



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών

## Ενότητα 2: Εισαγωγή

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

**Συνιστώμενο Βιβλίο:**

*Δικτύωση Υπολογιστών  
Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω*

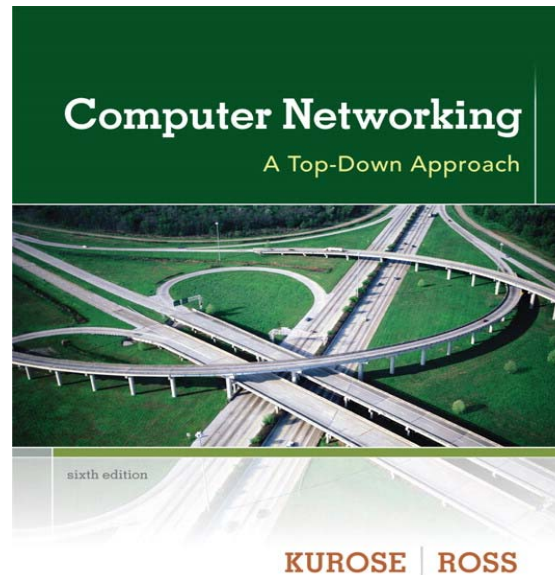
**KUROSE | ROSS**

**Τίτλος στην Αγγλική:** Computer Networking: A Top-Down Approach

**Επιμέλεια Ελληνικής Μετάφρασης:** Μαυρίδης Ιωάννης - Φουληράς Παναγιώτης

**Εκδόσεις :** Μ. Γκιούρδας

**Έκτη Έκδοση**



Η πλειονότητα των διαφανειών της 2<sup>ης</sup> ενότητας αποτελούν προσαρμογή και απόδοση στα ελληνικά των διαφανειών του 1<sup>ου</sup> κεφαλαίου που συνοδεύουν το βιβλίο «Computer Networking: A Top-Down Approach» J.F Kurose and K.W. Ross, 6/E, Addison-Wesley (**Copyright © Pearson Education Inc**).

Η παρούσα προσαρμογή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε απόδοση των διαφανειών αυτών στα ελληνικά, την επιμέλεια της οποίας είχε ο καθηγητής του Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Λάζαρος Μεράκος.



# Σκοποί ενότητας

- Περιγραφή του πυρήνα του δικτύου (core network)
- Περιγραφή της μεταγωγής πακέτου (packet switching) και της μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching)
- Επεξήγηση των εννοιών «δρομολόγηση» και «προώθηση» πακέτων
- Επεξήγηση της δομής του Διαδικτύου ως δίκτυο δικτύων



# Περιεχόμενα ενότητας

- Ο πυρήνας του δικτύου
- Μεταγωγή πακέτου
- Δρομολόγηση και προώθηση πακέτων
- Μεταγωγή κυκλώματος
- Μεταγωγή κυκλώματος (FDM έναντι TDM)
- Δομή του Διαδικτύου (δίκτυο δικτύων)



# Κεφάλαιο 1: Περιεχόμενα

1.1 Τι είναι το Διαδίκτυο?

1.2 Περιφέρεια δικτύου (network edge)

- Τερματικά συστήματα, δίκτυα πρόσβασης, ζεύξεις

**1.3 Πυρήνας δικτύου (network core)**

- Μεταγωγή πακέτου/κυκλώματος, δομή δικτύου

1.4 Απώλειες, καθυστέρηση, διεκπεραιωτική ικανότητα στα δίκτυα

1.5 Στρώματα (layers) πρωτοκόλλων, μοντέλα υπηρεσιών (service models)

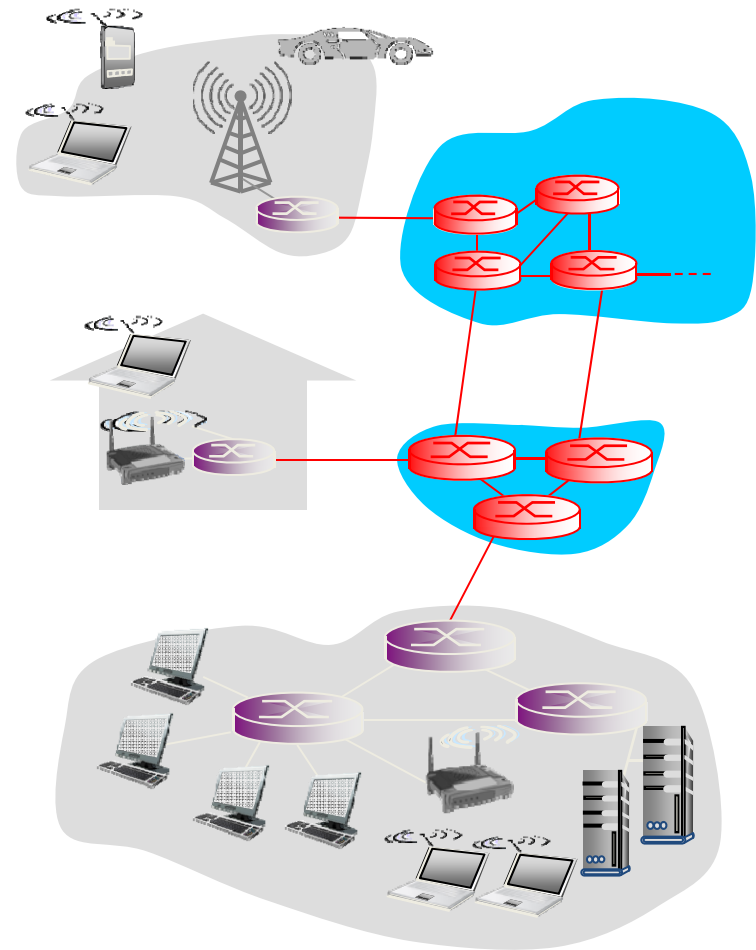
1.6 Δίκτυα υπό επίθεση: ασφάλεια

1.7 Ιστορική αναδρομή

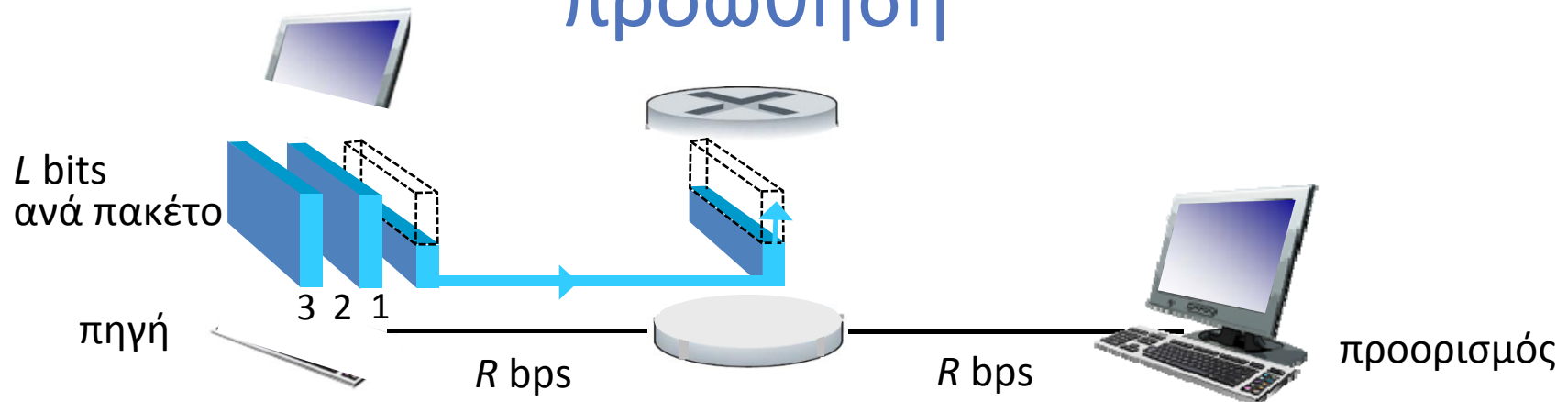


# Ο πυρήνας του δικτύου

- ❖ Πλέγμα διασυνδεδεμένων δρομολογητών
- ❖ **Μεταγωγή πακέτου:** τερματικό σπάει τα μηνύματα της εφαρμογής σε πακέτα
  - Προωθεί 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



- ❖ Χρειάζεται  $L/R$  sec να μεταδώσει το πακέτο των  $L$ -bit στην ζεύξη ρυθμού  $R$  bps
- ❖ **Αποθήκευση και προώθηση:** ολόκληρο το πακέτο πρέπει να φτάσει στον δρομολογητή πριν το προωθήσει στην επόμενη ζεύξη
- ❖ Καθυστέρηση από άκρο-σε-άκρο =  $2L/R$  (υποθέτοντας μηδενική καθυστέρηση διάδοσης)

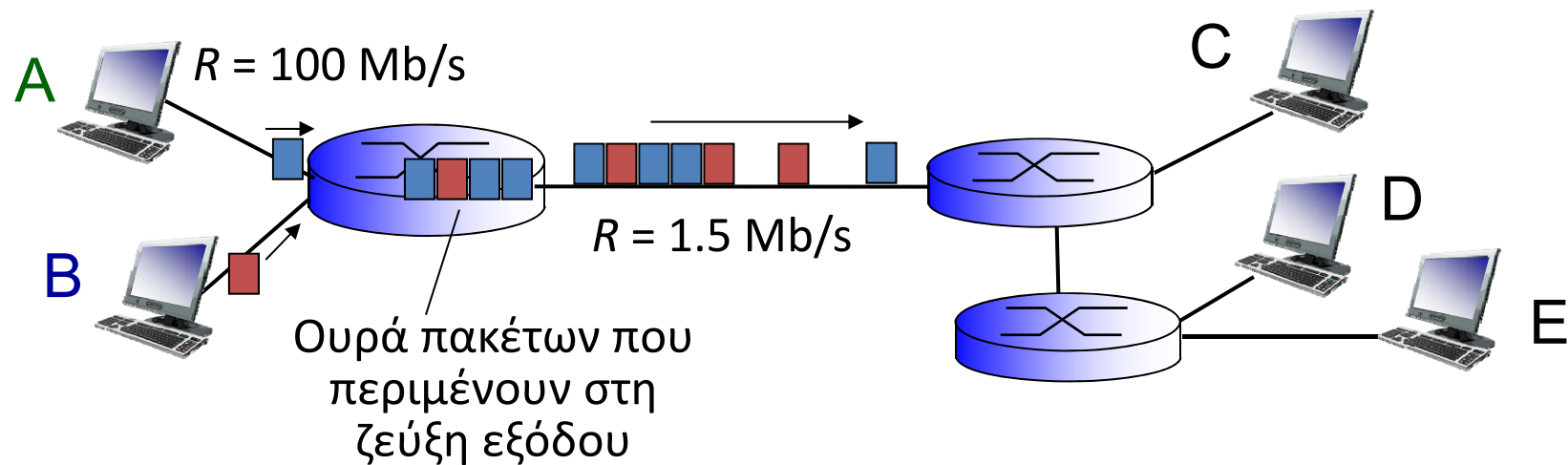
## Παράδειγμα με ένα άλμα:

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

} Περισσότερα για την καθυστέρηση σε λίγο...



# Μεταγωγή πακέτου: καθυστέρηση αναμονής, απώλειες



## Αναμονή στην ουρά και απώλειες:

- ❖ Εάν ο ρυθμός άφιξης (σε bits) ξεπερνάει τον ρυθμό μετάδοσης της ζεύξης για κάποια χρονική περίοδο:
  - Πακέτα θα σχηματίζουν ουρά περιμένοντας να μεταδοθούν στην ζεύξη
  - Πακέτα μπορεί να απωλεσθούν εάν η μνήμη (buffer) γεμίσει



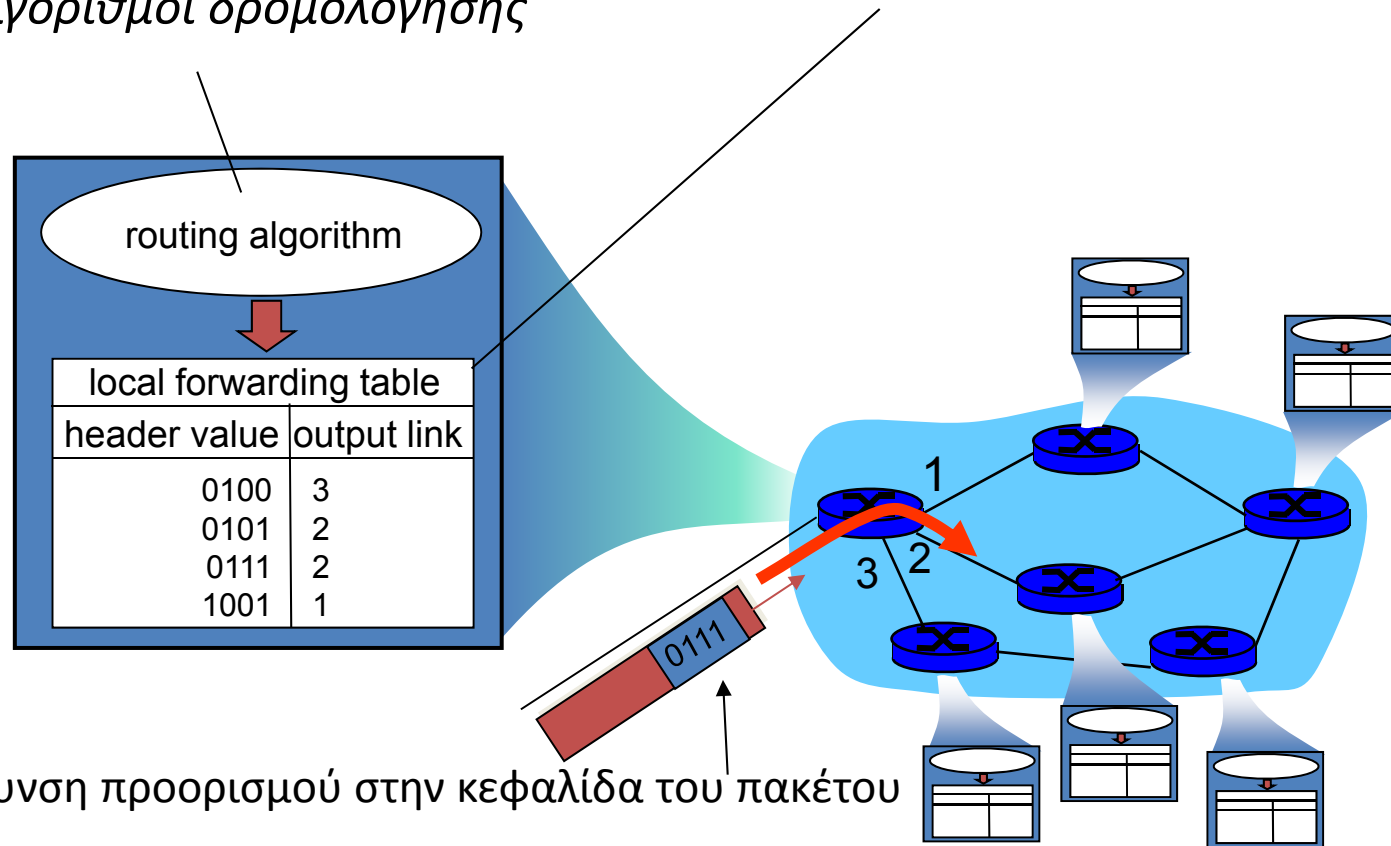


# Δύο βασικές λειτουργίες του δικτύου-πυρήνα

**Δρομολόγηση:** προσδιορίζει τον δρόμο που παίρνουν τα πακέτα από πηγή σε προορισμό

**Πρώθηση:** μετακινεί πακέτα από την είσοδο του δρομολογητή στην κατάλληλη έξοδο

- Αλγόριθμοι δρομολόγησης



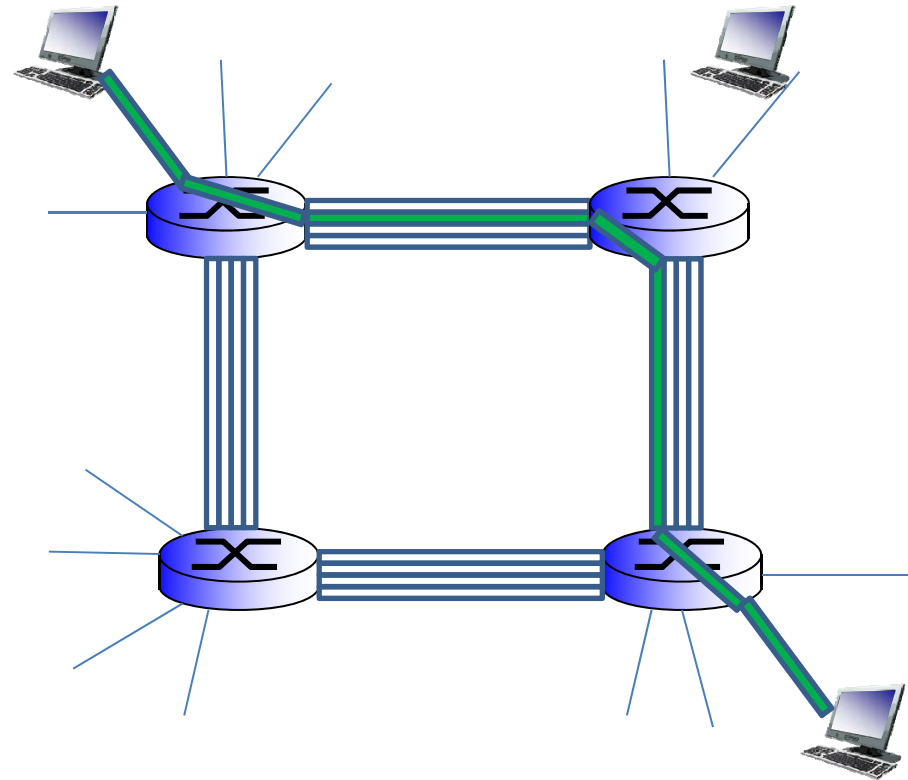
Διεύθυνση προορισμού στην κεφαλίδα του πακέτου



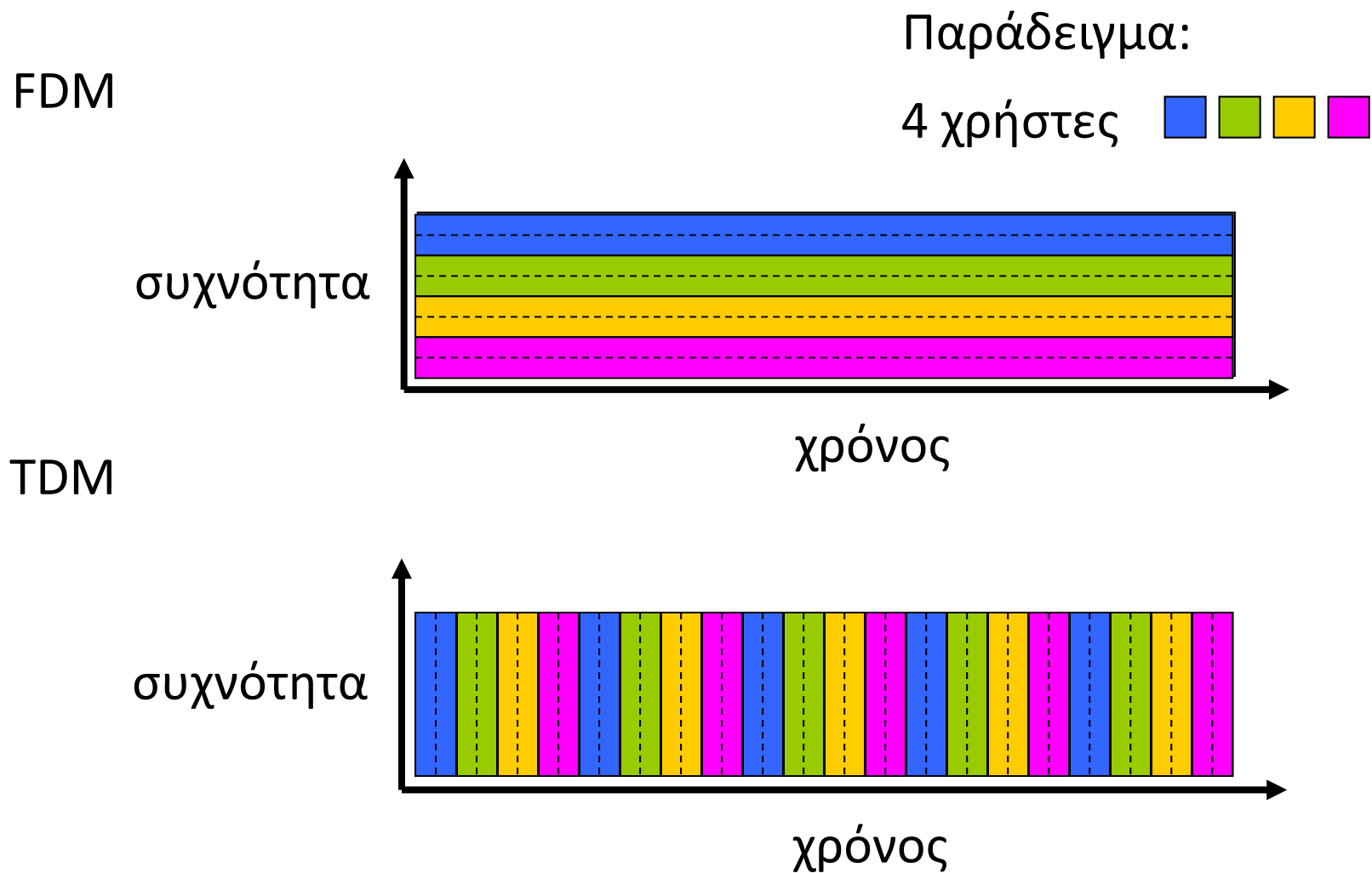
# Εναλλακτικός πυρήνας: μεταγωγή κυκλώματος

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

- ❖ Στο σχήμα, κάθε ζεύξη έχει 4 κυκλώματα (circuits).
  - Η κλήση παίρνει το 2<sup>ο</sup> κύκλωμα στην πάνω ζεύξη και το 1<sup>ο</sup> κύκλωμα στην δεξιά ζεύξη.
- ❖ Αποκλειστικοί πόροι: όχι μοίρασμα
  - Εγγυημένη απόδοση
- ❖ Κύκλωμα αδρανές εάν δεν χρησιμοποιείται από την κλήση (no sharing)
- ❖ Χρησιμοποιείται συνήθως στα παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα



# Μεταγωγή κυκλώματος: FDM έναντι TDM

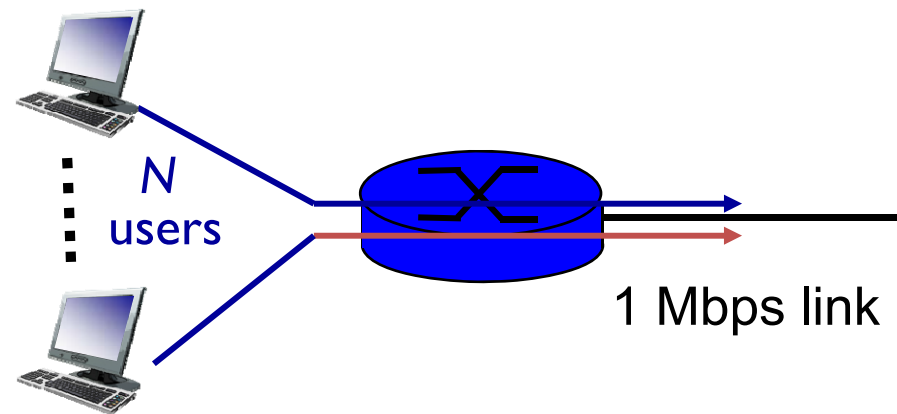


# Μεταγωγή πακέτου έναντι μεταγωγής κυκλώματος

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

**Παράδειγμα:**

- ❖ Ζεύξη 1 Mb/s
- ❖ Κάθε χρήστης:
  - 100 kb/s όταν είναι «ενεργός»
  - ενεργός 10% του χρόνου
  
- ❖ **Μεταγωγή κυκλώματος:**
  - 10 χρήστες
- ❖ **Μεταγωγή πακέτου:**
  - με 35 χρήστες, πιθανότητα  $> 10$  ταυτόχρονα ενεργοί χρήστες είναι μικρότερη από .0004



**E:** πως προέκυψε η τιμή 0.0004?

**E:** τι συμβαίνει εάν  $> 35$  χρήστες?



# Μεταγωγή πακέτου έναντι μεταγωγής κυκλώματος

## Είναι πάντα καλύτερη η μεταγωγή πακέτου;

- ❖ Ιδανική για ριπαία δεδομένα (bursty data)
  - Διαμοιρασμός πόρων
  - Απλούστερη, δεν απαιτεί εγκαθίδρυση κλήσης
- ❖ **Πιθανή η υπερβολική συμφόρηση:** καθυστέρηση και απώλεια πακέτων
  - Απαιτούνται πρωτόκολλα για την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, έλεγχο συμφόρησης
- ❖ ***E:* Υπάρχει τρόπος να συμπεριφερθεί όπως η μεταγωγή κυκλώματος;**
  - Οι εφαρμογές audio/video απαιτούν εγγυήσεις ως προς το εύρος ζώνης
  - Παραμένει ένα άλυτο πρόβλημα



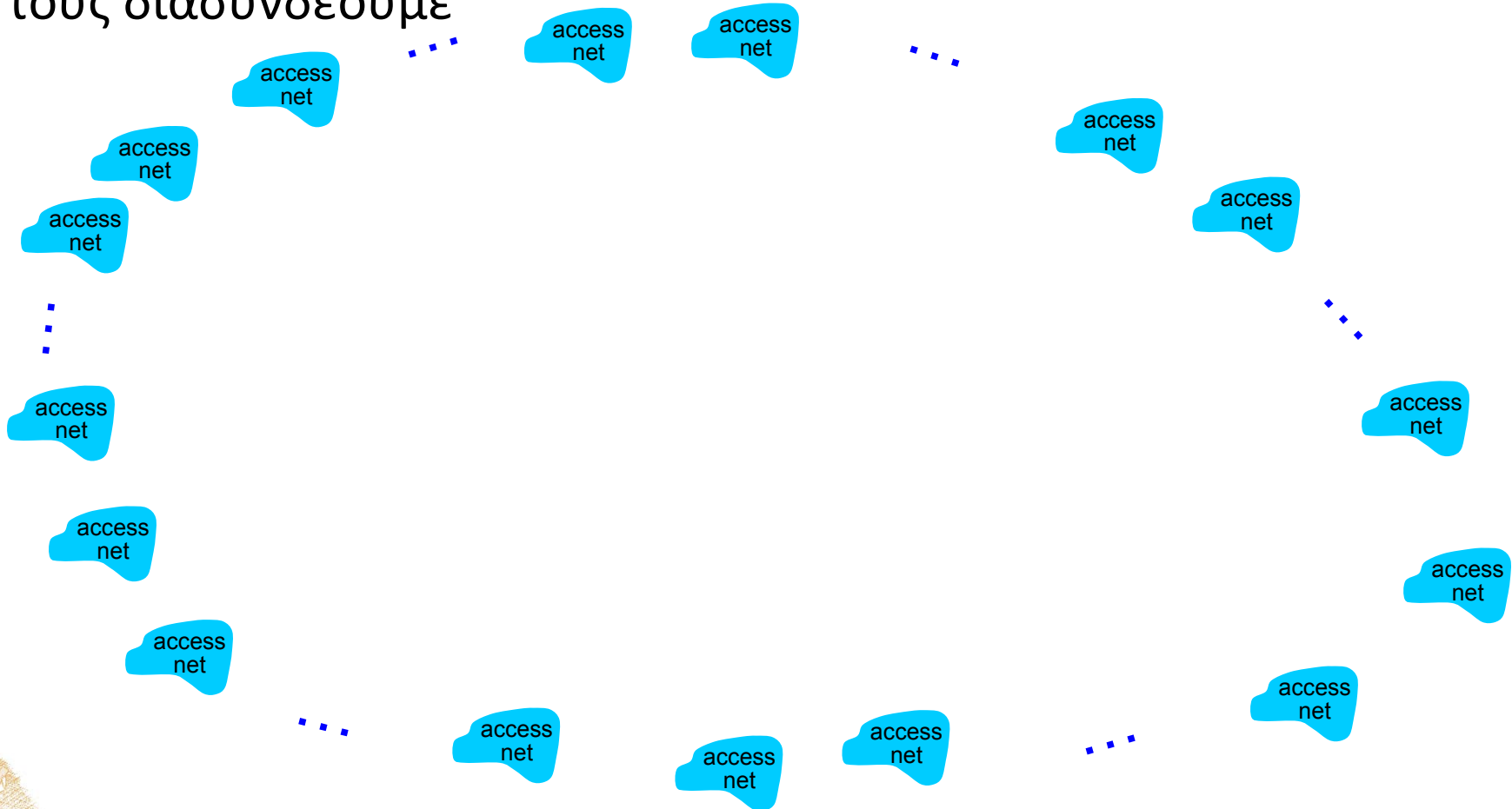
# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

- ❖ 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**



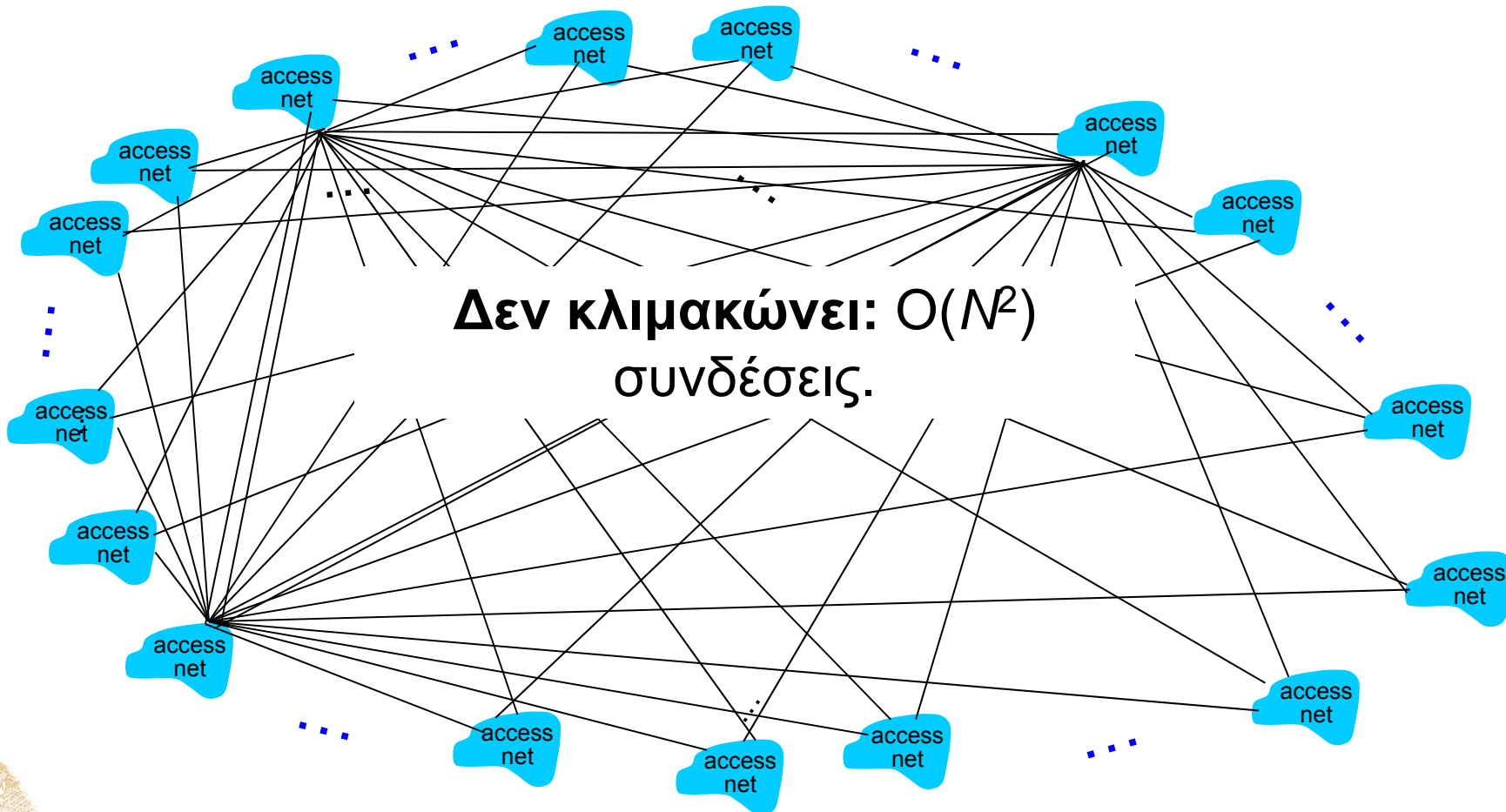
# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

**Ε:** Δεδομένου ότι έχουμε εκατομμύρια ISPs πρόσβασης, πως τους διασυνδέουμε



# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

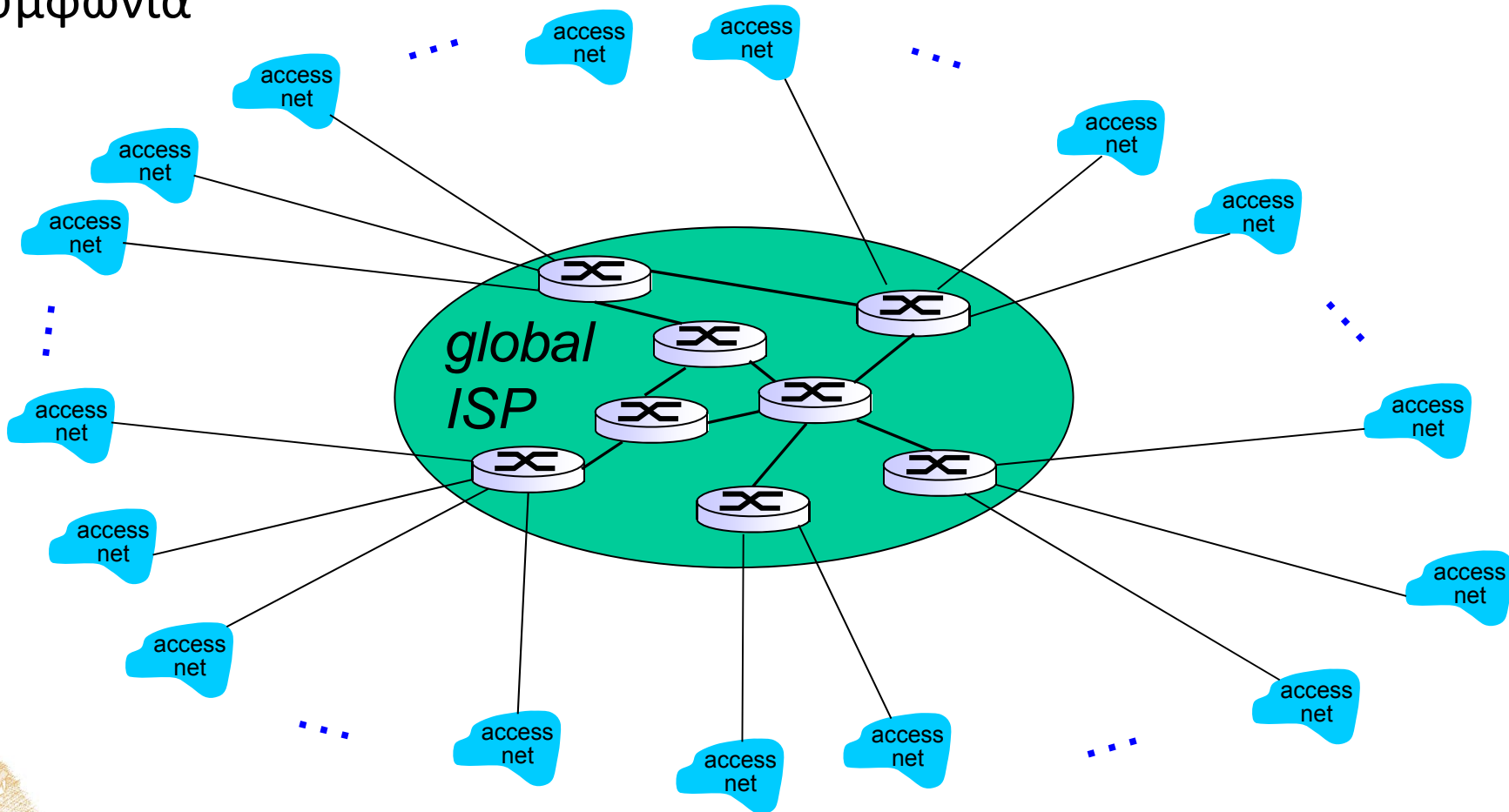
**Επιλογή:** Σύνδεσε κάθε ISP πρόσβασης με όλους τους άλλους





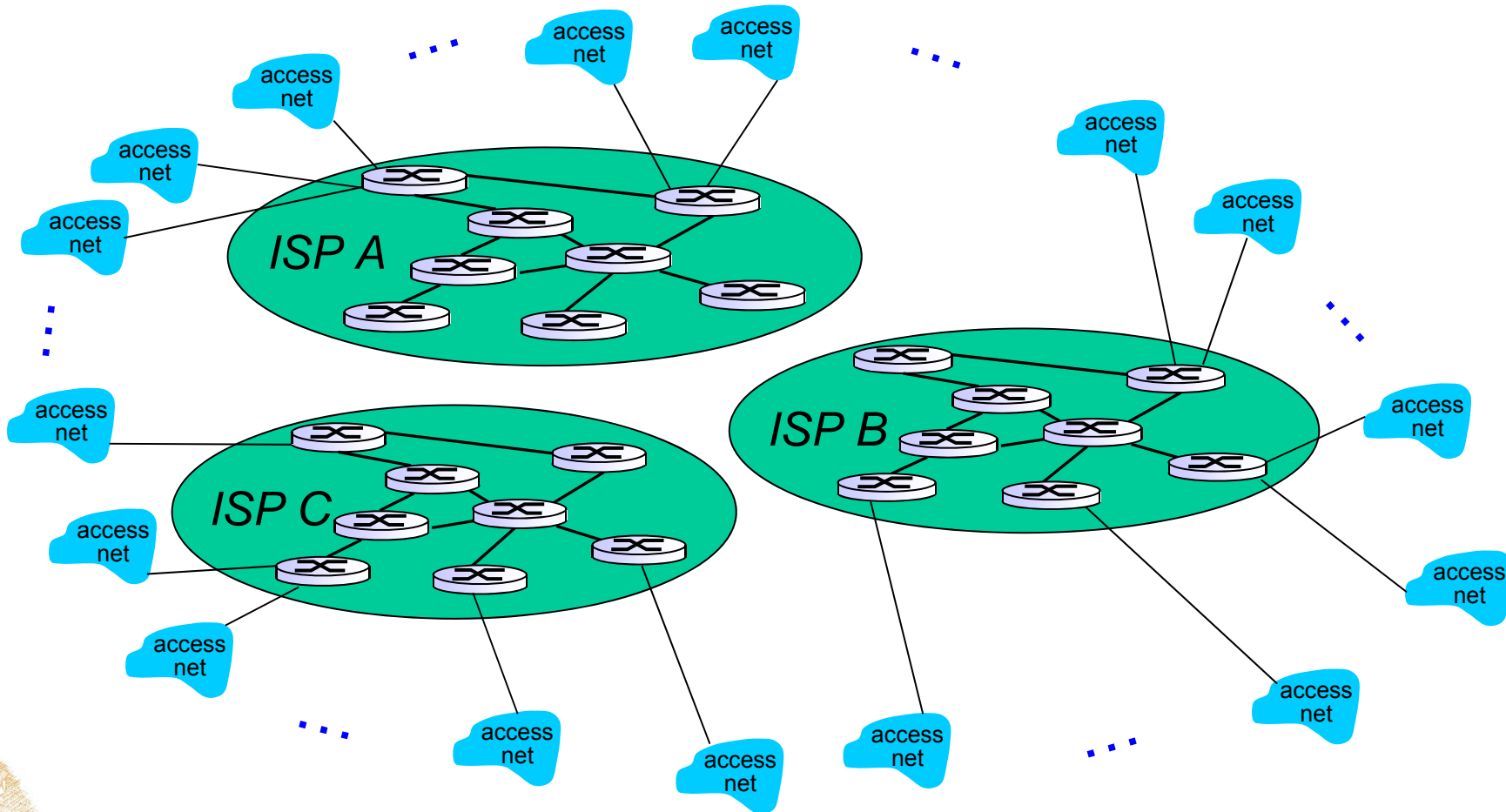
# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

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



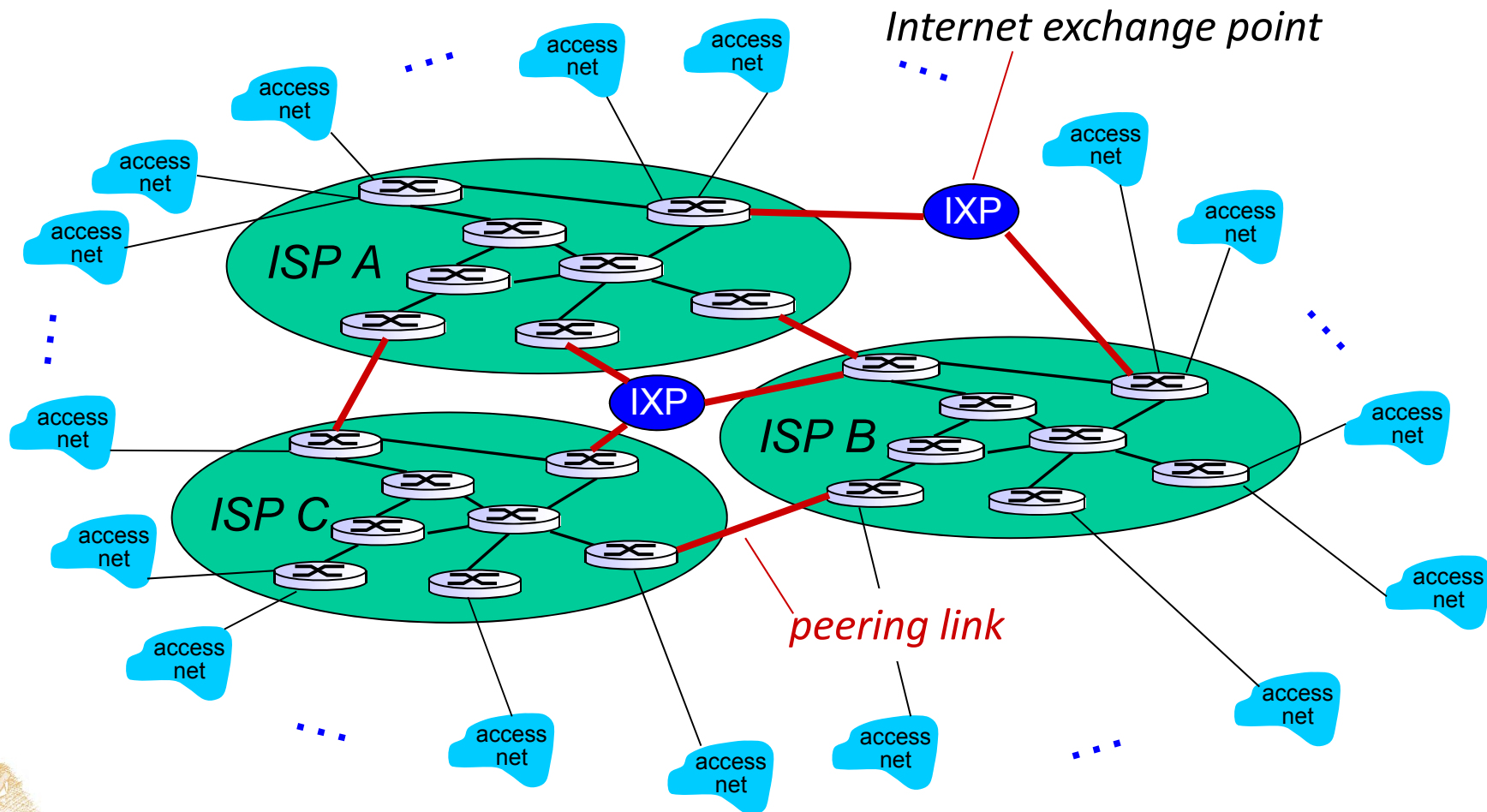
# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

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



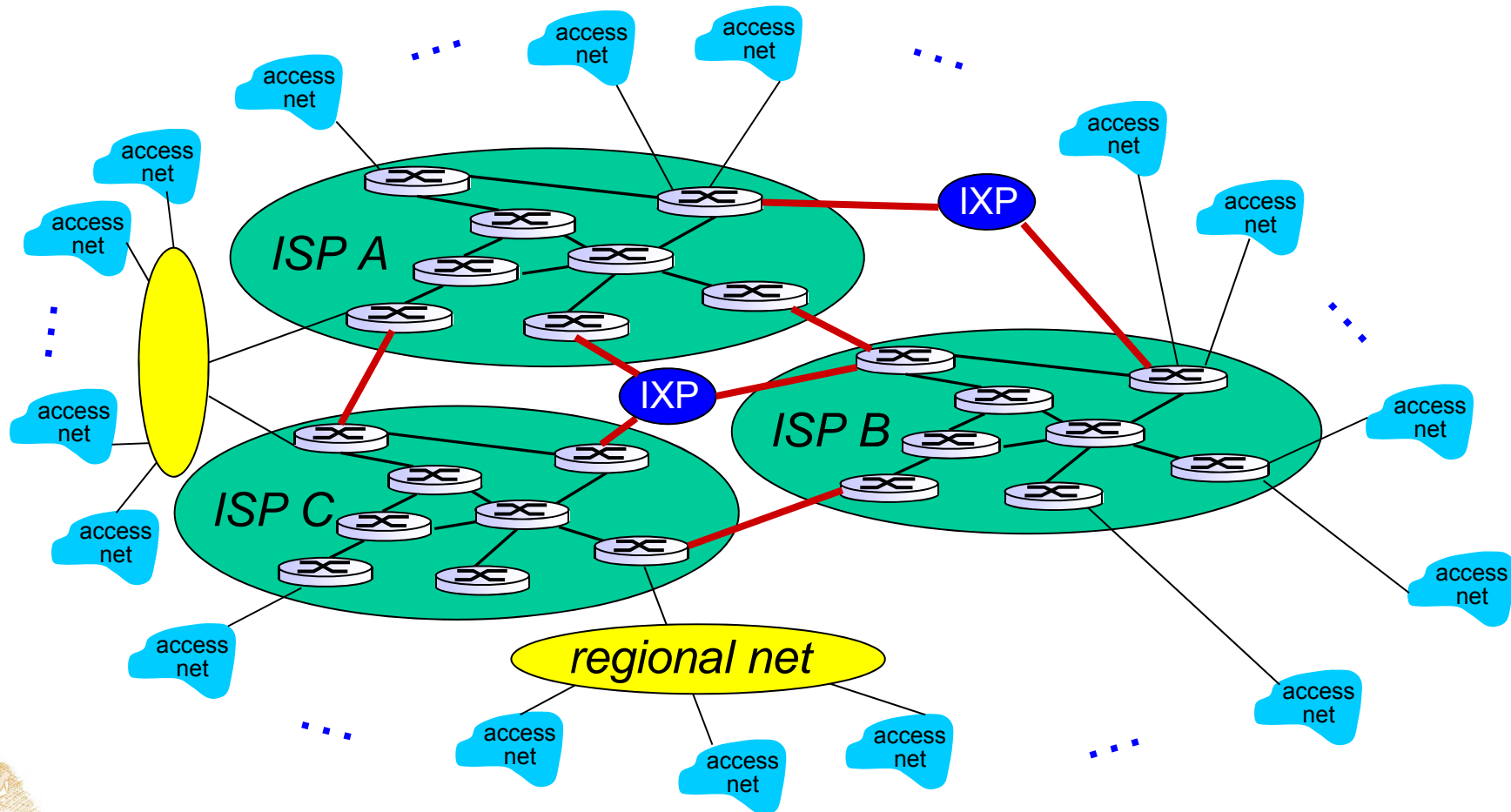
# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

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



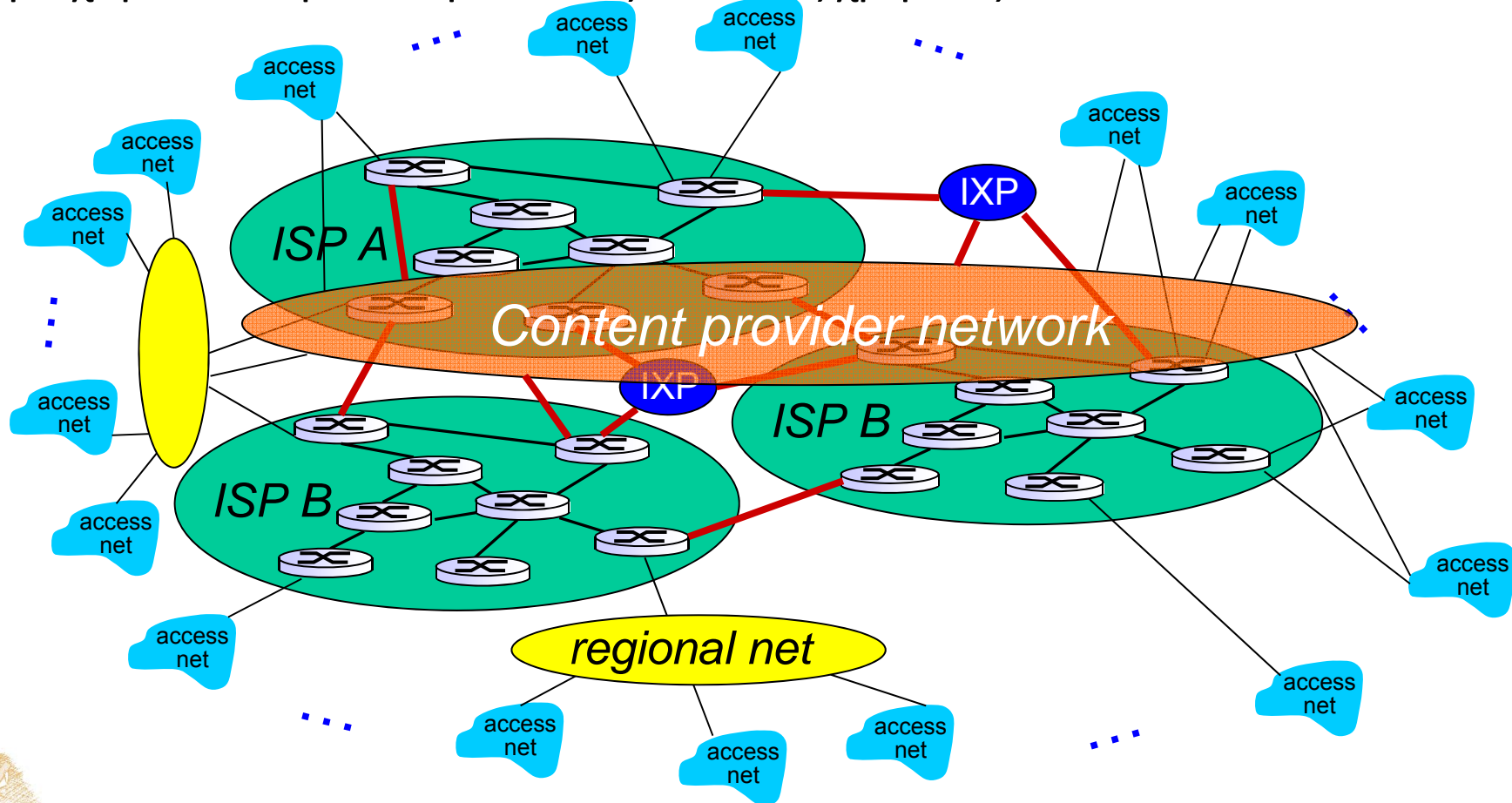
# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

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

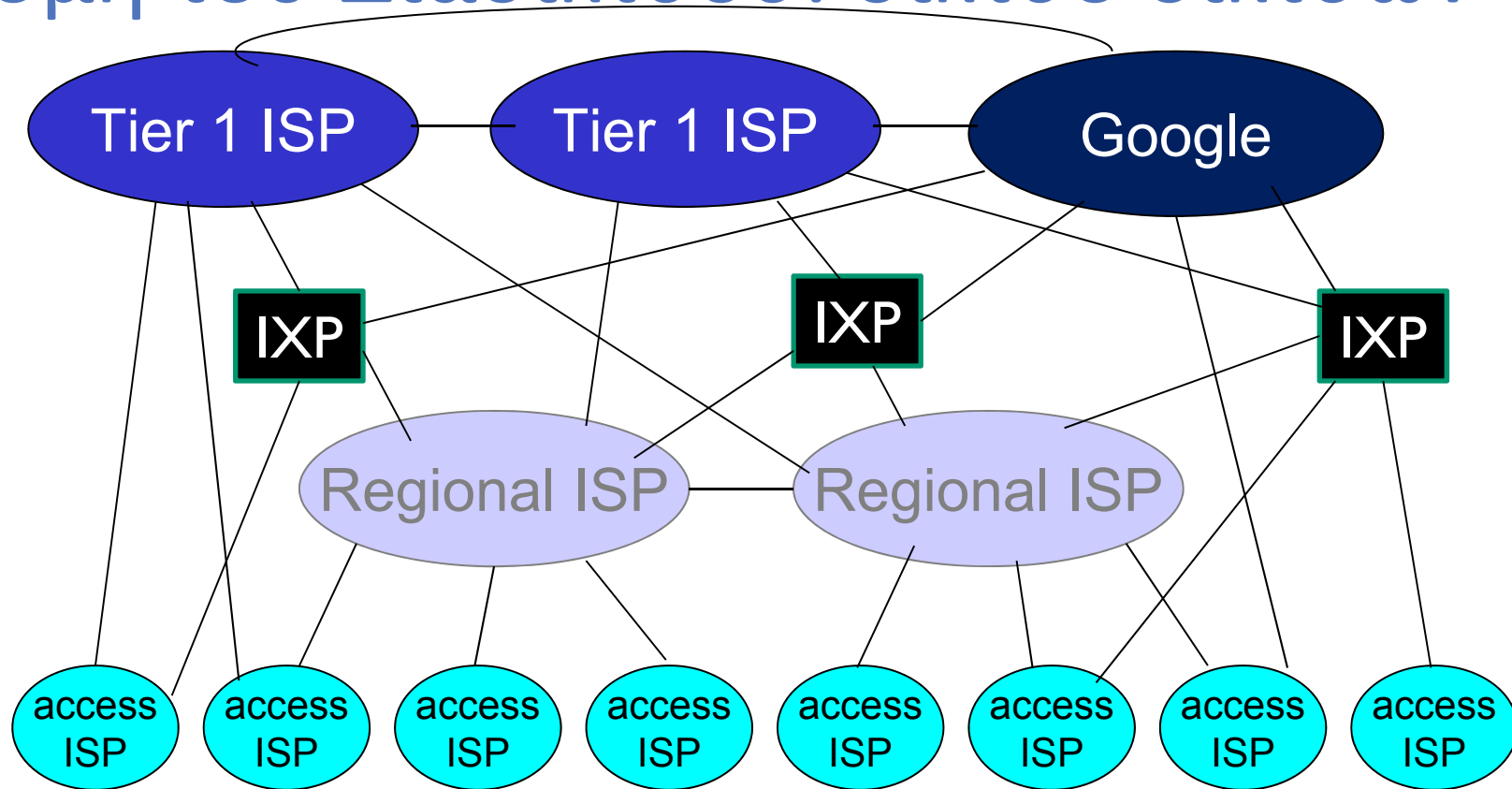


# Δομή του Διαδικτύου: δίκτυο δικτύων

...και παροχείς περιεχομένου (π.χ. Google, Microsoft, 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 καλό-διασυνδεδεμένων μεγάλων δικτύων
  - “tier-1” εμπορικοί ISPs (π.χ., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), εθνική και διεθνής κάλυψη
  - **Δίκτυο παροχέα περιεχομένου** (π.χ., Google): ιδιωτικό δίκτυο που συνδέει τα κέντρα δεδομένων του στο Διαδίκτυο, συχνά παρακάμπτοντας tier-1, περιφερειακούς ISPs



Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Πανεπιστημίου Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.





# Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Μιχαήλ Λογοθέτης. «Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE604/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# 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.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση του ακόλουθου έργου:

**Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες/Πίνακες**

[1] J. Kurose and K. Ross, Δικτύωση Υπολογιστών – Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω, 6<sup>η</sup> έκδοση, Γκιούρδας, 2013

