
Adaptive Distributed Routing Algorithms & QoS in Mobile Networks

Καραβέτσιος Άκης

MIS

Τι είναι τα MOBILE Networks

- Τα mobile δίκτυα είναι μια νέα τεχνολογία που θα επιτρέψει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες και τις υπηρεσίες ηλεκτρονικά, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική θέση τους.

Ταξινόμηση mobile networks

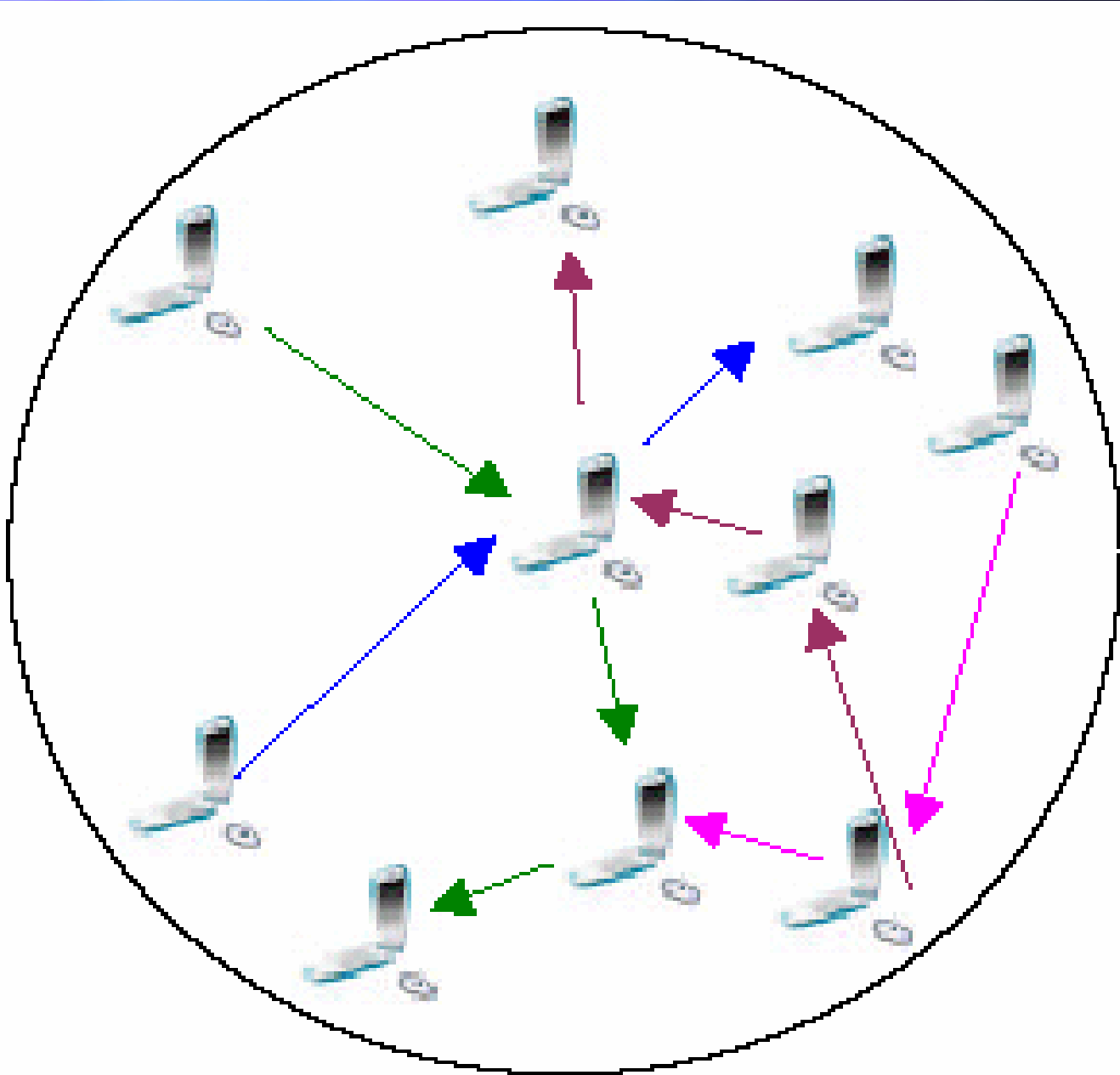
- Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο τύπους:
 - τα infrastructured (δομημένα) δίκτυα
 - τα infrastructure less (Ad hoc) δίκτυα

Χαρακτηριστικά Ad hoc δικτύων

- Όλοι οι κόμβοι είναι κινητοί και μπορούν να συνδεθούν με έναν αυθαίρετο τρόπο.
- Όλοι οι κόμβοι αυτών των δικτύων συμπεριφέρονται ως δρομολογητές και συμμετέχουν στην ανακάλυψη και τη συντήρηση των διαδρομών με άλλους κόμβους στο δίκτυο.

Χαρακτηριστικά των κόμβων ενός Ad hoc δικτύου

- Οι κόμβοι ενός adhoc δικτύου είναι εξοπλισμένοι με ασύρματες συσκευές αποστολής και λήψης σημάτων, τους πομπούς και τους δέκτες και χρησιμοποιούν τις κεραίες είτε για ευρυεκπομπή (broadcast), μονοεκπομπή (από σημείο σε σημείο), ενδεχομένως και πολυεκπομπή (multicast), ή και συνδυασμό των παραπάνω.



Εφαρμογές των mobile Ad hoc δικτύων

- ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ
 - Επικοινωνία σε πεδία μαχών
 - Δίκτυα αισθητήρων
 - Υπηρεσίες σε καταστάσεις ανάγκης
- ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ
 - Αυτοματοποίηση πωλήσεων
 - Οικιακό δίκτυο
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ
 - Συνδιαλέξεις
 - Συνέδρια

Ιδιότητες των mobile adhoc δικτύων

Τα mobile adhoc δίκτυα έχουν διάφορα εμφανή και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά :

- Περιορισμένο εύρος ζώνης
- Μειωμένος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων
- Κινητικότητα
- Περιβάλλον επιρρεπές σε σφάλματα
- Κοινή χρήση καναλιού ευρυεκπομπής (broadcast)
- Κατανάλωση ισχύος
- Περιορισμένη ασφάλεια του φυσικού μέσου μετάδοσης

Πρωτόκολλα για mobile adhoc δίκτυα

- Αυτά τα δίκτυα χρειάζονται αποδοτικούς διανεμημένους αλγορίθμους για να καθορίσουν την οργάνωση τους, τον τρόπο που επιτυγχάνεται η σύνδεση και πως γίνεται η δρομολόγηση.
- Ενώ το συντομότερο μονοπάτι (που βασίζεται σε μια δεδομένη λειτουργία κόστους) από μια πηγή σε έναν προορισμό σε ένα στατικό δίκτυο είναι συνήθως η βέλτιστη διαδρομή, αυτή η ιδέα δεν υλοποιείται εύκολα σε mobile adhoc δίκτυα.

Πρωτόκολλα για mobile adhoc δίκτυα

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία ενός adhoc mobile δικτύου

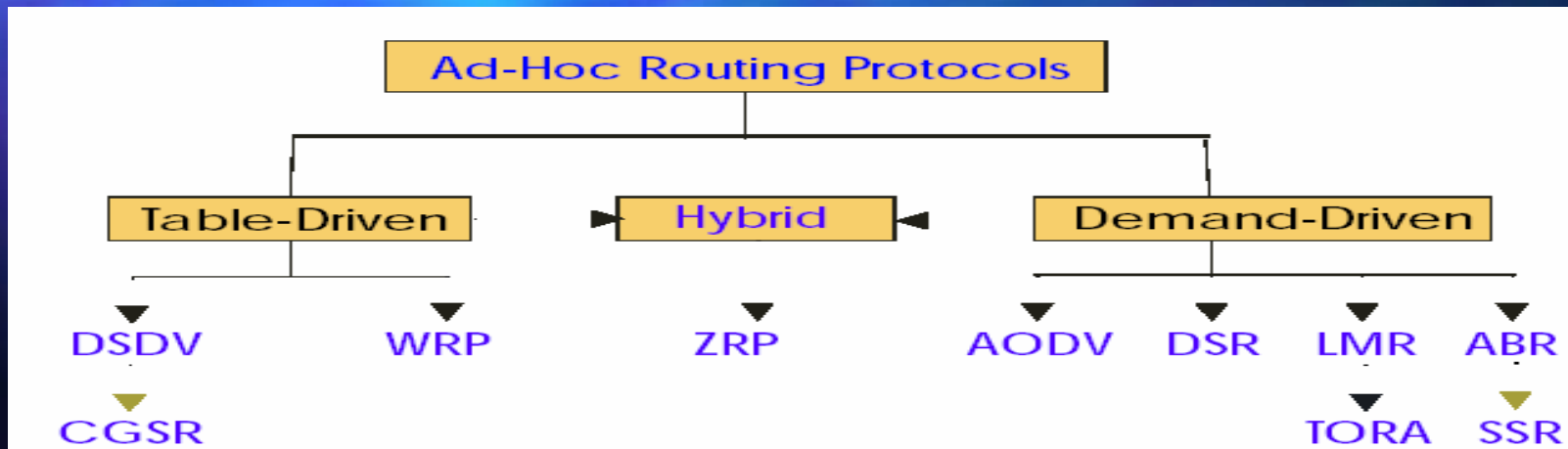
- η ισχύς της μπαταρίας
- η μεταβαλλόμενη ασύρματη ποιότητα συνδέσεων
- η απώλεια μονοπατιών διάδοσης
- η εξασθένιση του σήματος
- η παρέμβαση πολλών χρηστών
- οι τοπολογικές αλλαγές

Στόχοι των mobile adhoc δικτύων

- Υψηλή απόδοση
- Χαμηλή μέση καθυστέρηση
- Υποστήριξη ετερογενούς κίνησης
(δεδομένα, φωνή, video)
- Επεκτασιμότητα
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Ποιότητα υπηρεσιών (Quality of services)

Κατηγορίες πρωτοκόλλων δρομολόγησης

- Η κύρια κατηγοριοποίηση των πρωτοκόλλων για ad hoc δίκτυα παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα :



Πρωτόκολλα δρομολόγησης καθοδηγούμενα από πίνακες (Table Driven).

- Το χαρακτηριστικό αυτών των πρωτοκόλλων δρομολόγησης είναι ότι κάθε κόμβος διατηρεί έναν ή περισσότερους πίνακες που περιέχουν τις πληροφορίες δρομολόγησης για κάθε άλλο κόμβο στο δίκτυο.
- Όλοι οι κόμβοι ενημερώνουν αυτούς τους πίνακες ώστε να διατηρηθεί μια συνεπής και ενημερωμένη όψη του δικτύου.
- Όταν η τοπολογία δικτύων αλλάζει οι κόμβοι διαδίδουν τα μηνύματα αναπροσαρμογών σε όλο το δίκτυο προκειμένου να διατηρηθούν συνεπή και ενημερωμένα τα στοιχεία που περιέχουν οι πίνακες δρομολόγησης για ολόκληρο το δίκτυο.

Χαρακτηριστικά των Table Driven πρωτοκόλλων δρομολόγησης

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας δρομολόγησης είναι :

- Διατηρούν διαδρομές για όλους τους κόμβους
- Ελάχιστη καθυστέρηση εύρεσης δρόμου
- Επιπρόσθετο φορτίο μηνυμάτων ελέγχου
- Δεν μπορούν να υποστηρίξουν υψηλή κινητικότητα

Κατηγορίες Table Driven πρωτοκόλλων

- Πρωτόκολλα επίπεδης δρομολόγησης (FLAT)
 - Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV)
 - The Wireless Routing Protocol (WRP)
 - Clusterhead Gateway Switch Routing (CGSR)
- Ιεραρχικά πρωτόκολλα δρομολόγησης
 - Fisheye State Routing (FSR)
 - Hierarchical State Routing (HSR)
 - Zone-based Hierarchical Link State Routing Protocol (ZHLS)

Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV)

- Κάθε κινητός (mobile) κόμβος στο δίκτυο διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης στον οποίο όλοι οι πιθανοί προορισμοί μέσα στο δίκτυο καθώς και ο αριθμός μετακινήσεων σε κάθε προορισμό καταγράφονται.
- Οι ανανεώσεις των πινάκων δρομολόγησης διαβιβάζονται περιοδικά σε όλο το δίκτυο προκειμένου να διατηρηθεί η συνέπεια των πινάκων
- Κάθε φορά που διαβιβάζεται ένα αναβαθμισμένο πακέτο, το πακέτο όχι μόνο περιέχει τη διεύθυνση του ενδεχόμενου προορισμού, αλλά περιέχει επίσης τη διεύθυνση του κόμβου που μεταβιβάζει το πακέτο αυτό και η διεύθυνση του εισάγεται στον πίνακα δρομολόγησης (εκτός αν το πακέτο αγνοείται).

Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV)

- Ο DSDV είναι βασισμένος σε ένα συμβατικό πρωτόκολλο δρομολόγησης που ονομάζεται RIP, το οποίο είναι προσαρμοσμένο για τη χρήση στα adhoc δίκτυα
- Η δρομολόγηση επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση των πινάκων δρομολόγησης που διατηρούνται από κάθε κόμβο.
- Ο όγκος της πολυπλοκότητας στον DSDV έγκειται στην παραγωγή και τη διατήρηση αυτών των πινάκων δρομολόγησης.

Μειονεκτήματα του DSDV

- Δεδομένου ότι ο αριθμός κόμβων στο δίκτυο αυξάνεται, το μέγεθος των πινάκων δρομολόγησης και το εύρος ζώνης συχνοτήτων (bandwidth) που απαιτείται για να ενημερώσει τους πίνακες αυξάνεται επίσης. Αυτή η επιβάρυνση (overhead) είναι βασική αδυναμία του DSDV.
- Οποτεδήποτε παρουσιαστούν αλλαγές στην τοπολογία, ο DSDV είναι ασταθής μέχρι ότου τα αναπροσαρμοζόμενα πακέτα διαδοθούν σε όλο το δίκτυο.
- Δυνατότητα της κινητικότητας (mobility) των κόμβων.

Wireless Routing Protocol (WRP)

- Το ασύρματο πρωτόκολλο δρομολόγησης (WRP) είναι ένα distance-vector πρωτόκολλο δρομολόγησης βασισμένο σε πίνακες δρομολόγησης. Κάθε κόμβος στο δίκτυο διατηρεί
 - **έναν πίνακα απόστασης (distance table),**
Ο πίνακας απόστασης ενός κόμβου X περιέχει την απόσταση κάθε κόμβου προορισμού Y μέσω κάθε γειτονικού κόμβου Z στο X.
 - **έναν πίνακα δρομολόγησης (routing table),**
Ο πίνακας δρομολόγησης του κόμβου X περιέχει την απόσταση κάθε κόμβου προορισμού Y από τον κόμβο X, τον πρόγονο και τον διάδοχο του κόμβου X σε αυτό το μονοπάτι.
 - **έναν πίνακα σύνδεσης-κόστους (Link-Cost table),**
Ο πίνακας σύνδεσης-κόστους (Link-Cost table) περιέχει το κόστος της σύνδεσης σε κάθε γείτονα του κόμβου από τη στιγμή που ένα χωρίς λάθη μήνυμα παραλήφθηκε από εκείνο τον γείτονα.
 - **μια λίστα επαναμετάδοσης μηνυμάτων**
Ο κατάλογος επαναμετάδοσης μηνυμάτων (MRL) περιέχει τις πληροφορίες που επιτρέπουν σε έναν κόμβο να γνωρίζει ποιος από τους γειτονικούς του κόμβους δεν έχει λάβει γνώση του αναβαθμισμένου μηνύματος έτσι ώστε να μεταδώσει το αναβαθμισμένο αυτό μήνυμα σ' εκείνο τον γειτονικό κόμβο.

Πλεονεκτήματα του WRP

- Πρόκειται για έναν αλγόριθμο εύρεσης μονοπατιού που χρησιμοποιεί τις πληροφορίες από τα αναβαθμισμένα πακέτα σχετικά με το μήκος του μονοπατιού και επιλέγει το συντομότερο μονοπάτι για κάθε προορισμό.
- ελέγχει τη συνέπεια όλων των γειτονικών του κόμβων κάθε φορά που ανιχνεύει μια αλλαγή στη σύνδεση, οποιοιδήποτε και αν είναι αυτοί οι γειτονικοί κόμβοι.
- Αποτελεσματική επικοινωνία σε όλο το δίκτυο

Fisheye State Routing (FSR)

- Κάθε κόμβος διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης για το πώς θα φθάσει σε κάθε άλλο κόμβο στο δίκτυο, όμοια με τον DSDV εκτός από τις πληροφορίες πλήρους τοπολογίας οι οποίες διατηρούνται σε κάθε κόμβο.
- Κάθε κόμβος χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να δρομολογήσει τα πακέτα μέσω του δικτύου.
- Τα πακέτα με μεγαλύτερο πεδίο (και που διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις) μεταδίδονται λιγότερο συχνά.

Χαρακτηριστικά του (FSR)

■ Πλεονεκτήματα

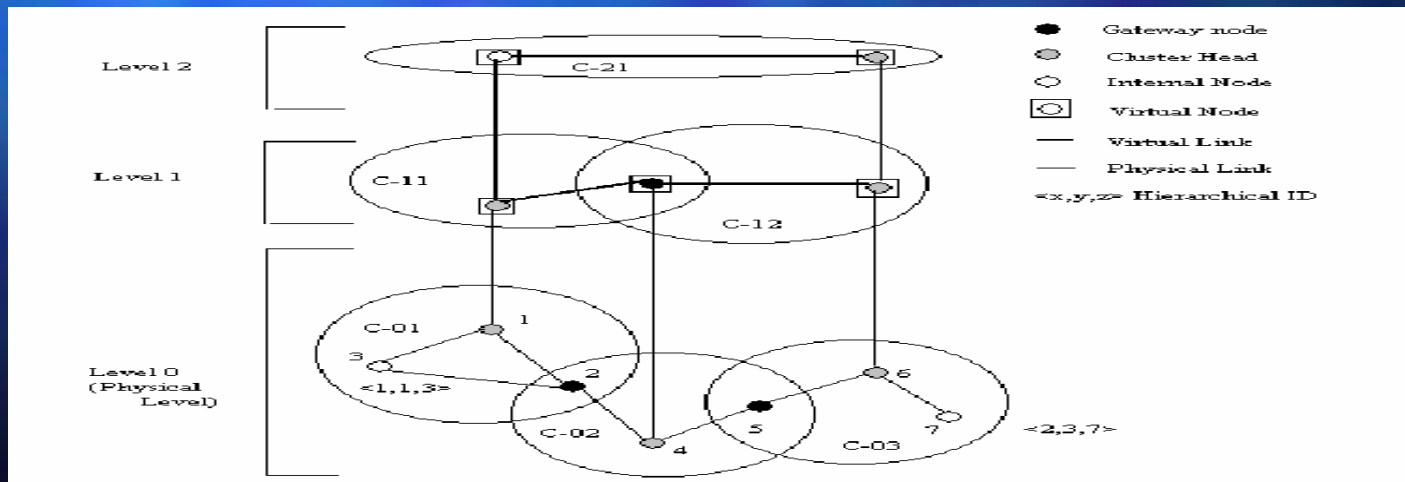
- ένα πακέτο κατά την διέλευση σε έναν κόμβο θα καθοδηγηθεί με τις ακριβέστερες πληροφορίες όσο αυτό φτάνει προς τον προορισμό του.
- ο FSR ανταποκρίνεται καλά στα μεγάλα δίκτυα
- Μειώνει την επιβάρυνση της κυκλοφορίας του δικτύου

■ Μειονεκτήματα

- ένας πιο μακρινός κόμβος προορισμού είναι λιγότερο αξιόπιστος όσον αφορά τις πληροφορίες δρομολόγησης επειδή τα πακέτα που διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις μεταδίδονται λιγότερο συχνά.
- μείωση του αριθμού επιτυχών παραδόσεων πακέτων

Hierarchical State Routing (HSR)

- Σε ένα ασύρματο δίκτυο, το βασικό μειονέκτημα της ιεραρχικής δρομολόγησης είναι η διαχείριση της κινητικότητας. Για την καταπολέμηση αυτού του προβλήματος, ο HSR συγκεντρώνει ιεραρχικά σε τομείς (περιοχές) τους κόμβους του δικτύου σύμφωνα με τη γεωγραφική τους θέση και μάλιστα σε πολλαπλά επίπεδα.



Σύγκριση Table Driven πρωτοκόλλων για ad hoc mobile δίκτυα

	Fisheye	DSDV	WRP	CGSR	ZHLS
Loop-free	Yes	Yes	Yes, but not instantaneous	Yes	Yes
Distributed	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Routing Philosophy	Table-Driven	Table-Driven	Table-Driven	Table-Driven	Table-Driven
Periodic Broadcasts	Varying over scopes	Periodic	Periodic and triggered	Periodic	Different by zone level
Topology Philosophy	Flat	Flat	Flat	Hierarchical	Hierarchical
Critical Nodes	No	No	No	Yes	Yes
Routing Metric	Shortest path	Shortest path	Shortest path	Shortest path	Shortest path

ON-Demand πρωτόκολλα δρομολόγησης

- Σε αντίθεση με τα table driven πρωτόκολλα δρομολόγησης όλες οι ενημερωμένες διαδρομές δεν διατηρούνται σε κάθε κόμβο, άντ' αυτού οι διαδρομές δημιουργούνται όταν και όπως απαιτείται. Όταν ένας κόμβος θελήσει να στείλει πακέτα σε έναν προορισμό, καλεί τους μηχανισμούς εύρεσης διαδρομών για να βρει το μονοπάτι προς τον προορισμό. Η διαδρομή παραμένει έγκυρη μέχρις ότου ο προορισμός είναι εφικτός ή μέχρι η διαδρομή να μην είναι πλέον απαραίτητη.

Χαρακτηριστικά των On-Demand πρωτοκόλλων

- Η πληροφορία για τη δρομολόγηση μεταδίδεται μόνο όταν χρειάζεται
- Κατανάλωση μικρότερου εύρους ζώνης
- Δραματική αύξηση καθυστέρησης για κάποιες εφαρμογές

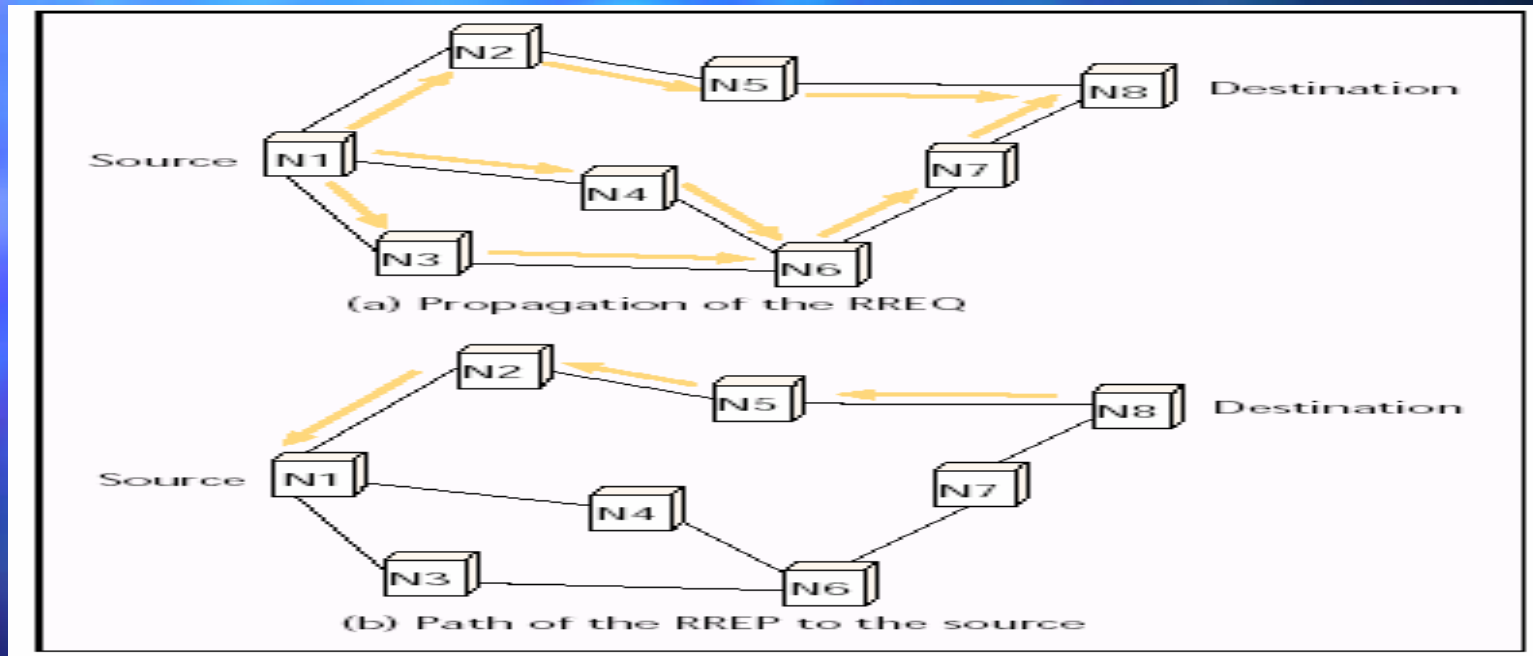
On Demand πρωτόκολλα δρομολόγησης

- Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)
- Dynamic Source Routing (DSR)
- Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA)
- Cluster based Routing Protocol (CBRP)
- Associativity Based Routing (ABR)
- Signal Stability Routing (SSR)

Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

- Ο AODV είναι ένας αλγόριθμος ζήτησης, το οποίο σημαίνει ότι οι διαδρομές μεταξύ των κόμβων δημιουργούνται μόνο όταν αυτό ζητείται από έναν κόμβο που θέλει να αποστείλει ένα μήνυμα.
- Οι διαδρομές διατηρούνται μόνο εφ' όσον τις χρειάζονται οι δημιουργοί
- Η εύρεση των διαδρομών στον AODV γίνεται μέσω μιας αίτησης του κόμβου (RREQ) προς το δίκτυο

Λειτουργία του πρωτοκόλλου AODV



- Οι κόμβοι που λαμβάνουν αυτό το RREQ θα ενημερώσουν τα στοιχεία τους για τον κόμβο πηγή και θα δημιουργήσουν δείκτες προς τον κόμβο πηγή στους πίνακες δρομολόγησης τους

Πλεονεκτήματα του AODV

- Υποστηρίζει unicast δρομολόγηση
- Υποστηρίζει multicast δρομολόγηση (σε πολλούς παραλήπτες)
- Υποστηρίζει φωνή πάνω από IP (Voice over IP)

Dynamic Source Routing (DSR)

- Η βασική ιδέα πάνω στην οποία βασίζεται ο αλγόριθμος DSR είναι ότι ο κόμβος πηγή περιλαμβάνει τις πλήρεις πληροφορίες δρομολόγησης για κάθε πακέτο δεδομένων που δρομολογείται μέσω των κόμβων του δικτύου.
- Ο DSR χρησιμοποιεί δύο φάσεις:
 - ανακάλυψη διαδρομών
 - συντήρηση διαδρομών
- Η διαδικασία εύρεσης διαδρομών γίνεται με την μετάδοση ενός αιτήματος RREQ από τον κόμβο - πηγή στους γείτονές του

Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA)

- Ο TORA είναι ένας ιδιαίτερα προσαρμοστικός, αποδοτικός εξελικτικός και διανεμημένος αλγόριθμος δρομολόγησης.
- Ο TORA προτείνεται για δυναμικά (με μη σταθερό αριθμό κόμβων) mobile, ασύρματα δίκτυα.

Κύρια χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου TORA

- Βρίσκει πολλαπλές διαδρομές από έναν κόμβο πηγή σε έναν κόμβο προορισμού.
- Τα μηνύματα ελέγχου εντοπίζονται σε ένα πολύ μικρό σύνολο κόμβων κοντά στο σημείο μιας τοπολογικής αλλαγής.
- οι κόμβοι διατηρούν τις πληροφορίες δρομολόγησης για παρακείμενους κόμβους

Βασικές λειτουργίες του TORA

Το πρωτόκολλο έχει τρεις βασικές λειτουργίες:

- Δημιουργία διαδρομών
 - Η δημιουργία διαδρομών γίνεται χρησιμοποιώντας τα query πακέτα
- Συντήρηση διαδρομών
- Εξάλειψη διαδρομών
 - Στην φάση εξάλειψης διαδρομών, μεταδίδεται μέσω του TORA ένα πακέτο ραδιοφωνικής μετάδοσης (CLP) σε όλο το δίκτυο για να σβήσει τις άκυρες διαδρομές

Cluster based Routing Protocol (CBRP)

- Στο πρωτόκολλο δρομολόγησης CBRP, οι κόμβοι είναι διαιρεμένοι σε τομείς (clusters)
- Στον CBRP, η δρομολόγηση γίνεται χρησιμοποιώντας τη δρομολόγηση πηγής (source routing).
- Χρησιμοποιεί την ελάχιστη διαδρομή που απαιτείται για την αποστολή ενός πακέτου από την πηγή.
- Καθόσον γίνεται η μετάδοση του πακέτου εάν ένας κόμβος ανιχνεύσει μια “χαλασμένη” σύνδεση τότε στέλνει πίσω στον αποστολέα ένα μήνυμα σφάλματος και έπειτα χρησιμοποιεί τον τοπικό μηχανισμό επισκευής.

Διαφορές DSR και CBRP

- Η βασική διαφορά μεταξύ του DSR και του CBRP είναι ότι κατά τη διάρκεια της λειτουργίας για ανακάλυψη διαδρομών ο DSR πλημμυρίζει την διαδρομή με query πακέτα σε όλο το δίκτυο ενώ ο CBRP εκμεταλλεύεται τη δομή των τομέων του για να περιορίσει την πλημμύρα των διαδρομών από query πακέτα

Διαφορές μεταξύ Table Driven και On Demand πρωτοκόλλων

- Οι **Table Driven** αλγόριθμοι στηρίζονται σε έναν κρυμμένο κατά κάποιο τρόπο μηχανισμό αναβάθμισης του πίνακα δρομολόγησης που περιλαμβάνει τη σταθερή διάδοση των πληροφοριών που πρέπει να δρομολογηθούν.
- Επειδή οι πληροφορίες που δρομολογούνται διαδίδονται συνεχώς και διατηρούνται στα πρωτόκολλα δρομολόγησης **Table Driven**, μια διαδρομή σε κάθε άλλο κόμβο στο ad hoc δίκτυο είναι πάντα διαθέσιμη, ανεξάρτητα από το εάν χρειάζεται ή όχι και έτσι υφίσταται μεγάλη κατανάλωση ισχύος.
- Όταν ένας κόμβος χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο **κατά ζήτηση** και επιθυμεί μια διαδρομή σε έναν νέο προορισμό, θα πρέπει να περιμένει κάποιο χρονικό διάστημα έως ότου μπορεί να ανακαλυφθεί μια τέτοια διαδρομή.

Flooding Routing Protocols

- Μια άλλη κατηγορία πρωτοκόλλων δρομολόγησης είναι τα flooding routing protocols όπου ένα πακέτο μεταδίδεται σε όλους τους προορισμούς, με την προσδοκία ότι τουλάχιστον ένα αντίγραφο του πακέτου θα φθάσει στον καθορισμένο προορισμό.
- Η εξέταση των πρωτοκόλλων αυτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιορίσει την επιβάρυνση (overhead) της πλημμύρας πακέτων (flooding).

Flooding Routing Protocols

- Οι βασικότεροι αλγόριθμοι που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία είναι :
 - GEDIR (Geographic distance routing)
 - MFR (Most Forward progress with in Radius)
 - DIR (Directional Routing)

Υβριδικά Πρωτόκολλα δρομολόγησης

- ZONE ROUTING PROTOCOL (ZRP)
 - Το ZRP είναι ένα πρωτόκολλο που συνδυάζει πλεονεκτήματα των Table Driven και των On Demand πρωτοκόλλων
 - Πραγματοποιεί τη διαδικασία εύρεσης διαδρομής κατά ζήτηση, αλλά σε αντίθεση με τα On Demand πρωτόκολλα, με περιορισμένο κόστος αναζήτησης

Πρωτόκολλα δρομολόγησης με έμφαση στην ποιότητα υπηρεσιών (QoS)

- Core Extraction Distributed Ad hoc Routing algorithm (CEDAR)
- Routing by Ticket-Based Probing

Core Extraction Distributed Ad hoc Routing algorithm (CEDAR)

- Ο CEDAR είναι ένας αλγόριθμος που παρέχει ποιότητα υπηρεσιών (quality of services) για μικρού και μεσαίου μεγέθους ad hoc δίκτυα τα οποία βασίζονται σε δεκάδες ή και εκατοντάδες κόμβους
- Εγκαθιστά τον πυρήνα του δικτύου και αυξανόμενα διαδίδει τις καταστάσεις (states) των συνδέσεων με υψηλό εύρος ζώνης συχνοτήτων στους κόμβους του πυρήνα.
- Ο υπολογισμός της διαδρομής εκτελείται από τους κόμβους του πυρήνα και διεξάγεται κατόπιν ζήτησης (on-demand)

Βασικά συστατικά του CEDAR

- Ο CEDAR έχει τρία βασικά συστατικά :
 - **Εξαγωγή πυρήνα (Core Extraction)**
 - Ένα σύνολο από κόμβους επιλέγεται για να μορφοποιήσει τον πυρήνα ο οποίος διατηρεί την τοπολογία των κόμβων
 - **Διάδοση της κατάστασης σύνδεσης (Link State Propagation)**
 - Η δρομολόγηση της ποιότητας υπηρεσιών (Quality Of Services) επιτυγχάνεται με την διάδοση των πληροφοριών των σταθερών συνδέσεων που διαθέτουν άφθονο (bandwidth) σε όλους τους κόμβους του πυρήνα.
 - **Υπολογισμός της διαδρομής (Route Computation)**
 - Ο υπολογισμός διαδρομής αρχικά γίνεται με ένα μονοπάτι από την περιοχή αναχώρησης προς την περιοχή του προορισμού. 43

Routing by Ticket-Based Probing

- Ο αλγόριθμος δρομολόγησης Ticket-Based probing είναι ένας κατανεμημένος αλγόριθμος εύρεσης πολλαπλών διαδρομών.
- Στέλνονται κάποια μηνύματα δρομολόγησης (ανιχνευτές), από τον κόμβο πηγή προς τον κόμβο προορισμού. Οι ανιχνευτές αυτοί προσπαθούν να ανακαλύψουν χαμηλού κόστους μονοπάτια διαδρομής
- Η διαδικασία δρομολόγησης λαμβάνει υπόψη της όχι μόνο τις απαιτήσεις σε QoS αλλά και τη βέλτιστη διαδρομή όσον αφορά το μικρότερο κόστος.

Προσομοίωση πρωτοκόλλων δρομολόγησης

- Οι πιο σημαντικοί προσομοιωτές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι :
 - NS-2
 - OPNET
 - GLOMOSIM
 - SSFNET

Προσομοίωση πρωτοκόλλων με τον NS-2 Simulator

- Ο NS-2 δίνει έμφαση στην υποστήριξη ευρέως φάσματος ενσύρματων και ασύρματων δικτύων αλλά δεν ενδείκνυται για δίκτυα μεγάλων διαστάσεων.
- Ο NS-2 βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού OTCL και στην C++
- Γενική σελίδα με οδηγίες για τον NS-2 :
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/index.html>
- Ιστοσελίδα που περιέχει το tutorial του NS-2 :
<Http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial>

Tutorial του NS-2 Simulator

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window. The title bar reads "Marc Greis' Tutorial for the UCB/LBNL/VINT Network Simulator 'ns' - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL "http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/". The main content area displays the title "Tutorial for the Network Simulator 'ns'" and the section "I. Introduction". A left-hand navigation menu lists various sections of the tutorial, including "Contents:", "I. Introduction", "II. Finding Documentation", "III. The Basics", and "IV. The first Tcl script". The main text includes a disclaimer, a note about test suites, and an introduction to the tutorial's purpose.

ns Tutorial

Contents:

- [I. Introduction](#)
- [II. Finding Documentation](#)
 - [II.1. For ns&nam](#)
 - [II.2 For Tcl](#)
 - [II.3 For C++](#)
- [III. The Basics](#)
 - [III.1 Downloading/Installing ns&nam](#)
 - [III.2 Starting ns](#)
 - [III.3 Starting nam](#)
- [IV. The first Tcl script](#)
 - [IV.1 How to start](#)
 - [IV.2 Two nodes, one ...](#)

Tutorial for the Network Simulator "ns"

I. Introduction

[\[Next section\]](#) [\[Back to the index\]](#)

Disclaimer: This tutorial was originally developed by [Marc Greis](#). Currently the tutorial is maintained and being expanded by the [VINT](#) group.

Please note: if there is any problem with the example scripts provided below, please refer to the test suites (`~ns/tcl/test/test-suite-greis.tcl` and `test-suite-WLtutorial.tcl`) for and latest updates and let us know, thanks.

Since you have found this page, I assume that you already know what ns is and where you can get it from. If not, I suggest you either go to the [web page for the VINT project](#) or the [web page for ns \(version 2\)](#). Note: In these pages I describe ns version 2. [Version 1](#) is different, though there is a backwards compatibility library in version 2.

The purpose of these pages is to make it easier for new ns users to use ns and nam to create

Internet

8:49 μμ

Παράμετροι προσομοίωσης ενός πρωτοκόλλου δρομολόγησης

- Μερικές παράμετροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση κάποιου πρωτοκόλλου δρομολόγησης είναι :
 - Ο τύπος της κεραίας (antenna type)
 - Αριθμός κόμβων του δικτύου (Σταθερός ή αυξανόμενος)
 - Εύρος ζώνης δικτύου (bandwidth)
 - Propagation delay (Χρόνος αποστολής ενός πακέτου από τον ένα κόμβο στον άλλον)
 - Χρόνος προσομοίωσης (π.χ. 200 sec.)
 - Τύπος του Ad hoc πρωτοκόλλου δρομολόγησης (π.χ. DSDV)
 - Πρότυπο διάδοσης πληροφοριών (Mac 802.11)
 - Μέγιστος αριθμός πακέτων που θα μένουν στην ουρά μέχρι να εξυπηρετηθούν.

Προσομοίωση με τον Ns-2 μέσω της γλώσσας OTCL

- Ένα παράδειγμα προγραμματισμού σε Otcl :
- Ακολουθεί η παραμετροποίηση των κόμβων ενός mobile δικτύου :

```
# Configure nodes
```

```
$ns_ node-config -adhocRouting $val(rp) \  
-llType $val(ll) \  
-macType $val(mac) \  
-ifqType $val(ifq) \  
-ifqLen $val(ifqlen) \  
-antType $val(ant) \  
-propType $val(prop) \  
-phyType $val(netif) \  
-topoInstance $topo \  
-channelType $val(chan) \  

```

Προσομοίωση με τον Ns-2 μέσω της γλώσσας OTCL

- Δημιουργία 2 κόμβων με OTCL

```
set n0 [$ns node]
```

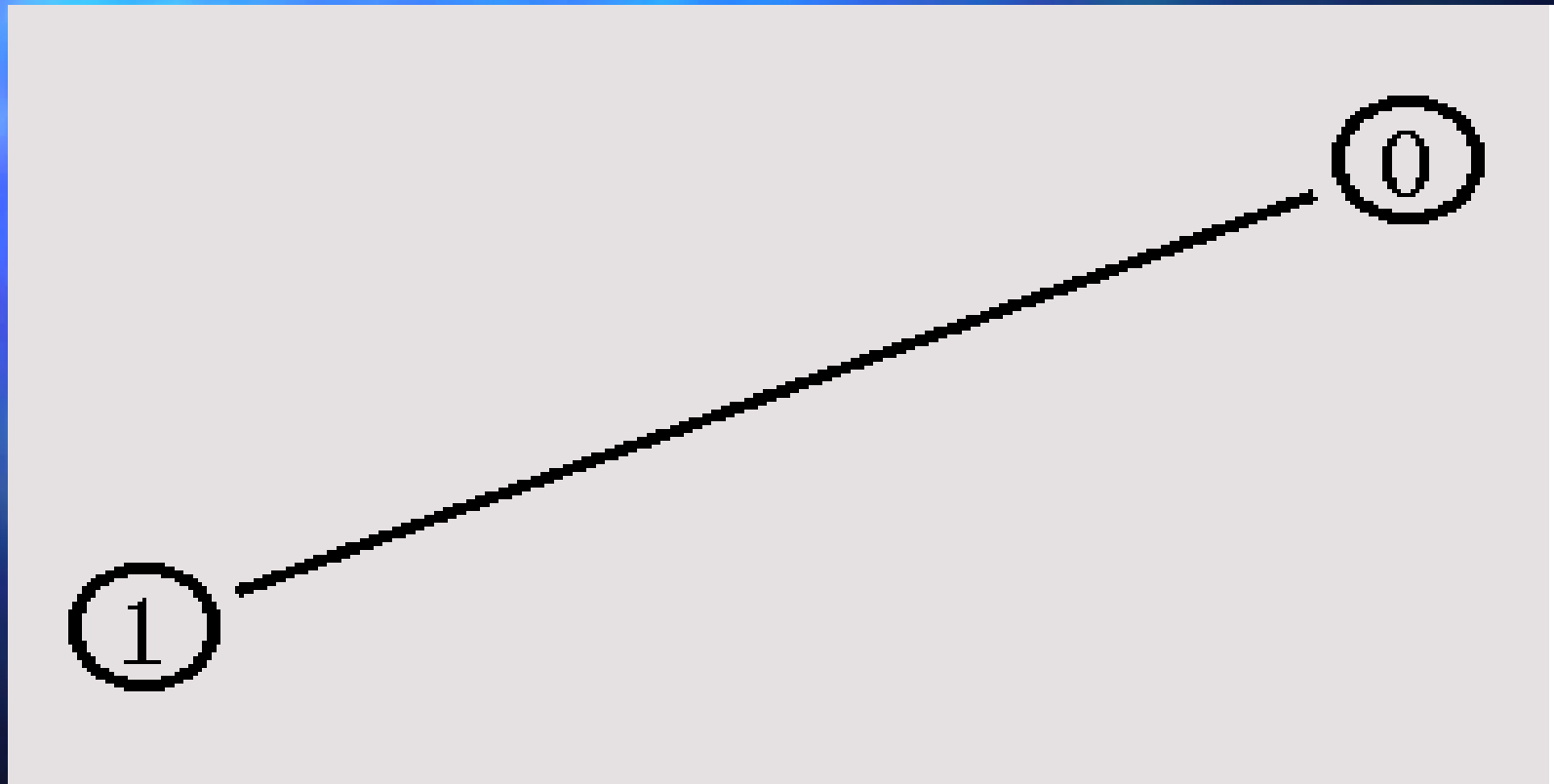
```
set n1 [$ns node]
```

- Δημιουργία σύνδεσης δυο κόμβων με παραμέτρους

```
ns duplex-link $n0 $n1 1Mb 10ms DropTail
```

Έτσι γίνεται σύνδεση των κόμβων n0 και n1 με αμφίδρομο, με bandwidth 1Megabit, με καθυστέρηση (delay) 10msec και με ουρά πακέτων DropTail.

Γραφική απεικόνιση του δικτύου στον graphic animator του NS-2



Αποτελέσματα Προσομοίωσης

- Μετά από κάθε προσομοίωση παράγονται αρχεία αποτελεσμάτων μέσω των Trace files, τα οποία δηλώνονται στον κώδικα OTCL του Ns-2 όπως παρακάτω σε γενικευμένη μορφή. Το τι θα καταγραφεί σε αυτά τα αρχεία θα φανεί στο τέλος της προσομοίωσης από τον Nam graphic animator του NS-2:

```
set nf [open out.nam w]
```

```
$ns namtrace-all $nf
```

- Το αρχείο καταγραφής αποτελεσμάτων είναι το out.nam στο παραπάνω παράδειγμα

Αποτελέσματα Προσομοίωσης

- Μερικά από τα αποτελέσματα που μπορούμε να διακρίνουμε από μια προσομοίωση μέσω του Ns-2 είναι :
 - Χρόνος αποστολής πακέτων
 - Πλήθος πακέτων που εστάλησαν, απορρίφθηκαν ή εγκαταλείφθηκαν
 - Ταχύτητα αποστολής πακέτων
 - Σύγκριση απόδοσης πρωτοκόλλων

Σύγκριση AODV και DSDV

- Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας υλοποιήθηκαν κάποιες προσομοιώσεις στον NS-2 όπου ως πρωτόκολλα δρομολόγησης των ασυρμάτων δικτύων χρησιμοποιήθηκαν ο DSDV και ο AODV.
- Υπάρχουν διαφορετικά σενάρια υλοποίησης των προσομοιώσεων με κάποιες παραμέτρους να διαφέρουν και που αφορούν τόσο την κίνηση των κόμβων όσο τον τρόπο επικοινωνίας των.

Σύγκριση AODV και DSDV

- Ενδεικτικά δημιουργήθηκαν σενάρια μετακίνησης και επικοινωνίας όπως τα παρακάτω :
 - Α) Το δίκτυο χρησιμοποιεί 4 κόμβους, με χρόνους παύσης κίνησης (pause time) των 0, 10, 20, 30 και 90 δευτερολέπτων, μέγιστη ταχύτητα 20m/sec, όριο τοπολογίας 670X670 και χρόνο προσομοίωσης τα 100 sec.
 - Β) Δημιουργήθηκαν και σενάρια με διαφορετικές ταχύτητες κόμβων όπως 1m/s, 10m/s, 30m/s και 40m/s με σταθερό τον χρόνο διακοπής (pausetime) στα 10sec και 4 κόμβους, όριο τοπολογίας 670X670 και χρόνο προσομοίωσης 100sec.
 - Γ) Σενάρια με διαφορετικό αριθμό κόμβων 10, 30 αλλά και χρόνο προσομοίωσης 200 sec.

Αρχεία κίνησης και επικοινωνίας κινητών κόμβων

- Η γεννήτρια κίνησης των ασύρματων κόμβων είναι διαθέσιμη στο υποκατάλογο `~ns-2.26/indep-utils/cmuscen-gen/setdest` και η εντολή δημιουργίας αρχείου κίνησης είναι :
- `./setdest -n [number of nodes] -p [pausetime] -s [maxspeed] -t [simulation time] -x [maxx] -y [maxy] > filename`
- Αντίθετα η εντολή για την δημιουργία αρχείων επικοινωνίας είναι :
- `ns cbrgen.tcl -type [cbr or tcp] -nn [nodes] -seed [seed] -mc [maxconnections] -rate [rate (ποσοστό μετάδοσης πακέτων/ sec)]`

Κώδικας Ανάλυσης Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης

- Για την συγκέντρωση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε κώδικας γραμμένος σε C++ ο οποίος εκσφαλματώθηκε στον C++ Builder
- Συγκεντρώνει όλα τα trace αρχεία που παράγονται από την προσομοίωση και διαβάζει μια μια όλες τις εγγραφές για την κατάσταση των κόμβων

Κώδικας Ανάλυσης Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης

■ Τα αποτελέσματα που παράγονται μέσω αυτού του κώδικα (Analysis.cpp) είναι :

- Αριθμός πακέτων που λήφθηκαν (Received packets)
- Αριθμός πακέτων που στάλθηκαν (Sent packets)
- Αριθμός πακέτων που απορρίφθηκαν (Dropped packets)
- Αριθμός πακέτων που προωθήθηκαν (Forwarded packets)
- Το ποσοστό επιτυχών παραδόσεων πακέτων (Packet Delivery Ratio)
- Η μέση καθυστέρηση μεταβίβασης πακέτου από τον έναν κόμβο στον άλλο (Average End to End Delay)
- Το ποσοστό των απεσταλμένων πακέτων που πρέπει να προωθηθούν προκειμένου να προσεγγιστούν οι κόμβοι προορισμού (Routing Overhead)

Συμπεράσματα από την σύγκριση AODV & DSDV

Σενάρια με 4 κόμβους και μεταβολές στον χρόνο διακοπής κίνησης (pause time) και στην μέγιστη ταχύτητα κίνησης τους

- Μέσα από τις προσομοιώσεις των πρωτοκόλλων είναι προφανές πως ο AODV αποτελεί πιο αξιόπιστο πρωτόκολλο δρομολόγησης όταν ο χρόνος διακοπής κίνησης (pause time) είναι μικρός, ενώ σε μεγάλες τιμές του χρόνου αυτού υπερτερεί ο DSDV.
- Όσον αφορά την εξέταση και των δύο πρωτοκόλλων αναφορικά με τη μέγιστη ταχύτητα κίνησης των κόμβων είναι αρκετά αξιόπιστα αλλά σε μεγάλες ταχύτητες το πρωτόκολλο DSDV είναι προτιμότερο διότι δεν παράγει πολλά forwarded πακέτα, σε αντίθεση με τον AODV, που σημαίνει ότι βρίσκει πολύ γρήγορα τους εκάστοτε κόμβους προορισμού και επομένως το Routing Overhead είναι αρκετά μικρό και έτσι το δίκτυο είναι σαφώς πιο γρήγορο, ευέλικτο και χωρίς μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση

Συμπεράσματα από την σύγκριση AODV & DSDV

Σενάριο με 10 κόμβους και χρόνο προσομοίωσης τα 200 seconds

- Όσο πιο πολλοί κόμβοι σε ένα mobile δίκτυο τόσο πιο πολλά πακέτα δημιουργούνται
- Και τα δυο πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται από τα δίκτυα είναι πολύ αξιόπιστα (Packet Delivery Ratio)
- Διαφορά στην κυκλοφοριακή συμφόρηση λόγω πολλών προωθημένων πακέτων που παράγει ο AODV.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

- Ο DSDV αποτελεί πιο ενδεδειγμένη λύση για τέτοιου είδους δίκτυο λόγω του ότι δεν αργεί η προσομοίωση (μικρό Routing Overhead) και επομένως το δίκτυο είναι πιο γρήγορο και ευέλικτο