

University of Macedonia

Master Information Systems

Networking Technologies

Professors: A. A. Economides & A. Pomportsis

Subject:

**QoS (Quality of Service) metrics and Measures for
Wireless Mobile Networks**



LOULAKI NIKI

10/05

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΜΣ Πληροφοριακά συστήματα
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων
Καθηγητές: Α.Α. Οικονομίδης & Α. Πομπόρτσης

Θέμα:

**QoS (Quality of Service) metrics and Measures for
Wireless Mobile Networks**



ΛΟΥΛΑΚΗ ΝΙΚΗ

10/05

Abstract

This report makes a review of the new but rapidly growing area of Quality of Services (QoS) in Mobile Ad-Hoc Networks (MANets). Although the application area of MANets was initially proposed for environments of battlefield communications and disaster recovery the evolution of the Multimedia Technology and the commercial interest of companies to reach widely civilian applications has made QoS in such networks an avoidable task.

In the last recent years have been done efforts of bringing QoS in wire-based networks and they become a reality. Many ideas inherited from the wire-based networks can be ported to MANETs if they take into consideration the Bandwidth Constrains the Dynamic Topology and the Constrained Processing and Storing Capabilities of MANETs.

In this report we will have a glance at successful QoS Models and Protocols of the IP network such as IntServ, DiffServ and RSVP and see how they have affected the evolution of Models and Protocols in the Wireless Ad-Hoc world.

The report is mainly concentrated on QoS Models, Signaling Protocols and QoS Routing that have been proposed for MANets.

Περίληψη

Σε αυτήν την εργασία γίνεται μια αναθεώρηση του νέου αλλά γρήγορα αυξανόμενου τομέα της ποιότητας των υπηρεσιών (QoS) στα κινητά ειδικά δίκτυα (MANETs). Αν και ο τομέας εφαρμογής των MANETs αφορούσε αρχικά τα περιβάλλοντα επικοινωνιών σε τομείς μάχης και αποκατάστασης των καταστροφών, η εξέλιξη της Τεχνολογίας

των πολυμέσων και το εμπορικό συμφέρον των επιχειρήσεων να φθάσουν στις ευρέως πολιτικές εφαρμογές έχουν κάνει την επίτευξη QoS σε τέτοια δίκτυα έναν εφικτό στόχο.

Τα τελευταία χρόνια επίσης, έχουμε δει να γίνονται πραγματικότητα. οι προσπάθειες για δημιουργία QoS στα βασισμένα με καλώδιο δίκτυα(wired-based networks). Πολλές ιδέες μπορούν να κληρονομηθούν από τα ενσύρματα δίκτυα σε MANETs εάν ληφθούν υπόψη ο περιορισμός του εύρους ζώνης, η δυναμική τοπολογία και οι περιορισμένες ικανότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης MANETs.

Επιπλέον θα γίνει αναφορά στα επιτυχή πρότυπα QoS και τα πρωτόκολλα του δικτύου IP όπως IntServ, DiffServ και RSVP και εξηγηθεί πώς γίνεται η εξέλιξη των προτύπων και των πρωτοκόλλων αυτών στα ad-hoc δίκτυα.

Η εργασία συγκεντρώνεται κυρίως στα πρότυπα QoS, στις σηματοδοτήσεις των πρωτοκόλλων και στην δρομολόγηση QoS που έχουν προταθεί για MANETs.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

1. Ποιότητα υπηρεσιών
2. Η διεύθυνση IP της QoS με μια ματιά
3. Μοντέλα QoS για MANETs
4. Σηματοδότηση QoS
 - 4.1. In-Band VS Out-Band σηματοδότηση
 - 4.1.1. Το πεδίο επιλογής(Option Field) στην INSIGNIA
 - 4.1.2. Ο κόμβος δυσχερειών (Bottleneck) στην INSIGNIA
5. Δρομολόγηση QoS στα MANETs και η QoS για AODV
 - 5.1.1. Μέγιστη Καθυστέρηση(Maximum Delay)
 - 5.1.2. Ελάχιστο Διαθέσιμο Εύρος Ζώνης
6. Συμπεράσματα
7. Πηγές

Εισαγωγή

Από την εμφάνιση τους το 1970, τα κινητά σύρματα δίκτυα έχουν γίνει όλο και περισσότερο δημοφιλή στην βιομηχανία των υπολογιστών.

Αυτό έχει γίνει ιδιαίτερα εμφανές την περασμένη δεκαετία, στην οποία τα ασύρματα δίκτυα προσαρμόστηκαν στην επιτρεπτή κινητικότητα των κόμβων..

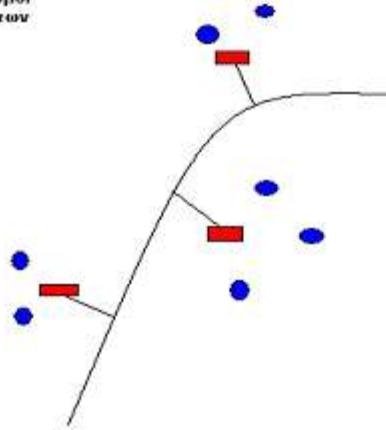
Υπάρχουν δύο είδη ασύρματων δικτύων. Το πρώτο είναι γνωστό σαν δομημένο (infrastuctured) δίκτυο, ένα δίκτυο με σταθερές και συνδεδεμένες με καλώδιο πύλες. Οι γέφυρες (bridges) αυτών των δικτύων είναι γνωστές σαν σταθμοί βάσεων (gateways). Η κινητή μονάδα αυτών των δικτύων συνδέεται και επικοινωνεί με το κοντινότερο σταθμό βάσης που βρίσκεται μέσα στην ακτίνα επικοινωνίας του. Καθώς το κινητό μεταφέρεται από το εύρος ενός σταθμού, στο εύρος ενός άλλου, μεταφέρεται η σύνδεση του από τον παλιό σταθμό στον καινούργιο, με αποτέλεσμα το κινητό να συνεχίζει να επικοινωνεί, όμοια με πριν, μέσα στο δίκτυο. Τυπική εφαρμογή αυτών των δικτύων παρατηρούμε στα ασύρματα τοπικά δίκτυα περιοχής (WLANs).

Το δεύτερο είδος του ασύρματου κινητού δικτύου είναι το μη δομημένο –ασύρματο (ifrastructureless) δίκτυο. Γνωστό και ως ασύρματο κινητό δίκτυο (wireless mobile ad-hoc network, MANET). Τα ad-hoc δίκτυα δεν έχουν κανένα σταθερό δρομολογητή, όλοι οι κόμβοι είναι ικανοί να κινηθούν και να συνδεθούν δυναμικά με έναν αυθαίρετο τρόπο. Οι κόμβοι αυτών των δικτύων λειτουργούν σαν δρομολογητές οι οποίοι ανακαλύπτουν και διατηρούν τη δρομολόγηση τους στους άλλους κόμβους του δικτύου. Παραδείγματα εφαρμογών ενός MANET αποτελούν οι επείγοντες επιχειρήσεις διάσωσης, οι στρατιωτικές επεμβάσεις, καθώς και οι συνεδριάσεις ή συζητήσεις στις οποίες τα άτομα επιθυμούν να μοιράζονται γρήγορα πληροφορίες.

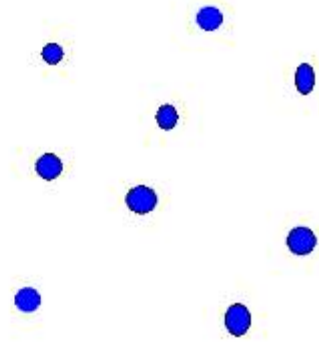
ΔΙΑΦΟΡΕΣ WLANs ΚΑΙ

MANETs

● κόμβοι
■ σταθμοί
βόστων



WIRELESS MOBILE NETWORK



MANET

Οι προσδοκίες για τα μελλοντικά MANETs αναφέρονται στη υποστήριξη ενός μεγάλου εύρους από εφαρμογές πολυμέσων πραγματικού χρόνου (real-time multimedia applications). Η δρομολόγηση της ποιότητας υπηρεσιών (QoS) είναι το πρώτο βήμα για την εγγυημένη από σημείο σε σημείο QoS στα MANETs. Ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης QoS επιλέγει δρομολογητές με αξιόπιστες πηγές για την ικανοποίηση των απαιτούμενων παραμέτρων QoS. Έτσι, ο σκοπός για τις λύσεις των δρομολογήσεων QoS είναι να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις QoS για κάθε σύνδεση, επιτυγχάνοντας παγκόσμια αποδοτικότητα στην αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Το εύρος ζώνης και η καθυστέρηση end-end αποτελούν τα πιο σημαντικά εργαλεία QoS, τα οποία ονομάζονται πρωτόκολλα δρομολόγησης QoS.

Για να επιτευχθεί η παροχή της ποιότητας υπηρεσιών στα MANETs, είναι πολύ σημαντικό να ανακαλυφθούν οι αντιδράσεις σε μελλοντικές αλλαγές, (π.χ. αλλαγές στην τοπολογία των δικτύων) τα οποία θα παράγουν υπηρεσίες (disruption) και ίσως επηρεάσουν τη παραβίαση των εγγυήσεων QoS.

1.Η ποιότητα υπηρεσιών(QoS)

Η ποιότητα υπηρεσιών (QoS) είναι ένας όρος ευρέως χρησιμοποιημένος τα περασμένα χρόνια στον τομέα των ενσύρματων δικτύων. Η αλήθεια είναι ότι υπάρχουν πολλές απόψεις για τον ακριβή ορισμό της ποιότητας υπηρεσιών. Η συμβουλευτική επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την διεθνή τηλεφωνία και την τηλεγραφία (CCITT Consultative Committee for International Telephony and Telegraphy), όρισε την QoS σαν : «την συλλογική επίδραση της απόδοσης υπηρεσιών που καθορίζει το βαθμό ικανοποίησης του χρήστη». Ο όρος αυτός είναι κοινός αποδεκτός, αν δεν κάνει καμία αναφορά σε κανένα από τα ελάχιστα χαρακτηριστικά (π.χ. εύρος ζώνης), ή τους μηχανισμούς (π.χ. έλεγχος απόδοσης).

2. Η διεύθυνση IP της QoS με μία ματιά

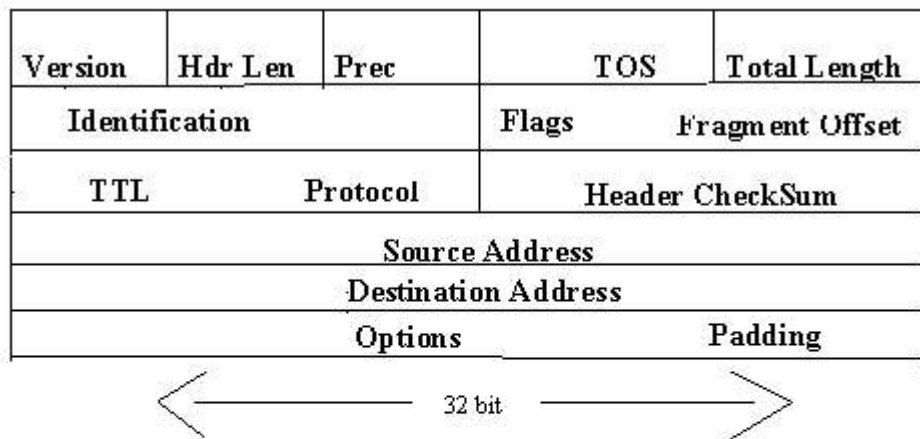
Η παροχή της QoS στο δίκτυο μπορεί γενικά να επιτευχθεί με τη μέθοδο του πλεονάσματος της παροχής των διαθέσιμων πόρων καθώς και με το δίκτυο της εφαρμοσμένης μηχανικής της κυκλοφορίας⁶.

Με την μέθοδο του πλεονάσματος της παροχής των διαθέσιμων πόρων προσθέεται ικανότητα στο δίκτυο μας καθιστώντας το ανθεκτικότερο στην απαίτηση των εφαρμογών πολυμέσων που μπορούν να « τρέξουν » στην κορυφή του δικτύου μας. Οι πόροι που αναβαθμίζονται συνήθως περιλαμβάνουν τις συνδέσεις δεδομένων (π.χ. με οπτικές ίνες), την βελτίωση των δρομολογητών και την βελτίωση των καρτών του δικτύου. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης βρίσκεται στο ότι είναι εύκολο να εφαρμοστεί δεδομένου ότι η βελτίωση μπορεί να γίνει βαθμιαία. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης εν τούτοις είναι ότι πάλι παραμένουμε σε μία κατηγορία υπηρεσιών, δεδομένου ότι όλοι οι χρήστες έχουν την ίδια προτεραιότητα στο δίκτυο, το οποίο μπορεί να γίνει απρόβλεπτο σε περιπτώσεις συμφόρησης της κυκλοφορίας.

Η κύρια ιδέα της «της εφαρμοσμένης μηχανικής κυκλοφορίας δικτύων», είναι να ταξινομηθούν οι χρήστες ή οι αιτήσεις τους, στις κατηγορίες υπηρεσιών έτσι ώστε να χειρίζονται με διαφορετική προτεραιότητα κάθε κατηγορία. Αυτή η προσέγγιση υπερνικά τα προβλήματα του προηγούμενης προσέγγισης δεδομένου ότι καθένας ακολουθεί κάποιους κανόνες μέσα στο δίκτυο. Η εφαρμοσμένη μηχανική κυκλοφορίας δικτύων έχει δύο προσεγγίσεις για την επίτευξη QoS οι οποίες είναι συμπληρωματικές, σχεδιασμένες να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό, για διαφορετικά πλαίσια δικτύων. Αυτές είναι α) η επιφυλακτική μηχανική και β) η λιγότερο επιφυλακτική μηχανική (**Reservation-based Engineering and b) Reservation-less Engineering**).

Στην επιφυλακτική μηχανική οι πόροι των δικτύων διανέμονται σύμφωνα με το αίτημα μιας εφαρμογής QoS και υπάγονται στη διοικητική πολιτική του εύρους ζώνης. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε στα ATM (ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς) και είναι σήμερα η μέθοδος επίτευξης QoS σε RSVP-IntServ.

Από την άλλη μεριά, στην λιγότερη επιφυλακτική μηχανική καμία επιφύλαξη δεν γίνεται μέσα στο δίκτυο. Η QoS πραγματοποιείται από την προσθήκη του "έξυπνου" μηχανισμού μέσα στο δίκτυο όπως με τον Έλεγχο Αποδοχής Σύνδεσης (CAC : Connection Admission Control), τους μηχανισμούς αναμονής, τους πολιτικούς διευθυντές (Policy Managers) και τις κατηγορίες κυκλοφορίας (traffic classes).



πίνακας 1.

Στους ελέγχους CAC οι κόμβοι μπορούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο και θα μπορούν να βεβαιωθούν ότι μόλις χορηγηθεί η πρόσβαση στο δίκτυο, θα εξυπηρετούνται με τις τους παραμέτρους QoS που ζητούνται. Οι μηχανισμοί αναμονής είναι αρμόδιοι για τη ρύψη των πακέτων με τη χαμηλότερη προτεραιότητα, στην περίπτωση της συμφόρησης ή για την παροχή ανατροφοδότησης στους κόμβους προκειμένου να αποφευχθεί η συμφόρηση. Οι πολιτικοί διευθυντές εξασφαλίζουν ότι κανένας κόμβος δεν θα παραβιάσει τον προκαθορισμένο τύπο υπηρεσίας. Οι κατηγορίες κυκλοφορίας, παρέχουν υπηρεσίες ελέγχου φορτίων ή καλύτερης προσπάθειας, διαφοροποιούν την προτεραιότητα επεξεργασίας των πακέτων δεδομένων. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται στην σημερινή QoS αρχιτεκτονική DiffServ (υπηρεσίες Differentiated) όπου ένα μικρό bit σχεδιάζεται σε κάθε πακέτο, IPv4 TOS octet ή σε IPv6 octet τάξη κυκλοφορίας. Η κατηγορία octet (πίνακας 1), χρησιμοποιείται για να λάβει ένα πακέτο μια ιδιαίτερη

επεξεργασία αποστολής, ή per-hop συμπεριφορά, σε κάθε κόμβο δικτύων.

3.Μοντέλα QoS για τα MANETs

Το πρότυπο QoS διευκρινίζει την αρχιτεκτονική που θα επιτρέψει την προσφορά των υπηρεσιών που λειτουργούν καλύτερα από το τρέχον πρότυπο που υπάρχει σε MANets. Αυτή η αρχιτεκτονική πρέπει να λάβει υπόψη τις προκλήσεις των ειδικών κινητών δικτύων (ad-hoc networks) όπως είναι για παράδειγμα η δυναμικότητα της τοπολογίας και η ικανότητα της ποικιλίας του χρόνου των συνδέσεων.

Παραπάνω έχει ήδη περιγραφεί η βασική έννοια των προτύπων QoS του ενσύρματου Διαδικτύου (IntServ/RSVP και DiffServ). Κατωτέρω αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους τα ανωτέρω πρότυπα δεν είναι κατάλληλα για MANets και έπειτα

Το IntServ/ RSVP πρότυπο δεν είναι κατάλληλο για MANets λόγω των περιορισμών των πόρων σε MANets. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που απαγορεύουν τη χρήση του προτύπου αυτού στα MANETs. Ένας από αυτούς είναι και η τεράστια αποθήκευση και επεξεργασία πάνω σε κάθε κινητό οικοδεσπότη, δεδομένου ότι πρέπει να χτίσει και να διατηρήσει τέτοιες πληροφορίες. Επιπλέον το ποσό των πληροφοριών αυξάνεται αναλογικά με τον αριθμό ows, ο οποίος αποτελεί επίσης ένα πρόβλημα με την παρούσα QoS του διαδικτύου, αλλά θα λυθεί ευτυχώς με τη συνάθροιση των κρατικών πληροφοριών για τους δρομολογητές πυρήνα (DiffServ). Επιπλέον, Το RSVP η διαδικασία επιφύλαξης και συντήρησης, είναι μια διαδικασία κατανάλωσης δικτύων.

Το DiffServ αφ' ετέρου είναι ένα ελαφρύ πρότυπο για τους εσωτερικούς δρομολογητές, δεδομένου ότι τα μεμονωμένα flows αθροίζονται σε σύνολο flows (σχήμα 2). Αυτό κάνει πολύ περισσότερο εύκολη την πορεία στον πυρήνα του δικτύου. Κατά συνέπεια αυτό το πρότυπο θα μπορούσε να είναι ένα πιθανό πρότυπο για MANets. Σε MANets δεν υπάρχει κανένας σαφής ορισμός του τι είναι πυρήνας, εσωτερικός ή εξωτερικός δρομολογητής, εξαιτίας της δυναμικής τοπολογίας του δικτύου. Αυτό το μειονέκτημα θα μας οδηγούσε πάλι πίσω στο πρότυπο IntServ όπου διάφορα χωριστά flows διατηρούνται, προκαλώντας ένα βαρύ κόστος αποθήκευσης σε κάθε κόμβο. Επιπλέον η έννοια της συμφωνίας επιπέδων υπηρεσιών (SLA), που καθορίζεται στα ενσύρματα πρότυπα QoS δεν είναι πια εφαρμόσιμη.

Το εύκαμπτο πρότυπο QoS για MANets (FQMM)[1], είναι το πρώτο μοντέλο QoS που προτείνεται για MANets το 2000. Η ιδέα του προτύπου είναι να συνδυαστούν οι γνώσεις από τις λύσεις που προσφέρονται στα ενσύρματα δίκτυα και η εφαρμογή τους σε ένα νέο πρότυπο QoS που θα λάβει υπόψη τα χαρακτηριστικά MANets. Η βασική ιδέα εκείνου του προτύπου είναι ότι χρησιμοποιεί ταυτόχρονα την ανά - κρατική ιδιοκτησία ροής IntServ και τη διαφοροποίηση υπηρεσιών DiffServ. Με άλλα λόγια, αυτό το πρότυπο προτείνει μια πιο υψηλή προτεραιότητα που ορίζεται ανά flow στο provisioning και σε άλλες κατηγορίες προτεραιότητας που δίνεται σε κάθε κατηγορία provisioning. Αυτό το πρότυπο είναι βασισμένο στην υπόθεση ότι όλα τα πακέτα στο δίκτυο δεν επιδιώκουν πραγματικά την πιο υψηλή προτεραιότητα επειδή έπειτα αυτό το πρότυπο θα οδηγούσε σε παρόμοιο πρότυπο με IntServ όπου έχουμε δημιουργήσει για όλα τα πακέτα. Το υβριδικό πρότυπο FQMM καθορίζει τρεις τύπους κόμβων, ακριβώς όπως α) στην είσοδο DiffServ, β) τον πυρήνα και γ) την έξοδο (σχήμα 3). Η διαφορά εν τούτοις είναι ότι σε FQMM ο τύπος ενός κόμβου δεν έχει καμία σχέση με

η φυσική θέση του στο δίκτυο, δεδομένου ότι αυτό δεν θα είχε οποιοδήποτε νόημα σε μια δυναμική τοπολογία δικτύων.

Ένας κόμβος χαρακτηρίζεται ως είσοδος εάν διαβιβάζει τα δεδομένα, πυρήνας εάν διαβιβάζει τα δεδομένα και έξοδος εάν λαμβάνει δεδομένα.

4. Σηματοδότηση QoS

4.1 In-band VS Out-of-Band Σηματοδότηση

Η σηματοδότηση χρησιμοποιείται στα δίκτυα QoS για να προσέχει και απελευθερώνει πόρους. Προκειμένου να επιτευχθεί η "σωστή" σηματοδότηση QoS υπάρχουν δύο προϋποθέσεις: α) αξιόπιστη μεταφορά των σημάτων μεταξύ των δρομολογητών και β) σωστή ερμηνεία και ενεργοποίηση του κατάλληλου μηχανισμού χειρισμού του σήματος. Με απλά λόγια η σηματοδότηση που στέλνεται με τη δρομολόγηση ανάμεσα στους κόμβους μέσα στο δίκτυο πρέπει να είναι κατανοητή και εφαρμοσμένη από τους υπολοίπους κόμβους.

Η μεταφορά των σημάτων μεταξύ των δρομολογητών μπορεί να διαιρεθεί σε "in-band σηματοδότηση" και "out-of-band σηματοδότηση". Η In-band σηματοδότηση αναφέρεται στο γεγονός ότι οποιεσδήποτε πληροφορίες ελέγχου δικτύων είναι τοποθετημένες σε μέσα στα πακέτα δεδομένων καθιστώντας την προσέγγιση της σηματοδότησης εύκολη και "ελαφριά". Η εκτός ζώνης σηματοδότηση αφ' ετέρου αναφέρεται στην προσέγγιση που χρησιμοποιεί τα ρητά πακέτα ελέγχου. Αυτή η προσέγγιση χαρακτηρίζεται "heavyweight" επειδή πρόσθετες πληροφορίες μεταφέρονται στο δίκτυο και καταναλώνουν περισσότερο εύρος ζώνης δικτύων. Επιπλέον στα συστήματα σηματοδότησης out-of-band, τα σηματοδοτούμενα πακέτα πρέπει να έχουν πιο υψηλή προτεραιότητα από τα πακέτα δεδομένων προκειμένου να επιτευχθεί η έγκαιρη ενημέρωσή τους. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε ένα σύνθετο σύστημα αν και όπου η απόδοση μπορεί να υποβιβαστεί

ουσιαστικά. Αφ' ετέρου αυτή η προσέγγιση έχει χαρακτηριστεί σαν πιο εξελεγκτική από την στιγμή που ο έλεγχος των δεδομένων δεν στηρίζεται στην μετάδοση των πακέτων δεδομένων. Επιπλέον οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι πλούσιες και δυνατές. Το RSVP αποτελεί ένα παράδειγμα της out-of-band σηματοδότησης. Στα MANETs, το εύρος ζώνης και ο περιορισμός της δύναμης είναι σημαντικά θέματα. Τα MANETs δεν μπορούν να ανεχτούν πολύπλοκα πρωτόκολλα σηματοδότησης. Άντ' αυτού επιδιώκεται ένα ελαφρύ και απλό πρωτόκολλο σηματοδότησης που μπορεί να διατεθεί από την αρχιτεκτονική MANet. Η άμεση χαρτογράφηση της ύπαρξης των πρωτοκόλλων σηματοδότησης είναι επίσης ανέφικτη. Το RSVP είναι το de facto πρωτόκολλο σηματοδότησης για IntServ και αν και μπορεί να αποδώσει σχετικά καλά στα μικρής κλίμακας ενσύρματα δίκτυα, δεν λαμβάνει υπόψη του τα ευδιάκριτα χαρακτηριστικά των MANETs. Στα RSVP το εύρος ζώνης και η περιορισμένη δύναμη (power constrains) δεν αποτελούν σημείο προβληματισμού. Επιπλέον, δεν είναι προσαρμοστικό για τις ποικίλες τοπολογίες χρόνου επειδή δεν έχει κανέναν μηχανισμό για να αποκριθεί γρήγορα στην αλλαγή τοπολογίας στα MANETs. Πρέπει να υπενθυμισθεί ότι το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο « **soft-state**» όπου πόροι απελευθερώνονται εάν ένα σήμα δεν φτάσει μέσα στα διαστήματα την στιγμή της επιφύλαξης. Αν και η ιδιοκτησία soft-state κάνει το RSVP ένα γερό πρωτόκολλο, δεδομένου ότι εξασφαλίζει ότι κανένας πόρος δεν θα παραμείνει διατιθέμενος, ο καθορισμός του διαστήματος είναι μια ανταλλαγή μεταξύ της απόδοσης και της προσαρμογής στις αλλαγές τοπολογίας.

4.1.1.Το πεδίο επιλογής (Option)στην INSIGNIA

Το σχήμα 4 επεξηγεί την επιλογή INSIGNIA που είναι τοποθετημένη σε μέσα σε ένα IP πακέτο. Ο Reservation Mode είναι ένας τομέας του ενός bit που δείχνει εάν αυτό το πακέτο επιδιώκει αυτήν την περίοδο για μια επιφύλαξη (REQ) ή εάν αυτή η συσκευασία έχει ήδη διατηρήσει τους πόρους (RES). Στην περίπτωση που βρίσκεται σε τρόπο REQ, η συσκευασία διαβιβάζεται στην INSIGNIA ενότητα για την περαιτέρω επεξεργασία. Η ενότητα INSIGNIA μπορεί έπειτα είτε να χορηγήσει τους πόρους, οι οποίοι θα σήμαιναν ότι το πεδίο του Service Type θα τιθόταν στον πραγματικό χρόνο (RT Real-time), είτε να αρνηθεί την χορήγηση των πόρων, το οποίο θα σήμαινε ότι το πεδίο Service Type αυτόματα θα υποβιβάζοταν στην καλύτερη προσπάθεια (BE Best-Effort). Και στις δύο περιπτώσεις το πακέτο θα διαβιβαστεί στον επόμενο άμεσο κόμβο που σημαίνει ότι εάν υπάρχει μια διαδρομή για τον προορισμό του οικοδεσπότη (host), τότε η επιλογή INSIGNIA θα δείξει είτε BE είτε RT. Το αίτημα εύρους ζώνης είναι ένας τομέας 16 bit που δείχνει το ελάχιστο και μέγιστο ποσό εύρους ζώνης που ζητείται από ένα πακέτο. Με βάση αυτόν τον τομέα η ενότητα INSIGNIA μπορεί να καθορίσει ποιο ποσό πόρων πρέπει να διατεθεί. Το πεδίο Indicator του εύρους ζώνης είναι επίσης ένας μονό πεδίο bit που χρησιμοποιείται από το δέκτη για να καθορίσει εάν το μέγιστο ζητούμενο εύρος ζώνης έχει ικανοποιηθεί.

4.1.2.0 Κόμβος δυσχερειών(Bottleneck) στην INSIGNIA

Το σχήμα 4β επεξηγεί την περίπτωση που υπάρχει κόμβος bottleneck κατά την διάρκεια της διαδικασίας επιφύλαξης ow. Μπορούμε να δούμε ότι το πεδίο επιλογής (option field) υποβιβάζεται από RT/MAX (Real Time/ MAX bandwidth) σε RT/MIN (Real Time/ MIN bandwidth). Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι αν το M2 ικανοποιήσει τα απαιτούμενα κριτήρια τότε το εξερχόμενο πακέτο θα μπορούσε να τιμές πεδίου Best Effort/ Minimum Bandwidth (BE/MIN).

Το μοντέλο INSIGNIA περιλαμβάνεται κάθε σε ένα λαμβανόμενο πακέτο IP, που περιέχει την επιλογή INSIGNIA. Με τον συντονισμό έπειτα της ενότητας ελέγχου αποδοχής (Admission Control) διαθέτει το εύρος ζώνης στο ow εάν η απαίτηση των πόρων μπορεί να ικανοποιηθεί. Διαφορετικά εάν το αίτημα των πόρων δεν μπορεί να ικανοποιηθεί, το πακέτο τίθεται στην υπηρεσία best-effort και διαβιβάζεται εάν είναι απαραίτητο. Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι το INSIGNIA είναι μόνο το πρωτόκολλο σηματοδότησης και ότι υπάρχει ανάγκη να περιληφθεί επιπλέον ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης, όπως το DSR, το AODV ή το TORA, το οποίο θα ακολουθήσει τις αλλαγές στην ad-hoc τοπολογία και θα κάνει τις αναπροσαρμογές στον πίνακα δρομολόγησης κάθε κόμβου, για την ανάγκη της αποδοχής της ενότητας ελέγχου που θα διαθέσει το ζητούμενο εύρος ζώνης, αφότου καθορίσει ότι αυτοί οι πόροι είναι διαθέσιμοι και για τις ανάγκες για άλλα συστατικά όπως η ενότητα της διαβίβασης του πακέτου, του σχεδιασμού του πακέτου και η ενότητα της μέσης πρόσβασης των ελεγκτών. Συνολικά το INSIGNIA είναι ένα αποτελεσματικό πρωτόκολλο σηματοδότησης ,δεδομένου ότι είναι ένα in-band πρωτόκολλο σηματοδότησης και δεδομένου ότι η κατανομή των πόρων βρίσκεται σε "soft-state". Το σημαντικότερο μειονέκτημα εν τούτοις για το INSIGNIA είναι ότι ow στατικές πληροφορίες πρέπει να κρατηθούν στους κινητούς οικοδεσπότες (mobile hosts), οι οποίες θα μπορούσαν να δημιουργήσουν πρόβλημα ανάπτυξης καθώς ο αριθμός των στατικών κρατών ow αυξάνεται. Επιπλέον το σχέδιο INSIGNIA επιτρέπει βασικά την ύπαρξη μόνο δύο κατηγοριών υπηρεσιών πραγματικού χρόνου (RT) και καλύτερης προσπάθειας (BE).

5.Η δρομολόγηση QoS στα MANETs και η QoS για AODV

Η δρομολόγηση QoS σε MANets αποτελεί ένα βασικό ουσιαστικό συστατικό για να πραγματοποιηθεί μια πλήρη αρχιτεκτονική QoS MANETs. Η διαδικασία δρομολόγησης QoS μπορεί να ενημερώσει έναν κόμβο πηγής για το εύρος ζώνης και τη διαθεσιμότητα QoS στον κόμβο προορισμού στο δίκτυο. Αυτή η γνώση επιτρέπει την καθιέρωση των συνδέσεων QoS μέσα στο δίκτυο και την αποδοτική υποστήριξη της στον πραγματικό χρόνο κυκλοφορίας πολυμέσων.

Το AODV είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης κατόπιν παραγγελίας [8] το οποίο είναι βασισμένο στην ιδέα και του DSDV[11] και του DSR[7].

Το AODV ελαχιστοποιεί τον αριθμό απαιτούμενων μεταδόσεων με τη δημιουργία δρομολογήσεων σε βάσεις κατόπιν παραγγελίας, καθώς αντιστασεται στη διατήρηση ενός πλήρους καταλόγου δρομολογήσεων όπως στον αλγόριθμο DSDV. Αυτήν την ιδιοκτησία την κληρονομεί από το πρωτόκολλο DSR(Dynamic Source Routing).

Γνωρίζουμε ήδη ότι στο AODV, όταν η πηγή κόμβου επιθυμεί να στείλει ένα μήνυμα σε κάποιο κόμβο προορισμού και δεν έχει ήδη μια έγκυρη διαδρομή για εκείνο τον προορισμό κινεί μια διαδικασία ανακαλύψεων (Path Discovery) πορειών για να εντοπίσει άλλο κόμβο. Μεταδίδει ένα αίτημα διαδρομών πακέτου (RREQ) στους γείτονές του, τα οποία διαβιβάζουν έπειτα το αίτημα στους γείτονές τους, και τα λοιπά, μέχρι καθένας προορισμός ή ένας ενδιάμεσος κόμβος να βρίσκεται με μια "ενημερωμένη" διαδρομή στον προορισμού. Ο AODV επίσης χρησιμοποιεί ακολουθία προορισμού (από το DSDV) για να εξασφαλίσει ότι όλες οι διαδρομές είναι ελεύθερες και περιέχουν πιο καλά ενημερωμένες πληροφορίες διαδρομών.

Η κύρια ιδέα της παραγωγής της επιτρεπόμενης QoS στο AODV είναι να προστεθούν οι επεκτάσεις στα μηνύματα δρομολογήσεων

(RREQ, RREP), κατά τη διάρκεια της φάσης ανακάλυψης διαδρομών. Ένας κόμβος που λαμβάνει ένα RREQ με μια επέκταση της ποιότητας υπηρεσιών πρέπει να είναι σε θέση να συναντήσει την απαίτηση υπηρεσιών προκειμένου να αναμεταδώσει είτε το RREQ (εάν δεν έχει ενημερωμένη διαδρομή στην κρύπτη του), Εάν, μετά από την καθιέρωση μιας τέτοιας διαδρομής, οποιοσδήποτε κόμβος κατά μήκος της πορείας ανιχνεύσει ότι η ζητούμενη QoS των παραμέτρων δεν μπορεί πλέον να διατηρηθεί, εκείνος ο κόμβος πρέπει να δημιουργήσει ένα μήνυμα ICMP QoS LOST (XAMENH QoS) πίσω στην πηγή.

Όπως έχει πιο πάνω αναφερθεί πριν από διάφορες επεκτάσεις απαιτείτε επιτραπέζια δομή δρομολόγησης και τα μηνύματα RREQ και RREP για την υποστήριξη της δρομολόγησης QoS. Ο πίνακας δρομολογητών AODV [8] περιέχει τα ακόλουθα πεδία Destination Sequence Number, Interface, Hop Count, Next Hop, List of Precursors. Επιπλέον στα παραπάνω πεδία του πίνακα δρομολογητών QoS για AODV ορίζονται 4 περισσότερα στοιχεία, τα οποία προστίθενται στις ιδιότητες κάθε ιδιαίτερης διαδρομής. Αυτές οι επεκτάσεις είναι η Μέγιστη Καθυστέρηση(Maximum Delay), το Ελάχιστο Διαθέσιμο Εύρος Ζώνης(Minimum Available Bandwidth), ο Κατάλογος Πηγών Ζητούμενων Απαιτήσεων Καθυστέρησης (List of Sources Requesting Delay Guarantees) και ο Κατάλογος Απαιτούμενων Πηγών για Εγγυήσεις του Εύρους Ζώνης(List of Sources Requesting Bandwidth Guarantees).

5.1.Μέγιστη Καθυστέρηση(MAXIMUM DELAY)

Η μέγιστη καθυστέρηση δείχνει το μέγιστο αριθμό δευτερολέπτων που επιτρέπονται για μια μετάδοση από μια πηγή (ή από έναν ενδιάμεσο κόμβο που διαβιβάζει το RREQ) στον προορισμό. Κάθε φορά που λαμβάνει ένας κόμβος το ένα RREQ, αφαιρεί (από την καθυστέρηση που υποδεικνύεται στο RREQ) το NODE TRAVERSAL TIME, ο οποίος είναι ο χρόνος που απαιτείται από αυτόν τον κόμβο για να επεξεργαστεί το RREQ. NODE TRAVERSAL TIME έχει τεθεί εξ ορισμού 40 χιλιοστά του δευτερολέπτου, αλλά θα μπορούσαν να έχουν μια διαφορετική τιμή, στην περίπτωση που ο κόμβος έχει λίγο πολύ τη δύναμη επεξεργασίας. Εάν ο NODE TRAVERSAL TIME είναι μεγαλύτερος από το χρόνο καθυστέρησης που υποδεικνύεται στο RREQ ο κόμβος απλά απορρίπτει το RREQ και δεν το επεξεργάζεται περαιτέρω.

Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται πώς το RREQ1 διαβιβάζεται από τους ενδιάμεσους δρομολογητές (πυρήνων) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανακάλυψης δρομολογήσεων. Σε κάθε βήμα το πεδίο καθυστέρησης στο μήνυμα RREQ μειώνεται μέχρι το χρόνο Traversal του δρομολογητή. Στο τέλος η έξοδος D θα απαντήσει ένα μήνυμα RREP που θα έχει μια αρχική αξία καθυστέρησης 0. Αυτή η τιμή καθυστέρησης θα προστίθεται στο χρόνο Traversal κάθε κόμβου και θα καταχωρείται στον πίνακα δρομολόγησης για μελλοντικά μηνύματα RREQs. Η αποθήκευση της τιμής καθυστέρησης θα κάνει τη μελλοντική ανακάλυψη μιας διαδρομής έναν τετριμμένο στόχο. Έτσι παραδείγματος χάριν ένα μελλοντικό RREQ2 που έχει γίνει από έναν άλλο κόμβο A θα σταλθεί άμεσα στον πυρήνα κόμβου B δεδομένου ότι η απαιτημένη καθυστέρηση (10ms) δεν μπορεί να συναντηθεί (δεδομένου ότι είναι 80ms).

Το κύριο μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι δεν υπάρχει καμία παραβίαση του χειρισμού των παραμέτρων QoS του πρωτοκόλλου. Σαν λύση βέβαια θα μπορούσε ο κόμβος να μην αναλαμβάνει περισσότερες εργασίες από την στιγμή που θα αναγνώριζε ότι θα μπορούσαν να παραβιαστούν οι παράμετροι της QoS.

5.2.Ελάχιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης (Minimum Available Bandwidth)

Το ελάχιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης είναι ένα πεδίο που δείχνει το ζητούμενο ποσό εύρους ζώνης για μία συγκεκριμένη σύνδεση (διαδρομή). Κάθε φορά που λαμβάνει ένας κόμβος ένα RREQ πρέπει να συγκρίνει τη διαθέσιμη ικανότητα των συνδέσεών του με την ικανότητα του εύρους ζώνης που ζητείται στο RREQ. Εάν το ζητούμενο εύρος ζώνης δεν είναι διαθέσιμο έπειτα ο κόμβος πάλι, στο παράδειγμα καθυστέρησης, θα απορρίψει το RREQ και δεν θα το επεξεργαστεί περαιτέρω. Εάν το εύρος ζώνης είναι διαθέσιμο τότε το αίτημα θα επεξεργαστεί έως ότου επιτευχθεί η έξοδος του δρομολογητή D. Σε εκείνο το σημείο ο δρομολογητής εξόδου στο D, θα αποκριθεί με ένα μήνυμα RREP που θα μονογραφεί με μια τιμή εύρους ζώνης ίση με ένα πολύ μεγάλο αριθμό. Κάθε κόμβος που διαβιβάζει το RREP συγκρίνει την τιμή του πεδίου εύρους ζώνης στο RREP με την ικανότητα των συνδέσεών του και διατηρεί το ελάχιστο των δύο τιμών στον τομέα εύρους ζώνης του RREP πριν στείλει το RREP. Αυτή η τιμή του εύρους ζώνης θα καταχωρηθεί (εναποθηκευμένος) στο πίνακα δρομολόγησης στην τιμή του εύρους ζώνης για μελλοντικά RREQs . Μπορούμε να δούμε πάλι εκείνο το RREQ2 (που είναι μήνυμα ανακαλύψεων διαδρομών από το A στο D) στο αίτημα δεν θα ικανοποιηθεί, επειδή το αίτημά του είναι 80Kbps που υπερβαίνει τα διαθέσιμο 50Kbps που εναποθηκεύεται τώρα στους κόμβους.

Όπως στην περίπτωση καθυστέρησης, ένας κόμβος στο μέλλον μπορεί να έχει μια πτώση στην ικανότητα συνδέσεων που θα οδηγήσει στην παραγωγή ενός ICMP χαμένου QOS μηνύματος σε όλους τους ενδεχομένως κόμβους που επηρεάζονται από την παράμετρο QoS. Ο κατάλογος κόμβων που επηρεάζονται από αυτήν την ιδιοκτησία

αποθηκεύεται τώρα στο "Κατάλογο των Απαιτούμενων Πηγών που Ζητούν Εγγυήσεις Εύρους ζώνης.

6.Συμπεράσματα

Η επίτευξη QoS σε MANETs είναι ένας νέος αλλά γρήγορα αυξανόμενος τομέας ενδιαφέροντος. Το μεγάλο αυτό ενδιαφέρον είναι η απορία αρχικά λόγω της αυξανόμενης δημοτικότητας και της ανάγκης της εφαρμογής πολυμέσων και αφετέρου λόγω της πιθανής εμπορικής χρήσης των MANETs.

Κατά συνέπεια η υποστήριξη QoS σε MANETs έχει γίνει ένας αναπόφευκτος στόχος.

Αν και η γνώση και οι ιδέες των QoS προτύπων, της σηματοδότησης, των πρωτόκολλα δρομολόγησης δεν μπορούν άμεσα να ταξινομηθούν σε MANETs, λόγω του περιορισμού του εύρους ζώνης και δυναμικής τοπολογίας τέτοιων δικτύων, πολλές ιδέες έχουν προσαρμοστεί για αυτά τα δίκτυα.

Μετά την ανάλυση των θεμάτων σε πρότυπα QoS, πρωτόκολλα σηματοδότησης, δρομολόγησης προκύπτει το συμπέρασμα ότι αυτά τα ζητήματα είναι περίπλοκα επειδή ο περισσότερος πειραματισμός και οι προσομοιώσεις δεν αποκαλύπτουν εμπειριστατωμένη γνώση [4] δεδομένου ότι ο πειραματισμός γίνεται χωρίς να ληφθούν υπόψη οι πραγματικοί όροι εκτίμησης, όπως η ποιότητα των συνδέσεων και η διαθεσιμότητα των κόμβων και των πόρων τους.

Συμπερασματικά χρειάζεται ακόμα πιο μεγάλη προσπάθεια στην περιοχή αυτή, έτσι ώστε να δοθεί στο κοινό μία απλή μορφή του μοντέλου αυτού.

9.Πηγές

1. H.Xiao, K.Chua, W.Seah and A.Lo : A Flexible Quality of Service Model for Mobile Ad-Hoc Networks,
(<http://www.cs.ucr.edu/~csyiazti/downloads/cs260/qosModels/xiao.pdf>).
2. Lee and Campbell : INSIGNIA: In-Band Signaling Support for QoS In Mobile Ad Hoc Networks,
(<http://www.ececs.uc.edu/~guptanis/research/papers/QoS/insignia98.ps>).
3. Kui Wu and Janelle Harms : QoS Support in Mobile Ad Hoc Networks,
(<http://www.cs.ualberta.ca/~wkui/research/QoSReview.ps>).
4. Satyabrata Chakrabarti and Amitabh Mishra : QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks,

- (<http://www.ececs.uc.edu/~guptanis/research/papers/QoS/QoSAdHoc.Mishra.pdf>).
5. C.R.Lin and J.Liu : QoS Routing in Ad Hoc Wireless networks, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 17 (8), p. 1426, August 1999.,
(<http://www.ececs.uc.edu/~guptanis/research/papers/QoS/QoSAdHoC.LinCR.pdf>).
 6. Demetris Zeinalipour, Stella Aristeidou, So_a Kazeli : IP Quality of Services (in Greek),
(http://www.cs.ucr.edu/~csyiazti/downloads/papers/ip_qos/papers/ip_qos.pdf), 1999.
 7. Γεώργιος Επιτείδιος : Ορισμός QoS,
(<http://www.izor.com/default.asp?Lang=EL>)
 8. Cisco,
(http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/qos.htm)
 9. Σεβαστή Αφροδίτη- Υποψήφια διδάκτωρ του Τμ. Μηχ/κών Η/Υ & Πληροφορικής, Παν/μίου Πατρών, Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών :
Energy Balanced Data Propagation in Wireless Sensor Network,
(http://www.cti.gr/gr_v/news_old/news_seminars.php3)
 10. S. N. Bhatti, J. Crowcroft: **‘QoS Sensitive Flows: Issues in IP Packet Handlin’**, IEEE Internet Computing, vol.4 no.4, pp48-57, July/August 2000,
(<http://cgi.di.uoa.gr/~istavrak/courses/bc2000.pdf>)
 11. University of Ioannina,
(<http://dmod.cs.uoi.gr/DandyPage/dandy.htm-university>)
 12. Tianmin Ren , Iordanis Koutsopoulos and Leandros Tassiulas , Department Electrical and Computer Engineering and Institute for System Research, University of Maryland,
(<http://www.inf.uth.gr/~jordan/GLOBECOM-2002.pdf>)
 13. Panagiotis Papadimitriou, Vassilis Tsaoussidis and Sofia Tsekeridou Demokritos University of Thrace, Electrical & Computer Engineering Department,
(<http://utopia.duth.gr/~ppapadim/papers/iscc05.pdf>)
 14. Athanasios Tsalianis and Anastasios A. Economides University of Macedonia : **QoS Standards for Distributed Multimedia Applications**,
(<http://conta.uom.gr/conta/publications/PDF/QoS%20Standards%20for%20Distributed%20Multimedia%20Applications.pdf>)
 15. **Wireless LAN (WLAN) End to End Guidelines for Enterprises and Public Hotspot Service Providers**,
([http://www.broadbandcity.gr/content/modules/downloads/WLAN_Guidelines_\(Intel\).pdf](http://www.broadbandcity.gr/content/modules/downloads/WLAN_Guidelines_(Intel).pdf))
 16. IPv6 Technology and Advanced Service, **IPv6 Quality of Service**, Computer Engineer, M.Sc. Research Academic Computer Technology Institute (CTI) Research Unit 6 (ru6.cti.gr),

(http://to.grnet.gr/content/modules/calendar/07-IPv6_QoS_primpas_v1.ppt)

17. J. Broch, D.B. Johnson and D.A Maltz : The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks, IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-01.txt, December 1998 (Work in Progress).
18. C.E. Perkins and E.M Royer : Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing, IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-aodv-02.txt, November 1998 (Work in Progress).
19. V.Park, S Corson : Temporally-Ordered Routing Protocol (TORA), IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-tora-epc-00.txt, November 1997 (Work in Progress).
20. E.M Royer and C.E. Perkins : Quality of Service for Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing, IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-aodvqos-00.txt, July 2000 (Work in Progress).
21. C.E. Perkins : Highly Dynamic Distance Vector (DSDV) Routing for Mobile Computers, ACM SIGMOD 1994 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications p224-234 1994.
22. R.Sivakumar, O.Sinha, V.Bharghavan : CEDAR: a Core-Extraction Distributed Ad Hoc Routing Algorithm, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on Ad Hoc Networks, Vol17, No8, 1999