



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΘΕΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Πρωτόκολλα – Τοπολογίες Δυναμικών Ασύρματων Δικτύων

Κοκκώνης Γεώργιος

Α.Μ.: Μ04/19

Μάθημα: Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων

Επιβλέπων Καθηγητές: Α.Α. Οικονομίδης & α. Πομπόρτσης



MASTER IN INFORMATION SYSTEMS

ΘΕΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Dynamic Mobile Network Protocols – Topologies
Reconfigurable Radio Mobile Networks

Kokkonis George

A.M.: M04/19

Subject: Networking Technologies

Professors: A.A. Economides & a. Pomportsis

ABSTRACT

An ad hoc network is a collection of nodes that are linked together without the need of cables. Ad hoc networks do not have a specific topology. All nodes behave as routers and have the ability to move freely in a wide area without losing contact with the other nodes. There are two main categories of protocols for this kind of networks the Table Driven Routing Protocols and the Routing Protocols On Demand.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα ad hoc δίκτυο είναι μια συλλογή από κόμβους οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς την βοήθεια καλωδίωσης. Σε ένα ad hoc δίκτυο δεν υπάρχει συγκεκριμένη τοπολογία. Όλοι οι κόμβου λειτουργούν ως δρομολογητές και έχουν την ικανότητα να μεταφέρονται στο χώρο χωρίς να χάνουν την σύνδεση τους από τους άλλους υπολογιστές. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες πρωτοκόλλων που υποστηρίζουν αυτό το είδος δικτύου, τα πρωτόκολλα τα οποία βασίζονται σε πίνακες δρομολόγησης (Table Driven) και τα πρωτόκολλα δρομολόγησης κατά ζήτηση (On Demand)

TABLE OF CONTENTS

<u>CHAPTER 1: Introduction</u>	5
<u>CHAPTER 2: Table Driven Routing Protocol</u>	6
<u>CHAPTER 2.1: Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing Protocol (DSDV)</u>	6
<u>CHAPTER 2.2: The Wireless Routing Protocol (WRP)</u>	7
<u>CHAPTER 2.3: Global State Routing Protocol (GSR)</u>	8
<u>CHAPTER 2.4: Fisheye State Routing Protocol (FSR)</u>	9
<u>CHAPTER 2.5: Hierarchical State Routing Protocol (HSR)</u>	10
<u>CHAPTER 2.6:: Zone-based Hierarchical Link State Routing Protocol (ZHLS)</u>	12
<u>CHAPTER 2.7: Clusterhead Gateway Switch Routing Protocol</u>	13
<u>CHAPTER 3: On-Demand Routing Protocols</u>	15
<u>CHAPTER 3.1: Cluster based Routing Protocol</u>	15
<u>CHAPTER 3.2: On-demand Distance Vector Routing Protocol</u>	16
<u>CHAPTER 3.3: Dynamic Source Routing Protocol</u>	18
<u>CHAPTER 3.4: Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA)</u>	21
<u>CHAPTER 3.5: Associativity Based Routing Protocol (ABR)</u>	24
<u>CHAPTER 3.6: Signal Stability Routing Protocols (SSR)</u>	26
<u>CHAPTER 4: Conclusion</u>	28
<u>CHAPTER 5: References</u>	29

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 1:</u> ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2:</u> Table Driven Πρωτοκόλλα Δρομολόγησης	6
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1:</u> Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Πρωτόκολλο δρομολόγησης (DSDV)	6
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.2:</u> Πρωτόκολλο Ασύρματης δρομολόγησης (WRP)	7
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.3:</u> Global State Πρωτόκολλο δρομολόγησης (GSR)	8
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.4:</u> Fisheye State Πρωτόκολλο δρομολόγησης (FSR)	9
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.5:</u> Ιεραρχικό Πρωτόκολλο δρομολόγησης (HSR)	10
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.6.:</u> Zone-based Hierarchical Link State Πρωτόκολλα (ZHLS)	12
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2.7:</u> Clusterhead Gateway Switch Πρωτόκολλο δρομολόγησης (CGSRP)	13
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3:</u> Πρωτόκολλα δρομολόγησης Κατά Ζήτηση	15
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1:</u> Cluster based Πρωτόκολλα δρομολόγησης(CBRP)	15
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3.2:</u> On-demand Distance Vector Πρωτόκολλα δρομολόγησης(AODV)	16
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3.3:</u> Πρωτόκολλο δρομολόγησης Δυναμικής Πηγής (DSRP)	18
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3.4:</u> Temporally Ordered Αλγόριθμος δρομολόγησης (TORA)	21
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3.5:</u> Associativity Based Πρωτόκολλο δρομολόγησης (ABR)	24
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3.6:</u> Πρωτόκολλο δρομολόγησης Σταθερού σήματος (SSR)	26
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 4:</u> ΕΠΙΛΟΓΟΣ	28
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 5:</u> ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	29

1.ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα ασύρματα δίκτυα αποτελούν μια ανερχόμενη και καινούργια τεχνολογία, η οποία πρόκειται να επιτρέψει στους χρήστες την είσοδο σε πληροφορίες και ηλεκτρονικές υπηρεσίες, ανεξάρτητα από την γεωγραφική τους τοποθεσία. Τα ασύρματα δίκτυα θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε δύο τύπους: σε δίκτυα σταθερής δομής και σε αδόμητα δίκτυα. Τα δομημένα δίκτυα αποτελούνται από ένα δίκτυο, το οποίο περιέχει δεδομένες και ενσύρματες διαφυγές προς άλλα δίκτυα. Σε αυτήν την κατηγορία δικτύων ένας κινητός κόμβος συνδέεται στο δίκτυο μέσω μιας σταθερής πύλης που βρίσκεται μέσα στην εμβέλεια του. Η κινητή μονάδα μπορεί να κινηθεί γεωγραφικά την ώρα που επικοινωνεί. Στην περίπτωση που φύγει από την απόσταση εμβέλειας από τον σταθμό βάσης, συνδέεται με έναν καινούργιο σταθμό βάσης και ξεκινά την επικοινωνία μέσα από αυτόν. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται handoff.

Σε αντίθεση με τα εν λόγω δίκτυα, στα ad hoc δίκτυα όλοι οι κόμβοι κινούνται και μπορούν να συνδεθούν αναμεταξύ τους δυναμικά με έναν τυχαίο τρόπο. Όλοι οι κόμβοι αυτών των δικτύων συμπεριφέρονται ως δρομολογητές και παίρνουν μέρος στην εξεύρεση και την διατήρηση των δρομολογίων των υπολοίπων κόμβων μέσα στο δίκτυο. Αυτή η κατηγορία δικτύων είναι πολύ χρήσιμη σε επείγουσες λειτουργίες έρευνας-και διάσωσης και σε συναντήσεις χρηστών όπου οι χρήστες επιθυμούν να μοιράζονται γρήγορα πληροφορίες και δεδομένα χωρίς την ύπαρξη καλωδιακής υποστήριξης.(Royer and Toh, 1999)

Στην εργασία αυτή θα παρουσιάσουμε προτεινόμενα πρωτόκολλα δρομολόγησης για τα δυναμικά ad hoc δίκτυα. Αυτά τα πρωτόκολλα μπορούν να διαχωριστούν σε δυο κατηγορίες: σε table-driven και σε on-demand πρωτόκολλα δρομολόγησης. Ο διαχωρισμός αυτός βασίζεται στο πότε και πως καθορίζονται οι διαδρομές μέσα στο δίκτυο. Στα πρωτόκολλα της πρώτης κατηγορίας οι πίνακες δρομολόγησης βρίσκονται σε όλους τους κόμβους και ενημερώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στην δεύτερη κατηγορία, στα on-demand (κατά ζήτηση) πρωτόκολλα δρομολόγησης δεν υπάρχουν πίνακες δρομολόγησης, απλώς όταν κάποιος κόμβος θέλει να επικοινωνήσει με έναν άλλον κόμβο τότε η πηγή ψάχνει με την βοήθεια των γειτονικών κόμβων όλες τις πιθανές διαδρομές.

2. TABLE DRIVEN ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Στα table-driven πρωτόκολλα δρομολόγησης ο κάθε κόμβος περιέχει έναν ή περισσότερους πίνακες οι οποίοι περιέχουν πληροφορίες δρομολόγησης για κάθε άλλον κόμβο μέσα στο δίκτυο. Όλοι οι κόμβοι αναβαθμίζουν αυτούς τους πίνακες ούτως ώστε να διατηρήσουν μια συνεπής μορφή του δικτύου. Όταν η τοπολογία του δικτύου αλλάζει, οι κόμβοι στέλνουν μηνύματα αναβάθμισης μέσα στο δίκτυο με απώτερο σκοπό την ενημέρωση και των υπολοίπων κόμβων για την μεταβολή του δικτύου.

2.1. Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Πρωτόκολλο δρομολόγησης (DSDV)

Σύμφωνα με τους Perkins και Bhagwat (1994) ο Destination-Sequenced Distance-Vector αλγόριθμος δρομολόγησης είναι βασισμένος στην ιδέα του κλασσικού αλγόριθμου Bellman-Ford περιέχοντας μερικές ουσιαστικές βελτιώσεις. Κάθε κινητός σταθμός περιέχει έναν πίνακα δρομολόγησης που περιλαμβάνει όλους τους διαθέσιμους προορισμούς, τον αριθμό των hops (βημάτων) που χρειάζονται για την επίτευξη του συγκεκριμένου προορισμού και τον αριθμό της ακολουθίας που δίνεται από τον κόμβο προορισμού. Ο αριθμός της ακολουθίας χρησιμοποιείται για να ξεχωρίσει κανείς μέσα στο δίκτυο τα μόνιμα μονοπάτια από αλλά καινούργια για την αποφυγή δημιουργίας επαναληπτικών κόμβων-loops. Περιοδικά οι σταθμοί αποστέλλουν τους πίνακες δρομολόγησης σε κάθε γειτονικό τους σταθμό. Επίσης ένας σταθμός αποστέλλει το πίνακα δρομολόγησης στην περίπτωση που πραγματοποιηθεί μια σημαντική αλλαγή στον πίνακα του από την τελευταία αναβάθμιση. Επομένως, η αναβάθμιση μπορεί να χαρακτηριστεί και ως time-driven αλλά και ως event-driven.

Οι αναβαθμίσεις των πινάκων δρομολόγησης μπορούν να αποσταλούν με δυο τρόπους: ως πλήρη αναβάθμιση “full-dump” ή ως μερική “incremental”. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο ολόκληρος ο πίνακας δρομολόγησης αποστέλλεται στους γείτονες του δικτύου και είτε ολόκληρος είτε σε πακέτα. Σύμφωνα με τον δεύτερο τρόπο αποστέλλονται μόνο εκείνες οι έγγραφες του πίνακα δρομολόγησης στις οποίες έχουν επέλθει αλλαγές από την τελευταία αναβάθμιση του δικτύου. Σε περίπτωση που υπάρχει χώρος στο πακέτο αναβάθμισης τότε συμπεριλαμβάνονται και οι σειρές δρομολόγησης

των κόμβων. Όταν το δίκτυο είναι σχετικά σταθερό, οι incremental αναβαθμίσεις στέλνονται για να αποφευχθεί η έξτρα κίνηση με αποτέλεσμα την αποφυγή των full dumps. Σε ένα δίκτυο που μεταβάλλεται γρήγορα, τα incremental πακέτα μπορούν να μεγαλώσουν απότομα με αποτέλεσμα την εμφάνιση συχνών full dumps. Το κάθε πακέτο αναβάθμισης εκτός από τον πίνακα δρομολόγησης περιέχει και έναν μοναδικό σειριακό αριθμό, ο οποίος δίνεται από την αποστολέα. Το μονοπάτι με τον μεγαλύτερο σειριακό αριθμό, δηλαδή το πιο πρόσφατο, χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση που δυο μονοπάτια έχουν τον ίδιο σειριακό αριθμό, χρησιμοποιείται αυτό που έχει την μικρότερη διαδρομή. Οι σταθμοί βασισμένοι στην πρόσφατη ιστορία εκτιμούν την χρονική διάρκεια των διαδρομών. Τέλος, οι σταθμοί καθυστερούν την αποστολή μιας αναβάθμισης της δρομολόγησης ούτως ώστε να αποτρέψουν εκείνες τις αναβαθμίσεις που θα πραγματοποιούνταν εάν μια καλύτερη διαδρομή εμφανιστεί νωρίτερα.

2.2. The Wireless Routing Protocol (WRP)

Σύμφωνα με τους Murthy και Aceves (1996) το πρωτόκολλο Wireless Routing (WRP) είναι ένα table-based distance-vector πρωτόκολλο δρομολόγησης. Ο κάθε κόμβος μέσα στο δίκτυο περιέχει έναν πίνακα απόστασης (Distance), έναν πίνακα κόστους σύνδεσης (Link-Cost table) και μια λίστα αναμετάδοσης μηνυμάτων (Message Retransmission list). Ο Distance table ενός κόμβου X περιέχει την απόσταση καθενός από τους κόμβους Y του δικτύου μέσω του γείτονα κόμβου Z. Επιπλέον, περιέχει το downstream του γειτονικού κόμβου Z μέσω του οποίου το συγκεκριμένο μονοπάτι πραγματοποιείται. Ο πίνακας δρομολόγησης του κόμβου X περιέχει την απόσταση καθενός από τους κόμβους προορισμού Y από τον κόμβο X, τον προκάτοχο και τον διάδοχο του κόμβου X πάνω σε αυτό το μονοπάτι. Επίσης, περιέχει μια ταμπέλα (tag) για να αναγνωρίζει εάν η είσοδος αποτελεί ένα απλό μονοπάτι, ένα βρόγχο ή είναι άκυρος. Αποθηκεύοντας τον προκάτοχο και τον διάδοχο μέσα στον πίνακα βοηθάει σημαντικά στην ανίχνευση βρόγχων και στην αποφυγή προβλημάτων counting-to-infinity.

Ο Link-Cost table περιέχει το κόστος της σύνδεσης με κάθε γείτονα του κόμβου και τον αριθμό των timeouts από την στιγμή που ένα error-free μήνυμα λήφθηκε από αυτόν τον γείτονα. Η Message Retransmission list (MRL) περιέχει πληροφορίες, οι οποίες θα γνωστοποιήσουν τον κόμβο ποιος από τους γείτονες του δεν έχει δεχθεί το

μήνυμα αναβάθμισης που του στάλθηκε και την αποστολή ενός μηνύματος αναβάθμισης σε αυτόν τον γείτονα.

Τέλος, ο κόμβος ανταλλάσσει πίνακες δρομολόγησης με τους γειτονικούς τους κόμβους χρησιμοποιώντας μηνύματα αναβάθμισης περιοδικά καθώς και σε on link αλλαγές. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει καμία αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης από την τελευταία αναβάθμιση τότε ο κόμβος πρέπει να στείλει ένα μήνυμα hello για να κάνει αισθητή την παρουσία του στο δίκτυο. Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό αυτού του αλγόριθμου είναι το ότι ελέγχει την συνέπεια όλων των γειτόνων του κάθε στιγμή που διαπιστώνει μια αλλαγή σε μια σύνδεση σε κάθε έναν από τους γείτονες του. Με αυτόν τον τρόπο ο έλεγχος της συνέπειας βοηθάει σημαντικά στην εξαφάνιση βρόγχων με έναν πιο εύχρηστο τρόπο αλλά έχει και μια πιο γρήγορη ανταπόκριση στις αλλαγές του δικτύου.

2.3. Global State Routing Πρωτόκολλο (GSR)

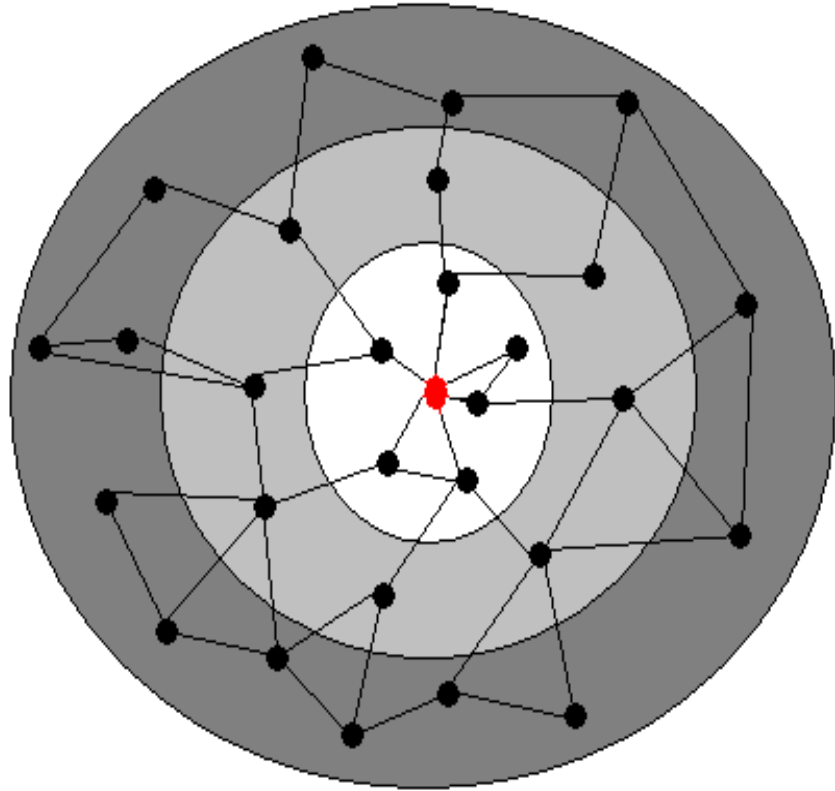
Το πρωτόκολλο Global-State Routing (GSR) είναι παρόμοιο με το πρωτόκολλο που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.1. Παίρνει την ιδέα του link state routing αλλά την βελτιώνει με το να αποφεύγει το καταιγισμό από μηνύματα δρομολόγησης (Chen and Gerla, 1998). Σε αυτόν τον αλγόριθμο, ο κάθε κόμβος περιέχει τα εξής στοιχεία: μια λίστα Γειτόνων, έναν πίνακα Τοπολογιών, έναν Next Hop πίνακα και τέλος έναν πίνακα Απόστασης. Η λίστα των Γειτόνων περιέχει την λίστα με όλους τους γειτονικούς κόμβους αλλά με την διαφορά ότι όσοι κόμβοι μπορούν να ακουστούν από έναν κόμβο υποθέτεται ότι είναι και γείτονες του. Για κάθε κόμβο προορισμού, ο πίνακας τοπολογιών περιέχει πληροφορίες για την κατάσταση των γραμμών όπως αναφέρεται από τον προορισμό και την χρονοσφραγίδα της πληροφορίας. Για κάθε προορισμό, ο πίνακας Next Hop περιέχει τον επόμενο κόμβο στον οποίο τα πακέτα πρέπει να προωθηθούν. Ο πίνακας της Απόστασης περιέχει την κοντινότερη απόσταση για κάθε κόμβο προορισμού.

Τα μηνύματα δρομολόγησης παράγονται με την αλλαγή μιας σύνδεσης όπως ακριβώς και στα πρωτόκολλα link state. Όταν παραλαμβάνει ένα μήνυμα δρομολόγησης, ο κόμβος αναβαθμίζει τον πίνακα Τοπολογιών του στην περίπτωση που ο σειριακός αριθμός του μηνύματος είναι πιο πρόσφατος από τον αντίστοιχο αριθμό που είναι

αποθηκευμένος στον πίνακα. Μετά από αυτήν την κατάσταση ο κόμβος επαναπροσδιορίζει τον πίνακα δρομολόγησης του και μεταδίδει την πληροφορία στους γειτονικούς του κόμβους.

2.4. Fisheye State Routing Πρωτόκολλο (FSR)

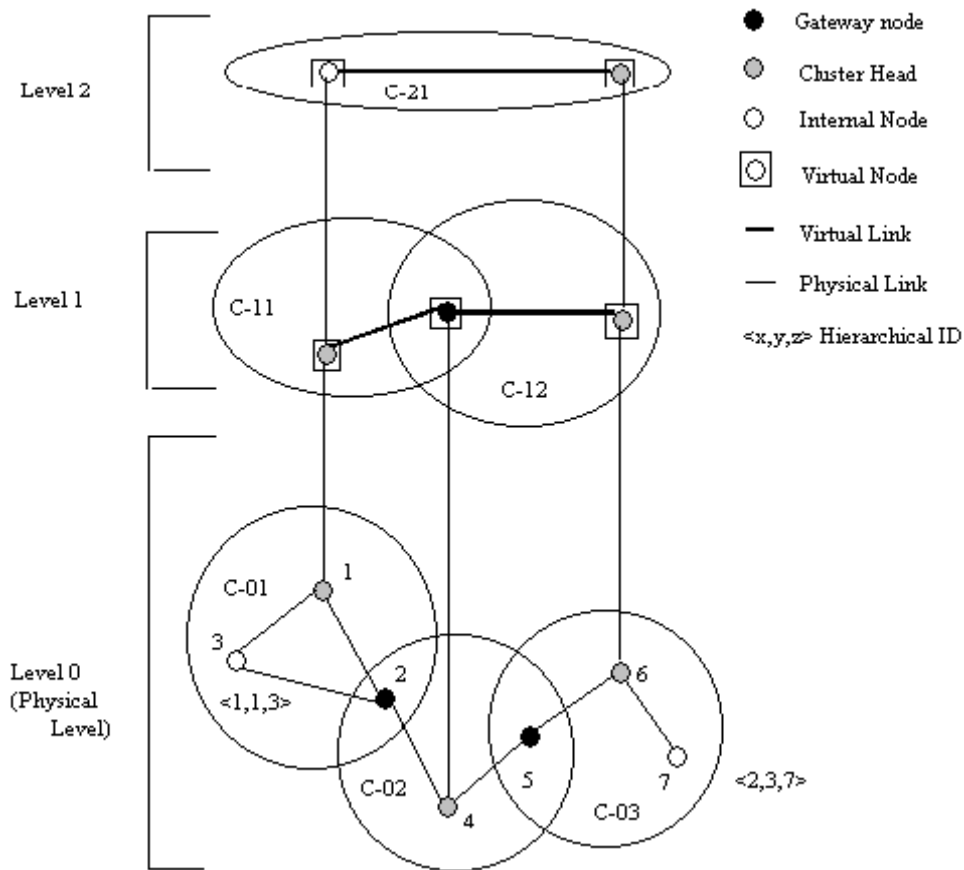
Σύμφωνα με τους Iwata et al (1999) το πρωτόκολλο Fisheye State Routing (FSR) αποτελεί μια διόρθωση του πρωτοκόλλου GSR. Το μεγάλο μέγεθος των μηνυμάτων αναβαθμίσεως στα πρωτόκολλα GSR σπαταλά μια αρκετά μεγάλη ποσότητα από το bandwidth του δικτύου. Στα πρωτόκολλα FSR, κάθε μήνυμα αναβάθμισης δεν περιέχει πληροφορίες για όλους τους κόμβους. Αντιθέτως, ανταλλάσσει πληροφορίες για κοντινότερους κόμβους πολύ συχνότερα από ότι ανταλλάσσει για πιο μακρινούς κόμβους με αποτέλεσμα να μειώνεται το μέγεθος του μηνύματος αναβάθμισης. Με αυτόν τον τρόπο κάθε κόμβος αποκτά ακριβή πληροφόρηση για τους γείτονες του και αυτή η ακρίβεια στην πληροφόρηση μειώνεται καθώς η απόσταση από τον συγκεκριμένο κόμβο μεγαλώνει. Στο σχήμα 1 το οποίο είναι στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το πρωτόκολλο FSR. Ο score καθορίζεται σύμφωνα με τους κόμβους που μπορούν να έρθουν σε επαφή σε έναν συγκεκριμένο αριθμό βημάτων (hops). Ο κεντρικός κόμβος κατέχει την πιο ακριβή πληροφόρηση για όλους τους κόμβους που βρίσκονται στον άσπρο κύκλο του σχήματος και αυτό συνεχίζεται και στους υπόλοιπους κύκλους. Αν και στα πρωτόκολλα FSR ένας κόμβος δεν έχει ακριβή πληροφόρηση για τους απομακρυσμένους κόμβους, τα πακέτα δρομολογούνται επακριβώς γιατί η πληροφόρηση του μονοπατιού γίνεται ολοένα και πιο ακριβής καθώς το πακέτο πλησιάζει στον προορισμό.



ΣΧΗΜΑ 1: ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ FSR

2.5. Hierarchical State Routing Πρωτόκολλα (HSR)

Σύμφωνα με τους Iwata et al (1999) το χαρακτηριστικό γνώρισμα των συγκεκριμένων πρωτοκόλλων είναι το πολυδιάστατο clustering και ο λογικός διαχωρισμός των κινητών κόμβων. Το δίκτυο σε αυτήν την περίπτωση είναι διαχωρισμένο σε ομάδες (clusters) και για κάθε ομάδα ένας ομαδάρχης (cluster-head) έχει καθοριστεί. Στα πρωτόκολλα HSR οι κεφαλές-cluster οργανώνουν τους εαυτούς τους σε clusters κ.λ.π. Οι κόμβοι ενός φυσικού cluster μεταδίδουν πληροφορίες της σύνδεσής τους. Η κεφαλή-cluster κάνοντας μια επισκόπηση της πληροφορίας των cluster του και την στέλνει στους γειτονικούς cluster-heads μέσω μιας εξόδου (gateway node). Τα παραπάνω μπορούν να παρουσιαστούν στο σχήμα 2.



ΣΧΗΜΑ 2: ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ CLUSTERING ΣΕ ΕΝΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ HSR

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα, οι κεφαλές-cluster είναι μέλη του cluster που βρίσκεται σε ένα υψηλότερο επίπεδο και ανταλλάσσουν τις πληροφορίες των συνδέσεων τους καθώς και τις πληροφορίες που βρίσκονται σε κατώτερα επίπεδα. Ένας κόμβος σε κάθε επίπεδο διαχέει την πληροφορία που δέχεται στο χαμηλότερο του επίπεδο αφού ο αλγόριθμος έχει φτάσει σε εκείνο το επίπεδο. Έτσι το χαμηλότερο επίπεδο κατέχει μια ιεραρχική τοπολογία πληροφοριών. Ο κάθε κόμβος έχει μια ιεραρχική διεύθυνση. Ένας τρόπος για να αναθέσει κάποιος μια ιεραρχική διεύθυνση είναι οι αριθμοί των clusters στην διαδρομή από την ρίζα προς τον κόμβο όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Μια έξοδος μπορεί να επιτευχθεί από την ρίζα μέσω πολλών μονοπατιών, και γι' αυτό τον λόγο η έξοδος μπορεί να έχει περισσότερες από μια ιεραρχικές διευθύνσεις. Μια ιεραρχική διεύθυνση είναι αρκετή για να διασφαλίσει την μεταφορά πληροφορίας από οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο.

Επιπλέον, οι κόμβοι είναι διαχωρισμένοι σε λογικά υποδίκτυα και σε κάθε κόμβο έχει ανατεθεί μια λογική διεύθυνση <υποδίκτυο, host>. Κάθε υποδίκτυο έχει έναν location management server (LMS). Όλοι οι κόμβοι αυτού του υποδικτύου εγγράφουν την λογική τους διεύθυνση στον παραπάνω server. Ο server μεταδίδει την ιεραρχική τους διεύθυνση στα ανώτερα επίπεδα και η πληροφορία στέλνεται επίσης σε όλους τους servers. Το επίπεδο μεταφοράς στέλνει ένα πακέτο στο επίπεδο δικτύου μαζί με την λογική διεύθυνση του προορισμού. Το επίπεδο δικτύου βρίσκει την ιεραρχική διεύθυνση από την ιεραρχική διεύθυνση του προορισμού του server και μετέπειτα στέλνει το πακέτο σε αυτόν. The destination/ES LMS προωθεί το πακέτο στον προορισμό. Με το που η πηγή και ο προορισμός αναγνωρίσουν τις ιεραρχικές τους οδούς, μπορούν να παρακάμψουν τον server και να επικοινωνήσουν κατευθείαν. Από την στιγμή που οι ιεραρχικές διευθύνσεις χρησιμοποιούνται για δρομολόγηση, είναι προσαρμόσιμες στις αλλαγές του δικτύου.

2.6. Zone-based Hierarchical Link State Πρωτόκολλα δρομολόγησης (ZHLS)

Στα πρωτόκολλα Zone-based Hierarchical Link State Routing το δίκτυο είναι χωρισμένο σε ζώνες (Joa-Ng99). Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ιεραρχικά πρωτόκολλα, στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα δεν υπάρχει κεφαλή ζώνης (zone-head). Το ZHLS πρωτόκολλο ορίζει δύο επίπεδα τοπολογιών – ένα επίπεδο κόμβου και ένα επίπεδο ζώνης. Μια τοπολογία επιπέδου κόμβου εξηγεί πως οι κόμβοι μιας ζώνης του δικτύου ενώνονται φυσικά μεταξύ τους. Ένα εικονική σύνδεση ανάμεσα σε ζώνες υπάρχει στην περίπτωση που ένας κόμβος μιας ζώνης είναι φυσικά συνδεδεμένος με έναν άλλον κόμβο μιας άλλης ζώνης. Η τοπολογία επιπέδου ζώνης εξηγεί πως οι ζώνες του δικτύου είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Στα ZHLS πρωτόκολλα υπάρχουν δύο τύποι πακέτων Link State (LSP) : τα κομβικά LSP και τα LSP ζώνης. Ο πρώτος τύπος πακέτου Link State περιέχει την πληροφορία του γειτονικού του κόμβου και μεταδίδεται μέσα στην ζώνη, ενώ ο δεύτερος τύπος πακέτων LSP περιέχει την πληροφορία της ζώνης και μεταδίδεται σε όλο το δίκτυο. Έτσι ο κάθε κόμβος έχει μια ολική γνώση συνδεσιμότητας για τους κόμβους που υπάρχουν στην ζώνη του και μόνο πληροφορίες συνδεσιμότητας για τις ζώνες που υπάρχουν μέσα στο δίκτυο. Επομένως, σύμφωνα με την ταυτότητα της ζώνης

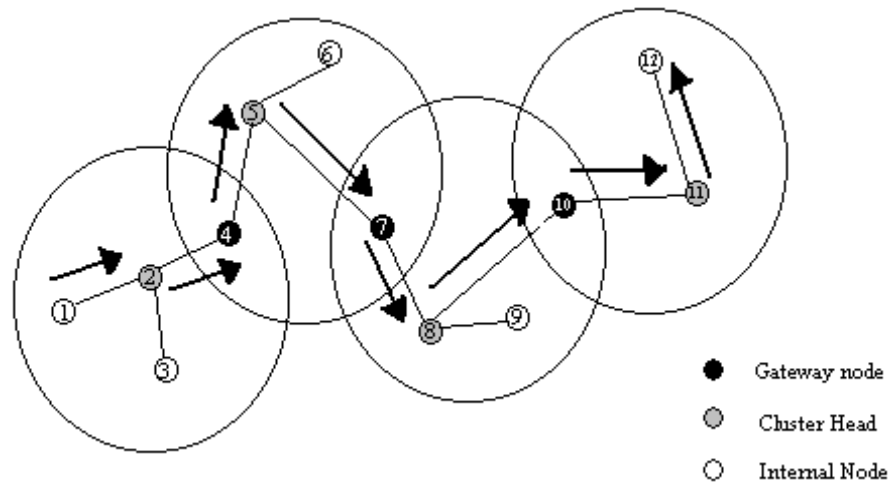
και την ταυτότητα του κόμβου ενός προορισμού, το πακέτο δρομολογείται-αποστέλλεται με βάση την ταυτότητα της ζώνης μέχρις ότου φτάσει στην σωστή ζώνη. Μετά από αυτή την διαδικασία και βρισκόμενο στην συγκεκριμένη ζώνη, αποστέλλεται βασιζόμενο στην ταυτότητα του κόμβου. Μια εντολή <zone id, node id> του προορισμού είναι επαρκής για την δρομολόγηση και με αυτόν τον τρόπο είναι προσαρμόσιμο στην αλλαγή τοπολογιών.

2.7. Clusterhead Gateway Switch Routing Protocol (CGSR)

Σύμφωνα με τον Chiang (1997) το Clusterhead Gateway Switch Routing πρωτόκολλο χρησιμοποιεί ως βάση του τον DSDV αλγόριθμο δρομολόγησης, ο οποίος περιγράφηκε πιο διεξοδικά στην προηγούμενη ενότητα. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο οι κινητοί κόμβοι του δικτύου χωρίζονται σε ομάδες (clusters) και κατόπιν ένας επικεφαλής cluster επιλέγεται. Όλοι οι κόμβοι που βρίσκονται στην εμβέλεια της επικοινωνίας με τον επικεφαλής cluster ανήκουν στο cluster του. Κόμβος διαφυγής ονομάζεται ο κόμβος, ο οποίος βρίσκεται στην εμβέλεια επικοινωνίας ανάμεσα σε δυο ή περισσότερους επικεφαλείς cluster. Σε ένα δυναμικό δίκτυο το σχέδιο των επικεφαλείς cluster μπορεί να προκαλέσει υποβάθμιση της απόδοσης λόγω συχνών επιλογών επικεφαλής cluster και γι' αυτό τον λόγο το συγκεκριμένο πρωτόκολλο χρησιμοποιεί έναν Least Cluster Change (LCC) αλγόριθμο. Στον αλγόριθμο αυτόν, η αλλαγή των επικεφαλείς cluster συμβαίνει μόνο σε περιπτώσεις που το δίκτυο προκαλεί την δημιουργία δυο επικεφαλών cluster να γίνουν ένας. Επίσης, μια ακόμη περίπτωση αλλαγής επικεφαλών cluster πραγματοποιείται εάν ένας από τους κόμβους κινηθεί έξω από την εμβέλεια όλων των επικεφαλείς cluster.

Ο γενικός αλγόριθμος λειτουργεί με έναν διαφορετικό τρόπο. Η πηγή του πακέτου αποστέλλει το πακέτο στον επικεφαλής cluster του. Από τον cluster αυτόν, το πακέτο αποστέλλεται στον κόμβο διαφυγής, οποίος ενώνει τον cluster αυτόν με τον επόμενο επικεφαλής cluster που βρίσκεται στο μονοπάτι του προορισμού. Ο κόμβος διαφυγής το στέλνει σε εκείνον τον επικεφαλής cluster μέχρις ότου να φτάσει στον επικεφαλής cluster του προορισμού. Ο επικεφαλής cluster του προορισμού το αποστέλλει

τελικά στον τελικό προορισμό. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός σχεδίου CGSR routing πρωτοκόλλου.



ΣΧΗΜΑ 3: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ CGSR ROUTING ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

Κάθε κόμβος περιέχει έναν πίνακα με τα μέλη cluster και περιγράφει την σύνδεση κάθε κόμβο προς τον αντίστοιχο επικεφαλή cluster του. Ο κάθε κόμβος μεταδίδει περιοδικά τον πίνακα με τα cluster μέλη του και αναβαθμίζει τον πίνακα του αυτόν μόλις λάβει τους πίνακες των άλλων κόμβων χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο DSDV. Επιπλέον, ο κάθε κόμβος περιέχει και έναν πίνακα δρομολόγησης που καθορίζει τον επόμενο hop για να φτάσει τον cluster προορισμού.

Όταν λαμβάνει ένα πακέτο, ο κάθε κόμβος βρίσκει τον πιο κοντινό του επικεφαλή cluster κατά την πορεία προς τον προορισμό σύμφωνα με τον πίνακα των μελών cluster και τον πίνακα δρομολόγησης. Από εκείνη την στιγμή συμβουλευεται τον πίνακα δρομολόγησης του για να βρει το επόμενο hop για να φτάσει τον επικεφαλή cluster, ο οποίος είχε επιλεγθεί στο πρώτο βήμα και μεταδίδει το πακέτο σε αυτόν τον κόμβο.

3. On-Demand Routing Protocols

Σε αντίθεση με τα table-driven πρωτόκολλα δρομολόγησης, στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα όλα τα αναβαθμισμένα μονοπάτια δεν διατηρούνται σε κάθε κόμβο, αλλά αντιθέτως δημιουργούνται αν και όποτε χρειαστεί. Όταν μια πηγή θέλει να επικοινωνήσει με έναν κόμβο, ξεκινά τους μηχανισμούς εύρεσης του προορισμού για να βρει το μονοπάτι προς τον συγκεκριμένο προορισμό. Η διαδρομή παραμένει έγκυρη μέχρις ότου ο προορισμός καταστεί απροσπέλαστος ή μέχρι η διαδρομή δεν χρειάζεται πια. Στις επόμενες υποενότητες γίνεται μια παρουσίαση των πιο σημαντικών on-demand πρωτοκόλλων δρομολόγησης.

3.1.Cluster based Πρωτόκολλα δρομολόγησης (CBRP)

Σύμφωνα με τους Jiang et al (1999) στα πρωτόκολλα cluster based οι κόμβοι του δικτύου είναι χωρισμένοι σε ομάδες-clusters. Επίσης, η μορφή του cluster που χρησιμοποιείται γίνεται μέσω του επόμενου αλγόριθμου: Όταν εμφανίζεται ένας κόμβος, βρίσκεται σε κατάσταση αμφιβολίας, ξεκινάει έναν χρονομετρητή και μεταδίδει ένα μήνυμα Hello. Όταν ο επικεφαλής cluster λαμβάνει αυτό το μήνυμα ανταποκρίνεται με ένα αυτόματο μήνυμα hello. Όταν ο μη-καθορισμένος κόμβος δέχεται αυτό το μήνυμα από τον επικεφαλής cluster, καθορίζει το καθεστώς του ως “μέλος”. Στη περίπτωση που ο χρόνος αναμονής του μη-καθορισμένου κόμβος λήξει, μετατρέπεται σε επικεφαλής cluster εάν διαθέτει διπλής κατεύθυνσης link προς κάποιον γείτονα, αλλιώς παραμένει σε μη-καθορισμένο καθεστώς και επαναλαμβάνει την διαδικασία. Οι επικεφαλείς cluster αλλάζουν όσο γίνεται σπανιότερα.

Ο κάθε κόμβος περιέχει έναν πίνακα γειτόνων. Για κάθε γείτονα, ο πίνακας γειτόνων περιέχει το καθεστώς του της σύνδεσης (εάν είναι μιας ή δύο κατευθύνσεων) και το επίπεδο των γειτόνων (εάν είναι επικεφαλής cluster ή εάν αποτελούν μέλη). Ο επικεφαλής cluster συλλέγει πληροφορίες για τα μέλη του cluster του και επιπλέον διατηρεί και έναν πίνακα γειτονικών cluster, ο οποίος περιέχει πληροφορίες για τους γειτονικούς cluster. Για κάθε γειτονικό cluster, ο πίνακας αυτός έχει μια εγγραφή που

περιέχει το δρομολόγιο με το οποίο ο cluster αυτός μπορεί να εντοπιστεί αλλά και τον επικεφαλής της συγκεκριμένης ομάδας.

Όταν μια πηγή θέλει να στείλει δεδομένα σε κάποιον προορισμό, μεταδίδει αίτημα δρομολόγησης. Λαμβάνοντας την απαίτηση αυτή ο επικεφαλής cluster ελέγχει για να δει εάν ο προορισμός βρίσκεται στην περιοχή του cluster του. Εάν όντως ο προορισμός βρίσκεται μέσα στην περιοχή του, στέλνει την απαίτηση κατευθείαν στον προορισμό που του ζητήθηκε. Στην αντίθετη περίπτωση στέλνει την απαίτηση σε όλους τους διπλανούς του επικεφαλείς cluster. Όταν ο προορισμός λαμβάνει το αίτημα δρομολόγησης, απαντάει πίσω με την διαδρομή που καταγράφηκε μέσα στο πακέτο της απαίτησης. Εάν η πηγή δεν λάβει μια απάντηση μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στέλνει μια απαίτηση διαδρομής μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

Στα πρωτόκολλα Cluster based η δρομολόγηση πραγματοποιείται με την χρησιμοποίηση της δρομολόγησης της συντομότερης διαδρομής. Δηλαδή, λαμβάνοντας ένα αίτημα δρομολόγησης, ο κόμβος προσπαθεί να βρει τον πιο κοντινό κόμβο στην διαδρομή και στέλνει το πακέτο σ' αυτόν τον κόμβο, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην μείωση της διαδρομής. Κατά την προώθηση του πακέτου, εάν ένας κόμβος παρατηρήσει την ύπαρξη μίας σπασμένης σύνδεσης, στέλνει ένα μήνυμα σφάλματος στην πηγή και στη συνέχεια χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό τοπικής επιδιόρθωσης της σύνδεσης. Σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτόν, όταν ένας κόμβος βρει πως ο επόμενος κόμβος δεν μπορεί να εντοπιστεί, ελέγχει για να δει εάν ο επόμενος κόμβος μπορεί να εντοπιστεί μέσω ενός από τους γείτονες του. Εάν λειτουργήσει ένας από τους δύο τρόπους, το πακέτο θα σταλεί μέσω του διορθωμένου μονοπατιού.

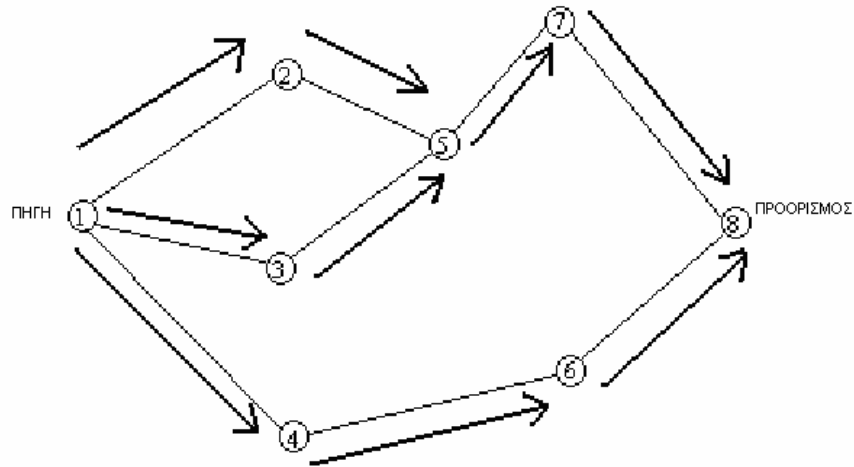
3.2. On-demand Distance Vector Πρωτόκολλα δρομολόγησης (AODV)

Τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα αποτελούν μια βελτίωση του DSDV αλγόριθμου που περιγράφηκε στην ενότητα 2.1 (Perkins et al, 1999). Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η ελαχιστοποίηση του αριθμού των μεταδόσεων, το οποίο επιτυγχάνεται με την δημιουργία διαδρομών κατά παραγγελία, σε αντίθεση με τα πρωτόκολλα DSDV τα οποία διατηρούν την λίστα με όλες τις διαδρομές. Στο σχήμα 4α παρουσιάζεται η περιγραφή ενός πρωτοκόλλου αυτής της κατηγορίας. Για να βρεθεί ένα μονοπάτι προς τον

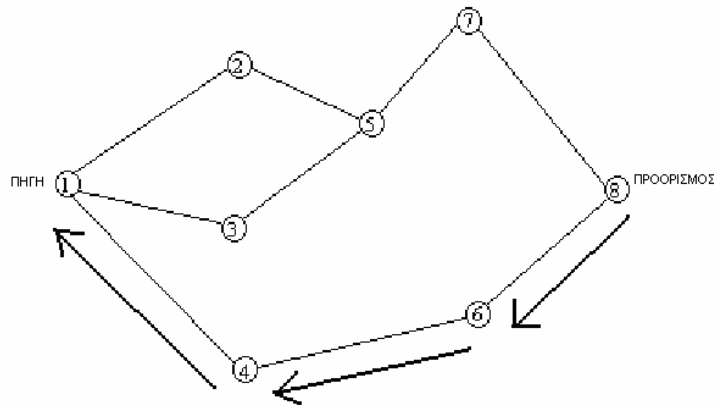
προορισμό, η πηγή εκπέμπει ένα αίτημα δρομολόγησης. Οι γείτονες εν συνεχεία εκπέμπουν το πακέτο στους γείτονες τους μέχρι να φτάσει σε έναν ενδιάμεσο κόμβο, ο οποίος έχει μια πρόσφατη πληροφορία δρομολόγησης για τον προορισμό. Στον συγκεκριμένο αλγόριθμο ένας κόμβος απορρίπτει κάθε αίτημα δρομολόγησης που έχει ήδη δει. Το πακέτο αυτό χρησιμοποιεί σειριακούς αριθμούς για να διασφαλίσει πως οι διαδρομές δεν έχουν βρόγχους και πως αν ο ενδιάμεσος κόμβος απαντήσει σε ένα αίτημα δρομολόγησης, αυτοί απαντούν με την τελευταία πληροφορία.

Όταν ένας κόμβος προωθεί ένα αίτημα δρομολόγησης στους γείτονες του, καταγράφει ταυτόχρονα στους πίνακες του και τον κόμβο από τον οποίο έλαβε το πρώτο αντίγραφο της απαίτησης. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί το αντίστροφο μονοπάτι για την απάντηση δρομολόγησης. Τα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν μόνο συμμετρικές συνδέσεις επειδή η απάντηση δρομολόγησης ακολουθεί το αντίστροφο μονοπάτι από το αίτημα. Καθώς η απάντηση επιστρέφει πίσω στην πηγή, όλοι οι κόμβοι που βρίσκονται πάνω στο μονοπάτι βάζουν την διαδρομή της προώθησης στους πίνακες τους (σχήμα 4β).

Στην περίπτωση που η πηγή κινηθεί τότε ξεκινάει από την αρχή την εύρεση διαδρομής για τον προορισμό. Εάν ένας από τους ενδιάμεσους κόμβους κινηθεί τότε ο γειτονικός του κόμβος αντιλαμβάνεται την αποτυχία της σύνδεσης και στέλνει μια ειδοποίηση για την αποτυχία αυτή στους ενδιάμεσους κόμβους. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η ειδοποίηση φτάσει στην πηγή, από όπου εάν χρειαστεί ξεκινάει από την αρχή η διαδικασία την εύρεσης διαδρομής.



ΣΧΗΜΑ 4α: ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ



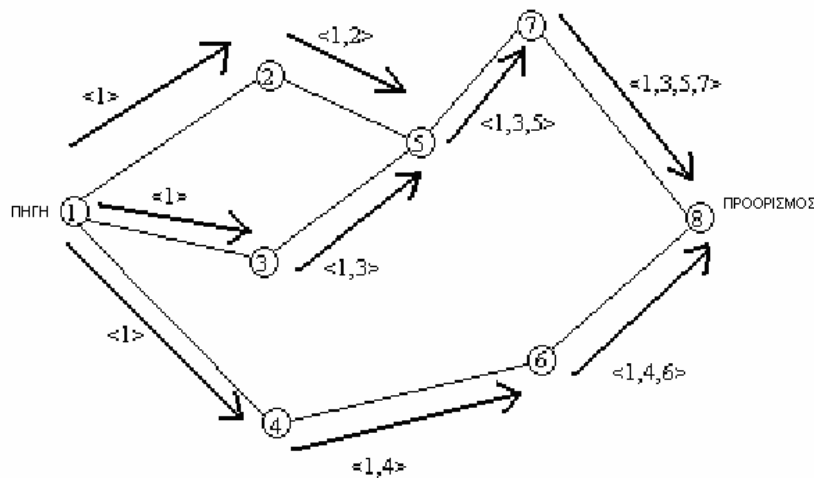
ΣΧΗΜΑ 4α: ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

3.3. Dynamic Source Routing Protocol (DSRP)

Σύμφωνα με τους Johnson και Maltz (1999) στα Dynamic Source Routing πρωτόκολλα η δρομολόγηση σχεδιάζεται από την πηγή. Κάθε κόμβος διατηρεί έναν πίνακα (cache) όπου καταγράφει τα δρομολόγια τα οποία γνωρίζει. Ο κόμβος αναβαθμίζει τις εγγραφές στο πίνακα δρομολόγησης όποτε μαθαίνει για καινούργιες διαδρομές. Το πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από δυο σημαντικές φάσεις: την εύρεση διαδρομής και την διατήρηση της διαδρομής. Όταν ο κόμβος της

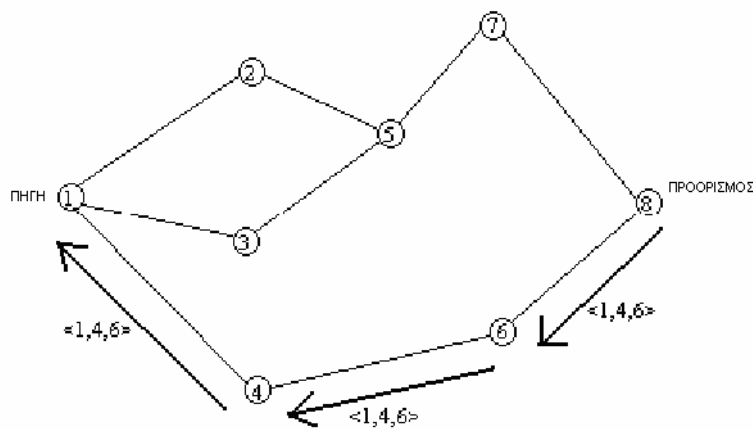
πηγής θέλει να στείλει ένα πακέτο σε έναν προορισμό, κοιτάει στον πίνακα δρομολόγησης του για να ελέγξει εάν ήδη υπάρχει μια συγκεκριμένη διαδρομή σ' αυτόν τον προορισμό. Εάν βρει πως υπάρχει μια διαδρομή που δεν έχει λήξει, την χρησιμοποιεί για στείλει το πακέτο. Εάν ο κόμβος δεν έχει τέτοια διαδρομή, τότε ξεκινάει την διαδικασία εύρεσης διαδρομής με το να εκπέμψει ένα αίτημα δρομολόγησης. Το πακέτο αυτό περιέχει τις διευθύνσεις της πηγής και του προορισμού, καθώς και έναν μοναδικό αριθμό αναγνώρισης. Κάθε ενδιάμεσος κόμβος ελέγχει για το αν γνωρίζει μια διαδρομή για τον προορισμό. Στην περίπτωση που δεν έχει τέτοια διαδρομή, αποθηκεύει την διεύθυνση του στο αρχείο του πακέτου και στη συνέχεια προωθεί το πακέτο στους γείτονες του. Για να περιοριστεί ο αριθμός των μεταδιδόμενων αιτημάτων, ο κάθε κόμβος επεξεργάζεται το αίτημα δρομολόγησης μόνο στην περίπτωση που δεν έχει ήδη δει το πακέτο και η διεύθυνση του δεν υπάρχει στο αρχείο διαδρομής του πακέτου.

Σύμφωνα με τους Johnson και Maltz (1996) μια απάντηση δρομολόγησης δημιουργείται στην περίπτωση που ο προορισμός ή ένας ενδιάμεσος κόμβος που έχει πρόσφατη πληροφόρηση για τον προορισμό λάβει το αίτημα δρομολόγησης. Ένα αίτημα δρομολόγησης το οποίο φθάνει σε κάθε τέτοιον κόμβο, περιέχει στο αρχείο της διαδρομής του την ακολουθία των βημάτων από την πηγή προς αυτόν τον κόμβο. Καθώς το αίτημα δρομολόγησης μεταδίδεται μέσα στο δίκτυο, το αρχείο της διαδρομής δημιουργείται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 5α).



ΣΧΗΜΑ 5α: ΑΙΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟ DSRP

Εάν η απάντηση δρομολόγησης δημιουργήθηκε από τον προορισμό, τότε τοποθετεί το αρχείο της διαδρομής από το αίτημα δρομολόγησης μέσα στην απάντηση. Από την άλλη μεριά, εάν ο κόμβος που δημιουργεί την απάντηση δρομολόγησης είναι ένας ενδιάμεσος κόμβος, τότε αποθηκεύει το δρομολόγιο το οποίο διένυσε είδη το αίτημα δρομολόγησης μαζί με το δρομολόγιο προς τον προορισμό που έχει ο κόμβος αυτός στον πίνακα δρομολόγησης του στην απάντηση δρομολόγησης. Στο επόμενο σχήμα (σχήμα 5β) παρουσιάζεται η αποστολή ενός request reply packet από τον ίδιο τον προορισμό.



ΣΧΗΜΑ 5β: ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟ DSRP

Για να στείλει την απάντηση, ο κόμβος θα πρέπει να έχει μια διαδρομή προς την πηγή. Εάν υπάρχει μια τέτοια διαδρομή στον πίνακα δρομολόγησης του, τότε μπορεί να χρησιμοποιήσει την συγκεκριμένη διαδρομή. Το αντίστροφο του αρχείου διαδρομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στην περίπτωση που υποστηρίζονται συμμετρικές συνδέσεις. Στις περιπτώσεις που δεν υποστηρίζονται συμμετρικές συνδέσεις, ο κόμβος μπορεί να ξεκινήσει την εύρεση διαδρομής προς την πηγή και να στείλει την απάντηση μετά από την εύρεση της σωστής διαδρομής.

Τα πρωτόκολλα DSRP χρησιμοποιούν δύο τύπους πακέτων για την διατήρηση μιας διαδρομής. Ένα πακέτο λανθασμένης δρομολόγησης (Route Error packet) και ένα πακέτο σωστής δρομολόγησης (Acknowledgements). Όταν ένας κόμβος αντιμετωπίζει ένα πρόβλημα σε μια σύνδεση, δημιουργεί ένα Route Error packet. Όταν ένας κόμβος λαμβάνει ένα πακέτο αυτής της κατηγορίας, βγάζει το προβληματικό κόμβο από τον

πίνακα δρομολόγησης του. Όλες οι διαδρομές που περιέχουν τον προβληματικό κόμβο διακόπτονται. Από την άλλη μεριά τα πακέτα Acknowledgements χρησιμοποιούνται για να πιστοποιήσουν την σωστή λειτουργία των διαδρομών.

3.4. Temporally Ordered Routing Αλγόριθμος (TORA)

Σύμφωνα με τους Park και Corson (1997) ο συγκεκριμένος αλγόριθμος αποτελεί έναν υψηλά προσαρμοστικό, εύχρηστο και κλιμακωτά διαδιδόμενο αλγόριθμο, ο οποίος είναι βασισμένος στην ιδέα της αντιστροφής σύνδεσης. Ο αλγόριθμος αυτός προτείνεται ειδικά για πολύ δυναμικά κινητά, ασύρματα δίκτυα με πολλούς ενδιάμεσους κόμβους. Το βασικό του χαρακτηριστικό είναι το ότι βρίσκει πολλαπλές διαδρομές από έναν κόμβο πηγής προς έναν κόμβο προορισμού. Επίσης, ένα ακόμα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι το ότι τα μηνύματα ελέγχου είναι συγκεντρωμένα σε ένα πολύ μικρό αριθμό κόμβων κοντά στην ύπαρξη μιας τοπολογικής αλλαγής. Για να το κατορθώσει αυτό, οι κόμβοι του δικτύου περιέχουν πληροφορίες δρομολόγησης για διπλανούς τους κόμβους. Οι βασικές λειτουργίες του πρωτοκόλλου είναι τρεις: η δημιουργία διαδρομών, η διατήρηση των διαδρομών και η διαγραφή διαδρομών.

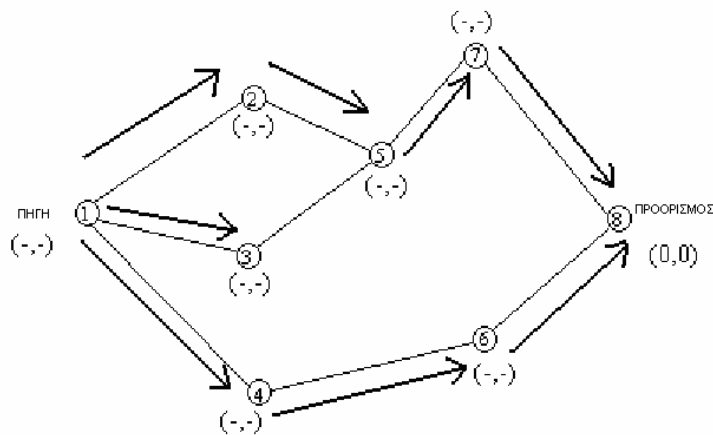
Ο κάθε κόμβος έχει πέντε χαρακτηριστικά:

- Λογικό χρόνο για μη αποτυχία μιας σύνδεσης
- Την μοναδική ταυτότητα (ID) κόμβου που ορίζει το νέο επίπεδο αναφοράς
- Έναν δείκτη ανάκλασης
- Παράμετρο διάδοσης αιτήματος
- Την μοναδική ταυτότητα του κόμβου

Τα πρώτα τρία στοιχεία αποτελούν το επίπεδο αναφοράς. Ένα καινούργιο επίπεδο αναφοράς καθορίζεται όταν ένας κόμβος χάσει το τελευταίο downstream link εξαιτίας μιας αποτυχημένης. (Park και Corson, 1997)

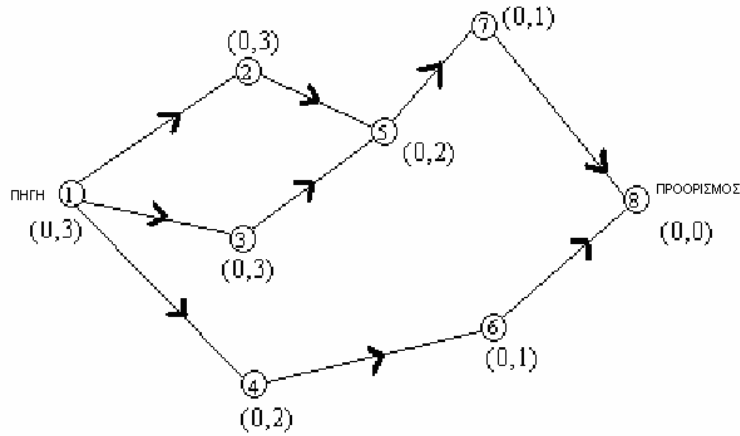
Στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα η δημιουργία διαδρομών πραγματοποιείται με την χρήση QRY και UPD πακέτων. Ο αλγόριθμος δημιουργίας της διαδρομής αρχίζει με

το ύψος του προορισμού οριζόμενο ως μηδέν (0) και το ύψος όλων των υπολοίπων κόμβων ορισμένο ως NULL. Η πηγή εκπέμπει ένα QRY πακέτο που περιέχει την ταυτότητα του κόμβου προορισμού. Ένας κόμβος με ύψος ορισμένο ως non-NULL ανταποκρίνεται στέλνοντας ένα πακέτο UPD, το οποίο περιέχει και το ύψος του. Ο κόμβος που λαμβάνει το UPD πακέτο ορίζει το ύψος του ως το ύψος του κόμβου που έστειλε το UPD πακέτο συν ένα. Στον αλγόριθμο αυτόν κάθε κόμβος που έχει μεγαλύτερο ύψος θεωρείται ως upstream και κάθε κόμβος που έχει μικρότερο ύψος θεωρείται ως downstream. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα μονοπάτι μεταξύ της πηγής και του προορισμού. Στο σχήμα 6 παριστάνεται μια διαδικασία δημιουργίας διαδρομής με τον αλγόριθμο TORA. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6 α , ο κόμβος 5 δεν δέχεται μηνύματα QRY από τον κόμβο 3 διότι δέχεται από τον κόμβο 2.



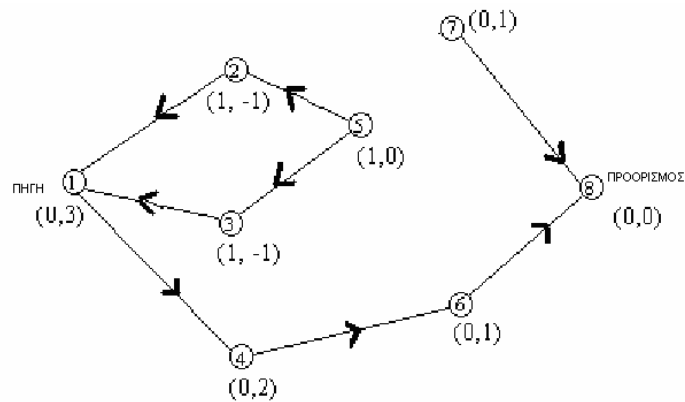
ΣΧΗΜΑ 6α: ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ QRY

Στο σχήμα 6β η πηγή δέχεται μηνύματα UPD από τους κόμβους 2,3 και 4 αλλά διατηρεί το ύψος του κόμβου 4 μιας και αυτό είναι το μικρότερο.



ΣΧΗΜΑ 6β: ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ UPD

Όταν ένας κόμβος κινείται, η διαδρομή σπάει και για την επιδιόρθωση της διαδρομής χρειάζεται να ξαναδημιουργηθεί μια καινούργια για τον ίδιο προορισμό. Όταν η σύνδεση ενός κόμβου αποτυγχάνει, δημιουργεί και ένα καινούργιο επίπεδο αναφοράς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μετάδοση του επιπέδου αναφοράς από τους γειτονικούς κόμβους όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.



ΣΧΗΜΑ 7: ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Τα links αντιστρέφονται για να αντικατοπτρίσουν την αλλαγή που δημιουργείται στο νέο επίπεδο αναφοράς. Αυτό έχει το ίδιο αποτέλεσμα σαν να αντιστρέφει την κατεύθυνση ενός ή περισσότερων links όταν ένας κόμβος δεν έχει καθόλου downstream links.

Στην φάση του σβησίματος διαδρομών, ο αλγόριθμος TORA διαχέει ένα πακέτο κάθαρσης (broadcast clear packet) στο δίκτυο για να διαγράψει μη έγκυρες διαδρομές. Στον συγκεκριμένο αλγόριθμο, υπάρχει μια πιθανότητα να δημιουργηθούν βρόγχοι, ειδικά όταν πολλαπλά σερ από συνεργαζόμενους κόμβους ταυτόχρονα ανιχνεύουν, σβήνουν και δημιουργούν καινούργιες διαδρομές βασισμένοι ο ένας στον άλλον. Επειδή ο αλγόριθμος TORA χρησιμοποιεί την συνεργασία μεταξύ των κόμβων, τα προβλήματα αποσταθεροποίησης που παρουσιάζει είναι παρόμοια με το “count-to-identify” πρόβλημα στα distance-vector routing πρωτόκολλα, με την διαφορά ότι τέτοιες ταλαντώσεις είναι προσωρινές και η ανάδειξη των διαδρομών θα πραγματοποιηθεί στο τέλος.

3.5. Associativity Based Routing Πρωτόκολλο (ABR)

Ο Toh (1996, 1999) δηλώνει πως το πρωτόκολλο αυτής της κατηγορίας αποτελεί μια καινούργια μέθοδο για δρομολόγηση, η οποία συχνά ονομάζεται και ως ο βαθμός σταθερότητας της συνεργασίας μεταξύ κόμβων. Είναι ελεύθερο από βρόγχους, αδιέξοδα και αντίγραφα πακέτων (packet duplicates). Στα πρωτόκολλα ABR η κάθε διαδρομή επιλέγεται σύμφωνα με τον δείκτη συνεργασίας των κόμβων του δικτύου με αποτέλεσμα να υπάρχει μια προτίμηση στις διαδρομές με μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Όλοι οι κόμβοι δημιουργούν περιοδικά σήματα hallo (beacons) για να υποδείξουν την ύπαρξη τους. Όταν ένας γειτονικός κόμβος λάβει ένα beacon, αναβαθμίζει ταυτόχρονα τους πίνακες συσχέτισης του. Για κάθε beacon που λαμβάνει ένας κόμβος, αυξάνει τον δείκτη συσχέτισης του σε συνάρτηση με τον κόμβο από τον οποίο δέχθηκε το συγκεκριμένο beacon. Η σταθερότητα συσχέτισης δηλώνει την σταθερότητα ένωσης του ενός κόμβου σε σχέση με έναν άλλο κόμβο συναρτήσει του χρόνου και του χώρου. Μια υψηλή τιμή του δείκτη συσχέτισης ενός κόμβου υποδηλώνει έναν χαμηλό βαθμό κινητικότητας του κόμβου αυτού, ενώ μια χαμηλή τιμή μπορεί να υποδηλώσει έναν υψηλό βαθμό κινητικότητας. Οι δείκτες συσχέτισης επαναπροσδιορίζονται κάθε φορά που κάποιος από τους γείτονες ενός κόμβου ή ο ίδιος ο κόμβος κινηθούν έξω από την εμβέλεια τους.

Ο βασικός σκοπός των πρωτοκόλλων αυτής της κατηγορίας είναι το να βρίσκουν διαδρομές που διαρκούν περισσότερο. Τα τρία στάδια τους είναι τα εξής: η εύρεση διαδρομών, η αναπροσαρμογή διαδρομών και η διαγραφή διαδρομών (deletion). Το

πρώτο στάδιο αποτελεί μια εκπομπή αιτήματος και μια αναμονή για την απάντηση. Ο κόμβος της πηγής εκπέμπει ένα BQ μήνυμα κατά την διαδικασία εύρεσης κόμβων, οι οποίοι βρίσκονται στην διαδρομή προς τον προορισμό. Ο κάθε κόμβος του δικτύου δεν εκπέμπει τα μηνύματα BQ μόνο μια φορά. Κάθε ενδιαμέσος κόμβος, όταν λάβει ένα τέτοιο μήνυμα, αποθηκεύει την διεύθυνση του και τους δείκτες συσχέτισης στο πακέτο αιτήματος. Ο επόμενος κόμβος διαγράφει τις εγγραφές των κόμβων που δεν μπορούν να διασφαλίσουν το μονοπάτι και αποθηκεύει μόνο τις εγγραφές που αφορούν αυτόν και τον upstream κόμβο. Κάθε πακέτο που φτάνει στον προορισμό περιέχει τους δείκτες συσχέτισης όλων των κόμβων που βρίσκονται στην διαδρομή από την πηγή προς τον προορισμό. Ο προορισμός επιλέγει την καλύτερη διαδρομή με το να εξετάζει τους δείκτες συσχέτισης όλων των μονοπατιών που φτάνουν σε αυτόν. Στην περίπτωση που πολλά μονοπάτια έχουν τον ίδιο ακριβώς βαθμό συσχέτισης, θα επιλεγεί αυτό με τον μικρότερο αριθμό ενδιάμεσων κόμβων. Από την στιγμή που έχει επιλεγεί ένα μονοπάτι, ο προορισμός αποστέλλει μια απάντηση προς την πηγή χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο μονοπάτι. Όλοι οι κόμβοι που βρίσκονται σε αυτό το μονοπάτι μαρκάρονται ως έγκυροι, ενώ όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι παραμένουν ανενεργοί, με αποτέλεσμα την αποφυγή της δημιουργίας διπλότυπων πακέτων, τα οποία φτάνουν προς τον προορισμό.

Το στάδιο του επαναπροσδιορισμού των διαδρομών αποτελείται από την μερική εύρεση διαδρομών, από το σβήσιμο μη έγκυρων διαδρομών, την αναβάθμιση έγκυρων διαδρομών και την εύρεση νέων διαδρομών. Η κίνηση του κόμβου της πηγής οδηγεί σε μια καινούργια BQ-REPLY διαδικασία επειδή το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι εξαρτάται καθαρά και μόνο από την πηγή (source-initiated). Το μήνυμα ειδοποίησης μιας διαδρομής χρησιμοποιείται για την διαγραφή όλων των εγγραφών διαδρομών που σχετίζονται με downstream κόμβους. Όταν ο προορισμός κινηθεί, ο απευθείας upstream κόμβος του προορισμού διαγράφει την διαδρομή του. Μια τοπική διαδικασία ερωτήματος (LQ[H]), όπου το γράμμα H αναφέρεται στο μέτρημα του hop από τον upstream κόμβο προς τον προορισμό, ξεκινάει για να καθορίσει εάν ο κόμβος είναι ακόμη προσβάσιμος. Εάν ο προορισμός λάβει το πακέτο LQ, τότε διαλέγει την καλύτερη μερική διαδρομή και απαντά. Στην περίπτωση όπου η πηγή δεν λάβει το μήνυμα επικοινωνεί με τον επόμενο upstream κόμβο. Επιπλέον, ένα μήνυμα RN αποστέλλεται

στον επόμενο upstream κόμβο για να διαγράψει την μη έγκυρη διαδρομή και πληροφορεί αυτόν τον κόμβο ότι θα πρέπει να ξεκινήσει την διαδικασία LG [H]. Εάν κατά την διαδικασία αυτή διαγραφούν περισσότεροι από τους μισούς ενδιάμεσους κόμβους, τότε η διαδικασία LQ διακόπτεται και η πηγή ξαναξεκινά μια διαδικασία BQ. Όταν μια διαδρομή δεν χρειάζεται, η πηγή ξεκινάει μια εκπομπή σβησίματος της διαδρομής. Όλοι οι κόμβοι πάνω στην συγκεκριμένη διαδρομή, διαγράφουν την εγγραφή της διαδρομής από τους πίνακες δρομολόγησης τους. Το μήνυμα RD αποστέλλεται σε όλους τους κόμβους (full broadcast), σε αντίθεση με μια κατευθυνόμενη εκπομπή (directed broadcast), επειδή ο κόμβος της πηγής μπορεί να μην έχει πληροφορηθεί για κάθε αλλαγή όλους τους κόμβων της διαδρομής κατά το στάδιο του RRC.

3.6. Signal Stability Routing Protocols (SSR)

Τα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας αποτελούν on-demand routing πρωτόκολλα, τα οποία συλλέγουν διαδρομές βασιζόμενα στην δύναμη του σήματος μεταξύ των κόμβων και την σταθερότητα της τοποθεσίας ενός κόμβου. Αυτό το κριτήριο επιλογής διαδρομών έχει ως αποτέλεσμα την επιλογή διαδρομών, οι οποίες έχουν ισχυρότερη σύνδεση. Σύμφωνα με τους Dube et al (1997) τα πρωτόκολλα SSR αποτελούνται από δύο επιμέρους συνεργαζόμενα πρωτόκολλα: το Δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης (DRP) και το Στατικό πρωτόκολλο δρομολόγησης (SRP).

Το Δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης ενημερώνει τον Πίνακα Σταθερότητας του Σήματος και τον Πίνακα δρομολόγησης. Ο πρώτος πίνακας αποθηκεύει την δύναμη του σήματος των γειτονικών κόμβων, η οποία έχει αποκτηθεί από περιοδικά μηνύματα (beacons) του επιπέδου σύνδεσης του κάθε γειτονικού κόμβου. Η δύναμη του σήματος καταγράφεται είτε ως ένα δυνατό ή αδύναμο κανάλι. Όταν όλες οι εκπομπές ληφθούν μέσω του Δυναμικού πρωτοκόλλου και αναβαθμιστούν οι κατάλληλες εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης το πακέτο προωθείται στο Στατικό πρωτόκολλο.

Στο Στατικό πρωτόκολλο, ο κόμβος συλλέγει το πακέτο εάν αυτός είναι ο κατάλληλος αποδέκτης. Στην αντίθετη περίπτωση, βλέπει τον προορισμό στον Πίνακα δρομολόγησης του και προωθεί το πακέτο. Εάν δεν υπάρχει εγγραφή για τον προορισμό στον Πίνακα δρομολόγησης, το πρωτόκολλο ξεκινάει μια διαδικασία εύρεσης διαδρομής για να βρεθεί μια καινούργια διαδρομή προς τον προορισμό. Το αίτημα δρομολόγησης

προωθείται προς τον επόμενο κόμβο μόνο εάν έχει ληφθεί από δυνατά κανάλια και δεν έχει προηγουμένως επεξεργαστεί (για την αποφυγή looping). Ο προορισμός επιλέγει να στέλλει πίσω το πρώτο αίτημα που φτάνει σ' αυτόν, γιατί είναι πολύ πιθανό πως το πακέτο που φτάνει πρώτο έρχεται από το κοντινότερο ή το λιγότερο μπλοκαρισμένο μονοπάτι του δικτύου. Το Δυναμικό πρωτόκολλο αντιστρέφει την επιλεγόμενη διαδρομή και αποστέλλει ένα μήνυμα προς τον ξεκινητή της αναζήτησης διαδρομής. Το Δυναμικό πρωτόκολλο όλων των κόμβων του μονοπατιού αναβαθμίζει τους Πίνακες δρομολόγησης ανάλογα.

Όσα πακέτα εύρεσης διαδρομής φτάνουν στον προορισμό είναι βέβαιο ότι έφτασαν από το μονοπάτι με τη δυνατότερη σταθερότητα σήματος επειδή τα πακέτα που φτάνουν από ασθενή κανάλια απορρίπτονται σε ενδιάμεσους κόμβους. Εάν ο χρονομετρητής της πηγή λήξει προτού λάβει μια απάντηση τότε το πεδίο PREF (προτίμηση) στην επικεφαλίδα αλλάζει, για να υποδηλώσει πως γίνονται δεκτά και ασθενή κανάλια, μιας και αποτελούν τα μοναδικά κανάλια από τα οποία μπορούν να μεταδοθούν τα πακέτα. Στα πρωτόκολλα SSR όταν γίνει αντιληπτή μια αποτυχία ενός μονοπατιού μέσα στο δίκτυο, οι ενδιάμεσοι κόμβοι αποστέλλουν ένα μήνυμα σφάλματος στην πηγή υποδηλώνοντας ποιο κανάλι έχει αποτύχει. Η πηγή μετέπειτα αποστέλλει ένα μήνυμα διαγραφής για να ειδοποιήσει όλους τους κόμβους του σπασμένου συνδέσμου και ξεκινάει μια καινούργια διαδικασία εύρεσης διαδρομής για να εντοπίσει ένα καινούργιο μονοπάτι προς τον προορισμό.

4.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην εργασία αυτήν έγινε η παρουσίαση μερικών πρωτοκόλλων δρομολόγησης για ad hoc ασύρματα δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα οι κατηγορίες των πρωτοκόλλων που περιγράφηκαν είναι δύο: τα πρωτόκολλα table-driven και τα πρωτόκολλα δρομολόγησης on-demand . Στην πρώτη κατηγορία πρωτοκόλλων, ο κάθε κόμβος διατηρεί πρόσφατη την πληροφόρηση δρομολόγησης για όλους τους κόμβους του δικτύου. Από την άλλη μεριά στα πρωτόκολλα πληροφόρησης on-demand, ένας κόμβος βρίσκει μια διαδρομή προς τον προορισμό όταν θελήσει να στείλει πακέτα προς τον προορισμό αυτόν. Ειδικότερα, τα table-driven πρωτόκολλα DSDV και GSR χρησιμοποιούν δείκτες προορισμού για να διατηρούν τις διαδρομές αναβαθμισμένες και ελεύθερες από βρόγχους. Επιπλέον, τα πρωτόκολλα HSR και ZHLS είναι ιεραρχικά πρωτόκολλα δρομολόγησης. Ένα ακόμη table-driven πρωτόκολλο που παρουσιάστηκε είναι και το FSR, το οποίο μειώνει το μέγεθος των πινάκων που πρόκειται να ανταλλαχθούν με το να διατηρεί λιγότερη πληροφόρηση για τους κόμβους που βρίσκονται σε μακρινή απόσταση από την πηγή. Το CGSR που περιγράφηκε στην δεύτερη ενότητα της εργασίας αποτελεί ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης στο οποίο οι κόμβοι του δικτύου είναι οργανωμένοι σε ομάδες (clusters).

Από την άλλη μεριά, στα πρωτόκολλα δρομολόγησης on-demand η κάθε διαδρομή ξεκινάει από την πηγή την στιγμή που η πηγή θέλει να επικοινωνήσει με τον προορισμό. Το πρωτόκολλο CBRP, το οποίο παρουσιάστηκε είναι ένας παρόμοιος αλγόριθμος με τον CGSR, με την μόνη διαφορά ότι το πρώτο αποτελεί έναν on-demand μηχανισμό δρομολόγησης, ενώ το δεύτερο αποτελεί έναν table-driven μηχανισμό. Επίσης, το πρωτόκολλο AODV αποτελεί μια on-demand παραλλαγή του DSDV πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Το DSRP είναι ένας μηχανισμός δρομολόγησης πηγής όπου η διαδρομή αποθηκεύεται σε κάθε πακέτο. Το ABR είναι ένα πακέτο το οποίο βασίζεται στους δείκτες συνεργασίας για να επιλέξει μια διαδρομή. Παρομοίως το SSR πρωτόκολλο βασίζεται στην ισχύ των συνδέσεων μεταξύ των γειτονικών κόμβων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1.Elizabeth M. Royer, Chai-Keong Toh, “A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks”, IEEE Personal Communications, Vol. 6, No. 2, pp. 46-55, April 1999

Webpage: <http://users.ece.gatech.edu/~cktoh/royer.html>

Οι παραπάνω συγγραφείς στο άρθρο τους παρουσιάζουν μια περιγραφή των πρωτοκόλλων δρομολόγησης σε ad hoc δίκτυα. Επιπλέον, παρουσιάζεται μια περιγραφή των ad hoc δικτύων και οι αντιθέσεις που παρουσιάζουν σε σχέση με τα δομημένα δίκτυα.

2.C.E Perkins and P. Bhagwat, “Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers”, Comp. Comm. Rev., pp. 234-244, October 1994

Webpage: <http://www.svrloc.org/~charliep/txt/sigcomm94/paper.ps>

Στο συγκεκριμένο άρθρο παρουσιάζεται ο αλγόριθμος δρομολόγησης Destination-Sequenced Distance –Vector, ο οποίος βασίζεται πάνω στο κλασικό αλγόριθμο Bellman-Ford αλλά παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα.

3.C. C. Chiang, “Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel”, Proc. IEEE SICON’97, April 1997, pp. 197-211

Webpage: <http://www.ics.uci.edu/%7Eeatm/adhoc/paper-collection/gerla-routing-clustered-sicon97.pdf>

Σύμφωνα με τον Chiang (1997) οι παραδοσιακοί αλγόριθμοι δρομολόγησης δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσουν μέσα σε ένα κινητό ασύρματο περιβάλλον εξαιτίας της δυναμικής αλλαγής στην ομαδοποιημένη συνδεσιμότητα του link. Ο Chiang (1997) εξαιτίας αυτού του μειονεκτήματος προτείνει το Cluster Gateway Switch Routing Protocol το οποίο λειτουργεί με την βοήθεια του αλγόριθμου Least Cluster Change (L.C.C)

4.S. Murthy and J.J Garcia-Luna-Aceves, “An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks”, ACM Mobile Networks and APP. J., Special Issue on Routing in Mobile Communication Networks, October 1996, pp. 183-197

Webpage: <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/aceves-routing-winet.pdf>

Στο συγκεκριμένο άρθρο παρουσιάζεται το ασύρματο πρωτόκολλο δρομολόγησης (WRP). Στο άρθρο τους πραγματοποιείται μια σύγκριση με τον αλγόριθμο Bellman-Ford, με τον αλγόριθμο DUAL και με έναν ιδανικό (ideal) link-state algorithm. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης υποδηλώνουν πως το ασύρματο πρωτόκολλο δρομολόγησης είναι το πιο εύχρηστο.

5. Tsu-Wei Chen and Mario Gerla, "Global State Routing: A New Routing Scheme for Ad-hoc Wireless Networks", Proc. IEEE 1998, 5 pages
Webpage: <http://www.ics.uci.edu/%7Eeatm/adhoc/paper-collection/gerla-gsr-icc98.pdf>

Οι συγκεκριμένοι συγγραφείς προτείνουν το πρωτόκολλο Global State Routing όπου οι κόμβοι ανταλλάσσουν διανύσματα μέσω **link states** με τους γείτονες τους κατά την διάρκεια ανταλλαγής πληροφοριών δρομολόγησης. Βασιζόμενοι στα παραπάνω διανύσματα, οι κόμβοι διατηρούν μια παγκόσμια γνώση για την τοπολογία του δικτύου και μεγιστοποιούν τοπικά τις αποφάσεις δρομολόγησης τους.

6. A. Iwata, C. -C. Chiang, G. Pei, M. Gerla, and W. Chen, "Scalable Routing Strategies for Ad Hoc Wireless Networks", Proc. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on Ad-Hoc Networks, Aug. 1999, pp. 1369-79
Webpage: <http://www.cs.ucla.edu/NRL/wireless/PAPER/jsac99.ps.gz>

Στο συγκεκριμένο άρθρο παρουσιάζεται ένα πλήθος από κινητούς σταθμούς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μέσω ενός **multihop** ασύρματου δικτύου. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι ο μεγάλος αριθμός των χρηστών, η έντονη κινητικότητα τους και η ανάγκη λειτουργίας του συστήματος χωρίς την βοήθεια μιας σταθερής υποδομής. Οι συγγραφείς προτείνουν δύο νέα πρωτόκολλα τα Fisheye State και Hierarchical State Routing τα οποία παρουσιάζουν πλεονεκτήματα έναντι των υπάρχοντων πρωτοκόλλων.

7. M. Joa-Ng and T. Lu, "A Peer-to-Peer zone-based two-level link state routing for mobile Ad Hoc Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on Ad-Hoc Networks, Aug. 1999, pp. 1415-25

Το κύριο χαρακτηριστικό των πρωτοκόλλων αυτής της κατηγορίας είναι ότι το δίκτυο είναι χωρισμένο σε ζώνες. Στα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας υπάρχουν δύο τύποι πακέτων Link-State, τα κομβικά LSP και τα LSP της κάθε ζώνης. Με την χρήση των δυο αυτών πακέτων Link-State το συγκεκριμένο πρωτόκολλο μπορεί να προσαρμοστεί γρήγορα στην αλλαγή τοπολογιών.

8. M. Jiang, J. Li, and Y. Tay, "Cluster Based Routing Protocol", Aug. 1999, IETF Draft, 27 pages
Webpage: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-cbrp-spec-01.txt>

Στο συγκεκριμένο άρθρο παρουσιάζεται το Cluster based πρωτόκολλο δρομολόγησης. Στα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας οι κόμβοι είναι χωρισμένοι σε ομάδες (clusters), οι οποίες έχουν έναν κόμβο επικεφαλής. Στα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας η δρομολόγηση πραγματοποιείται μέσω τον πιο κοντινών επικεφαλής cluster συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην μείωση της διαδρομής που απαιτείται.

9. Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer, Samir R. Das, “Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing”, October 1999, IETF Draft, 33 pages

Webpage: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-04>.

Σύμφωνα με τους συγγραφείς τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα αποτελούν μια βελτίωση των πρωτοκόλλων Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector. Η διαφορά τους βρίσκεται στο ότι τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα δημιουργούν διαδρομές κατά παραγγελία ενώ τα πρωτόκολλα DSDV δημιουργούν και διατηρούν την λίστα με όλες τις διαδρομές.

10. David B. Johnson, Davis A. Maltz, “Dynamic Source Routing in Ad Hoc Networks”, Mobile Computing, T. Imielinski and H. Korth, Eds., Kulwer, 1996, pp. 152-81

Webpage: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-03.txt>

Το πρωτόκολλο που προτείνουν οι συγγραφείς έχει το χαρακτηριστικό να προσαρμόζεται γρήγορα σε αλλαγές δρομολόγησης στις περιπτώσεις συχνής κίνησης του **host**. Βασισμένοι στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων τους, το συγκεκριμένο πρωτόκολλο ανταποκρίνεται πολύ ικανοποιητικά σε διάφορες καταστάσεις του περιβάλλοντος του δικτύου, όπως σε διαφορετική **host density** και διαφορετικούς δείκτες κίνησης.

11. David B. Johnson, Davis A. Maltz, “The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks”, October 1999, IETF Draft, 49 pages

Webpage: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-03.txt>

Σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς τα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας έχουν το χαρακτηριστικό ότι η λειτουργία της δρομολόγησης σχεδιάζεται από την πηγή. Οι κύριες φάσεις των πρωτοκόλλων αυτών είναι η εύρεση της κάθε διαδρομής και η διατήρησή της.

12. VD Park and MS Corson, “A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks”, Proc. INFOCOM 1997, April 1997, 9 pages

Webpage: <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/corson-adaptive-routing-infocom97.pdf>

Οι Park και Corson (1997) τον Temporally-Ordered αλγόριθμο δρομολόγησης. Το πρωτόκολλο είναι πολύ προσαρμόσιμο, εύρηστο και διαβαθμισμένο και ενδείκνυται για χρήση σε μεγάλα, κινητά και πυκνά δίκτυα. Το πρωτόκολλο που προτείνουν έχει επίσης το πλεονέκτημα της υψηλής προσαρμοστικότητας λόγω της γρήγορης αντίδρασης του σε αποτυχίες συνδέσεων (**link failure**).

13. Chai-Keong Toh, “A novel distributed routing protocol to support Ad hoc mobile computing”, Proc. 1996 IEEE 15th Annual Int'l. Phoenix Conf. Comp. and Commun., March 1996, pp. 480-86

Webpage: <http://www.ics.uci.edu/%7Eatm/adhoc/paper-collection/toh-distributed-routing-ipccc96.pdf>

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης που προτείνει ο Toh (1996) είναι διαφορετικό από τους κοινούς **distributed** αλγόριθμους δρομολόγησης. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι η πληροφορία δρομολόγησης δεν διατηρείται σε κάθε κόμβο. Η συνεργατικότητα του κάθε κόμβου με τους γείτονες του και η χρονική του σταθερότητα καθορίζουν την κάθε διαδρομή. Το πρωτόκολλο που προτείνεται είναι απαλλαγμένο από βρόγχους, αδιέξοδα και αντίγραφα πακέτων (**packet duplicates**)

14.C. – K. Toh, “Long-lived Ad-Hoc Routing based on the concept of Associativity”, March 1999 IETF Draft, 8 pages

Webpage: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-longlived-adhoc-routing-00.txt>

Το κύριο χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου είναι ότι στηρίζεται στον βαθμό συνεργασίας μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Αποτέλεσμα του παραπάνω χαρακτηριστικού είναι πως στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα υπάρχει μια προτίμηση στις διαδρομές με τον μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Βασικός σκοπός των πρωτοκόλλων αυτών είναι να βρίσκουν διαδρομές που διαρκούν περισσότερο.

15.R. Dube, “Signal Stability based adaptive routing for Ad Hoc Mobile networks”, IEEE Pers. Comm., Feb. 1997, pp. 36-45

Webpage: <http://www.cs.umd.edu/projects/mcml/papers/pcm97.ps>

Ο Dube (1997) υποστηρίζει πως σε Ad Hoc δίκτυα οι κινητοί κόμβοι (**hosts**) θα πρέπει να προσαρμόζουν δυναμικά τις διαδρομές στην παρούσα κατάσταση της σύνδεσης. Προτείνει ένα κατανεμημένο (**distributed**) προσαρμόσιμο πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο εντοπίζει και διατηρεί διαδρομές που βασίζονται στην δύναμη του σήματος και στην σταθεροτητα της τοποθεσίας σε ένα κινητό Ad Hoc δίκτυο.