

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

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

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



Multicasting in Mobile Ad Hoc Networks
Πολυεκπομπή στα Ασύρματα Κινητά Δίκτυα

Καψάλης Κωνσταντίνος mis107

Ιανουάριος 2011

Καψάλης Κωνσταντίνος

Ιανουάριος 2011

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Preface

A Mobile Ad-hoc NETwork (MANET) is composed of Mobile Nodes (MNs) without any infrastructure. MNs self-organize to form a network over radio links¹. The absence of a fixed infrastructure due to the random mobility of the nodes, makes the network subject to frequent disconnections and topology changes, unlike the wired network which is static.

All mobile hosts in an ad-hoc network are embedded with packet forwarding capabilities. Each MN acts either as a host generating flows or being the destination of flows from other MN or as a router forwarding flows directed to other MN². In this environment, classical routing protocols used on wired networks are not suitable for MANETs. Multicast routing protocols are faced with the challenge of producing multi-hop routing under host mobility and bandwidth constraint.

Multicast routing plays a significant role in MANETs. In recent years, various multicast routing protocols with distinguishing feature have been newly proposed¹.

In this project we will try to quote some of the most commonly used protocols as well as their features.

Εισαγωγή

Ένα κινητό ασύρματο δίκτυο αποτελείται από κινητούς κόμβους χωρίς καμία υποδομή οι οποίοι αυτο-οργανώνονται για να σχηματίσουν ένα δίκτυο ασύρματης ζεύξης¹. Η απουσία λοιπόν μιας σταθερής υποδομής λόγω της τυχαίας κινητικότητας των κόμβων, καθιστά το δίκτυο ευάλωτο σε συχνές αποσυνδέσεις και τοπολογικές αλλαγές, σε αντίθεση με το ενσύρματο δίκτυο το οποίο είναι στατικό.

Όλοι οι κινητοί διακομιστές (hosts) σε ένα ασύρματο δίκτυο είναι εφοδιασμένοι με δυνατότητες προώθησης πακέτων. Κάθε κόμβος λειτουργεί είτε ως διακομιστής που παράγει ροές είτε ως προρισμός ροών από άλλους κόμβους είτε ως δρομολογητής (router) ο οποίος προωθεί ροές κατευθυνόμενες προς άλλους κόμβους². Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, τα κλασικά πρωτόκολλα δρομολόγησης που χρησιμοποιούνται στα ενσύρματα δίκτυα δεν είναι κατάλληλα για τα MANETs. Τα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης έρχονται αντιμέτωπα με την πρόκληση του να επιτυγχάνουν multi-hop δρομολόγηση παρά την αλλαγή θέσης του διακομιστή (host) και υπό τον περιορισμό του εύρους ζώνης.

Η multicast δρομολόγηση παίζει σημαντικό ρόλο σε ένα MANET και τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί διάφορα πρωτόκολλα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα

Στο project αυτό θα επιχειρήσουμε να παραθέσουμε κάποια από τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα καθώς και τα χαρακτηριστικά τους.

¹ A Survey of Multicast Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks Luo Junhai, Ye Danxia, Xue Liu and Fan Mingyu
IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 11, NO. 1, FIRST QUARTER 2009

² MANET Physical Layer Analysis, MANET MAC Layer analysis, MANET Routing Protocol Analysis, MANET Self Positioning Algorithms Analysis, D9.8 WP9 © Copyright 2010, the Members of the INDECT Consortium

Χρησιμότητα του multicasting στα MANETs

Εφαρμογές των MANETs συναντούμε σε περιοχές όπου η ταχεία ανάπτυξη και η δυναμική αναδιάρθρωση είναι αναγκαία, αλλά το ενσύρματο δίκτυο δεν είναι διαθέσιμο. Τέτοιες περιοχές είναι τα στρατιωτικά πεδία μάχης, περιοχές διάσωσης, αίθουσες διδασκαλίας και συνέδρια όπου οι συμμετέχοντες μοιράζονται δυναμικά πληροφορίες χρησιμοποιώντας κινητές συσκευές. Τέτοιες εφαρμογές προσφέρονται ιδιαίτερα για λειτουργία multicast. Επιπλέον, μέσα σε ένα ασύρματο μέσο η μείωση του transmission overhead και της κατανάλωσης ενέργειας, είναι ζωτικής σημασίας για το δίκτυο. Το κύριο πλεονέκτημα του multicasting είναι ότι μπορεί να αξιοποιήσει τις ασύρματες συνδέσεις αποτελεσματικά, κάνοντας χρήση των έμφυτων ιδιοτήτων του broadcast, στέλνοντας πολλαπλά αντίγραφα των μηνυμάτων, σε αντίθεση με το πολλαπλό unicast¹.

Ταξινόμηση των πρωτοκόλλων δρομολόγησης multicast

Τα multicast routing protocols ανάλογα με τα κύρια γνωρίσματά τους μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε διάφορες κατηγορίες. Μια από τις πιο διαδεδομένες προσεγγίσεις είναι εκείνη που αναφέρεται στην τοπολογία του δικτύου όπου τα πρωτόκολλα κατηγοριοποιούνται σε εκείνα που βασίζονται στην tree-based, στην mesh-based και στην υβριδική (hybrid) προσέγγιση. Ποιοτικά βέβαια, με βάση τις κύριες αρχές επιλογής δρομολόγησης, τα πρωτόκολλα μπορούν να υπαχθούν σε δυο ευρείες κατηγορίες επιλογής δρομολόγησης:

- σε εκείνα που εξαρτώνται από την εφαρμογή (Application Dependence-Based)
- σε εκείνα που είναι ανεξάρτητα από την εφαρμογή (Application Independence-Based)

Κάποιες ειδικές εφαρμογές στα MANETs, συγκρινόμενες με τις εφαρμογές των ενσύρματων δικτύων, παρουσιάζουν νέα προβλήματα, πρόσθετα από εκείνα που υπήρχαν ήδη στα στατικά δίκτυα. Τα πρωτόκολλα της πρώτης κατηγορίας (Application Dependence-Based) είναι σχεδιασμένα για αυτές τις εφαρμογές, όταν είναι αναγκαίο και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε πρωτόκολλα με βάση την ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service QoS), την ενεργειακή επάρκεια (energy efficiency) και την κωδικοποίηση δικτύου (network coding).

Τα περισσότερα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης που χρησιμοποιούνται στα MANETs και είναι ανεξάρτητα από την εφαρμογή, κάνουν χρήση της μετρικής του αριθμού των βημάτων. Εάν δηλαδή υπάρχουν διαθέσιμα πολλαπλά μονοπάτια, θα επιλεγεί εκείνο με το μικρότερο αριθμό βημάτων. Εάν όλοι οι ασύρματοι σύνδεσμοι στο

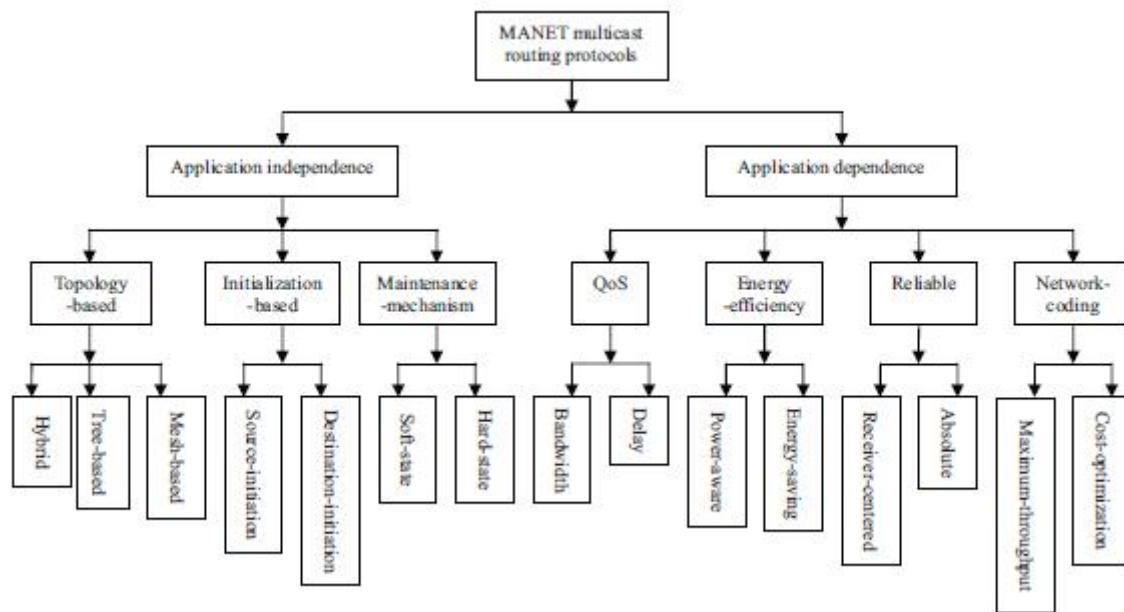
¹ Stable Route Selection in ODMRP with Energy Based Strategy 2010 IEEE
Shapour Joudi Bergdillo, Hekmat Mohamamdzadeh, Shahram Jamali, Ali Norouzi

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

δίκτυο έχουν την ίδια πιθανότητα αποτυχίας, η δρομολόγηση μέσω μικρότερων διαδρομών είναι πιο σταθερή από τη δρομολόγηση μέσω μεγαλύτερων. Προφανώς αυτό μπορεί να περιορίσει το traffic overhead και να μειώσει τις συγκρούσεις μεταξύ των πακέτων(packet collisions).

Εν συνεχεία μπορούν κι αυτά να κατηγοριοποιηθούν εκ νέου με βάση την τοπολογία του δικτύου(όπως προαναφέραμε), την αρχικοποίηση(initialization) και το μηχανισμό διατήρησης(maintenance-mechanism).

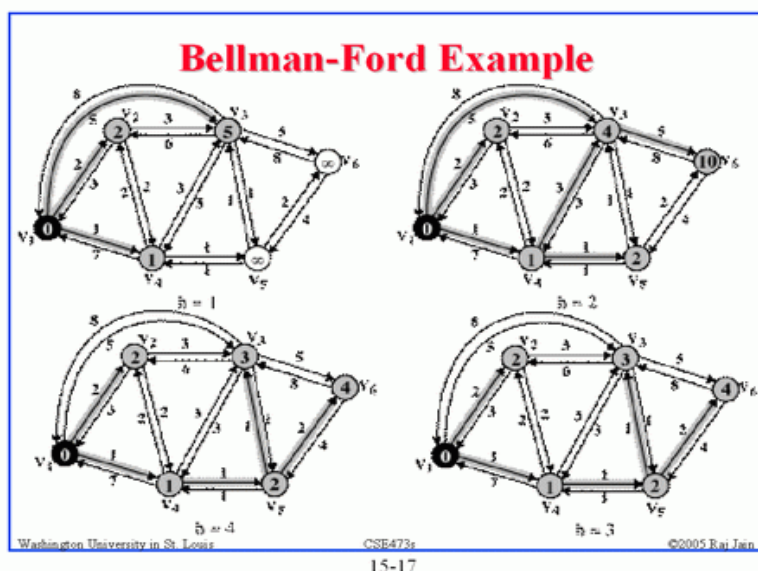
Αναλυτικότερα μπορούμε να δούμε και στο Σχ.1



Σχ.1 Ταξινόμηση των multicast routing protocols

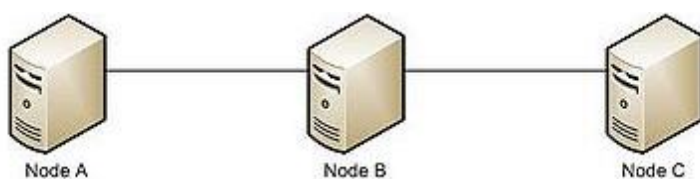
DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector Protocol)¹

Όπως και ο αλγόριθμος RIP(Routing Information Protocol) ,ο DSDV βασίζεται στον τροποποιημένο αλγόριθμο Ford-Bellman ο οποίος βρίσκει τη συντομότερη διαδρομή στο γράφημα.



Εικ.1

Στον αλγόριθμο DSDV οι κόμβοι του δικτύου διατηρούν πίνακες δρομολόγησης στους οποίους αποθηκεύεται η απόσταση προς όλους τους άλλους κόμβους , η απόσταση από τον αρχικό κόμβο και ο ακολουθιακός αριθμός του τελευταίου μηνύματος.Χάρη στον ακολουθιακό αριθμό, είναι δυνατό να διαχωρίσουμε τις πρόσφατες διαδρομές από τις πιο παλιές που ενδεχομένως να μην ισχύουν.



Destination	Next hop	Number of hops	Sequence number	Install time
A	A	0	A 46	001000
B	B	1	B 36	001200
C	B	2	C 28	001500

Πηγή:<http://en.wikipedia.org/wiki/DSDV>

¹ Perkins, Charles E. and Bhagwat, Pravin (1994) . [Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing \(DSDV\) for Mobile Computers](#). Retrieved 2006-10-20

Όσον αφορά τις διαδρομές, οι κόμβοι στέλνουν 2 ειδών πληροφορίες:

- πλήρη – περιέχει όλο το περιεχόμενο των πινάκες δρομολόγησης
- στοιχειώδη – περιέχει μόνο στοιχεία που έχουν αλλάξει από το τελευταίο πλήρες μήνυμα

Οι κόμβοι αντιδρούν στα εισερχόμενα πακέτα ανανέωσης με τον ακόλουθο τρόπο:

- αν η πληροφορία για μια νέα διαδρομή προς κάποιο κόμβο έχει μεγαλύτερο ακολουθιακό αριθμό από την τρέχουσα διαδρομή, τότε ισχύει η νέα διαδρομή
- αν έχει ίδιο ακολουθιακό αριθμό με την τρέχουσα διαδρομή, τότε αποθηκεύεται εκείνη με το μικρότερο μήκος διαδρομής
- αν έχει μικρότερο ακολουθιακό αριθμό από την τρέχουσα διαδρομή, τότε θεωρείται ξεπερασμένη και την αγνοούμε.

Σε περίπτωση ανανέωσης μιας διαδρομής, ο κόμβος μπορεί να το αναβάλει και να περιμένει ξανά την ίδια ανανέωση αλλά με μικρότερο μήκος διαδρομής. Αυτή η αναμονή για τη βέλτιστη διαδρομή επιτρέπει την αποφυγή διακυμάνσεων και την πρόληψη μιας μη αναγκαίας υψηλής κίνησης στο δίκτυο. Ειδικά σχεδιαγράμματα ακολουθιακής αρίθμησης χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου διακόπτεται η σύνδεση μεταξύ των κόμβων.

Χαρακτηριστικά¹

- οι πίνακες δρομολόγησης έχουν καταχωρήσεις με τον αριθμό των βημάτων (hops) προς κάθε προορισμό μέσα στο δίκτυο.
- Κάθε καταχώρηση στον πίνακα δρομολόγησης επισυνάπτεται με έναν ακολουθιακό αριθμό που πηγάζει από τον προορισμό
- Οι κόμβοι επικοινωνούν περιοδικά μέσω των πινάκων δρομολόγησης τους με τους γείτονές τους όταν υπάρχει διαθέσιμη σημαντική πληροφορία
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για broadcast μετάδοση

¹ MANET Physical Layer Analysis, MANET MAC Layer analysis, MANET Routing Protocol Analysis, MANET Self Positioning Algorithms Analysis, D9.8 WP9 © INDECT Consortium – www.indect-project.eu

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Πλεονεκτήματα

Κατάλληλο για τη δημιουργία ενός ad hoc δικτύου με μικρό αριθμό κόμβων καθώς και για διαδρομές χωρίς κύκλους.

Ήταν ένας από τους πρώτους αλγορίθμους για MANETs και αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη άλλων αλγορίθμων όπως ο GSR(Global State Routing)¹ και ο FSR(Fisheye State Routing)².

Μειονεκτήματα

- Όταν η τοπολογία του δικτύου αλλάζει, απαιτείται νέα ακολουθία αριθμών πριν το δίκτυο επανασυγκλίνει
- Δεν είναι κατάλληλο για δίκτυα υψηλής δυναμικότητας
- Απαιτεί τακτική ανανέωση των πινάκων δρομολόγησης και για αυτό καταναλώνει ενέργεια μπαταρίας και ένα μικρό ποσόστο του εύρους ακόμα κι όταν το δίκτυο δεν έχει μεγάλη δραστηριότητα(idle)

1 T.-W. Chen and M. Gerla, Global State Routing: A New Routing Scheme for Ad-hoc Wireless Networks, In Proceedings of IEEE ICC'98, Atlanta, GA, Jun. 1998, pp. 171-175.

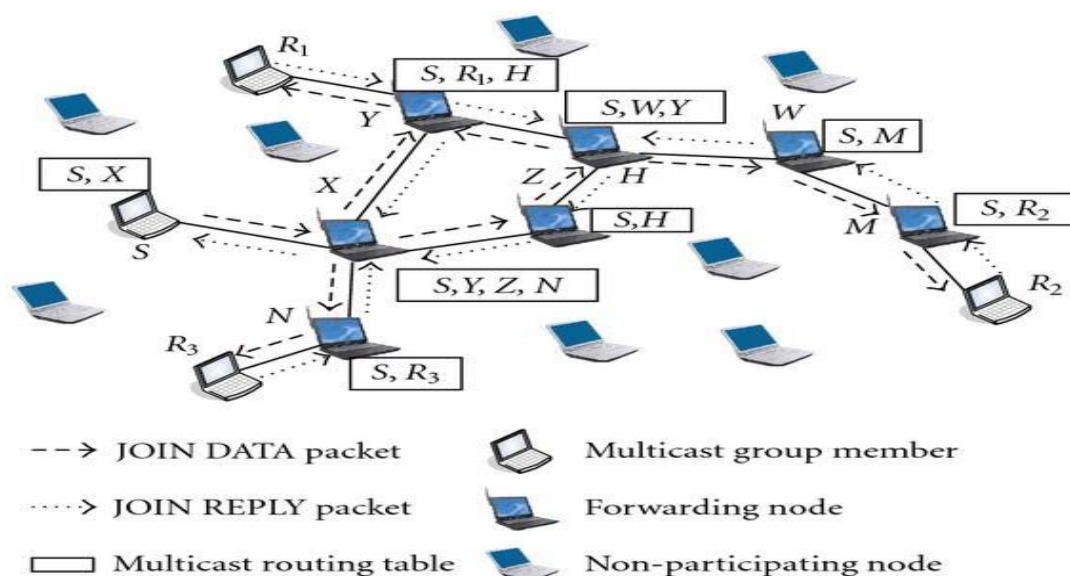
2 M. Gerla, X. Hong, and G. Pei. Fisheye state routing protocol for ad hoc networks. IETF Internet Draft, June 2002. draft-ietf-manet-fsr-03.txt.

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks ODMRP(On Demand Multicast Routing Protocol)¹

Το ODMRP είναι ένα reactive mesh-based πρωτόκολλο το οποίο κατασκευάζει διαδρομές από τις πηγές στους δέκτες και σχηματίζει ένα πλέγμα από κόμβους, το οποίο ονομάζουμε forwarding group. Υιοθετώντας τη δομή-mesh, το ODMRP μπορεί να επιτυγχάνει πιο αξιόπιστη παράδοση δεδομένων κατά τη μετακίνηση των κόμβων. Το πρωτόκολλο αυτό εκμεταλλεύεται την έμφυτη ιδιότητα του broadcast στα ασύρματα δίκτυα². Οι κόμβοι του forwarding group δε χρειάζεται να γνωρίζουν σε ποιον πρέπει να σταλλεί το μήνυμα, απλώς στέλνουν το πακέτο σε όλους τους κοντινούς γείτονές τους και στη συνέχεια μόνο τα μέλη του forwarding group θα επαναμεταδώσουν το μήνυμα.

Κάθε multicast πομπός, όταν θέλει να στείλει δεδομένα στο group, μεταδίδει περιοδικά σε όλο το δίκτυο ένα μήνυμα join request. Όταν ο κόμβος λάβει το μήνυμα, αποθηκεύει τη group ID και τον επόμενο κόμβο στον πίνακα JOIN και στη συνέχεια στέλνει το μήνυμα σε όλους τους κόμβους. Όταν το join request φτάνει σε ένα δέκτη multicast, τότε ο δέκτης καταχωρεί ή ανανεώνει την είσοδο της πηγής στον Πίνακα Μελών του (Member Table).

Οι Πίνακες Μελών στέλνονται περιοδικά στους γειτονικούς κόμβους. Όταν ένας κόμβος λαμβάνει έναν Πίνακα Μελών, ελέγχει αν αυτός ανήκει στον πίνακα διαδρομών του γειτονικού του κόμβου. Σ' αυτήν την περίπτωση, ο κόμβος γίνεται μέλος του forwarding group. Μετά την εγκαθίδρυση της διαδρομής, η multicast πηγή μεταδίδει πακέτα προς όλους τους γειτονικούς κόμβους και μόνο εκείνοι οι οποίοι ανήκουν στο forwarding group θα αναμεταδώσουν το μήνυμα.



Σχ.2 Joining process in ODMRP³

¹ S.-J. Lee, W. Su, and M. Gerla, "On-demand multicast routing protocol in multihop wireless mobile networks," *Mobile Networks and Applications*, vol. 7, no. 6, pp. 441–453, 2002.

² F. Sato, "An efficient shared-tree-based multi-source multicast routing protocol in mobile networks," in *International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, WAINA '09*, 2009, pp. 377–382, 2009

³ Osamah S. Badarneh and Michel Kadoch, *Multicast Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks: A Comparative Survey and Taxonomy* Copyright © 2009 Osamah S. Badarneh and Michel Kadoch

EHMRP(The Efficient Hybrid Multicast Routing Protocol)¹

Το EHMRP είναι ένα υβριδικό multicast πρωτόκολλο δρομολόγησης κατάλληλο για εφαρμογές υψηλής κινητικότητας(high mobility),το οποίο βελτιώνει την επεκτασιμότητα του ODMRP. Το EHMRP διαχωρίζει το μονοπάτι που προωθεί τα δεδομένα από το μονοπάτι που προωθεί το αίτημα join(join query) και ενσωματώνει τεχνική τοπικού clustering(local clustering technique) με χαμηλό overhead(low overhead),για να ταξινομήσει όλους τους κόμβους σε κατηγορίες ανάλογα με τον πυρήνα(core categories) και σε κανονικές κατηγορίες.

Όταν οι multicast διαδρομές προς τους κόμβους προορισμού δεν είναι διαθέσιμες,τότε στέλνονται join-query μηνύματα προς όλους τους κόμβους του δικτύου και προωθούνται πακέτα δεδομένων από τους core-nodes στους κόμβους προορισμού,χρησιμοποιώντας το DDM,μια ανεπίσημη multicast-προσέγγιση όπου η πληροφορία σε ένα δένδρο multicast επισυνάπτεται με κάθε επικεφαλίδα του πακέτου δεδομένων.

Οι βασικές συνιστώσες του πρωτοκόλλου είναι:

- η ταξινόμηση των κόμβων σε core και normal,
- ο διαχωρισμός του μονοπατιού προώθησης δεδομένων,κατά την αποστολή αίτησης join-query,και των πακέτων δεδομένων χρησιμοποιώντας το DDM,
- η χωριστή διαχείριση των ληφθέντων πακέτων δεδομένων που έρχονται μέσω του DDM μονοπατιού,
- η ανανέωση της λίστας μελών του group και
- η κανονική λειτουργία του πρωτοκόλλου ODMRP.

Το EHMRP δεν χρειάζεται κάποιο unicast πρωτόκολλο σε κατώτερη εφαρμογή.

MAODV(Multicast Ad-hoc On-demand Distance Vector)¹

¹ J. Biswas, M. Barai, and S. K. Nandy, "Efficient hybrid multicast routing protocol for ad-hoc wireless networks," *IEEE LCN*, pp. 180–187, Nov. 2004.

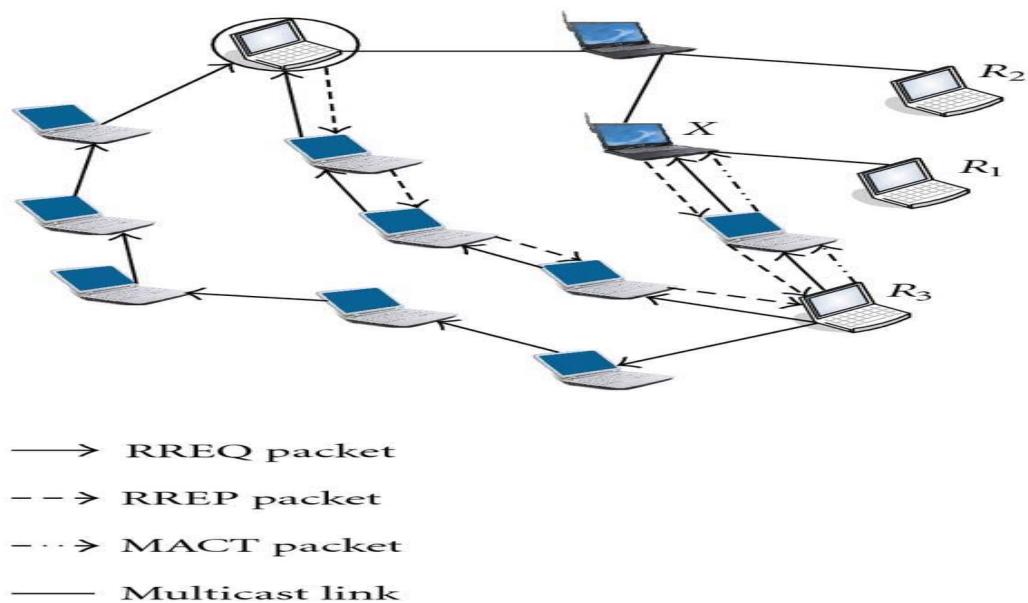
Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Το MAODV είναι ένα αρκετά γνωστό πρωτόκολλο το οποίο έχει προταθεί εδώ και δέκα χρόνια και αποτελεί τη multicast προέκταση του AODV². Αρχικά είχε σχεδιαστεί για multicast λειτουργία με μια πηγή(single-source) και γι αυτό είναι ανεπαρκές όταν εφαρμόζεται σε περιπτώσεις multi-source³.

Το MAODV διατηρεί ένα κοινό δένδρο για κάθε multicast group, το οποίο απαρτίζεται μόνο από δέκτες και αναμεταδότες. Επιπλέον, καθορίζει μια multicast διαδρομή on demand, ενώ απαιτεί μια διαδικασία επανεύρεσης διαδρομής για να ανακτήσει τη multicast δρομολόγηση του δένδρου κατά την κατάτμησή του και χρειάζεται πολύ χρόνο να την επαναφέρει, σε περίπτωση που η ρίζα(root) του δένδρου αποτύχει.

Το πρώτο μέλος του multicast group γίνεται αυτόματα ο αρχηγός(leader) του group και είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση του ακολουθιακού αριθμού του group και για τη μετάδοση του αριθμού αυτού σε όλο το group. Αυτό γίνεται στέλνοντας στο group ένα μήνυμα HELLO, τις πληροφορίες του οποίου οι κόμβοι θα χρησιμοποιήσουν για να ανανεώσουν τον πίνακα-request τους.

Στις εικόνες που ακολουθούν μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη διαδικασία εισόδου ενός νέου κόμβου (R3) στο group.



Εικ.2α Διαδικασία εισόδου ενός νέου κόμβου

1 E. M. Royer and C. E. Perkins, "Multicast ad hoc on-demand distance vector (maodv) routing," draft-ietf-manet-maodv-00.txt, 2000.

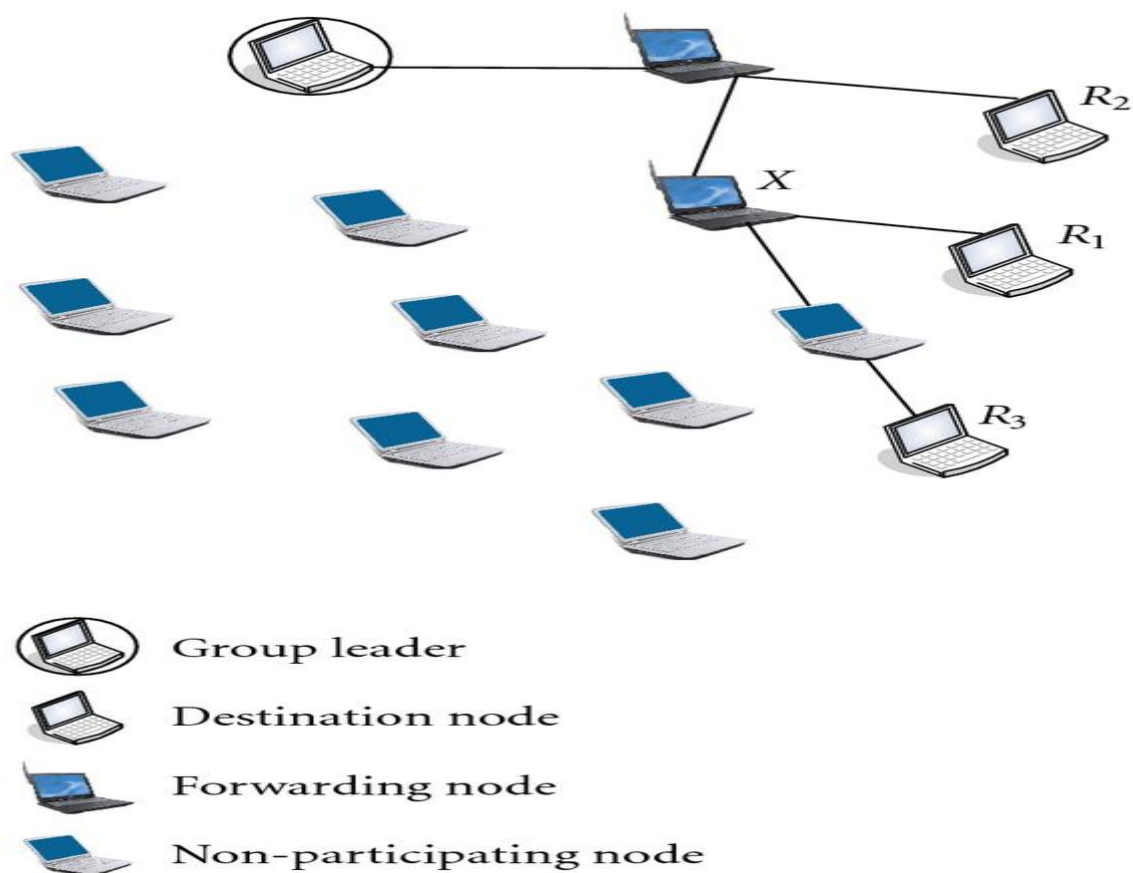
2 Alexandros Vasiliou and Anastasios A. Economides Evaluation of Multicasting Algorithms in Manets World Academy of Science, Engineering and Technology 5 2005

3 MAODV-Based Multisource Multicast Routing with Fast Route Recovery Scheme in MANETs Chia-Hui Huang, Chun-Ting Wu, Kai-Wei Ke, and Ho-Ting Wu ©2010 IEEE

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι όταν ο κόμβος R3 επιθυμεί να εισέλθει στο group, παράγει ένα RREQ πακέτο για την αίτηση διαδρομής και το στέλνει αποκλειστικά στον κόμβο-αρχηγό της ομάδας αν έχει τη διεύθυνσή του. Αν η διεύθυνση του αρχηγού του group είναι άγνωστη, τότε ο R3 μεταδίδει το RREQ πακέτο όπως φαίνεται στην εικόνα.

Όταν ο αρχηγός του group ή ένα μέλος του επιθυμητού group λαμβάνει πολλαπλά πακέτα RREQ, επιλέγει εκείνο με το μεγαλύτερο ακολουθιακό αριθμό και το μικρότερο αριθμό βημάτων και στέλνει προς αυτό ένα πακέτο RREP το οποίο περιέχει την απόσταση του R3 από τον leader του group και τον τρέχοντα ακολουθιακό αριθμό του group. Τέλος στέλνει ένα multicast μήνυμα ενεργοποίησης (multicast activation message MACT) στο διπλανό του κόμβο και ενεργοποιείται η διαδρομή.

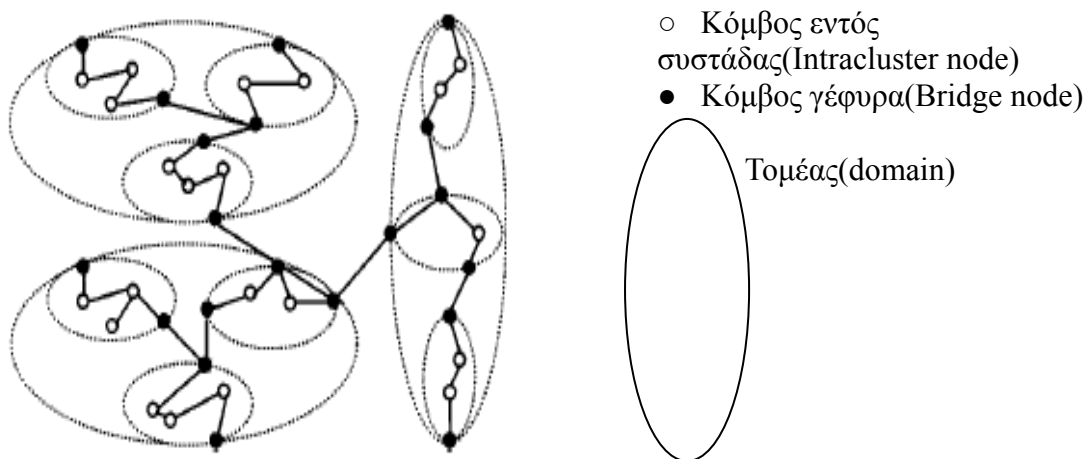


Εικ.2β Το multicast tree μετά το τέλος της διαδικασίας εισόδου¹

¹ Osamah S. Badarneh and Michel Kadoch, Multicast Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks: A Comparative Survey and Taxonomy Copyright © 2009 Osamah S. Badarneh and Michel Kadoch

HQMRP(Hierarchical QoS Multicast Routing Protocol)¹

Το HQMRP οργανώνει το δίκτυο σε πολλαπλούς τομείς(domains),με το επίπεδο-μηδέν(zero-level) να αντιπροσωπεύει τους κόμβους,και πολλοί κόμβοι αποτελούν το πρώτο επίπεδο το οποίο περιέχει τουλάχιστον έναν και δεν επικαλύπτει οποιαδήποτε άλλη συστάδα(cluster) πρώτου επιπέδου.Τα ανώτερα επίπεδα διαμορφώνονται από τη συνένωση κατώτερων επιπέδων σε τομείς.Οι συστάδες που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο συνδέονται χρησιμοποιώντας κόμβους-γέφυρες,όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχ.3 Τοπολογία δικτύου

Το HQMRP εξετάζει το εύρος ζώνης και την καθυστέρηση(delay) ως μετρικές του QoS και υποθέτει ότι κάθε κόμβος υπολογίζει περιοδικά την καθυστέρηση των εξερχόμενων συνδέσμων και το μεταδίδει στα μέλη της συστάδας.Με τον ίδιο τρόπο οι κόμβοι-γέφυρες μετρούν την καθυστέρηση των εξερχόμενων συνδέσμων και μεταδίδουν αυτήν την πληροφορία στους κόμβους-γέφυρες του ίδιου επιπέδου.

Το multicast tree κατασκευάζεται με την αποστολή μηνύματος join request από το πρώτο μέλος στον μητρικό του κόμβο-γέφυρα,και η πρώτη είσοδος στον πίνακα ορίζεται για τη διεύθυνση του κόμβου.Αν ο κόμβος γέφυρα δε γνωρίζει το δένδρο,προσθέτει τον εαυτό του στον πίνακα και προωθεί την αίτηση στον μητρικό του κόμβο-γέφυρα.Αν το δένδρο δε βρεθεί, η αίτηση θα φτάσει στον κόμβο-γέφυρα του τομέα ανώτερου επιπέδου.Ο ανώτερος κόμβος-γέφυρα στέλνει multicast generation μήνυμα προς τον κόμβο και όταν το νέο μέλος λάβει το μήνυμα,ανταποκρίνεται στέλνοντας multicast update μήνυμα στο μητρικό του κόμβο-γέφυρα να δημιουργήσει(generate) το δένδρο.Κάθε κόμβος-γέφυρα διατηρεί τις διευθύνσεις από όλους τους κόμβους που βρίσκονται μέσα στον τομέα καθώς και τις διευθύνσεις των κόμβων-γεφυρών που βρίσκονται σε τομείς κατωτέρων επιπέδων².

¹ L. Li and C. Li, "A hierarchical QoS multicast routing protocol for mobile ad-hoc networks," Chinese J. Electronics, vol. 15, no. 4, pp. 573–577, Oct. 2006.

² Review of Multicast QoS Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks. Aisha-Hassan A. Hashim , Mohammad M. Qabajeh, Othman Khalifa and Liana Qabajeh *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.8 No.12, December 2008

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Από τα κύρια πλεονεκτήματα του HQMRP είναι ότι¹:

- είναι επεκτάσιμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλα δίκτυα λόγω της ιεράρχησής του σε τομείς,
- μειώνει τον αριθμό αποστολής μηνυμάτων επιλέγοντας λιγότερους on-tree δρομολογητές για να μεταδώσει προς τον host-δρομολογητή και ότι
- οι τοπικοί κόμβοι διατηρούν τοπικές πληροφορίες δρομολόγησης αντί για καθολικές που αφορούν την κατάσταση του δικτύου

Αντιθέτως, κάποια από τα μειονεκτήματα του πρωτοκόλλου είναι ότι:

- χρησιμοποιώντας περιοδικά μηνύματα για την κατασκευή neighbour-table παρουσιάζει "υπερφόρτωση ελέγχου" (control overhead) κι επίσης
- με τη χρήση εγγράφων προκειμένου να χειριστεί την αλλαγή ενός τομέα (domain) απαιτεί υπέρμετρη επικοινωνία και επεξεργασία μηνυμάτων, ειδικά σε δίκτυα υψηλής κινητικότητας.

1 L. Layuan and C. L., A QoS Multicast Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks, in Volume 02; Proceedings of the international Conference on information Technology: Coding and Computing (Itcc'05), Washington, April 04 - 06, 2005.

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Συμπεράσματα-Μελλοντική έρευνα

Στο συγκεκριμένο project επιχειρήσαμε να εξηγήσουμε τη λειτουργία της multicast δρομολόγησης μέσω των πρωτοκόλλων, ενώ επισημάναμε τη χρησιμότητα και την αναγκαιότητά της στα ασύρματα κινητά δίκτυα. Αναφερθήκαμε σε ορισμένα αρκετά διαδεδομένα πρωτόκολλα (κάποια πιο πρόσφατα και κάποια παλαιότερα) και είδαμε συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά τους, καθώς και πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα και τον τρόπο λειτουργίας τους. Αντιλαμβανόμαστε τη δυσκολία όσον αφορά την ανάπτυξη ή τη δημιουργία ενός multicast πρωτοκόλλου το οποίο θα πρέπει να λαμβάνει υπόψην παραμέτρους όπως η αξιοπιστία, ο έλεγχος συμφόρησης, η επεκτασιμότητα, η εξοικονόμηση ενέργειας και το QoS και μάλιστα στο δυναμικό περιβάλλον των MANETs.

Είναι ευρέως παραδεκτό ότι η έρευνα σχετικά με τη χρήση του multicasting στα MANETs βρίσκεται σε σχετικά πρώιμο στάδιο και επομένως υπάρχει πρόσφορο έδαφος για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη. Παρόλα αυτά όμως, μπορούμε να διακρίνουμε αρκετές μελέτες και προτάσεις που αφορούν τη βελτίωση και εξέλιξη των multicast πρωτοκόλλων.

Τέλος, χάριν ευκολίας, παραθέτουμε μια σύνοψη των multicast πρωτοκόλλων, σε μια προσπάθεια καταγραφής και σύγκρισης των μεταξύ τους χαρακτηριστικών.

Πίνακας 1

SUMMARY OF MULTICAST ROOTING PROTOCOLS¹

#	Protocol/ Algorithm Acronym/ Name	E	F	H	HY	L	M	P	Q	R	S	T	Primary Multicast Routing Metric	Multicast routing selection philosophy	
														AI	AD
1	AMRIS	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Minimum hop	Y	N
2	MAODV	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Minimum hop	Y	N
3	AMRoute	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Minimum hop	Y	N
4	LAM	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Link affinity	Y	N
5	ODMRP	N	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Minimum hop	Y	N
6	CAMP	N	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Link affinity	Y	N
7	LGT	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Maximum Forward Progress	Y	N
8	DDM	N	Y	N	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Minimum hop	Y	N
9	HQMRP	N	N	Y	N	N	N	Y	N	N	Y	N	Localized reactions to topology changes	N	Y
10	SOM	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	Y	N	Link affinity	N	Y
11	LGF	N	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	N	N	Maximum Forward Progress	Y	N
12	SPBM	N	Y	N	N	Y	N	N	N	Y	N	Y	Maximum forward progress	N	Y
13	STAMP	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	T	Max. forward progress/ Minimum hop	N	Y
14	ACMP	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Max. forward progress/ Minimum hop	Y	N
15	CQMP	N	Y	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Minimum hop	Y	N
16	E-ODMRP	N	Y	N	N	N	Y	N	N	Y	N	Y	Minimum hop	Y	N
17	BODS	N	Y	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Minimum hop	Y	N
18	EHMRP	N	Y	N	Y	N	N	Y	N	N	Y	Y	Max. forward progress/ Minimum hop	Y	N
19	MWIA	Y	Y	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N	Minimum overall end-to-end transmission power	N	Y
20	PCHMR	Y	Y	N	N	Y	N	Y	N	N	N	Y	Minimum transmission power	N	Y
21	RAMP	N	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Minimum hop	N	Y
22	RORP	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Max. forward progress/ Minimum hop	N	Y
23	ROMANT	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Max. forward progress/ Minimum hop	N	Y
24	OPHMR	N	Y	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Minimum hop	N	Y
25	MAMR	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Min. hop path on stronger stable channels	N	Y
26	MPGC	Y	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Minimum overall end to-end transmission delay	N	Y
27	P-REMiT	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Minimum transmission power	N	Y
28	PMRP	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	N	Minimum end-to-end transmission power	N	Y
29	CCMRP	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Y	N	Min. hop path on stronger stable channels	N	Y
30	ONCRM	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	Y	N	Min. hop path on stronger stable channels	N	Y
31	DQMRP	N	Y	N	N	N	N	Y	Y	N	Y	Y	Maximum forward progress	N	Y
32	HVDB	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	Y	Y	Maximum forward progress	N	Y
AI-Application Independence AD-Application Dependence E-Energy-aware F-Flat H-Hierarchical HY-Hybrid L-Location-aware M-Mesh P-Proactive Q-QoS-aware R-Reactive S-Stability T-Tree															

¹ Luo Junhai, Ye Danxia, Xue Liu and Fan Mingyu. A Survey of Multicast Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 11, NO. 1, FIRST QUARTER 2009

Βιβλιογραφία-Αναφορές

Luo Junhai, Ye Danxia, Xue Liu and Fan Mingyu. A Survey of Multicast Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 11, NO. 1, FIRST QUARTER 2009

Shapour Joudi Bergdillo , Hekmat Mohamamdzadeh , Shahram Jamali , Ali Norouzi. Stable Route Selection in ODMRP with Energy Based Strategy 2010 IEEE

Perkins, Charles E. and Bhagwat, Pravin (1994) . [Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing \(DSDV\) for Mobile Computers](#). Retrieved 2006-10-20

MANET Physical Layer Analysis, MANET MAC Layer analysis, MANET Routing Protocol Analysis, MANET Self Positioning Algorithms Analysis, D9.8 WP9
© INDECT Consortium – www.indect-project.eu

T.-W. Chen and M. Gerla, Global State Routing: A New Routing Scheme for Ad-hoc Wireless Networks, In Proceedings of IEEE ICC'98, Atlanta, GA, Jun. 1998, pp. 171-175.

M. Gerla, X. Hong, and G. Pei. Fisheye state routing protocol for ad hoc networks. IETF Internet Draft, June 2002. draft-ietf-manet-fsr-03.txt.

S.-J. Lee, W. Su, and M. Gerla, “On-demand multicast routing protocol in multihop wireless mobile networks,” Mobile Networks and Applications, vol. 7, no. 6, pp. 441–453, 2002.

F. Sato, “An efficient shared-tree-based multi-source multicast routing protocol in mobile networks,” in International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, WAINA '09., 2009, pp. 377 – 382, 2009

Osamah S. Badarneh and Michel Kadoch, Multicast Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks: A Comparative Survey and Taxonomy Copyright © 2009 Osamah S. Badarneh and Michel Kadoch

J. Biswas, M. Barai, and S. K. Nandy, “Efficient hybrid multicast routing protocol for ad-hoc wireless networks,” IEEE LCN, pp. 180–187, Nov. 2004.

E. M. Royer and C. E. Perkins, “Multicast ad hoc on-demand distance vector (maodv) routing,” draft-ietf-manet-maodv-00.txt, 2000.

Chia-Hui Huang, Chun-Ting Wu, Kai-Wei Ke, and Ho-Ting Wu. MAODV-Based Multisource Multicast Routing with Fast Route Recovery Scheme in MANETs ©2010 IEEE

Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

Thomas Kunz, “Reliable Multicasting in MANETs”, Contractor
Report, Communications Research Centre, Ottawa, Canada, July 2003

Alexandros Vasiliou and Anastasios A. Economides Evaluation of Multicasting
Algorithms in Manets World Academy of Science, Engineering and Technology 5 2005

L.Li and C. Li, “A hierarchical QoS multicast routing protocol for mobile ad-hoc
networks,” Chinese J. Electronics, vol. 15, no. 4, pp. 573–577, Oct. 2006.

Aisha-Hassan A. Hashim , Mohammad M. Qabajeh, Othman Khalifa and Liana
Qabajeh. Review of Multicast QoS Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks.
IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.8
No.12, December 2008

L. Layuan and C. L., A QoS Multicast Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks,
in Volume 02; Proceedings of the international Conference on information Technology:
Coding and Computing (Itcc'05), Washington, April 04 - 06, 2005.