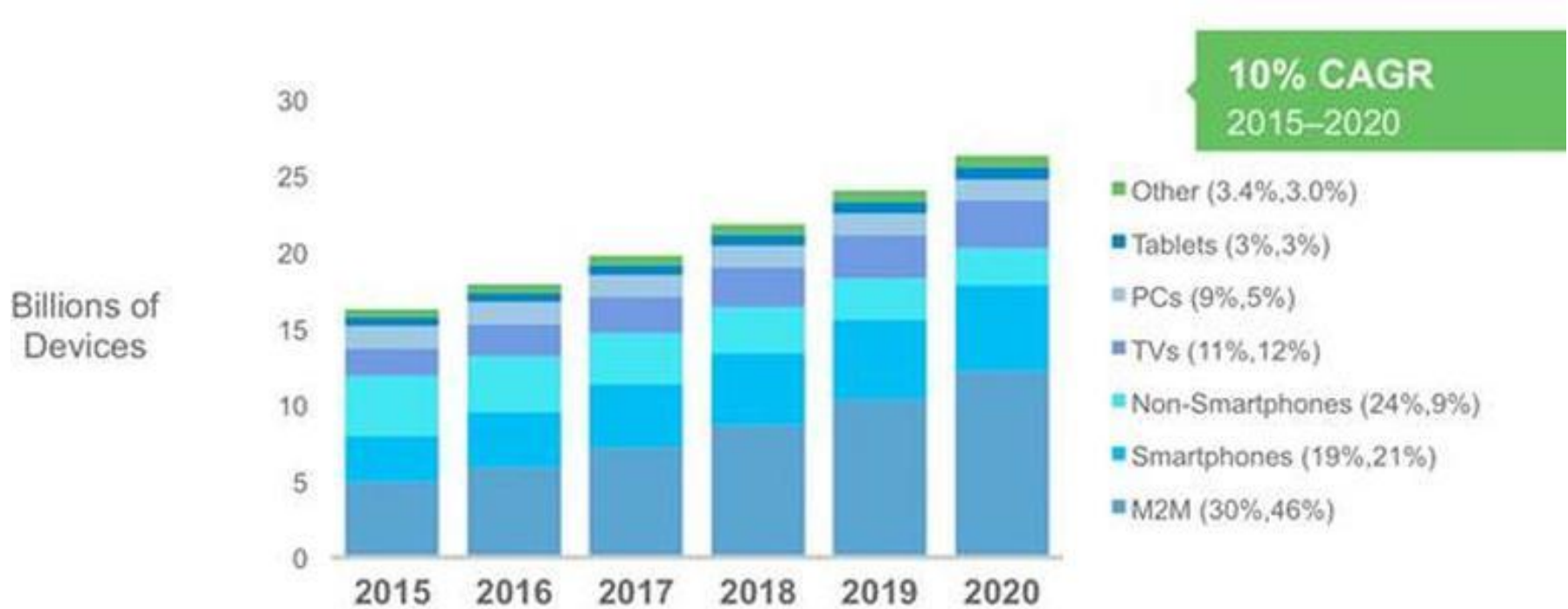
- ❖ **1980's** - χρονοβόρα ανάπτυξη IT υπηρεσιών
- ❖ **1990's** - χιλιάδες επιστήμονες ανά τον κόσμο που επιθυμούσαν πρόσβαση στα δεδομένα του CERN
- ❖ **Pre-Cloud** - Οι IT εφαρμογές είναι πολύ δαπανηρές και δύσκολο να χρησιμοποιηθούν
- ❖ **Cloud** - Οι IT εφαρμογές είναι προσβάσιμες από όλους, παντού και οποιαδήποτε ώρα



“Computer Utilities” Vision: Implications of the Internet

- ❖ 1969 – Leonard Kleinrock, ARPANET project
 - “As of now, computer networks are still in their infancy, but as they grow up and become sophisticated, we will probably see the spread of ‘computer utilities’, which, like present electric and telephone utilities, will service individual homes and offices across the country”
- ❖ ΕΠαναπροσδιορισμός υπολογιστικών συστημάτων
 - 1984 – John Gage, Sun Microsystems
 - “The network is the computer”
 - 2008 – David Patterson, U. C. Berkeley
 - “The data center is the computer. There are dramatic differences between developing software for millions to use as a service versus distributing software for millions to run their PCs”

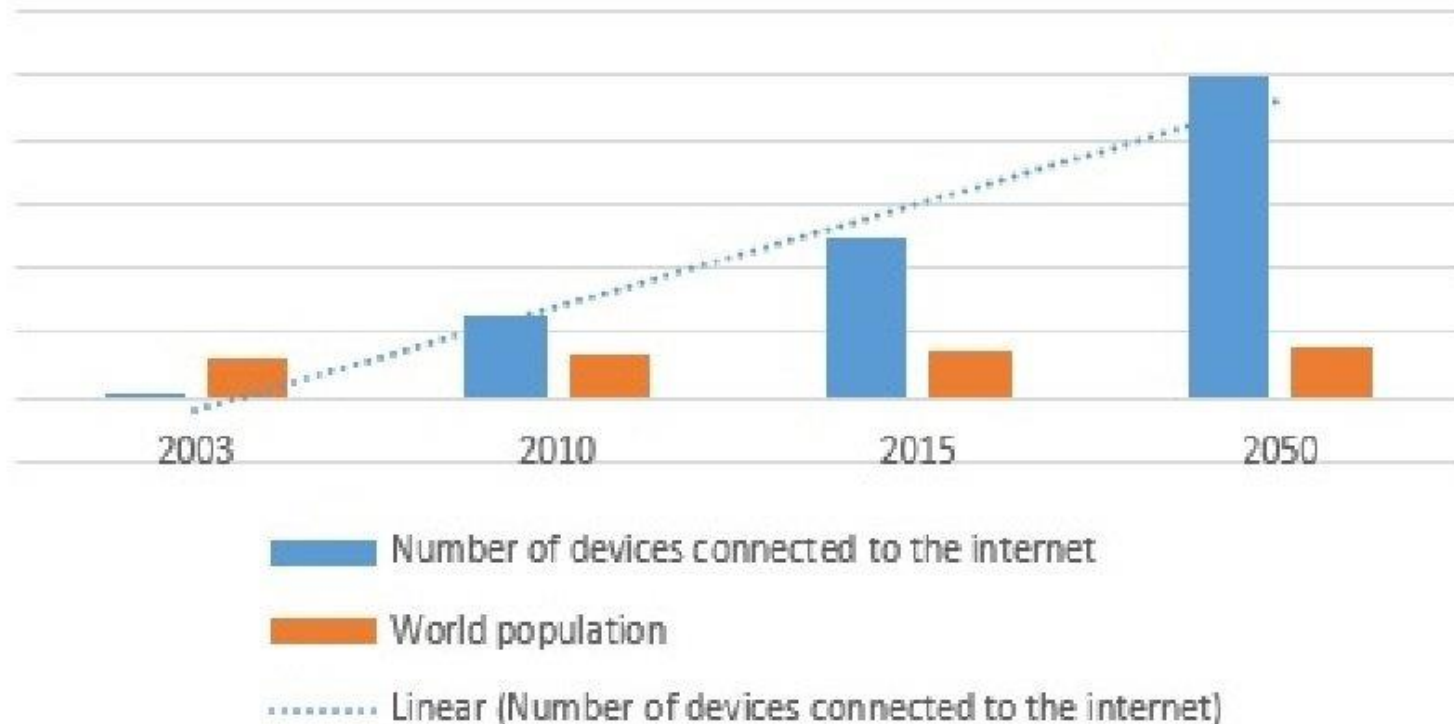
Συσκευές συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο



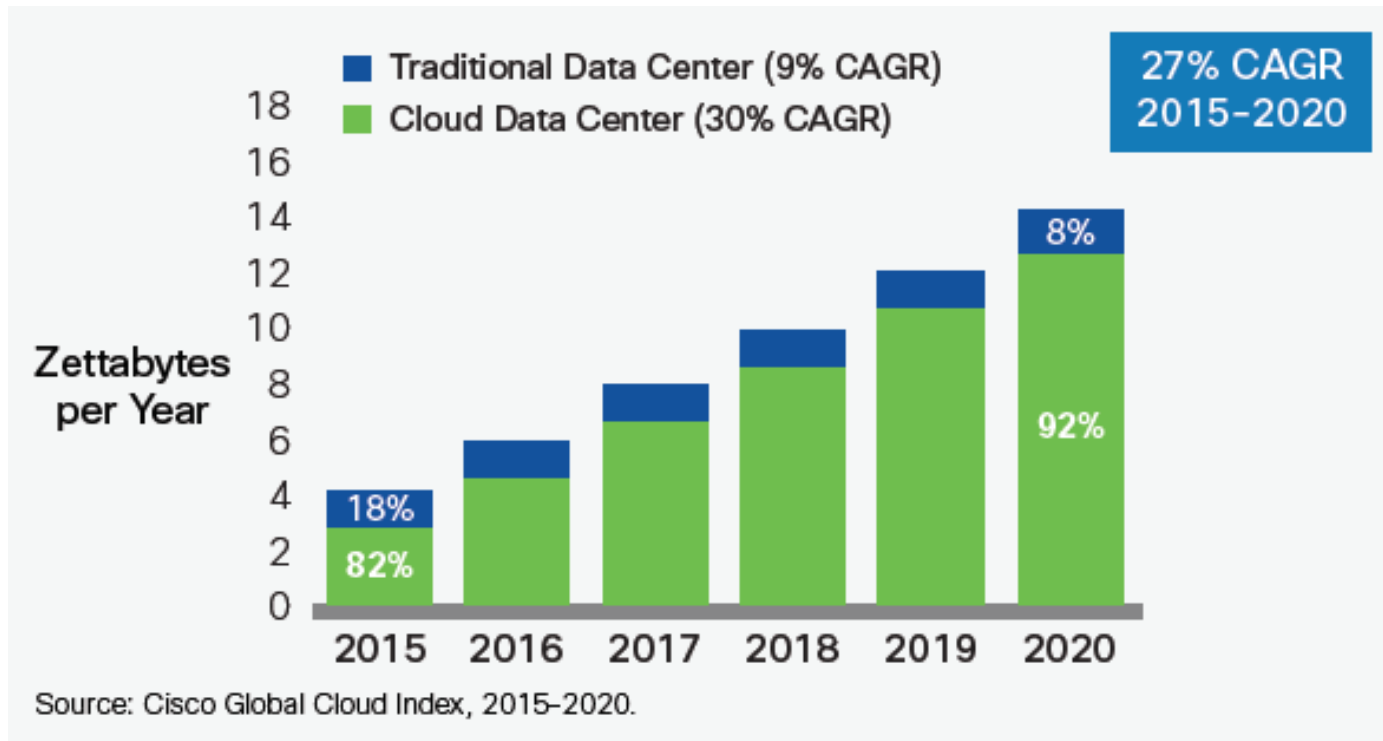
CAGR: Μικτός ρυθμός ετήσιας ανάπτυξης

Συσκευές συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο – Πρόβλεψη

More internet gadgets than people
(Source Cisco)

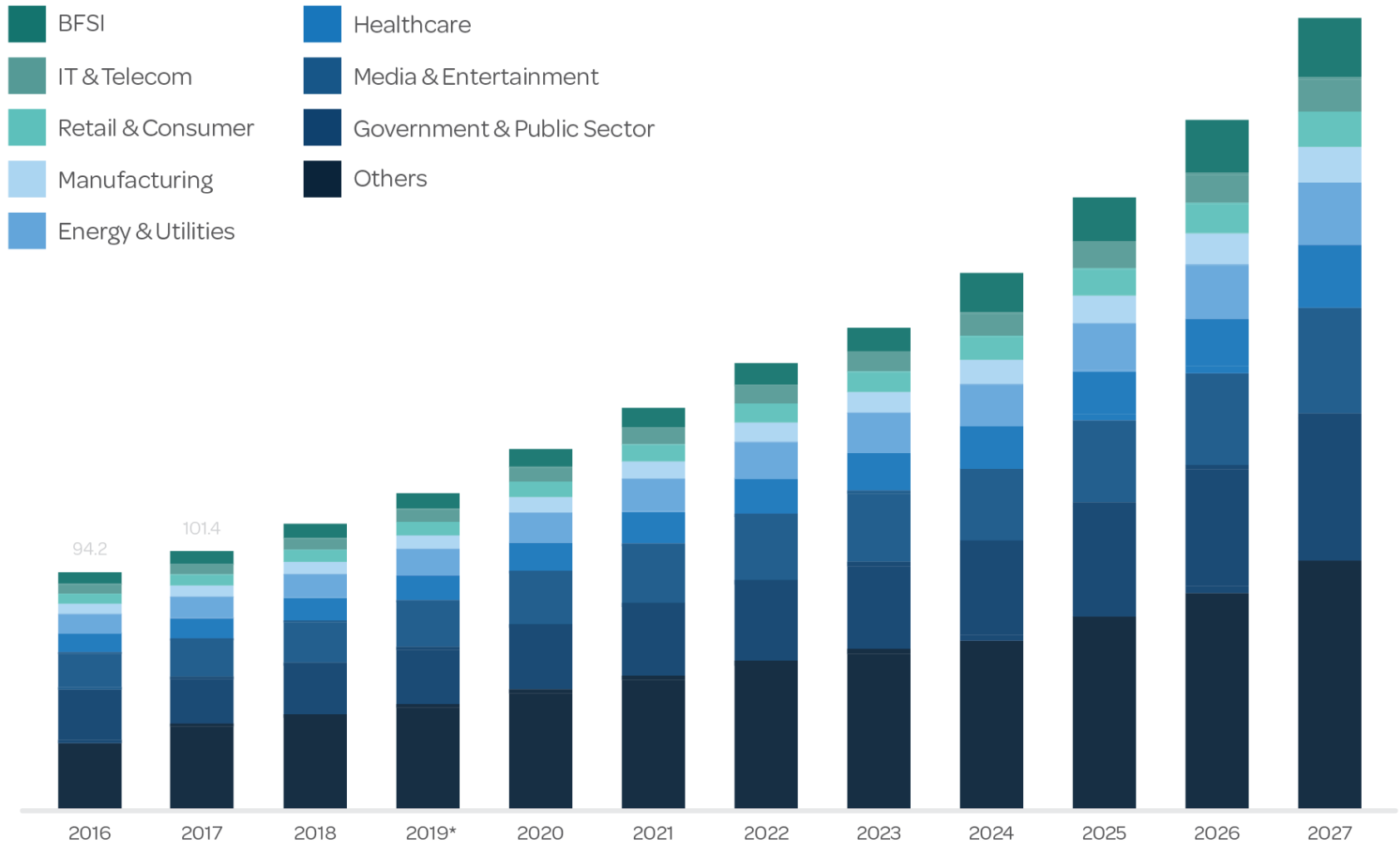


Υπηρεσίες Νέφους



- ❖ Ο όγκος των δεδομένων του διαδικτύου θα φτάσει τα 15 zettabytes το 2020 (1 zettabyte = 10^{21} bytes = 1 billion terabytes)
- ❖ Ο όγκος των δεδομένων που φτάνουν στα υπολογιστικά κέντρα (data center traffic) ξεπερνά ήδη τα 8 zettabytes το χρόνο

U.S. Cloud Computing Market Size by Industry, 2016 - 2027 (USD Billion)



*The global cloud computing market size was valued at USD 266.0 billion in 2019 and is expected to expand at a Compound Annual Growth Rate (CAGR) of 14.9% from 2020 to 2027

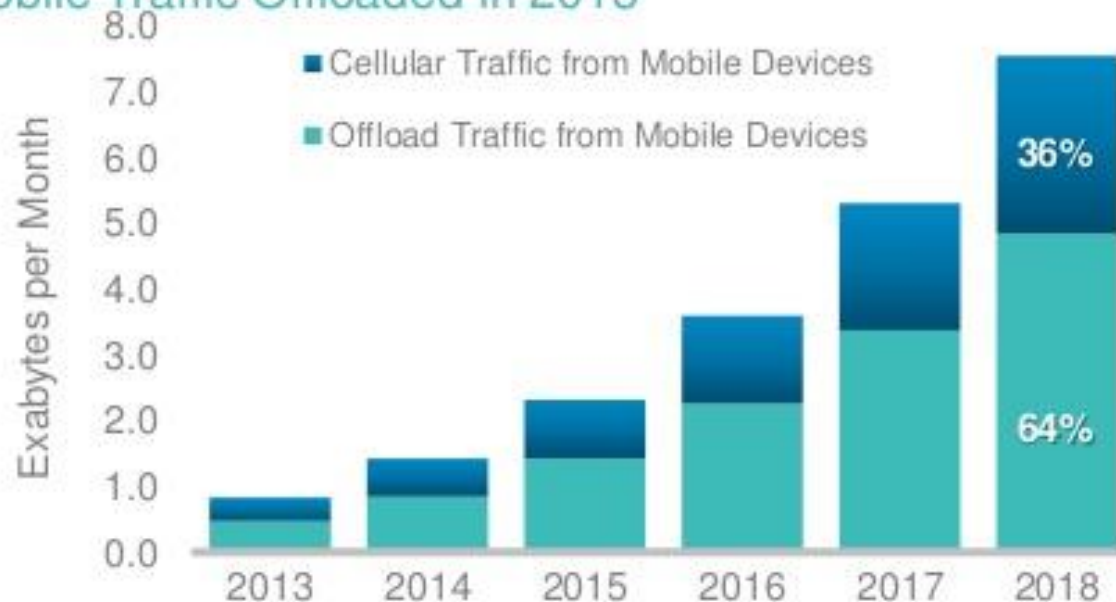
Source: Grand View Research

Υπηρεσίες Νέφους (κινητές)

United States Mobile Data Traffic Offload*

64% of Mobile Traffic to be Offloaded by 2018

57% of Mobile Traffic Offloaded in 2013

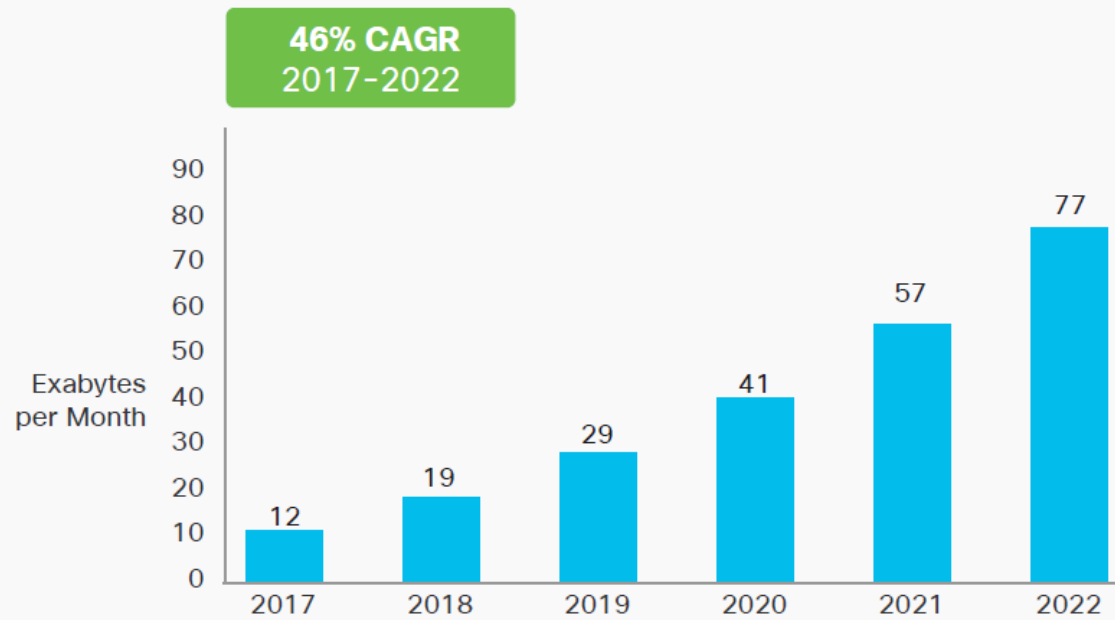


*Offload pertains to traffic from dual mode devices (i.e., supports cell & wi-fi; exc. laptops) over wi-fi/small cell networks

Source: Cisco VNI Global Mobile Data Traffic Forecast, 2013–2018

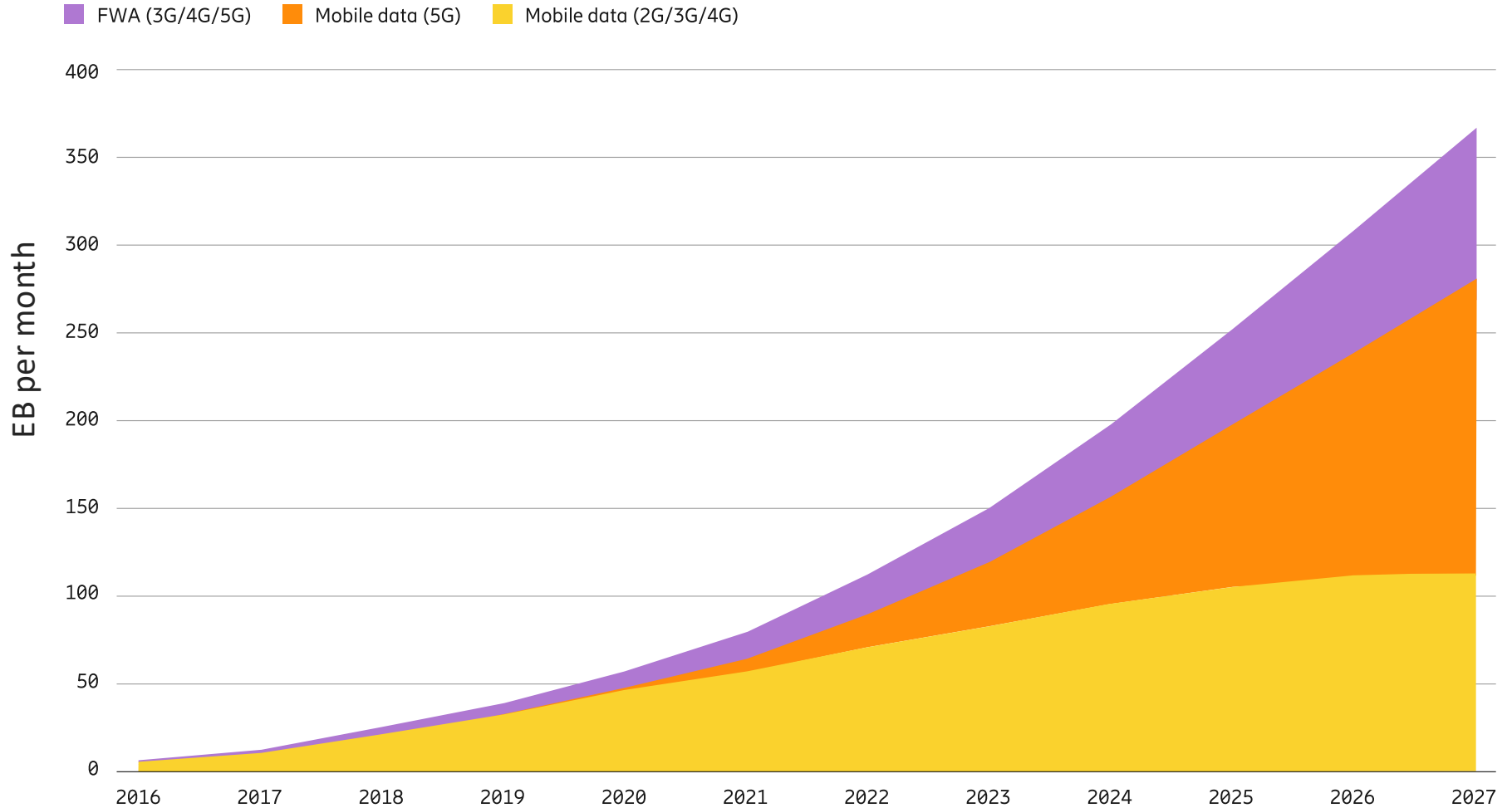
© 2013-2014 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved.

Figure 2. Cisco Forecasts 77 Exabytes per Month of Mobile Data Traffic by 2022



Source: Cisco VNI Mobile, 2019

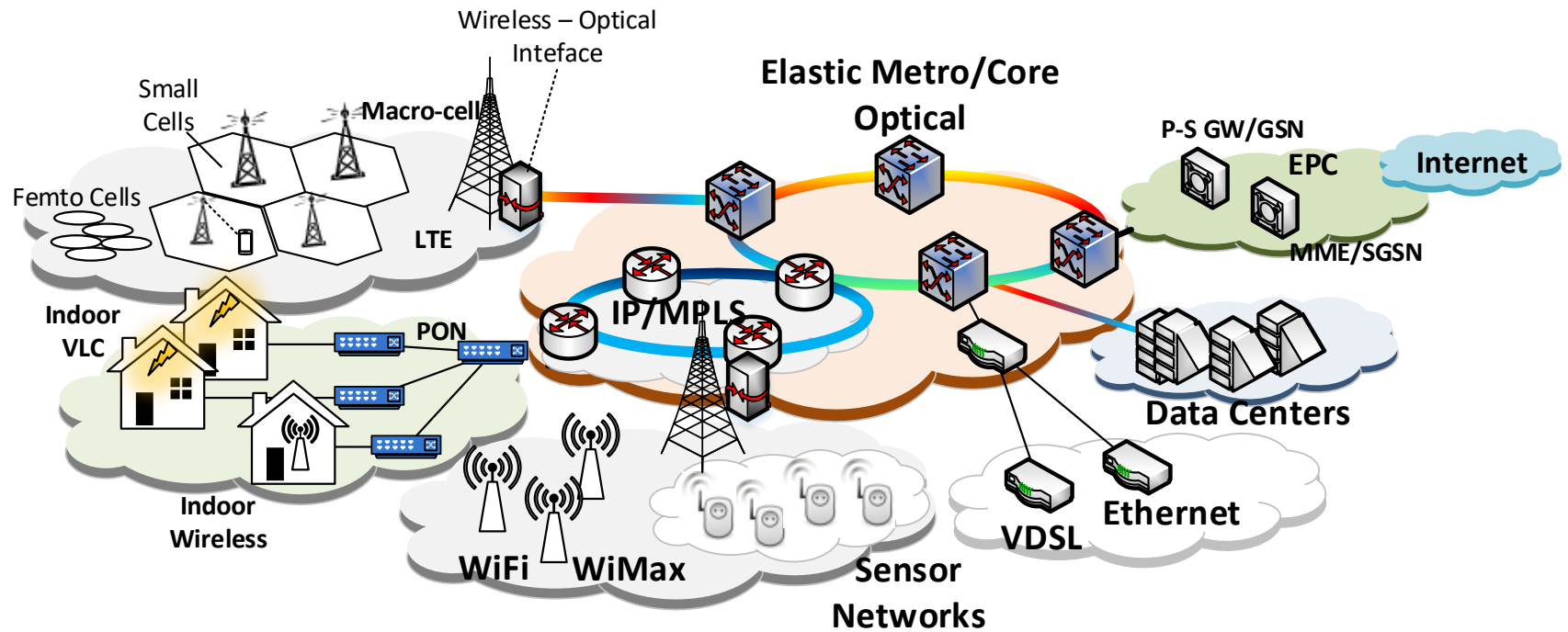
Global mobile network data traffic



Μονοπάτια πληροφορίας



Δικτυακή υποδομή για την υποστήριξη σύγχρονων υπηρεσιών



Δίκτυα Επικοινωνιών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Εθνικό & Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Θεματικές Ενότητες (ΘΕ) μαθήματος:

ΘΕ1: Εισαγωγή

(Κεφ. 1 του βιβλίου)

ΘΕ2: Συστήματα Αναμονής (M/M/1 και παραλλαγές, M/G/1, συστήματα με προτεραιότητες, δίκτυα ουρών)

ΘΕ3: Επίπεδο Μεταφοράς

(Κεφ. 3 του βιβλίου)

ΘΕ4: Επίπεδο Δικτύου

(Κεφ. 4 του βιβλίου)

ΘΕ5: Επίπεδο Ζεύξης: Ζεύξεις, Δίκτυα Πρόσβασης, Δίκτυα Τοπικής Περιοχής

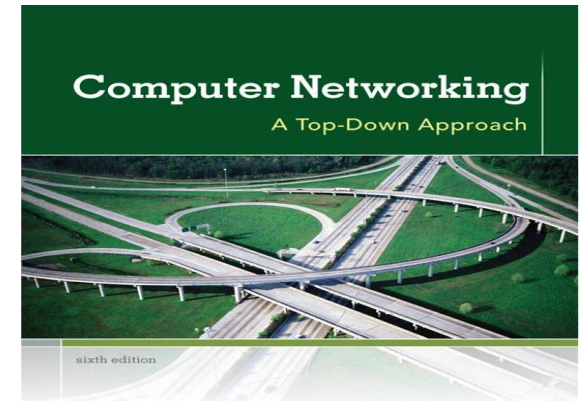
(Κεφ. 5 του βιβλίου)

Συνιστώμενο Βιβλίο:

Computer Networking: A Top-Down Approach, by Kurose & Ross, Addison-Wesley

Ελληνική Μετάφραση:

Εκδόσεις : Μ. Γκιούρδας



KUROSE | ROSS

Οι περισσότερες από τις διαφάνειες αυτής της ενότητας αποτελούν προσαρμογή και απόδοση στα ελληνικά των διαφανειών που συνοδεύουν το βιβλίο *Computer Networking: A Top-Down Approach*, J.F. Kurose and K.W. Ross, 6/E, Addison-Wesley.

All material copyright 1996-2012
J.F. Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Προσαρμογή και επιμέλεια της απόδοσης των πρωτότυπων διαφανειών στα ελληνικά :
Λάζαρος Μεράκος

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Στόχος:

- ❖ να δούμε το δάσος («αίσθηση» και ορολογία)
- ❖ προσέγγιση:
 - χρήση του Διαδικτύου (Internet) ως παραδείγματος

Επισκόπηση :

- ❖ τι είναι το Διαδίκτυο;
- ❖ τι είναι ένα πρωτόκολλο;
- ❖ η περιφέρεια του δικτύου: τερματικά, δίκτυο πρόσβασης, φυσικά μέσα
- ❖ ο πυρήνας του δικτύου: μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή Διαδικτύου
- ❖ απόδοση: απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση (throughput)
- ❖ ασφάλεια
- ❖ επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

Κεφάλαιο 1: περιεχόμενα

1.1 Τι είναι το διαδίκτυο;

1.2 περιφέρεια δικτύου

- τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, γραμμές, - end systems, access networks, links

1.3 πυρήνας δικτύου

- μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή δικτύου

1.4 απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση δικτύου

1.5 επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

1.6 ασφάλεια

Τα κύρια συστατικά του Διαδικτύου



❖ Εκατομμύρια διασυνδεδεμένοι υπολογιστές:

- *hosts* = **τερματικά συστήματα**
- τρέχουν **δικτυακές εφαρμογές**



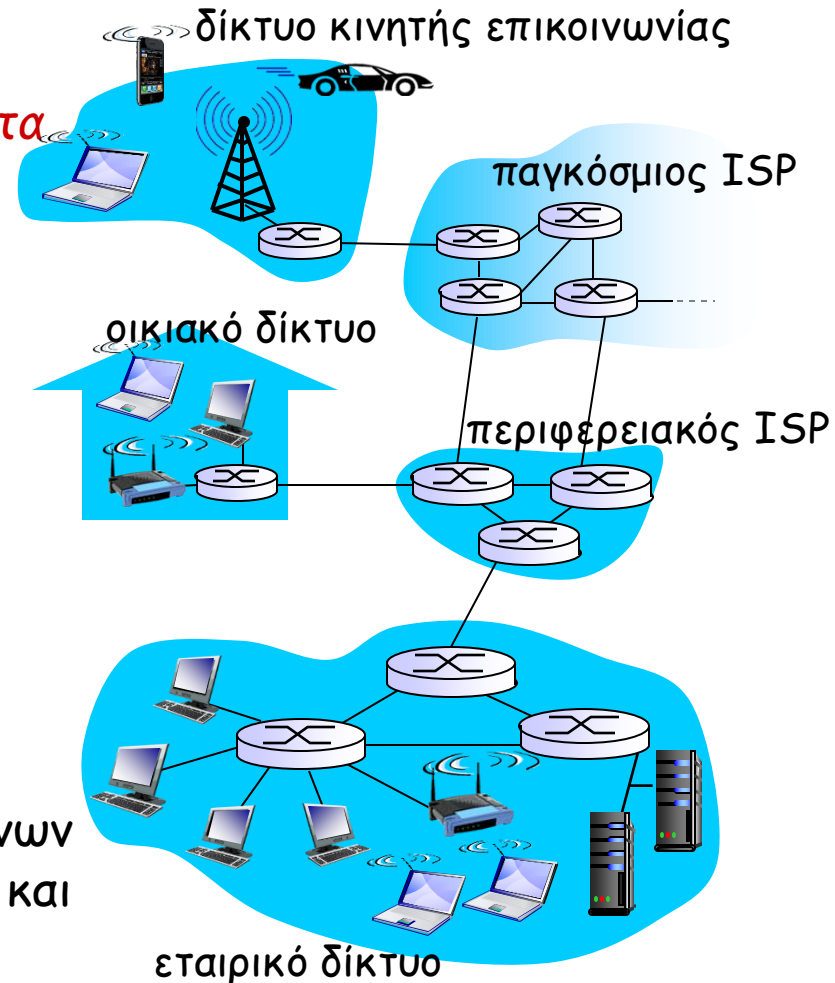
❖ **Επικοινωνιακές ζεύξεις**

- Οπτική ίνα, χαλκός, ραδιοζεύξη, δορυφόρος
- Ταχύτητα μετάδοσης: **εύρος ζώνης (bandwidth)**



❖ **Πρωθητές πακέτων** δεδομένων

- **δρομολογητές (routers)** και **μεταγωγείς (switches)**



Διαδικτυακές έξυπνες συσκευές: Internet of Things (IoT)



IP κορνίζα
<http://www.ceiva.com/>



Web τοστιέρα +
πρόβλεψη καιρού



Tweet-a-watt:
Μετρητής κατανάλωσης



Διαδικτυακό
ψυγείο



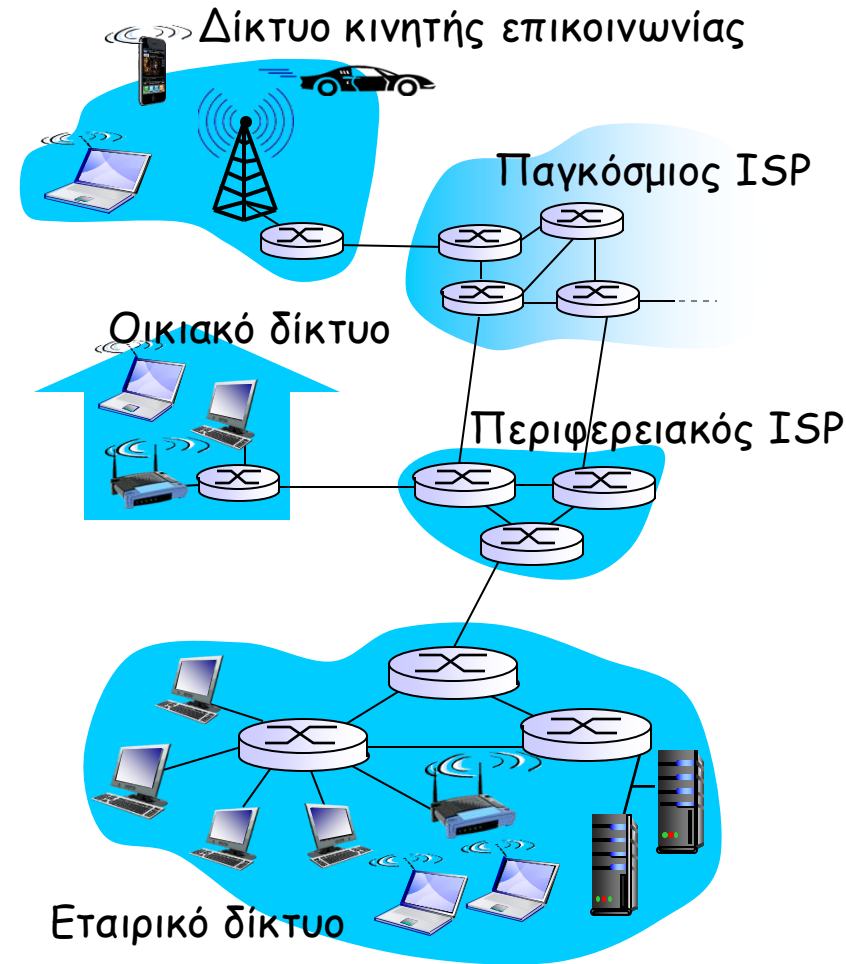
Slingbox: βλέπεις, ελέγχεις
την τηλεόρασή σου
από οπουδήποτε



Διαδικτυακά τηλέφωνα

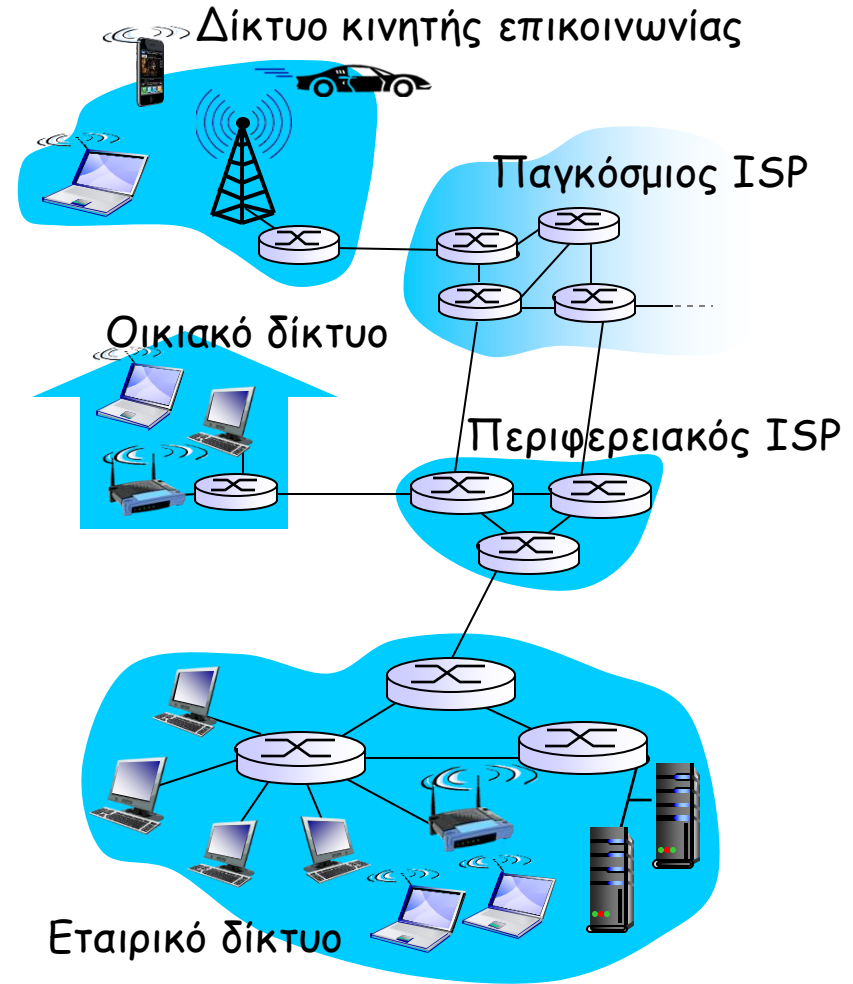
Τα κύρια συστατικά του Διαδικτύου

- ❖ **Διαδίκτυο: "δίκτυο δικτύων"**
 - Διασυνδεδεμένοι ISPs
- ❖ **Πρωτόκολλα** ελέγχουν την αποστολή, παραλαβή μηνυμάτων
 - πχ, TCP, IP, HTTP, 802.11
- ❖ **Πρότυπα Διαδικτύου (Internet standards)**
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



Τι είναι το Διαδίκτυο: παρεχόμενες υπηρεσίες

- ❖ *Υποδομή που παρέχει υπηρεσίες σε κατανεμημένες εφαρμογές:*
 - Web, VoIP, email, παιχνίδια, ηλεκτρ. εμπόριο, κοινωνικά δίκτυα, ...
- ❖ *Παρέχει διεπαφή προγραμματισμού σε εφαρμογές (API: application programming interface)*
 - επιτρέπει σε προγράμματα εφαρμογών να επικοινωνούν μέσω Διαδικτύου
 - παρέχει επιλογές υπηρεσιών, όπως και τα Ταχυδρομεία (απλό, express, συστημένο, ...)



Τι είναι πρωτόκολλο;

Ανθρώπινα πρωτόκολλα:

- ❖ "Τι ώρα είναι;"
- ❖ "Να κάνω μια ερώτηση;"
- ❖ Συστάσεις

... αποστολή συγκεκριμένων μηνυμάτων

... συγκεκριμένες ενέργειες συμβαίνουν όταν λαμβάνονται μηνύματα ή άλλα γεγονότα

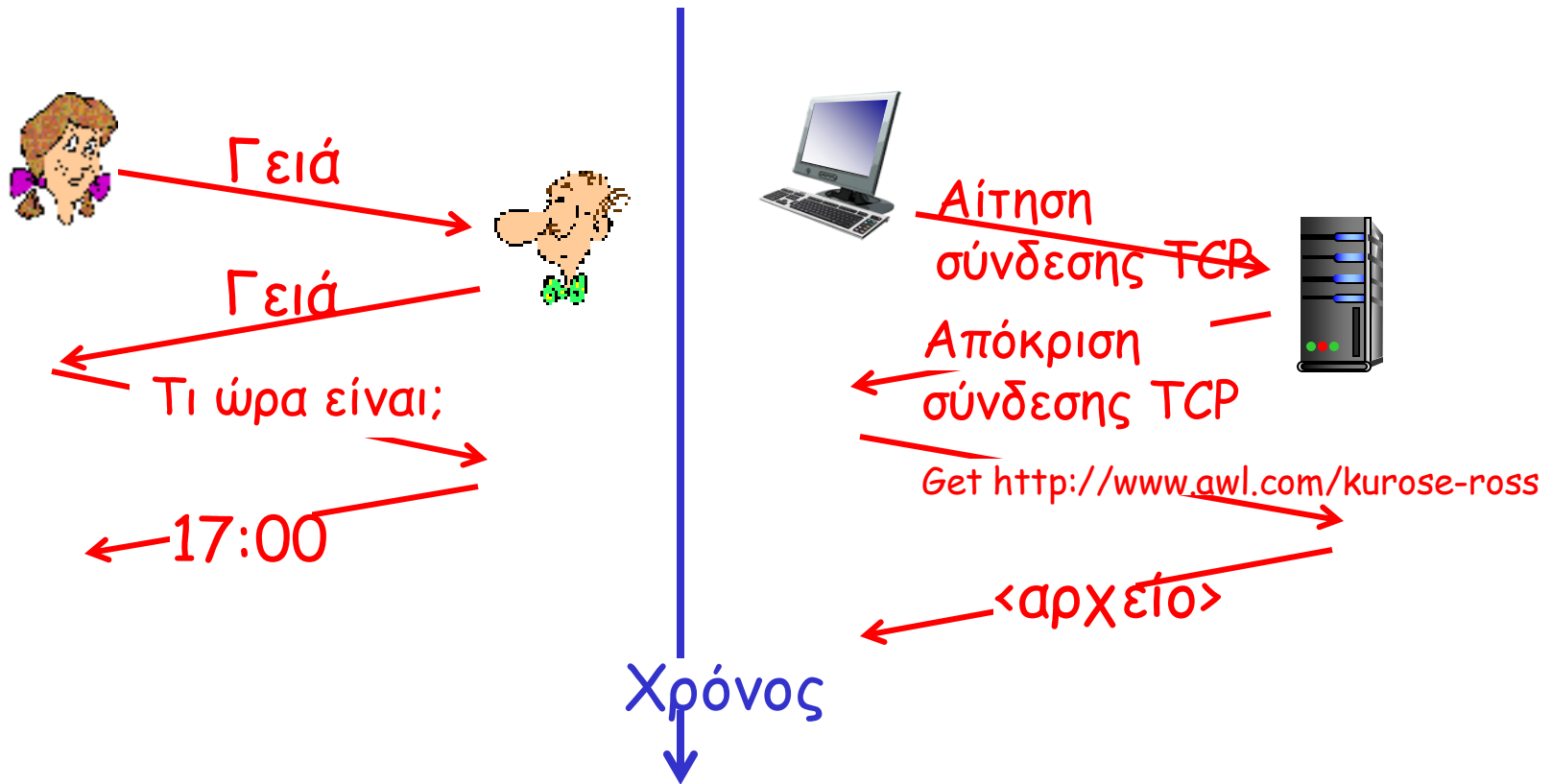
Δικτυακά πρωτόκολλα

- ❖ Μηχανές κι όχι άνθρωποι
- ❖ Όλες οι δραστηριότητες επικοινωνίας στο Διαδίκτυο διέπονται από πρωτόκολλα

Τα πρωτόκολλα καθορίζουν τη **μορφή**, τη **σειρά των μηνυμάτων** που στέλνονται και λαμβάνονται μεταξύ δικτυακών οντοτήτων, καθώς και τις **ενέργειες** που γίνονται κατά τη λήψη και αποστολή μηνυμάτων

Τι είναι πρωτόκολλο;

Ένα ανθρώπινο πρωτόκολλο και ένα πρωτόκολλο δικτύου υπολογιστών:



Κεφάλαιο 1: περιεχόμενα

1.1 Τι είναι το Διαδίκτυο;

1.2 περιφέρεια δικτύου

- τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, ζεύξεις

1.3 πυρήνας δικτύου

- μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή δικτύου

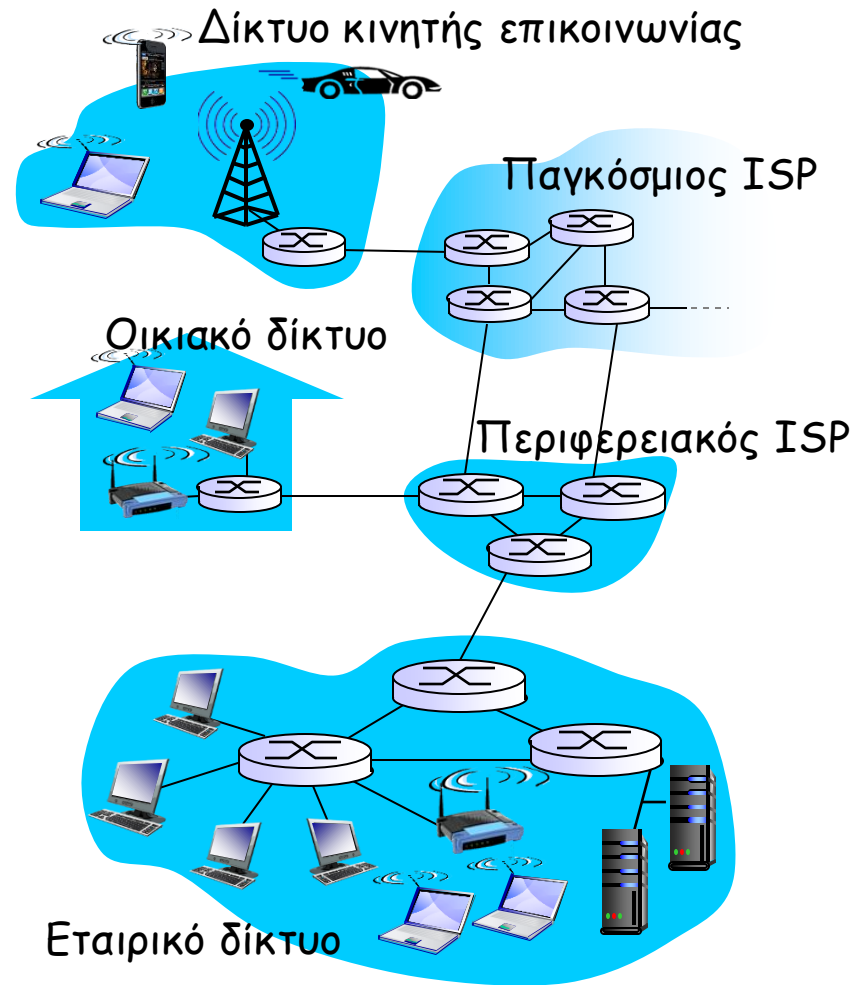
1.4 απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση δικτύου

1.5 επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

1.6 ασφάλεια

Μια πιο κοντινή ματιά στη δομή του δικτύου

- ❖ **Περιφέρεια δικτύου:**
 - hosts: πελάτες και εξυπηρέτες
 - εξυπηρέτες συχνά σε κέντρα δεδομένων
- ❖ **Δίκτυα πρόσβασης, φυσικά μέσα:** ενσύρματες, ασύρματες ζεύξεις
- ❖ **Πυρήνας δικτύου:**
 - διασυνδεδεμένοι δρομολογητές
 - δίκτυο δικτύων



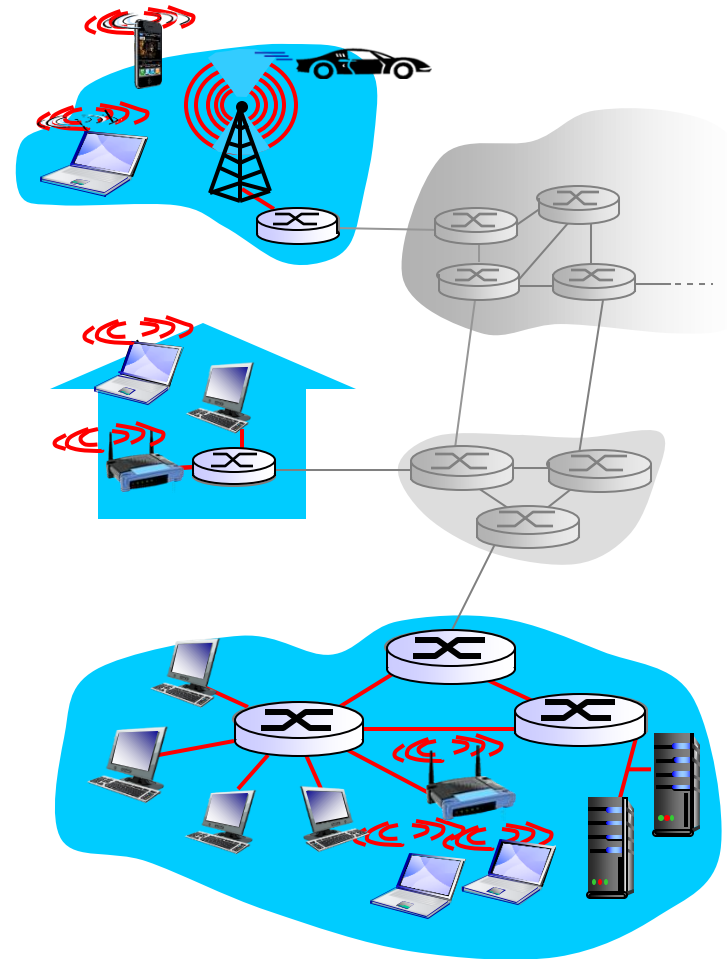
Δίκτυα πρόσβασης και φυσικά μέσα

Ερώτηση: Πώς μπορεί να συνδεθεί ένα τερματικό σύστημα με τον περιφερειακό δρομολογητή του;

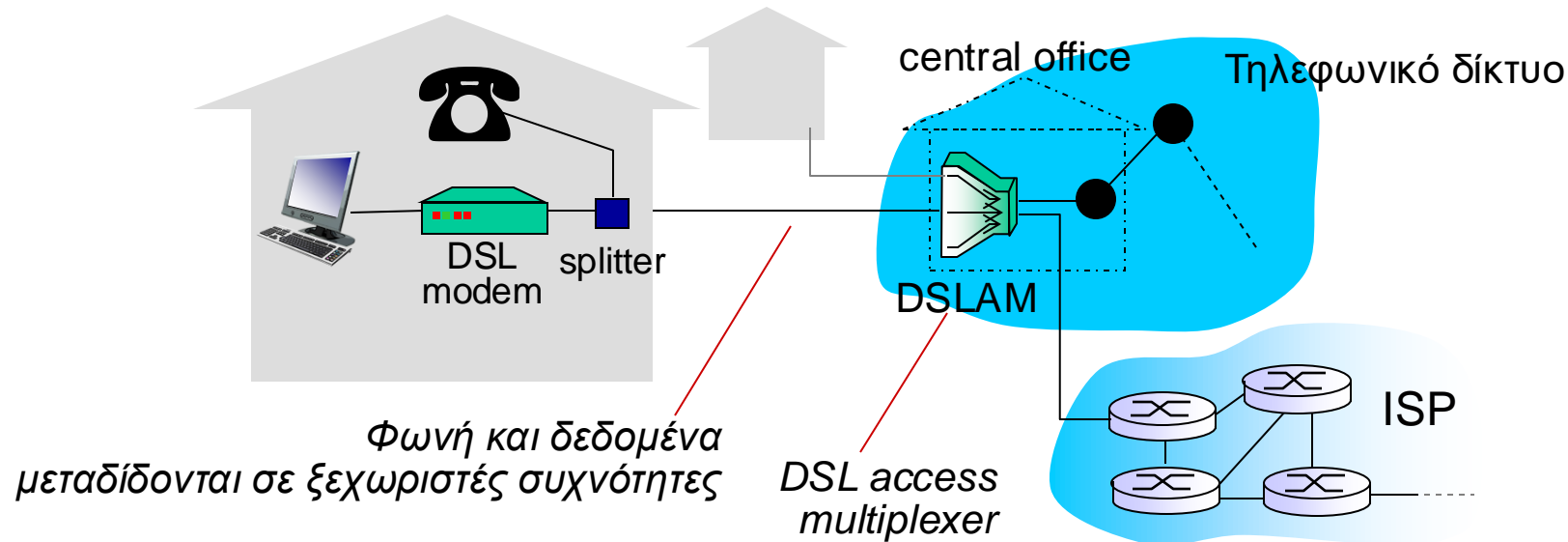
- ❖ δίκτυα οικιακής πρόσβασης
- ❖ δίκτυα εταιρικής πρόσβασης (εταιρείες, σχολεία)
- ❖ δίκτυα ασύρματης πρόσβασης

Σημείωση:

- ❖ εύρος ζώνης (bits per second) δικτύου πρόσβασης;
- ❖ διαμοιραζόμενο ή αποκλειστικής χρήσης;

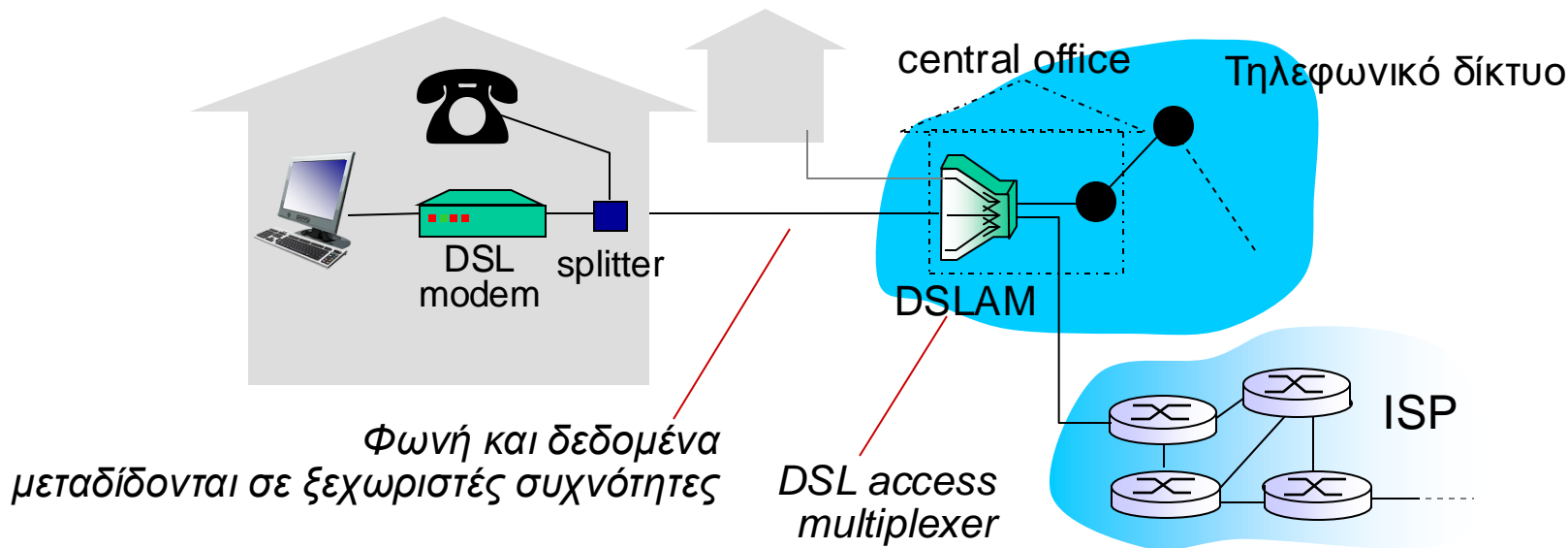


Πρόσβαση: digital subscriber line (DSL)



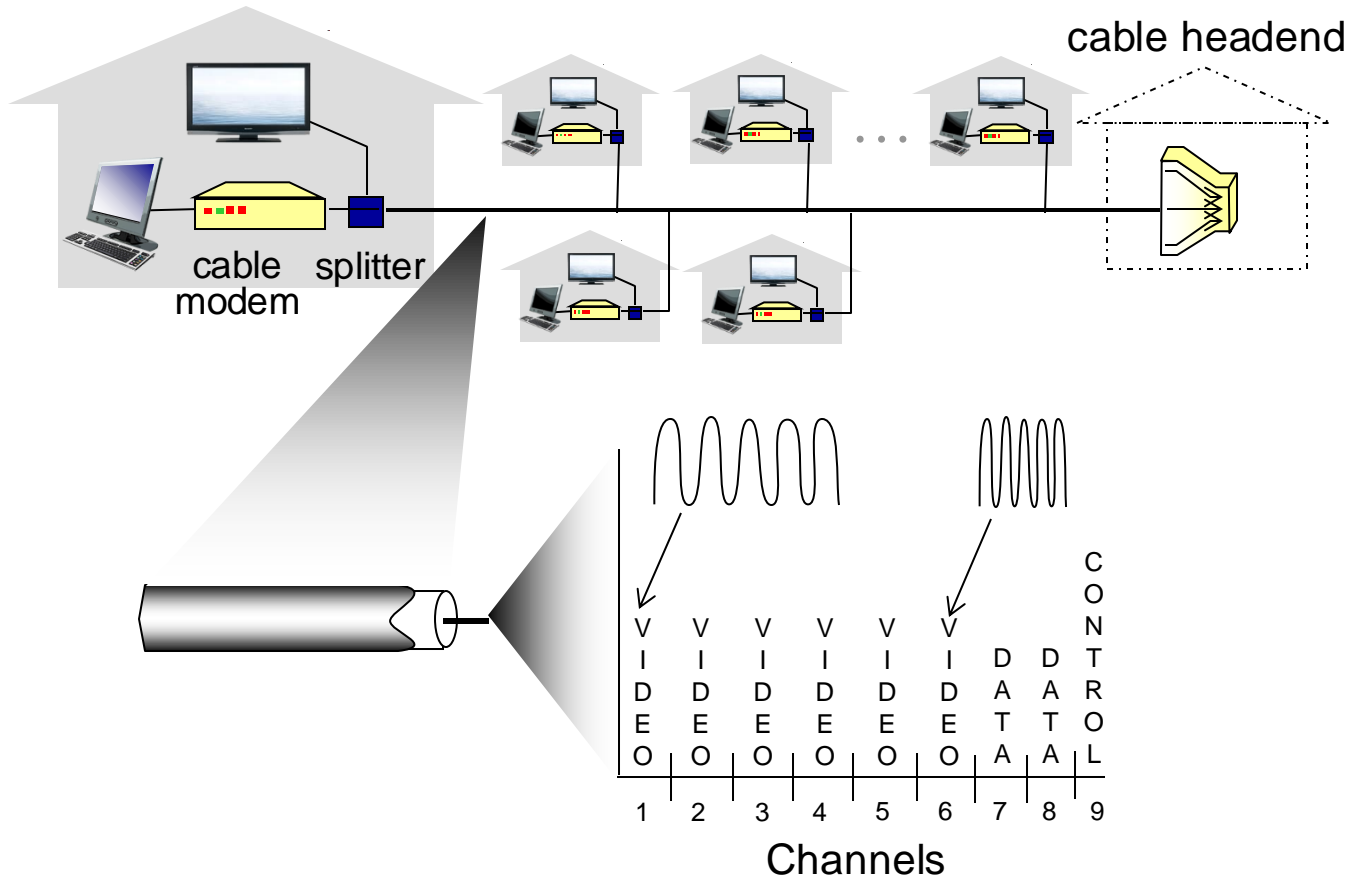
- ❖ Χρήση υπάρχουσας τηλεφωνικής γραμμής προς το DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) του κέντρου
 - τα δεδομένα πάνω από την γραμμή DSL πάνε στο Διαδίκτυο
 - η φωνή πάνω από την γραμμή DSL πάει στο τηλεφωνικό δίκτυο
- ❖ upstream ταχύτητα μετάδοσης < 3.5 -16 Mbps (τυπικά < 1 Mbps)
- ❖ downstream ταχύτητα μετάδοσης < 24-52 Mbps

Πρόσβαση: digital subscriber line (DSL)



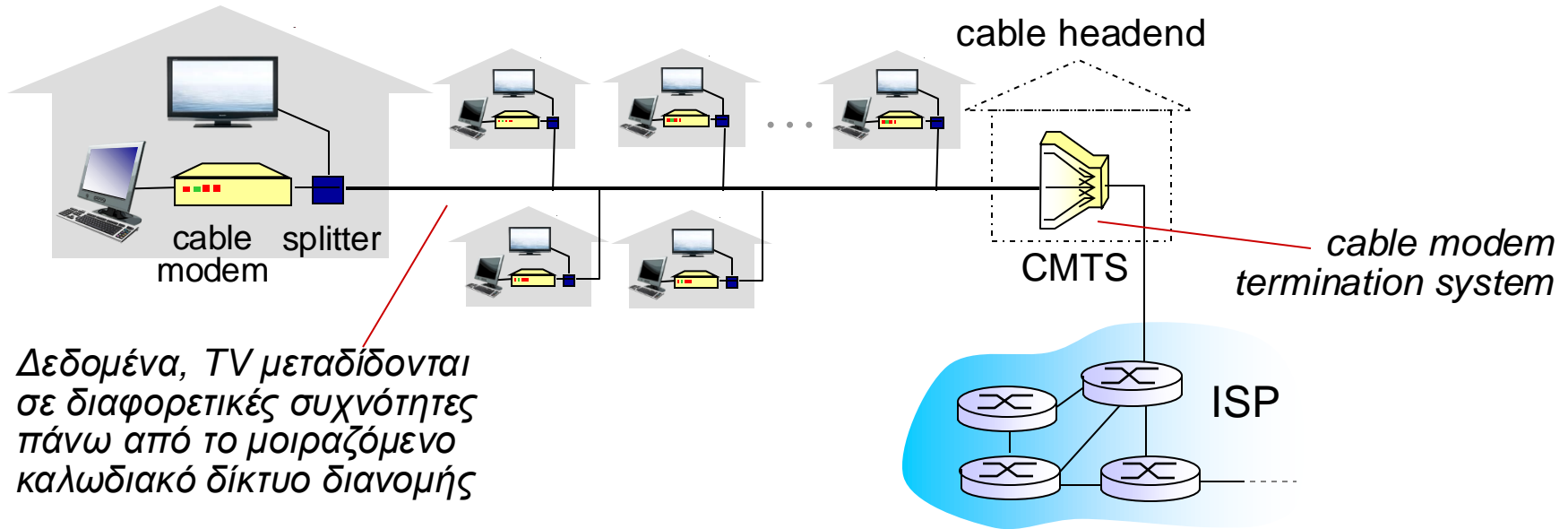
- ❖ Το Very-high-bitrate DSL (VDSL ή VHDSL) είναι η νεότερη τεχνολογία DSL η οποία παρέχει πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες χρησιμοποιώντας βέβαια μεγαλύτερο φάσμα
- ❖ Για να επιτευχθούν οι μεγαλύτερες ταχύτητες διασύνδεσης πρέπει να εγκατασταθεί όσο γίνεται πιο κοντά στον χρήστη
 - όταν τοποθετείται μέσα στην πολυκατοικία επιτυγχάνει ταχύτητες 100 Mb/s downstream – 100 Mb/s upstream
 - όταν χρησιμοποιείται κοντά στο ΚΑΦΑΟ χρησιμοποιεί μέχρι τα 17,664 MHz (4096 tones x 4,3125 KHz) επιτυγχάνοντας ταχύτητες 100 Mb/s downstream και 50 Mb/s upstream

Πρόσβαση: καλωδιακό δίκτυο



frequency division multiplexing (FDM) :
διαφορετικά κανάλια μεταδίδονται
σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων

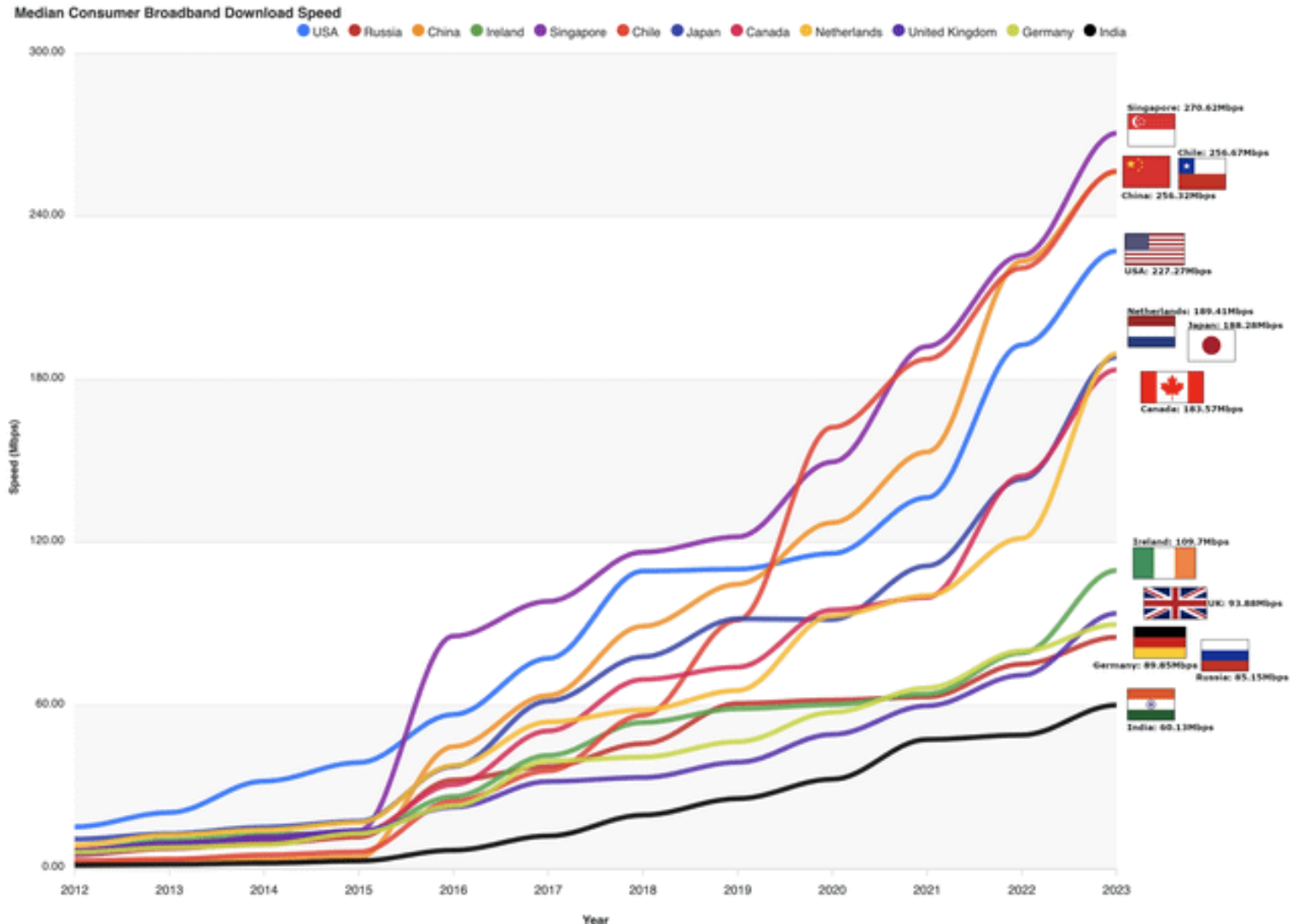
Πρόσβαση: καλωδιακό δίκτυο



❖ HFC: hybrid fiber coax

- **ασύμμετρο**: ταχύτητα μετάδοσης μέχρι 30Mbps downstream, 2 Mbps upstream
- ❖ δίκτυο από καλώδιο και οπτική ίνα συνδέει τα σπίτια με τον δρομολογητή του ISP
 - Τα σπίτια **μοιράζονται** το δίκτυο πρόσβασης μέχρι το καλωδιακό κέντρο τερματισμού
 - Αντίθετα το DSL προσφέρει αποκλειστική πρόσβαση

Median consumer internet download speeds



Πρόσβαση: οικιακό δίκτυο

Ασύρματες συσκευές



Προς/από ISP

Συχνά συνδυασμένα
σε μία συσκευή

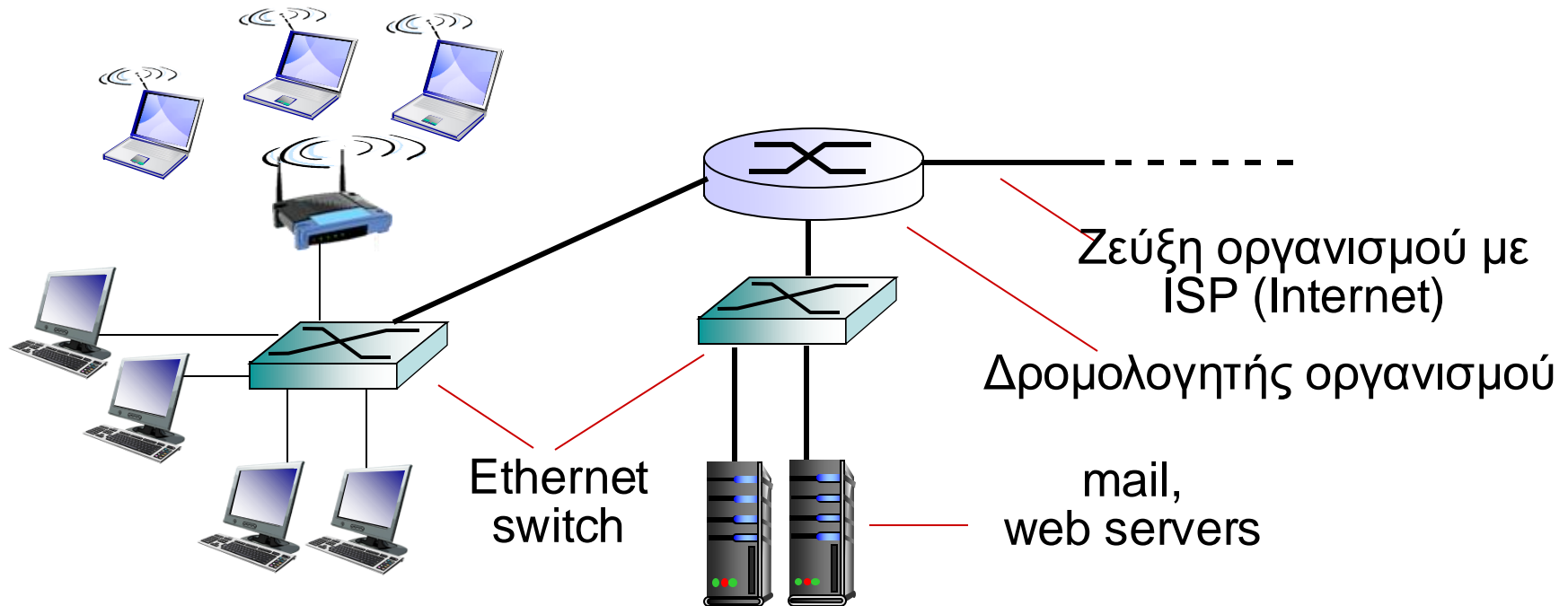
cable or DSL modem

Ασύρματο σημείο
πρόσβασης (54
Mbps)

router, firewall, NAT

Ethernet (100 Mbps)

Δίκτυα πρόσβασης επιχειρήσεων (Ethernet)



- ❖ Τυπική χρήση σε εταιρείες, πανεπιστήμια, κλπ
- ❖ Σήμερα, τα τερματικά συστήματα συνδέονται σε μεταγωγείς Ethernet
- ❖ Ethernet: wired access 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps 100Gbps, 400Gbps
- ❖ WiFi: wireless access points at 11, 54, 450 Mbps

Δίκτυα πρόσβασης επιχειρήσεων (Ethernet)

The Evolution of Ethernet Standards to Meet Higher Speeds				
Date	IEEE Std.	Name	Data Rate	Type of Cabling
1990	802.3i	10BASE-T	10 Mb/s	Category 3 cabling
1995	802.3u	100BASE-TX	100 Mb/s*	Category 5 cabling
1998	802.3z	1000BASE-SX	1 Gb/s	Multimode fiber
	802.3z	1000BASE-LX/EX		Single mode fiber
1999	802.3ab	1000BASE-T	1 Gb/s*	Category 5e or higher Category
2003	802.3ae	10GBASE-SR	10 Gb/s	Laser-Optimized MMF
	802.3ae	10GBASE-LR/ER		Single mode fiber
2006	802.3an	10GBASE-T	10 Gb/s*	Category 6A cabling
2015	802.3bq	40GBASE-T	40 Gb/s*	Category 8 (Class I & II) Cabling
2010	802.3ba	40GBASE-SR4/LR4	40 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
	802.3ba	100GBASE-SR10/LR4/ER4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
2015	802.3bm	100GBASE-SR4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF
2016	SG	Under development	400 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF

Note: *with auto negotiation

Δίκτυα πρόσβασης επιχειρήσεων (WiFi)

Protocol	Frequency	Channel Width	MIMO	Maximum data rate (theoretical)
802.11ax	2.4 or 5GHz	20, 40, 80, 160MHz	Multi User (MU-MIMO)	2.4 Gbps
802.11ac wave2	5 GHz	20, 40, 80, 160MHz	Multi User (MU-MIMO)	1.73 Gbps
802.11ac wave1	5 GHz	20, 40, 80MHz	Single User (SU-MIMO)	866.7 Mbps
802.11n	2.4 or 5 GHz	20, 40MHz	Single User (SU-MIMO)	450 Mbps
802.11g	2.4 GHz	20 MHz	N/A	54 Mbps
802.11a	5 GHz	20 MHz	N/A	54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	20 MHz	N/A	11 Mbps
Legacy 802.11	2.4 GHz	20 MHz	N/A	2 Mbps

Δίκτυα ασύρματης πρόσβασης

- ❖ Διαμοιραζόμενο δίκτυο ασύρματης πρόσβασης συνδέει τερματικά συστήματα με δρομολογητή
 - Μέσω σταθμού βάσης («σημείου πρόσβασης»)

Ασύρματα LANs:

- Εντός κτηρίων (30 m)
- 802.11b/g (WiFi): 11, 5, 450 Mbps



Ασύρματη πρόσβαση ευρείας περιοχής

- Παροχείς κυψελωτών συστημάτων, 10's km
- 10's Mbps
- 3G, 4G: LTE, 5G

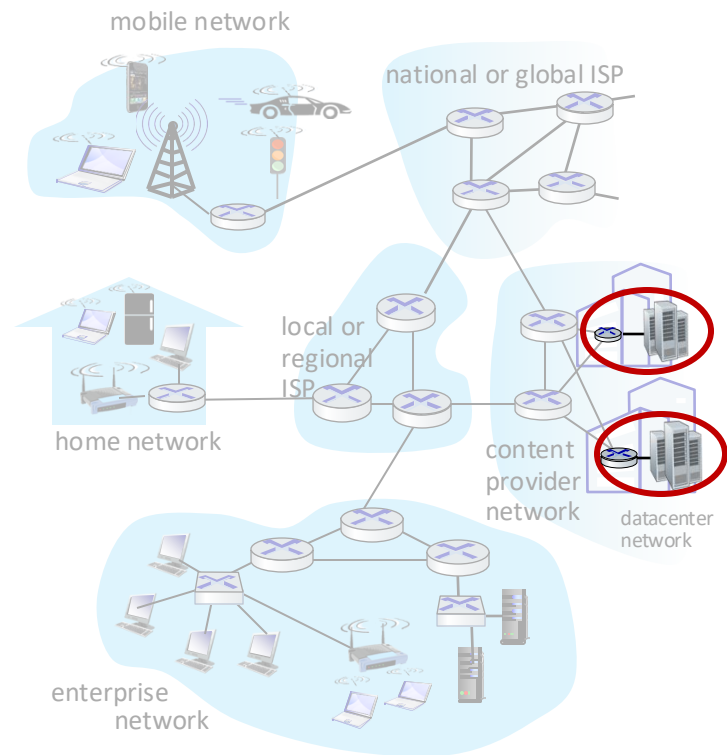


Access networks: data center networks

- high-bandwidth links (10s to 100s Gbps) connect hundreds to thousands of servers together, and to Internet



Courtesy: Massachusetts Green High Performance Computing Center (mghpcc.org)

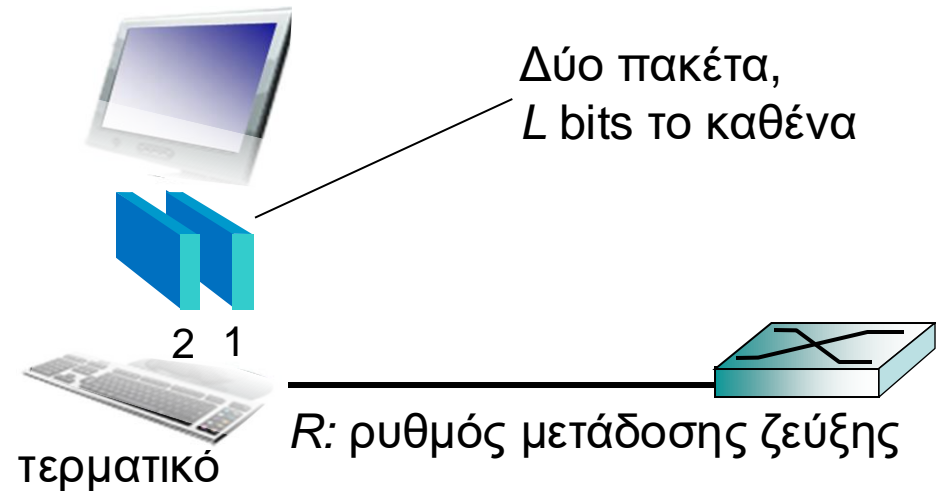


Τερματικό σύστημα: στέλνει πακέτα δεδομένων

Λειτουργία αποστολής:

- ❖ παίρνει μήνυμα εφαρμογής
- ❖ το σπάει σε μικρότερα κομμάτια, γνωστά ως **πακέτα**, μήκους L bits
- ❖ μεταδίδει το πακέτο στο δίκτυο πρόσβασης με ρυθμό μετάδοσης R bits/sec

ρυθμός μετάδοσης ζεύξης (γραμμής)
= εύρος ζώνης = χωρητικότητα



$$\text{καθυστέρηση μετάδοσης πακέτου} = \text{Χρόνος μετάδοσης πακέτου (L-bits) στη γραμμή} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

Φυσικά μέσα

- ❖ **Bit:** διαδίδεται μεταξύ ζεύγους πομπού/δέκτη
- ❖ **Φυσική ζεύξη:** βρίσκεται μεταξύ πομπού και δέκτη
- ❖ **Οδηγούμενα μέσα (guided media):**
 - σήματα διαδίδονται σε κυματοδηγούς: χαλκός, οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο
- ❖ **Μη οδηγούμενα μέσα (unguided media):**
 - σήματα διαδίδονται ελεύθερα, π.χ., ραδιο-κύματα

Συνεστραμμένο ζεύγος (Twisted Pair (TP))

- ❖ Δύο μονωμένα σύρματα χαλκού



Φυσικά μέσα: ομοαξονικό καλώδιο, οπτική ίνα

Ομοαξονικό καλώδιο:

- Δύο ομόκεντροι χάλκινοι αγωγοί
- Διπλής κατεύθυνσης
- Ευρείας ζώνης (broadband):
 - πολλαπλά κανάλια στο καλώδιο
 - HFC - Hybrid Fiber Coaxial



Καλώδιο οπτικής ίνας:

- Ίνα από γυαλί που μεταφέρει παλμούς φωτός, κάθε παλμός ένα bit
- Λειτουργία υψηλής ταχύτητας:
 - ❖ Υψηλή ταχύτητα μετάδοσης από άκρο σε άκρο (π.χ., 10's-100's Gbps)
- Χαμηλός ρυθμός σφαλμάτων: μεγάλη απόσταση μεταξύ αναμεταδοτών (απρόσβλητο από ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο)



Φυσικά μέσα: ράδιο-ζεύξεις

- ❖ Σήμα μεταφέρεται στο Η/Μ φάσμα
- ❖ Χωρίς φυσικό «σύρμα»
- ❖ Διπλής κατεύθυνσης
- ❖ Επιδράσεις περιβάλλοντος μετάδοσης:
 - ανάκλαση
 - παρεμπόδιση από αντικείμενα
 - παρεμβολές

Τύποι ράδιο-ζεύξεων:

- ❑ **επίγεια μικροκύματα**
 - ❖ π.χ. κανάλια έως 45 Mbps
- ❑ **LAN** (π.χ., Wifi)
 - 10-100's Mbps; 10's of meters
- ❑ **ευρείας περιοχής** (π.χ., κυψελωτά δίκτυα)
 - ❖ 4G cellular: 10's Mbps over ~10 Km
- ❑ **δορυφορικές ζεύξεις**
 - ❖ κανάλι έως 45Mbps (ή πολλαπλά μικρότερα κανάλια)
 - ❖ 270 msec καθυστέρηση από άκρο σε άκρο
 - ❖ γεωστατικοί δορυφόροι έναντι δορυφόρων χαμηλής τροχιάς

Κεφάλαιο 1: περιεχόμενα

1.1 τι είναι το Διαδίκτυο;

1.2 περιφέρεια δικτύου

- τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, γραμμές end systems, access networks, links

1.3 πυρήνας δικτύου

- μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή δικτύου

1.4 απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση δικτύου

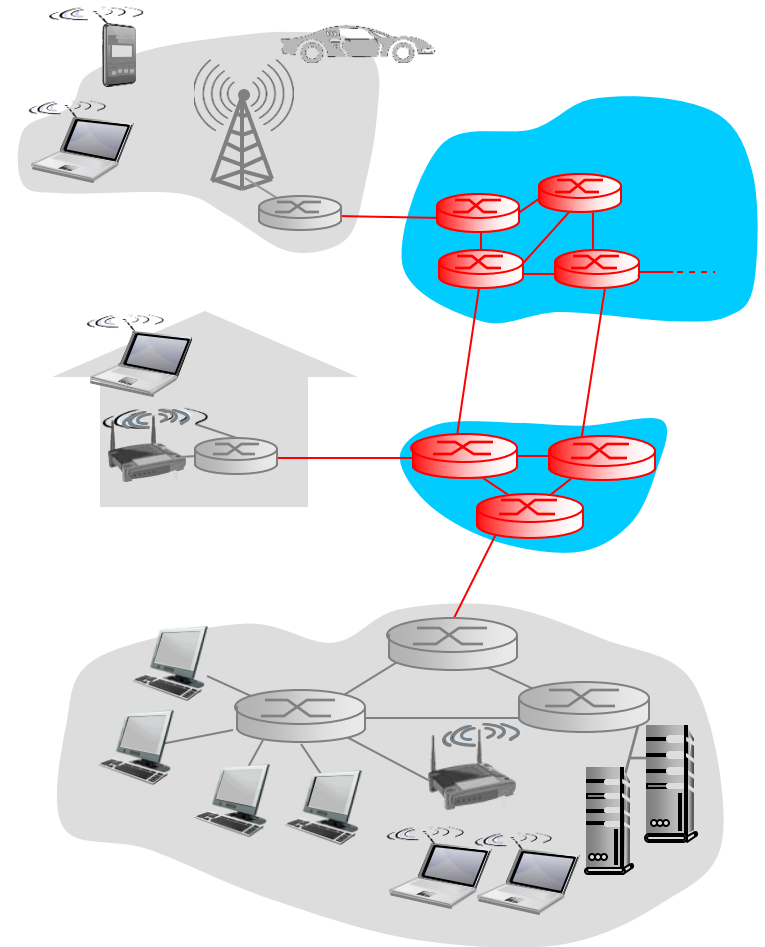
1.5 επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

1.6 ασφάλεια

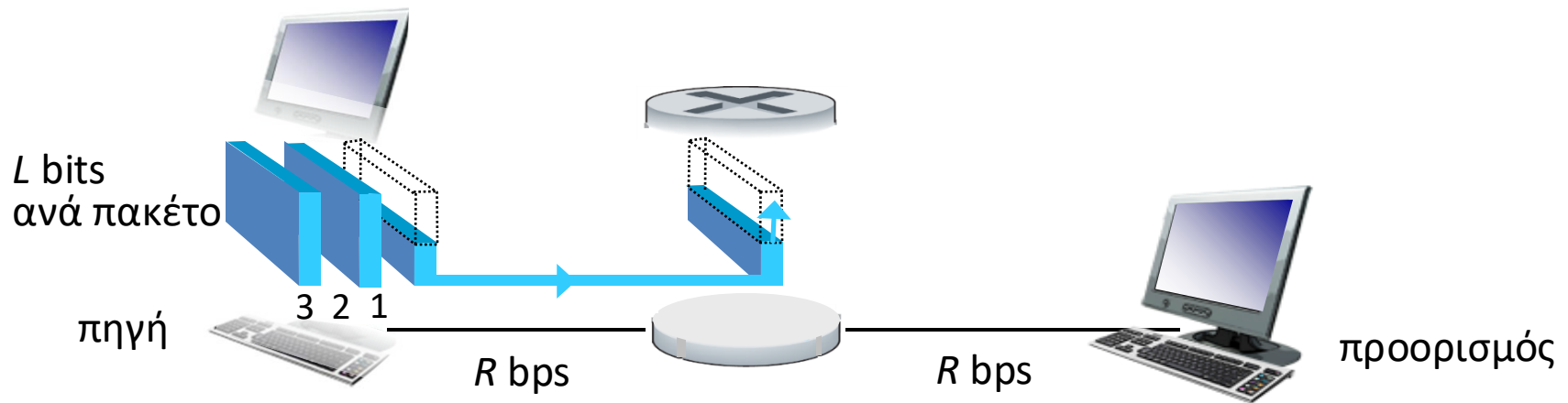
1.7 ιστορική αναδρομή

Ο πυρήνας του δικτύου

- ❖ Πλέγμα διασυνδεδεμένων δρομολογητών
- ❖ **Μεταγωγή πακέτου:** τερματικό σπάει τα μηνύματα της εφαρμογής σε πακέτα
 - Πρωθεί πακέτα από δρομολογητή σε δρομολογητή μέσω των ζεύξεων στο μονοπάτι από πηγή σε προορισμό
 - Κάθε πακέτο μεταδίδεται με την πλήρη ταχύτητα της γραμμής



Μεταγωγή πακέτου: αποθήκευση και προώθηση



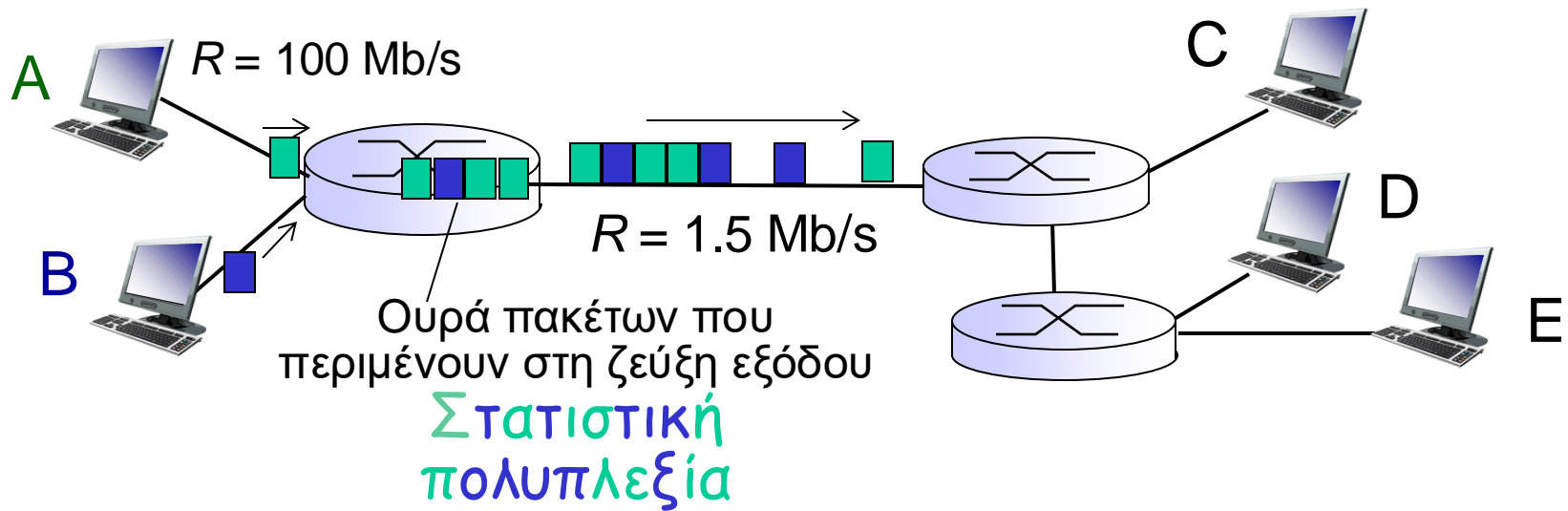
- ❖ Παίρνει L/R seconds να μεταδώσει (βάλει) το L -bit πακέτο στην γραμμή ρυθμού R bps
- ❖ **Αποθήκευση και προώθηση:** ολόκληρο το πακέτο πρέπει να φτάσει στον δρομολογητή πριν το προωθήσει στον επόμενο
- ❖ Καθυστέρηση από άκρο-σε-άκρο = $2L/R$ (υποθέτοντας μηδενική καθυστέρηση διάδοσης)

Παράδειγμα με ένα άλμα:

- $L = 7.5$ Mbits
- $R = 1.5$ Mbps
- Καθυστέρηση μετάδοσης ενός άλματος = 5 sec

Περισσότερα σε λίγο...

Μεταγωγή πακέτου: καθυστέρηση αναμονής, απώλειες



Αναμονή στην ουρά και απώλειες :

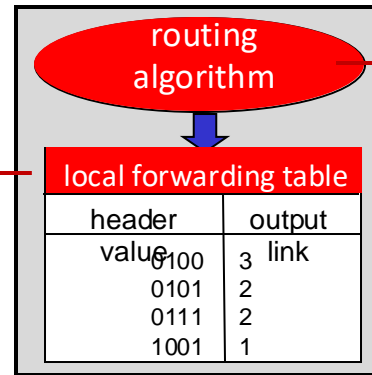
- ❖ Εάν ο ρυθμός άφιξης ξεπερνάει τον ρυθμό μετάδοσης της ζεύξης για κάποια χρονική περίοδο:
 - πακέτα θα κάνουν ουρά περιμένοντας να μεταδοθούν
 - πακέτα μπορεί να πεταχτούν (απωλεσθούν) εάν η μνήμη (buffer) γεμίσει

Δύο βασικές λειτουργίες του δικτύου-πυρήνα

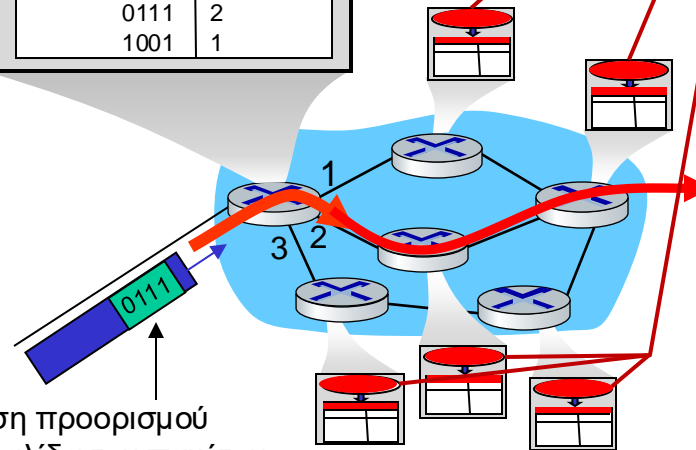
Πρώθηση :

μετακινεί πακέτα από την είσοδο του δρομολογητή στην κατάλληλη έξοδο

- ❖ aka “switching”
- ❖ *local* action: move arriving packets from router’s input link to appropriate router output link



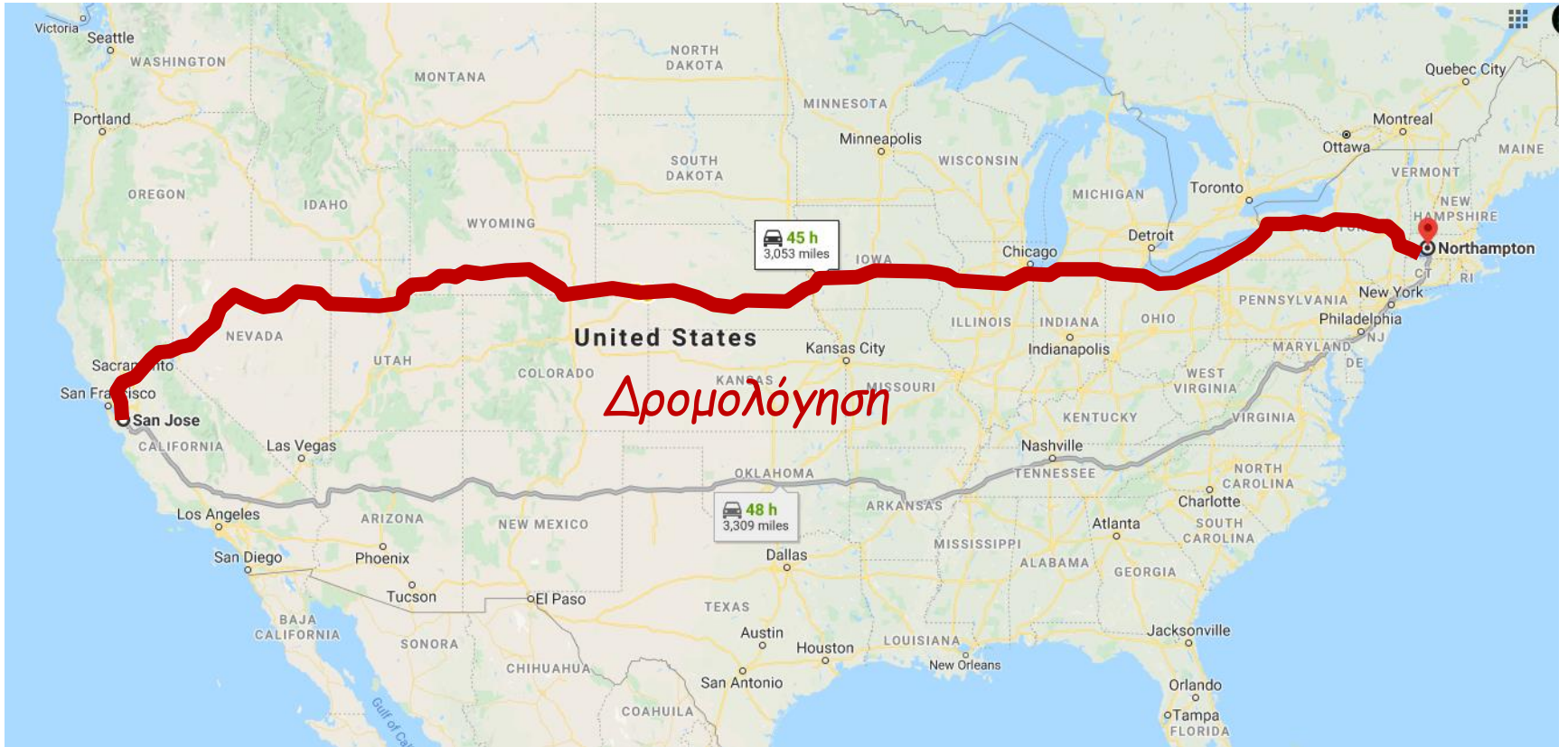
Διεύθυνση προορισμού στην κεφαλίδα του πακέτου

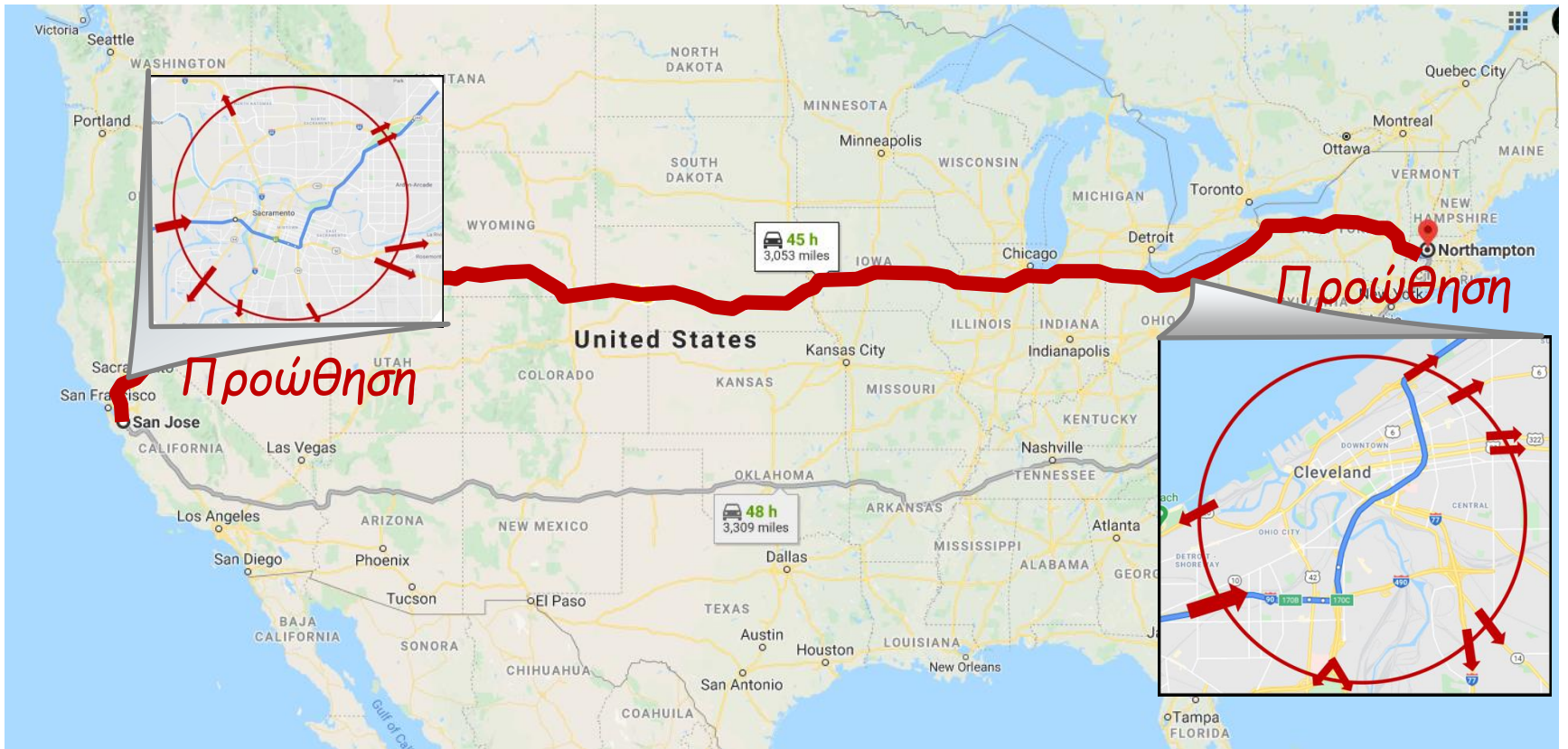


Δρομολόγηση:

προσδιορίζει τον δρόμο που παίρνουν τα πακέτα από πηγή σε προορισμό

- *global* action
- routing algorithms

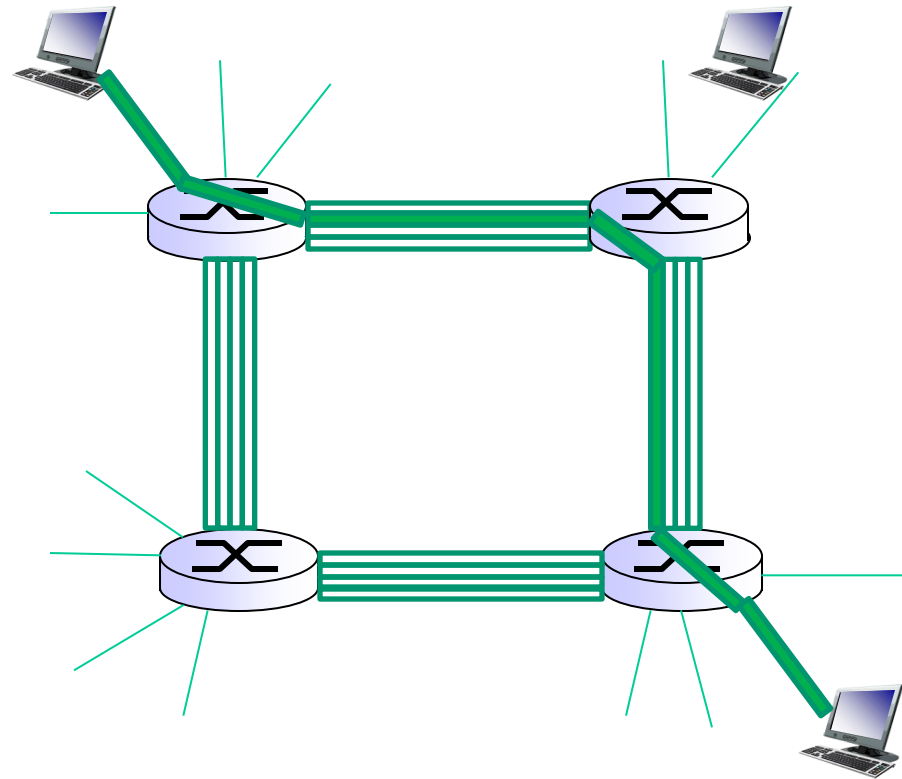




Εναλλακτικός πυρήνας: μεταγωγή κυκλώματος

Πόροι από άκρο-σε-άκρο κρατούνται και αποδίδονται για «κλήση» μεταξύ πηγής και προορισμού:

- ❖ Στο σχήμα κάθε ζεύξη έχει 4 κυκλώματα
 - Η κλήση παίρνει το 2^ο κύκλωμα στην πάνω ζεύξη και το 1^ο κύκλωμα στην δεξιά ζεύξη
- ❖ Αποκλειστικοί πόροι: όχι μοίρασμα
 - εγγυημένη απόδοση
- ❖ Κύκλωμα αδρανές εάν δεν χρησιμοποιείται από την κλήση (*no sharing*)
- ❖ Η συνηθισμένη προσέγγιση στα παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα

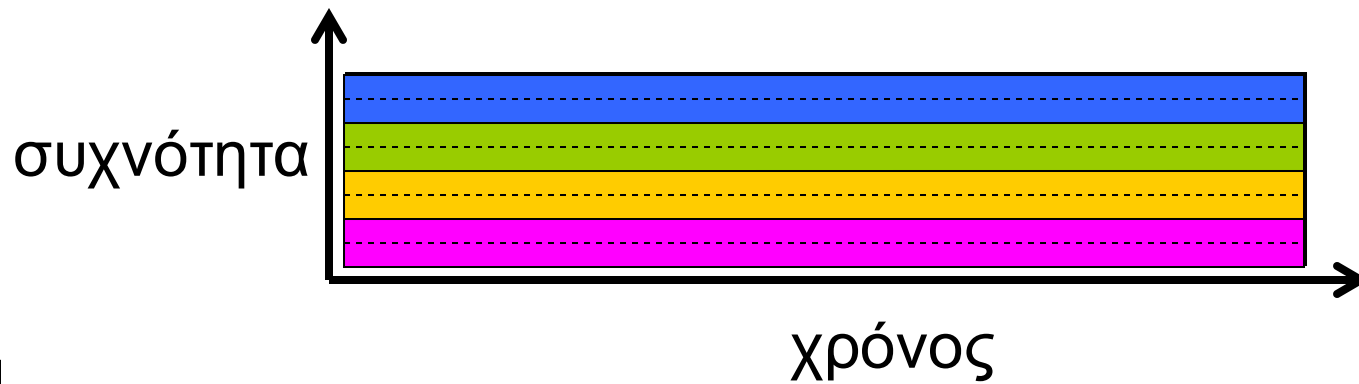


Μεταγωγή κυκλώματος: FDM έναντι TDM

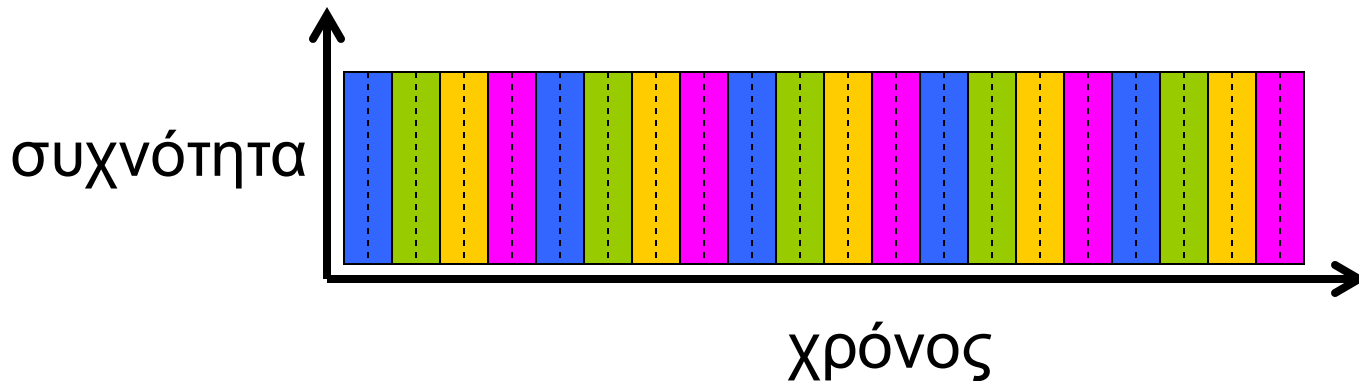
FDM

Παράδειγμα:

4 χρήστες ■ ■ ■ ■



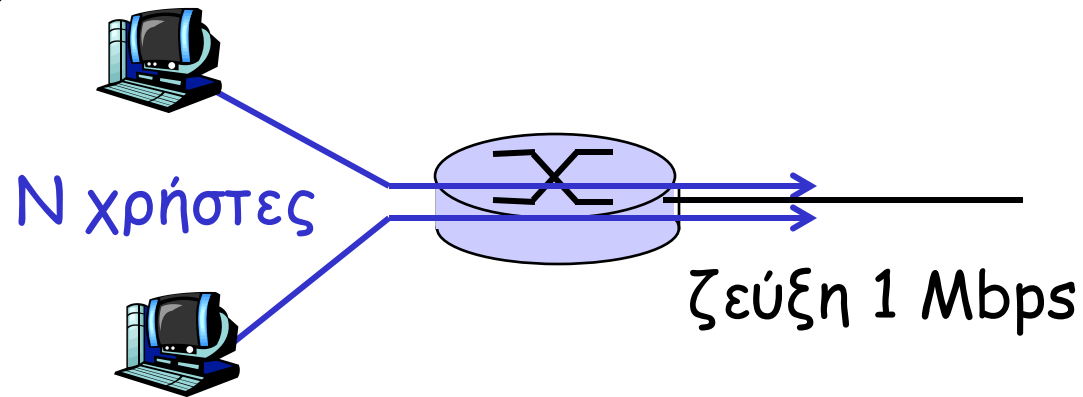
TDM



Μεταγωγή πακέτου έναντι μεταγωγής κυκλώματος

Η μεταγωγή πακέτου επιτρέπει σε περισσότερους χρήστες να χρησιμοποιούν το δίκτυο!

- ❖ Ζεύξη 1 Mb/s
- ❖ κάθε χρήστης:
 - 100 kb/s όταν «ενεργός»
 - ενεργός 10% του χρόνου
- ❖ **μεταγωγή κυκλώματος:**
 - 10 χρήστες
- ❖ **μεταγωγή πακέτου:**
 - με 35 χρήστες, πιθανότητα > 10 ενεργοί χρήστες ταυτόχρονα είναι μικρότερη από 0.0004



E: τί συμβαίνει εάν >35 χρήστες;

Μεταγωγή πακέτου έναντι μεταγωγής κυκλώματος

Είναι πάντα καλύτερη η μεταγωγή πακέτου;

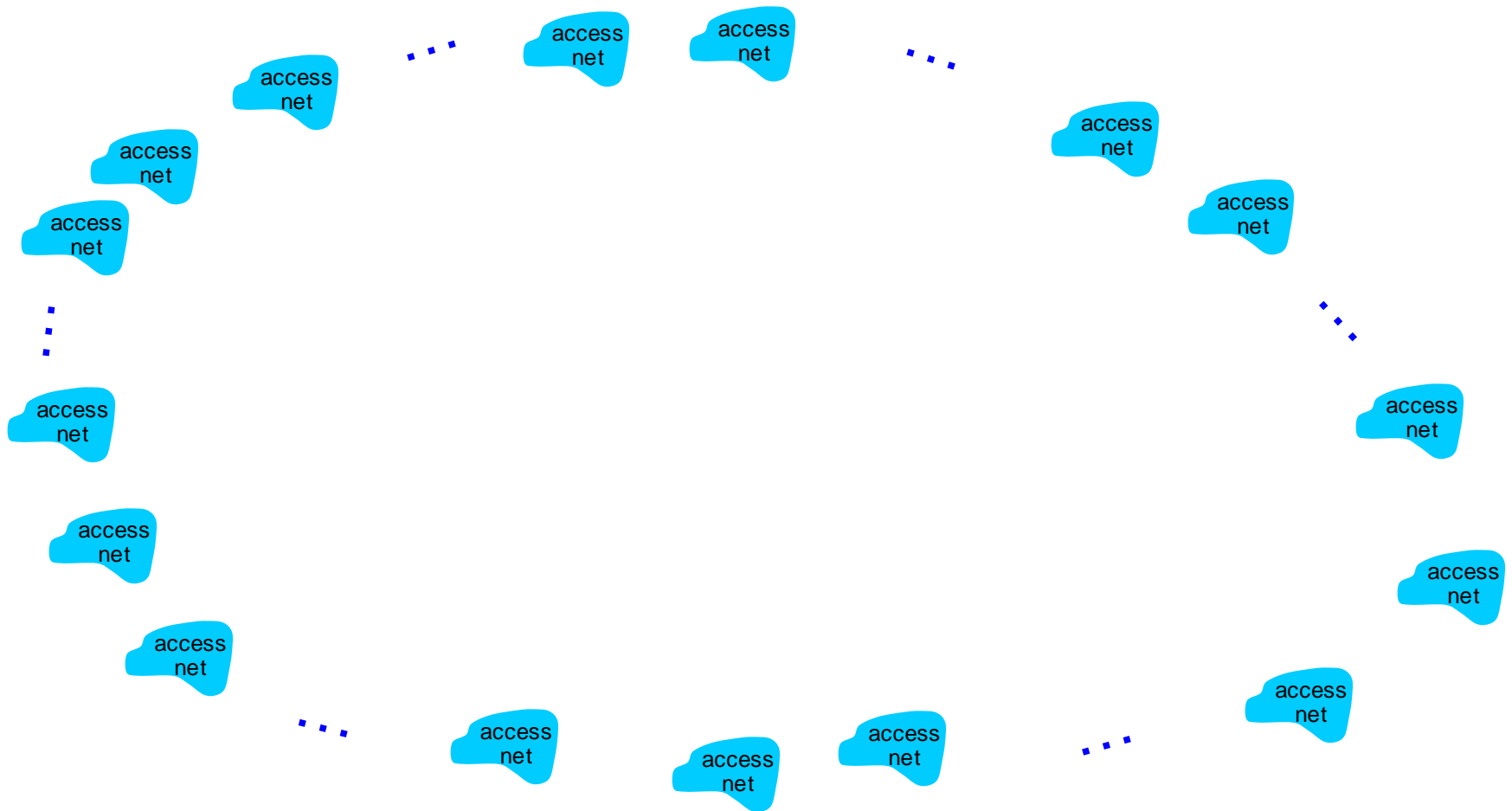
- ❖ Ιδανική για δεδομένα που χαρακτηρίζονται από σποραδικότητα (bursty data)
 - διαμοιρασμός πόρων
 - απλούστερη, δεν απαιτεί εγκαθίδρυση κλήσης
- ❖ **Υπερβολική συμφόρηση:** καθυστέρηση και απώλειες πακέτων
 - απαιτούνται πρωτόκολλα για την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, έλεγχο συμφόρησης
- ❖ **Υπάρχει τρόπος να συμπεριφερθεί όπως η μεταγωγή κυκλώματος;**
 - οι εφαρμογές audio/video απαιτούν εγγυήσεις ως προς το εύρος ζώνης
 - παραμένει ένα άλυτο πρόβλημα

Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

- ❖ Τα τερματικά συστήματα συνδέονται στο Διαδίκτυο μέσω των **ISPs** (Internet Service Providers) **πρόσβασης**
 - οικιακοί, εταιρικοί και πανεπιστημιακοί ISPs
- ❖ Οι ISPs πρόσβασης με την σειρά τους πρέπει να διασυνδεθούν
 - έτσι ώστε οποιαδήποτε δύο τερματικά συστήματα να μπορούν να στέλνουν πακέτα το ένα στο άλλο
- ❖ Το αποτέλεσμα είναι ένα πολύ πολύπλοκο δίκτυο δικτύων
 - η εξέλιξη οδηγείται από την **οικονομία** και τις **εθνικές πολιτικές**

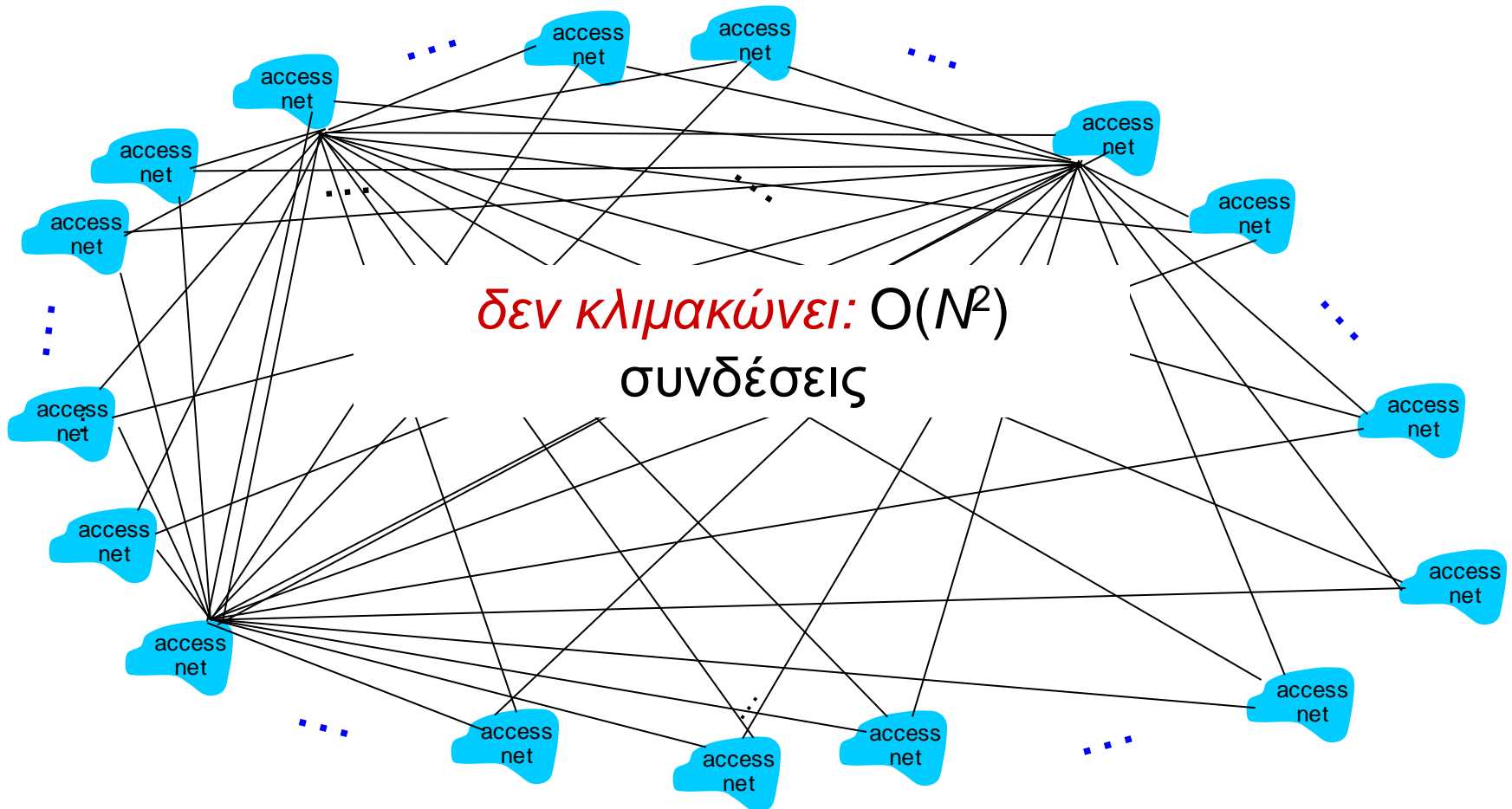
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

Ερώτηση: δοσμένοι ότι έχουμε εκατομμύρια ISPs πρόσβασης, πώς τους διασυνδέουμε;



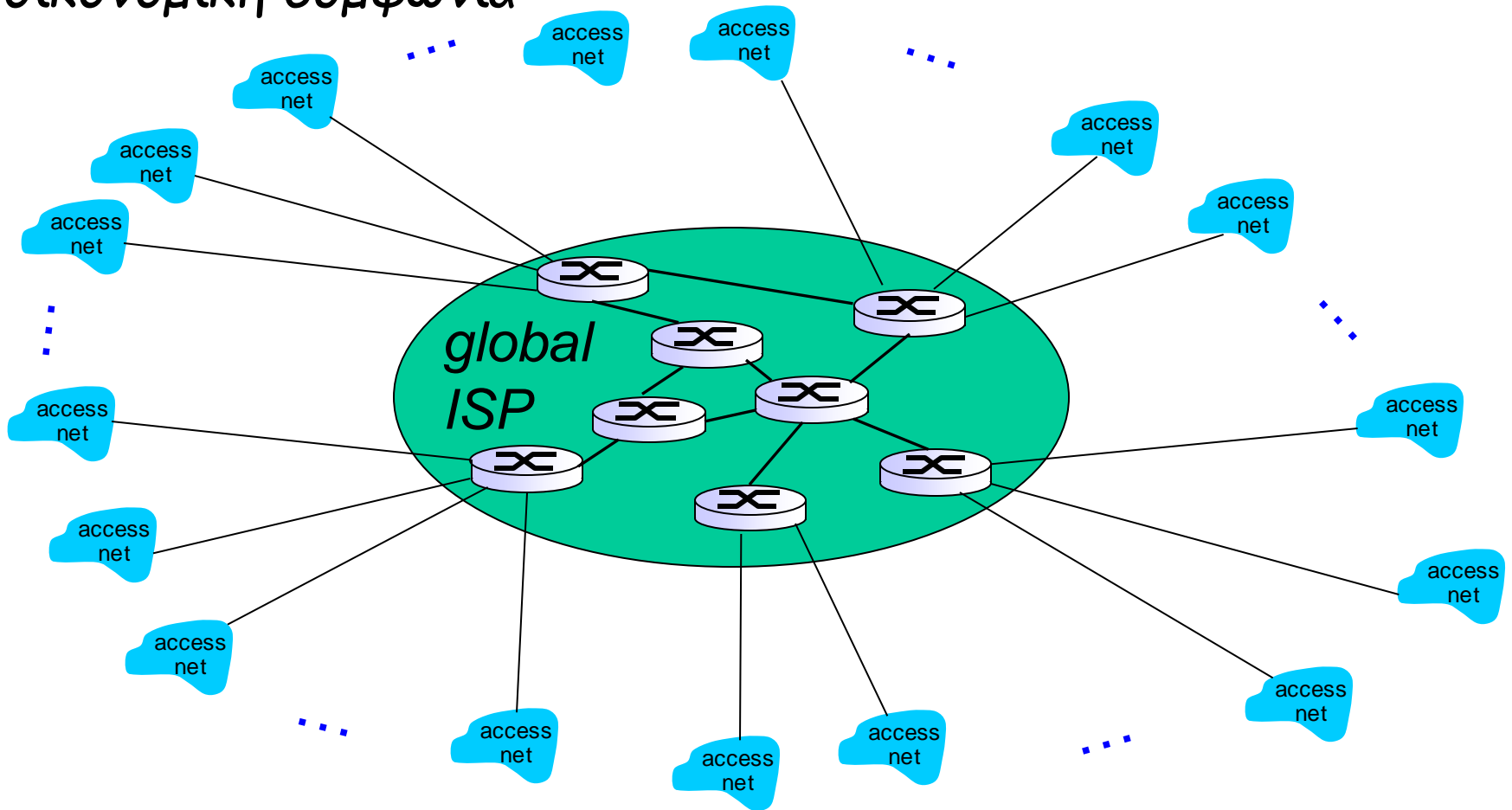
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

Επιλογή: σύνδεσε κάθε ISP πρόσβασης με όλους τους άλλους



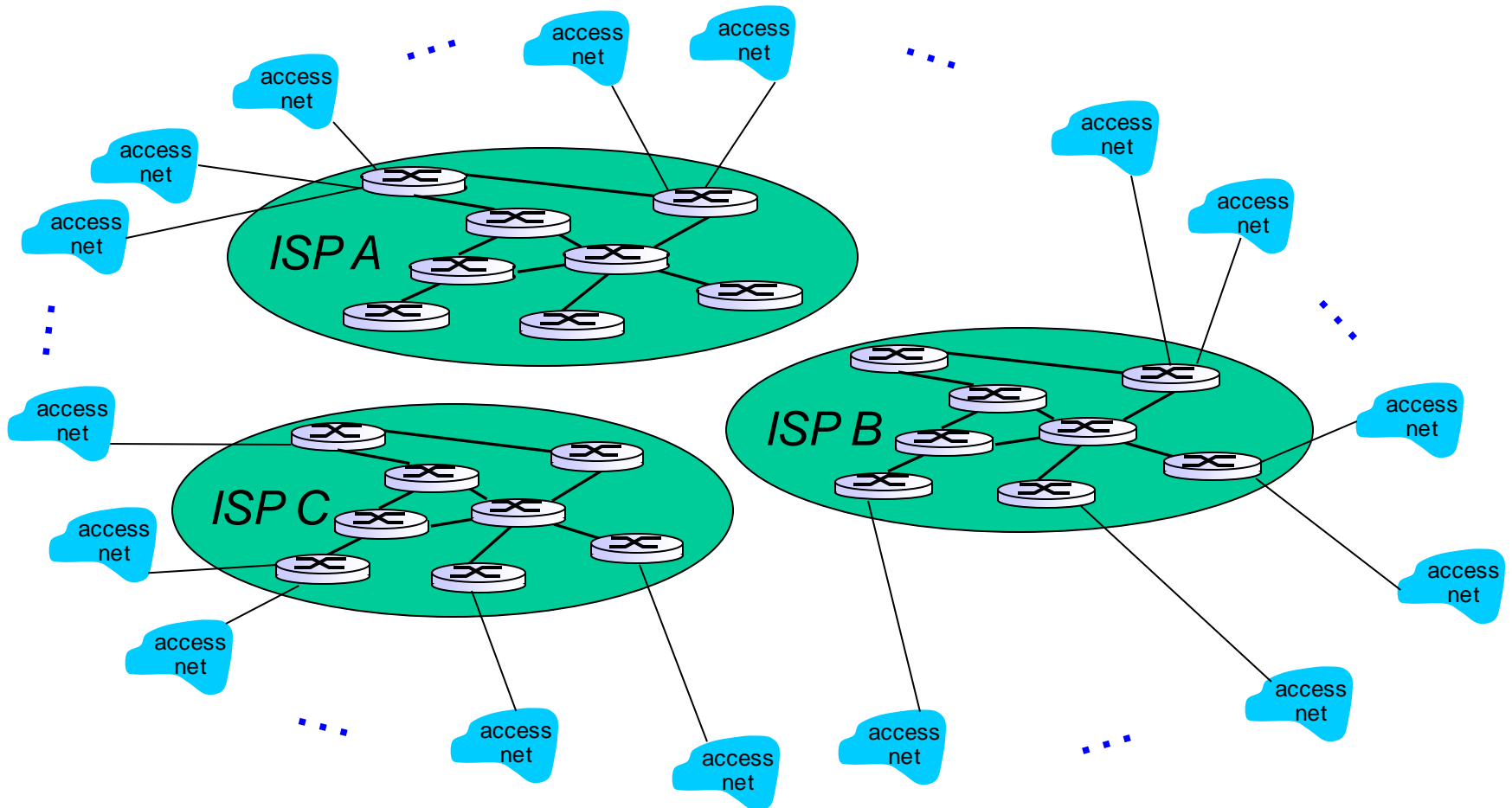
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

Επιλογή: σύνδεσε κάθε ISP πρόσβασης με ένα παγκόσμιο ISP μεταφοράς; **Πελάτης** και **παροχέας** ISPs έχουν οικονομική συμφωνία



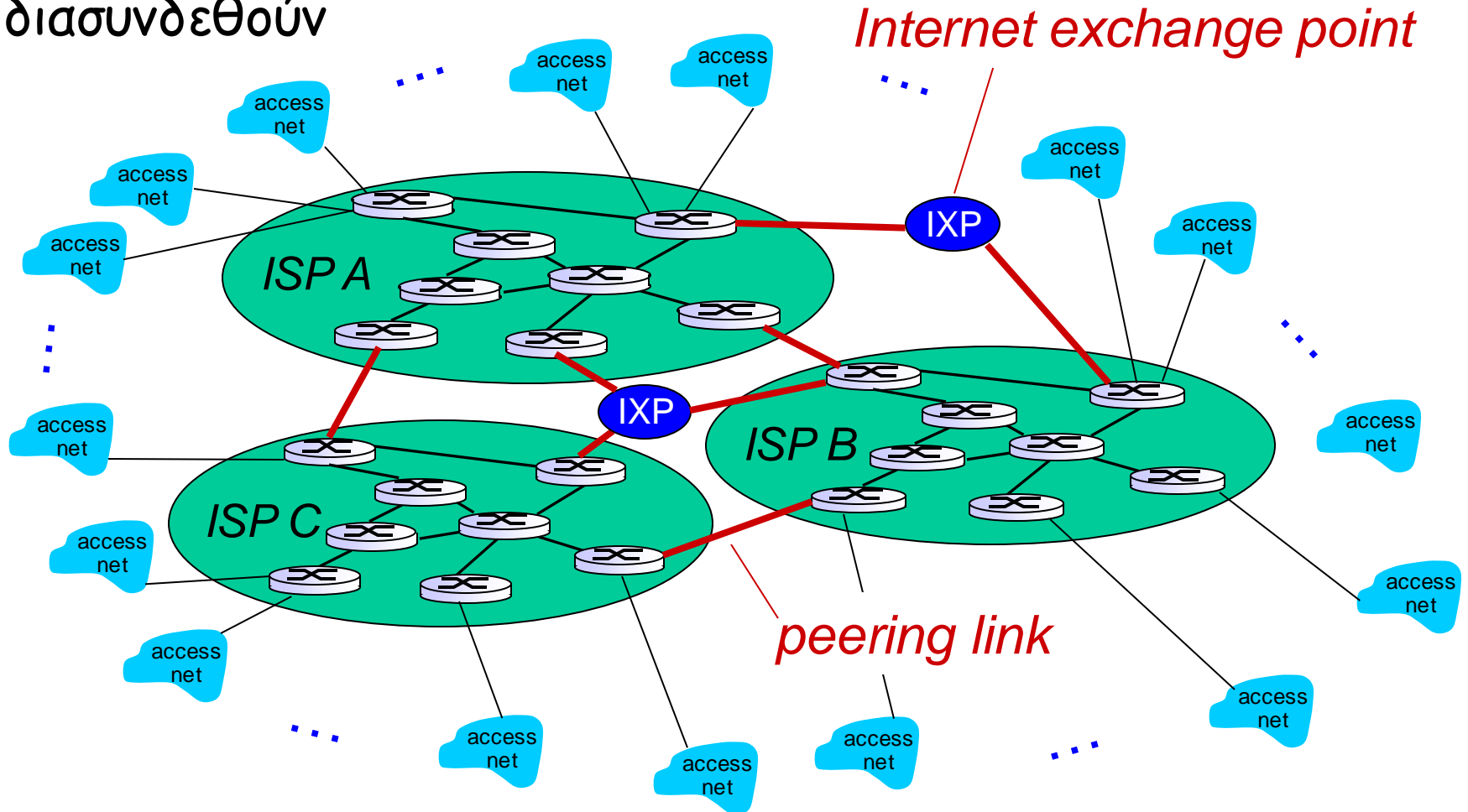
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

Αλλά αν ένας παγκόσμιος ISP είναι βιώσιμη επιχείρηση, θα υπάρξουν ανταγωνιστές ...



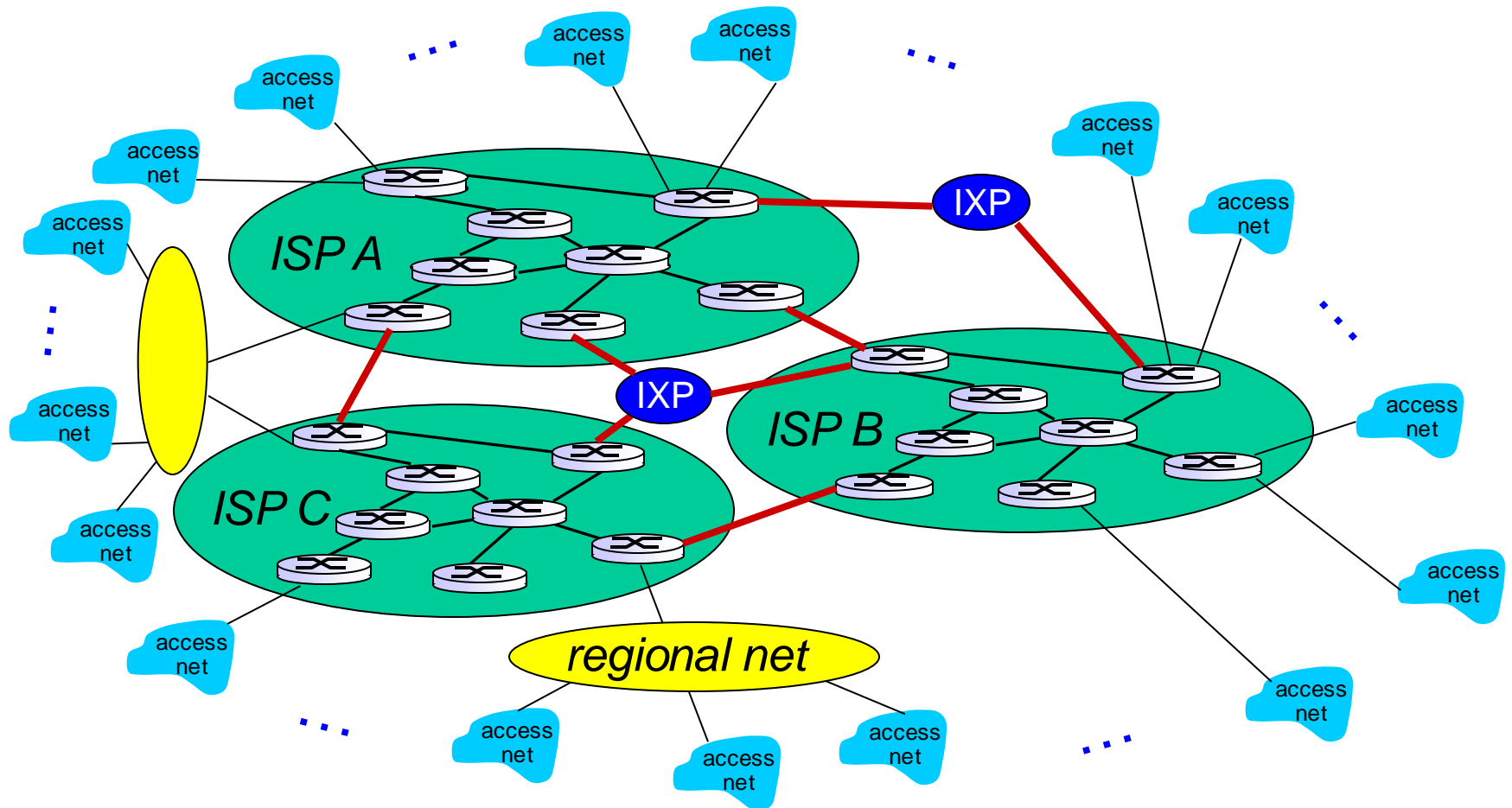
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

Αλλά αν ένας παγκόσμιος ISP είναι βιώσιμη επιχείρηση, θα υπάρξουν ανταγωνιστές ...οι οποίοι θα πρέπει να διασυνδεθούν



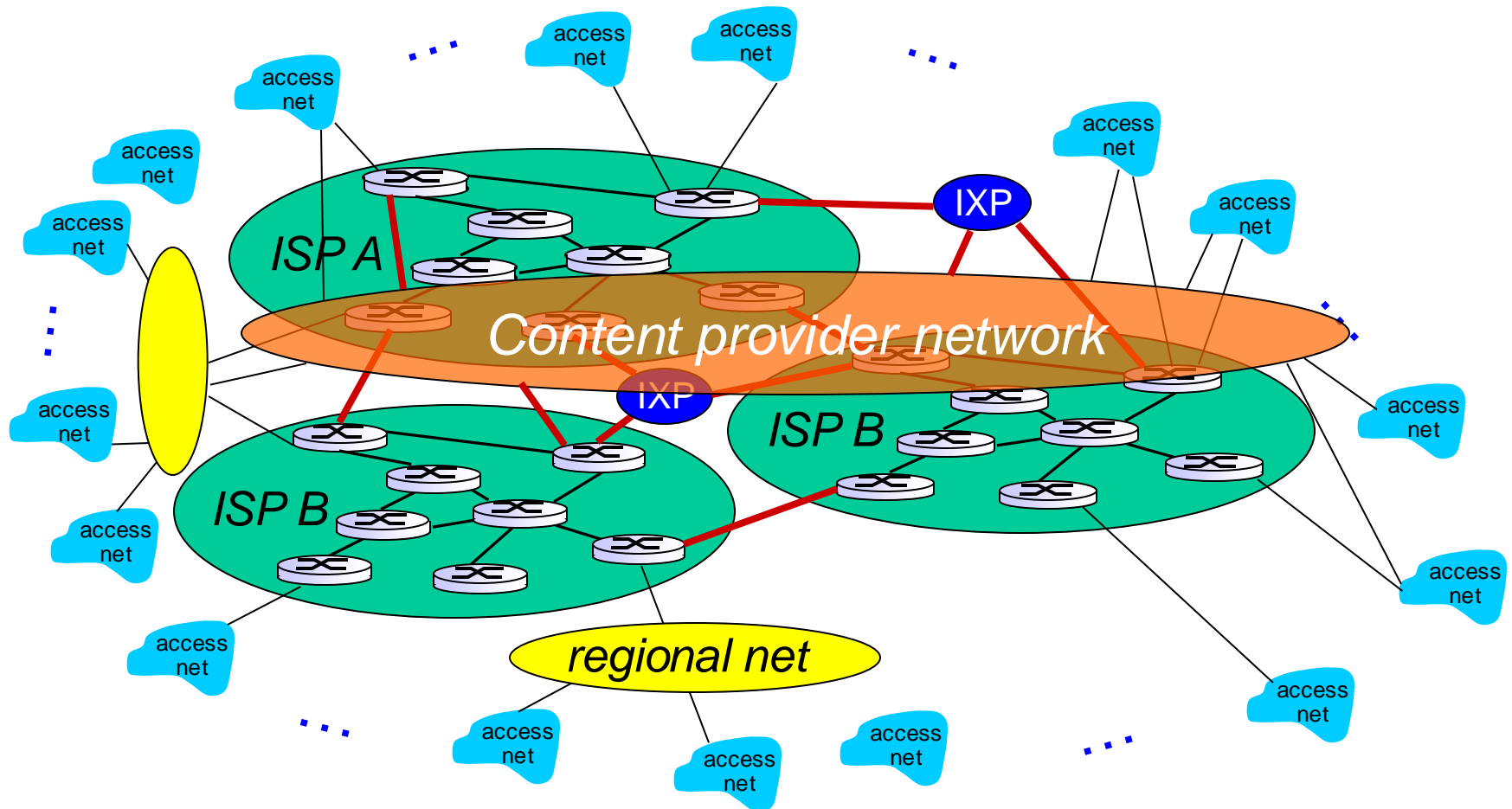
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

... και περιφερειακά δίκτυα μπορεί να αναδυθούν για την διασύνδεση των δικτύων πρόσβασης στους ISPs

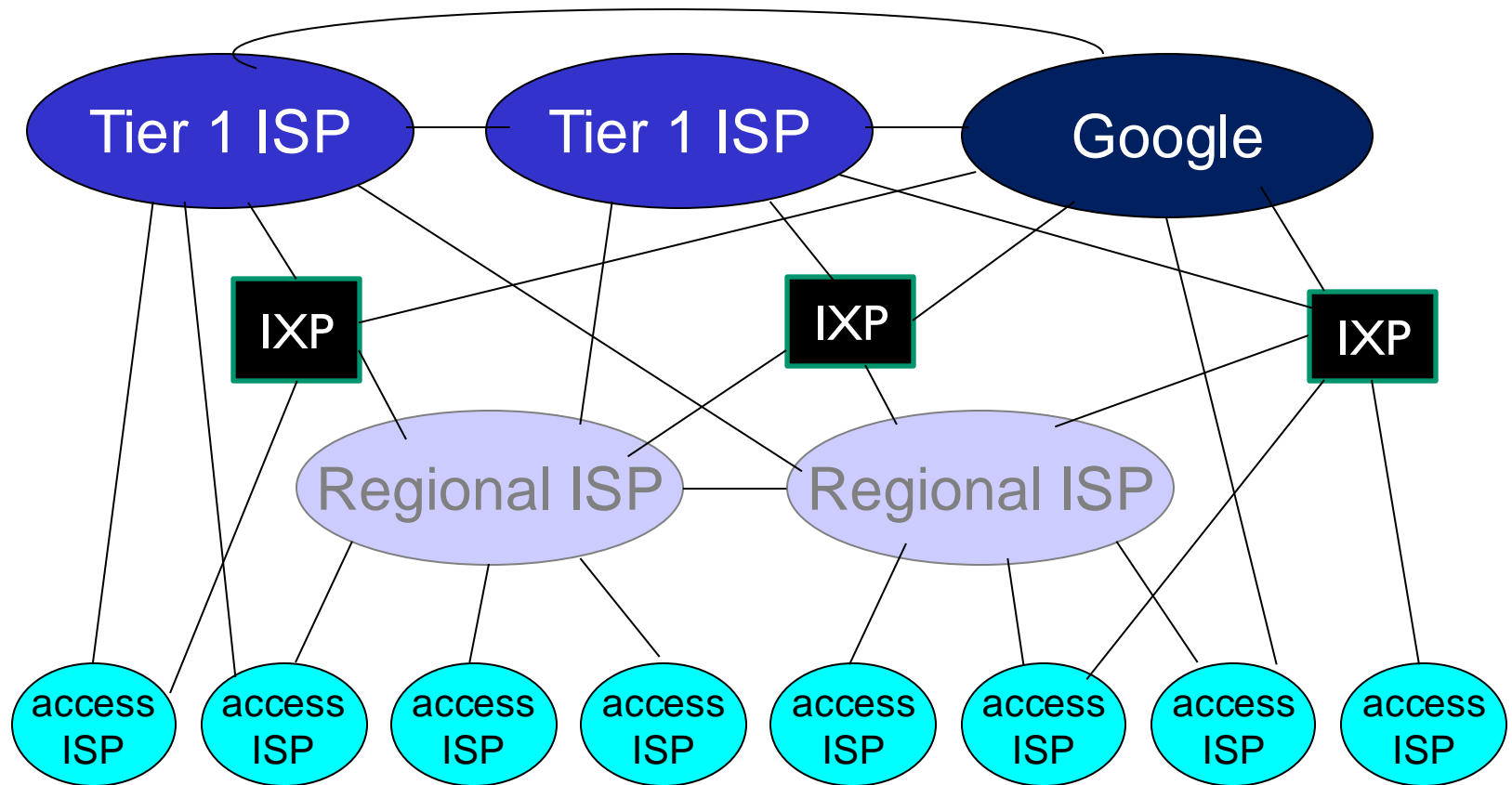


Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

... και παροχής περιεχομένου (πχ, Google, Microsoft, Netflix, Akamai) μπορεί να λειτουργήσουν τα δικά τους δίκτυα, για να φέρουν υπηρεσίες και περιεχόμενο πλησιέστερα στους τελικούς χρήστες



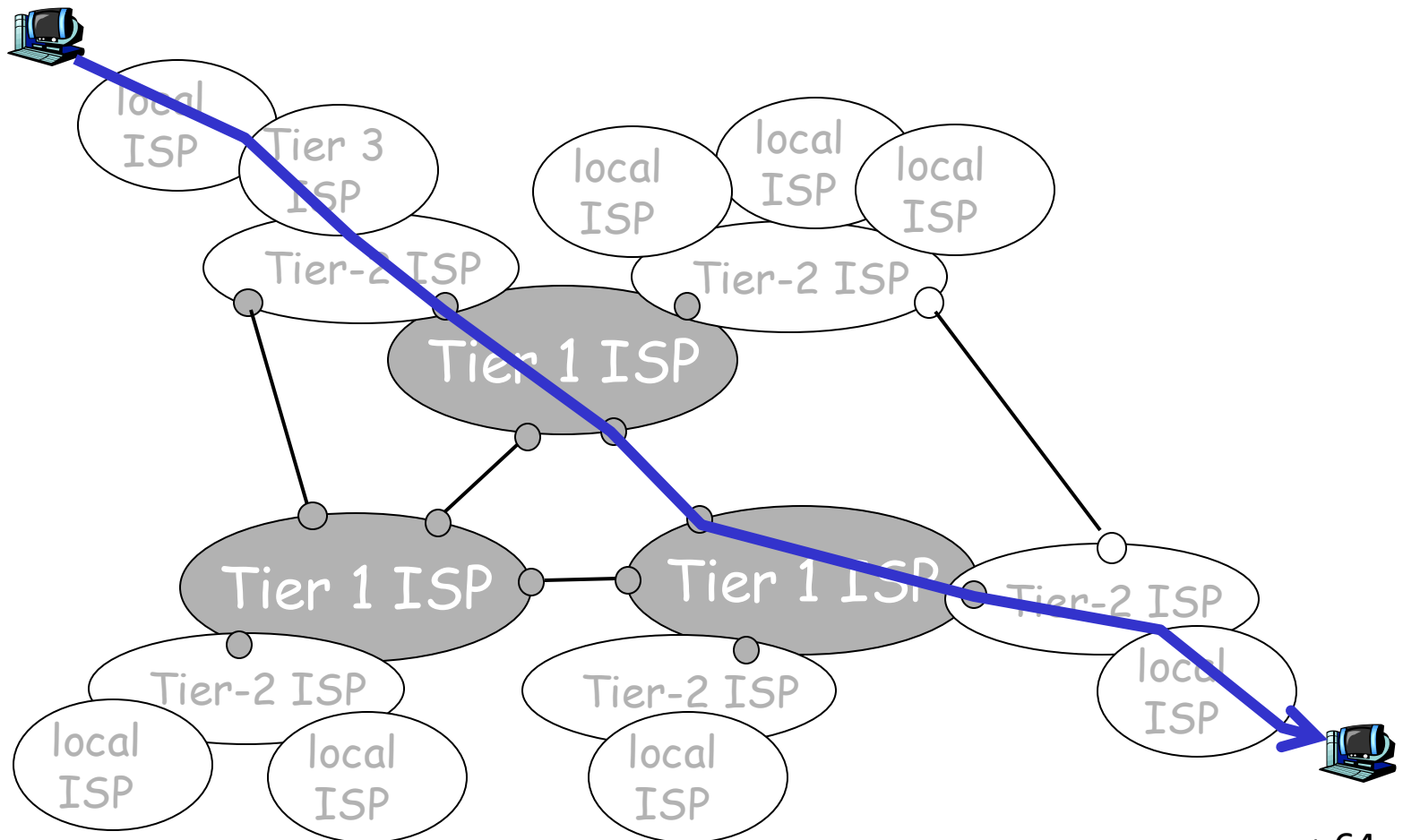
Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων



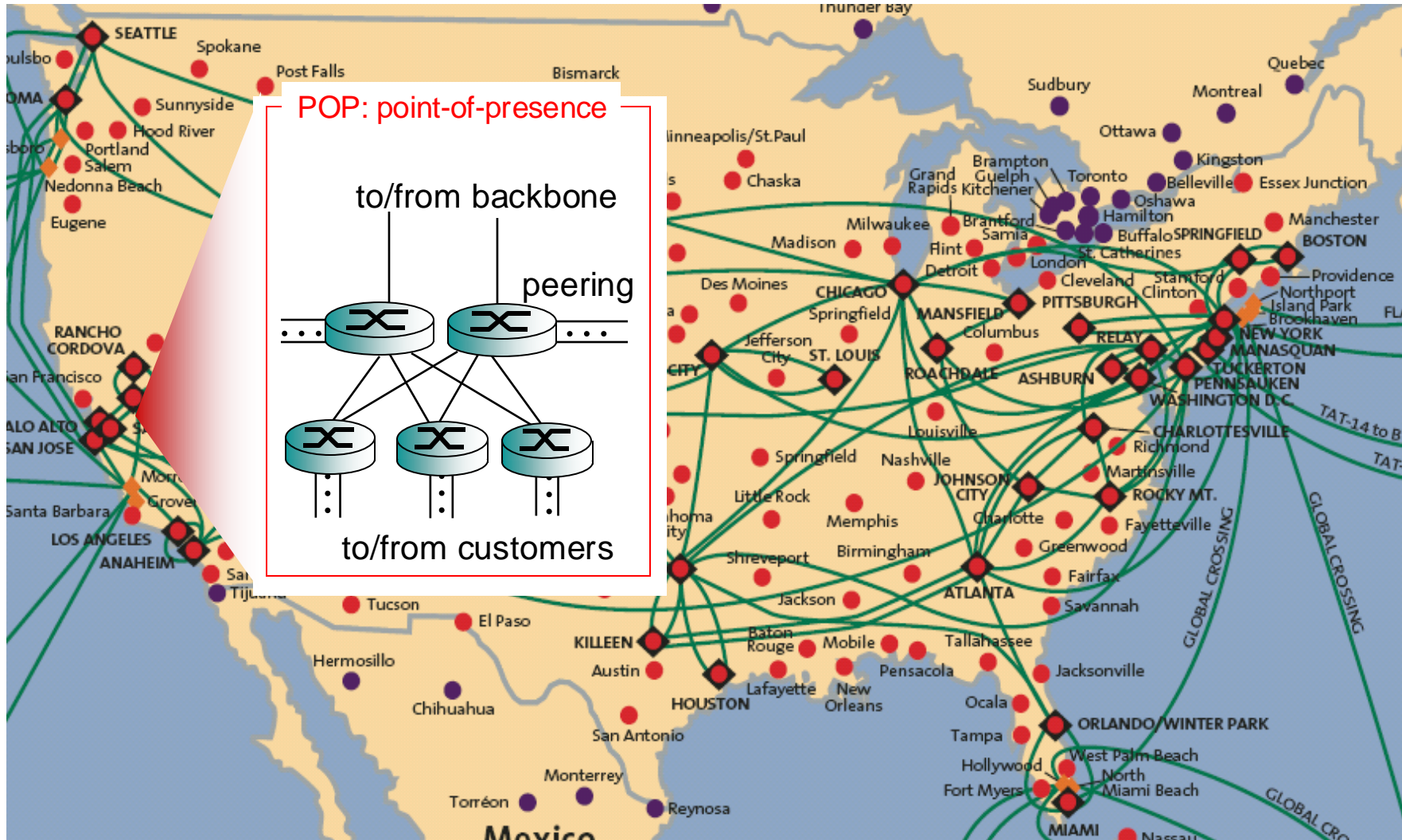
- ❖ Στο κέντρο: μικρός αριθμός καλο-διασυνδεδεμένων μεγάλων δικτύων
 - **"tier-1" εμπορικοί ISPs** (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), εθνική και διεθνής κάλυψη
 - **δίκτυο παροχέα περιεχομένου** (πχ, Google, Facebook): ιδιωτικό δίκτυο που συνδέει τα κέντρα δεδομένων του στο Διαδίκτυο, συχνά παρακάμπτοντας tier-1, περιφερειακούς ISPs

Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

- ❖ ένα πακέτο περνάει μέσα από πολλά δίκτυα!



Tier-I ISP: πχ, Sprint



Κεφάλαιο 1: περιεχόμενα

1.1 τι είναι το Διαδίκτυο;

1.2 περιφέρεια δικτύου

- τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, ζεύξεις

1.3 πυρήνας δικτύου

- μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή δικτύου

1.4 απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση δικτύου

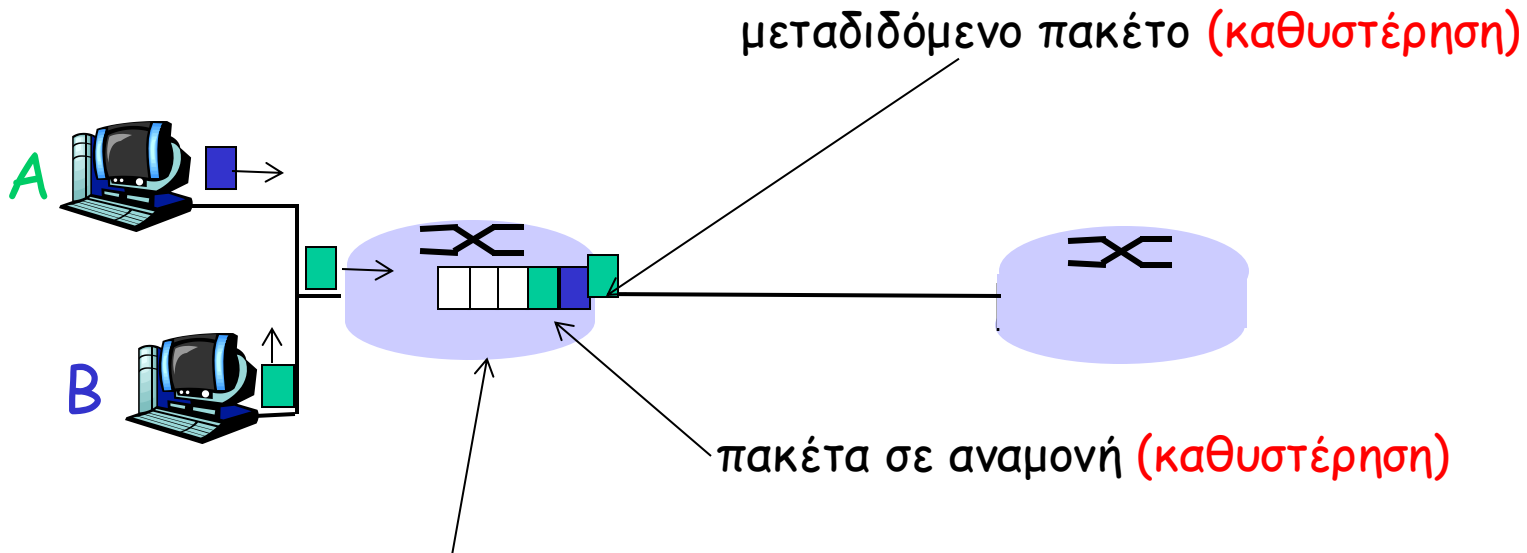
1.5 επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

1.6 ασφάλεια

απώλειες και καθυστερήσεις: πού οφείλονται;

Τα πακέτα μπαίνουν σε μια ουρά αναμονής στους ενταμιευτές (buffers) των δρομολογητών

- ❖ ο ρυθμός άφιξης πακέτων στη ζεύξη υπερβαίνει τη χωρητικότητα της ζεύξης εξόδου
- ❖ ουρά πακέτων, περιμένοντας τη σειρά να μεταδοθούν



ελεύθερες (διαθέσιμες) θέσεις στο buffer: πακέτα απορρίπτονται (χάνονται) εάν δεν υπάρχει ελεύθερος χώρος στο buffer κατά την άφιξή τους

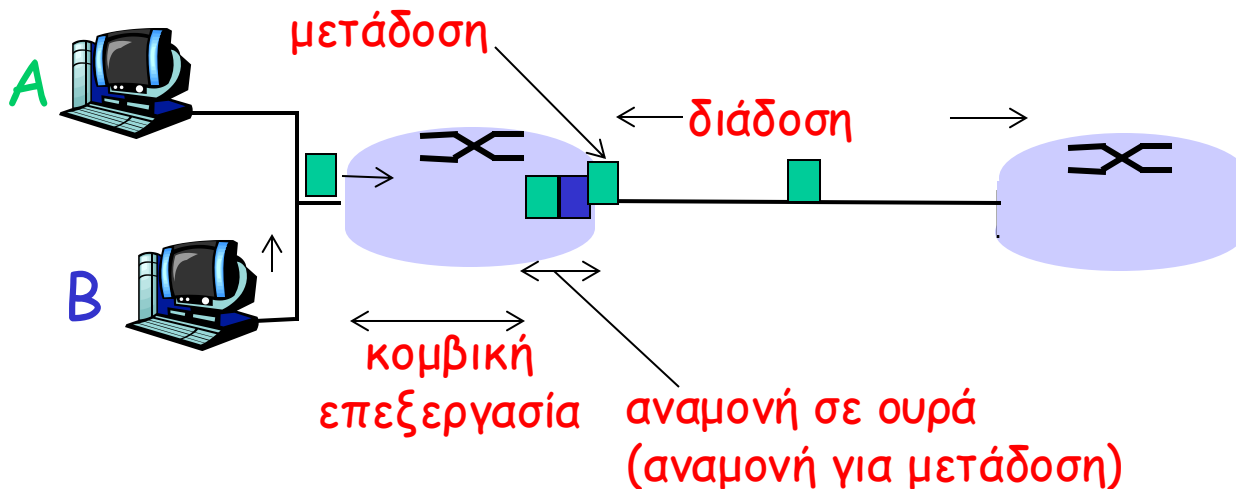
Τέσσερις συνιστώσες καθυστέρησης πακέτου

1. καθυστέρηση κομβικής επεξεργασίας

- έλεγχος σφαλμάτων επιπέδου bit
- καθορισμός ζεύξης εξόδου

2. καθυστέρηση αναμονής

- χρόνος αναμονής στη ζεύξη εξόδου για μετάδοση
- εξαρτάται από το βαθμό συμφόρησης του δρομολογητή



Καθυστέρηση σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου

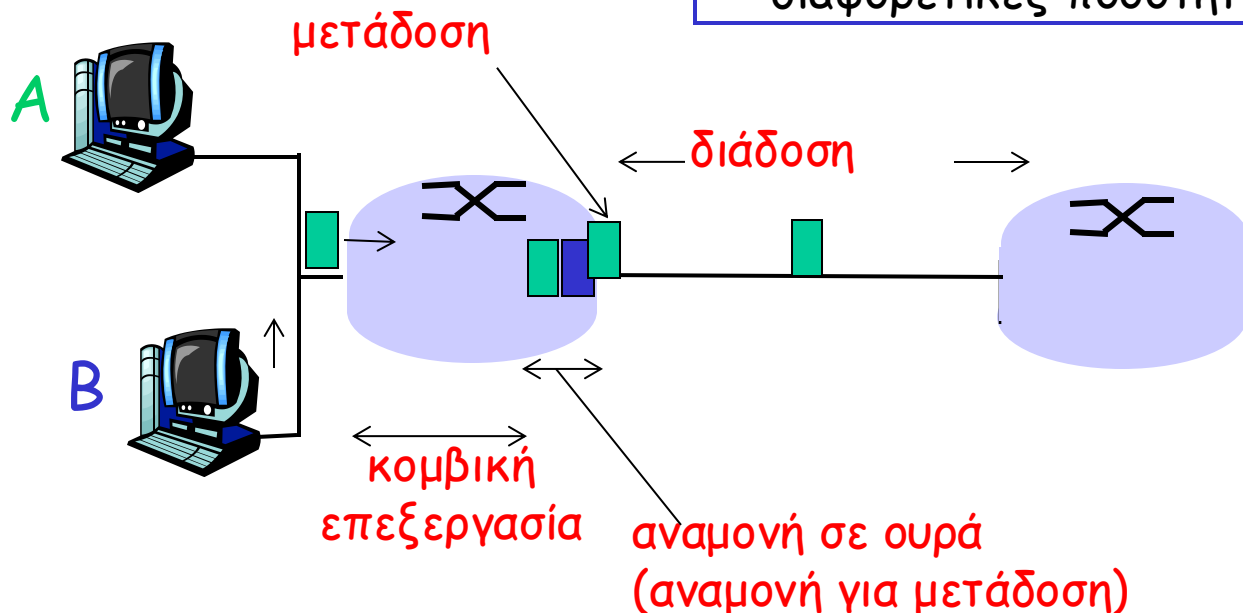
3. καθυστέρηση μετάδοσης:

- ❖ R = εύρος ζώνης ζεύξης (bps)
- ❖ L = μήκος πακέτου (bits)
- ❖ χρόνος αποστολής bits στη ζεύξη = L/R

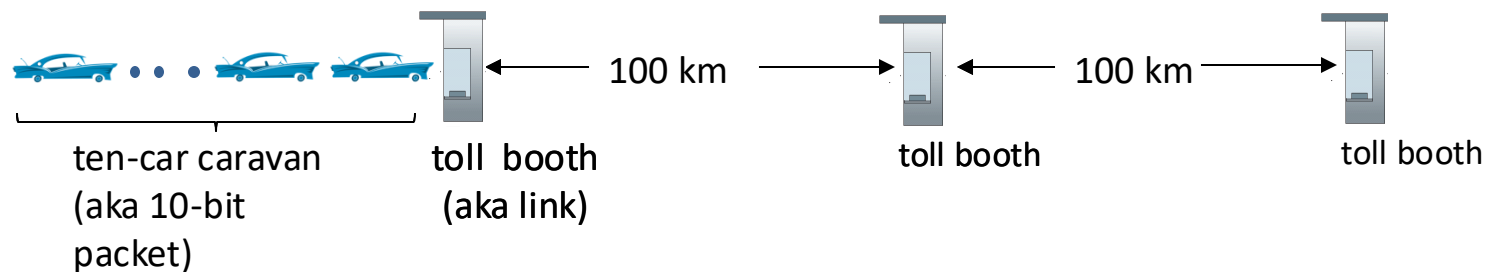
4. καθυστέρηση διάδοσης:

- ❖ d = μήκος της φυσικής ζεύξης
- ❖ s = ταχύτητα διάδοσης στο μέσο ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- ❖ καθυστέρηση διάδοσης = d/s

Σημείωση: Τα s και R είναι εντελώς διαφορετικές ποσότητες!



Καθυστέρηση διάδοσης vs Καθυστέρηση μετάδοσης: Caravan analogy



- car \sim bit; caravan \sim packet; toll service \sim link transmission
- toll booth takes 12 sec to service car (bit transmission time)
- “propagate” at 100 km/hr
- **Q: How long until caravan is lined up before 2nd toll booth?**
- time to “push” entire caravan through toll booth onto highway = $12 * 10 = 120$ sec
- time for last car to propagate from 1st to 2nd toll booth: $100\text{km}/(100\text{km/hr}) = 1$ hr
- **A: 62 minutes**

Συνολική κομβική καθυστέρηση

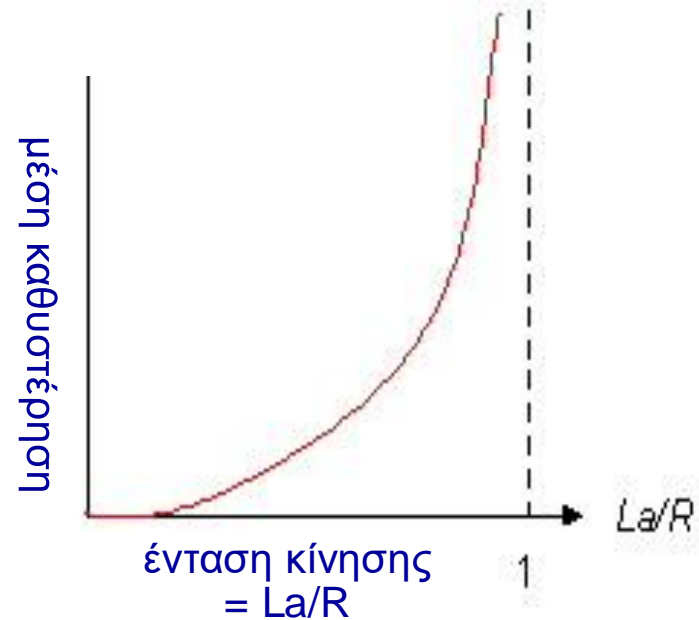
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❖ d_{proc} = καθυστέρηση επεξεργασίας
 - συνήθως μερικά microseconds ή λιγότερο
- ❖ d_{queue} = καθυστέρηση αναμονής
 - εξαρτάται από τη συμφόρηση
- ❖ d_{trans} = καθυστέρηση μετάδοσης
 - = L/R , σημαντική για ζεύξεις χαμηλού ρυθμού
- ❖ d_{prop} = καθυστέρηση διάδοσης
 - μερικά microseconds έως εκατοντάδες msec

Καθυστέρηση αναμονής

- Εύρος ζώνης ζεύξης (bps)
- L =μήκος πακέτου (bits)
- a =μέσος ρυθμός άφιξης πακέτων

average
queueing delay



- $La/R \sim 0$: μέση καθυστέρηση αναμονής μικρή
- $La/R \rightarrow 1$: καθυστερήσεις μεγαλώνουν
- $La/R > 1$: περισσότερη "κίνηση" φτάνει από όση μπορεί να εξυπηρετηθεί, μέση καθυστέρηση άπειρη!



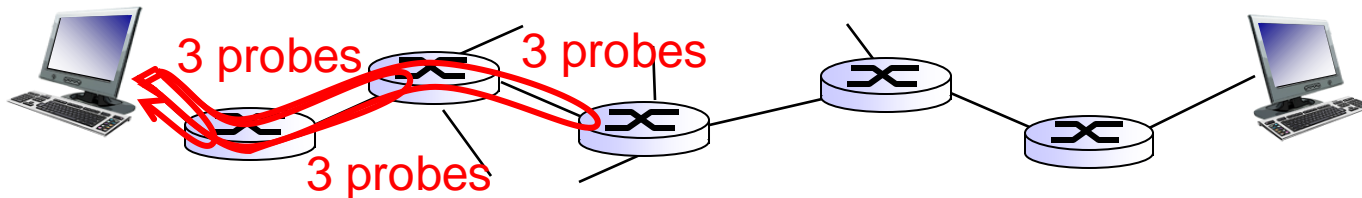
$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$

Καθυστερήσεις και δρόμοι στο Διαδίκτυο


- ❑ **Πρόγραμμα Traceroute:** παρέχει μέτρηση καθυστερήσεων από την πηγή μέχρι κάθε δρομολογητή κατά μήκος της πλήρους διαδρομής στο Διαδίκτυο προς τον προορισμό.
- ❑ Για κάθε δρομολογητή i :
 - ❖ Η πηγή στέλνει τρία πακέτα που θα φτάσουν στον δρομολογητή i στη διαδρομή προς τον προορισμό
 - ❖ ο δρομολογητής i θα επιστρέψει πακέτα αναφοράς (Internet Control Message Protocol - ICMP) στον αποστολέα
 - ❖ ο πηγή καταγράφει το χρονικό διάστημα μεταξύ μετάδοσης και απόκρισης




Πραγματικές καθυστερήσεις στο Διαδίκτυο

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

3 μετρήσεις καθυστέρησης από
gaia.cs.umass.edu to cs-gw.cs.umass.edu



Υπο-Ατλαντική ζεύξη

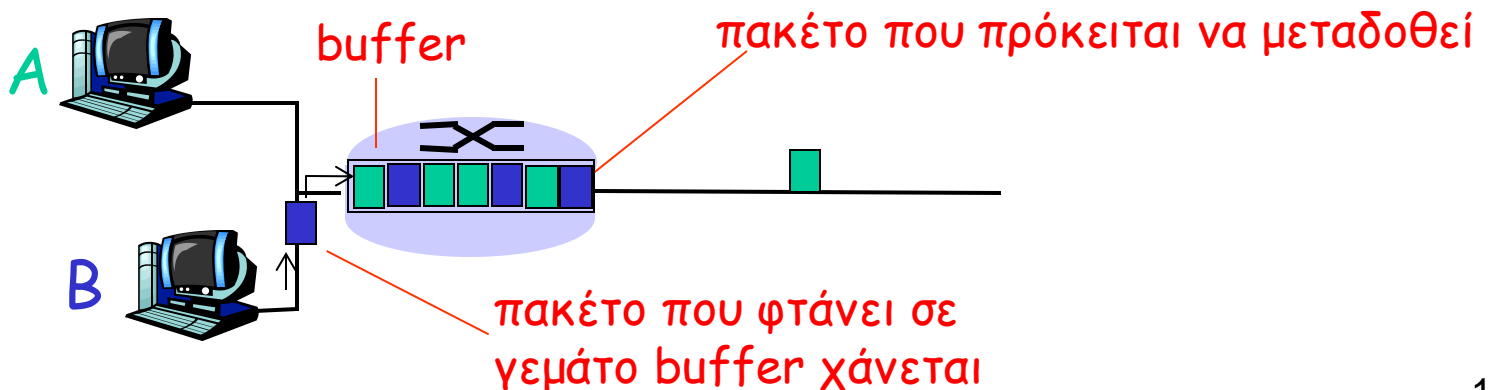


```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * * * (απώλεια πακέτου, δρομολογητής δεν αποκρίνεται,...)
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
```

* Δοκιμάστε το www.traceroute.org

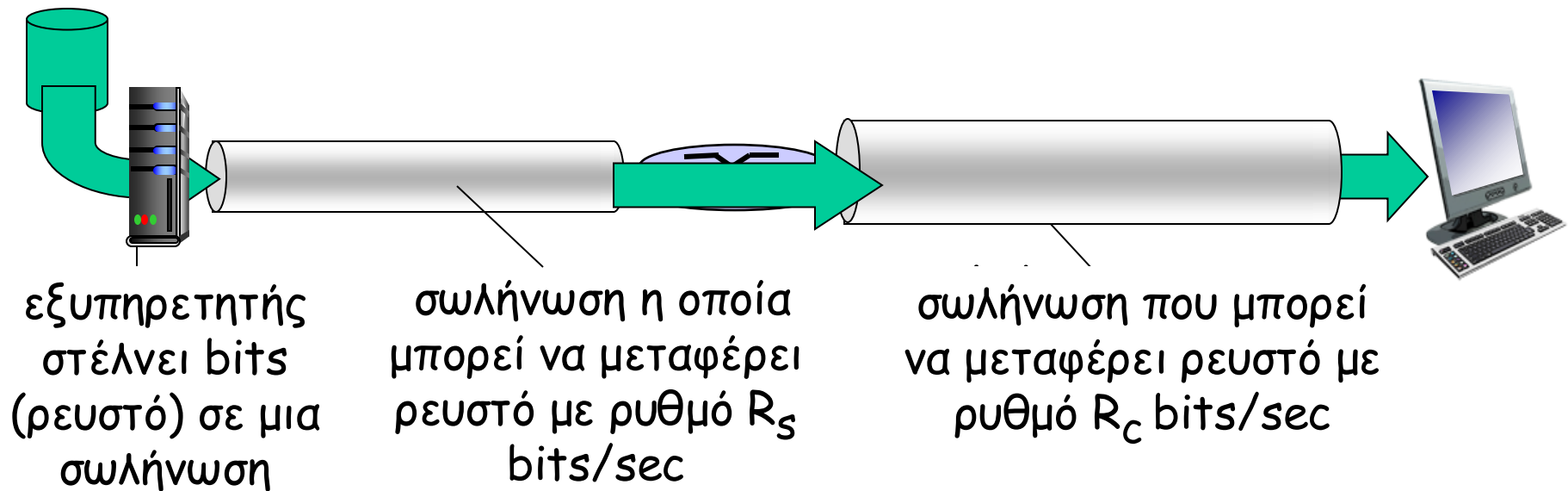
Απώλεια Πακέτων

- ❖ η ουρά (buffer) που προηγείται της ζεύξης έχει πεπερασμένη χωρητικότητα
- ❖ όταν ένα πακέτο φτάνει σε μια γεμάτη ουρά, απορρίπτεται (δηλαδή χάνεται)
- ❖ ένα πακέτο που χάνεται μπορεί να επαναμεταδοθεί από τον προηγούμενο κόμβο, από την πηγή του τερματικού συστήματος, ή να μη επαναμεταδοθεί καθόλου



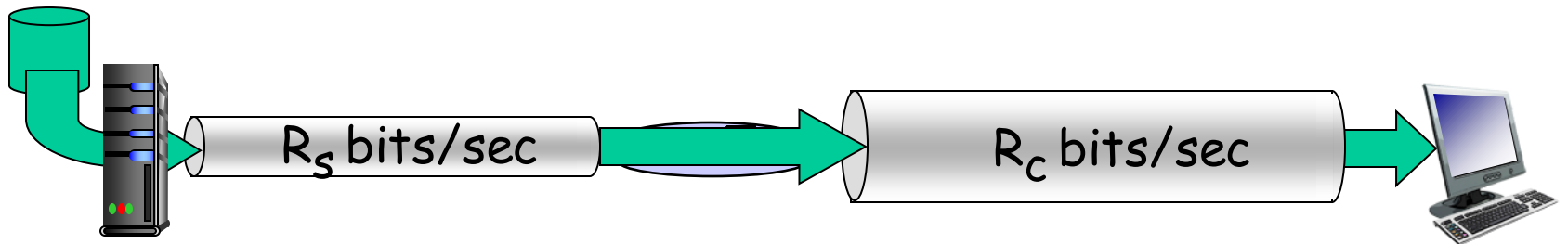
Ρυθμαπόδοση (Throughput)

- ❖ **ρυθμαπόδοση:** ρυθμός (bits/μονάδα χρόνου) με τον οποίο τα bits μεταφέρονται μεταξύ αποστολέα/παραλήπτη
 - **στιγμιαία:** ρυθμός σε δοσμένη χρονική στιγμή
 - **μέση:** ρυθμός σε μια μεγάλη περίοδο χρόνου

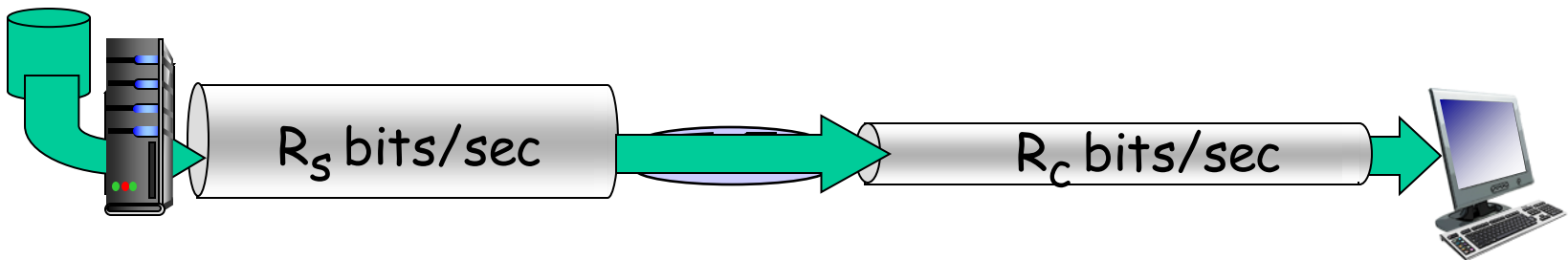


Ρυθμαπόδοση

❖ $R_s < R_c$: μέση ρυθμαπόδοση από άκρο σε άκρο;



□ $R_s > R_c$: μέση ρυθμαπόδοση από άκρο σε άκρο;

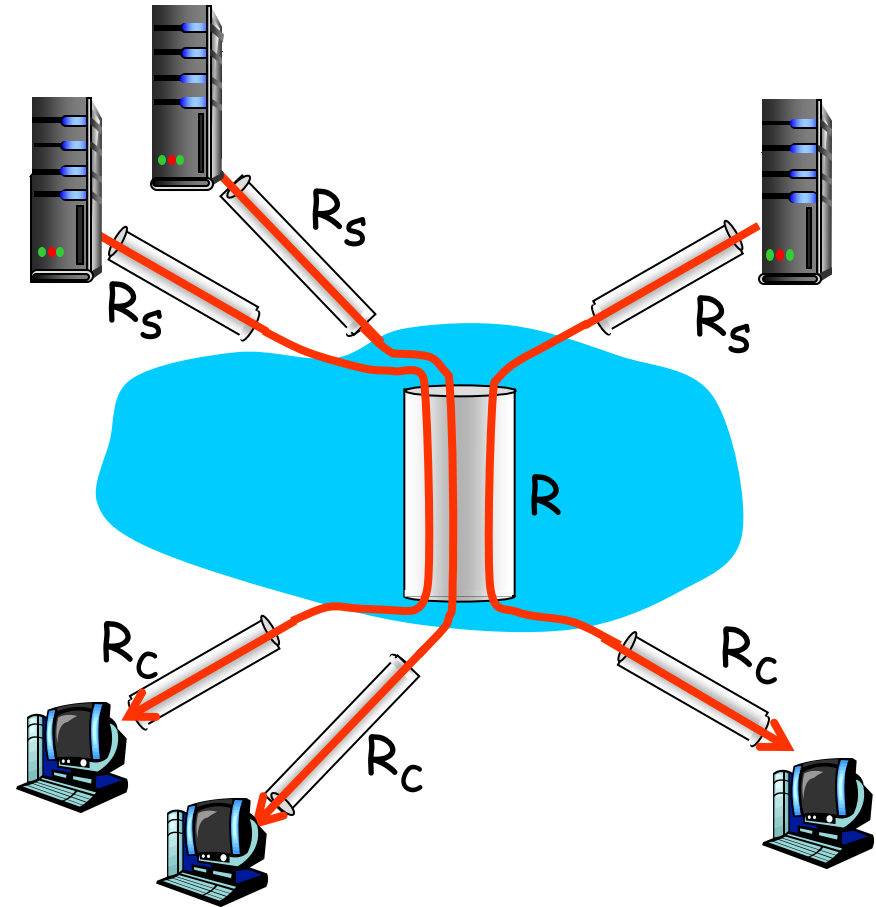


Ζεύξη συμφόρησης

Ζεύξη σε ένα από άκρο σε άκρο μονοπάτι, η οποία περιορίζει την από άκρο σε άκρο ρυθμαπόδοση

Ρυθμαπόδοση: σενάριο Διαδικτύου

- ❖ ανά σύνδεση η από άκρο σε άκρο ρυθμαπόδοση είναι: $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❖ στην πράξη: συχνά η συμφόρηση οφείλεται στο R_c ή R_s



10 συνδέσεις (δίκαια) μοιράζονται τη ζεύξη συμφόρησης του δικτύου υπολογιστών, που είναι ρυθμού R bits/sec

Κεφάλαιο I: Περιεχόμενα

I.1 τι είναι το Διαδίκτυο;

I.2 περιφέρεια δικτύου

- τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, γραμμές

I.3 πυρήνας δικτύου

- μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή δικτύου

I.4 απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση δικτύου

I.5 επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

I.6 ασφάλεια

“Επίπεδα” Πρωτοκόλλων

Τα δίκτυα είναι πολύπλοκα!

- ❖ πολλά “κομμάτια”:
 - Τερματικά συστήματα (hosts)
 - δρομολογητές (routers)
 - ζεύξεις διαφόρων φυσικών μέσων
 - εφαρμογές
 - πρωτόκολλα
 - υλικό (hardware), λογισμικό (software)

Ερώτημα:

Υπάρχει ελπίδα οργάνωσης της δομής του δικτύου;

ή τουλάχιστον της συζήτησής μας για τη δομή του δικτύου;

Οργάνωση αεροπορικού ταξιδιού

εισιτήριο (αγορά)

εισιτήριο (παράπονα)

αποσκευές (έλεγχος)

αποσκευές (παραλαβή)

πύλες (επιβίβαση)

πύλες (αποβίβαση)

τροχοδρόμηση για απογείωση

τροχοδρόμηση για προσγείωση

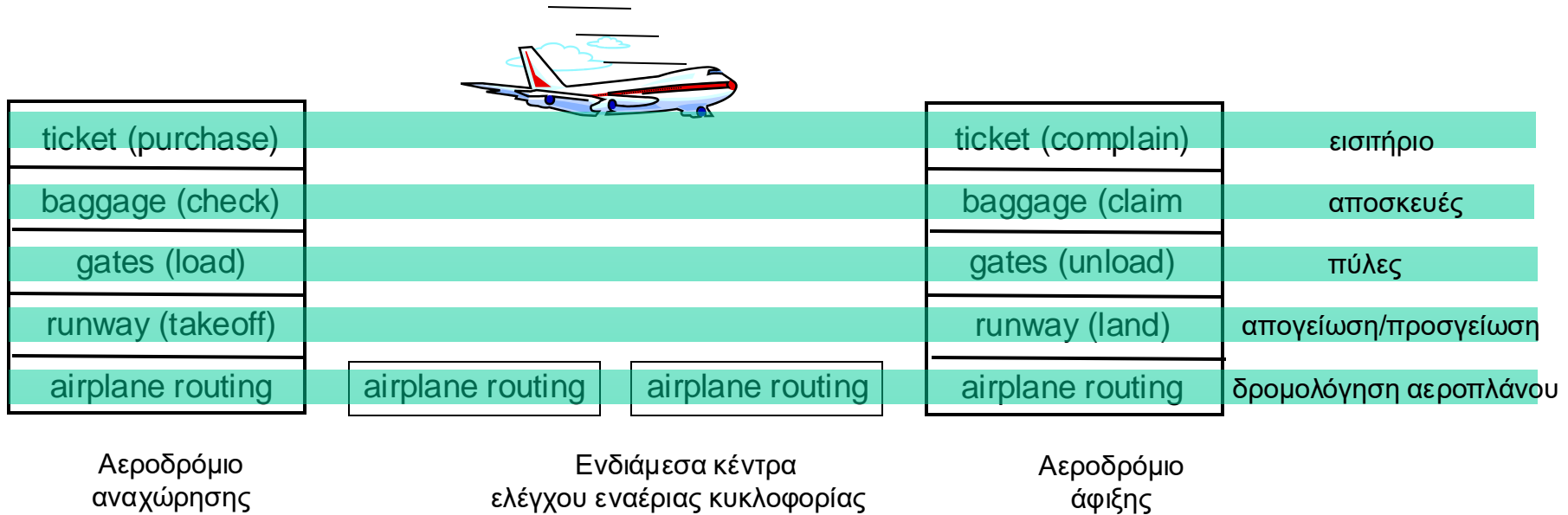
δρομολόγηση αεροπλάνου

δρομολόγηση αεροπλάνου

δρομολόγηση αεροπλάνου

❖ μια σειρά βημάτων

Οργάνωση σε διαδοχικά επίπεδα λειτουργικότητας αεροπορικής εταιρείας



Επίπεδα: κάθε επίπεδο υλοποιεί μια υπηρεσία

- με δικές του ενέργειες στο εσωτερικό του
- βασίζεται στις υπηρεσίες που παρέχονται από τα κατώτερα επίπεδα

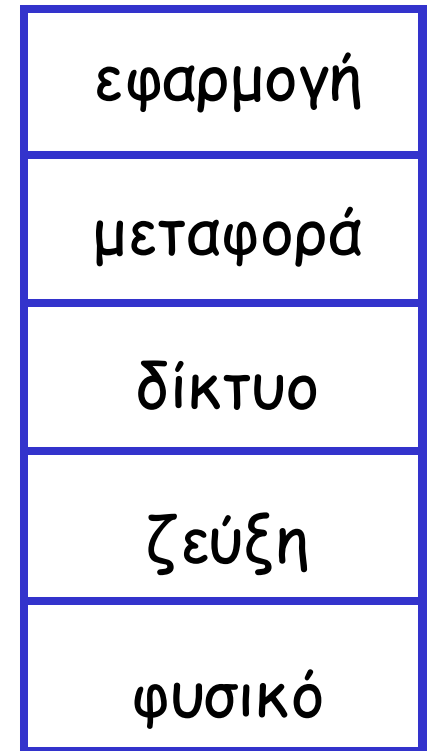
Οργάνωση σε επίπεδα – γιατί;

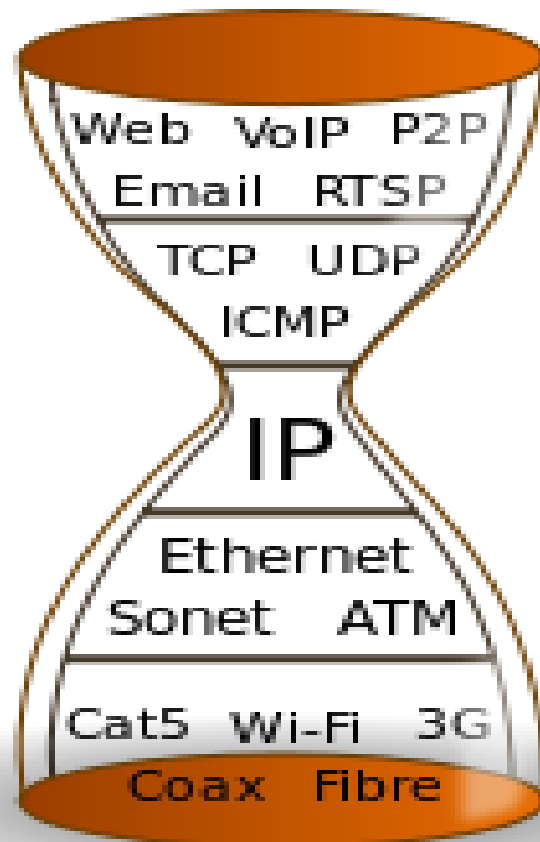
Διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων:

- ❖ Η πλήρως καθορισμένη δομή επιτρέπει την αναγνώριση των διακριτών τμημάτων του συστήματος και την καλύτερη κατανόηση των συσχετίσεων μεταξύ τους
 - μοντέλο αναφοράς επιπέδων για συζήτηση
- ❖ Η τμηματοποίηση διευκολύνει τη συντήρηση και αναβάθμιση του συστήματος
 - αλλαγή της υλοποίησης μιας υπηρεσίας ενός επιπέδου χωρίς αυτό να είναι ορατό στο υπόλοιπο σύστημα
 - π.χ., μια αλλαγή στη διαδικασία της πύλης δεν επηρεάζει το υπόλοιπο σύστημα
- ❖ Η οργάνωση σε επίπεδα έχει και μειονεκτήματα;

Στοιβά Πρωτοκόλλων Διαδικτύου

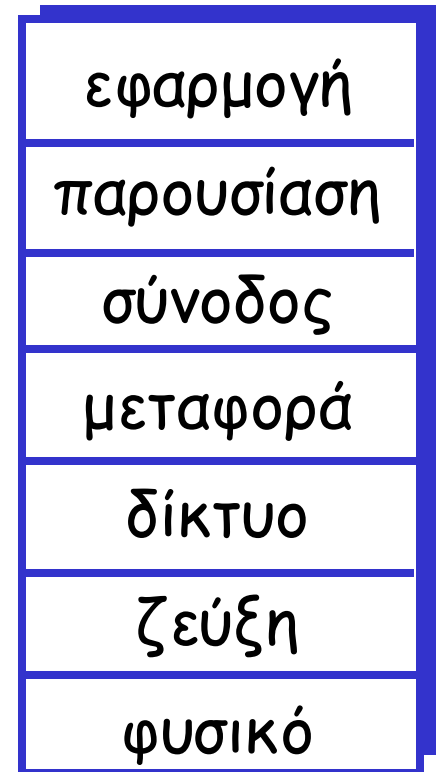
- ❖ **εφαρμογή (application)**: υποστήριξη δικτυακών εφαρμογών
 - **FTP, SMTP, HTTP**
- ❖ **μεταφορά (transport)**: μεταφορά μηνυμάτων επιπέδου εφαρμογής από άκρο-σε-άκρο της εφαρμογής
 - **TCP, UDP**
- ❖ **δίκτυο (network)**: δρομολόγηση δεδομενογραμμάτων (datagrams) από πηγή σε προορισμό
 - **IP**, πρωτόκολλα δρομολόγησης
- ❖ **ζεύξη (link)**: μεταφορά δεδομένων (πλαισίων) μεταξύ γειτονικών στοιχείων δικτύου
 - **PPP, Ethernet, 802.11 (WiFi)**
- ❖ **φυσικό (physical)**: bits “πάνω στη γραμμή”, μετάδοση bits μεταξύ γειτονικών κόμβων





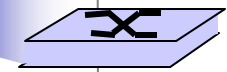
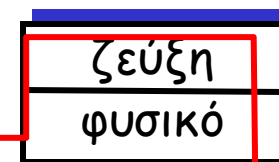
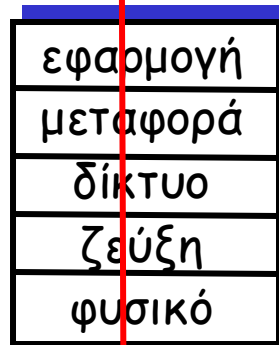
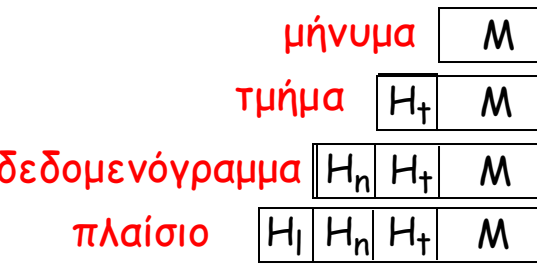
Μοντέλο αναφοράς ISO/OSI

- ❖ **Παρουσίαση (presentation):** επιτρέπει σε επικοινωνούσες εφαρμογές να ερμηνεύουν τη σημασία των δεδομένων που ανταλλάσσονται, π.χ., κρυπτογράφηση δεδομένων, συμπίεση δεδομένων, περιγραφή δεδομένων
- ❖ **σύνοδος (session):** παρέχει οριοθέτηση και συγχρονισμό της ανταλλαγής δεδομένων, υπηρεσίες που περιλαμβάνουν ένα σχήμα ελέγχου και ανάκτησης.
- ❖ Το Διαδίκτυο δεν έχει αυτά τα δύο επίπεδα του μοντέλου αναφοράς Open System Interconnection (OSI)
 - αυτές οι υπηρεσίες, αν είναι απαραίτητες, πρέπει να υλοποιηθούν στην εφαρμογή



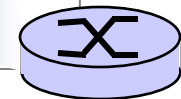
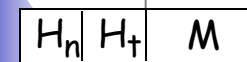
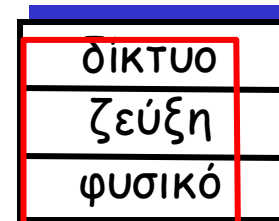
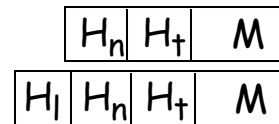
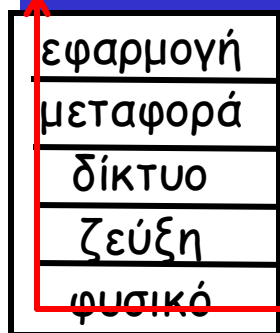
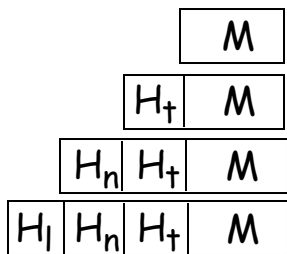
Ενθυλάκωση

προέλευση



μεταγωγέας

προορισμός



δρομολογητής

Κεφάλαιο 1: περιεχόμενα

1.1 τι είναι το Διαδίκτυο;

1.2 περιφέρεια δικτύου

- τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, γραμμές

1.3 πυρήνας δικτύου

- μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος (packet/circuit switching), δομή δικτύου

1.4 απώλειες, καθυστέρηση, ρυθμαπόδοση δικτύου

1.5 επίπεδα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών

1.6 **ασφάλεια**

1.7 ιστορική αναδρομή

Ασφάλεια Δικτύου

❖ Πεδίο ασφάλειας δικτύου

- Πώς οι «κακοί» μπορούν να επιτεθούν σε δίκτυα υπολογιστών;
- Πώς μπορούμε να υπερασπίσουμε τα δίκτυα έναντι επιθέσεων;
- Πώς να σχεδιάσουμε αρχιτεκτονικές που είναι απρόσβλητες από επιθέσεις;

❖ Το Διαδίκτυο δεν σχεδιάστηκε αρχικά με γνώμονα την ασφάλειά του

- αρχικός σχεδιασμός: με βάση "μια ομάδα χρηστών με αμοιβαία εμπιστοσύνη σε ένα διαφανές δίκτυο" 😊
- σχεδιαστές πρωτοκόλλων του Διαδικτύου έπρεπε να «καλύψουν το κενό»
- ασφάλεια σε όλα τα επίπεδα!

Ασφάλεια Δικτύου

επιθέσεις στην υποδομή του Διαδικτύου

- μόλυνση/επίθεση στους τερματικούς υπολογιστές :
κακόβουλο λογισμικό (malware), λογισμικό κατασκοπείας (spyware), σκουλήκια (worms), μη πιστοποιημένη πρόσβαση (υποκλοπή δεδομένων, λογαριασμοί χρηστών)
- άρνηση παροχής υπηρεσίας (denial of service): άρνηση πρόσβασης στους πόρους (εξυπηρετητές, εύρος ζώνης ζεύξης)

Οι κακοί: βάζουν κακόβουλο λογισμικό στους υπολογιστές του Διαδικτύου

❖ Αιτίες μόλυνσης:

- **Ιός** : αυτο-αναπαραγόμενη μόλυνση με την λήψη/εκτέλεση αντικειμένου (πχ, e-mail attachment)
- **Σκουλήκι**: αυτο-αναπαραγόμενη μόλυνση με την παθητική λήψη αντικειμένου που εκτελείται από μόνο του

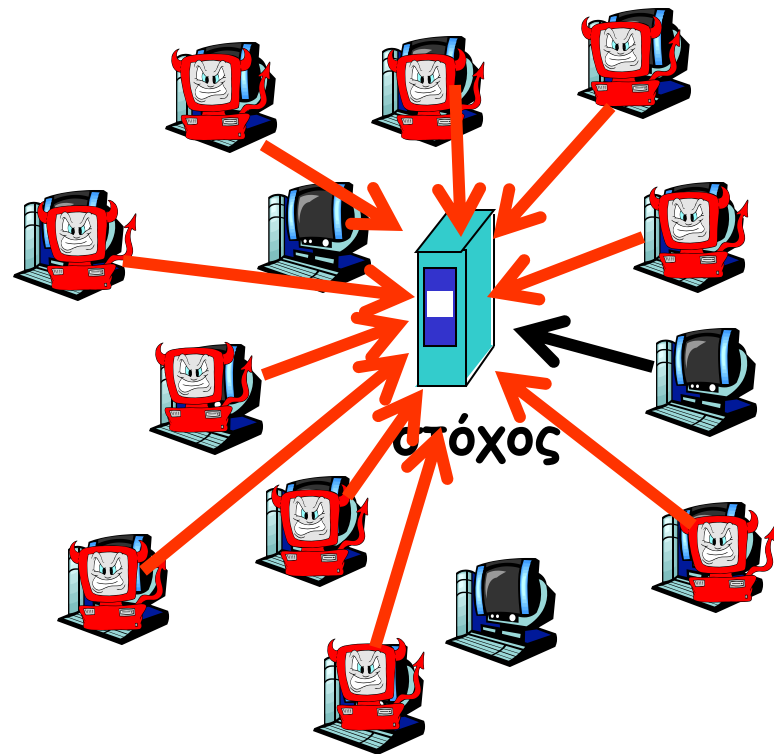
❖ Λογισμικό κατασκοπείας

- συλλέγει προσωπικές πληροφορίες, όπως πληκτρολογήσεις, επισκεφθείσες ιστοσελίδες, κωδικούς, συνθηματικά
- ❖ Ο μολυσμένος υπολογιστής συμμετέχει σε spam και επιθέσεις άρνησης υπηρεσίας (DoS attacks)

Επιθέσεις άρνησης παροχής υπηρεσίας (Denial of service attacks)

- ❖ Οι επιτιθέμενοι κάνουν τους πόρους (εξυπηρετητές, εύρος ζώνης) μη διαθέσιμους για την κανονική κίνηση υπερφορτώνοντας τον πόρο με εικονική κίνηση

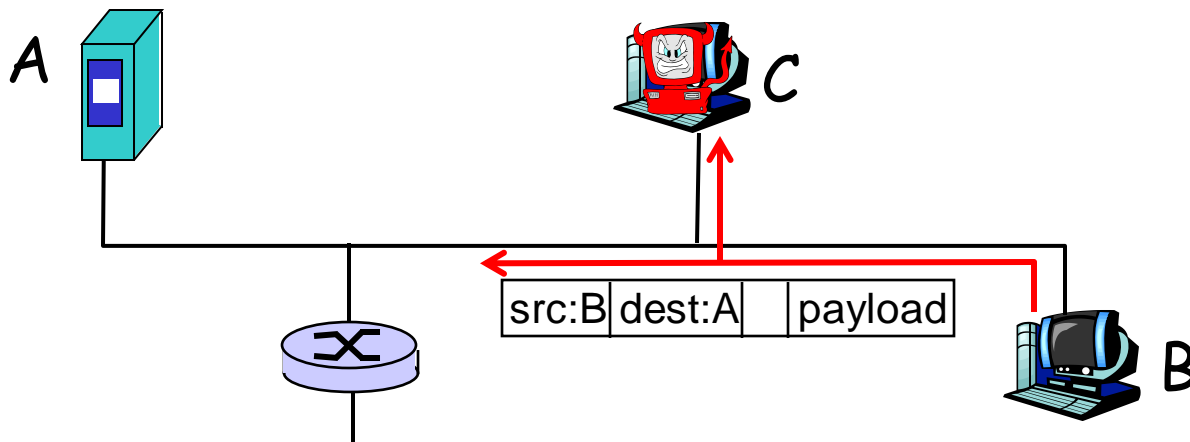
1. επιλογή στόχου (target)
2. επίθεση στους υπολογιστές υπηρεσίας του δικτύου (βλέπε κακόβουλο λογισμικό)
3. αποστολή πακέτων προς το στόχο από παραβιασμένους υπολογιστές υπηρεσίας



Αδιάκριτη καταγραφή πακέτων

Packet sniffing

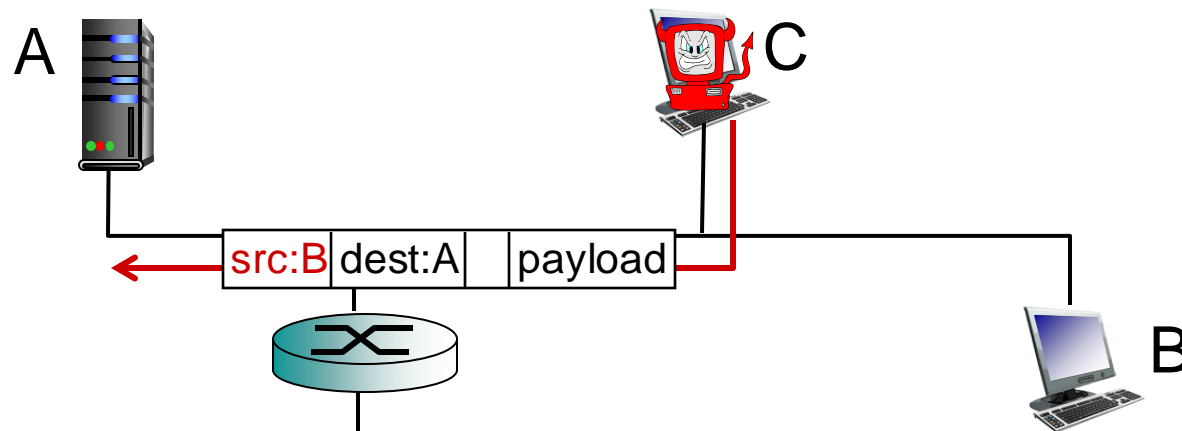
- broadcast media (διαμοιραζόμενο Ethernet, ασύρματο)
- «αδιάκριτη» δικτυακή διεπαφή διαβάζει/καταγράφει όλα τα πακέτα που περνούν από αυτήν (κλέβει συνθηματικά!)



- ❖ Π.χ. λογισμικό packet sniffing wireshark

Οι κακοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν ψεύτικες διευθύνσεις

IP spoofing: στέλνει πακέτο με ψεύτικη διεύθυνση πηγής



... εφαρμογές πιστοποίησης αυθεντικότητας

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδεια Χρήσης

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,
Μεράκος Λάζαρος 2015. «Δίκτυα Επικοινωνιών Ι. Ενότητα 1:
Εισαγωγή». Έκδοση: 1.01. Αθήνα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://opencourses.uoa.gr/courses/DI19>

Χρηματοδότηση

- ❖ Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- ❖ Το έργο «**Ανοικτά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

