

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	2
Multicasting σε δίκτυα IP .....	4
Εισαγωγή .....	4
Μηχανισμοί .....	4
Διευθυνσιοδότηση .....	5
Time-To-Live .....	5
Tunneling .....	5
Δρομολόγηση .....	6
Εφαρμογή IP Multicasting με τη χρήση Ethernet broadcast / multicast .....	8
ΕΦΑΡΜΟΓΗ MBONE .....	10
1.Τί είναι το MBONE .....	10
2.MBONE και IP Πολλαπλής Αποστολής (IP multicasting) ..	11
3.Τοπολογία του MBONE .....	11
5. Αναμενόμενο επίπεδο κυκλοφορίας στο MBONE .....	12
Multicasting και ATM δίκτυα.....	13
Επέκταση του ATM για multicasting .....	14
Ολοκληρωμένες μεταγωγές (Integrated Switches) .....	15
Επικαλυπτόμενες μεταγωγές (Cascaded Switches) .....	16
Σύγκριση ολοκληρωμένων και επικαλυπτόμενων μεταγωγών ..	17
Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks .....	18
1. Εισαγωγή .....	18
2. Γενικά .....	18
3. Υπάρχουσες Λύσεις .....	20
3.1 Proactive Protocols .....	20
3.2 Reactive Protocols .....	20
3.3 Hybrids .....	20
4 The IMAHN Project .....	21
4.1 Απεριόριστη κινητικότητα .....	21
4.2 Λύσεις .....	21
4.3 Περιβάλλον προσομείωσης .....	22
4.4 Αποτελέσματα προσομείωσης .....	23
5. Συμπεράσματα .....	24
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	25
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ- WEB SITES .....	26

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το multicasting (πολλαπλή αποστολή) είναι ένας τρόπος για να αποσταλεί κάποια πληροφορία σε πολλούς αποδέκτες. Αυτοί οι αποδέκτες θα μπορούσαν να είναι οι συνδρομητές κάποιου ηλεκτρονικού περιοδικού, τα μέλη μιας ομάδας κλπ. Στην εργασία περιγράφεται η λειτουργία του multicasting σε διαφορετικά πρωτόκολλα.

Το πρωτόκολλο IP multicasting παρέχει ικανοποιητική διανομή αυτοδύναμων πακέτων από μια πηγή σε έναν αυθαίρετο αριθμό προορισμών. Παρόλο που δίνει αρκετά γρήγορες συνδέσεις ακόμη παραμένει ένα αρκετά σημαντικό πρόβλημα χρόνου απόκρισης στα δίκτυα IP.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα μεγάλη έρευνα έχει επικεντρωθεί στα ATM δίκτυα. Έχουν γίνει τροποποιήσεις ώστε τα δίκτυα ATM να υποστηρίζουν multicasting μεταγωγή. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι οι ολοκληρωμένες και οι επικαλυπτόμενες μεταγωγές οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά.

Επίσης τα Multicast πρωτόκολλα για τα ad-hoc mobile networks γίνονται όλο και πιο σημαντικά καθώς οι ανάγκες για επικοινωνία η οποία είναι προσανατολισμένη σε ομάδες αυξάνονται συνεχώς.

## SUMMARY

Multicasting is a way to send some data to many receivers. These could be the subscribers of a magazine or members of a group (newsgroup etc.). In the following text there is a description about how multicasting works over different protocols.

IP multicasting protocol provides well distribution of self-dependent packets from a source to an arbitrary number of destination. Even though it provides fast links there is a time-response problem IP networks.

A great research has been focused in ATM networks, in order to face this problem. There have been modifications so that ATM networks can support multicasting switching. Mechanisms of this kind are integrated and cascaded switches, which are analysed below.

Moreover, multicast protocols for ad-hoc mobile networks become more significant because group-oriented communication needs are augmented continuously.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία που ακολουθεί και αφορά το multicasting έγινε στα πλαίσια του μαθήματος "Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων" και αφορά τη

λειτουργία του multicasting πάνω σε διάφορα πρωτόκολλα. Η ομάδα μας ασχολήθηκε κυρίως με το Multicasting in IP, Multicasting in ATM (Λεοντίδου Βασιλική και Τσάκωνας Δημήτριος) και με Multicasting in Ad-hoc Networks (Δελιάς Αντώνιος).

Το multicasting (πολλαπλή αποστολή) είναι ένας τρόπος για να στείλουμε ένα σύνολο δεδομένων σε πολλαπλούς αποδέκτες. Συγκρινόμενο με παραδοσιακό IP unicasting και IP Broadcasting, το multicasting είναι πιο αποτελεσματικό και οικονομικό, καταναλώνοντας λιγότερο εύρος ζώνης και επεξεργαστικής ισχύος, και δεν οδηγεί σε συμφόρηση του δικτύου καθώς ο αριθμός των χρηστών μεγαλώνει.

Οι εταιρείες χρησιμοποιούν multicasting για να διανέμουν software και δεδομένα σε υποκαταστήματα τους σε όλο τον κόσμο. Επιπρόσθετα, οι εταιρείες μέσων μαζικής ενημέρωσης χρησιμοποιούν multicasting για να εκπέμπουν σε πραγματικό χρόνο ήχο και video ταυτόχρονα σε χιλιάδες χρήστες. Και οι ISPs έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούν multicasting για να εξυπηρετήσουν συνδρομητικές υπηρεσίες.<sup>1</sup>

Οι υποστηρικτές του θεωρούν ότι το multicasting θα μετατρέψει το Internet σε ένα μέσο μαζικής εκπομπής, όπως είναι το ραδιόφωνο, η τηλεόραση και οι δορυφορικές επικοινωνίες.

Η αγορά του multicasting αυτή τη στιγμή αναπτύσσεται σε τρία στάδια: Τώρα, αυτοί που το έχουν υιοθετήσει είναι κυρίως οι τεχνολογίες που έχουν να κάνουν με τα δορυφορικά δίκτυα. Στο δεύτερο στάδιο, τα επίγεια δίκτυα θα χρησιμοποιήσουν το multicasting σε συγκεκριμένα backbones. Στο τρίτο στάδιο οι ISPs θα ενεργοποιήσουν το multicasting στο backbone του Internet για δημόσια χρήση.

Στο multicasting όταν μια εφαρμογή στέλνει ένα μήνυμα ένα αντίγραφο του στέλνεται μόνο στους routers που απαιτείται προκειμένου το μήνυμα να φτάσει στους συνδρομητές της εφαρμογής. Στο unicasting κάθε μήνυμα στέλνεται σε έναν συνδρομητή. Στο broadcasting ένα μήνυμα στέλνεται σε όλους όσους είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο και όχι μόνο στους συνδρομητές.

Το multicasting υπάρχει πολλά χρόνια στα τοπικά δίκτυα όπως είναι το Ethernet και το Fiber Distributed Data Interface (FDDI). Εντούτοις, με το IP η διευθυνσιοδότηση του Multicasting μπορεί να επιτευχθεί στο επίπεδο δικτύου (network layer). Κατηγοριοποιημένο επίσημα σαν D class διεύθυνση μια IP Multicast διεύθυνση αντιστοιχίζεται με τις υπηρεσίες υλικού multicast ενός τοπικού δικτύου. Δύο πράγματα θα κάνουν το multicasting δυνατό να πραγματοποιηθεί σε παγκόσμια κλίμακα:

- 1) η εγκατάσταση μεγάλου εύρους ζώνης στις backbone συνδέσεις του Internet, και
- 2) η διαθεσιμότητα των σταθμών εργασίας με την κατάλληλη ισχύ του επεξεργαστή και η δυνατότητα να υποστηρίξουν built-in audio

Παρακάτω παρουσιάζονται το Mbone καθώς και πώς υλοποιείται το multicasting σε IP, ATM, WDM, Mobile Ad-Hoc δίκτυα.

## *Multicasting σε δίκτυα IP*

### *Εισαγωγή*

Το Internet και η ψηφιακή τηλεόραση θα είναι πολύ κοντά σχετιζόμενα στο μέλλον. Αυτή τη στιγμή οι περισσότερες εφαρμογές στο Internet (web browsers και email), λειτουργούν μεταξύ ενός αποστολέα και ενός παραλήπτη. Η επικοινωνία ενός προς πολλούς είναι παραδοσιακά περιορισμένη στα τοπικά δίκτυα. Ωστόσο πρόσφατα όλο και περισσότερες εφαρμογές έχουν παρουσιαστεί οι οποίες χρησιμοποιούν μετάδοση ενός προς πολλούς δηλαδή IP multicasting.

Το IP multicasting<sup>ii</sup> είναι το πρωτόκολλο για τη μετάδοση IP αυτοδύναμων πακέτων (datagrams) από μία πηγή σε πολλούς προορισμούς σε ένα τοπικό ή ευρείας περιοχής δίκτυο υπολογιστών που τρέχουν το πρωτόκολλο TCP/IP. Η βασική χρησιμότητα του IP πρωτοκόλλου είναι η υπηρεσία μετάδοσης ενός -προς-έναν (unicasting). Ωστόσο, η έρευνα έδειξε ότι απαιτούνται μικρές τροποποιήσεις για να προσθέσουμε στο πρωτόκολλο IP multicast δρομολόγηση. Το αποτέλεσμα αυτών των τροποποιήσεων είναι το πρωτόκολλο IP multicasting το οποίο παρέχει ικανοποιητική διανομή αυτοδύναμων πακέτων από μια πηγή σε έναν αυθαίρετο αριθμό προορισμών διαμέσου ενός μεγάλου και ετερογενούς δικτύου όπως είναι το Internet.

### *Μηχανισμοί*

Παρ' όλα τα προβλήματα εξασφάλισης της ποιότητας, που παρουσιάζουν τα δίκτυα IP, η υποστήριξη του multicasting αποτελεί ένα βασικό πλεονέκτημα τους. Οι βασικοί μηχανισμοί που εφαρμόζονται για την επίτευξη του multicasting είναι οι εξής:

- Κάθε πακέτο IP περιέχει ένα προκαθορισμένο αριθμό bits, που αποτελούν τη διεύθυνση του μηχανήματος προορισμού. Στην έκδοση 4 του προτύπου, η διεύθυνση αποτελείται από 32bits. Αν τα 4 πρώτα είναι τα "1101", αυτό σημαίνει ότι το πακέτο είναι multicast. Τα υπόλοιπα 28bits ταυτοποιούν το multicast group στο οποίο προορίζεται το πακέτο. Δεν υπάρχει κάποια αρχή που να δίνει αυτές τις διευθύνσεις. Κάθε multicast-server επιλέγει τη διεύθυνση του group, η οποία, συνήθως, είναι έγκυρη μόνο κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας.
- Η έλλειψη αρχής συνεπάγεται ότι είναι δυνατόν να έχουν δύο multicast groups την ίδια διεύθυνση. Αν συμβεί αυτό, και τα groups βρίσκονται σε διαφορετικά φυσικά δίκτυα του Internet, τότε δεν θα υπάρξει πρόβλημα. Αντίθετα, αν τα δίκτυα είναι συνδεδεμένα, θα προκύψει χάος.
- Δεν υπάρχει περιορισμός όσον αφορά τον αριθμό των μελών ενός group και ένας σταθμός μπορεί να είναι μέλος σε περισσότερα από ένα group τη φορά.

- Τα groups είναι δυναμικά, δηλαδή κάθε κόμβος μπορεί να "μπαίνει" και να "βγαίνει" όποτε θέλει. Για να δηλωθεί η επιθυμία συμμετοχής σε κάποιο group, ένας κόμβος στέλνει τις απαραίτητες πληροφορίες συμμετοχής του στον multicast server. Αυτό γίνεται μέσω ειδικών δρομολογητών που ονομάζονται multicast routers ή multicast gateways.
- Ο διάλογος μεταξύ ενός multicast router και ενός multicast κόμβου γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου Internet Group Management Protocol (IGMP). Υπάρχουν δύο τύποι πακέτων IGMP. Βασικά οι δρομολογητές στέλνουν μηνύματα Host Membership Query σε όλους τους σταθμούς (224.0.0.1) του υποδικτύου ζητώντας τους να απαντήσουν με μηνύματα Host Membership Report.
- Σε δίκτυα που δεν στηρίζονται σε μοιραζόμενο μέσο, κάθε multicast router ελέγχει ανά τακτά χρονικά διαστήματα αν κάποιο μέλος αποφάσισε να "βγει" από το group ώστε να μην φορτώνεται το δίκτυο άσκοπα.

### ***Διευθυνσιοδότηση***

Τα πακέτα multicast στέλνονται με τον ίδιο τρόπο όπως τα κανονικά πακέτα unicast. Η μόνη διαφορά είναι ότι τα multicast πακέτα έχουν πεδίο group διεύθυνσης στις επικεφαλίδες τους. Η group διεύθυνση χρησιμοποιεί D-class διεύθυνση (224.0.0.0 – 239.255.255.255).

Μερικές από αυτές τις διευθύνσεις δεσμεύονται για πρωτόκολλα δρομολόγησης και άλλα χαμηλού επιπέδου πρωτόκολλα ενώ το υπόλοιπο διάστημα των διευθύνσεων είναι για εφαρμογές (reserved multicast addresses, RFC 1700).

### ***Time-To-Live***

Τα multicast πακέτα χρησιμοποιούν το time-to-live (TTL) πεδίο της επικεφαλίδας του IP για να περιορίσουν την εμβέλεια των παραμέτρων. Το TTL ελέγχει τον αριθμό των hops που ένα IP multicast πακέτο επιτρέπεται να αποστείλει. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει και να περιορίσει τη διαθεσιμότητα της multicast κυκλοφορίας (π.χ σε πανεπιστημιούπολη, δίκτυο επιχειρήσεων).

### ***Tunneling***

Για να μπορεί να γίνει η κυκλοφορία IP multicast μεταξύ τμημάτων που δεν το υποστηρίζουν χρησιμοποιείται το IP tunneling δηλαδή διαμορφώνονται νησίδες πολλαπλής εκπομπής, οι οποίες επικοινωνούν μέσω νοητών συνδέσμων (tunnels), που μεταφέρουν πακέτα πολλαπλής εκπομπής ενσωματωμένα σε πακέτα unicast.

## Δρομολόγηση

Το πρωτόκολλο IGMP (Internet Group Management Protocol) είναι μόνο υπεύθυνο για να κατευθύνει την κυκλοφορία του multicasting από τον τοπικό δρομολογητή στα μέλη του group που βρίσκονται στα συνδεδεμένα υποδίκτυα. Διαφορετικά πρωτόκολλα χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν για να διανείμουν τα πακέτα multicast ανάμεσα στους γειτονικούς δρομολογητές και στο διαδίκτυο. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης του multicast για της υπηρεσίες διανομής στο Internet θα πρέπει να οριστούν. Τα πρωτόκολλα αυτά είναι υπεύθυνα για την κατασκευή των multicast δέντρων και για την αποστολή πακέτων multicasting.

Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να το πετύχουν αυτό:

- Flooding
- Spanning Trees
- Reverse Path Broadcasting (RPB)
- Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB)
- Reverse Path Multicasting (RPM)
- Core-Based Trees

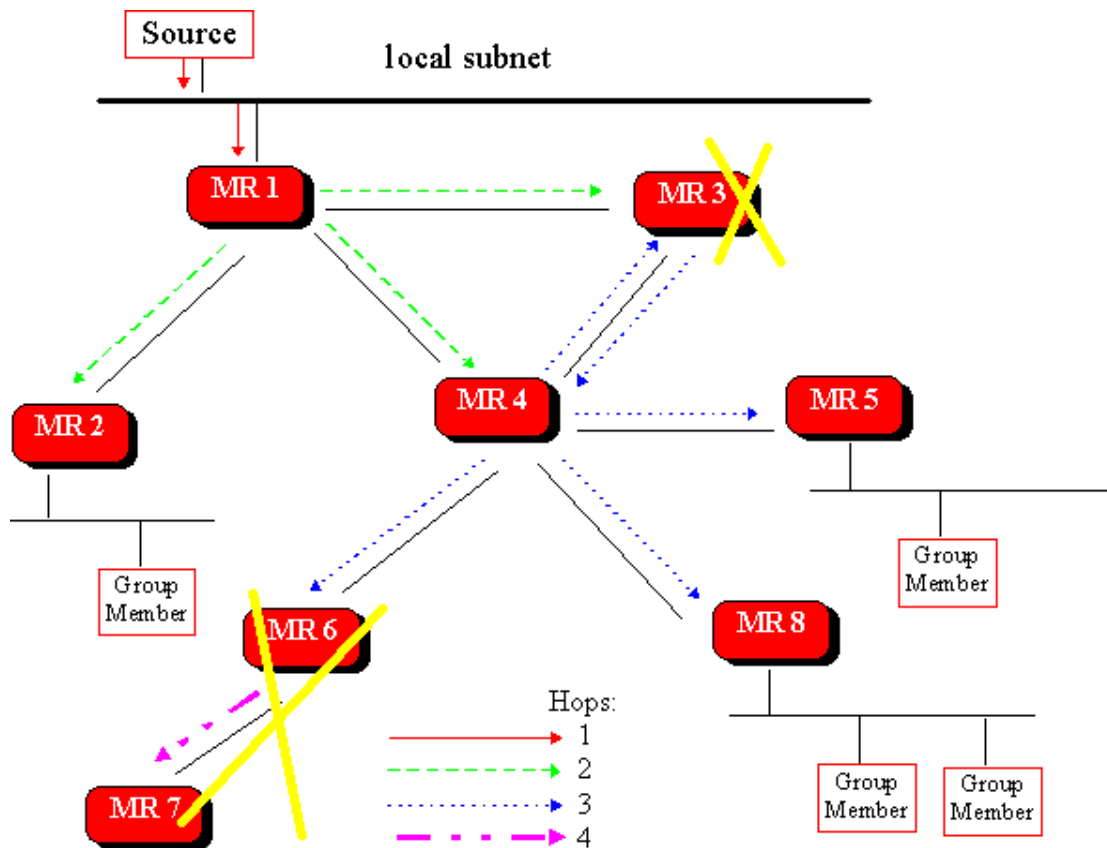
Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται περισσότερο για multicasting δρομολόγηση είναι τα εξής<sup>iii</sup>:

- Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)
- Multicast OSPF (MOSPF) (Open Shortest Path First)
- Protocol Independent Multicast (PIM)

Αυτή τη στιγμή δεν υποστηρίζουν όλοι οι IP δρομολογητές τα παραπάνω πρωτόκολλα multicasting. Όμως, οι περισσότεροι δρομολογητές που στηρίζονται στο UNIX, μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες multicasting.

Το πρωτόκολλο DVMRP<sup>iv</sup> κατασκευάζει ένα διαφορετικό δένδρο κατανομής ανάμεσα στην πηγή και στον προορισμό. Το δένδρο δίνει την συντομότερη διαδρομή ανάμεσα στην πηγή και σε κάθε multicast παραλήπτη του group, στηριζόμενο στον αριθμό των hops του μονοπατιού. Το DVMRP υποθέτει αρχικά ότι κάθε υπολογιστής στο δίκτυο είναι μέλος του multicast group. Ο ορισμένος δρομολογητής στο υποδίκτυο πηγή ξεκινάει μεταδίδοντας multicast μηνύματα σε όλους τους γειτονικούς δρομολογητές. Καθένας από αυτούς τους δρομολογητές μετά αποστέλλει επιλεκτικά τα μηνύματα στους άλλους δρομολογητές του ρεύματος μέχρι το μήνυμα να φτάσει τελικά σε όλα τα μέλη του multicast group.

Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιεί Reverse Path Forwarding<sup>v</sup> για να επιβεβαιώσει ότι δεν υπάρχουν βρόχοι στο δένδρο και ότι το δένδρο περιλαμβάνει τα συντομότερα μονοπάτια από την πηγή σε όλους τους παραλήπτες. Όταν κάποιος δρομολογητής αποφασίσει ότι δεν υπάρχουν υπολογιστές κάτω από αυτόν που να ανήκουν στο multicast group στέλνει ένα μήνυμα αποκλεισμού (prune message) στον επάνω δρομολογητή. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην υπάρχουν αχρησιμοποίητα κλαδιά στο δένδρο και έχοντας σαν αποτέλεσμα το μικρότερο δένδρο διανομής (spanning tree). Από τη στιγμή που καινούρια μέλη μπορούν να συνδεθούν οποιαδήποτε στιγμή το δένδρο διανομής πρέπει να ανακατασκευάζεται περιοδικά. Ένα παράδειγμα της λειτουργίας αυτού του πρωτοκόλλου παρουσιάζεται παρακάτω:



Η πρόδος του μηνύματος φαίνεται με ένα hop τη φορά:

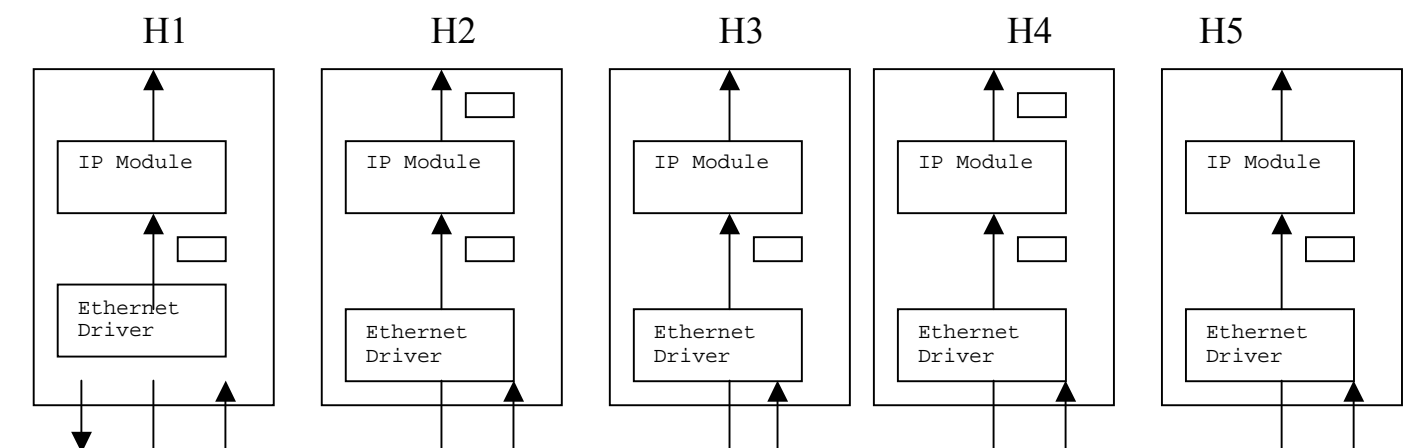
- Στο πρώτο βήμα το μήνυμα φθάνει στο Router 1.
- Στο δεύτερο βήμα το μήνυμα φθάνει τους Routers 2,3 και 4.
- Στο τρίτο βήμα οι Routers 3 και 4 ανταλλάσσουν μηνύματα. Καθένας από αυτούς απλά αφήνει το μήνυμα, επειδή δεν έφθασε μέσω του interface το οποίο δίδει τη συντομότερη διαδρομή προς την πηγή.
- Στο τέταρτο βήμα το μήνυμα φθάνει στον Router 7. Ο Router 7 αντιλαμβάνεται ότι είναι leaf router και δεν υπάρχουν group members

σε αυτό το υποδίκτυο, γι' αυτό στέλνει μήνυμα αποκλεισμού πίσω στο Router 6. Ο Router 6, με τη σειρά του, στέλνει μήνυμα αποκλεισμού στο Router 4. Ο Router 3 επίσης στέλνει μήνυμα αποκλεισμού στο Router 1.

### *Εφαρμογή IP Multicasting με τη χρήση Ethernet broadcast / multicast*

Υπάρχουν δύο τρόποι<sup>vi</sup> για να πραγματοποιηθεί το IP Multicast στο επίπεδο σύνδεσης (data link):

1. Network-layer multicast χρησιμοποιώντας link-layer broadcast και
2. Network-layer multicast χρησιμοποιώντας link-layer multicast



Ο H1 είναι ο αποστολέας

Οι H2 και ο H4 είναι τα μέλη της ομάδας

Τα IP modules των H2 και H4 δέχονται το IP multicast πακέτο

Τα IP modules των H1, H3 και H5 απορρίπτουν το IP multicast πακέτο

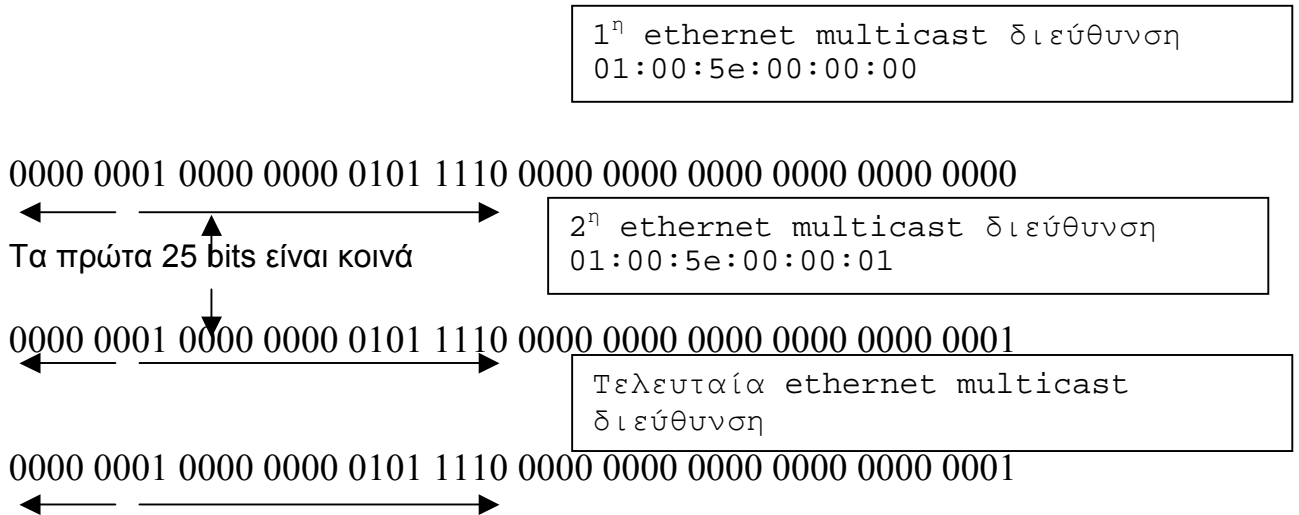
Η προσέγγιση της παραπάνω εικόνας δείχνει ότι το IP Multicast πακέτο απλώς ενσωματώνεται στο πλαίσιο του Ethernet broadcast και εκπέμπεται στο καλώδιο. Κάθε σταθμός στο Ethernet μαζεύει το πλαίσιο broadcast στο επίπεδο σύνδεσης αλλά το «πετά», εκτός από τους σταθμούς εκείνους που ανήκουν στην ομάδα multicast.

Η δεύτερη προσέγγιση απαιτεί μια αντιστοίχιση μιας IP Multicast διεύθυνσης σε μια Ethernet Multicast διεύθυνση. Οι διευθύνσεις του Ethernet κυμαίνονται από 01:00:5e:00:00:00 μέχρι 01:00:5e:07:ff:ff όπως φαίνεται παρακάτω. Εξαιτίας του τρόπου που οι διευθύνσεις multicast κατανέμονται στο ethernet, δεν είναι δυνατόν να υπάρχει μια μοναδική μία – προς – μία αντιστοίχιση από μια IP τάξης D διεύθυνση σε μια Ethernet multicast διεύθυνση. Σε κάθε περίπτωση η αντιστοίχιση δίνεται όπως παρακάτω όπου τα 23 λιγότερο σημαντικά ψηφία της IP class D διεύθυνσης αντιστοιχούνται απευθείας στα 23 λιγότερα σημαντικά ψηφία της Ethernet διεύθυνσης. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν  $2^5$  (δηλ. 32) IP class D διευθύνσεις που αντιστοιχίζονται απευθείας στην ίδια Ethernet multicast διεύθυνση. 01:00:5e:00:09:09.



## MULTICASTING

Από τη στιγμή που η αντιστοίχιση από IP- class D διεύθυνση σε Ethernet multicast διεύθυνση είναι πολλές προς μία, το IP module εξακολουθεί να επιτρέπει τα πακέτα multicast να πηγαίνουν σε συγκεκριμένους host.



Υπάρχουν δύο είδη καρτών ethernet:

1. Αυτές που επιτρέπουν το φιλτράρισμα να γίνεται με την τιμή (hash value) της διεύθυνσης του ethernet multicast
2. Αυτές που είναι διαμορφωμένες για να «ακούν» σε ένα περιορισμένο αριθμό multicast διευθύνσεων και να εισέρχονται κατάσταση σύγχυσης όταν υπάρχει ανάγκη να δεχθούν πακέτα multicast διευθύνσεων διαφορετικά από τα ήδη προκαθορισμένα.

Καμιά από τις παραπάνω περιπτώσεις δεν είναι τέλεια. Για αυτό υπάρχει ένα επιπλέον επίπεδο φιλτραρίσματος στο IP επίπεδο. Ο λόγος είναι ότι ακόμα και αν το φιλτράρισμα στο επίπεδο ethernet ήταν τέλειο, θα εξακολουθήσει να υπάρχει η ανάγκη για φιλτράρισμα στο IP επίπεδο εξαιτίας του γεγονότος ότι υπάρχει πολλές – προς – μία αντιστοιχίσεις από τις διευθύνσεις τάξης D του IP προς τη multicast ethernet διεύθυνση.

Όλα τα παραπάνω έχουν να κάνουν με το πώς ένα IP multicast πακέτο μπορεί να σταλεί πολλαπλά σε ένα υποδίκτυο Ethernet, που είναι ένα τυπικό υποδίκτυο στο Internet. Θα πρέπει όμως να εξετάσουμε πώς ένα IP multicast πακέτο φθάνει στο υποδίκτυο. Ο τρόπος που γίνεται αυτό είναι μέσω της χρήσης του πρωτοκόλλου IGMP(Internet Group Management Protocol). Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται μεταξύ ενός host ενός υποδικτύου (τύπου Ethernet) και του αντίστοιχου router του. Χρησιμοποιώντας αυτό το πρωτόκολλο, ο host πληροφορεί τον router ότι θέλει να συμμετέχει σε μια συγκεκριμένη IP multicast ομάδα. Στην πραγματικότητα ο router απλώς χρειάζεται να ξέρει αν μια ομάδα είναι ενεργή για τα μέλη του ή όχι. Αυτό

σημαίνει ότι δεν χρειάζεται ο router να παρακολουθεί ποια από τα μέλη του υποδικτύου είναι μέλη της ομάδας αλλά απλώς αν κάποιος από όλα είναι μέλος. Από τη στιγμή που ο router έχει αυτή την πληροφορία, μπορεί να τη χρησιμοποιήσει με έναν «έξυπνο» τρόπο για να εξασφαλίσει ότι τα πακέτα που προορίζονται για το συγκεκριμένο group θα φτάσουν και στο δικό του υποδίκτυο.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό θέμα είναι πώς τα πακέτα θα διανεμηθούν από την πηγή προς τον προορισμό με έναν αποτελεσματικό τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται με το στήσιμο ενός multicast δένδρου που συνδέει όλα τα μέλη μιας ομάδας. Αυτό επιτρέπει στον αποστολέα να εκπέμψει ένα απλό πακέτο ανεξάρτητα από τον αριθμό των μελών της ομάδας. Οι routers κατά μήκος του δένδρου αντιγράφουν τα πακέτα και όταν χρειάζεται τα διανέμουν στα μέλη της ομάδας. Το multicast εξασφαλίζει έτσι ότι θα δημιουργηθούν τόσα αντίγραφα όσα χρειάζονται. Τα πρωτόκολλα που θα χρησιμοποιηθούν για τη δρομολόγηση των πακέτων στο δίκτυο περιγράφηκαν παραπάνω.

Για να μπορεί να πραγματοποιηθεί το IP multicasting πρέπει όλοι οι routers στο Internet να είναι ικανοί να το υποστηρίξουν. Έτσι κάθε router πρέπει να υποστηρίζει multicast πρωτόκολλα όπως DVMRP, MOSPF, PIM ή CBT. Επιπλέον οι routers που είναι συνδεδεμένοι σε υποδίκτυα (τύπου Ethernet) πρέπει να υποστηρίζουν και το πρωτόκολλο IGMP. Εντούτοις, πολλοί από τους υπάρχοντες routers του Internet δεν υποστηρίζουν κανένα από τα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης. Έτσι δημιουργήθηκε η εξής κατάσταση: από τη μια το IP multicasting δεν μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς την υποστήριξη των routers, και από την άλλη οι πωλητές των routers δεν υποστηρίζουν το IP multicast αν δεν αναπτυχθεί σαν τεχνολογία επαρκώς. Η λύση στο πρόβλημα αυτό δόθηκε με την εφαρμογή των IP tunnels. Η δημιουργία αυτού του εικονικού δικτύου από IP tunnels στην κορυφή του Internet είναι γνωστή ως Multicast Backbone of the Internet δηλαδή Mbone.

## ***ΕΦΑΡΜΟΓΗ MBONE***

### ***1.Τί είναι το MBONE***

Το mbone μπορεί να εξασφαλίσει ήχο και video στο Internet. Το Mbone (Multicast Backbone) είναι ένα εικονικό δίκτυο που υπάρχει από το 1992<sup>vii</sup>. Ονομάστηκε έτσι από τον Steve Casner (University of Southern California Information Sciences)<sup>viii</sup> και ξεκίνησε από μία προσπάθεια για να μεταδοθεί ήχος και video μέσω Internet. Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες ερευνητές που χρησιμοποιούν Mbone για να αναπτύξουν πρωτόκολλα και εφαρμογές για επικοινωνία ομάδων.

Το MBONE - Virtual Multicasting Backbone On the interNET είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει τη διακίνηση και προσπέλαση διαλογικών πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο στο Internet. Η διανομή τέτοιων ισόχρονων μέσων με έναν ευρείας κλίμακας τρόπο πάνω από δίκτυα μεταγωγής

πακέτων, όπως το Internet, δεν ήταν εφικτή πριν εφευρεθεί και αναπτυχθεί το MBONE.

Πρόκειται για μια πειραματική δομή που κατασκευάστηκε για την ανάπτυξη, εκλέπτυνση και βελτίωση των πρωτοκόλλων πολλαπλής αποστολής (multicast protocols) και εφαρμογών στο Internet. Στην αρχική του μορφή το MBONE παρουσιάστηκε ως η έκβαση των δύο πρώτων πειραμάτων της IETF-Internet Engineering Task Force, το 1992, κατά τα οποία ήχος και video από το site της IETF μεταδόθηκαν απευθείας - σε πραγματικό χρόνο - σε πολλούς προορισμούς σε όλο τον κόσμο.

Ο λόγος που το Mbone έγινε ένα εικονικό δίκτυο είναι ότι μοιράζεται το ίδιο φυσικό μέσο με το Internet. Χρησιμοποιεί ένα δίκτυο από routers (mrouters) που μπορούν να υποστηρίξουν multicast. Αυτοί οι mrouters είναι μάλλον αναβαθμισμένοι routers ή αφοσιωμένοι σταθμοί εργασίας που τρέχουν με τροποποιημένους πυρήνες - οι οποίοι έχουν την ίδια λογική με τους routers.

Το Mbone αυξάνεται με το "tunnelling", ένα σχήμα για να προωθούνται τα πακέτα μεταξύ των Mbone subnets μέσα από τους IP routers οι οποίοι δεν υποστηρίζουν IP Multicast. Αυτό επιτυγχάνεται ενσωματώνοντας τα πακέτα του multicasting μέσα στα κανονικά IP πακέτα. Εφόσον το hardware αναβαθμιστεί για να υποστηρίξει multicasting κυκλοφορία, αυτό το μικτό σύστημα από αφοσιωμένους Mrouters και tunnels δεν θα είναι πλέον απαραίτητο. Αναμένεται ότι οι περισσότεροι routers θα υποστηρίξουν multicast στο προσεχές μέλλον, εξαλείφοντας τις ανεπάρκειες των διπλών routers και tunnels.

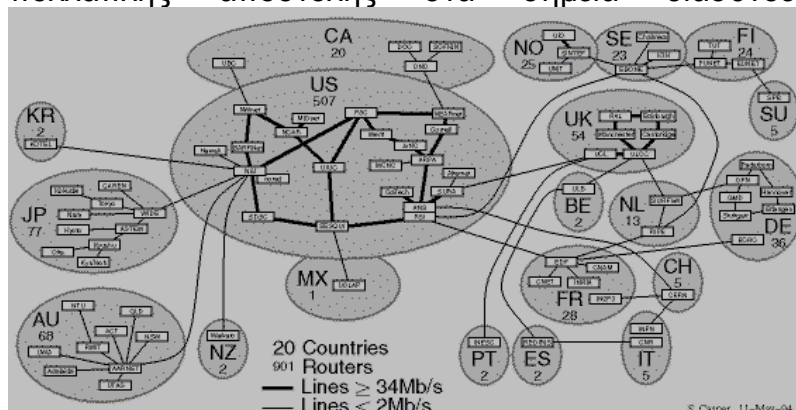
## ***2. MBONE και IP Πολλαπλής Αποστολής (IP multicasting)***

Το MBONE συντίθεται από νησίδες που υποστηρίζουν ευθέως το IP πολλαπλής αποστολής - όπως τοπικά δίκτυα Ethernet - συνδεδεμένες με ιδεατές συνδέσεις σημείου προς σημείο, που λέγονται tunnels. Τα IP πακέτα πολλαπλής αποστολής πριν τη μετάδοσή τους μέσα από τα tunnels ενσωματώνονται σε νέα πακέτα, έτσι ώστε να παρουσιάζονται σαν κανονικά unicast πακέτα στους ενδιάμεσους δρομολογητές και υποδίκτυα. Η λειτουργία αυτή είναι γνωστή ως ενσωμάτωση (encapsulation).

## ***3. Τοπολογία του MBONE***

Η τοπολογία του MBONE είναι συνδυασμός τοπολογίας πλέγματος (mesh) και τοπολογίας αστέρα (star). Τα δίκτυα κορμού και τα περιφερειακά δίκτυα συνδέονται με ένα πλέγμα από tunnels μεταξύ των δρομολογητών

πολλαπλής αποστολής στα σημεία διασύνδεσης των δικτύων.



### Τοπολογία του MBONE (Μάϊος 1994)

Το κάθε περιφερειακό δίκτυο ακολουθεί μία τοπολογία αστέρα, έχοντας όλα τα υποδίκτυα, που θέλουν να συμμετέχουν, να κρέμονται από τον κόμβο που συνδέεται στο πλέγμα του MBONE. Μεταξύ των ηπείρων υπάρχουν συνήθως ένα ή δύο tunnels τα οποία τερματίζονται στο κοντινότερο σημείο του πλέγματος του MBONE.

#### 4. Υλικό απαραίτητο για το MBONE

Οι απαιτήσεις σε υλικό για το MBONE εξαρτώνται από το βαθμό συμμετοχής που επιθυμούμε να απολάβουμε.

- Για λήψη των προγραμματιζόμενων μεταδόσεων από το MBONE : Ένας σταθμός εργασίας UNIX ή ένας προσωπικός υπολογιστής με Windows ή ένας Macintosh είναι αρκετά.
- Για λήψη και αποστολή ήχου : Χρειάζονται ένα μικρόφωνο καθώς και κάρτα ήχου. Η κάρτα ήχου συμπεριλαμβάνεται με τους περισσότερους σταθμούς UNIX και τους Macintosh. Στους προσωπικούς υπολογιστές θα πρέπει να αγοραστεί πρόσθετα.
- Για λήψη και αποστολή video : Ψηφιακός ή αναλογικός frame grabber και ψηφιακή ή αναλογική camera. Με έναν ψηφιακό frame grabber παρατηρείται καλύτερη ποιότητα και υψηλότερη ταχύτητα μετάδοσης εικόνων σε σχέση με έναν αναλογικό frame grabber.

#### 5. Αναμενόμενο επίπεδο κυκλοφορίας στο MBONE

Υπάρχει ένα όριο 500 kb/s στο ποσό της πληροφορίας που μπορεί να μετακινηθεί συνολικά στο MBONE. Τυπικά για διακίνηση ήχου πάνω από το MBONE απαιτούνται τουλάχιστον 32 kb/s και για video περισσότερα από 128 kb/s. Με αυτούς τους ρυθμούς μετάδοσης για τις ροές ήχου και video πάνω από το MBONE υπάρχει ένας μικρός και πεπερασμένος αριθμός των ταυτόχρονων μεταδόσεων που μπορεί να χειριστεί το MBONE. Για αυτό το

λόγο είναι αναγκαίο να γίνεται προγραμματισμός των συνόδων που θα λάβουν χώρα στο MBONE με τα εργαλεία λογισμικού που έχουν αναπτυχθεί για αυτό το σκοπό (SDR).

### *Multicasting και ATM δίκτυα*

Οι εφαρμογές ήχου και τηλεδιάσκεψης απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης και χαμηλό χρόνο απόκρισης (latency). Το πρωτόκολλο IP δίνει αρκετά γρήγορες συνδέσεις για να λύσει αυτό το πρόβλημα, αλλά ακόμη παραμένει ένα αρκετά σημαντικό πρόβλημα χρόνου απόκρισης στα δίκτυα IP. Θέτοντάς το απλά, επειδή το IP μπορεί να υποστηρίξει πολύ μεγάλα πακέτα, είναι δυνατό για ένα μικρό ευαίσθητο σε χρόνο απόκρισης πακέτο να «κολλήσει» πίσω από ένα μεγάλο πακέτο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα μεγάλη έρευνα έχει επικεντρωθεί στα ATM δίκτυα. Μία πλευρά αυτής της έρευνας έχει υποστηρίξει multicasting πάνω σε ATM δίκτυα.

Το multicasting απαιτείται να υλοποιήσει υψηλής κλίμακας (>10 κόμβων) διασκέψεις εξαιτίας των στοιχείων πραγματικού χρόνου αυτών των μέσων. Τα στοιχεία πραγματικού χρόνου απαιτούν σταθερή ροή δεδομένων και έχουν πολύ χαμηλή ανεκτικότητα στα «τρεμουλιάσματα» (jitters).

Το δίκτυο ATM είναι δυνατό να έχει πολύ χαμηλό ρυθμό λαθών εξαιτίας του μέσου που αναμένεται να υλοποιηθεί (π.χ. οπτικές ίνες).

Το ATM μπορεί να διαχωριστεί στο επίπεδο πρόσβασης μέσων (Media Access Layer) και στο φυσικό επίπεδο. Το Media Access Layer αποτελείται από αρκετά AALs (ATM Adaption Layers). Αυτά ορίζουν τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου. Μπορούμε να τα ταξινομήσουμε χρησιμοποιώντας το παρακάτω διάγραμμα:

<b>Bit Stream Oriented</b>		<b>Packet Oriented</b>	
<b>Constant Bit Rate</b>	<b>Variable Bit Rate</b>		
<b>Connection Oriented</b>			<b>Connectionless</b>
<b>Class A</b>	<b>Class B</b>	<b>Class C</b>	<b>Class D</b>

Τα πρωτόκολλα που είναι προσανατολισμένα στη σύνδεση (Connection Oriented protocols) μπορούν να επιφέρουν μια μεγάλη επικεφαλίδα (overhead) όταν εγκαθιστούν και καταστρέφουν συνδέσμους, επομένως μη προσανατολισμένοι στη σύνδεση (connectionless) σύνδεσμοι ίσως είναι προτιμότεροι. Μερικές εφαρμογές που απαιτούν multicasting όπως

οι ηχητικές θα προτιμούσαν ένα σταθερό ρυθμό bit (constant bit rate) ενώ το video είναι λιγότερο ευάλωτο στα «τρεμουλιάσματα» (jitters).

Τα δίκτυα ATM χρησιμοποιούν κυψελίδες που είναι παρόμοιες με τα πακέτα. Μπορούμε να συμπεράνουμε από το διάγραμμα ότι οι υπηρεσίες της Class D είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις που χρειάζονται για να υλοποιηθεί multicast σε ένα ATM δίκτυο.

Στο φυσικό επίπεδο έχουμε ένα σύνολο διασυνδεδεμένων κόμβων μεταγωγής κελιών (ATM switch) το οποίο δέχεται  $N$  εισόδους με VCI/VPI (Virtual Channel Identifier/Virtual Path Identifier) διευθύνσεις και αντιστοιχεί αυτές σε μία από  $M$  εξόδους αλλάζοντας την ίδια στιγμή την VCI/VPI διεύθυνση. Επιπρόσθετα πρέπει να ληφθεί υπόψιν το μέσο που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των ATM switches. Αυτό έχει χαρακτηριστικά τα οποία θα επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο το ATM Multicast υλοποιείται<sup>ix</sup>. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν θεωρήσουμε την τακτική που ακολουθείται στον εντοπισμό λαθών.

Τα τρέχοντα χαρακτηριστικά του ATM είναι το σταθερό μήκος των κυψελίδων στα 53bytes και ελαφριές συνδέσεις χωρίς εσωτερικό έλεγχο των λαθών των switches. Δεν υπάρχει άμεση υποστήριξη multicasting σε ένα ATM δίκτυο εξαιτίας των της περιορισμένης διευθυνσιοδότησης (28 bits) και λόγω του γεγονότος ότι τα switches δεν υποστηρίζουν άμεσα εξάπλωση μίας εισόδου σε πολλές θύρες εξόδου στο switch. Είναι λογικό επομένως να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις.

### ***Επέκταση του ATM για multicasting***

Αρχικά το θέμα των αντιγράφων των κυψελίδων (fanout<sup>1</sup> (1-N)) πρέπει να έχει κάποια συσχετισμένα με αυτό δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να τοποθετηθούν σε κάθε κυψελίδα ή στο κάθε switch. Η δομή της κυψελίδας δεν είναι ικανή να αποθηκεύσει αυτές τις πληροφορίες. Ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος για να αποθηκευτεί το fanout είναι αυτό να γίνει σε κάθε switch που συσχετίζεται με τις VCI/VPI πληροφορίες. Επομένως οι κυψελίδες μπορούν να επαναλαμβάνονται (replicated) σε κάθε σύνδεση και κάτω από τον έλεγχο των μηχανισμών σύνδεσης που παρέχονται στο ATM.

Κάποιο μέσο αναγνώρισης των αντιγράφων μιας κυψελίδας πρέπει να εξασφαλιστούν για να ενεργοποιήσουν τις επόμενες μεταγωγές και οι τελικοί προορισμοί να αποπολυπλεχθούν (demultiplex-ed). Αυτό φέρνει το θέμα του διαχωρισμού της λειτουργίας αντιγραφής από τη λειτουργία της δρομολόγησης. Τα ακόλουθα θέματα θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν στο σχεδιασμό ενός εκτεταμένου ATM switch:

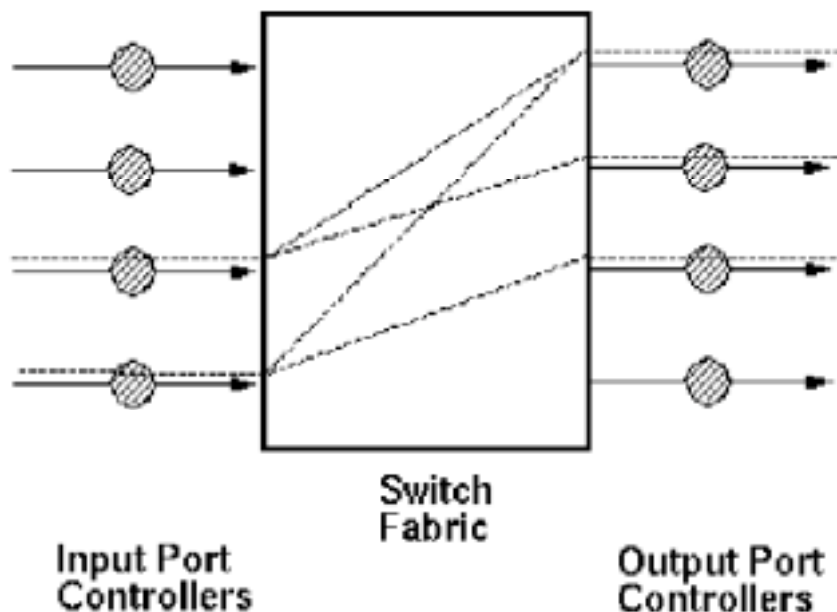
1. Καθυστερήση – σημαντική για εφαρμογές αλληλεπίδρασης.
2. «Τρεμούλιασμα» (jitter) – κρίσιμο για ήχο και video.

---

<sup>1</sup> Fanout είναι ο βαθμός επανάληψης σε ένα δέντρο multicast ή ο αριθμός των αντιγράφων του κελιού σε ένα switch.

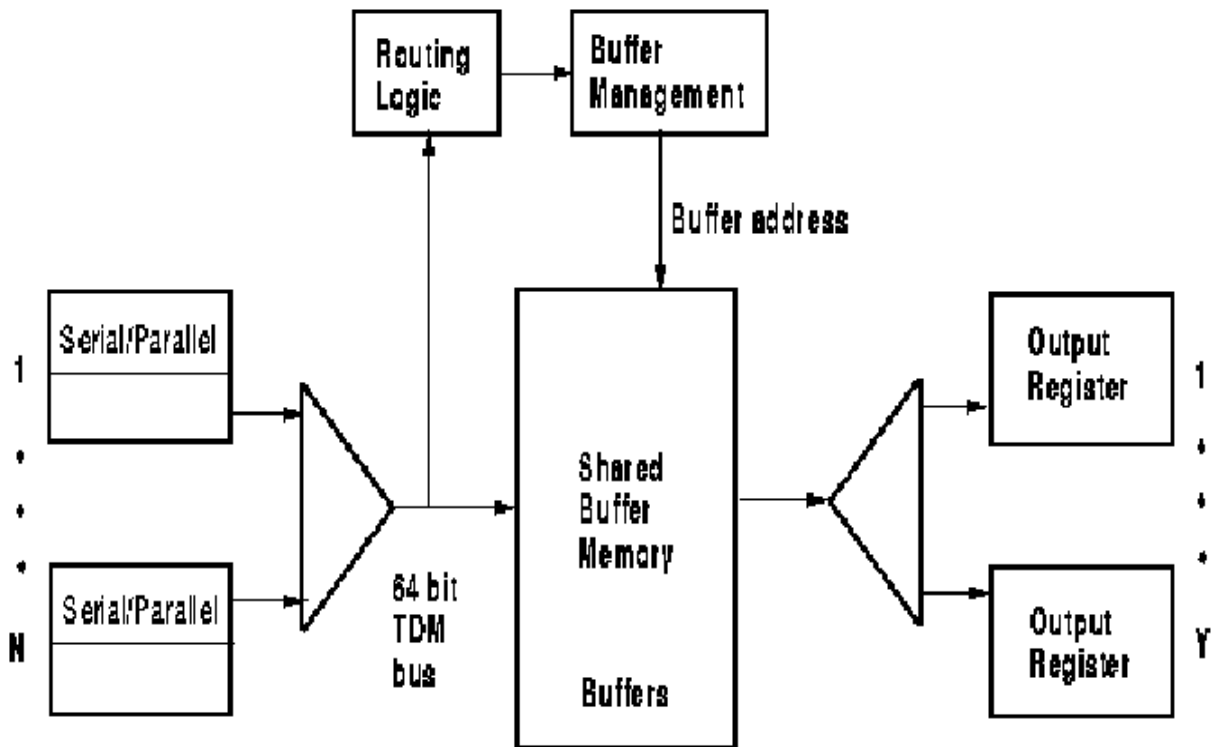
3. Χωρητικότητα – ο ανταγωνισμός για εύρος ζώνης θα προκαλέσει καθυστερήσεις.
4. Αξιοπιστία – και τα δύο switch και μέσα θα επηρεάσουν την ανάκαμψη των λαθών.
5. Προτεραιότητα – CLP bit δίνει πρωταρχική προτεραιότητα στα ATM.

### **Ολοκληρωμένες μεταγωγές (Integrated Switches)**



Το παραπάνω σχήμα δείχνει τη δομή ενός switch που υποστηρίζει επανάληψη και δρομολόγηση. Αυτά τα switches έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία αναφέρονται παρακάτω. Ο σχεδιασμός των Space Switched τροποποιεί το δίκτυο σε ένα switch που περιλαμβάνει ένα επαναδιευθετήσιμο (non-blocking)  $N \times M$  multicast switch σε μια μονάδα<sup>x</sup>. Η αντιγραφή των κυψελίδων συμβαίνει στα στοιχεία του switch με το καθένα να είναι ικανό να μεταδίδει την εισερχόμενη κυψελίδα σε όλες τις εισόδους.

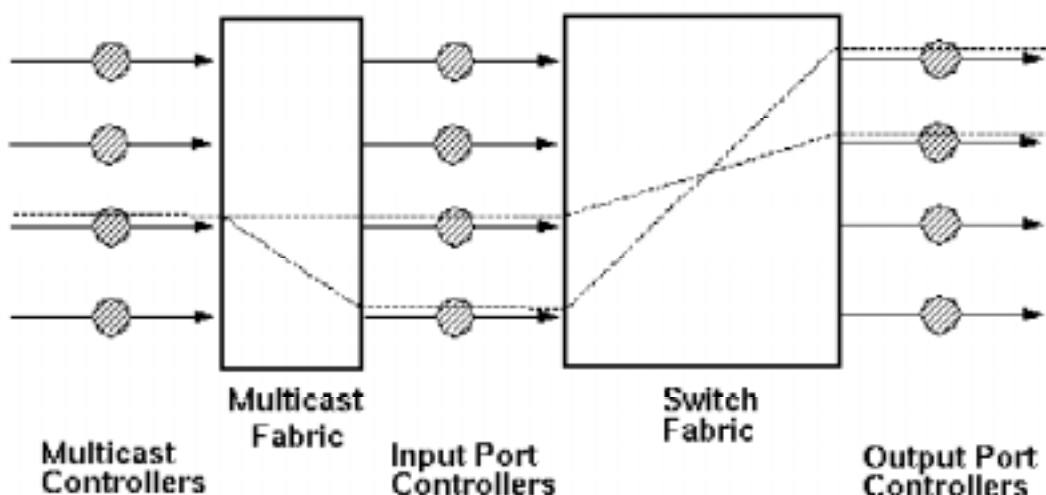
Δεύτερον οι αναδυόμενες κυψελίδες επανακυκλώνονται και επανεισάγονται στις θύρες εισόδου με την ίδια σειρά με την οποία έφυγαν ώστε η διαδικασία δρομολόγησης να λάβει χώρα. Αυτή τη στιγμή δρομολογούνται στους προορισμούς τους. Όταν επανεισάγονται στα switch για δεύτερη φορά συμπεριφέρονται σαν κανονικές unicast κυψελίδες. Αυτό σημαίνει ότι το switch την πρώτη φορά χρησιμοποιείται για να γίνει η επανάληψη και τη δεύτερη για γίνει η εκπομπή. Έτσι θα πρέπει να λειτουργεί σε διπλάσια ταχύτητα από την κανονική ώστε οι δύο φάσεις να έχουν ολοκληρωθεί πριν μία καινούρια κυψελίδα εισαχθεί.



Η διαμοιραζόμενη μνήμη (Shared Memory) είναι μία δεύτερη κατηγορία του ολοκληρωμένου switch. Η Roxanne (το παραπάνω σχήμα) είναι ένας τέτοιος σχεδιασμός switch. Χρησιμοποιεί έναν διαφορετικό μηχανισμό για να κάνει την επανάληψη. Οι εισερχόμενες κυψελίδες αποθηκεύονται στη διαμοιραζόμενη μνήμη. Η κυψελίδα δρομολογείται όταν η θύρα εξόδου δέχεται έναν δείκτη (pointer). Το multicasting πετυχαίνεται επιτρέποντας πολλαπλές θύρες εξόδου να αναφέρονται στην ίδια κυψελίδα της διαμοιραζόμενης μνήμης. Η ενταμίευση (buffering) επίσης βελτιώνει την απόδοση σε συνθήκες έκρηξης δεδομένων. Ένα πιθανό πρόβλημα αυτής της κατηγορίας switch είναι ότι είναι πιθανή η αναδιοργάνωση των κυψελίδων. Αυτό απαιτεί κάποιου είδους επανατοποθέτηση στη σειρά πριν η κυψελίδα σταλεί στη θύρα εξόδου.

### *Επικαλυπτόμενες μεταγωγές (Cascaded Switches)*





Οι επικαλυπτόμενες μεταγωγές<sup>xi</sup> μοιάζουν με το παραπάνω σχήμα. Η δομή αντιγραφής (replication fabric) είναι μία ξεχωριστή μονάδα η οποία τοποθετείται μπροστά από τη δομή δρομολόγησης (routing fabric). Η κυψελίδα έρχεται σε μία γραμμή εισόδου και αντιγράφεται στον αριθμό των εξόδων της. Επομένως στο σχήμα η γραμμή εισόδου 2 (μετρώντας από το 0) αντιγράφεται στη δομή multicast και καταλήγει στην έξοδο της ίδιας κυψελίδας στις θύρες 2 και 3. Μετά δρομολογείται στους προορισμούς της με τη δομή switch. Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι είναι κατανοητό ότι ένας τυποποιημένος unicast ATM switch μπορεί να έχει μια multicast μονάδα στις εισόδους του και προμηθεύει με multicasting ευκολίες αυτού που το θέλουν.

### *Σύγκριση ολοκληρωμένων και επικαλυπτόμενων μεταγωγών*

Οι επικαλυπτόμενες μεταγωγές έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως την ευκολία προσθήκης multicasting ικανότητας στα unicast switches. Αυτό είναι πολύ σημαντικό από τη στιγμή που περιλαμβάνονται θέματα κόστους.

Κάθε τοποθεσία μπορεί να μη θέλει multicasting switches στα ATM switches και έχουν αυτή την επιλογή όταν χρησιμοποιούνται επικαλυπτόμενες μεταγωγές.

Από την άλλη μεριά είναι φθηνότερο να παράγεις ολοκληρωμένες μεταγωγές από τη στιγμή που περιλαμβάνει λιγότερες μονάδες.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας περιλαμβάνει την διανομή των VCI's για τα multicasting groups. Το ATM έχει περιορισμένο πεδίο διευθυνσιοδότησης και αυτό το πρόβλημα θα πρέπει να αντιμετωπιστεί προσεκτικά.

# Multicasting in Mobile Ad-Hoc Networks

## 1. Εισαγωγή

Τα Multicast πρωτόκολλα για τα **ad-hoc** δίκτυα γίνονται όλο και πιο σημαντικά καθώς οι ανάγκες για επικοινωνία η οποία είναι προσανατολισμένη σε ομάδες αυξάνονται συνεχώς. Οι περιορισμοί και οι δυνατότητες των handheld συσκευών πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός Multicast πρωτοκόλλου. Προς το παρόν ισχύει η άποψη ότι δεν υπάρχει κάποια απλή λύση για διαφορετικά είδη δικτύων και απαιτήσεων.

Το κείμενο αυτό παρουσιάζει τα αποτελέσματα της εργασίας του *Integrated Multicast for Ad Hoc Networks (IMAHN) project* και τα συγκρίνει με τα υπάρχοντα Multicast πρωτόκολλα. Το *IMAHN project* βασίζεται σε μια ειδική μέθοδο ροής και είναι φτιαγμένο για τα μικρά και δυναμικά δίκτυα όπου η κινητικότητα των Hosts είναι απεριόριστη. Παρόλο που το πρωτόκολλο που προτείνεται από το IMAHN project έχει σχεδιαστεί για ένα πολύ ειδικό τύπο AHN, έχει μελετηθεί παράλληλα από μια ευρύ οπτική γωνία και όλο το πεδίο του Multicasting. Το *project* προτείνει ότι το πρωτόκολλο πρέπει να επιλεγεί με βάση την τρέχουσα κατάσταση και τις απαιτήσεις και ότι πρέπει να φορτωθεί δυναμικά από το δίκτυο. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το πρωτόκολλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν μπορούν να λειτουργήσουν συγχρόνως διαφορετικοί τύποι δικτύων.

Η έρευνα σε αυτήν την νέα περιοχή έχει μέχρι στιγμής πολύ μικρή διάρκεια και χρειάζεται πολύ δουλειά μέχρι να υπάρξουν διαθέσιμες πλήρεις λύσεις.

Τα Ad-hoc networks (AHNs) γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή εξαιτίας της ταχείας εξέλιξης των κινητών και μεταφέρσιμων συσκευών. Όλοι οι Hosts σε αυτού του είδους τα δίκτυα μπορούν να κινούνται σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης η ανάγκη για προσανατολισμένη σε ομάδες επικοινωνία και επεξεργασία πληροφοριών αυξάνεται ραγδαία. Οι προσεγγίσεις που γίνονται για το multicasting για τα σταθερά δίκτυα δεν μπορούν να εφαρμοστούν στα Ad-hoc networks. Πολλά ερευνητικά προγράμματα μελετούν το πρόβλημα και ορισμένες προτάσεις αυτών εξετάζονται με προσοχή εδώ.

Ο κύριος σκοπός αυτού του κειμένου είναι να περιγράψει την εργασία του Integrated Multicast for Ad Hoc Networks (IMAHN) project του Information Sciences Institute που ανήκει στο University of Southern California και ταυτόχρονα να συγκρίνει τα αποτελέσματά του με διάφορα άλλα multicast πρωτόκολλα για τα Ad Hoc Networks.

## 2. Γενικά

Στις μέρες μας ο όρος κινητότητα συχνά χρησιμοποιείται για να περιγράψει την περίπτωση στην οποία κάποιος που ταξιδεύει σε κάποια

άλλη χώρα συνδέει τον υπολογιστή/συσκευή του στο δίκτυο και διαμένει σε ένα μέρος για ένα σχετικά μεγάλο διάστημα. Το μόνο που χρειάζεται να ενημερωθεί είναι η νέα τοποθεσία της συσκευής. Αυτά τα είδη των δικτύων συχνά λέγονται παραδοσιακά ή σταθερής δομής δίκτυα και ο όρος περιαγωγή (roaming) χρησιμοποιείται αντί για τον όρο κινητότητα. Στο μέλλον οι άνθρωποι θα έχουν την δυνατότητα να μετακινούνται και συγχρόνως να έχουν αξιόπιστη και ομαλή σύνδεση στο δίκτυο. Επιπρόσθετα κάποιοι από αυτούς θα έχουν την δυνατότητα να συμμετέχουν σε ομαδικές επικοινωνίες χωρίς πάρα πολλούς περιορισμούς.

Ένα δίκτυο στο οποίο όλα τα στοιχεία του είναι κινητά λέγεται **multi-hop ad hoc network** και συνήθως είναι ασύρματο. Όλοι οι σταθμοί (hosts) μπορούν να δουλέψουν ως σταθμοί ή ως δρομολογητές (routers) και άρα δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ τους στα AHNs. Οι διαφορές μεταξύ των AHNs και των παραδοσιακών δικτύων απαιτούν θεμελιώδεις αλλαγές στα πρωτόκολλα των παραδοσιακών δικτύων έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τις ανάγκες των AHNs.

Το IMAHN project προσδοκεί ότι στο μέλλον το internet θα αποτελείται από σταθερά (wired) backbone networks, σταθερής δομής κινητά δίκτυα και πλήρως κινητά δίκτυα. Τα δύο τελευταία είδη θα είναι συνδεδεμένα στο backbone. Επίσης πιστεύουν ότι μια πλήρη multicasting λύση θα επιτευχθεί με την χρησιμοποίηση μιας ειδικής λύσης σε κάθε τύπο δικτύου και με την ενοποίηση αυτών των λύσεων. Υπάρχουν ήδη κάποια multicast πρωτόκολλα που δουλεύουν για σταθερά τμήματα του δικτύου. Στο μέλλον η προσοχή θα επικεντρωθεί στην ανάπτυξη multicast πρωτοκόλλων για σταθερής δομής κινητά δίκτυα και για ad hoc δίκτυα. Επίσης είναι αναγκαίο όλοι αυτοί οι διαφορετικοί μηχανισμοί να συνεργάζονται καλά μεταξύ τους.

Πολλά multicasting πρωτόκολλα έχουν προταθεί για τα AHNs και ένα κοινό στοιχείο όλων αυτών είναι ότι είναι state-based. Αυτό σημαίνει ότι οι κόμβοι του δικτύου αποθηκεύουν την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου. Αν υπάρχουν πολλοί κινητοί σταθμοί θα υπάρχουν πολλά μηνύματα ενημέρωσης που θα αυξήσουν την κίνηση και θα μειώσουν την απόδοση του δικτύου. Αν επιπλέον οι σταθμοί κινούνται γρήγορα η ενημέρωση θα πρέπει να γίνεται πιο γρήγορα. Αυτός είναι ο λόγος που δεν είναι κατάλληλα για AHNs όπου οι σταθμοί κινούνται γρήγορα και χωρίς περιορισμούς. Αυτά τα πρωτόκολλα προσπαθούν να λύσουν το πρόβλημα του multicasting βελτιστοποιώντας τις unicast δυνατότητες των δικτύων. Οι άνθρωποι του IMAHN project πιστεύουν ότι είναι καλύτερο να αντιμετωπιστεί το multicasting ως ξεχωριστό πρόβλημα εξαιτίας των broadcast δυνατοτήτων των AHNs.

Ένα multicast πρωτόκολλο δρομολόγησης για τα AHNs πρέπει να έχει σημαντικές δυνατότητες εκτός από την υποστήριξη κινητότητας. Πρώτον πρέπει ισορροπεί μεταξύ σταθερότητας και αποδοτικότητας. Εξαιτίας των περιορισμών των κινητών συσκευών (χαμηλή ενέργεια, μικρή χωρητικότητα) τα παραδοσιακά πρωτόκολλα δεν είναι ικανά για υψηλής δυναμικότητας δίκτυα. Δεύτερον διαφορετικά πρωτόκολλα δουλεύουν καλύτερα σε διαφορετικούς τύπους δικτύων. Και τέλος για να παραχθούν ολοκληρωμένες

υπηρεσίες multicasting πρέπει να αναπτυχθούν μηχανισμοί για την συνεργασία των διαφορετικών τύπων δικτύων.

### 3. Υπάρχουσες Λύσεις

Παρόλο που η περιοχή των AHNs είναι σχετικά καινούργια υπάρχουν ήδη κάποια διαθέσιμα πρωτόκολλα. Τα περισσότερα από αυτά μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

α) **proactive** τα οποία κρατούν την κατάσταση κίνησης του δικτύου στα συστατικά του.

Παραδείγματα τέτοιων δικτύων είναι τα AMRoute (Adhoc Multicast Routing Protocol), AMRIS (Ad hoc Multicast Routing protocol utilizing Increasing id-numberS), CAMP (Core-Assisted Mesh Protocol) και το MCEDAR (Multicast Core-Extraction Distributed Ad hoc Routing).

β) **reactive** τα οποία σε αντίθεση με τα proactive πρωτόκολλα, αποκτούν την δρομολόγηση όταν ζητηθεί. Το AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector routing protocol) και το ODMRP (On-Demand Multicast Routing Protocol) είναι παραδείγματα reactive πρωτοκόλλων.

#### 3.1 Proactive Protocols

Τα περισσότερα πρωτόκολλα αυτού του είδους είναι tree-based. Αυτό σημαίνει ότι τα συντομότερα μονοπάτια μεταξύ των κόμβων σχηματίζουν μια δενδροειδής δομή η οποία συντηρείται και ενημερώνεται από τους κόμβους. Εξαιτίας της δενδροειδής μορφής η αποδοτικότητά τους είναι πολύ υψηλή.

#### 3.2 Reactive Protocols

Αυτα σε πολλά σημεία αντιγράφουν τα proactive αλλά δεν απαιτούν την συντήρηση της τοπολογίας του δικτύου όταν δεν υπάρχει η απαραίτητη κίνηση. Η κατάσταση του δικτύου λαμβάνεται όταν απαιτείται. Το μειονέκτημά τους είναι ότι οι συχνές και γρήγορες αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα.

#### 3.3 Hybrids

Η κατηγοριοποίηση των πρωτοκόλλων δρομολόγησης δεν είναι πάντα εύκολη και μπορεί να υπάρχουν διαφωνίες για το αν ένα πρωτόκολλο είναι reactive ή proactive. Επίσης μερικά από αυτά είναι υβριδικά και μπορεί να λειτουργούν ως reactive ή proactive συγχρόνως. Ένα τέτοιο πρωτόκολλο είναι το Zone Routing Protocol (ZRP) το οποίο συνδυάζει χαρακτηριστικά και των δύο.

## 4 The IMAHN Project

Κύριος σκοπός του project είναι είναι η ανάπτυξη νέων πρωτοκόλλων δρομολόγησης ειδικά για υψηλής ταχύτητας AHNs. Τα πρωτόκολλα θα πρέπει να έχουν υψηλή σημασία για ειδικές περιπτώσεις όπως είναι τα στρατιωτικά δίκτυα.

### 4.1 Απεριόριστη κινητικότητα

Περιλαμβάνει τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η συμπεριφορά των σταθμών είναι ανεξάρτητη από τους άλλους σταθμούς.
- Δεν υπάρχουν περιορισμοί ταχύτητας για τους hosts.
- Δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς την κατεύθυνση της κίνησης
- Προσωρινά τμήματα του δικτύου έχουν μεγάλες πιθανότητες επιτυχίας  
Όταν συνδυαστούν όλοι αυτοί οι παράγοντες τότε τα state-based πρωτόκολλα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η σταθερότητα και η υψηλή ποιότητα των υπηρεσιών είναι μεγάλης σημασίας στα AHNs, για παράδειγμα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Μηχανισμοί που δεν ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια δεν είναι οι κατάλληλοι.

### 4.2 Λύσεις

Το *IMAHN project* βασίζεται σε μια ειδική μέθοδο ροής την οποία ονομάζει *hyper-flooding* εξαιτίας του ότι ο Host μπορεί σε ειδικές περιπτώσεις να ξαναστείλει τα πακέτα. Η μέθοδος αυτή έχει τις παρακάτω δυνατότητες και υποθέσεις:

- Η μέγιστη διάμετρος του δικτύου δεν είναι γνωστή
- Ο μέγιστος χρόνος ζωής του πακέτου δεν είναι γνωστός
- Τα multicast πακέτα μεταφέρουν hop counts και timestamps
- μετρητής των Hops μειώνεται κάθε φορά που το πακέτο επαναστέλνεται
- Τα πακέτα με μηδενικό αριθμό hops ή με ξεπερασμένο timestamp δεν επαναστέλλονται
- Κάθε σταθμός ξέρει μόνο το δικό του multicast group
- Σε κάθε πακέτο υπάρχει ένα μοναδικό ID
- Καθε σταθμός κρατάει μια λίστα από IDs για τα πιο πρόσφατα εισερχόμενα πακέτα

- Αν ο σταθμός δεν είναι ενημερωμένος για νέους γειτονικούς σταθμούς το πακέτο δεν αποστέλεται

Το πρωτόκολλο δεν είναι ολοκληρωτικά state-free. Κάθε σταθμός πρέπει να παρακολουθεί την κίνηση των γειτονικών σταθμών. Πάντως επειδή πολλές «κινητές» τεχνολογίες παρέχουν υπηρεσίες για την παραπάνω διαδικασία δεν υπάρχει η ανάγκη να δημιουργηθεί από την αρχή για το συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Επίσης είναι πολύ εύκολο απλώς να ελέγχονται μόνο οι γειτονικοί σταθμοί παρά όλοι όπως συμβαίνει σε πολλά άλλα πρωτόκολλα.

### 4.3 Περιβάλλον προσομείωσης

Οι ιδέες αυτού του project έχουν δοκιμαστεί με την μέθοδο της προσομείωσης. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Global Mobile System Simulator (GlomoSim) που αναπτύχθηκε στο UCLA.

Ο αριθμός των σταθμών καθορίζεται από την παράμετρο  $n$  και ο αριθμός των broadcast μηνυμάτων από την παράμετρο  $m$ . Όταν λαμβάνεται ένα πακέτο ο σταθμός περιμένει για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πριν να ξαναστείλει το πακέτο. Αυτός ο χρόνος καθορίζεται από την παράμετρο *flooding-interval* και μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0 και *flooding-interval*.

#### Ποιο συγκεκριμένα:

- Κάθε σταθμός είναι και δέκτης και πομπός
- Υπάρχουν 50 σταθμοί τοποθετημένοι τυχαία σε μια περιοχή 1000x1000m
- Κάθε σταθμός μεταδίδει 25 πακέτα

#### Εμβέλεια της ισχύος:

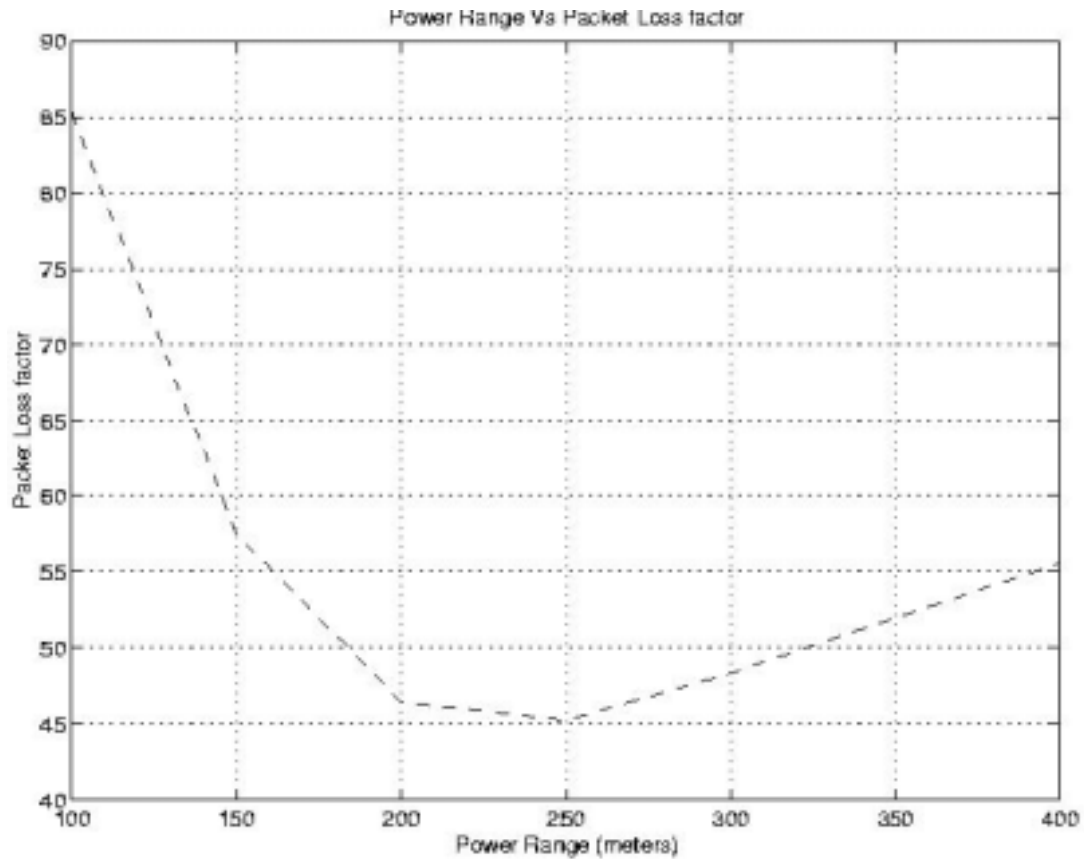
Για την εξακρίβωση μιας λογικής περιοχής μετάδοσης έγιναν τα παρακάτω:

- Οι αρχικές προσομειώσεις διαφέρουν ως προς την περιοχή μετάδοσης
- Προσπάθεια αποφυγής κάποιων τμημάτων του δικτύου
- Προσπάθεια ελαχιστοποίησης των αδιεξόδων.

#### Ως προς την απόδοση μετρήθηκαν οι παρακάτω παράγοντες:

- Ο αριθμός των πακέτων που χάθηκαν
- Η επιβάρυνση από την επαναποστολή των ίδιων πακέτων

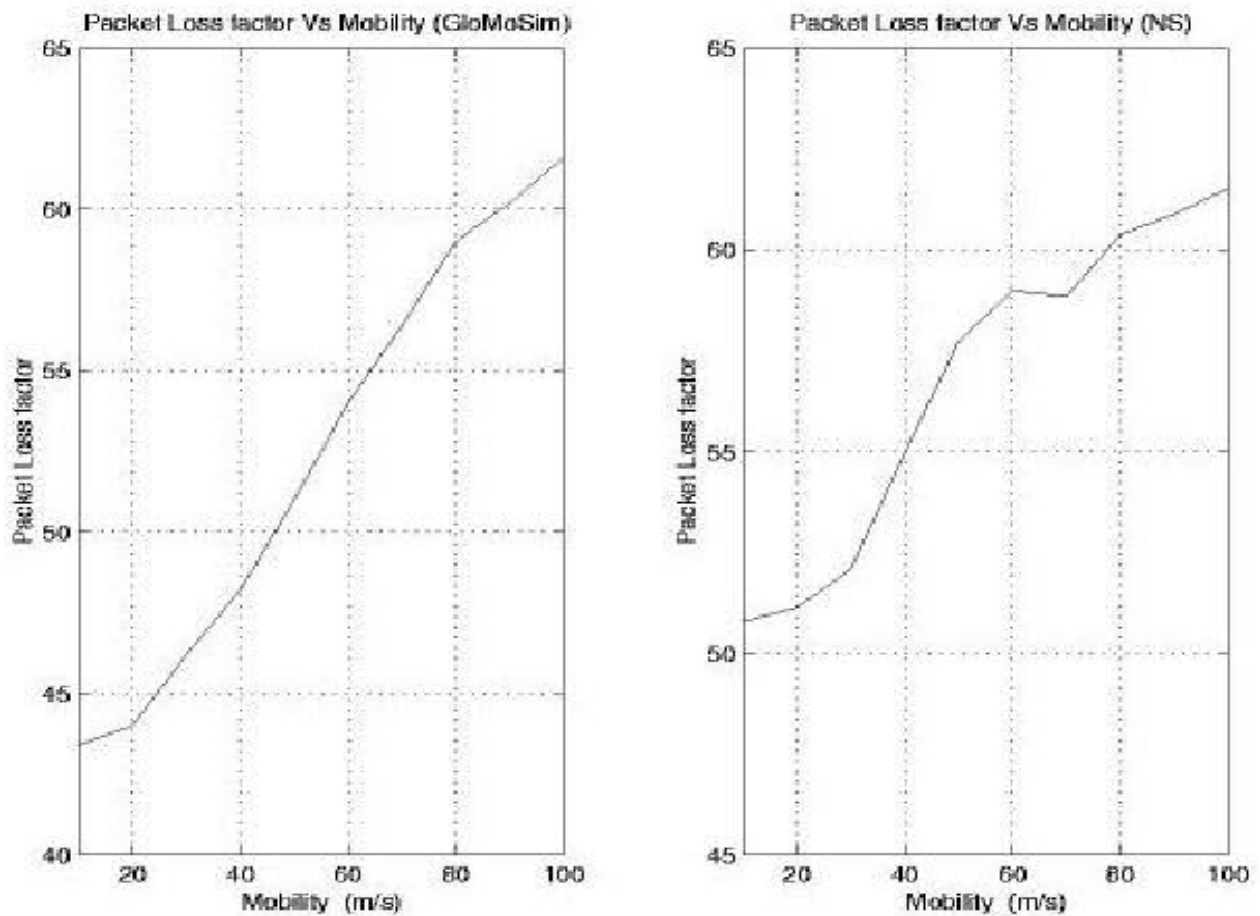
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο αριθμός των πακέτων που χάνονται σε συνάρτηση με την εμβέλεια της ισχύος του δικτύου.



#### 4.4 Αποτελέσματα προσομείωσης

Η προσομείωση εκτελέστηκε τουλάχιστον 10 φορές για να παρθούν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Ένα από τα συμπεράσματα που βγήκαν ήταν ότι ο αριθμός των πακέτων που χάνονται σε συνάρτηση με την ταχύτητα είναι ικανοποιητικά προβλέψιμος. Επίσης έγινε φανερό ότι η μέθοδος flooding μπορεί να υποστηρίξει πολύ καλά την κινητικότητα των συγκεκριμένων δικτύων. Παρόλα αυτά οι αναφορές των αποτελεσμάτων της προσομείωσης απέχουν αρκετά από το να χαρακτηριστούν ολοκληρωμένες.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται αριθμός των πακέτων που χάνονται σε συνάρτηση με την κινητικότητα του δικτύου:



## 5. Συμπεράσματα

Παρόλο που όλα τα πρωτόκολλα που παρουσιάστηκαν αναφέρονται στο multicasting στα AHNs, δεν προσπαθούν όλα να λύσουν το ίδιο πρόβλημα. Η έρευνα του IMAHN project περιορίστηκε κυρίως στην μελέτη του multicasting στα ad-hoc δίκτυα και το πρωτόκολλο που δημιουργήθηκε φαίνεται ότι είναι το μοναδικό το οποίο μπορεί να εξασφαλίσει υψηλή κινητικότητα σε αυτού του είδους τα δίκτυα. Οι περιορισμοί και οι δυνατότητες των hand-held συσκευών λήφθηκαν σοβαρά υπόψη. Επίσης το προτεινόμενο πρωτόκολλο δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε αποθήκευση αλλά αυξάνει το φορτίο του δικτύου εξαιτίας της flooding μεθόδου. Φαίνεται πάντως ότι αυτή η hyper-flooding μέθοδος υποστηρίζει υψηλότερη κινητικότητα από ότι οι υπόλοιπες μέθοδοι.



## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής επιχειρήθηκε η συνοπτική παρουσίαση των μεθόδων υλοποίησης του multicasting κάτω από διαφορετικά δίκτυα. Ένα αρκετά μεγάλο φάσμα του multicasting βρίσκεται στη φάση της έρευνας γι αυτό και μελετήσαμε την υλοποίησή του κάτω από τα παρακάτω δίκτυα: IP, ATM, Mobile Ad-Hoc Networks. Υπάρχει μία πειραματική ραχοκοκαλιά (backbone) για multicasting που ονομάζεται Mbone και στο οποίο υλοποιούμε εφαρμογές multicasting.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ- WEB SITES

- [1] Bommaiah & McAuley & Talpade, AMRoute: Adhoc Multicast Routing Protocol, work in progress, internet draft, draft-talpade-manet-amroute-00.txt, IETF, 6.8.1998 [referred 25.4.2000]  
< <http://ftp.ietf.org/proceedings/99mar/I-D/draft-talpade-manet-amroute-00.txt> >
- [2] Chiang, C-C. & Gerla, M. & Zhang, L., Forwarding Group Multicast Protocol (FGMP) for Multihop, Mobile Wireless Networks, Cluster Computing, 1998 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/gerla-fgmp-98.pdf> >
- [3] Haas, Z. J. & Pearlman, M. R., The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks, work in progress, internet draft, draft-ietf-manet-zone-zrp-02.txt, IETF, June 1999 [referred 25.4.2000]  
< <http://sun10.iihe.ac.be/internet-drafts/draft-ietf-manet-zone-zrp-02.txt> >
- [4] Ho C. & Obraczka, K. & Tsudik, G. & Viswanath K., Flooding for Reliable Multicast in Multi-Hop Ad Hoc Networks, December 1999 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.isi.edu/~gts/paps/hotv99a.ps.gz> >
- [5] Lee, S-J. & Su, W. & Gerla, M., On-Demand Multicast Routing Protocol (ODMRP) for Ad Hoc Networks, work in progress, internet draft, draft-ietf-manet-odmrp-02.txt, IETF, January 2000 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.cs.ucla.edu/NRL/wireless/PAPER/draft-ietf-manet-odmrp-02.txt> >
- [6] Obraczka, K., An Approach to Multicast Routing in AHNs, Internet Engineering Task Force Meeting, 16.3.1999 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.isi.edu/~katia/IMAHN-IETF-0399-slides.ps.gz> >
- [7] Obraczka, K. & Tsudik, G., Multicast Routing Issues in Ad Hoc Networks, IEEE International Conference on Universal Personal Communication (ICUPC '98), October 1998 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.isi.edu/~gts/paps/ot98.ps.gz> >
- [8] Obraczka, K. & Tsudik, G. & Viswanath K., Integrated Multicast for Ad Hoc Networks (IMAHN), DARPA/NSF PI Meeting, December 1999 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.isi.edu/div7/IMAHN/1299.pdf.gz> >
- [9] Perkins, C.E. & Royer, E.M. & Das, S.R., Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, work in progress, internet draft, draft-ietf-manet-aodv-05.txt, IETF, 10.3.2000 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-05.txt> >
- [10] Sinha, P. & Sivakumar, R. & Bharghavan, V., MCEDAR: Multicast Core-Extraction Distributed Ad hoc Routing, IEEE Wireless Communications and Networking Conference, September 1999 [referred 25.4.2000]  
< <http://timely.crhc.uiuc.edu/Papers/wcnc99.2.ps.gz> >
- [11] Wu, C.W. & Tay, Y.C., AMRIS: A Multicast Protocol for Ad hoc Wireless Networks, MILCOM 1999, [referred 25.4.2000]  
< <http://cram.comp.nus.edu.sg/amris/milcom3.pdf> >
- [12] Wu, C.W. & Tay, Y.C. & Toh, C-K., Ad hoc Multicast Routing protocol utilizing Increasing id-numberS (AMRIS), work in progress, internet draft, draft-ietf-manet-amris-spec-00.txt, IETF, 24.11.1998 [referred 25.4.2000]  
< <http://www.alternic.org/drafts/drafts-i-j/draft-ietf-manet-amris-spec-00.html> >
- [13] [Towards Reliable Multicast in Multi-Hop Ad Hoc Networks](#),  
Christopher Ho, Katia Obraczka, Gene Tsudik and Kumar Viswanath,  
*in submission, to Telecommunication Systems Journal*, December
- [14] [Flooding for Reliable Multicast in Multi-Hop Ad Hoc Networks](#),  
Christopher Ho, Katia Obraczka, Gene Tsudik and Kumar Viswanath,  
*MobiCom Workshop on Discrete Algorithms & Methods for Mobility (DialM '99)*, August 1999.
- [15] [Multicast Routing Issues in Ad Hoc Networks](#),  
Katia Obraczka and Gene Tsudik,  
*IEEE International Conference on Universal Personal Communication (ICUPC '98)*, October 1998.
- [16] ATM: Foundation for Broadband Networks  
Uyless Black
- [17] OSFP Anatomy of an Internet Routing Protocol  
John T.Moy
- [18] ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ - ΑΝΔΡΕΑΣ ΠΟΜΠΟΡΤΣΗΣ

<http://www.gunet.gr>

MBONE: Multicasting Tomorrow's Internet Copyright 1996, 1998 [Kevin Savetz](#), [Neil Randall](#), and [Yves Lepage](#)

---

<sup>i</sup> Περιοδικό Computer, Ιούλιος 1998,  
George Lawton

<sup>ii</sup> <http://www.ipmulticast.com>

<sup>iii</sup> <http://comet.ctr.columbia.edu>

<sup>iv</sup> Tanenbaum, Computer Networks 3th Edition.

<sup>v</sup> S. Deering, D.P. Cheriton, Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LANs, ACM trans. Computer Systems, May 1990

<sup>vi</sup> Multicast on the internet and its application, Sanjoy Paul

<sup>vii</sup> <http://mbone.com>

<sup>viii</sup>

<ftp://taurus.cs.nps.navy.mil/pub/mbmg/mbone.txt>

<sup>ix</sup> J. S. Donar Multicast in the ATM Environment January 1993

<sup>x</sup> T.T. Lee Non-blocking Copy Networks for Multicast Packet Switching, December 1998

<sup>xi</sup> J.S. Choi, Un & Shin. Design of a Cascade Ring Multicast Switch. July 1992