

**ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ: ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΘΕΜΑ: ΤΟ ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΜΒΟΝΕ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΜΑΣΚΑΝΤΟΥΡΗ ΠΟΛΥΞΕΝΗ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΣΓΑΡΔΩΝΗ ΒΙΚΤΩΡΙΑ**

**ΑΡΤΑ:15/02/2005**

**Ευχαριστώ πολύ**  
**την καθηγήτρια Βικτώρια Σγαρδώνη, υπεύθυνη για την πτυχιακή εργασία,**  
**για την συνεργασία μας.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Ιστορία του MBONE.....	8
1.2.1 Σχεδιασμός του Internet.....	8
1.2.2 Πώς γεννήθηκε το MBONE.....	8
1.2.3 Τι είναι το IETF.....	10
1.3 Ορισμός του MBONE.....	10
1.4 Multimedia και νέες τεχνολογίες.....	11
1.4.1 Multimedia και Internet.....	11
1.4.2 Νέες τεχνολογίες.....	14
2. IP Multicasting.....	16
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Multipoint Communications.....	17
2.2.1 Unicasting.....	17
2.2.2 Broadcasting.....	18
2.2.3 Multicasting.....	20
2.2.4 Σύγκριση unicast - multicast.....	23
2.2.5 Ανακεφαλαίωση - κριτική των τριών υπηρεσιών.....	24
2.2.6 Κριτική της σημερινής κατάστασης.....	25
2.2.7 Εφαρμογές για το multicasting.....	26
2.3 Multicast Addressing.....	28
2.3.1 Η σημασία των multicast ομάδων.....	28
2.3.2 Multicast Διευθυνσιοδότηση.....	29
2.3.2.1 Internet Group Management Protocol (IGMP).....	30
2.3.2.1.1 Ανασκόπηση του IGMP (3 versions).....	31
2.3.2.1.2 Απαιτήσεις για τον host.....	33
2.4 Αλγόριθμοι multicast δρομολόγησης.....	33
2.4.1 Flooding.....	33
2.4.2 Spanning Trees.....	34
2.4.3 Reverse Path Broadcasting (RPB).....	35
2.4.4 Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB).....	37
2.4.5 Reverse Path Multicasting (RPM).....	37
2.4.6 Steiner Tress (ST).....	39
2.4.7 Core-Based Trees (CBT).....	40
2.4.8 Σύνοψη.....	42

2.5 Multicast Routing Protocol (Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Πολλαπλής Εκπομπής).....	42
2.5.1 Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP).....	48
2.5.2 Multicast Προεκτάσεις του OSPF (MOSPF).....	50
2.5.2.1 Intra-Area Routing.....	50
2.5.2.2 Inter-Area Routing.....	51
2.5.2.3 Inter-AS Routing.....	52
2.5.3 Protocol-Independent Multicast (PIM).....	53
2.5.3.1 Protocol-Independent Multicast -Dense Mode (PIM-DM)....	54
2.5.3.2 Protocol-Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM)	54
2.5.4 Πρωτόκολλα Μετάδοσης Πολυμέσων Real-Time.....	57
3. MBONE.....	60
3.1 Εισαγωγή.....	60
3.2 Βασικές έννοιες του MBONE.....	60
3.2.1 m-routers .....	60
3.2.2 tunnels-tunnelling.....	60
3.2.3 islands .....	61
3.3 Η κατάσταση σήμερα.....	61
3.3.1 Πόσο μεγάλο είναι το MBONE.....	61
3.3.2 Τοπολογία του MBONE.....	62
3.4 Προϋποθέσεις και απαιτήσεις συμμετοχής .....	63
3.4.1 Υπολογιστική δύναμη .....	64
3.4.2 Υλικό .....	64
3.4.3 Ικανότητα multicast.....	65
3.4.3.1 Multicast hosts .....	65
3.4.3.2 Multicast δρομολόγηση.....	65
3.4.4 Απαιτήσεις σε bandwidth.....	66
3.4.5 Παροχή MBONE .....	69
3.5 Εργαλεία λογισμικού.....	70
3.5.1 Multicast routing εφαρμογές .....	71
3.5.2 Εργαλεία διαχείρισης συνόδων .....	71
3.5.2.1 Session directory (SD).....	71
3.5.2.2 SDR .....	71
3.5.3 Εργαλεία εικόνας.....	78
3.5.3.1 ViC .....	79
3.5.3.2 Rendez-vous.....	79

3.5.4	Εργαλεία ήχου.....	80
3.5.4.1	Visual audio tool (vat).....	80
3.5.4.2	Robust Audio Tool (RAT).....	81
3.5.4.3	NeVoT.....	82
3.5.4.4	FreePhone.....	82
3.5.5	Εργαλεία κοινού χώρου εργασίας.....	83
3.5.5.1	Whiteboard (wb).....	83
3.5.6	Εργαλεία κειμένου.....	86
3.5.6.1	NTE.....	86
3.5.7	Βοηθητικά εργαλεία.....	94
3.5.7.1	MultiMon.....	94
3.5.7.2	Mpoll.....	95
3.5.8	Εμπορικά προγράμματα.....	96
3.6	Διαχείριση.....	96
3.6.1	Διαχείριση αιτήσεων επέκτασης του MBONE.....	97
3.6.2	Διαχείριση αιτήσεων δημιουργίας ενός γεγονότος στο MBONE.....	97
3.7	Επίκαιρα Προβλήματα - Πιθανές Λύσεις.....	99
3.7.1	Υποστήριξη του multicast.....	99
3.7.2	Μετάβαση από το mouted σε φυσικούς multicast δρομολογητές.....	99
3.7.2.1	Bandwidth.....	100
3.7.2.2	Θέματα που προκύπτουν εξαιτίας της φύσης του Internet.....	101
3.7.2.3	Εργαλεία διαχείρισης του MBONE.....	102
3.7.2.4	Περίληψη.....	102
3.8	Θέματα Ασφάλειας.....	103
3.8.1	Η ασφάλεια γενικά.....	103
3.8.2	Ασφάλεια στο IP Multicast Service.....	104
3.8.3	Προβλήματα που ανακύπτουν.....	105
3.8.4	Πώς μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει το IPSEC για multicast.....	106
3.8.5	SKIP και IP multicast.....	107
3.8.6	Συμπέρασμα.....	107
4.	Γεγονότα, εφαρμογές και η κατάσταση στην Ελλάδα.....	109
4.1.	Τα γεγονότα στο MBONE.....	109
4.1.1	Τι μπορεί να βρει κανείς στο MBONE.....	109
4.1.1.1	Βασικά γεγονότα.....	109
4.1.1.2	Ερευνητικά γεγονότα.....	109
4.1.1.3	Εκπαιδευτικά γεγονότα.....	110
4.1.1.3.1	Το JASON project.....	110
4.1.1.3.2	Οι αποστολές των διαστημόπλοιων.....	110

4.1.1.3.3 Οι SUNergy εκπομπές .....	111
4.1.1.4 Μουσικά γεγονότα .....	111
4.1.2 Εφαρμογές υψηλής ποιότητας MBONE setup - Τηλεϊατρική .....	111
4.2 Το MBONE στην Ελλάδα .....	114
4.2.1 Ο ρόλος του ΕΔΕΤ (GUNet) .....	114
4.2.2 Επιλογή πρωτοκόλλου δρομολόγησης .....	116
4.2.3 Σχετικά με το πρωτόκολλο PIM .....	118
4.2.4 Τρόπος σύνδεσης με το MBONE στην Ελλάδα .....	119
4.2.5 Οφέλη για ΑΕΙ και ΤΕΙ από τη χρήση του MBONE .....	122
4.3 Εμπορικές εφαρμογές που προέκυψαν .....	123
4.3.1 UUNet/UUCast .....	123
4.3.2 MCI .....	124
4.3.3 BBN ProVision .....	126
4.3.4 DIGEX .....	126
4.3.5 @Home .....	126
4.3.6 Θέματα που αντιμετωπίζουν οι ISPs .....	127
4.3.7 Περίληψη .....	128
5 Εφαρμογή των εργαλείων του Mbone .....	129
5.1 Εγκατάσταση των εφαρμογών του Mbone .....	129
5.2 Διαχείριση των εφαρμογών .....	130
5.3 Σύνδεση του ΤΕΙ με το ΕΔΕΤ .....	131
Βιβλιογραφία .....	132

# 1. Εισαγωγή

---

## 1.1 Γενικά

Το μεγαλύτερο δίκτυο του κόσμου, το Internet, έχει επιδείξει αξιοσημείωτη ευελιξία καθώς έχει αναπτυχθεί από δίκτυο έρευνας σε ένα δίκτυο με αναρίθμητες εμπορικές εφαρμογές. Αυτή η ευελιξία οφείλεται κυρίως σε αφοσιωμένους μηχανικούς που ψάχνουν συνεχώς να βρουν τρόπους που θα προσφέρουν νέες εφαρμογές και θα βελτιώνουν το bandwidth και τις υπηρεσίες που προσφέρονται στο Internet.

Σήμερα το Internet αντιμετωπίζει μια σειρά από προκλήσεις που ήταν ανύπαρκτες στην έναρξή του. Όχι μόνο αυξάνεται εκθετικά ο αριθμός των χρηστών του Internet, αλλά αυξάνεται και ο αριθμός των δικτύων που το αποτελούν, επομένως και ο αριθμός των συσκευών που χρησιμοποιούνται για να αλληλοσυνδέσουν αυτά τα δίκτυα (π.χ. Routers).

Αυτή η σημαντική ανάπτυξη συνοδεύεται από έναν πολλαπλασιασμό νέων εφαρμογών. Πολλές εφαρμογές που παλιότερα ήταν διαθέσιμες μόνο σε περιορισμένο αριθμό ισχυρών χρηστών με υψηλής τεχνολογίας σταθμούς εργασίας, έχουν αρχίσει να γίνονται κυρίαρχες εφαρμογές στον κόσμο του PC - για παράδειγμα videoconferencing, video broadcasts, collaborative applications, και «webcasting» τεχνολογίες. Αυτές οι νέες εφαρμογές φέρνουν μαζί τους νέους τύπους δεδομένων - video, ήχο- που δημιουργούν νέες απαιτήσεις στην απόκριση του δικτύου και στην ικανότητά του να διανέμει τα δεδομένα.

Η μεγάλη εξάπλωση τέτοιων εφαρμογών μπορεί εύκολα να υπερφορτώσει (overload) τα υπάρχοντα δίκτυα όταν ακριβώς ο ίδιος αριθμός bits πληροφορίας πρέπει να μεταδοθεί την ίδια χρονική στιγμή σε διαφορετικούς χρήστες. Αλλά οι νέες τεχνολογίες, είναι δυνατόν να μειώσουν την περιττή πανομοιότυπη αναπαραγωγή των

bits και να απαλλάξουν το δίκτυο από κάποιο φορτίο (load). Μια από τις καινούριες τεχνολογίες η οποία αναπτύσσεται γρήγορα είναι και το MBONE (IP multicasting).

## 1.2 Ιστορία του MBONE

### 1.2.1 Σχεδιασμός του Internet

Το Internet παραδοσιακά έχει φτιαχτεί ώστε να στέλνεις πληροφορία σε ένα άτομο (υπολογιστή) κάθε φορά. Η πληροφορία που εκπέμπεται έχει ένα συγκεκριμένο προορισμό, όπως ένα μήνυμα e-mail το οποίο προσπαθεί να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο και μοναδικό σταθμό. Μια απαίτηση για κάποια Web σελίδα μεταδίδεται σε ένα συγκεκριμένο (μοναδικό) server, και ο server στέλνει πίσω τη ζητούμενη πληροφορία στον μοναδικό παραλήπτη. Παρόλο που οι υπολογιστές μπορούν να διαχειριστούν εκατοντάδες (ή χιλιάδες) αυτών των αιτήσεων κάθε δευτερόλεπτο, η πληροφορία που μετακινείται είναι ακόμη ένα προς ένα - ένας υπολογιστής στέλνει την πληροφορία, και μόνο ένας την λαμβάνει.

Αυτός ο διακανονισμός είναι τέλειος μέχρις ότου να αναλογιστείς τι γίνεται όταν θέλεις να στείλεις πληροφορία σε περισσότερα από ένα άτομα ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, θεωρείστε ένα e-mail στο οποίο έχουμε προσαρτήσει ένα graphic file. Εάν στείλουμε αυτό το e-mail σε ένα άτομο θα εξαντλήσουμε κάποια σημαντική ποσότητα του bandwidth, εάν όμως στείλουμε αυτό το e-mail σε 100 άτομα, θα δημιουργήσουμε 100-πλάσια κίνηση (κυκλοφορία) στο Internet.

### 1.2.2 Πώς γεννήθηκε το MBONE

Το 1992 κάποιοι έξυπνοι άνθρωποι του IETF (Internet Engineering Task Force) αποφάσισαν ότι αυτό που κανείς δε θα έκανε με το hardware (με υλικό εξοπλισμό), αυτοί θα προσπαθούσαν να το κάνουν με το software. Γι' αυτό λοιπόν, δημιούργησαν ένα "virtual network" -ένα δίκτυο το οποίο τρέχει πάνω από το

Internet- και έγραψαν λογισμικό (software) που επιτρέπει σε multicast πακέτα να διασχίζουν το δίκτυο. Εφοδιασμένοι με το κατάλληλο λογισμικό, αυτοί οι άνθρωποι μπορούσαν να στέλνουν δεδομένα όχι μόνο σε ένα κόμβο του Internet, αλλά σε πολύ περισσότερους. Με αυτόν τον τρόπο γεννήθηκε το MBONE (Multicast Backbone). Το MBONE είναι ένα virtual network (εικονικό δίκτυο) διότι μοιράζεται τα ίδια φυσικά μέσα με το Internet (όπως καλώδια, routers, και άλλο εξοπλισμό).

Το MBONE επιτρέπει σε multicast πακέτα να ταξιδεύουν μέσω των δρομολογιστών (routers) οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί για να διαχειρίζονται μόνο unicast κίνηση. Το λογισμικό που χρησιμοποιεί το MBONE κρύβει τα multicast πακέτα σε παραδοσιακά unicast πακέτα έτσι ώστε οι unicast routers να μπορούν να τα διαχειριστούν. Το σχέδιο να μεταδίδεις multicast πακέτα με το να τα τοποθετείς σε κανονικά unicast πακέτα καλείται tunneling. Στο μέλλον, οι περισσότεροι εμπορικοί routers θα υποστηρίζουν το multicasting, εξαλείφοντας την ανάγκη του tunneling της πληροφορίας.

Όταν τα multicast πακέτα (που είναι κρυμμένα σε unicast πακέτα) φτάσουν σ' ένα router που μπορεί να τα καταλάβει, ή σ' ένα (σταθμό) workstation με το κατάλληλο λογισμικό, τότε αυτά αναγνωρίζονται και επεξεργάζονται σαν multicast πακέτα όπως στην πραγματικότητα είναι. Οι μηχανές (workstations ή routers) που είναι εφοδιασμένες στο να υποστηρίζουν multicast IP (πρωτόκολλα δικτύου - Internet Protocol) καλούνται mrouters (multicast routers). Οι mrouters είτε είναι εμπορικοί routers που μπορούν να χειριστούν multicasting, είτε συνηθέστερα workstations τα οποία τρέχουν ειδικό software που δουλεύει σε συνύπαρξη με τους απλούς routers.

Το multicasting είναι μια υπηρεσία routing του δικτύου - μια μέθοδος του να στέλνεις πακέτα σε περισσότερα από ένα sites κάθε φορά. Το MBONE είναι μια απλή οργάνωση (συμμαχία) από sites που συγχρόνως υλοποιούν IP multicasting. Το MBONE είναι στην καλύτερη περίπτωση μια προσωρινή εφαρμογή η οποία τελικά θα

έχει ξεπεραστεί όταν το multicasting θα είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό στους routers του Internet. Οι εφαρμογές και τα προγράμματα που δουλεύουν με το MBONE σήμερα, αναμφίβολα θα δουλεύουν και με στο MBONE του αύριο.

### **1.2.3 Τι είναι το IETF**

Το IETF (Internet Engineering Task Force - Ομάδα Μηχανικών του Διαδικτύου) είναι ένα παρακλάδι - υποκατάστημα του Internet Architecture Board (Σύνδεσμος Αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου), το οποίο αφοσιώνεται στα άμεσα τεχνικά προβλήματα και στις προκλήσεις του Internet. Το IETF είναι μια εθελοντική επιτροπή από ειδικούς ανθρώπους όπως διαχειριστές του δικτύου, μηχανικούς, και πωλητές τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού. Ο πατρικός οργανισμός του IETF, ο Internet Architecture Board, εμπλέκεται με τεχνικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει το Internet τώρα και που θα αντιμετωπίζει στο μέλλον. Τέτοιες προκλήσεις περιλαμβάνουν:

- ⊗ πώς να χειριστείς αποτελεσματικά την συνεχόμενη αύξηση του Internet
- ⊗ πώς να κρατήσεις το δίκτυο σε λειτουργία ακόμη και όταν κάθε ένας μπορεί να αντλήσει 2 megabits ανά δευτερόλεπτο μέσω μιας οπτικής ίνας που μια μέρα θα συνδεθεί και στους υπολογιστές
- ⊗ πώς να βοηθήσεις το δίκτυο ώστε να διαχειρίζεται καλύτερα τις απαιτήσεις για real-time (πραγματικού χρόνου) video και ήχο

### **1.3 Ορισμός του MBONE**

Το MBONE είναι ένα παράγωγο προϊόν των δύο πρώτων, IETF "μεταφοράς ήχου", πειραμάτων στα οποία ζωντανός (απ' ευθείας) ήχος και video στάλθηκαν ταυτόχρονα από την IETF περιοχή σε προορισμούς σε όλο τον κόσμο. Η ιδέα είναι να κατασκευάσουμε μια ημι-μόνιμη IP multicast πλατφόρμα δοκιμών για να μεταφέρει τις

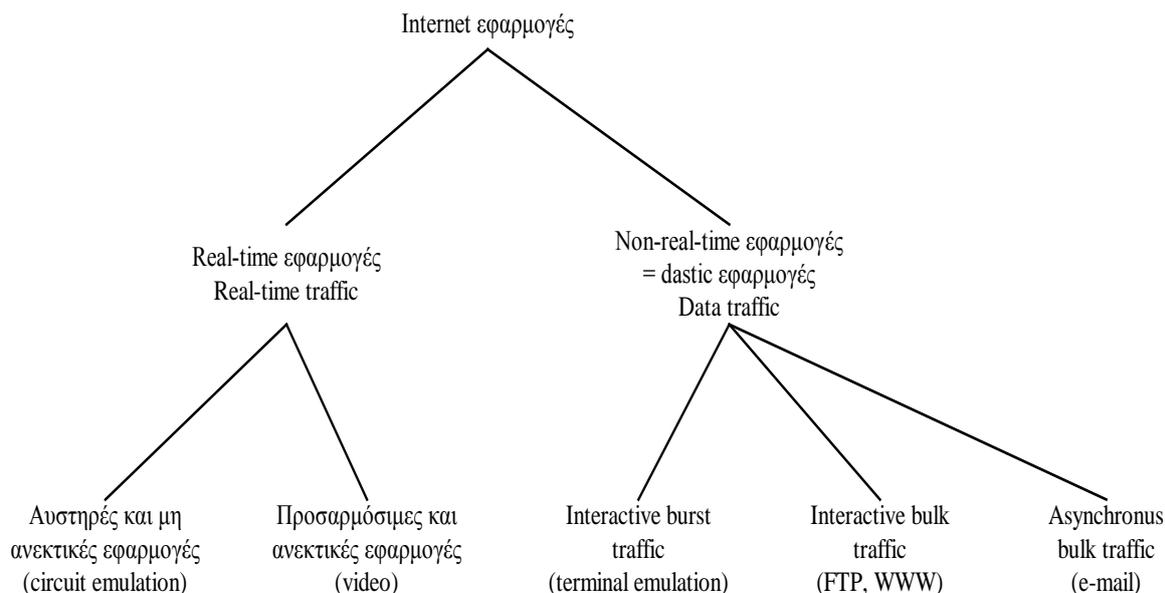
IETF εκπομπές και να υποστηρίζει τους συνεχόμενους πειραματισμούς μεταξύ των δικτυακών συναντήσεων.

Το MBONE είναι ένα virtual δίκτυο, το οποίο βασίζεται στα πάνω τμήματα του φυσικού (πραγματικού) δικτύου για να υποστηρίξει τη δρομολόγηση των IP multicast πακέτων, αφού αυτή η λειτουργία δεν έχει ακόμα συμπεριληφθεί σε πολλά από τα προϊόντα δρομολόγησης. Το δίκτυο συνθέτεται από νησίδες, οι οποίες μπορούν απ' ευθείας να υποστηρίξουν IP multicast, όπως multicast Τοπικά Δίκτυα (LANs) σαν το Ethernet, συνδεδεμένα με εικονικές σημείου προς σημείο συνδέσεις τα λεγόμενα "τούνελ". Το τέλος των τούνελ είναι συνήθως μηχανές workstation-class οι οποίες έχουν λειτουργικά συστήματα που υποστηρίζουν IP multicast και τρέχουν το πρόγραμμα multicast δρομολόγησης mrouterd.

## **1.4 Multimedia και νέες τεχνολογίες**

### ***1.4.1 Multimedia και Internet***

Multimedia είναι μια ανάμειξη κειμένου, γραφικών, εικόνων, ήχου και video όλα όμως σε ψηφιοποιημένη (digitized) μορφή. Δεν είναι βέβαια απαραίτητο όλα τα παραπάνω να συμπεριλαμβάνονται σε κάθε εφαρμογή για να την καταστήσουν multimedia εφαρμογή, αλλά τουλάχιστον οποιαδήποτε δύο από τους παραπάνω τύπους απαιτούνται για να ταιριάξουν με τον ορισμό. Οι κατηγορίες των Internet multimedia εφαρμογών φαίνονται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1: Κατηγορίες των Internet multimedia εφαρμογών

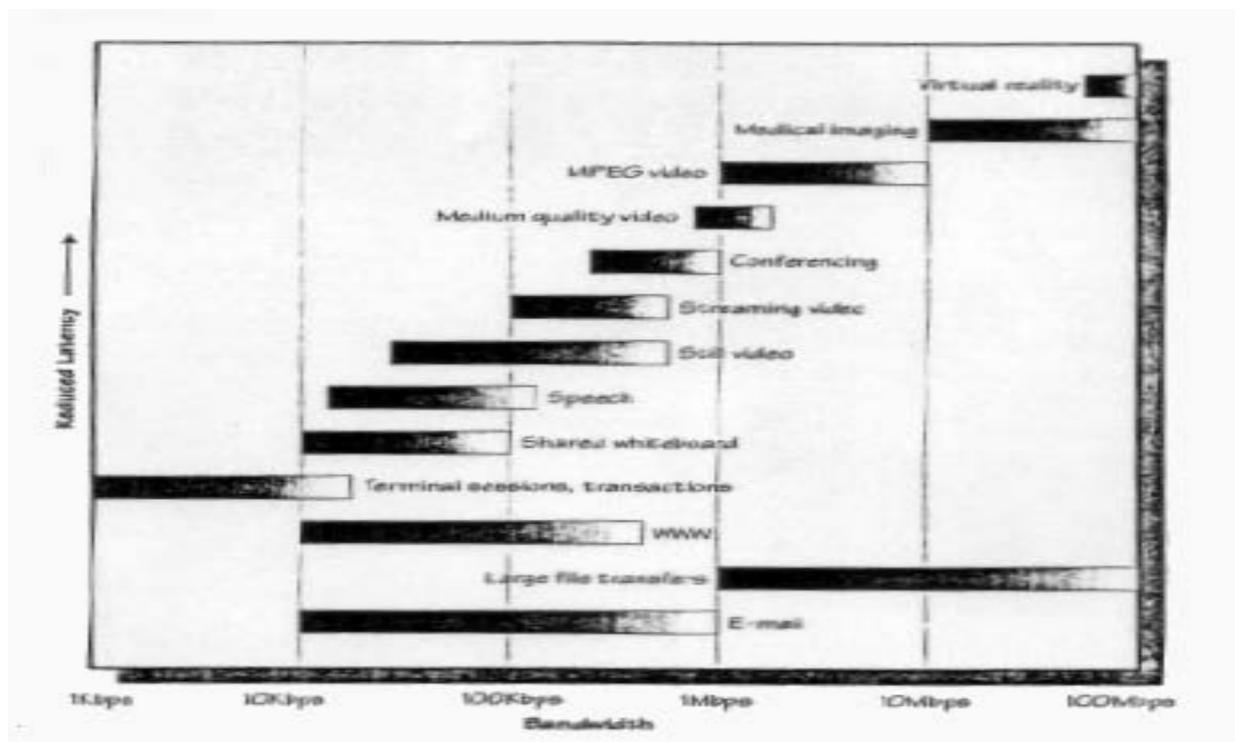
Μερικά από τα απλούστερα multimedia, όπως κείμενο σε συνδυασμό με γραφικά ή animation αρχεία, δεν θέτουν επιπρόσθετα προβλήματα εκπομπής σε ένα δίκτυο. Αυτά τα αρχεία μπορεί να είναι μεγαλύτερα από τα κανονικά, αλλά δεν απαιτούν τον συγχρονισμό των διαφορετικών μερών των δεδομένων. Αντίθετα όμως, αν real-time (πραγματικού χρόνου) δεδομένα προμηθεύονται σε μια ομάδα χρηστών, τότε αποτελεσματικές μέθοδοι για κατανομή της πληροφορίας (αυτές που αδικαιολόγητα δεν πολλαπλασιάζουν τα αντίγραφα των δεδομένων) απαιτούνται για να αποφύγουμε την υπερφόρτωση του bandwidth του δικτύου. Παράλληλα, τα πιο πολύπλοκα (σύνθετα) multimedia επιβάλλουν ειδικούς επιπλέον περιορισμούς πέρα από τις απαιτήσεις για περισσότερο bandwidth.

Αυτά τα multimedia δεδομένα είναι άμεσα εξαρτώμενα τόσο από την συνεχή διαθεσιμότητα του bandwidth, όσο και από την συνεπή καθυστέρηση του δικτύου (latency). Με τον όρο latency εννοούμε τον ελάχιστο χρόνο που παρέρχεται μεταξύ των ζητούμενων και των λαμβανόμενων δεδομένων. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με το bandwidth που χρειάζονται διάφορα είδη κοινών εφαρμογών.

Application	Bandwidth
Telephone-quality audio	64 Kbps
Simple application sharing	100 Kbps
Videoconferencing	128 Kbps - 1 Mbps
MPEG audio	1.54 Mbps
Imaging	8-10 Mbps
Virtual Reality	>100 Mbps

Πίνακας 1.1: Δείγμα του απαιτούμενου bandwidth για διάφορες multimedia εφαρμογές.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι απαιτήσεις σε bandwidth και latency για διάφορες multimedia εφαρμογές.



Σχήμα 1.2 Απαιτήσεις σε bandwidth και latency για διάφορα είδη εφαρμογών.

Η έννοια του interactive (αλληλεπίδρασης) είναι σημαντική, και φέρνει στην επιφάνεια μια άλλη άποψη των multimedia που δεν αναφέρεται και πολύ συχνά - το live (απ' ευθείας) multimedia. Ακόμη και τα πιο γρήγορα, τα πιο όμορφα, και τα πιο τεχνολογικά προηγμένα παιχνίδια υπολογιστή και εξομοιωτές συμβαίνουν σε κατασκευασμένο (fabricated) χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι τα multimedia που προσφέρουν είναι προγραμματισμένα να λάβουν χώρα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και διαστήματα. Όμως στην πραγματική ζωή τα πάντα συμβαίνουν σε πραγματικό χρόνο (real - time), με συνεχόμενες αλληλεπιδράσεις και τα πράγματα αλλάζουν και προσαρμόζονται κάθε στιγμή.

Χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο bandwidth είναι ένας τρόπος για να επιταχύνουμε τα πράγματα. Μία άλλη λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε συμπίεση ώστε να μειωθεί το μέγεθος του μεταδιδόμενου αρχείου. Όλα τα σημερινά modems που κυκλοφορούν περιλαμβάνουν ενσωματωμένα χαρακτηριστικά συμπίεσης.. Δύο παρόμοια εξοπλισμένα modems αυτόματα συμπιέζουν τα δεδομένα προτού τα στείλουν και κατόπιν τα αποσυμπιέζουν αφού τα παραλάβουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα περισσότερη ποσότητα πληροφορίας να μεταδίδεται πιο γρήγορα.

Παρόλα αυτά όμως μεταφέροντας τα ίδια δεδομένα σε πολλούς χρήστες υπερφορτώνονται ακόμα και δίκτυα που υποστηρίζουν την κατανομή (allocation) του bandwidth και εγγυήσεις για το latency. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να εκμεταλλευτούμε το πλεονέκτημα που μας προσφέρει το IP multicasting.

### ***1.4.2 Νέες τεχνολογίες***

Στο Internet, και τυπικά στην πραγματική ζωή, οι νέες τεχνολογίες είναι πρώτα διαθέσιμες σε μια συγκεκριμένη ομάδα εφευρετών και πειραματιστών. Εάν η νέα τεχνολογία είναι αρκετά καλή, ή ενδιαφέρουσα η είδηση γίνεται γνωστή. Άλλοι συνεργάτες μαθαίνουν για τα επιτεύγματα της νέας τεχνολογίας και θέλουν να τη

δοκιμάσουν. Βρίσκουν τι χρειάζονται και τότε ξοδεύουν τον οποιονδήποτε χρόνο και χρήμα που είναι αναγκαίος. Σιγά - σιγά η τεχνολογία κερδίζει ολοένα και πιο ευρεία αποδοχή, με όλο και περισσότερους ανθρώπους να συμμετέχουν, μέχρις ότου τελικά να γίνει τόσο κοινή ώστε να είναι πρακτικά μια συνηθισμένη είδηση.

Παρόλα αυτά σημαντικές τεχνολογίες χρειάζονται χρόνο για να αναπτυχθούν. Μερικές φορές μια τεχνολογία είναι τόσο πολύπλοκη που απαιτούνται χρόνια έρευνας ώστε αυτή να δουλέψει. Άλλες φορές, η τεχνολογία απαιτεί κάποιες σχετιζόμενες τεχνολογίες που μόνο λίγοι άνθρωποι στον κόσμο έχουν τον απαραίτητο εξοπλισμό ώστε να πάρουν μια ιδέα για το τι η τεχνολογία είναι έτοιμη να προσφέρει. Πριν από μερικά χρόνια, το όνομα MBONE εμφανίστηκε στο Internet αργά και πειραματικά. Αλλά η χρήση του πρόκειται να αυξηθεί και έχει ήδη αυξηθεί εκθετικά, αφού ακόμα και αυτοί με αργά modems μπορούν να έχουν πρόσβαση σε τεχνολογίες που είναι απαραίτητες ώστε να φέρουν το MBONE στα σπίτια και τα γραφεία τους.

## 2. IP Multicasting

---

### 2.1 Εισαγωγή

Στο παρελθόν, υπήρχαν καλώς ορισμένες διακρίσεις ανάμεσα στους τύπους των δικτύων και τους τύπους των δεδομένων που μετέφεραν - τα τηλεφωνικά δίκτυα μετέφεραν δεδομένα αναλογικής φωνής, ενώ IP (Internet Protocol), IPX (Internet Packet Exchange) και SNA (Systems Network Architecture) δίκτυα ασχολούνταν με ψηφιακά δεδομένα από υπολογιστές. Αλλά όλα αυτά έχουν πια αλλάξει καθώς κάθε τύπος δεδομένων έχει γίνει ψηφιακός, οδηγώντας τους σχεδιαστές να βρουν τρόπους να χειριστούν τις απέραντα διαφορετικές απαιτήσεις μετάδοσης κάθε τύπου δεδομένων χωρίς να κάνουν συμβιβασμούς στα δίκτυα ή στα δεδομένα. Οι σχεδιαστές δικτύων τώρα αντιμετωπίζουν την πρόκληση της δυνατότητας υποστήριξης της έγκαιρης και αξιόπιστης διανομής κάθε τύπου δεδομένων, ειδικά για δεδομένα πραγματικού χρόνου ή δεδομένα πολυμέσων, σε οποιονδήποτε χρήστη.

Επίσης στις νέες απαιτήσεις για δεδομένα πραγματικού χρόνου, οι εφαρμογές γρήγορα εξελίσσονται από επικοινωνίες ενός - με - έναν, σε επικοινωνίες ενός - με - πολλούς και πολλών - με - πολλούς. Πολλές από τις νέες εφαρμογές σκοπεύουν να διασυνδέσουν πολλούς χρήστες, είτε ως συνεργάτες (σχεδιάζοντας ένα νέο προϊόν με μια shared whiteboard εφαρμογή, για παράδειγμα) ή απλά ως αποδέκτες της ίδιας πληροφορίας (συναυλίες πολυμέσων, για παράδειγμα). Εκτεταμένη χρήση τέτοιων εφαρμογών μπορεί εύκολα να υπερφορτώσουν τα υπάρχοντα δίκτυα όταν η ίδια ακριβώς πληροφορία πρέπει να μεταδοθεί σε διαφορετικούς χρήστες την ίδια στιγμή. Νέες τεχνολογίες όμως που χρησιμοποιούν πιο έξυπνο τρόπο διανομής στο δίκτυο κάνουν δυνατή τη μείωση περιττών αναπαραγωγών bits και ανακουφίζουν μέρος του φόρτου του δικτύου. Μια από τις καινούργιες τέτοιες τεχνολογίες είναι το IP multicasting.

## 2.2 Multipoint Communications

Η βασική μέθοδος των δικτύων επικοινωνιών είναι ανάμεσα σε δύο υπολογιστές hosts ή unicasting. Αυτές οι sessions μπορούν να προσφέρουν έλεγχο της κίνησης των δεδομένων ανάμεσα στην πηγή και το δέκτη, επιτρέποντας αναγνώριση λήψης, αιτήσεις για επαναμετάδοση των δεδομένων, αλλαγές στον ρυθμό μετάδοσης κλπ.

Όμως πολλές εφαρμογές στο Internet απαιτούν επικοινωνίες ενός με πολλούς ή πολλών με πολλούς. Είναι δυνατόν να γίνουν μεταδόσεις σε πολλούς δέκτες με τρεις διαφορετικούς τρόπους: unicast, όπου ένα ξεχωριστό αντίγραφο δεδομένων διανέμεται σε κάθε δέκτη, broadcast, όπου ένα πακέτο δεδομένων διαβιβάζεται σε όλα τα τμήματα του δικτύου ακόμα κι αν απευθύνεται σε λίγους δέκτες και multicast, όπου ένα πακέτο διευθυνσιοδοτείται σε όλους του δέκτες που πρέπει και το δίκτυο αντιγράφει πακέτα μόνο όταν χρειάζεται.

### 2.2.1 Unicasting

Στο multipoint unicasting, μια πηγή στέλνει ένα ξεχωριστό αντίγραφο ενός μηνύματος σε κάθε δέκτη. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αν επιλέγαμε να στήσουμε μια videoconference στα 10-Mbps στο Ethernet και η ροή δεδομένων απαιτούσε 500Kbps για κάθε δέκτη, θα μπορούσαμε μόνο να στήσουμε ταυτόχρονα συνόδους σημείο -προς - σημείο ανάμεσα σε πέντε άτομα πριν κορεστεί το δίκτυο.

Η μεταφορά ενός αρχείου από ένα FTP file server στον υπολογιστή είναι ένα παράδειγμα unicasting. Τα δεδομένα του αρχείου στέλνονται μέσω του δικτύου από το server στον συγκεκριμένο υπολογιστή. Αλλά αν άλλοι πέντε άνθρωποι στην ίδια ομάδα θέλουν να αντιγράψουν το ίδιο αρχείο στον υπολογιστή τους την ίδια στιγμή χρησιμοποιώντας FTP, τότε ο FTP server θα έπρεπε να στείλει το αρχείο σε καθένα από τους έξι δέκτες ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας έξι φορές περισσότερο bandwidth από την μια μεταφορά. Κάποιες σχετικά πρόσφατες τεχνολογίες, πρέπει να συντηρούν

ξεχωριστές συνόδους unicast για κάθε χρήστη, αφού κάθε χρήστης έχει το δικό του προφίλ και πρέπει να αντιμετωπιστεί ξεχωριστά.

Το unicasting είναι αρκετά κατάλληλο για πολλές εφαρμογές στο Internet σήμερα, κυρίως διότι αυτές οι εφαρμογές έχουν να κάνουν με επικοινωνίες ενός με έναν. Το unicasting συχνά προσφέρει πλεονεκτήματα στις συνόδους επικοινωνίας. Κάποια απ' αυτά είναι ότι επιτρέπει στον αποστολέα και το δέκτη να ελέγχουν τη ροή ανάμεσά τους και ότι προσφέρει στο δέκτη έναν τρόπο να αναγνωρίζει τη λήψη δεδομένων ή να ζητά επαναμετάδοση χαμένων πακέτων.

Ακόμα κι όταν τα ίδια δεδομένα πρέπει να σταλούν σε περισσότερους από ένα δέκτη την ίδια στιγμή, το unicasting δουλεύει καλά αρκεί ο αριθμός των δεκτών να είναι μικρός. Αλλά όταν τα πρωτόκολλα του unicast χρησιμοποιούνται για διανομή και αντιγραφή δεδομένων, υπάρχουν πραγματικά όρια στο πόσες παράλληλες συνόδους μπορεί να υποστηρίξει ένας server, όπως ένας FTP server ή ένας video server. Για εκατό ταυτόχρονες συνόδους unicast απαιτείται ένας υψηλής απόδοσης, αφοσιωμένος server. Η αντιγραφή δεδομένων μέσω παράλληλου unicasting σε πολλούς πελάτες απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική δύναμη και μεγάλα αποθέματα σε buffers για να συντηρηθεί η κατάσταση των συνόδων. Χρησιμοποιεί επίσης υπερβολικά ποσά bandwidth δικτύου.

### ***2.2.2 Broadcasting***

Κάτω από κάποιες συγκεκριμένες περιστάσεις, μπορεί να είναι πιο αποδοτικό να μεταδίδεται ένα αντίγραφο του μηνύματος σε όλους του κόμβους του δικτύου και να αφήνεται σ' αυτούς να αποφασίσουν αν θέλουν το μήνυμα. Σημαντικό πλεονέκτημα για τον αποστολέα αποτελεί η διανομή της δουλειάς του αντιγραφή των πακέτων ανάμεσα στους hosts του δικτύου παρά να γίνεται η δουλειά αυτή στη host μηχανή του αποστολέα.

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες δικτύου που περιλαμβάνουν μηχανισμούς που στέλνουν πακέτα σε πολλούς προορισμούς την ίδια στιγμή. Σε μια τεχνολογία bus, όπως το Ethernet, η διανομή broadcast μπορεί να πραγματοποιηθεί με μια μετάδοση πακέτου στο καλώδιο.

Για παράδειγμα, σε ένα Ethernet LAN, η διασύνδεση στο φυσικό μέσο σε κάθε host υπολογιστή συνδεδεμένο στο καλώδιο του Ethernet παρακολουθεί το δίκτυο για πακέτα που φέρουν διεύθυνση broadcast και δέχεται αυτά τα πακέτα. Αλλά το λογισμικό όμως που τρέχει στον host πρέπει να πάρει την απόφαση αν τα δεδομένα του broadcasting ενδιαφέρουν τον host. Εφόσον τα δεδομένα που γίνονται broadcast δεν δεσμεύουν μεγάλο ποσοστό της κίνησης του δικτύου, αυτή η διαδικασία του φιλτραρίσματος στον host, το broadcasting, είναι ένας κατάλληλος συνδυασμός ανάμεσα στη χρήση των πόρων του δικτύου και του host.

Το broadcasting που βασίζεται σε WAN (Wide Area Network) πρέπει να βασίζεται και σε συσκευές του δικτύου όπως οι routers, για να αντιγράφουν τα πακέτα και να τα διανέμουν ανάμεσα στα υποδίκτυα. Σε ένα LAN δίκτυο αυτά τα συστήματα βασίζονται σε LAN τεχνολογίες broadcasting για να παραδίδονται τα πακέτα σε κάθε host υπολογιστή.

Το broadcasting σε WAN συχνά χρησιμοποιείται για τη συντήρηση ή τη διάγνωση της κατάστασης της δουλειάς του Internet. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι broadcasting που χρησιμοποιούνται για αυτές τις λειτουργίες: ο τύπος που ρωτά ερωτήσεις για συστατικά της κατάστασης ή της διαθεσιμότητας του δικτύου και ο τύπος που δημοσιοποιεί τέτοιου είδους πληροφορία. Παράδειγμα broadcast που ρωτά ερωτήσεις είναι η IP ARP (Address Resolution Protocol packets), η οποία πλημμυρίζει ολόκληρο το υποδίκτυο και έχει το στόχο να ανταποκριθεί κατευθείαν στο broadcast. Τα broadcasts που δημοσιοποιούν πληροφορία δημιουργούνται από

πρωτόκολλα routing όπως RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First) και IGRP (Interior Gateway Routing Protocol).

Η broadcast κίνηση μπορεί γρήγορα να μεγαλώσει υπερβολικά και να βγει εκτός ελέγχου σε μεγαλύτερα δίκτυα μειώνοντας το διαθέσιμο bandwidth που υποστηρίζει σημαντικές εφαρμογές. Στη χειρότερη περίπτωση, το broadcast μπορεί να «ρίξει» το δίκτυο, αφού θα μονοπωλεί όλο το διαθέσιμο bandwidth.

Είναι συχνά απαραίτητο να περιορίζει κανείς τέτοια broadcasts σε ένα μόνο υποδίκτυο για να το εμποδίσει να κατακτήσει όλο το δίκτυο και να αποκλείσει την υπόλοιπη κίνηση. Το broadcasting θέτει ένα ανεπιθύμητο υπολογιστικό φορτίο στους σταθμούς εργασίας που δεν ενδιαφέρονται να λάβουν το μήνυμα που γίνεται broadcasted, αφού είναι υποχρεωμένοι να επεξεργαστούν τουλάχιστον ένα μέρος του μηνύματος για να αποφανθούν αν πρόκειται για κάτι που τους ενδιαφέρει. Δεδομένα που γίνονται broadcasted και κανένας δεν τα δέχεται απλά σπαταλούν δικτυακούς και υπολογιστικούς πόρους.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που προσφέρει τόσο το broadcasting όσο και το multicasting είναι το ότι απαλλάσσουν την πηγή από το έργο της αντιγραφής των πακέτων που απευθύνονται σε πολλούς αποδέκτες. Η πηγή μεταδίδει ένα μοναδικό αντίγραφο του πακέτου στην κατάλληλη broadcast διεύθυνση και οι συσκευές του δικτύου (routers, switches) αναλαμβάνουν να αντιγράψουν το πακέτο όταν χρειάζεται για να καλύψουν το δίκτυο.

### ***2.2.3 Multicasting***

Όπως γίνεται και στο broadcasting, έτσι και το multicasting στηρίζεται σε πολλές LAN τεχνολογίες. Το multicasting είναι κάτι ανάμεσα στο unicasting και το broadcasting. Αντί να στείλει δεδομένα σε ένα μόνο host (unicasting) ή σε όλους τους hosts του δικτύου (broadcasting), το multicasting έχει σαν σκοπό να παραδώσει τα

δεδομένα σε μια επιλεγμένη ομάδα hosts, που ονομάζονται host group. Το host group καθορίζεται από μια ειδική multicast διεύθυνση.

Σε ένα LAN, το δικτυακό interface κάθε host παρακολουθεί το δίκτυο και δέχεται πακέτα που έχουν διευθυνσιοδοτηθεί στη multicast διεύθυνση που καθορίζει το host group στο οποίο ανήκει. Αντίθετα από το broadcasting, το multicasting επιτρέπει σε κάθε host να επιλέξει αν θέλει να συμμετάσχει σε ένα multicast.

Το multicasting σε ένα WAN έχει κάποιες ομοιότητες με το multicasting σε ένα LAN. Τα host groups είναι σχεδόν τα ίδια, αφού η ιδέα των hosts groups είναι θεμελιώδης σε κάθε τύπο multicasting. Στα WAN όμως η πληροφορία συμμετοχής που αφορά τα host groups πρέπει να διατηρείται σ' ολόκληρο το WAN ή το δίκτυο.

Οι διαδικασίες για συμμετοχή ή συντήρηση ενός host group διαφέρουν από την περίπτωση του LAN αφού οι routers πρέπει να αναμιχθούν, περνώντας πληροφορία που αφορά τις ομάδες ανάμεσά τους για να διατηρήσουν τη δομή του multicast δικτύου.

Μόλις ένα host group δημιουργηθεί και ο αποστολέας αρχίσει να μεταδίδει πακέτα στη διεύθυνσή του, η υποδομή του δικτύου αναλαμβάνει την υποχρέωση για την παράδοση της απαραίτητης ροής δεδομένων σε όλα τα μέλη της ομάδας. Μόνο ένα αντίγραφο του multicast μηνύματος περνάει μέσα από κάθε link (όπως ένας router) του δικτύου. Αντίγραφα του μηνύματος γίνονται μόνο όταν μονοπάτια αποκλίνουν σε ένα router (π.χ. το μήνυμα πρέπει να περαστεί τόσο σε έναν άλλο router όσο και στο σταθμό εργασίας που βρίσκεται στον τρέχοντα router). Αυτή η τακτική εξοικονομεί bandwidth.

Ένα multicast πακέτο παραδίδεται στα μέλη μιας ομάδας με την ίδια αξιοπιστία καλύτερης προσπάθειας όπως ένα κλασικό unicast IP πακέτο. Αυτό σημαίνει ότι τα multicast πακέτα δεν είναι εγγυημένο ότι θα φτάσουν σε όλα τα μέλη της ομάδας, ούτε ότι θα φτάσουν με την ίδια σειρά με την οποία μεταδίδονται.

Στο multicasting, όπως και στο broadcasting, η πηγή ενός μηνύματος συνήθως δεν έχει ιδέα για τους αποδέκτες της ή για την κατάσταση της παράδοσης των δεδομένων. Άλλες μέθοδοι πρέπει να επικαλεστούν για να προμηθεύσουν την ανάδραση, που συνήθως περιλαμβάνουν unicast κίνηση. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με πρωτόκολλα όπως το TCP (Transmission Control Protocol), όπου κάποιο είδος ελέγχου ροής ή θετικής αναγνώρισης αποδοχής πακέτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελεγχθεί μια session ανάμεσα στον αποστολέα και τον αποδέκτη. Οι αρχικές εφαρμογές των WAN multicasting συστημάτων κρίνονται συνήθως αναξιόπιστα, αφού βασίζονται στην παράδοση καλύτερης προσπάθειας του IP για τη μετάδοση πακέτων. Προσπάθειες γίνονται πάντως για να γίνει το multicasting αξιόπιστο στη μετάδοση.

Το IP multicasting δεν είναι φτιαγμένο για κάθε εφαρμογή που βρίσκεται στο Internet. Τα πρωτόκολλα που αναμιγνύονται δεν προσφέρουν καθόλου πλεονεκτήματα στα: Web browsing, αποστολή e-mail, ή τρέξιμο του Telnet για απομακρυσμένη πρόσβαση σε host computer. Αλλά κάνουν τη διαφορά για εφαρμογές που επικεντρώνουν την προσοχή τους σε δραστηριότητες ομάδων, όπως webcasting εφαρμογές, μεταφορές αρχείων, ηλεκτρονική διανομή λογισμικού και groupware εφαρμογές, όπως videoconferencing. Αν περισσότεροι από 2 ή 3 άνθρωποι μοιράζονται κοινά δεδομένα σε μια δοσμένη εφαρμογή, τότε το IP multicasting μπορεί να συντελέσει στη μείωση της ζήτησης σε bandwidth δικτύου.

Δεν είναι πάντα δυνατό ή λογικό να συνεχίζει κανείς να προσθέτει πιο γρήγορες υπηρεσίες στο δίκτυο ώστε να εξυπηρετεί περισσότερους χρήστες και εφαρμογές. Αντί να εξαρτάται κανείς αποκλειστικά από αυτές τις σκληρές λύσεις, θα πρέπει να ψάχνει για έξυπνες λύσεις που μπορούν να ανακουφίσουν την συμφόρηση στο δίκτυο. Μια τέτοια λύση είναι και το IP multicasting.

## 2.2.4 Σύγκριση unicast - multicast

Στην κατανόηση του multicasting μπορεί να βοηθήσει η σύγκρισή του με το γνωστό unicast, π.χ. E-mail, telnet, ftp. Τόσο στην επικοινωνία unicast όσο και στη multicast, ένας host στέλνει ένα πακέτο με πληροφορία στο τοπικό του υποδίκτυο. Για την επικοινωνία unicast, κάθε πακέτο έχει μια πλήρως καθορισμένη, μοναδική IP διεύθυνση ως σημείο προορισμού. Αν το πακέτο προορίζεται για έναν αποδέκτη που βρίσκεται έξω από το υποδίκτυο του αποστολέα, πρέπει να περάσει από routers που το προωθούν στα κατάλληλα μονοπάτια ώστε να φθάσει στον τελικό προορισμό του. Όταν το πακέτο περάσει από τον (τους) router(s) και φθάσει στο υποδίκτυο που βρίσκεται ο αποδέκτης του είναι διαθέσιμο σε κάθε υπολογιστή σ' αυτό το υποδίκτυο. Όμως, οι υπόλοιποι υπολογιστές δέχονται μόνο τα πακέτα που αναφέρουν τη διεύθυνσή τους ως σημείο προορισμού. Τα multicast πακέτα είναι παρόμοια με τα unicast πακέτα μόνο που στέλνονται σε μια «virtual» IP διεύθυνση με εύρος από 224.0.0.0 μέχρι 239.255.255.255. Επειδή οι unicast routers δεν μπορούν να στείλουν μηνύματα σε «virtual» διευθύνσεις, τα πακέτα πρέπει να περνάνε από multicast routers. Οι multicast routers για να μεταφέρουν πληροφορία ανάμεσα σε διαφορετικά LANs, γίνεται εγκατάσταση «καναλιών» ανάμεσα σ' αυτά. Αυτά τα κανάλια είναι στην πραγματικότητα σημείο - προς - σημείο συνδέσεις ανάμεσα σε routers σε διαφορετικά LANs. Δημιουργούνται με συγκεκριμένη τιμή «κατωφλίου» ώστε να ελέγχεται ποια πακέτα θα έχουν ελεύθερη πρόσβαση. Η τιμή αυτή, κατωφλίου είναι μια συγκεκριμένη τιμή η οποία καθορίζει μέσα σε ποία περιοχή του δικτύου θα κινηθούν τα πακέτα. Πακέτα με πολύ υψηλές τιμές κατωφλίου θεωρούνται ορατά από τον «κόσμο», πακέτα με μεσαίες τιμές θεωρούνται ότι προορίζονται για μια «περιοχή», και πακέτα με πολύ χαμηλή τιμή κατωφλίου είναι εμπιστευτικά δεσμευμένα για το site.

## ***2.2.5 Ανακεφαλαίωση - κριτική των τριών υπηρεσιών***

Παρατίθενται οι εξής συγκριτικοί πίνακες:

Unicasting: είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος αυτή τη στιγμή, χρησιμοποιεί πολύ υψηλό bandwidth χωρίς να είναι απαραίτητο στην περίπτωση που ίδια δεδομένα αποστέλλονται σε πολλούς hosts

Πλεονεκτήματα: καλή μέθοδος όταν κάθε χρήστης έχει το δικό του προφίλ και πρέπει να αντιμετωπίζεται διαφορετικά

Μειονεκτήματα: σπατάλη bandwidth όταν ίδια δεδομένα στέλνονται σε πολλούς hosts

Broadcasting: σε μεγάλα δίκτυα δεν μπορεί να κριθεί αποδεκτό, επειδή χρησιμοποιεί το bandwidth του δικτύου παντού, ανεξάρτητα αν τα υποδίκτυα ενδιαφέρονται για το μήνυμα ή όχι, περιορίζεται σε χρήση σε LAN όπου κι εκεί μπορεί να θεωρηθεί ανεπιθύμητο γιατί απαιτεί από όλες τις μηχανές να εκτελέσουν κάποια επεξεργασία ώστε να καθορίσουν αν ενδιαφέρονται ή όχι για τα δεδομένα

Πλεονεκτήματα: καλή μέθοδος για δεδομένα που ενδιαφέρουν όλους τους hosts

Μειονεκτήματα: σπατάλη bandwidth και υπολογιστικής ισχύος όταν τα δεδομένα δεν ενδιαφέρουν αρκετούς από τους hosts

Multicasting: η πιο πρακτική υπηρεσία μετάδοσης για δεδομένα που αποστέλλονται σε μεγάλο κοινό περιορίζει την κατανάλωση του bandwidth καθώς τα multicasted δεδομένα αποστέλλονται μόνο στους hosts που ενδιαφέρονται γι' αυτά

Πλεονεκτήματα: οικονομία σε bandwidth

## 2.2.6 Κριτική της σημερινής κατάστασης

Η σημερινή τεχνολογία push μπορεί να είναι σε λάθος κατεύθυνση. Οι πωλητές push έχουν τη σωστή ερώτηση, αλλά χρησιμοποιούν λάθος τεχνολογία για να την απαντήσουν. Χωρίς το multicasting, τα δεδομένα που γίνονται broadcasted μπορεί τελικά να ξεπεράσουν την ικανότητα και χωρητικότητα των δικτύων και να υπερφορτώσουν το Internet.

Push γνωστή ως «webcasting» ή «Pont Casting» (από την εταιρεία που το ανακάλυψε) στέλνει πληροφορία κατευθείαν στον υπολογιστή παρά να εξαναγκάζει τη μηχανή να πηγαίνει να την πάρει. Σήμερα, οι περισσότεροι πωλητές χρησιμοποιούν στην πραγματικότητα ένα «δοξασμένο» σύστημα «pull». Σε ειδοποιούν (όπως και χιλιάδες άλλους χρήστες) ότι υπάρχει νέα πληροφορία, μετά εσύ- και χιλιάδες άλλοι χρήστες- πηγαίνουν να τη βρουν, ένας κάθε φορά. Διαφορετικά χρησιμοποιούν αληθινή push, ή «unicasting», που σημαίνει ότι στέλνουν ένα αντίγραφο της πληροφορίας κάθε φορά - σε ένα χρηστή κάθε φορά, χιλιάδες ή εκατομμύρια φορές.

Αυτό που θα έπρεπε να κάνουν είναι να υποστηρίξουν multicasting. Το IP (Internet Protocol) multicasting είναι ένας πιο αποτελεσματικός τρόπος να γνωστοποιήσει κανείς πληροφορία. Λόγω του γεγονότος ότι αντίθετα με το unicasting που στέλνει μια ξεχωριστή ροή δεδομένων σε κάθε ξεχωριστό χρήστη, το multicasting τροφοδοτεί μια μοναδική ροή δεδομένων σε πολλούς χρήστες. Μ' αυτόν τον τρόπο κάνει οικονομία σε bandwidth και μειώνει την κίνηση στους servers του δικτύου.

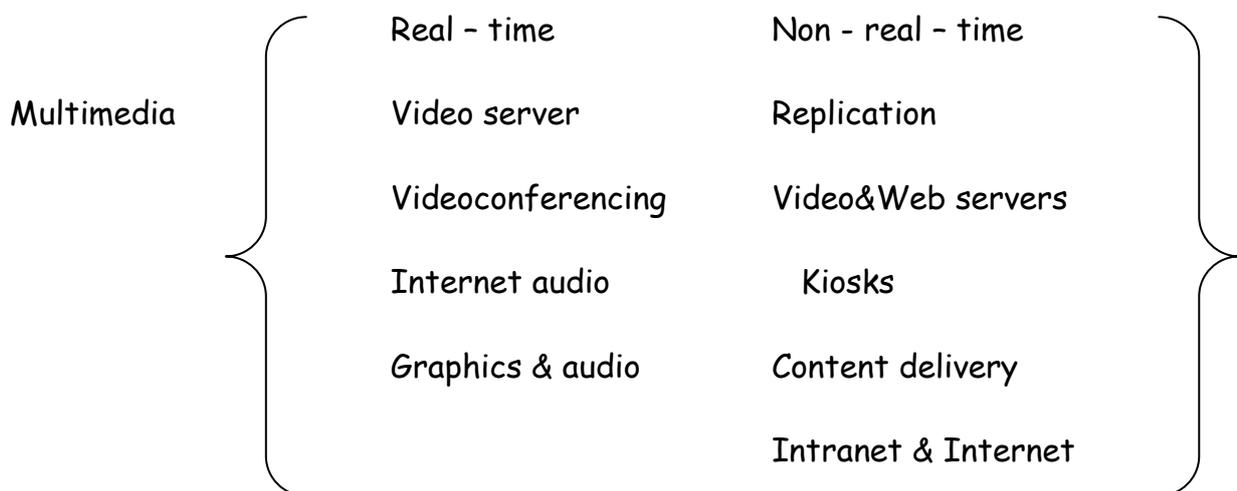
Παρόλο που αυτή η τεχνολογία είναι εύκολα διαθέσιμη (τουλάχιστον στην Αμερική), δε χρησιμοποιείται ακόμα αρκετά, ούτε από τις εταιρείες, ούτε από τους καταναλωτές, γιατί οι περισσότεροι ISPs δεν υποστηρίζουν το πρωτόκολλο. Λείπουν δύο πράγματα: ένα κοτόπουλο και ένα αυγό.

Το κοτόπουλο: μια killer εφαρμογή που να υποστηρίζει multicasting. Σύμφωνα με τον David Pool η killer συνεταιρική εφαρμογή θα διανέμει μεγάλης σημασίας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε μεγάλη κλίμακα. Για παράδειγμα κάποιος που διαβάζει ένα άρθρο σε κάποιο site θα μπορούσε χρησιμοποιώντας αυτήν την υποθετική εφαρμογή να μεταπηδήσει σε άλλο site και να συνομιλήσει με multicasting με άλλους αναγνώστες του ίδιου άρθρου.

Το αυγό: ένα δίκτυο (υποδομή) που να το υποστηρίζει. Χωρίς τέτοιου είδους υποστήριξη καμιά εφαρμογή multicasting δε θα μπορούσε να σταθεί.

### 2.2.7 Εφαρμογές για το multicasting

Πολλά διαφορετικά είδη εφαρμογών έχουν ήδη αναπτυχθεί για να χρησιμοποιούν IP multicasting, και ακόμη περισσότερα να έρχονται. Πολλά από αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με το αν πρόκειται για εφαρμογές πραγματικού χρόνου και χρησιμοποιούν μόνο δεδομένα ενός μέσου ή πολυμέσων.





Ροή multimedia, ειδικά ήχος, video ή συνδυασμένος ήχος και video, μπορούν να διανεμηθούν σε ένα multicasting group. Χρησιμοποιώντας προϊόντα όπως Progressive Networks' RealAudio και RealVideo, τα οποία είναι σχεδιασμένα να χρησιμοποιούν multicasting όταν είναι διαθέσιμο, ηχογραφήσεις συνεδρίων, συναυλιών και συνεντεύξεις έχουν γίνει multicasted στο Internet. Γενικά multicast συσκευές περιλαμβάνουν τρεις τύπους media: ήχος, video και whiteboard (ένας virtual πίνακας που οι συμμετέχοντες μπορούν να μοιράζονται).

Με παρόμοιο τρόπο, μπορούν ηχογραφήσεις ετήσιων συσκέψεων εταιρειών και λόγοι να γίνονται multicasted σε intranets στους υπαλλήλους που κανονικά δεν θα λάμβαναν video και ήχο. Προγραμματισμένες επαναλήψεις σημαντικών λόγων μπορούν επίσης να γίνονται multicasted σε intranets.

Στην εκπαίδευση, παραδόσεις μαθημάτων από αίθουσες μπορούν να μαγνητοφωνούνται από πριν και μετά να γίνεται multicasted στους μαθητές στα σπίτια τους ή σε ειδική αίθουσα, κάνοντας τα μαθήματα από απόσταση πιο πραγματικά. Interactive videoconferencing με χρήση του CU-SeeMe της White Pine Software ή το ProShare της Intel μπορεί να εκμεταλλευτεί το multicasting για να μειώσει τις απαιτήσεις σε bandwidth για τις συζητήσεις των μαθητών.

Πρόσφατα, οι τεχνολογίες push έχουν γίνει δημοφιλής τρόπος για διανομή ίδιων δεδομένων σε πολλούς αποδέκτες. Αυτά τα δεδομένα μπορεί να είναι ειδήσεις, ή άλλη συγχρονισμένη πληροφορία που ενδιαφέρει μεγάλο αριθμό ανθρώπων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω πολλά από τα πρώτα συστήματα push δε χρησιμοποιούν multicast για τη διανομή δεδομένων. Η λανθασμένη τους συμπεριφορά που περιγράφηκε αναλυτικά παραπάνω έχει αρχίσει να αλλάζει.

Μερικές εταιρείες έχουν χρησιμοποιήσει το multicasting για να διανείμουν ηλεκτρονικά σημαντικά αρχεία και updates λογισμικού σε δίκτυο συνεταιίρων. Για παράδειγμα η General Motors διανέμει απογραφικά δεδομένα και λογισμικό στους εμπόρους της σ' όλη την Αμερική με multicasting μέσω δορυφορικού δικτύου.

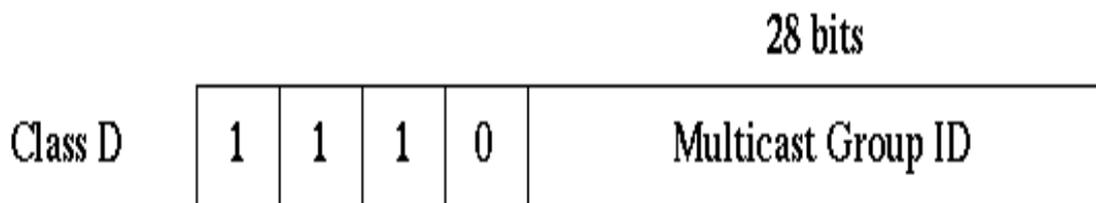
## 2.3 Multicast Addressing

### 2.3.1 Η σημασία των multicast ομάδων

Η ιδέα της ομάδας είναι θεμελιώδης στην ιδέα του multicasting. Εξ ορισμού ένα multicast μήνυμα στέλνεται από μια πηγή σε μια ομάδα από hosts προορισμού. Στο IP multicasting, οι ομάδες έχουν ένα ID που λέγεται multicast group ID. Κάθε φορά που ένα multicast μήνυμα στέλνεται, ένα multicast group ID καθορίζει την ομάδα προορισμού. Αυτά τα group ID's είναι στην πραγματικότητα ένα σετ από IP διευθύνσεις που ονομάζονται «Class D». Υπάρχουν τρεις τύποι από IPv4 διευθύνσεις: unicast, broadcast και multicast. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι unicast διευθύνσεις χρησιμοποιούνται για μεταφορά μηνύματος σε ένα κόμβο προορισμού. Οι broadcast διευθύνσεις χρησιμοποιούνται όταν ένα μήνυμα πρέπει να μεταδοθεί σε όλους τους κόμβους ενός υποδικτύου. Οι multicast διευθύνσεις χρησιμοποιούνται για μετάδοση μηνύματος σε μια ομάδα από κόμβους προορισμού που δεν είναι απαραίτητα στο ίδιο υποδίκτυο. Ενώ οι IP διευθύνσεις των Class A, B και C αξιοποιούνται για unicast μηνύματα, οι διευθύνσεις της Class D βρίσκουν χρήση στα multicast μηνύματα.

### 2.3.2 Multicast Διευθυνσιοδότηση

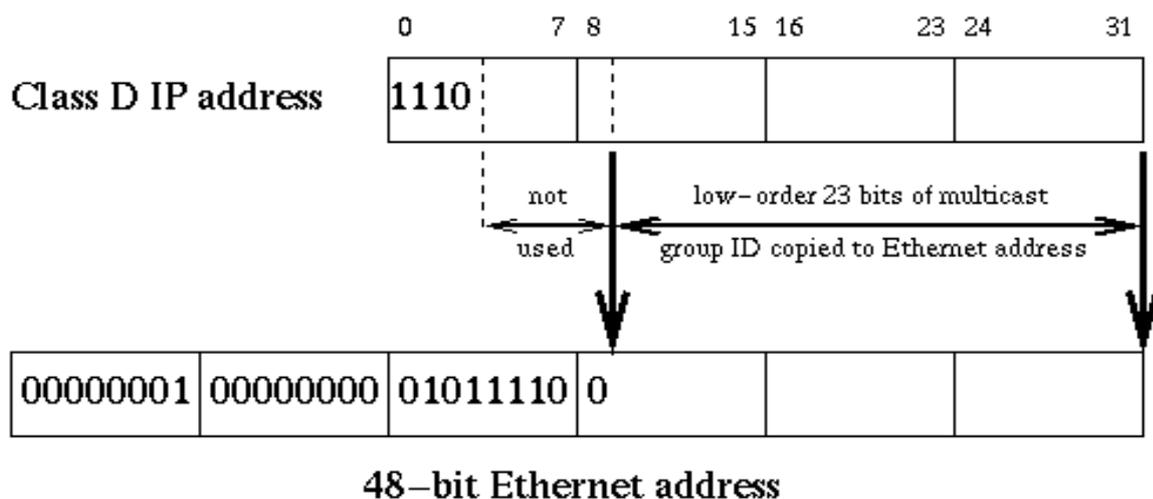
Μια IP διεύθυνση της Class D αναθέτεται σε μια ομάδα από κόμβους ορίζοντας μια multicast ομάδα (host group). Τα τέσσερα πιο σημαντικά bits των διευθύνσεων της Class D θέτονται «1110». Ο 28 bit αριθμός που ακολουθεί αυτά τα τέσσερα bits ονομάζεται «multicast group ID». Μερικές από τις διευθύνσεις της κλάσης D καταχωρούνται με το Internet Assigned Numbers Authority (IANA) για ειδικούς σκοπούς. Το τμήμα των multicast διευθύνσεων που εκτείνεται από 224.0.0.1 μέχρι 224.0.0.255 έχουν δεσμευτεί για τη χρήση των πρωτοκόλλων δρομολόγησης και κάποια άλλα πρωτόκολλα χαμηλού επιπέδου ανακάλυψης ή συντήρησης τοπολογίας. Διευθύνσεις που εκτείνονται από 239.0.0.0 μέχρι 239.255.255.255 έχουν δεσμευτεί για να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές περιορισμένης διαχείρισης σε sites και όχι για εφαρμογές σε ολόκληρο το Internet. Υπάρχουν και κάποιες άλλες διευθύνσεις της Class D που έχουν ήδη δεσμευτεί για ευρέως γνωστές ομάδες όπως «όλοι οι m-routers στο υποδίκτυο». Η διάταξη των IP διευθύνσεων της Class D φαίνεται στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Μορφή της IP διεύθυνσης της Class D.

Ένα multicast μήνυμα διανέμεται στα μέλη μιας ομάδας με την ίδια αξιοπιστία καλύτερης προσπάθειας που ισχύει και για τα unicast IP μηνύματα. Απώλεια πακέτου και διανομή χωρίς «παραγγελία» είναι πιθανή. Όπως και στα unicast IP πακέτα πρέπει να υπάρχει μια διεύθυνση επιπέδου MAC στην οποία να δείχνει η IP multicast διεύθυνση. Η IANA έχει δεσμεύσει ένα σετ από IEEE-802 διευθύνσεις επιπέδου

MAC για multicast πακέτα, που εκτείνονται από 01:00:5E:00:00:00 μέχρι 01:00:5E:7F:FF:FF(hex). Μια IP multicast διεύθυνση μπορεί να αντιστοιχιστεί σε μια IEEE-802 διεύθυνση τοποθετώντας τα 23 λιγότερο σημαντικά bits της IP multicast διεύθυνσης στα 23 λιγότερο σημαντικά bits της multicast επιπέδου MAC διεύθυνσης. Η αντιστοίχιση μιας IP multicast διεύθυνσης σε μια IEEE-802 επιπέδου MAC διεύθυνση φαίνεται στο σχήμα 2.2. Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της διαδικασίας της αντιστοίχισης θα υπάρχουν 32 διαφορετικές multicast διευθύνσεις αντιστοιχισμένες στην ίδια IEEE-802 διεύθυνση.



Σχήμα 2.2 Αντιστοίχιση μιας IP multicast διεύθυνσης σε μια Ethernet multicast διεύθυνση.

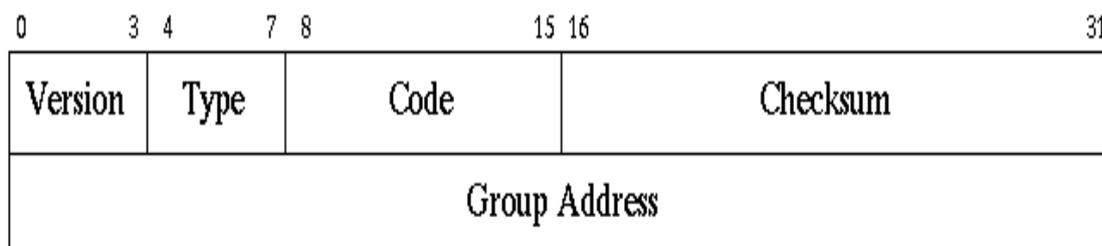
### 2.3.2.1 Internet Group Management Protocol (IGMP)

Οι hosts που επιθυμούν να λαμβάνουν multicast μηνύματα πρέπει να ενημερώσουν τους απευθείας γειτονικούς routers ότι ενδιαφέρονται να λαμβάνουν multicast μηνύματα που στέλνονται σε συγκεκριμένες ομάδες. Με αυτόν τον τρόπο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε κόμβος μπορεί να γίνει μέλος σε μια ή περισσότερες ομάδες και να λαμβάνει τα multicast πακέτα που στέλνονται σ' αυτές. Το πρωτόκολλο μέσω του οποίου οι hosts επικοινωνούν με τους τοπικούς m-routers για να

ανταλλάξουν αυτήν την πληροφορία λέγεται Internet Group Management Protocol. Το IGMP επίσης χρησιμοποιείται από τους m-routers περιοδικά για να ελέγξουν αν τα γνωστά μέλη κάθε ομάδας παραμένουν ενεργά. Στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότεροι από έναν m-router ένα δοσμένο υποδίκτυο (LAN), ένας από αυτούς εκλέγεται «querier» (ερωτών) και αναλαμβάνει την ευθύνη να κρατάει στοιχεία για την κατάσταση των μελών multicast ομάδων που έχουν ενεργά μέλη στο υποδίκτυό του. Βασισμένος στην πληροφορία που αποκομίζει από το IGMP, ο m-router μπορεί να αποφασίσει αν χρειάζεται να προωθεί multicast μηνύματα που λαμβάνει στο υποδίκτυό του ή όχι. Αφού λάβει ένα multicast πακέτο που έχει σταλεί σε μια συγκεκριμένη ομάδα, ο m-router θα ελέγξει να δει αν υπάρχει τουλάχιστον ένα μέλος της συγκεκριμένης ομάδας στο υποδίκτυό του. Αν υπάρχει, ο m-router θα προωθήσει το μήνυμα σ' αυτό το υποδίκτυο. Διαφορετικά, θα απορρίψει αυτό το multicast πακέτο. Προφανώς αυτή θα είναι η τελευταία φάση στη διαδικασία διανομής ενός multicast πακέτου.

### 2.3.2.1.1 Ανασκόπηση του IGMP (3 versions)

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η ιδέα της συμμετοχής και αποχώρησης από multicast ομάδες είναι θεμελιώδης για το multicasting. Το IGMP που θεωρείται κομμάτι του IP επιπέδου έχει σταθερό μέγεθος μηνύματος χωρίς προαιρετικά δεδομένα. Η διάταξη ενός IGMP μηνύματος φαίνεται στο σχήμα 2.3.



2.3 Μορφή των IGMP μηνυμάτων.

Κάθε host μπορεί να γίνει μέλος σε μια ομάδα ή να αποχωρήσει από μια ομάδα στην οποία προηγουμένως έχει γίνει μέλος. Τα μηνύματα του IGMP χρησιμοποιούνται από τους m-routers για να κρατούν την κατάσταση των μελών των ομάδων στα άμεσα συνδεδεμένα μαζί τους υποδίκτυα. Ισχύουν οι παρακάτω κανόνες:

1. Κάθε host στέλνει ένα IGMP «report» για να γίνει μέλος σε μια ομάδα.
2. Κάθε host δε θα στείλει ποτέ «report» όταν θέλει να φύγει από μια ομάδα.
3. Οι multicast routers στέλνουν IGMP ερωτήσεις (queries) περιοδικά για να δουν αν υπάρχουν μέλη κάθε ομάδας στο υποδίκτυό τους. Αν δεν πάρουν καμία απάντηση για κάποια συγκεκριμένη ομάδα μετά από έναν αριθμό ερωτήσεων, ο m-router υποθέτει ότι δεν υπάρχουν μέλη της ομάδας σ' αυτό το υποδίκτυο. Πρέπει να σημειωθεί ότι το TTL πεδίο των μηνυμάτων ερωτήσεων παίρνει την τιμή 1 έτσι ώστε οι ερωτήσεις να μην προωθούνται σε άλλα υποδίκτυα.

Βασισμένος στις «reports» που παίρνει από τους hosts ένας m-router μπορεί να αποφασίσει αν πρέπει να προωθήσει ένα multicast πακέτο σε ένα συγκεκριμένο υποδίκτυο ή όχι.

Το IGMP Version 2 που έχει ενσωματωθεί στο αρχικό IGMP περιλαμβάνει μερικές προεκτάσεις όπως μια διαδικασία για εκλογή ενός multicast querier για κάθε LAN, ειδικά μηνύματα αποχώρησης από ομάδα για γρήγορη αναγνώριση της αποχώρησης ενός μέλους μιας ομάδας και ειδικές ερωτήσεις ανά ομάδα. Ο m-router με τη μικρότερη IP διεύθυνση εκλέγεται ως querier. Το ειδικό μήνυμα αποχώρησης από ομάδα προστέθηκε για να μειώσει την καθυστέρηση του πρωτοκόλλου και οι m-routers μπορούν να ζητούν «reports» για συγκεκριμένο ID ομάδας.

Το IGMP Version 3, το οποίο βρίσκεται σε αρχικά στάδια, κάνει δυνατό σε έναν host να γίνει μέλος σε μια ομάδα και να καθορίσει ένα σετ από πηγές της ομάδας από τις οποίες επιθυμεί να λαμβάνει multicast μηνύματα. Ομοίως, τα μηνύματα

αποχώρησης από ομάδα της Version 2 έχουν εμπλουτιστεί για να υποστηρίζουν μηνύματα αποχώρησης από πηγή μιας ομάδας.

### **2.3.2.1.2 Απαιτήσεις για τον host**

Παρόλο που το IGMP είναι παλιό Internet standard, το λογισμικού του host πρέπει να αναβαθμιστεί ώστε να:

1. υποστηρίζει την μετάδοση και αποδοχή από διευθύνσεις της Class D.
2. εμπλουτίσει το UDP για να στέλνει και να λαμβάνει multicast.
3. υποστηρίζει IGMP.

## **2.4 Αλγόριθμοι multicast δρομολόγησης**

Έχουν προταθεί αρκετοί αλγόριθμοι για το χτίσιμο των multicast δένδρων μέσω των οποίων θα διανέμονται στους κόμβους προορισμού τα multicast πακέτα. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση πρωτοκόλλων multicast δρομολόγησης. Σ' αυτήν την παράγραφο ξεκινάμε κάνοντας σύντομη αναφορά δύο απλών αλγορίθμων που ονομάζονται Flooding και Spanning Trees. Στη συνέχεια, συζητάμε πιο πολύπλοκους αλγόριθμους, όπως τους Reverse Path Broadcasting (RPB), Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB), Reverse Path Multicasting (RPM), Steiner Trees (ST) και Core-Based Trees (CBT).

### **2.4.1 Flooding**

Ο Flooding αλγόριθμος, ο οποίος έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε πρωτόκολλα, όπως το OSPF, είναι η πιο απλή τεχνική για διανομή multicast πακέτων σε m-routers στο δίκτυο. Σε αυτόν τον αλγόριθμο, όταν ένας mrouter λαμβάνει ένα multicast πακέτο ελέγχει πρώτα εάν έχει δει αυτό το συγκεκριμένο πακέτο νωρίτερα ή είναι η πρώτη φορά που αυτό το πακέτο έρχεται σ' αυτόν τον mrouter. Αν είναι η πρώτη

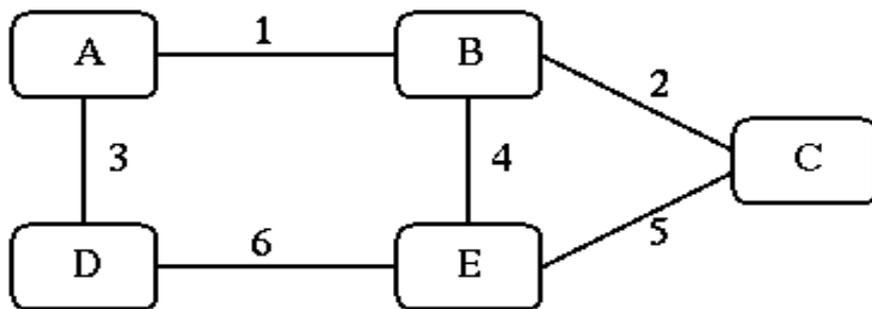
φορά, ο *mrouter* θα προωθήσει το πακέτο σε όλες τις συνδέσεις εκτός από αυτήν από την οποία το έλαβε. Διαφορετικά, ο *mrouter* απλά θα απορρίψει το πακέτο.

Παρόλο που αυτός ο αλγόριθμος είναι αρκετά απλός, έχει μερικά βασικά μειονεκτήματα. Δημιουργεί έναν μεγάλο αριθμό από αντίγραφα του ίδιου πακέτου και σπαταλά το *bandwidth* του δικτύου. Επιπλέον, κάθε *mrouter* πρέπει να κρατάει κάπου τα πακέτα που έχει δεχτεί για να βρει αν είναι η πρώτη φορά που ένα συγκεκριμένο έρχεται σ' αυτόν ή όχι, πρέπει να κρατάει μια ξεχωριστή εγγραφή στον πίνακά του για κάθε πακέτο που έχει λάβει πρόσφατα. Έτσι ο Flooding αλγόριθμος κάνει αναποτελεσματική χρήση των πόρων μνήμης των *mrouter*s.

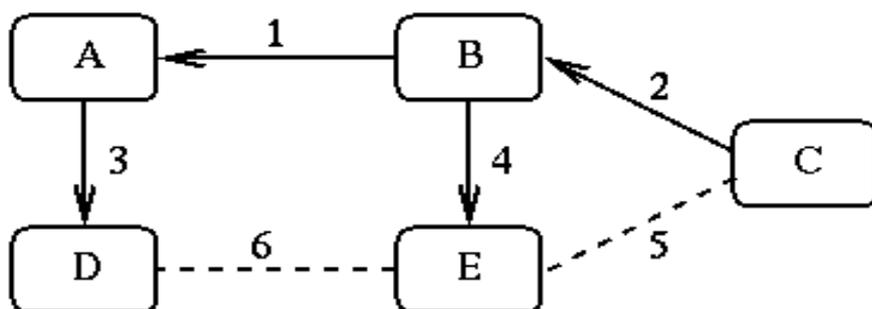
### ***2.4.2 Spanning Trees***

Ένας αλγόριθμος καλύτερος από τον Flooding είναι ο αλγόριθμος Spanning Tree. Αυτός ο αλγόριθμος, που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από IEEE-802 γέφυρες, είναι αποτελεσματικός και εύκολος στην υλοποίηση. Σ' αυτόν τον αλγόριθμο, ένα υποσύνολο των *links* του δικτύου επιλέγεται για να ορίσει μια δενδρική δομή, τέτοια ώστε να υπάρχει μόνο ένα ενεργό μονοπάτι ανάμεσα σε δύο οποιουσδήποτε *mrouter*s. Κάθε φορά που ένας *mrouter* λαμβάνει ένα *multicast* πακέτο, το προωθεί σε όλα τα *links* που ανήκουν στο *spanning tree*, εκτός από αυτό από το οποίο έφτασε το πακέτο. Προφανώς, η μοναδική πληροφορία που χρειάζεται να κρατάει ένας *mrouter* είναι μια Boolean μεταβλητή για κάθε σύνδεση με το δίκτυο, που να υποδεικνύει αν το *link* ανήκει στο *spanning tree* ή όχι.

Χρησιμοποιούμε ένα μικρό δίκτυο με πέντε κόμβους και έξι *links* για να δείξουμε διαφορετικά δένδρα. Για λόγους απλότητας δε διαφοροποιούμε *hosts* και *mrouter*s, υποδίκτυα και *links*. Επίσης υποθέτουμε ότι τα *links* είναι συμμετρικά και τα κόστη τους δείχνονται πάνω στη γραμμή τους. Το *spanning tree* από τον κόμβο πηγή C φαίνεται στο σχήμα 2.4.



A small test network



Spanning Tree from source (C)

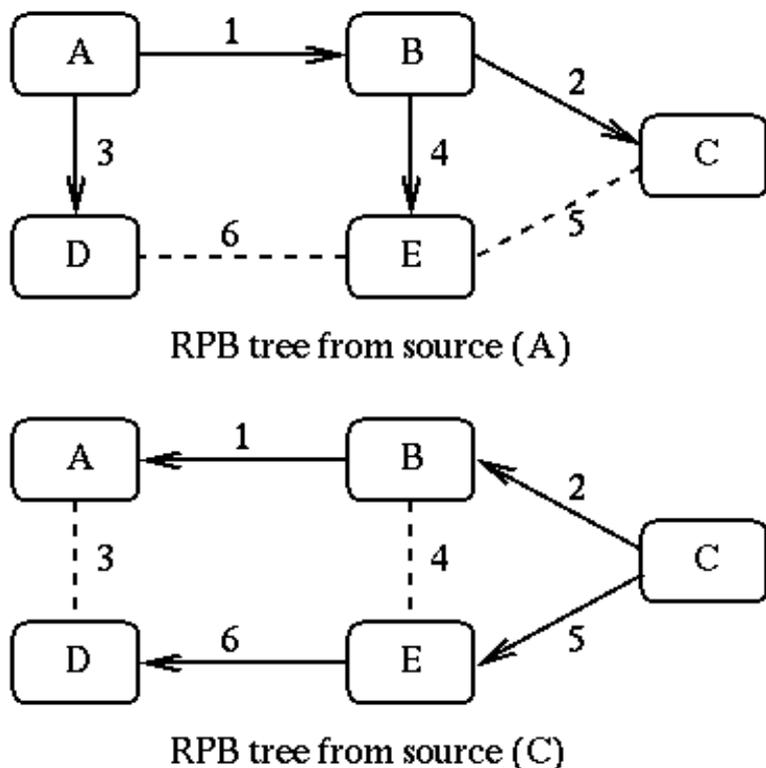
Σχήμα 2.4 Spanning Tree.

Ο αλγόριθμος Spanning Tree έχει δύο μειονεκτήματα: συγκεντρώνει όλη την κίνηση σε ένα μικρό σετ από links και δεν λαμβάνει υπόψη τα μέλη των ομάδων.

### 2.4.3 Reverse Path Broadcasting (RPB)

Ο αλγόριθμος RPB, που χρησιμοποιείται επί του παρόντος στο MBONE, είναι μια τροποποίηση του αλγορίθμου Spanning Tree. Σ' αυτόν τον αλγόριθμο, αντί να χτίσουμε ένα spanning tree για όλο το δίκτυο, κατασκευάζεται ένα δυνατό spanning tree για κάθε πηγή. Σύμφωνα με αυτόν τον αλγόριθμο, κάθε φορά που ένας mrouter λαμβάνει ένα multicast πακέτο στο link «L» και από πηγή «S», ο mrouter θα ελέγξει να δει αν το link L ανήκει στο συντομότερο μονοπάτι έναντι του S. Αν αυτό ισχύει, τότε το πακέτο προωθείται σε όλα τα links εκτός από το L.

Διαφορετικά, το πακέτο απορρίπτεται. Τρία multicast trees από δύο πηγές του δικτύου μας φαίνονται στο σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 RPB Tree.

Ο αλγόριθμος RPB μπορεί να βελτιωθεί εύκολα λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι αν ο τοπικός mrouter δεν είναι στο συντομότερο μονοπάτι ανάμεσα στον κόμβο πηγή και ένα γειτονικό, το πακέτο θα απορρίπτεται στο γειτονικό mrouter. Γι' αυτό αν συμβαίνει αυτό δεν υπάρχει ανάγκη να προωθείται το μήνυμα στον γείτονα. Αυτή η πληροφορία μπορεί να αποκομιστεί εύκολα αν χρησιμοποιείται link-state αλγόριθμος δρομολόγησης.

Αυτός ο αλγόριθμος είναι αποδοτικός και εύκολος στην υλοποίηση. Επιπλέον αφού τα πακέτα προωθούνται μέσω των πιο σύντομων μονοπατιών από την πηγή στους κόμβους προορισμού, είναι πολύ γρήγορος. Ο αλγόριθμος RPB δε χρειάζεται μηχανισμό που να σταματά τη διαδικασία προώθησης. Οι mrouter δε χρειάζεται να ξέρουν για

ολόκληρο το *spanning tree* και αφού τα πακέτα διανέμονται μέσω διαφορετικών *spanning trees* (και όχι μέσω ενός μοναδικού *spanning tree*) η κίνηση μοιράζεται με πολλά δένδρα και το δίκτυο αξιοποιείται καλύτερα. Παρ' όλα αυτά, ο αλγόριθμος RPB «πάσχει» από μια σημαντική ατέλεια: δε λαμβάνει υπόψη την πληροφορία για τα μέλη των *multicast* ομάδων στην κατασκευή των δένδρων διανομής.

#### ***2.4.4 Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB)***

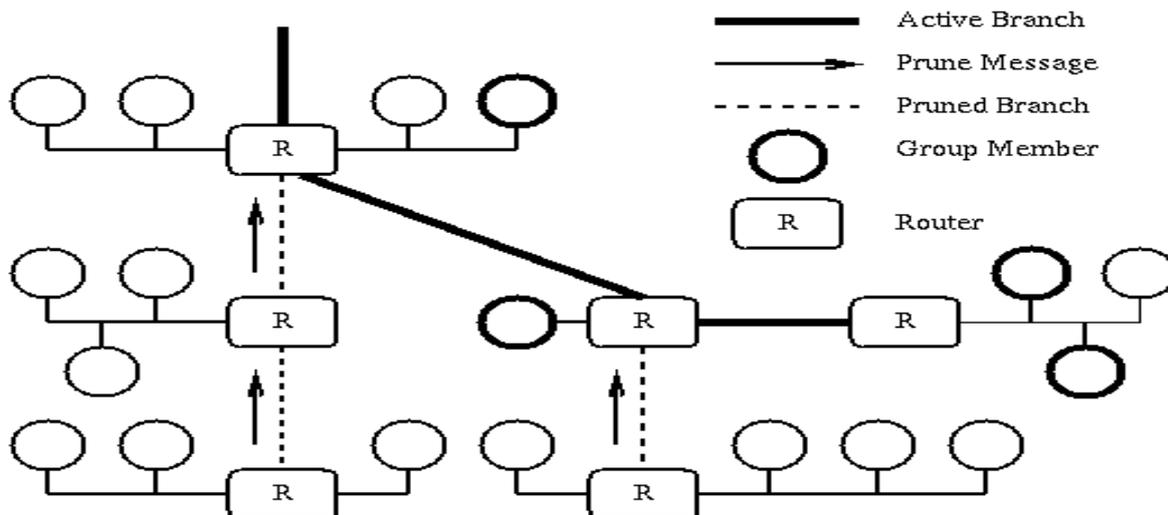
Ο σκοπός του αλγορίθμου TRPB ήταν να ξεπεράσει κάποιους από τους περιορισμούς του αλγορίθμου RPB. Αναφέραμε νωρίτερα ότι χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο IGMP, ένας *mrouter* μπορεί να καθορίσει αν υπάρχουν μέλη μιας δοσμένης *multicast* ομάδας στο υποδίκτυό του ή όχι. Αν αυτό το υποδίκτυο δεν έχει άλλους *routers* συνδεδεμένους (φύλλο υποδίκτυο), ο *m-router* θα κόψει το *spanning tree*. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο TRPB όπως και ο RPB δε προωθεί το μήνυμα σε γειτονικό *mrouter* αν ο τοπικός *mrouter* δεν είναι στο συντομότερο μονοπάτι από το γειτονικό *mrouter* στον κόμβο πηγή.

Παρόλο που ο αλγόριθμος TRPB χρησιμοποιεί τα μέλη των *multicast* ομάδων και τα φύλλα υποδίκτυα είναι κομμένα από τα *spanning trees*, δε μειώνει την περιττή κίνηση σε υποδίκτυα που δεν είναι φύλλα και δεν έχουν μέλη της ομάδας.

#### ***2.4.5 Reverse Path Multicasting (RPM)***

Ο αλγόριθμος RPM είναι ένας εμπλουτισμός των αλγορίθμων RPB και TRPB. Ο RPM κατασκευάζει ένα δένδρο διανομής το οποίο «ανοίγει» μόνο:1) υποδίκτυα με μέλη της ομάδας και 2) *m-routers* και υποδίκτυα που βρίσκονται στη διαδρομή του συντομότερου μονοπατιού για υποδίκτυα με μέλη της ομάδας. Το RPM δένδρο μπορεί να κοπεί έτσι ώστε τα *multicast* πακέτα να προωθούνται μέσω *links* που οδηγούν σε μέλη της ομάδας προορισμού.

Για δοσμένο ζευγάρι (πηγή, ομάδα) το πρώτο multicast πακέτο προωθείται σύμφωνα με τον αλγόριθμο TRPB. Οι m-routers που δεν έχουν mrouter στην κατεύθυνση ρεύματος (downstream) ονομάζονται leaf routers (routers φύλλα). Αν ένας leaf router λάβει ένα multicast πακέτο για ένα (πηγή, ομάδα) ζευγάρι και δεν έχει κανένα μέλος της ομάδας στο υποδίκτυό του, θα στείλει ένα «prune» μήνυμα (μήνυμα κοψίματος) στον mrouter από τον οποίο έλαβε το multicast πακέτο. Το prune μήνυμα υποδεικνύει ότι τα συγκεκριμένα multicast πακέτα από το συγκεκριμένο (πηγή, ομάδα) ζευγάρι δεν πρέπει να προωθούνται στο link από το οποίο ελήφθη το prune μήνυμα. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι τα prune μηνύματα στέλνονται μόνο ένα hop πίσω προς την πηγή. Ο αντίθετα στο ρεύμα (upstream) mrouter απαιτείται να κρατήσει την prune πληροφορία στη μνήμη του. Απ' την άλλη, αν ο upstream mrouter δεν έχει τοπικούς αποδέκτες για να λάβει prune μηνύματα από όλα τα παιδιά του στο TRPB δένδρο, τότε ο upstream m-router θα στείλει prune μήνυμα στον πατέρα του στο TRPB δένδρο, υποδεικνύοντας ότι τα multicast πακέτα από το (πηγή, ομάδα) ζευγάρι δε χρειάζεται να προωθούνται σ' αυτόν. Τα διαδοχικά prune μηνύματα θα περικόψουν το αρχικό TRPB δένδρο έτσι ώστε τα multicast πακέτα να προωθούνται μόνο στα links που οδηγούν σε ένα κόμβο προορισμού (μέλος της multicast ομάδας). Για να δείξουμε το δένδρο που παίρνουμε μετά από ανταλλαγή των prune μηνυμάτων στο δίκτυο, χρησιμοποιούμε ένα πιο πολύπλοκο δίκτυο. Στο σχήμα 2.6 φαίνεται η ανταλλαγή των prune μηνυμάτων και το τελικό RPM δένδρο.

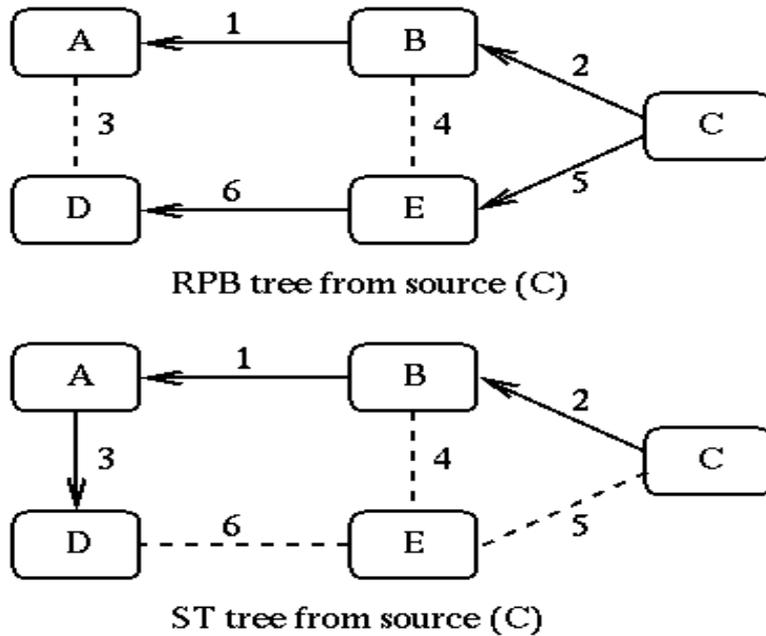


Σχήμα 2.6 RPM Tree.

Επειδή τα μέλη των ομάδων καθώς και η τοπολογία του δικτύου μπορεί να αλλάζει δυναμικά, η prune κατάσταση του δένδρου διανομής πρέπει να ανανεώνεται σε τακτικά διαστήματα. Γι' αυτό, στον αλγόριθμο RPM η prune πληροφορία στους πρouters σβήνεται περιοδικά και το επόμενο πακέτο του (πηγή, ομάδα) ζευγαριού προωθείται προς όλους τους leaf routers. Αυτό είναι ουσιαστικά το πρώτο μειονέκτημα του RPM. Ο σχετικά μεγάλος χώρος μνήμης που απαιτείται για τη συντήρηση πληροφορίας κατάστασης για όλα τα (πηγή, ομάδα) ζευγάρια είναι ένα ακόμα μειονέκτημα, που κάνει αυτό τον αλγόριθμο μη σταθερό και επομένως όχι ακατάλληλο για πολύ μεγάλα δίκτυα.

### 2.4.6 Steiner Tress (ST)

Στην οικογένεια αλγορίθμων RPB (RPB, TRPB, RPM) χρησιμοποιείται το συντομότερο μονοπάτι ανάμεσα στον κόμβο πηγή και κάθε κόμβο προορισμού για τη διανομή των multicast πακέτων, εγγυώμενο ότι τα multicast πακέτα διανέμονται όσο πιο γρήγορα γίνεται. Στο σχήμα 2.7 φαίνονται το RPB δένδρο και μια άλλη διανομή για το δίκτυό μας, υποθέτοντας ότι το C είναι η πηγή και τα A και D οι αποδέκτες.



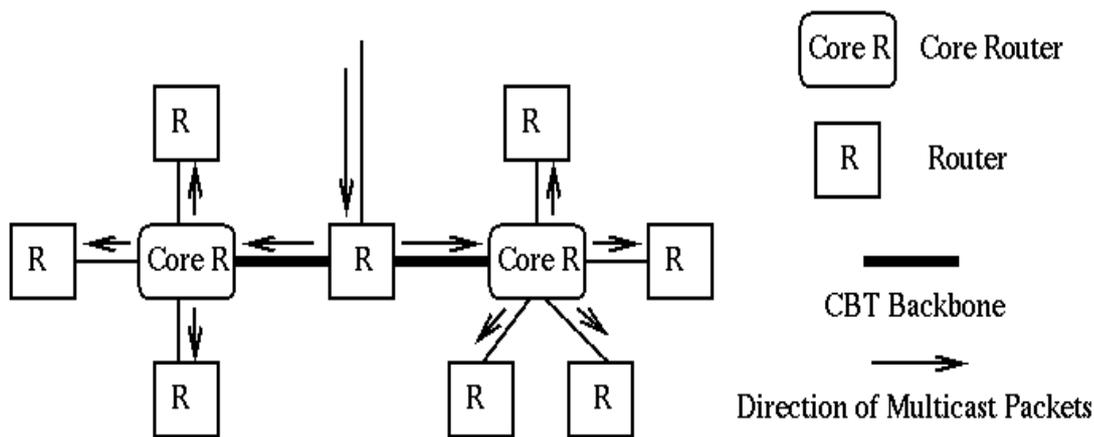
Σχήμα 2.7 Steiner Tree.

Μπορεί κανείς εύκολα να παρατηρήσει ότι το δεύτερο δένδρο χρησιμοποιεί μικρότερο αριθμό από links. Αυτό το δένδρο όμως είναι πιο αργό από το RPB δένδρο (διότι τα πακέτα πρέπει να περάσουν τρία hops για να φτάσουν στο D αντί για δύο hops που απαιτούνται στο RPB δένδρο). Ένα δένδρο τέτοιου τύπου ονομάζεται Steiner Tree. Παρόλο που τα Steiner δένδρα ελαχιστοποιούν τον αριθμό των links που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του δένδρου διανομής, δυσκολίες στον υπολογισμό αυτών των δένδρων τα κατέστησαν μικρής πρακτικής σημασίας. Εφόσον η μορφή του ST αλλάζει όταν ένας κόμβος έρχεται ή φεύγει από μια multicast ομάδα. Τα ST είναι επίσης πολύ ασταθή.

#### 2.4.7 Core-Based Trees (CBT)

Ο τελευταίος αλγόριθμος που προτάθηκε για κατασκευή multicast δένδρων διανομής ονομάζεται Core-Based Tree (CBT) αλγόριθμος. Αντίθετα με άλλους αλγόριθμους στους οποίους έγινε αναφορά προηγουμένων, ο CBT δημιουργεί ένα μοναδικό δένδρο διανομής για κάθε ομάδα. Με άλλα λόγια, το δένδρο που

χρησιμοποιείται για την προώθηση multicast μηνυμάτων για μια συγκεκριμένη ομάδα, είναι ένα συγκεκριμένο δένδρο ανεξάρτητα από την τοποθεσία του κόμβου πηγής. Ένας mrouter, ή μια σειρά από mrouter, επιλέγονται να είναι ο «core» router του δένδρου διανομής. Όλα τα μηνύματα για μια συγκεκριμένη ομάδα προωθούνται σαν unicast μηνύματα προς τον core router μέχρι να φτάσουν σε ένα mrouter που ανήκει στο αντίστοιχο δένδρο διανομής. Τότε, το πακέτο προωθείται σε όλες τις προοδευτικές συνδέσεις που είναι μέρη του δένδρου διανομής εκτός από την incoming (αφικνούμενη) σύνδεση. Αυτή η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 2.8.



Σχήμα 2.8 Core - Based Tree.

Αφού ο αλγόριθμος CBT κατασκευάζει μόνο ένα δένδρο διανομής για κάθε multicast ομάδα, οι multicast routers πρέπει να κρατούν λιγότερη πληροφορία σε σχέση με τις απαιτήσεις άλλων αλγορίθμων δρομολόγησης. Επίσης ο CBT κάνει οικονομία σε bandwidth του δικτύου, αφού δεν απαιτεί flooding κανενός multicast πακέτου στο δίκτυο. Παρ' όλα αυτά, η χρήση ενός συγκεκριμένου και μοναδικού δένδρου για κάθε ομάδα μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση της κίνησης και συμφόρηση γύρω από τους core routers. Η ύπαρξη μόνο ενός δένδρου διανομής μπορεί επίσης να έχει ως αποτέλεσμα χρήση μη-βέλτιστων δρόμων και συνεπώς καθυστέρηση στη διανομή των μηνυμάτων.

### 2.4.8 Σύνοψη

Οι αλγόριθμοι που συζητήθηκαν σ' αυτήν την παράγραφο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη multicast πρωτοκόλλων δρομολόγησης. Κάθε ένας απ' αυτούς τους αλγόριθμους έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του σε σχέση με άλλους αλγόριθμους που τον κάνουν πιο αποτελεσματικό σε κάποιες περιπτώσεις και λιγότερο αποτελεσματικό σε άλλες.

## 2.5 Multicast Routing Protocol (Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Πολλαπλής Εκπομπής)

Η δρομολόγηση των multicast πακέτων γίνεται με ειδικά πρωτόκολλα, τα οποία θα πρέπει να υποστηρίζονται από όλους τους routers κορμού ενός δικτύου. Διαφορετικά διαμορφώνονται multicast νησίδες, οι οποίες επικοινωνούν μέσω της δημιουργίας νοητών συνδέσμων (tunnels), που μεταφέρουν multicast πακέτα ενσωματωμένα σε unicast πακέτα. Τα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης διαφέρουν από τα αντίστοιχα unicast πρωτόκολλα δρομολόγησης στο ότι απαιτούν να γνωρίζουν την προέλευση ενός πακέτου από τον προορισμό του. Τα περισσότερα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης στηρίζονται στην τεχνική της δημιουργίας ενός spanning tree (δέντρου διανομής) που συνδέει όλους τους ενδιαφερόμενους σταθμούς. Ανάλογα με το τρόπο δημιουργίας του spanning tree, τα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- ⊗ Πρωτόκολλα Πυκνής Δρομολόγησης (Dense Mode)
- ⊗ Πρωτόκολλα Αραιής Δρομολόγησης (Sparse Mode)

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικοί πίνακες όπου κατηγοριοποιούνται ανάλογα όλα τα multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης που θα αναλύσουμε στην συνέχεια:

	Πρωτόκολλα Πυκνής Δρομολόγησης (Dense Mode)			Πρωτόκολλα Αραιής Δρομολόγησης (Sparse Mode)	
Όνομα Πρωτο- Κόλλου	DVRMP  (Distance Vector Multicast Routing Protocol)	MOSPF  (Multicast Open Shortest path First)	PIM-DM  (Protocol Indepe ndent Multicast- Dense Mode)	PIM-SM  (Protocol Inde- pendent Multicast Sparse Mode)	CBT  (Core Based Trees)
Αποτελεί Πρότυπο για το IETF;	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗ ΡΙΣΤΙΚΑ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θεωρούμε ότι υπάρχει πυκνή διασπορά όσον αφορά την φυσική θέση των κόμβων στις διάφορες ομάδες και αρκετή χωρητικότητα στα κανάλια.</li> <li>• το spanning tree γίνεται από τους routers χρησιμοποιώντας κατά διαστήματα τεχνικές τύπου flooding όπου τα πακέτα διαχέονται προς όλα τα συνδεδεμένα δίκτυα εκτός από αυτό από το οποίο προέρχονται</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• τα πρωτόκολλα της κατηγορίας αυτής θεωρούν ότι υπάρχει μικρή πυκνότητα στις ομάδες και ότι οι αποστάσεις μεταξύ των κόμβων είναι αρκετά μεγάλες. Η χρήση τεχνικών flooding για την κατασκευή του spanning tree είναι</li> </ul>	

		<p>απαγορευτική.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• τα multicast πακέτα λαμβάνονται από τους routers μόνο αν οι ίδιοι το ζητήσουν, ενώ αν θέλουν να τα προωθήσουν πρέπει να το δηλώσουν σαφώς στο <i>spanning tree</i> στέλνοντας σχετικό μήνυμα στον κοντινότερο router του δέντρου</li><li>• όλοι οι routers χρησιμοποιούν το ίδιο δέντρο διανομής η κατασκευή του οποίου γίνεται γύρω από ένα κεντρικό router</li></ul>
--	--	---

<p>ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗ ΡΙΣΤΙΚΑ</p>	<p><u>DVRMP :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• συνεργάζεται με το unicast RIP πρωτόκολλο</li> <li>• στηρίζεται στην τεχνική RPF (Reverse Path Forwarding)</li> <li>• αρχικά τα unicast πακέτα προωθούνται προς όλα τα διασυνδεδεμένα υποδίκτυα εκτός από αυτό που προέρχονται. Αν κάποιο από τα υποδίκτυα δεν ενδιαφέρεται να Παραλάβει τα συγκεκριμένα πακέτα, ο αντίστοιχος router αποστέλλει ένα μήνυμα αποκοπής prune message.</li> <li>• τα unicast πακέτα προωθούνται από τους routers μόνο αν προέρχονται από το σημείο εκείνο που βρίσκεται πιο κοντά στην πηγή των πακέτων, διαφορετικά απορρίπτονται</li> <li>• το flooding επαναλαμβάνεται κατά διαστήματα έτσι ώστε να περιληφθούν και σταθμοί που ενώθηκαν σε μια multicast ομάδα μετά την αποκοπή</li> <li>• βασικό πρωτόκολλο του MBONE που στηρίζεται στην ύπαρξη νοητών συνδέσμων (tunnels) μεταξύ των routers που τρέχουν DVMRP</li> </ul> <p><u>MOSPF:</u></p>	<p><u>PIM-SM:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ορίζει ένα σημείο συνάντησης RP (Rendezvous Point)</li> <li>• κάθε σταθμός που θέλει να συμμετάσχει σε μια multicast ομάδα στέλνει μια αίτηση στον router του δικτύου του, ο οποίος με την σειρά του ζητά από το σημείο συνάντησης να συμμετάσχει στο spanning tree των multicast πακέτων. Η πηγή των Multicast πακέτων χρησιμοποιεί τον RP για να ανακοινώσει την παρουσία της και για να βρει ένα μονοπάτι προς τους σταθμούς που έχουν ενωθεί στην ομάδα της</li> </ul>
---------------------------------------	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• δουλεύει περιλαμβάνοντας multicast πληροφορία στα advertisements της κατάστασης των γραμμών</li> <li>• το OSPF μαθαίνει ποιες ομάδες είναι ενεργές και σε ποια σημεία του δικτύου, ενώ το MOSPF εν συνεχεία κατασκευάζει ένα κοινό δένδρο διανομής για κάθε συνδυασμό πηγής/ ομάδας</li> <li>• η κατάσταση του δέντρου αποθηκεύεται προσωρινά και ο υπολογισμός του δέντρου γίνεται από την αρχή κάθε φορά που αλλάζει η κατάσταση μιας γραμμής ή εκπνέει ο χρόνος παραμονής των δεδομένων στην cache του κάθε router</li> <li>• χρησιμοποιείται ο Dijkstra αλγόριθμος για τον υπολογισμό συντομότερης διαδρομής στο δέντρο</li> </ul> <p><u>PIM-DM:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• δεν στηρίζεται σ' ένα συγκεκριμένο unicast πρωτόκολλο αλλά συνεργάζεται με όλα σχεδόν τα πρωτόκολλα απλής δρομολόγησης</li> <li>• συνεργάζεται απόλυτα με το DVMRP και μέσω tunnels</li> </ul>	<p><u>CBT:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• κατασκευάζει το spanning tree γύρω από ένα ή περισσότερους routers πυρήνα (core)</li> <li>• σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα που κάθε router κατασκευάζει ένα διαφορετικό δέντρο για κάθε συνδυασμό πηγής/ ομάδας, το CBT κατασκευάζει ένα δέντρο το οποίο μοιράζονται όλα τα μέλη της ομάδας. Έτσι η μεταφορά πακέτων γίνεται πάνω από το ίδιο δέντρο ανεξάρτητα από την προέλευσή τους</li> </ul>
--	---	---

<p>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΤΗΜΑΤΑ Α ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Α</p>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• η πυκνή δρομολόγηση ενδείκνυται για τις περιπτώσεις που οι αποστολείς και οι παραλήπτες των μηνυμάτων είναι κοντά ο ένας στον άλλο</li> <li>• υπάρχουν λίγοι αποστολείς και πολλοί Παραλήπτες</li> <li>• ο όγκος της διακινούμενης πληροφορίας είναι μεγάλος</li> <li>• ο συρμός της κίνησης είναι σταθερός</li> </ul>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• υπάρχουν λίγοι παραλήπτες σε κάθε ομάδα</li> <li>• οι αποστολείς και οι παραλήπτες χωρίζονται από μεγάλες αποστάσεις</li> <li>• ο τύπος της κίνησης είναι περιοδικός</li> </ul>
	<p><u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• σοβαρά προβλήματα στην απόδοση του δικτύου</li> <li>• κάθε κόμβος υποχρεώνεται να κρατάει αρκετή πληροφορία για την κατάσταση του δικτύου</li> <li>• δύσκολη η επέκταση των πρωτοκόλλων σε μεγάλη κλίμακα</li> </ul> <p><u>ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ MOSPF</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• δουλεύει καλά σε περιβάλλοντα, όπου δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός ενεργών πηγών/ ομάδων</li> <li>• Αντιμετωπίζει, προβλήματα με την διαλειτουργικότητα με άλλα πρωτόκολλα μονής</li> </ul>	

και πολλαπλής εκπομπής

- δεν συνεργάζεται με άλλα πρωτόκολλα πέραν του OSPF και δεν επιτρέπει την δημιουργία νοη - τών συνδέσμων (tunnels) για την μεταφορά multi- cast πακέτων ενσωματωμένων σε unicast πακέτα

### ***2.5.1 Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)***

Το Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) το οποίο αρχικά ορίστηκε στο RFC 1075 βασίζεται στο Routing Information Protocol (RIP) με την διαφορά ότι το RIP προωθεί τα unicast πακέτα βασισμένα στην πληροφορία για το επόμενο hop προς ένα προορισμό, ενώ το DVMRP κατασκευάζει τα δένδρα διανομής βασισμένο στην πληροφορία για το προηγούμενο hop πίσω στην πηγή. Η νωρίτερη έκδοση αυτού του distance-vector αλγόριθμου δρομολόγησης κατασκευάζει δένδρα διανομής βασισμένα στον TRPB αλγόριθμο. Από τότε και έπειτα, το DVMRP εμπλουτίστηκε έτσι ώστε να χρησιμοποιεί RPM. Η τυποποίηση της τελευταίας έκδοσης του DVMRP καθοδηγήθηκε από το Internet Engineering Task Force (IETF) Inter-Domain Multicast Routing (IDMR) ομάδα εργασίας.

Το DVMRP όπως αναφέρθηκε νωρίτερα υλοποιεί τον RPM αλγόριθμο. Το πρώτο πακέτο των multicast μηνυμάτων που στέλνεται από μια συγκεκριμένη πηγή σε μια συγκεκριμένη multicast ομάδα γίνεται flooded στο δίκτυο. Εν συνεχεία τα prune μηνύματα χρησιμοποιούνται για να περικόψουν τα κλαδιά τα οποία δεν οδηγούν σ' ένα μέλος ομάδας. Επιπλέον, ένας νέος τύπος μηνυμάτων που ονομάζονται «graft» μετακινούνται προς τα πίσω σε προηγούμενο pruned κλαδί ενός δένδρου διανομής σε

περίπτωση που ένας νέος host σ' αυτό το κλαδί συνδεθεί με την multicast ομάδα. Όπως τα prune μηνύματα που προωθούνται από hop σε hop, έτσι και τα graft μηνύματα στέλνονται πίσω, ένα hop κάθε φορά μέχρι να φτάσουν σ' ένα κόμβο ο οποίος ανήκει στο multicast δένδρο διανομής. Όμοια με το RPM και το DVMRP υλοποιεί ακόμη το flooding των πακέτων περιοδικά.

Στις περιπτώσεις που περισσότεροι από ένας router υπάρχουν σ' ένα υποδίκτυο, εκείνος ο οποίος είναι πιο κοντά στην πηγή ενός multicast μηνύματος εκλέγεται να είναι υπεύθυνος για την προώθηση των multicast μηνυμάτων. Όλοι οι άλλοι routers απλά θα απορρίπτουν τα multicast μηνύματα που έχουν σταλεί από την πηγή αυτή. Αν υπάρχουν περισσότεροι από ένα router στο υποδίκτυο με την ίδια απόσταση από την πηγή, ο router με την χαμηλότερη IP διεύθυνση εκλέγεται. Το DVMRP υποστηρίζει tunnel διασυνδέσεις (π.χ. διασυνδέσεις που συνδέουν δύο multicast routers μέσω ενός ή περισσότερων multicast -unaware routers). Πιο συγκεκριμένα, κάθε tunnel διασύνδεση θα έχει ρητά σχηματισθεί από την IP διεύθυνση της tunnel διασύνδεσης του τοπικού router και την IP διεύθυνση της διασύνδεσης του απομακρυσμένου router. Η εμβέλεια ενός IP multicast μπορεί να περιοριστεί χρησιμοποιώντας το TTL πεδίο στο IP header. Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει σε λίστα τις τυπικές TTL τιμές που χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν την εμβέλεια των multicast πακέτων.

TTL	Εμβέλεια
0	Περιορίζεται στον ίδιο host
1	Περιορίζεται στο ίδιο υποδίκτυο
15	Περιορίζεται στην ίδια τοποθεσία
63	Περιορίζεται στην ίδια περιοχή

127	Παγκόσμιο
191	Παγκόσμιο-περιορισμένο bandwidth
255	Απεριόριστη εμβέλεια

Πίνακας 1: TTL Τιμές Ελέγχου Εμβέλειας

### ***2.5.2 Multicast Προεκτάσεις του OSPF (MOSPF)***

Οι Multicast Προεκτάσεις του OSPF (MOSPF) που ορίστηκαν στο RFC 1584 χτίστηκαν πάνω στο Open Shortest Path First (OSPF) Version 2 (RFC 1583). Το MOSPF χρησιμοποιεί την πληροφορία για τα μέλη της ομάδας που αποκομίζεται μέσω του IGMP και μαζί με την βοήθεια της OSPF βάσης δεδομένων χτίζει multicast δένδρα διανομής. Αυτά τα δένδρα συντομότερου - μονοπατιού κατασκευάζονται (όταν χρειάζεται) για κάθε (πηγή, ομάδα) ζευγάρι. Αν και το MOSPF δεν υποστηρίζει tunnels μπορεί να συνυπάρξει και να ενδολειτουργήσει με non-MOSPF routers.

Το MOSPF υποστηρίζει ιεραρχική δρομολόγηση. Όλοι οι hosts στο Internet διαχωρίζονται σε κάποια "Autonomous Systems"(AS), Αυτόνομα Συστήματα. Κάθε AS διαιρείται επιπλέον σε υποομάδες που καλούνται "areas" (περιοχές). Στα επόμενα τρία τμήματα εξετάζουμε πως το MOSPF εκτελεί multicast δρομολόγηση σ' αυτά τα τρία επίπεδα.

#### ***2.5.2.1 Intra-Area Routing***

Το OSPF είναι ένα link-state πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο επιτρέπει σ' ένα AS να διασπασθεί σε περιοχές. Ο OSPF σύνδεσμος κατάστασης βάσης δεδομένων προμηθεύει τον πλήρη χάρτη μιας περιοχής σε κάθε router. Προσθέτοντας ένα νέο τύπο σύνδεσμο κατάστασης advertisement " Group - Membership - LSA" (Group-Membership Link State Advertisement) η πληροφορία για την τοποθεσία των μελών

των multicast ομάδων μπορεί να αποκτηθεί και να εισαχθεί μέσα στην βάση δεδομένων. Από την OSPF πληροφορία συνδέσμου κατάστασης, τα δένδρα διανομής συντομότερου μονοπατιού που είναι ριζωμένα στους κόμβους της πηγής κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τον Dijkstra αλγόριθμο. Έπειτα, η πληροφορία για τα μέλη της ομάδας χρησιμοποιείται για να κλαδευτούν εκείνοι οι σύνδεσμοι που δεν καταλήγουν σε μια ομάδα μέλος. Αφού όλοι οι routers της περιοχής έχουν πλήρη πληροφορία για την τοπολογία της περιοχής (μια ιδιότητα των link-state πρωτοκόλλων δρομολόγησης ) και για τα μέλη της ομάδας, όλοι οι routers θα προκύψουν με το ίδιο δένδρο διανομής για ένα δοσμένο (πηγή, ομάδα) ζευγάρι αρκεί η πηγή και όλα τα μέλη της ομάδας να είναι στην ίδια περιοχή. Θα πρέπει να τονιστεί εδώ ότι τα δένδρα διανομής κατασκευάζονται υπό απαίτηση. Με άλλα λόγια, όταν ένας router παραλάβει το πρώτο multicast διάγραμμα ενός (πηγή, ομάδα) ζευγαριού, θα χτίσει το δένδρο διανομής. Βασισμένος σ' ένα δένδρο διανομής, ένας router εύκολα αναγνωρίζει από ποια διασύνδεση θα πρέπει να περιμένει να παραλάβει multicast μηνύματα [ενός συγκεκριμένου (πηγή, ομάδα) ζευγαριού] και σε ποια διασύνδεση(-εις) θα πρέπει να τα προωθήσει αυτά. Σε κάθε router το "forwarding cache" δημιουργείται. Θα υπάρχει μια διαφορετική forwarding cache καταχώρηση για κάθε (πηγή, ομάδα) ζευγάρι, περιέχοντας αυτές τις πληροφορίες:

- 1) σε ποια διασύνδεση τα πακέτα αναμένονται να παραληφθούν, και
- 2) σε ποιες διασυνδέσεις τα πακέτα θα προωθηθούν.

Σε αντίθεση με το DVMRP, το πρώτο πακέτο δεν χρειάζεται να γίνεται flooded σε κάποια περιοχή.

### ***2.5.2.2 Inter-Area Routing***

Αν η πηγή και/ή κάποια από τα μέλη της ομάδας είναι σε διαφορετικές περιοχές ενός AS, ο απλός μηχανισμός που περιγράφηκε στο προηγούμενο τμήμα δεν θα είναι

αρκετός για προώθηση multicast μηνυμάτων. Για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα, ένα υποδίκτυο από τους συνοριακούς routers της περιοχής (ABRs) εκλέγονται να λειτουργήσουν σαν "inter-area multicast forwarders". Οι Inter-area multicast forwarders είναι υπεύθυνοι για την προώθηση μιας συνοψισμένης έκδοσης της πληροφορίας για τα μέλη της ομάδας των προσαρτημένων περιοχών της backbone περιοχής χρησιμοποιώντας ένα νέο τύπο μέλους ομάδας LSAs. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτή η πληροφορία δεν είναι flooded σε μη backbone περιοχές.

Η σκέψη του "wild - card multicast receiver" εισάγεται στο MOSPF. Οι wild-card multicast receivers παραλαμβάνουν όλα τα multicast μηνύματα που δημιουργούνται στις περιοχές τους. Όλοι οι inter-area multicast forwarders σε μη backbone περιοχές λειτουργούν σαν wild-card receivers που εγγυούνται ότι όλα τα multicast μηνύματα που δημιουργούνται σε μια μη backbone περιοχή φθάνουν σ' ένα inter-area multicast forwarder, και μπορούν να προωθηθούν στην backbone περιοχή αν αυτό είναι αναγκαίο. Αφού η backbone περιοχή έχει πλήρη πληροφορία για τα μέλη της ομάδας σε διαφορετικές περιοχές, τα multicast πακέτα μπορούν να προωθηθούν στις κατάλληλες περιοχές του AS.

### ***2.5.2.3 Inter-AS Routing***

Το Inter-AS περιλαμβάνει τις περιπτώσεις στις οποίες η πηγή και/ή κάποιιοι από τους προορισμούς των μελών της multicast ομάδας είναι σε διαφορετικά Autonomous Systems. Η προσέγγιση για υλοποίηση της inter-AS δρομολόγησης είναι πολύ όμοια με αυτή της inter-area δρομολόγησης. Μερικοί από τους AS Boundary Routers (ASBRs) σχηματίζονται σαν "inter-AS multicast forwarders". Το MOSPF προϋποθέτει ότι οι inter-AS multicast forwarders κατασκευάζουν RPB δένδρα για προώθηση των multicast μηνυμάτων. Οι inter-AS multicast forwarders είναι wildcard παραλήπτες στις σχετιζόμενες περιοχές, εξασφαλίζοντας ότι αυτοί οι

routers παραμένουν σ' όλα multicast δένδρα διανομής και παραλαμβάνουν όλα τα multicast πακέτα. Όσο ένα μονοπάτι διαβίβασης χρησιμοποιείται μέσα σ' ένα AS, τα μονοπάτια των εξωτερικών πηγών βρίσκονται με την χρήση των reverse-path source-based δένδρων.

### ***2.5.3 Protocol-Independent Multicast (PIM)***

Τα Protocol Independent Multicast (PIM) πρωτόκολλα δρομολόγησης αναπτύσσονται από την Inter-Domain Multicast Routing (IDMR) ομάδα εργασίας του IETF. Το IDMR σχεδιάστηκε για να αναπτύξει ένα σύνολο από multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης τα οποία ανεξάρτητα από κάθε ειδικό unicast πρωτόκολλο δρομολόγησης εξασφαλίζουν κλιμακωτή Internet-wide multicast δρομολόγηση. Φυσικά, το PIM απαιτεί την ύπαρξη ενός unicast πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Τα κύρια προτεινόμενα (και χρησιμοποιούμενα) multicast πρωτόκολλα αποδίδουν καλά αν τα μέλη της ομάδας είναι πυκνά συμπιεσμένα και το bandwidth δεν αποτελεί πρόβλημα. Ωστόσο, το γεγονός ότι το DVMRP περιοδικά πλημμυρίζει το δίκτυο και το γεγονός ότι το MOSPF στέλνει η πληροφορία για τα μέλη της ομάδας μέσα από τους συνδέσμους, κάνει αυτά τα πρωτόκολλα όχι αποδοτικά στις περιπτώσεις που τα μέλη της ομάδας κατανέμονται αραιά κατά μήκος των περιοχών και το bandwidth δεν είναι άφθονο.

Για να αντιμετωπίσει αυτά τα ζητήματα, το PIM περιέχει δύο πρωτόκολλα: το PIM - Dense Mode (PIM-DM) το οποίο είναι πιο αποδοτικό όταν τα μέλη της ομάδας είναι πυκνά κατανεμημένα, και το PIM - Sparse Mode (PIM-SM) το οποίο αποδίδει καλύτερα στις περιπτώσεις που τα μέλη της ομάδας κατανέμονται αραιά. Αν και οι δύο αυτοί αλγόριθμοι ανήκουν στο PIM και μοιράζονται όμοια μηνύματα ελέγχου, είναι βασικά δύο διαφορετικά πρωτόκολλα. Σ' αυτά τα δύο πρωτόκολλα γίνεται ανασκόπηση στα επόμενα δύο τμήματα.

### ***2.5.3.1 Protocol-Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM)***

Το PIM-DM είναι πολύ όμοιο με το DVMRP και χρησιμοποιεί τον RPM αλγόριθμο για να μορφοποιήσει τα δένδρα διανομής. Ωστόσο, υπάρχουν κύριες διαφορές ανάμεσα σ' αυτούς τους δύο αλγόριθμους. Αν και ο PIM-DM απαιτεί την παρουσία ενός unicast πρωτοκόλλου δρομολόγησης για την εύρεση διαδρομών πίσω στον κόμβο πηγή, ο PIM-DM είναι ανεξάρτητος από τους μηχανισμούς που απασχολούνται από οποιοδήποτε συγκεκριμένο unicast πρωτόκολλο δρομολόγησης. Αυτό είναι διαφορετικό από τα DVMRP και MOSPF πρωτόκολλα. Το DVMRP χρησιμοποιεί RIP τύπου μηνύματα ανταλλαγής για να κτίσει το δικό του unicast πίνακα δρομολόγησης, και το MOSPF βασίζεται στην OSPF κατάσταση σύνδεσης της βάσης δεδομένων.

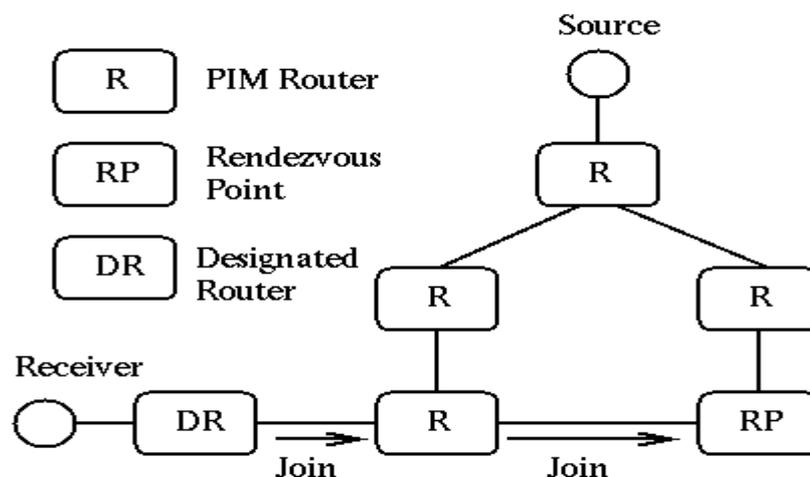
Η άλλη διαφορά ανάμεσα του PIM-DM και του DVMRP είναι ότι το PIM-DM προωθεί τα multicast μηνύματα σ' όλες τις downstream διασυνδέσεις μέχρι να παραλάβει pruned μηνύματα, ενώ το DVMRP προωθεί την multicast κίνηση στους κόμβους παιδιά στο δένδρο διανομής. Συνεπώς, είναι προφανές ότι το PIM-DM χρειάζεται να μεταχειριστεί τα αντίγραφα μηνύματα. Εν τούτοις, αυτή η μέθοδος επιλέγεται για να εξαλείψει τις εξαρτήσεις του πρωτοκόλλου δρομολόγησης και για να αποφεύγεται το overhead που προκαλείται από τον υπολογισμό των διασυνδέσεων παιδιών σε κάθε router. Όμοια με το DVMRP, τα graft μηνύματα χρησιμοποιούνται για πρόσδεση ενός προηγούμενου pruned κλάδου στο δένδρο διανομής.

### ***2.5.3.2 Protocol-Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM)***

Το PIM-SM που ορίζεται στο RFC 2117, έχει δύο διαφορές κλειδιά με τα υπάρχοντα dense-mode πρωτοκόλλων (DVMRP, MOSPF, και PIM-DM). Στο PIM-SM πρωτόκολλο οι routers πρέπει να αναγγέλλουν ρητά την επιθυμία τους για παραλαβή των multicast μηνυμάτων των multicast ομάδων, ενώ τα dense-mode πρωτόκολλα

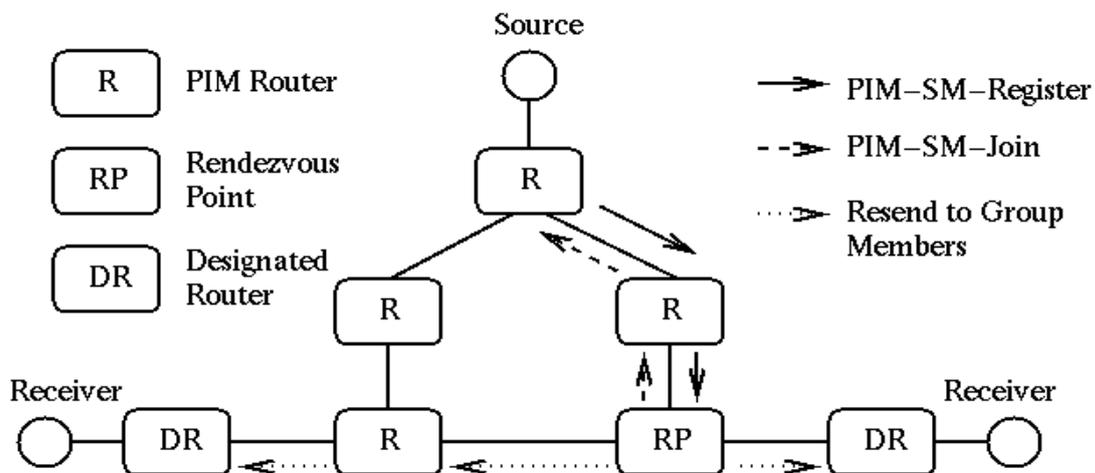
υποθέτουν ότι όλοι οι routers πρέπει να παραλάβουν τα multicast μηνύματα εκτός και αν αυτοί στέλνουν ρητά ένα prune μήνυμα. Η άλλη διαφορά κλειδί είναι η αρχή του "core" ή "rendezvous point" (RP) τα οποία χρησιμοποιούνται στο PIM-SM πρωτόκολλο.

Κάθε sparse-mode πεδίο έχει ένα σύνολο από routers που συμπεριφέρεται σαν RPs (RP-set). Επιπλέον, κάθε ομάδα έχει ένα μοναδικό RP σε κάθε δεδομένη στιγμή. Κάθε router που θέλει να παραλάβει multicast μηνύματα από μια συγκεκριμένη ομάδα χρειάζεται να στείλει ένα μήνυμα συμμετοχής (join message) στο RP της ομάδας αυτής (Σχήμα 2.9). Κάθε host έχει ένα Designated Router (DR) που είναι ο router συνδεδεμένος στο ίδιο υποδίκτυο με την υψηλότερη IP διεύθυνση. Όταν ο DR παραλάβει ένα IGMP μήνυμα που υποδηλώνει το μέλος του host μιας συγκεκριμένης ομάδας, το DR βρίσκει το RP αυτής της ομάδας εκτελώντας μια ντετερμινιστική hash συνάρτηση πάνω στο RP-set της sparse-mode περιοχής και προωθεί ένα unicast PIM-Join μήνυμα στο RP. Το DR και οι ενδιάμεσοι routers δημιουργούν μια καταχώρηση στο δικό τους multicast πίνακα προώθησης για το (πηγή, ομάδα) ζευγάρι έτσι ώστε να μπορούν να ξέρουν πώς να προωθούν multicast μηνύματα ερχόμενα από το RP αυτής της multicast ομάδας στο DR και στα μέλη της ομάδας.



Σχήμα 2.9 Ένας host συμμετέχει σε multicast ομάδα.

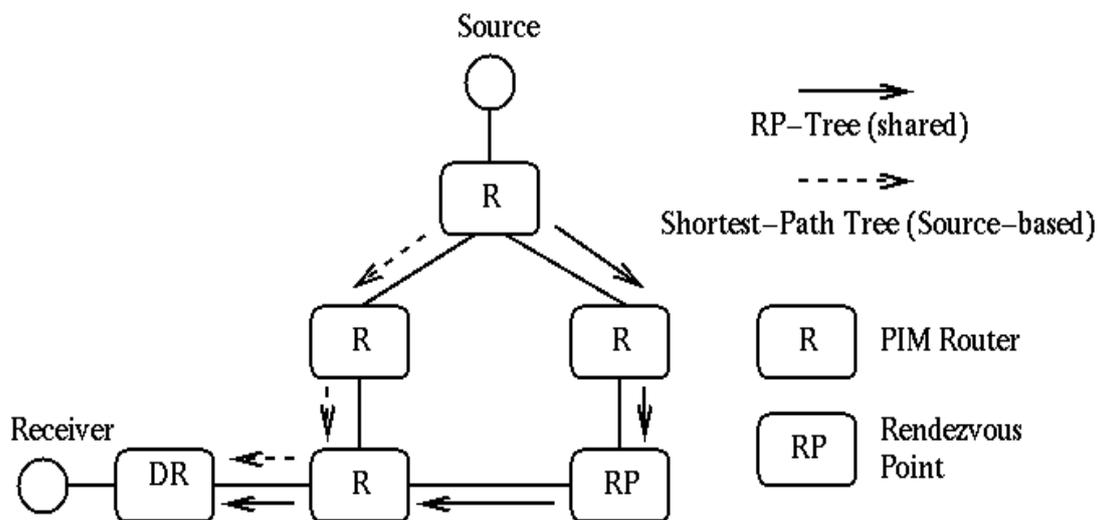
Όταν μια πηγή στέλνει ένα μήνυμα σε μια συγκεκριμένη ομάδα, το DR αυτής της πηγής συμπυκνώνει το πρώτο μήνυμα σ' ένα PIM-SM -Register πακέτο και το στέλνει στο RP αυτής της ομάδας σαν ένα unicast μήνυμα. Μετά την παραλαβή αυτού του μηνύματος, το RP στέλνει πίσω ένα PIM-Join μήνυμα στο DR της πηγής. Αυτή η ανταλλαγή φαίνεται στο σχήμα 2.10. Όσο αυτό το μήνυμα διαβιβάζεται στο DR, όλοι οι ενδιαμέσοι routers προσθέτουν μια νέα καταχώρηση στους δικούς τους multicast πίνακες προώθησης για το νέο (πηγή, ομάδα) ζευγάρι. Έτσι, επόμενα multicast μηνύματα αυτής της πηγής μπορούν να προωθηθούν στο RP εύκολα. Προφανώς, το RP θα είναι υπεύθυνο για την προώθηση αυτών των multicast μηνυμάτων στα μέλη της ομάδας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι αυτές οι καταχωρήσεις προστεθούν σ' όλους τους πίνακες των ενδιάμεσων routers, όλα τα multicast μηνύματα θα προωθηθούν σαν συμπυκνωμένα unicast μηνύματα.



Σχήμα 2.10 Μια πηγή στέλνει σε multicast ομάδα.

Παρόλο που η διαβίβαση των multicast μηνυμάτων μέσω ενός μοιρασμένου RP-δένδρου είναι ικανοποιητική, αν ο αριθμός των συμμετεχόντων (ή μηνυμάτων που μεταδίδονται μέσω αυτού του μοιρασμένου δένδρου) αυξάνει, η χρήση του ίδιου διαμοιρασμένου δένδρου ίσως να μην είναι πολύ επιθυμητή. Το PIM-SM εξασφαλίζει μια μέθοδο για χρησιμοποίηση συντομότερου- μονοπατιού για μερικούς ή για όλους τους

παραλήπτες. Οι PIM-SM routers μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν το RP-δένδρο, αλλά έχουν την επιλογή να χρησιμοποιήσουν βασισμένα στην πηγή συντομότερου μονοπατιού εκ μέρους των δικών τους προσαρτημένων παραληπτών. Σ' αυτές τις καταστάσεις, ο PIM-SM router στέλνει ένα Join μήνυμα στον κόμβο πηγή. Αφού το βασισμένο στην πηγή συντομότερου μονοπατιού δένδρο διανομής κατασκευαστεί, ο router μπορεί να στείλει ένα prune μήνυμα στο RP, μετακινώντας τον router από το RP- δένδρο. Το σχήμα 2.10 δείχνει και το RP- δένδρο και τα συντομότερα-μονοπατιού δένδρα του δικού μας απλού δικτύου.



Σχήμα 2.11 Μοιρασμένο RP - Tree και Shortest Path Tree.

#### 2.5.4. Πρωτόκολλα Μετάδοσης Πολυμέσων Real-Time

	Πρωτόκολλα		
Κοινό Χαρακτηριστικό	Υποστηρίζουν καλύτερα την μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με αξιόπιστο τρόπο		
Όνομα Πρωτοκόλλου	RTP (Real Time Transport Protocol)	RSVP (Reservation Protocol)	RTSP (Real Time Streaming Protocol)
Αποτελεί Πρότυπο για το IETF;	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Έχει υποβληθεί στην IETF για έγκριση
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	<ul style="list-style-type: none"> <li>παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς από άκρο σε άκρο με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου, όπως audio και video</li> <li>παρακολουθεί την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών με την βοήθεια του RTCP πρωτοκόλλου</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>μπορεί να εξασφαλίσει την έγκαιρη μετάδοση των δεδομένων στο δίκτυο, δίνοντας την δυνατότητα στους Παραλήπτες των πληροφοριών να ζητήσουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών όπως για το επιθυμητό εύρος ζώνης ή η μέγιστη καθυστέρηση</li> <li>τοπικά σε κάθε κόμβο ελέγχει δύο πράγματα <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) εάν ο κόμβος έχει τους απαραίτητους πόρους</li> <li>(ii) εάν έχει το δικαίωμα να προβεί</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>δουλεύει πάνω από το RTP ελέγχοντας την μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου</li> </ul>

		<p>στην δέσμευση των κατάλληλων πόρων</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• αν καμία από τις παραπάνω συνθήκες δεν ικανοποιείται επιστρέφεται ένα μήνυμα λάθους στον κόμβο που ζήτησε την εγγύηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών</li> </ul>	
<p>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</p>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• μπορεί να στηριχτεί σε άλλα πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου, όπως το RSVP</li> </ul>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• η επεκτασιμότητά του λόγω (i) του προσανατολισμού που είναι στο τι θέλουν οι παραλήπτες των υπηρεσιών (ii) η ενοποίηση των αιτημάτων καθώς τα μεταφέρει από κόμβο σε κόμβο</li> </ul>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• καλύτερο έλεγχο της μεταδιδόμενης πληροφορίας</li> <li>• υψηλή αξιοπιστία</li> <li>• μικρή επιβάρυνση στην μετάδοση των δεδομένων</li> <li>• αυξημένη ασφάλεια</li> <li>• επεκτασιμότητα</li> </ul>
	<p><u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• δεν παρέχει καμία εγγύηση για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• αν και το RSVP έχει σχεδιασθεί για multicast εφαρμογές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για unicast εφαρμογές</li> </ul>	

## 3. MBONE

---

### 3.1 Εισαγωγή

Ίσως να μην έχει γίνει μέχρι τώρα κατανοητή η διαφορά, αλλά και η σχέση του IP multicasting με το MBONE. Το IP multicasting είναι μια υπηρεσία routing του δικτύου - μια μέθοδος του να στέλνεις πακέτα σε περισσότερα από ένα sites κάθε φορά. Το MBONE είναι μια απλή οργάνωση από sites που συγχρόνως υλοποιούν IP multicasting. Το MBONE είναι στην καλύτερη περίπτωση μια προσωρινή εφαρμογή η οποία τελικά θα ενσωματωθεί στο Internet όταν το multicasting θα είναι ένα στάνταρ χαρακτηριστικό στους routers.

### 3.2 Βασικές έννοιες του MBONE

Ας θυμηθούμε κάποιες βασικές έννοιες και ορισμούς του MBONE.

#### 3.2.1 *m-routers*

Πρόκειται για σταθμούς εργασίας που τρέχουν το πρόγραμμα mouted, ώστε να καταφέρουν να διαχειριστούν multicast κυκλοφορία.

#### 3.2.2 *tunnels- tunnelling*

Το MBONE επιτρέπει σε multicast πακέτα να ταξιδεύουν μέσω των routers οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί για να διαχειρίζονται μόνο unicast κίνηση. Το λογισμικό που χρησιμοποιεί το MBONE κρύβει τα multicast πακέτα σε παραδοσιακά unicast πακέτα έτσι ώστε οι unicast routers να μπορούν να τα διαχειριστούν. Το σχέδιο να μεταδίδεις multicast πακέτα με το να τα τοποθετείς σε κανονικά unicast πακέτα καλείται tunneling.

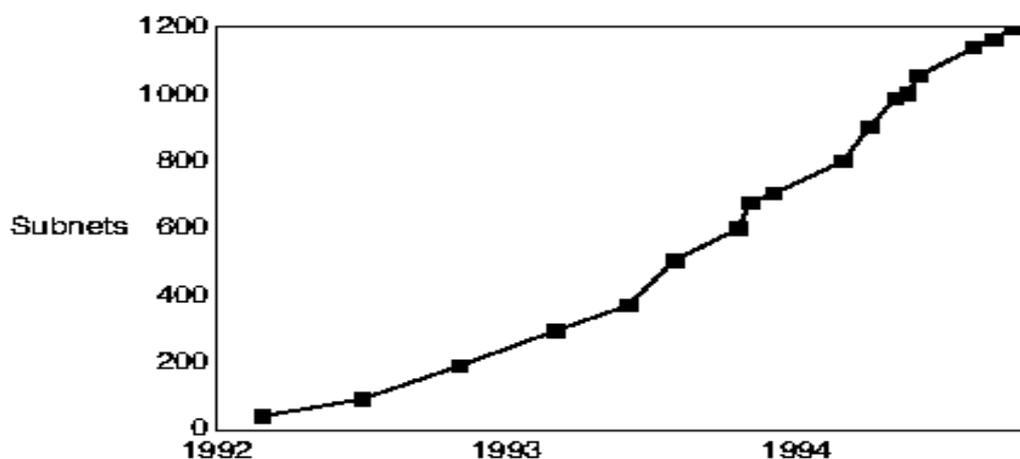
### 3.2.3 islands(νησίδες)

Αποτελούν το βασικό στοιχείο του δικτύου. Πρόκειται για τοπικά συνήθως δίκτυα που υποστηρίζουν IP Multicast. Σε κάθε νησίδα υπάρχει ένας host που τρέχει το πρόγραμμα mrouterd.

## 3.3 Η κατάσταση σήμερα

### 3.3.1 Πόσο μεγάλο είναι το MBONE

Περίπου 1700 δίκτυα (σε περίπου 20 χώρες) είναι στο MBONE σήμερα, πράγμα που σημαίνει ότι έχει το μέγεθος που περίπου είχε το Internet το 1990. Δυστυχώς, όμως δεν υπάρχει ασφαλής τρόπος για να εκτιμήσουμε πόσοι ακριβώς άνθρωποι έχουν πρόσβαση στο MBONE. Στο σχήμα 3.1 που ακολουθεί απεικονίζεται γραφικά η ανοδική πορεία που ακολουθεί το MBONE τα τελευταία χρόνια.



Σχήμα 3.1 Η ανοδική πορεία του MBONE τα τελευταία χρόνια.

Βέβαια, το μέγεθος του MBONE συγκρινόμενο με αυτό του Internet είναι σχετικά μικρό. Υπολογίζεται, ότι πρόσβαση στο MBONE έχει σήμερα το 3,5% των ανθρώπων που έχουν πρόσβαση στο Internet. Αυτό το στατιστικό στοιχείο εκτιμάται

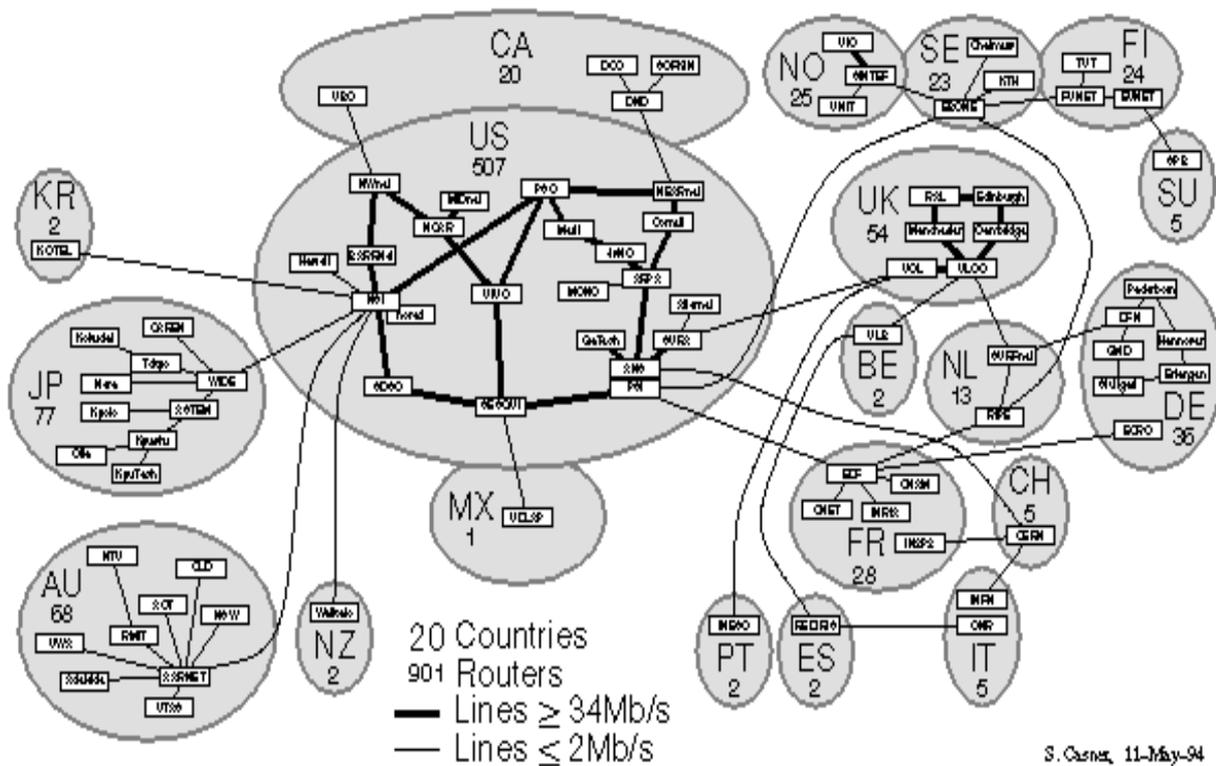
ότι σε λίγο καιρό θα είναι άχρηστο, καθώς η υποστήριξη του multicasting από τους routers θα γίνεται πιο συχνή και τελικά απόλυτη. Τότε θα μπορούμε να πούμε ότι MBONE και Internet είναι το ίδιο πράγμα.

### ***3.3.2 Τοπολογία του MBONE***

Η τοπολογία του MBONE είναι ένας συνδυασμός των τοπολογιών mesh και star : Το backbone και τα τοπικά (ή μεσαίου μεγέθους) δίκτυα συνδέονται από ένα mesh από tunnels μεταξύ των mouted μηχανών που βρίσκονται κυρίως σε σημεία διασύνδεσης των backbone και των τοπικών δικτύων. Μερικά πλεονάζοντα tunnels μπορεί να οριστούν με ψηλότερες μονάδες ώστε να βελτιωθεί η απόδοση. Τότε κάθε τοπικό δίκτυο θα έχει μία ιεραρχία star να "κρέμεται" από τον κόμβο της ώστε να συνδέεται με όλα τα πελατειακά δίκτυα που θέλουν να συμμετέχουν. Υπάρχουν συνήθως ένα ή δύο tunnels, που κατά προτίμηση τερματίζουν στο πλησιέστερο σημείο του MBONE mesh.

Μία ακριβέστερη εικόνα για τον τρόπο που είναι διαρθρωμένη η τοπολογία του MBONE μπορεί να μας δώσει το σχήμα που ακολουθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σχήμα δεν είναι τίποτα άλλο παρά μία στιγμιαία απεικόνιση του MBONE. Όντας ένα δίκτυο που αναπτύσσεται συνεχώς είναι μάλλον αδύνατο να δοθεί μία ακριβής εικόνα του. Πάντως, στο σχήμα φαίνονται όλα τα βασικά χαρακτηριστικά της τοπολογίας του MBONE όπως αναλύθηκαν προηγουμένως.

## Major MBONE Routers and Links



Σχήμα 3.2 Τοπολογία του MBONE.

### 3.4 Προϋποθέσεις και απαιτήσεις συμμετοχής

Το MBONE όντας μία προηγμένη υπηρεσία, απαιτεί μία αρκετά πολύπλοκη δομή για να δουλέψει. Είναι μάλλον η υπηρεσία του Internet που καταναλώνει το μεγαλύτερο κομμάτι bandwidth ανά χρήση. Υπάρχουν μερικά πράγματα που απαιτούνται πριν απολαύσει κάποιος μία άλλη διάσταση του Internet πέρα από αυτή της τεράστιας βάσης δεδομένων. Αυτές οι απαιτήσεις αναφέρονται σε τομείς όπως την υπολογιστική δύναμη, το υλικό (hardware), την ικανότητα υποστήριξης multicast, το δικτυακό bandwidth και την παροχή MBONE. Ας τα δούμε όμως πιο αναλυτικά:

### 3.4.1 Υπολογιστική δύναμη

Ένα PC ή ένας Mac συνδυαζόμενα με ένα απλό modem δεν έχει ούτε την υπολογιστική ισχύ, ούτε το bandwidth ώστε να στείλει ή να λάβει εκπομπές του MBONE.

Χρειάζεται αρκετή υπολογιστική ισχύ για να χειριστεί κανείς το multicast IP. Σήμερα, λογισμικό για multicasting, δηλαδή τα εργαλεία που χρειαζόμαστε για τη μετακίνηση, κωδικοποίηση, αποσυμπίεση και χειρισμό των multicast πακέτων είναι διαθέσιμο μόνο για ισχυρούς Unix σταθμούς εργασίας εταιριών όπως η Sun, η Dec, η HP, η IBM και η Silicon Graphics.

Όμως, η κατάσταση αλλάζει. Εργαλεία για multicasting έχουν αρχίσει να διατίθενται πριν αρκετά χρόνια για το Linux, λειτουργικό που όπως γνωρίζουμε τρέχει σε απλά PCs και τα τελευταία χρόνια επίσης κυκλοφορούν αντίστοιχα εργαλεία για PCs με Windows ή Macs.

### 3.4.2 Υλικό

Οι απαιτήσεις σε υλικό εξαρτώνται από τη συμμετοχή που επιθυμεί να έχει κανείς στο MBONE.

- ☉ Για να ακούσει κανείς ένα γεγονός στο MBONE αρκεί ένας κοινός Unix σταθμός εργασίας, ένα PC που τρέχει Windows ή ένας Mac αρκεί. Δεν χρειάζεται κανενός είδους ειδικό hardware απλά για τη λήψη διαφόρων MBONE sessions.
- ☉ Για να στείλει κανείς ήχο, απαιτείται σίγουρα ένα μικρόφωνο, μαζί με υλικό ήχου. Βέβαια, υλικό ειδικό για ήχο υπάρχει σχεδόν στα περισσότερα PCs, Macs και Unix σταθμούς εργασίας.

- Ⓢ Για να στείλει κανείς βίντεο απαιτείται ακριβότερος εξοπλισμός. Απαραίτητα είναι μία κάρτα *frame grabber*, εξοπλισμός που δεν υπάρχει σε κάθε PC. Παρόλα αυτά σίγουρα δεν πρόκειται για πολύ εξεζητημένο και ακριβό εξοπλισμό.

### **3.4.3 Ικανότητα *multicast***

Μία άλλη προϋπόθεση για να συμμετέχουμε στο MBONE είναι η ικανότητα να χειριστούμε *multicast* κυκλοφορία. Η κυκλοφορία που υπάρχει στο Internet είναι στην πλειοψηφία της *unicast*. *Unicast* κυκλοφορία σημαίνει ότι για μία πηγή υπάρχει μόνο ένας μοναδικός προορισμός. Αντίθετα, *multicast* κυκλοφορία σημαίνει ότι για μία πηγή υπάρχουν πολλαπλοί προορισμοί.

#### **3.4.3.1 *Multicast hosts***

Εάν κάποιος σταθμός εργασίας ξέρει μόνο να χειρίζεται *unicast* πακέτα, πρέπει να προστεθεί ειδικό λογισμικό στον πυρήνα του πριν καταφέρει να χειριστεί *multicasting*. Οι IP *multicasting* επεκτάσεις επιτυγχάνονται μέσω *patches* (ένα σύνολο εντολών που παρεμβάλλονται για τις διορθώσεις σφαλμάτων) που υπάρχουν για τα περισσότερα είδη Unix σταθμών εργασίας. Δεν λείπουν βέβαια και οι σπανιότερες περιπτώσεις σταθμών εργασίας που δεν έχουν έτοιμα *patches*. Σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει ο χρήστης να δημιουργήσει μόνος του ένα *patch*.

Τα PCs υποστηρίζουν *multicast* μέσω μόνο συγκεκριμένων εκδόσεων δικτυακού λογισμικού.

Τα Macs υποστηρίζουν *multicast* με μία πρόσφατη έκδοση του Mac-TCP.

#### **3.4.3.2 *Multicast δρομολόγηση***

Δρομολόγηση σημαίνει η μετάβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο μέχρι να φτάσουμε στο τελικό προορισμό. Είναι εύκολο να στείλουμε *multicast* κυκλοφορία σε

ένα τοπικό δίκτυο και αν η multicast κυκλοφορία χρησιμοποιείται στο τοπικό δίκτυο μόνο, τότε δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Εάν όμως η multicast κυκλοφορία πρέπει να αποσταλεί σε άλλες τοποθεσίες στο Internet, τότε πρέπει να υπερβούμε τις δυσκολίες που βάζει το ίδιο το δίκτυο. Συγκεκριμένα, για να στείλουμε multicast κυκλοφορία σε άλλα δίκτυα πρέπει να παρακάμψουμε τις δυσκολίες που μας επιβάλλει το Internet. Το πιο γνωστό πρόβλημα είναι ότι στο μεγαλύτερο κομμάτι του Internet δρομολογείται μόνο unicast κίνηση. Έτσι για να σταλεί multicast κίνηση σε άλλα δίκτυα, πρέπει να κοροϊδέψουμε τους routers έτσι ώστε να πιστέψουν ότι στέλνουν unicast κίνηση πράγμα που γίνεται με τη βοήθεια των γνωστών μας mrouterd και των tunnels.

#### ***3.4.4 Απαιτήσεις σε bandwidth***

Για να λάβει κανείς εκπομπές MBONE απαιτείται ένα συγκεκριμένο ποσό bandwidth. Παρά το ότι δεν υπάρχει ένα ακριβές ελάχιστο ποσό, υπάρχουν κάποια δεδομένα που μπορούν να μας δείξουν πόσο περίπου bandwidth χρειαζόμαστε για να συμμετάσχουμε ή να παρακολουθήσουμε.

Πρώτα απ' όλα όσο bandwidth κι αν έχουμε διαθέσιμο, θα πρέπει πάντα να τρέχουμε μία έκδοση λογισμικού multicast δρομολόγησης που υποστηρίζει το pruning. Αυτή η απαίτηση είναι εντελώς απαραίτητη σε συνδέσεις χαμηλού bandwidth όπως το ISDN. Όταν το λογισμικό multicast δρομολόγησης υποστηρίζει pruning, θα λαμβάνουμε μόνο την κυκλοφορία που απαιτείται. Η απαιτούμενη κίνηση καθορίζεται από το ποια γεγονότα έχουν πρόσβαση οι άνθρωποι που επωφελούνται από την MBONE κυκλοφορία που εμείς λαμβάνουμε. Χωρίς το pruning θα λαμβάνουμε πάντα ολόκληρη την MBONE κίνηση.

Για να δουλέψει όμως το pruning κανονικά, δεν αρκεί μόνο εμείς να το υποστηρίζουμε, αλλά πρέπει να το υποστηρίζει και ο παροχέας μας. Εάν μόνο ένας από

τους δύο υποστηρίζει το pruning, πάλι θα λαμβάνουμε ολόκληρη την MBONE κίνηση, είτε τα γεγονότα παρακολουθούνται από τους ανθρώπους μας είτε όχι. Μια τελευταία περίπτωση στην οποία θα λάβουμε όλη την κίνηση είναι όταν εμείς είμαστε πάροχοι ενός site που δεν υποστηρίζει pruning. Το site αυτό θα απαιτεί ολόκληρη την MBONE κίνηση, αναγκάζοντας και το δικό μας site να τη λάβει.

Οι άνθρωποι που ανέπτυξαν το MBONE υπολόγισαν ότι η συνολική κατανάλωση σε bandwidth του MBONE θα πρέπει να είναι μέγιστο των 500 KBps. Ο περιορισμός του ποσού της πληροφορίας (video, ήχος, whiteboard, εικόνες κλπ) στην τιμή των 128 KBps για το video είναι επίσης κοινή πρακτική. Παρ' όλα αυτά οι χρήστες τείνουν να χρησιμοποιούν λιγότερο από αυτό το πάνω όριο περιορίζοντας το framerate τους ή διαλέγοντας σχήματα χαμηλότερης κωδικοποίησης σε bandwidth για εικόνα και ήχο. Τα ηχητικά ρεύματα σχεδόν πάντα καταναλώνουν 64 KBps. Αυτοί οι δύο κανόνες έχουν μείνει αρκετά σταθεροί παρά το ότι τα γνωστά εργαλεία έχουν βελτιωθεί αρκετά με τον καιρό.

Ένα ρεύμα video από το NV (ένα εργαλείο video για MBONE) παράγει μεταξύ 25 και 120 KBps για περίπου 1 με 15 frames το δευτερόλεπτο. Το VIC, ένα ακόμα εργαλείο του MBONE που μπορεί να χειριστεί ένα πολύ αποδοτικό σχήμα συμπίεσης video που λέγεται H.261, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο. Αυτός ο αλγόριθμος συμπίεσης video επιτρέπει στο VIC να καταναλώνει λιγότερο bandwidth από το NV. Παρ' όλα αυτά για να συμπίεσει κανείς ένα ρεύμα H.261 χρειάζεται πολύ δυνατότερη CPU. Αν κανείς δεν μπορεί να αγοράσει ένα πολύ ακριβό μηχάνημα το VIC θα δώσει χαμηλότερο framerate από το NV.

Ένα ασυμπίεστο ρεύμα ήχου χρησιμοποιεί 64 KBps, τα οποία φτάνουν τα 78 στο δίκτυο λόγω κάποιων επιπρόσθετων πακέτων. Φυσικά και εδώ υπάρχουν αρκετά σχήματα συμπίεσης ήχου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Μερικά σχήματα επιτρέπουν την αποστολή ηχητικών δεδομένων που χρησιμοποιούν μέχρι και 5 KBps

bandwidth. Παρ' όλα αυτά η ποιότητα του ήχου συνήθως είναι ανάλογη με το χρησιμοποιούμενο ποσό bandwidth.

Αν η δικτυακή σύνδεση ενός site είναι μέσω μιας γραμμής T1 (1.5 MBps), το site αυτό μπορεί να συμμετάσχει πλήρως στα γεγονότα του MBONE. Μια σύνδεση T1 είναι ίσως η ελάχιστη σύνδεση που πρέπει να έχει κανείς αν επιθυμεί πλήρη συμμετοχή. Λέγοντας πλήρη συμμετοχή εννοούμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε οποιοδήποτε αριθμό ταυτόχρονων γεγονότων αλλά και να συμμετέχουμε σε οποιοδήποτε αριθμό από υπάρχοντα γεγονότα. Φυσικά η δημιουργία των γεγονότων πρέπει να περιορίζεται από τις γνωστές δυνατότητες του MBONE, δηλαδή τη συνολική χωρητικότητα των 500 KBps.

Αν ένα site έχει μια πιο αργή σύνδεση δεν σημαίνει ότι αποκλείεται από το MBONE. Μια από τις πιο συνηθισμένες ερωτήσεις σχετίζεται με τις ISDN συνδέσεις που προσφέρουν καλή σχέση τιμής / bandwidth. Μπορεί ένα site να εκμεταλλευτεί την ISDN σύνδεσή του για να συμμετάσχει σε γεγονότα στο MBONE; Η απάντηση είναι ναι, υπό ορισμένες συνθήκες.

Η πρώτη συνθήκη, την οποία έχουμε ήδη συζητήσει είναι ότι το site, ο παροχέας του και αυτοί που παίρνουν παροχή από αυτό πρέπει να υποστηρίζουν το pruning. Επειδή το MBONE είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί με μέγιστο 500 KBps, η λήψη ολόκληρης της MBONE κίνησης θα μας απέτρεπε κάθε σκέψη συμμετοχής σε ένα συγκεκριμένο session.

Οποιοσδήποτε έχει μια σύνδεση ISDN μπορεί να λάβει ένα γεγονός στο MBONE εάν το συνολικό bandwidth του γεγονότος είναι χαμηλότερο από αυτό του ISDN. Με δεδομένους τους αριθμούς που παρουσιάστηκαν νωρίτερα, μπορεί εύκολα να φανταστεί κανείς ότι δεν υπάρχουν αρκετά γεγονότα που να ικανοποιούν αυτήν τη συνθήκη. Ένα κόλπο για να παρακάμψουμε αυτόν τον περιορισμό είναι να παρακολουθούμε ένα μέρος του γεγονότος. Μερικά γεγονότα δημιουργούνται σαν πολλά

ξεχωριστά γεγονότα, ένα για video, ένα για ήχο και ένα για το whiteboard. Μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε κάποιο συνδυασμό ή κάποιο μεμονωμένο από τα τρία. Σε μερικές περιπτώσεις όμως οι προτεραιότητες που θέτει το MBONE στην κίνηση μας δίνουν καλό ήχο, αλλά προβληματικό video. Αυτό οφείλεται στο σχεδιασμό του λογισμικού της multicast δρομολόγησης. Οι διάφορες κατηγορίες της κίνησης του MBONE έχουν και διαφορετικές προτεραιότητες. Για παράδειγμα τα ηχητικά δεδομένα έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα, επειδή θεωρούνται τα πιο σημαντικά. Είναι πολύ δύσκολο να παρακολουθήσει κανείς μια ομιλία εάν λαμβάνει π.χ. μόνο 60% της πληροφορίας εξαιτίας απώλειας πακέτων. Συνήθως δεύτερο σε προτεραιότητα έρχεται το whiteboard, ενώ τη χαμηλότερη προτεραιότητα έχει το video.

Αν κάποιο site συνδέεται με τον εξωτερικό κόσμο μέσω ενός ISDN link από το οποίο όλοι οι χρήστες σερφάρουν στο internet, στέλνουν e-mails ή χρησιμοποιούν ftp, θεωρείται αδύνατον να συμμετάσχει στο MBONE μέσω αυτής της σύνδεσης. Μια μεγάλη μεταφορά ftp ή το κατέβασμα μιας web σελίδας μπορεί εύκολα να διακόψει τα γεγονότα που παρακολουθεί ο χρήστης στο MBONE.

Παρ' όλα αυτά τα sites που συνδέονται με τον εξωτερικό κόσμο μέσω links με χαμηλό bandwidth μπορούν να συμμετάσχουν έστω και με δυσκολία στο MBONE. Η πιο κοινή πρακτική είναι η δημιουργία ενός session που χρησιμοποιεί video και ήχο χαμηλότερης ποιότητας. Το αποτέλεσμα ακόμα και σ' αυτήν την περίπτωση είναι ευχάριστο, ενώ δε θα υπάρχει κανένα πρόβλημα στη λήψη των πληροφοριών.

### ***3.4.5 Παροχή MBONE***

Εάν θέλει κανείς να λάβει MBONE κυκλοφορία, πρέπει να έχει την ανάλογη παροχή. Το ερώτημα είναι ποιος θα διαθέσει τη παροχή και γιατί; Κανονικά, ο παροχέας δικτύου είναι αυτός που θα δώσει τη παροχή, αν βέβαια έχει επιλέξει να

συμμετάσχει στο MBONE. Σε αυτή τη περίπτωση, είναι αρκετά εύκολο να πάρουμε παροχή.

Τι γίνεται όμως αν ο παροχέας δικτύου δεν συμμετέχει στο MBONE ; Σε αυτή τη περίπτωση είναι δυνατό να πάρουμε παροχή από κάποιο άλλο site, αλλά πριν γίνει αυτό θα χρειαστεί η έγκριση του παροχέα, ο οποίος κανονικά δεν πρέπει να έχει πρόβλημα. Σίγουρα, η βέλτιστη περίπτωση εξακολουθεί να είναι να συμμετέχει ο πάροχος στο MBONE, αλλά τουλάχιστον μέσω της έγκρισης ο πάροχος παίρνει πληροφορίες σχετικά με το link και μπορεί να επέμβει αν διαπιστώσει ότι η σχεδιαζόμενη λύση δεν είναι η καλύτερη.

### **3.5 Εργαλεία λογισμικού**

Από τη στιγμή που ο σταθμός εργασίας έχει την ικανότητα να στέλνει και να λαμβάνει multicast πακέτα, το επόμενο βήμα που πρέπει να κάνει κανείς για να συμμετέχει στο MBONE είναι η συλλογή των εργαλείων λογισμικού που απαιτούνται. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από εργαλεία λογισμικού που μπορεί να βρει κανείς. Χωρίζονται σε οχτώ έξης κατηγορίες:

1. Multicast Routing εφαρμογές ( mprouted, Pimd)
2. Εργαλεία διαχείρισης συνόδων (SD, SDR)
3. Εργαλεία εικόνας (Vic, Rendez-vous)
4. Εργαλεία ήχου (Vat, Rat, Freephone, NeVot)
5. Εργαλεία κοινού χώρου εργασίας (Wb)
6. Εργαλεία κειμένου (nte)
7. Βοηθητικά εργαλεία (RTPMon, Confman, Wbimport, MultiMon, Mpoll)
8. Εμπορικά προγράμματα (CU-SeeMe)

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τόσο οι κατηγορίες όσο και τα κυριότερα εργαλεία.

### ***3.5.1 Multicast routing εφαρμογές***

Τα κυριότερα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι το γνωστό μας mrouteD και το PimD που είναι ένας PIM multicast routing daemon.

### ***3.5.2 Εργαλεία διαχείρισης συνόδων***

Τα κυριότερα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι το SD και το SDR. Με το SDR να χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα, στις εξής πλατφόρμες: Solaris, Linux & Windows ( όλα και σε IPv4 & IPv6).

#### ***3.5.2.1 Session directory (SD)***

Το Session Directory (SD) είναι ένα για το MBONE ότι ένα περιοδικό με τα προγράμματα των σταθμών για την τηλεόραση. Το εργαλείο αυτό έχει ένα παράθυρο που δείχνει τα τρέχοντα, αλλά και τα μελλοντικά γεγονότα του MBONE. Ο χρήστης με ένα κλικ στο όνομα κάποιου γεγονότος μπορεί να δει διάφορες πληροφορίες σχετικά με αυτό (όπως ποια μέρα και ώρα είναι προγραμματισμένο να γίνει). Με δύο κλικ ο χρήστης να δει, να ακούσει ή να συμμετάσχει στο γεγονός αφού το SD του ανοίξει τη κατάλληλη εφαρμογή (nat, wb ή κάτι άλλο). Όλα αυτά είναι δυνατά χάρη στην υποστήριξη του Internet Group Management Protocol (IGMP) από το SD.

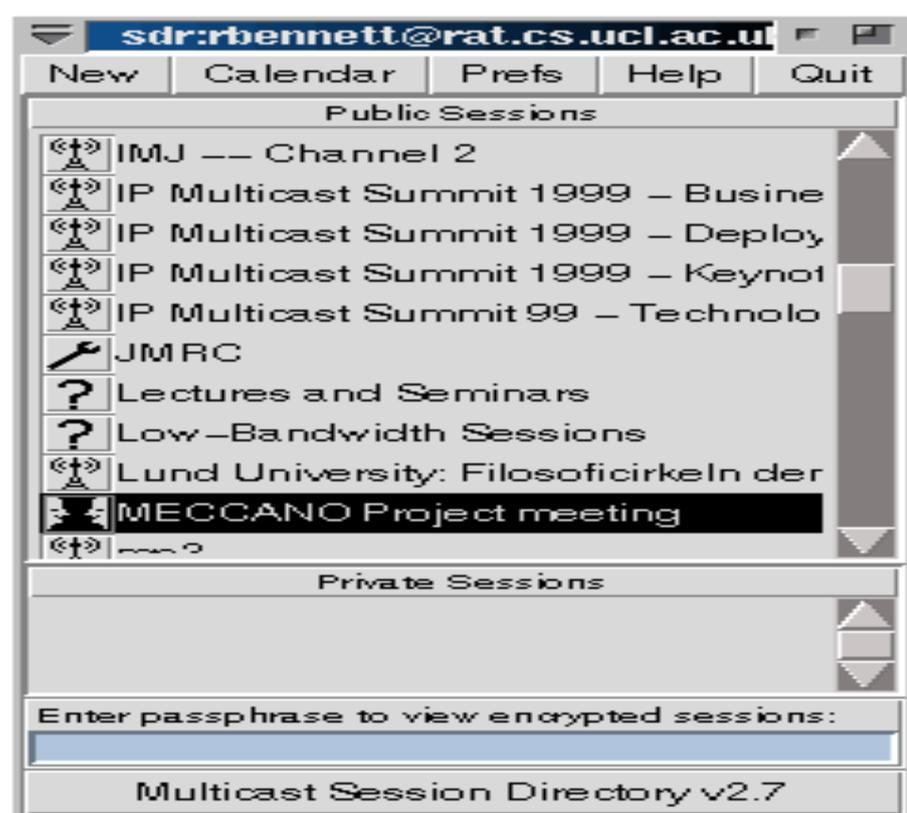
#### ***3.5.2.2 SDR (Session Directory)***

Το SDR αποτελεί ουσιαστικά τον απόγονο του SD. Το SDR έχει επεκτείνει το πρότυπο του SD κατά πολλούς τρόπους, ιδιαίτερως στο βαθμό της λεπτομέρειας σχετικά με το συγχρονισμό και τους πόρους που απαιτούνται για μια συνδιάσκεψη και

στην παροχή ενός πιο ευέλικτου interface για αναζήτηση ύπαρξης συνόδων εν γένει ή για αναζήτηση συνόδων που ενδεχομένως συμπίπτουν χρονικά με μία νέα σύνοδο.

Το SDR είναι ένα εργαλείο στο οποίο μπορούμε να δούμε ποιες συνδιασκέψεις έχουν ανακοινωθεί - πρέπει να αναφέρουμε ότι οι συνδιασκέψεις που ανακοινώνονται εμφανίζονται αλφαβητικά. Επίσης μπορούμε να συνδεθούμε σε μια από αυτές τις συνδιασκέψεις ή και να δημιουργήσουμε και εμείς μία καινούργια.

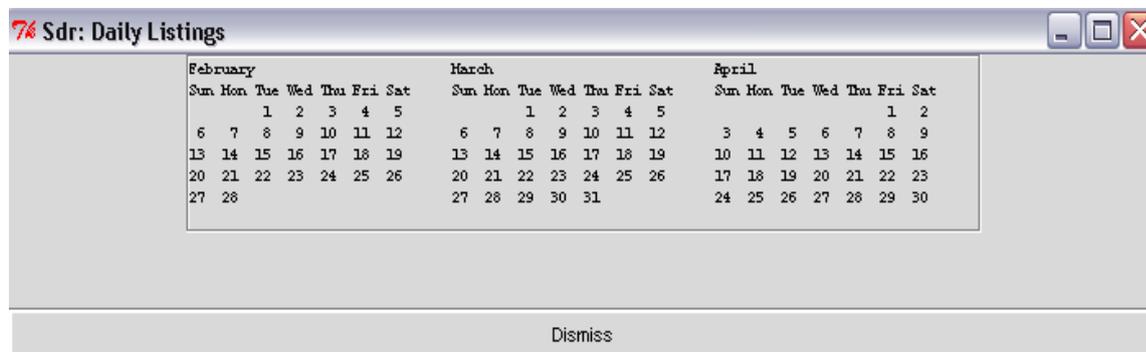
Στην εικόνα 3.3 βλέπουμε το κυρίως παράθυρο του SDR στο οποίο εμφανίζονται οι συνδιασκέψεις. Τα sessions με γκρι χρώμα την δεδομένη στιγμή δεν είναι ενεργά. Αφού επιλέξουμε ένα session, εμφανίζεται ένα καινούργιο παράθυρο με περισσότερες πληροφορίες για το συγκεκριμένο session (Εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.3 Το κυρίως παράθυρο του SDR

Εάν επιλέξουμε, από την λίστα εργαλείων στο κυρίως παράθυρο, το εικονίδιο Calendar, εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Daily Listing, Εικόνα 3.4) που παρουσιάζει

όλα τα sessions σε καθημερινή βάση. Οι ημερομηνίες που βρίσκονται μέσα σε κουτάκι είναι αυτές που στις οποίες έχουν προγραμματιστεί κάποια sessions και εμφανίζονται αφού επιλέξουμε το συγκεκριμένο κουτάκι.



Εικόνα 3.4 Daily Listing

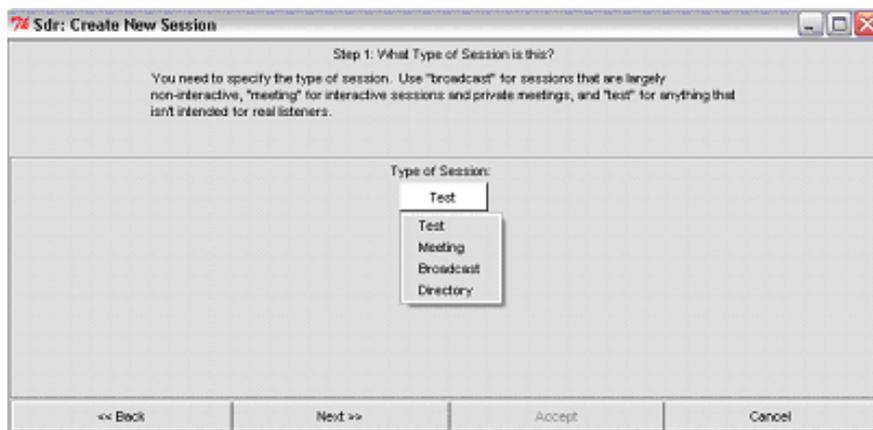
Ας αναλύσουμε την διαδικασία με την οποία δημιουργούμε ένα καινούργιο session.

Από το κυρίως παράθυρο του SDR επιλέγουμε το εικονίδιο New -> Create advertise session. Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο όπου μπορεί να δημιουργηθεί μια ανακοίνωση. Σε αυτό το παράθυρο μπορούμε να δώσουμε το όνομα του session, μια περιγραφή του και ένα URL για κάποια web σελίδα που μπορεί να χρησιμοποιήσουμε. (Εικόνα 3.5)



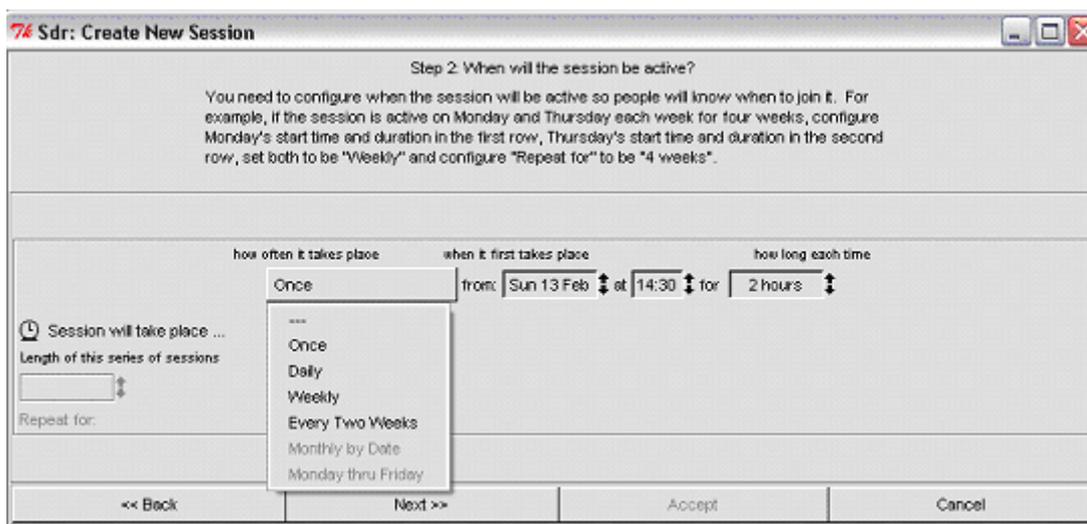
Εικόνα 3.5 Sdr:Create New Session

Επιλέγοντας Next εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο στο οποίο έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε το είδος του session (Broadcast, Meeting, test ή Directory), κλικάροντας το Type.(Εικόνα 3.6)



Εικόνα 3.6

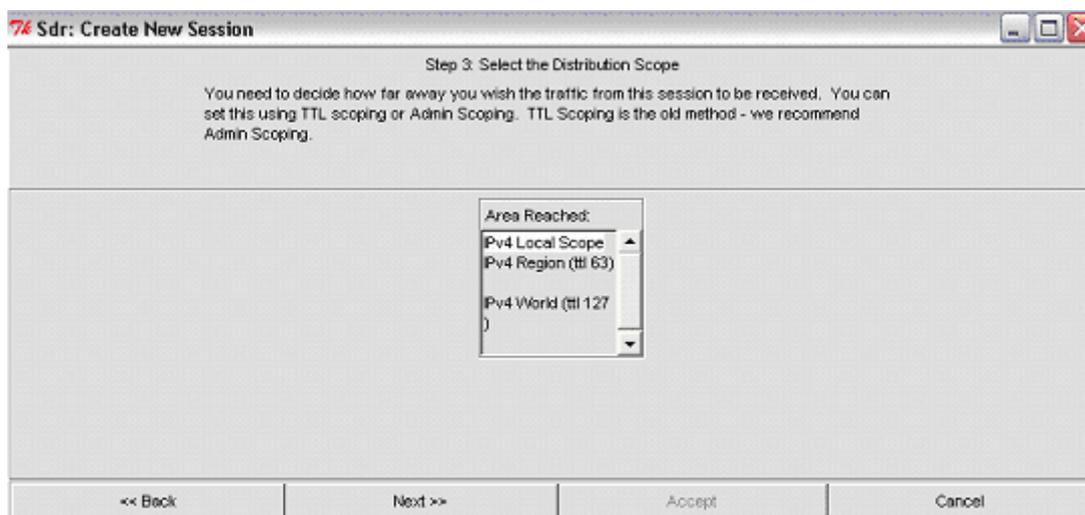
Με Next μεταφερόμαστε στο επόμενο παράθυρο στο οποίο επιλέγοντας το εικονίδιο Once εμφανίζεται μια λίστα με : Once, Daily, Weekly, Every Two Weeks όπου επιλέγεται το χρονικό διάστημα που θα είναι ενεργό το session. (Εικόνα 3.7) Δίπλα στο From δίνεται η χρονολογία, η ώρα που θα αρχίσει το session και για πόση ώρα θα είναι ενεργό.



Εικόνα 3.7

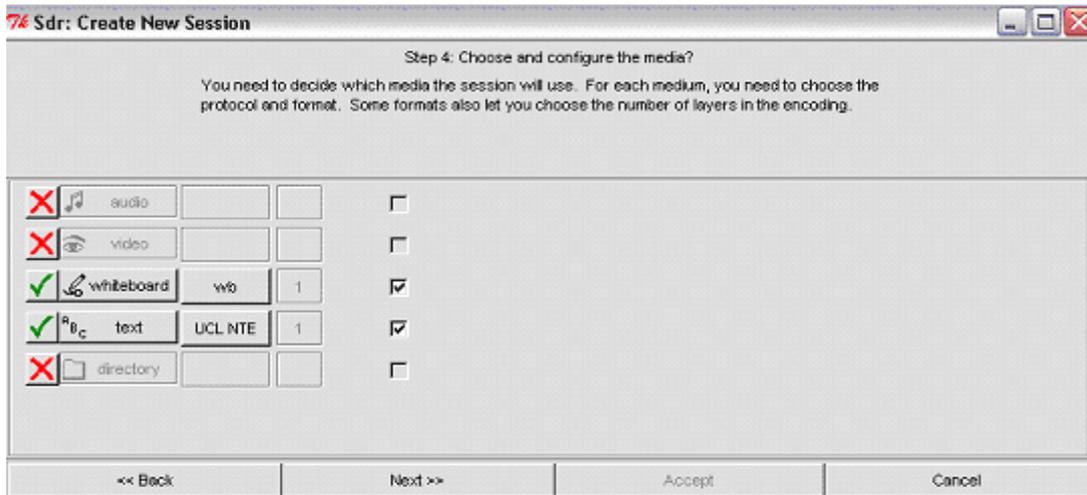
Το session θα ανακοινώνεται στο κυρίως παράθυρο του SDR όσο το SDR του χρήστη που το δημιούργησε τρέχει. Απενεργοποιώντας, ο χρήστης, το SDR το session εξαφανίζεται από όλα τα SDR μέχρι να ξανά ενεργοποιηθεί.

Στο επόμενο παράθυρο, στο πεδίο Area Reached, καθορίζεται η περιοχή, το φάσμα που θα καλύψει το session. Επιλέγοντας το Local Scope, το session μπορεί να καλύψει ένα τοπικό δίκτυο και μόνο. Με το Region καλύπτουμε μια ήπειρο, περίπου και με το World όλο τον κόσμο.(Εικόνα 3.8)



Εικόνα 3.8

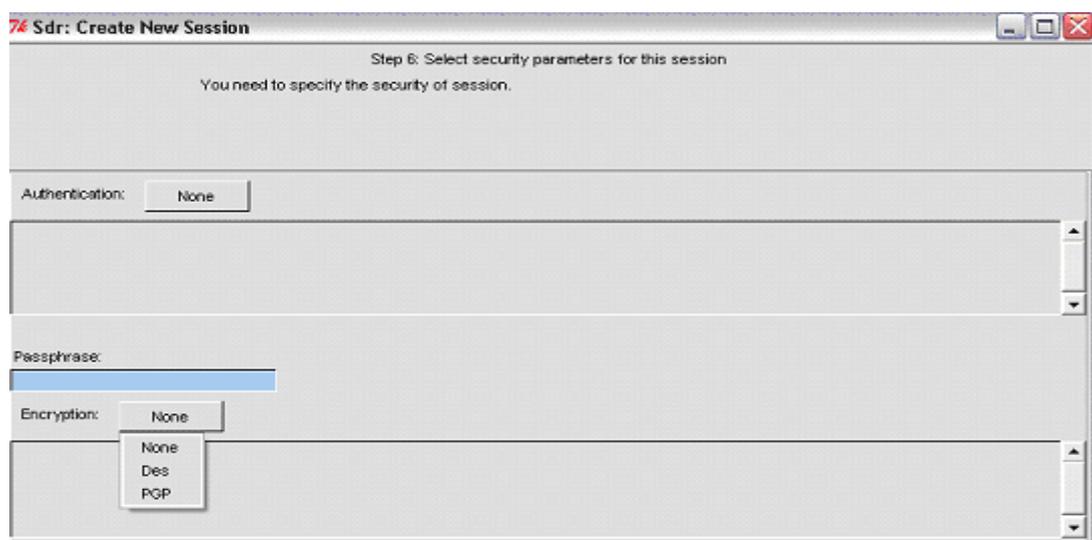
Αμέσως μετά, πατώντας Next, έχουμε την ευκαιρία να επιλέξουμε τα εργαλεία που θα είναι διαθέσιμα στο συγκεκριμένο session.(Εικόνα 3.9) Αυτά θα μπορεί να είναι RAT, VIC, WB &NTE, για τα είδη session Audio, Video, Whiteboard & Text αντίστοιχα.



Εικόνα 3.9

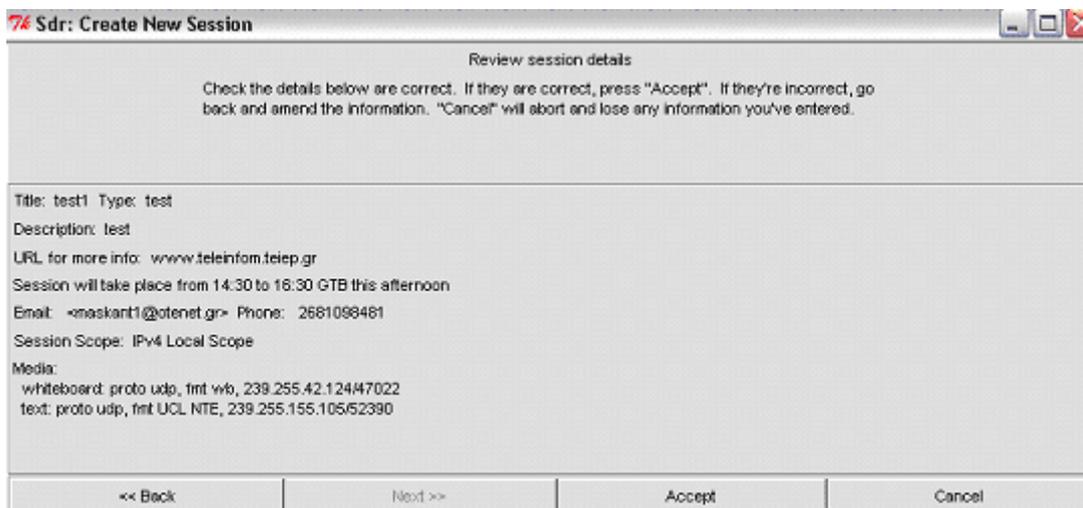
Ο χρήστης που δημιουργεί το session δίνει τα στοιχεία του, e-mail και τηλέφωνο, στο αμέσως επόμενο παράθυρο ώστε εάν κάποιος από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες έχει κάποιο πιθανόν πρόβλημα να μπορεί να επικοινωνήσει μαζί του.

Με Next μεταφερόμαστε στο παράθυρο το οποίο έχει να κάνει με τις παραμέτρους ασφαλείας του session. Έχουμε την δυνατότητα να φτιάξουμε μηχανισμό πιστοποίησης και επίσης να κρυπτογραφήσουμε την ανακοίνωση. Οι επιλογές για την πιστοποίηση είναι: "none", PGP, X509, PGP+CERT, X509+CERT και για την κρυπτογράφηση: "none", PGP, DES, X509. (Εικόνα 3.10)



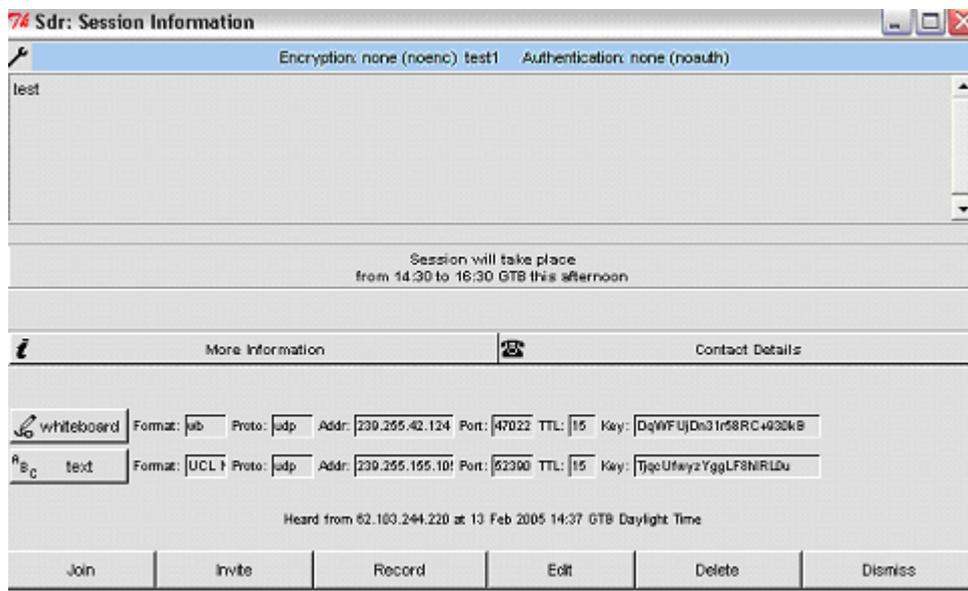
Εικόνα 3.10

Στο τελευταίο παράθυρο ελέγχουμε εάν οι πληροφορίες είναι σωστές και επιλέγοντας Accept δημιουργείται αυτόματα η ανακοίνωση του session. (Εικόνα 3.11)



Εικόνα 3.11

Μετά από αυτό το τελευταίο βήμα εμφανίζεται στην οθόνη μας το παράθυρο του session με τις ανάλογες πληροφορίες του.(Εικόνα 3.12)



Εικόνα 3.12

Στο παράθυρο του SDR Session Information παίρνουμε τις παρακάτω πληροφορίες.

- ☉ Στο πάνω μέρος και αριστερά πληροφορούμαστε για το είδος του session. Αν είναι δηλαδή broadcast, συνδιάσκεψη ή πειραματικό.
- ☉ Ακριβώς δίπλα βλέπουμε το τίτλο του session
- ☉ Κάτω ακριβώς από τον τίτλο υπάρχει ένα κουτάκι μέσα στο οποίο υπάρχει η περιγραφή του session
- ☉ Στο κουτάκι κάτω από την περιγραφή βλέπουμε το πότε είναι ενεργό το session
- ☉ Κλικάροντας το εικονίδιο More Information παίρνουμε πληροφορίες για την πιστοποίηση και την κρυπτογράφηση του session.
- ☉ Δίπλα, το εικονίδιο Contact Details μας δίνει πληροφορίες για τον δημιουργό του session
- ☉ Το εικονίδιο join επιτρέπει σε άλλους συμμετέχοντες να συνδεθούν σε αυτό το session
- ☉ Το εικονίδιο Invite δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον χρήστη να ενεργοποιήσει μερικά από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται
- ☉ Με το εικονίδιο Record γίνεται η καταγραφή του session
- ☉ Με το Edit μπορούν να μετατραπούν τα στοιχεία που έχουν δοθεί
- ☉ Με το Delete μπορούμε να διαγράψουμε το session
- ☉ Και τέλος με το Quit βγαίνουμε από το συγκεκριμένο session.

### **3.5.3 Εργαλεία εικόνας**

Το κυριότερο εργαλείο αυτής της κατηγορίας είναι το VIC. Υπάρχει επίσης και άλλο ένα εργαλείο το οποίο υποστηρίζει πλήρως τη δομή του MBONE, το Rendez-vous.

### 3.5.3.1 Vic



Εικόνα 3.13: Το κυρίως παράθυρο του Vic

Το Vic είναι μια εφαρμογή πολυμέσων για video συνδιάσκεψη σε πραγματικό χρόνο πάνω από το Internet. Σχεδιάστηκε με μια ευέλικτη και επεκτάσιμη αρχιτεκτονική για να υποστηρίξει ετερογενή περιβάλλοντα και συνθέσεις. Το Vic είναι βασισμένο στο RTP και παρόλο που μπορεί να εκτελεστεί με μετάδοση point-to-point χρησιμοποιώντας κανονικές unicast IP διευθύνσεις, είναι πρωταρχικά προτεινόμενο ως μια εφαρμογή συνδιάσκεψης μεταξύ πολλών hosts (multicast). Για να γίνει χρήση των δυνατοτήτων του Vic για συνδιάσκεψη, το σύστημα που τρέχει το εργαλείο θα πρέπει να υποστηρίζει πολλαπλή αποστολή και να είναι συνδεδεμένο στο MBONE. Οι πλατφόρμες πάνω στις οποίες τρέχει το Vic είναι: Linux Redhat 8.0, Solaris 9, Windows 98/NT/2000/XP, FreeBSD 4.5. Το Vic παρέχει μόνο το τμήμα του video για μία συνδιάσκεψη πολυμέσων.

### 3.5.3.2 Rendez-vous

Το Rendez-vous είναι ένα εργαλείο video συνδιάσκεψης που αναπτύχθηκε από μια ομάδα στο ίδρυμα INRIA, στα πλαίσια του προγράμματος Multimedia European

Research Conferencing Integration (MERCi). Υποστηρίζει πλήρως τη δομή του MBONE και είναι συμβατό με τα προγράμματα μετάδοσης εικόνας και ήχου- VIC, VAT και RAT- που έχουν αναπτυχθεί για το MBONE. Παράλληλα δίνει τη δυνατότητα διασύνδεσής του με το SDR μέσω plug-in, καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο ευκολότερη τη λειτουργία του. Υποστηρίζει το πρωτόκολλο RTP για την αποστολή υψηλής ποιότητας multimedia streams. Υποστηρίζει επίσης τα εξής πρωτόκολλα: Το πρωτόκολλο H261 για μετάδοση εικόνας, τα πρωτόκολλα PCMU, ADPCM, VADPCM (με υποστήριξη HiFi) για υψηλής ποιότητας μετάδοση φωνής και τα πρωτόκολλα GSM and LPC για μετάδοση σε χαμηλό εύρο ζώνης. Όπως επίσης και το πρωτόκολλο Mpeg για ανάγνωση - κωδικοποίηση αρχείου. Οι πλατφόρμες για τις οποίες είναι διαθέσιμο το Rendez-Vous είναι οι παρακάτω: Sun Sparc Solaris/ SunOS, SGI Irix 5x, Linux, Windows NT.

Τα πλεονεκτήματά του είναι ότι επιτρέπει την εγκατάσταση νέων πρωτοκόλλων συμπίεσης, ότι υποστηρίζει κωδικοποίηση πολλών επιπέδων για την μετάδοση εικόνας και ήχου όπως επίσης ότι υλοποιεί πειραματικά DTC κωδικοποιήσεις για την μετάδοση εικόνας. Τέλος χρησιμοποιεί κατάλληλο χρονιστή ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή απόδοση και ο συγχρονισμός μεταξύ εικόνας και ήχου στην πολλαπλή μετάδοση.

### ***3.5.4 Εργαλεία ήχου***

Τα κυριότερα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι τα: VAT και RAT από το LBL.

#### ***3.5.4.1 Visual audio tool (vat)***

Το vat είναι ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε στα εργαστήρια Lawrence Berkeley στην Καλιφόρνια. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για την αποστολή και λήψη ήχου μέσω του MBONE. Βέβαια, το όνομά του είναι κάπως λανθασμένο αφού η λέξη visual

(οπτικό) του τίτλου αναφέρεται στο interface (που έχει γραφικά) και όχι στην ικανότητα του προγράμματος να στέλνει εικόνα.

Το νατ προσφέρει τη δυνατότητα "μυστικής" επικοινωνίας δύο χρηστών (όσο αυτό μπορεί να θεωρηθεί δυνατό για καθετί που κυκλοφορεί χωρίς κρυπτογράφηση στο Internet), αλλά και τη δυνατότητα ανοιχτής ηχοσυνδιάσκεψης. Επίσης, παρέχει ποικιλία από formats συμπίεσης, πράγμα που του επιτρέπει να επικοινωνεί με αρκετές πλατφόρμες και προγράμματα. Το νατ δίνει ακόμα τη δυνατότητα συνομιλίας με χρήστες PC ή Mac με την προϋπόθεση ότι και αυτοί διαθέτουν το κατάλληλο λογισμικό για ηχοσυνδιάσκεψης. Τέλος, προσφέρει τη δυνατότητα στον οικοδεσπότη μιας συνδιάσκεψης να ξέρει ποιοι άλλοι ακούν το multicast session.

Έτοιμες εκδόσεις του νατ υπάρχουν για τις πλατφόρμες Sun, Silicon Graphics, DEC, Linux, Hewlett-Packard, ενώ ετοιμάζεται και αυτή του Macintosh. Στις περισσότερες αρχιτεκτονικές, δεν απαιτείται ειδικό λογισμικό.

### 3.5.4.2 Robust Audio Tool (RAT)



Εικόνα 3.14 : Το κυρίως παράθυρο του RAT

Το RAT είναι ένα εργαλείο σχεδιασμένο για να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να συνομιλούν πάνω από το MBONE. Αναπτύχθηκε στο University College του Λονδίνου. Επιτρέπει στους χρήστες του να συμμετέχουν σε συνδιασκέψεις ήχου πάνω από το Internet. Αυτές μπορούν να είναι είτε μεταξύ δύο ατόμων απ' ευθείας, είτε μεταξύ μιας ομάδας ατόμων. Δεν απαιτούνται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για να χρησιμοποιηθεί το RAT σε μια point-to-point σύνδεση. Αλλά για να χρησιμοποιηθούν οι ευκολίες για συνδιασκέψεις πολλαπλής αποστολής του, απαιτείται σύνδεση στο MBONE ή σε ένα παρόμοιο δίκτυο ικανό για multicast. Το RAT χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RTP και οι πλατφόρμες πάνω στις οποίες δουλεύει είναι οι εξής: Linux Redhat 7.2/8, Solaris 8, FreeBSD 4.5, Windows 98/2000/XP.

#### ***3.5.4.3 NeVoT***

Το NeVoT (Network voice terminal) αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης και είναι ένα ακόμα πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για ανοιχτή ηχοσυνδιάσκεψη. Υποστηρίζει μία μεγάλη ποικιλία πρωτοκόλλων ήχου όπως 16-bit linear encoding, 64 KBPS mu-law PCM, 32 KBPS ADPCM, 32 KBPS Intel/DVI ADPCM, GSM και άλλα.

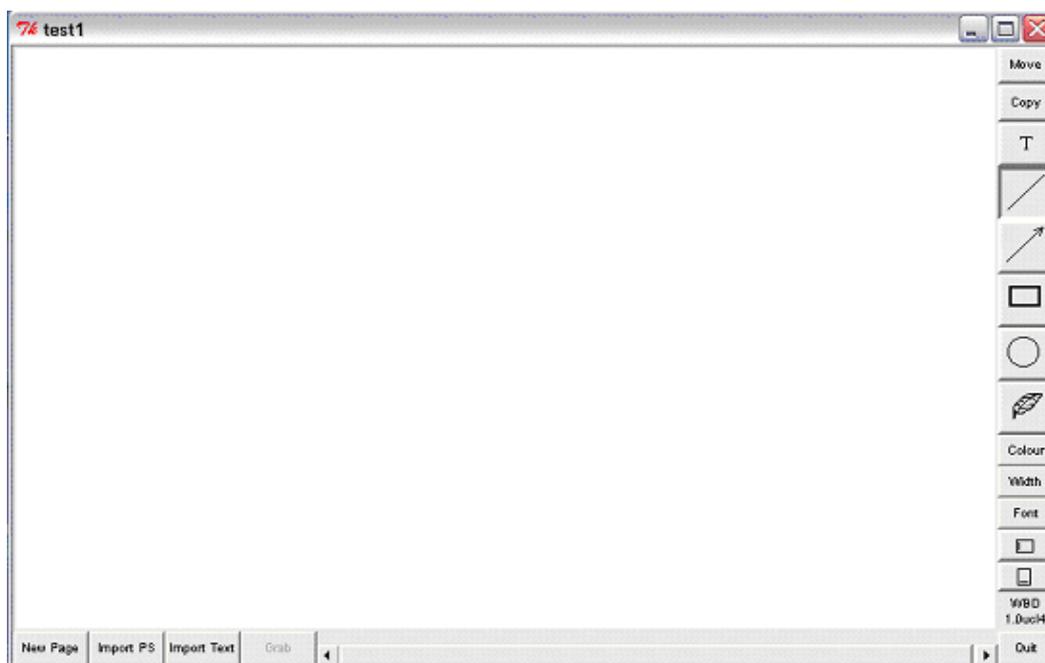
#### ***3.5.4.4 FreePhone***

Το FreePhone είναι ένα εργαλείο για υψηλής ποιότητας ήχο πάνω από το Internet. Υλοποιεί το RTP. Διαχειρίζεται πολλαπλές unicast και multicast συνόδους. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη να υπάρχουν αρκετά στιγμιότυπα του εργαλείου που να εκτελούνται ταυτόχρονα. Είναι συμβατό και με άλλα εργαλεία λογισμικού για το MBONE. Συγκεκριμένα είναι συμβατό με το RAT αφού και τα δύο έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια του έργου MERCI, όπως και με το VAT και το NeVoT.

### 3.5.5 Εργαλεία κοινού χώρου εργασίας

Το εργαλείο που κυριαρχεί σ' αυτήν την κατηγορία είναι το wb.

#### 3.5.5.1 Whiteboard (wb)



Εικόνα 3.15 : Το κυρίως παράθυρο το WB

Το wb είναι ένα εργαλείο που δημιουργεί έναν διαμοιραζόμενο, εικονικό μαυροπίνακα στην οθόνη του υπολογιστή. Είναι κυρίως ένα εργαλείο συνδιάσκεψης και όχι ένα απλό εργαλείο ζωγραφικής. Το φανταζόμαστε σαν ένα εργαλείο ζωγραφικής με αρκετές άλλες δυνατότητες. Το wb χρησιμοποιείται συνήθως σαν ένα οπτικό βοήθημα κατά τη διάρκεια βίντεο διαλέξεων στο MBONE. Έκτος από τη δυνατότητα που δίνει στους χρήστες να χρησιμοποιήσουν προκαθορισμένα σχήματα όπως π.χ. ένας κύκλος το wb μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το διαμοιρασμό PostScript αρχείων. Έτσι οι ομιλητές μπορούν να δείχνουν PostScript "σλάιντς" στο wb για να συντροφεύουν τις εικόνες βίντεο. Το WB είναι διαθέσιμο μόνο για Unix. Το αντίστοιχο των Windows είναι το WBD. Δεν υπάρχει κάποια διαφορά ανάμεσα στα δύο, η διάκριση γίνεται μόνο

και μόνο για τις διαφορές των λογισμικών. Το WB, επίσης, τρέχει πάνω σε Solaris 2.5, Irix 6.2 & Windows 98/2000/XP.

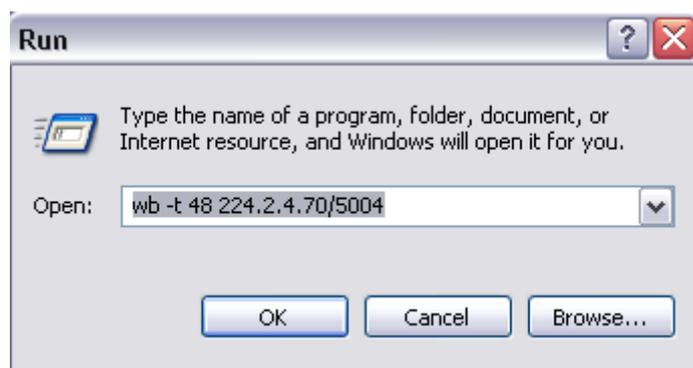
Υπάρχουν δύο τρόποι για να ενεργοποιηθεί το WB: από την γραμμή εργαλείων και από το SDR.

☉ Από το SDR για την σύνδεση σε μια συνδιάσκεψη ενεργοποιείται αυτόματα, οπότε και όλες οι ρυθμίσεις γίνονται από το πρόγραμμα και όχι από τον χρήστη.

☉ Από την γραμμή εντολών η σύνδεση γίνεται:

Windows 2000/XP: Κάντε κλικ στο κουμπί έναρξης στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης. Επιλέξτε Run... Στο παράθυρο Run, πληκτρολογήστε τα εξής:

*Open : wb[options] <address/port> .*



Εικόνα 3.16 :Παράθυρο Run

Η multicast διεύθυνση πρέπει να είναι μέσα στο πεδίο 224.2.0.0 - 224.2.255.255 (εκτός αν χρησιμοποιείται admin scope). Ο αριθμός της πόρτας πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 5002. Στο παράδειγμα *Open : wb -t 48 224.2.4.70/5004*. Η παράμετρος "-t" δίνεται για να καθοριστεί το TTL, δηλαδή για να καθοριστεί το τοπικό φάσμα που θα καλύψουν τα πακέτα που στέλνονται. Το 48 TTL είναι ικανό να καλύψει μια μεγάλη χώρα. Για να υπάρξει επικοινωνία είναι υποχρεωτικό όλοι οι συμμετέχοντες να χρησιμοποιούν την ίδια multicast διεύθυνση.

Το WB αποτελείται από δύο παράθυρα , το κυρίως παράθυρο (Εικόνα 3.15) και το παράθυρο ελέγχου που εμφανίζονται στην οθόνη όταν ενεργοποιείται το WB. Όταν ενεργοποιείται το WB κατά κανόνα μπορεί μόνο να λαμβάνει, τα δημοσιευμένα κείμενα που δημιουργούνται από τους άλλους συμμετέχοντες και εμφανίζονται στο κυρίως παράθυρο. Για να μπορέσει και ο χρήστης να συμμετέχει, γράφοντας ή οτιδήποτε άλλο, θα πρέπει να ελέγξει να μην έχει γίνει η επιλογή του εικονιδίου *Receive Only*, στο παράθυρο ελέγχου. Στην περίπτωση που δεν είναι τσεκαρισμένο το συγκεκριμένο εικονίδιο εμφανίζονται πολλά εικονίδια ελέγχου στο δεξιό μέρος του WB, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να συμμετέχει, γράφοντας- ζωγραφίζοντας. Με τα εικονίδια αυτά μπορούν να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες (παίρνουμε τα εικονίδια από πάνω προς τα κάτω):

- Ⓞ Ελεύθερη ζωγραφική
- Ⓞ Ευθείες γραμμές
- Ⓞ Σχεδίαση βελών
- Ⓞ Σχεδίαση τετραγώνων
- Ⓞ Σχεδίαση κύκλων
- Ⓞ Διαγραφή της τελευταίας ενέργειας
- Ⓞ Μετακίνηση εικόνας ή κειμένου
- Ⓞ Αντιγραφή εικόνας ή κειμένου
- Ⓞ Αλλαγή φόντου
- Ⓞ Αλλαγή του μεγέθους του ποντικιού για ζωγραφική
- Ⓞ Επιλογή χρώματος
- Ⓞ Αναίρεση της τελευταίας ενέργειας

- ⊗ Αλλαγή προσανατολισμού
- ⊗ Αλλαγή προσανατολισμού ενός πορτρέτου
- ⊗ Αλλαγή προσανατολισμού ενός τοπίου
- ⊗ Εκτύπωση των περιεχομένων του WB
- ⊗ Έξοδος από το WB.

Με τα εικονίδια στο κάτω μέρος του παραθύρου, από τα αριστερά προς τα δεξιά, μπορούν να γίνουν οι εξής ενέργειες:

- ⊗ Δημιουργία νέας σελίδας
- ⊗ Εισαγωγή Postscript στο Whiteboard
- ⊗ Εισαγωγή Text
- ⊗ Εμφάνιση αριθμού σελίδας
- ⊗ Είναι μια μπάρα για την μετακίνηση μεταξύ σελίδων.

### ***3.5.6 Εργαλεία κειμένου***

Το πιο δημοφιλές εργαλείο σ' αυτήν την κατηγορία είναι το NTE.

#### ***3.5.6.1 NTE***

Το NTE είναι ένας διαμοιραζόμενος διορθωτής κειμένου. Δεν είναι ούτε επεξεργαστής κειμένου, αλλά ούτε και whiteboard. Η χρήση του NTE μπορεί να είναι πολύ διαλογική. Οποιοσδήποτε σε μια σύνοδο μπορεί να διορθώσει ένα τμήμα κειμένου, εκτός και αν "κλειδωθεί" αυτό το τμήμα. Αυτό είναι σκόπιμο. Πολλοί χρήστες μπορούν (αν το επιθυμούν) να διορθώσουν το ίδιο κείμενο ταυτόχρονα. Εάν όμως προσπαθήσουν να διορθώσουν την ίδια γραμμή του κειμένου ταυτόχρονα, θα συμβεί μια σύγκρουση που

θα καταλήξει στη διατήρηση της μιας μόνο διόρθωσης. Έτσι το NTE λειτουργεί μόνο εάν υπάρχει σωστή συνεργασία μεταξύ εκείνων που το χρησιμοποιούν γιατί παρέχει μόνο ελάχιστη προστασία έναντι ανεπιθύμητων και ενοχλητικών συμμετεχόντων. Το NTE χρησιμοποιείται σαν τμήμα μιας συνδιάσκεψης πολυμέσων, ως εργαλείο υποστήριξης παρά ως το μόνο κανάλι επικοινωνίας.

Το NTE μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για unicast videoσυνδιάσκεψη που περιλαμβάνει μια άμεση σύνδεση μεταξύ δύο οικοδεσποτών είτε για multicast σύσκεψη με πολλούς συμμετέχοντες μέσω του Διαδικτύου Mbone. Οι πλατφόρμες πάνω στις οποίες τρέχει το NTE είναι οι εξής : Linux Redhat 7.2, Solaris 2.8, FreeBSD 4.5 & Windows NT/2000/XP.

Υπάρχουν δύο τρόποι έναρξης του NTE: από τη γραμμή εντολής και από το SDR.

- ☉ Έναρξη NTE από το SDR: Κατά την ένωση μιας διάσκεψης που χρησιμοποιεί το κείμενο από το SDR, το NTE θα ξεκινήσει αυτόματα. Όλες οι παράμετροι θα τεθούν αυτόματα.
- ☉ Έναρξη NTE από τη γραμμή εντολών για μια multicast διάσκεψη: Όπως με τα άλλα εργαλεία Mbone το σχήμα εντολής είναι το ακόλουθο:

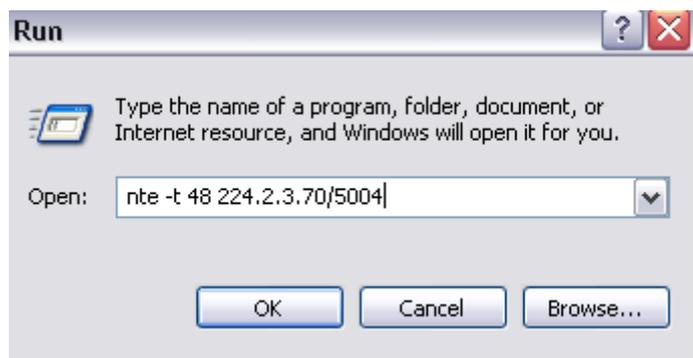
UNIX: Prompt> nte [options] <address/port>

Windows 2000/XP: Κάντε κλικ στο κουμπί έναρξης στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης. Επιλέξτε Run... Στο παράθυρο Run, πληκτρολογήστε τα εξής.

Open: nte [options] <address/port>

Η multicast διεύθυνση πρέπει να είναι στη σειρά 224.2.0.0 - 224.2.255.255 . Ο αριθμός πόρτας πρέπει να είναι τουλάχιστον 5002. Έτσι, για παράδειγμα, αυτή η γραμμή θα άρχιζε το NTE με ένα TTL 48 στην multicast διεύθυνση 224.2.3.70 και τον αριθμό πόρτας 5004:

Prompt>/ Open: nte -t 48 224.2.3.70/5004



Εικόνα 3.17

Στο παραπάνω παράδειγμα ο χρήστης έχει χρησιμοποιήσει την επιλογή "- t" για να διευκρινίσει το TTL. Το TTL καθορίζει πόσο μακριά θα φτάσουν τα πακέτα, π.χ.. πόσο μακριά μπορείτε να επικοινωνήσετε με τους ανθρώπους χρησιμοποιώντας το NTE. Ένα TTL 48 είναι γενικά, αρκετά μεγάλο για την επικοινωνία μέσα στο UK.

Το TTL αντιπροσωπεύει το χρόνο που θα ζήσει και καθορίζει πόσο μακριά το πακέτο που μεταδίδετε θα ταξιδέψει. Ένα TTL 15 θα καλύψει μια περιοχή έκτασης όσο μια πανεπιστημιούπολη, ένα TTL 47 θα καλύψει μια περιοχή έκτασης της JANET Mbone, ένα TTL 63 θα καλύψει ολόκληρη την Ευρώπη, και ένα TTL 127 θα έχει παγκόσμια κάλυψη. Η προεπιλογή για όλα τα εργαλεία Mbone είναι ένα TTL 16.

Όλοι οι συμμετέχοντες πρέπει να χρησιμοποιήσουν την ίδια multicast διεύθυνση και αριθμό πόρτας προκειμένου "να δει" ο ένας τον άλλον σε NTE.

📍 Έναρξη του NTE από την γραμμή εντολών για μια unicast συνδιάσκεψη

Όπως και με τα άλλα εργαλεία του Mbone το σχήμα της εντολής είναι το έξης:

UNIX: Prompt> nte [options] <remote\_hostname/port>

Windows 2000/XP: Κάντε κλικ στο κουμπί έναρξης στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης. Επιλέξτε Run... Στο παράθυρο Run, πληκτρολογήστε τα εξής.

Open: nte [options] <address/port>

Στο παρακάτω παράδειγμα ο χρήστης θα ξεκινήσει το ΝΤΕ για μια unicast συνδιάσκεψη με κάποιον, σε έναν υπολογιστή, που καλείται myhost.example.ac.uk και έχει αριθμό πόρτας 5004.

```
Prompt>/ open: nte myhost.example.ac.uk/5004
```

Το πρόσωπο στην άλλη μεριά, σε αυτήν την περίπτωση το πρόσωπο που εργάζεται στο myhost.example.ac.uk, θα πρέπει να πληκτρολογήσει την ίδια εντολή αλλά με το όνομα του υπολογιστή μας αντί του myhost.example.ac.uk.

Το TTL δεν ισχύει στις συνόδους unicast.

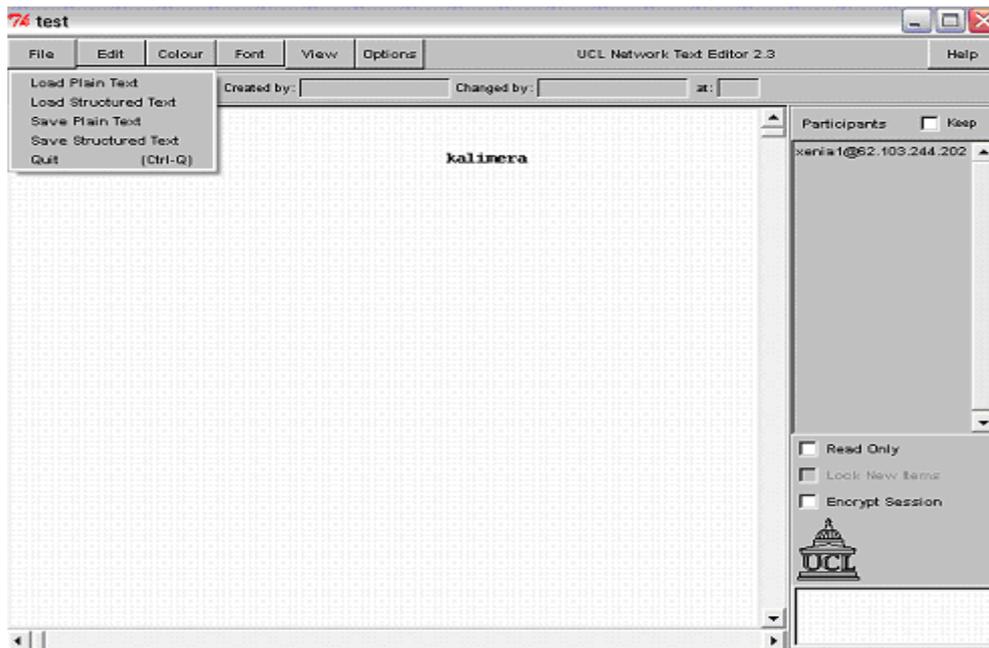
## ΓΡΗΓΟΡΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΝΤΕ

Το κείμενο που πληκτρολογείται ή που εισάγεται σε ΝΤΕ από άλλους συμμετέχοντες θα επιδειχθεί αυτόματα στο κύριο παράθυρο ΝΤΕ . Εάν το κείμενο λαμβάνει περισσότερες από μια οθόνες, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις μπάρες μετακίνησης στα αριστερά της περιοχής κειμένων για να μετακινηθούμε πάνω και κάτω.

Προκειμένου να γράψουμε σε ΝΤΕ, κάνουμε κλικ οπουδήποτε στο ΝΤΕ και αρχίζουμε να πληκτρολογούμε. Το κείμενο θα αρχίσει από εκεί που κλικάρουμε. Μπορούμε να επεξεργαστούμε το κείμενο αφού κλικάρουμε στο κείμενο που θέλουμε να επεξεργαστούμε και χρησιμοποιώντας έπειτα το πληκτρολόγιο να κάνουμε τις αλλαγές.

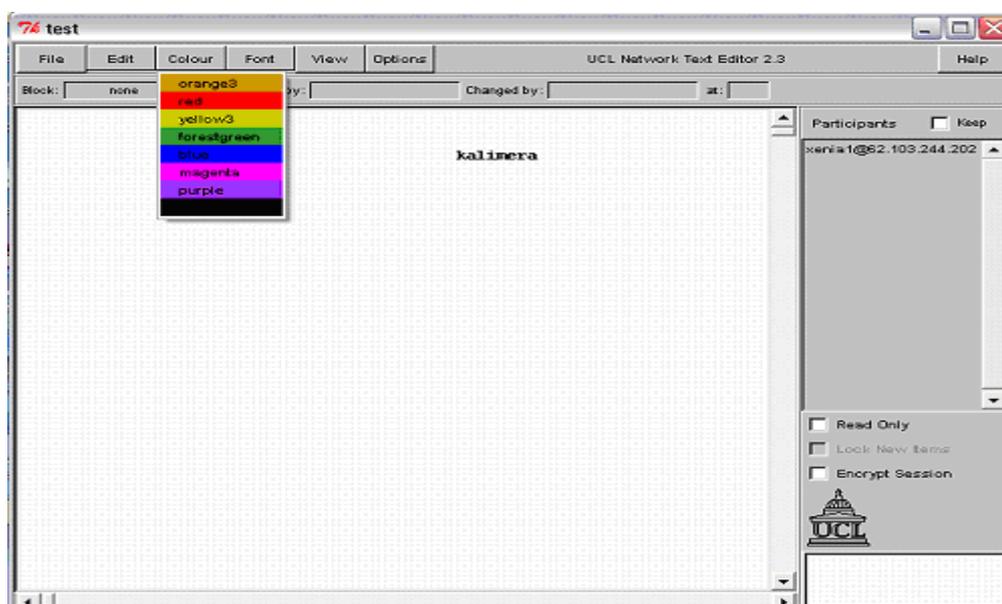
Όλο το κείμενο στο ΝΤΕ εμφανίζεται στο κυρίως παράθυρο - το μεγάλο άσπρο μέρος του κύριου παραθύρου του ΝΤΕ.

Για να δημιουργήσουμε ένα κείμενο, απλά κλικάρουμε με το αριστερό κουμπί του ποντικιού σε ένα κενό διάστημα, και αρχίζουμε να πληκτρολογούμε.



Εικόνα 3.18 : Το κυρίως παράθυρο του NTE & η επιλογή File

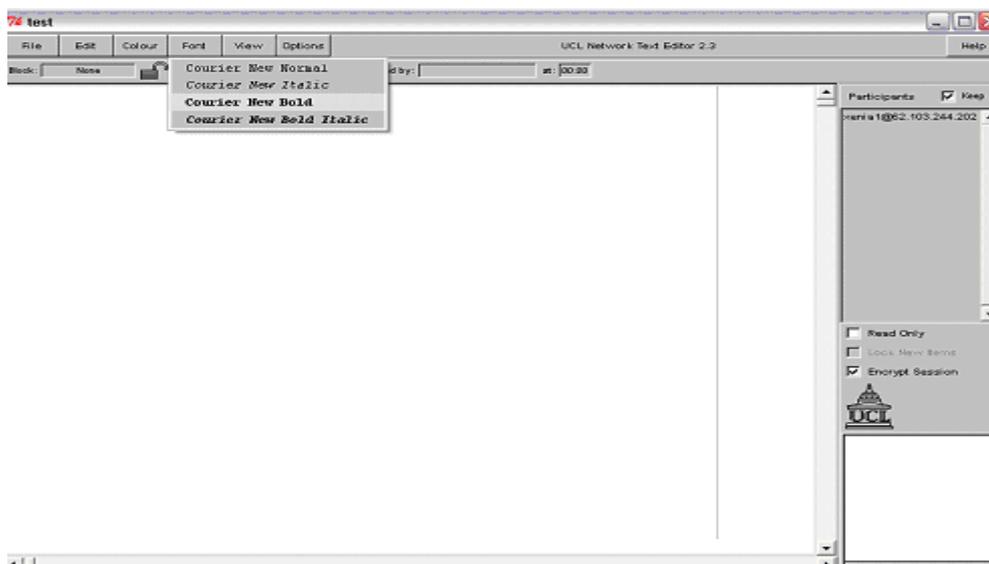
Ένα κείμενο μπορούμε να το επεξεργαστούμε με τους εξής διαφορετικούς τρόπους: μπορούμε να αλλάξουμε το χρώμα του, επιλέγοντάς το και διαλέγοντας ένα χρώμα από τις επιλογές χρώματος στην κορυφή του NTE.



Εικόνα 3.19 : Επιλογή Colour

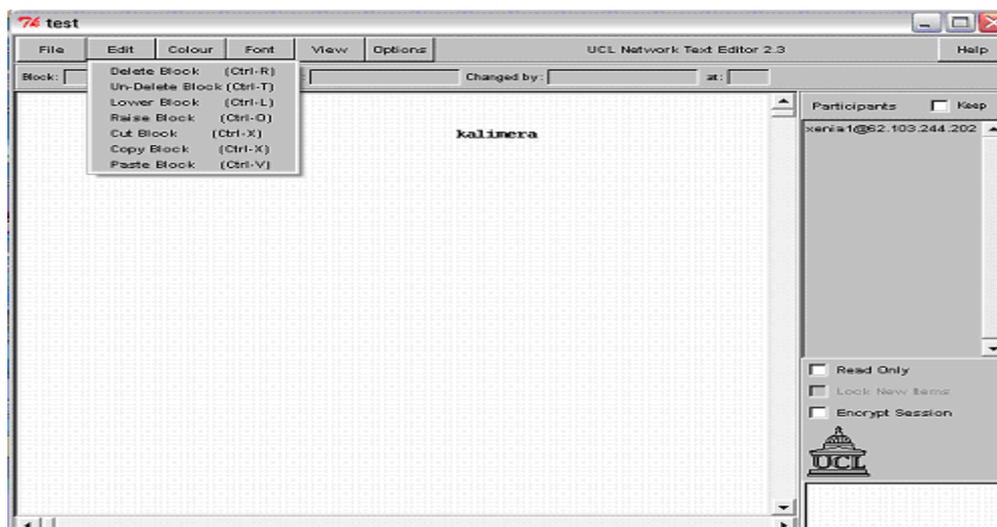
Μπορούμε να αλλάξουμε την γραμματοσειρά σε πλάγιους και /ή σε έντονους χαρακτήρες επιλέγοντάς το και διαλέγοντας την κατάλληλη, από τις επιλογές Font

στην κορυφή του ΝΤΕ. Οι διαφορετικές μορφές γραμματοσειρών είναι διαθέσιμες για να βοηθήσουν να διακρίνουμε τα κείμενα των διαφορετικών χρηστών.



Εικόνα 3.20 : Επιλογή Font

Μπορούμε να μετακινήσουμε ένα κείμενο επιλέγοντάς το και σέρνοντας το με το ποντίκι. Μπορούμε να διαγράψουμε ένα κείμενο, επιλέγοντάς το, και διαλέγοντας το Delete Block από το μενού Edit στην κορυφή του ΝΤΕ.



Εικόνα 3.21 : Επιλογή Edit

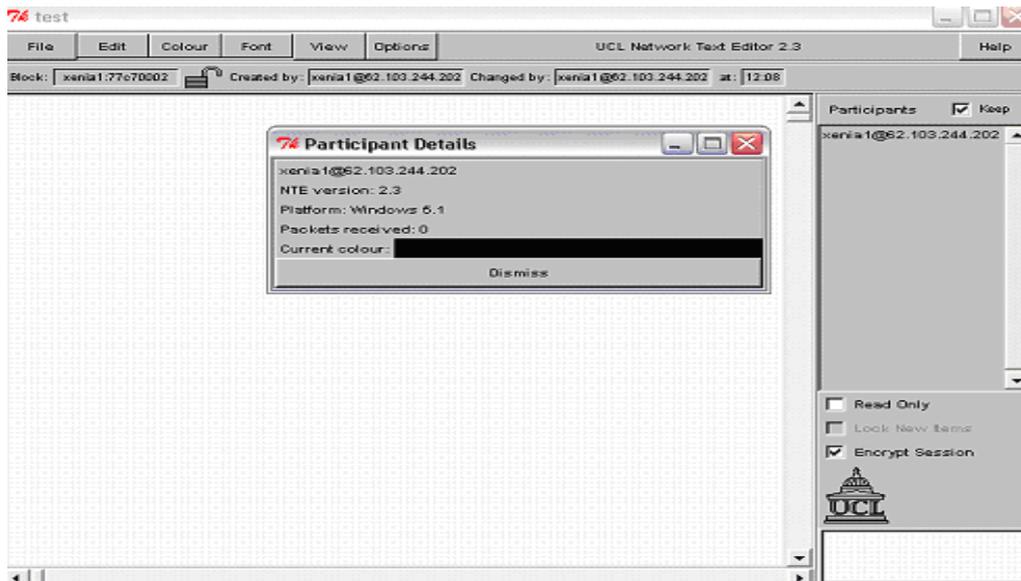
Διάφοροι άνθρωποι μπορούν να εργαστούν στο ίδιο κείμενο συγχρόνως.

Είναι δυνατό να σωθούν τα κείμενα σε NTE σε ένα αρχείο για μελλοντική αναφορά. Είναι επιπλέον δυνατό να φορτωθούν τα αρχεία κειμένων σε NTE. Μπορούμε να σώσουμε κείμενο επιλέγοντας *Save Plain Text* από το *File* μενού. Μπορούμε να φορτώσουμε κείμενο επιλέγοντας *Load Plain Text* από το *File* μενού (Εικόνα 3.18). Όμως, υπάρχει ένα όριο στο πόσο μεγάλο θα είναι ένα αρχείο κειμένου που μπορούμε να φορτώσουμε. Εάν το αρχείο είναι πάρα πολύ μεγάλο, θα περικοπεί αυτόματα.

Εάν φορτώνουμε δύο ή περισσότερα κείμενα, όλα θα εμφανιστούν στην πάνω αριστερή γωνία του παραθύρου, έτσι θα καταλήξουμε με δύο ή περισσότερα κείμενα το ένα πάνω στο άλλο. Μπορούμε να μετακινήσουμε τα κείμενα επιλέγοντας ένα και σέρνοντάς το εκεί όπου θα θέλαμε να το τοποθετήσουμε.

Εάν βρίσκουμε το μέγεθος του κειμένου πάρα πολύ μικρό, στο μενού *View* παρέχονται εναλλακτικές επιλογές για το κυρίως παράθυρο του NTE. Οι εναλλακτικές επιλογές θα αυξήσουν το μέγεθος του κειμένου από το διευκρινισμένο ποσοστό. Τα *scrollbars* θα ρυθμιστούν έτσι ώστε το κείμενο που δεν μπορούμε να δούμε (στο κάτω σημείο και τις δεξιές πλευρές) να είναι ακόμα προσιτό.

Εάν η επιλογή *Participants* στο μενού *Show* είναι επιλεγμένη, μια στήλη θα εμφανιστεί στα αριστερά της οθόνης, που θα περιέχει μια λίστα των συμμετεχόντων, μια μικρή επιτροπή ελέγχου, και έναν χάρτη εγγράφων.



Εικόνα 3.22 : Λίστα συμμετεχόντων, επιτροπή ελέγχου, χάρτης εγγράφων (δεξί πλαίσιο).

Στην κορυφή, η λίστα των συμμετεχόντων στη διάσκεψη παρουσιάζεται στο τρέχον χρώμα τους. Όταν ένας συμμετέχων δεν ακουστεί για κάποιο συγκεκριμένο χρόνο, το όνομά του θα εμφανιστεί με γκρι χρώμα, και θα αφαιρεθεί. Εάν το κουμπί **Keep** επιλεγθεί, οι συμμετέχοντες θα παραμείνουν στον κατάλογο συμμετεχόντων όσο είναι ενεργοί. Κάτω από τον κατάλογο συμμετεχόντων υπάρχει μια μικρή επιτροπή ελέγχου που μας δίνει τρεις επιλογές:

- Ⓢ Εάν επιλέξουμε **Read Only**, δεν μπορούμε να γράψουμε τίποτα. Αυτό είναι μια χρήσιμη επιλογή εάν δεν επιθυμούμε να γράψουμε τυχαία ή να διαγράψουμε κάτι σε NTE.
- Ⓢ Εάν επιλέξουμε **Lock New Items**, μπορούμε μόνο να επεξεργαστούμε και να διαγράψουμε τα μπλοκ που έχουμε δημιουργήσει. Αυτό ισχύει μόνο για τα μπλοκ που δημιουργούνται ενώ αυτή η επιλογή έχει επιλεγτεί. Η επιλογή είναι χρήσιμη εάν θέλουμε να εισάγουμε ή να πληκτρολογήσουμε κάποιο κείμενο που δεν θέλουμε οποιοσδήποτε είτε να το επεξεργαστεί είτε να το διαγράψει. Εάν κάποιος, εκτός

από το δημιουργό του μπλοκ, προσπαθήσει να επεξεργαστεί το κείμενό μας θα δούμε ένα μικρό σύμβολο λουκέτων.

- ☞ Το *Encrypt Sessions* μας επιτρέπει να κρυπτογραφήσουμε το κείμενο έτσι ώστε μόνο οι συμμετέχοντες του ΝΤΕ με το σωστό κωδικό πρόσβασης να μπορούν να διαβάσουν το περιεχόμενο του ΝΤΕ. Θα κληθούμε να πληκτρολογήσουν έναν προσωπικό κωδικό για τη σύνοδο εάν επιλέξουν αυτήν την επιλογή.

Το γκριζο και άσπρο τετράγωνο στην κάτω δεξιά γωνία της οθόνης είναι ένας χάρτης των εγγράφων. Η άσπρη περιοχή αντιπροσωπεύει το μέρος του εγγράφου που είναι αυτήν την περίοδο ορατό. Εάν ο χάρτης εγγράφων είναι όλος λευκός, βλέπουμε ολόκληρο το κείμενο στην οθόνη, αλλά όταν το κείμενο είναι μεγαλύτερο, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη μπάρα μετακίνησης για να μετακινηθούμε στο κείμενο. Όσο μεγαλύτερο είναι το έγγραφο, τόσο μικρότερη είναι η άσπρη περιοχή. Εάν η άσπρη περιοχή είναι στην κορυφή του τετραγώνου, τότε εξετάζουμε την κορυφή του κειμένου. Ο χάρτης εγγράφων θα μας δώσει μια ένδειξη όταν άλλοι χρήστες τροποποιούν το έγγραφο σε μια περιοχή που δεν είναι τοπικά ορατή.

### ***3.5.7 Βοηθητικά εργαλεία***

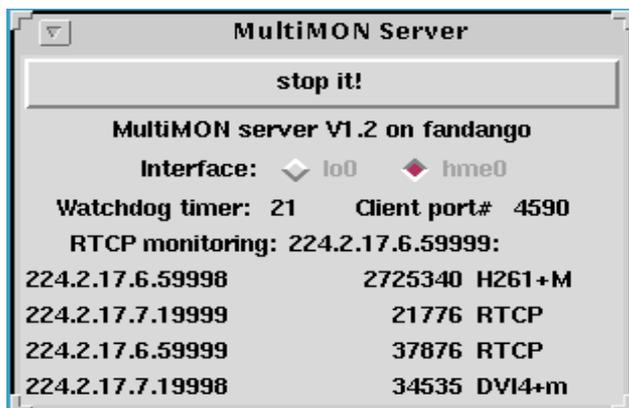
Υπάρχει μια ποικιλία από βοηθητικά εργαλεία που τρέχουν παράλληλα με τα παραπάνω. Τα περισσότερα διαδεδομένα είναι τα: *RTPMon*, *ConfMan*, *Wbimport*, *MultiMon* και *Mpoll*.

#### ***3.5.7.1 MultiMon***

Το *MultiMon* είναι ένα εργαλείο video συνδιάσκεψης το οποίο συλλέγει, οργανώνει και παρουσιάζει την IP κίνηση που περνά από τον *MultiMon server*. Αν και είναι ένα γενικής χρήσης εργαλείο, στοχεύει στην παρακολούθηση της multicast κίνησης σε τοπικά δίκτυα και μ' αυτόν τον τρόπο βοηθάει τον υπεύθυνο του δικτύου να

οργανώσει την κίνηση του δικτύου. Έχει αναπτυχθεί σε μορφή client-server. Έτσι ο server που συλλέγει τα δεδομένα μπορεί να είναι μακριά από τον client.

Έτοιμες εκδόσεις για το MultiMon υπάρχουν σε πλατφόρμες Sun και Windows NT.

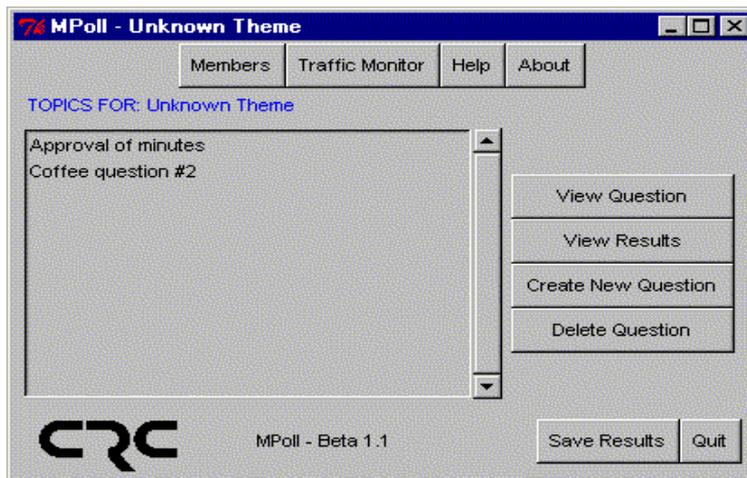


Εικόνα 3.23: Παράθυρο MultiMon Server

### 3.5.7.2 Mpoll

Το Mpoll είναι ένα εργαλείο που δημιουργεί σε πραγματικό χρόνο ερωτήσεις σε μια MBONE διάσκεψη, συλλέγοντας και παρουσιάζοντας παράλληλα γραφικά τα αποτελέσματα. Δίνει τη δυνατότητα διασύνδεσής του με το SDR, προκειμένου η χρήση του να είναι πιο εύκολη. Ο κάθε χρήστης εκτός από την ερώτηση μπορεί να δημιουργήσει και πιθανές απαντήσεις σ' αυτήν. Η ερώτηση αυτή γίνεται διαθέσιμη σε κάθε μέλος της διάσκεψης που καλείται να απαντήσει.

Οι πλατφόρμες πάνω στις οποίες τρέχει το Mpoll, είναι σχετικά περισσότερες από το MultiMon, και είναι οι εξής: Solaris 2.5, SunOS 4.1.4, SGI Irix 6.4 και Windows 98.



Εικόνα 3.24: Παράθυρο εργασίας του Mpoll

### 3.5.8 Εμπορικά προγράμματα

Υπάρχουν αρκετά εμπορικά προγράμματα τα οποία υποστηρίζουν μετάδοση εικόνας, ήχου και φωνής, αλλά ελάχιστα από αυτά συνεργάζονται σωστά με το MBONE. Το πιο γνωστό από αυτά είναι το *CU-SeeMe*.

## 3.6 Διαχείριση

Μπορεί να εκπλήσσει, αλλά είναι γεγονός ότι κάνεις δεν είναι από μόνος του υπεύθυνος ούτε για την τοπολογία, ούτε για τον προγραμματισμό των γεγονότων. Κάπως ανάλογα με το Internet, η ανάπτυξη του MBONE βασίζεται στην ομαδική προσπάθεια των χρηστών και των παροχών υπηρεσιών δικτύου. Η κοινότητα του MBONE είναι ανοιχτή και ενεργητική. Κάθε εργασία που αφορά εργαλεία, πρωτόκολλα, τυποποιήσεις, εφαρμογές και γεγονότα είναι πραγματικά μία διεθνής συνεργατική προσπάθεια.

Και για τις δύο πλευρές του θέματος αυτό που κυρίως χρησιμοποιείται είναι e-mail lists όπου οι ενδιαφερόμενοι εκδηλώνουν τις προθέσεις τους. Το τι θα γίνει μετά, περιγράφεται από κανόνες που θα παρουσιαστούν ευθύς αμέσως.

### ***3.6.1 Διαχείριση αιτήσεων επέκτασης του MBONE***

Ο κύριος λόγος δημιουργίας των e-mail lists για το MBONE ήταν για να συντονιστούν τα υψηλότερα επίπεδα της τοπολογίας (Το mesh των συνδέσεων μεταξύ των backbone και των τοπικών δικτύων). Ο συντονισμός πρέπει να είναι προϊόν συνεργασίας μεταξύ των συμμετεχόντων. Ο στόχος είναι όπως προαναφέρθηκε να αποφευχθεί η επιφόρτιση της ευθύνης του σχεδιασμού και της διαχείρισης της τοπολογίας σε κάποιον ατομικά. Παρόλα αυτά είναι μάλλον απαραίτητος ο περιοδικός έλεγχος της τοπολογίας για να διαπιστωθεί αν χρειάζονται κάποιες τροποποιήσεις.

Η πρόθεση είναι να εδραιωθεί μία διαδικασία ως εξής : Ένα τοπικό δίκτυο για να εκδηλώσει ενδιαφέρον για συμμετοχή πρέπει να υποβάλει μία αίτηση στη κατάλληλη λίστα. Κατόπιν οι συμμετέχοντες στους γειτονικούς κόμβους θα απαντήσουν και θα συνεργαστούν στο στήσιμο του κατάλληλου tunnel. Μερικές φορές η πιο ενδεδειγμένη λύση για να κρατηθεί χαμηλά το fanout είναι να σπάσει ένα υπάρχον tunnel και τη θέση του να πάρει ένας κόμβος, με αποτέλεσμα να απαιτείται η συνεργασία τριών sites ώστε να στηθούν τα tunnels.

Το να γνωρίζουμε ποιοι κόμβοι είναι κοντά απαιτεί επίγνωση και του λογικού χάρτη του MBONE και της υποκείμενης τοπολογίας του φυσικού δικτύου. Σε ένα τοπικό δίκτυο, το προσωπικό του ίδιου του δικτύου μπορεί από μόνο του να διαχειριστεί το fanout της ιεραρχίας σε συνεργασία με τους τελικούς χρήστες. Τα καινούργια δίκτυα τελικών χρηστών θα πρέπει να επικοινωνούν απευθείας με τον πάροχο δικτύου για να συνδεθούν, πάρα με μία MBONE λίστα.

### ***3.6.2 Διαχείριση αιτήσεων δημιουργίας ενός γεγονότος στο MBONE***

Υπάρχει ένα άνω όριο στο μέγεθος της πληροφορίας που μπορεί να διακινηθεί στο σύνολο του MBONE : 500 KBPS. Το MBONE στην καλύτερη θεωρητική περίπτωση δεν μπορεί να διαχειριστεί παραπάνω από τέσσερα ταυτόχρονα sessions

βιντεοσυνδιάσκεψης ή οκτώ sessions ήχου. Μέχρι τώρα λόγω και του μικρού σχετικά μεγέθους του MBONE δεν υπήρξαν σοβαρά προβλήματα. Παρόλα αυτά είναι σαφές ότι το MBONE έχει πεπερασμένη χωρητικότητα.

Οι περιορισμένοι πόροι του MBONE επιβάλλουν τη συνεργασία των χρηστών με στόχο το διαμερισμό και την αξιοποίηση όσο το δυνατό καλύτερα των πόρων. Ο διαμερισμός σημαίνει ότι τα multicast γεγονότα πρέπει να προγραμματίζονται από πριν και να βρίσκεται τρόπος ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις με άλλα γεγονότα. Όπως προαναφέρθηκε για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μία e-mail λίστα, η rem-conf mailing list. Για να εγγραφεί κανείς σε αυτή τη λίστα πρέπει να στείλει e-mail στο rem-conf-request@es.net.

Επειδή γίνεται μεγάλη προσπάθεια για να μην έχουμε συγκρούσεις δεν συνεπάγεται ότι δύο γεγονότα δεν μπορούν να συμβούν ταυτόχρονα. Στη σύντομη ιστορία του MBONE υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που δύο γεγονότα συνέβηκαν ταυτόχρονα χωρίς προβλήματα. Το πιο χαρακτηριστικό από αυτά ήταν όταν η ΝΑΣΑ μετέδιδε εικόνες από μία αποστολή της. Όταν ήρθαν αιτήσεις για αλλά δυο γεγονότα η λύση που προτάθηκε ήταν να μειώσει η ΝΑΣΑ τον αριθμό των frames του βίντεο που μετέδιδε στο MBONE. Πράγματι, η λύση αυτή αποδείχτηκε επαρκής και όλα κύλησαν χωρίς κανένα πρόβλημα.

Όπως είναι φυσικό κάποιος μπορεί να βρει και αντίστοιχες κακές στιγμές. Εξάλλου, το MBONE είναι ένα πειραματικό δίκτυο και κανείς δεν πρέπει να το ξεχνά αυτό. Για παράδειγμα, το 1994 ένας host στην Ιαπωνία έστειλε σε όλο το MBONE 650Kbps βίντεο με αποτέλεσμα να το απειλεί με κατάρρευση. Τελικά, όπως αποδείχτηκε το πρόβλημα δεν οφείλονταν σε κακές προθέσεις, αλλά σε ένα πρόβλημα στο λογισμικό που άφηνε multicast πακέτα να διαφύγουν από ένα τοπικό δίκτυο.

## 3.7 Επίκαιρα Προβλήματα - Πιθανές Λύσεις

Το MBONE είναι ένας θαυμάσιος τρόπος στην χρήση του Internet, αλλά δεν είναι χωρίς προβλήματα. Κάποια προβλήματα προκαλούνται από την ανάπτυξη της δημοτικότητας του MBONE, και άλλα μπορούν να καταλογιστούν στο γεγονός ότι η τεχνολογία δεν είναι εντελώς ικανή να το υποστηρίξει πλήρως.

### 3.7.1 Υποστήριξη του *multicast*

Το πρώτο πρόβλημα και επίσης το πιο προφανές, είναι ότι το IP *multicast* δεν υποστηρίζεται ακόμη οπουδήποτε. Αυτό το γεγονός δημιουργεί περιορισμούς στην αυτόματη χρήση του MBONE στο να στείλει πληροφορία σε τοποθεσίες οι οποίες υποστηρίζουν *multicast*. Τοποθεσίες χωρίς πραγματική υποστήριξη *multicasting* πρέπει να αξιοποιήσουν το IP tunneling για να δουλέψουν γύρω από αυτή την έλλειψη υποστήριξης. Η χρήση αυτών των tunnels απαιτεί ανθρώπινη μεσολάβηση και στις δύο άκρες, και μερικές φορές εβδομάδες ή μήνες μπορεί να περάσουν μεταξύ της στιγμής που μια τοποθεσία αποφασίσει να προχωρήσει στο MBONE και της στιγμής που η τοποθεσία αυτή θα μπορέσει να το χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά. Το MBONE βεβαίως δεν είναι *plug-and-play*. Με τον καιρό όλο και περισσότερες τοποθεσίες θα αρχίσουν την δρομολόγηση *multicast* πακέτων στην φυσική τους διαμόρφωση με πραγματικούς *nrouters*. Όσο περισσότερες τοποθεσίες αποκτούν εμπειρία με αυτή την δουλειά, ο αριθμός των τοποθεσιών που χρησιμοποιούν IP tunneling θα ελαττωθεί. Το IP tunneling χρησιμοποιώντας *nrouted* είναι ένα έξυπνο *hack* - αλλά συγκρινόμενο με το αληθινό *multicasting* είναι ένα σχετικά αναποτελεσματικό σύστημα.

### 3.7.2 Μετάβαση από το *nrouted* σε φυσικούς *multicast* δρομολογητές

Ένα άλλο πρόβλημα προέρχεται από αυτή την μετάβαση από το *nrouted*: χρησιμοποιώντας *nrouted*, ωριμάζουμε συνηθίζοντας τα προοδευμένα χαρακτηριστικά

του, όπως την υποστήριξη mtrace και pruning. Συγχρόνως, οι περισσότεροι φυσικοί multicast δρομολογητές δεν υποστηρίζουν αυτά τα χαρακτηριστικά. Αν και οι multicast δρομολογητές τελικά θα ενσωματώσουν αυτά τα χαρακτηριστικά, εάν αυτά αναληφθούν για mtraced, αυτό δεν είναι το γεγονός σήμερα. Όμως, η ανάπτυξη φυσικού multicast δρομολόγησης έχει επιβραδυνθεί.

### **3.7.2.1 Bandwidth**

Το επόμενο μέγιστο πρόβλημα έχει σχέση με το bandwidth του Internet. Το MBONE σχεδιάστηκε να χρησιμοποιεί 500 Kbps για μετάδοση multicasts το οποίο είναι ένα ικανοποιητικό μέγιστο bandwidth για σήμερα. Όσο το MBONE γίνεται πιο δημοφιλές, εν τούτοις, τα 500 Kbps μέγιστο bandwidth δεν θα είναι επαρκές για χειρισμό των αυξανόμενων απαιτήσεων που λαμβάνουν χώρα πάνω του. Όχι μόνο ο αριθμός των γεγονότων που θα συγκρούεται το ένα με το άλλο θα αυξηθεί, αλλά και οι ανάγκες των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το MBONE θα αυξηθούν επίσης. Μια μέρα οι χρήστες θα θέλουν σίγουρα να μεταδώσουν πλήρη-κίνηση, πλήρη-οθόνη μέσω του MBONE, και αυτή η ικανότητα θα απαιτεί πάρα πολύ bandwidth-περισσότερο από 500 Kbps όριο που εκμεταλλεύεται το MBONE σήμερα.

Το τελευταίο πρόβλημα είναι σχετικά εύκολο να λυθεί-η απλή λύση είναι να δώσεις σ' αυτό χρόνο. Στο πέρασμα του χρόνου, η χωρητικότητα των links θα αυξάνεται: αντιστρόφως, η τιμή αυτών των links θα μειώνεται. Σε κάποια στιγμή του χρόνου το bandwidth ίσως σταματήσει να αποτελεί πρόβλημα εντελώς.

Οι τηλεφωνικές εταιρίες έχουν ήδη σχέδια να φέρουν video μέσα στο σπίτι, αλλά το πρόβλημα είναι το να προσπαθήσεις να βρεις ένα αποδοτικό τρόπο να το φέρει αυτό εκεί. Μια λύση είναι να απλώσει ίνες μέσα στο σπίτι, αλλά συγχρόνως, το κόστος επίτευξης αυτής της λύσης θα είναι αστρονομικό. Μια άλλη λύση είναι να φέρουν

οπτικές -ίνες σε κέντρα διανομής (ένα για κάθε γειτονιά ή περιοχή) και να διαμοιράσουν αυτό το link κατά μήκος της περιοχής εξυπηρέτησης.

Οποιαδήποτε λύση υιοθετηθεί, το real-time video μια μέρα θα είναι πραγματικότητα. Σ' αυτή την φάση, η MBONE τεχνολογία θα είναι τόσο βαθιά ολοκληρωμένη στην καθημερινή μας ζωή που το MBONE θα σταματήσει να υπάρχει σαν μια ξεχωριστή οντότητα από το Internet αυτό καθεαυτό.

### ***3.7.2.2 Θέματα που προκύπτουν εξαιτίας της φύσης του Internet***

Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα χρησιμοποιώντας το MBONE είναι ότι έχει μια πιο τεχνική φύση. Συγχρόνως, τα πρωτόκολλα δικτύου του Internet δεν εξασφαλίζουν την απαραίτητη υποστήριξη που απαιτείται για real-time video. Αυτό σημαίνει ότι το MBONE δεν μπορεί να δουλέψει όσο καλά θα μπορούσε. Η Real time traffic απαιτεί ελάχιστες (μηδαμινές) καθυστερήσεις ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη και low packet loss. Το Internet επί του παρόντος δεν έχει τις δυνατότητες να εξασφαλίσει ότι η real-time traffic θα διανέμεται με μηδαμινές καθυστερήσεις και χαμηλούς ρυθμούς χασίματος (low loss rates). Ο ρυθμός χασίματος πακέτων επηρεάζει έντονα την ποιότητα εξυπηρέτησης την οποία μπορείς να πάρεις από το MBONE.

Μια μερική λύση αυτού του προβλήματος καλείται IPng ή IPV6. IPng (Internet Protocol, Next Generation) είναι η επόμενη έκδοση του IP πρωτοκόλλου και οι αρχές του έχουν ήδη υιοθετηθεί. Η μετάβαση στο νέο IP πρωτόκολλο αναμένεται να πραγματοποιηθεί στα επόμενα 10 χρόνια. Αυτό το νέο πρωτόκολλο θα εξασφαλίσει το MBONE μαζί με τα εφόδια που αυτό χρειάζεται για να υποστηρίξει την real-time traffic. Για να το κάνει αυτό, το νέο IP πρωτόκολλο θα είναι ικανό να προσδιορίζει τις ανάγκες της real-time traffic και έπειτα να λαμβάνει υπ' όψιν, υπό θεώρηση, όταν δρομολογεί τα διάφορα ήδη της κυκλοφορίας. Time -dependant traffic (όπως real-time multicast) μπορεί να δρομολογηθεί γρήγορα: less time-dependant traffic (όπως

ένα e-mail μήνυμα σ' ένα φίλο) μπορεί να πάρει το αργό "μονοπάτι" για τον προορισμό του.

Ένα άλλο μέρος της λύσης αναμένεται ακόμη, ωστόσο. Στο μεταξύ, η δικτυακή έρευνα πραγματοποιείται πάνω στα σημαντικά ζητήματα που ακόμη βασανίζουν τις δυνατότητες της real-time traffic μας και IETF (Internet Engineering Task Force) ομάδες εργασίες που έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε να αναπτύξουν καθιερωμένα πρωτόκολλα που θα υποστηρίξουν real-time εξυπηρετήσεις στο Internet. Στο μέλλον, μπορούμε να αναμένουμε από αυτές τις ομάδες εργασίες να λύσουν τα προβλήματα, που σχετίζονται με τέτοια θέματα όπως έλεγχος εισόδου (απορρίπτει μια απαίτηση αν οι τρεχούμενοι διαθέσιμοι πόροι δεν είναι επαρκείς) στην ταξινόμηση πακέτων και ουρά αναμονής (προγραμματίζοντας κάθε πακέτο για δρομολόγηση στην κατάλληλη σειρά προτεραιότητας).

### ***3.7.2.3 Εργαλεία διαχείρισης του MBONE***

Ένα άλλο σχετικό πρόβλημα είναι ότι τα εργαλεία για διαχείριση μιας τεράστιας δομής όπως το MBONE ακόμη αναπτύσσονται. Αν και κάποια MBONE εργαλεία διαχείρισης είναι διαθέσιμα, αυτά ακόμη δεν αποτελούν ένα ολόκληρο MBONE πακέτο διαχείρισης. Μπορείς να αποκτήσεις αυτά τα εργαλεία από μια ποικιλία πηγών, αλλά θα πρέπει να πας δια μέσο μιας μεγάλης συμφωνίας δουλειάς για να ανακτήσεις οτιδήποτε χρειάζεσαι για να διαχειριστείς κατάλληλα την MBONE τοποθεσία.

Ξανά, αυτό το πρόβλημα θα λυθεί με το χρόνο. Τα εργαλεία διαχείρισης θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται και να γίνονται ολοκληρωμένα με την MBONE υποδομή.

### ***3.7.2.4 Περίληψη***

Το MBONE όντως έχει κάποια προβλήματα σήμερα, αλλά όπως το Internet και το MBONE συνεχίζουν να αναπτύσσονται (εξελισσονται) και αυτά τα προβλήματα

ελπίζουμε ότι θα εξαφανιστούν μακριά. Συγχρόνως, το MBONE είναι ένα χρήσιμο μέσο επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Το MBONE καθιστά ικανούς τους ανθρώπους να επικοινωνούν όπως ποτέ πριν. Μέχρι κάποιος να εφεύρει την τηλεπάθεια, το MBONE πιθανά θα παραμείνει το καλύτερο μέσο για να φέρνει τους ανθρώπους κοντά, οι οποίοι διαφορετικά θα χωρίζονταν από χιλιάδες μιλίων.

## 3.8 Θέματα Ασφάλειας

### 3.8.1 Η ασφάλεια γενικά

Οι κίνδυνοι στην ασφάλεια εξαρτώνται από την εφαρμογή. Οι περισσότερες εφαρμογές δεν μπορούν να εξαναγκαστούν να γράφουν στο δίσκο από πακέτα που φτάνουν. Μία πιθανή εξαίρεση μπορεί να είναι το LBL whiteboard (wb) αφού περιέχει διερμηνευτή postscript. Και όπως με κάθε δικτυακή εφαρμογή, είναι πιθανό οι χρήστες να βρουν μία ελκυστική εφαρμογή που λειτουργεί σαν Δούρειος Ίππος ή σαν ιός.

Αυτή τη στιγμή όλες οι MBONE εφαρμογές χρησιμοποιούν UDP. Ενώ μόνο οι μηχανές που γίνονται συνδρομητές σε μία συγκεκριμένη multicast διεύθυνση θα λάβουν multicast πακέτα, το multicast είναι στο IP επίπεδο και έτσι όλα τα UDP πακέτα που φτάνουν με μία ορισμένη διεύθυνση προορισμού θα γίνουν αποδεκτά από τον πυρήνα. Για παράδειγμα, ένας host που λαμβάνει ήχο στο port 3456 σε μία συγκεκριμένη multicast διεύθυνση, θα λάβει χωρίς να το ξέρει (πιθανώς βλαβερά) NFS πακέτα που έχουν σταλεί στην ίδια διεύθυνση και διαφορετικό port. Έτσι κάποιοι ενδιαμέσοι routers θα πρέπει να επιθεωρήσουν το UDP payload μέσα στο IP-over-IP πακέτο για ανεπιθύμητα UDP ports ή άλλα διαφορετικά από το UDP πρωτόκολλα.

Εάν ένα tunnel περάσει ένα όριο προστασίας, τα IGMP πακέτα (πρωτόκολλο 2) και τα IP-σε-IP πακέτα (πρωτόκολλο 4) διασχίζουν το tunnel. Αφού το IGMP είναι ανεξάρτητο από τη κανονική δρομολόγηση, οι εξωτερικοί χρήστες δεν μπορούν να επηρεάσουν την εσωτερική δρομολόγηση των unicast πακέτων.

Sites που περιορίζουν την εισερχόμενη TCP και UDP κυκλοφορία θα πρέπει να γνωρίζουν ότι η MBONE κυκλοφορία, χωρίς καμία δραστηριότητα από τους χρήστες μέσα στο δίκτυο, μπορεί να φορτώσει με επιπλέον φορτίο το δίκτυο και έτσι να καθυστερήσει τη δουλειά που γίνεται στο δίκτυο μέχρι οι κατάλληλοι routed δαίμονες να τερματιστούν.

Αφού το IP multicast μπορεί να ληφθεί από οποιοδήποτε μέσα στο χρόνο ζωής του πακέτου (TTL), εάν επιθυμούμε privacy, ο αποστολέας πρέπει να κωδικοποιήσει τα δεδομένα.

### ***3.8.2 Ασφάλεια στο IP Multicast Service***

Το IP Multicast Service χρησιμοποιεί το χώρο διευθύνσεων 224.0.0.0 - 239.255.255.255. Ο χώρος αυτός είναι επίσης γνωστός και ως χώρος διευθύνσεων Κλάσης D (Class D address space). Η μετάδοση των δεδομένων στο IP Multicast γίνεται χωρίς να εξασφαλίζεται η ακριβής μετάδοση των δεδομένων στους δέκτες της πληροφορίας (αντίθετα δηλαδή από ότι συμβαίνει για τα υπόλοιπα datagrams των χώρων διευθύνσεων Class A - Class C).

Όπως είναι οργανωμένο το IP Multicast τα δεδομένα μεταφέρονται σε UDP datagrams. Κάθε διεύθυνση στον χώρο διευθύνσεων Κλάσης D αντιπροσωπεύει το group αυτών που επιθυμούν να λάβουν τα δεδομένα data. Ένας host συμμετέχει στο group στέλνοντας ένα JOIN IGMP (Internet Group Message Protocol) μήνυμα. Μπορεί να συμμετέχει στο group για όσο χρόνο επιθυμεί, και να το αφήσει όποτε επιθυμεί. Δεν υπάρχει η έννοια του ιδιοκτήτη του group. Επίσης, για να στείλει

κάποιοι δεδομένα σε ένα group δεν είναι απαραίτητο να είναι μέλος του group ή να παρακολουθεί τη μεταδιδόμενη πληροφορία.

### ***3.8.3 Προβλήματα που ανακύπτουν***

Όπως είναι προφανές από τον τρόπο οργάνωσης του IP Multicast, είναι δυνατό ο καθένας να παρακολουθεί την κίνηση που έχει ένα IP Multicast group ή/και να στέλνει ότι επιθυμεί χωρίς (στη γενική περίπτωση) οι υπόλοιποι συμμετέχοντες να μπορούν να κάνουν κάτι γι' αυτό. Αναλυτικότερα τα προβλήματα που προκύπτουν είναι:

- Ⓢ **Confidentiality:** Είναι απαιτούμενο σε ένα περιβάλλον ασφαλούς multicast μετάδοσης να μην μπορεί κάποιος τρίτος να έχει γνώση των δεδομένων. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται κρυπτογραφώντας το data segment των multicast datagrams. Μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας είτε συμμετρικά είτε μη συμμετρικά κρυπτογραφικά συστήματα.
- Ⓢ **Ακρίβεια:** Είναι απαιτούμενο να φτάσουν όλα τα datagrams στους τελικούς αποδέκτες και οι τυχόν αλλαγές που έχουν υποστεί να γίνουν αντιληπτές. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κρυπτογραφικών συναρτήσεων κατακερματισμού (hash functions). Τέτοιες είναι πχ. οι MD5 και SHA1.
- Ⓢ **Authentication:** Είναι απαιτούμενο να εξακριβώνεται ότι τα λαμβανόμενα datagrams έχουν αποσταλεί από τον πραγματικό εκπομπό και δεν συμβαίνει IP παραποίηση δεδομένων. Για να γίνει αυτό δυνατό χρησιμοποιούνται ψηφιακές υπογραφές.
- Ⓢ **Περιορισμοί πρόσβασης:** Είναι απαιτούμενο να μπορούν να τεθούν τέτοιοι περιορισμοί. Σε κάθε άλλη περίπτωση κάποιος που θέλει να λάβει γνώση της μεταδιδόμενης πληροφορίας ενώ αυτό δεν προβλέπεται, μπορεί να έχει στην διάθεσή του στην καλύτερη περίπτωση το καθαρό πεδίο (cleartext) ή στη χειρότερη περίπτωση το κρυπτογραφημένο πεδίο (ciphertext) της μετάδοσης.

Έπειτα εξαρτάται από την ικανότητά του να αναλύσει τα δεδομένα αν θα έχει το πλήρες cleartext της μετάδοσης. Συνήθως περιορισμοί πρόσβασης υλοποιούνται από τα multicast routing πρωτόκολλα.

Όλα τα παραπάνω θα ήταν πιο εύκολο να θεωρούνται ασφαλή αν τα IPSEC πρωτόκολλα υποστήριζαν IP Multicast μεταδόσεις. Το IETF IPSEC Working Group όμως δεν έχει ασχοληθεί μέχρι στιγμής με το multicast. Έτσι ο απαιτούμενος κόπος για την εξασφάλιση των multicast μεταδόσεων γίνεται σε ένα επίπεδο πιο πάνω. Το γεγονός αυτό κάνει το έργο πιο δύσκολο και επίπονο, όπως επίσης προσδίδει και σημαντική επιβάρυνση στην επεξεργασία των δεδομένων αφού και το data segment του datagram είναι κρυπτογραφημένο ενώ η εξασφάλιση των δεδομένων θα ήταν δυνατό να συμβαίνει από το ίδιο το IP stack.

### ***3.8.4 Πώς μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει το IPSEC για multicast***

Στο IPSEC υπάρχει η έννοια του security parameter index (SPI).

- ⊗ Αλγόριθμοι κρυπτογράφησης και authentication
- ⊗ Κλειδιά κρυπτογράφησης και authentication
- ⊗ Αρχικοποίηση κρυπτογράφησης
- ⊗ Χρόνος ζωής των κλειδιών
- ⊗ Διευθύνσεις των αποστολέων

Αν σαν λήπτης θεωρηθεί το multicast group (αντί για το πλήθος των πραγματικών αποστολέων) τότε μπορεί να εφαρμοστεί η φιλοσοφία του IPSEC. Το IPSEC είναι γενικά σχεδιασμένο για δίκτυα IPv6 αλλά μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα και σε δίκτυα IPv4 (σύγχρονο Internet). Αυτό που συμβαίνει τελικά είναι ότι αντιστοιχίζεται ένα SPI με ένα group. Οι αποστολείς μπορούν να έχουν εάν το επιθυμούν διαφορετικά SPIs, αλλά αυτό δεν είναι υποχρεωτικό σε καμιά περίπτωση.

Η λύση αυτή όμως είναι ακριβή υπολογιστικά γιατί στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποιο block cipher για την κρυπτογράφηση των δεδομένων πρέπει ο κάθε αποστολέας να χρησιμοποιεί το δικό του SPI. Επίσης αν το AH header του SPI χρησιμοποιεί συμμετρικό αλγόριθμο κρυπτογράφησης, τότε όποιος γνωρίζει το κλειδί μπορεί να στείλει δεδομένα στο group.

### **3.8.5 SKIP και IP multicast**

Το IETF έχει ήδη αναπτύξει το SKIP (Simple Key-Management IP) το οποίο εξασφαλίζει ασφαλή μετάδοση δεδομένων στο Internet. Στα πλαίσια αυτού του έργου γίνεται προσπάθεια να λυθούν και προβλήματα στο multicasting και να παρέχονται οι εξής δυνατότητες:

- ⊗ Τα μέλη να μπορούν να συνδέονται και να φεύγουν από το group όποτε το επιθυμούν
- ⊗ Τα νέα μέλη του group να μην μπορούν να έχουν γνώση της προηγούμενης πληροφορίας που έχει μεταδοθεί
- ⊗ Όταν κάποιο μέλος του group αποχωρήσει, να μην είναι δυνατό να παρακολουθεί πλέον τα δεδομένα που μεταδίδονται
- ⊗ Να μη μεσολαβεί (αν αυτό είναι δυνατό) ένα trusted thirty party

Επομένως σε κάθε αλλαγή που συμβαίνει στα μέλη του group όλα τα σχετικά κλειδιά κρυπτογράφησης πρέπει να αλλάζουν σε μικρό χρόνο χωρίς να επηρεάζεται η ασφάλεια του κρυπτοσυστήματος.

### **3.8.6 Συμπέρασμα**

Πρέπει να σημειωθεί πως το IP multicast όταν σχεδιάστηκε δεν ελήφθησαν υπόψη τυχόν απαιτήσεις ασφαλών μεταδόσεων. Κατά συνέπεια όταν αυτές εγέρθησαν,

οι τρόποι με τους οποίους κάποιος μπορεί να επιτύχει ασφαλή μετάδοση είναι υπολογιστικά πιο ακριβοί (άρα και πιο αργοί) και φυσικά πιο πολύπλοκοι.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί πως στο κεφάλαιο αυτό εξετάστηκε η ασφάλεια στο IP Multicast όπως αυτό χρησιμοποιείται στο MBONE, δηλαδή, χρησιμοποιώντας UDP datagrams. Όπως είναι φανερό ο σχεδιασμός άλλων πρωτοκόλλων για multicast μεταδόσεις πέρα από το παραδοσιακό UDP datagram μπορεί να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα.

## 4. Γεγονότα, εφαρμογές και η κατάσταση στην Ελλάδα

---

### 4.1. Τα γεγονότα στο MBONE

#### 4.1.1 Τι μπορεί να βρει κανείς στο MBONE

Ένας αριθμός γεγονότων συμβαίνουν πάντα στο MBONE. Μερικά από αυτά είναι τακτικά, που σημαίνει ότι υπάρχουν πάντα. Μερικά άλλα λαμβάνουν χώρα κατά καιρούς. Ο αριθμός των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το MBONE για να διευκολύνουν την ανταλλαγή πληροφορίας μεγαλώνει συνεχώς. Αυτή η ανάπτυξη εγγυάται ότι το πρόγραμμα του MBONE γίνεται όλο και πιο απασχολημένο.

##### 4.1.1.1 Βασικά γεγονότα

Ονομάζουμε βασικά γεγονότα τα γεγονότα που αποτελούν τη βάση του MBONE. Τα γεγονότα δηλαδή για τα οποία δημιουργήθηκε το MBONE, που δεν είναι άλλα από τις εκπομπές των συναντήσεων της IETF.

Σ' αυτές τις συναντήσεις άνθρωποι από διάφορες ομάδες εργασίας συναντιούνται και ανταλλάσσουν απόψεις και λύσεις. Τα συμπεράσματα των ομάδων εργασίας εκπέμπονται στο MBONE. Αυτά τα γεγονότα είναι μια σπουδαία πηγή πληροφόρησης για την επικείμενη τεχνολογία και πρωτόκολλα. Το IETF διοργανώνει τέτοιες συναντήσεις αρκετές φορές το χρόνο και μερικές από αυτές χρησιμοποιούνται σαν δοκιμαστικές πλατφόρμες για νέα πρωτόκολλα ή νέα εργαλεία.

##### 4.1.1.2 Ερευνητικά γεγονότα

Στο Internet οι ερευνητές συχνά χρησιμοποιούν το MBONE για να ανταλλάξουν ιδέες και να εργαστούν με συναδέλφους σε απομακρυσμένους χώρους. Τα σεμινάρια του MICE (Multimedia Integrated Conferencing for Europe)

Project είναι ένα παράδειγμα των ερευνητικών γεγονότων. Το προσωπικό του MICE συχνά παρουσιάζει σεμινάρια για διάφορα θέματα σχετικά με δίκτυα και υπολογιστές.

#### **4.1.1.3 Εκπαιδευτικά γεγονότα**

Η εκπαιδευτική έρευνα ήταν πάντα πολύ δημοφιλής σε όλα τα κομμάτια του Internet και φυσικά το MBONE δεν αποτελεί εξαίρεση.

##### **4.1.1.3.1 Το JASON project**

Το JASON project δημιουργήθηκε από τον Dr. Robert Ballart. Το project διοργανώνει εκδρομές σε διάφορα μέρη. Στόχος του είναι να εκπαιδεύσει τα παιδιά και τους φοιτητές και να τους επιτρέψει να επικοινωνήσουν με επιστήμονες. Οι εκπομπές του JASON project μέσω του MBONE επικεντρώθηκαν σε ερευνητικές δραστηριότητες των επιστημόνων, των φοιτητών και των δασκάλων που συμμετείχαν στο πρόγραμμα.

##### **4.1.1.3.2 Οι αποστολές των διαστημόπλοιων**

Η NASA συχνά εκπέμπει αποστολές διαστημόπλοιων στο MBONE. Σε αυτές τις εκπομπές, μπορούμε να παρακολουθήσουμε τους αστροναύτες σε διαστημικούς περιπάτους, στα πειράματά τους και στην καθημερινή τους ζωή στο διάστημα. Ακόμη, μπορούμε να δούμε την εκπληκτική θέα της γης από το διάστημα ή να παρακολουθήσουμε ζωντανά ιστορικά γεγονότα, όπως η συνάντηση του διαστημόπλοιου με το διαστημικό σταθμό MIR.

Αυτού του είδους τα γεγονότα είναι μια σπουδαία πηγή πληροφόρησης και το MBONE είναι το μέσο που μπορούμε να τα παρακολουθήσουμε ζωντανά, όταν οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν μόνο να μάθουν γι' αυτά μέσω των ειδήσεων στην

τηλεόραση. Οι διαστημικές αποστολές είναι πολύ δημοφιλείς και δεν είναι ασυνήθιστο παραπάνω από μερικές εκατοντάδες sites να τις παρακολουθούν ταυτόχρονα.

#### **4.1.1.3.3 Οι SUNergy εκπομπές**

Μερικές φορές μια ομάδα ανθρώπων μοιράζονται κοινά ενδιαφέροντα, παρουσιάζουν μια σειρά σεμιναρίων για κάποιο θέμα και προσκαλούν άλλους ανθρώπους να τα παρακολουθήσουν.

Αυτά τα γεγονότα διοργανώνονται από τη SUN Corporation και σε αυτά συζητιούνται θέματα που αφορούν σε ένα μεγαλύτερο ζήτημα. Παραδείγματος χάρη μια εκπομπή αφορούσε τα Global Information Infrastructures και σ' αυτήν συμμετείχαν ερευνητές από τη SUN Corporation, αλλά και από την κοινωνία του Internet.

#### **4.1.1.4 Μουσικά γεγονότα**

Οι Severe Tire Damage ήταν το πρώτο συγκρότημα που έπαιξε ζωντανά στο Internet μέσω του MBONE. Το συγκρότημα αυτό συνηθίζει έκτοτε να παίζει ζωντανά σε εβδομαδιαία βάση. Το παράδειγμά τους ακολούθησαν καλλιτέχνες όπως οι Rolling Stones, ο Ryuichi Sakamoto και το Saint John String Quartet. Τέλος μέσω του VAT οποιοσδήποτε που συμμετέχει στο MBONE μπορεί να γίνει DJ.

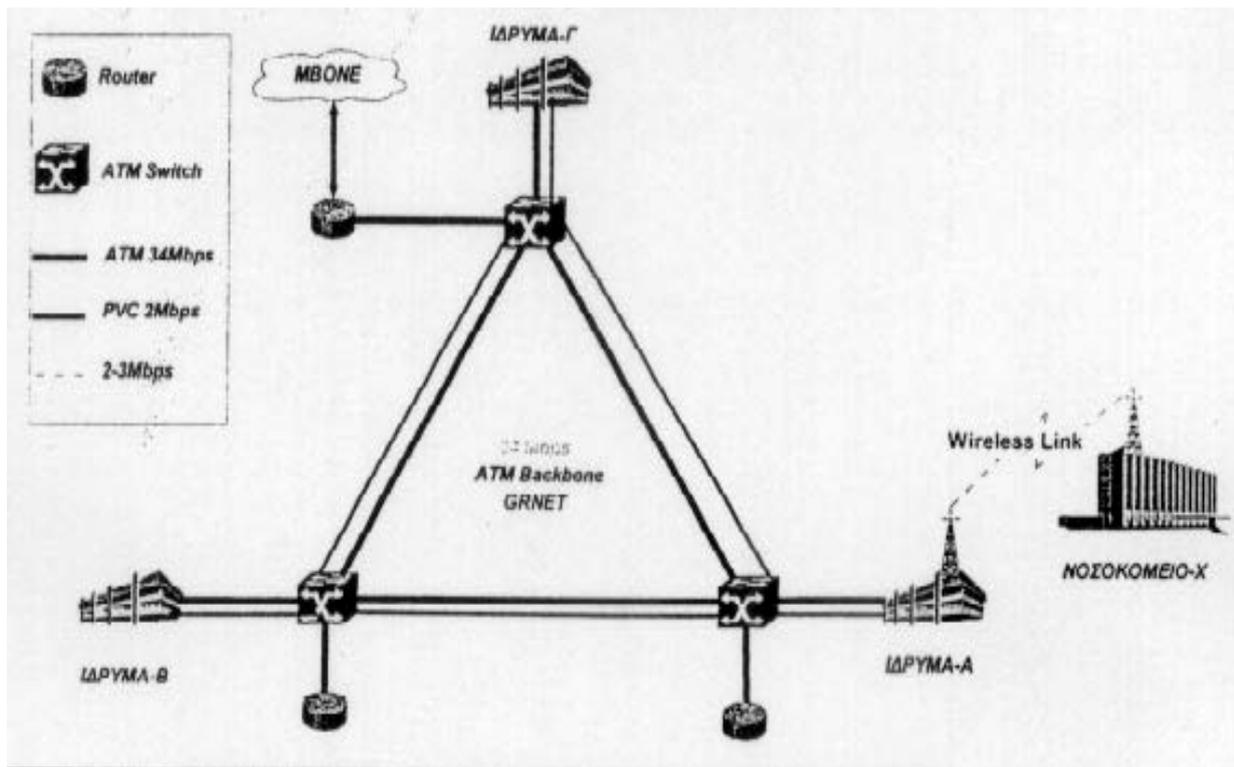
#### **4.1.2 Εφαρμογές υψηλής ποιότητας MBONE setup - Τηλεϊατρική**

Σκοπός της εγκατάστασης ενός high quality MBONE, αποτελεί το γεγονός ότι στο μέλλον οι εφαρμογές οι οποίες θα περνούν πάνω από το MBONE, δεν θα είναι μόνο τύπου μιας απλής τηλεδιάσκεψης, αλλά τύπου εκπαίδευσης από απόσταση ή τηλεϊατρικής. Ιδιαίτερα, για την τελευταία αξίζει να τονίσουμε ότι πρόκειται για μία εφαρμογή η οποία απαιτεί υψηλό bandwidth με εγγυημένη ποιότητα εξυπηρέτησης.

Για να πετύχουμε αξιόπιστη μετάδοση τέτοιου τύπου εφαρμογών, απαιτείται η ύπαρξη ενός δικτύου υψηλών ταχυτήτων. Οι εφαρμογές αυτές, παρουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό όμοιες απαιτήσεις, ενώ η τηλεϊατρική έχει κάποιες επιπλέον απαιτήσεις, οι οποίες οδηγούν στη δημιουργία ενός «απομονωμένου» MBONE δηλαδή ενός MBONE απομονωμένου από το παγκόσμιο MBONE. Βέβαια η δημιουργία ενός «απομονωμένου» MBONE, θα φέρει στην επιφάνεια αρκετά προβλήματα, όπως πιθανά την ανάγκη απομόνωσης κάποιων δρομολογητών από το κανονικό MBONE. Στην προσπάθεια αυτή, ίσως χρειαστούν και workstation-based MBONE routers, οι οποίοι θα επιτρέπουν το route filtering.

Αφού υλοποιήσουμε μια δομή δικτύου με δυνατότητα «απομονωμένου» MBONE υψηλής ταχύτητας, τότε η αύξηση της ποιότητας μετάδοσης ροών εικόνας και ήχου θα εστιάζεται πλέον στις δυνατότητες του σταθμού εργασίας και όχι στην αναβάθμιση του δικτύου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, θα πρέπει να αποφευχθούν λάθη διαμόρφωσης των δικτυακών συσκευών. Για αυτό το λόγο, στη διαμόρφωση αυτών των συσκευών θα πρέπει να συμπεριληφθούν διευθύνσεις δικτύου, οι οποίες μελλοντικά θα επιθυμούν να συμμετέχουν σε μια τηλεδιάσκεψη. Θα πρέπει ακόμα να λάβουμε υπόψη, ότι θα υπάρχουν και sites, τα οποία θα λαμβάνουν μόνο εικόνα και ήχο και δεν θα εκπέμπουν ή θα λαμβάνουν εικόνα και ήχο και θα επιτρέπεται μόνο η εκπομπή ήχου.

Ας δούμε στην πράξη μια εφαρμογή τηλεϊατρικής και τον τρόπο με τον οποίο θα ήταν δυνατή η πραγματοποίησή της. Υποθέτουμε ότι έχουμε ένα χειρουργείο, όπου θα πραγματοποιηθεί μια επέμβαση που θα παρακολουθήσουν τα τμήματα ιατρικής τριών πανεπιστημίων. Τα τμήματα αυτά, θα έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν εικόνα και ήχο από το χώρο του χειρουργείου και να θέτουν ερωτήσεις. Όπως είναι φυσικό, απαιτείται υψηλή ποιότητα εικόνας και ήχου και φυσικά ο κατάλληλος εξοπλισμός για την παρουσίαση αυτής της χειρουργικής επέμβασης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο τρόπος υλοποίησής της.



Σχήμα 4.1 Τρόπος υλοποίησης εφαρμογής τηλεϊατρικής.

Το πρώτο πρόβλημα το οποίο παρουσιάζεται, είναι ο τρόπος σύνδεσης του νοσοκομείου με το πλησιέστερο πανεπιστήμιο, μέλος του «απομονωμένου» MBONE. Επίσης εμφανίζεται και το πρόβλημα της ασφαλούς μετάδοσης των ροών εικόνας και ήχου με τη χρήση κλειδιών.

Ως προς το πρώτο πρόβλημα, μια πρώτη λύση θα ήταν η εγκατάσταση μιας ασύρματης ζεύξης μεταξύ νοσοκομείου και πανεπιστημίου. Όσον αφορά στο δεύτερο πρόβλημα, θα μπορούσε να λυθεί με τη χρήση των εργαλείων του MBONE, τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης, αφού πρώτα το κλειδί το οποίο θα χρησιμοποιείται θα ανταλλαχθεί με τη χρήση του εργαλείου SCUA και του PGP.

Μια αξιόπιστη εγκατάσταση στο δίκτυο κορμού, η οποία θα επιτρέπει τον υψηλό ρυθμό μετάδοσης εικόνας και ήχου μεταξύ των μελών αυτής της εφαρμογής, θα ήταν η σύνδεση με ATM PVC των 2 MBPS μεταξύ των μελών. Κάθε VP μεταφέρει ένα

MBONE channel με κανονική κυκλοφορία MBONE. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει και προηγούμενα για την απομόνωση από το υπόλοιπο MBONE, θα χρειαστεί η τεχνική του route filtering, η οποία όμως δημιουργεί προβλήματα στο σημείο όπου ο δρομολογητής θα πρέπει να φιλτράρει όλες τις εισερχόμενες πληροφορίες και αυτό οδηγεί μεγάλο μέρος της κυκλοφορίας να χαθεί (φαινόμενο «Black hole»). Η χρήση τέτοιων τεχνικών απαιτεί προγράμματα multicast routing, τα οποία αυτήν τη στιγμή είναι διαθέσιμα, όπως το MBGP (Multicast BGP). Μια άλλη λύση σε αυτό το πρόβλημα, θα ήταν η χρήση των stud subnets.

## 4.2 Το MBONE στην Ελλάδα

### 4.2.1 Ο ρόλος του ΕΔΕΤ (GUNet)

Το ΕΔΕΤ είναι το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας για παροχή Internet υπηρεσιών στην ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα της χώρας.

Πρόκειται για μία πρωτοβουλία της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ), αρχικά στα πλαίσια του προγράμματος ΕΠΕΤ ΙΙ του Β΄ ΚΠΣ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σκοπός του ΕΔΕΤ είναι η παροχή στα Ελληνικά Τεχνολογικά (ΤΕΙ) και Ανώτατα (ΑΕΙ) Εκπαιδευτικά Ιδρύματα σε συνεργασία με το GUnet και στους Ερευνητικούς Οργανισμούς προχωρημένων και υψηλής ποιότητας υπηρεσιών μεταξύ τους δικτύωσης και πρόσβασης στο Διαδίκτυο (Internet). Αποτελεί ένα μη εμπορικό εθνικό δίκτυο κορμού, με σημεία παρουσίας σε κύριες Ελληνικές πόλεις, όπου βρίσκονται εγκατεστημένοι οι εκπαιδευτικοί και ερευνητικοί φορείς. Με τον όρο μη εμπορικό εννοείται πως η παροχή των υπηρεσιών του ΕΔΕΤ δεν γίνεται με γνώμονα την εμπορική δραστηριότητα και την ευρύτερη αγορά, αλλά την εκπαίδευση και την έρευνα. Από οικονομικής άποψης δεν επιζητείται το κέρδος, αλλά η κάλυψη των

εξόδων και η δημιουργία αποθεματικού για μελλοντικές αναβαθμίσεις των παρεχόμενων υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων:

- ⊗ Συνδεσιμότητα IP v4
- ⊗ Συνδεσιμότητα IP v6
- ⊗ Συνδεσιμότητα άλλων πρωτοκόλλων δικτύωσης
- ⊗ Υπηρεσίες εγγυημένης χωρητικότητας
- ⊗ Μετάδοση φωνής
- ⊗ Μετάδοση ακίνητης και κινούμενης εικόνας
- ⊗ Τηλεκπαίδευση και τηλεδιάσκεψη

Μέσα στους στόχους του ΕΔΕΤ είναι να προάγει την έρευνα. Για το σκοπό αυτό το ΕΔΕΤ ευχαρίστως δέχεται να λειτουργεί και ως πλατφόρμα εφαρμογής νέων ή πειραματικών τεχνολογιών, με τον όρο βέβαια να μην επηρεάζεται η παροχή των βασικών υπηρεσιών παραγωγής του.

Στο ΕΔΕΤ μπορούν να συνδέονται τα ακόλουθα δίκτυα:

- ⊗ Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας
- ⊗ Πανεπιστήμια (ΑΕΙ)
- ⊗ Τεχνολογικά Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (ΤΕΙ)
- ⊗ Ερευνητικά Ιδρύματα, Οργανισμοί και Κέντρα του ευρύτερου Δημόσιου Τομέα, εποπτευόμενα ή μη εποπτευόμενα από τη ΓΓΕΤ
- ⊗ Υπουργεία και Δημόσιοι Οργανισμοί άμεσα σχετιζόμενοι με τα παραπάνω, όπως για παράδειγμα τα Υπουργεία Παιδείας, Εθνικής Οικονομίας και Ανάπτυξης.
- ⊗ Τμήματα Έρευνας και Ανάπτυξης άλλων φορέων

Το ΕΔΕΤ διατηρεί το δικαίωμα να παρέχει υπηρεσίες και σε άλλα δίκτυα, με τον όρο η παροχή των υπηρεσιών αυτών να μην παραβιάζει τον μη εμπορικό χαρακτήρα του και να αποβαίνει σε άμεσο όφελος των συνδεδεμένων δικτύων. Υπό την έννοια αυτή το ΕΔΕΤ παρέχει στην ευρύτερη Ελληνική δικτυακή κοινότητα υπηρεσίας διασύνδεσης δικτύων Internet, εγκαθιστώντας και συντηρώντας Κόμβους Διασύνδεσης Δικτύων Internet. Η ακαδημαϊκή - ερευνητική, μη εμπορική φύση του ΕΔΕΤ σημαίνει πως:

- Ⓢ Δεν επιτρέπεται να διακινείται πάνω από το ΕΔΕΤ πληροφορία της οποίας τόσο ο αποστολέας όσο και ο παραλήπτης είναι εμπορικοί φορείς ή δίκτυα που δεν ανήκουν στα παραπάνω ή τα αντίστοιχά τους στο εξωτερικό.
- Ⓢ Δεν επιτρέπεται η άσκηση εμπορικών δραστηριοτήτων μέσω του ΕΔΕΤ. Στις δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνεται η πώληση αγαθών ή υπηρεσιών, η υπεκμίσθωση χωρητικότητας και η διαφήμιση, από τα συνδεδεμένα δίκτυα ή από τρίτους. Εξαιρείται η αγορά αγαθών μέσω του Διαδικτύου από χρήστες των συνδεδεμένων στο ΕΔΕΤ δικτύων. Επίσης εξαιρείται η παροχή δωρεάν υπηρεσιών προς όφελος καταρχήν της Ελληνικής Ακαδημαϊκής - Ερευνητικής κοινότητας και στη συνέχεια γενικότερα της κοινότητας του Διαδικτύου.

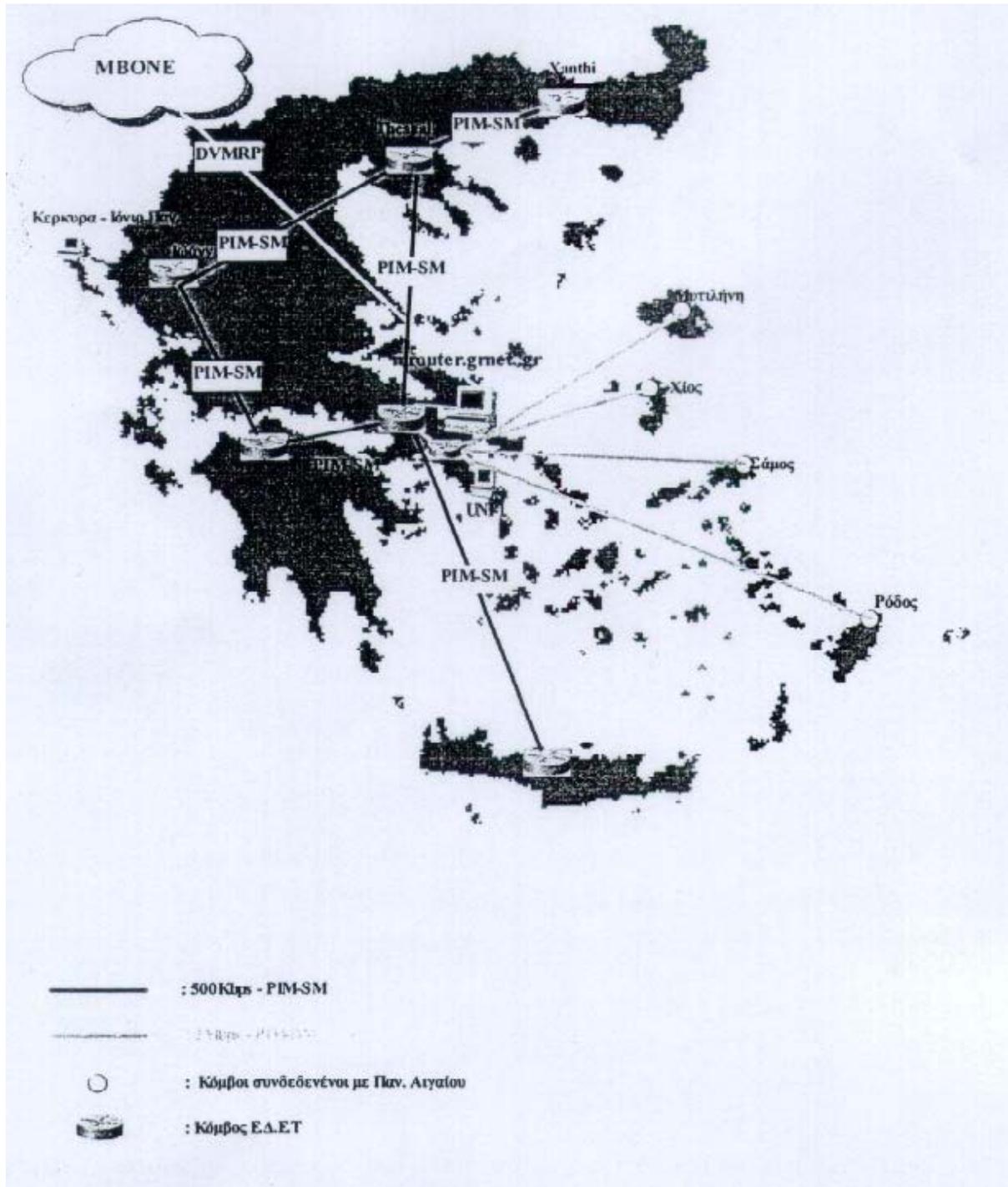
#### ***4.2.2 Επιλογή πρωτοκόλλου δρομολόγησης***

Όσον αφορά στην επιλογή του πρωτοκόλλου δρομολόγησης, το GUNet πρέπει να ακολουθήσει μια ενιαία πολιτική, δεδομένου του προβλήματος της διαλειτουργικότητας των σχετικών πρωτοκόλλων. Η υιοθέτηση ενός πρωτοκόλλου αραιής δρομολόγησης είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση, λόγω του γεγονότος ότι επιβαρύνει λιγότερο τις γραμμές κορμού και είναι ευκολότερη η επέκταση του δικτύου σε μεγαλύτερη κλίμακα. Επίσης θα πρέπει να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα τόσο με τα πρωτόκολλα δρομολόγησης του GUNet (π.χ. OSPF), όσο και με άλλα πρωτόκολλα πολλαπλής

εκπομπής και κυρίως με το DVRMP που είναι το βασικό πρωτόκολλο δρομολόγησης του MBONE. Επίσης, πρέπει να εξασφαλισθεί ότι η κίνηση πολλαπλής εκπομπής δεν θα επιβαρύνει υπερβολικά τις γραμμές κορμού. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1. Εξασφαλίζοντας ότι η κίνηση πολλαπλής εκπομπής δεν θα μεταφέρεται πέρα από τα επιθυμητά σημεία του δικτύου. Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: είτε ορίζοντας κάποιες πόρτες οι οποίες σε συνδυασμό με το πεδίο TTL της επικεφαλίδας IP δεν επιτρέπουν την μεταφορά ενός πακέτου μέσα από κάποιο tunnel ή δρομολογητή εάν η τιμή TTL δεν υπερβαίνει την τιμή πόρτας που έχει ορισθεί, είτε ορίζοντας κάποιες περιοχές διαχειριστικής εμπέλειας (administrative scoping) πέρα από τις οποίες δεν θα μπορούν να περάσουν τα πακέτα (π.χ. μπλοκάροντας κάποιες συγκεκριμένες διευθύνσεις).
2. Περιορίζοντας το διαθέσιμο εύρος για την μεταφορά πακέτων πολλαπλής εκπομπής από ένα συγκεκριμένο interface. Η κίνηση η οποία θα υπερβαίνει το όριο αυτό θα απορρίπτεται αυτομάτως.

Στην Ελλάδα, στο ΕΔΕΤ, λόγω του ότι οι δρομολογητές στους κόμβους του, καθώς και στα περισσότερα ιδρύματα είναι Cisco, η τροφοδοσία από και προς τον υπόλοιπο κόσμο γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου PIM-SM. Εσωτερικά των ιδρυμάτων συνηθίζεται να υλοποιείται το πρωτόκολλο PIM-DM ή οποιοδήποτε πρωτόκολλο της αρεσκείας του κάθε ιδρύματος.



Σχήμα 4.2 Τοπολογία "Ελληνικού MBONE" με χρήση πρωτοκόλλου PIM.

#### 4.2.3 Σχετικά με το πρωτόκολλο PIM

Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που είναι ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης (Internet Draft) και δεν αποτελεί πρότυπο της IETF. Το PIM λειτουργεί τόσο σαν

πρωτόκολλο πυκνής, όσο και αραιής δρομολόγησης. Επιπλέον, δε στηρίζεται σε ένα συγκεκριμένο unicast πρωτόκολλο, αλλά συνεργάζεται με όλα σχεδόν τα πρωτόκολλα απλής δρομολόγησης. Επίσης, συνεργάζεται με το DVMRP και έτσι ένας δρομολογητής που τρέχει PIM μπορεί να αναγνωρίσει κάποιο γειτονικό δρομολογητή που τρέχει DVMRP και να του προωθήσει πακέτα πολλαπλής εκπομπής, όπως και το αντίστροφο. Τέλος, μπορεί να επικοινωνήσει με ένα απομακρυσμένο δρομολογητή που τρέχει DVMRP μέσω tunnels.

Τα παραπάνω στοιχεία συντελούν στην υιοθέτηση εσωτερικά μεταξύ των ιδρυμάτων που έχουν συνδεθεί στο MBONE στην Ελλάδα του πρωτοκόλλου δρομολόγησης πολλαπλής αποστολής PIM-SIM.

#### ***4.2.4 Τρόπος σύνδεσης με το MBONE στην Ελλάδα***

Παροχέας MBONE στην Ελλάδα είναι, όπως είπαμε και πιο πριν, το ΕΔΕΤ. Η μέθοδος που ακολουθείται για διασύνδεση στο δίκτυο multicast είναι η εξής: Το ίδρυμα που επιθυμεί να συνδεθεί επιλέγει ένα σύστημα στο οποίο θα οριστεί ένα tunnel με το ΕΔΕΤ και μέσω του οποίου (m-router) θα γίνεται παροχή κίνησης multicast στα υπόλοιπα συστήματα του ιδρύματος. Ενημερώνεται σχετικά το κέντρο δικτύου του ΕΜΠ ή αποστέλλεται μήνυμα στη λίστα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που έχει δημιουργηθεί για αυτά τα θέματα, [mbone@grnet.gr](mailto:mbone@grnet.gr). Με συνεννόηση αποφασίζεται αν θα οριστεί ένα tunnel από τον κεντρικό δρομολογητή multicast ή θα δοθεί κίνηση μέσω ενός ήδη συνδεδεμένου μέλους.

Το ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ σαν μέρος του ΕΔΕΤ προσφέρει διασύνδεση με το MBONE (Multicast Backbone) και γενικότερα υπηρεσίες δρομολόγησης IP Multicast. Το ΕΔΕΤ για τη δρομολόγηση πακέτων IP Multicast χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο PIM v1 σε Sparse Mode (PIM-SM) στο δίκτυο κορμού. Στο δίκτυο πρόσβασης χρησιμοποιούνται τα πρωτόκολλα MBGP/MSDP. Το πρωτόκολλο MBGP χρειάζεται για

την ανακοίνωση των διευθύνσεων του κάθε φορέα στο Multicast διαδίκτυο. Πρακτικά δημιουργείται ένας πίνακας δρομολόγησης παράλληλος με αυτόν του unicast. Το MSDP είναι ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει την επικοινωνία πολλών Rendez-vous points με αποτέλεσμα την συνένωση πολλών PIM domains. Το πρωτόκολλο MSDP φροντίζει ώστε οι ανακοινώσεις των ενεργών multicast groups να μεταφέρονται μεταξύ των διασυνδεδεμένων PIM-SM περιοχών μέσω των ενδεδειγμένων Rendez-vous Point. Μέχρι στιγμής στο ΕΔΕΤ λειτουργεί ένα PIM-SM το οποίο καλύπτει το ΕΔΕΤ και τους φορείς πρόσβασης, ως εκ τούτου δεν είναι απαραίτητη η χρήση του πρωτοκόλλου MSDP εσωτερικά στο ΕΔΕΤ. Η διασύνδεση του ΕΔΕΤ με το MBONE γίνεται πλέον με χρήση του πρωτοκόλλου PIM-SM. Το πρωτόκολλο MBGP χρησιμοποιείται για την ανακοίνωση των δικτύων του ΕΔΕΤ στο TEN-155 και στο υπόλοιπο MBONE. Το πρωτόκολλο MSDP χρησιμοποιείται για την ανακοίνωση των ενεργών multicast group από το ΕΔΕΤ προς το TEN-155 και το MBONE και αντίστροφα.

Τελικά το ΕΔΕΤ παρέχει γρήγορη και ασφαλή πρόσβαση στο Internet καθώς και προηγμένες τηλεματικές υπηρεσίες στην Ερευνητική και Εκπαιδευτική Κοινότητα της Ελλάδας. Οι τελικοί χρήστες ΑΕΙ, ΑΤΕΙ & Ερευνητικών Κέντρων της χώρας συνδέονται μέσα από τα τοπικά δίκτυα των ιδρυμάτων τους (ταχύτητας 10 - 100 Mbps) με ευροζωνική πρόσβαση (1 - 2,5 Gbps) στο εθνικό δίκτυο κορμού (2,5 - 5 Gbps) καθώς και στο διεθνές ερευνητικό δίκτυο νέας γενιάς GTRN -Global Terabit Research Networking- (1,2 Gbps) μέσω του Πανευρωπαϊκού δικτύου GEANT.

Μέσα στο πρώτο τρίμηνο του 2004 έγινε η αναβάθμιση της διεθνούς σύνδεσης του ΕΔΕΤ / GRNET στα 5 Gbps (2 - 2,5 Gbps). Υλοποιείται, έτσι η ενιαία ευροζωνική πρόσβαση των τελικών χρηστών του.

Το ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ όπως και κάθε χρήστης των υπηρεσιών του ΕΔΕΤ οφείλουν να τηρούν τους γραπτούς και άγραφους - εθιμικούς κανόνες που διέπουν τη χρήση του

Διαδικτύου (πχ. Netiquette) και γενικότερα των δικτύων τηλεφωνίας και υπολογιστών. Έτσι, διαμέσου του ΕΔΕΤ δεν επιτρέπεται:

- Ⓢ Η προσπάθεια παραβίασης (επιτυχής ή όχι) της ασφάλειας (security) υπολογιστικών συστημάτων του ΕΔΕΤ, των συνδεδόμενων φορέων - δικτύων του και τρίτων δικτύων, είτε αυτή η προσπάθεια συνδέεται είτε δεν συνδέεται με απώλεια δεδομένων.
- Ⓢ Η προσπάθεια παραβίασης (επιτυχής ή όχι) του προσωπικού απόρρητου χρηστών διαμέσου του ΕΔΕΤ
- Ⓢ Η επίθεση (επιτυχής ή όχι) με σκοπό την άρνηση παροχής υπηρεσίας (denial-of-service attacks) του ΕΔΕΤ, των συνδεδόμενων φορέων - δικτύων του και τρίτων δικτύων
- Ⓢ Η υπερφόρτωση και η μη λελογισμένη χρήση των υπολογιστικών και δικτυακών πόρων του ΕΔΕΤ ή άλλων δικτύων
- Ⓢ Η αποστολή μαζικού ηλεκτρονικού ταχυδρομείου χωρίς κάτι τέτοιο να ζητηθεί από τους παραλήπτες (E-Mail spam)
- Ⓢ Η χρήση των δικτυακών πόρων και των υπολογιστικών συστημάτων που οδηγεί σε κίνδυνο για την εθνική ασφάλεια και τις σχέσεις της χώρας με τρίτες χώρες.
- Ⓢ Η χρήση των δικτυακών πόρων και των υπολογιστικών συστημάτων για παράνομες δραστηριότητες.
- Ⓢ Η χρήση των δικτυακών πόρων για παραβίαση (με παραγωγή, δημοσίευση ή διακίνηση υλικού) των πνευματικών δικαιωμάτων (copyrights) των δικαιούχων.

Σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με τα ανωτέρω το ΕΔΕΤ έχει δικαίωμα, μετά από κατάλληλη επίσημη προειδοποίηση, να αναστείλει τη σύνδεση του παραβαίνοντος δικτύου μέχρι αυτό να συμμορφωθεί. Τα συνδεδόμενα δίκτυα οφείλουν να θεσπίσουν δικές τους εσωτερικές επιτρεπτές πολιτικές χρήσης συμβατές με αυτήν του ΕΔΕΤ.

#### 4.2.5 Οφέλη για ΑΕΙ και ΤΕΙ από τη χρήση του MBONE

Από τη συμμετοχή του Ελληνικού Ακαδημαϊκού Δικτύου GUNet στο MBONE αναμένεται να αποκομηθούν σημαντικά οφέλη. Ας δούμε τα κυριότερα από αυτά:

- ⊗ εξοικείωση των χρηστών με τα εργαλεία διάσκεψης (conference tools) - εμπορικά ή μη.
- ⊗ σχηματισμός ολοκληρωμένης άποψης για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των conference tools και των ταχυτήτων που μπορεί να επιτευχθούν πάνω στο MBONE κατά τη μετάδοση video, audio και data.
- ⊗ προσδιορισμός των ελάχιστων απαιτήσεων σε hardware και software για την επίτευξη της βέλτιστης προσφερόμενης απόδοσης στο GUNet, των εφαρμογών τηλεδιδασκαλία, τηλεσυνδιάσκεψη, τηλεϊατρική, η οποία είναι συνάρτηση και άλλων παραγόντων (π.χ. Bandwidth δικτύου κορμού, configuration server).
- ⊗ συνεργασία υψηλού επιπέδου των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων, όχι μόνο σε θέματα videoconferencing αλλά και σε ανταλλαγή γνώσεων.
- ⊗ δημιουργία κατάλληλης υποδομής για χρήση εφαρμογών πολυμέσων στο δίκτυο GUNet σε υψηλές ταχύτητες.
- ⊗ χρήση της υπηρεσίας MBONE σαν πλατφόρμα ανάπτυξης / χρησιμοποίησης και άλλων εφαρμογών / υπηρεσιών που μελλοντικά θα παρέχονται από το GUNet.

Τα οφέλη αυτά, προκύπτουν στα ΤΕΙ και τα ΑΕΙ μέσα από τις υπηρεσίες που προσφέρονται από το ΕΔΕΤ με την χρήση του Mbone. Μερικές από τις υπηρεσίες αυτές είναι ο εξής :

- ⊗ *Υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης*, πολλών σημείων μέσω του πρωτοκόλλου H.323, με κράτηση πόρων στον κεντρικό εξοπλισμό του ΕΔΕΤ, που αποτελείται από ένα MCU και ένα Gateway. Εναλλακτικά, υποστηρίζονται οι υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης του

διεθνούς δικτύου εξυπηρετητών VRVS, με φιλοξενία ενός εθνικού VRVS κόμβου. Οι τελικοί χρήστες των φορέων του ΕΔΕΤ απολαμβάνουν τις υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης. Βασική προϋπόθεση είναι η σύνδεση του φορέα με τις υπηρεσίες και η υπόδειξη τεχνικού υπευθύνου από μέρους του, για την υποστήριξη σε τοπικό επίπεδο των τηλεδιασκέψεων των χρηστών του.

- Ⓢ *Υπηρεσίες τηλεεκπαίδευσης, μετάδοση μαθημάτων ή σεμιναρίων για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Όσον αφορά στην παρακολούθηση των ζωντανών μεταδόσεων, δικαιούχοι της υπηρεσίας είναι βασικά οι μαθητές ή φοιτητές του ιδρύματος απ' το οποίο διοργανώνεται. Και άλλοι χρήστες μπορούν να συμμετέχουν, αρκεί να γνωρίζουν τη διεύθυνση από την οποία πραγματοποιείται η μετάδοση. Όσον αφορά στη δυνατότητα μετάδοσης υλικού, δικαίωμα χρήσης της υπηρεσίας έχουν όλοι οι φορείς του ΕΔΕΤ, μέσω των Κέντρων Δικτύων τους.*

### **4.3 Εμπορικές εφαρμογές που προέκυψαν**

Είναι μόλις από τα μέσα του 1997 που οι Internet Service Providers (ISPs) μεταφέρθηκαν από την εξασφάλιση της MBONE πρόσβασης στην εκτεταμένη υποστήριξη του multicasting (τουλάχιστον για τους πελάτες - επιχειρήσεις).

#### ***4.3.1 UUNet/UUCast***

Η UUNet Τεχνολογίες οργάνωσαν μια νέα IP Multicast υπηρεσία, το UUCast, στο τέλος του 1997. Το σύστημα χρησιμοποιεί Cisco 4700 routers και το PIM πρωτόκολλο δρομολόγησης για το δίκτυο. Το UUCast προσφέρεται σε μια ποικιλία διαφορετικών stream μεγεθών, κλιμακούμενων από 5Kbps έως 128Kbps έτσι ώστε οι πελάτες να μπορούν να διαλέξουν είτε χαμηλού επιπέδου (low-end) streams για ticker

πληροφορία είτε όμοιο datacasting, είτε υψηλού επιπέδου (higher-end) streams για audio και video εφαρμογές.

Όρια αρχικής υποδομής καθορίζονται κατά την αποστολή ενός απλού audio ή video stream σε 250.000 ταυτόχρονους συνδρομητές (στην Αμερική μόνο), αλλά τα σχέδια ήταν να αυξηθεί αυτό το όριο στο 1 εκατομμύριο ταυτόχρονους χρήστες το 1998.

Οι πελάτες του UUCast παραλαμβάνουν μια μοναδική multicast διεύθυνση ομάδας για κάθε data stream και ο πελάτης προϋποθέτει ένα router που είναι σχηματισμένος με μια virtual point-to-point σύνδεση με τον multicast router που βρίσκεται σ' ένα UUNet POP (point-to-presence).

Το UUNet επίσης προτίθεται να προσφέρει υπηρεσίες hosting για ζωντανά γεγονότα σε συνένωση με το UUCast, χρησιμοποιώντας NetShow για χρήση της multicast υποδομής. Αντίθετα προς το RealNetwork, μπορεί να γίνει broadcast εκπομπή του περιεχομένου χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε multicast software, όχι μόνο το RealPlayer.

#### **4.3.2 MCI**

Το καλοκαίρι του 1997, η MCI Communications Corporation και η RealNetworks δημιούργησαν ένα δίκτυο για multicasting streaming data που ονομαζόταν RealNetwork. Αρχικά σχεδιάσθηκε με εννέα βασικά σημεία κατανομής στο MCI's Internet backbone. Κάθε σημείο κατανομής εμπεριέχει δύο ή τρεις RealMedia *splitters* (όμοια μ' ένα mirror ή cache server) για να κατανέμουν την φόρτωση μέσω της εξυπηρέτησης του περιεχομένου των καταναλωτών από οποιοδήποτε από τους κόμβους είναι πλησιέστερος. Αρχικές εκτιμήσεις είναι ότι το σύστημα θα έχει την δυνατότητα να εξυπηρετήσει 50.000 ταυτόχρονες συνδέσεις για

ένα ζωντανό παγκοσμίως εκπεμπόμενο γεγονός. Τα σχέδια ήταν να αυξήσει αυτό το σύστημα να χειρίζεται 150.000 streams μέσα στο 1998.

Το RealNetwork έχει ένα Broadcast Operations Center (BOC) στο Seattle το οποίο παρέχει μια turn-key κωδικοποίηση και uplink εξυπηρέτηση για τους πελάτες. Το περιεχόμενο μπορεί να διανεμηθεί μέσω μιας αποκλειστικής Internet σύνδεσης, δορυφορικού downlink, μαγνητικών μέσων, ταινιών, ή τηλεφωνίας και να αποθηκευτεί σ' ένα τοπικής πρόσβασης server. Το BOC φροντίζει να κωδικοποιήσει την παροχή στο κατάλληλο format χρησιμοποιώντας RealAudio ή RealVideo κωδικοποιητές αν είναι απαραίτητο.

Μόλις τα live streams κωδικοποιηθούν, δρομολογούνται σ' ένα RealServer για παράδοση στους splitters του δικτύου. Οι RealServers τοποθετούνται στα τμήματα του δικτύου που έχουν άμεση πρόσβαση στο Internet backbone πάνω από τις high-bandwidth συνδέσεις. Αυτοί οι servers δεν εξυπηρετούν τους χρήστες των άκρων. Η μοναδική τους ευθύνη είναι να εξάγουν τις παροχές τους στα splitter sites αναμετάδοσης που βρίσκονται εντός του internet MCI backbone.

Όλο το hosted περιεχόμενο κατανέμεται στους χρήστες των άκρων μέσω των splitter sites. Ένα splitter site αποτελείται από ένα ειδικό σχεδιασμένο σύμπλεγμα (cluster) του RealServers. Αυτοί οι RealServers εκτελούν το splitting και την αναμετάδοση των live streams στους χρήστες των άκρων. Οι Splitters μπορούν επίσης να εξυπηρετήσουν υπό απαίτηση cached περιεχόμενο που έχει κατανεμηθεί από BOC file servers.

Το multicast χρησιμοποιείται για παράδοση ζωντανού περιεχομένου οπουδήποτε αυτό είναι δυνατόν. Αν το multicast δεν είναι διαθέσιμο, ένα unicast stream θα χρησιμοποιηθεί. Όλο το υπό απαίτηση υλικό πάντα παραδίνεται μέσω unicast μεθόδων.

### **4.3.3 BBN ProVision**

Το BBN Planet, τώρα είναι μέρος του GTE Internetworking, δημιούργησε ένα πιλοτικό δίκτυο για να εξασφαλίσει το RSVP και multicasting υπηρεσίες. Το πιλοτικό δίκτυο εξασφαλίζει "bandwidth-on-demand" χρησιμοποιώντας την RSVP υποστήριξη και έξυπνα χαρακτηριστικά ουράς αναμονής που παρέχονται στο Cisco IOS. Το πείραμα διεξήχθη σ' ένα ξεχωριστό 1.544-Mbps IP δίκτυο.

Από τα τέλη του 1997, το BBN χρησιμοποιούνταν για να εξασφαλίσει ιδιοκτησιακές multicasting υπηρεσίες για περίπου 100 συνεταιρισμούς. Μια από τις εταιρίες, η Worldwide Broadcasting Network, Inc, ή WBN, τώρα χρησιμοποιεί ProVision σαν την βάση για την δική της 451F multimedia υπηρεσία έρευνας και ανάκτησης για τους πελάτες επιχειρήσεις.

### **4.3.4 DIGEX**

Όπως το MCI, το DIGEX καθορίστηκε για διπλή υποστήριξη στα streaming media με multicasting στο δίκτυό του. Χρησιμοποιεί το RealMedia software από την Real Networks, η υπηρεσία που προσφέρουν καλείται Live Event. Στην περίπτωση του DIGEX, το DIGEX τρέχει τους Live Event servers και οι επιχειρήσεις ενοικιάζουν τις DIGEX υπηρεσίες. Το περιεχόμενο προετοιμάζεται και φιλοξενείται στους servers των Windows NT στις DIGEX ευκολίες. Η DIGEX χρεώνει τους πελάτες μόνο για τον αριθμό των RealMedia streams που απαιτούνται για την εκπομπή του γεγονότος τους.

### **4.3.5 @Home**

Το @Home Network άρχισε τα δικά του τεστ για multicasting με καλωδιακά modems στο Fremont, Καλιφόρνια το φθινόπωρο του 1997. Τα πειράματα σκόπευαν στην παράδοση streaming audio και video περιεχομένου σε ρυθμό (rate) από 128 Kbps ως 256 Kbps στα σπίτια. Από τότε που εστιάστηκε στην οικιακή αγορά, το

πείραμα κυρίως ενδιαφέρθηκε για την παράδοση περιεχομένου συνδεδεμένου με την διασκέδαση όπως το @Home Movie Preview Channel. Από τότε που η @Home έκανε διακανονισμούς άδειας με πολλούς άλλους προμηθευτές video περιεχομένου, η αίσθηση του ότι πολλοί άλλοι προμηθευτές περιεχομένου θα προσφέρουν επίσης streaming video μέσω του multicast δικτύου επαληθεύτηκε κάποια στιγμή μέσα στο 1998. Το πείραμα δικτύου χρησιμοποιεί RealMedia software από Real Networks για διανομή data streams.

#### ***4.3.6 Θέματα που αντιμετωπίζουν οι ISPs***

Εκτός από αυτούς του ISPs που προσφέρουν Mbone συνδετικότητα, δεν υπάρχει διαλειτουργικότητα ανάμεσα στα multicasting δίκτυα που οι ISPs σχεδίασαν. Δεν είναι ότι η multicast κυκλοφορία δεν μπορεί να ανταλλαχθεί μεταξύ δύο διαφορετικών δικτύων, αυτό είναι περισσότερο ζήτημα καθορισμού και τυποποίησης πολιτικών για την δρομολόγηση της multicast κυκλοφορίας, εμπιέροντας ζητήματα όπως οι χρεώσεις, advertising δένδρα κλπ.

Τα ιεραρχικά πρωτόκολλα δρομολόγησης για multicasting είναι σχετικά νέα και έχουν ακόμη να τυποποιηθούν. Η δυνατότητα να εκτελέσουν πολιτικά βασιζόμενη δρομολόγηση ανάμεσα σε αυτοδύναμα συστήματα ή ανάμεσα σε περιοχές περίπου με τον ίδιο τρόπο που αυτό εκτελείται για unicast κυκλοφορία είναι μια βασική απαίτηση για Internet-wide multicasting ανάμεσα στους ISPs, αλλά η δουλειά για την κατανόηση των ζητημάτων και τον καθορισμό προτύπων για αυτή την δουλειά έχει μόλις αρχίσει.

Αυτή η έλλειψη προτύπων επιτρέπει στους ISPs να διαλειτουργούν με την multicast κυκλοφορία. Οι πελάτες αυτών των υπηρεσιών θα πρέπει να παρέχουν και multicast και unicast υπηρεσίες εκτός και αν κάποιος μπορεί να εγγυηθεί ότι όλοι οι προτεινόμενοι παραλήπτες εξυπηρετούνται από τον ίδιο ISP.

### **4.3.7 Περίληψη**

Το Mbone ακόμη αναπτύσσεται και προσφέρει μια ευρεία ποικιλία διασκέψεων και άλλων εφαρμογών που χρησιμοποιούν Multicasting. Είναι ένας καλός τρόπος να έρθει κανείς σε επαφή με το multicasting, ειδικώς για να δοκιμάσει και το πρότυπο και τις νέες εφαρμογές πριν τις χρησιμοποιήσει στο σπίτι, σ' ένα intranet πάνω σε μια routine βάση.

Εμπορικά παρασχόμενες multicast υπηρεσίες άρχισαν να γίνονται διαθέσιμες το 1997. Στην απουσία πολιτικών τυποποίησης για ανταλλαγή multicast κυκλοφορίας κάθε multicast ISP είναι απομονωμένος. Αλλά αυτό θα αλλάξει σύντομα, γιατί και τα πρότυπα που επιλύουν αυτά τα ζητήματα έχουν ήδη αρχίσει και η απαίτηση για υπηρεσίες συνεχίζει να αυξάνεται.

## **5. Εφαρμογή των εργαλείων του Mbone**

Μέχρι τώρα έχουμε αναφερθεί στο θεωρητικό μέρος της χρήσης του Mbone. Στόχος της εργασίας αυτής όμως, εκτός από την ανάλυση του δικτυακού περιβάλλοντος του Mbone, είναι η εφαρμογή των εργαλείων του μέσα στο εργαστήριο για την διαπίστωση των δυνατοτήτων τους ή οποιονδήποτε προβλημάτων που μπορούν να προκύψουν κατά την χρήση τους.

### ***5.1. Εγκατάσταση των εφαρμογών Mbone***

Το πρακτικό μέρος, δηλαδή, της εργασίας είναι η εγκατάσταση του πακέτου εφαρμογών του Mbone (Sdr, Rat, Vic, Wb & Nte) στους υπολογιστές του εργαστηρίου του ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ και η διαχείρισή τους.

Το πακέτο αυτό, των εφαρμογών είναι διαθέσιμο σε αρκετούς δικτυακούς τόπους και η εγκατάσταση γίνεται ελεύθερα από κάθε χρήστη χωρίς καμία επιβάρυνση. Εδώ η σελίδα που χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του πακέτου στο εργαστήριο του ΤΕΙ είναι η εξής :

<http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/> από τον δικτυακό χώρο του UCL Network and Multimedia Research Group.

Η εγκατάσταση του Mbone πρέπει να ξεκινήσει με τη εφαρμογή του Sdr που είναι και η βάση του πακέτου. Μέσα από την σελίδα που αναφέρθηκε προηγουμένως, για όλες τις εφαρμογές επιλέχθηκε η αντίστοιχη πλατφόρμα με το σύστημα των υπολογιστών του εργαστηρίου. Στην παρούσα περίπτωση επιλέχθηκαν οι εφαρμογές που τρέχουν σε Windows 2000. Έτσι εγκαταστάθηκαν στους υπολογιστές οι εφαρμογές Sdr, Wb, Nte, Vic & Rat κατάλληλες για Windows 2000. Μετά την εγκατάσταση οι υπολογιστές είναι έτοιμοι να διαχειριστούν τις εφαρμογές του Mbone.

## 5.2 Διαχείριση των εφαρμογών

Οι εφαρμογές στις οποίες επικεντρωθήκαμε, και ασχοληθήκαμε με την χρήση τους, στην εργασία μας είναι το Sdr, το Wb και το Nte. Οι συγκεκριμένες εφαρμογές έχουν αναλυθεί λεπτομερώς παραπάνω στις ενότητες 3.5.2.2 , 3.5.5.1. και 3.5.6.1 αντίστοιχα, στο Κεφάλαιο 3.

Η δουλειά μας σε επίπεδο εμβέλειας περιορίστηκε στο τοπικό δίκτυο του εργαστηρίου του ΤΕΙ. Αυτό γιατί δεν υπήρχε η δυνατότητα να συνδεθούμε με κάποιο session εκτός ΤΕΙ για δυο λόγους: ο πρώτος είναι ότι χρειάζεται να μας παραχωρηθούν από τον διαχειριστή του δικτύου πραγματικές IP και όχι εικονικές που έχουν τα τοπικά δίκτυα για να βγούμε στον «έξω κόσμο», στο διαδίκτυο. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι για να παρακολουθήσουμε κάποιο session εκτός δικτύου, θα πρέπει το υλικό των υπολογιστών μας να υπακούει στις προϋποθέσεις που έχει θέσει ο διαχειριστής του session που θέλουμε να παρακολουθήσουμε, πράγμα το οποίο δεν είναι πάντα εφικτό.

Μετά την εγκατάσταση των εφαρμογών μπήκαμε στη διαδικασία να δημιουργήσουμε ένα δικό μας session, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.5.2.2. ,στο Κεφάλαιο 3. Με το session δημιουργήσαμε μια τηλεδιάσκεψη ανάμεσα σε 3 σταθμούς τοπικά. Κατά την διαδικασία δημιουργίας του session μας ζητήθηκαν κάποιες παράμετροι τις οποίες ρυθμίσαμε, ανάλογα με το δίκτυο μας, σε αυτή την περίπτωση για τοπικό δίκτυο. Η παράμετρος TTL, για την ενεργοποίηση των εφαρμογών Wb & Nte, δόθηκε 16 γιατί είναι κατάλληλη για την μεταφορά πακέτων σε ένα τοπικό δίκτυο. Επίσης στο 3<sup>ο</sup> βήμα της δημιουργίας του session στο πεδίο Area Reached επιλέγουμε το IP4 Local Scope γιατί το session μας θέλουμε να περιοριστεί σε εμβέλεια τοπικού δικτύου. Γενικά όλες οι παράμετροι δίνονται ανάλογα με το δίκτυο στο οποίο θέλουμε να δουλέψουμε.

### 5.3 Σύνδεση του ΤΕΙ με το ΕΔΕΤ

Όπως αναφερθήκαμε στην ενότητα 4.2.4 το ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ το οποίο συνδέεται με το ΕΔΕΤ, για τη δρομολόγηση πακέτων IP Multicast χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο PIM v1 σε Sparse Mode (PIM-SM) στο δίκτυο κορμού. Την σύνδεση του ΤΕΙ με το ΕΔΕΤ διαχειρίζεται το κέντρο δικτύου του ΤΕΙ.



Εικόνα 5.1: Κέντρο Δικτύου του ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

Το ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ χρησιμοποιεί δύο γραμμές για την σύνδεσή του με το ΕΔΕΤ.

- Ⓢ Η πρώτη έχει ενεργοποιηθεί τον Φεβρουάριο του 2000 με ονομασία [ΤΕΙΕΡ- 2]. Κάποια στοιχεία της γραμμής αυτής είναι ότι: χρησιμοποιεί πρωτόκολλο M1020 (Modem), με bandwidth 512 kbps, ο κόμβος σύνδεσης είναι [ioannina.grnet.gr](http://ioannina.grnet.gr), με Interface Serial 1/2 και IP Address 194.177.208.241/30.
- Ⓢ Η δεύτερη γραμμή σύνδεσης έχει ενεργοποιηθεί στις 19/01/2002 με ονομασία [ΤΕΙΕΡ- 3]. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί η γραμμή είναι το HellasCom, με bandwidth 2048 kbps, με Αρ. Κυκλώματος : Αρ. ευθείας 11271 - circuit 13197. Ο κόμβος σύνδεσης είναι [patra.grnet.gr](http://patra.grnet.gr), με Interface Serial 4/3 και IP Address 194.177.208.85/30.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ:

- Ⓜ <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/>
- Ⓜ <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/vic/...>
- Ⓜ <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/...>
- Ⓜ <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/wbd/...>
- Ⓜ <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/nte/...>
- Ⓜ <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/sdr/...>
- Ⓜ <http://www.noc.ntua.gr/index.php?module=ContentExpress> ...
- Ⓜ <http://noc.auth.gr/services/mbone...>
- Ⓜ <http://www.teiath.gr/mbone/deliverables/faq.htm>
- Ⓜ <http://research.microsoft.com/barc/mbone/...>
- Ⓜ <http://www-itg.lbl.gov/mbone/...>
- Ⓜ <http://www.teleteaching.gr/w2/...>
- Ⓜ <http://www.gunet.gr/pilots...>
- Ⓜ <http://www.GRNet.gr/>
- Ⓜ [http://helpdesk.grnet.gr/cgi-bin/edet\\_lines.cgi?member=21](http://helpdesk.grnet.gr/cgi-bin/edet_lines.cgi?member=21)
- Ⓜ <http://www.ncne.org/documentation/faq/...>
- Ⓜ <http://www.tldp.org/HOWTO/Multicast-HOWTO.html#...>
- Ⓜ <http://www.ipmulticasting.com/>
- Ⓜ <http://www.ual.es/ftp/pub/PC/soft-comunicaciones/windows95/mbone/nte>
- Ⓜ <http://www.ucnet.uoc.gr/UCnet/EDET.doc>

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΒΙΒΛΙΑ:

- © Richard Schaphorst, "Videoconferencing and Videotelephony - Technology and Standards", Publisher: Artech House -Boston London, 2<sup>nd</sup> Edition, 1999
- © Steve Heath, "Multimedia and Communications Technology", Publisher: Focal Press, 2<sup>nd</sup> Edition, 1999
- © Dave Kosiur, IP Multicasting, Wiley Computer Publishing