

# ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

Τμήμα Πληροφορικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Παν/μιο Θεσσαλίας

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

- HARDWARE ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ
- ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ
- ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ
- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ
- ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

# IP δρομολογητές

Αποτελούνται από

- Διεπαφές εισόδου *interfaces* όπου τα πακέτα φτάνουν
- Διεπαφές εξόδου από όπου τα πακέτα προωθούνται στο δίκτυο
- τρόπος σύνδεσης των διεπαφών εισόδου και εξόδου

Υλοποιεί:

- Προώθηση πακέτων στο κατάλληλο *output interface*
- Χειρισμό των πόρων *εύρους ζώνης & πινάκων χώρου*

# H/W ενός δρομολογητή

- Οι δρομολογητές όπως και οι υπολογιστές περιέχουν έναν μικροεπεξεργαστή. Κάθε μοντέλο δρομολογητή περιέχει διαφορετικό μικροεπεξεργαστή.
- Τα interfaces του δρομολογητή αποτελούν τη φυσική σύνδεση μεταξύ του δρομολογητή και των διάφορων ειδών δικτύων (LAN και WAN). Οι δρομολογητές υποστηρίζουν πολλά διαφορετικά interfaces ανάλογα το είδος των δικτύων που διασυνδέει. Συχνά αναφέρονται και ως πόρτες (ports) και για να ξεχωρίζουν μεταξύ τους χρησιμοποιούμε κατάλληλο σύστημα αρίθμησης (π.χ. για ένα ethernet interface χρησιμοποιούμε την αρίθμηση e0/0 ενώ για ένα serial interface την αρίθμηση s0/0).

# Μνήμες ενός δρομολογητή

- **ROM** – Περιέχει τα προγράμματα Power On Self Test (POST) και bootstrap. Η μνήμη ROM επίσης περιέχει ένα κομμάτι ή ολόκληρο το λειτουργικό σύστημα (IOS) του δρομολογητή.
- **NVRAM** – Περιέχει το αρχείο startup configuration. Στη μνήμη NVRAM μπορεί να αποθηκευτεί το αρχείο running configuration. Πολύ σημαντικό είναι ότι διατηρούνται οι πληροφορίες που περιέχει κι είναι διαθέσιμες όταν κλείσουμε το δρομολογητή.
- **Flash** – Περιέχει ολόκληρο το λειτουργικό σύστημα (IOS) του δρομολογητή. Είναι ένας ειδικός τύπος μνήμης που μπορεί να σβηστεί και να ξαναγραφεί και μπορεί να περιέχει διαφορετικές εκδόσεις IOS (σε περιπτώσεις αναβάθμισης).
- **RAM** – Περιέχει προσωρινές πληροφορίες του δρομολογητή όπως οι πίνακες δρομολόγησης και τα διάφορα πακέτα μέχρι να εξεταστεί η λογική τους διεύθυνση. Επίσης περιέχει και το αρχείο running configuration.

## Internetwork Operating System (IOS) δρομολογητή

Το IOS είναι το πρόγραμμα που δίνει τη δυνατότητα στο hardware του δρομολογητή να δρομολογεί πακέτα σε ένα δίκτυο.

Περιέχει ένα σύνολο εντολών που χρησιμεύουν για τη ρύθμιση και τη διάγνωση του δρομολογητή. Δηλαδή πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποιες εντολές για να ενεργοποιήσουμε τα interfaces, και να ρυθμίσουμε τα πρωτόκολλα δρομολόγησης (routing protocols).

Για τη ρύθμιση του δρομολογητή με τις κατάλληλες εντολές χρησιμοποιούμε ένα περιβάλλον εντολής γραμμής (Command Line Interface – CLI).

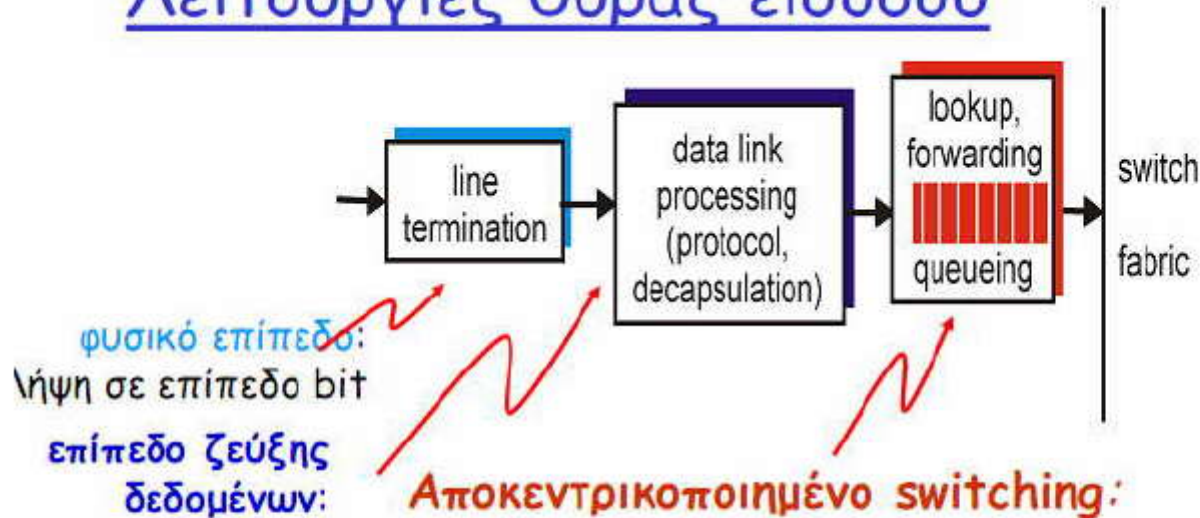
## Διαμόρφωση δρομολογητή (Configuration files)

Το σύνολο των εντολών που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του δρομολογητή αποτελούν ένα αρχείο κειμένου το οποίο αποθηκεύεται στο ανάλογο είδος μνήμης.

Όταν πραγματοποιούμε μια αλλαγή στις ρυθμίσεις του δρομολογητή αυτές αποθηκεύονται στη μνήμη RAM (running configuration file).

Μπορούμε να αποθηκεύσουμε το running configuration file στη μνήμη NVRAM (startup configuration file) το οποίο μπορεί να είναι διαθέσιμο και μετά το κλείσιμο του δρομολογητή.

## Λειτουργίες θύρας εισόδου



### Αποκεντριοποιημένο switching:

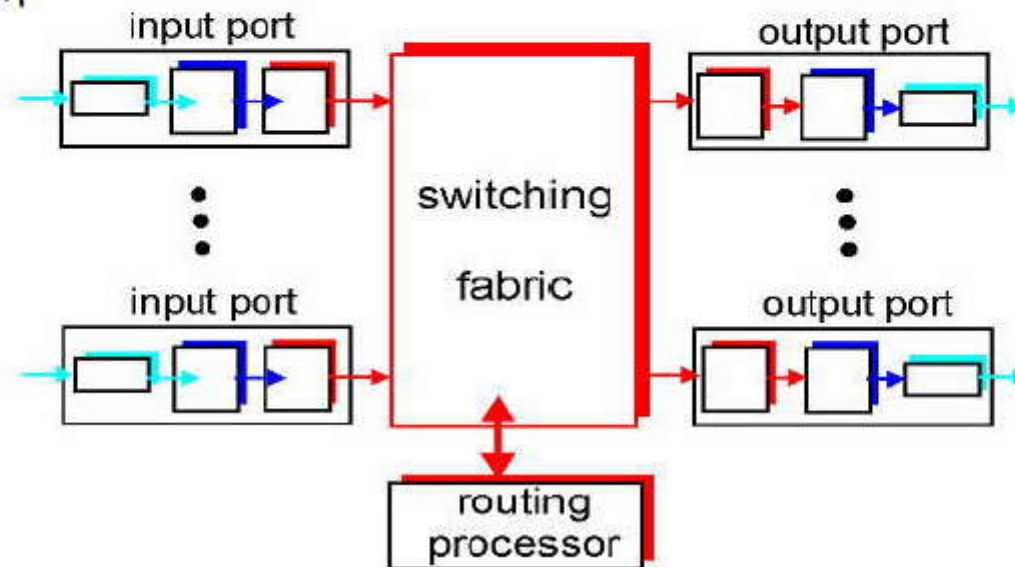
- Γ Με βάση τον προορισμό του datagram, ψάχνει για την θύρα εξόδου χρησιμοποιώντας τον πίνακα προώθησης στη μνήμη της θύρας εισόδου
- Γ στόχος: να ολοκληρωθεί η επεξεργασία της θύρας εισόδου στην ταχύτητα της γραμμής
- ☛ **queuing:** όταν τα **datagrams φτάνουν γρηγορότερα από το ρυθμό προώθησης** στο switch



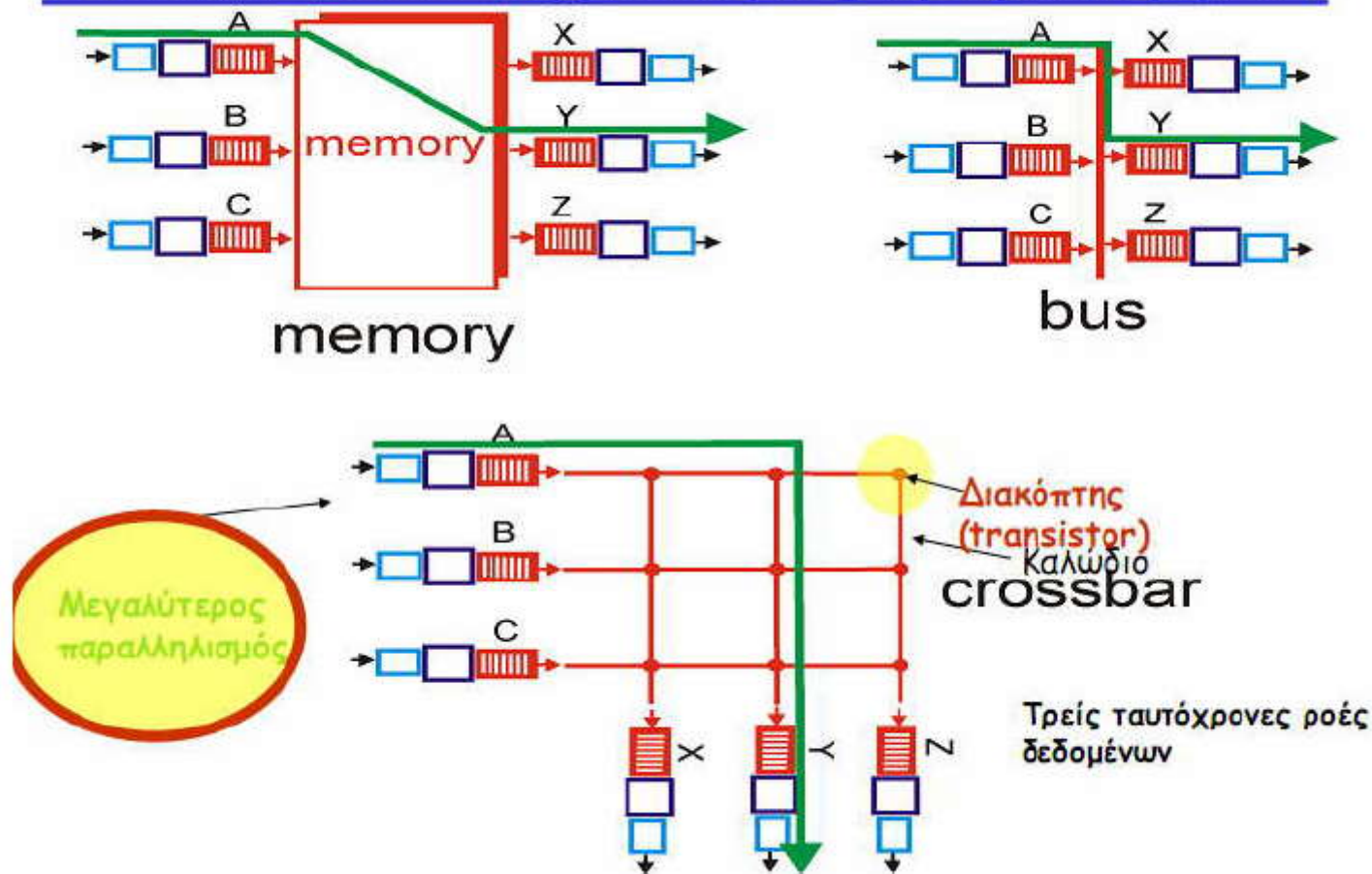
## Επισκόπηση της αρχιτεκτονικής του δρομολογητή

Δύο λειτουργίες κλειδιά του δρομολογητή:

- Τρέχει αλγορίθμους/πρωτόκολλα δρομολόγησης (πχ RIP, OSPF, BGP)
- Προωθεί τα datagrams από την εισερχόμενη στην εξερχόμενη σύνδεση



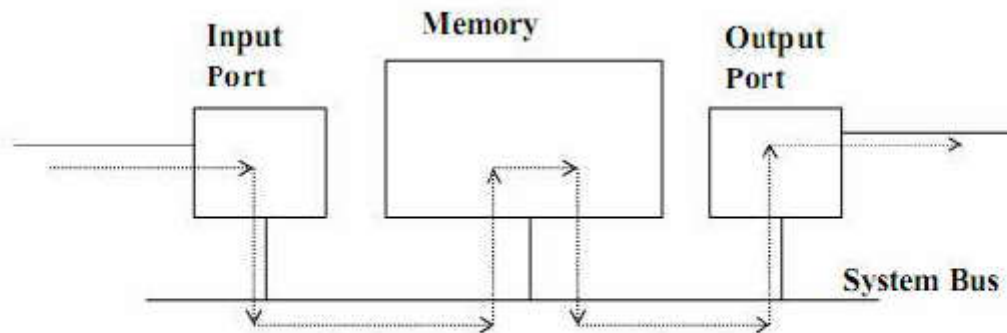
## Βασικοί τύποι τεχνολογίας δρομολογητών



# Switching Memory

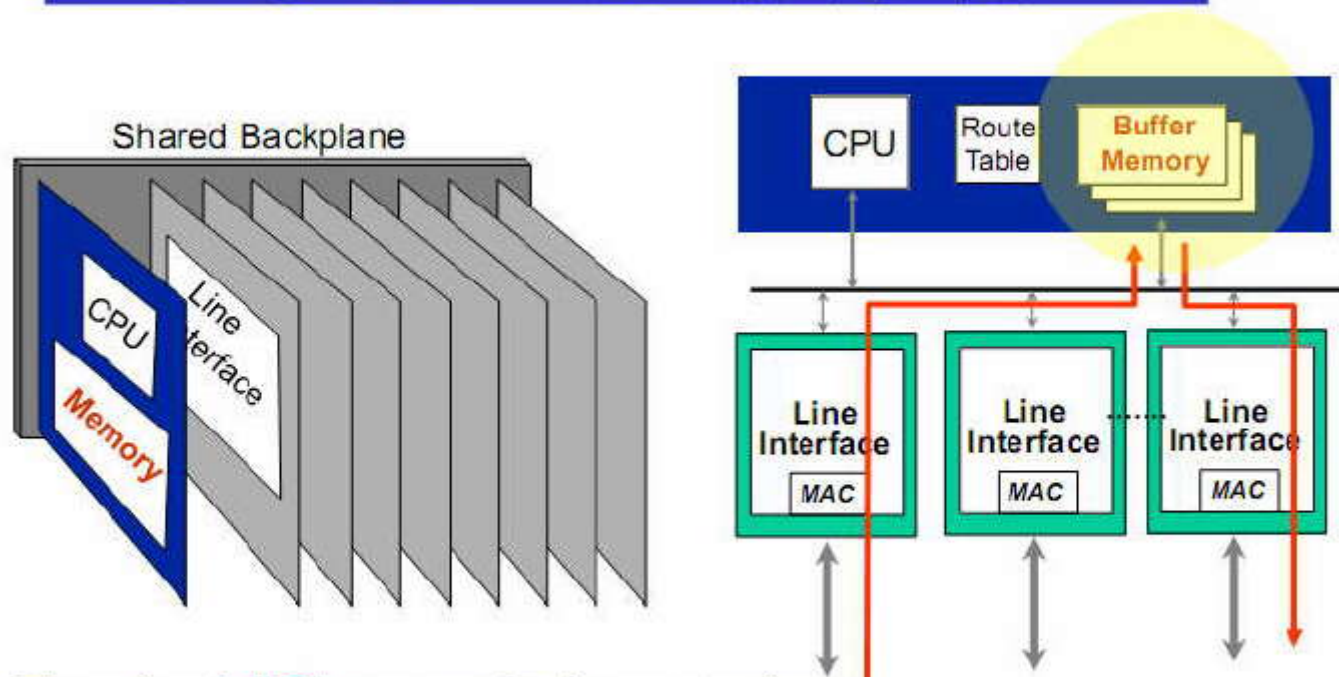
## ☞ Δρομολογητές πρώτης γενιάς

- Παραδοσιακοί υπολογιστές με το **switching κάτω από τον άμεσο έλεγχο της CPU**
- ☞ Το πακέτο αντιγράφεται στη μνήμη του συστήματος
- η ταχύτητα μειώνεται από το bandwidth της μνήμης (2 περάσματα από το δίαυλο ανά datagram)



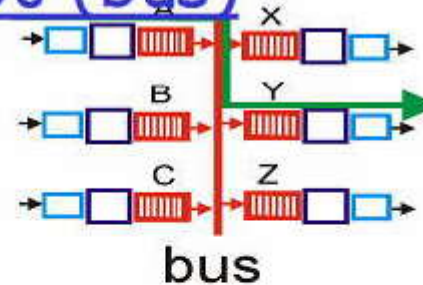
Κάθε χρονική στιγμή **μία** input port μπορεί να γράψει στη μνήμη & την επόμενη στιγμή **μία άλλη input port** μπορεί να γράψει **ή μια output port** να διαβάσει

## Διαμοιραζόμενη μνήμη (1η γενιά)



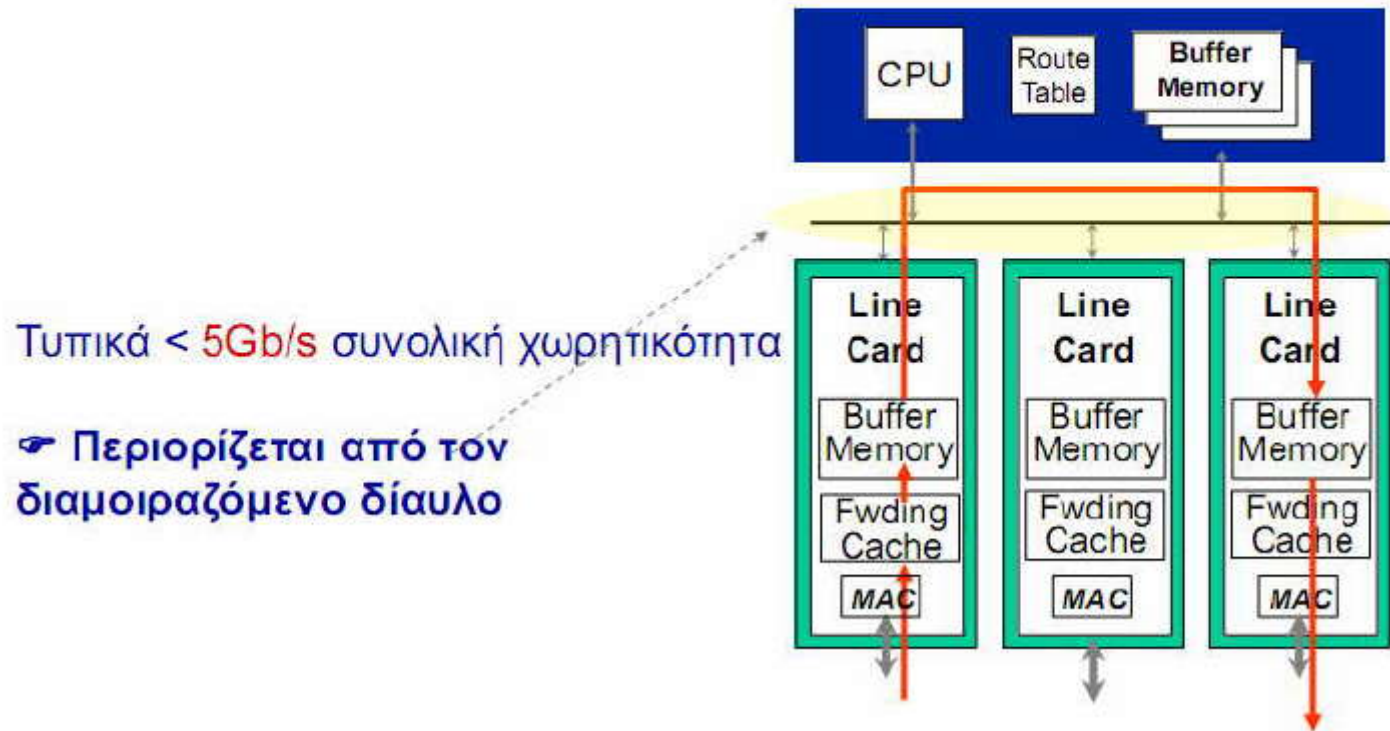
Τυπικά < 0.5Gbps συνολική χωρητικότητα  
☛ Περιορίζεται από τον ρυθμό της διαμοιραζόμενης μνήμης

## Switching μέσω ενός διαύλου (bus)

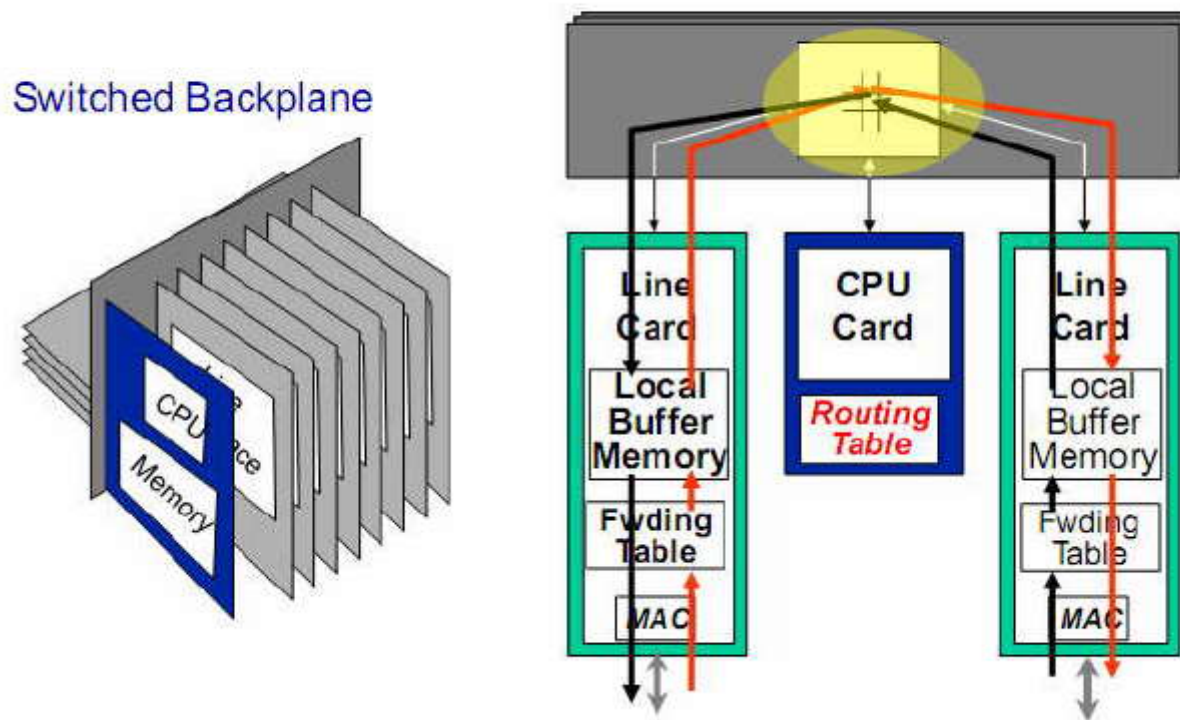


- Γ Το datagram από την θύρα εισόδου της μνήμης ⇒ θύρα εξόδου της μνήμης μέσω ενός διαμοιραζόμενου διαύλου
- ☞ **bus contention:** Η ταχύτητα του switching *περιορίζεται* από το bandwidth του διαύλου
- Γ 1 Gbps bus, Cisco 1900: *επαρκής ταχύτητα για access & enterprise routers* (όχι τοπικούς ή backbone)

## Διαμοιραζόμενος δίαυλος (shared bus) (2η γενιά)



## Σημείο-προς-σημείο Switch (3η γενιά)



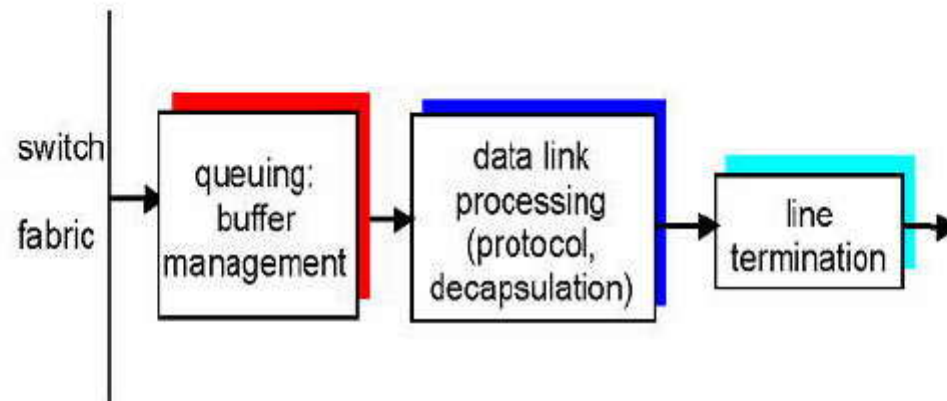
# Μπλοκάρισμα της αρχής της ουράς (Head-of-line Blocking)

Το κελί στην **κεφαλή** μίας **ουράς εισόδου** **δεν μπορεί** να μεταφερθεί, και έτσι **μπλοκάρει** τα επόμενα κελιά



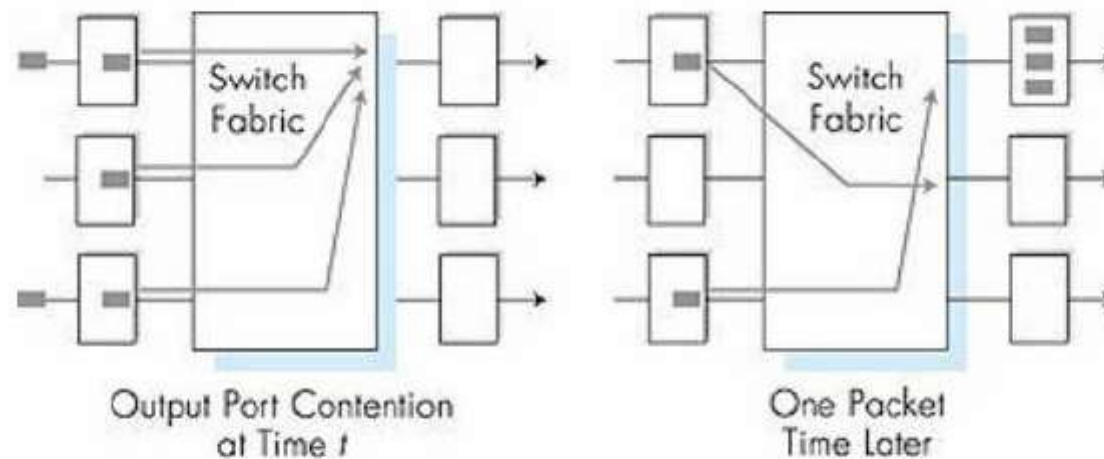


## Θύρα εξόδου



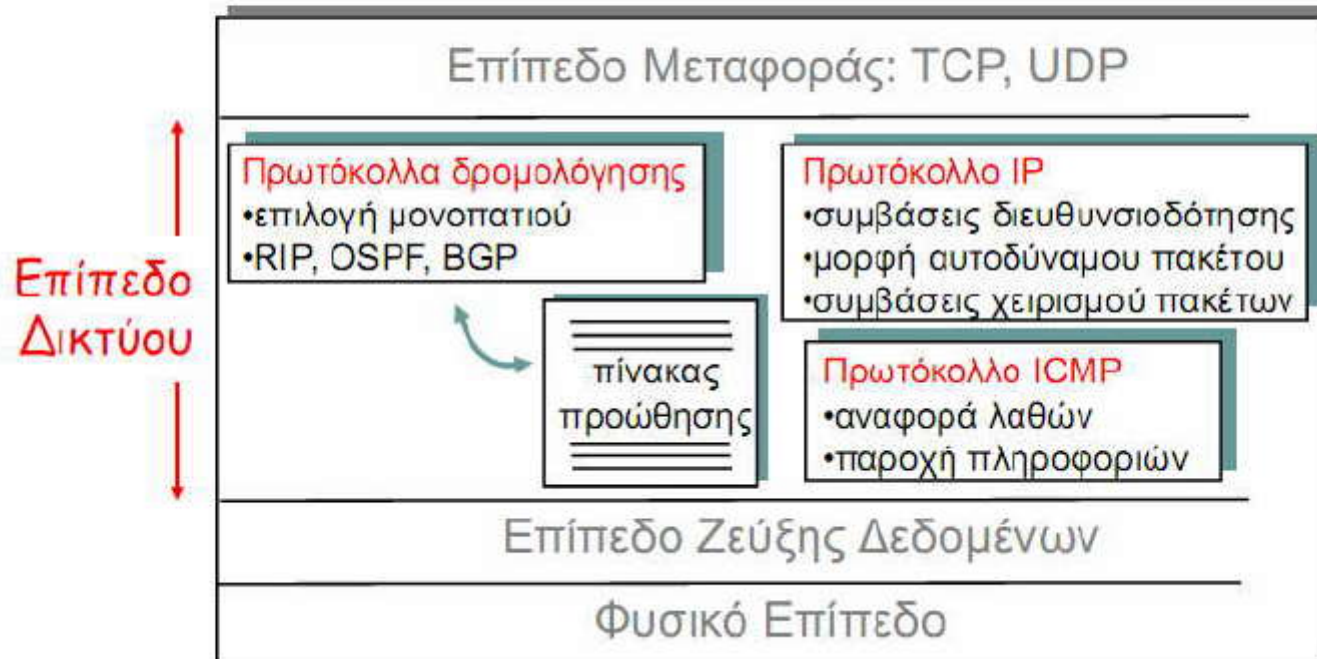
- r *Αποθήκευση (buffering)* χρειάζεται όταν τα datagrams φτάνουν από το fabric γρηγορότερα από τον ρυθμό μετάδοσης
- r *Η προγραμματιστική μέθοδος* επιλέγει ανάμεσα στα datagrams της ουράς για μετάδοση

## Αναμονή στην ουρά της θύρας εξόδου



- ⌞ Αποθήκευση όταν ο ρυθμός άφιξης μέσω του switch ξεπερνάει την ταχύτητα της γραμμής εξόδου
- ⌞ Αναμονή στην ουρά (καθυστέρηση) και απώλειες λόγω υπερχείλησης του buffer εξόδου!

# Το Επίπεδο Δικτύου του Internet



## Βασικές Λειτουργίες του Επιπέδου Δικτύου

**Πρώθηση (forwarding):** προωθεί τα πακέτα από το input του δρομολογητή στο κατάλληλο output

**Δρομολόγηση (routing):** καθορίζει το μονοπάτι που θα πάρουν τα πακέτα από τον αποστολέα στον παραλήπτη

*m* Αλγόριθμοι δρομολόγησης

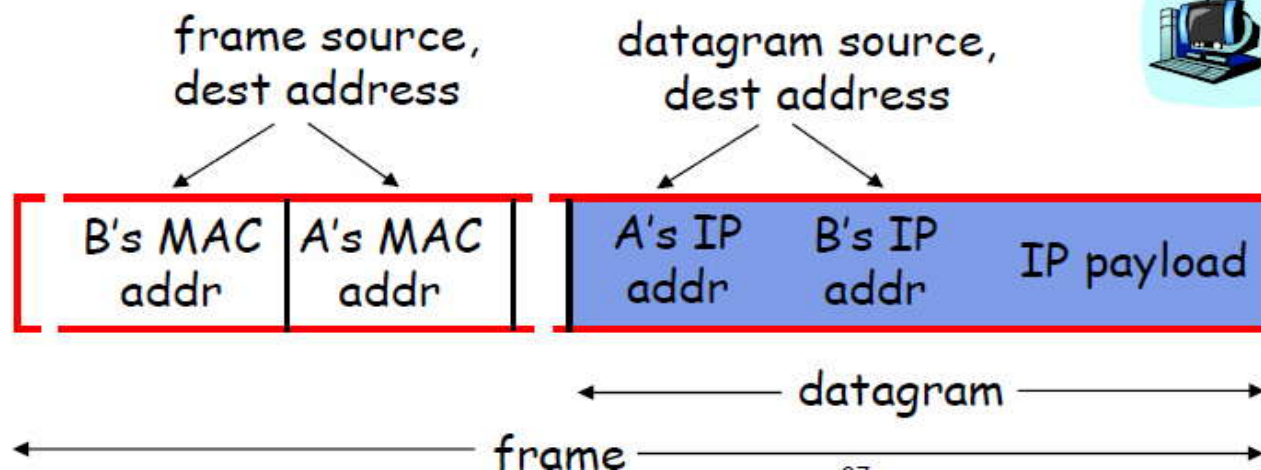
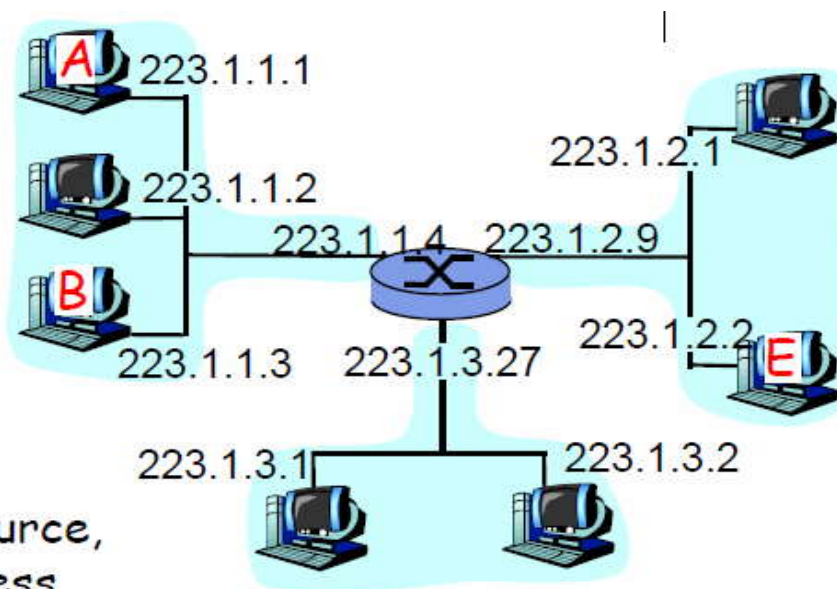
⇒ **δρομολόγηση:** διαδικασία σχεδιασμού/οργάνωσης του ταξιδιού από τον αποστολέα στον παραλήπτη

⇒ **Πρώθηση:** διαδικασία μίας μετάβασης από τον ένα σταθμό στον άλλο

# Δρομολόγηση

Από το A, στείλε ΑΠ IP στο B:

- Αναζήτησε τη διεύθυνση δικτύου του B, ο B στο ίδιο δίκτυο με τον A
- Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων στέλνει το ΑΠ στο B μέσα σε ένα πλαίσιο



# Μεταφορά Αυτοδύναμου Πακέτου από την Πηγή στον Προορισμό

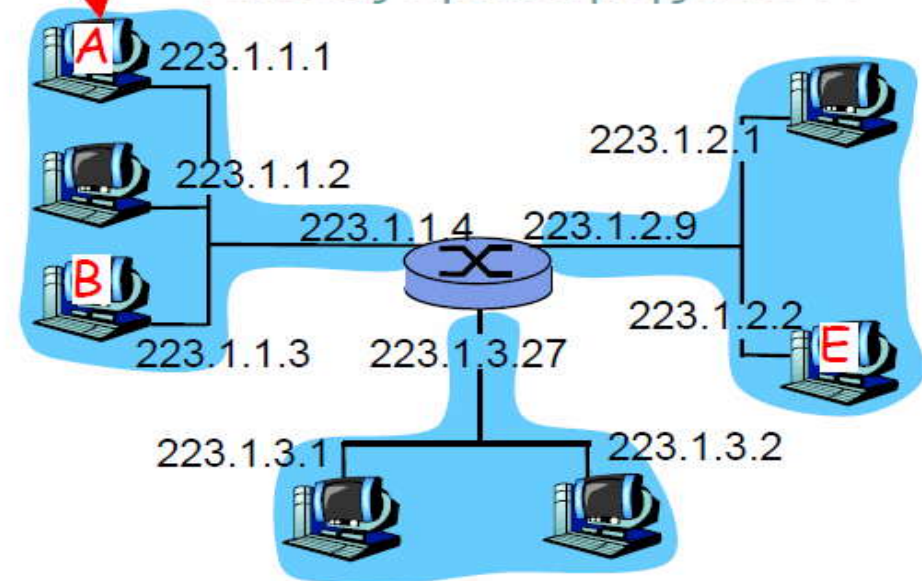
Αυτοδύναμο πακέτο IP:

misc	source	dest	data
fields	IP addr	IP addr	

- Το **αυτοδύναμο πακέτο** παραμένει αμετάβλητο, καθώς ταξιδεύει από την πηγή στον προορισμό
- εδώ ενδιαφέρουν μόνο τα πεδία της διεύθυνσης στην επικεφαλίδα του IP

Δίκ. Προο.	Επ. δρομ.	Nhops
223.1.1		1
223.1.2	223.1.1.4	2
223.1.3	223.1.1.4	2

Πίνακας Προώθησης στον A



# Μεταφορά Αυτοδύναμου Πακέτου από την Πηγή στον Προορισμό

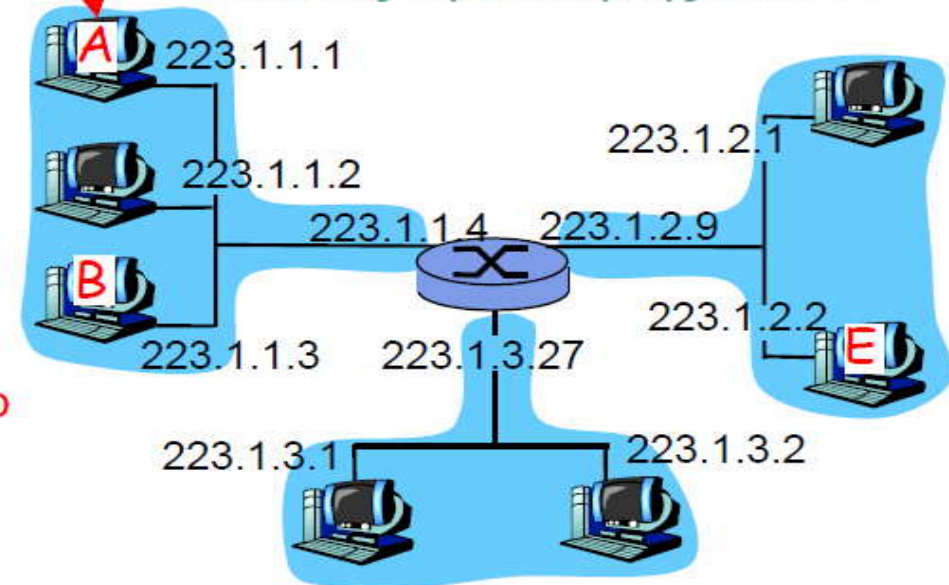
misc fields	223.1.1.1	223.1.1.3	data
-------------	-----------	-----------	------

Αρχίζοντας από το A, στείλε αυτοδύναμο πακέτο IP στο B:

- αναζήτηση της διεύθυνσης του B στον πίνακα δρομολόγησης
- ο B είναι στο ίδιο δίκτυο με τον A
- Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων θα στείλει το αυτοδύναμο πακέτο απευθείας στον B μέσα σε πλαίσιο επιπέδου ζεύξης δεδομένων
- B και A είναι άμεσα συνδεδεμένοι

Δίκ. Προο.	Επ. δρομ.	Nhops
223.1.1		1
223.1.2	223.1.1.4	2
223.1.3	223.1.1.4	2

Πίνακας Προώθησης στον A



# Μεταφορά Αυτοδύναμου Πακέτου από την Πηγή στον Προορισμό

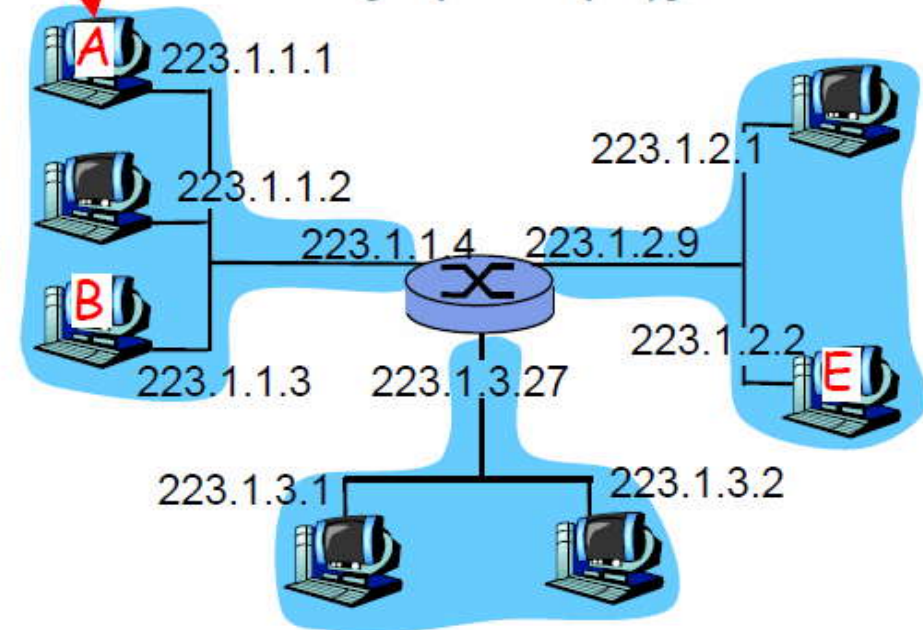
misc fields	223.1.1.1	223.1.2.2	data
-------------	-----------	-----------	------

Εκκίνηση Α, προορισμός Ε:

- Αναζήτηση της διεύθυνσης του Ε στον πίνακα προώθησης
- Ο Ε σε διαφορετικό δίκτυο
- **Πίνακας δρομολόγησης:** ο δρομολογητής επόμενου βήματος προς τον Ε είναι ο 223.1.1.4
- Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων στέλνει το πακέτο στην 223.1.1.4 μέσα σε πλαίσιο
- Το πακέτο φτάνει στην 223.1.1.4

Δίκ. Προο.	Επ. δρομ.	Nhops
223.1.1		1
223.1.2	223.1.1.4	2
223.1.3	223.1.1.4	2

Πίνακας Προώθησης στον Α





# Μεταφορά Αυτοδύναμου Πακέτου από την Πηγή στον Προορισμό

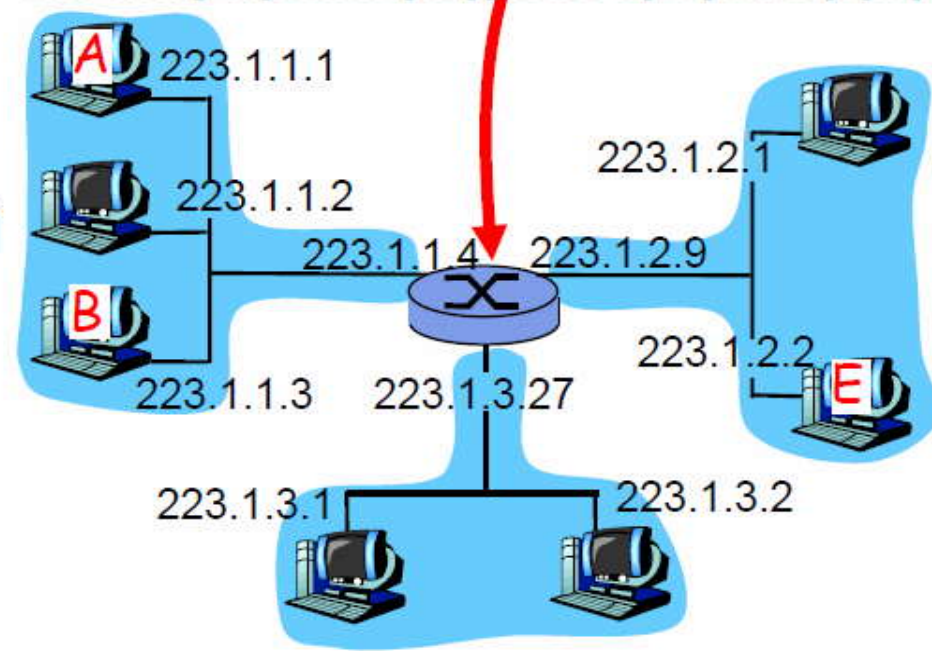
misc fields	223.1.1.1	223.1.2.2	data
-------------	-----------	-----------	------

Άφιξη στη 223.1.1.4,  
προορισμός η 223.1.2.2

- Αναζήτηση της διεύθυνσης του Ε στον πίνακα δρομολόγησης του δρομολογητή
- Το Ε στο ίδιο δίκτυο με τη διεπαφή του δρομολογητή 223.1.2.9
- Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων στέλνει το πακέτο στην 223.1.2.2 μέσα σε πλαίσιο μέσω της διεπαφής 223.1.2.9
- Το πακέτο φτάνει στην 223.1.2.2

Δικ. Προ.	Δρομ.	Nhops	Διεπαφή
223.1.1	-	1	223.1.1.4
223.1.2	-	1	223.1.2.9
223.1.3	-	1	223.1.3.27

Πίνακας Προώθησης στο δρομολογητή



# ICMP – Internet Control Message Protocol

- Χρησιμοποιείται από κόμβους και δρομολογητές για την επικοινωνία πληροφοριών επιπέδου δικτύου
- Αναφορά λαθών: μη προσβάσιμος κόμβος, δίκτυο, θύρα, πρωτόκολλο αίτηση/απάντηση echo (χρησιμοποιείται από το ping)
- Στο επίπεδο δικτύου αλλά «πάνω» από το IP: Τα μηνύματα του ICMP μεταφέρονται σε αυτοδύναμα πακέτα IP

# Μήνυμα ICMP

<u>Type</u>	<u>Code</u>	<u>description</u>
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

# DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

- Επιτρέπει σε έναν κόμβο να αποκτήσει δυναμικά διεύθυνση IP από κάποιον εξυπηρετητή όταν συνδέεται στο δίκτυο
- Επιτρέπει επαναχρησιμοποίηση διευθύνσεων και υποστήριξη για κινητούς χρήστες
- Υλοποιεί αυτόματη ανάθεση και χρονική «μίσθωση» διευθύνσεων IP από υπολογιστικά συστήματα
- Υποστηρίζει ανάθεση στατικών διευθύνσεων IP όπου απαιτείται

## Επικοινωνία Πελάτη – Εξυπηρετητή DHCP

- Ο κόμβος εκπέμπει μήνυμα: “DHCP discover”
- Ο εξυπηρετητής DHCP αποκρίνεται: “DHCP offer”
- Ο κόμβος ζητά διεύθυνση IP: “DHCP request”
- Ο εξυπηρετητής DHCP στέλνει διεύθυνση: “DHCP ack”

# Μετάφραση διευθύνσεων IP - NAT

- Στόχος: το τοπικό δίκτυο χρησιμοποιεί λίγες (μπορεί και μια μόνο) διευθύνσεις IP όσον αφορά τον «έξω» κόσμο
- Απαιτείται «μετάφραση» της εσωτερικής σε έγκυρη διεύθυνση IP όταν χρειάζεται κάποιος σταθμός πρόσβαση στο Διαδίκτυο
- Τηρείται μια δεξαμενή έγκυρων διευθύνσεων σε κάποια από τις οποίες αντιστοιχείται κάθε φορά όποια από τις εσωτερικές θέλει να αποκτήσει πρόσβαση στο Διαδίκτυο
- Όλα τα ΑΠ ενός κόμβου που εξέρχονται από το τοπικό δίκτυο έχουν μια διεύθυνση IP προέλευσης από τη δεξαμενή των έγκυρων διευθύνσεων IP

# Μετάφραση διευθύνσεων IP - NAT

- Δε χρειάζεται η ανάθεση μεγάλου εύρους διευθύνσεων από τον ISP ακόμα και για μεγάλα δίκτυα
- Μπορεί να γίνει αλλαγή των διευθύνσεων των συσκευών στο τοπικό δίκτυο χωρίς να ενημερωθεί ο υπόλοιπος κόσμος
- Μπορεί να γίνει αλλαγή ISP χωρίς να χρειαστεί αλλαγή των διευθύνσεων IP των συσκευών στο τοπικό δίκτυο
- Οι συσκευές εντός του τοπικού δικτύου δεν έχουν σταθερή έγκυρη διεύθυνση άρα δε «φαίνονται» από τον έξω κόσμο

# Υλοποίηση NAT

- Για τα εξερχόμενα ΑΠ: να αντικαθιστά το ζεύγος (διεύθυνση IP προέλευσης, # θύρας) κάθε εξερχόμενου ΑΠ σε (διεύθυνση IP NAT, (νέος) # θύρας)
- Να θυμάται (στον πίνακα μετάφρασης NAT) κάθε ζεύγος μετάφρασης (διεύθυνση IP προέλευσης, # θύρας) σε (διεύθυνση IP NAT, (νέος) # θύρας)
- Για τα εισερχόμενα ΑΠ: αντικατάσταση στα πεδία προορισμού κάθε εισερχόμενου ΑΠ του ζεύγους (διεύθυνση IP NAT, (νέος) # θύρας) με τα αντίστοιχα (διεύθυνση IP προέλευσης, # θύρας) που βρίσκονται αποθηκευμένα στον πίνακα NAT



# Λειτουργίες ενός δρομολογητή

Οι κυριότερες λειτουργίες ενός δρομολογητή είναι:

- Η δρομολόγηση (routing) των δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Η δρομολόγηση περιλαμβάνει δυο βασικές διαδικασίες: τον καθορισμό της βέλτιστης διαδρομής μέσα από ένα δίκτυο και τη μεταφορά των δεδομένων μέσα από αυτή.
- Η επιλογή της βέλτιστης διαδρομής γίνεται με βάση τα διάφορα πρωτόκολλα δρομολόγησης (routing protocols) τα οποία δημιουργούν πίνακες δρομολόγησης (routing tables). Στους πίνακες δρομολόγησης ανάλογα το είδος του πρωτοκόλλου περιέχονται διάφορες πληροφορίες για την κατάσταση του δικτύου (τοπολογία, εύρος γραμμών, φόρτος γραμμών κ.α). Επίσης τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι υπεύθυνα για την μεταφορά των πινάκων δρομολόγησης στους υπόλοιπους δρομολογητές του δικτύου καθώς και για την ενημέρωσή τους σε περίπτωση αλλαγών στο δίκτυο.
- Η δυνατότητα φιλτραρίσματος (filtering) των δεδομένων είτε με βάση το πρωτόκολλο, είτε τη λογική διεύθυνση (IP address) του αποστολέα ή του παραλήπτη.

# Λειτουργίες δρομολογητή

Για να πραγματοποιήσει τη δρομολόγηση της πληροφορίας ο δρομολογητής, θα πρέπει αρχικά να κατανοεί τη λογική τοπολογία του δικτύου και να επικοινωνεί με τις γειτονικές του συσκευές. Οι δρομολογητές πρέπει γενικά να εκτελούν τις λειτουργίες της δρομολόγησης (*routing*) και της μεταγωγής (*switching*). Ο μηχανισμός με τον οποίο ένας δρομολογητής, μαθαίνει και συντηρεί τη τοπολογία του δικτύου καλείται *λειτουργία δρομολόγησης (routing function)*, ενώ η μεταφορά της κίνησης του χρήστη προς την κατάλληλη διασύνδεση, αποτελεί μια ξεχωριστή λειτουργία η οποία ονομάζεται *λειτουργία μεταγωγής (switching function)*.

# Λειτουργίες δρομολογητή

- Αν αναγνωρίζει τη λογική διεύθυνση προορισμού. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να υποστηρίζει το τμήμα του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιεί αυτή τη λογική διευθυνσιοδότηση. Μερικά γνωστά πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι το IP, το IPX (Internetwork Packet eXchange), το DECnet και άλλα.
- Στη συνέχεια, εξετάζει αν υπάρχει το δίκτυο προορισμός ως καταχώρηση μέσα στον πίνακα δρομολόγησης που διατηρεί. Εάν δεν υπάρχει, οι δρομολογητές έχουν προγραμματιστεί έτσι ώστε να απορρίπτουν τα πακέτα που σχετίζονται με αυτό τον προορισμό και να στέλνουν ένα κατάλληλο μήνυμα ICMP προς τον αποστολέα για να τον ενημερώσουν.
- Η τρίτη παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί, εφόσον το δίκτυο προορισμού υπάρχει στον πίνακα δρομολόγησης, είναι προς ποια διασύνδεση εξόδου (outbound interface) θα οδηγηθεί το πακέτο. Ο πίνακας δρομολόγησης πρέπει να περιέχει μόνο τον καλύτερο δρόμο (best route) προς οποιοδήποτε δίκτυο προορισμού.

Από τη στιγμή που καθοριστεί η διασύνδεση εξόδου, ο δρομολογητής θα πρέπει να διαθέτει και μια μέθοδο ενθυλάκωσης (*encapsulation method*), για να προωθήσει το IP datagram στην επόμενη συσκευή, στο δρόμο προς τον προορισμό, ανάλογα με τον τύπο της διασύνδεσης. Έτσι για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιήσει ενθυλάκωση PPP, Frame Relay, ATM, HDLC κτλ. Με αυτή τη μέθοδο τα πακέτα γίνονται πλαίσια (frames) πληροφορίας (επίπεδο 2 του OSI) και μπορούν να μεταδοθούν στο φυσικό μέσο, με τη μορφή bytes.

# Τι εστί Δρομολόγηση;

Ένας δρομολογητής για να δρομολογήσει απαιτείται να γνωρίζει:

- Γειτονικά δίκτυα
- Γειτονικούς δρομολογητές (στο ίδιο δίκτυο)
- Όλες τις δυνατές διαδρομές προς τα δίκτυα
- Την «καλύτερη» διαδρομή προς κάθε δίκτυο κάθε φορά
- Συντήρηση και επιβεβαίωση εγκυρότητας επιλεγμένης διαδρομής



Ως δρομολόγηση (routing) χαρακτηρίζουμε γενικά τη διαδικασία με την οποία μεταφέρεται μια πληροφορία από ένα σημείο σε ένα άλλο. Σε ένα δίκτυο η συσκευή μέσω της οποίας δρομολογείται η πληροφορία ονομάζεται δρομολογητής (router). Για να μπορεί ένας δρομολογητής να μεταφέρει οποιαδήποτε πληροφορία θα πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα:

- να γνωρίζει τη διεύθυνση προορισμού (destination address) της πληροφορίας που πρέπει να δρομολογηθεί
- να καθορίζει τις πηγές πληροφορίας (άλλους δρομολογητές), από τις οποίες μπορεί να μάθει τη διαδρομή προς το συγκεκριμένο προορισμό
- να ανακαλύπτει νέους δρόμους ή διαδρομές (routes) προς τον προορισμό
- να επιλέγει τους βέλτιστους δρόμους προς τον προορισμό
- να συντηρεί την πληροφορία δρομολόγησης, έτσι ώστε να εγγυάται η συνέχεια της ύπαρξης δρόμων προς τους προορισμούς

Η πληροφορία δρομολόγησης τοποθετείται στον πίνακα δρομολόγησης (routing table) του κάθε δρομολογητή. Βασιζόμενος στον πίνακα δρομολόγησης ο δρομολογητής αποφασίζει που θα στείλει την πληροφορία.

Όταν οι hosts αφετηρίας και προορισμού ανήκουν στο ίδιο δίκτυο/υποδίκτυο η παράδοση της πληροφορίας γίνεται χωρίς να παρεμβάλλεται ο δρομολογητής (άμεση δρομολόγηση – direct routing).

Όταν ο host προορισμού ανήκει σε διαφορετικό δίκτυο/υποδίκτυο, θα πρέπει ο δρομολογητής να γνωρίζει το βέλτιστο δρόμο προς αυτό (έμμεση δρομολόγηση – indirect routing).

Ο πίνακας δρομολόγησης είναι αποθηκευμένος στη μνήμη RAM του δρομολογητή και περιέχει τις ακόλουθες καταχωρήσεις:

- τους άμεσους δρόμους (direct routes) για τα τοπικά δίκτυα/δίκτυα
- τους έμμεσους δρόμους (indirect routes) για τα δίκτυα/υποδίκτυα τα οποία είναι προσπελάσιμα μέσω ενός ή περισσότερων δρομολογητών

Η πληροφορία αυτή μπορεί να γίνει γνωστή (εισαγωγή της στον πίνακα δρομολόγησης) με τους παρακάτω τρόπους:

- χειροκίνητα από το διαχειριστή του δικτύου (static routing)
- μέσω δυναμικών διεργασιών (πρωτόκολλα δρομολόγησης - routing protocols) που τρέχουν στο δίκτυο (dynamic routing)

### **Στατική δρομολόγηση (static routing)**

Στη στατική δρομολόγηση ο διαχειριστής του δικτύου ρυθμίζει χειροκίνητα στο δρομολογητή το δρόμο για τα δίκτυα προορισμού. Όταν υπάρξει μια αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου θα πρέπει ο διαχειριστής του να ενημερώνει τους πίνακες δρομολόγησης. Εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι σε μεγάλα δίκτυα με πολλούς δρομολογητές η διαχείριση των πινάκων δρομολόγησης τους γίνεται πολύ δύσκολη. Τα πλεονεκτήματα της στατικής δρομολόγησης είναι τα παρακάτω:

- μικρός φόρτος στον επεξεργαστή του δρομολογητή
- δε χρησιμοποιείται μέρος της χωρητικότητας της γραμμής για την ανταλλαγή πληροφοριών δρομολόγησης, όπως γίνεται στη δυναμική δρομολόγηση
- μεγαλύτερη ασφάλεια, διότι μόνο ο διαχειριστής επιτρέπει την πρόσβαση σε συγκεκριμένα δίκτυα

Τα μειονεκτήματα της στατικής δρομολόγησης είναι τα παρακάτω:

- σε μεγάλα δίκτυα θα πρέπει ο διαχειριστής να έχει πλήρη εικόνα του δικτύου
- αν προστεθεί ένα καινούργιο δίκτυο θα πρέπει ο διαχειριστής να ενημερώσει τους πίνακες δρομολόγησης σε κάθε δρομολογητή του δικτύου
- η διαχείριση του δικτύου είναι πολύ χρονοβόρα

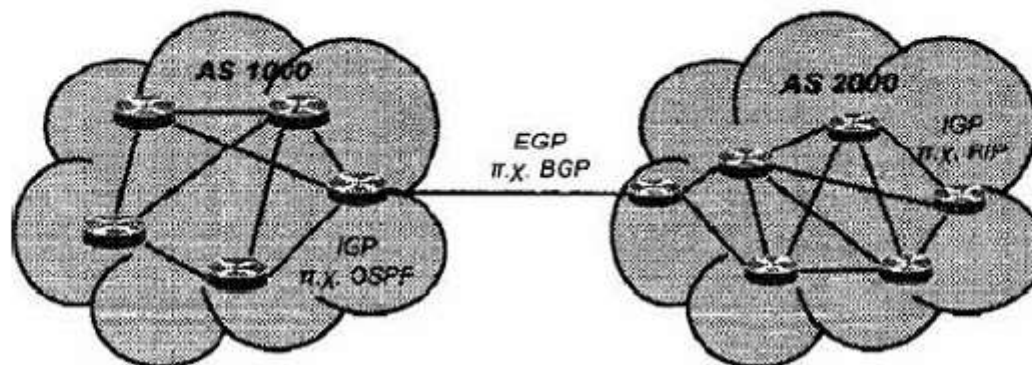
# Πρωτόκολλα δρομολόγησης (routing protocols)

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης (routing protocols) είναι υπεύθυνα για:

- την επιλογή του καλύτερου δρόμου προς οποιοδήποτε δίκτυο/υποδίκτυο προορισμού
- την κατάλληλη ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης
- την ανταλλαγή πληροφοριών δρομολόγησης μεταξύ των δρομολογητών ενός δικτύου.



## Είδη πρωτοκόλλων

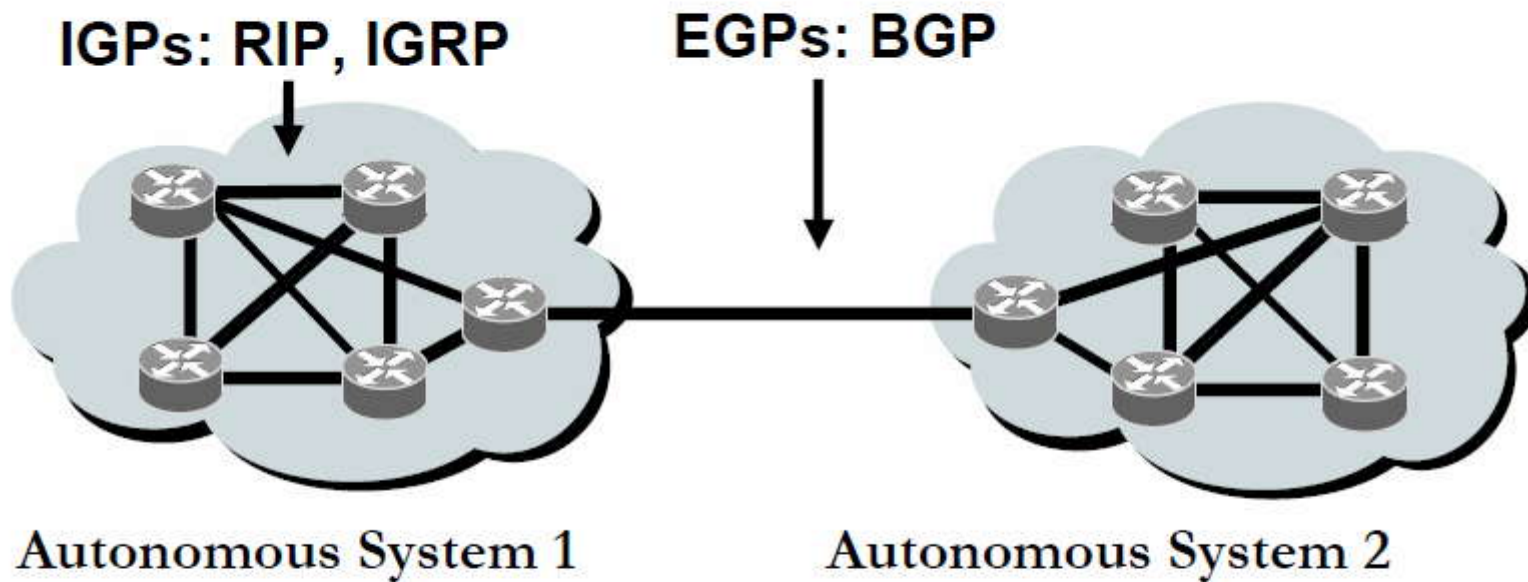


Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι πρωτοκόλλων δρομολόγησης, που καλούνται και πρωτόκολλα πύλης:

- Τα εσωτερικά πρωτόκολλα πύλης *IGP* (*Interior Gateway Protocols*), όπως για παράδειγμα τα πρωτόκολλα *RIP* (*Routing Information Protocol*) και *OSPF* (*Open Shortest Path First*), και
- Τα εξωτερικά πρωτόκολλα πύλης *EGP* (*Exterior Gateway Protocols*), όπως το πρωτόκολλο *BGP* (*Border Gateway Protocol*).

Τα πρωτόκολλα *IGP*, λειτουργούν μέσα σε ένα αυτόνομο σύστημα, ενώ τα πρωτόκολλα *EGP* συνδέουν δύο διαφορετικά αυτόνομα συστήματα.

# Πρωτόκολλα δρομολόγησης

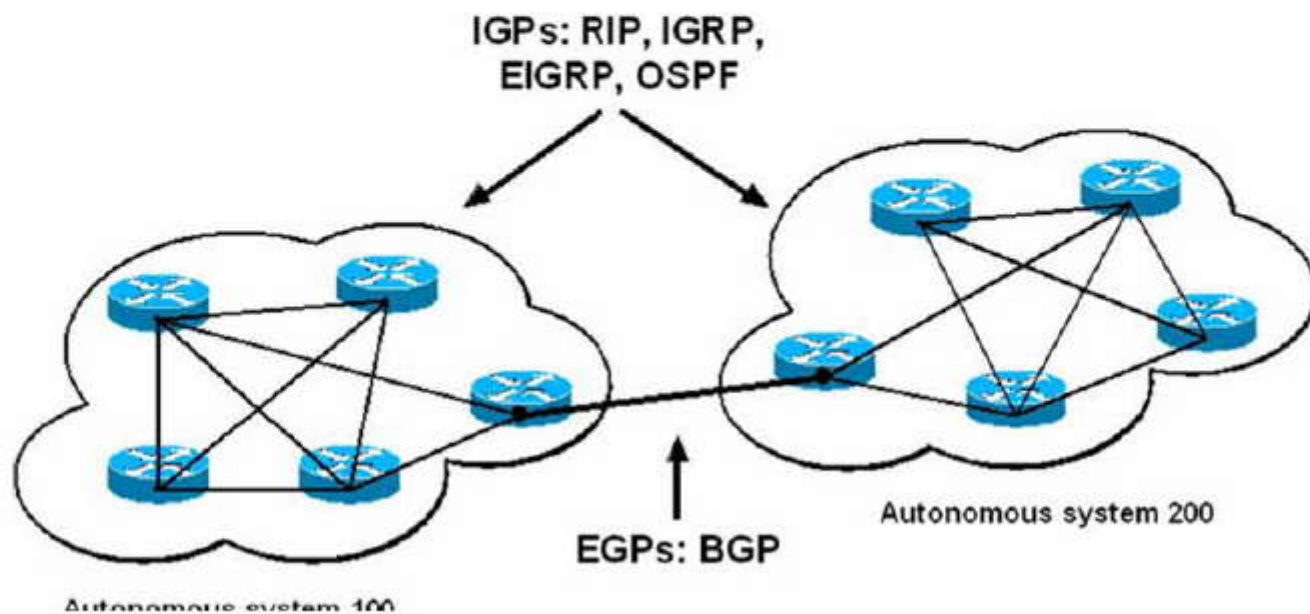


- Ένα Αυτόνομο Σύστημα είναι ένα σύνολο δικτύων κάτω από την ίδια διαχειριστική αρχή.
- Τα IGPs λειτουργούν εντός Αυτόνομου Συστήματος.
- Τα EGPs λειτουργούν μεταξύ διαφορετικών Αυτόνομων Συστημάτων.

## Εσωτερικά- εξωτερικά πρωτόκολλα πύλης

- Τα εσωτερικά πρωτόκολλα πύλης **IGP (Interior Gateway Protocols)** χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των δρομολογητών και την ανταλλαγή των πινάκων δρομολόγησης τους σε ένα **αυτόνομο σύστημα (autonomous system)**. ( π.χ RIP, OSPF)  
*Αυτόνομο σύστημα είναι ένα σύνολο δικτύων που εμποπτεύονται από μια κοινή αρχή διαχείρισης.*
- Τα εξωτερικά πρωτόκολλα πύλης **EGP (Exterior Gateway Protocols)** χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των δρομολογητών και την ανταλλαγή των πινάκων δρομολόγησης τους μεταξύ αυτόνομων συστημάτων. (π.χ BGP)

# Εσωτερικά- εξωτερικά πρωτόκολλα πύλης



# Αλγόριθμοι δρομολόγησης

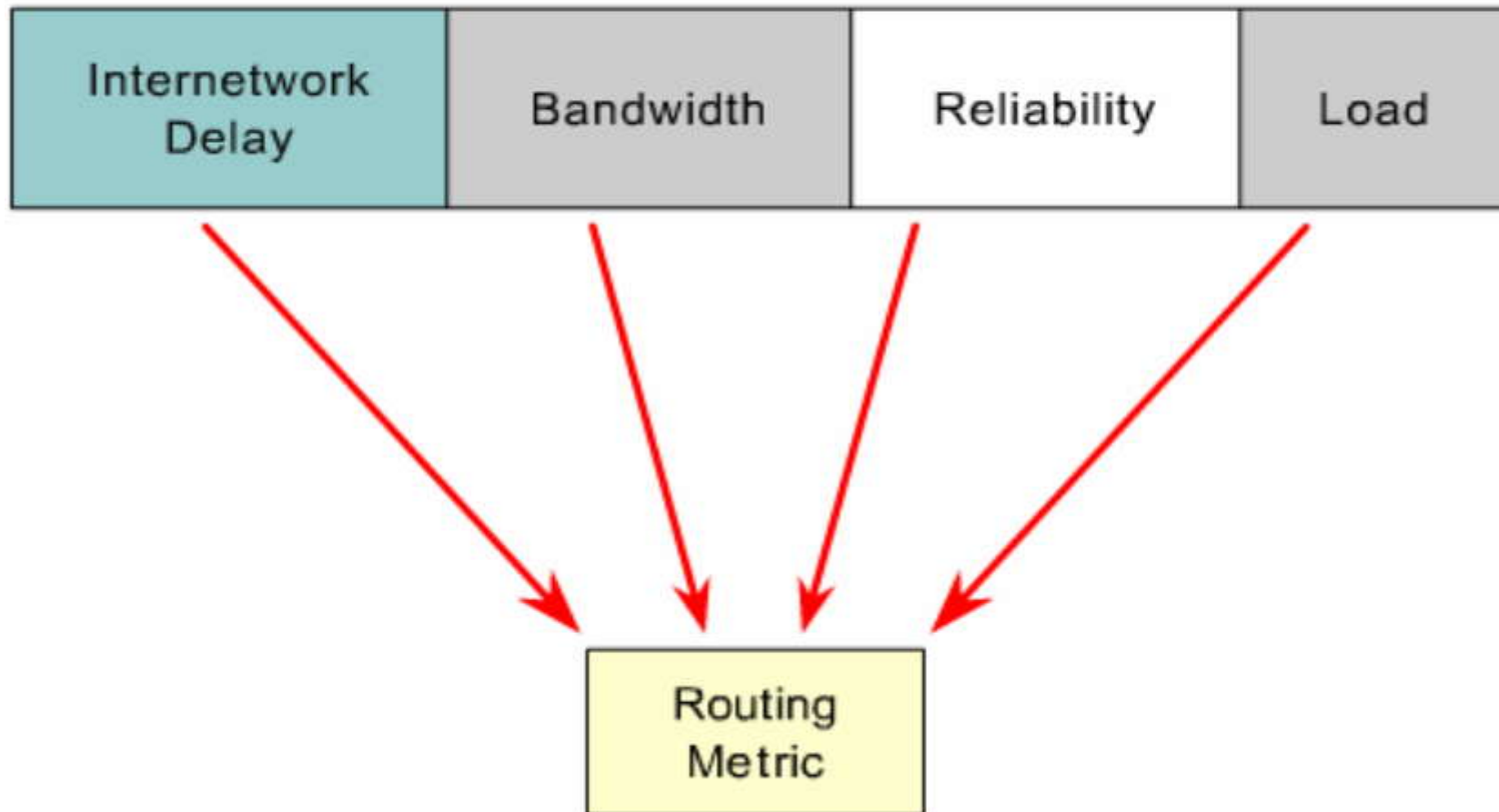
Βασική λειτουργία των πρωτοκόλλων δρομολόγησης είναι η εύρεση και η επιλογή του καλύτερου δρόμου για τα δίκτυα προορισμού με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων δρομολόγησης (**routing algorithms**). Ο αλγόριθμος δρομολόγησης δημιουργεί έναν αριθμό, τον οποίο ονομάζουμε τιμή κόστους (metric), για κάθε διαδρομή στο δίκτυο. Η διαδρομή με το μικρότερο κόστος για τον ίδιο προορισμό καταχωρείται τελικά στον πίνακα δρομολόγησης. Ανάλογα με την υλοποίηση, ως κόστος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αριθμός των δρομολογητών (hop count) που περνά το μήνυμα μέχρι να φτάσει στον προορισμό του, το εύρος ζώνης της γραμμής (bandwidth), η καθυστέρηση (delay), το φορτίο της γραμμής (load) και μια σειρά άλλων παραμέτρων ή ένας συνδυασμός από αυτές.

# Κόστος (metric)

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης χρησιμοποιούν την έννοια του κόστους (*metric*), μέσω της οποίας χαρακτηρίζουν τον καλύτερο δρόμο προς τον προορισμό. Ο δρόμος με το μικρότερο κόστος είναι και ο προτιμητέος και αν υπάρχουν δύο οι περισσότεροι δρόμοι με το ίδιο κόστος, τότε καταχωρούνται όλοι στον πίνακα δρομολόγησης και εφαρμόζεται η αρχή της ισοκατανομής της κίνησης εξόδου (*load balancing* ή *load sharing*) προς όλους τους δρόμους.

Ένα κριτήριο για την επιλογή του καλύτερου δρόμου προς τον προορισμό, που χρησιμοποιείται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι το κόστος που αντιστοιχεί σε αυτόν. Η διαδρομή με το μικρότερο κόστος για τον ίδιο προορισμό καταχωρείται τελικά στον πίνακα δρομολόγησης. Ανάλογα με την υλοποίηση, ως κόστος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αριθμός των δρομολογητών (*Hop count*) που περνά το μήνυμα προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του, το εύρος ζώνης της σύνδεσης (*bandwidth*), η καθυστέρηση (*delay*), η αξιοπιστία (*reliability*), το φορτίο της γραμμής (*load*), το μέγεθος της *MTU* και μια σειρά άλλων παραμέτρων ή ακόμα και ένας συνδυασμός από αυτές.

# Δυναμική δρομολόγηση-κόστη



# Αλγόριθμοι δρομολόγησης

- **Αλγόριθμοι διανύσματος απόστασης (Distance Vector Algorithms)**, όπου οι πίνακες δρομολόγησης αποτελούνται από μια σειρά από προορισμούς (vectors) και κόστη τις αποστάσεις (distances) που διανύονται για την προσέγγιση του προορισμού.
- **Αλγόριθμοι της κατάστασης της σύνδεσης (Link State Algorithms)**



## Κατηγορίες αλγορίθμων δρομολόγησης

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

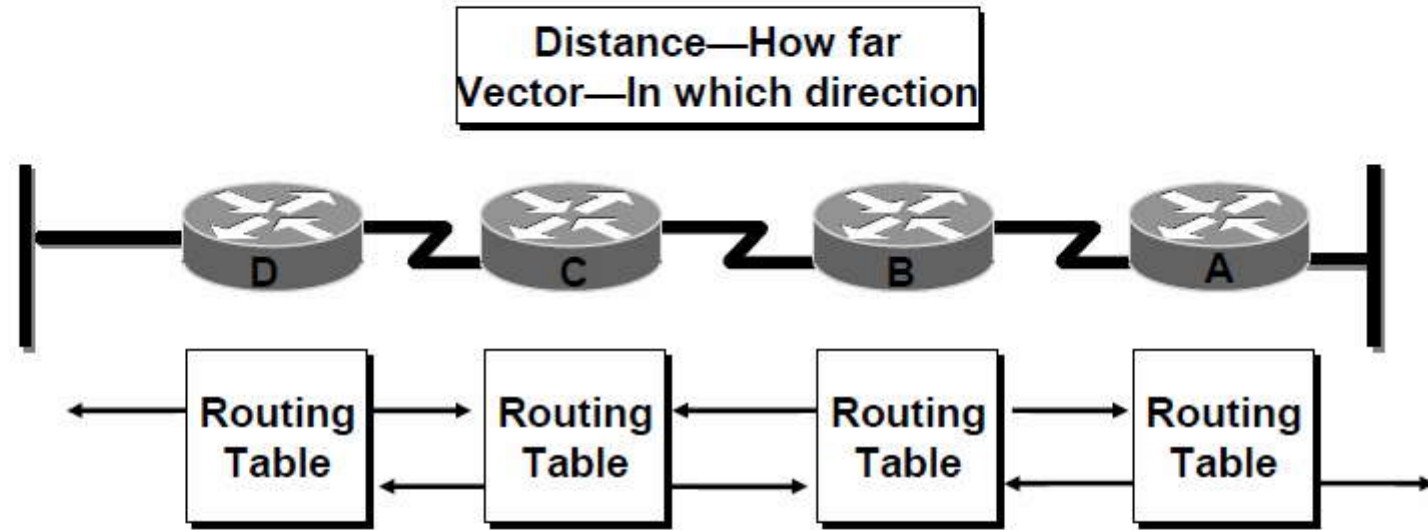
- *Αλγόριθμοι διανύσματος απόστασης (Distance Vector Algorithms)*: Με αυτούς τους αλγόριθμους, καθορίζεται η απόσταση (distance) προς οποιαδήποτε σύνδεση στο δίκτυο. Οι αλγόριθμοι αυτοί καλούνται επίσης και αλγόριθμοι *Bellman-Ford-Fulkerson*.
- *Αλγόριθμοι της κατάστασης της σύνδεσης (Link State Algorithms)*: Η προσέγγιση που χρησιμοποιούν αυτοί οι αλγόριθμοι είναι η δημιουργία μιας τοπολογικής βάσης ολόκληρου του δικτύου ή της περιοχής στην οποία ανήκει ο δρομολογητής. Καλούνται επίσης και αλγόριθμοι της συντομότερης διαδρομής ή αλλιώς αλγόριθμοι *SPF (Shortest Path First)*.

Ως *χρόνος σύγκλισης (convergence time)*, ορίζεται ο χρόνος που περνά έως ότου όλοι οι δρομολογητές να συμφωνήσουν σχετικά με την τοπολογία του δικτύου, από τη στιγμή που προκύψει μια αλλαγή. Όταν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου εκτελείται ο αλγόριθμος δρομολόγησης και σταματά η κίνηση των δεδομένων των χρηστών που μεταφέρει ο δρομολογητής προς τις διαφορετικές διασυνδέσεις του

# Σφαιρική ή αποκεντρωμένη πληροφορία;

- Σφαιρική (Αλγόριθμοι “link state”): Όλοι οι δρομολογητές έχουν πλήρη γνώση τοπολογίας και κοστών συνδέσμων
- Αποκεντρωμένη (Αλγόριθμοι “distance vector”): ο δρομολογητής γνωρίζει τα κόστη με τους φυσικά συνδεδεμένους γείτονες - επαναληπτική διεργασία υπολογισμού, ανταλλαγή πληροφοριών με τους γείτονες

# Διανύσματος απόσταση



Στους αλγόριθμους ανύσματος απόστασης ΔΕΝ είναι εφικτό ο δρομολογητής να γνωρίζει ΟΛΗ την τοπολογία του δικτύου που ανήκει.

Κάθε δρομολογητής εκπέμπει από όλες τις διεπαφές του την πληροφορία δρομολόγησής του προς κάθε γείτονα δρομολογητή

# Αλγόριθμος Δρομολόγησης Distance Vector

Κεντρική Ιδέα:

- Δεδομένα (για έναν κόμβο): Η απόστασή του από τους γειτονικούς κόμβους. Οι αποστάσεις των γειτονικών κόμβων από τους απομακρυσμένους κόμβους
- Υπολογίζονται: Οι αποστάσεις του κόμβου από τους απομακρυσμένους κόμβους

## Αλγόριθμος διανύσματος απόστασης (distance vector)

Η αρχή της δρομολόγησης που βασίζεται στους αλγόριθμους διανύσματος απόστασης είναι πολύ απλή. Κάθε δρομολογητής σε ένα δίκτυο IP, καθορίζει την απόσταση από αυτόν προς κάθε γνωστό προορισμό του σε έναν πίνακα διανύσματος απόστασης (*distance vector table*).

Περιοδικά, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης διανύσματος απόστασης ανακοινώνουν ολόκληρο το περιεχόμενο του πίνακα δρομολόγησης από δρομολογητή σε δρομολογητή. Αυτές οι ανακοινώσεις είναι συνήθως μηνύματα broadcast και μεταδίδονται μόνο στους άμεσα γειτονικούς δρομολογητές. Με αυτό το τρόπο επιτρέπεται στο δρομολογητή να βλέπει το δίκτυο του γειτονικού του δρομολογητή και να προσθέτει ένα κόστος στην απόσταση που έχει ήδη θέσει ο δεύτερος.

## Αλγόριθμος διανύσματος απόστασης (distance vector)

Κάθε δρομολογητής ξεκινά τη λειτουργία του, βάζοντας στον πίνακα διανύσματος απόστασης μηδενικά για τον εαυτό του, ένα για τους άμεσους γείτονές του και άπειρο για κάθε άλλον προορισμό. Βέβαια στα υπολογιστικά συστήματα, δεν υπάρχει τιμή απείρου και γι' αυτό χρησιμοποιείται μια πολύ μεγάλη ακέραια τιμή.

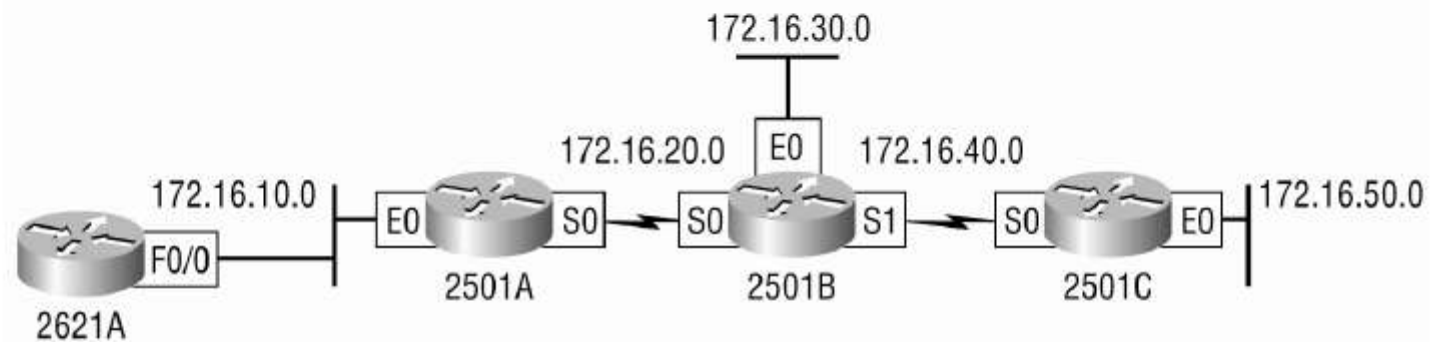
Το συνολικό κόστος προς κάθε προορισμό, υπολογίζεται μέσω της πρόσθεσης του κόστους που αναφέρεται σε αυτό τον προορισμό από ένα γειτονικό πίνακα διανύσματος απόστασης συν το κόστος της σύνδεσης προς αυτό το γείτονα.

Τελικά, ο πίνακας δρομολόγησης για κάθε δρομολογητή, δημιουργείται παίρνοντας το χαμηλότερο κόστος που υπολογίζεται για κάθε προορισμό.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του αλγόριθμου διανύσματος απόστασης είναι η ευκολία στην υλοποίηση. Αλλά υπάρχουν και σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία είναι τα ακόλουθα:

Ο χρόνος σύγκλισης για μεγάλα δίκτυα, είναι πολύ μεγάλος, ενώ το όριο για το μέγεθος του δικτύου καθορίζεται από το μέγιστο αριθμό των hosts. Τέλος, οι πίνακες δρομολόγησης μεταδίδονται πάντα, ακόμη και αν δεν έχουν αλλάξει τα δεδομένα τους.

## Ανακάλυψη διαδρομών (από-μέσω γείτονα)



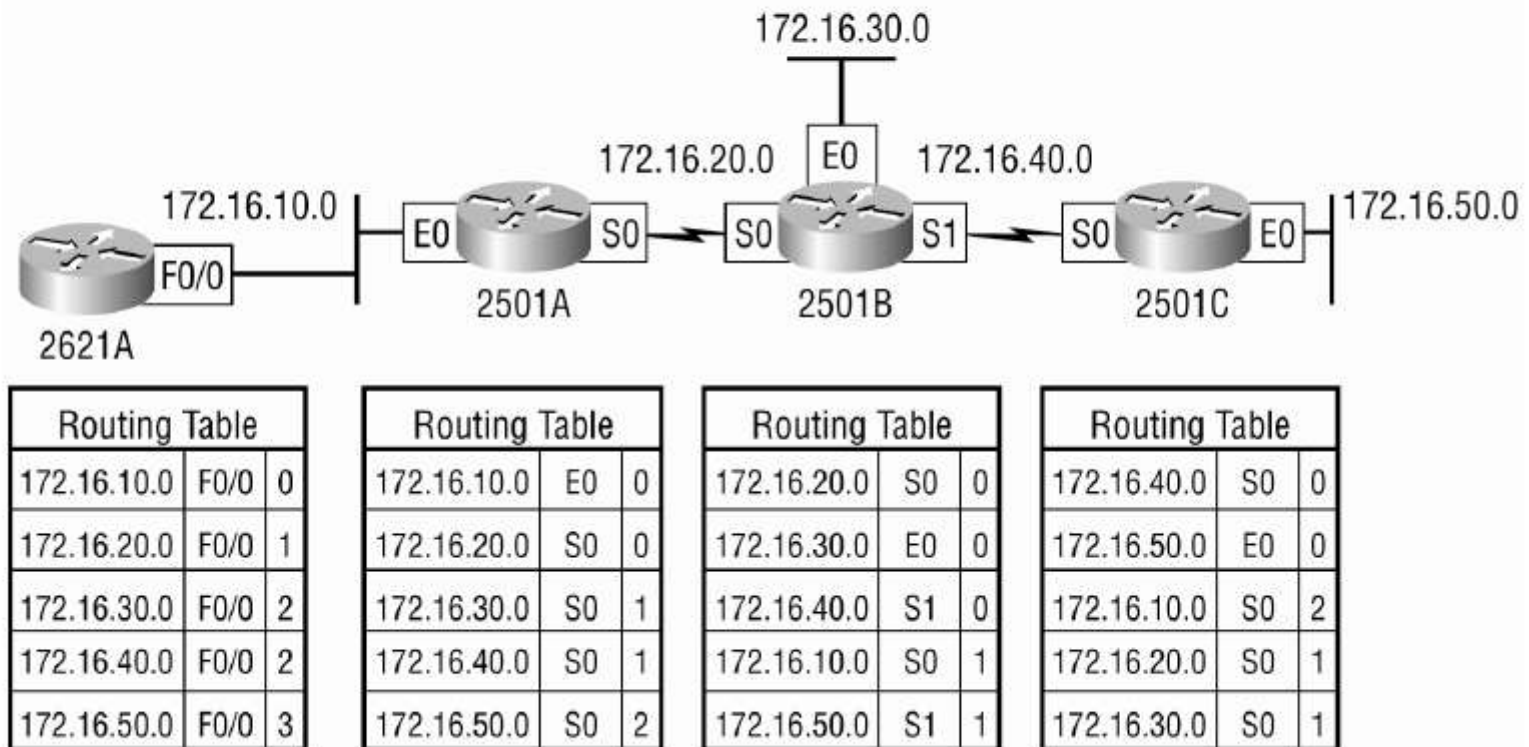
Routing Table		
172.16.10.0	F0/0	0

Routing Table		
172.16.10.0	E0	0
172.16.20.0	S0	0

Routing Table		
172.16.20.0	S0	0
172.16.30.0	E0	0
172.16.40.0	S1	0

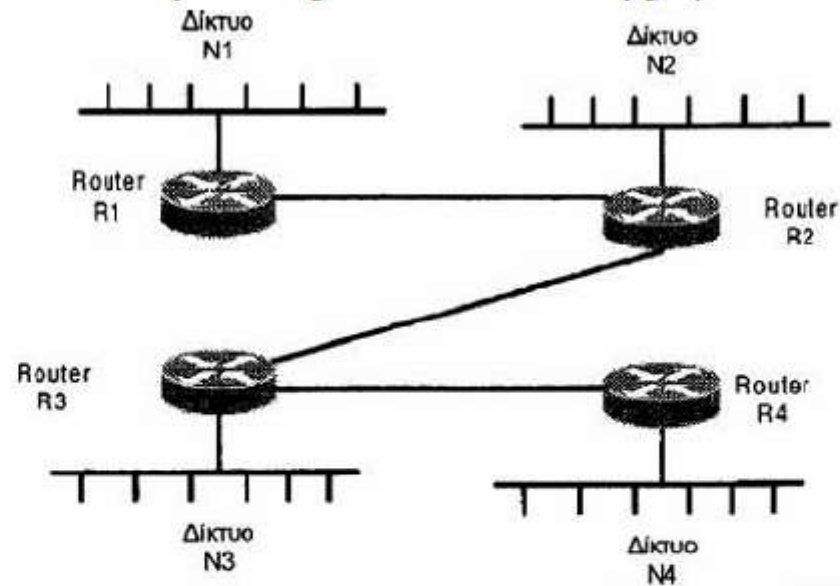
Routing Table		
172.16.40.0	S0	0
172.16.50.0	E0	0

# Ανακάλυψη διαδρομών (από-μέσω γείτονα)





## Αλγόριθμος διανύσματος απόστασης (distance vector)



Πίνακας Διανύσματος απόστασης για τον R1		
Δίκτυο	Επόμενος Router	Κόστος (Metric)
N1	-	0
N2	R2	1
N3	R2	2
N4	R2	3

Πίνακας Διανύσματος απόστασης για τον R2		
Δίκτυο	Επόμενος Router	Κόστος (Metric)
N1	R1	1
N2	-	0
N3	R3	1
N4	R3	2

Πίνακας Διανύσματος απόστασης για τον R3		
Δίκτυο	Επόμενος Router	Κόστος (Metric)
N1	R2	2
N2	R2	1
N3	-	0
N4	R4	1

# Αλγόριθμος Δρομολόγησης Distance Vector

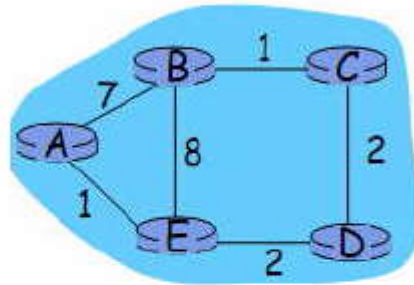
Δομή Δεδομένων Πίνακα Απόστασης:

- κάθε κόμβος έχει το δικό του πίνακα
- γραμμή για κάθε δυνατό προορισμό
- στήλη για κάθε άμεσα συνδεδεμένο γείτονα
- παράδειγμα: στον κόμβο  $X$ , για τον προορισμό  $Y$  μέσω του γείτονα  $Z$ :

$$\begin{aligned} D^X(Y,Z) &= \text{απόσταση από το } X \\ & \text{στο } Y, \text{ μέσω } Z \\ &= c(X,Z) + \min_w \{D^Z(Y,w)\} \end{aligned}$$

		μέσω	
		Y	Z
προορισμός	$D^X()$		
	Y	1	2
Z	7	5	

# Πίνακας Απόστασης – Παράδειγμα



$$D^E(C,D) = c(E,D) + \min_w \{D^D(C,w)\} \\ = 2+2 = 4$$

$$D^E(A,D) = c(E,D) + \min_w \{D^D(A,w)\} \\ = 2+3 = 5 \quad \text{κύκλος!}$$

$$D^E(A,B) = c(E,B) + \min_w \{D^B(A,w)\} \\ = 8+6 = 14 \quad \text{κύκλος!}$$

$D^E()$	μέσω κορυφής		
	A	B	D
A	1	14	5
B	7	8	5
C	6	9	4
D	4	11	2

Προσρισμός

# Ο Πίνακας Απόστασης δίνει τον Πίνακα Δρομολόγησης

$D^E()$		μέσω κορυφής			Εξερχόμενο κύκλωμα που θα χρησιμοποιηθεί, κόστος	
		A	B	D		
προορισμός	A	1	14	5	A	A,1
	B	7	8	5	B	D,5
	C	6	9	4	C	D,4
	D	4	11	2	D	D,2

Πίνακας Απόστασης → Πίνακας Δρομολόγησης

# Routing Information Protocol (RIP)

- Είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης διανύσματος απόστασης
- Στέλνει routing-update μηνύματα σε τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε 30 δευτερόλεπτα) και όταν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου.
- Χρησιμοποιεί ως παράμετρο μέτρησης (μετρικό) τον αριθμό αλμάτων ενδοκομβικών αποστάσεων, η οποία μετρά την απόσταση μεταξύ της πηγής και του προορισμού (σε άλματα).
- Ο αριθμός των αλμάτων είναι περιορισμένος με μέγιστο το 15. Αυτό σημαίνει ότι ένα δίκτυο δεν μπορεί να εκτελέσει πάνω από 15 άλματα από την πηγή στον προορισμό. Διαφορετικά ο προορισμός θεωρείται μη προσβάσιμος.
- Χρησιμοποιεί ένα χρονόμετρο timeout, περιοδικά (συνήθως κάθε 30 δευτερόλεπτα) για κάθε γνωστή διαδρομή. Αν ο χρόνος αυτός λήξει τότε σημαίνει ότι το μονοπάτι δεν είναι πλέον διαθέσιμο και η διαδρομή έχει αφαιρεθεί από τους πίνακες δρομολόγησης.
- **Δεν** υποστηρίζει VLSM

# Routing Information Protocol (RIP)

Το μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι καθώς το δίκτυο μεγαλώνει, ανταλλάσσεται ένα μεγάλο ποσό πληροφορίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ακόμα κι όταν η τοπολογία του δικτύου δεν έχει αλλάξει, με αποτέλεσμα να περιορίζεται το διαθέσιμο εύρος ζώνης και να αυξάνεται ο χρόνος σύγκλισης.

**Ως χρόνος σύγκλισης (convergence time)**, ορίζεται ο χρόνος που περνά μέχρι όλοι οι δρομολογητές να συμφωνήσουν σχετικά με την τοπολογία του δικτύου, από τη στιγμή που θα προκύψει μια αλλαγή. Όταν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου, εκτελείται ο αλγόριθμος δρομολόγησης και σταματά η κίνηση των δεδομένων

# Χρονοδιακόπτες στο RIP

- Συνήθεις ανανεώσεις πληροφορίας με ανταλλαγή πινάκων δρομολόγησης μεταξύ γειτονικών δρομολογητών γίνεται περιοδικά κάθε 30 sec(**RIP updates**).
- Ένα έναυσμα ενημέρωσης (**triggered updates**) αποστέλλεται αμέσως, ανταποκρινόμενο σε κάποια αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης.
- Ο χρονοδιακόπτης καθήλωσης (**Flush Timer**) καθορίζει το χρόνο που ένας δρομολογητής θα πρέπει να διαθέσει για να αφαιρέσει μία μη χρήσιμη διαδρομή από τον πίνακά του

## Χρονοδιακόπτης κατακράτησης(**Hold down timer**)

- Όταν ένας router λαμβάνει μια ενημέρωση από ένα γείτονα που δείχνει ότι ένα προηγούμενος προσβάσιμο δίκτυο είναι τώρα απρόσιτο, ο δρομολογητής σηματοδοτεί τη διαδρομή ως απρόσιτη και εκκινεί το χρονοδιακόπτη κατακράτησης.
- Αν σε οποιαδήποτε στιγμή πριν από την λήξη ο router λαμβάνει μια ενημέρωση από τον ίδιο γείτονα που δείχνει ότι το δίκτυο είναι και πάλι προσβάσιμο, ο δρομολογητής σηματοδοτεί το δίκτυο ως προσβάσιμο και καταργεί το χρονοδιακόπτη κατακράτησης.
- Αν μια ενημέρωση έρχεται στο δρομολογητή από ένα διαφορετικό γειτονικό δρομολογητή με μεγαλύτερη τιμή παραμέτρου (metric), ο δρομολογητής σηματοδοτεί το δίκτυο ως προσιτό και καταργεί το χρονοδιακόπτη κατακράτησης, ενώ αν η τιμή είναι μικρότερη ο χρονοδιακόπτης διατηρείται και η ενημέρωση αγνοείται.
- Ο χρονοδιακόπτης μη εύχρηστης διαδρομής (**Invalid Timer**) καθορίζει το χρόνο που ένας δρομολογητής θα πρέπει να διαθέσει για να κρίνει αν μία διαδρομή είναι χρήσιμη ή όχι από τη στιγμή που δεν έχει λάβει κάποια ενημέρωση για τη διαδρομή αυτή.

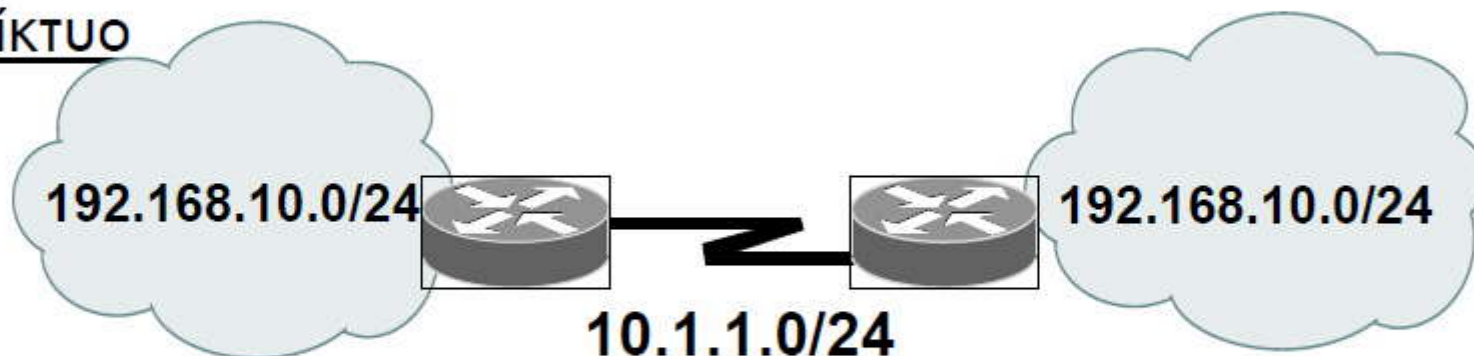


# RIP v2

- Η βασική διαφορά του RIPv2 από το RIPv1, είναι ότι το τελευταίο δε διαθέτει πληροφορία υποδικτύωσης, δηλαδή μάσκα υποδικτύωσης, σε αντίθεση με το RIPv2 που διαθέτει και μπορεί να υποστηρίξει VLSM.
- Η διαφορά γίνεται αισθητή σε περιπτώσεις υποδικτύωσης ενός δικτύου, κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα υποδίκτυά του να έχουν διαφορετικές μάσκες υποδικτύου, και στην περίπτωση ασυνεχών "αριθμητικά" δικτύων (**discontiguous networking**), όταν δηλαδή ένα βασικό δίκτυο όπως πχ το 192.168.10.0 διαχωρίζεται από ένα άλλο βασικό δίκτυο το 10.0.0.0.

## Ασυνεχής "αριθμητικά" δ/νσιοδότηση (Discontiguous Addressing)

- Δύο δίκτυα της ίδιας κλάσης από το ίδιο μπλόκ δ/νσεων διαχωρίζονται από ένα εντελώς διαφορετικό δίκτυο



- Τα RIPv1 και IGRP δεν εκδίδουν μάσκες υποδικτύωσης, και άρα δε μπορούν να υποστηρίξουν ασυνεχή "αριθμητικά" δ/νσιοδότηση και υποδίκτυα .
- Τα OSPF, EIGRP, και RIPv2 εκδίδουν μάσκες υποδικτύωσης, και άρα μπορούν να υποστηρίξουν ασυνεχή "αριθμητικά" δ/νσιοδότηση και υποδίκτυα .

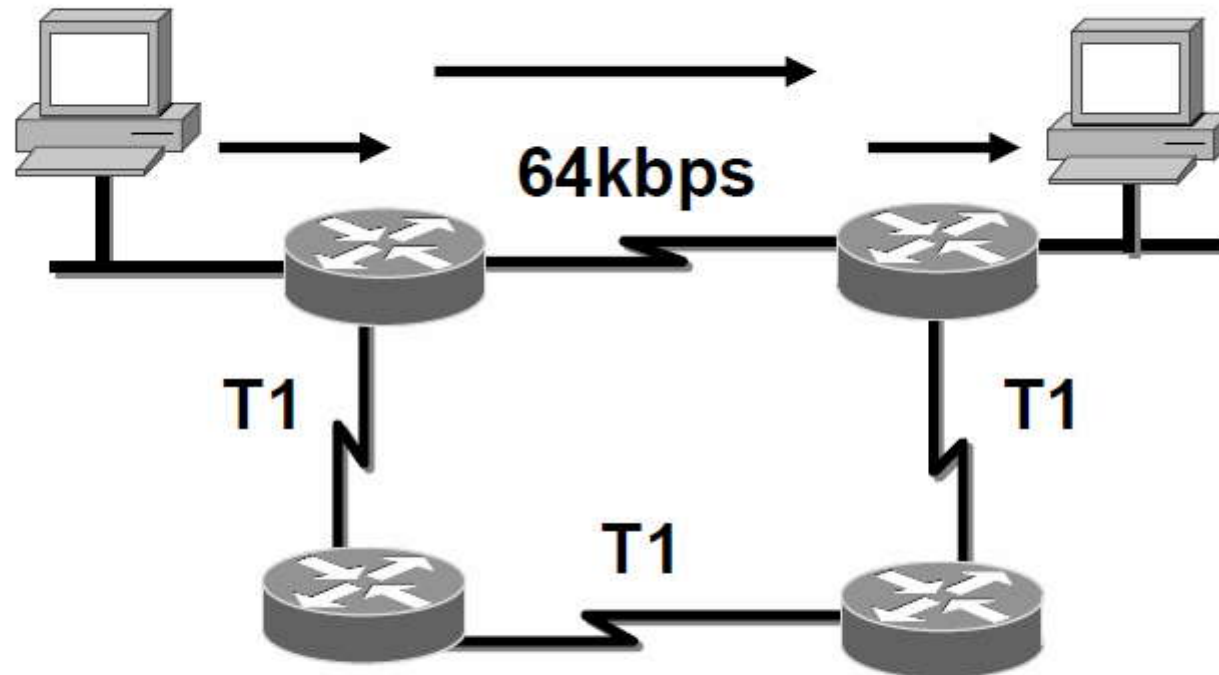
## Παθητικές διεπαφές δρομολογητή (Passive Interface)

Όταν **δεν** είναι επιθυμητό σε έναν δρομολογητή να στέλνει RIP μηνύματα ανανέωσης τοπολογίας από κάποια διεπαφή του, τότε την καθιστούμε σε «παθητική» μορφή.



Στην παθητική κατάσταση διεπαφής ο δρομολογητής μπορεί να δεχθεί μηνύματα ανανέωσης δεν μπορεί όμως να στείλει αντίστοιχα μηνύματα

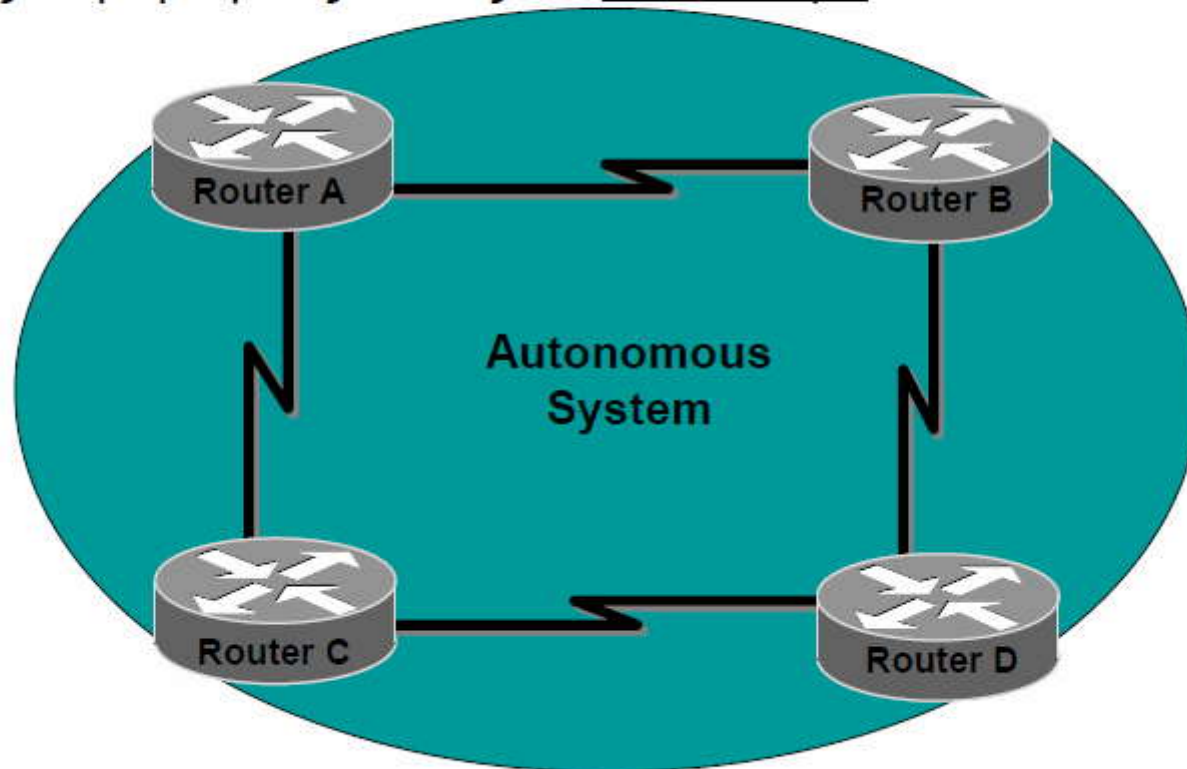
# Σύνοψη RIP



- Αριθμός αλμάτων-παράμετρος, 16 ίσον μη προσβάσιμος
- Περιοδική ανανέωση και εκπομπή πίνακα ανα 30 seconds
- Μέγιστο εξισορρόπησης φόρτου τα 6 ιδίου κόστους μονοπάτια (default = 4)
- Το RIPv2 υποστηρίζει VLSM και Discontiguous networking

# IGRP

- Interior Gateway Routing Protocol - Cisco Proprietary
- Χρησιμοποιεί ως κόστη το εύρος ζώνης της γραμμής και την καθυστέρηση για την επιλογή της καλύτερης διαδρομής αλλά και άλλες παραμέτρους καθώς και συνδυασμό αυτών



**Απαιτεί τον καθορισμό Αυτόνομων Συστημάτων για την υλοποίησή του**

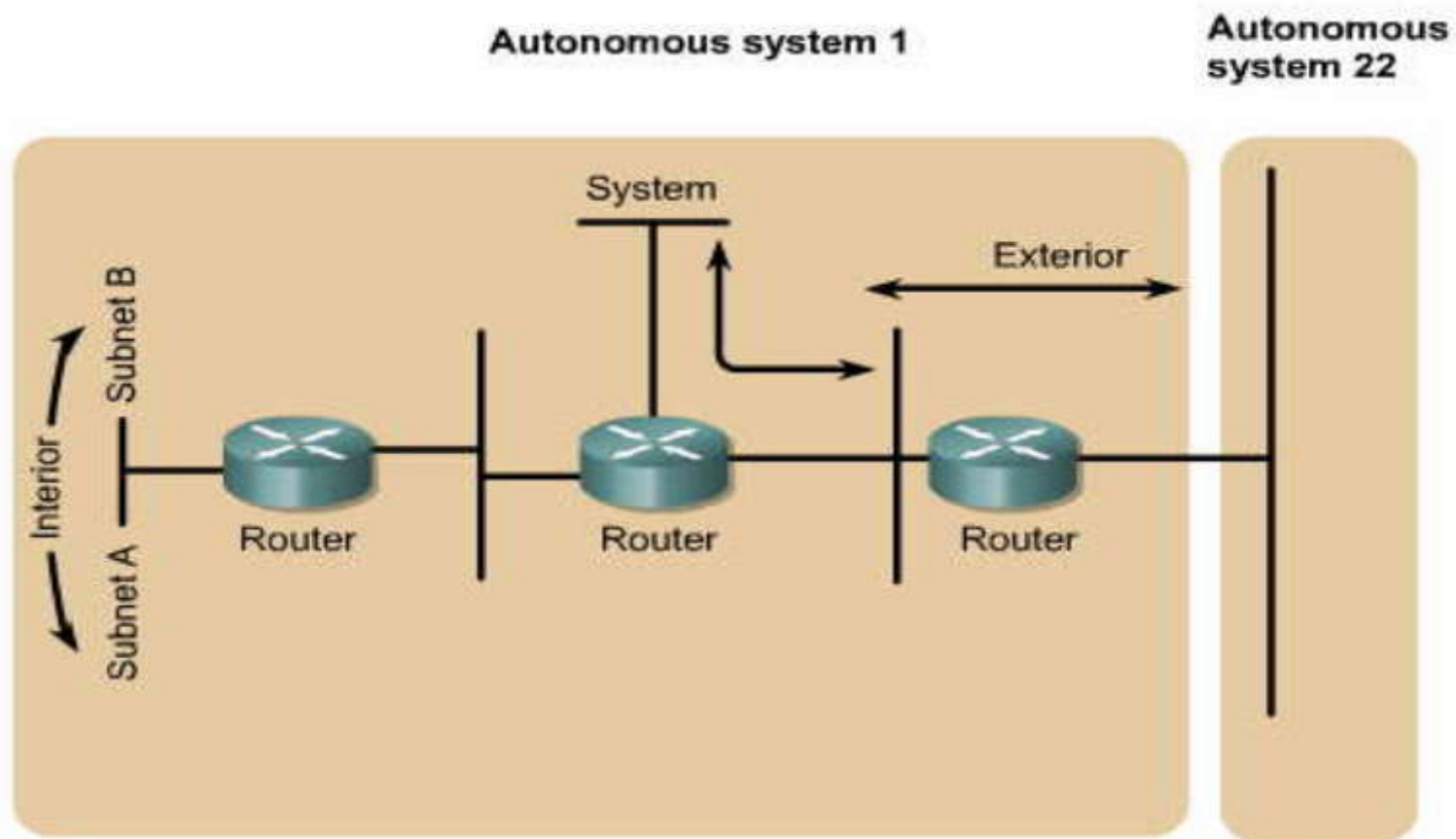
# IGRP

- Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί ως κόστη :
- **Bandwidth** – Το μονοπάτι με το χαμηλότερο εύρος ζώνης
- **Delay** – η αθροιστική καθυστέρηση σε όλο το μονοπάτι
- **Reliability** – Η αξιοπιστία της διαδρομής προς τον προορισμό όπως καθορίζεται από τα περιοδικά μηνύματα (keepalives)
- **Load** – Το φορτίο της κίνησης προς τον προορισμό σε bits per second
- **MTU** – Η MTU τιμή του μονοπατιού (Maximum Transmission Unit).

# IGRP

- IGRP δρομολογεί 3 τύπων διαδρομές:
- Interior
- System
- Exterior

# IGRP





### **Πρωτόκολλο δρομολόγησης IGRP (IGRP routing protocol)**

Το IGRP είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο διανύσματος – απόστασης (distance – vector algorithm) και αναπτύχθηκε από την εταιρεία Cisco στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Ο σκοπός δημιουργίας του ήταν η λύση των διαφόρων προβλημάτων των υπόλοιπων πρωτοκόλλων διανύσματος – απόστασης, όπως το RIP. Στο IGRP ο μέγιστος αριθμός των ενδιάμεσων δρομολογητών μέχρι το δίκτυο προορισμού (hop count) είναι 255 (εξ ορισμού 100) με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αρκετά μεγάλα δίκτυα. Η τιμή κόστους της συντομότερης διαδρομής προς τα δίκτυα προορισμού υπολογίζεται σύμφωνα με τα διάφορα χαρακτηριστικά των γραμμών σύνδεσης μεταξύ των δρομολογητών του δικτύου. Η τιμή αυτή ονομάζεται **composite metric** και υπολογίζεται σύμφωνα με τα εξής χαρακτηριστικά:

- το bandwidth της διαδρομής προς το δίκτυο προορισμού
- την καθυστέρηση (delay) της διαδρομής
- την αξιοπιστία (reliability) μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη
- το φόρτο (load) της διαδρομής
- την τιμή MTU της διαδρομής (Maximum Transmission Unit)

Τα δύο πρώτα χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται εξ ορισμού. Οι πίνακες δρομολόγησης ανακοινώνονται κάθε 90 δευτερόλεπτα ή όταν συμβαίνει κάποια αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου, στους δρομολογητές που ανήκουν στο ίδιο αυτόνομο σύστημα (Autonomous System). Δηλαδή για να μπορούν οι δρομολογητές να ανταλλάσουν πληροφορίες δρομολόγησης θα πρέπει να ανήκουν στο ίδιο αυτόνομο σύστημα.

## Βελτιωμένο (Enhanced) IGRP(EIGRP)

- Χρησιμοποιεί αρχές και των δύο μεγάλων κατηγοριών δρομολόγησης, διανύσματος απόστασης και κατάστασης σύνδεσης
- Η διαχειρίσιμη απόσταση είναι 90 (προφανώς υπερτερεί του RIP που έχει διαχειρίσιμη απόσταση 120)
- Ο μέγιστος αριθμός αλμάτων είναι 255 (το default είναι 100).
- Χρησιμοποιεί Αυτόνομα Συστήματα για να επιβάλλει τη δρομολόγησης του
- Χρησιμοποιεί RTP (Reliable Transport Protocol) και DUAL RTP
- Υποστηρίζει VLSM (Classless routing protocol), και discontinuous networking όπως το RIPv2 αλλά διαμορφώνεται σαν classful πρωτόκολλο
- Υποστηρίζει IP V4 και V6, IPX, AppleTalk

# Διαφορές μεταξύ RIP και IGRP

<b>Interior Gateway Routing Protocol</b>	<b>Routing Information Protocol</b>
Uses autonomous number system.	Does not use autonomous number system.
Works only on Cisco routers.	Works on multi-vendor routers.
Sends updates for every 90secs.	Sends updates for every 30secs.
Bandwidth, delay and distance as a unit of metric.	Hop count as a unit of metric.
Administrative distance is 100	Administrative distance is 120
Has a maximum hop count of 100	Has a maximum hop count of 16

## ΒΔ κατάστασης σύνδεσης(Link State Database–LSDB)

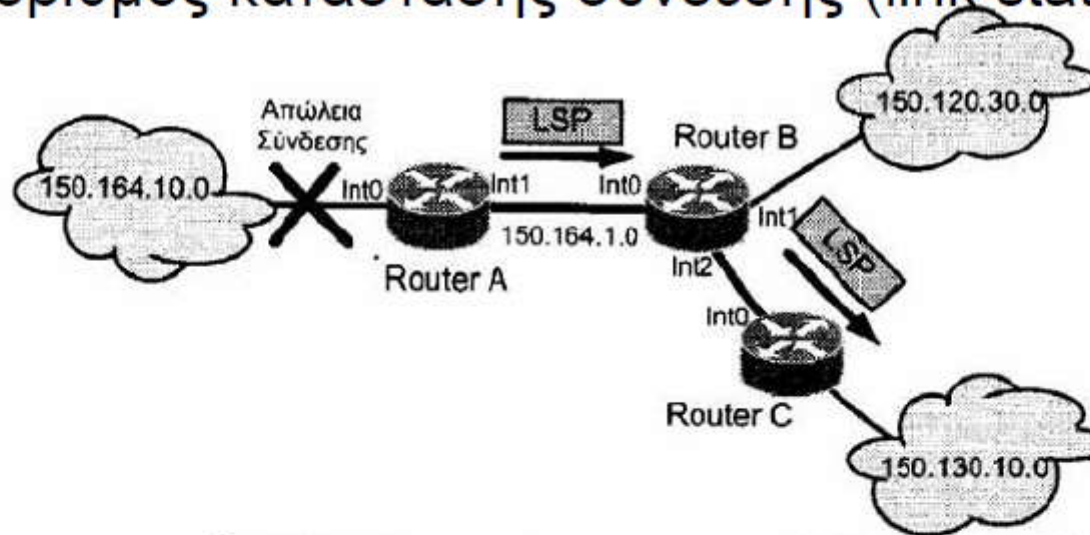
- Κάθε δρομολογητής τηρεί ένα αντίγραφο της βασικής δομής δεδομένων για το OSPF που είναι η link-state database (LSDB)
- Η LSDB είναι ουσιαστικά μια αναπαράσταση της τοπολογίας του AS στον υπολογιστή
- Τα μηνύματα ενημέρωσης περιέχουν διαφημίσεις κατάστασης συνδέσμων (link-state advertisements (LSAs))
- Οι δρομολογητές δημιουργούν σταδιακά την LSDB για όλο το δίκτυο ανταλλάσσοντας μηνύματα με τους άλλους δρομολογητές του AS
- Για τον προσδιορισμό των διαδρομών στο AS, ο δρομολογητής δημιουργεί ένα shortest path first tree (SPF tree) από τη link-state database

## Αλγόριθμος κατάστασης σύνδεσης (link state)

Σε αντίθεση με τους αλγόριθμους διανύσματος απόστασης, ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης βασισμένο στην κατάσταση των συνδέσεων, συντηρεί μια πλήρη τοπολογική βάση δεδομένων και γνωρίζει την κατάσταση των συνδέσεων όλων των δρομολογητών που υπάρχουν στο δίκτυο.

- Τα μηνύματα ανανέωσης (updates) στέλνονται μόνο όταν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου.
- Δεν ανταλλάσσεται ολόκληρο το περιεχόμενο του πίνακα δρομολόγησης, παρά μόνο η συγκεκριμένη αλλαγή.
- Τα δίκτυα μπορούν εύκολα να υλοποιηθούν σε ιεραρχικές δομές, λόγω της ύπαρξης των περιοχών.
- Στα μηνύματα ανανέωσης, σε αντίθεση με μερικά πρωτόκολλα διανύσματος απόστασης, περιλαμβάνεται και η μάσκα υποδικτύου.
- Υποστηρίζεται τη λειτουργία της *συνάθροισης των δρόμων (route summarization)*.

## Αλγόριθμος κατάστασης σύνδεσης (link state)



στην Εικόνα μόλις ο Router A ανιχνεύσει την απώλεια της σύνδεσης με το δίκτυο 150.164.10.0, στέλνει ένα μήνυμα LSP προς το γειτονικό του Router B, για να τον ειδοποιήσει για την απώλεια της σύνδεσης.

Το μήνυμα LSP μεταδίδεται προς όλους τους γειτονικούς δρομολογητές, χρησιμοποιώντας μια ειδική IP multicast διεύθυνση

στην Εικόνα μόλις ο Router B λάβει το μήνυμα LSP από τον Router A, θα ενημερώσει το δικό του πίνακα δρομολόγησης και στη συνέχεια θα το μεταδώσει με τη σειρά του στον Router C.

Όταν όλοι οι δρομολογητές έχουν λάβει το μήνυμα LSP, τρέχει ο αλγόριθμος SPF και προκύπτει το δένδρο συντομότερης διαδρομής για όλους τους προορισμούς στο δίκτυο.

Βασική προϋπόθεση για τη χρησιμοποίηση των πρωτοκόλλων που κάνουν χρήση του παραπάνω αλγόριθμου, είναι η ιεραρχική δομή του δικτύου και ο χωρισμός του σε περιοχές (areas).

## Αλγόριθμος κατάστασης σύνδεσης (link state)

Από τη στιγμή που οι δρομολογητές γνωρίσουν τους γείτονές τους (μέσω της ανταλλαγής μηνυμάτων Hello που θα δούμε στη συνέχεια), μπορεί να ανταλλαχθεί πληροφορία για την κατάσταση των συνδέσεων. Η πληροφορία αυτή στέλνεται όπως είπαμε με τη μορφή *πακέτων κατάστασης συνδέσεως LSP (Link State Packets)*. Αυτά τα πακέτα παρέχουν τη βάση δεδομένων από την οποία προέρχεται το αντίγραφο της τοπολογίας του δικτύου σε κάθε δρομολογητή.

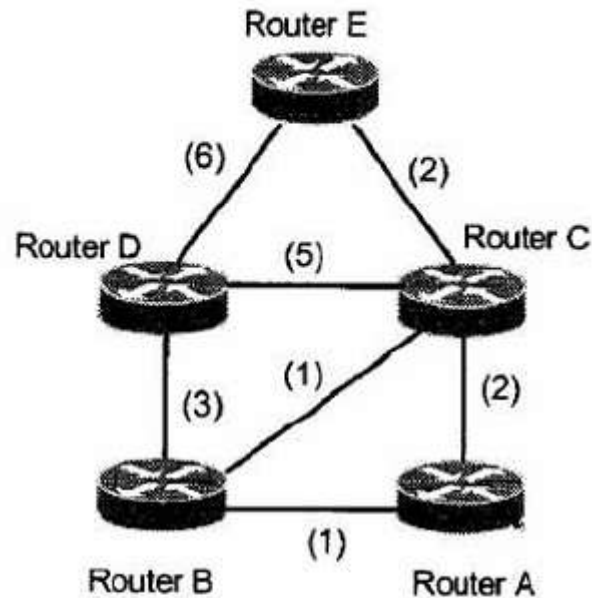
Τα πακέτα LSP στέλνονται συνήθως κάθε 30 λεπτά και φυσικά όταν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου.

Μέσω της *τεχνικής της πλημμυρίδας (flooding)*, βεβαιώνεται ότι τα πακέτα LSP θα μοιραστούν σε όλους τους δρομολογητές του δικτύου.

Όταν ένας δρομολογητής λάβει ένα πακέτο LSP, κοιτάζει στην βάση δεδομένων του για να ελέγξει τον αριθμό ακολουθίας του τελευταίου πακέτου LSP που έλαβε από τον αποστολέα. Εάν ο αριθμός ακολουθίας είναι ο ίδιος ή προγενέστερος με τον αριθμό ακολουθίας που έχει αποθηκευμένο, τότε το ληφθέν πακέτο LSP αγνοείται.

Με αυτή τη διαδικασία, όλοι οι δρομολογητές στο δίκτυο έχουν την ίδια πληροφορία για την κατάσταση των συνδέσεων. Τότε και μόνο τότε μπορούν να υπολογίσουν το δένδρο συντομότερης διαδρομής για το δίκτυο

# Αλγόριθμος κατάστασης σύνδεσης (link state)



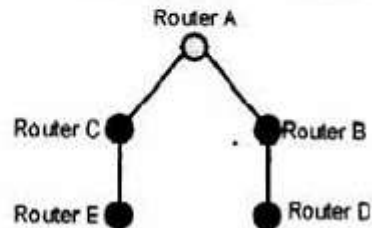
Η βάση δεδομένων των καταστάσεων των συνδέσεων των routers

Router A		Router B		Router C	
Γείτονας	Κόστος	Γείτονας	Κόστος	Γείτονας	Κόστος
B	1	A	1	A	2
C	2	C	1	B	2
		D	3	D	5
				E	2

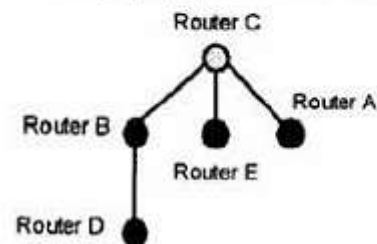
  

Router D		Router E	
Γείτονας	Κόστος	Γείτονας	Κόστος
B	3	C	2
C	5	D	6
E	6		

Το δένδρο συντομότερης διαδρομής για τον Router A



Το δένδρο συντομότερης διαδρομής για τον Router C





# Πρωτόκολλο OSPF (Open Shortest Path First)

## Γενικά χαρακτηριστικά

Είναι ένα open standard πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο χρησιμοποιείται από πολλούς κατασκευαστές δικτυακών προϊόντων.

- Πρωτόκολλο δρομολόγησης IP δικτύων
- Είναι το πιο σημαντικό πρωτόκολλο τύπου Link State Routing
- Η πολυπλοκότητα του OSPF είναι σημαντική
- Είναι ανοικτό πρωτόκολλο , δημοσιευμένο σαν RFC, Request for Comment – RFC1247
- Πρωτόκολλο τύπου IGP, Interior Gateway Protocol, αφορά τη διανομή πληροφορίας δρομολόγησης εντός ενός αυτόνομου συστήματος (intra-AS, interior gateway), παρότι μπορεί να στείλει και να λάβει διαδρομές και από άλλα
- Βασίζεται σε αλγόριθμο SPF, Shortest Path First (αναφερόμενος και σαν αλγόριθμος του Dijkstra)
- Έχει administrative distance 110
- Υποστηρίζει multipath routing μέσω διαδρομών ίσου κόστους, και εξισορόπηση φόρτου.
- Δεν υπάρχει περιορισμός στον **αριθμό των hop**, ενώ το RIP περιορίζεται στα 15hops
- VLSM: Σε κάθε διαφημιζόμενο προορισμό υπάρχει και η **μάσκα**
- Έτσι είναι δυνατό να σπάσει το IP δίκτυο σε πολλά **υποδίκτυα** διάφορων μεγεθών, παρέχοντας μεγαλύτερη ευελιξία στο διαχειριστή. Αντίθετα στο RIP v1 δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα
- Παρέχει λειτουργία **αυθεντικοποίησης** των μηνυμάτων δρομολόγησης, ενώ στο RIPv1 δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα (το RIPv2 έχει)
- Επιτρέπει τη **μεταφορά** και το **μαρκάρισμα** (tagging) των διαδρομών οι οποίες εισάγονται σε ένα αυτόνομο σύστημα, από εξωτερικά πρωτόκολλα όπως το BGP
- **Load Balancing**, επιτρέπει το διαμοιρασμό της κίνησης ανάμεσα σε μονοπάτια τα οποία έχουν το ίδιο βάρος

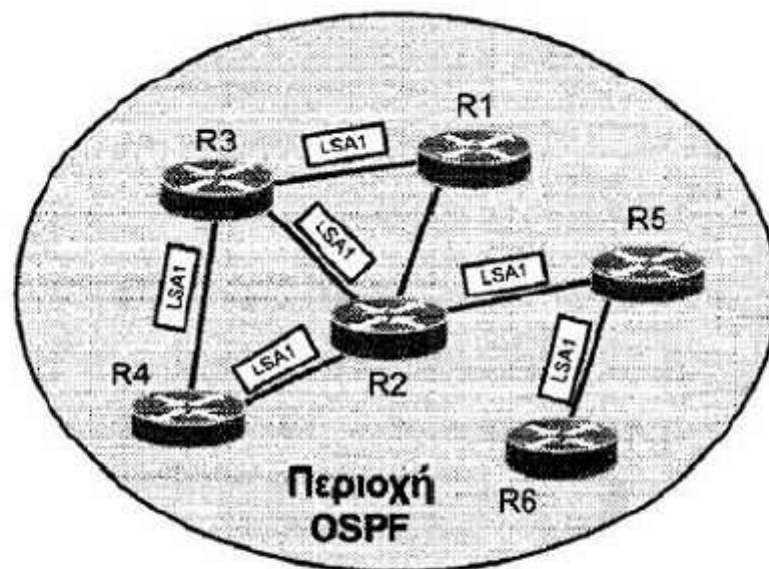
## Αλγόριθμος OSPF

- Στο OSPF δεν καθορίζεται ο μέγιστος αριθμός δρομολογητών που πρέπει να υπάρχουν σε ένα δίκτυο. Συνεπώς δεν ισχύει ο περιορισμός ότι η τιμή κόστους 16 θα συμβολίζει ένα απροσπέλαστο δίκτυο, όπως στο RIP.
- Ο χρόνος σύγκλισης. Σε μεγάλα δίκτυα, η χρήση του RIP καθίσταται απαγορευτική. Με το OSPF η σύγκλιση είναι πολύ γρήγορη, γιατί οι αλλαγές στέλνονται σχεδόν άμεσα και υπολογίζονται παράλληλα.
- Η υποστήριξη της δρομολόγησης που βασίζεται στον τύπο υπηρεσίας όπως καθορίζεται από το πεδίο TOS (Type of Service) του IP header.
- Παρέχει δυνατότητα εξισορρόπησης του φορτίου (*load balancing*).
- Επιτρέπει το λογικό διαχωρισμό ενός μέρους του δικτύου σε περιοχές, με αποτέλεσμα την καλύτερη επόπτευση και διαχείριση.
- Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των δρομολογητών απαιτεί την ύπαρξη πιστοποίησης (*authentication*), και συνεπώς είναι περισσότερο ασφαλές.
- Στα δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης, μειώνει την ανάγκη ύπαρξης πολύπλοκων πινάκων δρομολόγησης σε όλους τους δρομολογητές, μέσω της διαδικασίας εκλογής ενός καθορισμένου δρομολογητή *DR (Designated Router)*.
- Επιτρέπει τον καθορισμό των εικονικών συνδέσεων (*virtual links*) για να παρέχει υποστήριξη και σε μια απομονωμένη περιοχή.
- Επιτρέπει τη χρήση масκών υποδικτύου μεταβλητού μήκους.
- Προσθέτει δρόμους που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο RIP καθώς επίσης και εξωτερικά πρωτόκολλα πύλης EGP μέσα στη βάση δεδομένων του (διαδικασία *redistribution*).

## Ανακοινώσεις κατάστασης σύνδεσης (LSA's)

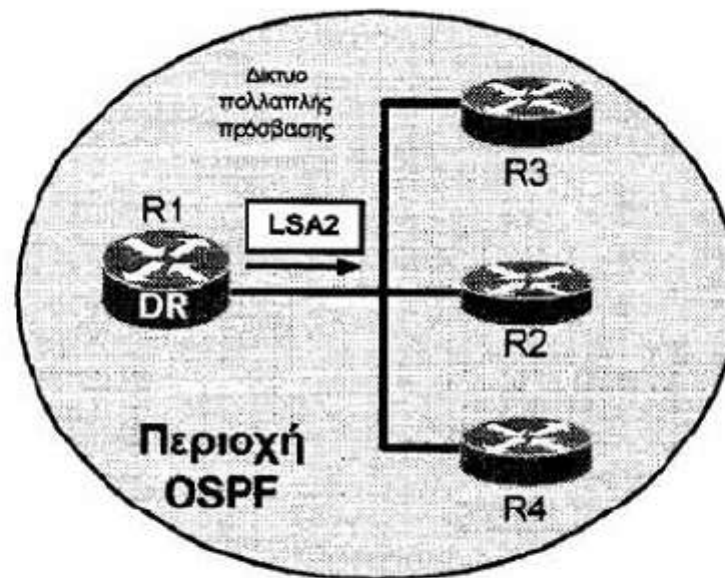
- Τις ανακοινώσεις των συνδέσεων των δρομολογητών (*Router Links Advertisements*) ή LSA τύπου 1.
- Τις ανακοινώσεις των συνδέσεων του δικτύου (*Network Links Advertisements*) ή LSA τύπου 2.
- Τις ανακοινώσεις των συνολικών συνδέσεων (*Summary Links*) ή LSA τύπου 3.
- Τις ανακοινώσεις των συνολικών συνδέσεων (*Summary Links*) ή LSA τύπου 4.
- Τις ανακοινώσεις των εξωτερικών συνδέσεων των αυτόνομων συστημάτων (*AS External links*) ή LSA τύπου 5.

## Ανακοινώσεις κατάστασης σύνδεσης τύπου 1 (LSA-1)



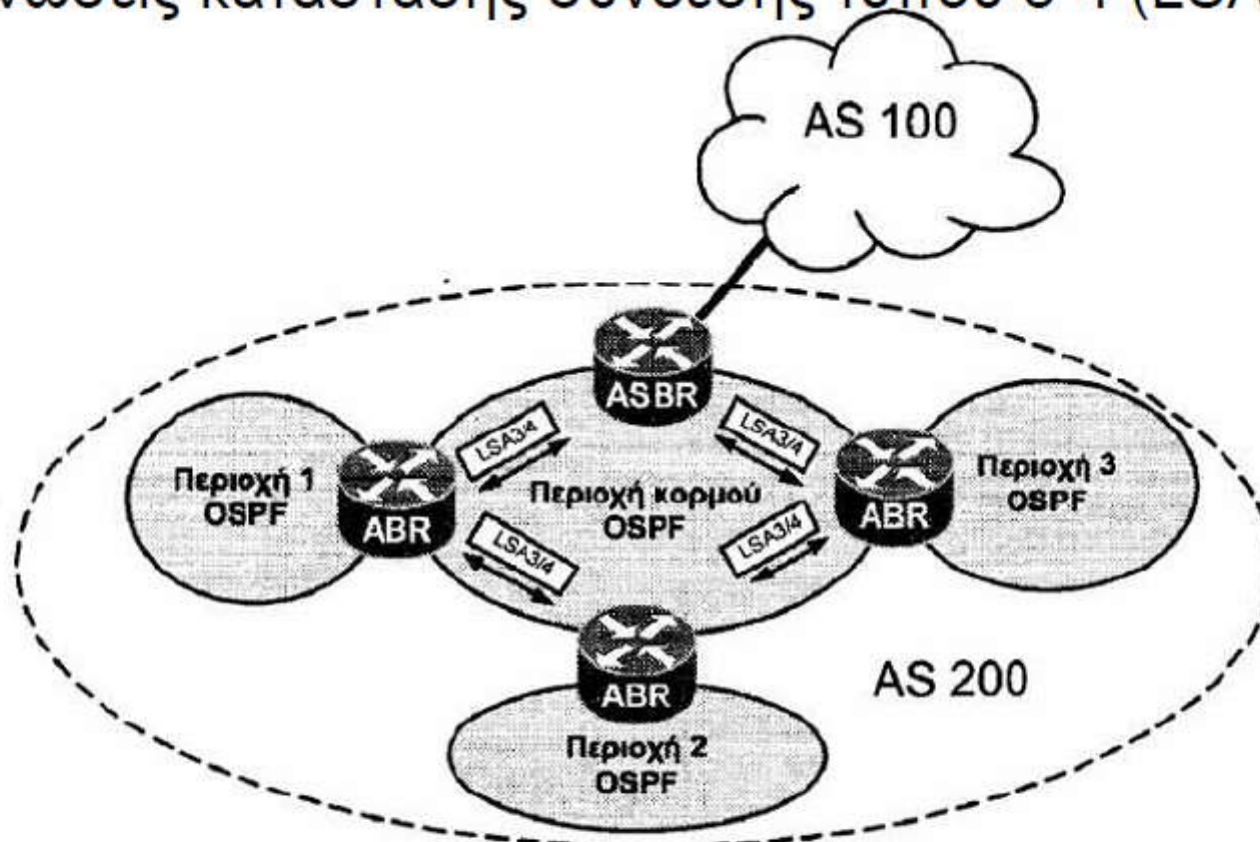
Οι ανακοινώσεις για τις συνδέσεις των δρομολογητών (Router Link Advertisements), είναι μηνύματα LSA τύπου 1 και δημιουργούνται από όλους τους δρομολογητές για κάθε περιοχή στην οποία ανήκουν. Περιγράφουν την κατάσταση των διασυνδέσεων των δρομολογητών μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή και μεταδίδονται μόνο μέσα σε αυτή.

## Ανακοινώσεις κατάστασης σύνδεσης τύπου 2 (LSA-2)



Οι ανακοινώσεις για τις συνδέσεις του δικτύου (Network Link Advertisements), είναι μηνύματα LSA τύπου 2 και δημιουργούνται μόνο από τον δρομολογητή DR σε ένα δίκτυο πολλαπλής πρόσβασης και περιέχουν τη λίστα με τους δρομολογητές με τους οποίους είναι συνδεδεμένοι.

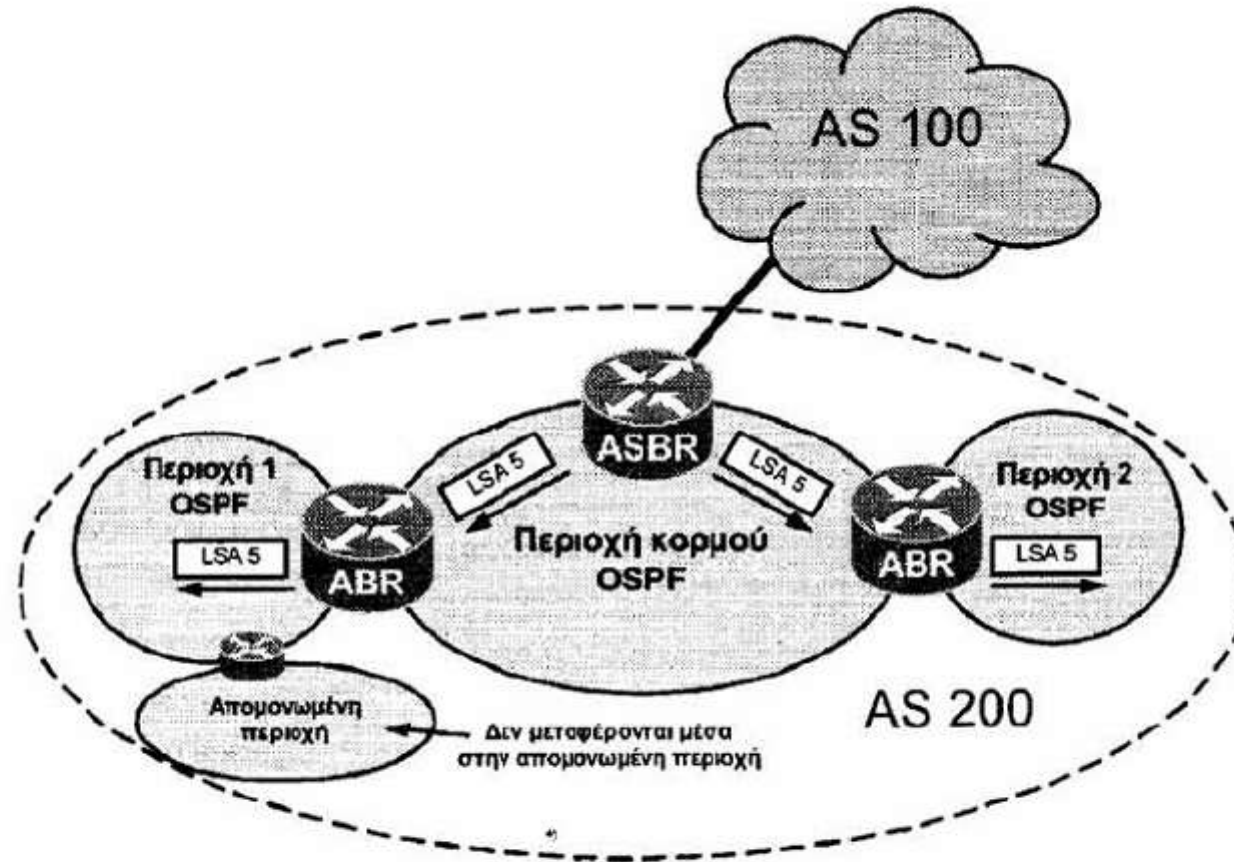
## Ανακοινώσεις κατάστασης σύνδεσης τύπου 3-4 (LSA-3-4)



Οι ανακοινώσεις των συνολικών συνδέσεων είναι μηνύματα LSA τύπου 3 ή 4. Οι ανακοινώσεις αυτού του τύπου, δημιουργούνται από τους δρομολογητές τύπου ABR και περιγράφουν τις συνδέσεις μεταξύ αυτών και των εσωτερικών δρομολογητών σε μια τοπική περιοχή. Αυτές οι ανακοινώσεις μεταφέρονται μέσω της περιοχής κορμού (backbone area) στους άλλους ABR.

Τα μηνύματα LSA τύπου 3 περιγράφουν τους δρόμους για δίκτυα που βρίσκονται μέσα σε μια τοπική περιοχή και στέλνονται στην περιοχή κορμού, ενώ τα μηνύματα LSA τύπου 4 περιγράφουν τους δρόμους προς τους δρομολογητές που βρίσκονται στα όρια του αυτόνομου συστήματος (ASBR).

## Ανακοινώσεις κατάστασης σύνδεσης τύπου 5 (LSA-5)



Οι ανακοινώσεις των εξωτερικών συνδέσεων είναι μηνύματα LSA τύπου 5 που δημιουργούνται από τους ASBR και περιγράφουν δρόμους για προορισμούς εκτός του δικτύου OSPF. Μεταδίδονται σε όλες τις περιοχές μέσα σε ένα OSPF δίκτυο εκτός από τις απομονωμένες περιοχές (stub areas).

# OSPF Ορισμοί

## **Τα πακέτα Hello**

Τα πακέτα Hello, χρησιμοποιούνται από το πρωτόκολλο OSPF για να δημιουργήσει και να συντηρήσει τις σχέσεις γειτονίας μεταξύ των δρομολογητών.

## **Η βάση δεδομένων γειτονίας**

Είναι μια βάση δεδομένων (Neighbors Database) στην οποία περιέχονται όλοι οι γείτονες με τους οποίους ένας δρομολογητής διατηρεί επικοινωνία.

## **Η τοπολογική βάση δεδομένων**

Είναι μια βάση δεδομένων που περιλαμβάνει τις καταστάσεις των συνδέσεων όλων των δρομολογητών στο δίκτυο (Link-State Database) και απεικονίζει τη τοπολογία του δικτύου. Όλοι οι δρομολογητές μέσα σε μια περιοχή έχουν την ίδια τοπολογική βάση δεδομένων. Η μεταφορά της πραγματοποιείται μέσω των μηνυμάτων LSA.

## **Ο πίνακας δρομολόγησης**

Είναι η βάση δεδομένων που δημιουργείται όταν εκτελεστεί ο αλγόριθμος SPF για την τοπολογική βάση δεδομένων που έχει δημιουργηθεί προηγουμένως. Ο πίνακας δρομολόγησης που προκύπτει είναι μοναδικός για κάθε δρομολογητή και δίνει τους δρόμους προς τους αντίστοιχους προορισμούς.



# Γείτονες στο OSPF(Neighbors)

- Οι δρομολογητές που μοιράζονται ένα τμήμα δικτύου (segment) ονομάζονται γείτονες αυτού του τμήματος. Αυτοί ορίζονται, εκλέγονται από το πρωτόκολλο Hello. Τα πακέτα Hello στέλνονται περιοδικά μεταξύ γειτόνων ενός τμήματος με IP multicast διευθύνσεις.
- Τα interfaces δύο γειτόνων δρομολογητών θα πρέπει να ανήκουν στην ίδια περιοχή, του ιδίου τμήματος δικτύου και προφανώς στο ίδιο υποδίκτυο.
- Το επόμενο βήμα της γειτνίασης που συνεχίζει πέραν της απλής ανταλλαγής μηνυμάτων Hello είναι η διεργασία ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των τοπολογικών βάσεων δύο δρομολογητών στο ίδιο τμήμα δικτύου.

# Εκλογή OSPF DR και BDR

- Με στόχο, ο φόρτος ανταλλαγής τοπολογικής πληροφορίας να είναι ο μικρότερος δυνατός, το OSPF ορίζει έναν δρομολογητή σαν DR και έναν σαν backup BDR στην περίπτωση που 'κρεμάσει' ο πρώτος, για κάθε τμήμα δικτύου.
- Υλοποιείται με το πρωτόκολλο Hello. Hello IP multicast πακέτα ανταλλάσσονται σε κάθε τμήμα δικτύου.
- Αφορά τα τμήματα broadcast και nonbroadcast multi-access δικτύων (Ethernet και Frame Relay). Point-to-point δίκτυα, όπως ένα σειριακό WAN, δεν απαιτεί διεργασίες εκλογής DR εκτός αν διαμεσολαβεί μεταξύ broadcast δικτύων.
- Ο δρομολογητής με την υψηλότερη προτεραιότητα OSPF θα είναι ο DR για το συγκεκριμένο τμήμα. Η default τιμή είναι 1. Αν όλοι οι δρομολογητές έχουν την default τιμή τότε αυτός με την υψηλότερη Router ID (RID) ορίζεται ως DR.
- Η RID καθορίζεται από την υψηλότερη IP διεύθυνση κάθε interface του δρομολογητή. Αυτό μπορεί να παραγραφεί με τον ορισμό ενός loopback (logical) interface. Αν η προτεραιότητα του interface ενός δρομολογητή τεθεί μηδέν, τότε ο τελευταίος δε θα συμμετάσχει στις διεργασίες εκλογής DR ή BDR.

# Χρονοδιακόπτες Hello και Dead

Οι χρονοδιακόπτες Hello ορίζουν το χρόνο σε seconds μεταξύ δύο διαδοχικών Hello πακέτων (keepalive system). Οι χρονοδιακόπτες Dead ορίζουν το χρόνο σε seconds που ένας δρομολογητής θα πρέπει να περιμένει όταν δεν λάβει από έναν γείτονά του πακέτο Hello στον προκαθορισμένο χρόνο μέχρι να δηλώσει τη σύνοδό του με τον γείτονά του νεκρή και να την θέσει εκτός τοπολογίας(down). Οι τιμές και για τους 2 χρονοδιακόπτες θα πρέπει να είναι οι ίδιες για όλους τους δρομολογητές ενός τμήματος δικτύου.

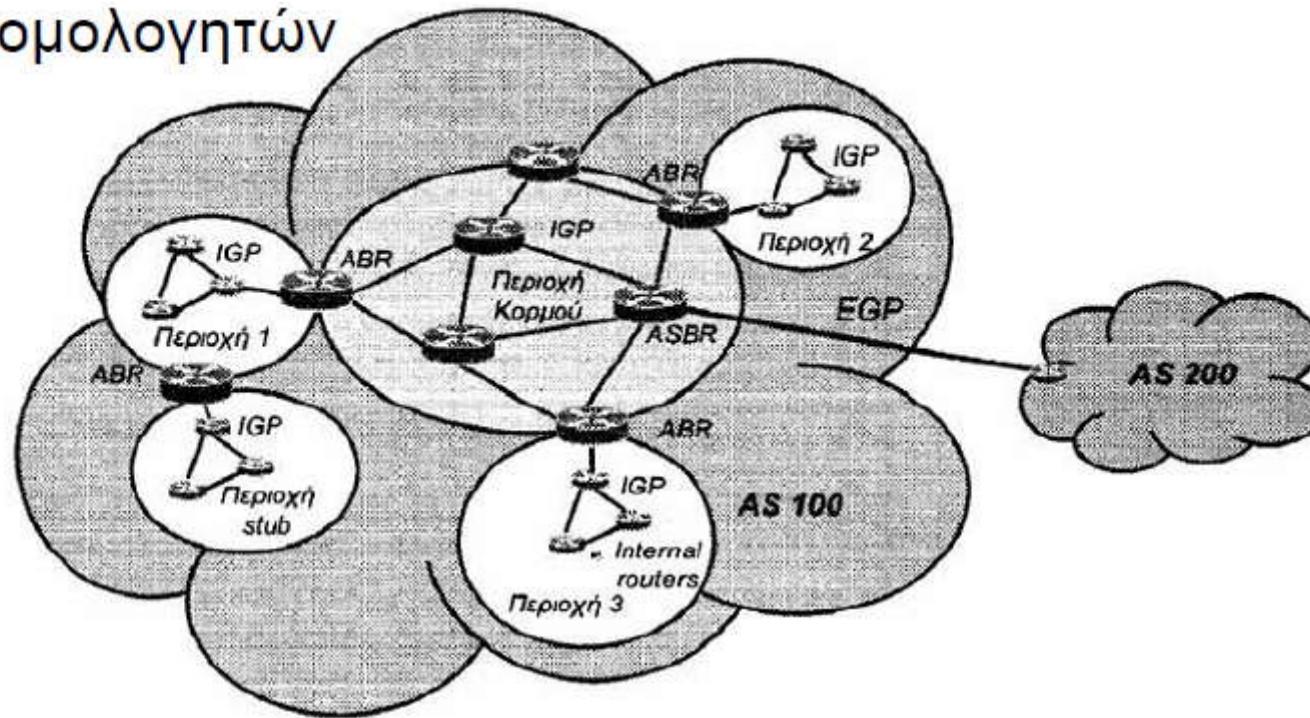
# Άλλα χαρακτηριστικά OSPF

- **Ασφάλεια – Αυθεντικοποίηση.** Παρά το γεγονός ότι δεν είναι υποχρεωτικό, υπάρχει η δυνατότητα στο **OSPF** να οριστεί αυθεντικοποίηση μεταξύ δρομολογητών. Είτε σκόπιμα, είτε άθελα, δε θέλουμε μη εξουσιοδοτημένοι δρομολογητές να ανταλλάζουν ενημερώσεις εντός της Περιοχής 0. Αυτό επιτυγχάνεται προσθέτοντας κρυμμένη αυθεντικοποίηση σε κάθε επικεφαλίδα πακέτου OSPF
- **ΚΟΣΤΟΣ.** Το πρωτόκολλο OSPF χρησιμοποιεί το **Cost**, βασισμένο στο εύρος ζώνης της διασύνδεσης για να καθορίσει την καλύτερη διαδρομή.

# Μειονεκτήματα του OSPF

- Το OSPF είναι πολύ απαιτητικό ως προς την επεξεργασία (**processor intensive**) λόγω της υλοποίησης του αλγορίθμου SPF
- Το OSPF τηρεί πολλά αντίγραφα της πληροφορίας δρομολόγησης, αυξάνοντας τη μνήμη που απαιτείται
- Είναι ένα πρωτόκολλο που η υλοποίησή του είναι περισσότερο περίπλοκη από ότι του RIP

## Είδη δρομολογητών



Η πληροφορία για τα δίκτυα που βρίσκονται εκτός μιας περιοχής, συγκεντρώνεται από έναν δρομολογητή που βρίσκεται στα όρια των περιοχών και τις συνδέει μεταξύ τους και στη συνέχεια στέλνεται μέσα στην περιοχή. Ο δρομολογητής αυτός καλείται *δρομολογητής στα όρια της περιοχής ABR (Area Border Router)*. Οι ABR διατηρούν μια βάση δεδομένων με τη τοπολογία του δικτύου για κάθε περιοχή με την οποία βρίσκονται σε σύνδεση και ανταλλάσσουν πληροφορίες.

Οι δρομολογητές οι οποίοι βρίσκονται αποκλειστικά μέσα σε μια περιοχή, καλούνται *δρομολογητές εντός της περιοχής του αυτόνομου συστήματος (internal routers)*.

*ASBR (AS Boundary Router)*. Οι ASBR είναι υπεύθυνοι για την αποστολή πληροφοριών που αφορούν τις εξωτερικές συνδέσεις, προς όλες τις περιοχές ενός αυτόνομου συστήματος, ώστε να τις πληροφορήσουν για τους εξωτερικούς δρόμους και προορισμούς.

# Ιεραρχικό OSPF (multi area)

- Σε πολύπλοκα δίκτυα OSPF, ένας μεγάλος αριθμός από εξωτερικές και εσωτερικές διαδρομές μπορούν χωρίς λόγο να υπερφορτώσουν κάποιους δρομολογητές.
- Κάποιοι δρομολογητές θα ανήκουν στην Περιοχή κορμού (**backbone**) και θα γνωρίζουν όλες τις διαδρομές προς όλες τις υπόλοιπες περιοχές, ενώ κάποιοι άλλοι θα ανήκουν σε μια απομονωμένη περιοχή (totally stubby area) με μία μοναδική έξοδο προς την Περιοχή κορμού και θα γνωρίζουν τις διαδρομές μόνο της περιοχής τους.
- Οι δρομολογητές που ανήκουν στην απομονωμένη περιοχή, δεν χρειάζονται πληροφορία εξωτερικής δρομολόγησης αλλά ούτε και πληροφορία για τις εσωτερικές διαδρομές(φιλτράρισμα διαδρομών). Το μόνο που χρειάζονται είναι απλά μια προκαθορισμένη διαδρομή (default route) προς τον Διασυννοριακό δρομολογητή (Area Border Router - ABR).

## Διαχειρίσιμη απόσταση (Administrative Distance)

(*administrative distance*). Αυτή καθορίζει το πόσο αξιόπιστη είναι η πληροφορία που δίνεται για έναν προορισμό από ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης. Έτσι όσο πιο μικρή είναι η τιμή της, τόσο και πιο αξιόπιστη είναι η πληροφορία που υπάρχει για έναν προορισμό. Η τιμή που καταχωρείται κυμαίνεται από 0 έως 255.

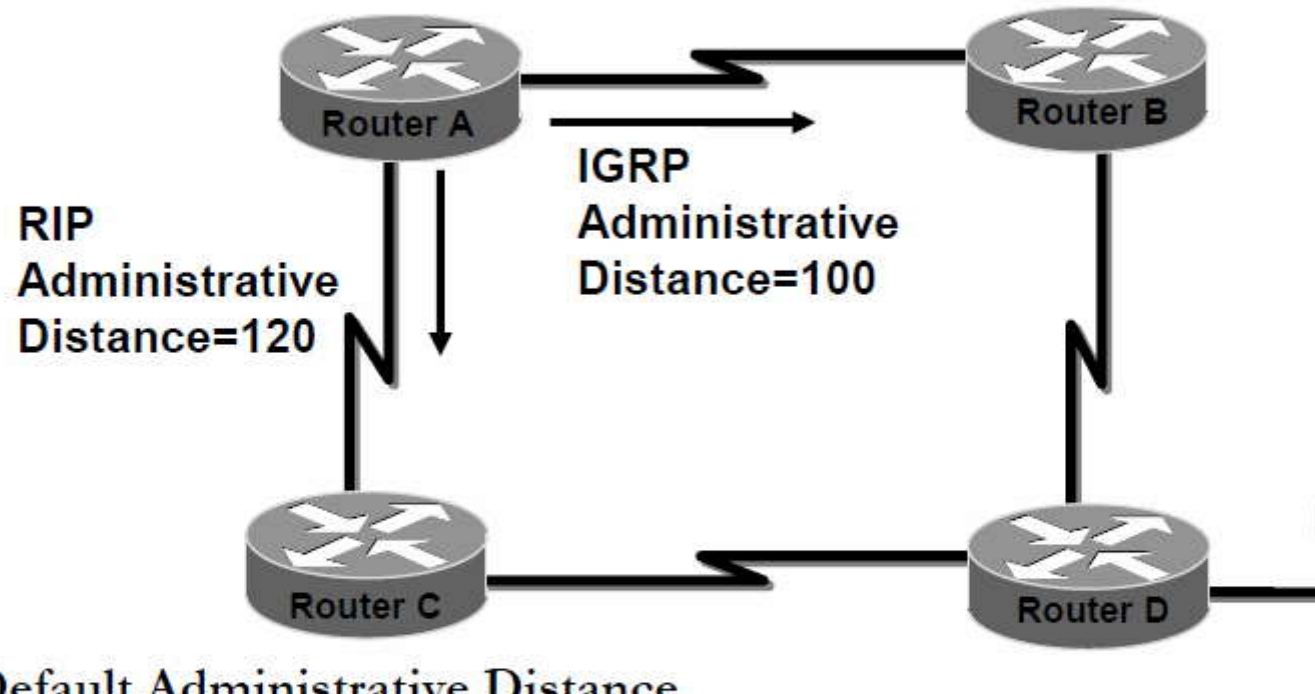
Πηγή πληροφορίας	Τιμή διαχειρίσιμης απόστασης
Άμεση σύνδεση	0
Διεύθυνση από στατικό δρόμο ( <i>static route</i> )	1
Πρωτόκολλο EBGP	20
Πρωτόκολλο OSPF	110
Πρωτόκολλο RIP	120

## Εξ' ορισμού δρόμος (Default routing)

Οι διαχειριστές των συστημάτων συνήθως μειώνουν τις καταχωρήσεις στον πίνακα δρομολόγησης, εισάγοντας έναν *εξ ορισμού δρόμο (default route)*. Τα πακέτα που έχουν διεύθυνση προορισμού που δεν αντιστοιχεί σε μια από τις καταχωρήσεις του πίνακα δρομολόγησης, οδηγούνται στον προορισμό που υποδεικνύει ο *εξ ορισμού δρόμος*.



# Διαχειρίσιμη Απόσταση



## Default Administrative Distance

Directly Connected: 0

Static Route: 1

RIP: 120

IGRP: 100

EIGRP: 90

OSPF: 110

# Πίνακας τιμών Διαχειρίσιμης Απόστασης

Source	Default Distance Value
Connected interface	0
Static route	1
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) summary route	5
External Border Gateway Protocol (BGP)	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS)	115
Routing Information Protocol (RIP)	120
Exterior Gateway Protocol (EGP)	140
On Demand Routing (ODR)	160
External EIGRP	170
Internal BGP	200
Unknown	255

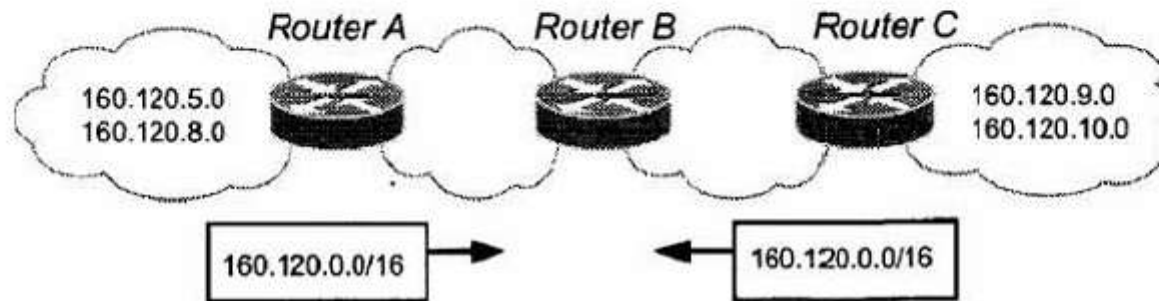
- **ΕΞ' ΟΡΙΣΜΟΥ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ (DEFAULT ROUTING)**
- Οι εξ' ορισμού διαδρομές (Default routes) χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση πακέτων των οποίων ο προορισμός, η ip διεύθυνση του δικτύου προορισμού **δεν είναι καταγεγραμμένη** στον πίνακα δρομολόγησης (routing table).
- Με άλλα λόγια, αν ένα πακέτο προορίζεται για ένα δίκτυο που δεν ανήκει στη λίστα του πίνακα δρομολόγησης, τότε ο δρομολογητής θα κατευθύνει το πακέτο στην εξ' ορισμού διαδρομή και ονομάζεται **πύλη τελευταίας διαμονής** (Gateway of Last Resort ).
- Οι εξ' ορισμού διαδρομές χρησιμοποιούνται επίσης και σε δρομολογητές που συνδέονται με **απομονωμένα δίκτυα** (stubbed networks), όταν δεν υπάρχει άλλος **δρομολογητής** να συνδεθεί με αυτά, και αποτελεί τη **μοναδική διέξοδο** από και προς αυτό (ABR).
- Η IP δ/νση του δικτύου και της μάσκας προορισμού, αποτελείται από μηδενικά (0.0.0.0), που σημαίνει καθολικά **προς όλα τα δίκτυα και όλες τις μάσκες**

# Εξ' ορισμού διαδρομές



```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.3.1  
ip classless
```

## Υπερδικτύωση (Supernetting)



Για να μπορέσει ένας δρομολογητής να συναθροίσει το μέγιστο αριθμό IP διευθύνσεων, σε μια μοναδική καταχώρηση, θα πρέπει η σχεδίαση του δικτύου μας να είναι ιεραρχική.

Έστω ότι ο Router A στέλνει στον Router B ανακοινώσεις για το δίκτυο 160.120.0.0 με μάσκα 255.255.0.0. Το ίδιο όμως κάνει και ο Router C, γιατί δεν έχουμε μια ιεραρχία στο δίκτυό μας. Ο Router B τώρα, λαμβάνει δύο ανακοινώσεις για το ίδιο δίκτυο 160.120.0.0 με μάσκα 255.255.0.0 από δύο διαφορετικές διασυνδέσεις.

## Ιεραρχική Δρομολόγηση - (Hierarchical Routing)

Όταν θεωρούμε όλους τους δρομολογητές ίδιους και το δίκτυο επίπεδο δεν είναι πρακτικό για δύο λόγους:

- **Κλιμάκωση:** με εκατοντάδες εκατομμύρια προορισμούς, πρόβλημα η αποθήκευσή τους στους πίνακες δρομολόγησης και η ανταλλαγή των πινάκων
- **Διοικητική αυτονομία:** Ως δίκτυο των δικτύων, το Internet πρέπει να επιτρέπει σε κάθε διαχειριστή δικτύου να επιλέξει τη δρομολόγηση στο δίκτυό του

# Αυτόνομο Σύστημα (AS) - Περιοχές

Ως αυτόνομο σύστημα AS (*Autonomous System*), καλείται ένα σύνολο δικτύων που εποπτεύονται από μια κοινή αρχή διαχείρισης. Το κάθε αυτόνομο σύστημα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό (*AS-number*), ο οποίος είναι παγκοσμίως μοναδικός. Η καταχώρηση αυτών των αριθμών, γίνεται από τον οργανισμό IANA. Ο αριθμός ενός αυτόνομου συστήματος έχει μήκος 16 bits.

Όλα τα δίκτυα αποτελούνται τουλάχιστον από μια περιοχή, η οποία λέγεται *περιοχή κορμού (backbone)*, συν κάποιες επιπρόσθετες περιοχές έτσι όπως καθορίζονται από την τοπολογία και τη σχεδίαση του δικτύου. Μέσα σε μια περιοχή, όλοι οι δρομολογητές που ανήκουν σε αυτήν έχουν την ίδια βάση δεδομένων για την τοπολογία του δικτύου και επιπλέον ανταλλάσσουν πληροφορία για τις μεταξύ τους συνδέσεις, ώστε να είναι συγχρονισμένοι.

Η περιοχή κορμού λειτουργεί ως μια απλή περιοχή, αλλά έχει επιπλέον και την υπευθυνότητα να μοιράζει πληροφορίες δρομολόγησης και στις περιοχές οι οποίες είναι προσαρτημένες σε αυτήν, που αφορούν προορισμούς που βρίσκονται εκτός του αυτόνομου συστήματος.

Σε ένα δίκτυο μπορεί να υπάρχει και μια περιοχή, η οποία δε λαμβάνει πληροφορία για δρόμους που βρίσκονται εκτός του αυτόνομου συστήματος. Η περιοχή αυτή λέγεται "*απομονωμένη*" *περιοχή (stub area)* και η επικοινωνία με τις υπόλοιπες περιοχές πραγματοποιείται μέσω της χρήσης των εξ ορισμού δρόμων (*default routes*).

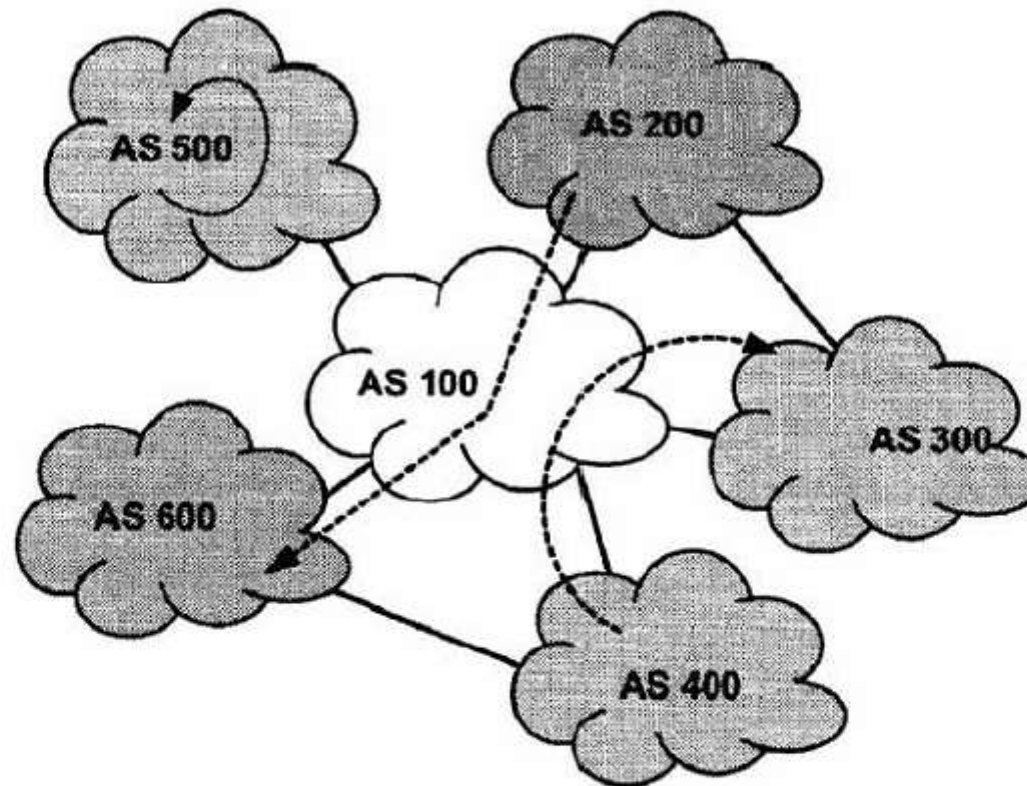
# Αυτόνομα Συστήματα

Το Internet αποτελείται από αυτόνομα συστήματα (AS) που διασυνδέονται μεταξύ τους:

- Stub AS: μικρός οργανισμός: μια σύνδεση σε άλλα ASs
- Multihomed AS: μεγάλος οργανισμός: πολλές συνδέσεις σε άλλα ASs
- Transit AS: παροχέας, συγκεντρώνει πολλά ASs
- Δρομολόγηση δύο επιπέδων:
- Intra-AS: ο διαχειριστής υπεύθυνος για την επιλογή του αλγορίθμου δρομολόγησης στο εσωτερικό του δικτύου (RIP, OSPF)
- Inter-AS: μια τυποποίηση για δρομολόγηση μεταξύ αυτόνομων συστημάτων: BGP



## Είδη AS



Ένα αυτόνομο σύστημα που διαθέτει μία μόνο εξωτερική σύνδεση με ένα άλλο αυτόνομο σύστημα και μεταφέρει μόνο τοπική κίνηση, καλείται *απομονωμένο αυτόνομο σύστημα (stub AS)*.

Ένα αυτόνομο σύστημα, το οποίο έχει συνδέσεις με περισσότερα από ένα αυτόνομα συστήματα, αλλά δε λειτουργεί ως αυτόνομο σύστημα μετάβασης, καλείται *πολυεδραστικό αυτόνομο σύστημα (multihomed AS)*.

Ένα αυτόνομο σύστημα, το οποίο έχει συνδέσεις με περισσότερα από ένα αυτόνομα συστήματα και μεταφέρει τόσο τοπική όσο και κίνηση μετάβασης, καλείται *αυτόνομο σύστημα μετάβασης (transit AS)*.

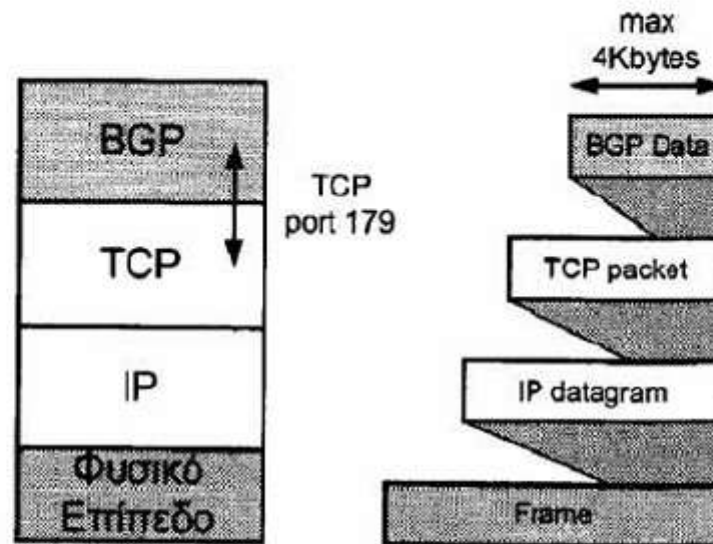
# Πρωτόκολλο BGP

Το πρωτόκολλο BGP είναι ένα εξωτερικό πρωτόκολλο πύλης, που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή πληροφοριών που αφορούν τα δίκτυα μεταξύ των αυτόνομων συστημάτων. Χρησιμοποιείται κατά κόρον από τους *παροχείς υπηρεσιών Διαδικτύου ISPs (Internet Service Providers)*, ώστε να έχουν σύνδεση μεταξύ τους, αλλά και από δίκτυα επιχειρήσεων όπου αυτό απαιτείται.

Η χρήση του BGP επιβάλλεται όταν:

- Το αυτόνομο σύστημα, λειτουργεί σαν ένα *σύστημα μετάβασης (transit system)*. Σε αυτή την περίπτωση, επιτρέπει στα πακέτα πληροφορίας να περνούν μέσα από αυτό, προκειμένου να φτάσουν σε ένα άλλο αυτόνομο σύστημα.
- Το αυτόνομο σύστημα έχει πολλαπλές διασυνδέσεις με άλλα αυτόνομα συστήματα και
- Όταν πρέπει να διαχειριστούμε την κίνηση που εισέρχεται και εξέρχεται από το αυτόνομο σύστημα.

## Πρωτόκολλο BGP



Το BGP χρησιμοποιεί σαν πρωτόκολλο μεταφοράς το TCP που παρέχει την αξιόπιστη μεταφορά της πληροφορίας στον προορισμό της. Για τη δημιουργία των συνδέσεων χρησιμοποιεί την TCP port 179. Δύο δρομολογητές που επικοινωνούν μέσω του BGP δημιουργούν αρχικά μια σύνδεση TCP και ανταλλάσσουν μηνύματα για τις παραμέτρους της σύνδεσης.

## BGP ορισμοί

### **Ο ομιλητής BGP**

Ως *ομιλητής BGP (BGP speaker)*, ορίζεται ένας δρομολογητής στον οποίο λειτουργεί το πρωτόκολλο BGP. Οι δρομολογητές στα όρια των αυτόνομων συστημάτων (ASBR) είναι συνήθως και οι ομιλητές BGP.

### **Οι γείτονες BGP**

Ως *γείτονες BGP (BGP neighbors)*, καλείται ένα ζεύγος ομιλητών BGP, οι οποίοι έχουν δημιουργήσει μια σύνδεση TCP για να ανταλλάσσουν πληροφορία δρομολόγησης BGP.

Όταν οι γείτονες BGP ανήκουν στο ίδιο αυτόνομο σύστημα, καλούνται *εσωτερικοί ομιλητές BGP* και το πρωτόκολλο επικοινωνίας *εσωτερικό BGP ή IBGP (Internal BGP)*.

Όταν οι γείτονες BGP ανήκουν σε διαφορετικά αυτόνομα συστήματα, καλούνται *εξωτερικοί ομιλητές BGP* και το πρωτόκολλο επικοινωνίας *εξωτερικό BGP ή EBGP*.

### **Η σύνοδος BGP**

Είναι μια σύνοδος TCP μεταξύ των γειτόνων BGP. Οι γείτονες παρακολουθούν την κατάσταση της συνόδου στέλνοντας ένα μήνυμα BGP keepalive σε τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε 30 δευτερόλεπτα).

## Είδη κίνησης κατά BGP

Η πληροφορία που ανταλλάσσεται μέσα στα όρια του αυτόνομου συστήματος, καλείται *τοπική κίνηση (Local Traffic)*. Αυτό σημαίνει ότι οι IP διευθύνσεις αφετηρίας και προορισμού βρίσκονται στο ίδιο αυτόνομο σύστημα. Από την άλλη, η πληροφορία που διέρχεται μέσα από το αυτόνομο σύστημα, με προορισμό ένα άλλο αυτόνομο σύστημα, καλείται *κίνηση μετάβασης (Transit Traffic)*.

## Πολιτική δρομολόγησης (routing policy)

Η *πολιτική δρομολόγησης (Routing policy)* αποτελεί ένα σύνολο κανόνων που αναγκάζουν τη διαδικασία δρομολόγησης να ακολουθήσει τις επιταγές του διαχειριστή που ελέγχει το αυτόνομο σύστημα. Οι πολιτικές δρομολόγησης δεν καθορίζονται από το πρωτόκολλο BGP, αλλά επιλέγονται από το διαχειριστή του συστήματος. Για παράδειγμα ένα αυτόνομο σύστημα μπορεί να διαμορφωθεί έτσι ώστε να μην λειτουργεί ως ένα αυτόνομο σύστημα μετάβασης.

## Δρομολόγηση μεταξύ Αυτόνομων Συστημάτων στο Διαδίκτυο: BGP

- BGP: (policy-based routing) για δρομολόγηση μεταξύ AS στο Διαδίκτυο
- Πρωτόκολλο **Path Vector**: παρόμοιο με το πρωτόκολλο Distance Vector κάθε συνοριακή πύλη (Border Gateway) κάνει πολυεκπομπή στους γείτονες (peers) ολόκληρο μονοπάτι (δηλ., ακολουθία από ASs) έως τον προορισμό
- Το BGP δρομολογεί σε δίκτυα (ASs), όχι σε ανεξάρτητους κόμβους

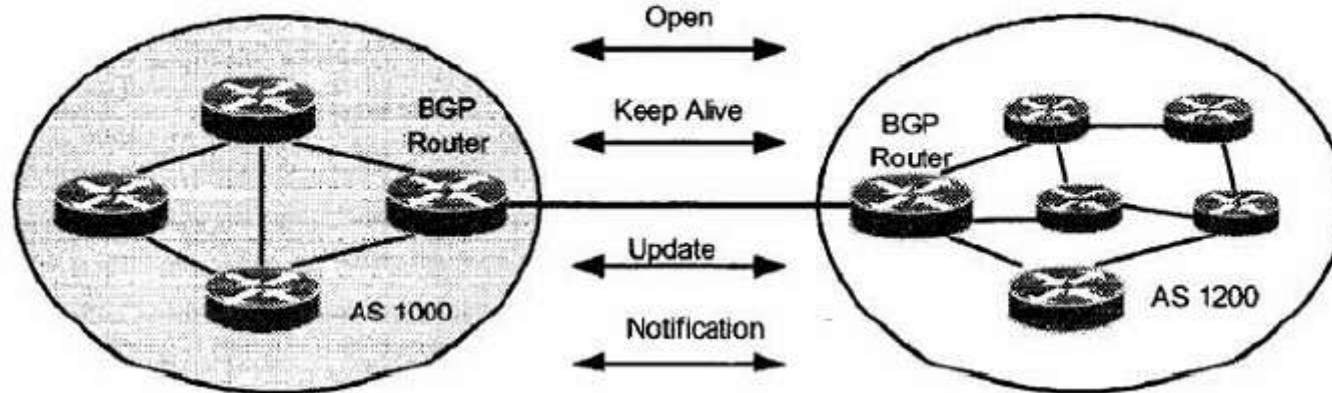
# Μηνύματα BGP

Τα μηνύματα του BGP ανταλλάσσονται με χρήση TCP

Μηνύματα BGP:

- OPEN: ανοίγει σύνδεση TCP και πιστοποιεί την αυθεντικότητα του αποστολέα
- UPDATE: διαφημίζει ένα νέο μονοπάτι (ή αποσύρει ένα παλιό)
- KEEPALIVE κρατάει ανοικτή τη σύνδεση ακόμα και αν δεν υπάρχουν UPDATES. Απαντάει με ACK στην αίτηση OPEN
- NOTIFICATION: αναφέρει λάθη στο προηγούμενο μήνυμα. Χρησιμοποιείται για να τερματίσει σύνδεση

## Συνοδός BGP



Το πρωτόκολλο BGP εκτελεί τις ακόλουθες τέσσερις λειτουργίες :

- Το ξεκίνημα της σύνδεσης BGP με ένα γειτονικό ομιλητή BGP. Εδώ ανταλλάσσονται τα μηνύματα Open.
- Τη διατήρηση της σύνδεσης BGP, όπου ανταλλάσσονται τα μηνύματα Keepalive.
- Την αποστολή της πληροφορίας προσβασιμότητας όπου ανταλλάσσονται τα μηνύματα Update.
- Την ενημέρωση για την ύπαρξη συνθηκών σφάλματος. Εδώ ανταλλάσσονται τα μηνύματα Notification.



## Ορίσματα BGP

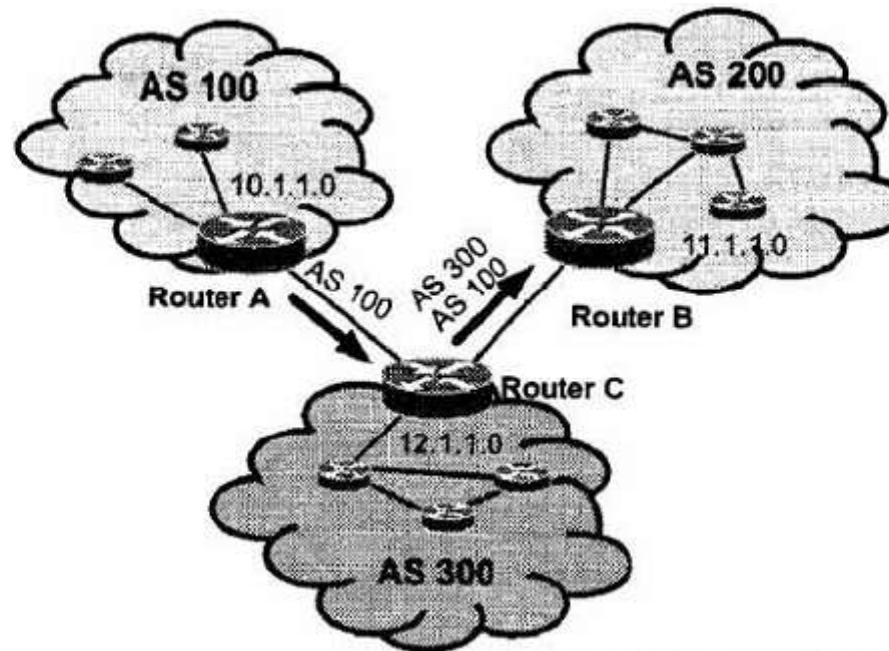
Τα ορίσματα που καθορίζονται από το πρωτόκολλο BGP είναι τα εξής:

Τα *γνωστά (well-known)* και *υποχρεωτικά (mandatory)* ορίσματα. Αυτά υποστηρίζονται από όλες τις υλοποιήσεις του πρωτοκόλλου BGP και μεταφέρονται μεταξύ των γειτόνων BGP. Αυτά είναι το *AS-path*, το *Next-hop* και το *Origin*.

Τα *γνωστά και προαιρετικά (discretionary)* ορίσματα. Και αυτά πρέπει να υποστηρίζονται από όλες τις υλοποιήσεις του πρωτοκόλλου BGP, αλλά μπορεί να μην περιλαμβάνονται στα μηνύματα επικοινωνίας των γειτόνων BGP. Αυτά είναι το *Local Reference* και το *Atomic Aggregate*.

Τα *προαιρετικά (optional)* ορίσματα. Δεν απαιτείται από μια υλοποίηση να υποστηρίζει αυτά τα ορίσματα. Εάν όμως υποστηρίζονται, μπορούν να διαδοθούν στους γείτονες BGP. Αν το όρισμα είναι *μεταβατικό (transitive)* τότε περνά προς τους άλλους BGP routers χωρίς να υποστεί αλλαγή. Σε αυτή την περίπτωση το όρισμα σημειώνεται σαν *μερικό όρισμα (partial)*. Τέτοιο όρισμα είναι το *Aggregator*. Εάν ένα προαιρετικό και μη-μεταβατικό όρισμα, δεν υποστηρίζεται από μια υλοποίηση, τότε πρέπει να διαγραφεί από το δρομολογητή που λαμβάνει το μήνυμα που το περιέχει. Ένα τέτοιο όρισμα αποτελεί το *MED (Multi-Exit-Discriminator)*.

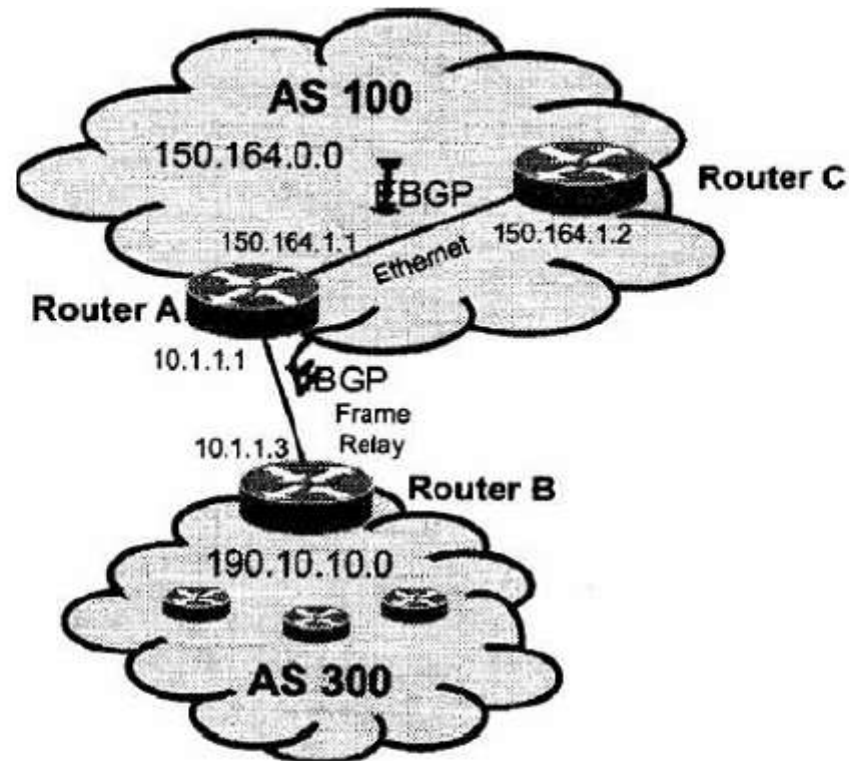
## AS-path



το όρισμα AS-path Ουσιαστικά αποτελεί τη λίστα όλων των αυτόνομων συστημάτων από τα οποία πέρασε το μήνυμα προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του.

Στην Εικόνα στέλνεται ένα μήνυμα ανανέωσης από τον Router A, που ανακοινώνει το δίκτυο 10.1.1.0 στο αυτόνομο σύστημα με αριθμό 300 (AS 300). Καθώς το μήνυμα διασχίζει το AS 300, ο Router C προσθέτει το δικό του αριθμό αυτόνομου συστήματος (AS 300) στο μήνυμα. Όταν αυτό φτάσει με τη σειρά του στον Router B, θα περιέχει δύο αριθμούς AS, τον 100 και τον 300. Έτσι ο Router B γνωρίζει ότι για να προσεγγίσει το δίκτυο 10.1.1.0, θα πρέπει να στείλει τα πακέτα του μέσω των αυτόνομων συστημάτων 300 και 100. Το ίδιο θα συμβεί και για το δίκτυο 11.1.1.0, το οποίο για να το προσεγγίσει ο Router A, θα πρέπει να στείλει τα πακέτα του μέσα από τα αυτόνομα συστήματα 300 και 200. Ο Router C προκειμένου να φτάσει το δίκτυο 10.1.1.0 θα έχει μόνο το αυτόνομο σύστημα 100, ενώ για το 11.1.1.0 ομοίως μόνο το 200.

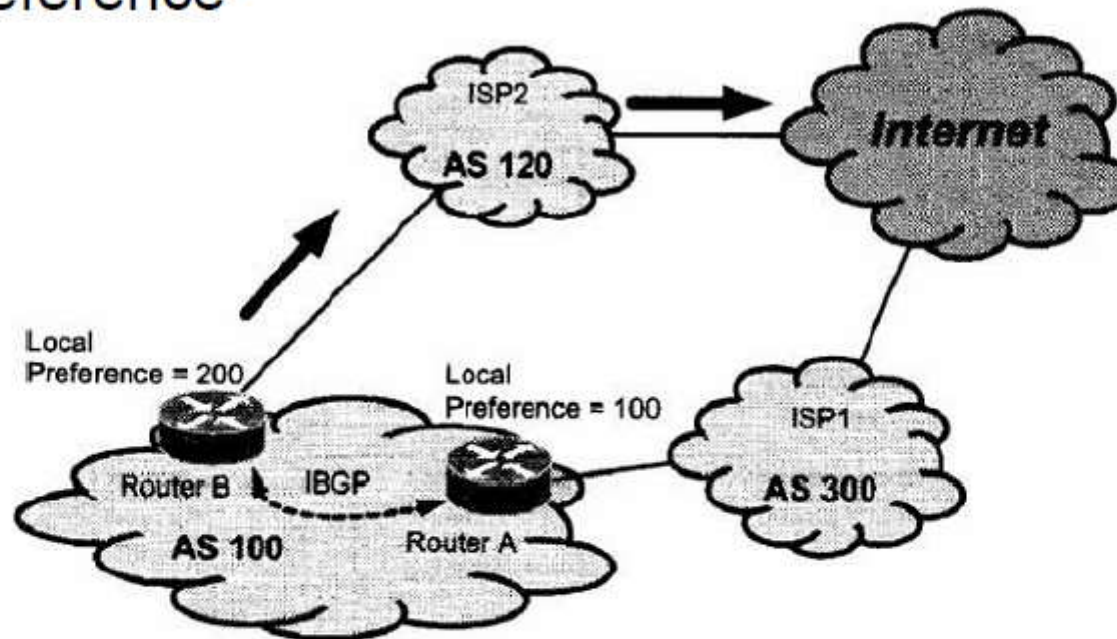
## Next hop



δείχνει την IP διεύθυνση του επόμενου δρομολογητή (next hop) που θα χρησιμοποιηθεί για να φτάσουμε στον προορισμό.

Στην Εικόνα ο Router B θα ανακοινώσει στον Router A το δίκτυο 190.10.0.0 με το πεδίο next hop να έχει την IP διεύθυνση 10.1.1.3. Ο Router A, θα ανακοινώσει με τη σειρά του το δίκτυο 150.164.0.0 στον Router B με το πεδίο next hop να έχει την IP διεύθυνση 10.1.1.1. Router A θα ανακοινώσει το δίκτυο 190.10.0.0 στον IBGP γείτονά του Router C, με το πεδίο next hop να έχει την IP διεύθυνση 10.1.1.3, που είναι η IP διεύθυνση του Router B. Με τον τρόπο αυτό, ο Router C γνωρίζει τον επόμενο δρομολογητή που πρέπει να προσεγγίσει προς το δίκτυο 190.10.0.0. Δηλαδή εσωτερικά στο αυτόνομο σύστημα δεν αλλάζει η πληροφορία που μεταφέρεται από το μήνυμα ανανέωσης (update).

## Local preference

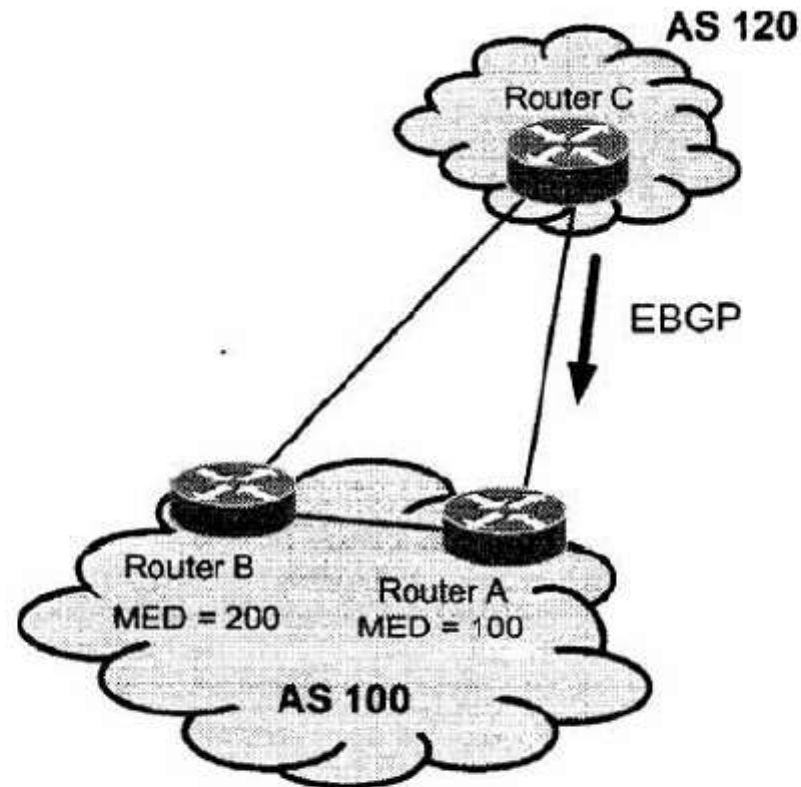


### Το όρισμα Local Preference

Το όρισμα *Local Preference* (τοπική προτίμηση), είναι ένα γνωστό και προαιρετικό όρισμα, το οποίο παρέχει στους δρομολογητές ενός αυτόνομου συστήματος την ένδειξη για το δρόμο που πρέπει να προτιμήσουν (interface), προς την έξοδο από το αυτόνομο σύστημα. Στο BGP προτιμάται ο δρόμος με τη μεγαλύτερη τιμή ορίσματος Local Preference.

Πρέπει να τονίσουμε ότι η τιμή του ορίσματος Local Preference ορίζεται στο δρομολογητή από το διαχειριστή του δικτύου και ανταλλάσσεται μόνο μεταξύ των δρομολογητών που βρίσκονται στο ίδιο αυτόνομο σύστημα.

## MED



Το όρισμα MED είναι μια ένδειξη στους εξωτερικούς γείτονες σχετικά με έναν προτεινόμενο δρόμο μέσα σε ένα αυτόνομο σύστημα. Με αυτό το τρόπο μπορούμε να επηρεάσουμε ένα αυτόνομο σύστημα να επιλέξει ένα συγκεκριμένο δρόμο από τους πολλούς που δείχνουν μέσα σε αυτό. Εδώ επιλέγεται η χαμηλότερη τιμή ορίσματος και σε αντίθεση με το όρισμα Local Preference, το MED ανταλλάσσεται μεταξύ των αυτόνομων συστημάτων.

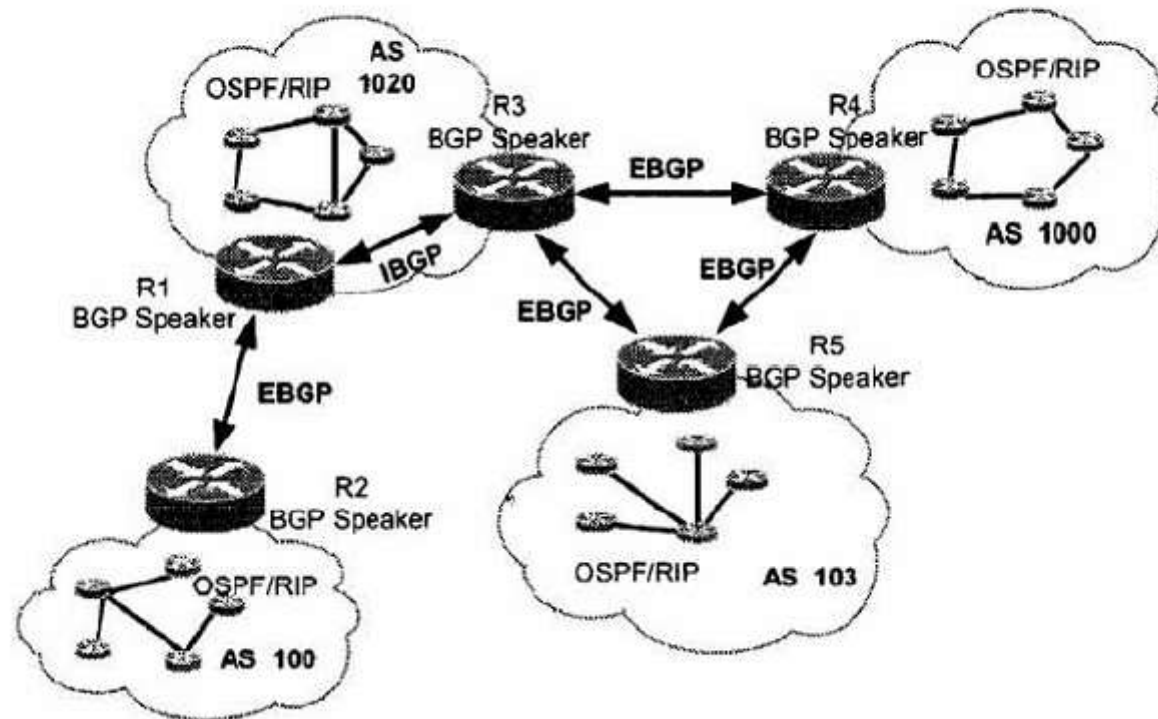
## Υλοποίηση BGP σενάριου

Μετά τη λήψη των μηνυμάτων update σχετικά με τους προορισμούς σε διάφορα αυτόνομα συστήματα, το πρωτόκολλο αποφασίζει τη διαδρομή που θα επιλέξει για να προσεγγίσει ένα συγκεκριμένο προορισμό. Η διαδικασία της απόφασης, βασίζεται στις τιμές των ορισμάτων που αναφέρθηκαν προηγούμενα. Ανάλογα με την υλοποίηση, έχουμε και μια διαφορετική διαδικασία. Ένας ενδεικτικός αλγόριθμος, μπορεί να είναι ο ακόλουθος:

- Να προτιμηθεί ο δρόμος με την υψηλότερη τιμή στο όρισμα local preference.
- Να προτιμηθεί ο δρόμος με το πιο σύντομο AS-path.
- Να προτιμηθεί ο δρόμος με τη μικρότερη τιμή στο όρισμα MED.
- Να προτιμώνται οι διαδρομές EBGP σε σχέση με τις IBGP, για να μειώνεται η κίνηση μετάβασης.

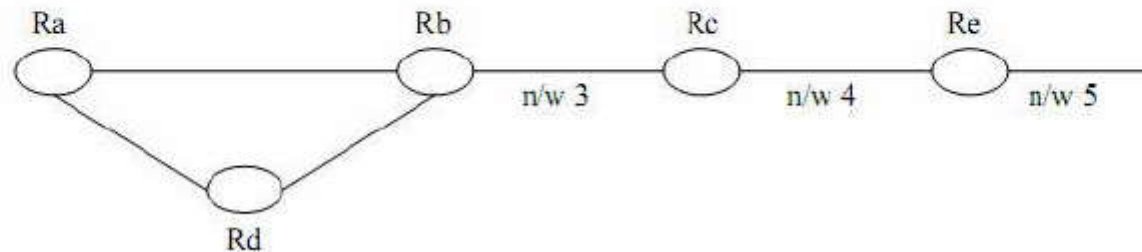
Μπορούν επίσης να προστεθούν και άλλες συνθήκες, έτσι ώστε να κάνουμε τον αλγόριθμο δρομολόγησης περισσότερο αποδοτικό και ευέλικτο. Αυτός που θα εφαρμόσει την κατάλληλη πολιτική και συνεπώς και τη λήψη της κατάλληλης απόφασης είναι ο διαχειριστής του δικτύου, μέσω των εντολών διαμόρφωσης στους ομιλητές BGP. Εδώ φαίνεται και η ευελιξία του πρωτοκόλλου BGP και η προσαρμοστικότητά του στις επιθυμίες του διαχειριστή του δικτύου.

## Εφαρμοσιμότητα πρωτοκόλλων ανά περιοχή



Τι είναι και πότε εμφανίζεται ο ατέρμων βρόγχος δρομολόγησης;

Οι ατέρμονες βρόγχοι εμφανίζονται όταν κατά την εμφάνιση μίας βλάβης οι δρομολογητές λόγω της περιοδικής φύσης ενημέρωσής των, ενημερώνονται ετεροχρονισμένα για αυτό το περιστατικό με αποτέλεσμα να μην γνωρίζουν όλοι ταυτόχρονα για αυτό και να παρερμηνεύουν το αν και πότε έχει ξεπεραστεί.



- Υποθέτουμε ότι μόλις έχει υλοποιηθεί η πρώτη περιοδική ανανέωση προς κάθε δρομολογητή και «τρέχει» η χρονική περίοδος έως την επόμενη ενημέρωση ( 29sec).
- Αυτή τη χρονική στιγμή έστω ότι "πέφτει" η διεπαφή του δικτύου 5.
- Τότε ο Re αιτείται στον Rc να σταματήσει να δρομολογεί προς το δίκτυο 5 μέσω αυτού. Ωστόσο οι Ra, Rb και Rd δεν γνωρίζουν αυτό το αίτημα για το δίκτυο 5 και συνεχίζουν να στέλνουν ενημερώσεις.
- Ο Rc θα στείλει στον Rb την ενημέρωσή του και θα προκαλέσει στον τελευταίο να πάψει να δρομολογεί προς το δίκτυο 5, αλλά οι Ra και Rd δεν είναι ενημερωμένοι. Για αυτούς φαίνεται ακόμη ότι το δίκτυο 5 εξακολουθεί να είναι διαθέσιμο μέσω του Rb.
- Ο Ra θα συνεχίσει να στέλνει τις ενημερώσεις του οπότε δυστυχώς οι Rb και Rd θα λαμβάνουν ένα μήνυμα ότι το δίκτυο 5 μπορεί να προσπελαστεί μέσω του Ra. Επομένως οι Rb και Rd στέλνουν πληροφορία ότι το δίκτυο 5 είναι διαθέσιμο.
- Κάθε πακέτο με προορισμό το δίκτυο 5 θα προωθείται μέσω Ra στον Rb και πάλι πίσω στον Ra. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία ατέρμονος βρόγχου.

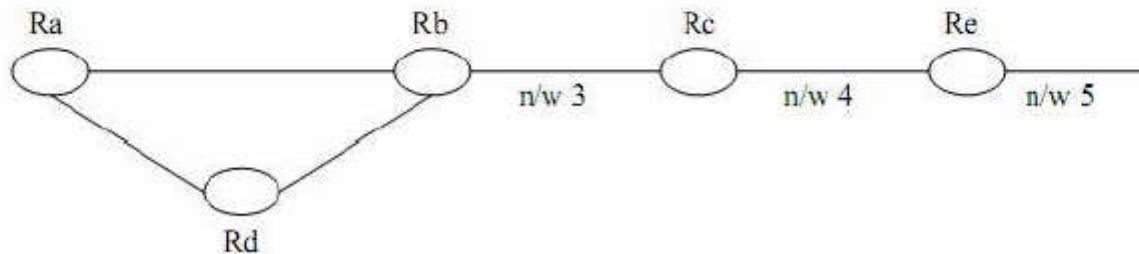


## Δηλητηρίαση διαδρομής (Route poisoning)

Δηλητηρίαση διαδρομής :

Βοηθά στην καταπολέμηση ατέρμωνων βρόγχων ακόμη και αν παράλληλα έχει λειτουργήσει σωστά η διαδικασία διαχωριζόμενου ορίζοντα (split horizon).

Όταν το δίκτυο 5 'πέφτει', ο Re εκκινεί τη διαδικασία Δηλητηρίασης διαδρομής ορίζοντας το δίκτυο 5 ως μη προσβάσιμο ( $16 \text{ hops} = 15 \text{ max} + 1$ ), και αυτή η διαδικασία προφυλάσει τον Rc από το να είναι δεκτικός σε λανθασμένες ενημερώσεις για το δίκτυο 5. Όταν ο Rc λαμβάνει μήνυμα δηλητηρίασης από τον Re, στέλνει ευθύς αμέσως μία δική του ανανέωση, την ανάστροφη δηλητηρίαση (Poison reverse) πίσω στον Re. Εφόσον διασφαλίσει ότι όλες οι διαδρομές σε αυτό το τμήμα έχουν ενημερωθεί για τη 'δηλητηριασμένη' διαδρομή.



## Άλλες μέθοδοι αποφυγής ατέρμωνων βρόγχων

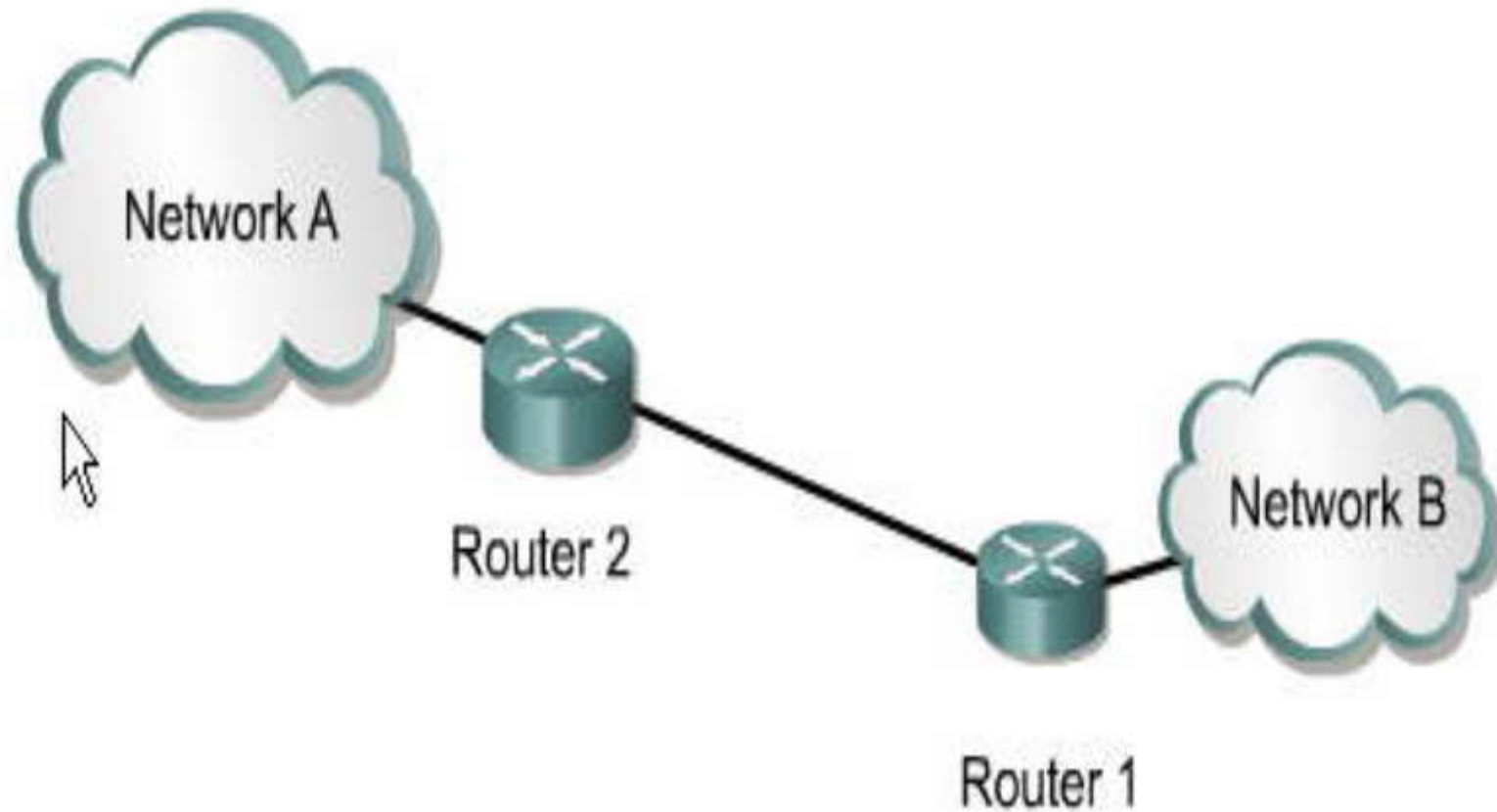
Καταμετρητής μεγίστου ορίου αλμάτων (Maximum hop count):

Σε περίπτωση εμφάνισης ατέρμονος βρόγχου ο αριθμός αλμάτων αυξάνεται συνεχώς τείνοντας προς το άπειρο, αυξάνοντας δραματικά το χρόνο σύγκλισης. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού χρησιμοποιούμε τον καταμετρητή μεγίστου ορίου αλμάτων. Το RIP επιτρέπει ανώτατο όριο αλμάτων το 15, οπότε σε περίπτωση που θέσουμε μία τέτοια 'προβληματική' διαδρομή με αριθμό αλμάτων τουλάχιστον κατά 1 μεγαλύτερο του επιτρεπτού ορίου, δηλαδή για το RIP, 16, τότε αυτομάτως η διαδρομή του προορισμού θα θεωρηθεί μη προσβάσιμη.

Διαχωριζόμενος ορίζοντας (Split horizon):

Ο Διαχωριζόμενος ορίζοντας εξασφαλίζει ότι η πληροφορία δρομολόγησης δεν μπορεί να σταλεί πίσω, προς την κατεύθυνση δηλαδή από όπου εστάλη, με άλλα λόγια το πρωτόκολλο καθορίζει από ποια διεπαφή μαθεύτηκε κάποια πληροφορία δρομολόγησης οπότε δεν θα προωθηθεί η ενημέρωση προς τα πίσω, προς αυτή τη διεπαφή.

## Διαχωριζόμενος ορίζοντας (Split horizon)



# Διαχωριζόμενος ορίζοντας (Split horizon)

Έστω για παράδειγμα ο Router 1 ενημερώνει το τμήμα πως έχει μία διαδρομή προς το δίκτυο A. Ο Router 2 λαμβάνει τη ανανέωση από τον Router 1 και καταχωρεί την πληροφορία στον πίνακά του. Όταν ο Router 2 θα κληθεί να στείλει τις δικές του ενημερώσεις στο τμήμα, προς τον Router 1, δεν θα περιλαμβάνει την ενημέρωση για το

δίκτυο A αφού την ενημέρωση αυτή την έχει λάβει από τον τελευταίο.

Προφανώς η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για εσφαλμένες ενημερώσεις οπότε αποφεύγεται η επανειλημμένη διακίνηση εσφαλμένης πληροφορίας δρομολόγησης και μειώνεται έτσι και αλλιώς το περιττό overhead δρομολόγησης