



# Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών: Δρομολόγηση

Δρ. Απόστολος Γκάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr

# Δρομολόγηση

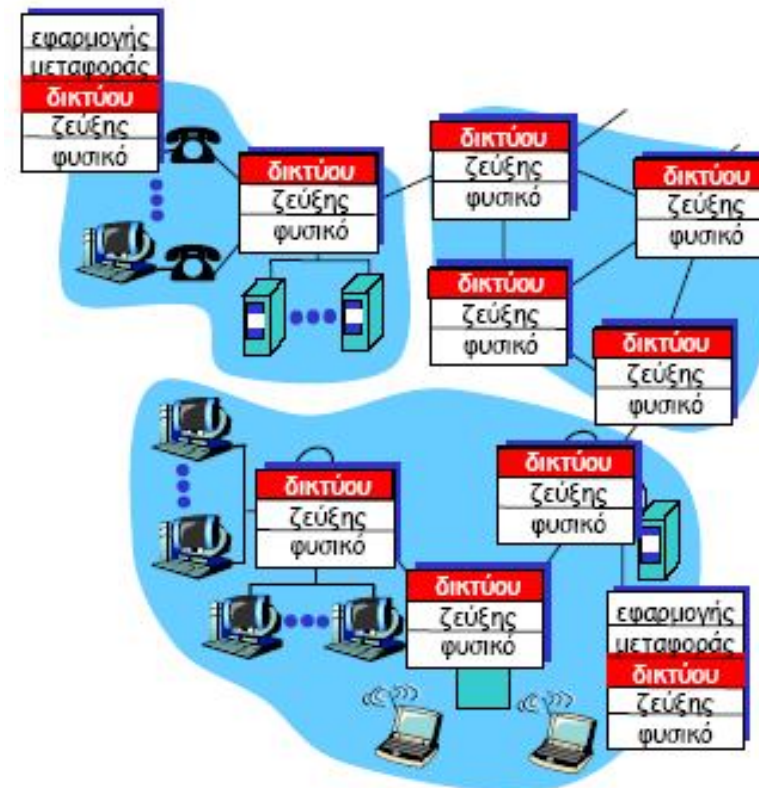


- Εισαγωγή
- Ιεραρχική δρομολόγηση - Αυτόνομα συστήματα
- Δρομολόγηση αυτόνομου συστήματος: RIP, OSPF
- Δρομολόγηση μεταξύ αυτόνομων συστημάτων: BGP
- Αρχιτεκτονική δρομολογητών



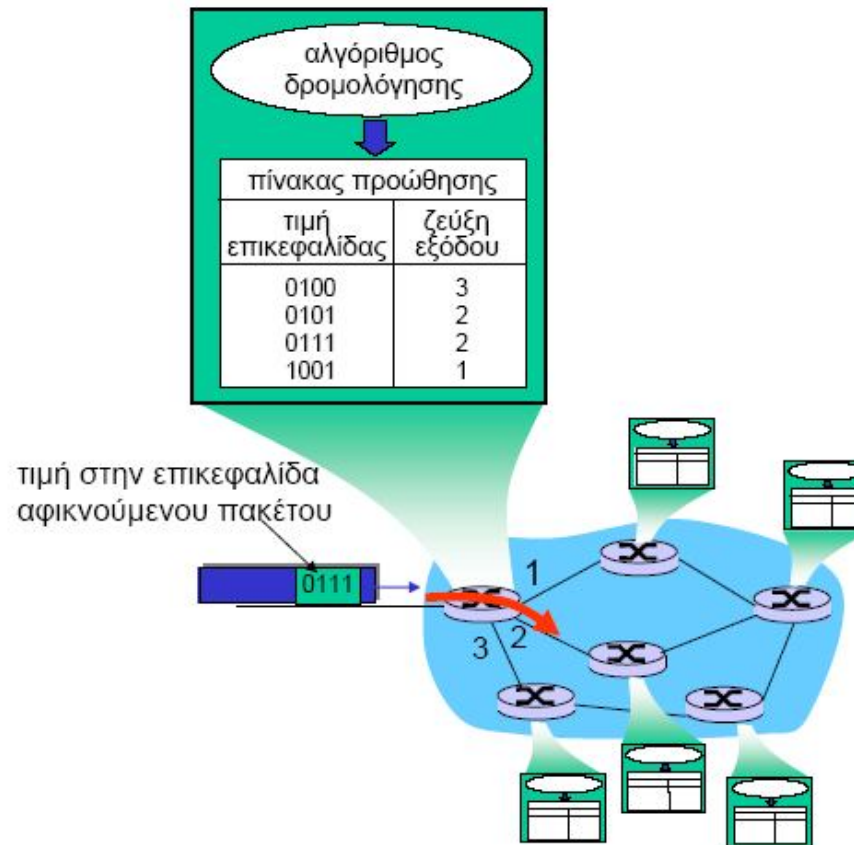
## Λειτουργίες επιπέδου δικτύου

- Δρομολόγηση: προσδιορισμός διαδρομής που ακολουθούν τα πακέτα μεταξύ πηγής και προορισμού από αλγόριθμους δρομολόγησης
- Προώθηση: μεταφορά πακέτων από μια είσοδο στην κατάλληλη έξοδο ενός δρομολογητή





# Δρομολόγηση και προώθηση



# Δρομολόγηση



- Η δρομολόγηση περιλαμβάνει τις λειτουργίες που σχετίζονται με την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής που πρέπει να ακολουθήσουν τα πακέτα πληροφορίας προς τον τελικό προορισμό
- Οι συσκευές που υλοποιούν τη διαδικασία της δρομολόγησης και παρέχουν τη φυσική σύνδεση στο δίκτυο ονομάζονται δρομολογητές (router)
- Κάθε δρομολογητής ανταλλάσσει περιοδικά με τους γειτονικούς του δρομολογητές πληροφορία σχετικά με την τοπολογία του δικτύου
- Κάθε δρομολογητής αποθηκεύει την πληροφορία αυτήν στον πίνακα δρομολόγησης (routing table) που διατηρεί
- Η επιλογή της βέλτιστης διαδρομής γίνεται είτε στατικά μέσω εντολών διαμόρφωσης από τον διαχειριστή του δικτύου είτε δυναμικά με τη χρήση των πρωτοκόλλων δρομολόγησης και της εφαρμογής αλγορίθμων δρομολόγησης

Διαφάνεια 5

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

# Δρομολόγηση



- Για τη μεταφορά της πληροφορίας ισχύουν τα ακόλουθα:
  - Αν ο αποστολέας και ο προορισμός ανήκουν στο ίδιο δίκτυο τότε δεν παρεμβάλλεται κάποιος δρομολογητής (άμεση δρομολόγηση)
  - Αν ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα, ο δρομολογητής εξετάζει τη διεύθυνση προορισμού και δρομολογεί την πληροφορία στον επόμενο κόμβο βάση του πίνακα δρομολόγησης (έμμεση δρομολόγηση)

# Δρομολόγηση



- Η δρομολόγηση δεν είναι μια εύκολη διαδικασία
- Τα σημερινά δίκτυα συνήθως αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό κόμβων και συνεπώς οι δυνατές διαδρομές που συνδέουν τον κόμβο-αφετηρία με τον προορισμό είναι πολλές
- Τα πράγματα γίνονται δυσκολότερα επειδή η κατάσταση του δικτύου μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου
- Για π.χ. μπορεί ορισμένες συνδέσεις ή και κόμβοι να σταματήσουν να λειτουργούν λόγω βλάβης και να μην μπορούν να αποτελούν μέρος μίας διαδρομής
- Επίσης, μπορεί κόμβοι ή συνδέσεις που προηγουμένως είχαν υποστεί βλάβη να επιδιορθώθηκαν και να ξαναγίνονται διαθέσιμες



# Αλγόριθμοι δρομολόγησης

- Στατικές Διαδρομές
- Δυναμικές Διαδρομές
  - Με χρήση Distance Vector αλγορίθμων
  - Με χρήση Link State αλγορίθμων





## Τρόποι Δρομολόγησης: Στατικός

- Είναι η απλούστερη μορφή δρομολόγησης
- Οι διαδρομές προγραμματίζονται εκ των προτέρων από τον διαχειριστή του δικτύου
- Ο δρομολογητής προωθεί τα πακέτα μέσω προσχεδιασμένων δρόμων
- Αφού δημιουργηθεί η σχέση μεταξύ διεύθυνσης προορισμού και επόμενου δρομολογητή και καταχωρηθεί στον πίνακα δρομολόγησης, δεν υπάρχει περαιτέρω προσπάθεια για ανακάλυψη καινούργιων δρόμων ή επικοινωνία με άλλους δρομολογητές

# Τρόποι Δρομολόγησης Στατικός (Αξιολόγηση)



- Προγραμματισμένες στατικές διαδρομές προσφέρονται για την επίτευξη μεγαλύτερης ασφάλειας στο δίκτυο
- Σειριακή μεταφορά πακέτων πληροφορίας
- Οι δρομολογητές δεν ξοδεύουν CPU πόρους προσπαθώντας να υπολογίσουν τη βέλτιστη διαδρομή προς τον προορισμό μέσω αλγορίθμων δρομολόγησης
- Μικρές απαιτήσεις σε μνήμη
- Σε περίπτωση δικτυακής βλάβης ή αλλαγής της τοπολογίας του δικτύου, όλο το βάρος πέφτει στον διαχειριστή του δικτύου ο οποίος θα πρέπει να προσαρμόσει «χειρωνακτικά» το δίκτυο στις τρέχουσες αλλαγές

# Τρόποι Δρομολόγησης: Στατικός (Αξιολόγηση)



- Τα πακέτα πληροφορίας δρομολογούνται προς τον προορισμό, άσχετα με το αν αυτός βρίσκεται σε λειτουργία ή όχι
- Ο στατικός τρόπος είναι καλός μόνο για μικρά δίκτυα τα οποία διαθέτουν περιορισμένο αριθμό προορισμών, διότι δεν καταναλώνει πόρους προσπαθώντας να ανακαλύψει καινούργιες διαδρομές ή να επικοινωνήσει με άλλους routers
- Καθώς το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των δικτύων αυξάνονται και επομένως επιπλέον μονοπάτια προς νέους προορισμούς προστίθενται, η δυσκολία διαχείρισης του αποτρέπει την χρησιμοποίησή του

Διαφάνεια 11

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



## Τρόποι Δρομολόγησης: Δυναμικός

- Στην δυναμική δρομολόγηση οι δρομολογητές υποστηρίζουν πρωτόκολλα δρομολόγησης με τη χρήση των οποίων υπολογίζεται δυναμικά η διαδρομή προς τον προορισμό
- Αν ο προορισμός είναι εκτός λειτουργίας, τότε η διαδρομή θα εξαφανιστεί από τον πίνακα δρομολόγησης και τα πακέτα πληροφορίας δε θα στέλνονται προς αυτόν τον προορισμό
- Με τα πρωτόκολλα δρομολόγησης οι δρομολογητές ανταλλάσσουν πληροφορία σχετικά με την τοπολογία του δικτύου
- Ο δρομολογητής πρέπει να αποφύγει τα μέρη του δικτύου τα οποία είναι μη προσπελάσιμα καθώς και να αποφασίσει για τα μέρη του δικτύου τα οποία προξενούν συμφόρηση



## Τρόποι Δρομολόγησης: Δυναμικός

- Ο κάθε δρομολογητής προωθεί την κίνηση βασισμένος σε αποφάσεις οι οποίες βασίζονται στη γνώση της τοπολογίας και της κατάστασης του δικτύου
- Η απόφαση για την επιλογή του καλύτερου δρόμου βασίζεται στο αποτέλεσμα του επιλεγόμενου αλγορίθμου δρομολόγησης. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:
  - Αλγόριθμοι διανύσματος απόστασης (Distance Vector Algorithms) που καλούνται επίσης και αλγόριθμοι Bellman-Ford
  - Αλγόριθμοι της κατάστασης σύνδεσης (Link State Algorithms) που καλούνται επίσης και αλγόριθμοι SPF



## Τρόποι Δρομολόγησης: Δυναμικός

- Το κριτήριο για την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής προς τον προορισμό είναι το κόστος που αντιστοιχεί σε αυτόν. Ανάλογα με την υλοποίηση, ως κόστος μπορεί να είναι ο αριθμός των δρομολογητών μέχρι τον προορισμό, το εύρος ζώνης της σύνδεσης, η καθυστέρηση, ... και μια σειρά άλλων παραμέτρων ή ακόμα και ένας συνδυασμός από αυτές



## Τρόποι Δρομολόγησης: Δυναμικός

- Η επιλογή του πρωτοκόλλου δρομολόγησης που θα εφαρμοστεί βασίζεται στο χρόνο σύγκλισης του αλγορίθμου που αυτό χρησιμοποιεί
- Ως χρόνος σύγκλισης ορίζεται ο χρόνος που περνά μέχρι όλοι οι δρομολογητές να συμφωνήσουν σχετικά με την τοπολογία του δικτύου, από τη στιγμή που θα προκύψει μία αλλαγή
- Ο χρόνος σύγκλισης εξαρτάται από το μέγεθος του δικτύου και όσο μικρότερος είναι τόσο πιο γρήγορα θα μεταφερθούν τα δεδομένα των χρηστών στον προορισμό τους

# Αλγόριθμοι Δρομολόγησης: Διανύσματος Απόστασης



- Στη δρομολόγηση που βασίζεται στους distance-vector αλγορίθμους, γνωστότερους και ως Bellman-Ford, κάθε δρομολογητής καθορίζει την απόσταση από αυτόν προς κάθε γνωστό προορισμό του σε έναν πίνακα διανύσματος απόστασης
- Ο πίνακας αυτός αποτελείται από μία σειρά από προορισμούς και κόστη τις αποστάσεις που διανύονται για την προσέγγιση του προορισμού
- Ο κάθε δρομολογητής ξεκινά τη λειτουργία του βάζοντας στον πίνακα αυτόν μηδέν για τον εαυτό του, ένα για τους άμεσα γείτονές του και άπειρο για κάθε άλλον προορισμό



# Αλγόριθμοι Δρομολόγησης: Διανύσματος Απόστασης



- Περιοδικά κάθε δρομολογητής μεταδίδει αντίγραφο αυτού του πίνακα στους δικτυακούς γείτονες του
- Κάθε παραλήπτης για να υπολογίσει το συνολικό κόστος προς κάθε προορισμό, προσθέτει στο κόστος που αναφέρεται σε αυτόν τον προορισμό το δικό του κόστος σύνδεσης προς τον αποστολέα του πίνακα
- Με αυτό τον τρόπο κάθε δρομολογητής μπορεί να βλέπει το δίκτυο του γειτονικού του δρομολογητή και να προσθέτει ένα κόστος στην απόσταση που έχει ήδη θέσει ο δεύτερος

# Αλγόριθμοι Δρομολόγησης: Διανύσματος Απόστασης



- Ο πίνακας δρομολόγησης σε κάθε δρομολογητή δημιουργείται παίρνοντας το χαμηλότερο κόστος που υπολογίζεται για κάθε προορισμό
- Ο πίνακας δρομολόγησης επαναπροσδιορίζεται εάν ληφθεί ένας νέος πίνακας διανύσματος απόστασης από ένα γείτονα ή αλλάξει η κατάσταση της σύνδεσης με έναν γείτονα
- Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του αλγορίθμου διανύσματος απόστασης είναι η ευκολία στην υλοποίηση
- Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι καθώς το δίκτυο μεγαλώνει σε μέγεθος, ανταλλάσσεται ένα εξαιρετικά μεγάλο μέγεθος πληροφορίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ακόμα και αν δεν έχει αλλάξει η τοπολογία του δικτύου, με αποτέλεσμα να περιορίζεται το διαθέσιμο εύρος ζώνης για τη μεταφορά της πληροφορίας

# Αλγόριθμοι Δρομολόγησης: Κατάστασης Σύνδεσης



- Στη δρομολόγηση που βασίζεται στους **link-state** αλγορίθμους, γνωστότερους και ως **SPF (Shortest Path First)**, κάθε δρομολογητής διατηρεί μία βάση δεδομένων που περιγράφει την τοπολογία του δικτύου
- Αυτή η τοπολογική βάση δεδομένων περιγράφει την κατάσταση των συνδέσεων όλων των δρομολογητών που υπάρχουν στο δίκτυο
- Οι δρομολογητές ανταλλάσσουν μηνύματα ανανέωσης (**Link State Advertisement**) μόνο όταν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου ή η κατάσταση μίας σύνδεσης
- Δεν ανταλλάσσεται ολόκληρο το περιεχόμενο του πίνακα δρομολόγησης παρά μόνο η συγκεκριμένη αλλαγή

# Αλγόριθμοι Δρομολόγησης: Κατάσταση Σύνδεσης



- Το **LSA** μήνυμα μεταδίδεται προς όλους τους γειτονικούς δρομολογητές μέσω της τεχνικής της πλημμυρίδας (**flooding**) χρησιμοποιώντας μία ειδική **IP multicast** διεύθυνση
- Σύμφωνα με την τεχνική αυτή κάθε γειτονικός δρομολογητής που λαμβάνει ένα αντίγραφο αυτού του μηνύματος, ενημερώνει την τοπολογική του βάση δεδομένων και προωθεί το **LSA** μήνυμα στους άμεσα γείτονες του, εκτός από αυτόν από τον οποίο το παρέλαβε
- Η λήψη των **LSA** μηνυμάτων επιβεβαιώνεται έτσι ώστε να βεβαιωθεί ότι όλοι οι δρομολογητές έχουν την ίδια πληροφορία για την κατάσταση των συνδέσεων στο δίκτυο

Διαφάνεια 20

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

# Αλγόριθμοι Δρομολόγησης: Κατάσταση Σύνδεσης

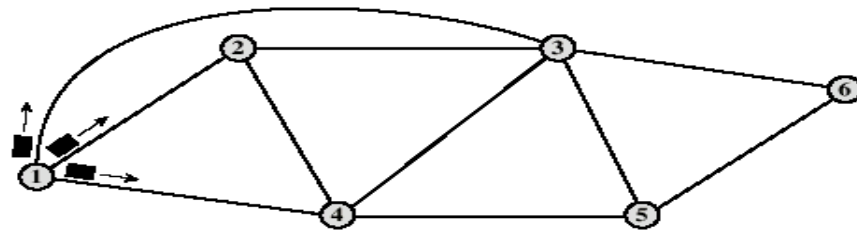


- Τέλος, ο αλγόριθμος του Dijkstra εκτελείται για την ανεύρεση των συντομότερων διαδρομών προς όλους τους προορισμούς στο δίκτυο και την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης
- Βασική προϋπόθεση για τη χρησιμοποίηση αυτών των αλγορίθμων είναι η ιεραρχική δομή του δικτύου και ο χωρισμός του δικτύου σε περιοχές, έτσι ώστε οποιαδήποτε αλλαγή στην τοπολογία της περιοχής να μην επηρεάζει τις υπόλοιπες περιοχές και συνεπώς τη λειτουργία ολόκληρου του δικτύου

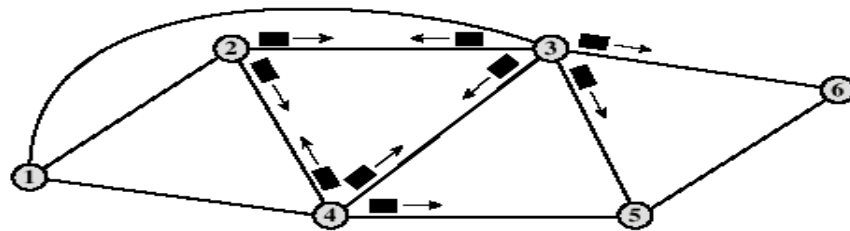
Διαφάνεια 21

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

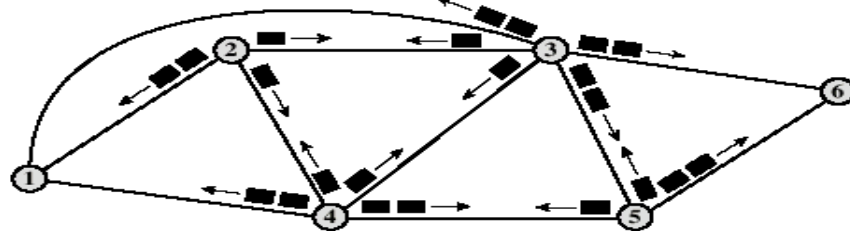
# Τεχνική Πλημμυρίδας



(a) First hop



(b) Second hop



(c) Third hop

# Distance Vector



- Στηρίζονται στον αλγόριθμο Bellman, Ford και Fulkerson για την βέλτιστη επικοινωνία μεταξύ δυο σημείων.
- Αποστέλλουν μέρος ή πλήρες πίνακα δρομολόγησης.
- Επικοινωνούν μόνο με τους γειτονικούς δρομολογητές.
- Αργή συνένωση, Μέτρηση στο άπειρο.

## Link State



- Στηρίζονται στον SPF αλγόριθμο του Dijkstra.
- Μερική αποστολή πληροφοριών δρομολόγησης
- Επικοινωνούν με flooding μηχανισμό με όλους του κόμβους στο ίδιο διαδίκτυο.
- Απαιτούν μεγαλύτερους πόρους σε CPU και μνήμη.



# Αυτόνομα Συστήματα



- Ένα αυτόνομο σύστημα **AS (Autonomous System)** αποτελείται από ένα σύνολο δρομολογητών και δικτύων που εποπτεύονται από μία κοινή αρχή διαχείρισης και ανταλλάσσουν πληροφορία διαμέσου ενός κοινού πρωτοκόλλου δρομολόγησης
- Το κάθε αυτόνομο σύστημα χαρακτηρίζεται από έναν μοναδικό αριθμό που παρέχεται από τον οργανισμό **IANA**
- Ο **AS** αριθμός χρησιμοποιείται για την επικοινωνία αυτόνομων συστημάτων μέσω ενός εξωτερικού πρωτοκόλλου δρομολόγησης (π.χ. **BGP**)



## Αυτόνομα Συστήματα

- Το εσωτερικό ενός αυτόνομου συστήματος χωρίζεται σε περιοχές. Μία περιοχή μπορεί να αποτελείται από έναν αριθμό δικτύων, τα οποία είναι λογικά οργανωμένα μαζί
- Οι περιοχές καθορίζονται συνήθως ανά γεωγραφική θέση ή μπορεί να καθοριστούν σύμφωνα με κάποια κριτήρια που θέτει ο διαχειριστής του δικτύου
- Η δημιουργία περιοχών μέσα σε ένα αυτόνομο σύστημα μειώνει τις απαιτήσεις μεγέθους της τοπολογικής βάσης δεδομένων που συντηρούν και ανταλλάσσουν οι δρομολογητές, αφού αποθηκεύει πληροφορίες μόνο για την περιοχή στην οποία ανήκουν

# Ιεραρχική δρομολόγηση



- Γιατί πρέπει να χρησιμοποιείται ιεραρχική δρομολόγηση?
  - Μεγάλη κλίματα (200 εκατομμύρια προορισμοί):
    - Περιορισμοί μνήμης στους πίνακες δρομολόγησης
    - Αδυναμία ανταλλαγής πληροφοριών πινάκων δρομολόγησης
  - Διαχειριστική αυτονομία
    - Διαδίκτυο = δίκτυο από δίκτυα
    - Κάθε διαχειριστής θέλει να ελέγχει τη δρομολόγηση στο δικό του δίκτυο

Διαφάνεια 27

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

# Ιεραρχική δρομολόγηση



- Οργάνωση δρομολογητών κατά περιοχές σε αυτόνομα συστήματα (ΑΣ)
- Δρομολογητές σε ίδιο ΑΣ εκτελούν το ίδιο πρωτόκολλο δρομολόγησης
  - Πρωτόκολλο δρομολόγησης «εντός ΑΣ» (Intra-AS)
- Δρομολογητές σε διαφορετικά ΑΣ μπορούν να εκτελούν διαφορετικά πρωτόκολλα δρομολόγησης
- Δρομολογητές πύλης
  - Ειδικοί δρομολογητές στο ΑΣ
  - Εκτελούν το πρωτόκολλο δρομολόγησης «εντός ΑΣ» με τους υπόλοιπους δρομολογητές το ΑΣ
  - Είναι υπεύθυνοι για την δρομολόγηση σε προορισμούς εκτός ΑΣ
    - Εκτελούν το πρωτόκολλο δρομολόγησης «μεταξύ ΑΣ» (Inter-AS) με άλλους δρομολογητές πύλης

# Αυτόνομα Συστήματα: Κατηγορίες Δρομολογητών



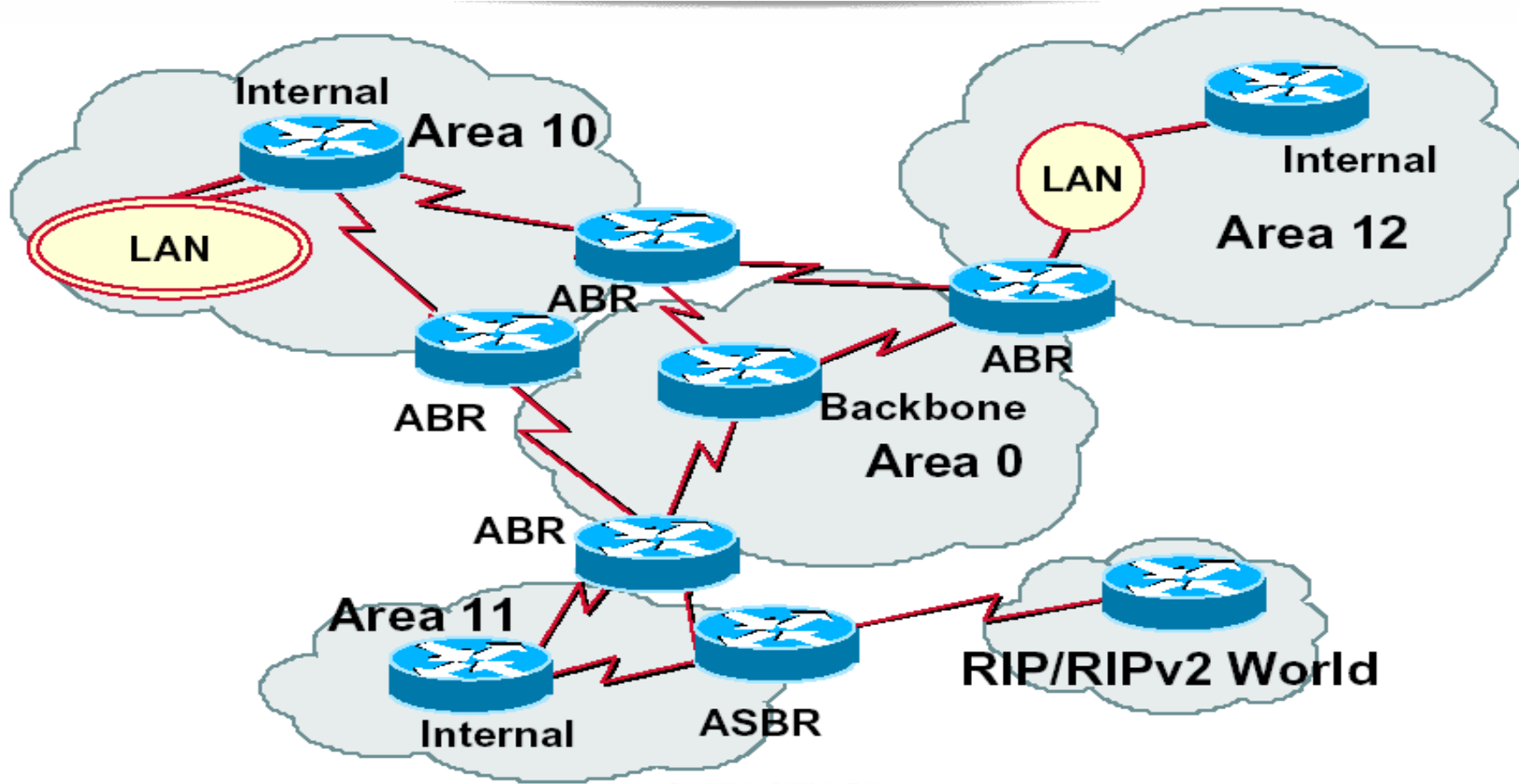
- Η πληροφορία για τα δίκτυα που βρίσκονται εκτός μιας περιοχής, συγκεντρώνεται από έναν δρομολογητή που βρίσκεται στα όρια των περιοχών και τις συνδέει μεταξύ τους. Ο δρομολογητής αυτός καλείται **ABR (Area Border Router)**
- Η πληροφορία που ανταλλάσσεται μεταξύ των ABR δρομολογητών στέλνεται στους δρομολογητές των περιοχών στις οποίες ανήκουν
- Οι δρομολογητές που βρίσκονται μέσα στην περιοχή, δεν έχουν γνώση της τοπολογίας του εξωτερικού δικτύου και γνωρίζουν μόνο δρόμους για τους προορισμούς που παρέχονται από τους **ABR**

# Αυτόνομα Συστήματα: Κατηγορίες Δρομολογητών



- Οι δρομολογητές που βρίσκονται αποκλειστικά μέσα σε μία περιοχή ονομάζονται εσωτερικοί δρομολογητές και διατηρούν μία βάση δεδομένων με την τοπολογία του δικτύου για την περιοχή στην οποία ανήκουν
- Οι δρομολογητές που βρίσκονται στην περιφέρεια ενός δικτύου και ανταλλάσσουν πληροφορία με άλλους δρομολογητές που ανήκουν σε διαφορετικά αυτόνομα συστήματα ονομάζονται **AS Boundary Routers (ASBR)**
- 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

# Αυτόνομα Συστήματα



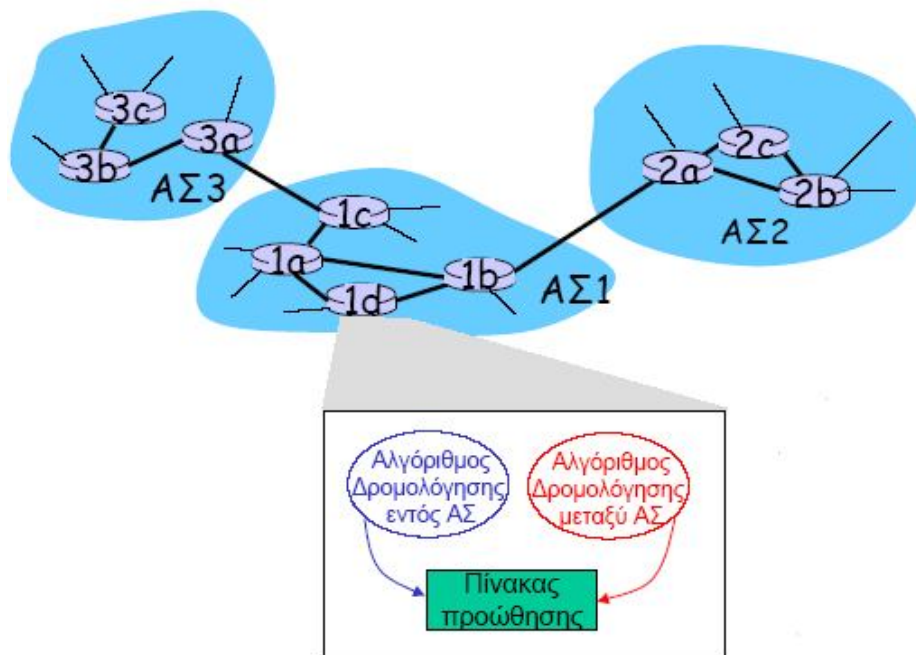
Διαφάνεια 31

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



# Διασυνδεδεμένα Αυτόνομα Συστήματα

- Ο πίνακας προώθησης καθορίζεται και από τους δύο αλγόριθμους δρομολόγησης: εντός ΑΣ και μεταξύ ΑΣ
  - Ο αλγόριθμος εντός ΑΣ καθορίζει τις καταχωρήσεις για εσωτερικούς προορισμούς
  - Οι αλγόριθμοι μεταξύ ΑΣ και εντός ΑΣ καθορίζουν τις καταχωρήσεις για

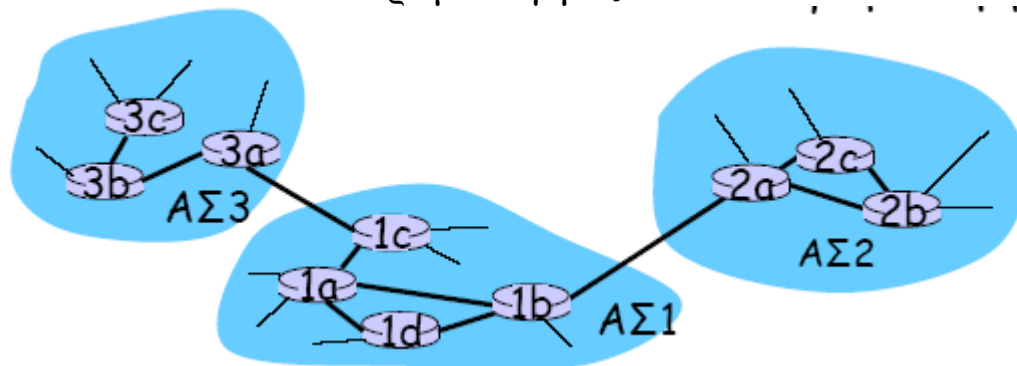




# Έργο αλγόριθμου δρομολόγησης μεταξύ ΑΣ



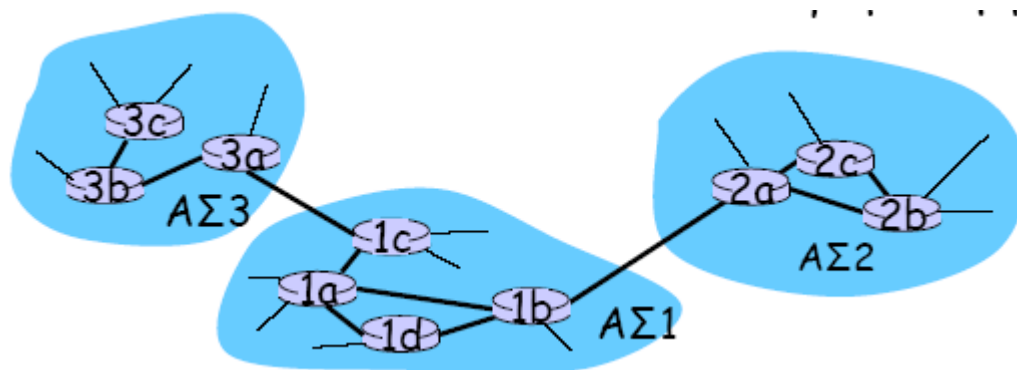
- Έστω ότι ένας δρομολογητής στο ΑΣ1 λαμβάνει ένα πακέτο με προορισμό στο εξωτερικό του ΑΣ1
  - Ο δρομολογητής πρέπει να προωθήσει το πακέτο προς έναν από δρομολογητές πύλης, αλλά ποιόν?
- Το ΑΣ1 χρειάζεται:
  - Να μάθει ποιοι προορισμοί είναι προσπελάσιμοι μέσω του ΑΣ2 και ποιοι είναι προσπελάσιμοι μέσω του ΑΣ3
  - Να διαδώσει αυτήν πληροφορία προσπελασιμότητας σε όλους τους δρομολογητές στο ΑΣ1 . . . . .



# Παράδειγμα: Καθορισμός πίνακα προώθησης στο δρομολογητή 1d



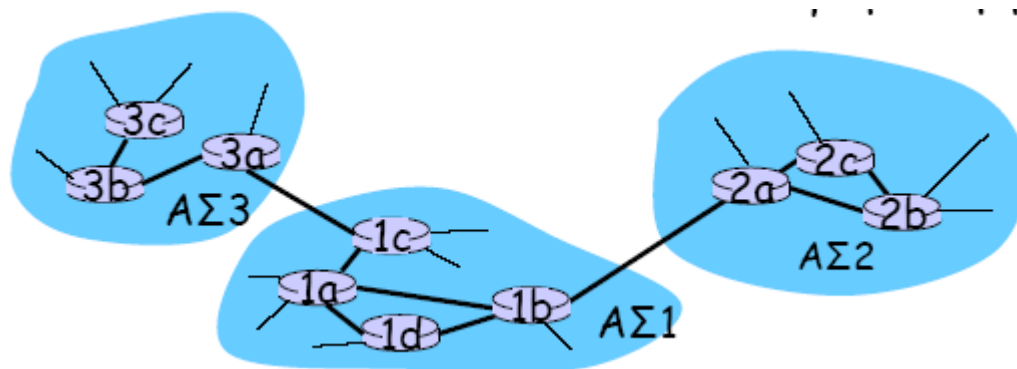
- Έστω ότι το ΑΣ1 μαθαίνει από το πρωτόκολλο μεταξύ ΑΣ ότι το υποδίκτυο X είναι προσπελάσιμο μέσω του ΑΣ3 (πύλη 1c) όχι όμως μέσω του ΑΣ2
- Το πρωτόκολλο εντός ΑΣ διαδίδει αυτήν την πληροφορία προσπελασιμότητας σε όλους τους εσωτερικούς δρομολογητές του ΑΣ1
- Ο δρομολογητής 1d προσδιορίζει από την πληροφορία δρομολόγησης εντός του ΑΣ ότι η διεπαφή του I βρίσκεται στην διαδρομή ελάχιστου κόστους προς την πύλη 1c
- Εισάγει στον πίνακα προώθησης του την καταχώρηση (X,I)



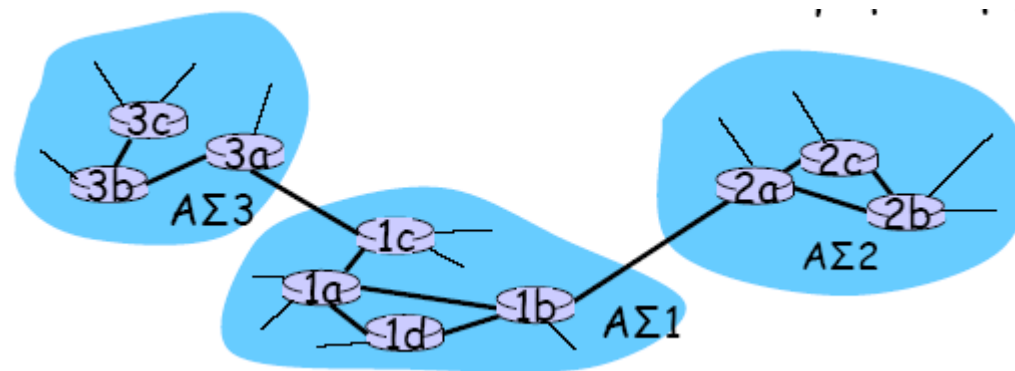
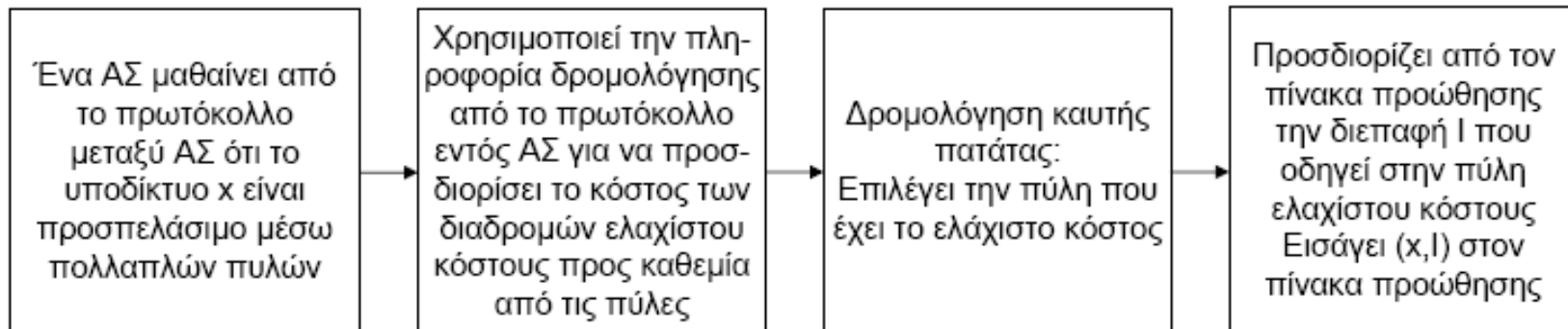
# Παράδειγμα: Επιλογή μεταξύ πολλαπλών ΑΣ



- Έστω ότι το ΑΣ1 μαθαίνει από το πρωτόκολλο μεταξύ ΑΣ ότι το υποδίκτυο X είναι προσπελάσιμο μέσω του ΑΣ3 (πύλη 1c) και μέσω ΑΣ2 (πύλη 1b)
- Ο δρομολογητής 1d πρέπει να προσδιορίσει σε ποια από τις δύο πύλες (1c, 1b) θα προωθήσει τα πακέτα με προορισμό το υποδίκτυο X
- Αυτό είναι επίσης έργο του πρωτοκόλλου μεταξύ ΑΣ
- Δρομολόγηση καυτής πατάτας (**hot potato routing**) αποστολή πακέτου προς τον «πλησιέστερο» δρομολογητή



# Παράδειγμα: Επιλογή μεταξύ πολλαπλών ΑΣ



# Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο



- Το παγκόσμιο Διαδίκτυο αποτελείται από Αυτόνομα Συστήματα (ΑΣ) που διασυνδέονται μεταξύ τους
- Τα αυτόνομα συστήματα διακρίνονται σε:
  - **Stub:** μια μόνο σύνδεση με ένα άλλο ΑΣ – μεταφέρει τοπική κίνηση που προέρχεται από ή προορίζεται για το ίδιο
  - **Multihomed:** πολλαπλές συνδέσεις με περισσότερα από ένα άλλα ΑΣ – μεταφέρει τοπική κίνηση, δεν επιτρέπει διερχόμενη κίνηση
  - **Transit:** πάροχος που συνδέει πολλά ΑΣ μεταξύ τους – μεταφέρει τοπική και διερχόμενη κίνηση
- Δρομολόγηση σε δύο επίπεδα:
  - Εντός ΑΣ: διαχειριστής υπεύθυνος για την επιλογή του αλγορίθμου δρομολόγησης μέσα στο δίκτυο
  - Μεταξύ ΑΣ: ένα μόνο πρότυπο δρομολόγησης μεταξύ ΑΣ: BGP



## Πρωτόκολλα δρομολόγησης εντός ΑΣ

- Γνωστά επίσης ως Πρωτόκολλα Εσωτερικής Πύλης – Interior Gateway Protocols (IGP)
- Πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα δρομολόγησης εντός ΑΣ:
  - RIP: Routing Information Protocol
    - Αρχικό πρωτόκολλο δρομολόγησης στο Internet
  - OSPF: Open Shortest Path First
    - Συνιστώμενο πρωτόκολλο δρομολόγησης στο Internet
  - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol
    - Πρωτόκολλο της Cisco

# Πρωτόκολλα δρομολόγησης ανάμεσα σε ΑΣ



- Γνωστά ως Exterior Gateway Protocols (EGP)
- Πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα δρομολόγησης εντός ΑΣ:
  - BGP: Border Gateway Protocol