

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας  
ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα  
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων  
Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης

University of Macedonia  
Master Information Systems  
Networking Technologies  
Professor: A.A. Economides

## *Multicasting in Mobile Network- Πολυεκπομπή σε Κινητά Δίκτυα*

## **Preface**

Third generation networks are being deployed to replace existing second-generation networks and to provide enhanced services to mobile users. These new networks promise to provide a global wireless infrastructure that will free users from the confines of static communication networks. The ubiquity of the underlying network will allow users to access the Internet from anywhere at anytime. As users adjust to the concept of a ubiquitous communication infrastructure, they will desire to run applications and access services that they currently have available to them on conventional wireline networks. In particular, one class of application that consumers will likely desire to use on 3G networks are group-oriented applications whereby groups of users can interact with each other. In conventional IP networks, the use of multicast networking techniques is most appropriate for group-oriented applications since multicasting exploits the distribution of group members in the network to minimize packet duplication. The use of multicast in 3G networks, however, is at an early stage of development and is a direction for further research and development.<sup>1</sup>

## **Εισαγωγή**

Η ανάπτυξη των δικτύων τρίτης γενιάς (3G Networks) αποσκοπεί στην αντικατάσταση των δικτύων δευτέρας γενιάς, με σκοπό την παροχή πρόσθετων υπηρεσιών στους χρήστες κινητής τηλεφωνίας. Τα νέα αυτά δίκτυα έχουν ως στόχο την δημιουργία μιας παγκόσμιας υποδομής που θα αποδεσμεύσει τους χρήστες από τους περιορισμούς των στατικών δικτύων. Τα νέα δίκτυα επιτρέπουν την πρόσβαση στο διαδίκτυο από οποιαδήποτε τοποθεσία και ανά πάσα στιγμή. Η προσαρμογή στις νέες τεχνολογίες θα εξοικειώσει τους χρήστες με την πρόσβαση σε υπηρεσίες δικτύου και εφαρμογές όπως αυτές υφίστανται και στα συμβατικά ενσύρματα δίκτυα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι διαδικτυακές εφαρμογές που αφορούν στην αλληλεπίδραση ομάδων χρηστών. Στα συμβατικά IP δίκτυα έχει καθιερωθεί η χρήση multicasting τεχνικών, οι οποίες βασίζονται σε αλγορίθμους που λαμβάνοντας υπόψη την χωροθέτηση των χρηστών, επιτυγχάνουν την ελαχιστοποίηση των επαναλαμβανόμενων πακέτων.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Winlab, Rutgers University, 2003, 'Survey of 3G Multicast'

## Προβλήματα στην Multicast δρομολόγηση mobile δικτύων<sup>1</sup>

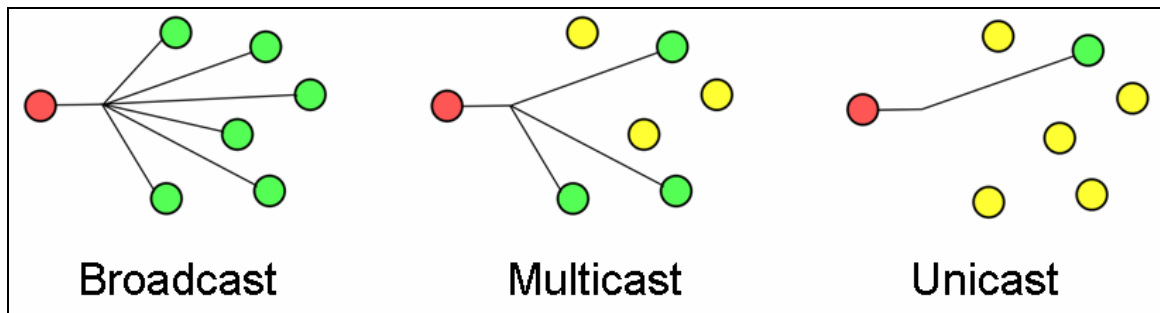
Η βασική δυσκολία στην multicast δρομολόγηση σε ασύρματα mobile δίκτυα έχει να κάνει με την πολυπλοκότητα στον εντοπισμό και καθορισμό των αποδεκτών των δεδομένων και της αποδοτικής ταυτόχρονης εξυπηρέτησης τους. Σε γενικές γραμμές θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η δρομολόγηση σε MANETs πρέπει να λαμβάνει υπόψιν τα παρακάτω προβλήματα :

- Δυσκολία προσδιορισμού και εντοπισμού των αποδεκτών από τις πηγές μετάδοσης των πακέτων.
- Οι αποδέκτες δεν γνωρίζουν ποιες είναι και που βρίσκονται οι πηγές.
- Η παρακολούθηση των πηγών μετάδοσης και των αποδεκτών της πληροφορίας είναι μια πολύπλοκη και δαπανηρή διαδικασία που είναι επιρρεπής σε σφάλματα.

Αναλυτικότερα η δρομολόγηση σε MANETs είναι δυσκολότερη από ότι στα σταθερά καθώς η κινητικότητα προκαλεί συχνές αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου και απαιτεί πιο ισχυρούς και ευέλικτους μηχανισμούς για την αναζήτηση και συντήρηση των διαδρομών. Όταν τα τερματικά του δικτύου μετακινούνται, οι ήδη υπάρχουσες διαδρομές μπορεί να διακοπούν. Το χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμόζεται δυναμικά και να προσδιορίζει νέες εφικτές διαδρομές.

Παράλληλα στα κινητά δίκτυα με δεδομένη τη διαρκώς μεταβαλλόμενη τοπολογία, ακόμη και αυτή η διατήρηση της συνδεσιμότητας (connectivity) αποτελεί σημαντική πρόκληση, καθώς επίσης και η αποφυγή δημιουργίας βρόγχων (loops).

Στα παραπάνω προστίθενται και δυσχέρειες και περιορισμούς που είναι εγγενείς στα κινητά δίκτυα όπως είναι το χαμηλό εύρος ζώνης, υψηλό ποσοστό σφαλμάτων και τα όρια στην κατανάλωση ενέργειας, που καθιστούν την δρομολόγηση μια σύνθετη διαδικασία. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται σχηματικά οι διάφοροι τρόποι μετάδοσης δεδομένων.



Σχήμα 1 : Σχηματική παράσταση Broadcast, Multicast και Unicast.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Elias C. Efstathiou and George C. Polyzos, 2002, 'Mobile Multicast Group communications in a wireless Internet'.

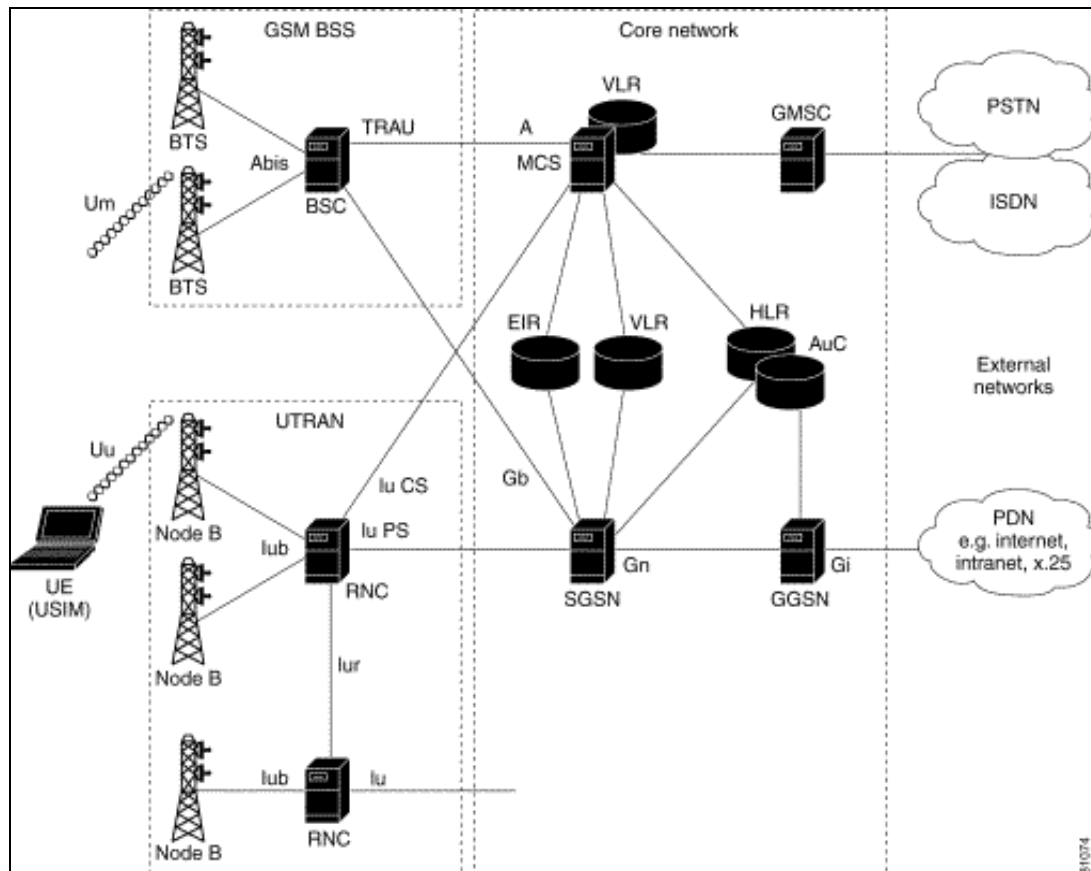
<sup>2</sup> Xun Shi & Xuan(William) Zhang, 2004, Multicast Routing in MANETs.

Εν συνεχεία θα επιχειρηθεί η παρουσίαση των προτύπων και των διαφορετικών τρόπων με τους οποίους υλοποιείται η δρομολόγηση, μέσω πρωτοκόλλων και αλγορίθμων για εφαρμογές multicasting σε ασύρματα και κινητά δίκτυα εξετάζοντας παράλληλα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζει η κάθε περίπτωση.

### Η αρχιτεκτονική των ασύρματων δικτύων<sup>1</sup>

Έχουν προταθεί διάφορα ανταγωνιστικά πρότυπα για τις ασύρματες επικοινωνίες τρίτης γενιάς (3G), τα ευρύτερα διαδεδομένα είναι τα

- UMTS: είναι συντομογραφία του Universal Mobile Telecommunications System. Πρόκειται για μία τεχνολογία της τρίτης γενιάς (3G) κινητής τηλεφωνίας η οποία αναπτύσσεται ταχύτατα σήμερα. Το UMTS αναφέρεται επίσης ως το 3GSM ώστε να τονισθεί η συμμαχία μεταξύ της τεχνολογίας 3G και του προτύπου GSM.<sup>2</sup>



Σχήμα 2 : Αρχιτεκτονική του UMTS<sup>3</sup>

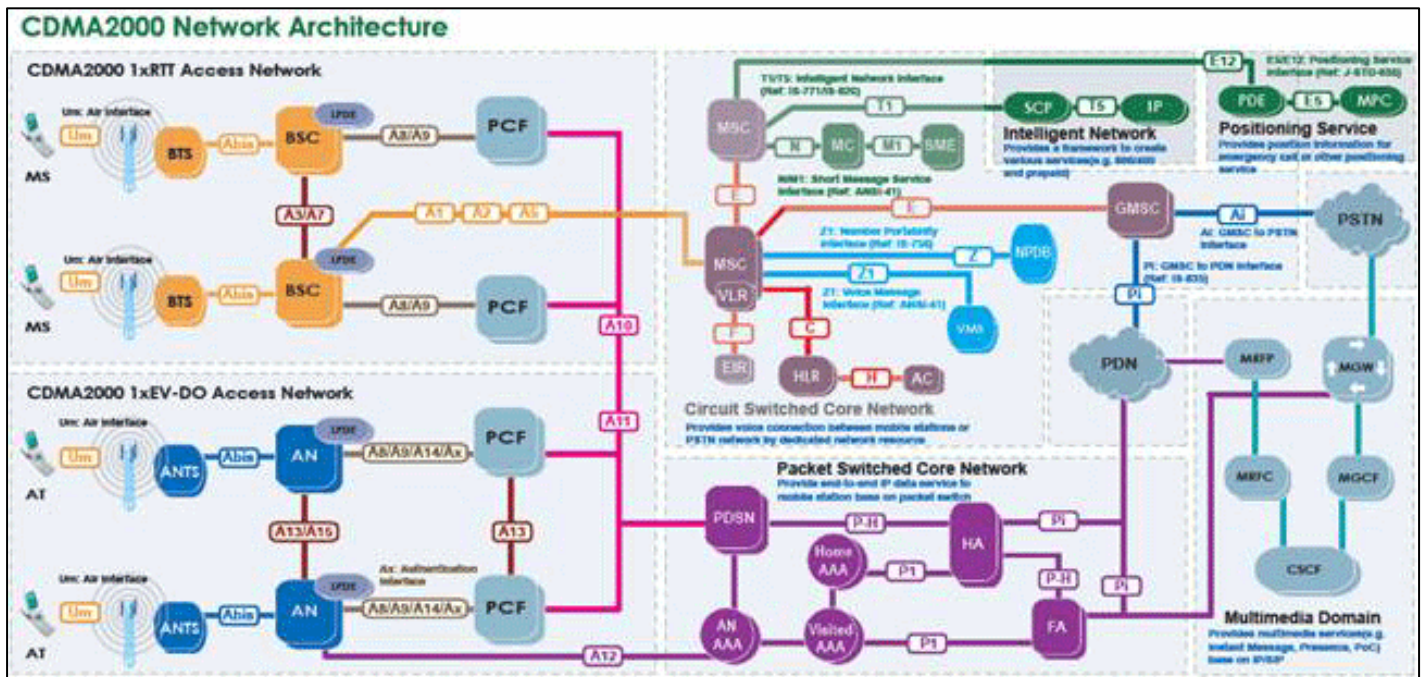
- CDMA2000: γνωστό και ως IMT-CDMA Multi Carrier (1X/3X). Πρόκειται για μία τεχνολογία τρίτης γενιάς (3G), που προέκυψε από την σταδιακή εξέλιξη του

<sup>1</sup> Winlab, Rutgers University, 2003, Network Architecture & Protocols

<sup>2</sup> 3G and UMTS Frequently Asked Questions Available at: <http://www.umtsworld.com/umts/faq.htm>

<sup>3</sup> UMTS Architecture available at : [www.sisco.com](http://www.sisco.com)

CDMAone. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρέχει στους παρόχους υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G) την δυνατότητα να αναβαθμίσουν χωρίς προβλήματα τα δίκτυά τους σε δύο φάσεις. Οι δυνατότητες της πρώτης φάσης περιγράφονται με το πρότυπο 1X, το οποίο επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε ταχύτητες που φθάνουν τα 144 kbps. Η δεύτερη φάση του CDMA2000 ονομάζεται 3X και επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε ταχύτητες που φθάνουν τα 2 Mbps, αλλά και την παροχή προηγμένων multimedia υπηρεσιών.<sup>1</sup>



Σχήμα 3: Αρχιτεκτονική CDMA2000<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CDMA2000 Development Group (CDG) available at: <http://www.cdg.org>

<sup>2</sup> CDMA2000 Architecture available at: [www.networkdictionary.com](http://www.networkdictionary.com)

### Τύποι Multicast δρομολόγησης

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για την multicast δρομολόγηση:

- Tree-based
- Mash-based
- Hybrid

Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τις ακολουθούμενες διαδρομές για την προώθηση των πακέτων μέσα στο δίκτυο. Οι δύο πρώτες περιπτώσεις βασίζονται σε διαφορετικές παραδοχές ενώ η Hybrid είναι ένας συνδυασμός τους.

**Tree-based:** Για κάθε ζεύγος πομπού και δέκτη καθορίζεται μία μοναδική διαδρομή (path). Το network tree που σχηματίζεται με αυτό τον τρόπο συνδέει κάθε τερματικό που συμμετέχει στο δίκτυο με την πηγή των πακέτων μέσω μιας ιεραρχικής δομής. Παραδείγματα πρωτοκόλλων αυτού του τύπου είναι τα AMRoute και AMRIS.

**Mash-based:** Για κάθε ζεύγος πομπού και δέκτη καθορίζονται πολλαπλές διαδρομές. Παραδείγματα πρωτοκόλλων που βασίζονται σε αυτή την προσέγγιση είναι τα ODMRP και CAMP.<sup>1</sup>

Επίσης ένας διαχωρισμός γίνεται σε σχέση με τον αν χρησιμοποιείται proactive ή reactive μέθοδος δρομολόγησης.

**Proactive Routing Protocols:** Τα πρωτόκολλα αυτά διατηρούν διαδρομές προς όλους τους προορισμούς, ανεξαρτήτως με το εάν οι διαδρομές αυτές χρησιμοποιούνται ή όχι. Το αδύνατο σημείο των πρωτοκόλλων αυτών είναι ότι καταναλώνουν άσκοπα bandwidth, αφού μηνύματα ελέγχου συνεχίζουν να αποστέλλονται ακόμα και όταν δεν υπάρχει κυκλοφορία δεδομένων. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι ότι οι εξυπηρετητές μπορούν να ανακτήσουν γρήγορα πληροφορία για τις πιθανές διαδρομές και να εκκινήσουν ταχύτερα μια συνεδρία(session). Παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι το Global State Routing (GSR).

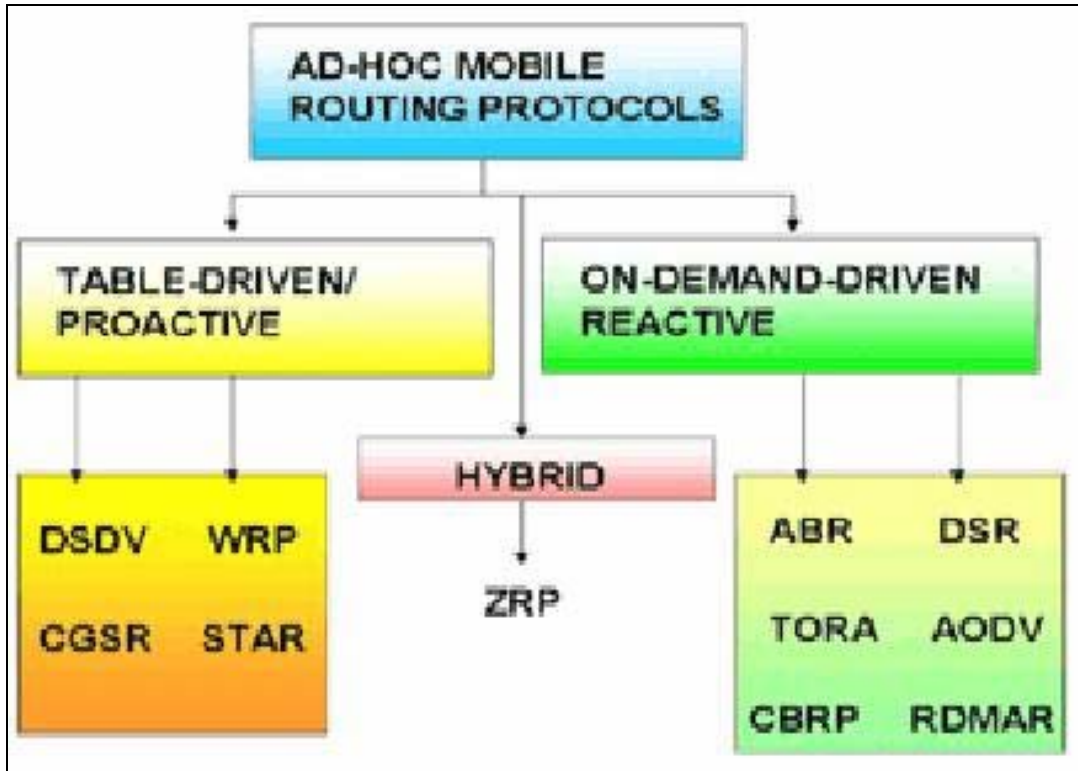
**Reactive Routing Protocols:** Στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα δεν είναι απαραίτητη η αναζήτηση και διατήρηση διαδρομών στις οποίες δεν γίνεται μεταφορά δεδομένων, συνεπώς το overhead είναι αρκετά μικρότερο. Αυτό είναι και το πλεονέκτημα τους, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί οι περιορισμοί στους πόρους αποτελούν βασικό πρόβλημα στα MANETs. Παραδείγματα σε αυτήν την κατηγορία είναι τα ακόλουθα: Dynamic Source Routing (DSR), Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, Location-Aided Routing (LAR).

**Hybrid Routing Protocols:** Πρόκειται για μια προσέγγιση που επιχειρεί να συνδυάσει τα χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η περιοχή του δικτύου χωρίζεται σε ζώνες. Κάθε συμμετέχουσα τερματική συσκευή κατατάσσεται σε

---

<sup>1</sup> Xun Shi & Xuan(William) Zhang, 2004, Multicast Routing in MANETs.

μία ζώνη με κριτήριο την απόσταση της από κάποιο αποστολέα. Καθορίζεται μια απόσταση  $d$  μετρούμενη σε hops από τον εκάστοτε αποστολέα, για τις συσκευές εντός της συγκεκριμένης διαμέτρου το υβριδικό πρωτόκολλο χρησιμοποιεί μια proactive μέθοδο, ενώ για αυτές που βρίσκονται εκτός reactive. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι το ZRP.



Σχήμα 4: Μεθοδολογίες δρομολόγησης σε MANETs.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Networks and Telecommunications Research Group available at : <http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2.05/group11/index.html>

## **ADMR (Adaptive Demand-Driven Multicast Routing)<sup>1</sup>**

Όπως υποδηλώνεται και από το όνομα πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που προσαρμόζεται δυναμικά με βάση την εκάστοτε ζήτηση στο δίκτυο. Το πρωτόκολλο αυτό έχει σχεδιαστεί ειδικά για την χρήση σε Ad-Hoc δίκτυα. Η διαδικασία της multicasting δρομολόγησης στο ADMR διατηρείται για ομάδες στις οποίες τουλάχιστον ένας δέκτης και ένας αποστολέας βρίσκονται στο δίκτυο. Κάθε πακέτο δεδομένων προωθείται διαμέσου της διαδρομής με την μικρότερη καθυστέρηση από τον αποστολέα στους παραλήπτες. Δεν απαιτείται από τους αποστολείς των πακέτων να διακόπτουν την εκπομπή των δεδομένων και επιπλέον οι αποδέκτες προσαρμόζονται δυναμικά στα πρότυπα του αποστολέα και την υφιστάμενη κινητικότητα στο δίκτυο. Επιπλέον το ADMR εντοπίζει τότε η κίνηση στο δίκτυο είναι ιδιαίτερα υψηλή ώστε να συντηρηθεί με αποτελεσματικότητα η κατάσταση της multicast εκπομπής και καταφεύγει σε network flooding για ένα μικρό χρονικό διάστημα έως ότου η υψηλή κίνηση να παρέλθει.

### **Παραδοχές**

Το πρωτόκολλο βασίζεται σε ορισμένες παραδοχές:

- Κόμβοι (nodes) που επιθυμούν να επικοινωνήσουν με άλλους κόμβους μέσα στο ad-hoc δίκτυο προσαρμόζονται πλήρως με τις απαιτήσεις του πρωτόκολλου. Λόγου χάρι προωθούν τα πακέτα και σε άλλες nodes.
- Η διάμετρος του δικτύου είναι μικρή. Με άλλα λόγια μεσολαβεί ένα πλήθος μεταξύ 5 και 10 hops, για την μεταφορά ενός πακέτου από το ένα άκρο στο διαμετρικά αντίθετο.
- Οι κόμβοι (nodes) είναι σε θέση να διακρίνουν τα κατεστραμμένα πακέτα και να τα απορρίψουν.
- Το ADMR λειτουργεί μόνο σε αμφίδρομες συνδέσεις.
- Κάθε multicast προώθηση για δοθέν group  $G$  και αποστολέα  $S$  αναπαρίσταται με την μορφή δέντρου του οποίου η ρίζα βρίσκεται στο  $S$ .

### **Δομή Δεδομένων**

Στο ADMR η κατάσταση της προώθησης των πακέτων διατηρείται τοπικά από κάθε κόμβο στους ακόλουθους τρεις πίνακες:

---

<sup>1</sup> Jorjeta Jetcheva, David B. Johnson, 2001, 'Adaptive Demand-Driven Multicast Routing in Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks'



- Πίνακας αποστολέα (Sender Table) : Περιέχει μία εγγραφή για κάθε multicast group για την οποία ο συγκεκριμένος κόμβος αποτελεί ενεργό αποστολέα. Κάθε εγγραφή κρατάει και τον χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην μετάδοση διακριτών πακέτων από τον κόμβο και αποστέλλει πληροφορίες σχετικές με το τελευταίο πακέτο που μετέδωσε.
- Membership Table: Περιέχει μια καταχώρηση για κάθε συνδυασμό διευθύνσεων για τις οποίες η εν λόγω node είναι είτε αποστολέας είτε παραλήπτης.
- (Πίνακας Κόμβου) Node Table: Περιέχει πληροφορίες για κάθε node του δικτύου από την οποία έχει λάβει πακέτα. Κάθε εγγραφή του εν λόγω πίνακα περιλαμβάνει. Κάθε εγγραφή περιέχει και το Sequence Number της κεφαλίδας του τελευταίου πακέτου που έλαβε, καθώς και μια αναπαράσταση προηγούμενων Sequence Numbers πακέτων του εκάστοτε αποστολέα. Με αυτό τον τρόπο επιδιώκεται ο εντοπισμός και η απόρριψη ταυτόσημων πακέτων.

Το ADMR αποτελείται από τρεις φάσεις:

1. Φάση εγκατάστασης της κατάστασης multicasting (Multicast State Setup).
2. Φάση προώθησης των multicast πακέτων (Multicast Packet Forwarding).
3. Φάση διατήρησης της multicast κατάστασης (Multicast State Maintenance).

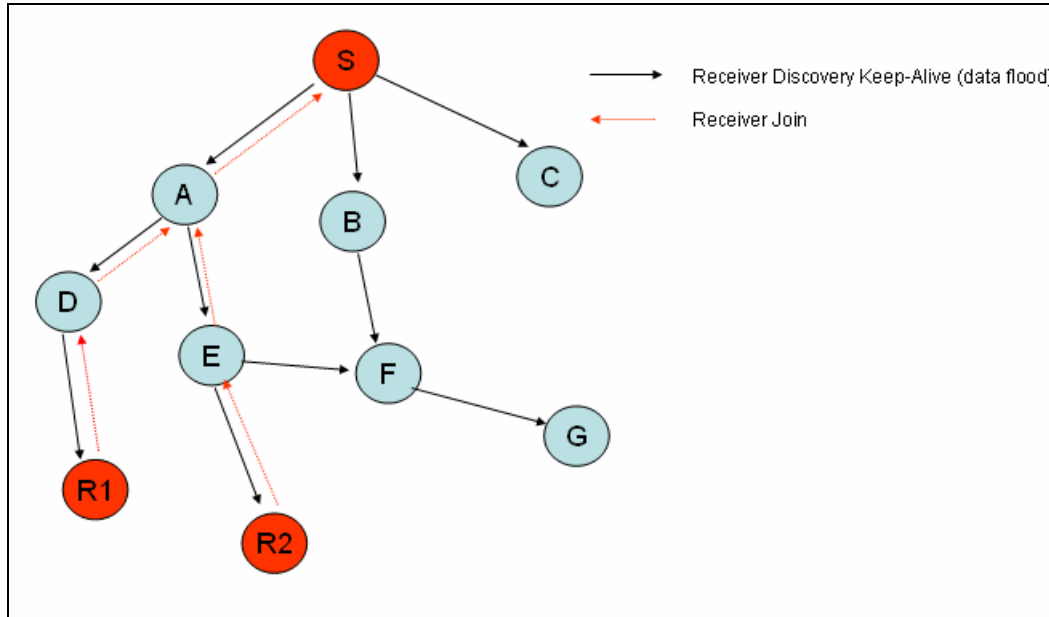
### **Multicast State Setup**

Η φάση αυτή ξεκινά κάθε φορά που είτε:

- Ένας Multicast αποστολέας  $S$  αρχίζει την εκπομπή προς μια ομάδα παραληπτών  $G$  για την οποία υφίσταται τουλάχιστον ένας αποδέκτης στο δίκτυο.
- Ένας δέκτης εισέρχεται σε ένα group  $G$  για το οποίο υφίσταται τουλάχιστον μία πηγή στο δίκτυο.

Όταν μια εφαρμογή που τρέχει σε έναν αποστολέα  $S$  στέλνει ένα multicast πακέτο με προορισμό ένα group  $G$ , χωρίς να υφίσταται μια κατάσταση δρομολόγησης για τον εν λόγω αποστολέα και ομάδα, το επίπεδο δρομολόγησης προσθέτει μια κεφαλίδα (header) στο πακέτο δεδομένων και το προωθεί προς όλες τις άλλες nodes πλην αυτής από την οποία το παρέλαβε (Network Flooding). Κάθε παραλήπτης ενός τέτοιου πακέτου το επαναπροωθεί εκτός και εάν ήδη έχει προωθήσει ένα αντίγραφο του. Επιπροσθέτως καταγράφονται στις εγγραφές του Node Table η MAC διεύθυνση του αποστολέα από τον οποίο το έχει λάβει και ο Sequence Number της κεφαλίδας του ADMR πακέτου. Η πληροφορία αυτές χρησιμοποιούνται τόσο για τον εντοπισμό διπλότυπων πακέτων, όσο και για την αποστολή πακέτων πίσω στον  $S$ . Κάθε φορά που προωθείται ένα πακέτο δημιουργείται μια εγγραφή στον πίνακα Membership Table για την πηγή  $S$  και το group  $G$ , η οποία υποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο node λειτουργεί ως αποστολέας από την συγκεκριμένη πηγή και την συγκεκριμένη ομάδα.

Το σύνολο των δρομολογίων από τον πομπό των πακέτων S προς τους δέκτες G σχηματίζει το δέντρο προώθησης (Forwarding Tree). Ένα παράδειγμα τέτοιου δέντρου παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

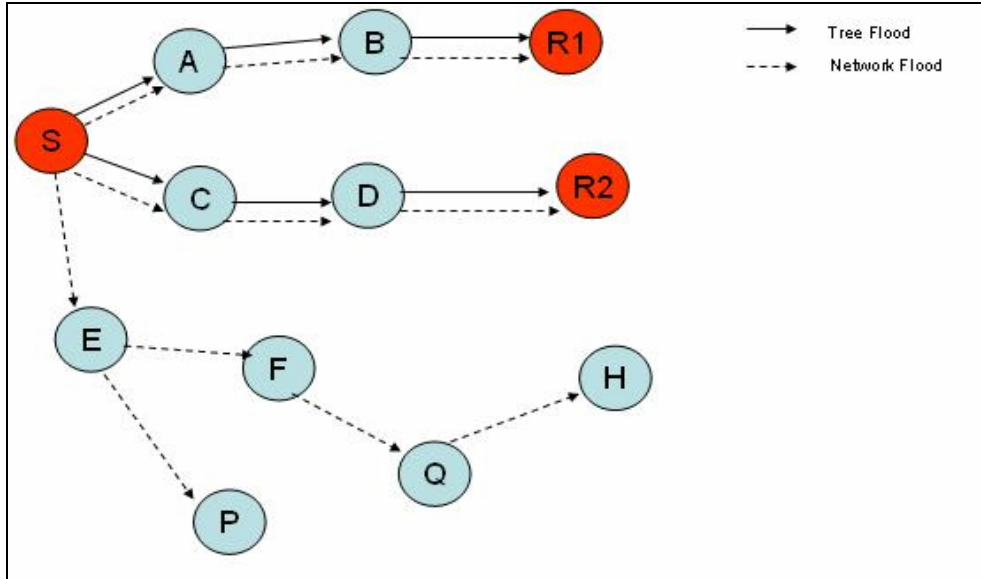


Σχήμα 1: Παράδειγμα Forwarding Tree για το πρωτόκολλο ADMR.<sup>1</sup>

### Multicast Packet Forwarding

Σε αυτή τη φάση καθορίζεται ο τρόπος προώθησης των πακέτων μέσα στο δίκτυο. Συγκεκριμένα κάθε πακέτο σε μια multicast μετάδοση μεταδίδεται ανάλογα με την πληροφορία που βρίσκεται στην κεφαλίδα του. Στις περισσότερες περιπτώσεις επιλέγεται μέθοδος tree-flood. Σε αυτή την περίπτωση το πακέτο προωθείται μόνο σε nodes που περιέχονται στο multicast forwarding tree που περιγράφηκε προηγουμένως και περιέχουν τον αποστολέα S και την ομάδα παραληπτών G. Στο σχήμα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συγκεκριμένος τρόπος προώθησης δεδομένων στο ADMR.

<sup>1</sup> Interoperability Laboratory for Security in Ad-Hoc Networks, 2001, 'Ad-Hoc Routing Protocols' available at : [http://wiki.uni.lu/secan-lab/Ad-Hoc+Protocols+\(\\$28\)Classification\(\\$29\).html](http://wiki.uni.lu/secan-lab/Ad-Hoc+Protocols+($28)Classification($29).html)



Σχήμα 2: Μετάδοση πακέτων στο ADMR<sup>1</sup>

Κατά την παραλαβή ενός πακέτου από ένα τερματικό σταθμό ελέγχεται η εγγραφή στον Membership Table που αφορά την πηγή και την ομάδα του ώστε να αποφασιστεί αν θα επαναπροωθηθεί ή όχι. Εάν στην κεφαλίδα υπάρχει ένδειξη για network flood τότε το πακέτο μεταδίδεται προς όλες τους άλλους τερματικούς σταθμούς πλην αυτού από τον οποίο τον οποίο ελήφθη.

### **Multicast State Maintenance**

Αυτή η φάση όπως υποδηλώνεται και από το όνομα είναι υπεύθυνη για την διατήρηση της multicast κατάστασης. Ο μηχανισμός αυτός αποσκοπεί στην παρακολούθηση του Forwarding Tree, έτσι ώστε να εντοπίζονται οι διακοπές στις συνδέσεις (Link Breaks) και να διορθώνονται όποτε κάτι τέτοιο συμβαίνει. Προφανώς το στάδιο αυτό της συντήρησης του δικτύου ξεκινά ταυτόχρονα με την αρχή της multicast μετάδοσης και συνεχίζεται για όσο η πηγή εξακολουθεί να αποστέλλει πακέτα και υπάρχουν χρήστες στο δίκτυο που τα παραλαμβάνουν. Αυτό καθίσταται εφικτό μέσω μιας εγγραφής στο header της μετάδοσης η οποία περιέχει πληροφορίες σχετικά με το ενδιαμέσο διάστημα (inter-packet time) το οποίο μεσολαβεί για να φτάσουν νέα πακέτα από την πηγή S προς την ομάδα αποδεκτών G. Αυτός ο χρόνος επιτρέπει στα μέλη του δικτύου να αντιλαμβάνονται πότε έχει διακοπή η μετάδοση δεδομένων από την πηγή ή έχει χαθεί η σύνδεση με κάποιον ενδιαμέσο κόμβο έτσι ώστε να αποφασιστεί ο προσωρινός τερματισμός της multicast μετάδοσης. Κάθε φορά που ένας κόμβος (node) εντοπίζει μια απώλεια σήματος επιχειρεί να επισκευάσει το Forwarding Tree. Σε αυτό το διάστημα πριν επιχειρήσει μια τοπική διόρθωση του σφάλματος αποστέλλει σε όλους τους αποδέκτες που βρίσκονται κάτω από αυτόν στο Forwarding Tree, (δηλαδή αυτούς

<sup>1</sup> Interoperability Laboratory for Security in Ad-Hoc Networks, 2001, 'Ad-Hoc Routing Protocols' available at : [http://wiki.uni.lu/secan-lab/Ad-Hoc+Protocols+\(\\$28\)Classification\(\\$29\).html](http://wiki.uni.lu/secan-lab/Ad-Hoc+Protocols+($28)Classification($29).html)

για τους οποίους παρεμβάλλεται με ένα hop από την πηγή S) ένα πακέτο που ονομάζεται Repair Notification ενημερώνοντας για την απώλεια του σήματος.

### **Πλεονεκτήματα του ADMR**

Το βασικό πλεονέκτημα του ADMR είναι η δυνατότητα προσαρμογής του στις εκάστοτε συνθήκες. Το ADMR μπορεί να μεταβαίνει από κατάσταση multicast routing σε network flooding όταν η κίνηση στο δίκτυο είναι αυξημένη και να επανέρχεται όταν αυτή μειωθεί. Επιπλέον ένα σημαντικό στοιχείο του ADMR είναι ότι σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα έχει μικρότερο packet overhead από τα περισσότερα, γεγονός που το καθιστά πιο αποδοτικό.

### **AMRIS: Ad Hoc Multicast Routing Protocol Utilizing Increasing ID Numbers<sup>1</sup>**

Το AMRIS είναι ένα πρωτόκολλο καθοδηγούμενο από την υφιστάμενη ζήτηση στο δίκτυο. Η λειτουργία του βασίζεται στην δημιουργία ενός κοινού δέντρου διανομής, που επιτρέπει την υποστήριξη πολλαπλών αποστολέων και δεκτών σε μια multicast συνεδρία. Το βασικό χαρακτηριστικό που διακρίνει το AMRIS από τα άλλα multicast πρωτόκολλα είναι η ύπαρξη μιας ξεχωριστής διεύθυνσης (multicast session member id) για κάθε συμμετέχοντα στο δίκτυο. Στην συνέχεια για την ταυτότητα αυτή θα χρησιμοποιηθεί η συντομογραφία msm-id. Η msm-id παρέχει σε κάθε τερματική εγκατάσταση έναν αριθμό προσδιοριστικό σε σχέση με την λογική του θέσης στο δέντρο διανομής. Κάθε τερματικός σταθμός -πλην φυσικά του root- που συνδέεται πρέπει να έχει ένα πατέρα με αριθμό msm-id μικρότερο από αυτόν, δηλαδή σε ψηλότερη θέση στο multicast delivery tree.

### **Διαδικασία υπολογισμού του msm-id.**

Προφανώς η τιμή του msm-id δεν είναι σταθερή αλλά υπολογίζεται από κάθε τερματική εγκατάσταση δυναμικά για κάθε νέα multicast συνεδρία. Αυτό γίνεται κατά την φάση εγκατάστασης της multicast εκπομπής ως εξής :

1. Αρχικά οι αποστολείς (senders) επιλέγουν το τερματικό Sid που θα έχει το μικρότερο msm-id.
2. Ακολουθώς υπολογίζονται οι τιμές των msm-id των υπολοίπων με κριτήριο την απόσταση τους από τον Sid. Οι τιμές των msm-id αυξάνουν όσο απομακρύνονται από τον Sid.

Η χρησιμότητα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι ότι η ταυτότητα msm-id επιτρέπει στα συμμετέχοντες στο δίκτυο που για κάποιο λόγο έχουν αποσυνδεθεί από το δέντρο διανομής (λόγου χάρη απομάκρυνση) να ξανασυνδεθούν σε τοπικό επίπεδο.

---

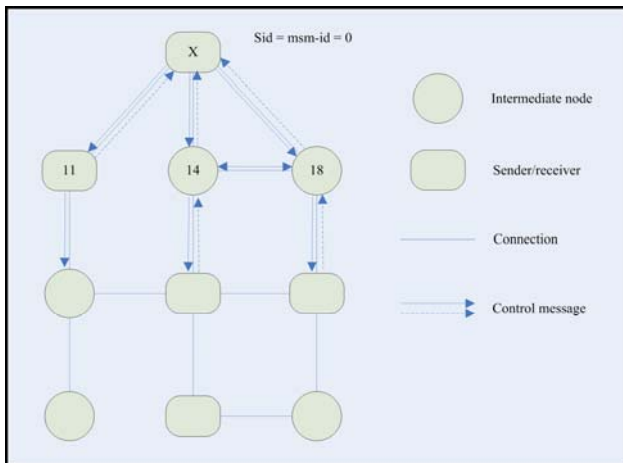
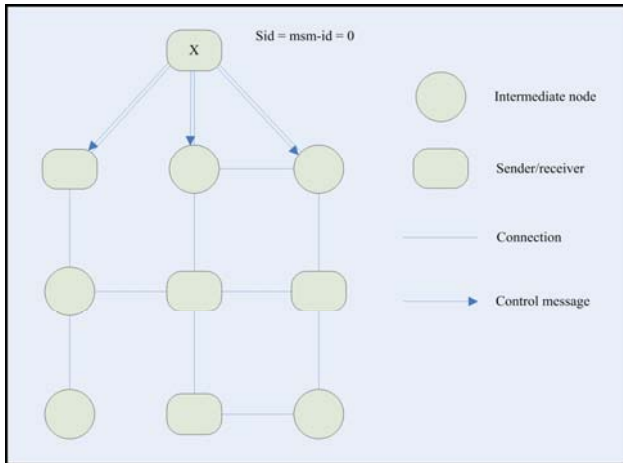
<sup>1</sup> Xun Shi & Xuan(William) Zhang, 2004, 'Multicast Routing in MANETs'

### Neighbour-Status table

Πρόκειται για ένα πίνακα στον οποίο αποθηκεύεται μια λίστα με τα στοιχεία των γειτονικών nodes και των msm-id τους. Κάθε node στέλνει κατά περιοδικά διαστήματα ένα σήμα με την τρέχουσα msm-id του για να γνωστοποιήσει την θέση του στις γείτονες του.

### Tree Initialization Mechanism

Είναι ο απαραίτητος μηχανισμός για την εκκίνηση μιας multicast συνεδρίας και την διαφήμιση της μέσα στο ad-hoc δίκτυο. Ουσιαστικά με αυτό τον τρόπο υλοποιείται το δέντρο διανομής των πακέτων, αφού οι nodes που επιθυμούν να συμμετάσχουν στη συνεδρία χαρακτηρίζονται I-nodes και περνούν στη φάση του initialization, ενώ οι μη συμμετέχουσες χαρακτηρίζονται U-nodes και παραμένουν εκτός.



Σχήμα : Φάση Initialization AMRIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Xun Shi & Xuan(William) Zhang, 2004, 'Multicast Routing in MANETs'

### Tree Maintenance Mechanism

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός επιτυγχάνει στην διατήρηση του δέντρου μεταφοράς των δεδομένων με τον εξής τρόπο : οι nodes που κατά τη διάρκεια της συνεδρίας αποκόπτονται από το δέντρο διανομής, δύνανται να επανασυνδεθούν με την εκτέλεση μιας ρουτίνας επανακατασκευής του κλάδου (Branch Reconstruction Routine). Για τον εντοπισμό της απώλειας ενός συνδέσμου το AMRIS χρησιμοποιεί ένα σήμα που αποστέλλεται μεταξύ των γειτονικών nodes. Κάθε node αποστέλλει αυτό το σήμα ανά περιοδικά διαστήματα και λαμβάνει το αντίστοιχο από όλες τις γειτονικές.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του AMRIS.

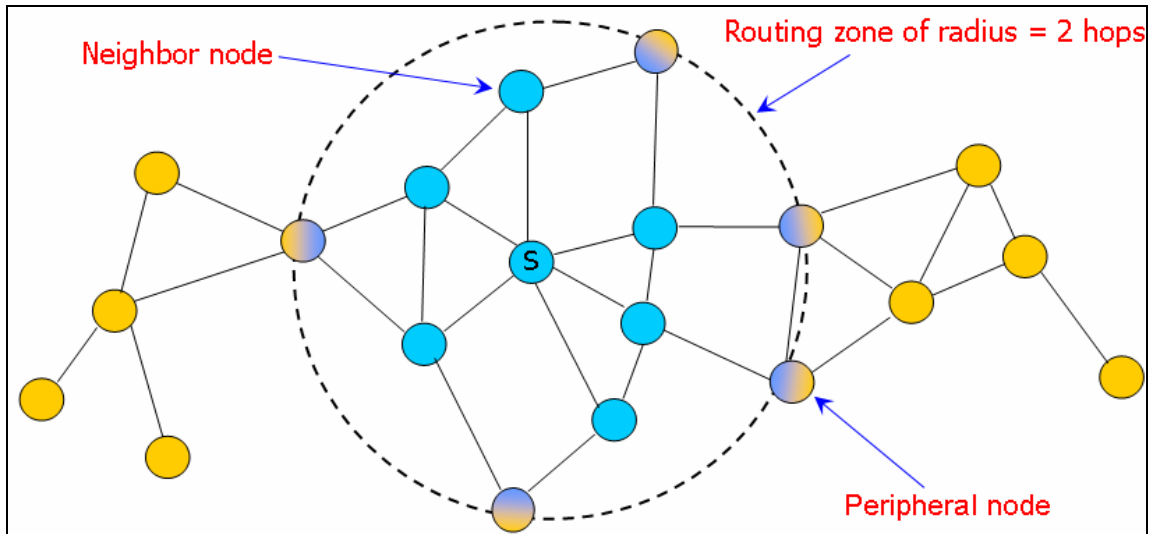
AMRIS	
Τοπολογία	Shared Delivery Tree Μη αποθήκευση ολόκληρης της τοπολογίας του δικτύου
Πλεονεκτήματα	Απλή τοπολογία και μικρό overhead
Μειονεκτήματα	Ευαίσθητο στην κινητικότητα

### ZRP Zone Routing Protocol<sup>1</sup>

Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που χαρακτηρίζεται ως υβριδικό αφού συνδυάζει χαρακτηριστικά και των proactive αλλά και των reactive πρωτοκόλλων. Αποσκοπεί στη μείωση του μεγάλου overhead που αποτελεί τη βασικότερη αδυναμία των proactive πρωτοκόλλων και την ελάττωση του χρόνου απόκρισης που αποτελεί πρόβλημα για τα reactive πρωτόκολλα. Λειτουργεί ως εξής η περιοχή του δικτύου χωρίζεται σε ζώνες. Μια ζώνη ορίζεται από έναν αρχικό αποστολέα και εκτείνεται σε μια διάμετρο συγκεκριμένου αριθμού hops από αυτόν. Εδώ ξεκινά και ο διαχωρισμός των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων:

- Εντός της ζώνης χρησιμοποιείται το proactive πρωτόκολλο IARP (Intra-zone Routing Protocol).
- Μεταξύ διαφορετικών ζωνών χρησιμοποιείται ένα reactive πρωτόκολλο IERP (Inter-zone Routing Protocol).

<sup>1</sup> Carlos Pomalaza-Ráez, 2003, Ad Hoc Networks Routing



Σχήμα : Διαχωρισμός σε ζώνες στο ZRP.<sup>1</sup>

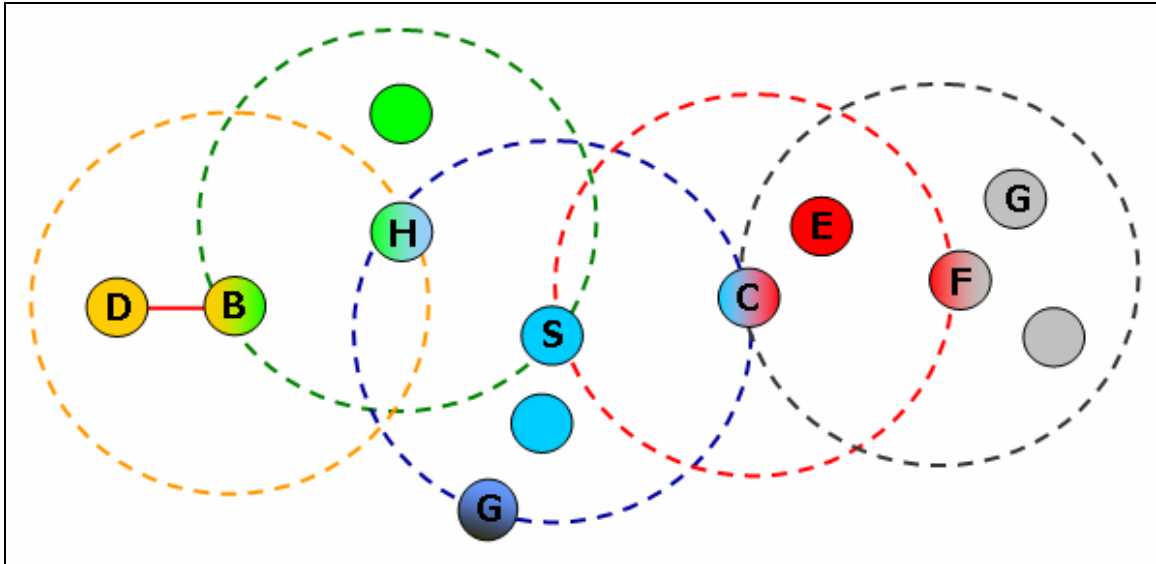
- Μια διαδρομή σε ένα προορισμό εντός της τοπικής ζώνης μπορεί να υλοποιηθεί άμεσα από τον αποθηκευμένο proactive πίνακα της ζώνης αυτής και το πακέτο να προωθηθεί άμεσα.
- Για διαδρομές εκτός της τοπικής ζώνης η δρομολόγηση γίνεται με την reactive μέθοδο. Δηλαδή η πηγή των δεδομένων γύρω από την οποία υλοποιείται η ζώνη στέλνει ένα σήμα στους συνοριακά nodes της, στο οποίο περιέχονται η διεύθυνση της, η διεύθυνση του προορισμού των δεδομένων καθώς και ένας μοναδικός αναγνωριστικός αριθμός. Ακολουθώντας ο παραλήπτης του σήματος αυτού ελέγχει την δική του γειτονιά για να εντοπίσει εάν ο πιθανός παραλήπτης βρίσκεται σε αυτήν και επιστρέφει ένα σήμα στην πηγή των δεδομένων με την αντίστροφη διαδρομή.

Επιπλέον χαρακτηριστικά του ZRP είναι τα εξής:

- Κάθε αίτημα για δρομολόγηση συνήθως επιστρέφει περισσότερες από μια εφικτές διαδρομές. Το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα αυτά για να επιλέξει την βέλτιστη.
- Οι ζώνες είναι πιθανό να αλληλοεπικαλύπτονται κάθε κόμβος (node) του δικτύου δύναται να μέλος σε παραπάνω από μία από αυτές.
- Πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός που θα ελέγχει για πιθανά διπλά αιτήματα και να τα απορρίπτει.

Ένα απλό παράδειγμα για το πρωτόκολλο ZRP είναι το ακόλουθο. (Σχήμα)

<sup>1</sup> Carlos Pomalaza-Ráez, 2003, Ad Hoc Networks Routing



Σχήμα : Παράδειγμα Zone Routing Protocol<sup>1</sup>

1. Η πηγή S επιθυμεί να στείλει ένα πακέτο στον προορισμό D.
2. Η πηγή S ελέγχει αν ο D βρίσκεται εντός της ζώνης της, εάν ναι γνωρίζει ήδη μια διαδρομή προς αυτόν.
3. Επειδή ο D δεν βρίσκεται στην περιοχή του S ένα σήμα αποστέλλεται στους συνοριακούς H, C, G.
4. Η διαδικασία συνεχίζεται ομοίως και από αυτούς ώσπου φτάνουμε στον B.
5. Ο B συνοριακός του H εντοπίζει τον D στην περιοχή του και απαντά στο ερώτημα αποστέλλοντας την διαδρομή  $S \rightarrow H \rightarrow B \rightarrow D$ .

<sup>1</sup> Carlos Pomalaza-Ráez, 2003, Ad Hoc Networks Routing



**Βιβλιογραφία**

1. Winlab, Rutgers University, 2003, '*Survey of 3G Multicast*', Networks.
2. Winlab, Rutgers University, 2003, '*Emerging Wireless Technologies and the Future Internet*'.
3. Yoan Miché, 2005, '*Multicast in the Mobile Environment and 3G Next Generation Wireless Networks*'.
4. Upkar Varshney, 2002, '*Multicast over wireless Networks*'
5. Elias C. Efstathiou and George C. Polyzos, 2002, '*Mobile Multicast Group communications in a wireless Internet*'.
6. CDMA2000 Development Group (CDG) available at: <http://www.cdg.org>.
7. CDMA2000 Architecture available at : [www.networkdictionary.com](http://www.networkdictionary.com).
8. Xun Shi & Xuan(William) Zhang, 2004, '*Multicast Routing in MANETs*'.
9. Carlos Pomalaza-Ráez, 2003, '*Ad Hoc Networks Routing*'.