

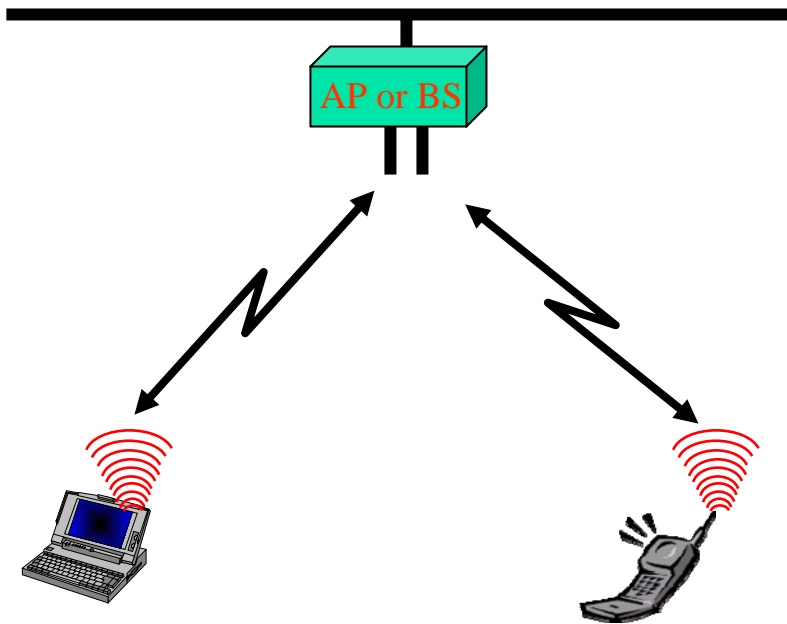


*Αξιολόγηση Επιδόσεων Πρωτοκόλλων Δρομολόγησης για Ad – Hoc Δίκτυα με Χρήση του Προσομοιωτή*

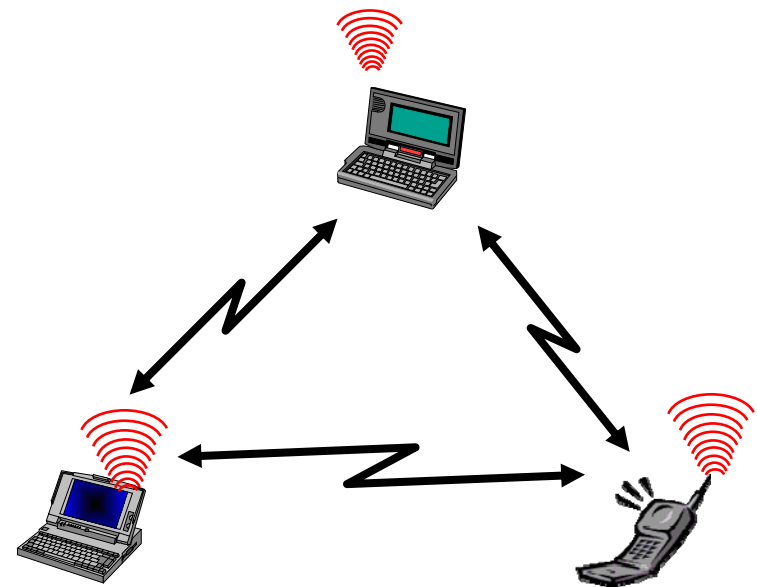
*NS2*

*Νιωτάκης Κωνσταντίνος*

# Τύποι Ασυρμάτων Δικτύων



Δίκτυο με Υποδομή



Δίκτυο χωρίς Υποδομή  
(Ad Hoc Δίκτυα)



## Τι είναι ένα Ad Hoc Δίκτυο

---

*“Ένα *ad hoc* δίκτυο είναι μία συλλογή ασύρματων κινητών κόμβων οι οποίοι δημιουργούν ένα προσωρινό δίκτυο χωρίς προϋπάρχουσα υποδομή ή κα διαχείριση”*



## Χαρακτηριστικά των Ad Hoc Δικτύων

---

- Προσωρινό Δίκτυο δίχως κεντρική διαχείριση και υποδομή.
- Περιορισμένο εύρος μετάδοσης.
- Κάθε κινητός κόμβος συμπεριφέρεται επίσης και ως δρομολογητής.



## Εφαρμογές

---

- Φοιτητές οι οποίοι χρησιμοποιούν τους φορητούς υπολογιστές τους προκειμένου να συμμετάσχουν σε μία *interactive* διάλεξη
- Συνεργάτες σε μία επιχείρηση οι οποίοι μοιράζονται πληροφορίες κατά τη διάρκεια μίας συνάντησης
- Στρατιώτες οι οποίοι αναμεταδίδουν πληροφορίες για ενημέρωση διαφόρων καταστάσεων στο πεδίο της μάχης
- Επείγουσες καταστάσεις όπως σεισμός για συντονισμό των προσπαθειών αντιμετώπισης



## Θέματα Δρομολόγησης προς Αντιμετώπιση

- Δικατευθυντική μετάδοση
- Περιττές συνδέσεις
- Απώλειες εύρους ζώνης λόγω των περιοδικών Updates
- Εύρεση διαδρομών
  - Κόμβοι εντός τους εύρους μετάδοσης (Διαδρομή άμεσα διαθέσιμη, εξοικονόμηση ενέργειας)
  - Κόμβοι εκτός τους εύρους μετάδοσης (Εύρεση διαδρομής)
- Διατήρηση διαδρομών
  - Συνεχής αποστολή Updates δρομολόγησης
  - Παροχή πληροφοριών σχετικά με απώλεια, μεταβολή, εύρεση διαδρομών
- Περιττή μετάδοση πακέτων εύρεσης διαδρομών



# Προβλήματα Παραδοσιακών Πρωτοκόλλων Δρομολόγησης

---

- Δυναμική τοπολογία
  - Συχνή αλλαγή των συνδέσεων, της ποιότητας τους και της θέσης των κόμβων
- Περιορισμένη απόδοση σε συστήματα κινητών κόμβων
  - Περιοδικά updates των πινάκων δρομολόγησης απαιτούν ισχύ δίχως να συμβάλουν στην μετάδοση δεδομένων
  - Περιορισμένο εύρος ζώνης το οποίο μειώνεται ακόμη λόγω της ανταλλαγής πληροφοριών δρομολόγησης
- Τα πρωτόκολλα αυτά έχουν σχεδιαστεί για σταθερά δίκτυα στα οποία οι αλλαγές είναι σπάνιες και υποθέτουμε ότι οι συνδέσεις είναι συμμετρικές



# Τα Ad Hoc Πρωτόκολλα Δρομολόγησης

---

- Πρωτόκολλα Proactive
  - DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector Routing)
- Πρωτόκολλα Reactive
  - DSR(Dynamic Source Routing)
  - AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector Routing)





## Επιθυμητές Ιδιότητες

---

- Κατανεμημένη λειτουργία
- Το πρωτόκολλο πρέπει να είναι κατανεμημένο. Δεν πρέπει να εξαρτάται από έναν κεντρικό κόμβο ελέγχου.
- Λειτουργία βασισμένη στην απαίτηση
- Το πρωτόκολλο πρέπει μόνο να αντιδρά όταν απαιτείται
- Υποστήριξη μονόδρομων συνδέσεων
- Ασφάλεια
- Συντήρηση ισχύος
- Πολλαπλές διαδρομές



---

*Το Πρωτόκολλο DSDV  
(Destination Sequenced Distance Vector)*



## Το Πρωτόκολλο DSDV

---

- Εγγυάται την ανεξαρτησία από βρόχους
  - Νέα είσοδο στον πίνακα δρομολόγησης για κάθε αριθμό ακολουθίας προορισμού
- Επιτρέπει γρήγορη αντίδραση σε αλλαγές της τοπολογίας
  - Άμεση μετάδοση πληροφοριών δρομολόγησης σε σημαντικές αλλαγές του πίνακα δρομολόγησης

## DSDV (Τα πεδία του πίνακα ενός κόμβου A)

Destination	Next	Metric	Seq. Nr	Install Time	Stable Data
A	A	0	A-550	001000	Ptr_A
B	B	1	B-102	001200	Ptr_B
C	B	3	C-588	001200	Ptr_C
D	B	4	D-312	001200	Ptr_D

- Sequence number ο οποίος δημιουργείται από τον προορισμό και διασφαλίζει την απουσία βρόχων
- Install Time πότε έγινε η εισαγωγή της εγγραφής στον πίνακα



## DSDV (Μετάδοση πληροφοριών δρομολόγησης)

- Μετάδοση σε κάθε γειτονικό κόμβο των πληροφοριών δρομολόγησης του πίνακα του
  - Destination Address
  - Metric = Αριθμό κόμβων μέχρι τον προορισμό
  - Destination Sequence Number
  - Άλλες πληροφορίες (e.g. hardware addresses)
- Κανόνες για τη διαμόρφωση του sequence number
  - Σε κάθε μετάδοση αύξηση του δικού του destination sequence number κατά 2 (χρήση μόνο ζυγών αριθμών)
  - Εάν ένας κόμβος δεν είναι πλέον προσβάσιμος αύξηση του sequence number αυτο ύ του κόμβου κατά 1 (μονός sequence number) και το metric =  $\infty$ .

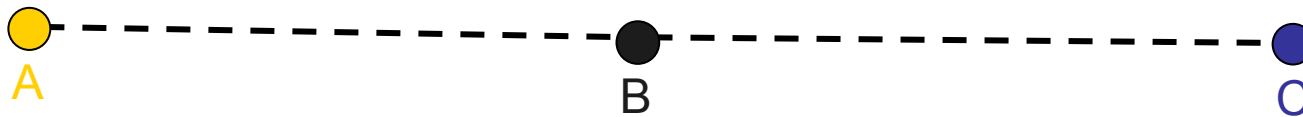


## DSDV (Επιλογή διαδρομών)

---

- Οι πληροφορίες Update συγκρίνονται με τον πίνακα δρομολόγησης του κάθε κόμβου
  - Επιλέγεται η διαδρομή με το μεγαλύτερο destination sequence number (Αυτό διασφαλίζει ότι έχουμε πάντα τις πιο νέες πληροφορίες δρομολόγησης για κάθε προορισμό)
  - Επιλογή της διαδρομής με το καλύτερο metric εφόσον οι sequence numbers είναι ίσοι.

# DSDV (Πίνακες)



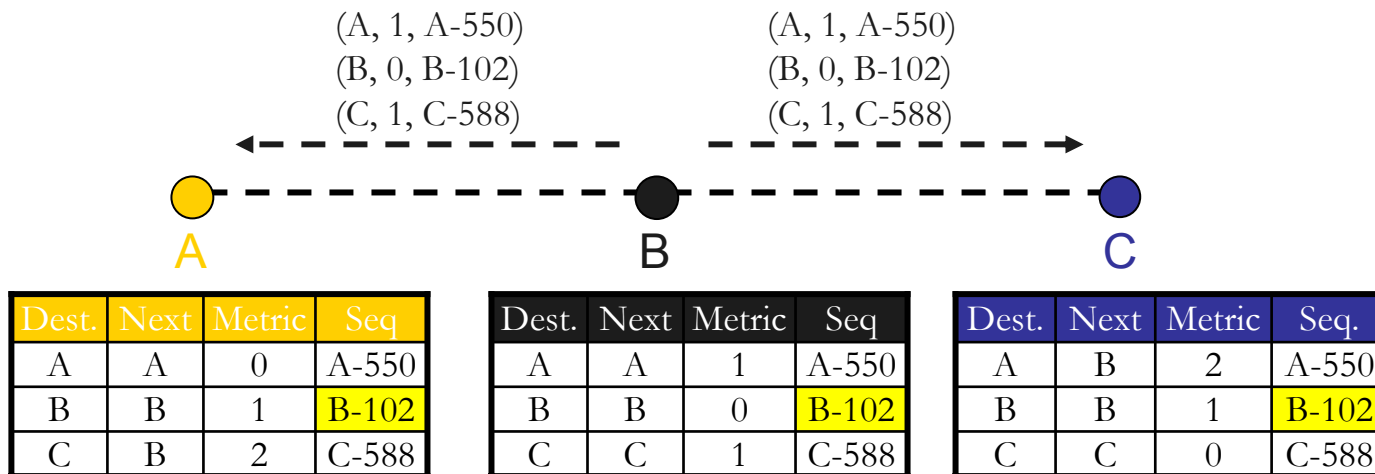
Dest.	Next	Metric	Seq
A	A	0	A-550
B	B	1	B-100
C	B	2	C-588

Dest.	Next	Metric	Seq
A	A	1	A-550
B	B	0	B-100
C	C	1	C-588

Dest.	Next	Metric	Seq.
A	B	2	A-550
B	B	1	B-100
C	C	0	C-588

# DSDV (Μετάδοση Πληροφοριών Δρομολόγησης)

Ο Β αυξάνει το Seq.Nr from 100 -> 102  
 Ο Β μεταδίδει τις πληροφορίες δρομολόγησης στους κόμβους Α και C περιλαμβάνοντας τους destination sequence numbers







## DSDV (Αντίδραση στις αλλαγές της τοπολογίας)

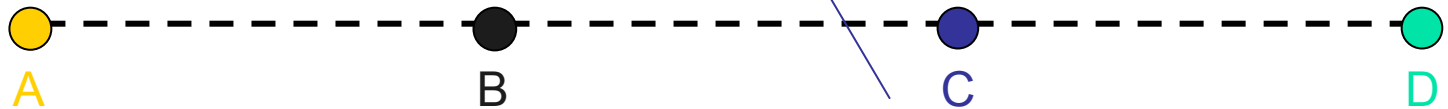
- Άμεση μετάδοση πληροφοριών δρομολόγησης
  - Πληροφορίες για νέες διαδρομές, για απώλεια διαδρομών, αλλαγή στα metrics μεταδίδονται άμεσα στους γειτονικούς κόμβους.
- Πλήρης/Αυξητική Ενημέρωση (Full/Incremental Update):
  - Full Update: Αποστολή όλων των πληροφοριών δρομολόγησης στους γειτονικούς κόμβους.
  - Incremental Update: Αποστολή μόνο των πληροφοριών που έχουν αλλάξει

# DSDV (Νέος Κόμβος)

2. Εισαγωγή του κόμβου D με sequence number D-000  
Άμεση μετάδοση του πίνακα του κόμβου C

1. Ο κόμβος D μεταδίδει για πρώτη φορά το Sequence number D-000

(D, 0, D-000)



Dest.	Next	Metric	Seq.
A	A	0	A-550
B	B	1	B-104
C	B	2	C-590

Dest.	Next	Metric	Seq.
A	A	1	A-550
B	B	0	B-104
C	C	1	C-590

Dest.	Next	Metric	Seq.
A	B	2	A-550
B	B	1	B-104
C	C	0	C-590
D	D	1	D-000

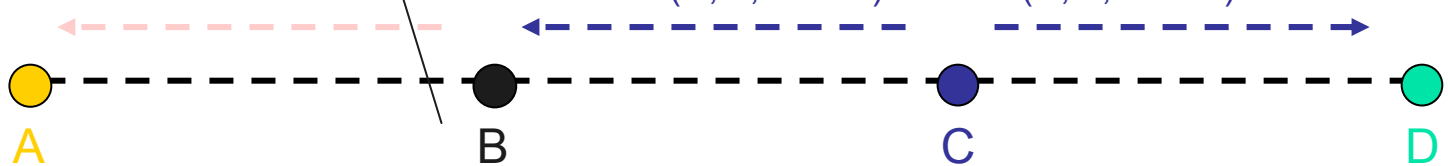
# DSDV (Νέος κόμβος συνέχεια)

4. Ο Β λαμβάνει αυτή την πληροφορία και ενημερώνει τον πίνακά του

3. Ο C αυξάνει το sequence number του σε C-592 και στη συνέχεια μεταδίδει τον πίνακά του

(A, 2, A-550)  
 (B, 1, B-102)  
 (C, 0, C-592)  
 (D, 1, D-000)

(A, 2, A-550)  
 (B, 1, B-102)  
 (C, 0, C-592)  
 (D, 1, D-000)



Dest.	Next	Metric	Seq.
A	A	0	A-550
B	B	1	B-104
C	B	2	C-590

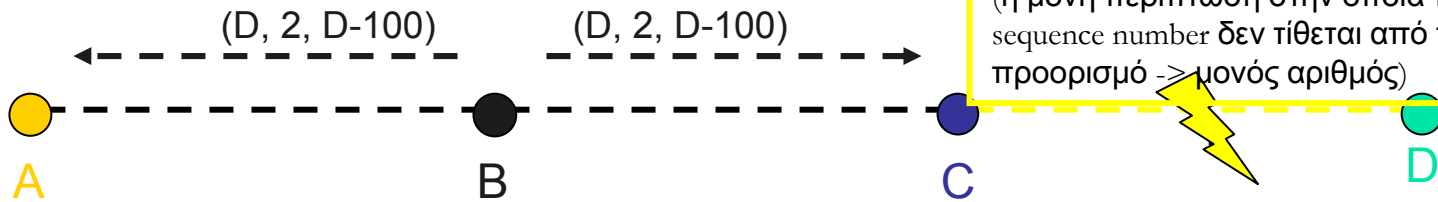
Dest.	Next	Metric	Seq.
A	A	1	A-550
B	B	0	B-102
C	C	1	C-592
D	C	2	D-000

Dest.	Next	Metric	Seq.
A	B	2	A-550
B	B	1	B-102
C	C	0	C-592
D	D	1	D-000

# DSDV (Αποφυγή βρόχων)

2. Ο Β μεταδίδει τον πίνακα του  
 -> καμία επίδραση στο C  
 (Ο C γνωρίζει ότι ο Β έχει παλαιές  
 πληροφορίες γιατί ο C έχει μεγαλύτερο  
 seq. number για το D)  
 -> Αποφυγή του βρόχου

1. Ο κόμβος C διαπιστώνει  
 απώλεια σύνδεσης με τον  
 κόμβο D:  
 -> Αύξηση του Seq. Nr. κατά 1  
 (η μόνη περίπτωση στην οποία το  
 sequence number δεν τίθεται από τον  
 προορισμό -> μονός αριθμός)



Dest.	Next	Metric	Seq.
...	...	...	
D	B	3	D-100

Dest.c	Next	Metric	Seq.
...	...	...	
D	C	2	D-100

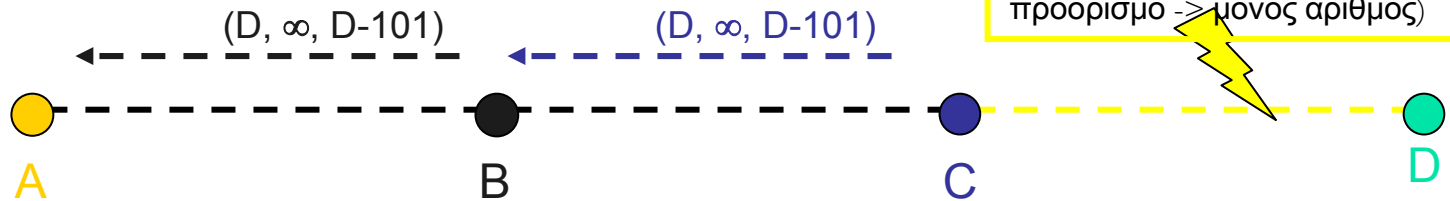
Dest.	Next	Metric	Seq.
...	...	...	
D	D	$\infty$	D-101

# DSDV (Άμεση μετάδοση)

3. Άμεση μετάδοση του B στο A:  
(η ανανεωμένη πληροφορία έχει μεγαλύτερο Seq. Nr. -> αντικατάσταση στον πίνακα)

2. Άμεση μετάδοση του C στο B:  
(η ανανεωμένη πληροφορία έχει μεγαλύτερο Seq. Nr. -> αντικατάσταση στον πίνακα)

1. Ο κόμβος C διαπιστώνει απώλεια σύνδεσης με τον κόμβο D:  
-> Αύξηση του Seq. Nr. κατά 1  
(η μόνη περίπτωση στην οποία το sequence number δεν τίθεται από τον προορισμό -> μονός αριθμός)



Dest.	Next	Metric	Seq.
...	...	...	...
D	B	3	D-100
D	B	∞	D-101

Dest.c	Next	Metric	Seq.
...	...	...	...
D	C	2	D-100
D	C	∞	D-101

Dest.	Next	Metric	Seq.
...	...	...	...
D	D	1	D-100
D	D	∞	D-101



## Το DSDV Περιληπτικά

---

- Ένα πρωτόκολλο το οποίο βασίζεται σε κόμβο προς κόμβο δρομολόγηση
- Απαιτεί κάθε κόμβος περιοδικά να μεταδίδει τον πίνακα δρομολόγησης του
- Εγγυάται την απουσία των βρόχων
- Κάθε κόμβος διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης ο οποίος περιέχει πληροφορίες για τον επόμενο κόμβο δρομολόγησης.
- Το πρωτόκολλο DSDV επισημαίνει κάθε διαδρομή με ένα `sequence number`



---

*Το Πρωτόκολλο AODV*  
*(Ad-hoc On Demand Distance vector)*



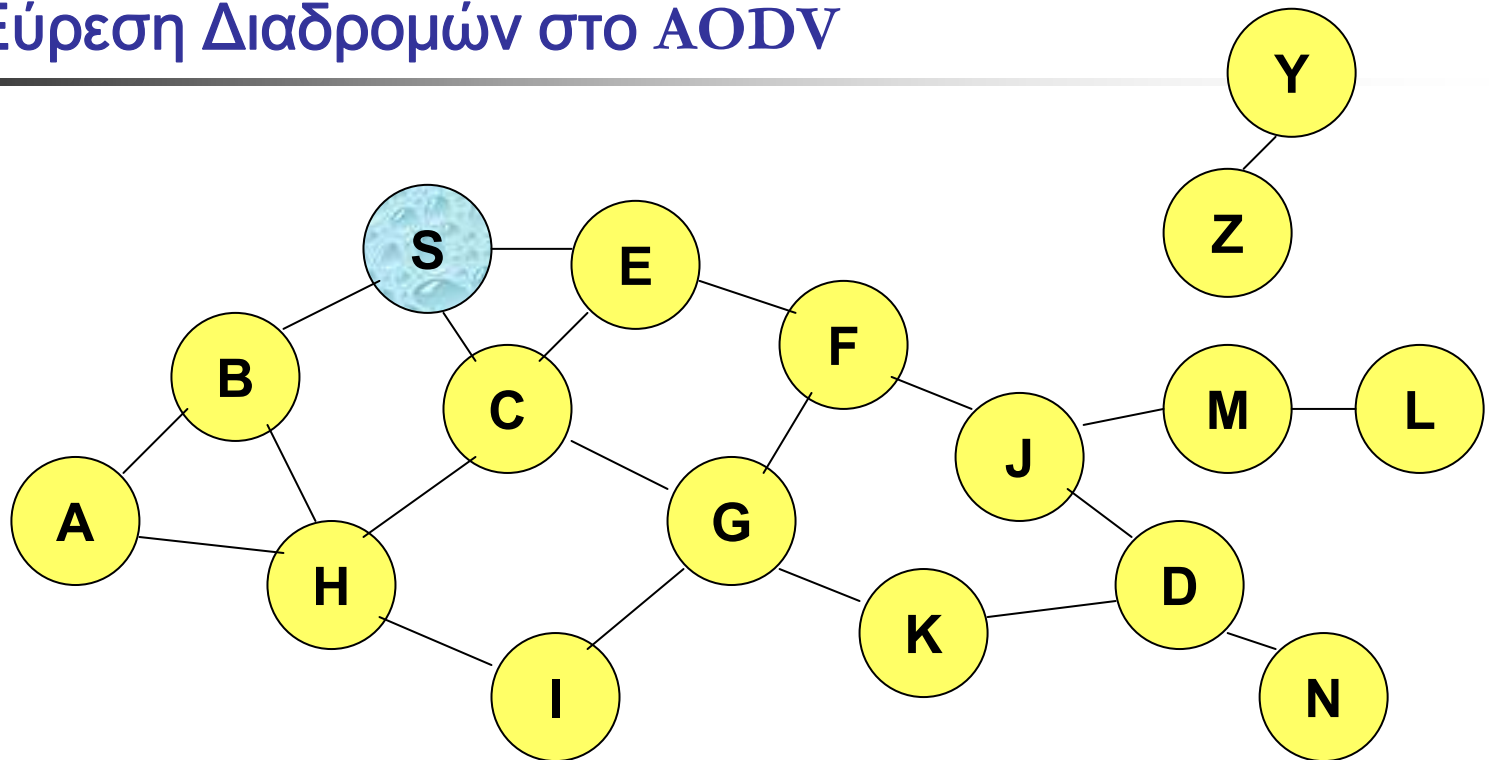
## Εύρεση Διαδρομών

---

- Η πηγή μεταδίδει ένα Route Request (RREQ) το οποίο περιέχει τα εξής πεδία <Bcast\_Id, Src\_Addr, Src\_Seq#, Dst\_Addr, Dest\_Seq#, Hop\_Cnt>
- Το ζευγάρι <Bcast\_Id, Src\_Addr> χαρακτηρίζει μοναδικά ένα (RREQ)
- Κάθε κόμβος καταγράφει τα πεδία Src\_Addr, Bcast\_Id για να αποφύγει πολλαπλή επεξεργασία του RREQ
- Ένας κόμβος απαντά στο RREQ εάν
  - Αυτός είναι ο προορισμός
  - Έχει μία «φρέσκια» διαδρομή για τον προορισμό
- Κάθε κόμβος καταγράφει ένα μονοπάτι για αντίστροφη πορεία

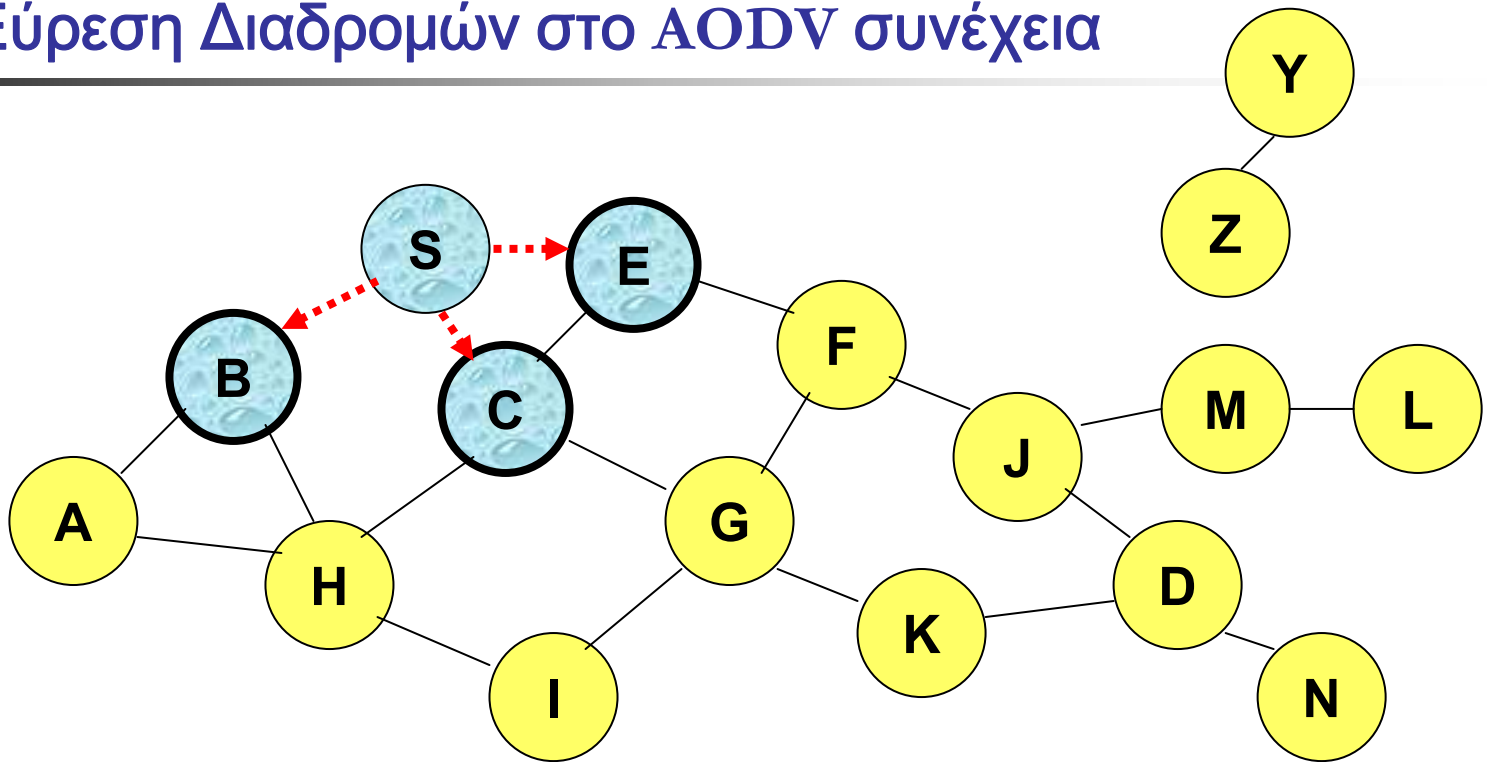


## Εύρεση Διαδρομών στο AODV



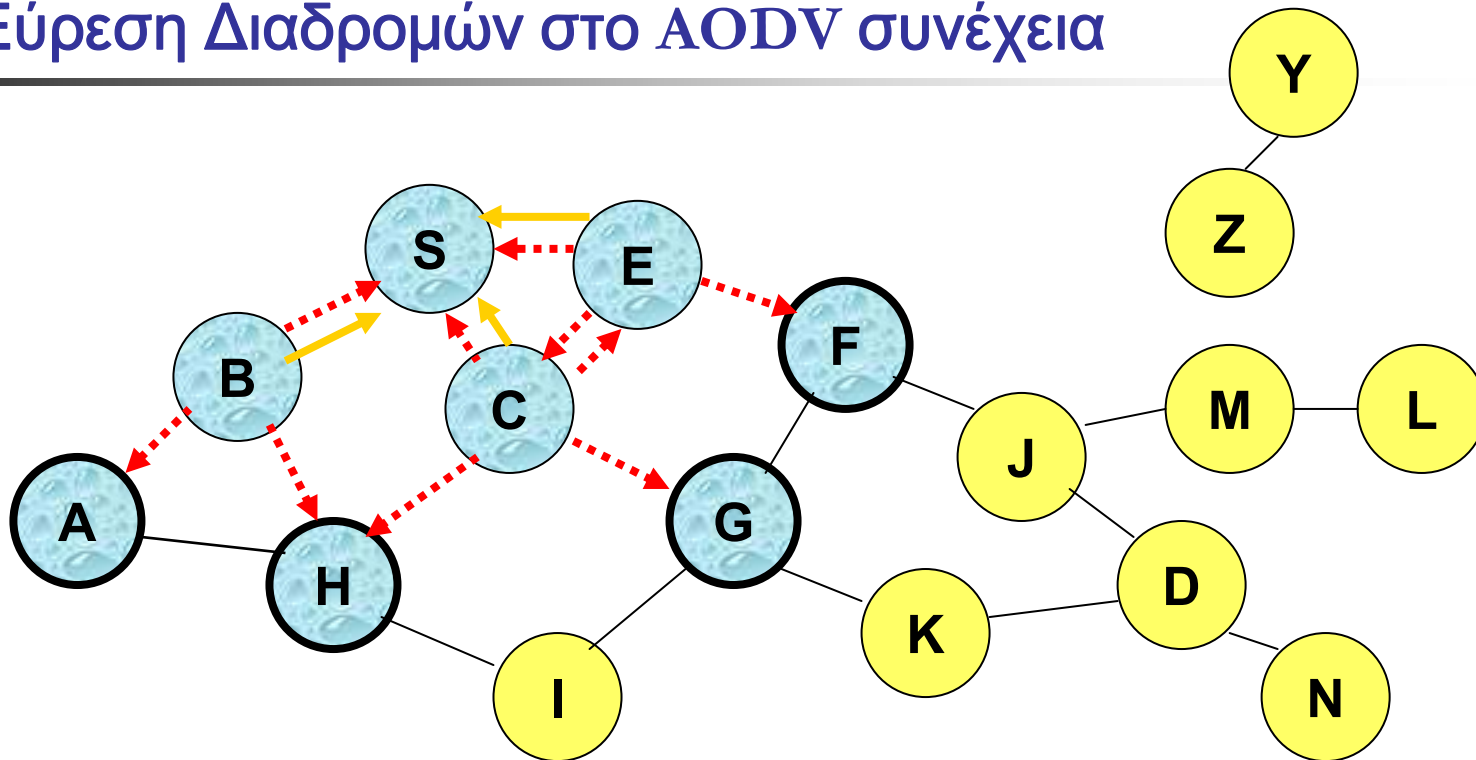
- Δείχνει έναν κόμβο ο οποίος έχει λάβει ένα RREQ για τον D από τον S

## Εύρεση Διαδρομών στο AODV συνέχεια



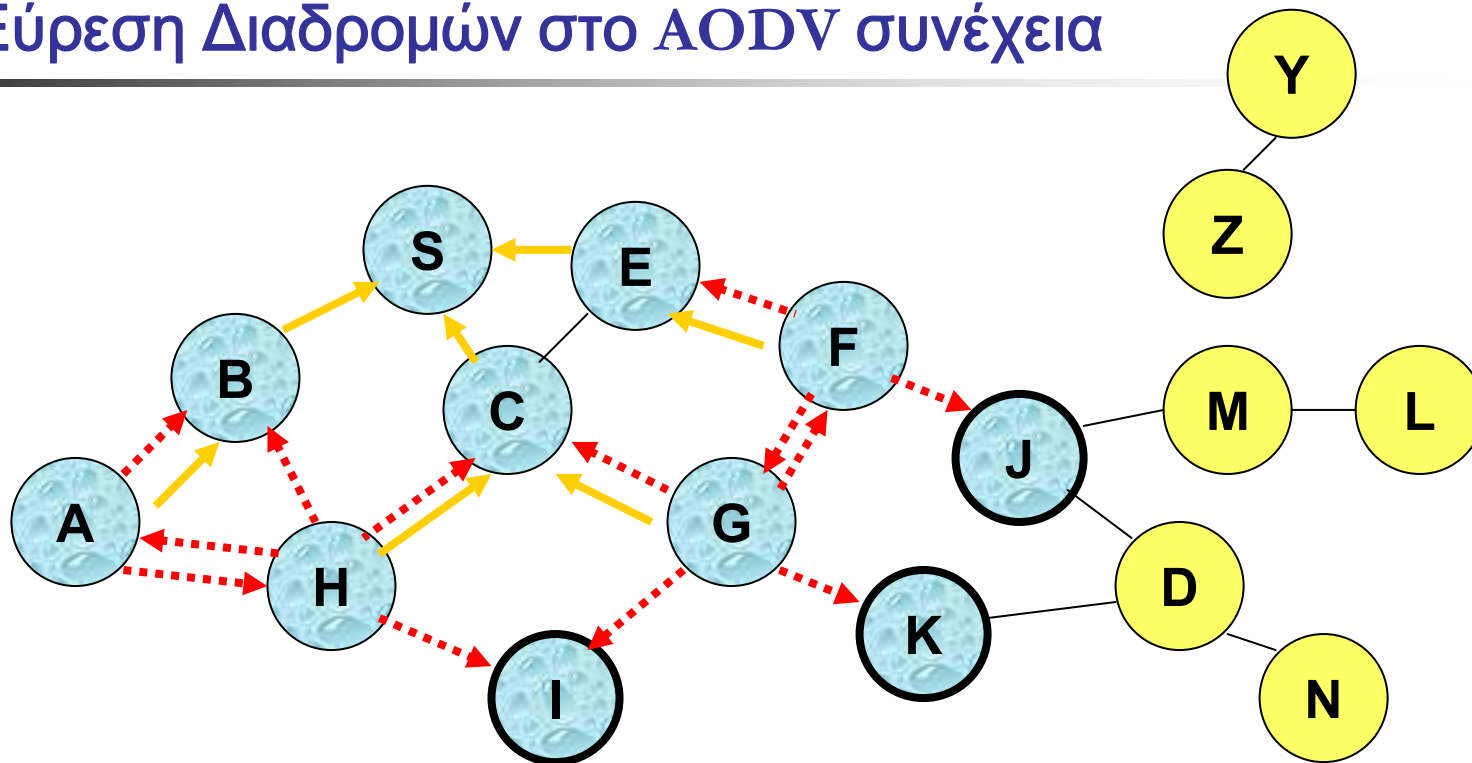
..... → ■ Δείχνει την μετάδοση ενός RREQ

## Εύρεση Διαδρομών στο AODV συνέχεια



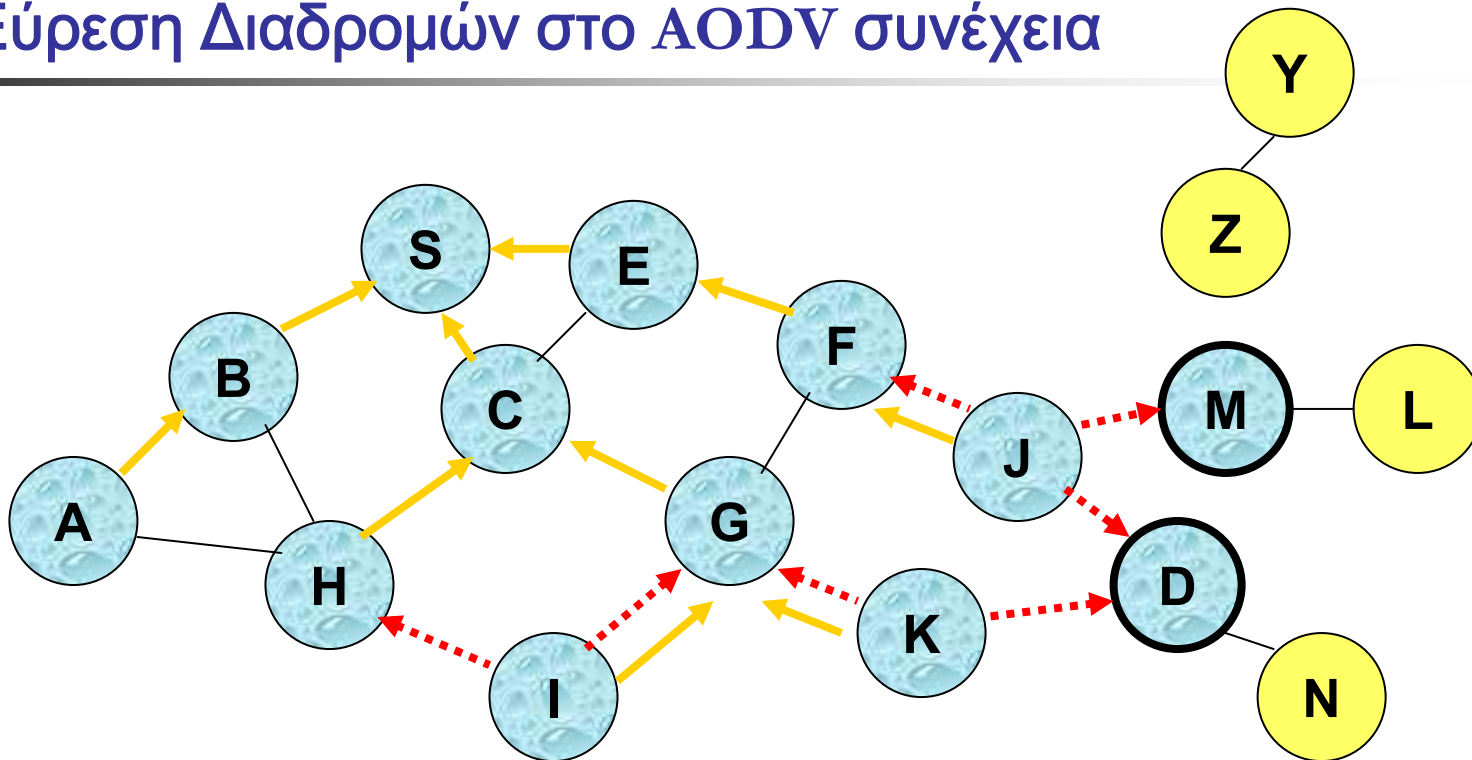
■ Δείχνει τις συνδέσεις της αντίστροφης διαδρομής

## Εύρεση Διαδρομών στο AODV συνέχεια

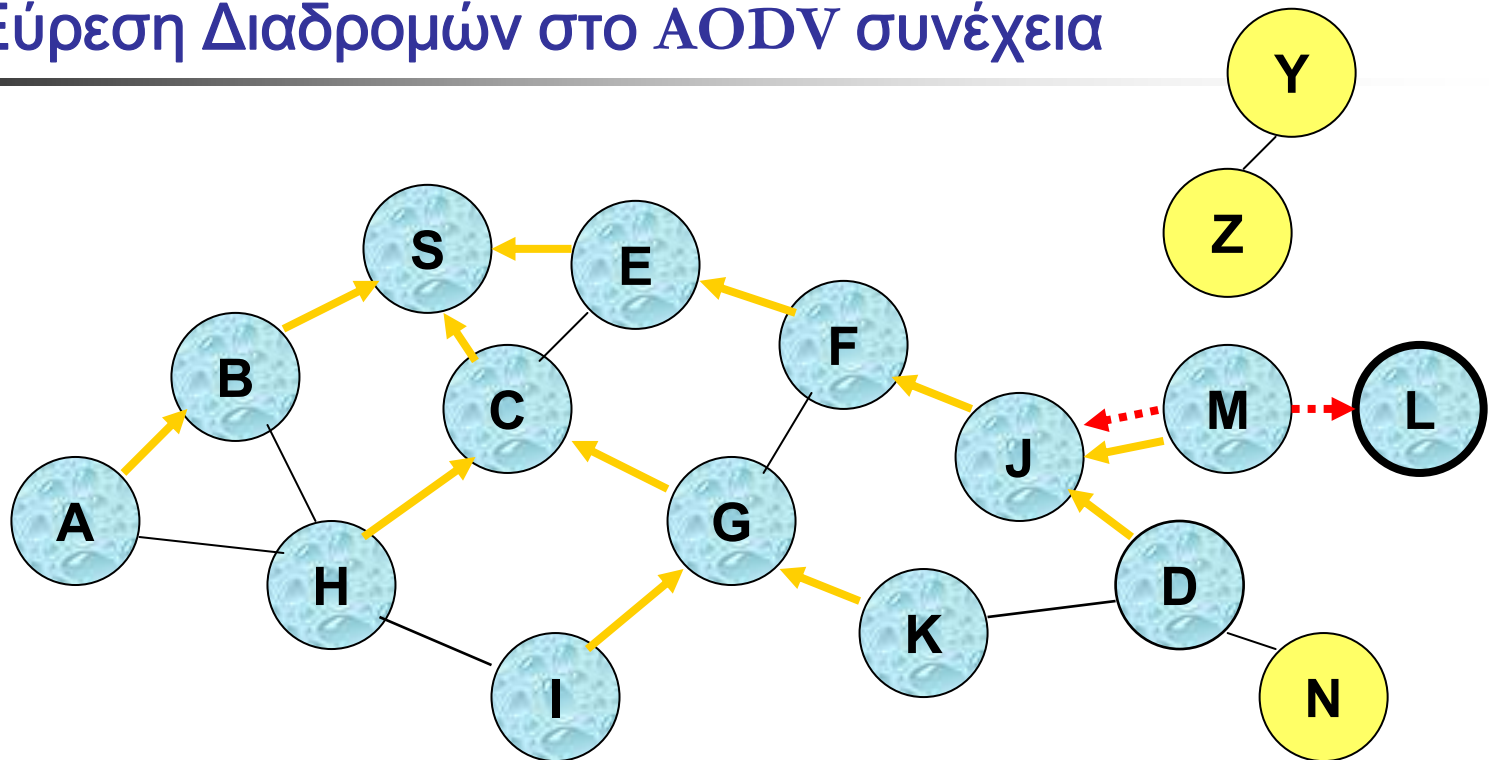


- Ο κόμβος C λαμβάνει ένα RREQ από τον G και τον H, αλλά δεν το μεταδίδει ξανά, γιατί ο κόμβος C έχει ήδη μεταδώσει το RREQ μία φορά

## Εύρεση Διαδρομών στο AODV συνέχεια

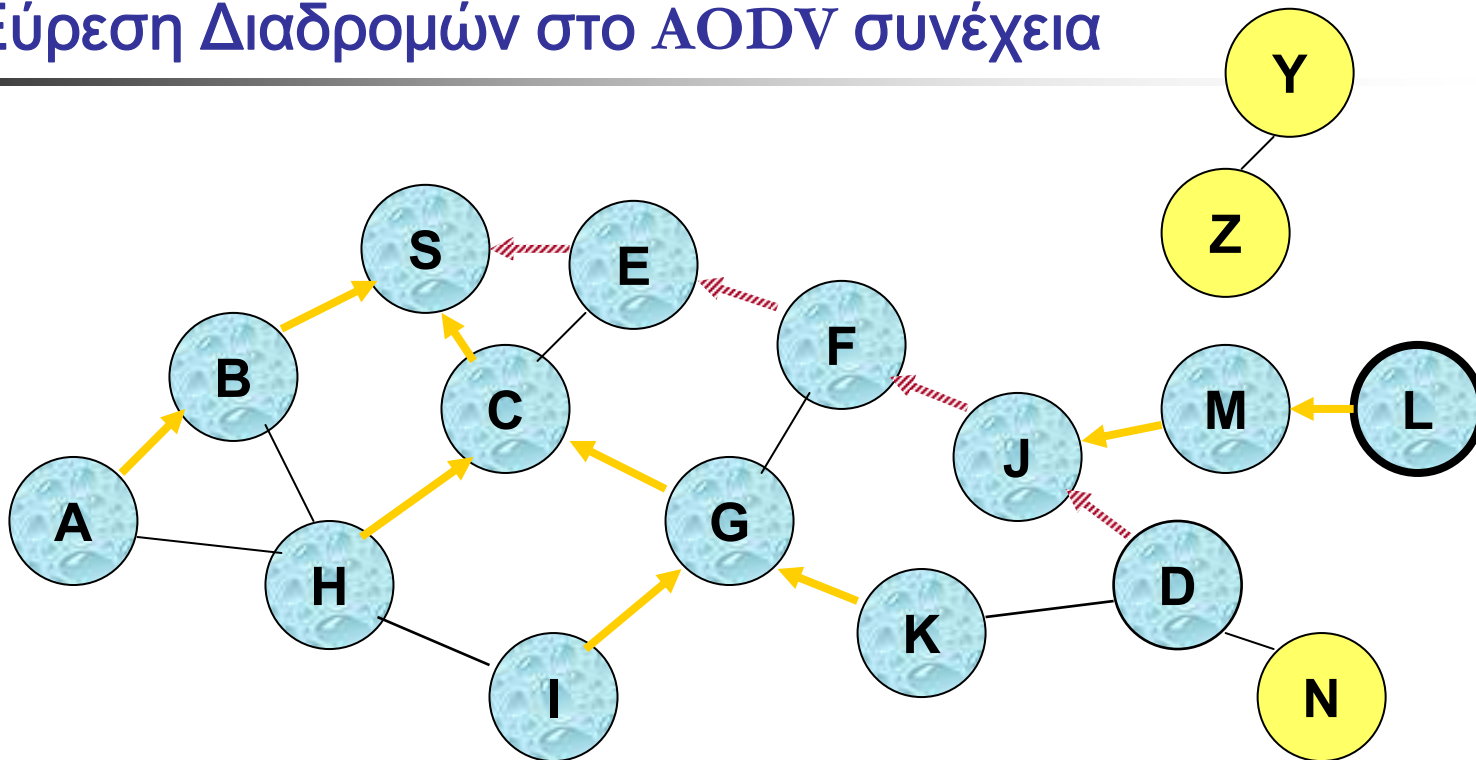


## Εύρεση Διαδρομών στο AODV συνέχεια



- Ο κόμβος D δεν μεταδίδει το RREQ, διότι ο κόμβος D είναι ο προορισμός του RREQ

## Εύρεση Διαδρομών στο AODV συνέχεια



- Δείχνει τις συνδέσεις από τις οποίες περνάει το RREP



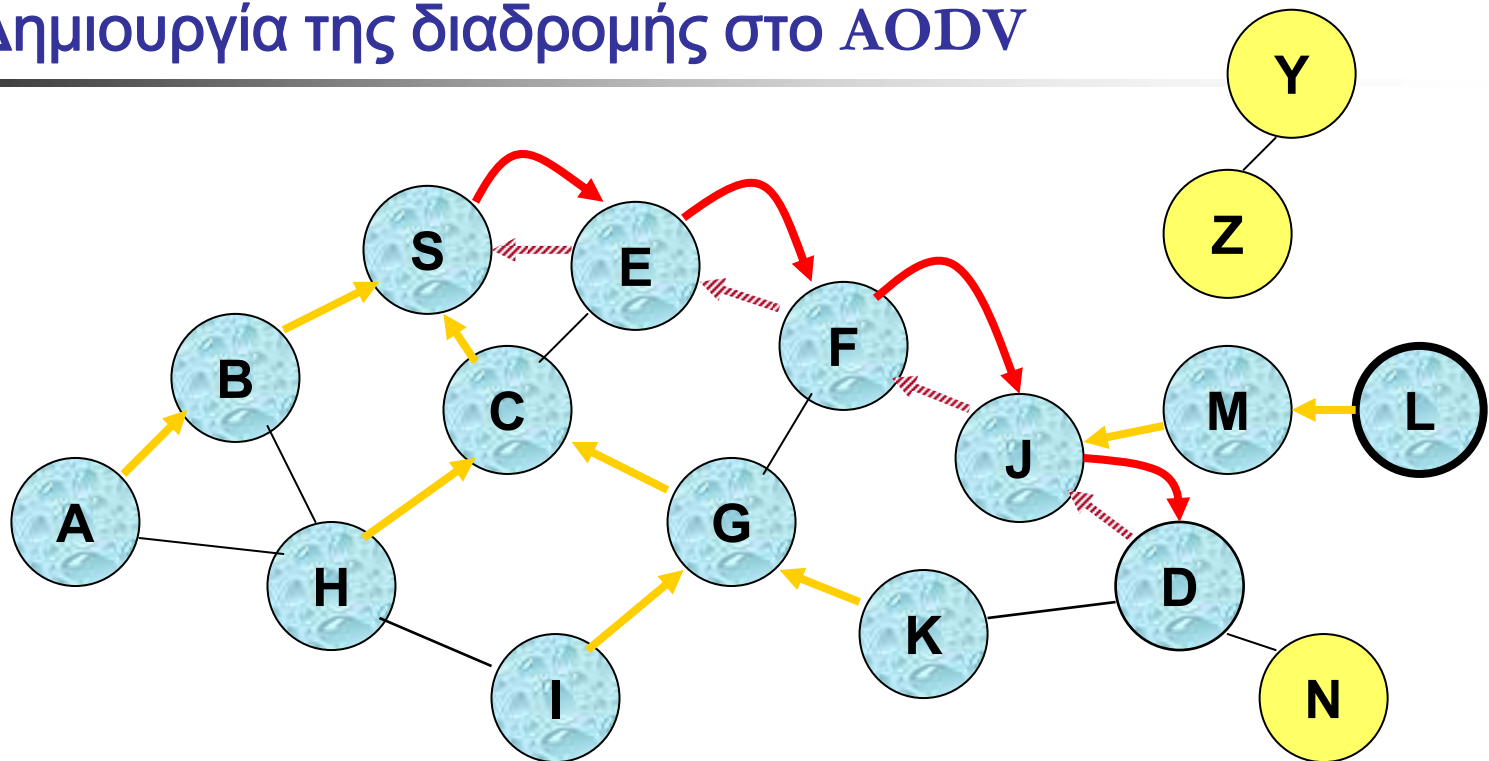
## Το Route Reply στο AODV

---

- Ένας ενδιάμεσος κόμβος (όχι ο προορισμός) μπορεί επίσης να στείλει ένα Route Reply (RREP) στο οποίο θα αναφέρει ότι έχει μία πιο πρόσφατη διαδρομή προς τον προορισμό από αυτή την οποία ήδη γνωρίζει ο αποστολέας S
- Για να καθορίσουμε πότε μία διαδρομή σε ένα ενδιάμεσο κόμβο είναι πιο πρόσφατη χρησιμοποιούμε τους destination sequence numbers.



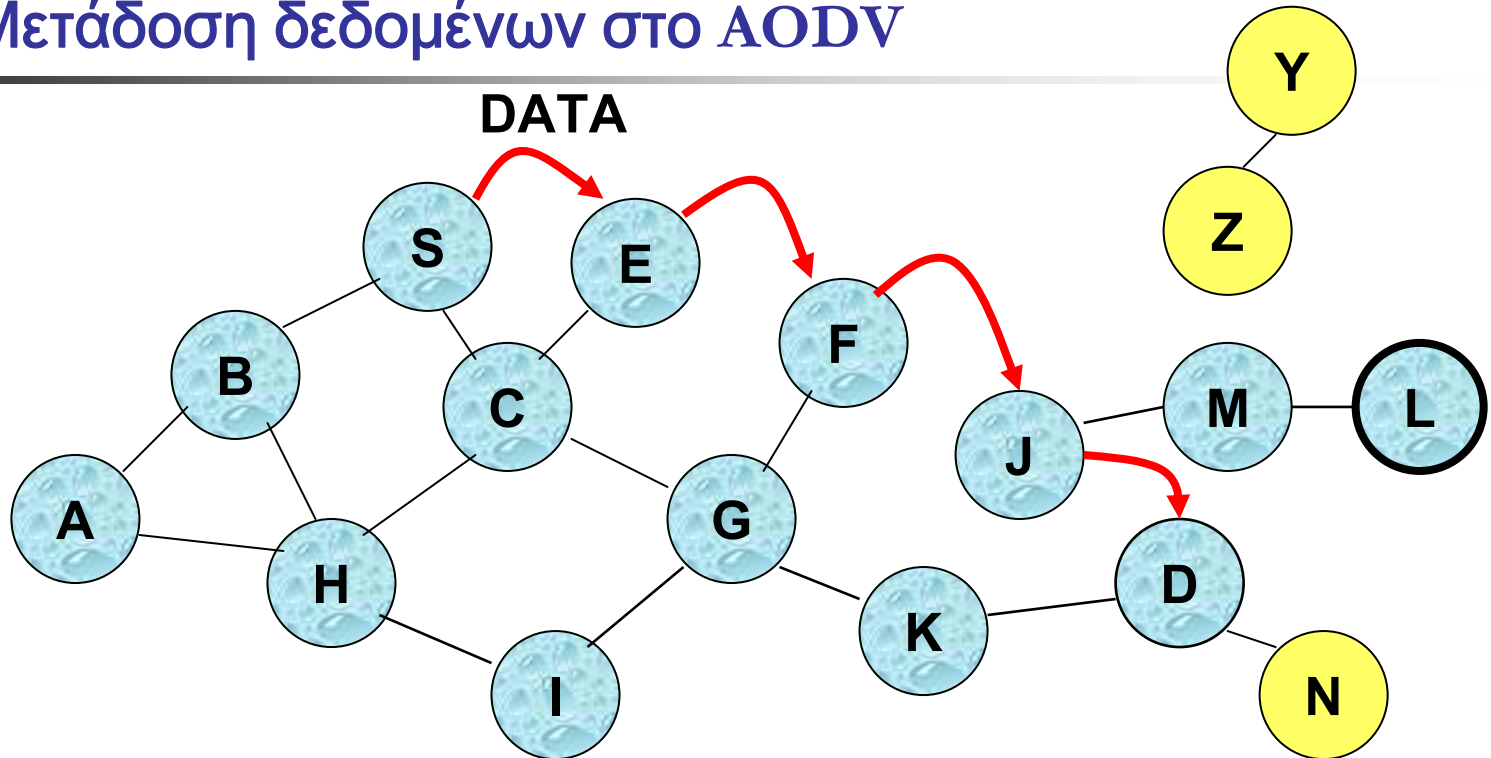
## Δημιουργία της διαδρομής στο AODV



- Οι διαδρομές δημιουργούνται καθώς το RREP κινείται στην αντίθετη δι-αδρομή.

Δείχνει μία σύνδεση στη δημιουργηθείσα διαδρομή

## Μετάδοση δεδομένων στο AODV



- Χρησιμοποιούνται τα πεδία του πίνακα δρομολόγησης για τη μετάδοση των πακέτων δεδομένων.
- Η διαδρομή δεν περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του πακέτου.



## Διατήρηση Διαδρομών

---

- Μία εισαγωγή στον πίνακα δρομολόγησης η οποία περιλαμβάνει μία αντίστροφη διαδρομή διαγράφεται έπειτα από κάποιο χρονικό διάστημα
  - Το διάστημα αυτό πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπει στο RREP να επιστρέψει πίσω
- Μία εισαγωγή στον πίνακα δρομολόγησης η οποία περιλαμβάνει μία ενεργή διαδρομή διαγράφεται εάν δεν χρησιμοποιείται για ένα χρονικό διάστημα το οποίο ονομάζεται `active_route_timeout`
  - Εάν δεν στέλνονται δεδομένα χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη διαδρομή του πίνακα δρομολόγησης, τότε αυτή διαγράφεται ακόμη και αν είναι ενεργή.



## Αναφορά Σφάλματος Σύνδεσης

---

- Ένας γειτονικός κόμβος του X θεωρείται ενεργός στον πίνακα δρομολόγησης εφόσον ο κόμβος αυτό στείλει ένα πακέτο εντός του χρονικού διαστήματος `active_route_timeout`
- Όταν η σύνδεση προς ένα κόμβο του πίνακα δρομολόγησης πάψει να υφίσταται, όλοι οι ενεργοί κόμβοι ενημερώνονται
- Οι αναφορές σφαλμάτων σύνδεσης μεταδίδονται με μηνύματα `Route Error`, τα οποία επισίης ανανεώνουν τους `destination sequence numbers`



## Το Μήνυμα Route Error

---

- Όταν ο κόμβος X δεν μπορεί να διαβιβάσει ένα πακέτο P (από τον κόμβο S στον κόμβο D) με τη σύνδεση (X,Y), παράγει ένα RERR μήνυμα
- Ο κόμβος X αυξάνει το destination sequence number του D που είναι αποθηκευμένο στον κόμβο X
- Το αυξημένο sequence number N περιλαμβάνεται στο RERR
- Όταν ο κόμβος S λάβει ένα RERR, εκκινεί μία διαδικασία εύρεσης διαδρομών για το D χρησιμοποιώντας ένα destination sequence number τουλάχιστον μεγαλύτερο από το N
- Όταν ο κόμβος D λάβει το RREQ με destination sequence number N, τότε ο κόμβος D θα ορίσει το δικό του sequence number σε N, εκτός εάν αυτό είναι ήδη μεγαλύτερο από N.



## Εύρεση Σφάλματος Σύνδεσης

---

- Μηνύματα Hello : Οι γειτονικοί κόμβοι περιοδικά ανταλλάσσουν μηνύματα hello
- Η απουσία του μηνύματος hello message χρησιμοποιείται ως ένδειξη απώλειας σύνδεσης



## Το AODV Περιληπτικά

---

- Χρησιμοποιεί τον μηχανισμό της κατ'απαιτήσης εύρεσης διαδρόμων και διατήρησής τους.
- Επιπλέον χρησιμοποιεί την κόμβο προς κόμβο δρομολόγηση και το sequence number από το DSDV



---

*Το Πρωτόκολλο DSR  
(Dynamic Source Routing)*



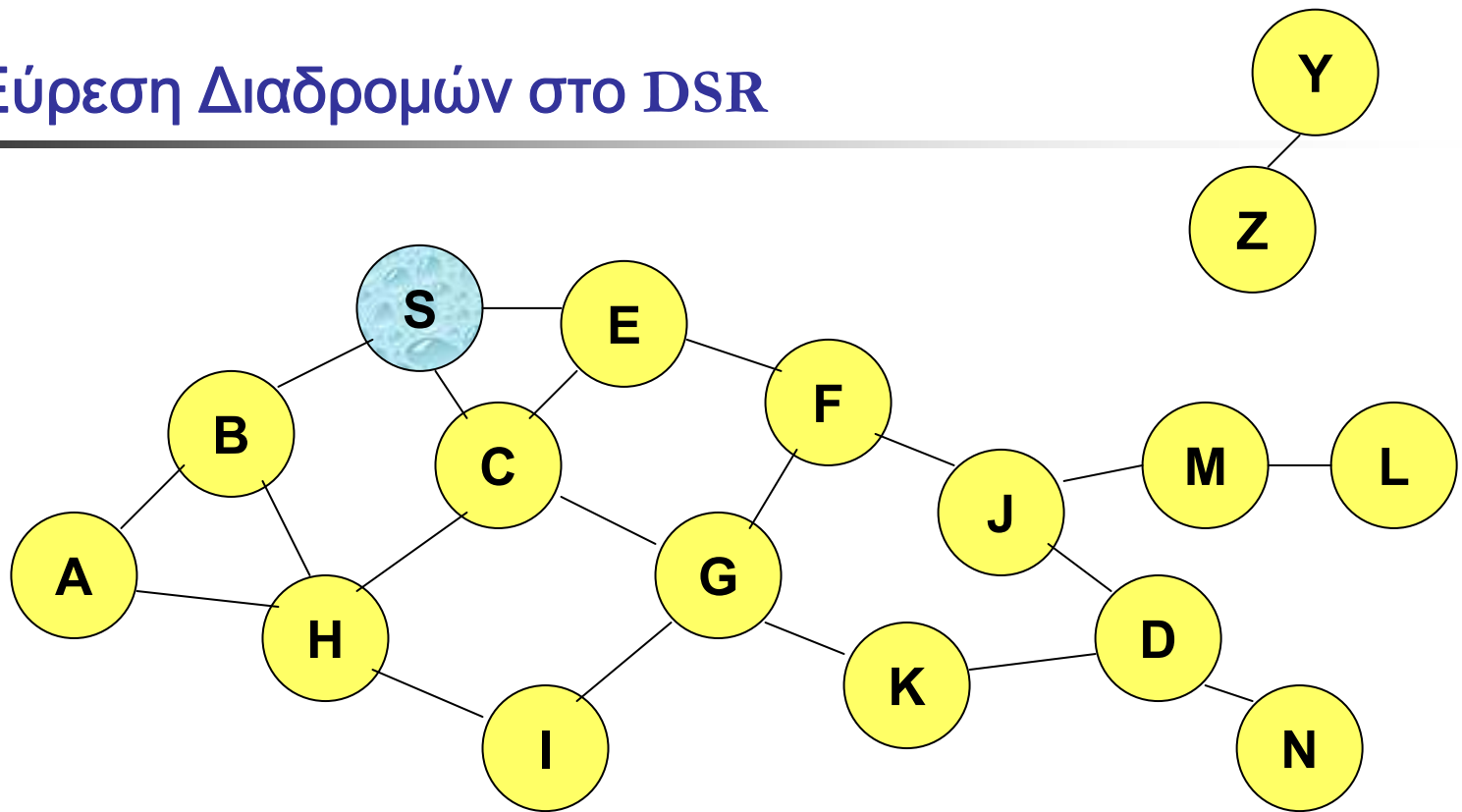


## Dynamic Source Routing (DSR)

---

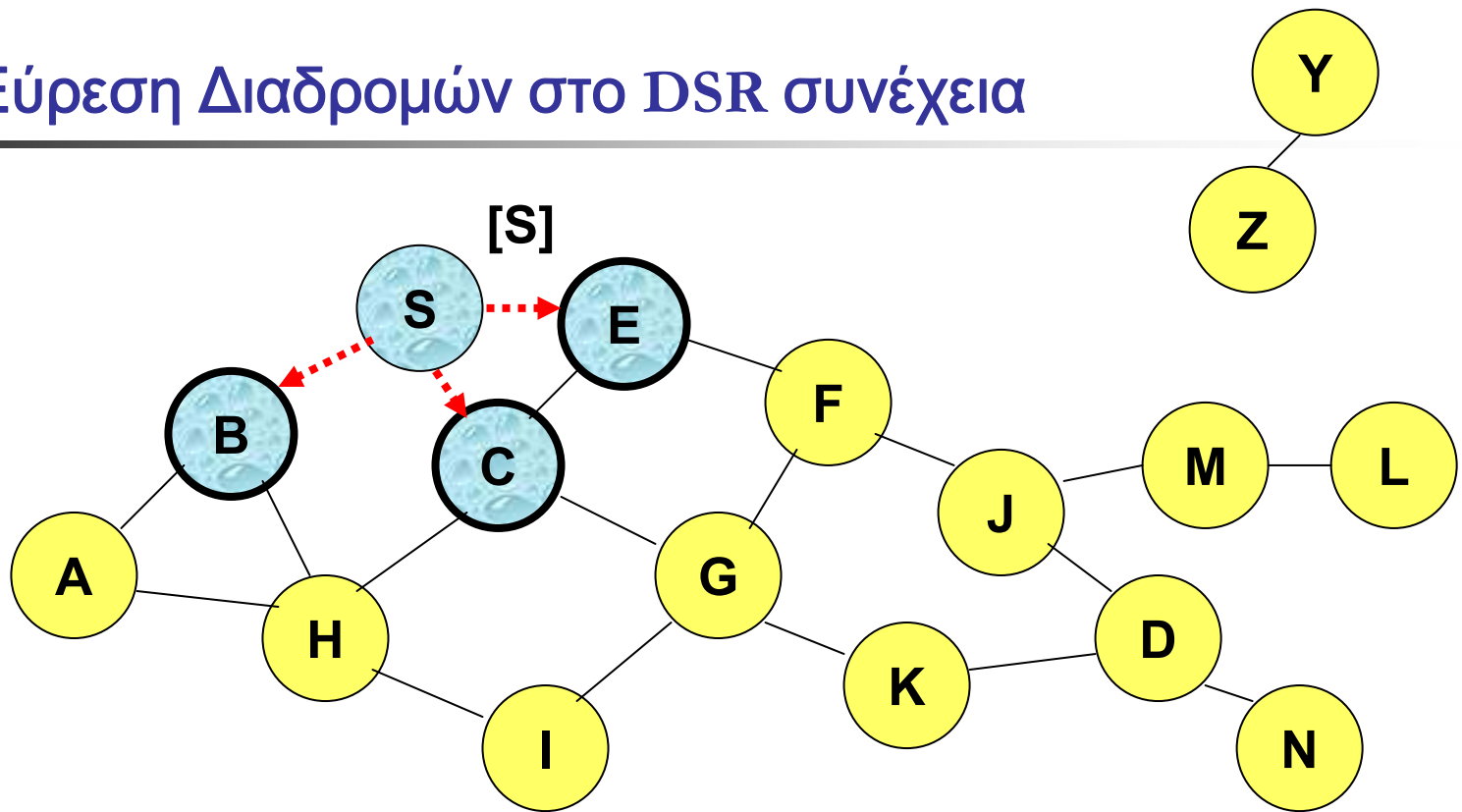
- Όταν ένας κόμβος  $S$  θέλει να στείλει ένα πακέτο στον κόμβο  $D$ , αλλά δεν έχει κάποια διαδρομή με αυτόν τον προορισμό, τότε εκκινεί μία διαδικασία *route discovery*
- Ο κόμβος  $S$  πλημμυρίζει το δίκτυο με ένα *Route Request (RREQ)*
- Κάθε κόμβος προσθέτει το δικό του αναγνωριστικό όταν διαβιβάζει το *RREQ*

## Εύρεση Διαδρομών στο DSR



- Δείχνει έναν κόμβο ο οποίος έχει λάβει ένα RREQ για τον D απ' ό τον S

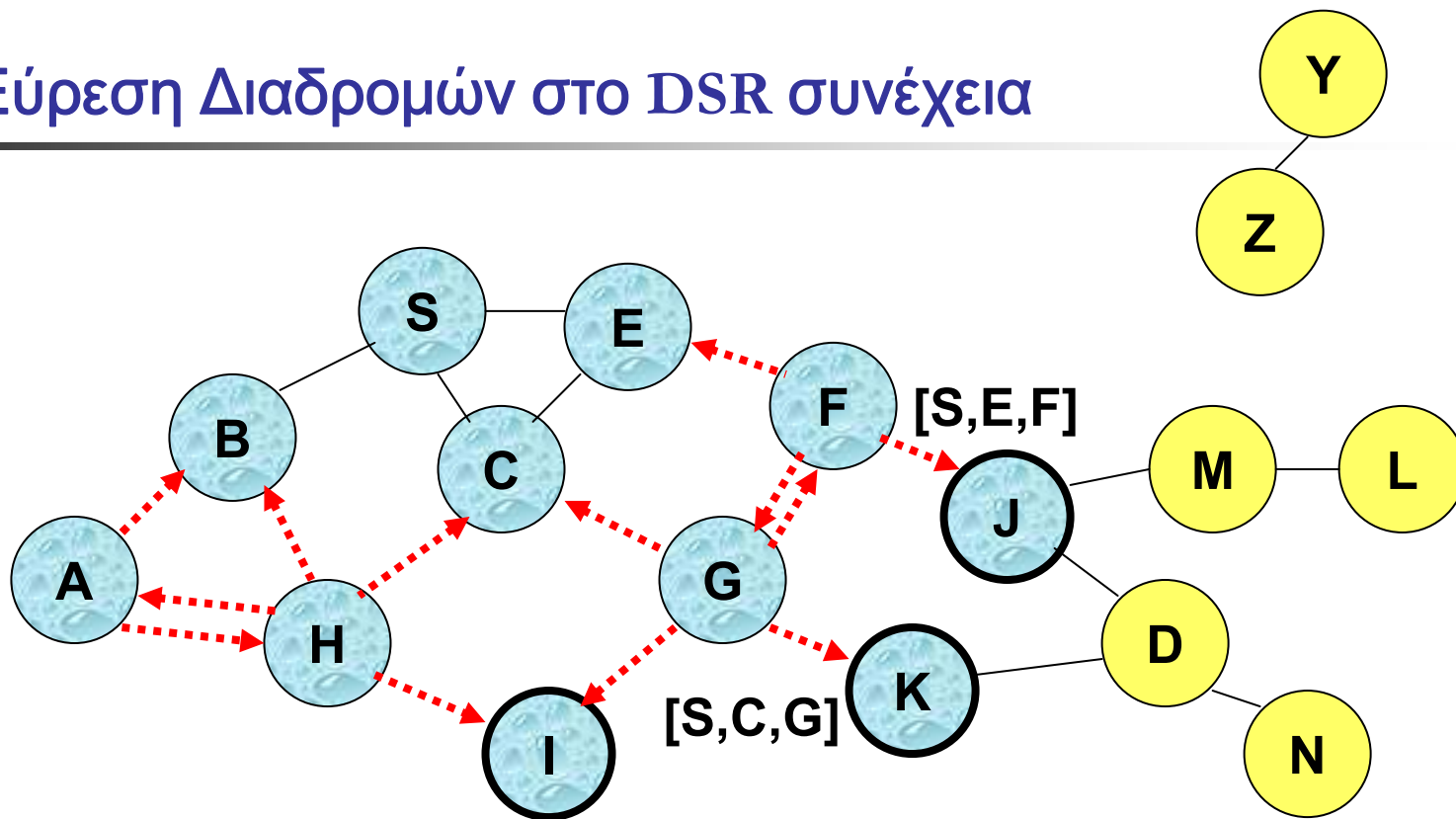
## Εύρεση Διαδρομών στο DSR συνέχεια



..... → ■ Δείχνει την μετάδοση ενός RREQ

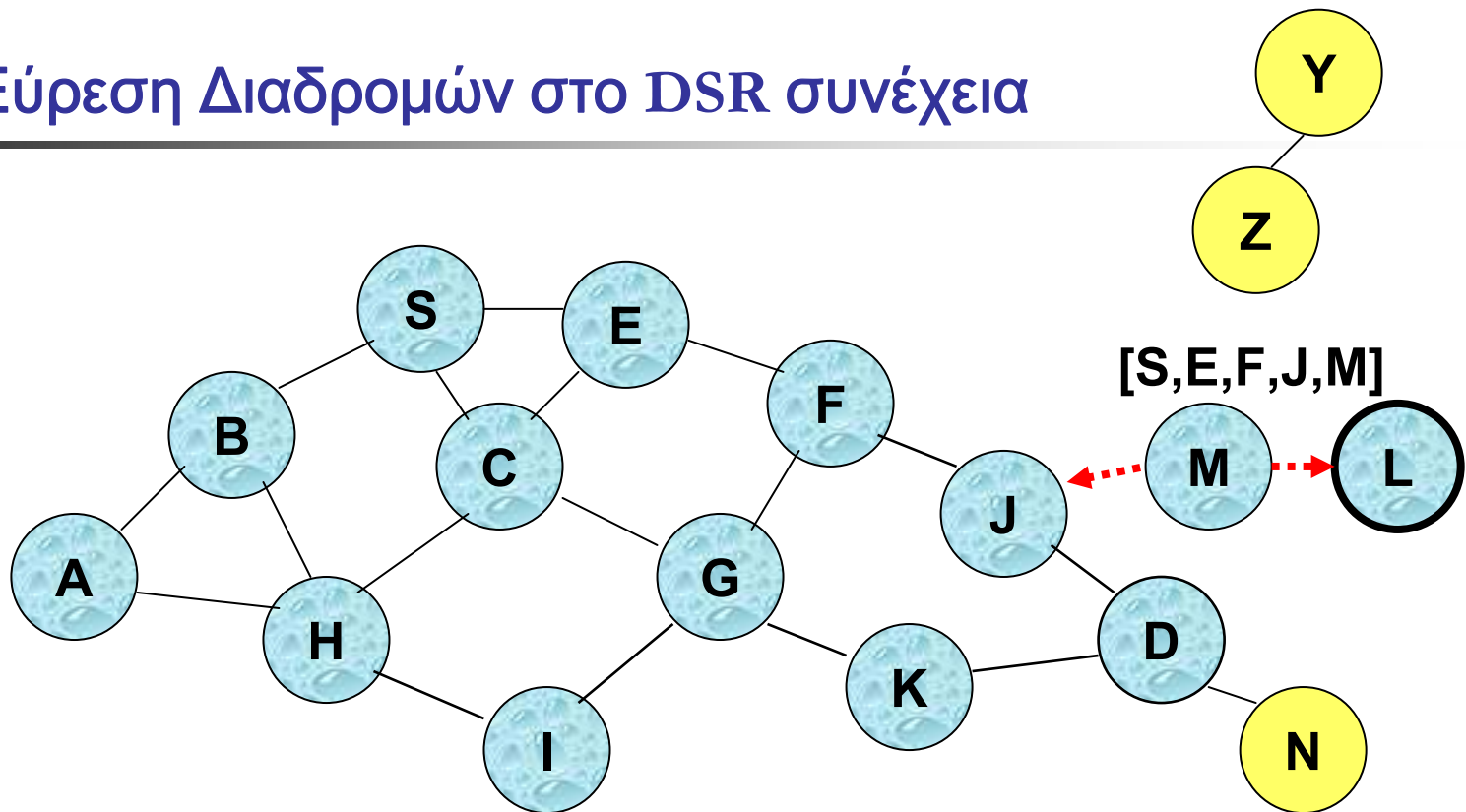
■ [X,Y] Δείχνει τη λίστα των αναγνωριστικών που προστίθενται στο RREQ

## Εύρεση Διαδρομών στο DSR συνέχεια



- Ο κόμβος C λαμβάνει ένα RREQ από τον G και τον H, αλλά δεν το μεταδίδει ξανά, γιατί ο κόμβος C έχει ήδη μεταδώσει το RREQ μία φορά

## Εύρεση Διαδρομών στο DSR συνέχεια



- Ο κόμβος D δεν μεταδίδει το RREQ, διότι ο κόμβος D είναι ο προορισμός του RREQ

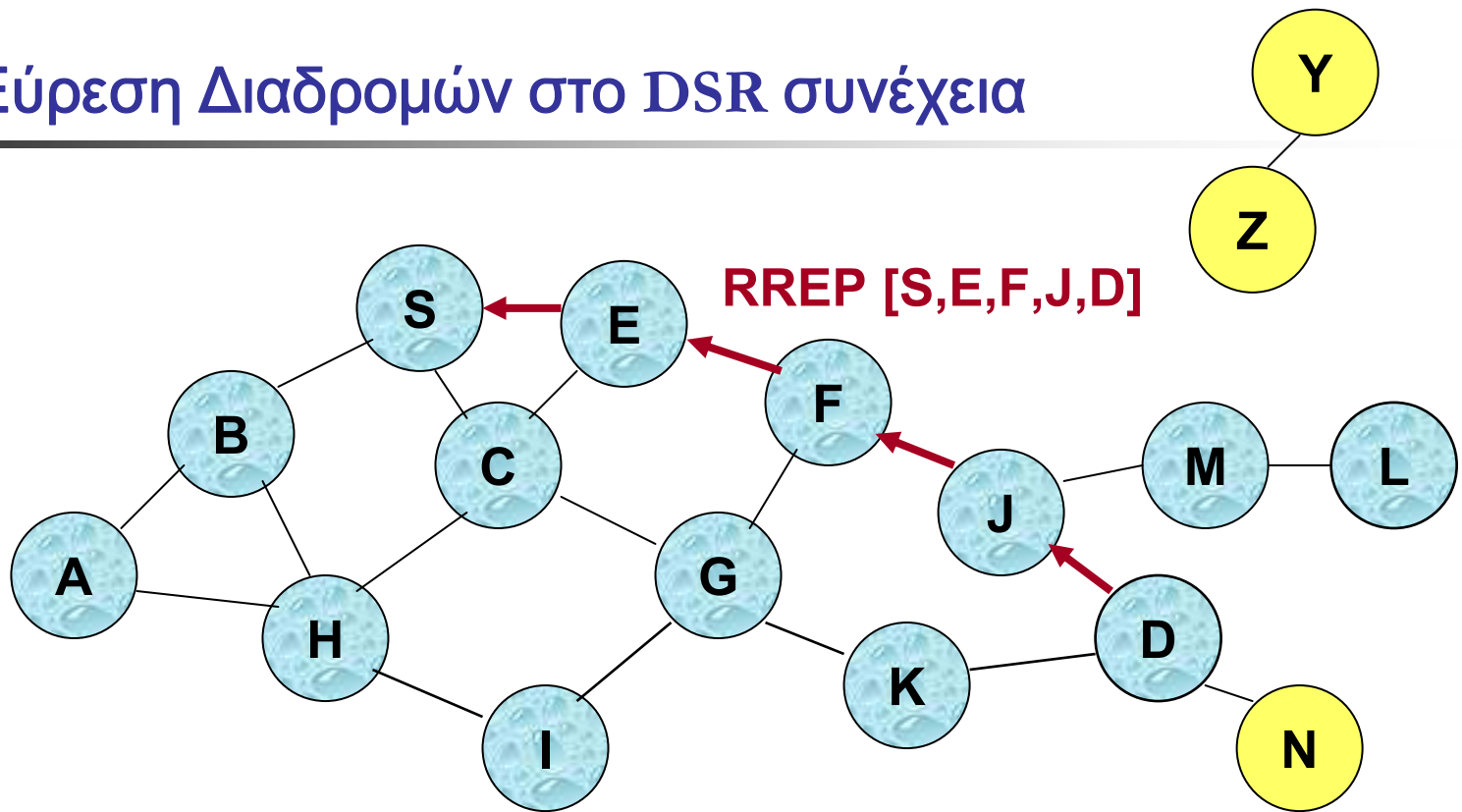


## Εύρεση Διαδρομών στο DSR συνέχεια

---

- Ο προορισμός D με τη λήψη του πρώτου RREQ, στέλνει ένα Route Reply (RREP)
- Το RREP στέλνεται από τη διαδρομή η οποία προκύπτει από την αντιστροφή της διαδρομής που περιέχεται στο λαμβανόμενο RREQ
- Το RREP περιέχει τη διαδρομή από το S to D από την οποία το RREQ παραλήφθηκε στον κόμβο D

## Εύρεση Διαδρομών στο DSR συνέχεια



← ■ Δείχνει το RREP μήνυμα ελέγχου



## Εύρεση Διαδρομών στο DSR συνέχεια

---

- Το Route Reply μπορεί να σταλεί αντιστρέφοντας τη διαδρομή που περιέχεται στο Route Request (RREQ) μόνο εφόσον οι συνδέσεις είναι εγγυημένα διπλής κατεύθυνσης
  - Για να διασφαλιστεί αυτό πρέπει το RREQ να διαβιβαστεί μόνο εφόσον λαμβάνεται από μία σύνδεση η οποία είναι εγγυημένα διπλής κατεύθυνσης
- Εάν επιτρέπονται οι μονής κατεύθυνσης συνδέσεις (μη συμμετρικές), τότε το RREP μπορεί να χρειαστεί να βρει μία διαδρομή από το D στο S
  - Εκτός εάν ο D έχει ήδη μία διαδρομή για τον S
  - Εάν απαιτηθεί η εύρεση μίας διαδρομής τότε από τον D για τον S τότε το Route Reply προστίθεται στο Route Request από το D.



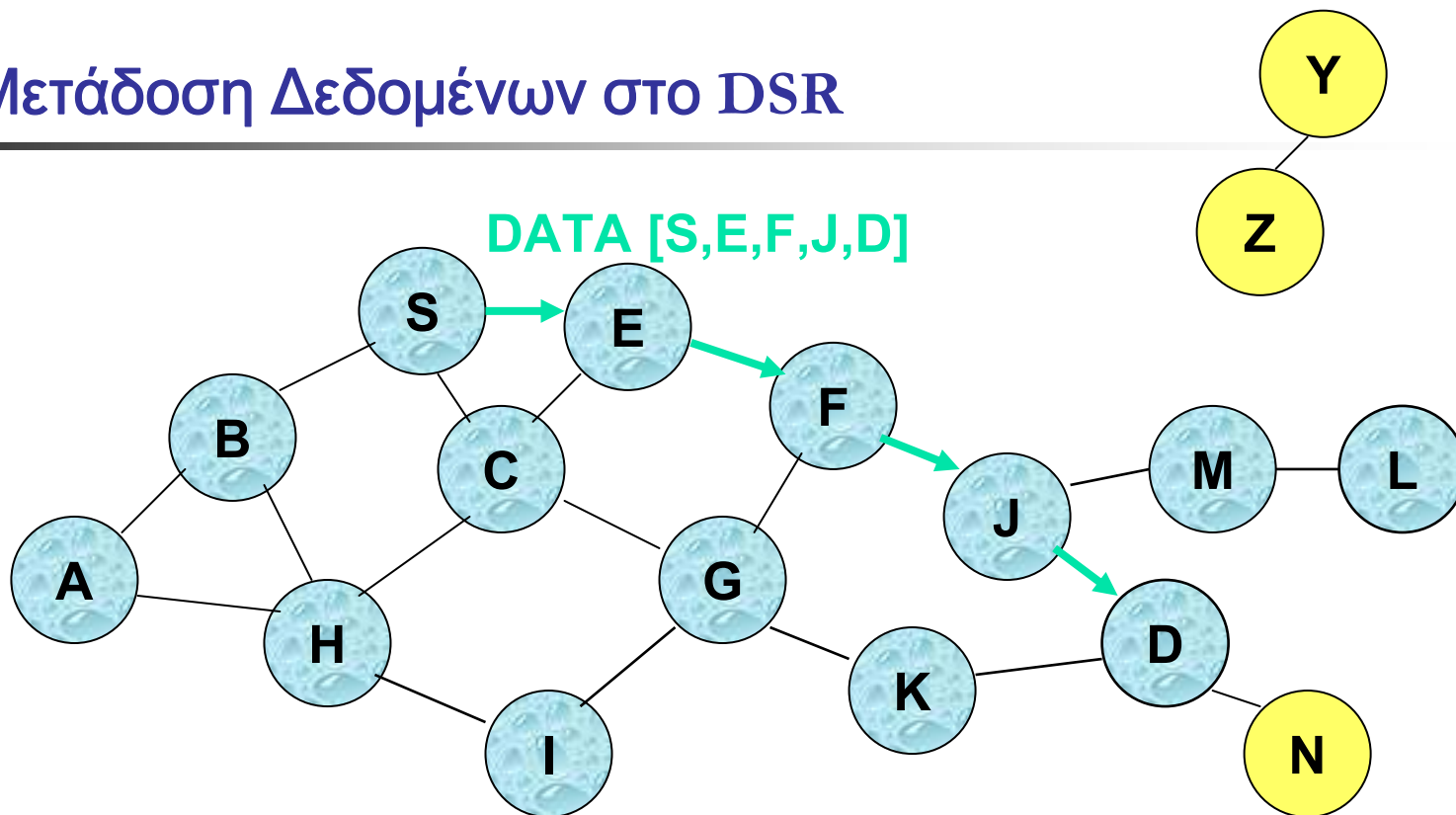


## Dynamic Source Routing (DSR)

---

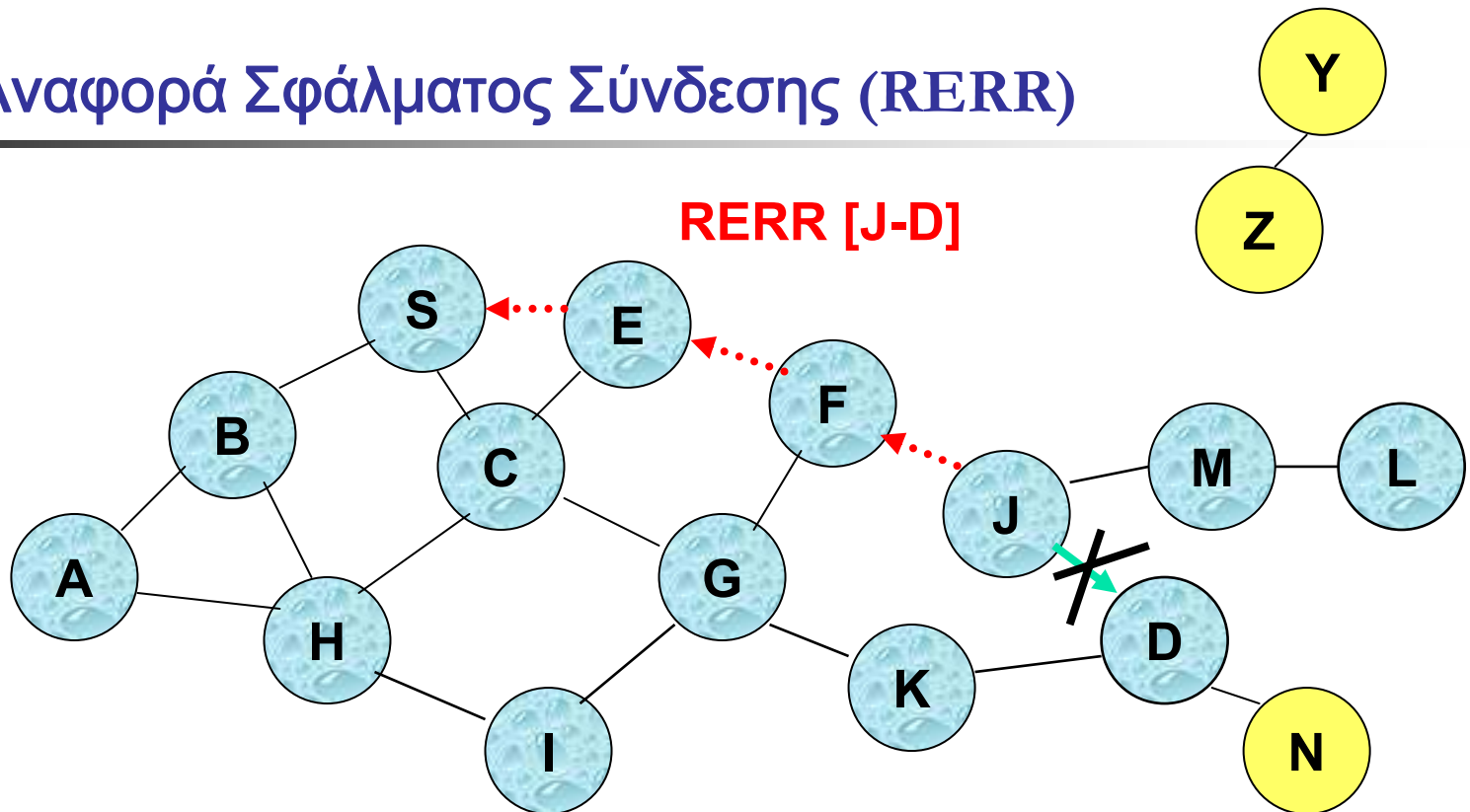
- Ο κόμβος S ο οποίος λαμβάνει ένα RREP, αποθηκεύει στη μνήμη του τη διαδρομή που περιλαμβάνεται στο RREP
- Όταν ο κόμβος S στείλει ένα πακέτο δεδομένων στο D, η πλήρης διαδρομή περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του πακέτου
- Οι ενδιάμεσοι κόμβοι χρησιμοποιούν τη διαδρομή που περιλαμβάνεται στο πακέτο για να καθορίσουν σε ποιον κόμβο πρέπει το πακέτο να διαβιβαστεί

## Μετάδοση Δεδομένων στο DSR



- Το μέγεθος της επικεφαλίδας του πακέτου αυξάνει με το μήκος της διαδρομής

## Αναφορά Σφάλματος Σύνδεσης (RERR)



- Ο J στέλνει ένα RERR στον S κατά μήκος της διαδρομής J-F-E-S όταν η προσπάθεια του να διαβιβάσει ένα πακέτο δεδομένων του κόμβου S (μέσω της διαδρομής SEFJD) η σύνδεση J-D παύει να υφίσταται
- Οι κόμβοι οι οποίοι ακούν το RERR ανανεώνουν τις αποθηκευμένες διαδρομές στην μνήμη τους διαγράφοντας τη σύνδεση J-D



## Το DSR Περιληπτικά

---

- Κάθε πακέτο μεταφέρει στην επικεφαλίδα του τη λίστα των κόμβων από τους οποίους πρέπει να περάσει προκειμένου να φθάσει στον προορισμό
- Οι ενδιάμεσοι κόμβοι δεν απαιτείται να διατηρούν πληροφορίες δρομολόγησης
- Ελαχιστοποιεί την ανάγκη για περιοδική μετάδοση πληροφοριών δρομολόγησης.



---

## Ο Προσομοιωτής Δικτύων NS2



## Τι είναι ο Προσομοιωτής NS

---

- Προσομοιωτής Διακριτών Γεγονότων
  - Αντικειμενοστραφής (C++, Otcl)
- Προσομοιώνει:
  - Ενσύρματα Δίκτυα
    - Point-to-point link, LAN
    - Unicast/multicast routing
    - Transport
    - Application layer
  - Ασύρματα Δίκτυα
    - Mobile IP
    - Ad hoc routing
    - Satellite network



## Μοντέλα Φορτίου και Κίνησης

---

- Constant Bit Rate CBR
- πακέτα δεδομένων μεγέθους 512byte.
- τοπογραφία 500 μ X 500 μ
- 50 κόμβους
- Επιλεγμένη ταχύτητα 20m/s
- Οι προσομοιώσεις οργανώνονται για 200 δευτερόλεπτα
- Ο κόμβος κινείται με τυχαία ταχύτητα (ομοιόμορφη κατανομή) έως ότου φθάσει σε τυχαία επιλεγμένο προορισμό, σταματά για συγκεκριμένο χρόνο και στη ξεκινάει προς νέο τυχαίο προορισμό με νέα τυχαία ταχύτητα.
- Ορίζουμε τον αριθμό των συνδέσεων μεταξύ των κόμβων.



## Κριτήρια Απόδοσης

---

- Λόγος παράδοσης πακέτων (packet delivery fraction - pdf) — η αναλογία των πακέτων δεδομένων που παραδίδονται στον προορισμό τους προς σε εκείνα που παράγονται από τις πηγές CBR.
- Η μέση καθυστέρηση από άκρο σε άκρο των πακέτων δεδομένων (average end to end delay) — περιλαμβάνει όλες τις πιθανές καθυστερήσεις που προκαλούνται
  - α) με την προσωρινή αποθήκευση κατά τη διάρκεια της εύρεσης διαδρομών
  - β) την καθυστέρηση καθώς τα πακέτα περιμένουν στην ουρά αναμονής
  - γ) τους χρόνους μετάδοσης και μεταφοράς
- Το κανονικοποιημένο φορτίο δρομολόγησης (normalized routing load) — ο αριθμός των πακέτων δρομολόγησης που αποστέλλονται για κάθε πακέτο δεδομένων που παραδίδεται στον προορισμό του.





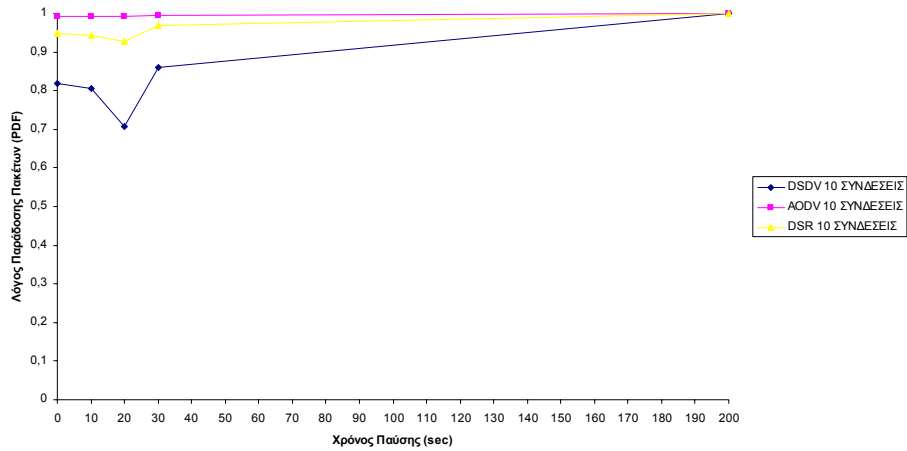
## Αξιολόγηση Πρωτοκόλλων

---

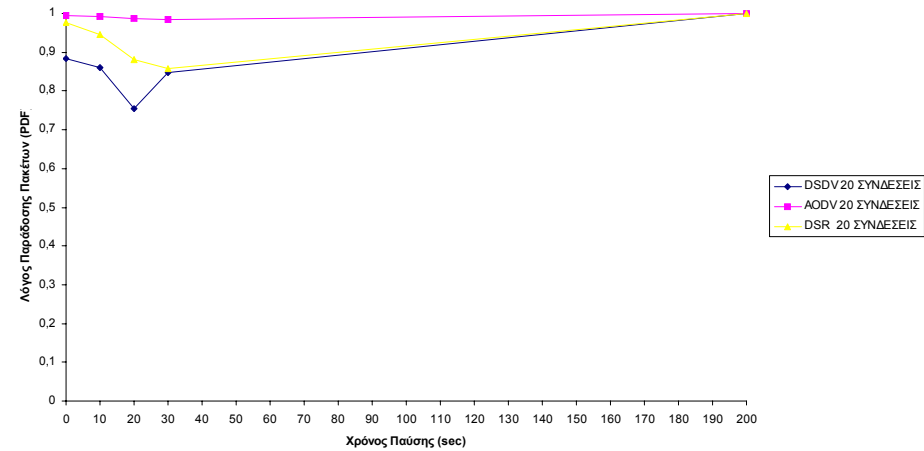
- Χρησιμοποιήθηκαν 50 κόμβοι με 10,20,30 και 40 συνδέσεις
- Ρυθμός μετάδοσης 4 pack/sec
- Ο χρόνος παύσης κίνησης ποικίλει από 0s (υψηλή κινητικότητα), 10s, 20s, 30s και 200s (καμία κινητικότητα)

# Αξιολόγηση Πρωτοκόλλων

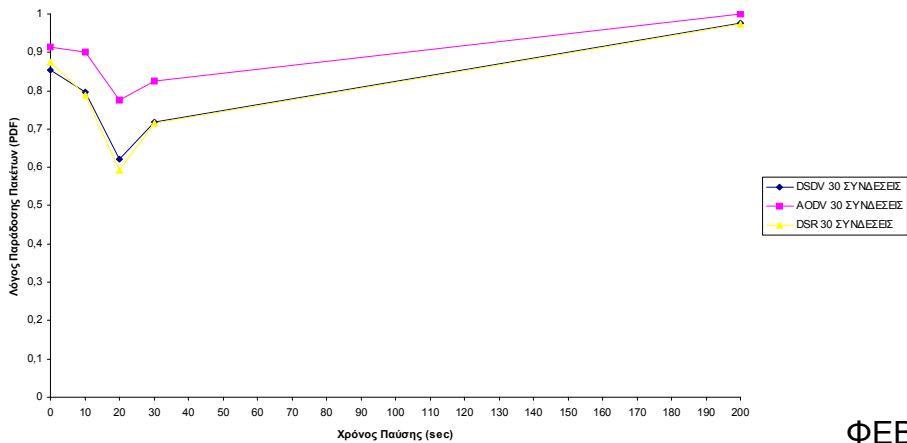
Λόγος Παράδοσης Πακέτων



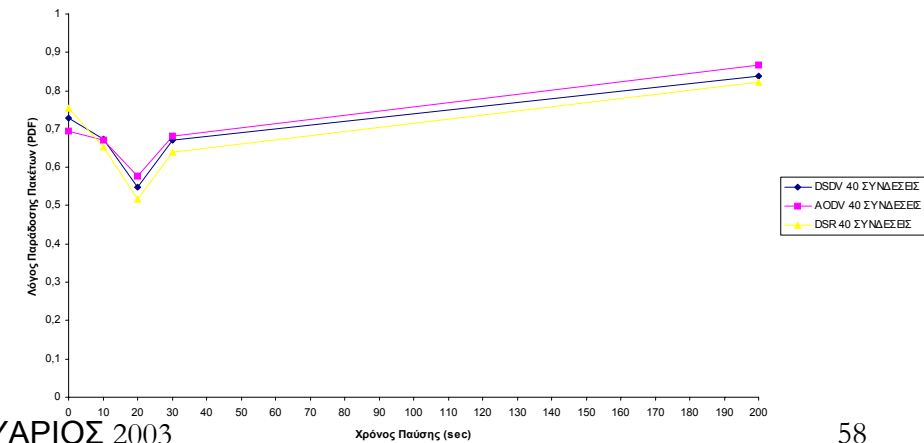
Λόγος Παράδοσης Πακέτων



Λόγος Παράδοσης Πακέτων



Λόγος Παράδοσης Πακέτων





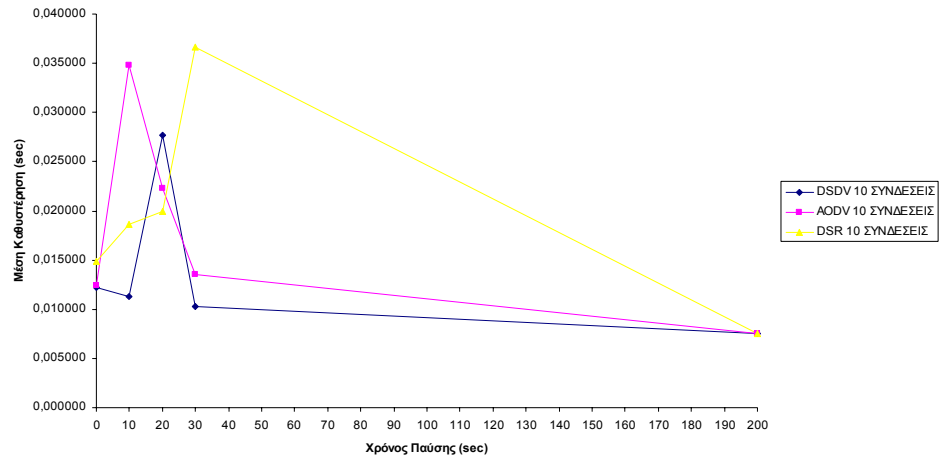
## Σύγκριση Λόγου Παράδοσης Πακέτων

---

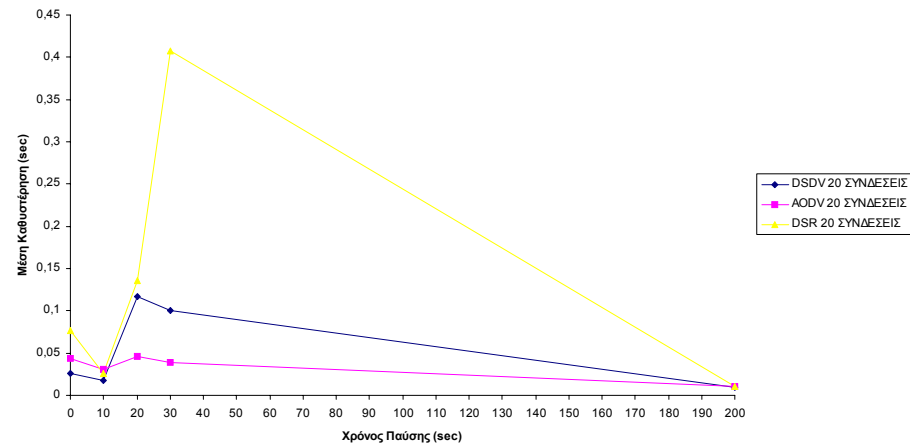
- Τα πρωτόκολλα DSR και AODV παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση από το DSDV για 10, 20, 30 συνδέσεις.
- Για 40 συνδέσεις (υψηλό φορτίο) τα 3 πρωτόκολλα παρουσιάζουν διαφορές της τάξης του 6%.
- Γενικά τα AODV και DSR απέδωσαν καλύτερα σε σχέση με το DSDV, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υψηλής κινητικότητας.

# Αξιολόγηση Πρωτοκόλλων

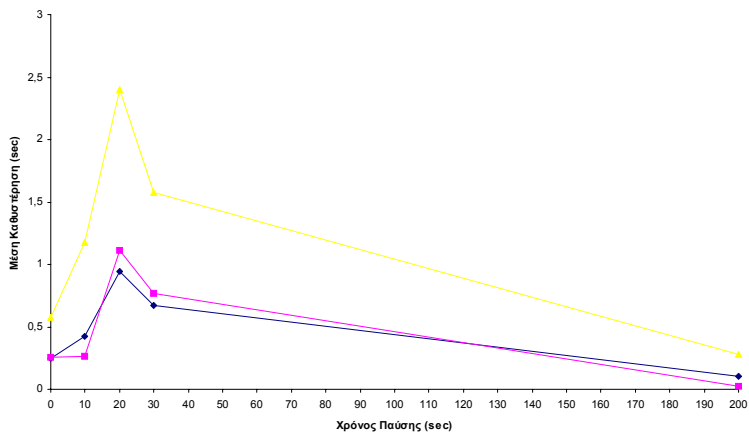
Μέση Καθυστέρηση από Άκρο σε Άκρο



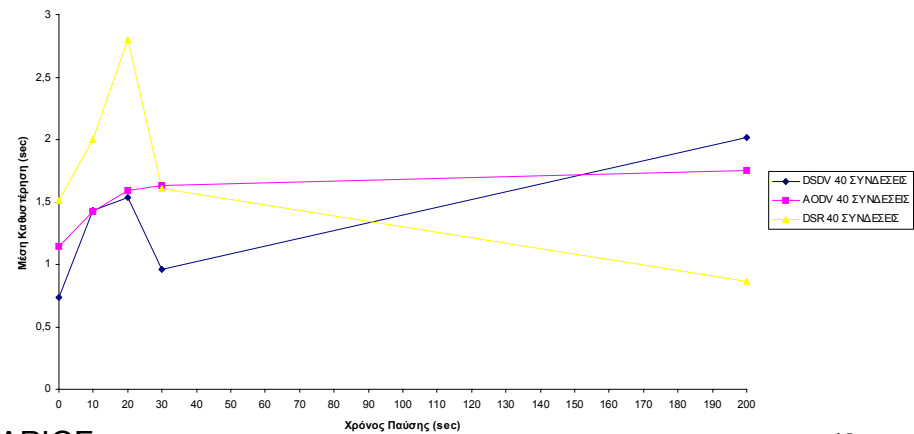
Μέση Καθυστέρηση από Άκρο σε Άκρο



Μέση Καθυστέρηση από Άκρο σε Άκρο



Μέση Καθυστέρηση από Άκρο σε Άκρο





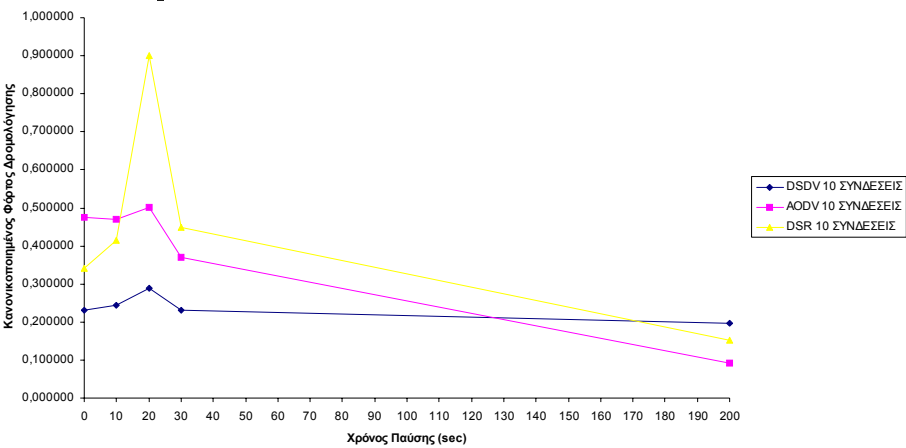
## Σύγκριση Μέσης Καθυστέρησης Παράδοσης Πακέτων

---

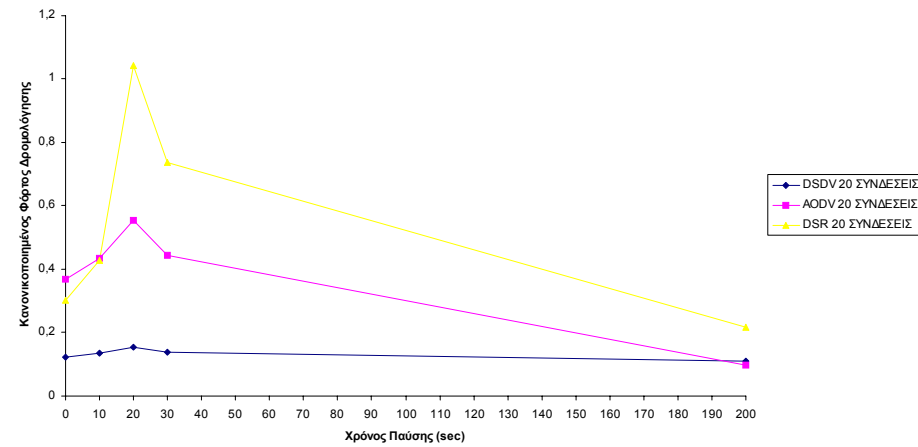
- Μεγαλύτερη καθυστέρηση στο DSR για μέση κινητικότητα σε σχέση με το AODV και το DSDV για 10, 20, 30 και 40 συνδέσεις.
- Για χαμηλό φορτίο η καθυστέρηση είναι της τάξης των εκατοστών του δευτερολέπτου και αυξάνει μέχρι 2.8 δευτερόλεπτα για υψηλό φορτίο.
- Η μέση καθυστέρηση ξεκινάει χαμηλά και για τα τρία πρωτόκολλα για υψηλή κινητικότητα (0 δευτερόλεπτα) ανεξάρτητα από το φορτίο, αυξάνει για χρόνους παύσης κίνησης 10, 20 δευτερόλεπτα και μειώνεται ξανά καθώς μειώνεται και η κινητικότητα (30, 200 δευτερόλεπτα)

# Αξιολόγηση Πρωτοκόλλων

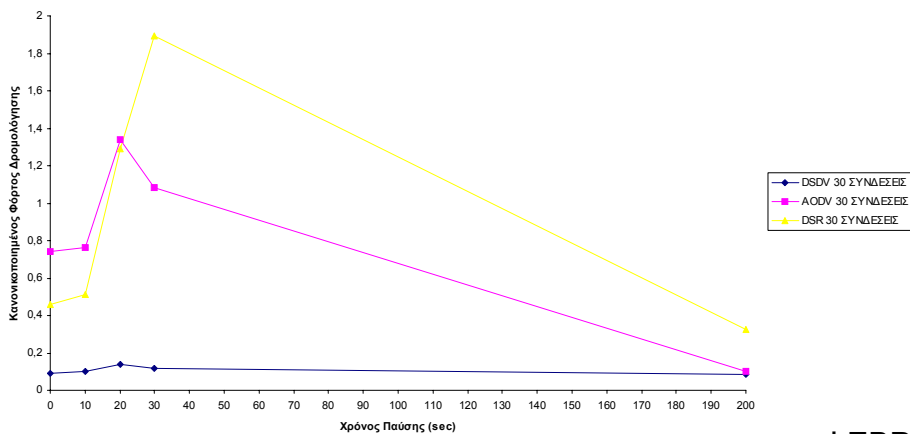
Κανονικοποιημένο Φορτίο Δρομολόγησης



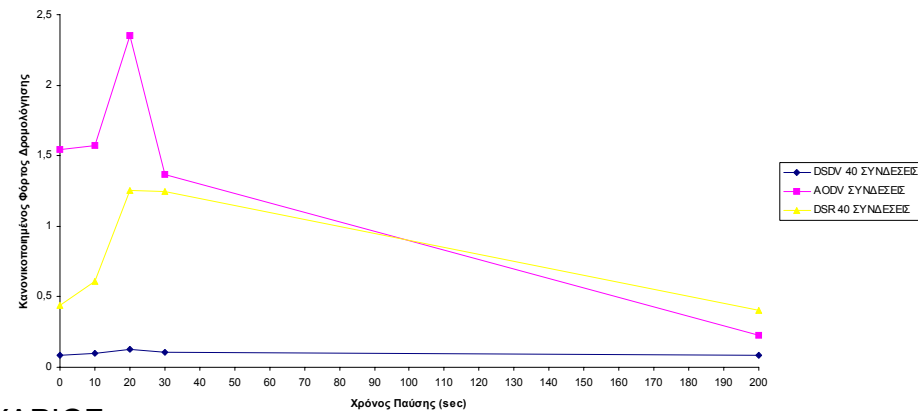
Κανονικοποιημένο Φορτίο Δρομολόγησης



Κανονικοποιημένο Φορτίο Δρομολόγησης



Κανονικοποιημένο Φορτίο Δρομολόγησης





## Σύγκριση Κανονικοποιημένου Φορτίου Δρομολόγησης

---

- Το DSDV παρουσιάζει χαμηλότερο φορτίο δρομολόγησης ανεξάρτητα από το φορτίο και την κινητικότητα των κόμβων.
- Για φορτίο δικτύου μέχρι 30 συνδέσεις και υψηλή κινητικότητα κόμβων (0, 10 δευτερόλεπτα) το DSR παρουσιάζει χαμηλότερο φορτίο δρομολόγησης σε σχέση με το AODV.
- Για υψηλό φορτίο (40 συνδέσεις) το DSR αποδίδει καλύτερα από το AODV ανεξάρτητα από την κινητικότητα των κόμβων.



## Παρατηρήσεις

---

- Το DSDV σε περιπτώσεις υψηλής κινητικότητας αποδίδει με δυσκολία λόγω συχνών αλλαγών της τοπολογίας και πολυδιατηρημένων πληροφοριών στον πίνακα δρομολόγησης. Λόγω της περιοδικής μετάδοσης των πληροφοριών το DSDV ανταπεξέρχεται στις συνεχείς αλλαγές διαδρομών που προκύπτουν από την κίνηση των κόμβων.
- Τα DSR και AODV αποδίδουν αρκετά καλά ανεξάρτητα από την κίνηση των κόμβων.
- Σε περιπτώσεις υψηλής κινητικότητας των κόμβων (0, 10 δευτερόλεπτα) το DSR έχει χαμηλότερο φορτίο δρομολόγησης λόγω των διαδρομών που αποθηκεύονται στην cache μνήμη τους.
- Το DSR αντιδρά καλύτερα στις περιπτώσεις αποτυχίας συνδέσεων λόγω των πιθανών εναλλακτικών διαδρομών που ίσως να υπάρχουν στην μνήμη.