



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Δίκτυα Υπολογιστών

Μαρία Παπαδοπούλη
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Χρηματοδότηση

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



Σημείωμα αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 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-nd/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.

Σκοποί ενότητας

... Ερωτήσεις από τα προηγούμενα lectures ...

- Αλγόριθμοι δρομολόγησης (συνέχεια από το προηγούμενο lecture)
 - Link state
 - Διάνυσμα απόστασης (Distance Vector)
 - Πλημμύρα (flooding)
 - Ιεραρχική δρομολόγηση (Hierarchical routing)
- Δρομολόγηση στο Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP

Βασισμένο κυρίως στο **Κεφ. 4 του βιβλίου των Kurose/Ross**

Μια μικρή ανασκόπηση στους δρομολογητές

- Το όριο μεταξύ του host και της φυσικής ζεύξης ονομάζεται διεπαφή (interface or network interface card)
- Ένας δρομολογητής έχει πολλαπλές διεπαφές (μία για κάθε ένα από τις ζεύξεις του)
- ☞ Μία IP διεύθυνση σχετίζεται με μία διεπαφή (NIC) & όχι με ένα “host” (that may have several NICs) ή με έναν δρομολογητή που περιέχει την διεπαφή
- 🔔 IP διεύθυνση είναι καθολικά μοναδική
(ένα μέρος της αναγνωρίζει το δίκτυο)
- Δουλειά δρομολογητή: να λαμβάνει πακέτα σε μία “εισερχόμενη” ζεύξη & να τα προωθεί σε κάποια “εξερχόμενο” ζεύξη

Κριτήρια απόδοσης ενός πρωτοκόλλου δικτύων

- **Αλγοριθμική πολυπλοκότητα**

🕒 **Καθυστερήσεις** (πχ χρόνος για να υπολογιστεί το αποτέλεσμα)

Απαιτήσεις σε *ενέργεια* & *υπολογιστική δύναμη*

- **Αριθμός μηνυμάτων**

Απαιτήσεις σε *ενέργεια*

Χρόνος για να υπολογιστεί το αποτέλεσμα ή *να καταλήξουν οι συσκευές που κάνουν τους υπολογισμούς* (στην περίπτωση ενός **distributed αλγορίθμου**) στο ίδιο αποτέλεσμα ("*time of convergence*")

Κριτήρια απόδοσης ενός πρωτοκόλλου δικτύων 2

- **Κλιμακοθετησιμότητα (scalability)**

☞ Τι γίνεται όταν αυξάνεται ο αριθμός των συσκευών που συμμετέχουν (πχ μεγαλώνει το δίκτυο)

- **Ευρωστία (robustness, fault tolerance)**

Πόσο *ευάλωτο* είναι σε *διάφορες επιθέσεις*

Πώς αλλάζει η απόδοση του δικτύου όταν αυξάνονται οι επιθέσεις ή ο αριθμός των συσκευών που αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα

- **Ακρίβεια στους υπολογισμούς**

Σύγκριση των LS & DV αλγορίθμων

Πολυπλοκότητα Μηνύματος

- LS: με n κόμβους, E ζεύξεις, $O(nE)$ μηνύματα στέλνονται
- DV: ανταλλάσσονται μεταξύ γειτόνων μόνο
convergence time ποικίλει


Speed of Convergence

- LS: $O(n^2)$ αλγόριθμος απαιτεί $O(nE)$ μηνύματα
 - μπορεί να έχει διακυμάνσεις
- DV: convergence time ποικίλει
 - Μπορεί να υπάρξουν βρόχοι δρομολόγησης
 - count-to-infinity πρόβλημα

LS vs. DV αλγόριθμοι (συνέχεια)

- Robustness: τι γίνεται αν δεν λειτουργεί σωστά ο δρομολογητής?
- LS:
 - ο κόμβος μπορεί να διαδίδει λάθος κόστος ζεύξεως
 - Καθε κόμβος υπολογίζει το δικό του table
- DV:
 - DV κόμβος μπορεί να διαδίδει λάθος κόστος μονοπατιού
 - το table κάθε κόμβου χρησιμοποιείται από άλλους
 - 🖱️ Λάθος διάδοσης μέσω δικτύου

Ιεραρχική δρομολόγηση

- Η μελέτη μας για την δρομολόγηση (μέχρι τώρα) έχει απλοποιήσει πολλά:
- όλοι οι **δρομολογητές ίδιοι**
- το **δίκτυο έχει "επίπεδη" δομή (δεν υπάρχει κάποια "ιεραρχία")**
-  ... στην πραγματικότητα **δεν** είναι έτσι:
- Internet: **δίκτυα από δίκτυα!!! (επομένως ΔΕΝ έχει "επίπεδη" δομή)**
Κλιμακωσιμότητα με 200 εκατομμύρια προορισμούς:

☞ δεν μπορούν όλοι να αποθηκευτούν στα **routing tables!**

- Οι ανταλλαγές **routing tables** θα πλημμύριζαν τις ζεύξεις!

Διαχειριστική αυτονομία

Ο **administrator** κάθε δικτύου μπορεί να θέλει:

- **ελέγξει** την δρομολόγηση στο δικό του δίκτυο
- **κρύψει στοιχεία** της **εσωτερικής οργάνωσης του δικτύου**
- **χρησιμοποιήσει όποιον αλγ. δρομολόγησης επιλέγει**

Αυτόνομα Συστήματα (AS)

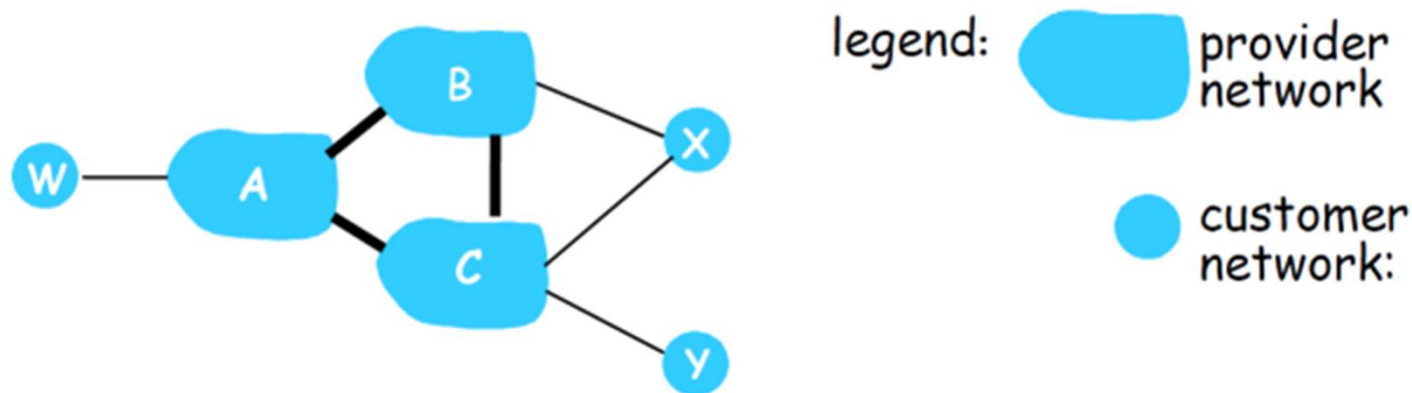
intra-AS vs. inter-AS δρομολόγηση

Ομαδοποίηση δρομολογητών σε περιοχές “autonomous systems” (AS)

- Δρομολογητές **στο ίδιο AS** τρέχουν το **ίδιο πρωτόκολλο δρομολόγησης** “intra-AS” πρωτόκολλο δρομολόγησης
- Δρομολογητές σε **διαφορετικά AS** μπορεί να τρέχουν **διαφορετικά inter-AS** πρωτόκολλα δρομολόγησης
- Η inter-AS δρομολόγηση χρησιμοποιεί κριτήρια «πολιτικής» για την εύρεση μονοπατιών και όχι απόδοσης όπως γίνεται στα intra-AS
- Μέσα σε ένα AS το θέμα της κλιμάκωσης έχει μικρότερη σημασία (ενώ στην **απόδοση** δίνεται έμφαση)

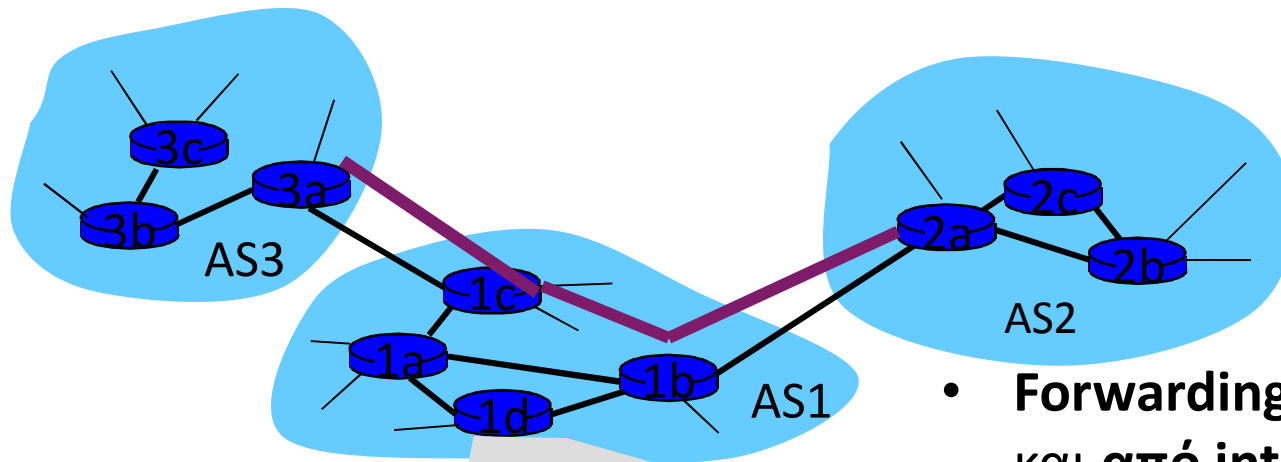
Ένας Gateway δρομολογητής συνδέεται με ζεύξη με δρομολογητή ενός άλλου AS

Παράδειγμα πολιτικής δρομολόγησης ενός πρωτοκόλλου inter-AS

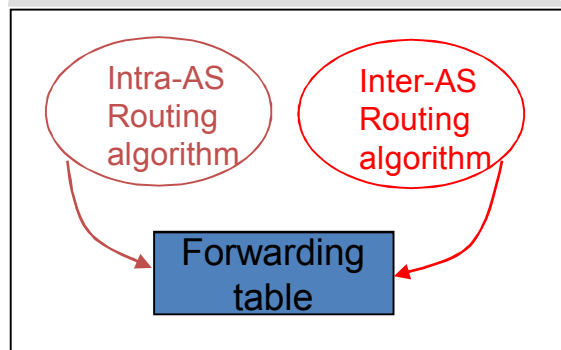


- Τα A, B, C είναι δίκτυα-πάροχοι
- Τα X, W, Y είναι δίκτυα-πελάτες (των παρόχων)
- Το X είναι dual-homed: είναι συνδεδεμένο με δύο δίκτυα
 - Το X δεν επιθυμεί τη δρομολόγηση πακέτων από το B προς το C μέσω του ίδιου (του X)...
 - ...οπότε **δεν** θα δημοσιεύσει στο B κάποια διαδρομή προς το C

Διασυνδεδεμένα AS



- **Forwarding table** είναι ρυθμισμένο και από **intra- & inter-AS** αλγόριθμους δρομολόγησης
- **Intra-AS** βάζει entries για **εσωτερικούς προορισμούς**
- **Inter-AS** βάζει entries για **εξωτερικούς προορισμούς**



The inter-AS routing takes place **independently** from the intra-AP routing
Network Layer

Καθήκον Inter-AS

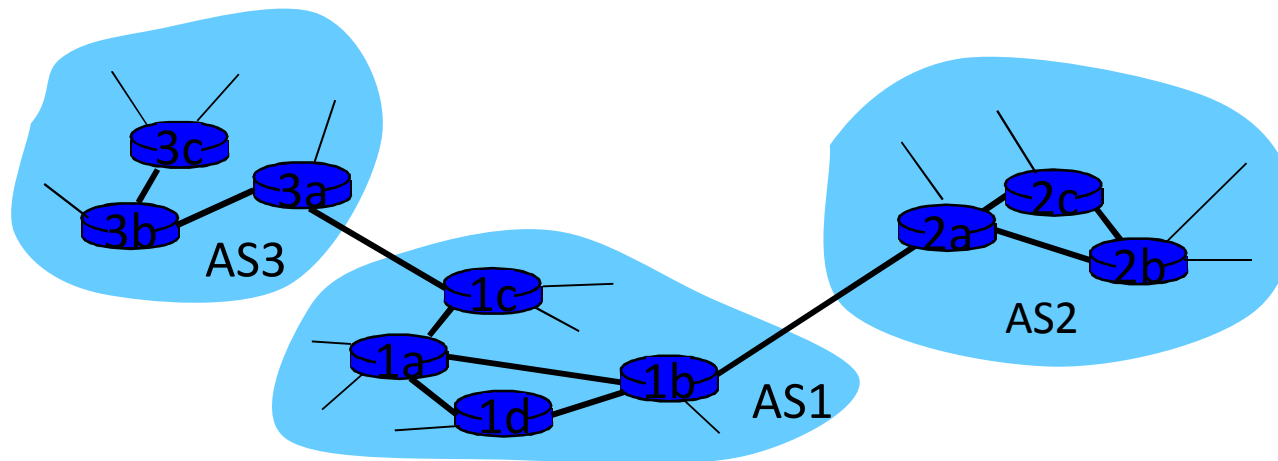
Υποθέστε έναν δρομολογητή μέσα στο AS1 να λαμβάνει ένα πακέτο το οποίο προορίζεται **για προορισμό εκτός του AS1**

- Ο δρομολογητής πρέπει να προωθήσει το πακέτο προς **έναν από τους gateway δρομολογητές, αλλά σε ποιον?**

AS1 χρειάζεται:

1. να μάθει ποιοι προορισμοί είναι προσεγγίσιμοι μέσω AS2 & ποιοι μέσω AS3
2. Για να διαδώσει αυτή τη πληροφορία σε **όλους** τους δρομολογητές στο AS1

Δουλειά της inter-AS δρομολόγησης!



Network Layer

Intra-AS Δρομολόγηση

Επίσης γνωστό ως Interior Gateway Protocols (IGP)

Πιο διαδεδομένα **intra-AS** πρωτόκολλα δρομολόγησης:

- **RIP: Routing Information Protocol**
- **OSPF: Open Shortest Path First**
- **IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (Cisco proprietary)**

RIP (Routing Information Protocol)

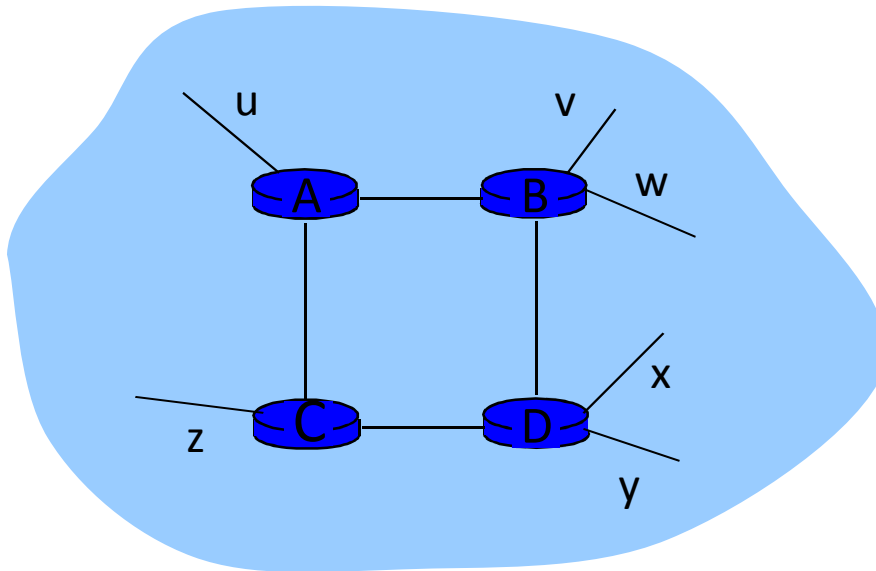
☞ *Distance Vector (Διάνυσμα απόστασης)* αλγόριθμος

- Κάθε ζεύξη έχει κόστος 1
- Περιλήφθηκε στο BSD-UNIX Distribution in 1982

☺ Ευρέως υλοποιημένο

- Μονάδα απόστασης: # των hops (max = 15 hops)

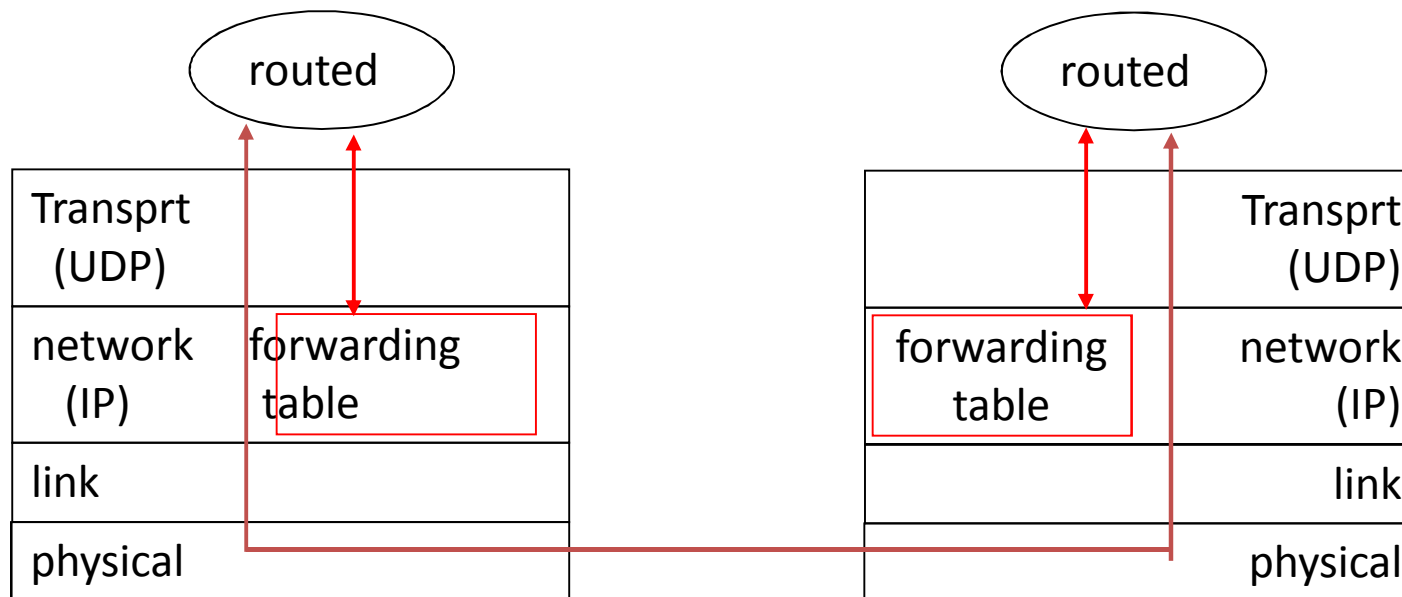
Από τον δρομολογητή A στα υποδίκτυα:




| <u>προορισμός</u> | <u>hops</u> |
|-------------------|-------------|
| u | 1 |
| v | 2 |
| w | 2 |
| x | 3 |
| y | 3 |
| z | 2 |

Διεργασίες - RIP Table

- Τα RIP routing tables ελέγχονται από μία *διεργασία επιπέδου εφαρμογής* (!) που λέγεται *route-d*
- Οι ανακοινώσεις που στέλνονται μέσα στα UDP πακέτα, επαναλαμβάνονται περιοδικά



RIP advertisements

- RIP δαίμονας ανακοινώνει **περιοδικά** τα **διανύσματα απόστασης**
-  ζητάει από τους γείτονες του το routing table τους
- Διανύσματα απόστασης **ανταλλάσσονται μεταξύ γειτόνων** κάθε **30 sec** μέσω *Μηνύματος Απάντησης* (επίσης λέγεται advertisement)
- Κάθε advertisement: απαριθμεί μέχρι και **25 υποδικτύων προορισμού** μέσα στο AS
- Κάθε δρομολογητής ακούει για **ενημερώσεις** μέσω **UDP στην port 520**

RIP Ενημερώσεις

Αρχικά

- Όταν ο δρομολογητής ξεκινάει, ζητάει ένα **αντίγραφο του table κάθε γείτονα**
- Το **χρησιμοποιεί επαναληπτικά** για να δημιουργήσει το δικό του table

Περιοδικά

- Κάθε **30 sec**, ο δρομολογητής στέλνει αντίγραφο του table σε κάθε γείτονα
- Αυτοί το χρησιμοποιούν **επαναληπτικά** για να ανανεώσουν τα tables τους

Καθώς επίσης:

- Κάθε φορά που μία **εγγραφή αλλάζει**, στέλνει ένα αντίγραφο της εγγραφής στους γείτονες
- Το χρησιμοποιούν οι γείτονες να ανανεώσουν τα tables τους

“Up-to-date” RIP/Έλεγχος διακυμάνσεων

Χρονομετρητής διαδρομής

Κάθε **διαδρομή έχει ένα όριο timeout** (πχ 180 seconds)

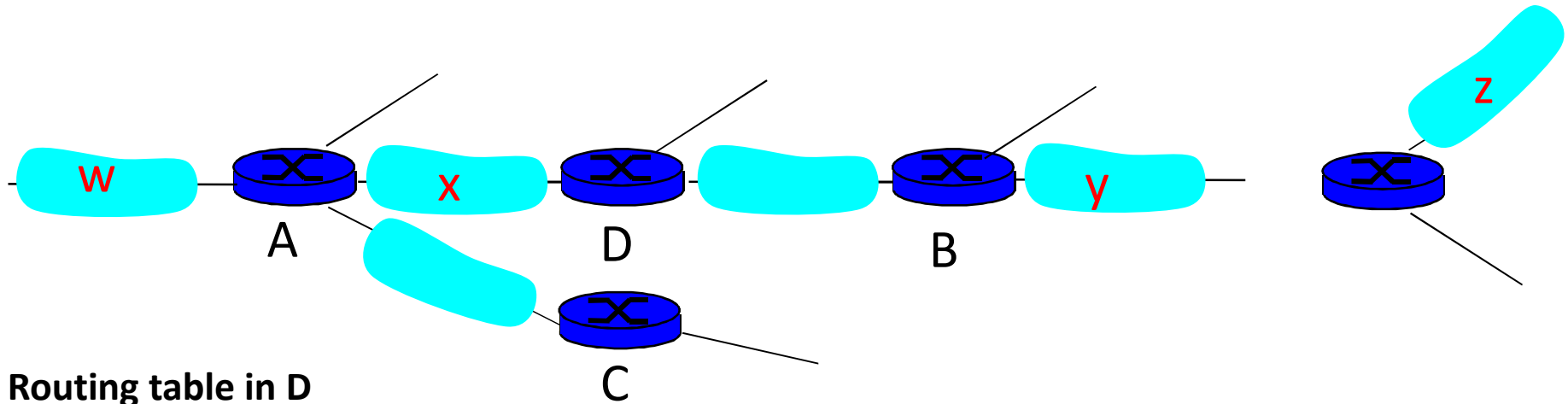
- Τερματίζει όταν δεν έχει δεχτεί ενημέρωση από το επόμενο next hop για κάποιο χρόνο
- Αν δεν ενημερωθεί, **ορίζεται στο άπειρο**
- Soft-state ανανέωση → σημαντική έννοια!!!
- Όταν ο δρομολογητής ή μια ζεύξη “αποτυγχάνει”, **μπορεί να πάρει λεπτά για να σταθεροποιηθεί**

RIP: Αποτυχία ζεύξης και αποκατάσταση

Αν κανένα advertisement δεν έχει ακουστεί μετά από κάποιο χρόνο (πχ 180 sec) ⇒ η σχετική «γραμμή» στον πίνακα δρομολόγησης με τον γείτονα αυτό «ακυρώνεται», και επομένως και οι διαδρομές μέσω αυτού

- καινούρια advertisements στέλνονται στους γείτονες
- Οι γείτονες στέλνουν με τη σειρά τους καινούρια advertisements αν τα tables έχουν αλλάξει
- Η πληροφορία αποτυχίας μιας ζεύξης γρήγορα διαδίδεται σε όλο το δίκτυο
- poison reverse χρησιμοποιείται για να αποτρέψει **ping-pong βρόχους/loops** (άπειρη απόσταση = 16 hops)

RIP: Παράδειγμα



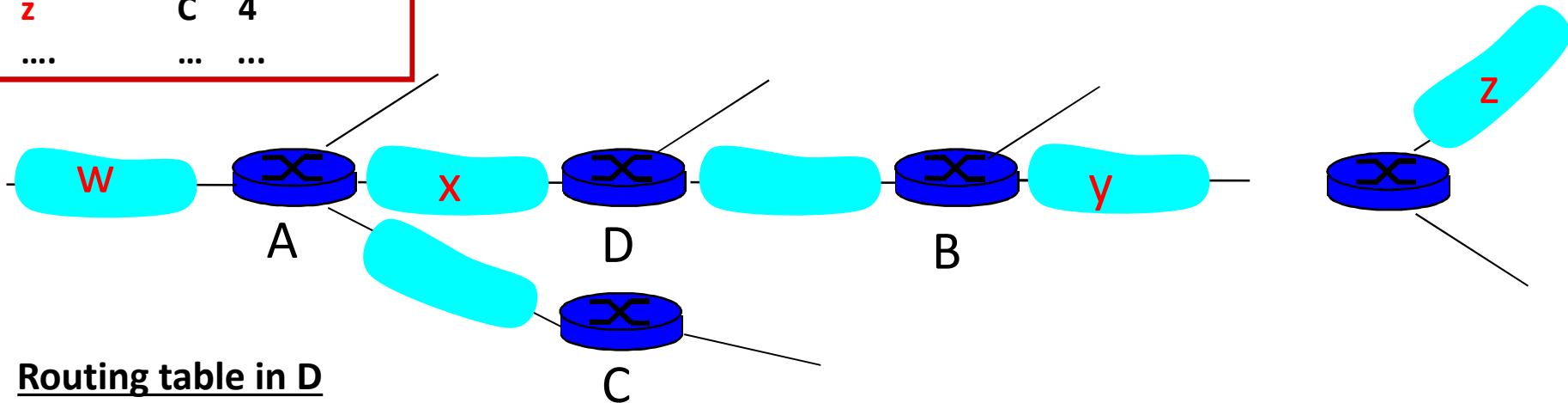
Routing table in D

| Destination Network | Next Router | Num. of hops to dest. |
|---------------------|-------------|-----------------------|
| W | A | 2 |
| Y | B | 2 |
| Z | B | 7 |
| X | -- | 1 |
| | | |

RIP: Παράδειγμα

| Dest | Next hops |
|------|-----------|
| w | - 1 |
| x | - 1 |
| z | C 4 |
| | |

Advertisement from A to D



Routing table in D

| Destination Network | Next Router | Num. of hops to dest. |
|---------------------|----------------|-----------------------|
| w | A | 2 |
| y | B | 2 |
| z | B A | 7 5 |
| x | -- | 1 |
| | | |

Experiment with routing tables

At a UNIX system, run the command:

netstat -rn

to view the routing table at that host/router

Understand what is each column (e.g., destination, gateway, flags, ref, use, interface)

What is the loopback interface?
the default route?

OSPF (Open Shortest Path First)

- “*open*”: δημόσια διαθέσιμο (IETF standard)

☞ **Περισσότερο διαδεδομένο από το RIP**

- Χρησιμοποιεί αλγόριθμο link-state (Dijkstra algorithm)
 - Διασπορά LS πακέτων
 - ☞ **Τοπολογικός χάρτης σε κάθε κόμβο**
- Ένα OSPF advertisement περιλαμβάνει μία καταχώρηση για κάθε γειτονικό δρομολογητή
- Τα advertisements διαδίδονται σε ολόκληρο το AS (μέσω ενός πρωτοκόλλου «πλημμυρίσματος»/flooding)
 - Περιλαμβάνονται στα μηνύματα OSPF άμεσα πάνω από IP (παρά TCP ή UDP)

OSPF – ενημερώσεις κατάστασης ζεύξης

- **Περιοδικές ενημερώσεις** κατάστασης ζεύξης από τον κάθε δρομολογητή
 - ☞ προσθέτει ευρωστία !
- Όταν η κατάσταση της ζεύξης αλλάξει (“**event-driven**”)
 - αλλαγές: στο κόστος, κατάσταση up/down, συνθήκες κίνησης
 - Εντοπίζεται από συνδεδεμένο κόμβο

OSPF “προηγμένα” χαρακτηριστικά (όχι στο RIP)

Ασφάλεια:

όλα τα OSPF μηνύματα πιστοποιούνται (για να αποτραπούν “κακόβουλες” εισβολές)

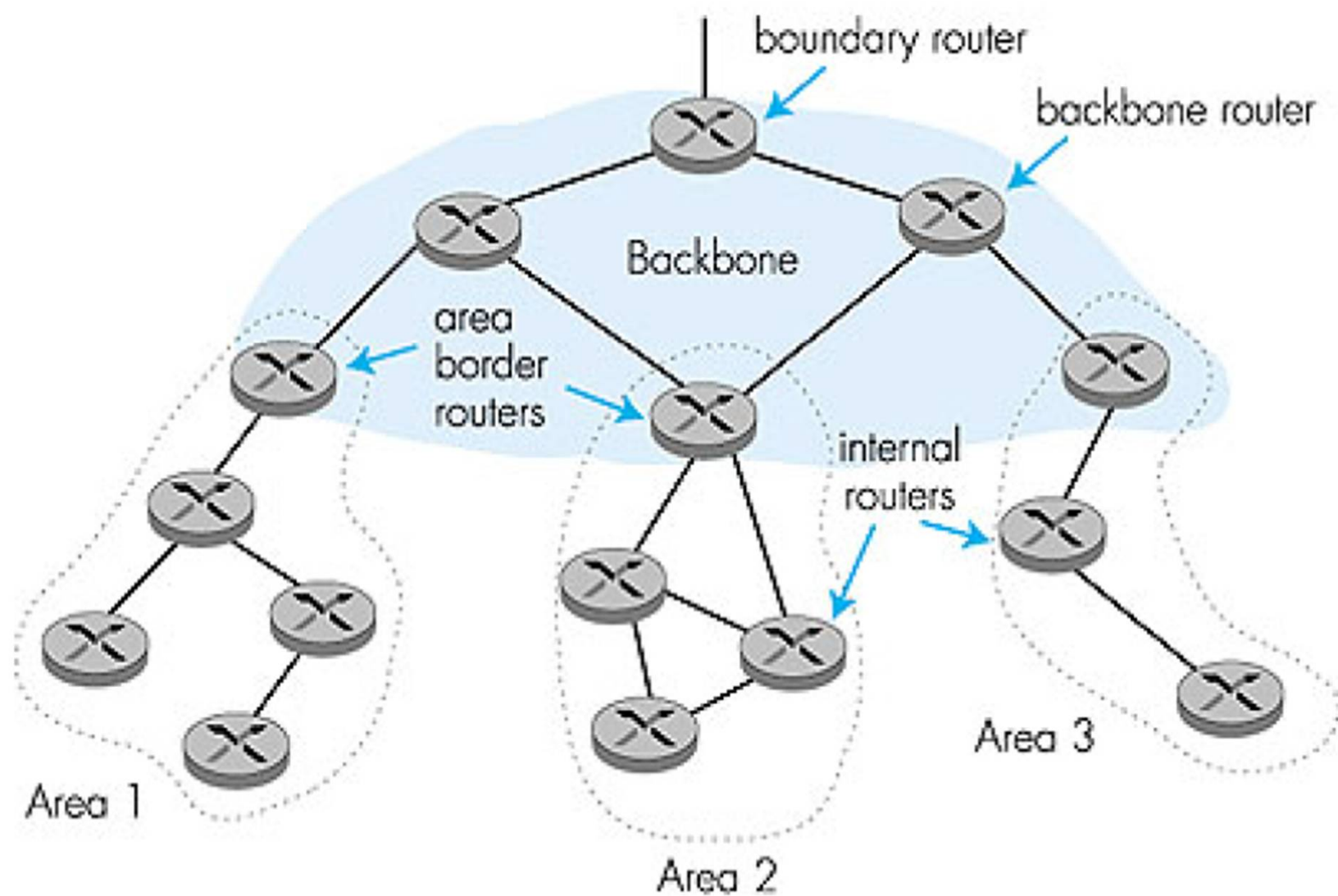
 μόνο έμπιστοι δρομολογητές παίρνουν μέρος στο OSPF

- **Πολλαπλά** ίδιου κόστους μονοπάτια **επιτρέπονται**
(σε αντίθεση: **μόνο ένα μονοπάτι** στο RIP)
- Για κάθε ζεύξη, **πολλαπλές μονάδες κόστους** για διαφορετικό TOS
(π.χ., κόστος δορυφορικής ζεύξης είναι “χαμηλό” για best effort;
υψηλό για πραγματικό χρόνο)

OSPF “προηγμένα” χαρακτηριστικά (όχι στο RIP)

- Ενσωματωμένη uni- and multicast υποστήριξη:
Multicast OSPF (MOSPF) χρησιμοποιεί ίδια βάση τοπολογίας όπως ο OSPF
- Ιεραρχικός OSPF σε *μεγάλα domains* (πολύ σημαντική λειτουργία!)

Hierarchical OSPF



Ιεραρχικό OSPF

- Δυο επιπέδων ιεραρχία: *τοπική περιοχή & backbone*
advertisements κατάστασης ζεύξης μόνο τοπικά
κάθε κόμβος έχει **λεπτομερή τοπολογία της τοπικής περιοχής**, μόνο ξέρει κατεύθυνση (**μικρότερο μονοπάτι**) σε δίκτυα σε άλλες περιοχές
- **Δρομολογητές ορίων περιοχής**: “συνοψίζει” αποστάσεις προς δίκτυα στη δικιά του περιοχή, το ανακοινώνει σε δρομολογητές ορίων άλλων περιοχών
- **Backbone δρομολογητές**: τρέχουν OSPF δρομολόγηση **περιορισμένη** στο backbone
- **Boundary δρομολογητές**: συνδέονται σε άλλα AS's
Network Layer

Ιεραρχική Οργάνωση του Ίντερνετ

Ενισχύει την κλιμακωσιμότητα (scalability) του Internet

- Οι δρομολογητές είναι ομαδοποιημένοι σε αυτόνομα συστήματα (AS)
- ☞ Μέσα στο κάθε AS, **όλοι** οι δρομολογητές τρέχουν το **ίδιο πρωτόκολλο δρομολόγησης**
- Ειδικοί δρομολογητές (gateway routers) σε κάθε AS είναι υπεύθυνοι για τη δρομολόγηση μεταξύ AS
- ☞ Το πρόβλημα της κλιμάκωσης λύνεται με το να έχουμε τον **κάθε δρομολογητή σε ένα AS να γνωρίζει μονάχα τους δρομολογητές του AS στο οποίο ανήκει και τις gateway δρομολογητές του.**

Internet inter-AS routing: BGP

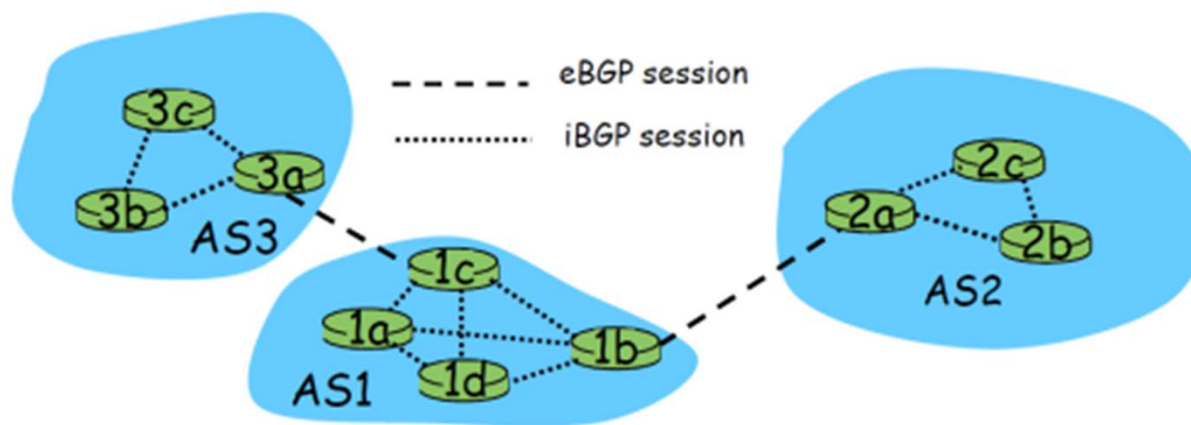
BGP (Border Gateway Protocol): το de facto standard

- Το BGP προσφέρει σε κάθε AS ένα μέσο για να:
 1. αποκτήσει πληροφορίες προσέγγισης υποδικτύου (subnet reachability) από γειτονικά AS.
 2. διαδώσει τις πληροφορίες προσέγγισης σε όλους τους δρομολογητές εντός του AS.
 3. καθορίσει «καλές» διαδρομές προς υποδίκτυα βασιζόμενος στις πληροφορίες και την πολιτική προσιτότητας.
- Επιτρέπει σε ένα υποδίκτυο τη δημοσιοποίηση της ύπαρξής του στο υπόλοιπο Internet: «Είμαι (κι εγώ) εδώ!»

Τα βασικά του BGP

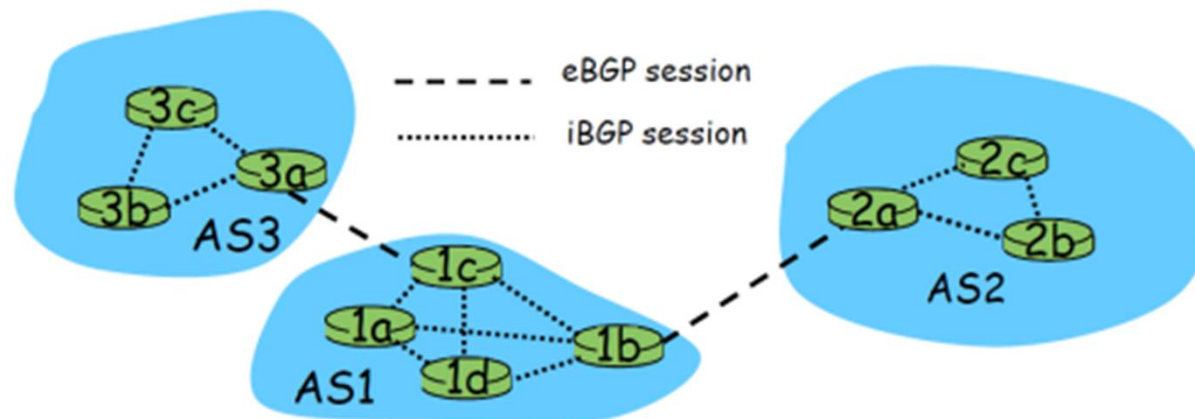
- Ζεύγη δρομολογητών (*BGP peers*) ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης πάνω από ημι-μόνιμες TCP συνδέσεις, τα *BGP sessions*
- Τα BGP sessions δεν αντιστοιχούν σε φυσικές ζεύξεις:
- Όταν ο AS2 δημοσιεύει ένα πρόθεμα (prefix) στον AS1, ο AS2 υπόσχεται ότι θα προωθήσει οποιοδήποτε πακέτο προορίζεται για αυτό το πρόθεμα πλησιέστερα προς αυτό.

Ο AS2 μπορεί να συσσωρεύσει προθέματα στη δημοσίευσή του.



Διανέμοντας τις πληροφορίες προσιτότητας

- Κατά το eBGP session μεταξύ των 3a και 1c, ο AS3 στέλνει πληροφορίες προσέγγισης στον AS1.
- Ο 1c τότε, χρησιμοποιώντας το **iBGP**, μπορεί να διανείμει την πληροφορία αυτή σε όλους τους δρομολογητές εντός του AS1.
- Στη συνέχεια, ο 1b μπορεί να επαναδημοσιεύσει την πληροφορία αυτή στον AS2 μέσω του **eBGP** session μεταξύ των 1b και 2a.
- Μόλις κάποιος δρομολογητής **ενημερωθεί για ένα καινούριο πρόθεμα, δημιουργεί μία εγγραφή για αυτό στον πίνακα προώθησης (forwarding table)**



Γιατί υπάρχουν διαφορετικά Inter-AS & Intra-AS πρωτόκολλα δρομολόγησης;

Πολιτική (μεταξύ των άλλων και τρόπος διαχείρισης & ελέγχου)

Μεταξύ των AS, κυριαρχούν τα ζητήματα “πολιτικής”

π.χ, κάποιο AS μπορεί να θέλει να ελέγχει ποιά είναι η διακινούμενη κίνηση μεταξύ άλλων AS που καλύπτει

Έκταση/κλιμακωσιμότητα

- Η ικανότητα ενός αλγορίθμου δρομολόγησης και των δομών δεδομένων του να υφίστανται κλιμάκωση για τη διαχείριση της δρομολόγησης προς/μεταξύ μεγάλου αριθμού δικτύων είναι ζωτικής σημασίας στην **inter-AS** δρομολόγηση
- **Λιγότερο σημαντικό στην intra-AS δρομολόγηση**
- Όταν κάποιο AS γίνεται πολύ μεγάλο, υπάρχει πάντα η δυνατότητα να διαιρεθεί σε δύο AS μεταξύ των οποίων θα πραγματοποιείται inter-AS δρομολόγηση (π.χ., ιεραρχικό OSPF)

Γιατί υπάρχουν διαφορετικά Inter-AS & Intra-AS πρωτόκολλα δρομολόγησης;

Επίδοση

- Μεταξύ των AS, δεν υπάρχει καν η έννοια κόστους (εκτός του AS hop count) σε σχέση με τις διαδρομές
- **Εντός ενός μοναδικού AS**, τα ζητήματα πολιτικής είναι λιγότερο σημαντικά, επιτρέποντας μεγαλύτερη εστίαση στο επίπεδο επιδόσεων της δρομολόγησης

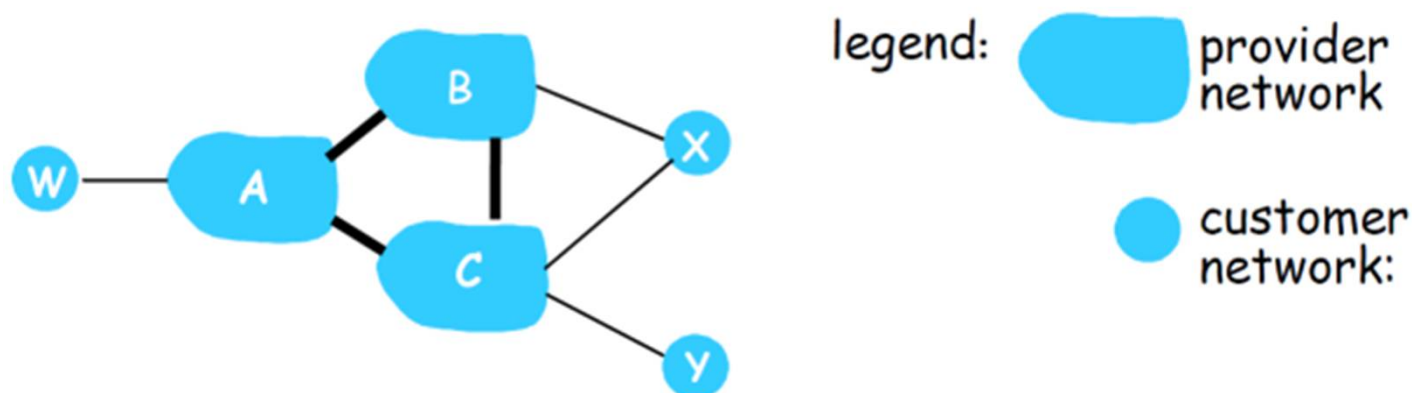
Τα μηνύματα του BGP

- Τα μηνύματα του BGP ανταλλάσσονται χρησιμοποιώντας **TCP**

Είδη μηνυμάτων:

- OPEN: δημιουργεί μία **TCP σύνδεση** με peer και **αυθεντικοποιεί τον αποστολέα**
- UPDATE: δημοσιεύει νέα διαδρομή ή αποσύρει παλιά
- KEEPALIVE: διατηρεί ενεργή τη σύνδεση σε περίπτωση απουσίας UPDATES. Επίσης, αποτελεί ACK στην αίτηση δημιουργίας σύνδεσης (OPEN message)
- NOTIFICATION: δηλώνει σφάλματα σε προηγούμενο μήνυμα. Χρησιμοποιείται, επίσης, για τον τερματισμό της σύνδεσης.

Η πολιτική δρομολόγησης του BGP



- Τα A, B, C είναι δίκτυα-πάροχοι
- Τα X, W, Y είναι δίκτυα-πελάτες (των παρόχων)
- Το X είναι dual-homed: είναι συνδεδεμένο με δύο δίκτυα
 - Το X δεν επιθυμεί τη δρομολόγηση πακέτων από το B προς το C μέσω του ίδιου (του X)...
 - ...οπότε **δεν** θα δημοσιεύσει στο B κάποια διαδρομή προς το C

IP Addressing

Classless Interdomain Routing

Network part of an IP address can be any number of bits long

a.b.c.d/x

where ***x*** indicates the ***number of leading bits*** in the 32-bit quantity that constitutes the network portion of the address

- The first ***x*** bits ***specify the organization's network address*** and are common to the IP addresses of all hosts in an organization
- The remaining indicate the ***specific host in the organization***

Πώς γίνεται η δρομολόγηση μεταξύ των backbone ISPs;

- **Δεν** υπάρχουν επίσημα standards

Εμπειρικός κανόνας:

Οποιαδήποτε κίνηση διαμέσου ενός ISP backbone δικτύου πρέπει να πηγάζει ή/και να προορίζεται προς ένα **δίκτυο-πελάτη** του συγκεκριμένου ISP


 Αποθαρρύνονται οι 'free-riders'

- **Μεμονωμένες** ομότιμες συμφωνίες (συχνά εμπιστευτικές) μεταξύ δύο ISPs

Moving a Datagram ...

How does a host transport an IP datagram to another host ?

IP in a host first consults its ***internal IP forwarding table*** and finds an entry whose **network address matches the leading bits in the IP address of destination**

 The forwarding table shows the number of hops to the network of that destination

- If the *number of hops = 1*

the destination is ***on the very same network to which the source host itself is attached***, thus,

there is no need for any intervening routers

Else

source & destination are in different networks, thus an intervening router is necessarily be involved

Moving a Datagram ... (cont'd)

If the *number_of_hops_to_network* = 1

the **destination is on the very same network** to which the sending host itself is attached, thus, there is **no need for any intervening routers**

- The sending host then **passes the IP datagram to the link-layer for the interface**, which then has the responsibility of moving the datagram to host B

Moving a datagram (cont'd)

- If the *number_of_hops* > 1 , it indicates that *the sending host & destination are in different networks* ->

an intervening router is necessarily be involved

- The sending host consults *its IP forwarding table* and finds an entry whose network address matches the leading bits in the IP address of destination
- The forwarding table indicates to the sending host that in order to send the datagram to the destination, it should first send the datagram to the router interface to which A's own interface is *directly* connected

Ο στοχασμός της ημέρας

"... οι πιο ματαιόδοξοι των ανθρώπων είναι όσοι περιφρονούν αυτά που τους περιβάλλουν και ονειρεύονται όσα βρίσκονται μακριά, αφήνοντας τις ελπίδες τους ανεκπλήρωτες να κυνηγούν φαντάσματα!"
Πίνδαρος. Πυθιόνικοι III.

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ