

Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ

Τ.Ε.Ι. OF EPIRUS



**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ (Σ.Δ.Ο)
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**SCHOOL OF MANAGEMENT AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS,
INFORMATICS AND MANAGEMENT**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

MBONE ΚΑΙ INTERNET 2



ΠΑΠΑΓΩΑΝΝΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΜ 3569

ΚΟΥΓΙΟΥΜΟΥΤΖΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΜ 3572

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	8
1.1 Γενικά	8
1.2 Ιστορία του MBONE.....	8
1.2.1 Σχεδιασμός του Internet	8
1.2.2 Πώς γεννήθηκε το MBONE	9
1.2.3 Τι είναι το IETF	10
1.3 Ορισμός του MBONE	10
1.4 Multimedia και νέες τεχνολογίες	10
1.4.1 Multimedia και Internet.....	10
1.4.2 Νέες τεχνολογίες	13
2. IP Multicasting	13
2.1 Εισαγωγή.....	13
2.2 Multipoint Communications	14
2.2.1 Unicasting.....	14
2.2.2 Broadcasting.....	15
2.2.3 Multicasting	16
2.2.4 Σύγκριση unicast - multicast	17
2.2.5 Ανακεφαλαίωση - κριτική των τριών υπηρεσιών.....	18
2.2.6 Κριτική της σημερινής κατάστασης.....	19
2.2.7 Εφαρμογές για το multicasting.....	19
2.3 Multicast Addressing.....	21
2.3.1 Η σημασία των multicast ομάδων	21
2.3.2 Multicast Διευθυνσιοδότηση	21
2.3.2.1 Internet Group Management Protocol (IGMP).....	22
2.3.2.1.1 Ανασκόπηση του IGMP (3 versions).....	23
2.3.2.1.2 Απαιτήσεις για τον host.....	24
2.4 Αλγόριθμοι multicast δρομολόγησης.....	24
2.4.1 Flooding.....	24
2.4.2 Spanning Trees	24
2.4.3 Reverse Path Broadcasting (RPB).....	25
2.4.4 Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB)	27
2.4.5 Reverse Path Multicasting (RPM).....	27
2.4.6 Steiner Tress (ST).....	28
2.4.7 Core-Based Trees (CBT)	29
2.4.8 Σύνοψη	31

2.5 Multicast Routing Protocol (Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Πολλαπλής Εκπομπής)	31
2.5.1 Distance Vector Multicast Routing Prototcol (DVMRP)	36
2.5.2 Multicast Προεκτάσεις του OSPF (MOSPF)	37
2.5.2.1 Intra-Area Routing	37
2.5.2.2 Inter-Area Routing	38
2.5.2.3 Inter-AS Routing	39
2.5.3 Protocol-Independent Multicast (PIM)	39
2.5.3.1 Protocol-Independent Multicast -Dense Mode (PIM-DM)	39
2.5.3.2 Protocol-Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM)	40
3. MBONE	43
3.1 Εισαγωγή	43
3.2 Βασικές έννοιες του MBONE	43
3.2.1 m-routers	43
3.2.2 tunnels-tunnelling	43
3.2.3 islands	43
3.3 Η κατάσταση σήμερα	43
3.3.1 Πόσο μεγάλο είναι το MBONE	43
3.3.2 Τοπολογία του MBONE	44
3.4 Προϋποθέσεις και απαιτήσεις συμμετοχής	45
3.4.1 Υπολογιστική δύναμη	45
3.4.2 Υλικό	46
3.4.3 Ικανότητα multicast	46
3.4.3.1 Multicast hosts	46
3.4.3.2 Multicast δρομολόγηση	47
3.4.4 Απαιτήσεις σε bandwidth	47
3.4.5 Παροχή MBONE	49
3.5 Εργαλεία λογισμικού	49
3.5.1 Multicast routing εφαρμογές	49
3.5.2 Εργαλεία διαχείρισης συνόδων	50
3.5.2.1 Session directory (SD)	50
3.5.2.2 SDR	50
3.5.3 Εργαλεία εικόνας	50
3.5.3.1 IVs	50
3.5.3.2 Network video (NV)	50
3.5.3.3 ViC	51
3.5.3.4 Rendez-vous	51

3.5.4	Εργαλεία ήχου	51
3.5.4.1	Visual audio tool (vat)	51
3.5.4.2	Robust Audio Tool (RAT)	52
3.5.4.3	NeVoT.....	52
3.5.4.4	FreePhone	52
3.5.5	Εργαλεία κοινού χώρου εργασίας	52
3.5.5.1	Whiteboard (wb)	52
3.5.6	Εργαλεία κειμένου.....	53
3.5.6.1	NTE.....	53
3.5.7	Βοηθητικά εργαλεία	53
3.5.7.1	MultiMon	53
3.5.7.2	Mpoll.....	53
3.5.8	Εμπορικά προγράμματα	54
3.5.8.1	CU-SeeMe reflector για Macs	54
3.6	Διαχείριση	54
3.6.1	Διαχείριση αιτήσεων επέκτασης του MBONE	54
3.6.2	Διαχείριση αιτήσεων δημιουργίας ενός γεγονότος στο MBONE	55
3.7	Επίκαιρα Προβλήματα - Πιθανές Λύσεις	56
3.7.1	Υποστήριξη του multicast	56
3.7.2	Μετάβαση από το mrouterd σε φυσικούς multicast δρομολογητές.....	56
3.7.2.1	Bandwidth	56
3.7.2.2	Θέματα που προκύπτουν εξαιτίας της φύσης του Internet	57
3.7.2.3	Εργαλεία διαχείρισης του MBONE	58
3.7.2.4	Περίληψη	58
3.8	Θέματα Ασφάλειας.....	59
3.8.1	Η ασφάλεια γενικά	59
3.8.2	Ασφάλεια στο IP Multicast Service.....	59
3.8.3	Προβλήματα που ανακύπτουν	60
3.8.4	Πώς μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει το IPSEC για multicast	61
3.8.5	SKIP και IP multicast	61
3.8.6	Συμπέρασμα.....	61
4.	Γεγονότα, εφαρμογές και η κατάσταση στην Ελλάδα	62
4.1.	Τα γεγονότα στο MBONE	62
4.1.1	Τι μπορεί να βρει κανείς στο MBONE.....	62
4.1.1.1	Βασικά γεγονότα.....	62
4.1.1.2	Ερευνητικά γεγονότα	62
4.1.1.3	Εκπαιδευτικά γεγονότα.....	63
4.1.1.3.1	Το JASON project.....	63
4.1.1.3.2	Οι αποστολές των διαστημόπλοιων	63
4.1.1.3.3	Οι SUNergy εκπομπές.....	63
4.1.1.4	Μουσικά γεγονότα.....	64
4.1.2	Εφαρμογές υψηλής ποιότητας MBONE setup - Τηλεϊατρική.....	64

4.2 Το MBONE στην Ελλάδα.....	66
4.2.1 Ο ρόλος του ΕΔΕΤ (GUNet)	66
4.2.2 Επιλογή πρωτοκόλλου δρομολόγησης	66
4.2.3 Σχετικά με το πρωτόκολλο PIM.....	67
4.2.4 Τρόπος σύνδεσης με το MBONE στην Ελλάδα.....	68
4.2.5 Οφέλη για ΑΕΙ και ΤΕΙ από τη χρήση του MBONE	68
4.3 Εμπορικές εφαρμογές που προέκυψαν.....	68
4.3.1 UUNet/UUCast.....	68
4.3.2 MCI.....	69
4.3.3 BBN ProVision.....	70
4.3.4 DIGEX.....	70
4.3.5 @Home.....	70
4.3.6 Θέματα που αντιμετωπίζουν οι ISPs	70
4.3.7 Περίληψη.....	71
5. Εισαγωγή.....	71
5.1 Ιστορική αναδρομή στη δημιουργία του Internet.....	71
5.2 Σημερινή κατάσταση και ανάγκη για ένα νέο Internet.	72
5.3 Τι είναι το Internet2.....	72
5.4 Τα οφέλη του Internet2.	74
5.5 Θα αντικατασταθεί το σημερινό Internet από το Internet2;.....	74
5.6 Εφαρμοσιμότητα του Internet2.	74
6. Δημιουργία και Ανάπτυξη του Internet2.....	76
6.1 Ποιοι συμμετέχουν.....	76
6.1.1 Internet2 Universities	77
6.1.2 Corporate Partners	79
6.1.3 Corporate Sponsors.....	80
6.1.4 Affiliate Members.....	80
6.2 Κόστος του έργου και χρηματοδότησή του.	82
6.3 Άλλες προσπάθειες για παρόμοια δίκτυα.....	83

7. Εφαρμογές και υπηρεσίες του Internet2.....	87
7.1 LearningWare.....	87
7.1.1 LearningWare και το Instructional Management System.	87
7.1.2 Building blocks για το LearningWare.	87
7.1.3 Τι είναι το Instructional Management System (IMS);.....	88
7.1.4 Ποιοι θα χρησιμοποιούν το IMS;	89
7.1.5 Τι έχει γίνει μέχρι στιγμής στο IMS;	90
7.1.6 Ένα instructional παράδειγμα.....	90
7.2 Ψηφιακές Βιβλιοθήκες.....	91
7.3 Tele-Immersion	92
7.3.1 Τι είναι το Tele-Immersion;	92
7.3.2 Ποιες είναι οι δυνατότητες του Tele-Immersion;.....	93
7.3.3 Ποια ζητήματα προκύπτουν;	93
7.3.4 Τι έχει γίνει μέχρι σήμερα;	94
7.4 Εικονικά Εργαστήρια	94
7.4.1 Τι είναι το εικονικό εργαστήριο;	94
7.4.2 Ποιες είναι οι δυνατότητες του εικονικού εργαστηρίου;	94
7.4.3 Τι περιλαμβάνει ένα εικονικό εργαστήριο;	95
7.4.4 Τι έχει γίνει μέχρι σήμερα;	96
8. Τεχνικά χαρακτηριστικά του Internet2.	97
8.1 GigaPoPs	97
8.1.1 Οργάνωση των GigaPoPs.	98
8.1.2 Τα GigaPoPs ως φυσικές οντότητες.	100
8.1.3 Στελέχωση των GigaPoPs.....	101
8.1.4 Άλλες λειτουργίες των GigaPoPs.	101
8.1.5 Τεχνικές απαιτήσεις του Internet2 σε σχέση με τα GigaPoPs.....	101
8.1.6 Κατηγορίες GigaPoPs.....	102
8.1.7 Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	104
8.1.8 Λειτουργικές Ευθύνες.	106
8.1.9 Διαχείριση Υπηρεσιών.	106
8.1.9.1 Δικτυακή Διαχείριση.	107
8.1.9.2 Παρακολούθηση των διαφόρων επιπέδων υπηρεσιών.	107
8.1.10 Αρχιτεκτονική Δομή.	108
8.1.10.1 Intra-Campus και Campus-to-GigaPoP	108
8.1.10.2 GigaPoP-to-GigaPoP	109
8.1.10.3 Routing και Quality-of-Service Πρωτόκολλα	110
8.1.10.3.1 Δρομολόγηση για IPv4.....	111
8.1.10.3.2 Δρομολόγηση για IPv6.....	111
8.1.10.3.3 Πληροφορίες δρομολόγησης στο ATM επίπεδο.....	111

8.1.11 Τι πρέπει να γίνει.....	112
8.1.11.1 Πανεπιστήμια.....	112
8.1.11.2 GigaPoP.....	112
8.1.11.3 Σύννεφο.....	112
8.1.11.4 Συνολικά.....	113
8.1.11.5 Τεχνικοί Στόχοι.....	113
8.2 Πρωτόκολλα.....	113
8.2.1 IPv6.....	114
8.2.2 RSVP.....	115
8.2.3 RTP.....	116
8.3 QoS.....	116
8.3.1 Ζητήματα σχετικά με το Quality of Service.....	117
8.4 Security.....	117
8.4.1 Ζητήματα σχετικά με την ασφάλεια.....	118
9. Το Internet2 πέρα από το χώρο των Η.Π.Α.....	119
9.1 Το Internet2 σε διεθνή κλίμακα.....	119
9.2 Η απάντηση της Ευρώπης στο Internet2.....	120
9.3 Τι ακριβώς γίνεται στην Ελλάδα.....	121
9.3.1 Το GUNET.....	123
9.3.1.1 Συμμετέχοντες στο GUNET.....	123
9.3.1.2 Στόχοι του GUNET.....	124
9.3.1.2.1 Νέες υπηρεσίες τηλεματικής.....	124
9.3.1.2.2 Προηγμένες υπηρεσίες.....	125
10. Επίλογος.....	126
10.1 Και μετά το Internet2;.....	126
10.2 Κριτική της μορφής του Internet2.....	126
Βιβλιογραφία.....	128

1. Εισαγωγή στο Mbone

1.1 Γενικά

Το μεγαλύτερο δίκτυο του κόσμου, το Internet, έχει επιδείξει αξιοσημείωτη ευελιξία καθώς αναπτύχθηκε από δίκτυο έρευνας σε ένα με αναρίθμητες εμπορικές εφαρμογές. Αυτή η ευκαμψία οφείλει μεγάλο μέρος από την επιτυχία του σε αφοσιωμένους μηχανικούς που ψάχνουν συνεχώς για τρόπους να προσφέρουν νέες εφαρμογές και 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, κι έτσι και ο αριθμός των συσκευών που χρησιμοποιούνται για να αλληλοσυνδέσουν αυτά τα δίκτυα (π.χ. Routers). Αυτή η άνευ προηγουμένου ανάπτυξη συνοδεύεται από πολλαπλασιασμό νέων εφαρμογών. Πολλές εφαρμογές που παλιότερα ήταν διαθέσιμες μόνο σε περιορισμένο αριθμό ισχυρών χρηστών με υψηλής τεχνολογίας σταθμούς εργασίας, έχουν αρχίσει να γίνονται δεσπόζουσες εφαρμογές στον κόσμο του PC - videoconferencing, video broadcasts, collaborative applications, και push technologies, για παράδειγμα. Αυτές οι νέες εφαρμογές φέρνουν μαζί τους νέους τύπους δεδομένων - video και ήχο, για παράδειγμα - 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, οι οποίες χρησιμοποιούν μεγαλύτερη νοημοσύνη κατανεμημένη κατά μήκος του δικτύου, 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 (ή υπολογιστή) κάθε φορά. Η πληροφορία που εκπέμπεται έχει ένα συγκεκριμένο προορισμό, όπως ένα μήνυμα e-mail το οποίο προσπαθεί να φτάσει ένα συγκεκριμένο και μοναδικό συνάδελφο. Μια απαίτηση για κάποια Web σελίδα μεταδίδεται σε ένα συγκεκριμένο (μοναδικό) χρήστη, και ο χρήστης στέλνει πίσω τη ζητούμενη πληροφορία στον μοναδικό παραλήπτη.

Παρόλο που οι υπολογιστές μπορούν να διαχειριστούν εκατοντάδες (ή χιλιάδες, ή εκατομμύρια) 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 σκεφτείς 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, αυτοί μπορούσαν να το κάνουν με το software. Γι' αυτό λοιπόν, δημιούργησαν ένα "virtual network" -ένα δίκτυο το οποίο τρέχει πάνω από το Internet- και έγραψαν software που επιτρέπει σε multicast πακέτα να διασχίζουν το δίκτυο. Εφοδιασμένοι με το κατάλληλο software, αυτοί οι άνθρωποι μπορούσαν να στέλνουν δεδομένα όχι μόνο σ' ένα κόμβο του Internet, αλλά σε πολύ περισσότερους. Με αυτόν τον τρόπο γεννήθηκε το MBONE (Multicast Backbone). Το MBONE είναι ένα virtual network (πραγματικό 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 routers οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί για να διαχειρίζονται μόνο unicast κίνηση. Το software 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 workstation με το κατάλληλο software, τότε αυτά αναγνωρίζονται και επεξεργάζονται σαν multicast πακέτα όπως πράγματι είναι. Οι μηχανές (workstations ή routers) εκείνες 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 στάνταρ routers.

Το multicasting είναι μια υπηρεσία routing του δικτύου - μια μέθοδος του να στέλνεις πακέτα σε περισσότερα από ένα site κάθε φορά. Το MBONE είναι μια χαλαρή ομοσπονδία (συμμαχία) από sites που τα οποία συγχρόνως υλοποιούν IP multicasting. Το MBONE είναι στην καλύτερη περίπτωση μια προσωρινή εφαρμογή η οποία τελικά θα γίνει απαραίτητη όταν το multicasting θα είναι ένα στάνταρ χαρακτηριστικό στους routers του Internet. Οι εφαρμογές και τα προγράμματα που δουλεύουν με το MBONE σήμερα, αναμφίβολα θα δουλεύουν και στο multicast backbone 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 πωλητών τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού. Ο πατέρας οργανισμός του IETF, ο Internet Architecture Board, εμπλέκεται με τεχνικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει το Internet, τώρα και 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

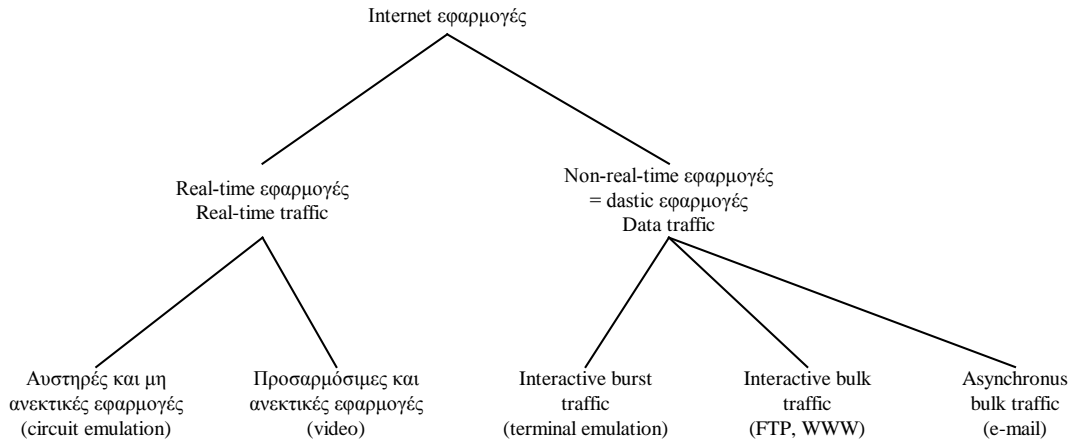
Το MBONE είναι ένα παράγωγο των δύο πρώτων IETF "μεταφοράς ήχου" πειραμάτων στα οποία ζωντανός (απ' ευθείας) ήχος και video πολυμεταφερόταν από την IETF περιοχή σε προορισμούς γύρω στον κόσμο. Η ιδέα είναι να κατασκευάσουμε μια ημί-μόνιμη IP multicast πλατφόρμα δοκιμών για να μεταφέρει τις IETF εκπομπές 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 δρομολόγηση των IP multicast πακέτων, αφού αυτή η λειτουργία δεν έχει ακόμα συμπεριληφθεί σε πολλά από τα προϊόντα δρομολόγησης. Το δίκτυο συνθέτεται από νησάκια, τα οποία μπορούν απ' ευθείας να υποστηρίξουν IP multicast, όπως multicast Τοπικά Δίκτυα (LANs) σαν το Ethernet, συνδεδεμένα με εικονικές σημεία 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 mrouted.

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.



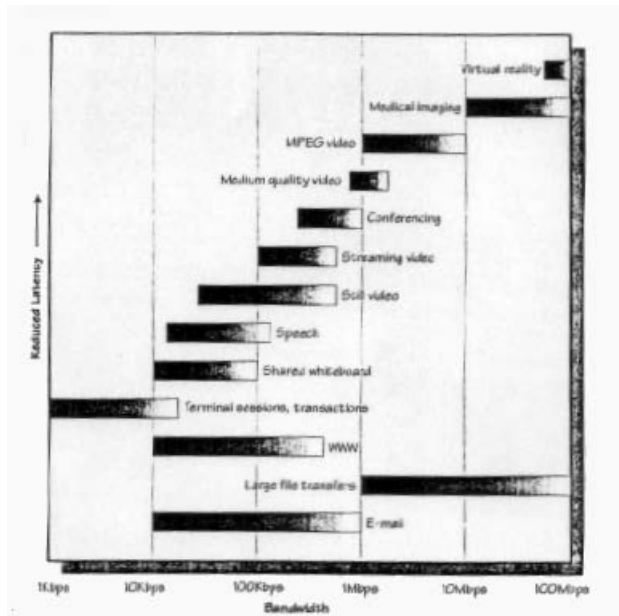
Σχήμα 1.1: Κατηγορίες των Internet multimedia εφαρμογών

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 παρουσιάζουμε ένα πίνακα 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 (ζωντανό - 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 να αλλάζουν και να 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 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 πολλά από 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 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.

Επιπροσθέτως 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 να φέρουν διεύθυνση broadcast και δέχεται αυτά τα πακέτα. Άλλο όμως λογισμικό 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 στις συσκευές του δικτύου όπως οι routers για να αντιγράψουν τα πακέτα και να τα διανέμουν ανάμεσα στα υποδίκτυα. Σε ένα LAN 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: αυτές που ρωτούν ερωτήσεις για συστατικά της κατάστασης ή της διαθεσιμότητας του δικτύου και αυτές που δημοσιοποιούν τέτοιου είδους πληροφορία. Παράδειγμα broadcast που ρωτά ερωτήσεις είναι η IP ARP (Address Resolution Protocol packets), η οποία πλημμυρίζει ολόκληρο το υποδίκτυο και έχουν το στόχο να ανταποκριθούν 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 και μειώνουν 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 εμποδίσει το broadcast 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, 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 σα 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 LAN 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 σε 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 στα 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 στηθεί και ο αποστολέας αρχίσει να μεταδίδει πακέτα στη διεύθυνση του host group, 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 αναμειγνύονται 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 (threshold) ώστε να ελέγχεται ποια πακέτα θα έχουν ελεύθερη πρόσβαση. Πακέτα με πολύ υψηλές τιμές κατωφλίου θεωρούνται ορατά από τον «κόσμο», πακέτα με μεσαίες τιμές κατωφλίου θεωρούνται ότι προορίζονται για μια «περιοχή», και πακέτα με πολύ χαμηλό κατώφλι είναι εμπιστευτικά δεσμευμένα για το site.

2.2.5 Ανακεφαλαίωση - κριτική των τριών υπηρεσιών

Παρατίθενται οι εξής συγκριτικοί πίνακες:

unicasting	broadcasting	multicasting
είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος αυτή τη στιγμή	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	η πιο πρακτική υπηρεσία μετάδοσης για δεδομένα που αποστέλλονται σε μεγάλο κοινό
χρησιμοποιεί πολύ bandwidth χωρίς να είναι απαραίτητο στην περίπτωση που ίδια δεδομένα αποστέλλονται σε πολλούς hosts	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	περιορίζει την κατανάλωση του bandwidth καθώς τα multicasted δεδομένα αποστέλλονται μόνο στους hosts που ενδιαφέρονται γι' αυτά

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
unicasting	καλή μέθοδος όταν κάθε χρήστης έχει το δικό του προφίλ και πρέπει να αντιμετωπίζεται διαφορετικά	σπατάλη bandwidth όταν ίδια δεδομένα στέλνονται σε πολλούς hosts
broadcasting	καλή μέθοδος για δεδομένα που ενδιαφέρουν όλους τους hosts	σπατάλη bandwidth και υπολογιστικής ισχύος όταν τα δεδομένα δεν ενδιαφέρουν αρκετούς από τους hosts
multicasting	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 από το PointCast και άλλες εταιρείες μπορεί τελικά να ξεπεράσουν την ικανότητα και χωρητικότητα των δικτύων και να υπερφορτώσουν το Internet. Push γνωστή ως «webcasting» ή «PontCasting» (από την εταιρεία που το ανακάλυψε) στέλνουν πληροφορία κατευθείαν στον υπολογιστή παρά να εξαναγκάζουν 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. Η 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 αποτελεσματικό 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, με περισσότερες να έρχονται. Πολλές από αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με το αν πρόκειται για εφαρμογές πραγματικού χρόνου και χρησιμοποιούν μόνο δεδομένα ενός μέσου ή πολυμέσων.

Multimedia	Real - time	Non - real - time
	Video server	Replication
	Videoconferencing	Video & Web servers
	Internet audio	Kiosks
	Graphics & audio	Content delivery
		Intranet & Internet
Data - only	Stock quotes	Information delivery
	News feeds	Server - server
	Whiteboarding	Server - desktop
	Interactive gaming	Database replication
		Software distribution

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 περικλείουν 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.

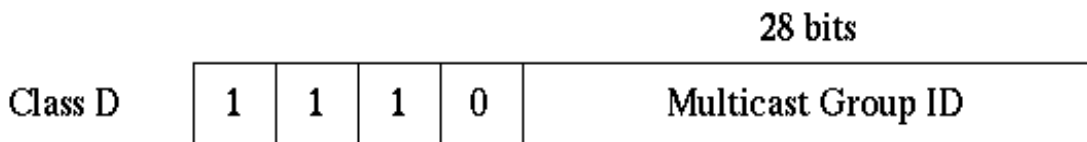
2.3 Multicast Addressing

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.

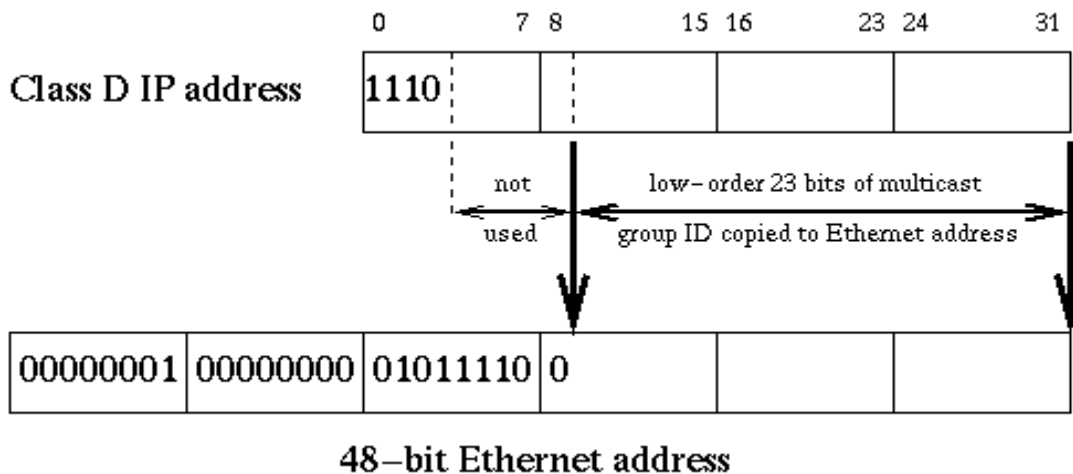
2.3.2 Multicast Διευθυνσιοδότηση

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 28μπιτος 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 διεθύνσεις 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 διεθύνσεις αντιστοιχισμένες στην ίδια IEEE-802 διεύθυνση.



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

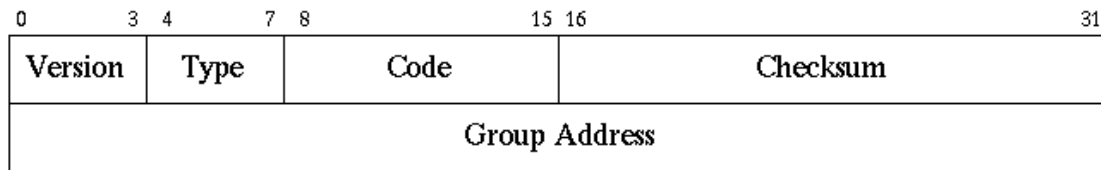
2.3.2.1 Internet Group Management Protocol (IGMP)

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 Forwarding (RPF), Truncated Reverse Path Forwarding (TRPF), 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 m-router 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 m-router. Αν είναι η πρώτη φορά, ο m-router θα προωθήσει το πακέτο σε όλες τις συνδέσεις εκτός από αυτήν από την οποία το έλαβε. Διαφορετικά, ο m-router απλά θα απορρίψει το πακέτο.

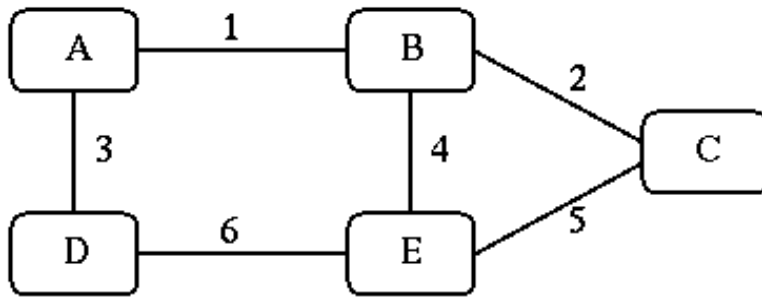
Παρόλο που αυτός ο αλγόριθμος είναι αρκετά απλός, έχει μερικά βασικά μειονεκτήματα. Δημιουργεί έναν μεγάλο αριθμό από αντίγραφα του ίδιου πακέτου και σπαταλά το bandwidth του δικτύου. Επιπλέον, αφού κάθε m-router πρέπει να κρατάει κάπου τα πακέτα που έχει δεχτεί για να βρει αν είναι η πρώτη φορά που 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 m-routers.

2.4.2 Spanning Trees

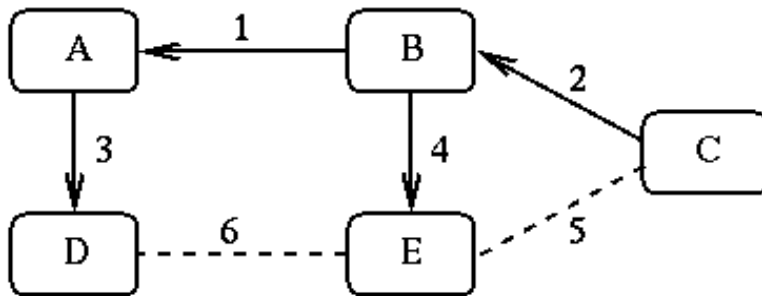
Ένας αλγόριθμος καλύτερος από τον Flooding είναι ο αλγόριθμος Spanning Tree. Αυτός ο αλγόριθμος, που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από IEEE-802 γέφυρες, είναι αποτελεσματικός και εύκολος στην υλοποίηση. Σ' αυτόν τον αλγόριθμο, ένα υποσύνολο των links του δικτύου επιλέγονται για να ορίσουν μια δενδρική δομή, τέτοια ώστε να υπάρχει μόνο ένα ενεργό μονοπάτι ανάμεσα σε δύο οποιουσδήποτε m-routers. Κάθε φορά που ένας m-router 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 m-router 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 m-routers, 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



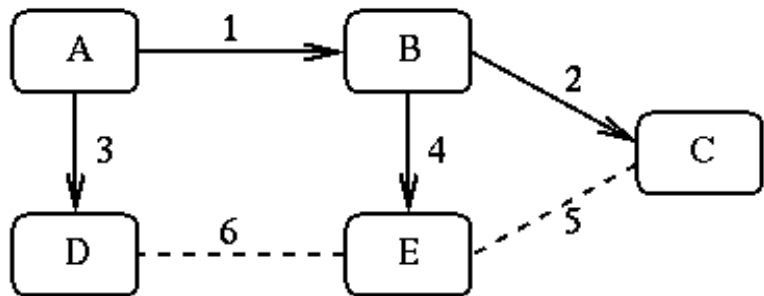
Spanning Tree from source (C)

Σχήμα 2.4 Spanning Tree.

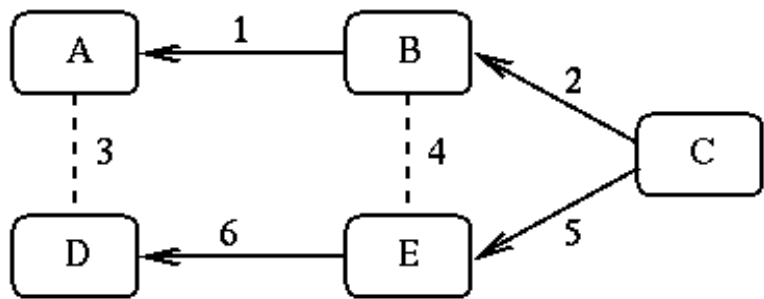
Ο αλγόριθμος Spanning Tree έχει δύο μειονεκτήματα: συγκεντρώνει όλη την κίνηση σε ένα μικρό σετ από links και δεν λαμβάνει υπόψη τα μέλη των ομάδων.

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 m-router λαμβάνει ένα multicast πακέτο στο link «L» και από πηγή «S», ο m-router 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.



RPB tree from source (A)



RPB tree from source (C)

Σχήμα 2.5 RPB Tree.

Ο αλγόριθμος RPB μπορεί να βελτιωθεί εύκολα λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι αν ο τοπικός m-router δεν είναι στο συντομότερο μονοπάτι ανάμεσα στον κόμβο πηγή και ένας γειτονικό, το πακέτο θα απορρίπτεται στο γειτονικό m-router. 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. Αν χρησιμοποιείται ένα distance-vector πρωτόκολλο δρομολόγησης, ένας γείτονας μπορεί είτε να δημοσιοποιεί το προηγούμενό του hop για την πηγή. Σε μέρος των μηνυμάτων ενημέρωσης δρομολόγησης, είτε να «poison-reverse» τη διαδρομή.

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 m-routers 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)

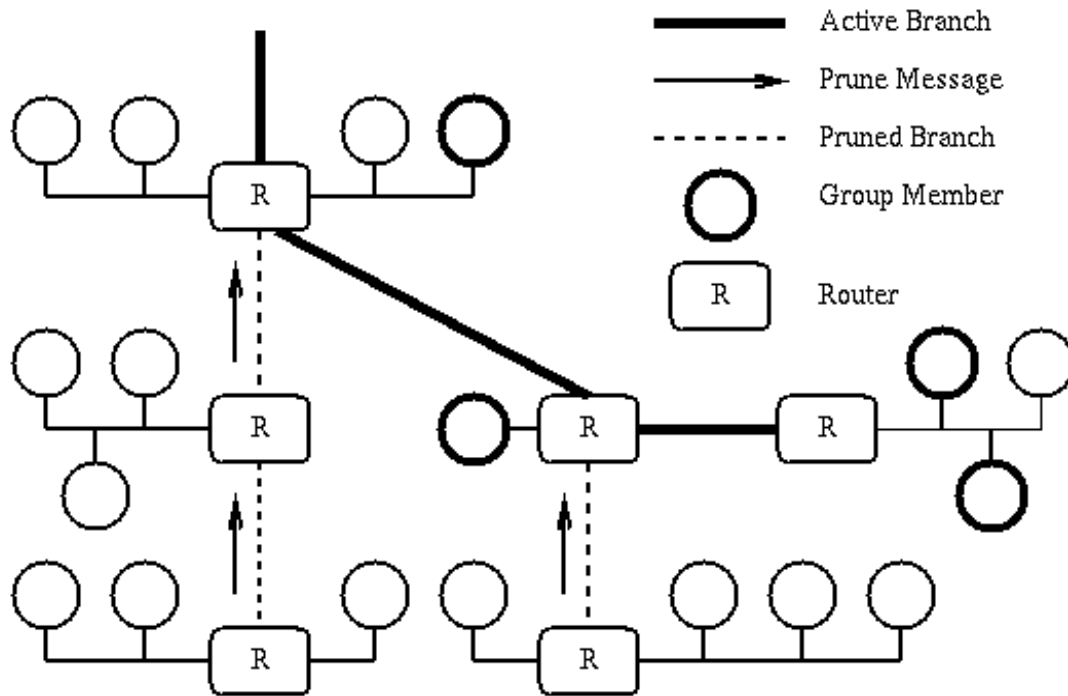
Ο σκοπός του αλγορίθμου TRPB ήταν να ξεπεράσει κάποιους από τους περιορισμούς του αλγορίθμου RPB. Αναφέραμε νωρίτερα ότι χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο IGMP, ένας m-router μπορεί να καθορίσει αν υπάρχουν μέλη μιας δοσμένης multicast ομάδας στο υποδίκτυο του ή όχι. Αν αυτό το υποδίκτυο είναι φύλλο υποδίκτυο (δεν έχει άλλους routers συνδεδεμένους) ο m-router θα κόψει το spanning tree. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο TRPB όπως και ο RPB δε προωθεί το μήνυμα σε γειτονικό m-router αν ο τοπικός m-router δεν είναι στο συντομότερο μονοπάτι από το γειτονικό m-router 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 m-router 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 m-router 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) m-router απαιτείται να κρατήσει την prune πληροφορία στη μνήμη του. Απ' την άλλη, αν ο upstream m-router δεν έχει τοπικούς αποδέκτες και 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.

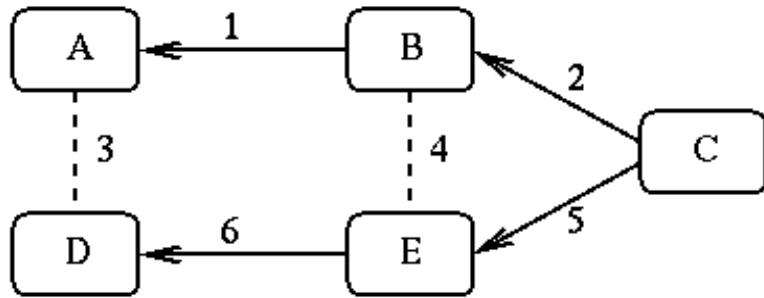


Σχήμα 2.6 RPM Tree.

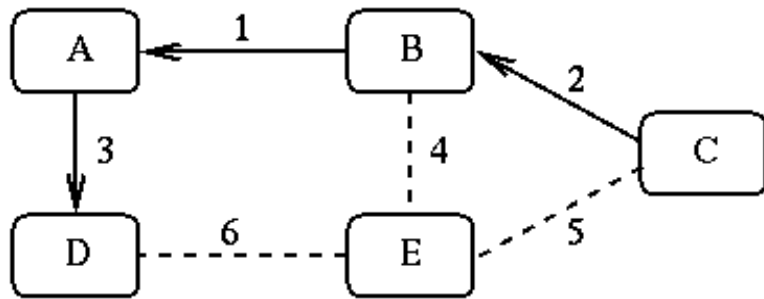
Επειδή τα μέλη των ομάδων καθώς και η τοπολογία του δικτύου μπορεί να αλλάζει δυναμικά, η prune κατάσταση του δένδρου διανομής πρέπει να ανανεώνεται σε τακτικά διαστήματα. Γι' αυτό, στον αλγόριθμο RPM η prune πληροφορία στους m-routers σβήνεται περιοδικά και το επόμενο πακέτο του (πηγή, ομάδα) ζευγαριού 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, εγγνώμενο 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.



RPB tree from source (C)



ST tree from source (C)

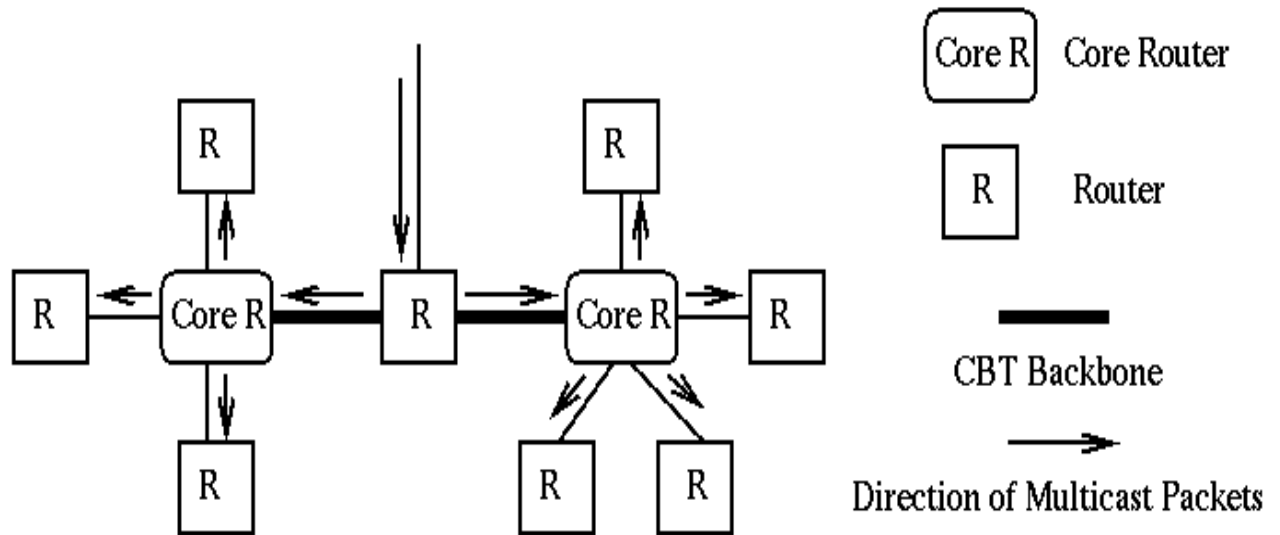
Σχήμα 2.7 Steiner Tree.

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 m-router, ή μια σειρά από m-routers, επιλέγονται να είναι ο «core» router του δένδρου διανομής.

Όλα τα μηνύματα για μια συγκεκριμένη ομάδα προωθούνται σα unicast μηνύματα προς τον core router μέχρι να φτάσουν σε ένα m-router που ανήκει στο αντίστοιχο δένδρο διανομής. Τότε, το πακέτο προωθείται σε όλες τις ongoing (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 αλγορίθμους 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 σε δύο κατηγορίες:

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

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 Πρωτοκόλλου	DVRMP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)	MOSPF (Multicast Open Shortest path First)	PIM-DM (Protocol Independent Multicast-Dense Mode)	PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode)	CBT (Core Based Trees)
Αποτελεί Πρότυπο για το IETF;	NAI	NAI	OXI	OXI	

<p style="text-align: center;">ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡ ΙΣΤΙΚΑ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • θεωρούμε ότι υπάρχει πυκνή διασπορά όσον αφορά την φυσική θέση των κόμβων στις διάφορες ομάδες και αρκετή χωρητικότητα στα κανάλια. • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 απαγορευτική. • 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 spanning tree στέλνοντας σχετικό μήνυμα στον κοντινότερο router του δέντρου • όλοι οι routers χρησιμοποιούν το ίδιο δέντρο διανομής η κατασκευή του οποίου γίνεται γύρω από ένα κεντρικό router
	<p><u>DVRMP :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • συνεργάζεται με το unicast RIP πρωτόκολλο • στηρίζεται στην τεχνική RPF (Reverse Path Forwarding) • 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 	<p><u>PIM-SM:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ορίζει ένα σημείο συνάντησης (Rendezvous Point) • κάθε σταθμός που θέλει να συμμετάσχει σε μια multicast ομάδα στέλνει μια αίτηση στον router του

	<p>prune message.</p> <ul style="list-style-type: none"> • τα unicast πακέτα προωθούνται από τους routers μόνο αν προέρχονται από το σημείο εκείνο που βρίσκεται πιο κοντά στην πηγή των πακέτων, διαφορετικά απορρίπτονται • το flooding επαναλαμβάνεται κατά διαστήματα έτσι ώστε να περιληφθούν και σταθμοί που ενώθηκαν σε μια multicast ομάδα μετά την αποκοπή • βασικό πρωτόκολλο του MBONE που στηρίζεται στην ύπαρξη νοητών συνδέσμων (tunnels) μεταξύ των routers που τρέχουν DVMRP <p><u>MOSPF:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • δουλεύει περιλαμβάνοντας multicast πληροφορία στα advertisements της κατάστασης των γραμμών • 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 • 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 • χρησιμοποιείται ο Dijkstra αλγόριθμος για τον υπολογισμό συντομότερης διαδρομής στο δέντρο <p><u>PIM-DM:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • δεν στηρίζεται σ' ένα συγκεκριμένο unicast πρωτόκολλο αλλά συνεργάζεται με όλα σχεδόν τα πρωτόκολλα απλής δρομολόγησης • συνεργάζεται απόλυτα με το DVMRP και μέσω tunnels 	<p>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</p> <p><u>CBT:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • κατασκευάζει το spanning tree γύρω από ένα ή περισσότερους routers πυρήνα (core) • 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
	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • η πυκνή δρομολόγηση ενδείκνυται για τις περιπτώσεις που οι αποστολές και οι παραλήπτες των μηνυμάτων είναι κοντά ο 	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • υπάρχουν λίγοι παραλήπτες σε κάθε ομάδα

<p>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</p>	<p>ένας στον άλλο</p> <ul style="list-style-type: none"> • υπάρχουν λίγοι αποστολείς και πολλοί Παραλήπτες • ο όγκος της διακινούμενης πληροφορίας είναι μεγάλος • ο συρμός της κίνησης είναι σταθερός <p><u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • σοβαρά προβλήματα στην απόδοση του δικτύου • κάθε κόμβος υποχρεώνεται να κρατάει αρκετή πληροφορία για την κατάσταση του δικτύου • δύσκολη η επέκταση των πρωτοκόλλων σε μεγάλη κλίμακα <p style="text-align: center;"><u>ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ MOSPF</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • δουλεύει καλά σε περιβάλλοντα, όπου δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός ενεργών πηγών/ομάδων • Αντιμετωπίζει, προβλήματα με την διαλειτουργικότητα με άλλα πρωτόκολλα μονής και πολλαπλής εκπομπής • δεν συνεργάζεται με άλλα πρωτόκολλα πέραν του OSPF και δεν επιτρέπει την δημιουργία νοητών συνδέσμων (tunnels) για την μεταφορά multicast πακέτων ενσωματωμένων σε unicast πακέτα. 	<ul style="list-style-type: none"> • οι αποστολείς και οι παραλήπτες χωρίζονται από μεγάλες αποστάσεις • ο τύπος της κίνησης είναι περιοδικός
---	---	---

Άλλα Πρωτόκολλα			
Κοινό Χαρακτηριστικό	Υποστηρίζουν καλύτερα την μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μια με αξιόπιστο τρόπο		
Όνομα Πρωτοκόλλου	RTP (Real Time Transport Protocol)	RSVP (ReSerVation Protocol)	RTSP (Real Time Streaming Protocol)
Αποτελεί Πρότυπο για το IETF;	NAI	NAI	Έχει υποβληθεί στην IETF για έγκριση
	<ul style="list-style-type: none"> • παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς από άκρο σε άκρο με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου, όπως 	<ul style="list-style-type: none"> • μπορεί να εξασφαλίσει την έγκαιρη μετάδοση των δεδομένων στο δίκτυο, δίνοντας την δυνατότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • δουλεύει πάνω από το RTP ελέγχοντας την μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου

<p>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</p>	<p>audio και video</p> <ul style="list-style-type: none"> • παρακολουθεί την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών με την βοήθεια του RTCP πρωτοκόλλου 	<p>στους Παραλήπτες των πληροφοριών να ζητήσουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών όπως για το επιθυμητό εύρος ζώνης ή η μέγιστη καθυστέρηση</p> <ul style="list-style-type: none"> • τοπικά σε κάθε κόμβο ελέγχει δύο πράγματα <p>(i) εάν ο κόμβος έχει τους απαραίτητους πόρους</p> <p>(ii) εάν έχει το δικαίωμα να προβεί στην δέσμευση των κατάλληλων πόρων</p> <ul style="list-style-type: none"> • αν καμία από τις παραπάνω συνθήκες δεν ικανοποιείται επιστρέφεται ένα μήνυμα λάθους στον κόμβο που ζήτησε την εγγύηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών 	
<p>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗ</p>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u></p> <p><u>Α:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • μπορεί να στηριχτεί σε άλλα πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου, όπως το RSVP <p><u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u></p> <p><u>Α:</u></p>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ</u></p> <p><u>ΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • η επεκτασιμότητά του λόγω <p>(i) του προσανατολισμού που είναι στο τι θέλουν οι παραλήπτες των υπηρεσιών</p>	<p><u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • καλύτερο έλεγχο της μεταδιδόμενης πληροφορίας • υψηλή αξιοπιστία • μικρή επιβάρυνση στην μετάδοση των δεδομένων • αυξημένη ασφάλεια • προστασία των πνευματικών

<p>MATA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • δεν παρέχει καμία εγγύηση για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών 	<p>(ii) η ενοποίηση των αιτημάτων καθώς τα μεταφέρει από κόμβο σε κόμβο</p> <ul style="list-style-type: none"> • αν και το RSVP έχει σχεδιασθεί για multicast εφαρμογές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για unicast εφαρμογές 	<p>δικαιωμάτων από την μεταφορά δεδομένων</p> <ul style="list-style-type: none"> • επεκτασιμότητα
--------------------	--	--	--

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 next-hop προς ένα προορισμό, ενώ το DVMRP κατασκευάζει τα δένδρα διανομής βασισμένο στην πληροφορία για το previous-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 χρησιμοποιείται για να επιταχύνει τον «graft» πίσω ενός προηγούμενως pruned κλαδιού ενός δένδρου διανομής σε περίπτωση που ένας νέος host σ' αυτό το κλαδί συνδεθεί με την multicast ομάδα. Όπως τα pruned 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
Κατώφλι	
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). Κάθε AS διαιρείται επιπλέον σε υποομάδες που καλούνται “areas”. 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 τον OSPF πληροφορία σύνδεσμο 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 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 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 κάποιος 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)

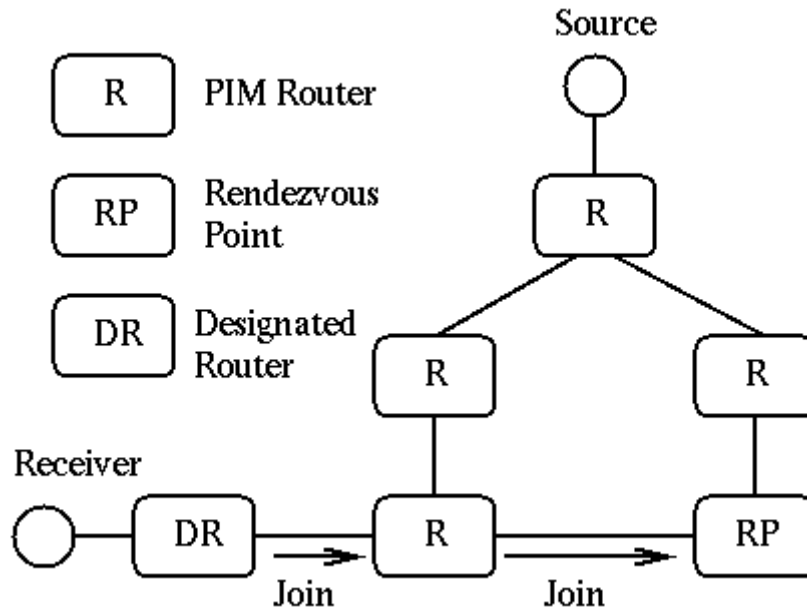
Το PIM-DM είναι πολύ όμοιο με το DVMRP και χρησιμοποιεί τον RPM αλγόριθμο για να μορφοποιήσει τα δένδρα διανομής. Ωστόσο, υπάρχουν κύριες διαφορές ανάμεσα σ’ αυτούς τους δύο αλγόριθμους. Αν και ο PIM-DM απαιτεί την παρουσία ενός unicast πρωτοκόλλου δρομολόγησης για την εύρεση διαδρομών πίσω στον κόμβο 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.

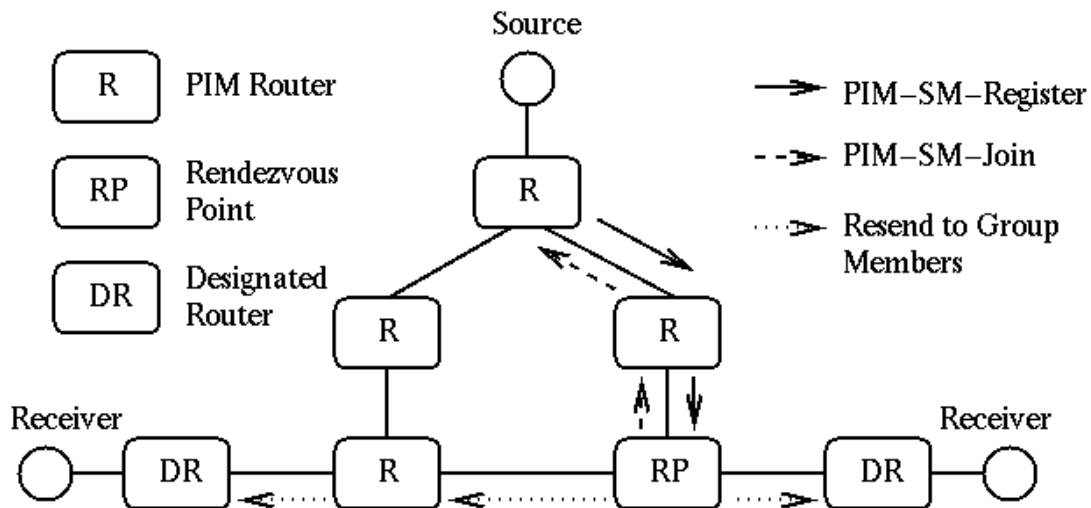
2.5.3.2 Protocol-Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM)

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 pruned 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 ενδιαμέσοι routers δημιουργούν μια καταχώρηση στο δικό τους multicast πίνακα προώθησης για το (*,ομάδα) ζευγάρι (* σημαίνει οποιαδήποτε πηγή) 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.



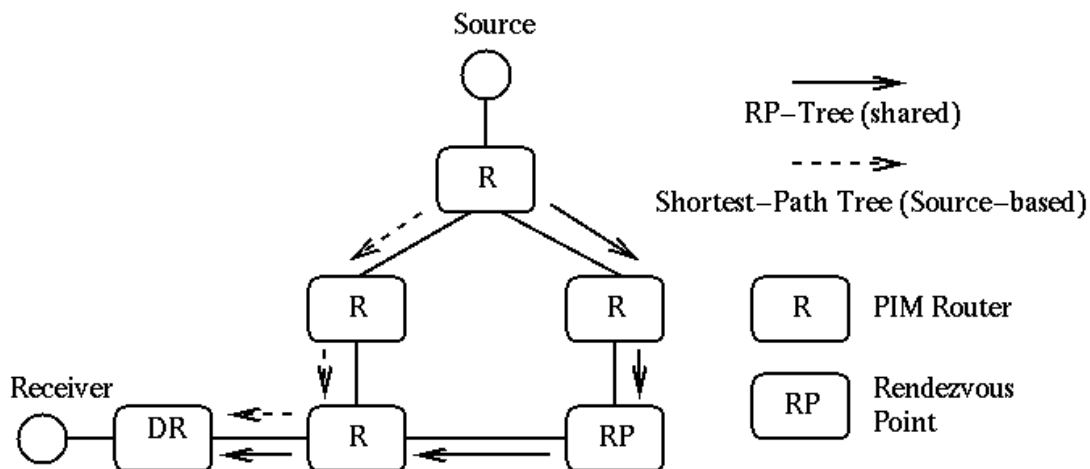
Σχήμα 2.9 Ένας host συμμετέχει σε multicast ομάδα.

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 ενδιαμέσων routers, όλα τα multicast μηνύματα θα προωθηθούν σαν συμπυκνωμένα unicast μηνύματα.



Σχήμα 2.10 Μια πηγή στέλνει σε multicast ομάδα.

Παρόλου 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 δένδρα 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 δένδρα 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.

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 site κάθε φορά. Το MBONE είναι μια χαλαρή ομοσπονδία 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

3.2.1 m-routers

Πρόκειται για σταθμούς εργασίας που τρέχουν το πρόγραμμα mrouted, 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 software 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.

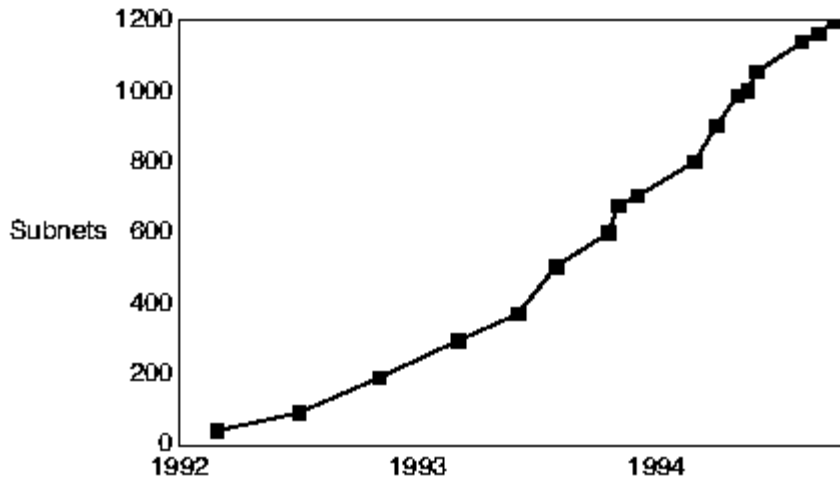
3.2.3 islands

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

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 πόσο 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.

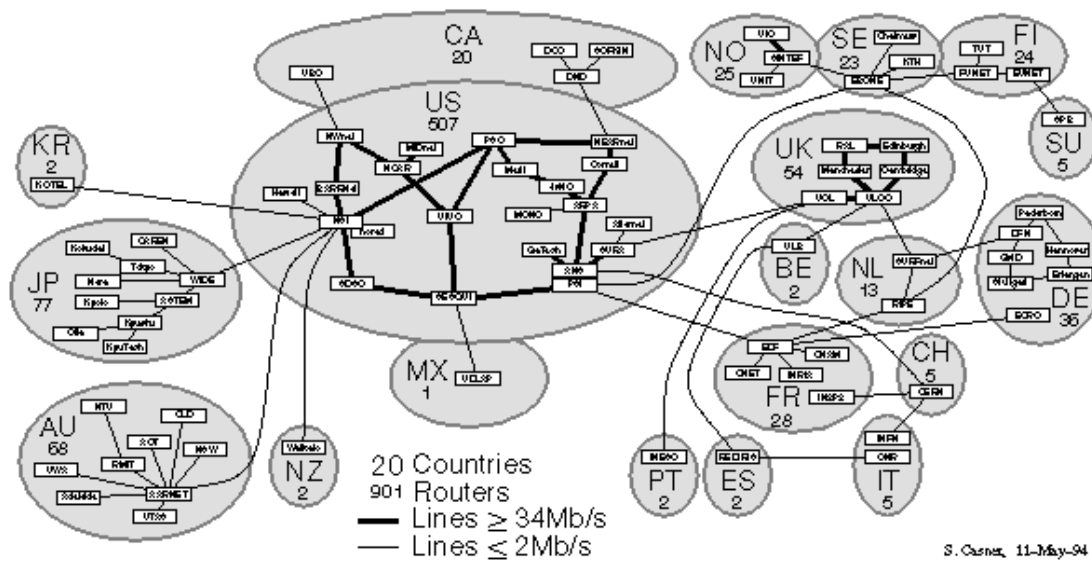
Βέβαια, το μέγεθος του MBONE συγκρινόμενο με αυτό του Internet είναι σχετικά μικρό. Υπολογίζεται, ότι πρόσβαση στο MBONE έχει σήμερα το 3,5% των ανθρώπων που έχουν πρόσβαση στο Internet. Αυτό το στατιστικό στοιχείο εκτιμάται ότι σε λίγο καιρό θα είναι άχρηστο, καθώς η υποστήριξη του multicasting από 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

Μέσα σε μία continent 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 mrouterd μηχανών που βρίσκονται κυρίως σε σημεία διασύνδεσης των backbone και των τοπικών δικτύων. Μερικά πλεονάζοντα tunnels μπορεί να οριστούν με ψηλότερα metrics 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. Μεταξύ των continents 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 χρήστη. 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 συνδεδασμένα 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 κάνεις 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 αρχίζουν να διατίθενται και για το Linux, λειτουργικό που όπως γνωρίζουμε τρέχει σε απλά PCs. Έτσι λοιπόν αφού εργαλεία για MBONE μπορούν να τρέξουν σε PCs με Linux, είναι μάλλον θέμα χρόνου να κυκλοφορήσουν 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, Mac ή Unix σταθμό εργασίας. 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 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.

Η πιο βολική πλατφόρμα που υποστηρίζει το πρόγραμμα mrouted είναι το Sun SPARCstation απλά και μόνο επειδή είναι η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του. Μία παλιότερη μηχανή (όπως το SPARC-1 ή IPC) παρέχει ικανοποιητική απόδοση όσο το fanout των tunnel είναι μεταξύ 5 με 10. Οι πλατφόρμες για τις οποίες υπάρχει διαθέσιμο software είναι οι εξής:

Μηχανή	Λειτουργικά συστήματα	Δικτυακό interface
Sun SPARC	SunOS 4.1.1, 2, 3	ie, le, lo
Vax - Microvax	4.3+ ή 4.3- tahoe	de, ge, lo
Decstation 3100, 5000	Ultrix 3.1c, 4.1, 4.2a	ln, se, lo
Silicon Graphics	All ship with multicast	

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 κοροϊδέσουμε 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 ποσό 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 σε 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 σε ένα 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 δυνατώτερη 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 υπάρξει 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 ποιός 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 κατηγορίες. Παρακάτω θα παρουσιαστούν 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, το SDR και το MMCC.

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 (NV, vat, 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

Το SDR αποτελεί ουσιαστικά τον απόγονο του SD. Το SDR έχει επεκτείνει το πρότυπο του SD κατά πολλούς τρόπους, ιδιαιτέρως 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.

3.5.3 Εργαλεία εικόνας

Τα κυριότερα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι τα: IVs, NV, VIC και Rendezvous.

3.5.3.1 Ivs

Το INRIA Videoconferencing System (IVs) είναι ένα πακέτο τηλεσυνδιασκέψεων με ήχο ή βίντεο για πλατφόρμες όπως οι FreeBSD, DEC, SunOS και Linux. Το IVs χρησιμοποιείται συνήθως για συμμετοχή στα σεμινάρια του MICE (Multimedia Integrated Conferencing for Europe). Προσφέρει βίντεο με ανάλυση 320*220 pixels στα 256 ή περισσότερα χρώματα με μία συμπίεση της τάξης του 20:1. Τέλος, οι επιπλέον απαιτήσεις σε υλικό είναι μικρές και εξαντλούνται σε μία κάμερα και μία κάρτα frame grabber.

3.5.3.2 Network video (NV)

Το network video (NV) πακέτο αναπτύχθηκε στο ερευνητικό κέντρο της Xerox στο Palo Alto. Το NV είναι ένα εργαλείο τηλεσυνδιάσκεψης που χρησιμοποιεί εξ ορισμού bandwidth 128 KBPS και προσφέρει βίντεο με 3 μέχρι 5 frames ανά δευτερόλεπτο.

3.5.3.3 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 προταρχικά προτεινόμενο ως μια εφαρμογή συνδιάσκεψης μεταξύ πολλών hosts. 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. Το ViC παρέχει μόνο το τμήμα του video για μία συνδιάσκεψη πολυμέσων. Μπορεί να διαλειτουργήσει και με τα NV και Ivs.

3.5.3.4 Rendez-vous

Το Rendez-vous είναι ένα νέο εργαλείο video συνδιάσκεψης που αναπτύχθηκε από μια ομάδα στο ίδρυμα INRIA, στα πλαίσια του προγράμματος Multimedia European Research Conferencing Integration (MERCRI). Υποστηρίζει πλήρως τη δομή του MBONE και είναι συμβατό με τα άλλα 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.

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 vat 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 vat 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 μίας συνδιάσκεψης να ξέρει ποιοι άλλοι ακούν το multicast session.

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

3.5.4.2 Robust Audio Tool (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 με έναν point-to-point τρόπο. 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. Άλλα γνωστά εργαλεία σ' αυτήν την κατηγορία είναι τα FreePhone και NeVoT.

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)

Το wb είναι ένα εργαλείο που δημιουργεί έναν διαμοιραζόμενο, εικονικό μαυροπίνακα στην οθόνη του υπολογιστή. 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 συντροφεύσουν τις εικόνες βίντεο που στέλνουν στο NV.

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.

3.5.7 Βοηθητικά εργαλεία

Υπάρχει μια ποικιλία από βοηθητικά εργαλεία που τρέχουν παράλληλα με τα παραπάνω. Τα περισσότερο 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.

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 τη 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.

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.

3.5.8.1 CU-SeeMe reflector για Macs

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν εφαρμογές για το MBONE στον Mac. Παρόλα αυτά είναι δυνατό μερικά γεγονότα του MBONE να παρακολουθηθούν μέσω ενός Mac χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα που ονομάζεται CU-SeeMe reflector.

Οι προϋποθέσεις για να είναι ένα γεγονός παρακολουθήσιμο σε Mac με τη βοήθεια του CU-SeeMe reflector είναι πολλές. Όμως από τη στιγμή που είναι το μοναδικό διαθέσιμο εργαλείο, η χρησιμοποίησή του επιβάλλεται παρά τα περιορισμούς του. Το μοναδικό παρήγορο στοιχείο είναι ότι διάφορες εφαρμογές για τον Mac είναι στα σκαριά.

Ας δούμε όμως τις προϋποθέσεις για να είναι ένα γεγονός παρακολουθήσιμο σε Mac με τη βοήθεια του CU-SeeMe reflector αναλυτικότερα : Πρώτο, ο reflector πρέπει να “προγραμματιστεί” ώστε να λαμβάνει κυκλοφορία από συγκεκριμένο γεγονός. Αυτό σημαίνει ότι ο reflector πρέπει να “επαναπρογραμματιστεί” κάθε φορά που θέλουμε να δούμε ένα άλλο γεγονός, ενώ φυσικά είναι αδύνατη η ταυτόχρονη παρακολούθηση περισσότερων από ένα γεγονότων αν διαθέτουμε ένα μηχάνημα. Δεύτερο, το βίντεο και ο ήχος πρέπει να έχει κωδικοποιηθεί από τη πηγή σε CU-SeeMe και DVI formát αντίστοιχα. Δυστυχώς, τα γεγονότα που ακολουθούν αυτό το format είναι λίγα. Αυτό το πρόβλημα αναμένεται να επιλυθεί στις επόμενες εκδόσεις του reflector με τη βοήθεια τεχνικών μετατροπής του format βίντεο και ήχου σε πραγματικό χρόνο.

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 διαχείριση 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.

Πρόθεσή μας 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 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 αποφασίζει 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 mrouter. Όσο περισσότερες τοποθεσίες αποκτούν εμπειρία με αυτή την δουλειά, ο αριθμός των τοποθεσιών που χρησιμοποιούν IP tunneling θα ελαττωθεί. Το IP tunneling χρησιμοποιώντας mrouter είναι ένα έξυπνο hack – αλλά συγκρινόμενο με το αληθινό multicasting είναι ένα σχετικά αναποτελεσματικό σύστημα.

3.7.2 Μετάβαση από το mrouter σε φυσικούς multicast δρομολογητές

Ένα άλλο πρόβλημα προέρχεται από αυτή την μετάβαση από το mrouter: χρησιμοποιώντας mrouter, 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 mrouter, αυτό δεν είναι το γεγονός σήμερα; σαν αποτέλεσμα, η ανάπτυξη μετώπου του φυσικού multicast δρομολόγησης έχει επιβραδυνθεί (έχει μειωθεί σε ταχύτητα).

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 αυξηθεί 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. Πριν 5 χρόνια τα links (σύνδεσμοι) που υπήρχαν ανάμεσα σ' όλη την χώρα του Καναδά εκτός της πρωτεύουσας αποτελούνταν από 56 Kbps συνδέσμους. Εκείνη την στιγμή, οι Ηνωμένες Πολιτείες είχαν αρχίσει να δουλεύουν με T1 links. Σήμερα, τα links που υπάρχουν ανάμεσα σ' όλη την χώρα του Καναδά εκτός της πρωτεύουσας έχουν αυξηθεί (αναβαθμιστεί) σε 45 Mbps ATM (Asynchronous Transfer Mode) links. Οι Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιούν επίσης ATM links, πολλαπλά T3 links, και τώρα, διαπολιτειακά (interstate) link οπτικών ινών. Επίσης 5 χρόνια πριν, ένα άτομο μπορούσε να συνδεθεί στο Internet από το σπίτι του ή το σπίτι της στην ταχύτητα των 9600 bps; σήμερα, αυτό το ίδιο άτομο μπορεί να συνδεθεί στο Internet μέσω ενός ISDN link (128 Kbps) στην ίδια περίπου τιμή. Στο πέρασμα του χρόνου, η χωρητικότητα των links αυξάνει; αντιστρόφως, η τιμή αυτών των links 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. 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 την αργή “βάρκα” 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 (εξελίσσονται), αυτά τα προβλήματα ελπίζουμε ότι θα εξαφανιστούν μακριά. Συγχρόνως, το MBONE είναι ένα χρήσιμο μέσο επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, μέρη. 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, επίσης δεν τρέχουν και set-uid.

Μία πιθανή εξαίρεση μπορεί να είναι το LBL whiteboard (wb) αφού περιέχει διερμηνευτή postsript. 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 ενδιάμεσοι 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 mouted 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 κάποιος 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 ανακύπτουν 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 spoofing. 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 cleartext ή στη χειρότερη περίπτωση το 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 IP SEC 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 σημαντικό overhead 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 SKIP (Simple Key-Management IP) είναι μια προσπάθεια του IETF για ασφαλή μετάδοση δεδομένων στο Internet. Δεν έχει τελειώσει ακόμα (είναι σε IETF draft και όχι σε RFC) αλλά στα πλαίσιά του γίνεται προσπάθεια να υποστηριχθεί και το Multicast.

Εφόσον το SKIP είναι σχήμα key-management οι απαιτήσεις που προκύπτουν (και που υπάρχουν οι σχετικές προτάσεις που τις καλύπτουν είναι):

- ◆ 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 σε 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 συζητούνται 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

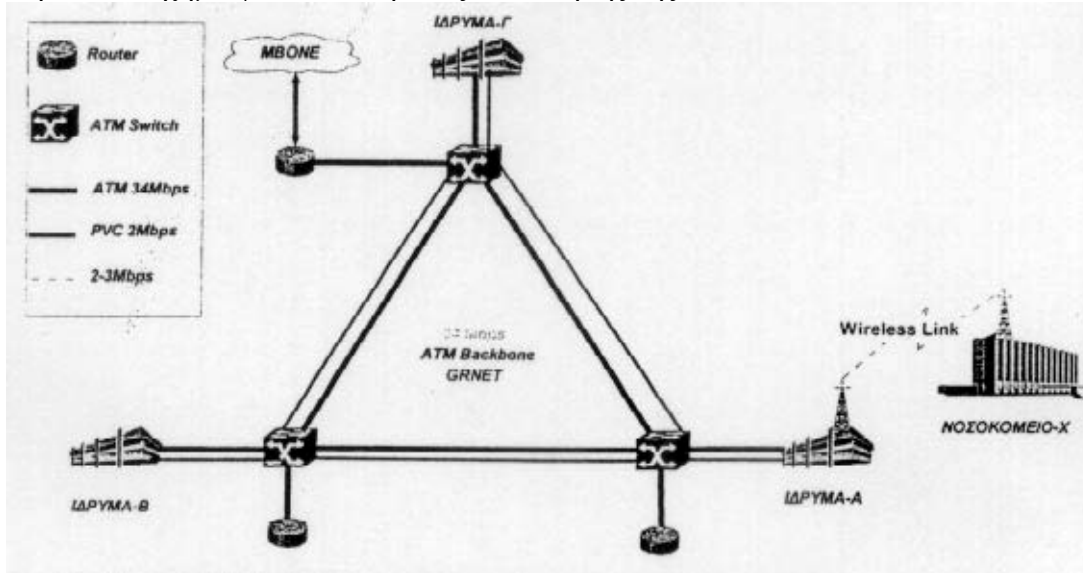
Σκοπός της εγκατάστασης ενός high quality MBONE, αποτελεί το γεγονός ότι στο μέλλον οι εφαρμογές οι οποίες θα περνούν πάνω από το MBONE, δεν θα είναι μόνο τύπου μιας απλής τηλεδιάσκεψης, αλλά τύπου εκπαίδευσης από απόσταση ή τηλεϊατρικής. Ιδιαίτερα, για την τελευταία αξίζει να τονίσουμε ότι πρόκειται 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. Σκοπός του ΕΔΕΤ είναι να διασυνδέει όλα τα Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Κέντρα της χώρας καθώς και τα τμήματα έρευνας και ανάπτυξης άλλων οργανισμών σε υψηλές ταχύτητες μετάδοσης και με αξιοπιστία ικανοποιώντας τις σύγχρονες απαιτήσεις για μετάδοση δεδομένων.

Το ΕΔΕΤ σε συνεργασία με μεγάλο αριθμό πανεπιστημίων της χώρας μας ξεκίνησε το project της παροχής MBONE στην Ελλάδα.

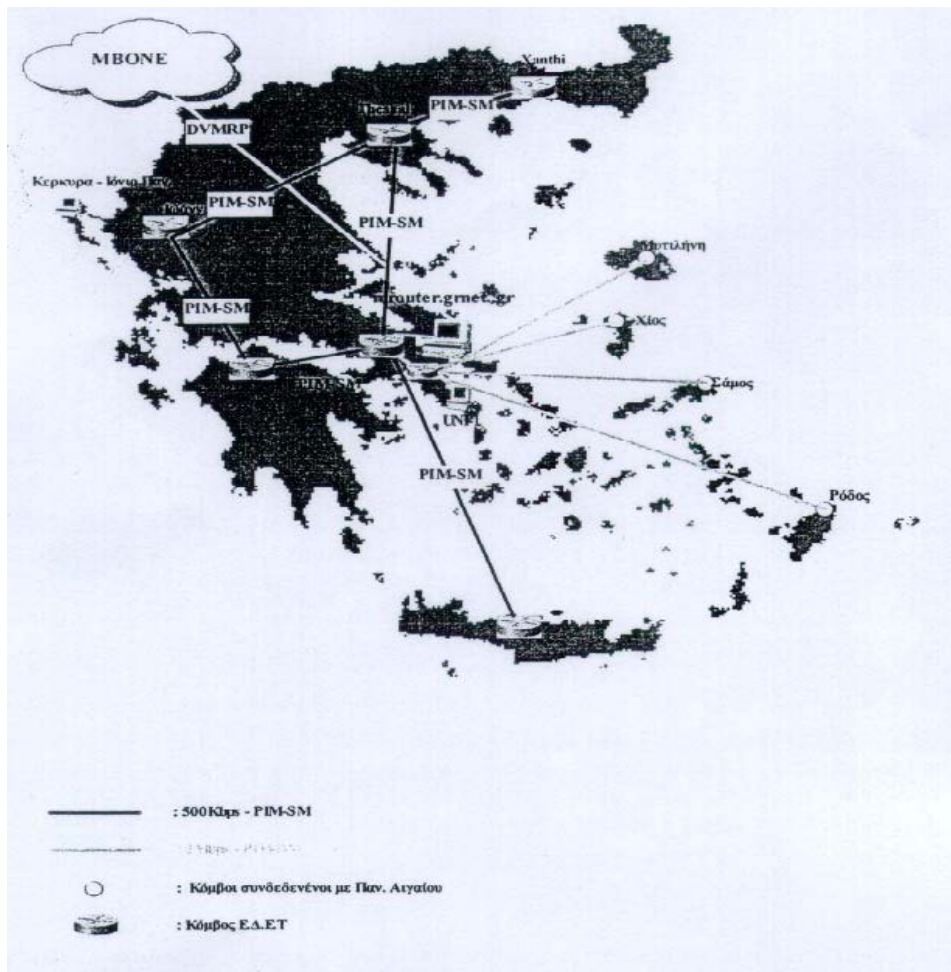
4.2.2 Επιλογή πρωτοκόλλου δρομολόγησης

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.
- (2) Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: είτε ορίζοντας κάποια κατώφλια τα οποία 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 κατωφλίου ου έχει ορισθεί, είτε ορίζοντας κάποιες περιοχές διαχειριστικής εμβέλειας (administrative scoring) πέρα από τις οποίες δεν θα μπορούν να περάσουν τα πακέτα (π.χ. μπλοκάροντας κάποιες συγκεκριμένες διευθύνσεις).

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 συνιθίζεται 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 είναι το ΕΔΕΤ (e-mail address adm@grnet.gr). 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. Με συνεννόηση αποφασίζεται αν θα οριστεί ένα tunnel από τον κεντρικό δρομολογητή multicast ή θα δοθεί κίνηση μέσω ενός ήδη συνδεδεμένου μέλους.

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 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.

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, Inc. οργάνωσε 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 low-end streams για ticker πληροφορία είτε όμοιο datacasting, είτε 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 (δες το επόμενο τμήμα), 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 Corp. και η RealNetworks δημιούργησαν ένα δίκτυο για multicasting streaming data που ονομαζόταν RealNetwork. Αρχικά σχεδιάστηκε 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 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 internetMCI backbone.

Όλο το hosted περιεχόμενο κατανέμεται στους χρήστες των άκρων μέσω των splitter sites. Ένα splitter site αποτελείται από ένα ειδικό σχεδιασμένο 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 οποιαδήποτε 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 1996. Το πιλοτικό δίκτυο εξασφαλίζει “bandwidth-on-demand” χρησιμοποιώντας την RSVP υποστήριξη και έξυπνα χαρακτηριστικά ουράς αναμονής που παρέχονται στο Cisco IOS έκδοση 11.2. Το πείραμα διεξήχθη σ’ ένα ξεχωριστό 1.544-Mbps IP δίκτυο. Στα τέλη του 1997, το BBN χρησιμοποιούνταν 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 εστιαστική 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, εμπεριέχοντας 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 εγγραφεί 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. Εισαγωγή στο Internet 2

5.1 Ιστορική αναδρομή στη δημιουργία του Internet.

Πριν από μερικά χρόνια οι αρχικές επενδύσεις του δικτύου του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών των Η.Π.Α (National Science Foundation Network - NSFNet) άνοιξαν το δρόμο για ακόμα μεγαλύτερες επενδύσεις στη δικτυακή δομή των πανεπιστημίων. Αυτές οι επενδύσεις από την εκπαιδευτική κοινότητα καθώς και μερικούς κρατικούς, πολιτειακούς και εταιρικούς συνεταιίρους έγιναν για να εμπλουτίσουν την εθνική ερευνητική δομή. Ωστόσο, πολύ σύντομα ήρθε ως απόρροια η εμφάνιση χρήσιμων και ευρέως χρησιμοποιούμενων εφαρμογών στη διεθνή ακαδημαϊκή κοινότητα. Αποτέλεσμα αυτού ήταν το πρώτο γενικής χρήσης (παγκόσμιο) Internet. Πολύ σύντομα το Internet έγινε ένα ολοκληρωμένο σύνολο από δικτυακούς πόρους και υπηρεσίες βασισμένες σε συγκεκριμένα στάνταρ και προσφερόμενες από μια σειρά ανταγωνιστικών παρόχων σε ένα περιβάλλον που τώρα παρουσιάζει στοιχεία μιας οργανωμένης αγοράς. Ο World Wide Web (WWW) και οι browsers που τον υπηρετούν έχουν τις ρίζες τους στις ερευνητικές και ακαδημαϊκές κοινότητες, ενώ έφεραν το Internet στη σημερινή επαναστατική κατάστασή του, τόσο ως κοινωνικό όσο και ως οικονομικό φαινόμενο.

5.2 Σημερινή κατάσταση και ανάγκη για ένα νέο Internet.

Οι σημερινές διασημότερες εφαρμογές του Internet ακολούθησαν την εξέλιξη και την έρευνα οι οποίες περιέβαλαν αυτή καθ' εαυτή την τεχνολογία του Δικτύου. Όμως τα σημερινά δεδομένα είναι αρκετά διαφορετικά. Οι δικτυακές εφαρμογές τραβούν ολοένα περισσότερο την προσοχή όσων βλέπουν το Internet ως μέσο για οικονομική ανάπτυξη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχει ήδη χαθεί ο αρχικός ακαδημαϊκός χαρακτήρας του Internet.

Για το 1998 υπολογίστηκε ότι περισσότερα από ογδόντα εκατομμύρια άτομα, σε ολόκληρο τον πλανήτη, είχαν πρόσβαση στο Internet. Ο παραπάνω αριθμός είναι αρκετά εντυπωσιακός αλλά και συνεχώς αυξανόμενος. Έτσι δημιουργείται το ερώτημα που θα οδηγήσει η παραπάνω τάση. Σε κατάρρευση του Δικτύου ή σε πλήρη αναμόρφωσή του;

Παράλληλα η έλλειψη bandwidth και προηγμένης δικτυακής τεχνολογίας κατ' επέκταση, προκαλούν καθυστέρηση στη δημιουργία εφαρμογών οι οποίες απαιτούν υψηλή απόδοση σε δικτυακές υπηρεσίες.

Η ανάγκη λοιπόν να αναπτυχθεί η υπάρχουσα τεχνολογία του Internet προκειμένου να αναπτυχθούν καινούριες ζωτικής σημασίας εφαρμογές για την έρευνα και τους εκπαιδευτικούς στόχους της ανώτατης εκπαίδευσης (κατά πρώτο λόγο), οδηγεί στο σχεδιασμό του καινούριου Internet, μιας δεύτερης "**βελτιωμένης**" έκδοσης του Διαδικτύου, με την επωνυμία **Internet2**.

5.3 Τι είναι το Internet2.

Την 1η Οκτωβρίου του 1996, ένας μεγάλος αριθμός Αμερικανικών Πανεπιστημίων δημιούργησαν το Internet2 project, με πρωταρχικό σκοπό να αναπτυχθεί μια νέα γενιά δικτυακών εφαρμογών, οι οποίες θα υποστηρίζουν τις καινούριες ανάγκες και απαιτήσεις στην επιστημονική έρευνα και διδασκαλία.

Αναλυτικά το Internet2 αποτελεί προσπάθεια περισσότερων από 150 αμερικάνικων πανεπιστημίων (ο αριθμός αυτός συνεχώς αυξάνεται καθημερινά αφού όλο και περισσότερα πανεπιστήμια γίνονται μέλη του Internet2 project), με σκοπό την ανάπτυξη της καινούριας γενιάς δικτυακών εφαρμογών, οι οποίες θα διευκολύνουν την έρευνα και τους εκπαιδευτικούς σκοπούς των πανεπιστημίων.

Σε κάθε μέλος-πανεπιστήμιο μια ομάδα ατόμων αποτελούμενη από software developers και μηχανικούς, εργάζεται για τη δημιουργία εφαρμογών που θα αξιοποιήσουν το Internet2. Ταυτόχρονα κάθε ομάδα οργανώνει τις προσπάθειές της με τις αντίστοιχες ομάδες των υπολοίπων πανεπιστημίων. Εδώ θα μπορούσαμε να ορίσουμε επιγραμματικά τους βασικούς στόχους-επιδιώξεις του Internet2:

- δημιουργία ενός νέου δικτύου για την εθνική ερευνητική κοινότητα
- ανάπτυξη μιας καινούριας γενιάς εφαρμογών και υπηρεσιών
- μεταφορά των υπηρεσιών και εφαρμογών πέρα από την πανεπιστημιακή κοινότητα στην ευρύτερη κοινότητα του Internet

Τα πρωτοποριακά πανεπιστήμια βλέπουν ότι το ανεπτυγμένο networking αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τους διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς τους και το Internet2 προσφέρει το πλαίσιο για να ενοποιηθούν αυτά τα δύο. Το πρόγραμμα θα εκτοξεύσει αυτομάτως το multimedia broadband networking και θα βοηθήσει τα μέλη-πανεπιστήμια να ανταποκριθούν στις αυξανόμενες ανάγκες παραγωγικότητας.

Με το Internet2 επίσης συνεργάζονται εταιρείες που ασχολούνται με το computer networking καθώς και μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί, ούτως ώστε να διασφαλιστεί ότι οι δημιουργίες για το Internet2 σκοπεύουν στη βελτίωση όλων των δικτύων υπολογιστών αλλά και του υπάρχοντος Internet. (Σε επόμενη παράγραφο γίνεται λεπτομερής αναφορά τόσο στα συμμετέχοντα πανεπιστήμια όσο και σε άλλους οργανισμούς κυβερνητικούς ή ιδιωτικούς που ασχολούνται με το Internet2).

Το Internet2 προσφέρει το πλαίσιο για την ανάπτυξη των εργαλείων, των εφαρμογών και του απαραίτητου δικτύου για να συνδεθούν τα μέλη μεταξύ τους. Το Internet2 βασίζεται στη δημιουργία πρωτοποριακών εφαρμογών όπως είναι: η **τηλεϊατρική**, οι **ψηφιακές βιβλιοθήκες**, τα **εικονικά εργαστήρια** κ.ά. Φυσικά το απαραίτητο network engineering για τη λειτουργία τους θα αναπτυχθεί παράλληλα με αυτές τις εφαρμογές και αποτελεί μέρος της εργασίας κάποιων πανεπιστημίων για το Internet2 project.

5.4 Τα οφέλη του Internet2.

Εκτός του ότι τα δίκτυα που θα χρησιμοποιηθούν για το Internet2 θα είναι πολύ γρηγορότερα, οι εφαρμογές που δημιουργήθηκαν θα αξιοποιήσουν ένα ολόκληρο σύνολο εργαλείων δικτύου, τα οποία προς το παρόν δεν υπάρχουν. Παράδειγμα ενός τέτοιου εργαλείου είναι οι λεγόμενες "εγγυήσεις ποιότητας των υπηρεσιών" (Quality of Service – QoS). Όπως έχουν τώρα τα πράγματα, όλες οι πληροφορίες του Internet που περνούν στο δίκτυο από τον ένα υπολογιστή στον άλλο παίρνουν την ίδια προτεραιότητα. Το Quality of Service όμως παρέχει τη δυνατότητα στις εφαρμογές να ζητούν συγκεκριμένο bandwidth ή προτεραιότητα. Αυτό θα επιτρέπει σε δύο υπολογιστές που θα τρέχουν εφαρμογές όπως το Tele-Immersion να επικοινωνούν μεταξύ τους με μεγάλες ταχύτητες οι οποίες απαιτούνται για αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, μια λιγότερο απαιτητική εφαρμογή όπως είναι το WWW θα χρησιμοποιεί μόνο όση ταχύτητα σύνδεσης απαιτείται για την ομαλή λειτουργία του. Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι η διαφορά στην ταχύτητα θα προσφέρει πολύ περισσότερα από ένα γρηγορότερο WWW. Το όραμα της ύπαρξης ενός δικτύου εκατό ή χίλιες φορές ταχύτερου από ότι σήμερα θα δημιουργήσει εφαρμογές που θα αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι εργάζονται και αλληλεπιδρούν μέσω των υπολογιστών. Εφαρμογές όπως το Tele-Immersion και οι ψηφιακές βιβλιοθήκες θα αλλάξουν όσες μεθόδους χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να μάθουν, να επικοινωνούν και να συνεργάζονται με τους υπολογιστές.

Ακόμα οι αναμενόμενες δυνατότητες περιλαμβάνουν πρόσβαση σε γενικότερες ευρέως γνωστές βάσεις δεδομένων και σε μηχανήματα συνδεδεμένα σε απομακρυσμένα δίκτυα, με τη δυνατότητα της ανάλυσης των data streams τους ακόμα και με αλληλεπίδραση. Με την ελαχιστοποίηση των εμποδίων της περιορισμένης υπολογιστικής δύναμης και του bandwidth η ανάλυση που τώρα πραγματοποιείται off-line θα μπορεί να γίνεται σε αλληλεπίδραση με το Internet2.

Για παράδειγμα ερευνητές θα μπορούν να επεξεργαστούν τα δεδομένα από τις διάφορες κοινωνικές και φυσικές επιστήμες. Αυτές οι εξελιγμένες υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ανάπτυξη texts. Έτσι οι ερευνητές μπορούν με αλληλεπίδραση να πραγματοποιούν αναλύσεις σε ψηφιακές βιβλιοθήκες και να ψάχνουν στοιχεία που βρίσκονται διεσπαρμένα σε ποικίλα sites.

Πιθανόν οι πιο συναρπαστικές δυνατότητες θα είναι αυτές που θα δημιουργηθούν όταν το Internet2 θα έχει ήδη ξεκινήσει τη λειτουργία του. (Σε επόμενο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής αναφορά στις εφαρμογές του Internet2 και στα πλεονεκτήματα που αυτές εισάγουν για τους χρήστες του δικτύου).

5.5 Θα αντικατασταθεί το σημερινό Internet από το Internet2;

Το Internet2 δε θα αντικαταστήσει το υπάρχον Internet, ούτε έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός νέου δικτύου. Αρχικά θα χρησιμοποιεί τα υπάρχοντα εθνικά δίκτυα όπως αυτό του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών των Η.Π.Α (National Science Foundation Network - NSFNet) το οποίο ονομάζεται very high speed Backbone Network Service (vBNS). Στο τελικό στάδιο το Internet2 θα χρησιμοποιεί αλλά δίκτυα υψηλής ταχύτητας για να συνδέει τα μέλη του μεταξύ τους αλλά και με άλλους ερευνητικούς οργανισμούς. Μέρος της αποστολής του Internet2 είναι να διαβεβαιώνει ότι η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία –τόσο από πλευράς software όσο και από πλευράς hardware- θα βασίζεται σε ανοιχτά standards και θα είναι ανοιχτή σε όλους, συμπεριλαμβανομένων των δημοσίων δικτύων και των παρόχων υπηρεσιών Internet (ISPs). Το Internet2 δεν πρόκειται να αντικαταστήσει τις τωρινές υπηρεσίες Internet για τα μέλη του, ούτε και για τους άλλους οργανισμούς και τους ιδιώτες. Τα μέλη έχουν ήδη αποφασίσει να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν τις υπάρχουσες υπηρεσίες Internet για όλο το network traffic που δε σχετίζεται με το Internet2. Άλλοι οργανισμοί και ιδιώτες θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούν τις υπάρχουσες υπηρεσίες Internet από τους παρόχους, όπως είναι το e-mail, ο World Wide Web και τα newsgroups. Το Internet2 δίνει τον τρόπο για να παρουσιαστεί η επόμενη γενιά δικτυακών εφαρμογών, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για να αναβαθμίσουν τα υπάρχοντα δίκτυα.

5.6 Εφαρμοσιμότητα του Internet2.

Σύμφωνα με όσα έχουν ήδη αναφερθεί για το Internet2, γίνεται σαφές ότι θα ανατείλει μια καινούρια εποχή τόσο γύρω από τις δικτυακές εφαρμογές όσο και γύρω από τον τρόπο που οι άνθρωποι εργάζονται και επικοινωνούν στο δίκτυο. Τίθεται λοιπόν εύλογα το ερώτημα στο κατά πόσο οι εφαρμογές του Internet2 είναι εφικτό να υποστηριχθούν από τη σημερινή δομή των συνδέσεων του Internet.

Με τις προοπτικές αυτών των εφαρμογών όσα πανεπιστήμια συμμετέχουν στο Internet2 project έχουν συνειδητοποιήσει τις δυνατότητες που αυτό προσφέρει στο μέλλον της ανώτατης εκπαίδευσης και είναι αποφασισμένα να το εκμεταλλευτούν για το καλό όλης της εκπαιδευτικής κοινότητας.

Παρόλα αυτά τα ίδια ιδρύματα συνειδητοποιούν ότι οι υποσχέσεις αυτών των επενδύσεων δε θα έχουν απολύτως κανένα όφελος αν οι προχωρημένες δικτυακές υπηρεσίες που χαρακτηρίζουν το Internet2 δεν επεκταθούν σε όλη την ανώτατη εκπαίδευση, τα δημόσια σχολεία, τον εργασιακό χώρο αλλά και ειδικότερα στο σπίτι του καθενός χρήστη του δικτύου. Μόνο τότε θα εκλείψουν τα περιοριστικά όρια της αίθουσας, της βιβλιοθήκης και του εργαστηρίου και θα δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την εξ αποστάσεως διδασκαλία. Αυτό αποτελεί έναν από τους κυριότερους λόγους για τους οποίους το Internet2 είναι δεσμευμένο στην αμφίδρομη μεταφορά τεχνολογίας ανάμεσα στα συμμετέχοντα ιδρύματα και τις πολλές, εμπορικές και μη, κερδοσκοπικές οργανώσεις που δουλεύουν για να επηρεάσουν το μέλλον του Internet2.

Οι τεχνικές προδιαγραφές του Internet2 κάνουν λόγο για δικτυακές υπηρεσίες που χρησιμοποιούν bandwidth ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες τους, σύμφωνα με τις Quality of Service εγγυήσεις καθώς και με τους προχωρημένους τύπους χρησιμότητας (π.χ. ενοποίηση υπηρεσιών για φωνή, video, τηλεμετρία και δεδομένα.)

Επειδή οι εφαρμογές που αναπτύσσονται -συνολικά ή κατά μέρος- δεν είναι εφικτό να υποστηριχθούν από τη σημερινή δομή των συνδέσεων μεταξύ όσων Ιδρυμάτων συμμετέχουν στο πρόγραμμα, συχνά απαιτούνται Intranet Services που δε βρίσκονται εύκολα. Επίσης πολλές από αυτές τις εφαρμογές απαιτούν σταθμούς εργασίας και δυνατότητες των λειτουργικών συστημάτων που δεν είναι ευρέως διαθέσιμες. Γι' αυτό στη δημιουργία των εφαρμογών πρέπει να υιοθετηθεί μια αρχιτεκτονική μέθοδος που να προωθεί τις παρεμφερείς υπηρεσίες τις στρατηγικές και τις μεθοδολογίες δημιουργίας έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι απαιτητικές εφαρμογές που τροφοδοτούν το Internet2. (Σε επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο τεχνολογικό υπόβαθρο του Internet2 -πρωτόκολλα και άλλα χαρακτηριστικά- και πώς αυτό αναπτύσσεται ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή σε λίγα χρόνια και πέρα από τα όρια της πανεπιστημιακής κοινότητας).

6. Δημιουργία και Ανάπτυξη του Internet2.

6.1 Ποιοι συμμετέχουν.

Οι βασικοί συντελεστές του Internet2 μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες 3 κατηγορίες:

- Πανεπιστήμια
- Κρατικοί φορείς - Κυβέρνηση των Η.Π.Α
- Εταιρείες και βιομηχανικοί παράγοντες

Τα πανεπιστήμια έχουν μοναδικά προσόντα για να παίξουν τον κυριότερο λόγο στη δημιουργία του Internet2: κατέχουν τόσο τη ζήτηση για τους τύπους των εφαρμογών που υποστηρίζει το Internet2, όσο και την παροχή των απαραίτητων ταλέντων για την πραγματοποίηση του εγχειρήματος. Οι αυξανόμενες ανάγκες στα πανεπιστήμια για την έρευνα και τους εκπαιδευτικούς σκοπούς απαιτούν τη συνεργασία του επιστημονικού προσωπικού, καθώς και τη χρήση του hardware που βρίσκεται διεσπαρμένο στα διάφορα πανεπιστήμια των Η.Π.Α. Την ίδια στιγμή το σύνολο του δικτύου των υπολογιστών και της εξειδίκευσης στα πανεπιστήμια-μέλη του Internet2 είναι αξεπέραστο. Τα πανεπιστήμια διαθέτουν μακρά ιστορία όσον αφορά τη δημιουργία και τη λειτουργία ερευνητικών δικτύων προχωρημένης τεχνολογίας. Αυτός ο συνδυασμός των αναγκών και διατιθέμενων πόρων παρέχει ένα τέλειο υπόβαθρο για τη δημιουργία της επόμενης γενιάς δικτυακών εφαρμογών.

Για να εξασφαλιστεί ότι ο στόχος της μεταφοράς της τεχνολογίας Internet2 στον υπάρχοντα δικτυακό κόσμο έχει επιτευχθεί και για να χρησιμοποιηθεί ο μεγάλος αριθμός ειδικών εκτός της πανεπιστημιακής κοινότητας, το Internet2 δουλεύει με κυβερνητικές επιτροπές, ιδιωτικές επιχειρήσεις και μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς που έχουν την εμπειρία και το know-how στη δημιουργία δικτύων υπολογιστών. Αυτοί οι οργανισμοί παρέχουν στα πανεπιστήμια-μέλη του Internet2 πόρους και ειδικευση. Επιπλέον παρέχουν ένα κανάλι του προγράμματος με τον έξω κόσμο όσον αφορά στα στοιχεία που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, ώστε η τεχνολογία Internet2 να μεταβεί στα ευρέως χρησιμοποιούμενα δίκτυα.

Αν κάποιος είναι μέλος πανεπιστημίου, μη κερδοσκοπικής οργάνωσης η οποία ασχολείται με δικτύωση ή εταιρείας η οποία ενδιαφέρεται να ασχοληθεί με το Internet2, μπορεί ως πρώτο βήμα να επισκεφθεί το site του Internet2 στη διεύθυνση <http://www.internet2.edu>, όπου υπάρχουν πληροφορίες για το πως θα γίνει μέλος. Όσον αφορά τους μεμονωμένους ιδιώτες, αυτοί μπορούν να λαμβάνουν πληροφορίες για τα πρόσφατα επιτεύγματα του Internet2 μέσω του ηλεκτρονικού newsletter. Εκπρόσωποι της έντυπης δημοσιογραφίας μπορούν να λαμβάνουν πληροφορίες μέσω των Internet2 news releases.

Το Internet2 είναι το ερευνητικό και εκπαιδευτικό δίκτυο μέσω του οποίου ομάδες των μελών-ιδρυμάτων συνδέονται μεταξύ τους. Η σύνδεση σε αυτό όπως γίνεται με το Internet, δηλαδή μέσω ενός παρόχου υπηρεσιών Internet ή μέσω κάποιου εταιρικού δικτύου, δεν είναι εφικτή. Το Internet2 δεν αποτελεί απλώς ένα ξεχωριστό ή ιδιωτικό δίκτυο για το οποίο απαιτείται ειδική dial-up σύνδεση ,ενώ δεν παρέχει links σε υπηρεσίες όπως ο World Wide Web ή το e-mail.

Στο Internet2 συμμετέχουν τα ακόλουθα Πανεπιστήμια και εταιρείες:

6.1.1 Internet2 Universities

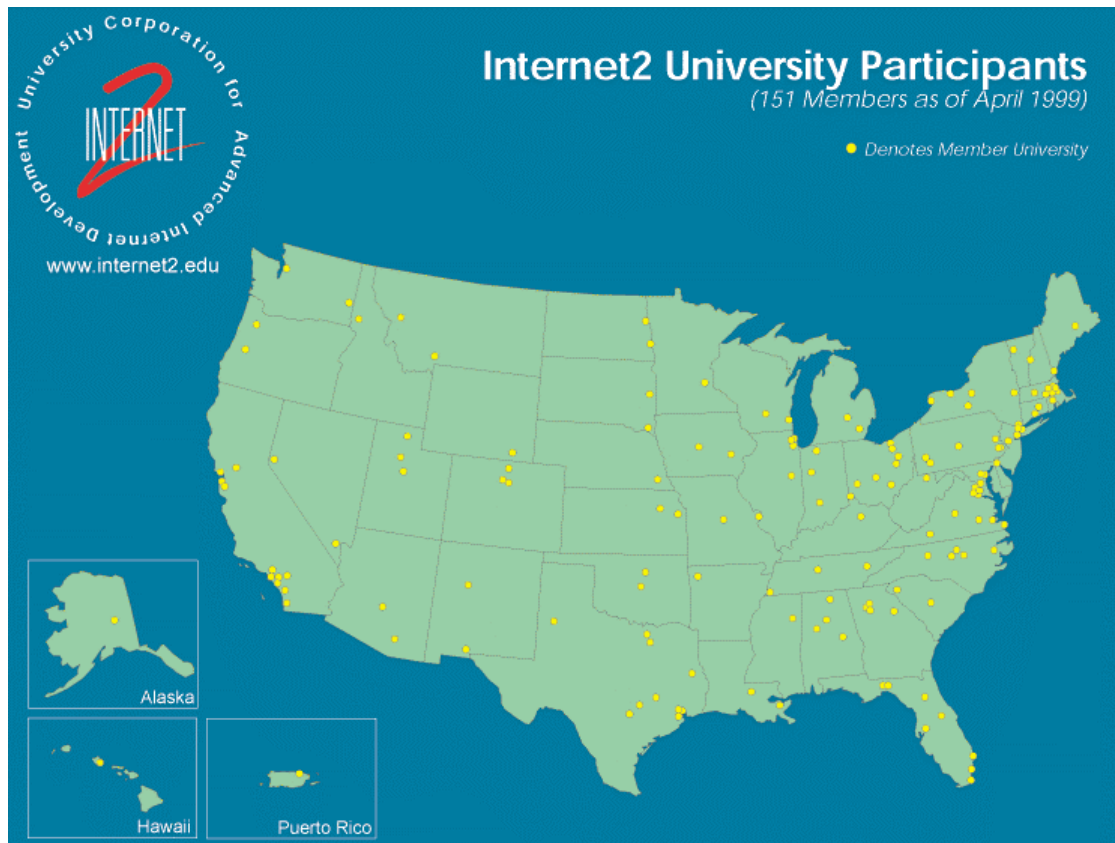
(154 Members – April 1999)

Arizona State University	Harvard University	Purdue University, Main
Auburn University	Indiana University	Campus
Baylor College of	Iowa State University	Rensselaer Polytechnic
Medicine	Johns Hopkins University	Institute
Boston University	Kansas State University	Rice University
Brigham Young	Kent State University	Rutgers University
University	Lehigh University	South Dakota State
Brown University	Louisiana State	University
California Institute of	University, A&M	South Dakota School of
Technology	College	Mines & Technology
California State	Massachusetts Institute of	Southern Methodist
University-System	Technology	University
Carnegie Mellon University	Michigan State	Stanford University
Case Western Reserve	University	State University of New
University	Mississippi State	York, Buffalo
Clemson University	University	Stephen F. Austin State
College of William and	Montana State	University
Mary	University, Bozeman	Syracuse University
Colorado State University	New Jersey Institute of	Texas A & M University
Columbia University	Technology	Texas Tech University
Cornell University	New Mexico State	Tufts University
Dartmouth College	University	Tulane University
Drexel University	New York University	University of Akron
Duke University	North Carolina State	University of Alabama,
East Carolina University	University	Birmingham
Emory University	North Dakota State	University of Alabama,
Florida A & M University	University	Huntsville
Florida Atlantic	Northeastern University	University of Alabama,
University	Northwestern University	Tuscaloosa
Florida International	Ohio State University,	University of Alaska
University	Main Campus	University of Arizona
Florida State University	Ohio University	University of Arkansas
Gallaudet University	Oklahoma State	University of California,
George Mason University	University	Berkeley
George Washington	Old Dominion University	University of California,
University	Oregon State University	Davis
Georgetown University	Pennsylvania State	University of California,
Georgia Institute of	University	Irvine
Technology	Portland State University	University of California,
Georgia State University	Princeton University	Los Angeles

University of California,
Office of the President
University of California,
Riverside
University of California,
San Diego
University of Central
Florida
University of Chicago
University of Cincinnati
University of Colorado,
Boulder
University of Colorado,
Denver
University of Connecticut
University of Delaware
University of Florida
University of Georgia
University of Hawaii
University of Houston
University of Idaho
University of Illinois,
Chicago
University of Illinois,
Urbana-Champaign
University of Iowa
University of Kansas
University of Kentucky
University of Maine
University of Maryland
University of Maryland,
Baltimore County
University of
Massachusetts, Amherst
University of Memphis
University of Miami
University of Michigan
University of Minnesota
University of Missouri
University of Montana
University of Nebraska,
Lincoln
University of Nevada,
Las Vegas
University of Nevada,
Reno

University of New
Hampshire
University of New
Mexico
University of North
Carolina, Chapel Hill
University of North
Dakota
University of North
Texas
University of Notre Dame
University of Oklahoma
University of Oregon
University of
Pennsylvania
University of Pittsburgh
University of Puerto Rico
University of Rochester
University of South
Carolina, Columbia
University of South
Dakota
University of South
Florida
University of Southern
California
University of Tennessee,
Knoxville
University of Texas,
Austin
University of Texas
Southwestern Medical
Center at Dallas
University of Utah
University of Vermont
University of Virginia
University of Washington
University of Wisconsin,
Madison
University of Wisconsin,
Milwaukee
University of Wyoming
Utah State University
Vanderbilt University
Virginia Commonwealth
University

Virginia Polytechnic
Institute
Wake Forest University
Washington State
University
Washington University,
Saint Louis
Wayne State University
West Virginia University
Worcester Polytechnic
Institute
Wright State University
Yale University



Τι συμβαίνει με τα εκπαιδευτικά ιδρύματα τα οποία δεν είναι μέλη του Internet2;

Η συμμετοχή στο Internet 2 είναι ανοικτή σε κάθε πανεπιστήμιο το οποίο υπόσχεται δραστηριότητες που θα πραγματοποιηθούν μέσα στον πανεπιστημιακό χώρο και οι οποίες θα επιτρέψουν την προοδευτική ανάπτυξη εφαρμογών μέσα στο δικό του ακαδημαϊκό χώρο. Οι επενδύσεις επιτρέπουν σε όλο και περισσότερα ιδρύματα που έχουν τις δυνατότητες να καταφέρουν να αντεπεξέλθουν στις οικονομικές απαιτήσεις. Όπως και να έχει, το Internet2 προτίθεται να μεταφέρει γρήγορα τις καινοτομίες του σε μια ευρύτερη δικτυακή κοινωνία. Το τεχνολογικό κόστος που απαιτείται για την υλοποίηση του Internet 2 θα ισομοιράζεται ανάμεσα στα συμμετέχοντα Πανεπιστήμια. Πολλά χρόνια πριν, η σύνδεση με το Internet ήταν τόσο ακριβή όσο η συμμετοχή στο Internet2 σήμερα. Όσο το κόστος της τεχνολογίας μειώνεται, οι προσπάθειες των αρχικών συνεργατών στη δικτυακή έρευνα επεκτείνονται ώστε η τεχνολογία να φτάσει σε ολόκληρη την ακαδημαϊκή κοινότητα. Η ανάπτυξη της Internet 2 τεχνολογίας θα ακολουθήσει ένα παρόμοιο πρότυπο.

6.1.2 Corporate Partners

Corporate partners, σπόνσορες και μέλη έχουν μαζί υποσχεθεί πάνω από 30 εκατομμύρια δολάρια για την υποστήριξη του Internet2 project. Τα πανεπιστημιακά μέλη συνεργάζονται μαζί με corporate partners για να αναπτύξουν τις δικτυακές εφαρμογές που θα απαιτηθούν κατά τις ερευνητικές και εκπαιδευτικές προκλήσεις του επόμενου αιώνα.

Ο εμπορικός τομέας λαμβάνει μέρος στο Internet2 project ως ένας πλήρης συνεργάτης σε αυτό το project και θα ευεργετηθεί από τις εφαρμογές και την τεχνολογία που αναπτύσσεται από τα μέλη του Internet 2. Περισσότερες από έξι εταιρείες έχουν υποσχεθεί συνολικά περισσότερα από 5 εκατομμύρια δολάρια ως δωρεές στο project, σε χρήματα και σε υλικά. Το Internet 2 δεν θα αντικαταστήσει το Internet. Πράγματι ο δικός του στόχος είναι να βελτιώσει το σύγχρονο Internet. Όπως ο Παγκόσμιος Ιστός είναι η κληρονομιά από τις πρόσφατες ανακαλύψεις στην ακαδημαϊκή και ομοσπονδιακή έρευνα στα δίκτυα, η κληρονομιά του Internet 2 θα είναι τεχνολογικά αποδεκτή όχι μόνο από τα πανεπιστήμια, αλλά και από τον εμπορικό τομέα. Τα πανεπιστήμια συνεχίζουν να βιώνουν ουσιώδη ανάπτυξη στην χρήση των υπάρχουσών Internet συνδέσεων, τις οποίες θα συνεχίσουν να αποκτούν από τους εμπορικούς χορηγούς.

6.1.3 Corporate Sponsors

Οι Corporate Sponsors υποστηρίζουν το project με συνεισφορές χρηματοδοτώντας τις εφαρμογές του Internet2 και τις υπηρεσίες δικτύου.

6.1.4 Affiliate Members

Affiliate Members του Internet2 είναι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί που ενισχύουν το ενδιαφέρον της πανεπιστημιακής κοινότητας στην προώθηση των αναπτυσσόμενων εφαρμογών του Internet2 και των υπηρεσιών δικτύου.

Στο Internet2 συμμετέχουν οι ακόλουθοι Corporate Partners, Corporate Sponsors και Affiliate Members:

Corporate Partners

3Com
Advanced Network & Services
Ameritech
AT&T
Cabletron Systems
Cisco Systems
FORE Systems
IBM
ITC^Deltacom
Lucent Technologies
MCI Worldcom
Microsoft
Newbridge Networks
Nortel Networks
Packet Engines
Qwest Communications
StarBurst Communications
WCI Cable
Xylan

Corporate Sponsors

Bell South
Ericsson (formerly Torrent Networking Technologies)
Litton Network Access Systems
Novell
SBC Technology Resources
StorageTek

Corporate Members

Alcatel Telecom
Apple Computers, Inc.
AppliedTheory Communications Inc.
Bell Atlantic
British Telecommunications
Compaq
Deutsche Telekom
Fujitsu Laboratories of America
GTE Internetworking
Hitachi
IXC Communications Inc.

KDD
Nexabit Networks
Nippon Telephone and Telegraph
(NTT)
Nokia Research Center
Pacific Bell
Project Oxygen, Ltd.
RR Donnelley and Sons Company
Siemens
Sprint
Sun Microsystems
Sylvan Learning Systems, Inc.
Tachyon
Telecordia Technologies
TeleBeam Inc.
Teleglobe
TransMedia Communications
Williams Communications Group
WorldPort Communications Inc.

Affiliated Organizations

Army Systems Engineering Office
Association of Universities for
Research in Astronomy (AURA)
Bradley University
Department of Management Services
DePaul University
Desert Research Institute
Ellemtel
Florida Gulf Coast University
Howard Hughes Medical Institute*
Illinois State University
Jet Propulsion Laboratories*
LaNet
MCNC
Merit Networking, Inc.
National Center for Supercomputing
Applications (NCSA)
National Institutes of Health*

Northwest Academic Computing
Consortium (NWACC)
NYSERNet, Inc.
OARnet
OneNet
PeachNet
Southeastern University Research
Association (SURA)
State University of New York (SUNY)
System
State University System of Florida
Survivors of the Shoah-Visual History
Foundation
University of North Carolina, General
Administration
WVNET

***Affiliate Members with
Collaboration Site Status**

International MoU Partners

CANARIE, Inc.
DFN-Verein
INFN-GARR
Japan Advanced Internet Research
Consortium (JAIRC)
NORDUnet
RENATER
SingAREN
Stichting SURF
TERENA
UKERNA

Microsoft Corporation.

Στις 28 Απριλίου του 1999 η Microsoft έγινε επίσημα ένας από τους συμμετέχοντες στο project του Internet2. Στην ετήσια συνάντηση των μελών του Internet2 στην Ουάσιγκτον οι εκπρόσωποι της εταιρείας ανακοίνωσαν ότι η Microsoft θα συμβάλλει οικονομικά αλλά και με το δυναμικό των ερευνητών της στο έργο. Δουλεύοντας μαζί με τα πάνω από 150 πανεπιστήμια θα βοηθήσει στην ανάπτυξη προχωρημένων εφαρμογών και τεχνολογιών για το Internet2.

Στη συμφωνία συμπεριλαμβάνεται ότι η Microsoft ως ένας από τα 15 εταιρικά μέλη θα δώσει πάνω από ένα εκατομμύριο δολάρια ως χρηματική βοήθεια στα πανεπιστήμια που μετέχουν στο Internet2.

Το ερευνητικό κέντρο και το κέντρο ανάπτυξης εφαρμογών της Microsoft θα δουλέψει στενά με τα μέλη του Internet2 για τη συγκέντρωση γνώσης γύρω από περιοχές όπως το Quality of Service (QoS), το Multicast και το IPv6, που θα κάνουν πιο ικανή και αξιόπιστη τη συμπεριφορά στο Internet.

Τι συμβαίνει με τα άλλα ομοσπονδιακά δίκτυα? Θα συνδεθούν αυτά με το Internet 2;

Το Internet 2 λειτουργεί σε αγαστή συνεργασία με άλλα σημαντικά εθνικά δίκτυα. Για παράδειγμα, δίκτυα σκοπού που τρέχουν από ομοσπονδιακούς οργανισμούς, όπως από τη NASA και το Department of Energy, είναι σημαντικά στοιχεία της NGI (Next Generation Internet) πρωτοβουλίας. Το Internet2 θα συμπληρώσει και θα αναπτύξει την NGI πρωτοβουλία, θα συνεργαστεί και θα λάβει μέρος σε αυτή οπουδήποτε είναι εφικτό. Κατά τα επόμενα 3-5 χρόνια, το Internet 2 σκοπεύει να μειώσει σημαντικά τον αριθμό των περιττών συνδέσεων σε χαμηλής ταχύτητας δίκτυα.

6.2 Κόστος του έργου και χρηματοδότησή του.

Τα μέλη του Internet 2 έχουν υποσχεθεί περισσότερα από 50 εκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο σε ένα καινούριο τομέα του project. Επιπλέον, είναι αναμενόμενο ότι τα ινστιτούτα που είναι μέλη του Internet2 θα λάβουν υποτροφίες μετά από διαγωνισμό από το NSF και άλλους ομοσπονδιακούς οργανισμούς.

Τα ιδρύματα μέλη πρέπει να αποφασίσουν μέχρι σε ποιο βαθμό το project θα πρέπει να αναγνωρίζει τις κρίσιμες περιοχές ανάπτυξης εφαρμογών και να τις χρηματοδοτεί. Οι περιφερειακές ομάδες των ιδρυμάτων που συμμετέχουν και οι περιφερειακοί συνεργάτες τους σχηματίζουν την κατανομημένη GigaPoP αρχιτεκτονική έτσι όπως την οραματίστηκε η ομάδα μηχανικών του Internet2. Αυτοί οι περιφερειακοί συνασπισμοί επενδύουν στην ανάπτυξη εφαρμογών. Στην περίπτωση των εθνικών και περιφερειακών αναπτυξιακών projects το Internet2 project πρέπει να παρέχει συντονισμό και διαχείριση αυτών των προσπαθειών. Έχοντας αυτό σαν στόχο το project θα προσλάβει κατάλληλο προσωπικό. Ένας επικεφαλής προσωπικού για ανάπτυξη εφαρμογών έχει ήδη προσληφθεί και θα συνεργαστεί με την ομάδα υλοποίησης εφαρμογών και με τα συμμετέχοντα ιδρύματα μέλη προκειμένου να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί η αρχιτεκτονική ανάπτυξης εφαρμογών.

6.3 Άλλες προσπάθειες για παρόμοια δίκτυα.

Παράλληλα με το Internet2 project αναπτύχθηκε απ' τη μεριά τουUCAID (University Corporation for Advanced Internet Development) το **Abilene Project** σε συνεργασία με τις Qwest Communications, Nortel Networks, Cisco Systems και Indiana University. Ο κύριος στόχος του Abilene Project είναι να παρέχει ένα δίκτυο υποστήριξης για το Internet2 project. Το Abilene χρησιμοποιεί υψηλής ταχύτητας SONET και IP-over-SONET συνδέσεις. Το Abilene δίνει την δυνατότητα για λειτουργία και επάνδρωση στα πανεπιστήμια του Internet2 και για έρευνα στα εργαστήρια ώστε να αναπτύξουν τις υπηρεσίες δικτύου και τις εφαρμογές.

Πως συσχετίζεται το Internet2 με το Abilene;

Το Abilene και το Internet2, και τα δύο project τουUCAID, είναι αλληλοεξαρτώμενα και συμπληρωματικά. Για παράδειγμα, το Abilene δίκτυο υποστηρίζει το Internet2 project παρέχοντας μια αποτελεσματική αλληλοσύνδεση ανάμεσα σε τοπικά δικτυακά συγκεντρωτικά σημεία. Η προώθηση των ικανοτήτων του Abilene θα βοηθήσει τα μέλη του Internet2 στην ανάπτυξη και επέκταση προς κάθε κατεύθυνση πιο γρήγορα και πιο μαζικά. Ανεξάρτητα από το Abilene, οι ομάδες εργασίας του Internet 2 αναλαμβάνουν δικτυακής ανάπτυξης θέματα, όπως Quality of Service (QoS) και multicasting. Το Abilene θα προωθήσει τη δική του δουλειά για υποστήριξη του Internet2 και των δικών του σκοπών. Επιπρόσθετα, το Abilene Project θα υποστηρίξει περιοχές γενικής έρευνας για τα δίκτυα, κάτι το οποίο είναι έξω από τους στόχους του Internet2.

Τι κάνει το Abilene να είναι διαφορετικό από τους άλλους υποστηρικτές υψηλών ταχυτήτων;

Επιπρόσθετα για την υλοποίηση της καλύτερης τεχνολογίας που χρησιμοποιείται στα σημερινά εμπορικά δίκτυα υποστήριξης, το Abilene έχει δεσμευτεί σε μια συνεχή έρευνα των ορίων της τεχνολογίας του Internet. Όσο το διεθνές εύρος Abilene δίκτυο θα εξυπηρετεί σαν μια ηγετική πλευρά την προώθηση εφαρμογών δικτύου θα παρέχει νέες δικτυακές δυνατότητες στο Internet2 project. Για να επιταχύνει την επέκταση προς όλες τις κατευθύνσεις των νέων τεχνολογιών, το Abilene project θα αναπτύσσει ένα μερίδιο ενός δικτύου δοκιμής το οποίο θα είναι υψηλών προδιαγραφών. Αυτή η δοκιμή του δικτύου θα παρέχει τεχνολογίες που αναπτύσσονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Το Abilene είναι επίσης μοναδικό στο ότι ο πρωταρχικός σκοπός του είναι να εξυπηρετεί τα μέλη του Internet2. Το project είναι άμεσα υπό την καθοδήγηση και τον έλεγχο της Internet2 κοινότητας και έχει συγκεντρώσει την προσοχή του στην παροχή προχωρημένων δικτυακών δυνατοτήτων που χρειάζονται στην έρευνα και την εκπαίδευση. Το Abilene αναπτύχθηκε και έγινε δυνατό δια μέσου της συνεχόμενης υποστήριξης των πανεπιστημιακών μελών και της συμβολής των συνεργατών.

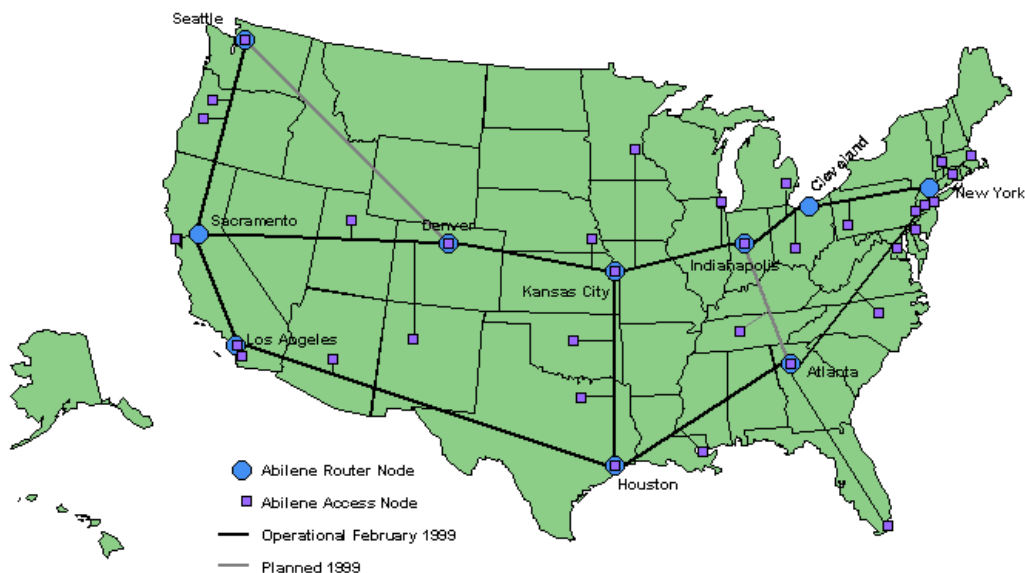
Ποιος μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο Abilene;

Κάθε ίδρυμα υψηλού επιπέδου εκπαίδευσης που παίρνει μέρος στο Internet2 project σαν μέλος του UCAID έχει το δικαίωμα να κάνει χρήση του κεντρικού δικτύου Abilene. Το Abilene είναι ένα κεντρικό δίκτυο για τη διασύνδεση των GigaPoPs που δημιουργούνται από το Internet2 Project και τα ιδρύματα μέλη. Όλα τα έξοδα του Abilene καλύπτονται με απευθείας χρέωση στα GigaPoPs και στα ιδρύματα στα οποία διασυνδέονται.



Abilene Network

February 1999



Θα συνδεθούν στο Abilene τα δημοτικά και τα γυμνάσια σχολεία (K-12);

Τα μέλη του UCAID θα συνδεθούν και θα κάνουν χρήση των δυνατοτήτων του Abilene project σύμφωνα με τις πολιτικές για τις συνθήκες χρήσης που αναπτύχθηκαν όταν ξεκίνησαν οι λειτουργίες στο τέλος του 1998. Από τη στιγμή που τα K-12 ιδρύματα δεν είναι μέλη του UCAID, δε θα συνδεθούν απευθείας στο Abilene δίκτυο. Μερικά ιδρύματα μέλη του UCAID μπορεί να εμπλακούν σε project επίδειξης το οποίο απαιτεί K-12 συμμετοχή και μπορεί να συνεργαστούν με τη διαχείριση του Abilene Project προκειμένου να στηρίξουν αυτές τις επιδείξεις. Όσον αφορά το Internet2 Project, ένας σημαντικός στόχος του UCAID είναι να κάνει τα τεχνικά επιτεύγματα του Abilene ευρέως διαθέσιμα σε όλο το Διαδίκτυο. Το UCAID αναπτύσσει δομές με σκοπό να μοιραστεί την εμπειρία του και τις γνώσεις του με άλλους στην εκπαιδευτική κοινότητα και όχι μόνο. Αυτή είναι η προσέγγιση που χαρακτήρισε το πρώτο Διαδίκτυο και μπορεί να δουλέψει ξανά και σήμερα.

Λαμβάνει το Abilene ομοσπονδιακή χρηματοδότηση;

Όχι. Το Abilene είναι ένα Project που καθοδηγείται από το UCAID, το οποίο στηρίζεται από τη συμμετοχή των πανεπιστημιακών και των συνδεδεμένων μελών.

Πως συσχετίζεται το Abilene με την NGI (Next Generation Internet) πρωτοβουλία της ομοσπονδιακής κυβέρνησης;

Όσον αφορά το Internet2, το Abilene θα υποστηρίξει το NGI, μια πρωτοβουλία μεταξύ ομοσπονδιακών ερευνητικών αντιπροσωπειών. Το Abilene θα είναι ένα καινούριο και δυναμικό στοιχείο στην συνεργασία μεταξύ των πανεπιστημίων, της βιομηχανίας και των ομοσπονδιακών αντιπροσωπειών που έχουν ως σκοπό την ανάπτυξη προχωρημένων δικτύων. Για παράδειγμα, το Abilene θα είναι το κλειδί στην προσπάθεια της πανεπιστημιακής κοινότητας να συνεργαστεί με τις ομοσπονδιακές αντιπροσωπείες στην έρευνα και στην ανάπτυξη προχωρημένων δικτυακών τεχνολογιών και εφαρμογών. Επιπλέον, το Abilene δίκτυο αποσκοπεί στη διασύνδεση με τα υπάρχοντα ομοσπονδιακά ερευνητικά δίκτυα, όπως είναι το πολύ υψηλής απόδοσης Backbone Network Service (vBNS).

Τι σημαίνουν για το Internet2 οι νέες ανακοινώσεις σχετικά με τα υψηλής ταχύτητας δίκτυα κορμού;

Το Internet2 και τα μέλη του ικανοποιήθηκαν που οι κύριες προσπάθειές του τα περασμένα δύο χρόνια συνέβαλλαν στο να δώσουν κίνητρα στη βιομηχανία να αναπτύξει νέες υψηλής ταχύτητας εμπορικές υπηρεσίες κορμού.

Από την αρχή του Internet2 Project τα πανεπιστημιακά μέλη συνεργάζονταν με την κυβέρνηση και τη βιομηχανία για να προάγουν την τεχνολογία Διαδικτύου που ήταν απαραίτητη για τη δημιουργία νέων δικτυακών εφαρμογών για έρευνα και εκπαίδευση. Ένας άλλος πρωταρχικός στόχος του Internet2 υπήρξε η προώθηση της μεταφοράς αυτών των νέων τεχνολογιών σε όλο το Διαδίκτυο. Αυτές οι νέες εμπορικές υπηρεσίες αποτελούν το πρώτο βήμα στην παροχή προχωρημένων end-to-end δικτυακών ικανοτήτων.

Ωστόσο, όπως καταλαβαίνουν οι σημερινοί χρήστες του Διαδικτύου, ένα υψηλής ταχύτητας δίκτυο κορμού δεν μπορεί από μόνο του να προσφέρει από υπολογιστή σε υπολογιστή δικτυακές ικανότητες, απαραίτητες για την ανάπτυξη νέας γενιάς εφαρμογών. Το Internet2 και τα μέλη του αναζητούν και αναπτύσσουν ένα σύνολο τεχνολογιών, κρίσιμων στην εξάπλωση των ικανοτήτων των σύγχρονων δικτύων. Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και multicasting. Το Internet2 και τα μέλη του εξακολουθούν να έχουν ως σκοπό την ανάπτυξη και υλοποίηση ενός ολόκληρου συνόλου από νέες δικτυακές τεχνολογίες που είναι απαραίτητες για να γίνουν τα δίκτυα όχι απλά πιο γρήγορα αλλά πιο έξυπνα και πιο αποδοτικά.

Γιατί χρειαζόμαστε το Abilene και το Internet2, αφού υπάρχουν τα νέα υψηλής ταχύτητας εμπορικά δίκτυα;

Το Internet2 και το Abilene είναι κάτι περισσότερο από απλά γρηγορότερα δίκτυα κορμού. Παρόλο που τα εμπορικά δίκτυα κορμού μεγαλώνουν ακόμα γρηγορότερα, το Abilene και το Internet2 συγκεντρώνουν την προσοχή τους στην ανάπτυξη πιο έξυπνων και πιο αποδοτικών end-to-end δικτύων. Αυτός ο τύπος των υψηλής απόδοσης δικτύων απαιτεί καινούρια τεχνολογία η οποία είναι δύσκολο να αναπτυχθεί από τις εταιρείες ανεξάρτητα, λαμβάνοντας υπόψη την πραγματικότητα της εμπορικής αγοράς. Το Internet2 και το Abilene παρέχουν τα μέσα για μια μοναδική συνεργασία των πανεπιστημίων με τους πρωτοπόρους σε θέματα δικτύων στη βιομηχανία και την κυβέρνηση. Πάνω από δώδεκα εταιρείες έχουν ενωθεί με πάνω από 150 πανεπιστήμια σε αυτή την προσπάθεια. Αυτή η συνεργασία θα αναπτύξει τις νέες τεχνολογίες, που μπορούν να εφαρμοστούν σε όλο το Διαδίκτυο, και θα συμβάλλει στην ανάπτυξη εντελώς νέων ειδών δικτυακών εφαρμογών.

Τι δυνατότητες θα έχει το Abilene δίκτυο;

Το Abilene θα παρέχει την προώθηση των δικτυακών δυνατοτήτων απαιτώντας την ανάπτυξη των εφαρμογών και υπηρεσιών δικτύου σε υψηλότερες εκπαιδευτικές ανάγκες που συναντώνται στις ερευνητικές και εκπαιδευτικές αποστολές. Αυτό περιλαμβάνει τον έλεγχο των νέων δικτυακών τεχνολογιών όπως QoS και multicast. Το Abilene θα χρησιμοποιεί υψηλής ταχύτητας SONET και IP-over-SONET συνδέσεις. Αναμένουμε ότι το Abilene θα λειτουργήσει αρχικά με OC-48 (2.4 Gbps) συνδέσεις. Παράλληλα, τα μέλη του Abilene project θα εργάζονται με τους συνεργάτες τους για να αναπτύξουν επιπρόσθετες συνδέσεις που να τρέχουν στο OC-192 (9.6 Gbps) και πέρα από αυτό. Όταν αυτή η τεχνολογία αναπτυχθεί αρκετά, αναμένεται η επέκταση του Abilene προς όλες τις κατευθύνσεις σαν ένα μέρος ενός σημαντικού δικτύου διαθέσιμου σε όλα τα μέλη που είναι συνδεδεμένα.

7. Εφαρμογές και υπηρεσίες του Internet2.

Η κοινή προσπάθεια των Πανεπιστημίων στοχεύει στην ανάπτυξη πλατφόρμας για πεδία εφαρμογών, όπως ψηφιακές βιβλιοθήκες (digital libraries), συνεργατικά περιβάλλοντα (collaboration environments), τηλεϊατρική (telemedicine) και ανεξάρτητη από απόσταση μάθηση (distance-independent instruction). Σημαντικές εφαρμογές είναι και το LearningWare, το Tele-Immersion και το Εικονικό Εργαστήριο (Virtual Laboratory). Αυτά αναμένεται να προάγουν την επιστημονική έρευνα, την εξ αποστάσεως εκπαίδευση και την εθνική ασφάλεια.

7.1 LearningWare

7.1.1 LearningWare και το Instructional Management System.

Γενικά υπάρχει πολύ λίγο διαθέσιμο εκπαιδευτικό λογισμικό (instructional software) υψηλής ποιότητας για να αποτελέσει μια επαρκή βάση για καταναμεμημένη εκπαίδευση. Το περισσότερο εκπαιδευτικό λογισμικό έχει σχεδιαστεί για stand-alone χρήση, κυρίως για αυτή που περιλαμβάνει ήχο, εικόνα ή βίντεο και εξαρτάται από ένα μόνο λειτουργικό σύστημα. Το Internet2 είναι μια ευκαιρία για εργασία σε αρχιτεκτονική ανάπτυξης εφαρμογών για LearningWare και εφαρμογές που σχετίζονται με τη διανομή και τη χρήση του στην καταναμεμημένη εκπαίδευση.

7.1.2 Building blocks για το LearningWare.

Οι αρχές για τέτοια building blocks εμφανίζονται τώρα από τη βιομηχανία τεχνολογίας της πληροφορίας με τη μορφή object-oriented εργαλείων ανάπτυξης και αρχιτεκτονικών καταναμεμημένων αντικειμένων (Java, Active-X, OpenDoc). Αυτά τα γενικά εργαλεία και «προδιαγραφές» δε θα παρέχουν όλα τα building blocks που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός καταναμεμημένου περιβάλλοντος για εκπαίδευση και έρευνα, ακόμα και αν είναι πιθανό να λύσουν πολλά προβλήματα, όπως πιστοποίηση, εξουσιοδότηση και ασφάλεια. Τα νέα εργαλεία και μοντέλα, παρόλα αυτά, μπορούν να επεκταθούν για να περιλαμβάνουν την απαιτούμενη λειτουργικότητα. Η δημιουργία υλικού δικτυακού περιεχομένου θα ήταν πολύ πιο εύκολη αν cross-platform building blocks και πρωτόκολλα ήταν διαθέσιμα στους δημιουργούς. Για παράδειγμα, ο κατασκευαστής μιας εφαρμογής που είναι σχεδιασμένη να επιτρέπει στους φοιτητές να συλλέγουν και να αναλύουν επιστημονικά δεδομένα από το Internet πρέπει να έχει πρόσβαση σε εργαλεία που αναγνωρίζουν διάφορα πρωτόκολλα δεδομένων και έχουν ένα έξυπνο παράθυρο σχεδίασης με μια ποικιλία χαρακτηριστικών, καθώς και σε εργαλεία για το πέρασμα δεδομένων στο παράθυρο σχεδίασης. Με τέτοια εργαλεία, ο κατασκευαστής μπορεί να συγκεντρωθεί στην ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος δικτυακής μάθησης που περιλαμβάνει τη συλλογή και ανάλυση αλληλεπιδραστικών δεδομένων.

Γενικότερα, τα διαλειτουργικά building blocks που απαιτούνται από τους σχεδιαστές θα περιλαμβάνουν γραφικά templates δύο ή τριών διαστάσεων, templates μαθηματικής μοντελοποίησης, μηχανές συμβολικού υπολογισμού, μια μαθηματική γλώσσα γραφής, templates μοριακής μοντελοποίησης, έξυπνους περιοδικούς πίνακες, άλλες επιστημονικά εξειδικευμένες λειτουργίες, templates για την ανάπτυξη case studies με χρήση video clips, εργαλεία για σχολιασμό κειμένων, εργαλεία για το συγχρονισμό προσωρινών δεδομένων (όπως η μουσική) με σχετικά κείμενα και εικόνες, δίγλωσσες βάσεις δεδομένων τύπου λεξικού και εργαλεία ανεύρεσης για πολλές άλλες γενικές λειτουργίες. Αυτά τα είδη των building blocks μπορεί να αποτελέσουν τη βάση για το Instructional Management System, το οποίο περιγράφεται στη συνέχεια.

7.1.3 Τι είναι το Instructional Management System (IMS);

Οποιαδήποτε διαδικασία εντολών, είτε σε ένα κολεγιακό είτε σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, περιλαμβάνει συνήθως τις παρακάτω ενέργειες:

- Προσδιορισμό των στόχων μάθησης.
- Ανασκόπηση ή δημιουργία υλικών μάθησης (π.χ., διαγνωστικών εργαλείων, λογισμικού μάθησης, εργαλείων αποτίμησης κτλ.).
- Προσδιορισμός των φοιτητικών δεξιοτήτων ή του γνωστικού επιπέδου.
- Ανάθεση κατάλληλων εργασιών στους φοιτητές.
- Παροχή πρόσβασης στους φοιτητές σε εκπαιδευτικά πακέτα.
- Παρακολούθηση της προόδου των φοιτητών και διαχείριση των απαιτούμενων παρεμβάσεων.
- Επικοινωνία μεταξύ των φοιτητών και ανάμεσα στους φοιτητές και τους διδάσκοντες
- Αποτίμηση της διαδικασίας μάθησης.
- Αναφορά μαθησιακών συμπερασμάτων.

Στο παραδοσιακό περιβάλλον εντολών, αυτή η διαδικασία σχεδιάζεται και υλοποιείται από τους διδάσκοντες. Στο δικτυακό, καταναμημένο περιβάλλον εντολών, αυτή η διαδικασία πρέπει να σχεδιάζεται από δασκάλους αλλά να υλοποιείται από λογισμικό, και συχνά πρέπει να μοιράζεται ανάμεσα στους διδάσκοντες, τους φοιτητές και σε άλλες οντότητες, όπως παρόχους πληροφοριών. Αυτό το βασισμένο στο δίκτυο σύστημα διαχείρισης εντολών ονομάζεται IMS. Το IMS αποτελείται τόσο από προδιαγραφές όσο και από υπηρεσίες. Οι προδιαγραφές θα επιτρέψουν σε καταναμημένα τμήματα εντολών να συλλειτουργήσουν για διάφορα ζητήματα, όπως παρακολούθηση της προόδου των φοιτητών, αυτοματοποιημένη ενσωμάτωση modules σε ευρύτερα frameworks και συνεργασία ανάμεσα σε modules. Οι προδιαγραφές ακόμα θα δημιουργήσουν έναν κοινό μηχανισμό για την οργάνωση και την ανάκτηση δικτυακών αντικειμένων, αντανακλώντας τη σχέση μεμονωμένων εκπαιδευτικών modules σε συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους. Ενώ κάποιες τεχνολογίες IMS θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στο σημερινό περιβάλλον του Internet, τα συστατικά για σύγχρονη επικοινωνία και οι τεχνολογίες για σύνδεση και μεταφορά multimedia-rich υλικού θα απαιτήσουν δικτυακές υπηρεσίες που δεν είναι ακόμα διαθέσιμες.

Η πρωτοβουλία της EDUCOM για εθνική υποδομή μάθησης θα χρησιμοποιήσει τις IMS προδιαγραφές. Η πρόθεση γι' αυτές τις προδιαγραφές είναι να γίνουν ευρέως διαθέσιμες, έτσι ώστε δημιουργοί εμπορικών προγραμμάτων να μπορούν να δημιουργήσουν proprietary συστήματα IMS, βασισμένα στις γενικές προδιαγραφές, με έναν τρόπο που μοιάζει με την ανάπτυξη και υιοθεσία των HTML και HTTP προδιαγραφών στον κόσμο του Web. Οι δημιουργοί εκπαιδευτικών modules θα μπορούν να χρησιμοποιούν τις προδιαγραφές σαν ένα μέσο επιβεβαίωσης ότι τα τμήματα του λογισμικού τους θα συμμορφώνονται με το IMS, ανεξάρτητα με τη συγκεκριμένη IMS υλοποίηση που χρησιμοποιείται για να τα διαχειριστούν. Οι προδιαγραφές θα ορίσουν στοιχεία δεδομένων που θα συμπεριλαμβάνονται σε όλους τους IMS-συμβατούς στόχους, διαγνωστικά και εκπαιδευτικά modules, και θα καλύψουν περιοχές που περιλαμβάνουν στυλ μάθησης, πληροφορίες για εργαλεία συνεργασίας κτλ.

Εκπαιδευτικά modules θα παρέχουν αναφορά της κατάστασης με μια συχνότητα καθορισμένη από τον διδάσκοντα ή σε απόκριση ενός γεγονότος μέσα στο σύστημα, όπως ο τερματισμός ενός module από ένα φοιτητή. Τα modules θα αναφέρουν μια ποικιλία πληροφοριών συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων των tests και του δαπανηθέντος χρόνου. Τα τμήματα θα λειτουργούν σε διάφορα modes:

- 1) το **Remote Control Mode** θα επιτρέπει σε ένα διδάσκοντα να δίνει πληροφορίες στο module σε απάντηση μίας ερώτησης από το φοιτητή.
- 2) το **Preview Mode** εξουσιοδοτεί τους διδάσκοντες να βλέπουν ένα module νωρίτερα. Σε αυτό το mode πρωτότυπες σημειώσεις και σχόλια από το συγγραφέα μπορούν να φαίνονται.
- 3) το **Instruction Mode** είναι για κανονική φοιτητική χρήση.
- 4) το **Review Mode** είναι για φοιτητική χρήση κατά την επιθεώρηση ολοκληρωμένων modules. Αυτό το mode θα επηρεάζει το αν το module αναφέρει συγκεκριμένα δεδομένα πίσω στο σύστημα διαχείρισης.

Τα modules θα μπορούν ακόμα να λαμβάνουν εντολές διαχείρισης: π.χ. ορισμός μεταδεδομένων συμπεριφοράς (πότε να ειδοποιηθεί το σύστημα διαχείρισης μετά από μια περίοδο φοιτητικής αδράνειας), λήψη εντολών ελέγχου και εντολών συνεργασίας από μακριά, και κλήση άλλων modules ή υπηρεσιών που επιτρέπουν στο πρωτεύον module να διεκπεραιώσει τους εκπαιδευτικούς στόχους.

7.1.4 Ποιοι θα χρησιμοποιούν το IMS;

- Οι **φοιτητές** θα μπορούν να μαθαίνουν σε οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιοδήποτε μέρος και να κατέχουν τη διαδικασία της μάθησης σε ένα βαθμό που δεν είναι εφικτός με τη χρήση παραδοσιακών μεθόδων εκπαίδευσης. Το IMS θα παρέχει κάτι ανάμεσα στην εμπειρία της τάξης και στην ολική απουσία δομής που χαρακτηρίζει συνήθως την πλοήγηση στο Δίκτυο.
- Οι **διδάσκοντες** θα μπορούν να έχουν εύκολη πρόσβαση σε μια μεγάλη γκάμα εκπαιδευτικών υλικών. Από την οπτική γωνία του διδάσκοντα, το IMS θα ανοίξει τη δυνατότητα browsing του Web για εκπαιδευτικό υλικό με ένα συνεκτικό και παραγωγικό τρόπο, ενσωματώνοντάς το σε μαθήματα και κάνοντας αυτά τα μαθήματα διαθέσιμα στους φοιτητές.

- Οι **συγγραφείς** θα κερδίσουν ευρεία διάδοση της δουλειάς τους. Ένα συγκεκριμένο κέρδος από το IMS είναι ότι επιτρέπει σε συγγραφείς σχετικά μικρών modules να τα δημοσιεύουν, είτε για να λάβουν χρήματα από τους χρήστες είτε όχι, και να τα έχουν να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με modules από άλλες πηγές για τη δημιουργία μεγαλύτερων εκπαιδευτικών προσφορών. Οι περισσότεροι διδάσκοντες δεν έχουν το χρόνο ή την τάση να γράφουν και να δημοσιεύουν διδακτικά βιβλία, αλλά προετοιμάζουν σημειώσεις και φυλλάδια για την τάξη. Το IMS θα επιτρέπει το ηλεκτρονικό αντίστοιχο αυτών των σημειώσεων να δημοσιεύεται και να συμπεριλαμβάνεται από άλλους στη δουλειά τους.
- Οι **εκδότες** θα λειτουργούν σαν συλλέκτες περιεχομένου και ελεγκτές ποιότητας των υλικών που περιλαμβάνονται στο IMS. Σε αυτή την κατεύθυνση υπάρχουν συγκεκριμένες ευκαιρίες, που κυμαίνονται από τη συλλογή και την ανάπτυξη στόχων μάθησης, μέχρι την ένωση συλλογών μεμονωμένων modules που έχουν παραχθεί από διάφορους συγγραφείς. Η δημοσίευση σύμφωνα με τις προδιαγραφές θα βεβαιώσει τους εκδότες για την ύπαρξη μιας μεγάλης αγοράς για τα προϊόντα τους και έτσι θα προάγει την ανάπτυξη και διανομή εκπαιδευτικού λογισμικού.

7.1.5 Τι έχει γίνει μέχρι στιγμής στο IMS;

Η πρωτοβουλία του IMS σχεδιάστηκε για να αντιμετωπίσει βασικές δυσκολίες στην ανάπτυξη της βασισμένης στο Internet κατανεμημένης μάθησης, η οποία καθορίζεται μέσω εθνικών προσπαθειών που γίνονται ως μέρος της εθνικής πρωτοβουλίας μάθησης της EDUCOM. Η EDUCOM λειτουργεί ως το εστιακό σημείο για τις IMS δραστηριότητες. Τα California State University (CSU), Miami-Dade Community College, University of Michigan και University of North Carolina στο Chapel Hill (UNC) είναι υπεύθυνα για το σχεδιασμό και την εφαρμογή του IMS.

7.1.6 Ένα instructional παράδειγμα.

Η μελέτη και εξάσκηση της μουσικής είναι ένα καλό παράδειγμα. Ενδιαφέροντα παραδείγματα LearningWare για τη μουσική έχουν αναπτυχθεί σε διάφορα Ιδρύματα. Παραδείγματα μετάδοσης, όπως αυτά που αναπτύχθηκαν στο Purdue University, σε ένα βασισμένο στο Web περιβάλλον περιορίζονται από τα σημερινά όρια στην ποιότητα του μεταδιδόμενου ήχου. Οι υπηρεσίες του Internet2 μπορούν να ξεπεράσουν αυτούς τους περιορισμούς και το IMS μπορεί να βοηθήσει τους διδάσκοντες να εντοπίζουν τέτοιο υλικό και να το χρησιμοποιούν σε ένα κατανεμημένο εκπαιδευτικό περιβάλλον ενισχυμένο από μια ποικιλία σύγχρονων και ασύγχρονων εργαλείων για την επικοινωνία μεταξύ φοιτητή και διδάσκοντα.

Σε ένα Internet2 περιβάλλον η εκπαίδευση στη μουσική θα μπορούσε να έχει άλλες δυνατότητες. Παγκόσμια αναγνωρισμένοι μουσικοί μπορούν να καλούνται να προσφέρουν τη διορατικότητα και την εμπειρία τους. Για παράδειγμα, μια αμφίδρομη σύνδεση βίντεο/ήχου μπορεί να συνδέσει ένα συγκρότημα τζαζ ενός γυμνασίου με έναν καλλιτέχνη που βρίσκεται σε ένα Πανεπιστήμιο.

Η υψηλή ποιότητα της επικοινωνίας θα επέτρεπε και την πραγματοποίηση κριτικής αναφοράς. Αυτή η επικοινωνία μπορεί να επεκταθεί σε μουσικούς (είτε φοιτητές είτε επαγγελματίες καλλιτέχνες) και σε άλλες τοποθεσίες. Η εκπαίδευση μπορεί να εμπλουτιστεί εισάγοντας μαγνητοφωνημένες ηχητικές και βίντεο εκτελέσεις από ένα server. Η αλληλεπίδραση των φοιτητών με το διδάσκοντα μπορεί να μαγνητοφωνηθεί για μελλοντική επισκόπηση, είτε από το διδάσκοντα είτε για εξάσκηση από τους φοιτητές.

7.2 Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

Πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες έχουν ήδη αποδείξει ότι το υπάρχον εμπορικό Internet μπορεί να γίνει ένα αποτελεσματικό περιβάλλον για την ανάπτυξη συστημάτων ψηφιακών βιβλιοθηκών. Αυτές οι προσπάθειες περιλαμβάνουν τα APRA/NASA/NSF-χρηματοδοτούμενα Προγράμματα Ψηφιακών Βιβλιοθηκών, όσο και τη μεγάλη γκάμα συστημάτων βιβλιοθηκών σε Ιδρύματα που προσφέρουν πρόσβαση σε on-line καταλόγους και πρωτεύον υλικό, όπως εφημερίδες σε ηλεκτρονική μορφή. Ενώ τα σημερινά λειτουργικά συστήματα υποφέρουν από προβλήματα αξιοπιστίας και απόδοσης ως αποτέλεσμα μειονεκτημάτων του υπάρχοντος Internet, δεν απαιτούν σημαντική δέσμευση bandwidth. Απαιτούν μόνο τη λειτουργία του υπάρχοντος Internet ομαλά και αξιόπιστα με τις τρέχουσες παραμέτρους σχεδιασμού του. Επιπλέον, πολλά από τα δυσκολότερα προβλήματα -δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και διαχείριση δικαιωμάτων- είναι πολύ μακριά από τη σφαίρα αντίληψης οποιουδήποτε δικτυακού προγράμματος υποδομής.

Αλλά οι νέες υπηρεσίες και δυνατότητες που έχουν σχεδιαστεί για το Internet2 προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες για την μετακίνηση των Ψηφιακών Βιβλιοθηκών σε νέες περιοχές. Πολύ υψηλό bandwidth και δέσμευση bandwidth θα επιτρέψουν σε τρέχοντες εξωτικές εφαρμογές, όπως συνεχόμενο ψηφιακό βίντεο και ήχος, να μετακινηθούν από την ερευνητική χρήση (όπως είναι π.χ. η Εργασία Ψηφιακής Βιβλιοθήκης του Carnegie-Mellon University) σε πολύ ευρύτερη χρήση. Εικόνες, ήχος και βίντεο μπορούν, τουλάχιστον από την οπτική γωνία της διανομής, να μετακινηθούν στο mainstream που είναι προς το παρόν σχεδόν αποκλειστικά κατειλημμένο από υλικά κειμένων. Αυτό θα διευκολύνει την εντατικότερη έρευνα στα δύσκολα προβλήματα της οργάνωσης και παροχής πρόσβασης σε αυτά τα είδη υλικού.

Σήμερα οι ψηφιακές βιβλιοθήκες περιέχουν κυρίως υλικό κειμένων και το interface στα συστήματα ανάκτησης πληροφορίας παραμένει κυρίως σε text-mode. Ακόμα και στο περιβάλλον του Web, τα interfaces είναι text-mode, αν και ίσως εμπλουτισμένα με μέτρια γραφικά. Ενώ η γλώσσα και το κείμενο εξακολουθούν να είναι κεντρικά εργαλεία στην ανάκτηση πληροφορίας, υπάρχει μια ουσιαστική έρευνα στον τρόπο απεικόνισης της πληροφορίας που έχει προκύψει από οργανισμούς (όπως το Xerox PARC) κατά την τελευταία δεκαετία. Αυτή η έρευνα υπόσχεται σημαντική βοήθεια σε χρήστες στην οργάνωση, την πλοήγηση και την κατανόηση μεγάλων και περίπλοκων χώρων πληροφορίας. Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούν περίπλοκα, υψηλής ανάλυσης γραφικά και animation για να παρέχουν οπτικές αναπαραστάσεις μεγάλων ποσοτήτων πληροφορίας που βρίσκονται σε μορφή κειμένου. Το Internet2 πρέπει να παρέχει ικανή απόδοση στο desktop για να επιτρέψει στις τεχνολογίες οπτικοποίησης της πληροφορίας να εκτιμηθούν σε μεγάλες εφαρμογές ανάκτησης πληροφορίας.

Αλλα χαρακτηριστικά του Internet2, όπως η δυνατότητα παροχής real-time βοήθειας ή ειδικής βοήθειας μέσω ήχου ή video ως μέρος του interface του χρήστη, επίσης προσφέρουν ευκαιρίες για εμπλουτισμό και επέκταση της τρέχουσας κατάστασης στα συστήματα πρόσβασης και ανάκτησης της πληροφορίας.

Τελικά, η διαθεσιμότητα multicasting δυνατοτήτων στο Internet2, συνδυασμένη με την υψηλή αξιοπιστία και την ικανότητα επίτευξης QoS σε μεγάλους αριθμούς συνδέσεων θα έχει σημαντικά, αν και επί του παρόντος δύσκολα προβλεπόμενα, αποτελέσματα στην κατανομή της πληροφορίας και τη διαχείριση κατανεμημένων βάσεων δεδομένων. Τα σημερινά βασισμένα στο Web συστήματα όπως το PointCast δείχνουν αυτά που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Στο Internet2, πρέπει να είναι δυνατό να ρέει πληροφορία όλων των τύπων -updates βάσεων δεδομένων, ανακοινώσεις δημοσιεύσεων, τηλεμετρία- στις κοινότητες των ενδιαφερόμενων παραληπτών, αντί να αναζητούν τα sites περιοδικά τις πληροφορίες από μια κεντροποιημένη βάση δεδομένων. Θα είναι σημαντικό, νωρίς στην ανάπτυξη του Internet2, να εκμεταλλευτούμε αυτό το μοντέλο εξασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητα ενός αριθμού ενδιαφερόντων «καναλιών» δεδομένων. Σημαντική δουλειά θα χρειαστεί επίσης για να μετατραπεί η ερευνητική δουλειά σε αξιόπιστα multicast πρωτόκολλα στο Internet2. Είναι επιθυμητή η εξασφάλιση ότι αυτά τα πρωτόκολλα θα είναι μέρος της κοινής υποδομής πρωτοκόλλων, όπως το TCP (Transmission Control Protocol) λειτουργεί ως η κοινή υποδομή για αξιόπιστη point-to-point ανταλλαγή δεδομένων στο τρέχον εμπορικό Internet.

Μια άλλη επίδραση της διαθεσιμότητας QoS ελέγχων και multicast υπηρεσιών είναι το ότι το Internet2 θα είναι πολύ περισσότερο φιλόξενο από ότι το σημερινό Internet στην ένωση μεγάλου αριθμού αισθητήρων. Με το χρόνο οι αισθητήρες μπορεί κάλλιστα να ξεπερνούν σε αριθμό τους σταθμούς εργασίας. Η ικανότητα να κοινοποιηθεί πλήθος αποτελεσμάτων τηλεμετρίας στην κοινότητα του Internet2 δίνει μια εντυπωσιακή ευκαιρία για την εξερεύνηση νέων εφαρμογών.

7.3 Tele-Immersion

7.3.1 Τι είναι το Tele-Immersion;

Το Tele-Immersion είναι ένας αποτελεσματικός συνδυασμός από:

- Τεχνολογία Tele-Immersion σε στιλ cave σαν κι αυτή που σήμερα σχετίζεται με MUDDs και MOOs
- Προηγμένα υψηλής ταχύτητας συστήματα τηλεπικοινωνιών που υποστηρίζουν collaboration εφαρμογές και
- Σημαντικές επεκτάσεις στην τεχνολογία cave ώστε να αναγνωρίζεται η παρουσία και η κίνηση των ατόμων εντός ενός cave, να ιχνηλατείται αυτή η παρουσία και η κίνηση και μετά να επιτρέπεται αυτή να προβάλλεται σε πολλαπλά γεωγραφικώς κατανεμημένα περιβάλλοντα, όπου αυτά τα άτομα μπορούν να αλληλεπιδρούν με μοντέλα δημιουργημένα από υπολογιστές.

Αυτός ο συνδυασμός πιστεύουμε ότι προσφέρει ένα νέο παράδειγμα για την ανθρώπινη επικοινωνία και συνεργασία.

7.3.2 Ποιες είναι οι δυνατότητες του Tele-Immersion;

Το Tele-Immersion έχει τη δυνατότητα να αλλάξει σημαντικά τα εκπαιδευτικά, επιστημονικά και κατασκευαστικά πρότυπα. Ένα σύστημα Tele-Immersion θα επιτρέπει σε άτομα σε διαφορετικές τοποθεσίες να μοιράζονται ένα εικονικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, οι συμμετέχοντες θα μπορούν να αλληλεπιδρούν σε μια εικονική ομάδα σε ένα τραπέζι συνεδρίου που θα προσεγγίζει το πώς θα ήταν ο φυσικός χώρος. Τα άτομα θα μπορούν να μοιράζονται και να χειρίζονται δεδομένα, προσομοιώσεις και μοντέλα φυσικών ή οικονομικών κατασκευών, και συνδυασμένα να συμμετέχουν σε μία προσομοίωση ή διαδικασία υπολογισμού. Για παράδειγμα, σκεφθείτε φοιτητές μηχανολόγους μηχανικούς ή μηχανικούς της βιομηχανίας να δουλεύουν μαζί για το σχεδιασμό μιας νέας γέφυρας ή ενός ρομποτικού βραχίονα μέσω Tele-Immersion. Τα μέλη μιας ομάδας θα μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα μέλη μιας άλλης ομάδας μοιραζόμενοι το κοινό αντικείμενο που μοντελοποιείται.

7.3.3 Ποια ζητήματα προκύπτουν;

Οι εφαρμογές Tele-Immersion απαιτούν προόδους στην υποδομή του Internet, λόγω του υψηλού bandwidth, της χαμηλής καθυστέρησης και των χρονικά εξαρτώμενων επικοινωνιακών χαρακτηριστικών που απαιτούν. Χωρίς δίκτυα υψηλών ταχυτήτων που να ενσωματώνουν προηγμένα πρωτόκολλα, όπως τα RSVP και Multicast, οι δυνατότητες των εφαρμογών Tele-Immersion για επιπλέον εκπαίδευση, επιστημονική πρόοδο και μείωση των κύκλων σχεδιασμού πολλών κατασκευαστικών εφαρμογών δε θα υλοποιηθούν ποτέ.

Μια καλά συντονισμένη έρευνα και ανάπτυξη απαιτείται σε πολλά μέτωπα. Οι εφαρμογές Tele-Immersion θα απαιτούν σημαντικές επεκτάσεις στη σημερινή cave τεχνολογία στις περιοχές της ιχνηλάτησης και των interfaces (τα οποία επαυξάνουν τη διαμοιραζόμενη παρουσία και την εμπειρία χειρισμού), καθώς και των διαμοιραζόμενων εργαλείων για επικοινωνίες και συνεργασία. Πολύ σημαντική θα είναι η ενσωμάτωση των εικόνων σε εικονικά περιβάλλοντα που θα επιτρέψει την προσομοίωση ρεαλιστικών διαμοιραζόμενων παρουσιών.

Πολλή δουλειά απαιτείται επίσης σε περιοχές όπως επεξεργασία/κατασκευή εικόνας, προσομοίωση αισθήσεων (π.χ. αφή), και συγχρονισμός των ανθρωπίνων αντιδράσεων από τα συμμετέχοντα γεωγραφικώς κατανεμημένα caves. Αυτές οι περιοχές θα απαιτήσουν δίκτυα πολύ χαμηλής καθυστέρησης και καθοδηγούν και τις άλλες παραμέτρους των δικτύων. Επιπρόσθετα, αν δε σχεδιαστούν προσεκτικά με σκοπό να επιτύχουν τους καλύτερους συμβιβασμούς σε υπολογιστική ισχύ, αποθήκευση και επικοινωνίες, οι εφαρμογές Tele-Immersion θα απαιτούν υπερβολικό bandwidth και συνεπώς θα είναι περιορισμένης χρησιμότητας.

7.3.4 Τι έχει γίνει μέχρι σήμερα;

Κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου του 1996, εκτιμήθηκε η σχετική δουλειά σε αυτό τον τομέα, συμπεριλαμβανομένων και των επισκέψεων σε αριθμό sites. Σε συνδυασμό με μερικούς πρωτοπόρους ερευνητές, οργανώθηκε ένα μικρό συνέδριο για να φέρει σε επαφή πρωτοπόρους της τεχνολογίας Tele-Immersion σε θέματα όπως hardware, software και δικτυακές και κοινωνικές επιπτώσεις. Το συνέδριο έγινε τον Οκτώβριο του 1996 στο Σικάγο και συζητήθηκαν τα κύρια τεχνολογικά θέματα, τα σχετιζόμενα με την εξέλιξη των υπαρχόντων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας. Οι συμμετέχοντες υποστήριζαν το στόχο της εγκατάστασης ενός προγράμματος που θα συγκεντρώνει τους απαιτούμενους ερευνητές και τις ικανότητες ώστε να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον στο οποίο άτομα σε τρία γεωγραφικώς καταναμημένα caves θα μπορούν να αντιληφθούν ο ένας την παρουσία του άλλου, ενώ θα εξετάζουν τα αποτελέσματα ενός κατασκευασμένου σε υπολογιστή μοντέλου προσομοίωσης. Οι εφαρμογές Tele-Immersion που θα υποστηρίζουν αυτό το περιβάλλον θα επικεντρωθούν αρχικά στην εκπαίδευση, την επιστήμη και στον κατασκευαστικό τομέα. Ένα λεπτομερές σχέδιο (με τη μορφή πρότασης), αναπτύσσεται τώρα υπογραμμίζοντας τις λεπτομέρειες του τι πρέπει να γίνει ώστε να κατασκευαστεί αυτό το περιβάλλον Tele-Immersion και να προσδιορίσει τα προσόντα που απαιτούνται γι' αυτή την προσπάθεια. Ένας προτεινόμενος προϋπολογισμός και μια διοικητική δομή για το project επίσης προετοιμάζονται. Ένα λεπτομερές σχέδιο θα παρέχει έναν οδηγό για το τι πρέπει να γίνει, έναν προϋπολογισμό για να γίνει και μια διοικητική δομή που θα εξασφαλίσει επιτυχημένη υλοποίηση.

7.4 Εικονικά Εργαστήρια

7.4.1 Τι είναι το εικονικό εργαστήριο;

Το εικονικό εργαστήριο είναι ένα ετερογενές, καταναμημένο περιβάλλον επίλυσης προβλημάτων που επιτρέπει σε μια ομάδα ερευνητών σε διάφορα μέρη του κόσμου να εργάζονται μαζί σε ένα κοινό σύνολο projects. Όπως σε κάθε άλλο εργαστήριο, τα εργαλεία και οι τεχνικές είναι συγκεκριμένα στο πεδίο της έρευνας, αλλά οι απαιτήσεις στη βασική υποδομή μοιράζονται. Αν και σχετιζόμενο με μερικές εφαρμογές του Tele-Immersion, το εικονικό εργαστήριο δεν προϋποθέτει την ανάγκη για ένα διαμοιραζόμενο περιβάλλον Tele-Immersion.

7.4.2 Ποιες είναι οι δυνατότητες του εικονικού εργαστηρίου;

Το Grand Challenge Computational Cosmology Consortium είναι μία ομάδα θεωρητικών αστρονόμων και επιστημόνων των υπολογιστών που συνεργάζονται από κοινού σε μια έρευνα για την προέλευση του σύμπαντος. Η ομάδα περιλαμβάνει επιστήμονες από τα Indiana University, NCSA, Princeton, MIT, UCSC και το Pittsburgh Supercomputer Center.

Η εργασία τους απαιτεί μαζικές εξομοιώσεις οι οποίες απαιτούν τη συνεργασία πολλών υπερυπολογιστών, μεγάλες βάσεις δεδομένων με αποτελέσματα εξομοιώσεων, εκτεταμένες οπτικοποιήσεις που επιδεικνύουν την εξέλιξη των αστερών και των γαλαξιών, και φυσικά λογισμικό που επιτρέπει την πραγματοποίηση των προαναφερθέντων. Ενώ κάποια πειράματα πραγματοποιούνται από συγκεκριμένα άτομα, τα πιο μεγάλα πειράματα απαιτούν τη στενή συνεργασία ομάδων που είναι διασκορπισμένες σε όλη τη Γη. Κάθε μέλος μιας ομάδας είναι ειδικός σε ένα συγκεκριμένο τομέα του ετερογενούς μίγματος της προσομοίωσης, της ανάλυσης δεδομένων και της οπτικοποίησης.

Ως ακόμη ένα παράδειγμα, σκεφθείτε τον πολυπαραμετρικό σχεδιασμό και κατασκευή. Σε αυτή την περίπτωση, μία εταιρία που εμπλέκεται στην παραγωγή ενός μεγάλου και πολύπλοκου προϊόντος, όπως ένα αεροσκάφος, πρέπει να έχει τη δυνατότητα να κατευθύνει τη διαδικασία προσομοίωσης ώστε να αλληλεπιδράσει με βάσεις δεδομένων σχεδιασμού που περιέχουν τεχνικές και κατασκευαστικές προδιαγραφές. Ο σχεδιασμός και η προσομοίωση μπορεί να απαιτήσουν την ταυτόχρονη πρόσβαση σε εκατοντάδες υπολογισμούς που παρέχονται από κατασκευαστές σε διαφορετικές τοποθεσίες. Το αποτέλεσμα είναι μία «πολυπαραμετρική βελτιστοποίηση», όπου τα περισσότερα αποδοτικά από άποψη κόστους και ασφάλειας προϊόντα μπορούν να κατασκευαστούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πελάτη.

Ένα τρίτο παράδειγμα είναι ένα σύστημα πρόγνωσης του καιρού που συνδυάζει δεδομένα δορυφόρων, μεγάλο αριθμό δεδομένων εισόδου από αισθητήρες, και μαζικές εξομοιώσεις για βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις καιρού. Μία παραλλαγή αυτού προβλέπει την ποιότητα του αέρα μέσω ενός εικονικού εργαστηρίου που συνδυάζει μοντέλα καιρού με μοντέλα ωκεάνιας κυκλοφορίας. Σε ένα τέτοιο εργαστήριο, ένας περιβαλλοντολόγος μπορεί να προτείνει, δεδομένων των υπάρχουσών συνθηκών, πότε να τεθεί προσωρινά τέρμα στη λειτουργία εγκαταστάσεων ώστε να αποφευχθεί μία ενδεχόμενη επιδείνωση στην ποιότητα του αέρα. Εικονικά εργαστήρια έχουν προταθεί σε πολλές άλλες περιπτώσεις που περιλαμβάνουν υπολογιστική βιολογία, ραδιοαστρονομία, σχεδιασμό φαρμάκων και επιστήμη των υλικών.

7.4.3 Τι περιλαμβάνει ένα εικονικό εργαστήριο;

Τα συστατικά ενός εικονικού εργαστηρίου περιλαμβάνουν:

- Servers ικανούς να διεκπεραιώσουν πολύ μεγάλης κλίμακας προσομοιώσεις και αναγωγές δεδομένων. (Για παράδειγμα, το NSF, υψηλής απόδοσης υπολογιστικά συστήματα σε πανεπιστήμια και κυβερνητικά εργαστήρια έρευνας και ανάπτυξης.)
- Βάσεις δεδομένων που περιέχουν ειδικές για την εφαρμογή πληροφορίες, όπως αρχικοποίηση προσομοίωσης και οριακές συνθήκες, πειραματικές παρατηρήσεις, απαιτήσεις πελατών, κατασκευαστικούς περιορισμούς, καθώς και συγκεκριμένους για την εφαρμογή πόρους. (Αυτές οι βάσεις δεδομένων είναι και δυναμικές και κατανεμημένες. Ακόμη μπορεί να είναι πολύ μεγάλες.)
- Επιστημονικά όργανα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο. (Για παράδειγμα, δεδομένα δορυφόρων, αισθητήρες κίνησης εδάφους και ποιότητας του αέρα, και αστρονομικά όργανα όπως οι κατανεμημένες εγκαταστάσεις ραδιοαστρονομίας του National Radio Astronomy Observatory.)

- Εργαλεία συνεργασίας, που μερικές φορές περιλαμβάνουν Tele-Immersion (όπως έχει περιγραφεί προηγουμένως).
- Λογισμικό (Κάθε εικονικό εργαστήριο βασίζεται σε ειδικευμένο λογισμικό για εξομοίωση, ανάλυση δεδομένων, αναγωγή και οπτικοποίηση. Το περισσότερο απ' αυτό το λογισμικό είχε αρχικά σχεδιαστεί για «stand-alone» χρήση. Τώρα μπορούμε να ξεκινήσουμε το έργο της κατανόησης του πώς αυτά τα εργαλεία μπορούν να συνδεθούν σε ενεργά ετερογενή δίκτυα προγραμμάτων που μπορούν να κλιμακωθούν για να επιλύσουν τα αυριανά προβλήματα.)

Στενά συνδεδεμένοι, πολυπαραμετρικοί υπολογισμοί επιβαρύνουν το δίκτυο. Η χαμηλή καθυστέρηση είναι κρίσιμη και ο χρονοπρογραμματισμός των πόρων του υπολογιστικού συστήματος πρέπει να συνδυαστεί με υπηρεσίες δέσμευσης του bandwidth. Τα multicast πρωτόκολλα είναι κρίσιμα για την εργασιακή φύση ενός πειράματος σε ένα εικονικό εργαστήριο, όπου άνθρωποι, πόροι, και υπολογισμοί είναι ευρύτατα κατανεμημένοι. Ρεύματα δεδομένων σε αυτά τα πειράματα πιθανώς να συνδυάζουν φωνή, video, ροή δεδομένων πραγματικού χρόνου από τα όργανα, και μεγάλες ριπές δεδομένων από προσομοιώσεις και πηγές οπτικοποίησης.

7.4.4 Τι έχει γίνει μέχρι σήμερα;

Τα πειράματα I-Way αποτέλεσαν το πρώτο εθνικής κλίμακας τεστ μιας υποδομής για υποστήριξη εικονικών εργαστηρίων. Τα αποτελέσματα αυτής της δραστηριότητας απέδειξαν ότι ο στόχος είναι εφικτός και είναι πιθανό να επιτευχθούν σημαντικοί επιστημονικοί στόχοι σε ένα τέτοιο περιβάλλον. Πάντως, το I-Way δίκτυο ήταν πολύ ευαίσθητο και τα πειράματα ανέδειξαν και κάποιες κρίσιμες αδυναμίες στη βασική υποδομή λογισμικού για την κατασκευή κατανεμημένων εφαρμογών.

Σαν αποτέλεσμα της εργασίας I-Way, μερικά νέα projects έχουν αρχίσει να ασχολούνται με τη δομή λογισμικού επιπέδου εφαρμογής. Ακόμη υπό ανάπτυξη είναι ένας αριθμός προγραμματιστικών εργαλείων που χρησιμοποιούν αυτή την αναδυόμενη υποδομή για να βοηθήσουν τους προγραμματιστές στο σχεδιασμό και την κατασκευή εφαρμογών που θα τρέχουν στο Internet2. Αυτά τα εργαλεία ποικίλουν από διαχείριση πόρων δικτύου και χρονοπρογραμματιστές λειτουργικών συστημάτων μέχρι συστήματα κατανεμημένων αντικειμένων που επιτρέπουν στα υπάρχοντα client-server μοντέλα να κλιμακώνονται στο επίπεδο που απαιτείται για τους υπολογισμούς που περιγράφηκαν προηγουμένως.

Μέσω μιας σειράς σχεδιασμένων συνεργασιών μεταξύ κυβερνητικών εργαστηρίων, προγραμμάτων του NSF, και βιομηχανικών και πανεπιστημιακών ερευνητικών προγραμμάτων, η υποδομή στο λογισμικό για την κατασκευή εικονικών εργαστηρίων μπορεί να προκύψει με την ανάπτυξη του Internet2 στα επόμενα χρόνια.

8. Τεχνικά χαρακτηριστικά του Internet2.

Έξι βασικές αρχές πρέπει να ακολουθηθούν κατά την υλοποίηση του Internet2:

- 1) Όπου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η υπάρχουσα τεχνολογία και να υποστηριχθεί πλήρως από τον πάροχό της.
- 2) Πρέπει να βασιζόμαστε σε ανοιχτά πρωτόκολλα και standards και να αποφεύγουμε proprietary λύσεις.
- 3) Πρέπει να αποφευχθεί η μακροπρόθεσμη εξάρτηση από συγκεκριμένους δικτυακούς παρόχους, κατασκευαστές λογισμικού ή μοναδικά δικτυακά μονοπάτια.
- 4) Εξασφαλίζουμε ότι η ικανοποίηση των αναγκών που μας παρακίνησαν να συμμετάσχουμε στο Internet2 είναι σε πρώτη γραμμή.
- 5) Από τους βασικούς στόχους είναι η παροχή υποστήριξης στους συμμετέχοντες στο Internet2 για την ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών και όχι να αποτελεί το Internet2 ένα εργαστήριο δικτυακών πειραματισμών.
- 6) Αν κάποιος από τους συμμετέχοντες στο Internet2 θέλει να παράσχει και εμπορικές υπηρεσίες πρέπει να εξασφαλίσει ότι αυτές θα είναι εντελώς ξεχωριστές και δε θα επηρεάζουν την κίνηση στο Internet2.

Ζητήματα που τίθενται σχετικά με το ίδιο το δίκτυο περιλαμβάνουν:

- 1) Απαιτήσεις δικτυακών υπηρεσιών: Τι επίπεδα Quality of Service απαιτούνται για προηγμένες, πραγματικού χρόνου εφαρμογές πολυμέσων;
- 2) Πρωτόκολλα για την παροχή διαφορετικών επιπέδων Quality of Service: Πόση πληροφορία πρέπει να διαχειρίζονται οι routers και τα switches για να παρέχουν υψηλής ποιότητας διαφοροποιημένες υπηρεσίες;
- 3) Διαχείριση: Ποιες είναι οι διαχειριστικές επιπτώσεις ενός δικτύου με διάφορα επίπεδα ποιότητας, ιδιαίτερα από την πλευρά της δικτυακής διαχείρισης και της κατανομής του κόστους;

8.1 GigaPoPs

Ένα πλήθος τεχνικών και πρακτικών ζητημάτων αποτελούν τη βάση της όλης αρχιτεκτονικής του Internet2. Ένα από αυτά είναι η ανάγκη για ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους που επιβαρύνει τα συμμετέχοντα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, με την παροχή πρόσβασης στο σημερινό Internet αλλά και σε προηγμένες υπηρεσίες μέσω του ίδιου υψηλής ταχύτητας τοπικού δικτύου. Επιπροσθέτως, άλλα Πανεπιστημιακά προγράμματα μπορούν να διευκολυνθούν μέσω μιας ευέλικτης τοπικής αρχιτεκτονικής δικτύου. Ο σχεδιασμός του Internet2 πρέπει να βελτιστοποιήσει τη δυνατότητα των Πανεπιστημίων να αποκτούν υπηρεσίες από το ευρύτερο δυνατό σύνολο παρόχων υπηρεσιών.

Το στοιχείο-κλειδί σε αυτή την αρχιτεκτονική είναι το GigaPoP (Gigabit Capacity Point of Presence), το οποίο είναι ένα υψηλής ταχύτητας (της τάξεως των Gigabits), υπερσύγχρονο σημείο διασύνδεσης, όπου οι συμμετέχοντες στο Internet2 μπορούν να ανταλλάσσουν κίνηση προηγμένων υπηρεσιών. Τα Πανεπιστήμια σε μία γεωγραφική περιοχή θα συνδεθούν σε ένα τοπικό GigaPoP για να αποκτήσουν μια ποικιλία υπηρεσιών.

Ένα GigaPoP είναι το σημείο διασύνδεσης παροχής υπηρεσιών ανάμεσα σε ένα ή περισσότερα Ιδρύματα-μέλη του Internet2 και έναν ή περισσότερους παρόχους υπηρεσιών. Οι τυπικές συνδέσεις θα γίνουν μέσω ATM ή SONET υπηρεσιών σε πολύ μεγάλες ταχύτητες. Η βασική πρόοδος που επιφέρει το GigaPoP είναι η δυναμικά αποκτώμενη Ποιότητα των Υπηρεσιών για την υποστήριξη μιας μεγάλης γκάμας νέων εφαρμογών. Ένα απαραίτητο κομμάτι του Internet2 project θα είναι η κοστολόγηση των διαφοροποιημένων υπηρεσιών και η ανάπτυξη μηχανισμών συλλογής δεδομένων σχετικά με τη χρήση των πόρων του δικτύου από τους τελικούς χρήστες.

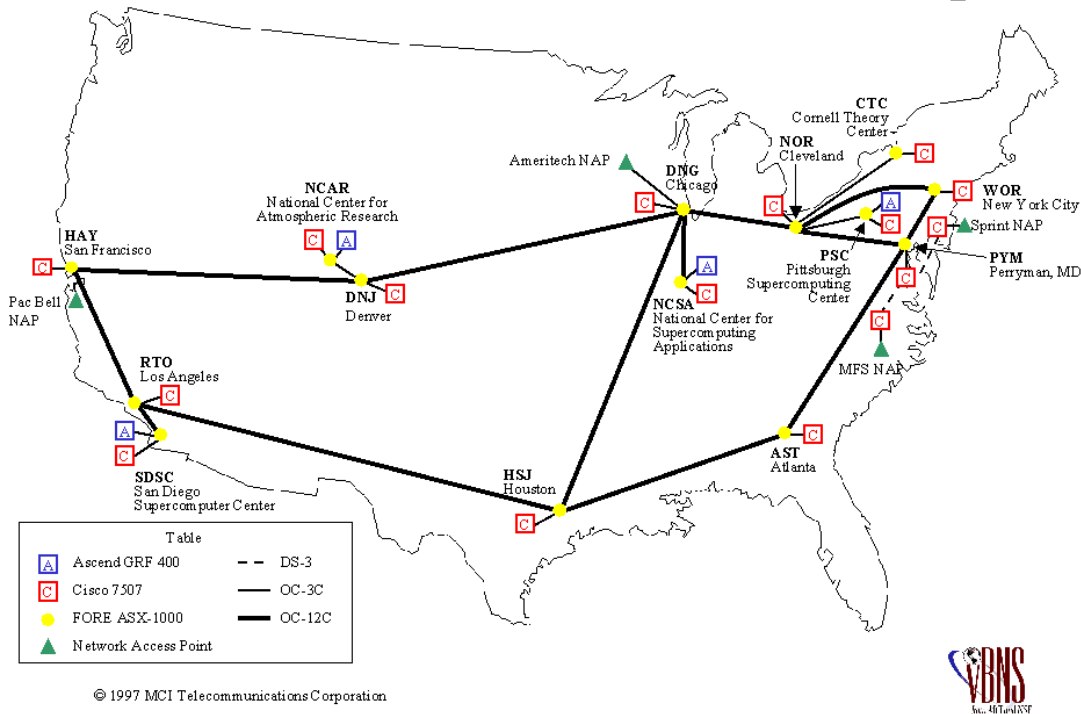
Κάθε Πανεπιστήμιο θα εγκαταστήσει ένα υψηλής ταχύτητας κύκλωμα με το επιθυμητό GigaPoP, με το οποίο θα αποκτήσει πρόσβαση στις παραδοσιακές υπηρεσίες Internet καθώς και στις προηγμένες υπηρεσίες του Internet2. Τα GigaPoPs ενώνονται μεταξύ τους για να ανταλλάσσουν κίνηση, σχηματίζοντας τη Συλλεκτική Οντότητα (Collective Entity - CE). Ενδεχομένως θα μπορούσε να υπάρξει μια μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών διαθέσιμες σε κάθε GigaPoP, περιοριζόμενες μόνο από τα οικονομικά της αγοράς και την απόλυτη προτεραιότητα των Internet2 υπηρεσιών.

Ένας ή περισσότεροι πάροχοι υπηρεσιών θα συνδεθούν στα GigaPoPs για να παρέχουν επικοινωνιακά μονοπάτια μεταξύ των GigaPoPs και ανάμεσα στα GigaPoPs και στο εμπορικό Internet. Για την υποστήριξη διδασκαλίας από απόσταση και πρωτοβουλιών τηλε-συνεργασίας, η αρχιτεκτονική του GigaPoP θα διευκολύνει τη διασύνδεση ανάμεσα στην ανώτερη εκπαιδευτική κοινότητα και στους εμπορικούς παρόχους που προσφέρουν αναδυόμενες τεχνολογίες υψηλής ταχύτητας στους απλούς χρήστες.

Για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των εφαρμογών του Internet2 πρέπει να υπάρχει υποστήριξη προηγμένων υπηρεσιών εντός των Πανεπιστημίων και μεταξύ των GigaPoPs. Το πρώτο μπορεί να αντιμετωπιστεί εύκολα, ενώ για το δεύτερο πρέπει η υπηρεσία διασύνδεσης να υποστηρίζει διαβαθμισμένη Quality of Service και υψηλής αξιοπιστίας και ταχύτητας μεταφορά δεδομένων, κάτι που δεν μπορεί να εξασφαλίσει το σημερινό Internet, παρά μόνο ένα ειδικό δίκτυο διασύνδεσης, όπως είναι η προαναφερθείσα Συλλεκτική Οντότητα.

Οι πιο προχωρημένες εφαρμογές θα απαιτήσουν ένα σύνολο επικοινωνιακών μονοπατιών ανάμεσα στα GigaPoPs. Αυτά τα μονοπάτια πρέπει να υποστηρίζουν πλήρως τα απαραίτητα πρωτόκολλα. Η NSF (National Science Foundation) έχει ανακοινώσει πρόγραμμα επέκτασης της υποδομής του vBNS για να διασυνδέσει πολλά καινούρια sites στο δίκτυο κορμού της που αποτελείται από OC-3 (155Mbps) και OC-12 (622Mbps) γραμμές και μπορεί να αποτελέσει μια πλατφόρμα για έρευνα και ανάπτυξη εφαρμογών. Αν το vBNS αποδειχτεί ανεπαρκές για την πλήρη ικανοποίηση των απαιτήσεων του Internet2, θα αναζητηθούν άλλες εναλλακτικές λύσεις.

vBNS Backbone Network Map



Η ιδέα του GigaPoP μπορεί να αυξήσει ραγδαία τον ανταγωνισμό ανάμεσα στους παρόχους Internet υπηρεσιών και να βοηθήσει στην εξασφάλιση cost-effective υπηρεσιών Internet μακροπρόθεσμα.

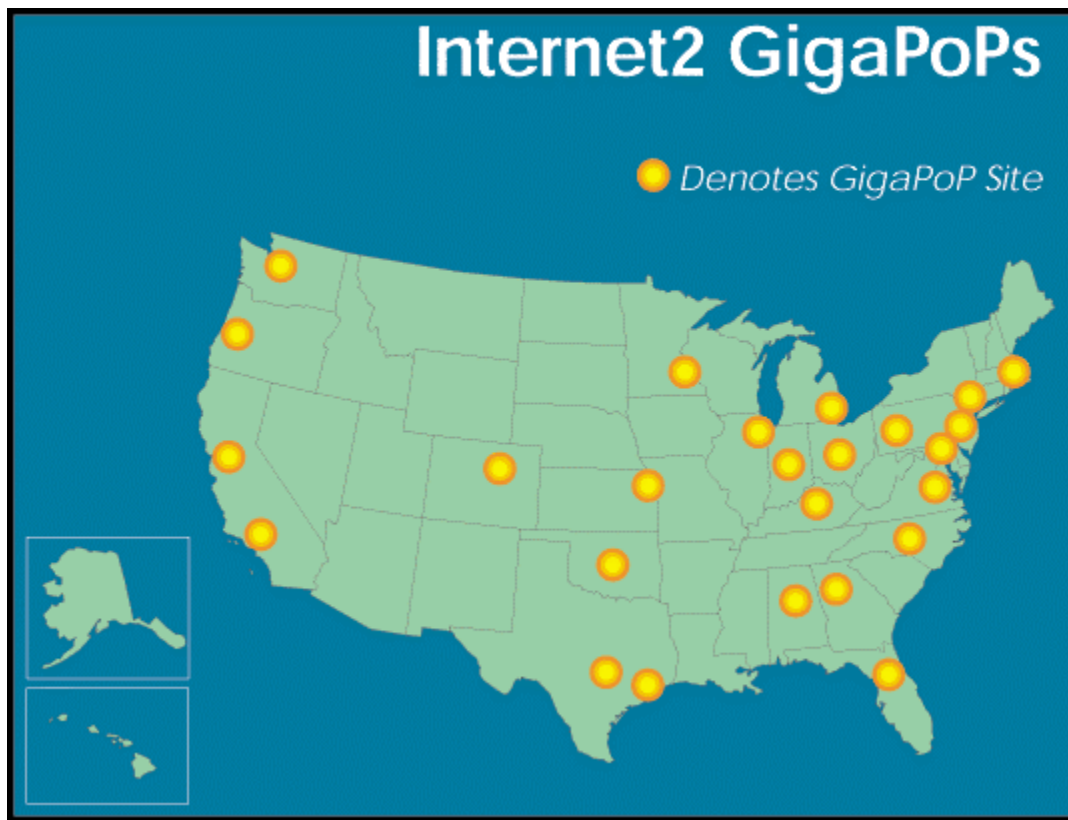
8.1.1 Οργάνωση των GigaPoPs.

Οργανωτικά τα GigaPoPs πρέπει να υλοποιηθούν και να διαχειρίζονται από τα Πανεπιστήμια, αν και μπορεί να υπάρξουν εξαιρέσεις σε αυτό τον κανόνα, καθώς ορισμένες εμπορικές οντότητες ίσως αναλάβουν κι αυτές κάποια GigaPoPs.

Δεν είναι πρακτικό ούτε εφικτό να ανατεθεί σε μια μοναδική οντότητα να λειτουργήσει όλα τα GigaPoPs. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της Συλλεκτικής Οντότητας, η οποία θα αποφασίζει για τα κοινά standards της διασύνδεσης των GigaPoPs και για τα πρωτόκολλα διαχείρισης.

Οι εφαρμογές που θα τρέχουν στο Internet2 απαιτούν προηγμένες δικτυακές υπηρεσίες σε μία end-to-end βάση. Αυτό σημαίνει πολύ σημαντικές αναβαθμίσεις στα περισσότερα Πανεπιστημιακά Δίκτυα. Όσοι συμμετέχουν στο Internet2 είναι υπεύθυνοι για τη συμμόρφωση προς τα ανάλογα standards.

Οι διαχειριστές ορισμένων GigaPoPs μπορεί να εξυπηρετούν άλλα δίκτυα και τελικούς χρήστες πέραν αυτών που συμμετέχουν στο Internet2. Αυτό πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο που να μην επηρεάζει την κίνηση στο ίδιο το Internet2.



8.1.2 Τα GigaPoPs ως φυσικές οντότητες.

Ως φυσική οντότητα ένα GigaPoP πρόκειται για μια ασφαλή τοποθεσία όπου στεγάζεται μια συλλογή από επικοινωνιακό εξοπλισμό και το ανάλογο hardware. Κυκλώματα τερματίζουν εκεί από τα δίκτυα των μελών του Internet2 και από δίκτυα ευρείας περιοχής (είτε του Internet2 είτε εμπορικά). Τα δίκτυα των μελών του Internet2 είναι non-transit, δηλ. δε μεταφέρουν κίνηση μεταξύ ενός GigaPoP και του σημερινού Internet. Οι Inter-GigaPoP συνδέσεις θα μεταφέρουν κίνηση μόνο ανάμεσα στα Internet2 sites.

Ο σχεδιασμός των GigaPoPs πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις υψηλής αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας. Κάθε GigaPoP πρέπει να είναι σε ασφαλή από φυσικές καταστροφές τοποθεσία και να διαθέτει βοηθητική τροφοδοσία. Ποικίλες οπτικές ίνες και ασύρματες επικοινωνίες θα μεγιστοποιήσουν την αξιοπιστία των υπηρεσιών απέναντι σε απρόσμενες φυσικές καταστροφές στο εξωτερικό περιβάλλον του GigaPoP. Επίσης, η υποδομή του Internet2 είναι σχεδιασμένη ώστε να είναι ασφαλής από εκείνους που θα θελήσουν να διαταράξουν τις λειτουργίες του.

8.1.3 Στελέχωση των GigaPoPs.

Τα GigaPoPs θα λειτουργούν με ελάχιστο προσωπικό, ενώ λειτουργική υποστήριξη θα παρέχεται από ένα μικρό αριθμό από Internet2 Network Operations Centers. Ωστόσο, καμία υπηρεσία υποστήριξης σε επίπεδο τελικών χρηστών δε θα παρέχεται. Τα GigaPoPs πρέπει να συμμετέχουν στη λειτουργική διαχείριση του Internet2 συγκεντρώνοντας δεδομένα για το φόρτο του και ανταλλάσσοντας με τους άλλους διαχειριστές των Πανεπιστημιακών Δικτύων τις απαραίτητες πληροφορίες για το χρονοπρογραμματισμό, την παροχή, τον έλεγχο, την επιδιόρθωση και τη χρέωση των υπηρεσιών του Internet2.

Δε θα στελεχώνονται όλα τα GigaPoPs 24 ώρες τη μέρα. Αντιθέτως, τα πλεονάζοντα Κέντρα Δικτυακής Λειτουργίας θα παρακολουθούν εξ αποστάσεως τη λειτουργία του εξοπλισμού μέσω in-band και out-of-band κυκλωμάτων και αν χρειαστεί θα αποστέλλουν προσωπικό για την επίλυση του προβλήματος και την αποκατάσταση των υπηρεσιών στους κανονικούς ρυθμούς.

8.1.4 Άλλες λειτουργίες των GigaPoPs.

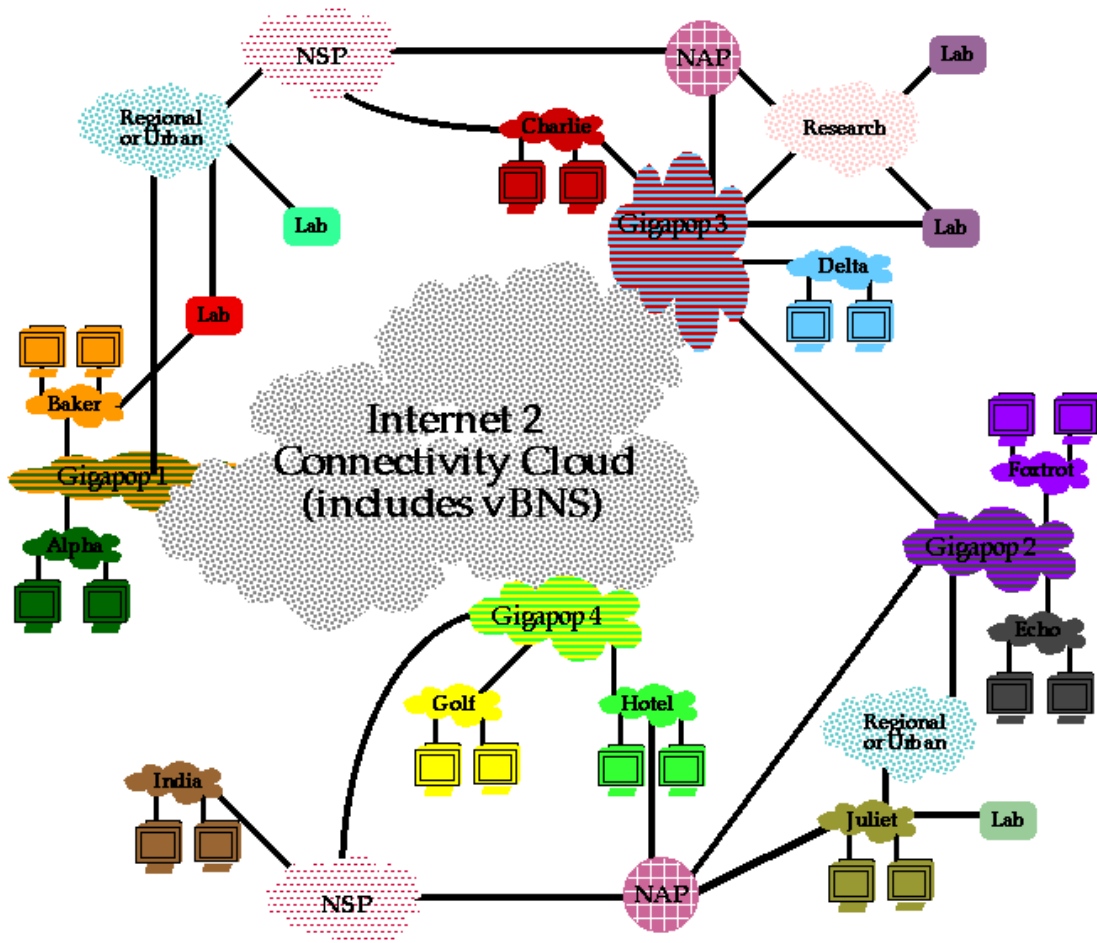
Σε πολλές περιπτώσεις τα GigaPoPs θα εξυπηρετήσουν πελάτες και στόχους πέραν της επικοινωνίας ανάμεσα στους σχεδιαστές των Internet2 εφαρμογών. Συγκεκριμένα, τα GigaPoPs μπορεί να συνδέσουν τα Πανεπιστημιακά Δίκτυα με:

- 1) άλλα μητροπολιτικά δίκτυα για παροχή εκπαίδευσης από απόσταση
- 2) ερευνητικά κέντρα και οργανισμούς με τα οποία επιθυμούν να επικοινωνήσουν τα μέλη του Internet2
- 3) άλλα υψηλής απόδοσης δίκτυα ευρείας περιοχής, για παράδειγμα αυτά που υλοποιεί η κυβέρνηση για τις δικές της ερευνητικές μονάδες
- 4) άλλες δικτυακές υπηρεσίες, για παράδειγμα με τους συνηθισμένους Internet παρόχους

8.1.5 Τεχνικές απαιτήσεις του Internet2 σε σχέση με τα GigaPoPs.

Το Internet2 χρειάζεται τα ακόλουθα κύρια τεχνικά συστατικά:

- 1) Εφαρμογές που απαιτούν υψηλής ταχύτητας διασυνδέσεις καθώς και τον ανάλογο εξοπλισμό για να τρέξουν οι τελικοί χρήστες αυτές τις εφαρμογές.
- 2) Πανεπιστημιακά Δίκτυα για να ενώνουν τα GigaPoPs με τους τελικούς χρήστες στα εργαστήριά τους ή στα γραφεία τους (συμπαγή σύννεφα).
- 3) GigaPoPs που να διαχειρίζονται τη σύνδεση από τα Πανεπιστημιακά Δίκτυα (γραμμοσκιασμένα σύννεφα).
- 4) Διασυνδέσεις ανάμεσα στα GigaPoPs (εστιγμένο σύννεφο).
- 5) Πρωτόκολλα που καθορίζουν και παρέχουν διασυνδεσιμότητα, ιδιαίτερα όσον αφορά την "Quality of Service".
- 6) Απαιτούνται επίσης κατάλληλα εργαλεία διαχείρισης δικτύων για να ελέγχεται ανά πάσα στιγμή η ορθή λειτουργία του δικτύου καθώς και μηχανισμοί υπολογισμού του κόστους που αντιστοιχεί σε κάθε μέλος του Internet2 για τη χρησιμοποίηση των ανάλογων υπηρεσιών.



8.1.6 Κατηγορίες GigaPoPs.

Μπορούμε να ταξινομήσουμε τα πράγματα που μπορεί να κάνει ένα GigaPoP σε 3 κατηγορίες:

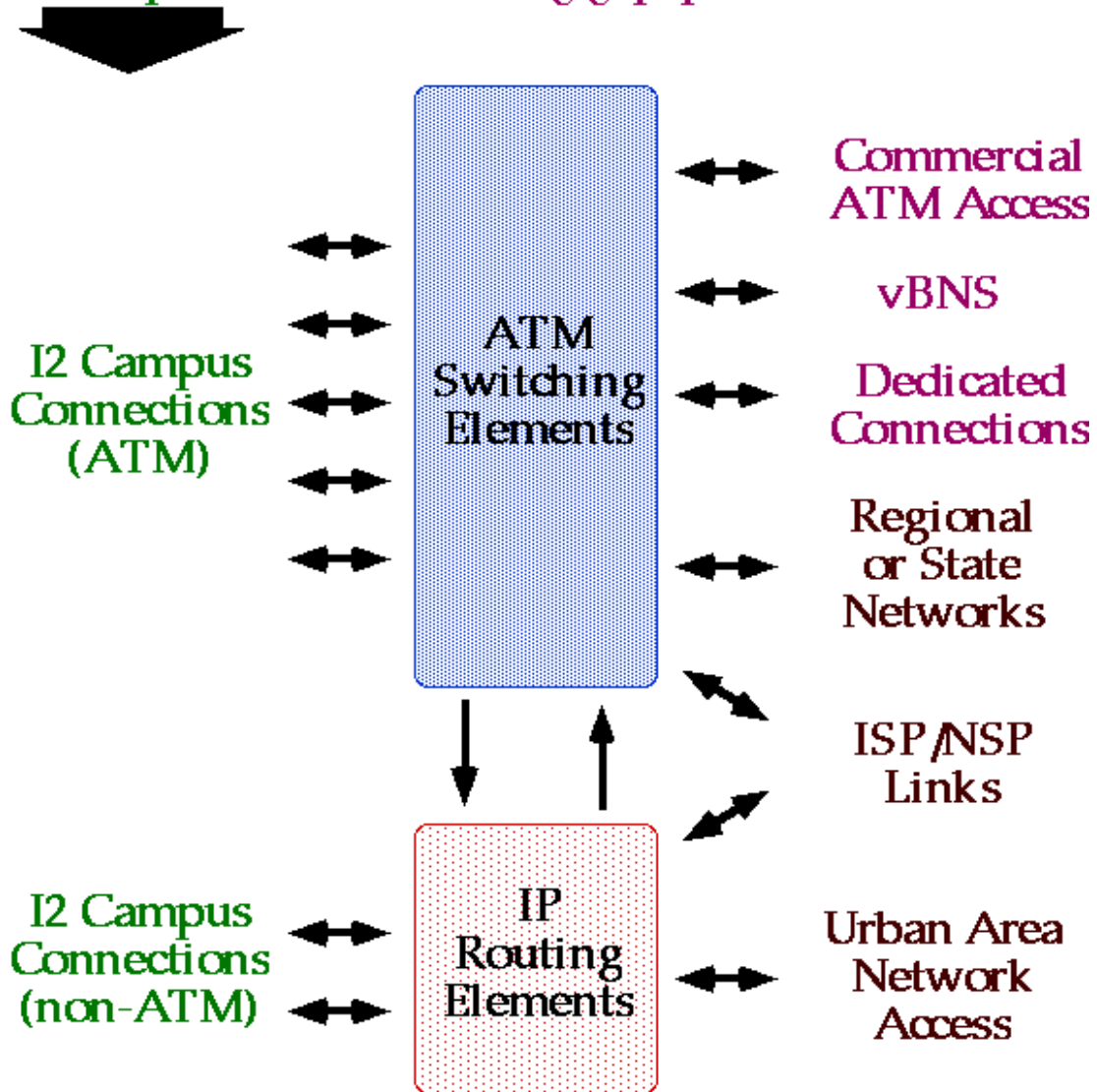
- 1) Στο ελάχιστο που πρέπει να κάνει, δηλ. να ικανοποιεί τις λειτουργικές προδιαγραφές του Internet2 που έχουν τεθεί.
- 2) Στο ότι δεν πρέπει να δρομολογεί κίνηση εκτός Internet2 πάνω από τις Inter-GigaPoP συνδέσεις, να μην αφήνει άλλες δραστηριότητες να επηρεάζουν την ελάχιστη απόδοση του Internet2 κτλ.
- 3) Σε όλα τα άλλα πράγματα που μπορεί να κάνει ένα GigaPoP και είναι εκτός Internet2.

Πρακτικά τα GigaPoPs χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες:

- 1) Τα Type I GigaPoPs, που είναι σχετικά απλά, εξυπηρετούν μόνο τα μέλη του Internet2, δρομολογούν την κίνησή τους μέσω μίας ή δύο συνδέσεων με άλλα GigaPoPs και συνεπώς έχουν μικρή ανάγκη για πολύπλοκη εσωτερική δρομολόγηση, firewalls κτλ.
- 2) Τα Type II GigaPoPs, τα οποία είναι σχετικά πολύπλοκα, εξυπηρετούν και τα μέλη του Internet2 και τα άλλα δίκτυα στα οποία θέλουν να έχουν πρόσβαση τα μέλη του Internet2, έχουν ένα πλούσιο σύνολο συνδέσεων με άλλα GigaPoPs και συνεπώς πρέπει να παρέχουν κατάλληλους μηχανισμούς δρομολόγησης για την αποφυγή της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης των πόρων του Internet2.

Τα προαναφερθέντα φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα. Ένα Type I GigaPoP δε θα είχε κάποιες από τις συνδέσεις που φαίνονται στα δεξιά του σχήματος, οι οποίες θα περιορίζονταν σε μία ή δύο συνδέσεις με άλλα GigaPoPs, πιθανόν σε μία ή δύο συνδέσεις με σημαντικούς (για τα τοπικά μέλη του Internet2) τοπικούς παρόχους Internet και σε μία σύνδεση με κάποιον Internet carrier.

An I2 gigapop *does* route traffic among I2 campuses and to other I2 gigapops



An I2 gigapop *does not* route traffic among non-I2 networks and providers

Εξωτερικές συνδέσεις με τα GigaPoP ATM Switching Elements μπορεί να είναι κυκλώματα SONET από Πανεπιστημιακά ATM switches ή πλήρεις ATM υπηρεσίες από εμπορικούς παρόχους. Η κύρια υπηρεσία ενός GigaPoP παρέχεται από τα IP Routing Elements, τα οποία μπορούν να τροφοδοτούνται απευθείας από εξωτερικά SONET/PPP ή υψηλής ταχύτητας σύγχρονα κυκλώματα ή μέσω συνδέσεων PVC/SVC (Permanent/Switched Virtual Circuits) με την ATM δομή. Όλη η υποστήριξη του Quality of Service και οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνουν χώρα εδώ, όπως και ο υπολογισμός των δεδομένων χρήσης του δικτύου. Ο εξοπλισμός προώθησης IP πακέτων είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το ATM επίπεδο για να αποκαταστήσει δυναμικά κυκλώματα QoS ή SVC, ώστε να υποστηριχθούν οι διαφοροποιημένες απαιτήσεις σε IP υπηρεσίες.

8.1.7 Λειτουργικές Απαιτήσεις.

Μία λειτουργία κλειδί ενός Internet2 GigaPoP είναι η ανταλλαγή κυκλοφορίας με συγκεκριμένο εύρος ζώνης και με άλλα χαρακτηριστικά Quality of Service ανάμεσα στα μέλη του Internet2 και στον πυρήνα του δικτύου. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ένα GigaPoP πρέπει να ικανοποιεί μια ποικιλία από ειδικές λειτουργικές απαιτήσεις.

1) **Πρωτόκολλα.** Οποιοσδήποτε συσκευές του επιπέδου-3 (του μοντέλου OSI) βρίσκονται στα GigaPoPs πρέπει φυσικά να υποστηρίζουν το πρωτόκολλο IP. Το IPv4 είναι το τωρινό standard στο Internet, αλλά το Internet2 project μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη μετάβαση της δικτυακής κοινότητας στο IPv6. Απαιτείται λοιπόν υποστήριξη και σταθερή υλοποίηση και των δύο αυτών εκδόσεων του IP.

Φυσικά το IP δεν είναι το μόνο πρωτόκολλο στην οικογένεια TCP/IP. Όλα τα συνήθως υποστηριζόμενα πρωτόκολλα υποτίθεται ότι είναι διαθέσιμα όπου χρειάζονται. Π.χ. το IGMP (υποστηρίζει Multicast) και το RSVP (υποστηρίζει Resource Reservations – Δέσμευση Πόρων) αναμένεται να είναι διαθέσιμα σε όλες τις σχετικές Internet2 συσκευές.

2) **Δρομολόγηση.** Τα GigaPoPs είναι υπεύθυνα για την υλοποίηση πολιτικών χρήσης που χαρακτηρίζουν το Internet2. Π.χ. στην έκταση που το Internet2 χρησιμοποιεί το vBNS για τη διασύνδεση των GigaPoPs, τα GigaPoPs πρέπει να στέλνουν στη vBNS σύνδεσή τους μόνο κίνηση που προορίζεται για άλλα Internet2 sites. Σημειώνουμε ότι η ύπαρξη φυσικής σύνδεσης με κάποιο GigaPoP δε σημαίνει ότι επιτρέπεται ή μπορεί να ανταλλάγει κίνηση με οποιαδήποτε άλλη οντότητα που συνδέεται στο GigaPoP. Οι πολιτικές δρομολόγησης σε ένα GigaPoP θα χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν τους κανόνες που οφείλουν να διέπουν το Internet2.

3) **Ταχύτητα.** Το bit rate των συνδέσεων σε ένα GigaPoP ή μεταξύ των GigaPoPs θα ποικίλει, ανάλογα με τον αριθμό και τις απαιτήσεις των εφαρμογών που τρέχουν στα συνδεόμενα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα. Το ζήτημα για κάθε GigaPoP είναι να διαθέτει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί το αναμενόμενο δικτυακό φορτίο. Τα switches που παρέχουν τη βασική διασύνδεση σε ένα GigaPoP και τα κυκλώματα από αυτά τα switches σε γειτονικούς GigaPoP routers πρέπει να εξασφαλίζουν σχεδόν μηδενική απώλεια πακέτων εντός ενός GigaPoP.

4) **Διασύνδεση.** Η αρχική διασύνδεση στο δεύτερο επίπεδο του OSI χρησιμοποιεί ATM PVCs από το vBNS μαζί με μερικές συνδέσεις ATM SVCs ή καθαρές SONET συνδέσεις. Οι συνδέσεις ανάμεσα στους GigaPoP routers θα παρέχονται από υψηλής απόδοσης switches.

5) **Μέτρηση της Χρήσης.** Τα κόστη για τη διασύνδεση των GigaPoPs δεν είναι ακόμα γνωστά και θα ποικίλουν ανάλογα με τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Προφανώς, οποιοσδήποτε μηχανισμός κοστολόγησης κι αν επιλεγεί πρέπει να είναι τεχνικά υποστηρίξιμος. Τα GigaPoPs πρέπει συνεπώς να κρατάνε και να μοιράζονται τα απαραίτητα στατιστικά χρήσης για τη λογική κατανομή του κόστους ανάμεσα στα μέλη του Internet2.

6) **Μεταφορά τεχνολογίας.** Τα GigaPoPs θα παίξουν ένα ρόλο κλειδί στη μεταφορά σύγχρονης τεχνολογίας στα συμμετέχοντα μέλη του Internet2 project. Αν και οι λεπτομέρειες θα διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή, δίνεται μια σημαντική ευκαιρία στους χειριστές των GigaPoPs να μοιραστούν πληροφορίες πάνω στην ανάπτυξη και τη διαχείριση των ανερχόμενων multicast και multi-QoS Πανεπιστημιακών Δικτύων.

7) **Συνεργασίες ανάμεσα σε GigaPoPs.** Αν και η multicast και multi-QoS διασύνδεση ανάμεσα στα μέλη του Internet2 είναι ένας σημαντικός στόχος του project, δε θα αναμειχθούν όλα τα μέλη σε κάθε προχωρημένη πειραματική εφαρμογή. Μερικές μάλιστα από τις εφαρμογές θα περιλαμβάνουν μόνο Ιδρύματα που εξυπηρετούνται από ένα GigaPoP. Ωστόσο, ένα πιθανό σενάριο είναι η συνεργασία ανάμεσα σε διάφορα GigaPoPs για συγκεκριμένες πειραματικές εφαρμογές.

8) **Ποιος μπορεί να συνδεθεί.** Ο καθορισμός των ιδρυμάτων ή άλλων σημείων διακινούμενης πληροφορίας τα οποία μπορούν να συνδεθούν σε ένα GigaPoP ανήκει στη διαχείριση του κάθε GigaPoP. Ο καθορισμός του ποιοι μπορούν να ανταλλάσσουν κίνηση σε ένα GigaPoP εξαρτάται από τις διμερείς peering συμφωνίες καθώς και από την τοπική πολιτική του κάθε GigaPoP. Ωστόσο μόνο μέλη του Internet2 μπορούν να ανταλλάσσουν κίνηση μέσω του πυρήνα του δικτύου που διασυνδέει τα διάφορα GigaPoPs.

9) **Άλλες υπηρεσίες στα GigaPoPs.** Μιας και η συλλογή λειτουργικών δεδομένων εντός των GigaPoPs είναι μια βασική απαίτηση, μεγάλης χωρητικότητας δίσκοι θα πρέπει να είναι διαθέσιμοι σε κάθε GigaPoP. Το caching μπορεί να αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικό στη μείωση των απαιτήσεων των συνδέσεων για ορισμένα είδη υπηρεσιών. Το περιεχόμενο που βρίσκεται σε κάθε GigaPoP θα είναι άμεσα διαθέσιμο στα συνδεδεμένα μέλη του Internet2.

Ως προαιρετική υπηρεσία για κάποια μέλη του Internet2 μπορούν να διατεθούν ATM συνδέσεις, κατόπιν ειδικής ρύθμισης με τους χειριστές του GigaPoP. Αναμένεται ότι μερικοί ερευνητές θα ωφεληθούν ιδιαίτερα από μια τέτοια υπηρεσία, η οποία (με τις κατάλληλες ασφαλιστικές δικλίδες) θα μπορεί να παρέχεται χωρίς να επηρεάζει τις κανονικές λειτουργίες του Internet2.

10) **Προσδοκίες απόδοσης.** Αν και ένας από τους στόχους του Internet2 είναι να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά ενός multi-QoS δικτύου κάτω από συνθήκες συμφόρησης, το ίδιο το GigaPoP δεν πρέπει να αποτελέσει bottleneck στην πρόσβαση των υπηρεσιών. Η συνολική χωρητικότητα που θα απαιτηθεί από κάθε συμμετέχοντα στο Internet2 ποικίλει από T-3 γραμμές (45Mbps) μέχρι OC-12 γραμμές (622Mbps). Ο εσωτερικός σχεδιασμός κάθε GigaPoP πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστεί τη συνολική κίνηση από τα διασυνδεδεμένα μέλη και τις συνδέσεις ευρείας περιοχής.

8.1.8 Λειτουργικές Ευθύνες.

Είναι κρίσιμο το Internet2 να έχει ένα εστιακό σημείο για τη συνολική λειτουργική διαχείριση. Όπως είπαμε και νωρίτερα, αυτό θα απαιτήσει κάποια οργάνωση -τη Συλλεκτική Οντότητα- μέσω της οποίας επικοινωνούν τα GigaPoPs για να επιτύχουν τους στόχους τους, κάτι που περιλαμβάνει και τη δικτυακή διαχείριση. Η Συλλεκτική Οντότητα θα απαιτήσει έναν τεχνικό συντονιστή σε εθνικό επίπεδο και μια συντονιστική επιτροπή που θα συνεδριάζει σε τακτική βάση.

Ένας από τους συνολικούς στόχους του Internet2 είναι να επιτρέψει τη μελέτη της συμπεριφοράς αυτού του πολύπλοκου και δυναμικού συστήματος. Τέτοιες μελέτες περιλαμβάνουν το χαρακτηρισμό της ροής της διακινούμενης πληροφορίας, την παρακολούθηση της end-to-end απόδοσης του Internet2 και τη μελέτη διαφόρων μοντέλων χρέωσης των υπηρεσιών, εν όψει της πραγματικής χρήσης αυτού του συστήματος.

Το Internet2 θα παρέχει δυναμικές end-to-end υπηρεσίες. Αυτό σημαίνει ότι οι τελικοί χρήστες μπορούν να απαιτήσουν συγκεκριμένες δικτυακές υπηρεσίες και να αναμένουν να εξυπηρετηθούν, ανεξάρτητα από τον αριθμό των παρόχων που μεσολαβούν. Διάφορα επίπεδα μιας υπηρεσίας θα είναι διαθέσιμα και πολλαπλές συνδέσεις σε διάφορα επίπεδα μπορεί να απαιτηθούν σε οποιαδήποτε στιγμή. Ένας τελικός χρήστης μπορεί να μη λάβει τις απαιτούμενες υπηρεσίες αν οι πόροι δεν αρκούν για το επίπεδο της ζητούμενης υπηρεσίας. Ωστόσο, αν μια αίτηση κριθεί ικανοποιήσιμη, το επίπεδο της υπηρεσίας είναι εγγυημένο.

Εξαιτίας της end-to-end φύσης του Internet2, η λειτουργία του δικτύου θα απαιτήσει περισσότερο συντονισμό μεταξύ των διαχειριστών του δικτύου και ανάμεσα στους διαχειριστές του δικτύου και στους τελικούς χρήστες. Ο συντονισμός πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένος. Το σημερινό Internet δε διαθέτει τα εργαλεία και τα πρωτόκολλα για τη διαχείριση πολλαπλών επιπέδων υπηρεσιών και το Internet2 στοχεύει στην ανάπτυξή τους. Κατά την ανάπτυξη αυτή δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τελικά τα εργαλεία και τα πρωτόκολλα αυτά θα χρησιμοποιηθούν στο εμπορικό Internet, το οποίο λειτουργεί σε ένα διαφορετικό περιβάλλον από την ακαδημαϊκή κοινότητα.

8.1.9 Διαχείριση Υπηρεσιών.

Η διαχείριση των υπηρεσιών του Internet2 από τα GigaPoPs πρέπει να εξετασθεί από δύο σκοπιές. Η πρώτη είναι από τη σκοπιά του τελικού χρήστη που απαιτεί υπηρεσίες και η δεύτερη από τη σκοπιά των απαιτούμενων δικτυακών συστημάτων για την παροχή αυτών των υπηρεσιών.

8.1.9.1 Δικτυακή Διαχείριση.

Η αίτηση του τελικού χρήστη για την υπηρεσία θα πραγματοποιείται μέσα από μια εφαρμογή. Η εφαρμογή θα είναι υπεύθυνη για την αλληλεπίδραση με τον τελικό χρήστη στην επιλογή των επιπέδων υπηρεσίας και στη συμβουλή σχετικά με τη διαθεσιμότητα και το κόστος της υπηρεσίας. Η εφαρμογή είναι επίσης υπεύθυνη για την αλληλεπίδραση με το δικτυακό σύστημα για τη λήψη των υπηρεσιών. Το πώς οι εφαρμογές, το λειτουργικό σύστημα και το δικτυακό interface θα συνεργαστούν εξαρτάται από την υλοποίηση πάνω στην πλατφόρμα. Ένας δύσκολος στόχος πρέπει να επιτευχθεί: η ομοιόμορφη παρουσίαση στον τελικό χρήστη. Για παράδειγμα, τα μηνύματα λάθους πρέπει να είναι τυποποιημένα, έτσι ώστε ο τελικός χρήστης να κατανοεί το λάθος ακόμα κι αν το σύστημα που χρησιμοποιεί είναι άγνωστο σε αυτόν.

Η διαχείριση του δικτυακού συστήματος που παρέχει τις υπηρεσίες του Internet2 μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα δίκτυα που διαχειρίζονται από διαφορετικές οντότητες. Το δίκτυο πρέπει να λειτουργεί ως ένα σύστημα από τη σκοπιά του τελικού χρήστη. Αυτό απαιτεί συνεργασία από τα συμμετέχοντα δίκτυα στις αιτήσεις για υπηρεσίες. Πιστοποίηση και άδεια για τη χρήση των πόρων απαιτείται πριν ικανοποιηθεί κάθε αίτηση. Στη συνέχεια το σύστημα πρέπει να προσδιορίσει αν οι πόροι είναι διαθέσιμοι για την ικανοποίηση της αίτησης και αν πρέπει να προχωρήσει στη δέσμευσή τους. Κατόπιν πρέπει να συγκεντρωθούν δεδομένα για τους δικτυακούς πόρους που θα καταναλωθούν για να γίνει ο κατάλληλος έλεγχός τους και η κοστολόγησή τους. Αυτά τα βήματα πρέπει να πραγματοποιηθούν συντονισμένα από κάθε ενδιάμεσο δίκτυο για να λειτουργήσει η end-to-end υπηρεσία.

Τα υπάρχοντα εργαλεία για το δικτυακό έλεγχο βλέπουν το δίκτυο ως ανεξάρτητες συσκευές και επικοινωνιακές συνδέσεις. Αυτό περιλαμβάνει συνήθως τη μέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης κίνησης και μερικές απλές πληροφορίες του δικτυακού φόρτου. Αυτά τα εργαλεία δεν αντιμετωπίζουν το δίκτυο συνολικά ούτε λαμβάνουν υπόψη τους την απόδοση σε end-to-end επίπεδο. Πρέπει να αναπτυχθούν εργαλεία που θα διευθετούν τα ζητήματα των διαφόρων επιπέδων υπηρεσιών σε τέτοια δίκτυα.

8.1.9.2 Παρακολούθηση των διαφόρων επιπέδων υπηρεσιών.

Το σημερινό Internet έχει ένα μόνο επίπεδο υπηρεσίας, αυτό της καλύτερης προσπάθειας. Σε αυτό το περιβάλλον είναι εύκολο να συμπεριφέρεσαι σε όλους τους τελικούς χρήστες παρομοίως ή να κατανέμεις τα κόστη βασιζόμενος σε μη δυναμικές παραμέτρους, όπως το εύρος ζώνης της σύνδεσης. Όταν όμως είναι διαθέσιμα πολλαπλά επίπεδα υπηρεσιών, κάποιο είδος ελέγχου των πόρων ή κατανομής του κόστους πρέπει να υλοποιείται με feedback στον τελικό χρήστη για να εξασφαλίζεται ότι ζητήθηκε το ανάλογο επίπεδο υπηρεσίας.

Μιας και το καλύτερο μοντέλο χρέωσης για το Internet2 δεν είναι φανερό, το Internet2 θα χρησιμοποιηθεί αρχικά για την ανάπτυξη και τον έλεγχο μεθόδων κατανομής του κόστους. Κάποιοι στόχοι είναι φανεροί:

- 1) Το κόστος για μια υπηρεσία πρέπει να είναι προβλέψιμο
- 2) Τα υψηλότερα επίπεδα μιας υπηρεσίας πρέπει να κοστίζουν περισσότερο από τα χαμηλότερα.
- 3) Η χρέωση πρέπει να είναι όσο πιο απλή γίνεται για να ελαχιστοποιούνται οι πόροι που καταναλώνονται σε αυτή.

Μέχρι να αναπτυχθούν κατάλληλα μοντέλα, η αρχική χρηματοδότηση για το Internet2 θα πρέπει να ακολουθήσει τα παραδοσιακά μοντέλα χρηματοδότησης του Internet, όπως είναι το από κοινού μοίρασμα των τελών σύνδεσης με ομότιμες συμφωνίες και η κοστολόγηση με βάση την ταχύτητα σύνδεσης.

8.1.10 Αρχιτεκτονική Δομή.

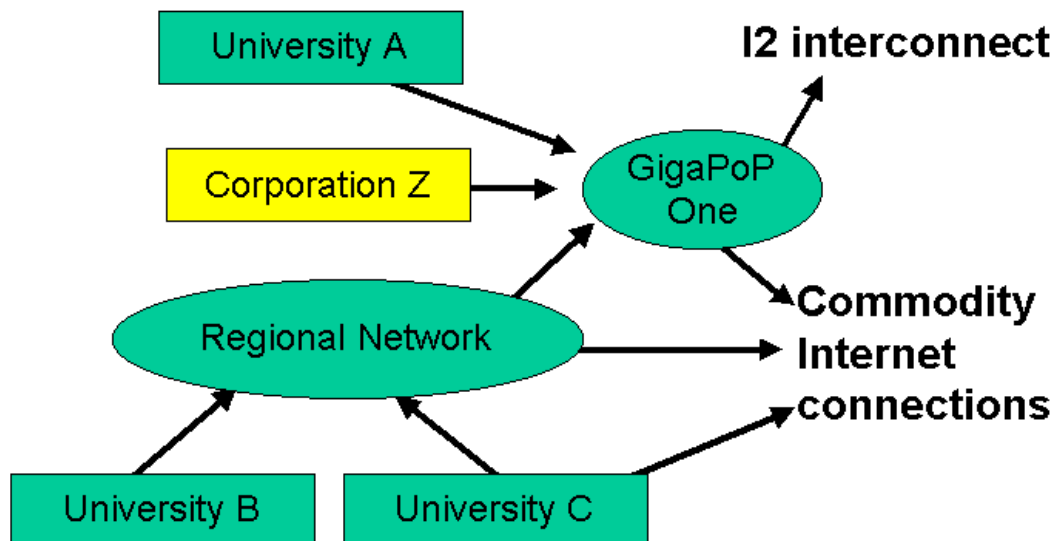
Τα διάφορα δικτυακά κομμάτια στο Internet2 ανήκουν σε κάποια από τις ακόλουθες δύο κατηγορίες: σε αυτά που συνδέουν την εφαρμογή του τελικού χρήστη με το Πανεπιστημιακό GigaPoP (κάποια από τα οποία υπονοούνται στα «συννεφάκια» των Πανεπιστημιακών Δικτύων) και σε αυτά που διασυνδέουν GigaPoPs. Μιας και τα πρώτα είναι κυρίως στην ευθύνη του Πανεπιστημίου (αν τηρούνται βασικά standards), στρέφουμε την προσοχή μας προς τις Inter-GigaPoP συνδέσεις, τη δρομολόγηση και τα άλλα πρωτόκολλα που αναφέρονται σε όλα τα δικτυακά κομμάτια του Internet2.

8.1.10.1 Intra-Campus και Campus-to-GigaPoP

Οι στόχοι του Internet2 δεν μπορούν να επιτευχθούν αν τα Πανεπιστημιακά Δίκτυα δεν αναβαθμιστούν ώστε να παρέχουν επαρκή υποστήριξη για προχωρημένες εφαρμογές. Αυτό σημαίνει να υπάρχει ένα Πανεπιστημιακό Δίκτυο όπου εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης (δίκτυο κορμού > 500Mbps) και χαμηλή καθυστέρηση να μπορούν να λειτουργήσουν απρόσκοπτα. Αναμένεται ότι κάθε Πανεπιστήμιο θα λάβει διαφορετικές αποφάσεις στο πώς θα επιτευχθεί καλύτερα αυτός ο στόχος. Κάποιοι θα βασιστούν σε cell-switching backbones, ενώ άλλοι θα ακολουθήσουν το RSVP ή άλλες τεχνικές δέσμευσης του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Σε όλες πάντως τις περιπτώσεις τα μέλη του Internet2 θα πρέπει να κάνουν σημαντικά έξοδα για να αναβαθμίσουν τα δίκτυά τους. Αυτό θα είναι και το μεγαλύτερο μέρος της επένδυσής τους στο Internet2 project.

Τα περισσότερα Πανεπιστήμια μέλη του Internet2 θα χρειαστούν υψηλής ταχύτητας κυκλώματα (>150Mbps) προς το κοντινότερο GigaPoP και προχωρημένης λειτουργικότητας routers (που θα αποτελούν τα gateways τους). Συνήθως οι Campus-to-GigaPoP συνδέσεις θα μεταφέρουν λιγότερη κίνηση από ότι οι Inter-GigaPoP συνδέσεις και μπορεί να μεταφέρουν και άλλη κίνηση εκτός από αυτή του Internet2. Σε μερικές περιπτώσεις δεν υπάρχει εμπορικά διαθέσιμος ή οικονομικά εφικτός τρόπος για να φτάσει τώρα η Campus-to-GigaPoP σύνδεση στα επιθυμητά επίπεδα ποιότητας και μέχρι να λυθεί το ζήτημα δε θα είναι διαθέσιμη σε αυτά τα Πανεπιστήμια η επιλεγόμενη QoS.

GigaPoPs, cont.



8.1.10.2 GigaPoP-to-GigaPoP

Οι κρίσιμες απαιτήσεις για τις δικτυακές διασυνδέσεις ανάμεσα στα GigaPoPs είναι να παρέχουν:

- 1) Πολύ υψηλή αξιοπιστία και πολλαπλά μονοπάτια
- 2) Υψηλή ταχύτητα (>500Mbps)
- 3) Υποστήριξη για επιλεγόμενη Ποιότητα Υπηρεσιών
- 4) Εργαλεία για συλλογή δεδομένων και διαχείριση του δικτύου που θα επιτρέπουν στους διαχειριστές του Internet2 να ρυθμίζουν τις επικοινωνίες

Οι απαιτήσεις των Inter-GigaPoP συνδέσεων θα εξαρτηθούν από το εύρος ζώνης, την Ποιότητα των Υπηρεσιών και τις απαιτήσεις δρομολόγησης που πρέπει να ικανοποιηθούν. Για πρακτικούς λόγους υποθέτουμε ότι η βασική κίνηση ευρείας περιοχής θα παρέχεται πάνω από SONET με ATM signaling.

Ενώ τα GigaPoPs θα απαιτηθεί να υποστηρίζουν συγκεκριμένες IP υπηρεσίες, θα παρακινηθούν να υποστηρίζουν και άλλα ενδοπανεπιστημιακά επικοινωνιακά πειράματα. Για παράδειγμα, αναμένεται να υλοποιήσουν multicast δρομολόγηση και μεταφορά δεδομένων για υποστήριξη του MBONE και παρόμοιων αρχιτεκτονικών. Η αρχική μορφή της διασύνδεσης των GigaPoPs θα γίνει με το δίκτυο vBNS. Με το χρόνο η μορφή αυτή αναμένεται να εξαπλωθεί και να ενισχυθεί και από άλλες μορφές διασύνδεσης.

Άλλες πιθανές συνδέσεις περιλαμβάνουν:

- 1) Ένα εθνικό δίκτυο από «συννεφάκια», όπως αυτό της Sprint ή της IBM
- 2) Ένα εθνικό δικτυακό «συννεφάκι» δημιουργούμενο και διαχειριζόμενο από το ίδιο το Internet2
- 3) Ξεχωριστές point-to-point συνδέσεις ανάμεσα στα συνεργαζόμενα GigaPoPs

Αν και είναι πιθανό ότι θα υπάρχουν κάποιες point-to-point συνδέσεις ανάμεσα στα GigaPoPs για να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες υπηρεσίες ή ανάγκες για εύρος ζώνης, δεν αναμένεται η δημιουργία ενός full-mesh εθνικού δικτύου για το Internet2 με τη χρήση συμβατικών κυκλωμάτων. Αντιθέτως, αναμένεται η παροχή virtual κυκλωμάτων από ένα εμπορικό δικτυακό σύννεφο ή από το vBNS, εκτός και αν μια εμπειριστατωμένη ανάλυση δείξει ότι άλλες στρατηγικές είναι καλύτερες για την επίτευξη των τεχνικών στόχων.

8.1.10.3 Routing και Quality-of-Service Πρωτόκολλα

Στο Internet2 η δρομολόγηση πρέπει να καλύπτει και το IPv4 και το IPv6. Τα GigaPoPs θα συγκροτηθούν από Πανεπιστημιακά Ιδρύματα τα οποία έχουν το καθένα τη δική του υποδομή για τη διασύνδεση των GigaPoPs με τα μέλη. Σε πολλές περιπτώσεις θα παρέχονται εξειδικευμένες υπηρεσίες στα μέλη του GigaPoP πριν τη διασύνδεση με άλλα GigaPoPs και θα υπάρξουν πολιτικές δρομολόγησης σε τοπικό επίπεδο πριν την ευρύτερη διασύνδεση. Το Internet2 θα χτιστεί συνδέοντας ξεχωριστά διοικούμενες μονάδες κάτω από έναν ευρύτερο συντονισμό.

Η εμπειρία του παρελθόντος έχει δείξει ότι είναι εύκολο για μια οντότητα που παρέχει εξειδικευμένες υπηρεσίες στα μέλη της να δρομολογήσει κίνηση κατά λάθος προς άλλες οντότητες. Γι' αυτό πρέπει οι πληροφορίες δρομολόγησης να φιλτράρονται και η δρομολόγηση μεταξύ των GigaPoPs να εκτελείται με τη χρήση ενός inter-domain πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Αυτό θα παρέχει αμοιβαία προστασία στα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα εναντίον μιας λανθασμένης δρομολόγησης.

Ωστόσο, θέλουμε να παρέχουμε και υποστήριξη για δρομολόγηση QoS υπηρεσιών. Προς το παρόν μια τέτοια υποστήριξη είναι ανύπαρκτη. Αν υπάρχει στενή δικτυακή συνεργασία ανάμεσα στα GigaPoPs μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα intra-domain πρωτόκολλο, εφόσον ο αριθμός των συμμετεχόντων στο Internet2 είναι σχετικά μικρός. Μιας και δεν υπάρχει πρωτόκολλο δρομολόγησης που να ικανοποιεί και τη ζητούμενη δικτυακή λειτουργικότητα και το σύνολο των συμμετεχόντων, πρέπει να αναζητηθούν τρόποι να ξεπεραστεί εξαρχής αυτό το πρόβλημα και να ενισχυθεί η έρευνα για τη δρομολόγηση μακροπρόθεσμα.

8.1.10.3.1 Δρομολόγηση για IPv4

Το Internet2 θα χρησιμοποιηθεί από τα μέλη του ως ένα δίκτυο μεταφοράς για να επικοινωνούν με άλλα μέλη του και με άλλα ειδικά ερευνητικά δίκτυα μέσω καθορισμένων μονοπατιών. Ένα Ίδρυμα μπορεί να έχει συνδέσεις με το εμπορικό Internet και με άλλες υπηρεσίες για δικούς του σκοπούς, αλλά δε θα μεταδώσει πληροφορίες από αυτά στο Internet2. Οι πληροφορίες δρομολόγησης θα φιλτράρονται αυστηρώς. Γενικά ένα GigaPoP θα διακινεί πληροφορίες δρομολόγησης μόνο για τα sites που είναι γνωστό ότι συμμετέχουν στο Internet2 project. Οι αποφάσεις για τη διακίνηση πληροφοριών δρομολόγησης εντός ενός GigaPoP είναι καθαρά δουλειά της διοίκησης του κάθε GigaPoP.

Πρωτόκολλα δρομολόγησης για το IPv4 που να υποστηρίζουν QoS είναι σχεδόν ανύπαρκτα. Δεν υπάρχει υποστήριξη για QoS ούτε στο BGP ούτε στο IDRP. Ένα πρωτόκολλο OSPF που να είναι QoS συμβατό ακόμα αναπτύσσεται. Το Integrated-PNNI είναι μια διέξοδος, γιατί έχει πλεονεκτήματα εκ σχεδιασμού του και στοχεύει στην προσφορά δρομολόγησης QoS επιπέδου και στο IP και στο ATM. Δεν πρόκειται για ένα inter-domain πρωτόκολλο, αν και μια τέτοια πιθανότητα ερευνάται.

8.1.10.3.2 Δρομολόγηση για IPv6.

Η δρομολόγηση για IPv6 είναι υπό ανάπτυξη. Το Integrated-PNNI πρόκειται να υποστηρίξει το IPv6. Το IDRP υποστηρίζει θεωρητικά το IPv6 αλλά οι υλοποιήσεις του χρειάζονται πολλή δουλειά ακόμα και πιθανόν να ξεπεραστούν από το BGP4++. Τα sites που επιθυμούν να πειραματιστούν με το IPv6 μπορούν να χρησιμοποιήσουν και στατικές δρομολογήσεις μέχρι να αναπτυχθούν τα κατάλληλα πρωτόκολλα. Αυτές οι στατικές δρομολογήσεις μπορούν να υλοποιηθούν χωρίς να ληφθεί υπόψη η ιεραρχία στο Internet2 project. Οι IPv6 διευθύνσεις θα δεσμεύονται από τη Συλλεκτική Οντότητα.

8.1.10.3.3 Πληροφορίες δρομολόγησης στο ATM επίπεδο.

Οι πληροφορίες της ATM δρομολόγησης είναι σημαντικές, γιατί πολλές δικτυακές λειτουργίες σχετιζόμενες με την Ποιότητα των Υπηρεσιών και με τις οποίες θέλουμε να πειραματιστούμε περιλαμβάνουν δυναμική δέσμευση των υπηρεσιών στο ATM επίπεδο. Το ATM αναμένεται να χρησιμοποιήσει Permanent Virtual Connections (PVCs) για κάποιες λειτουργίες και Switched Virtual Connections (SVCs) για άλλες. Οι τελευταίες είναι προτιμότερες, γιατί ελαχιστοποιούν την πολυπλοκότητα της υλοποίησης και υποστηρίζουν επαναδρομολόγηση σε περίπτωση δικτυακών προβλημάτων. Οι ATM διευθύνσεις θα δεσμεύονται από τη Συλλεκτική Οντότητα.

8.1.11 Τι πρέπει να γίνει.

8.1.11.1 Πανεπιστήμια

Οι αναβαθμίσεις στα Πανεπιστημιακά Δίκτυα ξεκινούν από το δίκτυο κορμού και από μερικά sites στο Πανεπιστήμιο με ειδικές συνδέσεις. Οι πιο σημαντικές άμεσες δικτυακές ενέργειες που πρέπει να αναληφθούν είναι οι ακόλουθες:

- 1) Σχεδιασμός και υλοποίηση των απαραίτητων αναβαθμίσεων στα δίκτυα κορμού των Πανεπιστημίων.
- 2) Συνεργασία με γειτονικά Πανεπιστήμια για το σχεδιασμό, τη χρηματοδότηση και την υλοποίηση ενός κοινού GigaPoP.
- 3) Διευθέτηση της σύνδεσης ανάμεσα στα Πανεπιστήμια και στο GigaPoP.
- 4) Παροχή υποστήριξης για τους χρήστες των οποίων οι εφαρμογές απαιτούν τη διασύνδεση μέσω Internet2.

8.1.11.2 GigaPoP

Τα κρίσιμα σημεία εδώ είναι τα ακόλουθα:

- 1) Οργάνωση και στελέχωση του GigaPoP.
- 2) Εύρεση ασφαλούς τοποθεσίας για την εγκατάσταση του GigaPoP.
- 3) Ανάπτυξη ενός GigaPoP σε συνεργασία με τη Συλλεκτική Οντότητα.
- 4) Απόκτηση, εγκατάσταση και έλεγχος του εξοπλισμού του GigaPoP.
- 5) Σύνδεση και έλεγχος με τα μέλη του Internet2, τους τοπικούς παρόχους Internet υπηρεσιών και τους άλλους συμμετέχοντες στο GigaPoP.
- 6) Σύνδεση και έλεγχος με άλλα GigaPoPs μέσω του «σύννεφου».
- 7) Δημιουργία σχέσεων εργασίας ανάμεσα στα Πανεπιστήμια και στους δικτυακούς χειριστές της Συλλεκτικής Οντότητας.

8.1.11.3 Σύννεφο

Τα κρίσιμα σημεία εδώ είναι τα ακόλουθα:

- 1) Οργάνωση και στελέχωση της Συλλεκτικής Οντότητας.
- 2) Συμφωνία στο ποια δεδομένα και ποιος έλεγχος θα είναι διαθέσιμα στους διαχειριστές του δικτύου της Συλλεκτικής Οντότητας.
- 3) Διαπραγμάτευση της δικτυακής διασύνδεσης του «σύννεφου».

8.1.11.4 Συνολικά

Διάφορες επιπρόσθετες ενέργειες πρέπει να αναληφθούν από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς:

- 1) Διορισμός μιας Ομάδας Μηχανικών που θα αναπτύξει λεπτομερείς υλοποιήσεις των προτεινόμενων δικτυακών μοντέλων.
- 2) Αναζήτηση συνεργατών σε ευρεία κλίμακα για την απόκτηση πρόσβασης σε σύγχρονο εξοπλισμό και υπηρεσίες, με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Αυτές οι συνεργασίες μπορεί να λάβουν διάφορες μορφές (π.χ. δωρεές εξοπλισμού σε κάποια Πανεπιστήμια για να υποστηριχθούν συγκεκριμένα projects κτλ.).
- 3) Δημιουργία ενός πιο συγκεκριμένου χρονοδιαγράμματος υλοποίησης των στόχων, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί καλύτερα η πρόοδος των εργασιών.

8.1.11.5 Τεχνικοί Στόχοι

- 1) Υψηλής ταχύτητας και προχωρημένης δυνατότητας διαχείρισης των πακέτων routers, ικανοί να υποστηρίξουν τουλάχιστον OC-12 (622Mbps) συνδέσεις και switched ροή δεδομένων.
- 2) Switches και routers που να υποστηρίζουν τα πρωτόκολλα IPv4 και IPv6, καθώς και προχωρημένα πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως το MOSPF και το πρωτόκολλο RSVP για Ποιότητα των Υπηρεσιών.
- 3) SONET ή ATM πολυπλέκτες για να επιτρέψουν τη δέσμευση εύρους ζώνης για διάφορες υπηρεσίες, όπως η υψηλής αξιοπιστίας μετάδοση IP πακέτων, ή την πειραματική εφαρμογή ανερχόμενων πρωτοκόλλων.
- 4) Μέτρηση της κίνησης και συγκέντρωση των σχετικών δεδομένων για να είναι δυνατός ο καθορισμός των χαρακτηριστικών της ροής των δεδομένων και ο έλεγχος της απόδοσης των GigaPoPs.
- 5) Μετακίνηση από την best-effort μεταφορά πακέτων σε διαφοροποιημένες υπηρεσίες.
- 6) Υλοποίηση μιας προχωρημένης δικτυακής υποδομής για την Ερευνητική και Ακαδημαϊκή κοινότητα.

8.2 Πρωτόκολλα

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του σημερινού Internet είναι η ικανότητα κάθε κόμβου να επικοινωνεί με οποιονδήποτε άλλο με ένα συμβατό format μετάδοσης. Αυτό το πλεονέκτημα πρέπει να διατηρηθεί και στο Internet2. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σήμερα στο Internet είναι το Internet Protocol version 4 (IPv4), ενώ το Internet2 χρησιμοποιεί και το Internet Protocol version 6 (IPv6). Όλες οι υλοποιήσεις πρέπει να γίνουν με κατάλληλη διατήρηση της προς-τα-πίσω συμβατότητας.

Επίσης το Internet2 πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στις εφαρμογές να καθορίζουν ένα δίκτυο με «Ποιότητα της Υπηρεσίας» (Quality of Service – QoS), κάτι που περιλαμβάνει την ταχύτητα μετάδοσης, την περιορισμένη καθυστέρηση, το throughput, το χρονοπρογραμματισμό και το ρυθμό απωλειών σε πακέτα. Τεχνολογίες που παρέχουν τέτοιες δυνατότητες αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια και είναι έτοιμες για σοβαρό έλεγχο πάνω στο ίδιο το Internet2.

8.2.1 IPv6

Η πιο προφανής αλλαγή στα πρωτόκολλα του Internet θα είναι ο χώρος που θα δημιουργηθεί για πολύ περισσότερες διευθύνσεις. Το IPv4 έχει 32 bits για διευθυνσιοδότηση και συνολικά 2^{32} δυνατές διευθύνσεις. Το IPv6 έχει 128 bits για διευθυνσιοδότηση και συνολικά 2^{128} δυνατές διευθύνσεις, δηλ. περίπου 665×10^{24} διευθύνσεις για κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας της Γης. Αν και αυτός ο αριθμός είναι πολύ μεγαλύτερος από ότι πρόκειται να χρειαστούμε στο προσεχές μέλλον, τα 128 bits διευθυνσιοδότησης θα παρέχουν μόνο λίγες εκατοντάδες εκατομμύρια διευθύνσεις ανά τετραγωνικό μέτρο. Οι υπόλοιπες θα χρησιμοποιούνται για δρομολόγηση και άλλους διαχειριστικούς σκοπούς. Ακόμα κι έτσι βέβαια πρόκειται για μια επέκταση του χώρου των διευθύνσεων σε διαστάσεις που ξεπερνούν κατά πολύ τις ανάγκες μας.

Οι σχεδιαστές του IPv6 είχαν στο μυαλό τους ότι το IPv4 έχει αποδειχτεί κατά καιρούς ένα πολύ ικανό πρωτόκολλο. Το IPv4 έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί πάνω από όλα σχεδόν τα δίκτυα και δεν έχει καμία απαίτηση όσον αφορά την end-to-end υποδομή. Αν και connectionless, το IP μπορεί να υποστηρίξει μέσω του TCP μια connection-oriented υπηρεσία. Έπρεπε λοιπόν να δημιουργηθεί ένα απλό βελτιωμένο πρωτόκολλο με την ίδια τουλάχιστον λειτουργικότητα. Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του IPv6 είναι το σταθερό μήκος του header, σε αντίθεση με το μεταβλητό μήκος της προηγούμενης έκδοσης. Έτσι δε χρειάζεται βέβαια και το πεδίο που δείχνει το μέγεθος του header (IHL). Αυτό δε σημαίνει ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν προαιρετικές πληροφορίες, κάτι που γίνεται μέσω του πεδίου Next Header, το οποίο για ειδικά πακέτα μπορεί να δείχνει σε μια αλυσίδα headers επέκτασης. Μια άλλη απλοποίηση του IPv6 είναι ότι δεν έχει checksum, κάτι που μας γλιτώνει από τον υπολογισμό των checksums, αλλά εισάγει και πολλούς κινδύνους σε περίπτωση λαθών (και ανάλογα με το πεδίο όπου έγινε το λάθος). Το νέο πρωτόκολλο αφήνει το φόρτο στους hosts να καθορίσουν το μέγιστο μέγεθος του segment μέσω μιας διαδικασίας που καλείται Path MTU Discovery. Ένα άλλο πεδίο που δεν υπάρχει στο IPv6 είναι το πεδίο Type of Service, που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ποιο μονοπάτι επικοινωνίας είναι προτιμότερο από τον αποστολέα. Οι άλλες παράμετροι του header διατηρούν και στο IPv6 τη σημασία τους με ορισμένες μικρές τροποποιήσεις. Π.χ. το πεδίο Time to Live αντικαθίσταται από το πεδίο Hop Limit, για να αντιπροσωπεύει ένα πιο ρεαλιστικό μέτρο απόδοσης της ζωής των πακέτων.

Ο IPv6 header είναι έτσι σχεδιασμένος για να επιτυγχάνει τη μικρότερη καθυστέρηση κατά την επεξεργασία από τους routers. Αυτό διευκολύνει την ανάπτυξη βελτιστοποιημένου forwarding κώδικα, ο οποίος μπαίνει σε λειτουργία όταν το πεδίο Next Header δείχνει σε ένα πρωτόκολλο επόμενου επιπέδου. Σε περίπτωση που το πεδίο Next Header δείχνει σε ένα header επέκτασης, η ανάλογη ρουτίνα πρέπει να κληθεί για να επεξεργαστεί το header. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε router οι headers με επέκταση καθυστερούν για να εξεταστούν περαιτέρω. Το IPv6 καθορίζει 6 headers επέκτασης και συνιστά να χρησιμοποιούνται με την ακόλουθη σειρά:

- 1) IPv6 header
- 2) Hop-by-Hop options header
- 3) Destination option header 1
- 4) Routing header
- 5) Fragment header
- 6) Authentication header
- 7) Destination option header 2
- 8) Upper-layer header

8.2.2 RSVP

Το Reservation Protocol (RSVP) είναι μία από τις λύσεις για την παροχή ειδικής ποιότητας επικοινωνίας. Χρησιμοποιείται από ένα host για να απαιτήσει Ποιότητα Υπηρεσιών από ένα δίκτυο για μια συγκεκριμένη ροή δεδομένων. Το RSVP είναι ειδικά σχεδιασμένο για ένα περιβάλλον πολλών χρηστών, με την πρόβλεψη ότι κάθε χρήστης μπορεί να έχει διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών. Για να δεσμευτεί κάποιος πόρος για ένα συγκεκριμένο κόμβο, το RSVP πρέπει να επικοινωνήσει με 2 μηχανισμούς ελέγχου, τους Admission και Policy. Ο Admission έλεγχος εξετάζει αν μπορεί να παρασχεθεί η ζητηθείσα υπηρεσία, ενώ ο Policy έλεγχος αν ο παραλήπτης δικαιούται να λάβει τέτοια υπηρεσία. Αν οποιαδήποτε από τις συνθήκες δεν μπορεί να εκπληρωθεί στέλνεται ειδοποίηση στο σταθμό που έκανε την αίτηση. Αλλιώς ο RSVP daemon θέτει τις παραμέτρους σε έναν packet classifier και έναν packet scheduler για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο υπηρεσιών. Ο classifier καθορίζει την QoS κλάση για κάθε πακέτο και ο scheduler τη μεταφορά κάθε πακέτου για να υλοποιηθεί αυτή στο επιθυμητό QoS για κάθε ροή πακέτων. Για να λειτουργεί καλά το RSVP χρειάζονται κανόνες φιλτραρίσματος για να ξεχωρίζουν ποια πακέτα από αυτά που πηγαίνουν σε κάποιο παραλήπτη πρέπει να χρησιμοποιήσουν το δεσμευμένο εύρος ζώνης. Το RSVP παρέχει πόρους για εφαρμογές που απαιτούν επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, αν και μερικοί πιστεύουν ότι μια τέτοια τεχνική είναι πλέον ξεπερασμένη, μιας και αναδύονται εφαρμογές με μεταβαλλόμενες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης.

8.2.3 RTP

Τα TCP και UDP έχουν κάποια προβλήματα όσον αφορά την υποστήριξη κίνησης multicast πραγματικού χρόνου, το μεν TCP γιατί υποστηρίζει μόνο αξιόπιστη connection-oriented επικοινωνία, το δε UDP γιατί δε διαθέτει αρκετή λειτουργικότητα για να υποστηρίξει πλήρως εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Γι' αυτό το UDP συνδυάζεται με το Real-Time Protocol (RTP) για να ενισχύσει τη λειτουργικότητά του. Το RTP υλοποιείται συνήθως από την αντίστοιχη εφαρμογή που κάνει την αίτηση επικοινωνίας και είναι ανεξάρτητο από το transport επίπεδο στο οποίο ενθυλακώνεται. Έτσι το RTP μπορεί να υποστηρίξει και multicast και unicast.

8.3 QoS

Μέχρι πρόσφατα, το Internet δεν είχε ποτέ αρκετές επιλογές σχετικά με την ποιότητα των υπηρεσιών (Quality of Service - QoS), οι οποίες να προσφέρονται από τους providers σε αυτούς τους χρήστες που μπορούν να ζητούν και να πληρώνουν περισσότερο ή λιγότερο με βάση την εφαρμογή ή το χρόνο. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει επιλογή στα δικτυακά προγράμματα που να αναγράφει: «Χρέωσέ με περισσότερο, αλλά δώσε μου καλύτερη εξυπηρέτηση.» ούτε ένας τρόπος να πεις, «Δώσε μου εγγυημένη υψηλή ποιότητα ήχου και εικόνας για όλες τις κλήσεις από τη δική μου θέση, αλλά μόνο χαμηλού κόστους και χαμηλής ποιότητας για κλήσεις από φίλους μου, εκτός αν αυτοί πληρώνουν για την κλήση.» Το UUNet και το BBN/GTE έχουν αρχίσει να προσφέρουν μερικές φόρμες για εγγυημένη υπηρεσία, αλλά πολλές δεν είναι ακόμα εφικτές με τα σημερινά πρωτόκολλα.

Διαφορετικοί τύποι εφαρμογών έχουν διαφορετικές προτεραιότητες από την άποψη της QoS. Για παράδειγμα, ο πραγματικού χρόνου ήχος μπορεί να ανέχεται λίγο χάσιμο σήματος καλύτερα από καθυστέρηση, ενώ τα δεδομένα μπορούν να ανεχθούν καθυστέρηση, αλλά πάντα χρειάζεται 100% πιστή μετάδοση.

Καθώς τα πακέτα ρέουν στους δικούς τους προορισμούς, διαφορετικά χαρακτηριστικά πρέπει να είναι εγγυημένα και ελέγξιμα, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων:

- **Χωρητικότητα.** Εάν μια εφαρμογή απαιτεί 10 Mbps από σημείο σε σημείο, το δίκτυο πρέπει να έχει τη δυνατότητα να διατηρεί χωρητικότητα και για την υποστήριξη των δικών του αναγκών.
- **Χειρισμός χαμένων πακέτων.** Εάν ένα πακέτο χαθεί (και κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο), ποιο επίπεδο απωλειών είναι ανεκτό για τις ανάγκες της εφαρμογής;
- **Συγχρονισμός πακέτων.** Πότε πρέπει το πακέτο να γίνει διαθέσιμο για την εφαρμογή; Τι χρονικοί περιορισμοί είναι αποδεκτοί;

Παρομοίως, όταν πακέτα φτάνουν στους δικούς τους προορισμούς, ποια χαρακτηριστικά πρέπει να ελέγχονται;

- **Έλεγχος άδειας εισόδου.** Τι πακέτα επιτρέπεται να εισέρχονται στον προορισμό;
- **Διαφοροποίηση πακέτων.** Είναι μερικά πακέτα περισσότερο σημαντικά από άλλα;
- **Λογιστική και τιμολόγηση.** Ποιος θα πληρώσει για τη μεταφορά των πακέτων, και πως εμείς θα παρακολουθούμε τη διαχείρισή;

8.3.1 Ζητήματα σχετικά με το *Quality of Service*.

Βασιζόμενοι στη μέχρι τώρα συζήτηση και καθώς οι εφαρμογές αλλάζουν, περιμένουμε από το Internet2 να επιτρέπει αιτήσεις για τα ακόλουθα πέντε χαρακτηριστικά του Quality of Service:

- **Ταχύτητα μετάδοσης.** Ο ελάχιστος αποτελεσματικός ρυθμός δεδομένων που πρέπει να παρέχεται μαζί με ένα ανεκτό ανώτατο όριο. Έτσι, για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να απαιτήσει μια σύνδεση της οποίας ο ρυθμός δεδομένων να μην πέφτει ποτέ κάτω από 50Mbps, αλλά να μην περιμένει μετάδοση πιο γρήγορη από 100Mbps.
- **Όρια στην καθυστέρηση και διακύμανσή της.** Η μέγιστη αποτελεσματική διακοπή που επιτρέπεται, ειδικά για video και για άλλα σήματα που μεταφέρουν πληροφορίες πραγματικού χρόνου. Ένας χρήστης μπορεί να καθορίσει ότι δε θα υπάρχουν κενά ανάμεσα στα πακέτα αρκετά μεγάλα ώστε να διακόπτουν ή να παγώνουν την εικόνα.
- **Throughput.** Το ποσό των δεδομένων τα οποία μεταδίδονται σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Ένας χρήστης μπορεί να καθορίσει ότι ένα Terabyte δεδομένων θα μετακινείται μέσα σε 10 λεπτά.
- **Schedule.** Οι χρόνοι έναρξης και λήξης για την αιτούμενη υπηρεσία. Ένας χρήστης μπορεί να καθορίσει ότι η αιτούμενη σύνδεση πρέπει να είναι διαθέσιμη σε κάποιον ακριβή χρόνο στο μέλλον και για καθορισμένο χρονικό διάστημα.
- **Loss rate.** Ο μέγιστος αναμενόμενος ρυθμός απώλειας πακέτων σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα.

Όσο πιο απαιτητικοί είμαστε για QoS τόσο πιο απαιτητικές είναι οι απαιτήσεις για δικτυακούς πόρους και φυσικά δυσχεραίνουμε τις αιτήσεις των άλλων χρηστών. Το κόστος της παροχής τέτοιων υπηρεσιών πρέπει να είναι ξεκάθαρο στους χρήστες, ώστε αυτοί να μην απαιτούν υψηλότερο επίπεδο υπηρεσιών από ότι πραγματικά χρειάζονται. Αναμένεται ότι τα Πανεπιστήμια θα προτιμήσουν υπηρεσίες με αναμενόμενο κόστος, αλλά θα μπορούν να προσφέρουν διαφοροποιημένες υπηρεσίες στους ακαδημαϊκούς χρήστες. Πράγματι, μέρος της έρευνας για το Internet2 είναι ο καθορισμός των θεμάτων οικονομικής και δημόσιας πολιτικής. Είναι πιθανόν ότι μέσα στα Πανεπιστήμια θα υπάρξουν διαφορετικές πολιτικές, οι οποίες θα προτρέπουν για ορθολογική δικτυακή συμπεριφορά.

8.4 Security

Το δίκτυο και η ασφάλεια δεδομένων είναι κρίσιμα θέματα για το Internet2. Τα IPng πρωτόκολλα θα περιλαμβάνουν δύο χαρακτηριστικά σχεδιασμένα να παρέχουν ένα υψηλότερο επίπεδο ασφάλειας των επικοινωνιών: μια επικύρωση του header και μια ενσωμάτωση του ασφαλισμένου header.

Ο επικυρωμένος header θα παρέχει μια εγγύηση ότι ένα μήνυμα προέρχεται από μία γνωστή, αξιόπιστη πηγή και ότι ο καθένας μπορεί να ακολουθήσει τα ίχνη του μηνύματος πίσω μέχρι την αρχική πηγή. Δηλαδή, ο επικυρωμένος header θα βεβαιώνει την πηγή του μηνύματος και το γεγονός ότι η πηγή είναι γνωστή και αξιόπιστη.

Ο ενσωματωμένος header παρέχει ένα μέσο για την εγγύηση ότι τα μηνύματα ταξιδεύουν άθικτα από την πηγή στον προορισμό και ότι τα περιεχόμενα των μηνυμάτων αποκρύβονται από τα αδιάκριτα βλέμματα των επίδοξων hackers. Η χρήση αυτού του header υποστηρίζει πολλαπλά formats και αλγορίθμους. Ο header είναι σχεδιασμένος ώστε να μεταβάλλεται για την προστασία των δεδομένων ελέγχου, έτσι ώστε όταν εφαρμοστούν νέα μέτρα ελέγχου, να μπορούν εύκολα να ενσωματώνονται στο υπάρχον μοντέλο.

8.4.1 Ζητήματα σχετικά με την ασφάλεια.

Η ασφάλεια που προσφέρει το Internet2 χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

- **Network System Attacks.** Αυτές είναι επιθέσεις στην υποδομή του δικτύου όταν ένα άτομο κάνει κάποια ενέργεια με στόχο να προκαλέσει βλάβη στο σύστημα του δικτύου. Αυτές οι επιθέσεις ποικίλουν από flooding μέχρι IP spoofing και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο σύστημα διαχείρισης του δικτύου. Το αποτέλεσμα είναι η άρνηση της εξυπηρέτησης σε νόμιμους χρήστες του δικτύου.
- **Μη εξουσιοδοτημένη χρήση του δικτύου.** Όπως το Internet2 παρέχει διαφορετικά επίπεδα εξυπηρέτησης με διαφορετική κοστολόγηση, οι χειριστές του δικτύου πρέπει να προσφέρουν προστασία απέναντι σε απόπειρες να αποφευχθούν αυτοί οι έλεγχοι. Κατάλληλη πιστοποίηση και εξουσιοδότηση χρειάζονται για την απόκτηση των υπηρεσιών. Οι μέθοδοι και η υποδομή για την εκτέλεση της πιστοποίησης και της εξουσιοδότησης χρειάζεται να είναι ασφαλείς από επιθέσεις. Αυτό περιλαμβάνει απλά θέματα ασφαλείας (όπως η μετάδοση κωδικοποιημένων passwords) μέχρι την αποτροπή της επαναχρησιμοποίησης νόμιμα προσπελάσιμων πληροφοριών από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες.
- **Ακατάλληλη χρήση του δικτύου.** Αυτά είναι περιστατικά τα οποία δεν επηρεάζουν το δίκτυο αυτό καθ' αυτό, αλλά προκαλούν προβλήματα στους ανθρώπους που χρησιμοποιούν το δίκτυο. Περιλαμβάνουν την παράνομη είσοδο στα συστήματα υπολογιστών, την κλοπή αντικειμένων που διατίθενται στο δίκτυο, τη δικτυακή παρενόχληση και άλλα εγκλήματα ή παραβιάσεις κανόνων. Παρόλο που η ανίχνευση και δίωξη αυτών των πράξεων είναι έξω από τις αρμοδιότητες των χειριστών του δικτύου, οι χειριστές πρέπει να πρόθυμοι και ικανοί να βοηθήσουν στην έρευνα από τις αρμόδιες αρχές

Οι χειριστές συστημάτων χρειάζεται να έχουν γνώση τόσο των παλιών όσο και των νέων μεθόδων επιθέσεων σε όλες τις κατηγορίες. Πρέπει επίσης να κατανοούν ποια μέτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση και απόκρουση αυτών των επιθέσεων. Απαιτείται επίσης στενή συνεργασία με άλλους χειριστές δικτύων, καθώς και με οργανισμούς όπως το CERT. Οι χειριστές δικτύων πρέπει να είναι ικανοί να παρέχουν αναφορές σε πληροφορίες σχετικές με καλές λειτουργικές διαδικασίες, όπως και σχετικά με την επίλυση των προβλημάτων που δημιουργούνται στους τελικούς χρήστες του δικτύου.

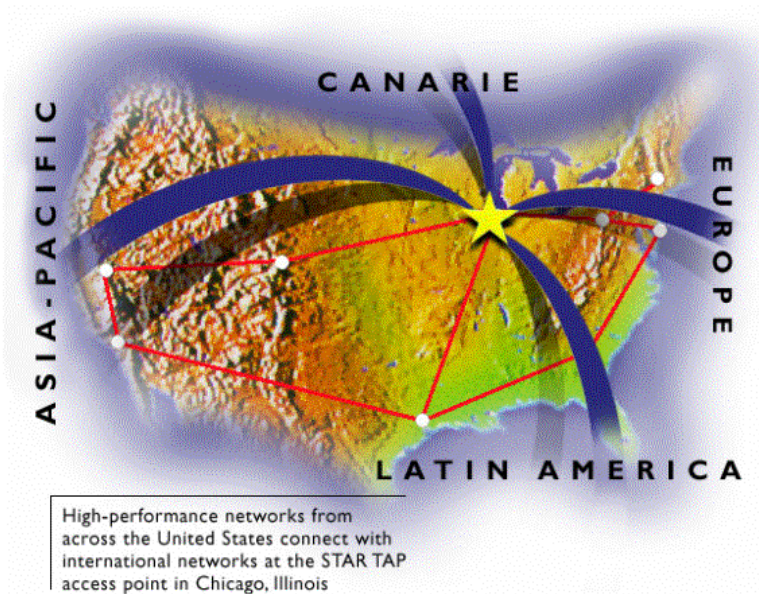
Η στρατηγική του Internet είναι ότι τα τελικά συστήματα είναι υπεύθυνα για την ασφάλεια των εφαρμογών. Ωστόσο τα πρωτόκολλα και τα εργαλεία έχουν αναπτυχθεί για να ακολουθούν αυτή την στρατηγική. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μέτρων ασφαλείας, όπως τα firewalls. Αν και η ασφάλεια στο επίπεδο του δικτύου για τις εφαρμογές είναι συχνά περιοριστική, ίσως να πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο Internet2 για να παρέχει ασφάλεια στις εφαρμογές.

9. Το Internet2 πέρα από το χώρο των Η.Π.Α.

Το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών των Η.Π.Α δίνει καθημερινά σε όλο και περισσότερα ιδρύματα της χώρας τη δυνατότητα να συνδεθούν με το Internet2. Το νέο Internet που είναι ταχύτερο και τεχνολογικά ανώτερο του σημερινού χτίζεται στις Η.Π.Α και τις διατηρεί στην ακμή της τεχνολογίας. Πού ακριβώς λοιπόν βρίσκεται ο υπόλοιπος τεχνολογικά αναπτυγμένος κόσμος αναφορικά με το Internet2 ή με παρόμοιες προσπάθειες;

9.1 Το Internet2 σε διεθνή κλίμακα.

Οι επικεφαλές του Internet2 αναζητούν συνεργασία ανάμεσα σε ερευνητικά προγράμματα που εκπονούνται πέρα από το χώρο των Η.Π.Α, και έχουν ως σκοπό τη δημιουργία αναπτυγμένων τεχνολογικά δικτύων και εφαρμογών. Η κύρια προσπάθεια γίνεται για να αναπτυχθεί συνεργασία γύρω από το Quality of Service ώστε να διατηρηθεί μια παγκόσμια λειτουργικότητα. Προκειμένου κάποιο ίδρυμα να συνδεθεί στην όλη προσπάθεια μπορεί να χρησιμοποιήσει το STARTAP (Science, Technology, Research Transit Access Point) που ξεκινάει από Σικάγο. Το επόμενο σχήμα δείχνει αυτό τον κόμβο και πως αυτός εκτείνεται:



Εδώ θα αναφέρουμε κάποιες συνεργασίες ερευνητικών ιδρυμάτων με το Internet2 (κάποιες από αυτές είναι πάρα πολύ πρόσφατες).

1) Συνεργασία ανάμεσα στον Καναδά και το ίδρυμα CANARIE (Canadian Advanced Research and Education Network) και το Internet2 project.

2) Συνεργασία ανάμεσα στο NORDUnet και στο Internet2 project που συμφωνήθηκε στις 26 Απριλίου του 1999.

Το NORDUnet είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη και λειτουργία ενός νέου δικτύου έρευνας στη Νορβηγία. Το NORDUnet, με έδρα τη Στοκχόλμη εξυπηρετεί τα νορβηγικά εκπαιδευτικά ιδρύματα έχοντας ένα συνολικό bandwidth 700 Mbps, ενώ είναι ένα από τα καλύτερα και αρτιότερα εξοπλισμένα ερευνητικά κέντρα του κόσμου. Το NORDUnet είναι ιδιοκτησία κυβερνητικών ιδρυμάτων με σκοπό υψηλότερη εκπαίδευση στη Σουηδία, τη Φιλανδία, τη Δανία, τη Νορβηγία και την Ισλανδία (περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες στη διεύθυνση info@nordu.net)

3) Συνεργασία ανάμεσα στο SURFnet και στο Internet2 project που επίσης συμφωνήθηκε στις 26 Απριλίου του 1999.

Το SURFnet είναι το εθνικό computer network για την εκπαίδευση και την έρευνα στην Ολλανδία και τις Κάτω Χώρες. Συνδέει τα πανεπιστημιακά δίκτυα, τα κολέγια, τα ερευνητικά κέντρα, τα ακαδημαϊκά νοσοκομεία και τις επιστημονικές βιβλιοθήκες κατά μήκος της Ευρώπης και του υπόλοιπου κόσμου. Σε συνεργασία με τη γερμανική εταιρεία Telematics Institute, το SURFnet προσπαθεί να αναπτύξει την επόμενη γενιά δικτύων για το SURFnet-network (περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες στη διεύθυνση <http://www.surfnet.nl/en/>).

4) Συνεργασία ανάμεσα στο SingAREN (the Singapore Advanced Research and Education Network) και στο Internet2 project που επίσης συμφωνήθηκε στις 28 Απριλίου του 1999.

Το SingAREN είναι το πρώτο ερευνητικό και εκπαιδευτικό δίκτυο από την Ασία που συνδέθηκε με το STARTAP κόμβο με 14 Mbps ενώ υποστηρίζει μια σύνδεση 2 Mbps ανάμεσα στα ερευνητικά δίκτυα της Ιαπωνίας και της Κορέας.

9.2 Η απάντηση της Ευρώπης στο Internet2.

Αντίστοιχα με τη δράση που παρατηρείται στην Αμερική για την εξέλιξη και αναβάθμιση του Internet μέσω του project Internet2, στην Ευρώπη έχουμε μια ανάλογη προσπάθεια μέσω του project TEN-155 (TransEuropean Network 155 Mbps). Το TEN-155 δίκτυο αποτελεί την Ευρωπαϊκή απάντηση στις αντίστοιχες προηγμένες δικτυακές υποδομές των ΗΠΑ (όπως NGI, Internet2).

Πρόκειται για τον πιο εξελιγμένο Ευρωπαϊκό Δικτυακό Κορμό μια και διασυνδέει τα Εθνικά Ερευνητικά Δίκτυα (NRN) των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με ταχύτητες έως και 155 Mbps. Είναι έργο μοναδικής εμβέλειας και καινοτομίας, το οποίο οριοθετεί ένα νέο επίπεδο τηλεματικών υπηρεσιών υποστήριξης και συνεργασίας των ερευνητών της γηραιάς ηπείρου.

Ο συντονισμός του δικτύου γίνεται από το DANTE (<http://www.dante.net>), εταιρεία μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα με έδρα στο Κέιμπριτζ της Μ. Βρετανίας, η οποία συγκροτήθηκε από τα Εθνικά Ευρωπαϊκά Ερευνητικά Δίκτυα για παροχή υψηλού επιπέδου δικτυακών υπηρεσιών για την έρευνα σε πανευρωπαϊκό επίπεδο.

Το δίκτυο TEN-155 συγχρηματοδοτείται από τις Γενικές Διευθύνσεις DG-XIII (Telematics for Research) και DG-III (Esprit) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Για πρώτη φορά, και σαν αποτέλεσμα της απελευθέρωσης της τηλεπικοινωνιακής αγοράς, η Διευρωπαϊκή-Υπερατλαντική ταχύτητα διασύνδεσης δεν θα αποτελεί τη στενωπό παροχής υπηρεσιών από τα προηγμένα Εθνικά Ερευνητικά Δίκτυα (μεταξύ αυτών και το ΕΔΕΤ). Ας σημειωθεί ότι, το δίκτυο TEN-155 και τα Εθνικά Ακαδημαϊκά και Ερευνητικά Δίκτυα παρέχουν τις υπηρεσίες τους αποκλειστικά στην Ακαδημαϊκή και Ερευνητική Κοινότητα και δεν ανταγωνίζονται τις Εταιρείες Παροχής Υπηρεσιών Internet (ISPs).

9.3 Τι ακριβώς γίνεται στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα ξεκίνησε μια προσπάθεια να αναβαθμισθούν και να επεκταθούν σε όλα τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, οι δυνατότητες διασύνδεσης με πολυμέσα όπως και η άμεση διεθνής επικοινωνία με το Internet. Η προσπάθεια αυτή εντάσσεται μέσα στα πλαίσια του δικτύου TEN-155 (που αναφέρθηκε προηγουμένως). Η πρόσβαση στο ταχύτερο δίκτυο Internet στην Ευρώπη αποτελεί εδώ και λίγο καιρό (Ιανουάριος 1999) πραγματικότητα για τα Πανεπιστήμια, τα ΤΕΙ και τα Ερευνητικά Κέντρα της χώρας μας.

Το επίτευγμα αυτό έγινε εφικτό χάρη στο Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας (ΕΔΕΤ) (<http://www.gnet.gr>) και το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα TEN-155 (<http://www.dante.net/ten-155.html>) στα πλαίσια του οποίου η ταχύτητα της διεθνούς ζεύξης του ΕΔΕΤ τριπλασιάστηκε τον Ιανουάριο 1999 από 10Mbps σε 34Mbps. Έτσι η Ελληνική ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα εντάσσεται δυναμικά στην "Παγκόσμια Κοινωνία των Πληροφοριών" μια και θα μπορεί να αξιοποιεί μέσα από την ταχύτατη πρόσβαση στο διεθνές Internet κάθε είδους προηγμένη υπηρεσία τηλεματικής, όπως επικοινωνίες πολυμέσων και εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο (π.χ. τηλε-εκπαίδευση). Στον παρακάτω χάρτη του TEN-155, φαίνονται τα στοιχεία δικτυακής διαδρομής (trace route) στους εξυπηρετητές WWW των εθνικών ερευνητικών δικτύων που είναι συνδεδεμένοι στο TEN-155.

Η Ελλάδα μέσω του ΕΔΕΤ έπαιξε από την πρώτη στιγμή πρωταγωνιστικό ρόλο τόσο στο TEN-155 όσο και στον προκάτοχό του το TEN-34 (<http://www.dante.net/ten-34>). Το ΕΔΕΤ (Ανώνυμη Εταιρεία του Δημοσίου) δημιουργήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (Υπουργείο Ανάπτυξης) (<http://www.gsrt.gr>) σαν μοχλός ανάπτυξης της "Ελληνικής Κοινωνίας των Πληροφοριών" με σκοπό την προσφορά υψηλού επιπέδου δικτυακών υπηρεσιών στην Ερευνητική και Ακαδημαϊκή Κοινότητα. Πιο συγκεκριμένα παρέχει υπηρεσίες εθνικής και διεθνούς μετάδοσης δεδομένων στα 18 ΑΕΙ και 14 ΤΕΙ της χώρας στα πλαίσια του Διαπανεπιστημιακού Δικτύου GUnet (<http://www.gunet.gr>), και στα Ερευνητικά κέντρα του Υπουργείου Ανάπτυξης καθώς και στην υπηρεσία εθνικής διασύνδεσης (peering) μεταξύ των φορέων Internet (Athens Internet Exchange - AIX).



Η πρόσφατη αναβάθμιση της επίγειας Διεθνούς Διασύνδεσης του ΕΔΕΤ βασίζεται στις δυνατότητες της τεχνολογίας ATM (Asynchronous Transfer Mode) και συνδέει τη χώρα μας με το Ευρωπαϊκό τμήμα του Internet μέσω του Άμστερνταμ (ταχύτητα 34Mbps) και με τις ΗΠΑ μέσω Νέας Υόρκης (ταχύτητα 17Mbps). Ο σχεδιασμός και η τεχνική υποστήριξη του ΕΔΕΤ (δίκτυο κορμού και διεθνείς συνδέσεις) επιβλέπεται από ομάδα τεχνικών συμβούλων υψηλού επιπέδου, αποτελούμενη από τα στελέχη διαχείρισης των δικτύων των Ελληνικών ΑΕΙ, ΤΕΙ και Ερευνητικών Κέντρων. Την καθημερινή τεχνική διαχείριση του ΕΔΕΤ, όπως και την Ελληνική συμμετοχή στο TEN-155 υλοποιεί το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων (<http://www.ntua.gr/nmc>), του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Η αναβάθμιση της διεθνούς διασύνδεσης έγινε σε στενή συνεργασία με τον ΟΤΕ (Διεύθυνση Διεθνών Επικοινωνιών & Τμήμα Συντήρησης PCM). Αξίζει να τονιστεί, πως η μέχρι σήμερα άψογη συνεργασία του ΕΔΕΤ με τα λοιπά Ερευνητικά Δίκτυα της Ευρώπης και η αξιόπιστη παροχή προηγμένων υπηρεσιών (από το 1996) στην Ακαδημαϊκή και Ερευνητική Κοινότητα της χώρας, έχουν συντελέσει στην δρομολόγηση έργων περιφερειακής διασύνδεσης των αντιστοίχων δικτύων της Μεσογείου και των Βαλκανικών και Παρευξινίων χωρών, με πρωτοβουλία του ΕΔΕΤ σαν πύλη πρόσβασης προς το TEN-155.

Πέρα από την αναβάθμιση των γραμμών με τις οποίες η χώρα μας συνδέεται στο Internet μέσα στα πλαίσια του έργου GUNET γίνεται προσπάθεια δημιουργίας νέων υπηρεσιών τηλεματικής και εφαρμογών για τα πανεπιστήμια της χώρας μας. Αξίζει στην επόμενη παράγραφο να δούμε λεπτομέρειες για το GUNET.

9.3.1 Το GUNET.

Το έργο αποτελεί μια παράλληλη δράση από 18 Α.Ε.Ι. και 14 Τ.Ε.Ι. της χώρας και συντονίζεται από το Πανεπιστήμιο Αθηνών. Το έργο έχει χρονική διάρκεια τριανταέξι μηνών (1/97-12/99) και έχει συνολικό προϋπολογισμό 6,7 δις. Χρηματοδοτείται από το ΥΠ.Ε.Π.Θ. μέσω του προγράμματος Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης).

Βασικός σκοπός του έργου είναι ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η λειτουργία κόμβων πρόσβασης των τοπικών Ακαδημαϊκών δικτύων για παροχή προηγμένων υπηρεσιών τηλεματικής σε υψηλές ταχύτητες.

9.3.1.1 Συμμετέχοντες στο GUNET.

Τα παρακάτω Α.Ε.Ι συμμετέχουν στο πρόγραμμα του GUNET:

- Ανωτάτη Σχολή Καλών Τεχνών
- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
- Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Ιόνιο Πανεπιστήμιο
- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Πανεπιστήμιο Κρήτης
- Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
- Πανεπιστήμιο Πάτρας
- Πανεπιστήμιο Πειραιά
- Πάντειο Πανεπιστήμιο
- Πολυτεχνείο Κρήτης
- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Τα παρακάτω επίσης Τ.Ε.Ι συμμετέχουν στο πρόγραμμα του GUNET :

- ΤΕΙ Αθήνας
- ΤΕΙ Ηπείρου
- ΤΕΙ Ηρακλείου
- ΤΕΙ Θεσσαλονίκης
- ΤΕΙ Καλαμάτας
- ΤΕΙ Καβάλας
- ΤΕΙ Κοζάνης
- ΤΕΙ Λαμίας
- ΤΕΙ Λάρισας
- ΤΕΙ Μεσολογγίου
- ΤΕΙ Πάτρας
- ΤΕΙ Πειραιά

- ΤΕΙ Σερρών
- ΤΕΙ Χαλκίδας

9.3.1.2 Στόχοι του GUNET.

Οι στόχοι του GUNET μπορούν να παραλληλιστούν με τις επιδιώξεις των ιδρυμάτων που μετέχουν στο project του Internet2. Χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

- α) Νέες υπηρεσίες τηλεματικής.
- β) Προηγμένες υπηρεσίες.

9.3.1.2.1 Νέες υπηρεσίες τηλεματικής.

Οι νέες υπηρεσίες τηλεματικής περιλαμβάνουν τη διασύνδεση σε υψηλές ταχύτητες όλων των Τριτοβάθμιων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων που άλλωστε είναι αναγκαία συνθήκη για την είσοδο της χώρας μας στην καινούρια κοινωνία των πληροφοριών. Το πανεπιστημιακό διαδίκτυο, θα εξυπηρετήσει τις επείγουσες ανάγκες της ακαδημαϊκής κοινότητας για υποστήριξη νέων υπηρεσιών τηλεματικής. Πιο αναλυτικά:

1. Θα δώσει τη δυνατότητα ταχύτερης σύνδεσης σε όλα τα Ιδρύματα με το Internet, παρέχοντας απρόσκοπτη πρόσβαση στις παγκόσμιες πηγές πληροφόρησης σε προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, μέλη Δ.Ε.Π. και ερευνητές των Α.Ε.Ι.
2. Θα ολοκληρώσει τις επιμέρους υποδομές των Ιδρυμάτων σε κοινό δίκτυο σαν επιστέγασμα των ήδη υπάρχουσών υποδομών και των προγραμματιζόμενων αναβαθμίσεων από τις επιμέρους κάθετες δράσεις δικτύων. Θα αναβαθμίσει ριζικά τη μεθοδολογία των προπτυχιακών σπουδών με χρήση νέων εφαρμογών τηλεματικής όπως: πολυμέσα, εκπαίδευση από απόσταση κ.ά.
3. Θα διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ των Ιδρυμάτων σε επίπεδο μεταπτυχιακών σπουδών και ερευνητικών προγραμμάτων με σύγχρονες τεχνολογίες τηλε-εργασίας. Έτσι το ακαδημαϊκό Διαδίκτυο θα τονώσει τις ερευνητικές συνεργασίες μεταξύ του διάσπαρτου έμψυχου επιστημονικού δυναμικού σε Εθνικό και Κοινοτικό επίπεδο.
4. Θα εξυπηρετήσει την πρακτική άσκηση των προπτυχιακών φοιτητών σε τεχνολογίες αιχμής και θα εμπλουτίσει τα προγράμματα συμπληρωματικής εκπαίδευσης με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών πληροφορικής.
5. Θα υποστηρίξει τις αναγκαίες υπηρεσίες επικοινωνίας των βιβλιοθηκών των εκπαιδευτικών και ερευνητικών ιδρυμάτων και των γραφείων διασύνδεσης.
6. Θα δημιουργήσει μια προηγμένη τεχνολογική βάση για εισαγωγή των δικτύων τηλεματικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
7. Θα αποτελέσει αιχμή της χώρας, με δυνατότητες επέκτασης στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή (Πανεπιστήμια Κύπρου, Βαλκανίων, Παρευξινίων χωρών).

9.3.1.2.2 Προηγμένες υπηρεσίες.

Οι τρόποι με τους οποίους θα αξιοποιηθεί η λειτουργία του δικτύου για την επίτευξη των στόχων που σχετίζονται με την πληροφόρηση, την ενημέρωση, τις βιβλιοθήκες, τα μεταπτυχιακά, την εξ αποστάσεως εκπαίδευση, την έρευνα, την πρακτική άσκηση, τη σύνδεση με τον ελληνικό παραγωγικό ιστό (βιομηχανίες και εταιρικοί παράγοντες) καθώς και με τη διεθνή επιστημονική κοινότητα είναι οι εξής:

1. άμεση πληροφόρηση και ηλεκτρονική ενημέρωση από τις διεθνείς δικτυωμένες πηγές πληροφορίας (π.χ. World Wide Web) και βάσεις δεδομένων.
2. δυνατότητες τηλε-εργασίας και εκπαίδευσης από απόσταση.
3. διευκόλυνση των σπουδών και της πρακτικής άσκησης των προπτυχιακών φοιτητών
4. ενίσχυση των ερευνητικών δραστηριοτήτων των Ιδρυμάτων
5. συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ των Ιδρυμάτων σε επίπεδο μεταπτυχιακών σπουδών
6. Προσφορά υπηρεσιών διασύνδεσης των βιβλιοθηκών των εκπαιδευτικών και ερευνητικών Ιδρυμάτων
7. Εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του υπάρχοντος εξοπλισμού των Ιδρυμάτων
8. Ωθηση στην ανάπτυξη νέων εφαρμογών Πληροφορικής με έμφαση σε εφαρμογές πολυμέσων και χρήση video.
9. Απόκτηση τεχνογνωσίας σε νέες και έντονα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες.
10. Επικοινωνία με Ευρωπαϊκά Α.Ε.Ι. και πρόσβαση σε υπηρεσίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Επιπρόσθετα η ύπαρξη ενός λειτουργικά και τεχνολογικά προηγμένου Δικτύου θα προσφέρει:

- δυνατότητες επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών της Γενικής Εκπαίδευσης
- παροχή πρόσβασης σε Εκπαιδευτικές Μονάδες και Βιβλιοθήκες Νομαρχιών
- δυνατότητα πρόσβασης σε Διοικητικά Στελέχη του ΥΠ.Ε.Π.Θ.
- δυνατότητα ταχείας διεκπεραίωσης διοικητικών λειτουργιών του ΥΠ.Ε.Π.Θ.
- εκμετάλλευση των επικοινωνιακών δυνατοτήτων του υπάρχοντος εξοπλισμού του ΥΠ.Ε.Π.Θ.

10. Επίλογος

10.1 Και μετά το Internet2;

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένα συγκεκριμένο σημείο του Internet2 αποτελεί η παροχή δυναμικά επεκτεινόμενης χωρητικότητας και λειτουργικότητας, ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπιστούν οι μελλοντικές απαιτήσεις. Ίσως τελικά μια καινούρια αναδιαμόρφωση του δικτύου -ας μας επιτραπεί να ορίσουμε αυτή τη νέα μορφή ως το Internet3- δεν είναι και τόσο μακριά από τη σημερινή εποχή. Το Δίκτυο και οι υπηρεσίες που θα παρέχει θα πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να μην παρεμβάλλονται ή να εμποδίζουν το σχεδιασμό των εφαρμογών. Το Δίκτυο πρέπει συνεχώς να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των νέων εφαρμογών, ακόμη και αν πρόκειται για εφαρμογές που είτε δεν τις είχαμε φανταστεί ποτέ πριν είτε υφίστανται αλλά σε πολύ ειδική μορφή. Η ιδιαίτερα σύντομη ιστορία του Internet(εδώ και 40 χρόνια που πρωτοξεκίνησε) είναι γεμάτη από απροσδόκητες ή τυχαίες καταστάσεις και αυτό θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό του Internet2. Όλες οι εφαρμογές θα πρέπει να είναι το ίδιο "δημιουργικές και επεκτάσιμες", αφήνοντας έτσι πολύ μεγάλα περιθώρια για ανάπτυξη του δικτύου στο μέλλον.

Φυσικά η καινούρια εποχή του Διαδικτύου (πέρα και από το Internet2) αναμένεται να έρθει πάλι ως πρωτοβουλία της πανεπιστημιακής κοινότητας (και εδώ θα θέλαμε να ελπίζουμε σε μια κίνηση της διεθνούς πανεπιστημιακής κοινότητας και όχι μόνο των πανεπιστημίων των Η.Π.Α) μιας και τα πανεπιστήμια διαθέτουν τα δυο απαραίτητα για την ανάπτυξη του δικτύου στοιχεία: τη δυνατότητα αρτιότερης σχεδίασης των νέων εφαρμογών και τα "ταλέντα" δηλαδή τους φιλόδοξους φοιτητές, που θα κληθούν να συνεισφέρουν στην προσπάθεια αυτή.

10.2 Κριτική της μορφής του Internet2.

Ο Αμερικανός αντιπρόεδρος Albert Gore τονίζει ασταμάτητα ότι οι «υπερλεωφόροι της πληροφορικής» αποτελούν «στρατηγική προτεραιότητα» για τις Ηνωμένες Πολιτείες. Κατά τη γνώμη του το σχέδιο The National Information Infrastructure (όπως ονομάστηκε επίσημα) θα αλλάξει ριζικά τον τρόπο ζωής των Αμερικανών. Σε αυτό το ευρύτερο σχέδιο εντάσσεται και το Internet2 project. Οι «υπερλεωφόροι της επικοινωνίας» θα βοηθήσουν στη «δημιουργία θέσεων εργασίας με υψηλές απολαβές», στην «υπέρβαση της κρίσης του συστήματος υγείας», στη «βελτίωση του εκπαιδευτικού και σχολικού συστήματος» και στην «παγίωση της αμερικανικής τεχνολογικής κυριαρχίας». Προσωπικά, μόνο για το τελευταίο μπορεί να είμαστε σίγουροι. Τα υπόλοιπα ακούγονται πολύ ωραία, αλλά (ακόμα κι αν επιτευχθούν) αναφέρονται μόνο στους κατοίκους των Ηνωμένων Πολιτειών (και όχι σε όλους).

Πράγματι, κατά την παρουσίαση του Internet2 στις προηγούμενες σελίδες έγινε φανερό η απουσία άλλων χωρών στην υλοποίησή του. Κάτι τέτοιο δεν πρέπει να μας εκπλήσσει από τη στιγμή που το UCAID (University Corporation for Advanced Internet Development) δεν επιτρέπει τη συμμετοχή Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων του εξωτερικού στο Internet2 project.

Τελευταίως επιδιώκονται συνεργασίες με Ιδρύματα άλλων χωρών (όχι απαραίτητα Πανεπιστημιακά), όχι όμως τόσο για τη διεύρυνση του Internet2, όσο για να γίνεται έρευνα και σε άλλα ταχύτατα δίκτυα, τα πορίσματα της οποίας θα χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση του Internet2. Η Ευρώπη προσπαθεί να αντιταχθεί με το TEN-155 κινείται όμως σε Mbps όταν οι Ηνωμένες Πολιτείες τρέχουν με Gbps.

Οι αναπτυσσόμενες χώρες προσπαθούν να αρπαχτούν από τις νέες τεχνολογίες για να ξεπεράσουν την απομόνωσή τους, ιδίως σε επιστημονικά θέματα. Όμως, στην εποχή μας (που η πληροφορία γίνεται εμπόρευμα), οι οικονομικές ανισότητες μεταξύ των χωρών (αλλά και κατοίκων της ίδιας χώρας) θα έχουν επιπτώσεις και στο ζήτημα της πρόσβασης στην πληροφορία. Φανταστείτε ένα σύστημα τηλεϊατρικής υλοποιημένο πάνω στο Internet2 το οποίο μπορεί να σώσει ζωές σε κάποια απομακρυσμένη περιοχή, αλλά για να χρησιμοποιηθεί προς όφελος των ασθενών πρέπει αυτοί να πληρώσουν υψηλότατα νοσήλια (με τη δικαιολογία του κόστους συντήρησης του συστήματος), τα οποία δε θα καλύπτει κανένα ταμείο. Όποιος δε διαθέτει το απαραίτητο ποσόν θα αφήνεται στην τύχη του. Και γι' αυτό θα φροντίζουν σίγουρα οι εταιρείες που συμμετέχουν στην ανάπτυξη του Internet2, αφού θα το θεωρούν προάσπιση των συμφερόντων τους.

Το σημερινό Internet αφέθηκε να διαμορφωθεί μόνο του και όχι κάτω από το στενό εναγκαλισμό των εταιρειών, όπως συμβαίνει με το Internet2. Οι εταιρείες αυτές ίσως θεωρήσουν πνευματική τους περιουσία το Internet2 και θελήσουν να κατοχυρώσουν κάτι τέτοιο, μια εξέλιξη που όλοι απευχόμαστε. Σίγουρα όμως είναι υπαρκτός ο κίνδυνος της διαρκούς εξάρτησης από αυτές τις εταιρείες (δηλ. από τις Ηνωμένες Πολιτείες) οι οποίες κατέχουν την τεχνολογία και στοχεύουν (ανάμεσα στα άλλα) και στον πολλαπλασιασμό της ανταγωνιστικότητας του εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού τους. Το Internet2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο καλά είτε σαν μια κλειστή λέσχη είτε σαν ένα τεράστιο βάθρο στην υπηρεσία της επιστήμης. Ειλικρινά ελπίζουμε να συμβεί το δεύτερο.

Βιβλιογραφία

- Dave Kosiur, IP Multicasting, Wiley Computer Publishing
- <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/internet/mbone-faq.html>
- <http://www.tc.cornell.edu/er95/ff04fall/ff08mbone.html>
- <http://www.savetz.com/mbone>
- <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/internet/mbone-faq.html>
- <http://www.mbone.com/>
- <http://www.ipmulticasting.com/>
- <http://www.tc.cornell.edu/er95/ff04fall/ff08mbone.html>
- <http://charly.kjist.ac.kr/~dwlee/homepage/ipmulticast.htm>
- http://www.zdnet.com/anchordesk/cgi-bin/print_story.cgi?story=story_811
- <http://tdsl-ntserver.ceid.upatras.gr/Undergraduate/ETD/4/Default.htm>
- <http://zeus.arc.nasa.gov/mbone.html>
- <http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc1112.html>
- <http://www.merit.edu/net-research/mbone>
- <http://www.cs.ust.hk/multicast/>
- <http://ds.internic.net/rfc/>
- <http://www.3com.com/nsc/>
- <http://www.internet2.edu>