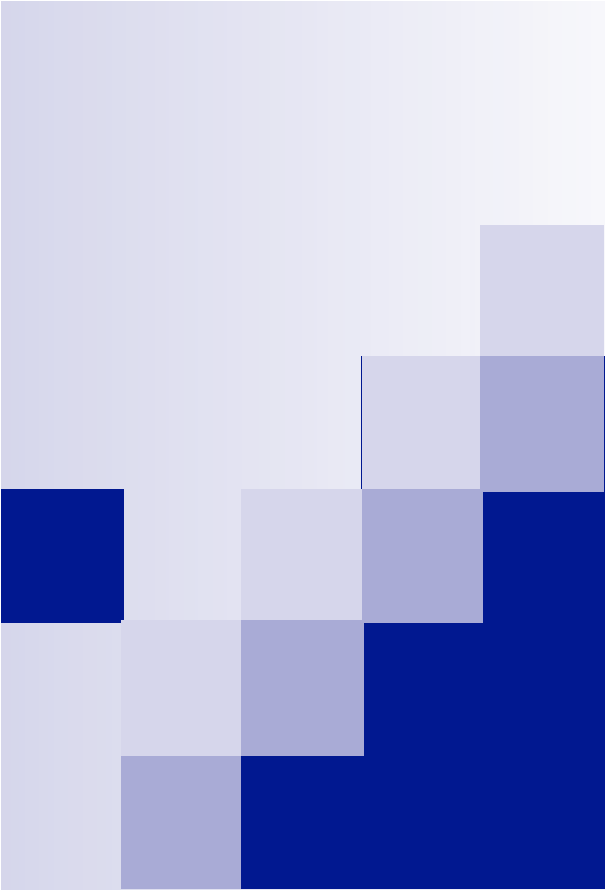




Δρομολόγηση (Routing)

Περίληψη



- Flooding
- Η Αρχή του Βέλτιστου και Δυναμικός Προγραμματισμός
 - Dijkstra's Algorithm
- Αλγόριθμοι Δρομολόγησης
 - Link State
 - Distance Vector
- Δρομολόγηση σε Κινητά Δίκτυα
- Δρομολόγηση σε ad hoc δίκτυα

Δρομολόγηση δια Πλημμύρας (Flooding)

- Κάθε πακέτο αποστέλλεται σε όλες τις κατευθύνσεις εκτός από την κατεύθυνση απ' όπου ήρθε.
- Χρησιμοποιείται όπως είδαμε στις γέφυρες (σε επίπεδο ζεύξης δεδομένων)
- **Πολύ εύρωστος** (σε περίπτωση που πολλοί δρομολογητές σταματήσουν να λειτουργούν ταυτόχρονο π.χ. σε πολεμικές επιχειρήσεις)
- **Μη αποδοτικός** αφού δημιουργεί πολλά αχρείαστα πακέτα.
- **Καθόλου ασφαλής**, αφού στέλνει πληροφορίες σε κόμβους που δεν χρειάζεται ή δεν πρέπει να τις δούν.

Μετρικές Απόδοσης

- Αριθμός συνδέσεων (number of hops)
- Φυσική απόσταση (Km)
- Μέση καθυστέρηση
- ...

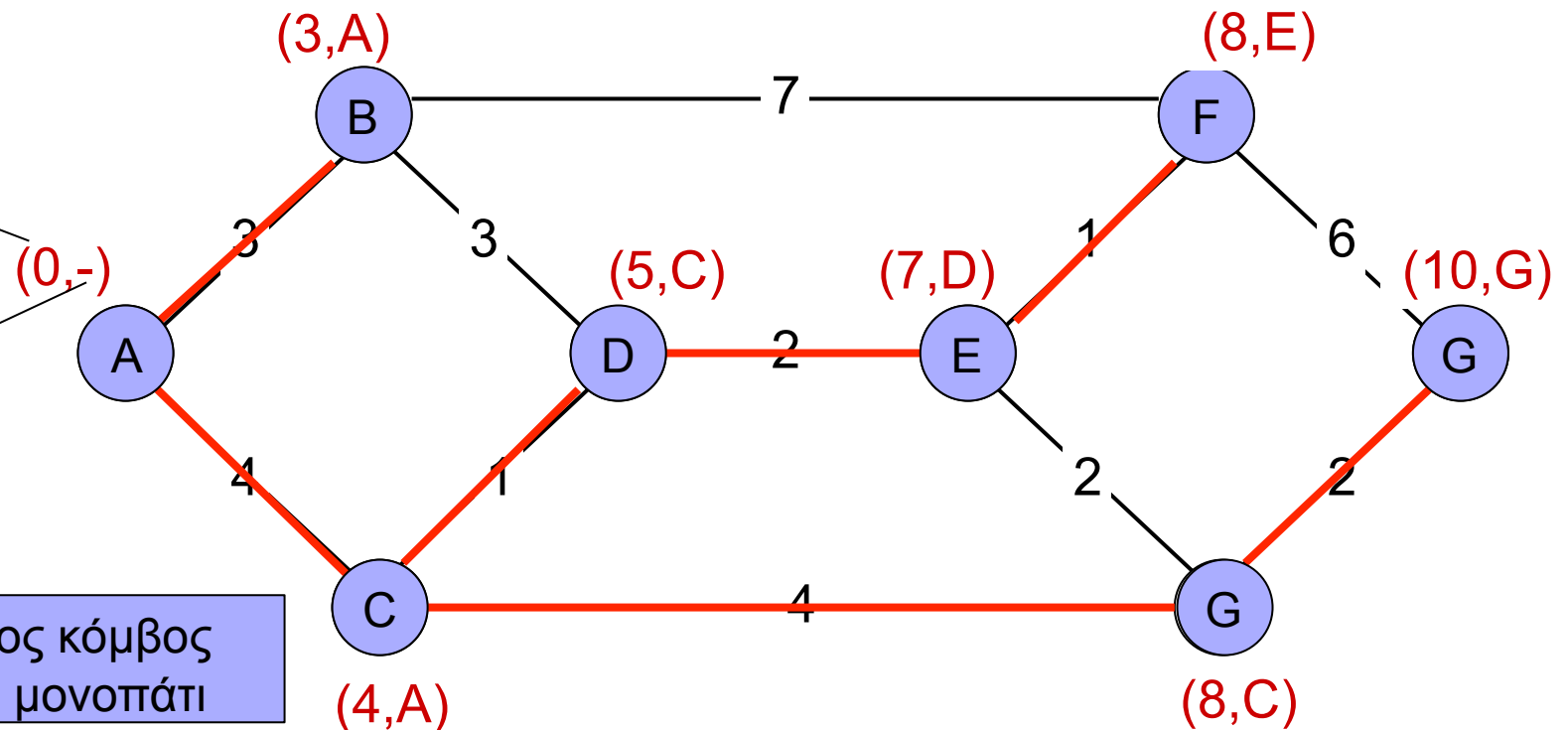
Πρόβλημα Ελάχιστης Απόστασης (Dijkstra's algorithm)

- Οι κόμβοι χωρίζονται σε **καταχωρημένους** και **μη**
 - Αρχικά όλοι οι κόμβοι είναι μη καταχωρημένοι
- Ορίζουμε τον παραλήπτη (ή αποστολέα) σαν **ενεργό κόμβο** (working node)
 - Τον **σημαδεύουμε** με το κόστος μέχρι τον παραλήπτη (ή αποστολέα)
 - **Υπολογίζουμε** το κόστος για όλους τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι με τον ενεργό κόμβο.
- **Επιλέγουμε** (από τους μη καταχωρημένους κόμβους) τον κόμβο με το μικρότερο κόστος, τον καταχωρούμε και τον ονομάζουμε σαν τον νέο ενεργό κόμβο.
 - **Υπολογίζουμε** το κόστος για όλους τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι με τον ενεργό κόμβο
 - **Επαναλαμβάνουμε** το τελευταίο βήμα μέχρι να καταχωρήσουμε όλους τους κόμβους.

Πρόβλημα Ελάχιστης Απόστασης (Dijkstra's algorithm)

Βρέστε το μονοπάτι με το μικρότερο κόστος από τον A στον H

Ελάχιστο κόστος από τον
A



Προηγούμενος κόμβος
στο ελάχιστο μονοπάτι

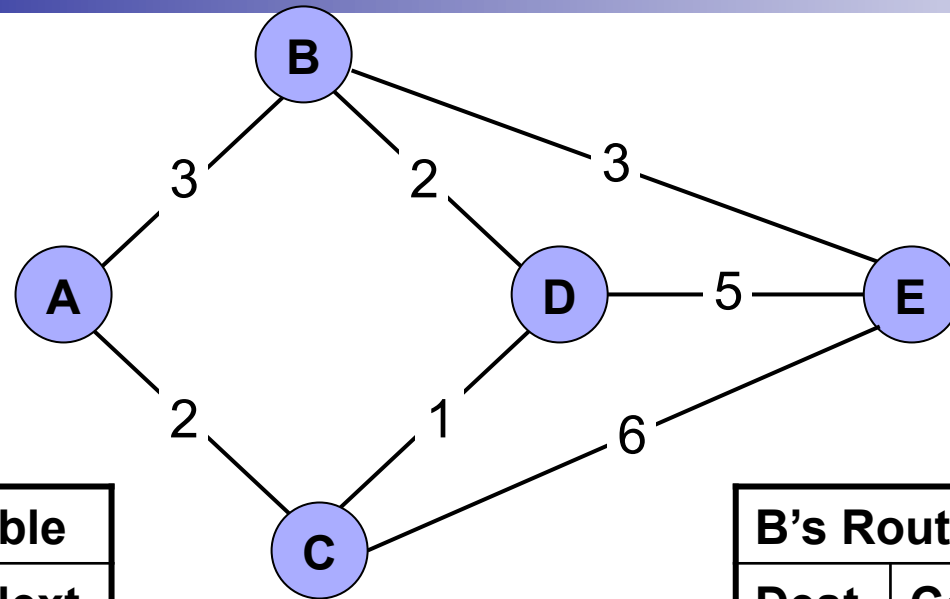
Αλγόριθμος Distance Vector

- Κατανεμημένος αλγόριθμος Bellman-Ford και Ford-Fulkerson
- Ο κάθε δρομολογητής διατηρεί ένα διάνυσμα με την «απόσταση» από κάθε κόμβο στο δίκτυο.
 - Για κάθε προορισμό διατηρεί επίσης τον ακριβώς επόμενο κόμβο στο οποίο πρέπει να σταλεί το πακέτο.
- Υποθέτουμε πως κάθε δρομολογητής μπορεί να εκτιμήσει την «απόσταση» σε όλους τους γειτονικούς κόμβους.
 - π.χ. αποστέλλοντας ειδικά πακέτα ECHO
- Κάθε δρομολογητής αποστέλλει το διάνυσμα αποστάσεων σε όλους τους γειτονικούς κόμβους.

Αλγόριθμος Distance Vector

- Όταν ένας δρομολογητής j παραλάβει το διάνυσμα από τον γειτονικό δρομολογητή k τότε
 - Για κάθε προορισμό υπολογίζει το άθροισμα της απόσταση από το γειτονικό κόμβο k συν την απόσταση από τον γειτονικό κόμβο μέχρι τον προορισμό.
 - Εάν το άθροισμα είναι μεγαλύτερο από την απόσταση που ο j έχει στο δικό του διάνυσμα, το αγνοεί.
 - Εάν είναι μικρότερη, τότε αποφασίζει ότι είναι πιο αποδοτικό να αποστέλλει τα πακέτα του μέσω του γειτονικού κόμβου k .

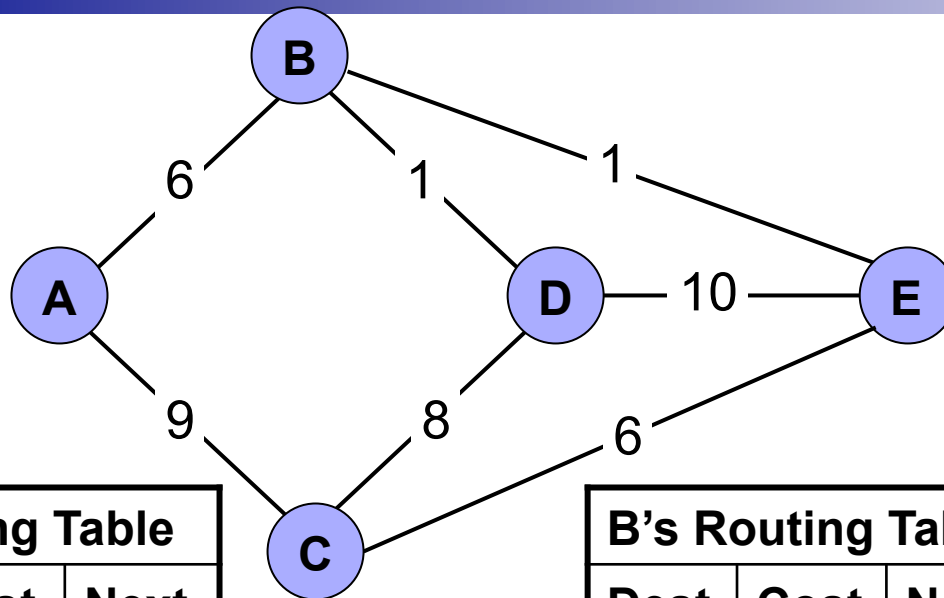
Distance Vector Algorithm



A's Routing Table		
Dest	Cost	Next
A	0	
B	3	B
C	2	C
D	3	C
E	6	B

B's Routing Table		
Dest	Cost	Next
A	3	A
B	0	
C	3	D
D	2	D
E	3	E

Distance Vector Algorithm



Πρόβλημα μέτρησης
μέχρι το άπειρο
(count to infinity
problem)!

A's Routing Table		
Dest	Cost	Next
A	0	
B	6	B
C	9	C
D	7	B
E	7	B

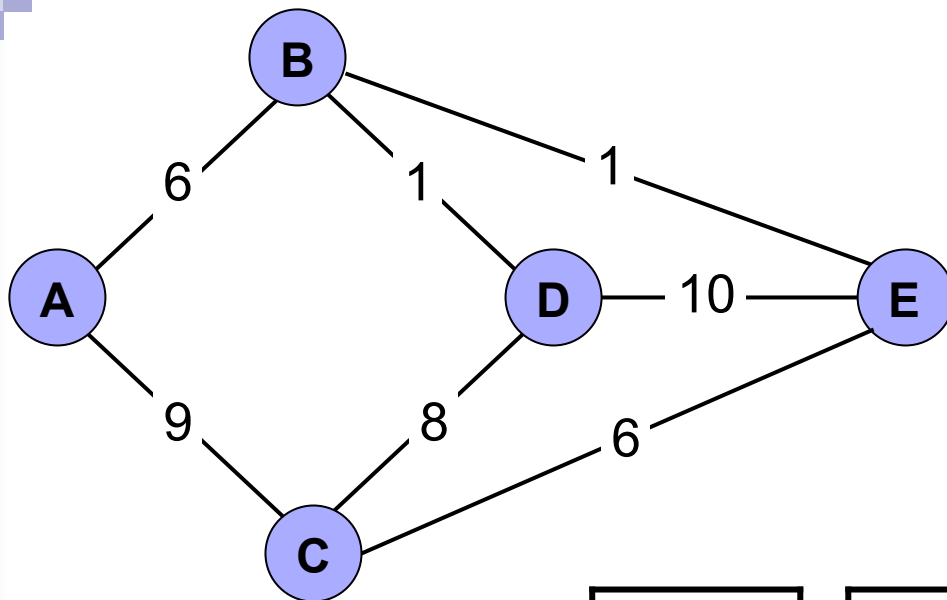
B's Routing Table		
Dest	Cost	Next
A	6	A
B	0	
C	7	D
D	1	D
E	11	B

D's Routing Table		
Dest	Cost	Next
A	7	B
B	1	B
C	8	C
D	0	
E	10	E

Αλγόριθμος Link State

- Αποφεύγει το πρόβλημα της σύγκλισης αφού χρησιμοποιεί όχι μόνο τοπικές πληροφορίες αλλά και την τοπολογία όλου του δικτύου.
- Κύρια χαρακτηριστικά του Link State
 - Κάθε κόμβος ανακαλύπτει τους γείτονες του
 - HALLO packets
 - Εκτιμά την «απόσταση» από τον κάθε γείτονα
 - ECHO packets
 - Στέλνει «**όλες**» τις πληροφορίες που γνωρίζει σε **όλους** τους κόμβους
 - Υπολογίζει την διαδρομή ελάχιστου κόστους χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Dijkstra.

Πακέτα Link State



A	
Seq	
Age	
B	6
C	9

B	
Seq	
Age	
A	6
D	1
E	1

C	
Seq	
Age	
A	9
D	8
E	6

D	
Seq	
Age	
B	1
C	8
E	10

E	
Seq	
Age	
B	1
C	6
D	10

Διανομή των Πακέτων Link State

- Ο αλγόριθμος διανομής βασίζεται στον Flooding
- Σε κάθε πακέτο υπάρχει αύξων αριθμός (seq), τον οποίο αυξάνει κατά ένα ο δρομολογητής ο οποίος δημιουργεί τα πακέτα.
- Ο αύξων αριθμός φυλάγεται επίσης σε όλους τους δρομολογητές.
- Όταν ένας δρομολογητής παραλάβει ένα νέο πακέτο Link State Ελέγχει τον Αύξων αριθμό του
 - Εάν είναι μεγαλύτερος από αυτόν που έχει ήδη καταγραφμένο, καταγράφει το πακέτο και το διανέμει σε όλες τις ζεύξεις εκτός από εκείνη από την οποία ήρθε.
 - Εάν είναι μικρότερος, τότε το πακέτο αγνοείται.

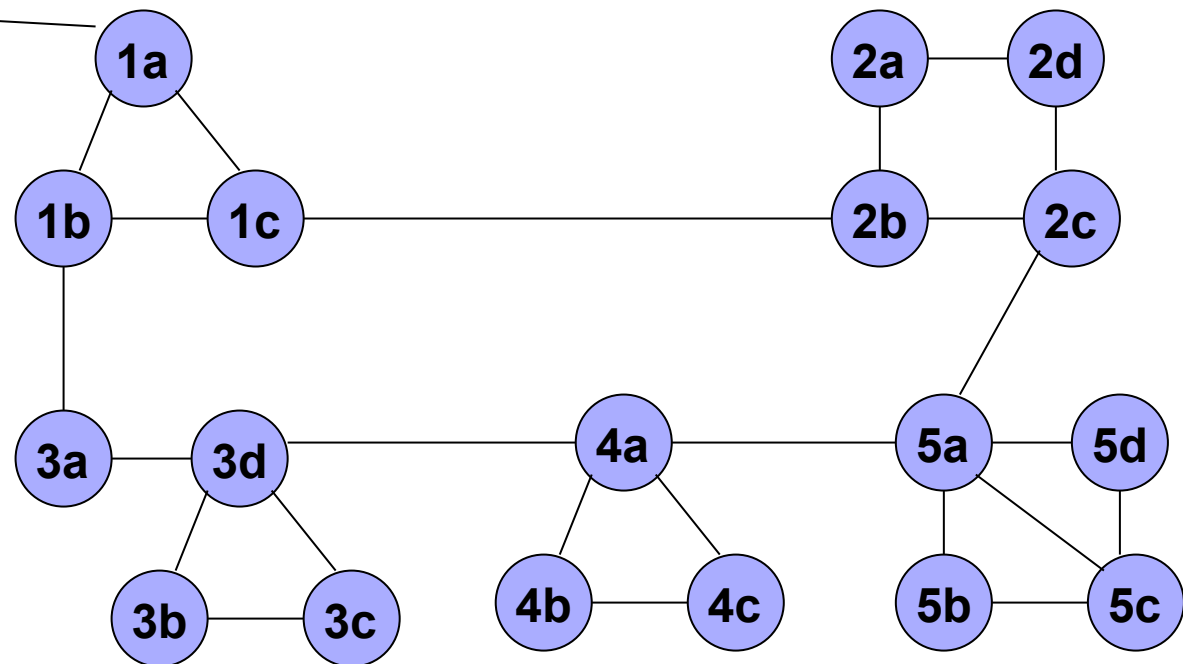
Προβλήματα στη Διανομή των Πακέτων Link State

- **Υπερχείλιση** του αύξων αριθμού (seq overflow).
- Ένας δρομολογητής αποσυνδέεται και στη συνέχεια επανασυνδέεται με αποτέλεσμα ο αύξων αριθμός (seq) να **μηδενιστεί**.
- Λόγω κάποιου **σφάλματος στη μετάδοση** ο αύξων αριθμός πήρε τιμή μεγαλύτερη από την αναμενόμενη.
- **Λύση:** Χρήση ενός χρονομέτρου (**age**) το οποίο μετρά την ηλικία κάθε πληροφορίας. Όταν το χρονόμετρο φτάσει στο μηδέν, τότε οι πληροφορίες παύουν να ισχύουν.
- Επιπρόσθετη Ασφάλεια
 - Όταν ένας δρομολογητής πάρει ένα πακέτο Link State, τότε δεν το διανέμει αμέσως αλλά το αποθηκεύει και καθυστερεί λίγο πριν το στείλει.
 - Τα πακέτα Link State Επαληθεύονται.

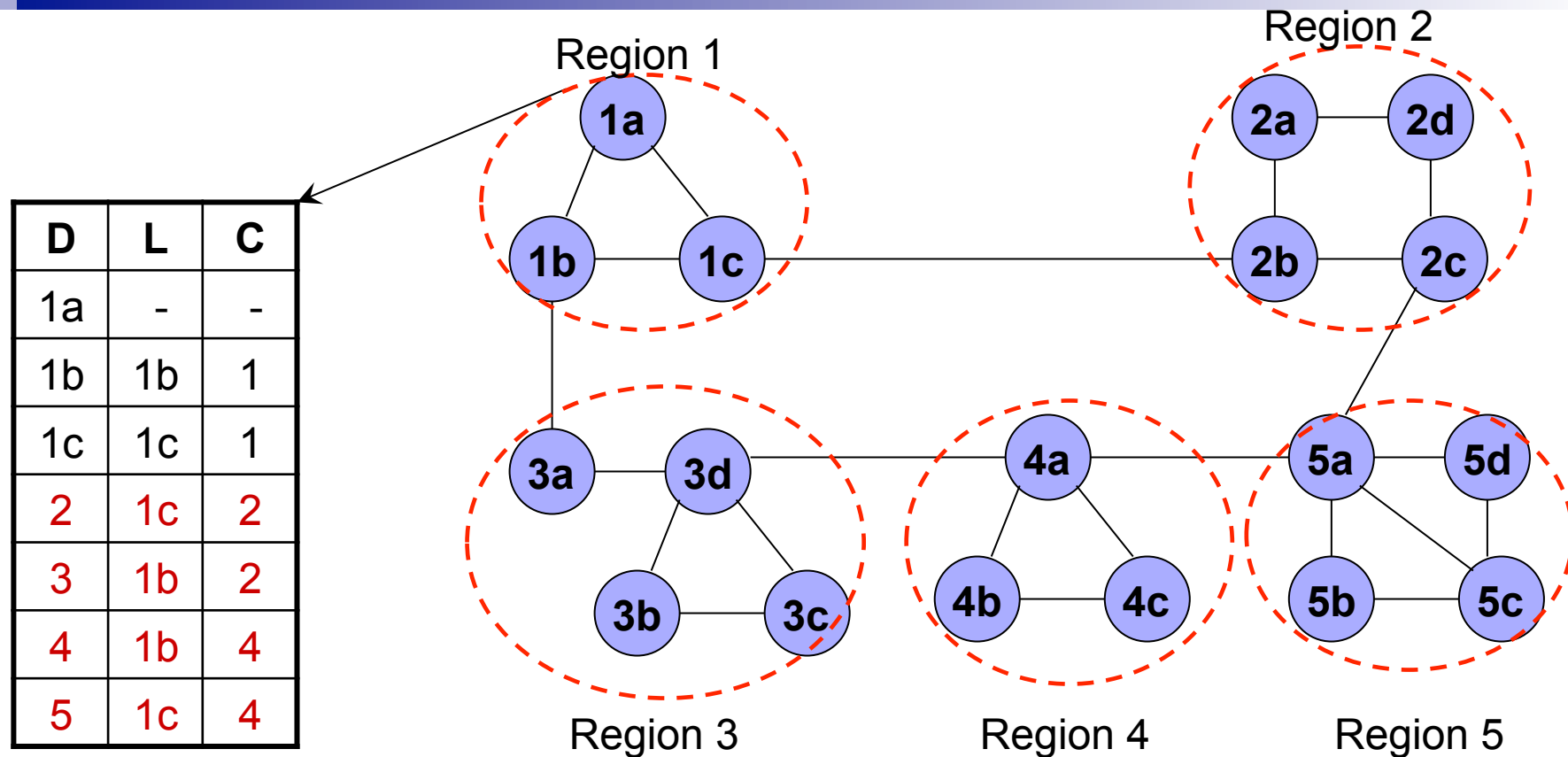
Ιεραρχική Δρομολόγηση (Hierarchical Routing)

- Για μεγάλα δίκτυα, οι πίνακες δρομολόγησης μπορεί να γίνουν τεράστιοι με αποτέλεσμα να χρειάζονται υπερβολική μνήμη και η αναζήτηση στους πίνακες να είναι μη αποδοτική.

D	L	C
1a	-	-
1b	1b	1
1c	1c	1
2a	1c	3
2b	1c	2
2c	1c	3
...		
...		
5d	1c	5

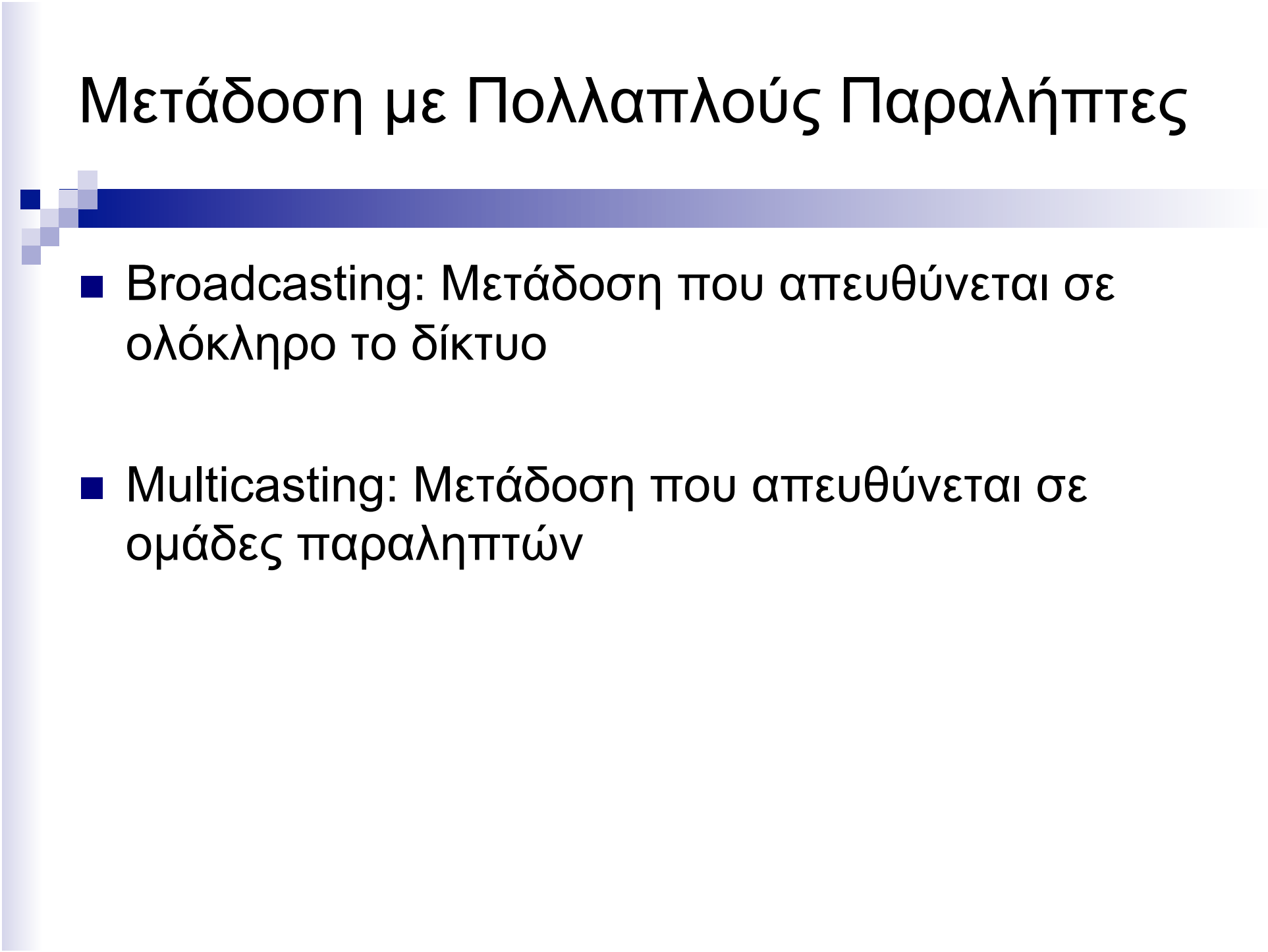


Ιεραρχική Δρομολόγηση



- Επιτυγχάνεται μείωση στο μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης
- Η δρομολόγηση δεν είναι βέλτιστη

Μετάδοση με Πολλαπλούς Παραλήπτες



- Broadcasting: Μετάδοση που απευθύνεται σε ολόκληρο το δίκτυο
- Multicasting: Μετάδοση που απευθύνεται σε ομάδες παραληπτών

Broadcasting

- Αποστολή «αντίγραφου» του πακέτου σε **όλους** τους παραλήπτες (πολύ κακή λύση).
 - Μη αποδοτική. Επίσης ένας κόμβος μπορεί να μην γνωρίζει όλους τους παραλήπτες.
- Flooding (πιθανή λύση)
- Multi-destination routing
 - Ένα πακέτο έχει πολλές διευθύνσεις. Ο δρομολογητής στέλνει ένα αντίγραφο σε κάθε έξοδο την οποία έστω και ένας παραλήπτης χρησιμοποιεί σαν βέλτιστη διαδρομή
 - Πάλι ο αποστολέας πρέπει να ξέρει όλες τις διευθύνσεις
- Δέντρο Επικάλυψης (Spanning Tree)
 - Κάθε δρομολογητής αναμεταδίδει τα πακέτα μόνο στις εξόδους που ανήκουν στο δέντρο επικάλυψης.

Broadcasting

■ Reverse Path Forwarding

- Ο δρομολογητής διαβάσει τη διεύθυνση του αποστολέα και συγκρίνει την ζεύξη από την οποία έφτασε το πακέτο με αυτή που θα χρησιμοποιήσει να στείλει πακέτα στον αποστολέα (πίνακας δρομολόγησης).
- Εάν είναι ίδιες, τότε υποθέτει πως το πακέτο είναι νέο, οπότε το προωθεί σε όλες τις ζεύξεις, εκτός από αυτήν στην οποία έφτασε το πακέτο.
- Εάν είναι διαφορετικές, τότε αγνοεί το πακέτο.

■ Ιδιότητες του Αλγορίθμου

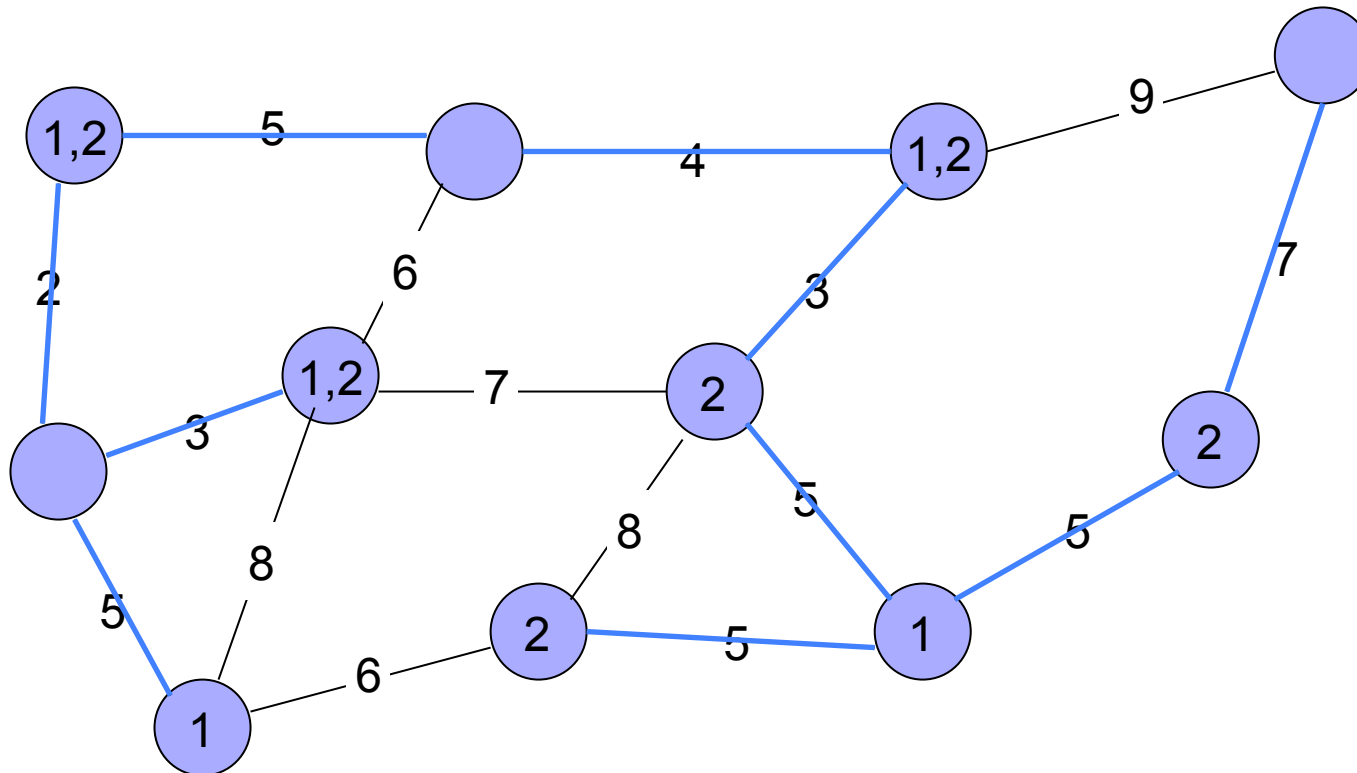
- Υλοποιεί τον αλγόριθμο Δέντρου Επικάλυψης χωρίς να χρειάζεται να κτίσει το δέντρο επικάλυψης!
- Ο αλγόριθμος υποθέτει συμμετρική δρομολόγηση (Το μονοπάτι από A στο B είναι το ίδιο με B στο A).

Multicasting

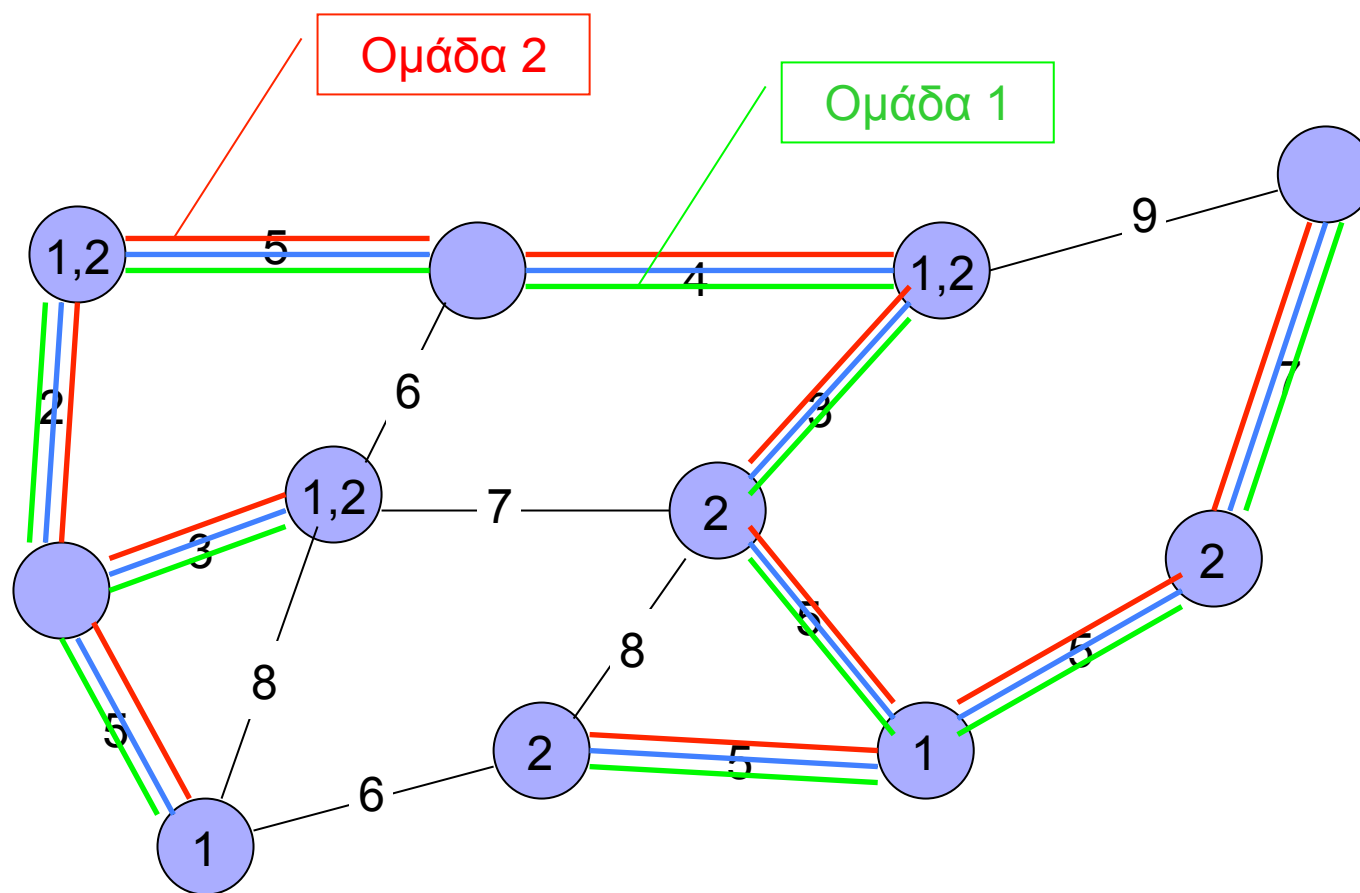
- Πρωτόκολλα για ομάδες από χρήστες (π.χ., κατανεμημένες βάσεις δεδομένων)
- Διαχείριση ομάδων
 - Διαδικασία δημιουργίας και καταστροφής ομάδων
 - Τρόπος με το οποίο χρήστες εντάσσονται και διαγράφονται από ομάδες.
 - Είναι σημαντικό όπως οι δρομολογητές ξέρουν τα μέλη κάθε ομάδας για να διεκπεραιώσουν τη δρομολόγηση
 - Είτε τα μέλη πληροφορούν τους δρομολογητές
 - Είτε οι δρομολογητές περιοδικά ζητούν από τα μέλη

Multicast Routing

- Διάφοροι αλγόριθμοι.
- Κλαδεμένα Δέντρα Επικάλυψης (Spanning trees with pruning).



Multicast Routing



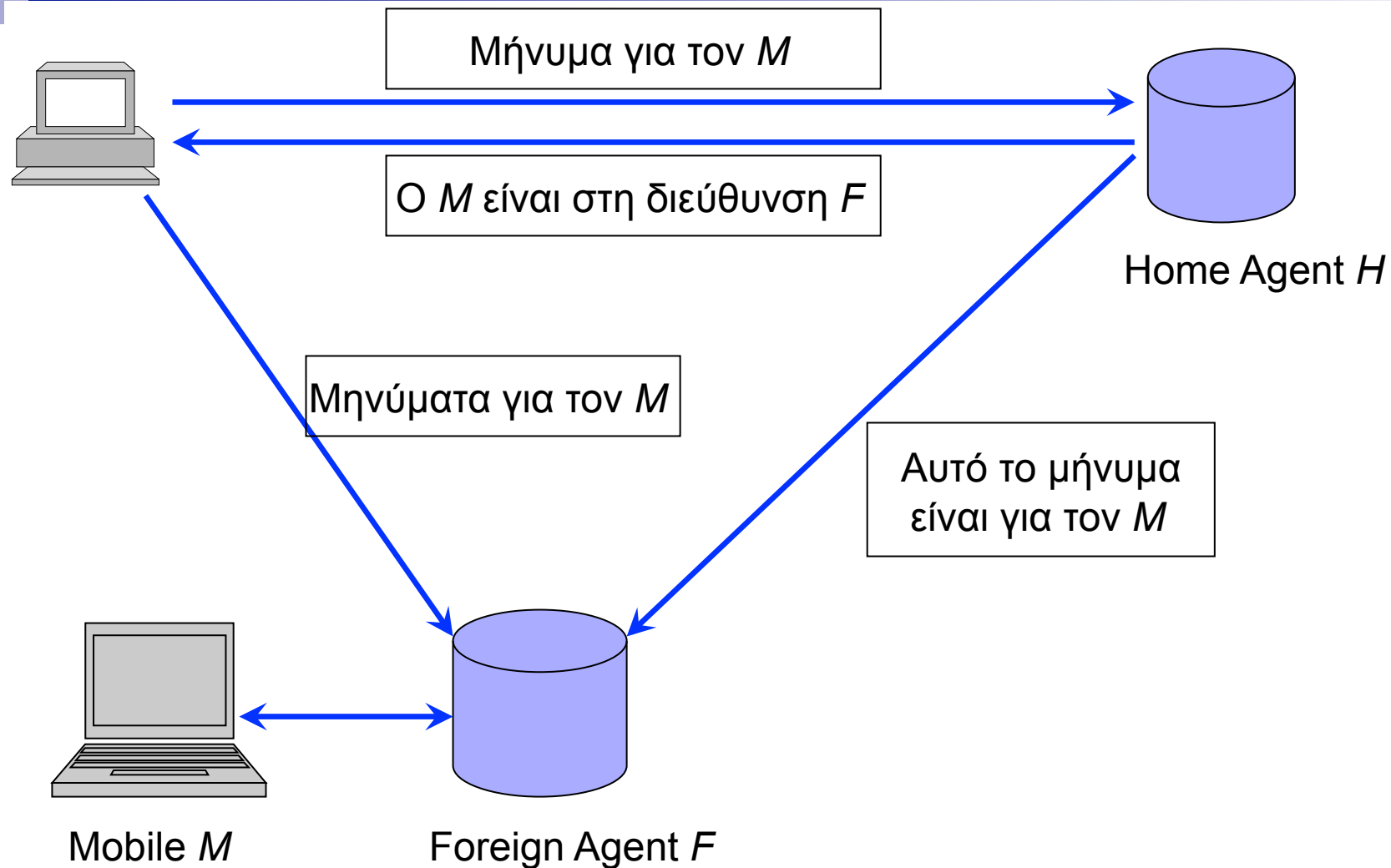
Δρομολόγηση σε Κινητά Δίκτυα

- Χρήστες μετακινούνται από μια περιοχή σε άλλη
- Κάθε χρήστης είναι καταχωρημένος σε μία αρχική περιοχή (**home location**).
- Κάθε περιοχή έχει πράκτορες οι οποίοι διαχειρίζονται τους τοπικά καταχωρημένους χρήστες (**home agent**) ή τους επισκέπτες (**foreign agents**)
- Κάθε φορά που ένας χρήστης μπαίνει σε άλλη περιοχή, ενημερώνει τον foreign agent της περιοχής μέσω μιας διαδικασίας εγγραφής (**registration procedure**).

Διαδικασία Εγγραφής

- Κάθε foreign agent περιοδικά ανακοινώνει την ύπαρξη του καθώς και τη διεύθυνση του
- Μόλις ένας κινητός χρήστης μπει σε μια νέα περιοχή, είτε περιμένει να ακούσει τον foreign agent, είτε εκπέμπει κάποιο μήνυμα ότι αναζητά τον foreign agent.
- Ο κινητός χρήστης εγγράφεται με τον εν λόγο Foreign Agent δίνοντας του
 - ☐ Διεύθυνση του Home Agent
 - ☐ Διεύθυνση επιπέδου ζεύξης δεδομένων
 - ☐ Κωδικούς ασφαλείας
- Ο foreign agent ενημερώνει τον Home agent του κινητού χρήστη
- Ο home agent στέλνει επαλήθευση στον foreign agent και ο τελευταίος ολοκληρώνει την εγγραφή ενημερώνοντας τον κινητό χρήστη.

Διαδικασία Επικοινωνίας με Κινητό Χρήστη



MANET (Mobile Ad Hoc NETworks)

- Δίκτυα χωρίς σταθερή υποδομή
 - Δεν υπάρχει σταθερή τοπολογία
 - Δεν υπάρχουν σταθεροί ή γνωστοί γείτονες
 - Η διεύθυνση IP δεν έχει καμιά σχέση με την τοπολογία
- Ανακάλυψη των μονοπατιών (route discovery)
- Συντήρηση των μονοπατιών (route maintenance).
- Περισσότερα επί του θέματος: A. Tanenbaum και στις Ερευνητικές Μελέτες...