

ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ  
Α.Α Οικονομίδης, Α. Πομπόρτσης

Πέμπτη Εργασία

Εισαγωγή στο Internet2

Καραμπίδου Όλγα  
Α.Μ: Μ 18/98

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 1999

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ακαδημαϊκή κοινότητα βασισμένη στην μεγάλη επιτυχία των τελευταίων δέκα χρόνων της γενικευμένης και προσαρμοσμένης έρευνας της τεχνολογίας του Internet σε ακαδημαϊκές ανάγκες, συμμετέχει μαζί με την κυβέρνηση και με βιομηχανικούς εταίρους για να επιταχύνει τις διαδικασίες για το επόμενο βήμα ανάπτυξης του Internet στον ακαδημαϊκό χώρο.

Το πρόγραμμα Internet2, όπως αναφέρεται, εστιάζεται στη δυνατότητα και στις πηγές ανάπτυξης νέων προηγμένων εφαρμογών για να συνενώσει ακαδημαϊκές ανάγκες που αφορούν την έρευνα, τη διδασκαλία και την μάθηση. Το Internet2 απευθύνεται σε μεγάλες προκλήσεις, αντιμετωπίζοντας την επόμενη γενεά των πανεπιστημιακών δικτύων με :

1. Τη δημιουργία και τη διατήρηση ενός πρωτοπόρου σε ικανότητες δικτύου για την διεθνή ερευνητική κοινότητα. Για πάρα πολλά χρόνια ξεκινώντας το 1987, οι υπηρεσίες του δικτύου NSFnet ήταν ανόμοιες οπουδήποτε αλλού. Λόγω της συχνής συμφόρησης του δικτύου και της εμπορικής αντικατάστασης του, είχε ως αποτέλεσμα να στερείται ισχύς των δυνατοτήτων του για την υποστήριξη παγκοσμίου επιπέδου έρευνα.
2. Προσανατολισμένες προσπάθειες ανάπτυξης δικτύου ώστε να καθίσταται ικανή η νέα γενεά εφαρμογών που θα προωθήσει τις δυνατότητες ολοκληρωμένων μέσων δικτύων ευρείας ζώνης, αλληλεπίδρασης, συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη, εάν πρόκειται να πραγματοποιηθούν νέες προτεραιότητες διαμέσου υψηλότερης εκπαίδευσης για υποστήριξη έρευνας διεθνών θεμάτων, εκπαίδευσης απ' απόσταση, ες αεί εκπαίδευση και άλλων σχετικών προσπαθειών.
3. Ολοκλήρωση του προγράμματος Internet2 με συνεχείς προσπάθειες βελτίωσης των παραγόμενων υπηρεσιών του Internet για όλα τα μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας. Ο κύριος στόχος του προγράμματος είναι η γρήγορη μεταφορά των νέων υπηρεσιών και των εφαρμογών του δικτύου σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης και στην ευρύτερη κοινωνία του δικτύου σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ (ΕΛΛΗΝΙΚΑ-ΑΓΓΛΙΚΑ)

Το πρόγραμμα Internet2 είναι μία συνεργασία 135 Αμερικάνικων πανεπιστημίων με κύριο στόχο την ανάπτυξη νέων προηγμένων εφαρμογών που θα χρησιμοποιηθούν για θέματα έρευνας. Το πρόγραμμα συντονίζεται από την Εταιρία Πανεπιστημίων για την Ανάπτυξη Προωθημένου Internet2 (**University Corporation for Advanced Internet2 Development- UCAID**).

Αρχικά γίνεται μία παρουσίαση των απαιτήσεων σε εφαρμογές όπου αναπτύσσεται ο προβληματισμός και οι ανάγκες για νέες εξελιγμένες εφαρμογές, που θα στηρίξουν την εκπαίδευση σ' οποιοδήποτε μορφή της.

Η τεχνική προσέγγιση που αναπτύσσεται παρακάτω, ουσιαστικά παρουσιάζει την τεχνική σύνδεσης των πανεπιστημίων, καθώς και θέματα που αφορούν τον ποιοτικό έλεγχο, θέματα πρωτοκόλλων, διοίκησης και ασφάλειας του δικτύου.

Σ' ένα επόμενο στάδιο αναπτύσσονται προτάσεις για την επίλυση των θεμάτων που προαναφέρθηκαν καθώς και παρουσίαση της σημερινής κατάστασης.

Τέλος παρατίθενται γενικά συμπεράσματα της μελέτης.

---

Project Internet2 is a co-ordination of 135 universities of America who aims to develop advanced applications for research. The project is coordinated by (**University Corporation for Advanced Internet2 Development- UCAID**).

First, it begins with a presentation of applications request and speculation about advanced applications which are going to support any kinds of education.

Technical approach, is the next subject, which presents the way that universities are connected and also matters about QoS, protocols, management and security of network.

Next section, is about suggestions and solutions for above subject and also presentation of current status.

Finally, are general results.

## INTERNET2

Το πρόγραμμα Internet2 είναι μία συνεργασία αμερικάνικων πανεπιστημίων για την ανάπτυξη προωθημένης τεχνολογίας και εφαρμογών του Internet, ζωτικής σημασίας για έρευνα και υψηλότερους εκπαιδευτικούς στόχους.

Το πρόγραμμα ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 1996 με την συμβολή 34 αμερικάνικων ερευνητικών πανεπιστημίων σε συνεργασία με τον βιομηχανικό κλάδο και την ομοσπονδιακή κυβέρνηση. Σήμερα τα μέλη του ξεπερνούν τα 135 πανεπιστήμια σε συνεργασία με επιχειρήσεις και συσχετιζόμενα-συνδεδεμένα μέλη.

Το μεγαλύτερο μέρος του προγράμματος υλοποιείται από καθηγητές και σπουδαστές, ενώ ο πρόεδρος κάθε πανεπιστημίου έχει δεσμεύσει συγκεκριμένους πόρους για αναβάθμιση του πανεπιστημιακού δικτύου, για σύνδεση με περιφερειακές giga PoP προσπάθειες και γενικότερα παρέχει ευκολίες για την ανάπτυξη καινούργιων εφαρμογών.

Ο ρόλος των εταίρων του προγράμματος είναι η υποστήριξη των προσπαθειών των πανεπιστημιακών μελών μέσα από στενή συνεργασία, με στόχο την ανάπτυξη προωθημένων δυνατοτήτων και εφαρμογών δικτύου για ερευνητικές και εκπαιδευτικές προκλήσεις του επόμενου αιώνα. Οι σπώνσορες και τα μέλη του προγράμματος από κοινού έχουν δώσει πάνω από 30 εκατομμύρια δολάρια για την υποστήριξη του προγράμματος.

Η συμμετοχή των βιομηχανικών επιχειρήσεων είναι το κλειδί της υλοποίησης των στόχων του προγράμματος Internet2. Κάθε εταίρος έχει συγκεκριμένη συνεισφορά στην ανάπτυξη ενός νέου προωθημένου δικτύου.

Τα συσχετιζόμενα-συνδεδεμένα με το πρόγραμμα μέλη είναι οργανισμοί μη-κερδοσκοπικού χαρακτήρα (κυρίως πανεπιστήμια) που ενδιαφέρονται άμεσα για την επίτευξη των στόχων του προγράμματος. Πολλά από τα συνδεδεμένα μέλη έχουν αρχηγικό ρόλο στην ανάπτυξη των gigaPoPs του Internet2.



## Internet2 Universities

(135 Members – November 1998)

Arizona State University  
Auburn University  
Boston University  
Brigham Young University  
Brown University  
California Institute of Technology  
California State University-  
System  
Carnegie Mellon University  
Case Western Reserve University  
Clemson University  
Colorado State University  
Columbia University  
Cornell University  
Dartmouth College  
Duke University  
Emory University  
Florida A & M University  
Florida Atlantic University  
Florida International University  
Florida State University  
Gallaudet University  
George Mason University  
George Washington University  
Georgetown University  
Georgia Institute of Technology  
Georgia State University  
Harvard University  
Indiana University, Bloomington  
Iowa State University  
Johns Hopkins University  
Kansas State University  
Kent State University  
Lehigh University  
Louisiana State University, A&M  
College  
Massachusetts Institute of  
Technology  
Michigan State University  
Mississippi State University  
Montana State University,  
Bozeman  
New Mexico State University  
New York University  
North Carolina State University  
North Dakota State University  
Northeastern University  
Northwestern University  
Ohio State University, Main  
Campus  
Ohio University  
Oklahoma State University  
Old Dominion University  
Oregon State University  
Pennsylvania State University  
Princeton University  
Purdue University, Main Campus  
Rensselaer Polytechnic Institute  
Rice University

Rutgers University  
Southern Methodist University  
Stanford University  
State University of New York,  
Buffalo  
Syracuse University  
Texas A & M University  
Texas Tech University  
Tulane University  
University of Akron  
University of Alabama,  
Birmingham  
University of Alabama,  
Tuscaloosa  
University of Alaska  
University of Arizona  
University of Arkansas  
University of California, Berkeley  
University of California, Davis  
University of California, Irvine  
University of California, Los  
Angeles  
University of California, Office of  
the President  
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, College  
Park  
University of Maryland,  
Baltimore County  
University of Massachusetts,  
Amherst  
University of Miami  
University of Michigan  
University of Minnesota  
University of Missouri  
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 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 Florida  
University of Southern California  
University of Tennessee,  
Knoxville  
University of Texas, Austin  
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  
West Virginia University  
Worcester Polytechnic Institute  
Yale University

## **Corporate Members**

3Com  
Advanced Network & Services  
Alcatel Telecom  
Ameritech  
Apple Computers, Inc.  
AppliedTheory Communications Inc.  
AT&T  
Bell Atlantic  
Bellcore  
Bell South  
British Telecommunications  
Cabletron Systems  
Cisco Systems  
Compaq  
Deutsche Telekom  
FORE Systems  
Fujitsu Laboratories of America  
GTE Internetworking  
Hitachi  
IBM  
IXC Communications Inc.  
KDD  
Lucent Technologies  
MCI Worldcom  
Newbridge Networks  
Nexabit Networks  
Nokia Research Center  
Nortel/Bay Networks  
Novell  
Pacific Bell  
Packet Engines  
RR Donnelley and Sons Company  
Qwest Communications  
SBC Technology Resources  
Siemens  
Sprint  
StarBurst Communications  
StorageTek  
Sun Microsystems  
Sylvan Learning Systems, Inc.  
TeleBeam Inc.  
Teleglobe  
Torrent Networking Technologies  
Williams Communications Group

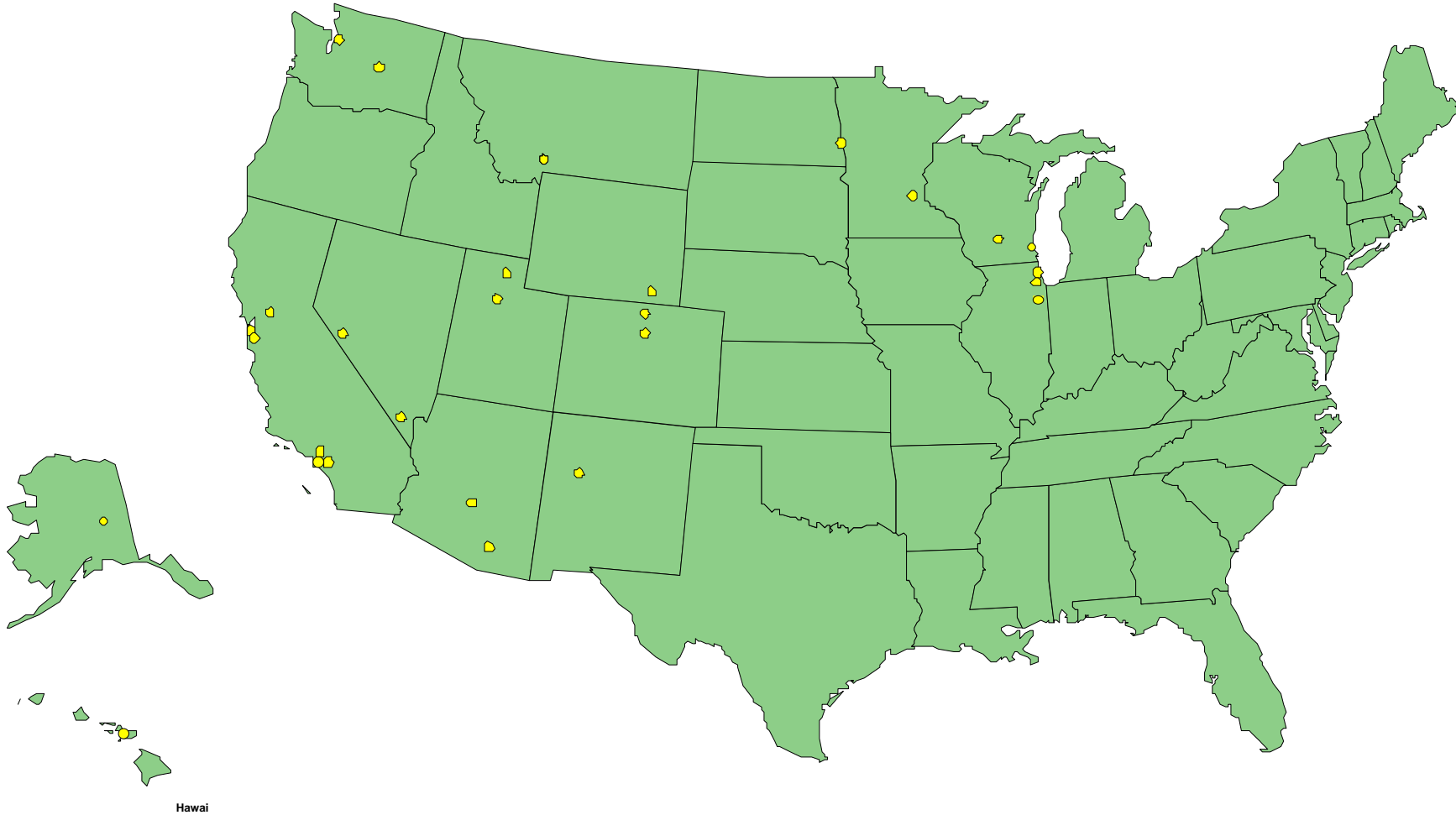
## **Affiliated Organizations**

Alabama Supercomputer Authority  
CANARIE, Inc.  
Department of Management Services  
DePaul University  
Desert Research Institute  
Ellemtel  
Florida Gulf Coast University  
Illinois State University  
MCNC  
Merit Networking, Inc.  
National Center for Supercomputing  
Applications (NCSA)  
Northwest Academic Computin  
Consortium (NWACC)  
NYSERNet, Inc.  
OARnet  
OneNet  
One2One Learning Foundation  
PeachNet  
South Dakota School Of Mines &  
Technology  
South Dakota State University  
Southeastern University Research  
Association (SURA)  
State University of New York (SUNY)  
System  
State University System of Florida  
University of South Dakota  
WVNET

# Internet2

# Member

# Universities



Όλοι οι παραπάνω οργανισμοί έχουν ενσωματωθεί σε μία μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα Εταιρία Πανεπιστημίων για την Ανάπτυξη Προωθημένου Internet2 (**University Corporation for Advanced Internet2 Development-UCAID**), που ιδρύθηκε τον Σεπτέμβριο του 1997. Η ίδια εταιρία είναι υπεύθυνη για το πρόγραμμα Abilene στο οποίο μετέχουν μέλη του προγράμματος Internet2. Το πρόγραμμα αυτό έχει σαν στόχο την υποστήριξη του Internet2 με την ανάπτυξη των gigarops (μέσων τοπικής σύνδεσης των πανεπιστημίων μεταξύ τους).

Επίσης μέλη του προγράμματος αποτελούν και οι ομάδες εργασίας που έχουν ιδρυθεί για να εξετάσουν τεχνικές προκλήσεις σχετικά με τις προωθημένες εφαρμογές δικτύου, όπως εφαρμογή "κλιμακωτού" ποιοτικού ελέγχου (scalable quality of service), IPv6, και multicasting.

Οι ομάδες εργασίας αποτελούνται από εκπροσώπους των πανεπιστημίων που συμμετέχουν στο πρόγραμμα καθώς επίσης και από βιομηχανικά και συνδεδεμένα με το πρόγραμμα μέλη.

Η χρηματοδότηση του προγράμματος γίνεται από τα μέλη της εταιρείας UCAID που δεσμεύουν πάνω από 50 εκατομμύρια δολάρια τον χρόνο καθώς και από τα συνεργαζόμενα μέλη τα οποία υποσχέθηκαν γύρω στα 20 εκατομμύρια δολάρια για όλη την διάρκεια του προγράμματος.

Ο εμπορικός κλάδος που είναι ουσιαστικό μέλος του προγράμματος θα επωφεληθεί από τις εφαρμογές και την τεχνολογία που θα αναπτυχθεί από τους εταίρους του προγράμματος. Όπως το World Wide Web αποτέλεσε κληροδότημα από επενδύσεις σε πανεπιστημιακές και ομοσπονδιακές έρευνες σε δίκτυα, έτσι και το Internet2 θα αποτελέσει κληροδότημα τόσο για τον πανεπιστημιακό όσο και για τον εμπορικό κλάδο.

Η προσπάθεια του πανεπιστημίου για το Internet2 και η ομοσπονδιακή πρωτοβουλία NGI (Next Generation Internet) συνεργάζονται σε πάρα πολλές περιοχές. Για παράδειγμα το πρόγραμμα Internet2 είναι ήδη συνεργάτης με το National Science Foundation's (NSF) βασισμένο στο High Performance Connections program. Πάνω από 50 Internet2 institutions έχουν λάβει βραβεία μετά από συναγωνισμό για να συνδεθούν με το μεγάλης απόδοσης Backbone



Network Service που αναπτύχθηκε από το NSF και MCI. Λόγω της παραπάνω συνεργασίας είναι σημαντικό να βεβαιώνεται ότι οι προωθημένες υπηρεσίες του δικτύου είναι διαθέσιμες σε ενδομηματικά (interoperable) backbone networks που παρέχονται από συναγωνιζόμενους εμπόρους.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

### A Απαιτήσεις σε εφαρμογές

Πολλά πανεπιστήμια και κολέγια συνδέονται με εξελιγμένες εφαρμογές δικτύου. Αποτέλεσμα της σύνδεσης είναι ο εμπλουτισμός της διδασκαλίας, της εκμάθησης, και της συνεργασίας για έρευνα. Για παράδειγμα η διδασκαλία εξ αποστάσεως απαιτεί επιλέξιμο ποιοτικό έλεγχο, αποτελεσματική αναμετάδοση δεδομένων ‘‘από έναν προς πολλούς’’ με υποστήριξη πολυμέσων και διαδικασία κατανεμημένης πληροφορίας .

Η ερευνητική κοινωνία χρειάζεται μεγάλη χωρητικότητα, ουσιαστική χρήση των εθνικών εργαστηρίων, υπολογιστικές διευκολύνσεις και μεγάλη πληροφορία δεδομένων. Οι ιατροί ερευνητές χρειάζονται υποστήριξη για απομακρυσμένες διαγνώσεις και συμβουλές μέσω αξιόπιστων υπηρεσιών πρόβλεψης. Τις ίδιες ανάγκες έχουν οι φυσικοί επιστήμονες ιδιαίτερα όσοι ασχολούνται με massive astronomical or geophysical datasets.

Το κύριο εμπόδιο σε όλες τις παραπάνω εφαρμογές είναι η έλλειψη εξελιγμένων υπηρεσιών επικοινωνίας στο υπάρχων δίκτυο Internet.

Το Internet2 προσπαθεί να πραγματοποιήσει όλες τις παραπάνω εφαρμογές σε συνεργασία με την βιομηχανία πληροφορικής τεχνολογίας για την ανάπτυξη κοινών standards, την υποστήριξη υπηρεσιών για νέου επιπέδου εφαρμογές και τη διάθεση των απαιτούμενων εξελιγμένων υπηρεσιών επικοινωνίας. Αναμένεται ότι το Internet 2 θα κερδίσει συνεργία, θα μειώσει τις διπλοεγγραφές, θα αυξήσει την συμβατότητα και την ενδομηματικότητα στα καταλήγοντα δίκτυα και των εφαρμογών του.

Τα παραπάνω πεδία εφαρμογών προϋποθέτουν ένα σετ από επικοινωνιακές απαιτήσεις για ανταποκριθούν στο Internet2. Οι μελλοντικές εφαρμογές προφανώς θα απαιτήσουν επιπλέον τύπους υπηρεσιών. Γι’ το λόγο είναι σημαντικό ο σχεδιασμός του Internet2 να είναι ευέλικτος ώστε να

εξυπηρετήσει τόσο τις τρέχουσες απαιτήσεις όσο και τις νέες απαιτήσεις όταν θα προκύψουν.

Βασικό στοιχείο της σχεδιαστικής δομής του είναι η διατήρηση “των κοινών υπηρεσιών” για την επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών του δικτύου. Οι κοινές υπηρεσίες είναι η βασικό μέσο μεταφοράς για επικοινωνία ευρείας έκτασης, ανάλογης του επιπέδου 3 του δικτυακού μοντέλου ISO.

Η δυναμική του υπάρχοντος Internet είναι η δυνατότητα της συμβατής επικοινωνίας κάθε κόμβου με άλλον κόμβο. Η δυνατότητα αυτή είναι μέλημα και του Internet2. Οι “κοινές υπηρεσίες” του I2 πρέπει να είναι συμβατές με τον υπάρχον Internet. Η υπάρχουσα δομή θα συνεχίσει να είναι το μονοπάτι πρόσβασης για τα μη μέλη του I2 όπως και για τα πανεπιστημιακά μέλη που εξυπηρετούνται από τοπικούς προμηθευτές υπηρεσιών Internet (local Internet Service Providers (ISPs)).

Το πρωτόκολλο του Internet (IP) έκδοση 4 θα αντικατασταθεί από IP έκδοσης 6 (IPv6). Ωστόσο όλες οι εφαρμογές θα είναι συμβατές με το IPv4.

Επιπλέον οι εφαρμογές θα πρέπει να επιτρέπουν τον ποιοτικό έλεγχο ("quality of service" (QoS)) σε όλα τα μεγέθη, όπως την ταχύτητα μεταφοράς, υποχρεωτικές καθυστερήσεις και μεταβαλλόμενες καθυστερήσεις, την έξοδο και το χρονοδιάγραμμα.

Πέρα από τις καθεαυτού τεχνολογίες, οι εταίροι του I2 θα απαιτήσουν αποδοτικές οικονομικά υπηρεσίες και υπηρεσίες με προβλέψιμο κόστος.

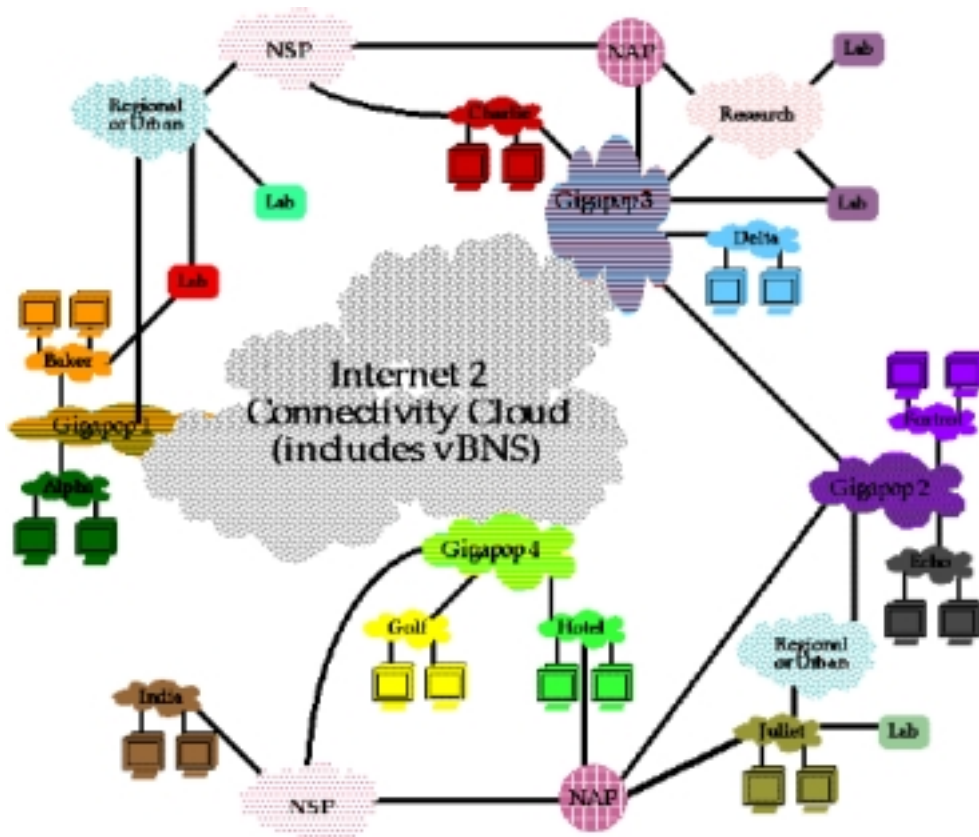
Ο μηχανικός σχεδιασμός της δομής του προγράμματος I2 θα επιτρέπει διοίκηση κόστους και υπηρεσιών των τελικών χρηστών.

## **B Τεχνική προσέγγιση**

Ένας αριθμός από τεχνικές και πρακτικές θεωρήσεις αποτελούν τη βάση για την επικείμενη αρχιτεκτονική δομή του Internet 2. Μία από τις θεωρήσεις αυτές είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους των συμμετεχόντων πανεπιστημίων με παροχή πρόσβασης συγχρόνως στο Internet και στις εξελιγμένες υπηρεσίες με την ίδια υψηλή ικανότητα τοπικής σύνδεσης. Επιπρόσθετα, άλλα πανεπιστημιακά προγράμματα μπορεί να εξυπηρετούνται

από μέσα ευέλικτης περιφερειακής αρχιτεκτονικής. Για παράδειγμα ένα μητροπολιτικό δίκτυο υπηρεσιών, ίσως να προσφέρει στους σπουδαστές και στο επιστημονικό προσωπικό, υψηλής ικανότητας υπηρεσιών του Internet, ενώ το πανεπιστήμιο να επιθυμεί υψηλής ικανότητας διασύνδεση με αυτήν την υπηρεσία.

**ΣΧΗΜΑ 1**



Για εξελιγμένες υπηρεσίες ευρείας ζώνης, μια απλή διασύνδεση υπηρεσιών μεταξύ gigapop είναι αρκετά ικανοποιητική λύση. Ένας μεγάλος αριθμός προμηθευτών είναι σε θέση να προσφέρει ελκυστικές υπηρεσίες στον ιδιωτικό τομέα. Ο σχεδιασμός του Internet 2 που φαίνεται στο ΣΧΗΜΑ 1 επιτρέπει τη βελτίωση της ικανότητας των πανεπιστημίων στην απόκτηση υπηρεσιών από μεγάλη ποικιλία προμηθευτών.

Το κύριο στοιχείο της παραπάνω αρχιτεκτονικής είναι το gigapop ("gigabit capacity point of presence")- μεγάλης χωρητικότητας για αλληλοσύνδεση σημείων, όπου οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα I2 μπορούν να ανταλλάσσουν εξελιγμένων υπηρεσιών κινήσεις με άλλους εταίρους του προγράμματος.

Με τον όρο gigarop νοείται η ενοποίηση σημείων περιφερειακών δικτύων που σχηματοποιήθηκε από τα πανεπιστήμια που συμμετέχουν στο I2 για να συνδεθούν με ποικιλία δικτύων υψηλής απόδοσης και με άλλου είδους δίκτυα (ΧΑΡΤΗΣ2).

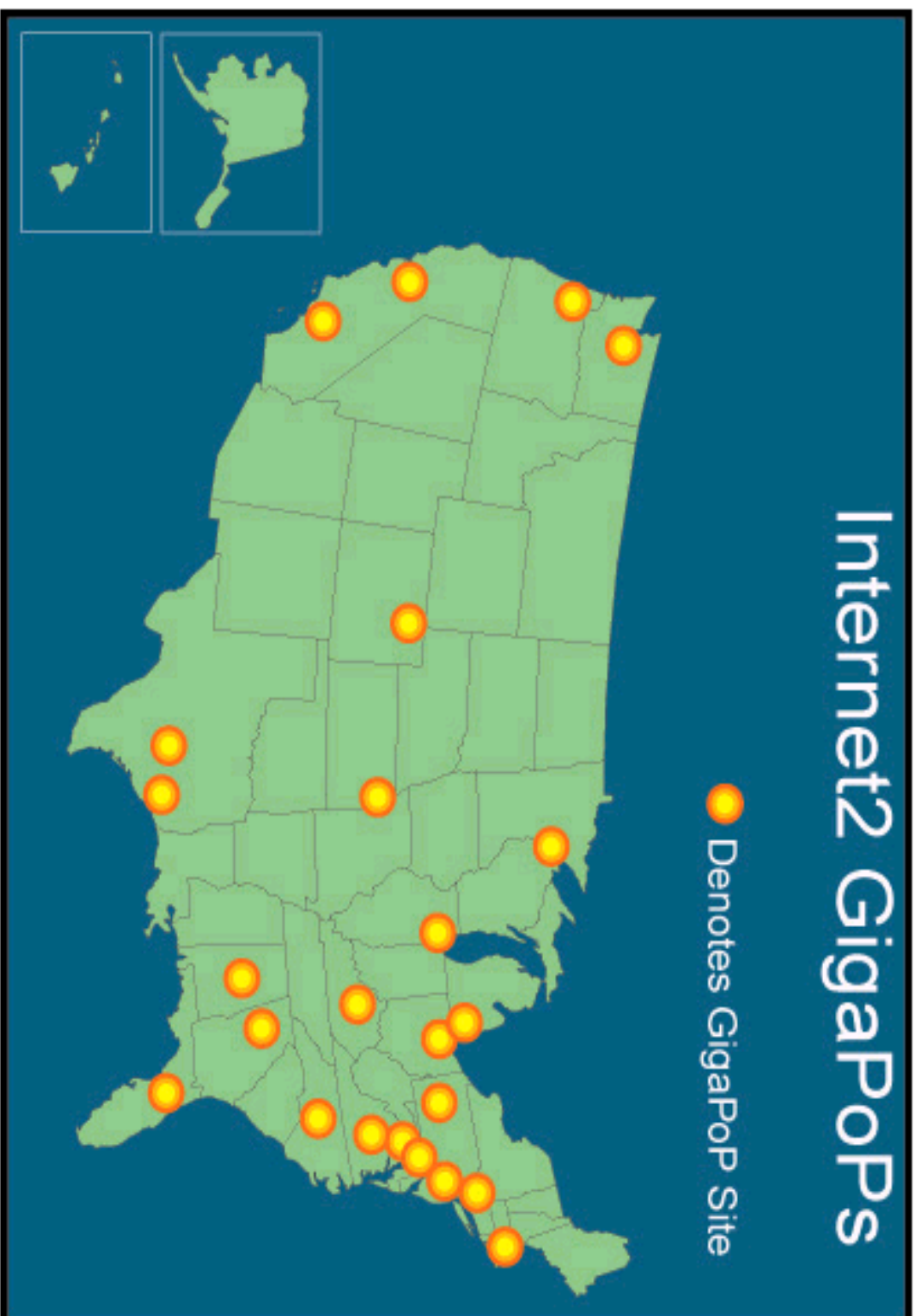
Πανεπιστήμια που βρίσκονται σε μία γεωγραφική περιοχή θα συνδεθούν μεταξύ τους για να αποκτήσουν ποικιλία υπηρεσιών του Internet μέσω του τοπικού "gigarop". Τα gigarops παρέχουν διαβαθμιζόμενη υψηλής ταχύτητας σύνδεση μεταξύ των σημείων. Ουσιαστικά είναι σημείο περιφερειακού αλληλοσυνδεδεμένου δικτύου που παρέχει πρόσβαση στο εσωτερικό gigarop δίκτυο (inter-gigarop network) για τα μέλη του I2.

Κάθε πανεπιστήμιο (όπως το Alpha and Baker στο ΣΧΗΜΑ 1) έχουν εγκαταστήσει μεγάλης ταχύτητας κύκλωμα στο επιλεγμένο gigarop μέσω του οποίου θα αποκτήσει σύνδεση με το υπάρχων Internet καθώς και με τις εξελιγμένες υπηρεσίες του Internet2. Σε επόμενο βήμα τα gigarops θα συνδεθούν μεταξύ τους για να πραγματοποιηθεί η διαχείριση της σύνδεσης τους, σε έναν οργανισμό που η δομή και η νομική του φόρμα δεν έχει ακόμα καθοριστεί, ωστόσο προσωρινά αποκαλείται Collective Entity (CE). Ενδεχόμενα να υπάρχει μεγάλο εύρος υπηρεσιών διαθέσιμο στο gigarop, το οποίο μπορεί να περιορίζεται από τα οικονομικά της αγοράς, την απόλυτη προτεραιότητα και την απομόνωση υπηρεσιών του I2.

Οργανωτικά, αναμένεται να υλοποιούνται gigarops από ένα ή περισσότερα πανεπιστήμια, ωστόσο μπορεί να υπάρχουν εξαιρέσεις. Για παράδειγμα η συλλογική οντότητα (Collective Entity) μπορεί να καλείται να λειτουργήσει για συγκεκριμένα gigarops, τα πανεπιστήμια μπορεί να λειτουργούν άλλα για τον εαυτό τους και για γειτονικά ιδρύματα καθώς άλλα μπορεί να λειτουργούν από εμπορικές οντότητες.

# Internet2 Gigapops

 Denotes Gigapop Site



Είναι πρακτικά αδύνατο η ανάθεση μίας οντότητας να λειτουργήσει όλους τους gigarops. Η λειτουργία και ο συντονισμός του gigarop πραγματοποιείται από έναν οργανισμό που λειτουργεί σαν ομπρέλα και ονομάζεται όπως προαναφέρθηκε Collective Entity. Η συλλογική οντότητα προ υπήρχε και λειτουργούσε για το υπάρχων Internet και σήμερα συνεχίζει στο North American Network Operators Group (NANOG). Η συλλογική οντότητα όσον αφορά την αλληλοσύνδεση των gigarops και την διοίκηση των πρωτοκόλλων που ανταλλάσσονται για την υποστήριξη εξελιγμένων υπηρεσιών επικοινωνίας, λειτουργεί με κοινά standards.

Τεχνικά, το gigarop είναι μία ασφαλής περιβαλλοντικά υποτιθέμενη τοποθεσία που φιλοξενεί μία συλλογή εξοπλισμού επικοινωνιών και υποστήριξης hardware. Τα κυκλώματα που τερματίζουν εκεί, προέρχονται τόσο από τα μέλη του Internet2, όσο και ευρείας διάδοσης δίκτυα όπως το I2 και εμπορικά δίκτυα. Τα δίκτυα του μελών του I2 θεωρούνται ότι είναι non-transit networks, δηλαδή δεν μεταφέρουν κίνηση μεταξύ των gigarop και του Internet. Ωστόσο εξυπηρετούν non-transit networks τελικών χρηστών διαμέσου κατάλληλης διαχείρισης δρομολόγησης του IP. Επίσης δεν εξυπηρετούν εμπορικά δίκτυα μεταφοράς (commercial transit networks). Οι ενδο-gigarop (Inter-gigarop) συνδέσεις μεταφέρουν κίνηση μόνο μεταξύ των I2 sites.

Για να πραγματοποιηθούν οι απαιτήσεις εφαρμογών του I2 πρέπει να υπάρχει υποστήριξη των εξελιγμένων υπηρεσιών τόσο μεταξύ των πανεπιστημίων όσο και μεταξύ των gigarops. Μεταξύ των gigarops, η ευρεία περιοχή αλληλοσυνδεόμενων υπηρεσιών πρέπει να υποστηρίζει διαφοροποιημένο ποιοτικό έλεγχο, υψηλή αξιοπιστία και υψηλή ικανότητα μετάδοσης. Επειδή οι δυνατότητες αυτές δεν είναι διαθέσιμες στο υπάρχων Internet, εγκαθίσταται για το σκοπό αυτό ένα ειδικό εσωτερικό αλληλοσυνδεόμενο gigarop δίκτυο από την συλλογική οντότητα (Collective Entity). Αναμένεται ότι αυτή η αλληλοσύνδεση θα παρέχεται από το NSF vBNS. Με το πέρασμα του χρόνου η vBNS σύνδεση θα αυξηθεί με άλλα αλληλοσυνδεόμενα μονοπάτια για να προσδώσει στο I2 πληθώρα συνδέσεων.

Όσον αφορά τις συνδέσεις, ειδικότερα οι gigarops συνδέουν:

- δίκτυα I2 των πανεπιστημίων με άλλα μητροπολιτικά δίκτυα με σκοπό, για παράδειγμα, παροχή εκπαίδευσης εξ αποστάσεως,
- εταίρους και άλλους οργανισμούς οι οποίοι επιθυμούν να επικοινωνήσουν για θέματα έρευνας,
- μισθωμένα δίκτυα ευρείας περιοχής με υψηλή απόδοση, για παράδειγμα τα κυβερνητικά δίκτυα που εφαρμόζουν έρευνες για δικά τους θέματα,
- υπηρεσίες δικτύων, για παράδειγμα προμηθευτές του Internet

Η βασική αρχιτεκτονική του I2 απεικονίζεται στο ΣΧΗΜΑ 1. Τα κύρια τμήματα του δικτύου εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες: σ' αυτές που συνδέουν την εφαρμογή των τελικών χρηστών στον πανεπιστημιακό gigarop ( ανήκει στο σύννεφο του δικτύου του πανεπιστημίου) και σ' αυτές που αλληλοσυνδέουν τους gigarops.

Το I2 έχει τέσσερα βασικά τεχνικά συστατικά:

- εφαρμογές που απαιτούν I2 επιπέδου υπηρεσίες, όπως οι Εφαρμογές των ομάδων εργασίας (Applications working group) όπου οι τελικοί χρήστες χρειάζεται να τρέξουν αυτές τις εφαρμογές (έγχρωμες οθόνες στο ΣΧΗΜΑ1)
- δικτυωμένα πανεπιστήμια συνδέουν gigarops στους τελικούς χρήστες στα εργαστήριά τους, στις αίθουσες τους ή στα γραφεία τους ( ενιαία χρωματικά σύννεφα ΣΧΗΜΑ 1)
- οι gigarops συνενώνουν και διευθύνουν την κίνηση των πανεπιστημιακών δικτύων (σύννεφα με γραμμές ΣΧΗΜΑ 1)
- I2 συνδέσεις μεταξύ των gigarops ( σύννεφα με dots)

Κόβοντας εγκάρσια αυτά τα στοιχεία συναντώνται τα πρωτόκολλα που προσδιορίζουν και παρέχουν ειδική σύνδεση με συγκεκριμένο ποιοτικό έλεγχο. Απαιτούνται εργαλεία διοίκησης του δικτύου, δεδομένα, απαραίτητοι οργανισμοί για τη σωστή λειτουργία του δικτύου, καθώς και μηχανισμοί κατανομής κόστους, για λογική διαπραγμάτευση, ποσοτική και παραγωγική κατανομή του κόστους μεταξύ των μελών του I2.



Αναμένεται ότι οι διαχειριστές μερικών gigarops θα παρέχουν επιπρόσθετη δυνατότητα διασύνδεσης. Για παράδειγμα μπορεί να εξυπηρετούν άλλα δίκτυα και χρήστες πέρα από τα μέλη του προγράμματος I2. Η παραπάνω σύνδεση προϋποθέτει ότι δεν θα συμπίπτει με το “σύννεφο” του I2 δικτύου.

Πολλοί gigarops προκύπτουν από περιφερειακή συνεργασία και συχνά εμπεριέχουν υπάρχοντες διακανονισμούς, ενώ άλλοι παρέχονται εμπορικά. Για περισσότερες συνδέσεις μεταξύ των πανεπιστημίων και των gigarops γίνεται διαπραγμάτευση από το πανεπιστήμιο και /ή το gigarop. Οι περισσότερες συνδέσεις μεταξύ των gigarops πραγματοποιούνται με τους εαυτούς τους διαμέσου της ενδιάμεσης οντότητας. Ωστόσο θεωρείται προϋπόθεση ότι τα πανεπιστήμια θα αναβαθμίσουν τα δίκτυά τους για να παρέχουν ικανοποιητική υποστήριξη για εξελιγμένες εφαρμογές.

Ωστόσο, προκύπτουν πολλές ερωτήσεις που σχετίζονται με το ίδιο το δίκτυο και αφορούν τα επίπεδα ποιοτικού ελέγχου για εξελιγμένες πολυμεσικές εφαρμογές, πρωτόκολλα μεταφοράς διαφορετικών επιπέδων ποιοτικού ελέγχου, θέματα ασφάλειας καθώς και θέματα διοίκησης και προοπτικών για την κατανομή κόστους.

Επίσης αναμένεται ότι κάθε gigarop θα μπορεί να εξυπηρετεί από πέντε έως δέκα μέλη. Ακόμα και αν γίνει διανομή με βάση αυτόν τον αριθμό, αυτό σημαίνει χρειάζεται μία δωδεκάδα από gigarops και όπως αναμένεται ο αριθμός δεν θα παραμείνει τόσο χαμηλός. Αυτό θα έχει ως συνέπεια:

- 1 □ Γεωγραφικά να επηρεάσει σημαντικά τους συνεργάτες και τα μέλη του προγράμματος γιατί η διανομή τους δεν έγινε σε έξι γεωγραφικούς κόμβους
- 2 □ Μερικά μέλη για διάφορους λόγους θα εφαρμόσουν δικούς τους gigarops, αυξάνοντας έτσι τα μέλη ακόμα περισσότερο.
- 3 □ Υπάρχουν περιπτώσεις όπου πολλές πολιτείες ή περιφερειακές πρωτοβουλίες θα αποδώσουν στους gigarops υπηρεσίες για ανάγκες

Όσον αφορά την υποστήριξη και την βοήθεια στους τελικούς χρήστες δεν προβλέπεται απ’ ευθείας βοήθεια ή οι σχετικές υπηρεσίες από τους gigarop διαχειριστές προς τελικούς χρήστες. Οι χρήστες εκείνοι των οποίων οι

εφαρμογές απαιτούν υπηρεσίες του I2, θα χρειαστούν την βοήθεια των οργανισμών πληροφοριακής τεχνολογία των πανεπιστημίων τους.

Κάθε απομονωμένη πολιτεία ή εθνικό I2 δίκτυο συνεργάζεται με ένα Network Operations Center (NOC). Το κέντρο αυτό θα έχει αλληλεπίδραση με άλλα NOCs και NOCs πανεπιστημίων, με στόχο την διάγνωση και την επίλυση προβλημάτων. Οι χρήστες θα μπορούν να αναφέρουν τα προβλήματά τους στον τοπικό τους NOC.

## ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

Το ερώτημα εάν ένα gigarop παρέχει όμοιες υπηρεσίες σε μη- μέλη του Internet2 ή σε εμπόρους, συνδέεται με το εάν ένας I2 gigarop αποτελεί μέρος μιας μεγαλύτερης οντότητας, ή ενός έμπειρου συστήματος εναλλαγής, ικανό για εσωτερική ταξινόμηση της κίνησης σε μέλη ή μέλη του I2 χωρίς ύπαρξη λαθών. Κυρίως είναι θέμα ορολογίας, δηλαδή γίνεται ταξινόμηση των πραγμάτων που μπορεί να κάνει σε τρεις κατηγορίες:

- Τα λιγότερο που πρέπει να κάνει ο gigarop για το Internet2 είναι, ενέργειες για την ικανοποίηση λειτουργικών και επιχειρησιακών προδιαγραφών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα
- Πράγματα που δεν πρέπει να κάνει στο I2, όπως για παράδειγμα δεν πρέπει να δρομολογεί κίνηση που δεν ανήκει σε ενδο- gigarop συνδέσεις του I2
- Όλα οι άλλες λειτουργίες που μπορεί να κάνει ο gigarop είναι εκτός του I2

Συμπερασματικά, ένας I2 gigarop όποια και αν είναι η δομή του πρέπει να υλοποιεί τα ελάχιστα πράγματα που προαναφέρθηκαν, αυτό δεν πρέπει να κάνει είναι οι απαγορευμένες λειτουργίες διαφορετικά μπορεί να λειτουργεί απλά ή όπως αλλιώς έχει επιλεγεί να λειτουργεί.

Πρακτικά οι gigarops χωρίζονται σε δύο ευρείς τύπους:

Τύπος I gigarops, οι οποίοι είναι σχετικά απλοί στην λειτουργία τους, εξυπηρετούν μόνο τα μέλη του I2, δρομολογούν την I2 κίνηση διαμέσου μιας ή

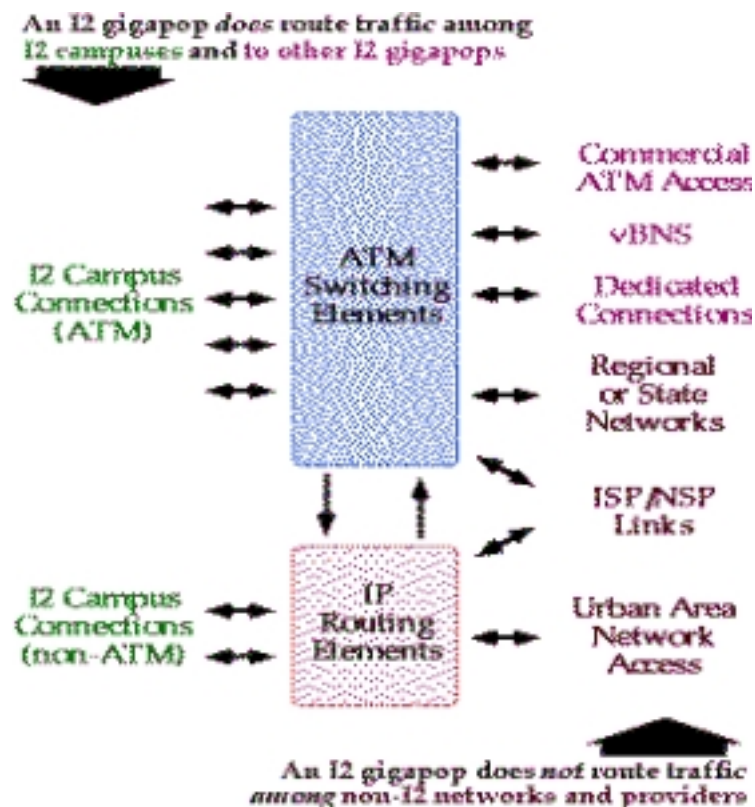
δύο συνδέσεων σε άλλους gigarops και γι αυτόν το λόγο δεν χρειάζονται σύνθετη εσωτερική δρομολόγηση και προστασία

Τύπος II gigarops, οι οποίοι είναι σχετικά σύνθετοι, εξυπηρετούν συγχρόνως τα μέλη του Internet2 καθώς και άλλα δίκτυα στα οποία έχουν πρόσβαση τα μέλη του I2, το κόστος σύνδεσής τους με άλλα gigarops είναι υψηλό γι αυτό το λόγο πρέπει να παρέχουν μηχανισμούς για τη σωστή δρομολόγηση της κίνησης, και την αποφυγή μη εξουσιοδοτημένης και εσφαλμένης χρήσης κατά τη σύνδεση με το Internet2.

Στο παρακάτω ΣΧΗΜΑ 2 παρουσιάζονται οι δύο τύποι των gigarop.

Ο Τύπος 1 παραλείπει κάποιες συνδέσεις στο ΣΧΗΜΑ 2. Ειδικότερα οι συνδέσεις, στην δεξιά πλευρά του σχήματος, κρατούνται εντός ενός ή δύο συνδέσεων άλλων gigarops, ίσως μία ή δύο στο τοπικό ISPs με στόχο τα μέλη του Internet2, και ίσως ένα στο υπάρχων Internet.

ΣΧΗΜΑ 2



Ο προσδιορισμός διαφορετικών τύπων είναι σκόπιμος gigarops, γιατί προβλέπεται ότι η ενοποίηση των μελών θα εμπλέξει σύνθετες καταστάσεις με συγκεκριμένους δεσμούς κίνησης, από και προς διάφορες κατευθύνσεις. Επίσης άλλες περιπτώσεις θα εμπεριέχουν σχετικά εύκολες και μικρές ενοποιήσεις όπου η διοχέτευση της κίνησης είναι μέτρια.

Είτε οι τύποι είναι ευκρινής, είτε ομογενείς ως έναν βαθμό, θα εμφανίζονται όσο το Internet2 εφαρμόζεται, και ειδικότερα όσο τα μέλη του προγράμματος συνδιαλέγονται δια μέσου των gigarops. Δεδομένης της μεγάλης αύξησης των μελών του I2, θα ήταν χρήσιμοι καλωδιακοί εναλλασσόμενοι κόμβοι (core switching nodes) που η μοναδική τους λειτουργία είναι η σύνδεση των gigarops μεταξύ τους.

Συμπερασματικά, όλα τα παραπάνω περιπτώσεις, είναι μέρη του “σύννεφου” του δικτύου που δημιουργείται από την συνένωση των gigarops, και θα θεωρούνται τμήματα μόνο αυτού του περιβάλλοντος.

Εξωτερικές συνδέσεις προς gigarop ATM Switching Elements είναι συνήθως απ’ ευθείας SONET κυκλώματα από πανεπιστημιακούς ATM διακόπτες ή άλλες gigarop τοποθεσίες, ή ολοκληρωμένες υπηρεσίες ATM από εμπόρους προμηθευτές.

Το Internet2 θα χρησιμοποιηθεί μόνο από μέλη του I2ως δίκτυο για συνδέσει (1) άλλα μέλη του Internet2 και (2) άλλα δίκτυα έρευνας (όπως vBNS ή ESnet) διαμέσου προκαθορισμένων μονοπατιών. Η συνεργασία του I2 ίσως να εγκαταστήσει συνδέσεις και με το εμπορικό Internet και με άλλες υπηρεσίες για δικούς τους σκοπούς, ωστόσο δεν θα διαδώσει καμιά πληροφορία που έχει λάβει από τις παραπάνω πηγές, στο Internet2.

Η routing πληροφορία φιλτράρεται αυστηρά. Γενικά ένας gigarop εκπέμπει routing πληροφορία μόνο για sites των εταίρων του προγράμματος Internet2. Επίσης ένας gigarop εκπέμπει routing πληροφορία για sites που ανήκουν σε άλλο ερευνητικό δίκτυο, εάν η πηγή της routing πληροφορίας του I2 είναι ένα προσδιορισμένο μονοπάτι σ’ αυτό το site ή στο δίκτυο. Τέτοιοι προσδιορισμοί αποφασίζονται από τη Συλλογική Οντότητα (Collective Entity).

Προτείνεται, οι συνεργάτες του Internet2 να διαδώσουν στα μέλη τους τη δυνατότητα πρόσβασης με άλλους εταίρους του I2 μέσω το I2, αλλά μόνο εάν τα μέλη διαφυλάξουν και δεν διαρρεύσει η πληροφορία αυτή πέρα από τα μέλη εκτός των συνεργατών. Το Internet2 δεν θα παρέχει διέλευση μεταξύ άλλων κεντρικών δικτύων.

Προϋπόθεση για την πραγματοποίηση των στόχων του προγράμματος είναι η αναβάθμιση των δικτύων του πανεπιστημίου που μετέχουν στο πρόγραμμα, ώστε να παρέχουν υποστήριξη στις εξελιγμένες υπηρεσίες. Αυτό σημαίνει ότι ένα πανεπιστήμιο που έχει εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο εύρος, μικρή καθυστέρηση και multicast routing μπορεί να επιβιώσει. Μερικά πανεπιστήμια βασίζονται cell-switching backbones, ενώ άλλα θα χρησιμοποιήσουν τη λύση του ethernet με συνύπαρξη σχεδίων προτεραιότητας. Ωστόσο άλλα επιδιώκουν RSVP ή IP τεχνικές διατήρησης του εύρους. Όποιον τρόπο και αν επιλέξουν τα πανεπιστήμια, είναι υποχρεωμένα να αναβαθμίσουν τα δίκτυά τους, και ουσιαστικά η αναβάθμιση αυτή θα αποτελέσει και τη μεγαλύτερη επένδυσή τους, ως μέλη του προγράμματος Internet2.

Οι άμεσες δράσεις σχετικά με θέματα δικτύωσης που πρέπει να υλοποιήσουν τα πανεπιστήμια είναι:

- Σχεδιασμός και υλοποίηση αναβάθμισης των κεντρικών δικτύων των πανεπιστημίων και των κυκλωμάτων
- Συνεργασία με άλλα γειτονικά πανεπιστήμια για τον σχεδιασμό την χρηματοδότηση και την υλοποίηση κοινού gigarop
- Διευθέτηση της σύνδεσης μεταξύ του πανεπιστημίου και gigarop
- Παροχή υποστήριξης στους χρήστες όταν οι εφαρμογές τους απαιτούν σύνδεση με το Internet2.

Ένα από τα σημαντικά αντικείμενα που διαπραγματεύεται το Internet2 είναι ο βαθμός της διαφοροποίησης των υπηρεσιών. Για παράδειγμα, όσοι ενδιαφέρονται για αντικατάσταση των συμβατικών τηλεφωνικών υπηρεσιών από ολοκληρωμένες υπηρεσίες δικτύου, θα έχουν σοβαρότερες απαιτήσεις από

αυτούς που περιορίζονται μόνο σε συνεργασία με εργαλεία απλού επιτραπέζιου υπολογιστή.

Συμπερασματικά, τα περισσότερα πανεπιστήμια θα απαιτήσουν υψηλής χωρητικότητας κυκλώματα προς τον πλησιέστερο gigarop και εξελιγμένης λειτουργίας δρομολογητές ως πύλη εξόδου από το πανεπιστήμιο.

Τα sites σκοπεύουν να υποστηρίξουν επιπρόσθετες ή πειραματικές υπηρεσίες και ίσως να εγκαταστήσουν έναν ATM multiplexer or switch μεταξύ του κυκλώματος σύνδεσης με τον gigarop και των ορίων του πανεπιστημίου. Συχνά οι συνδέσεις μεταξύ του πανεπιστημίου και του gigarop, μεταφέρουν λιγότερη κίνηση απ' ό τι μεταξύ των συνδέσεων των gigarop (inter-gigarop) που ίσως να προέρχεται από κίνηση εκτός του I2. Σε μερικές περιπτώσεις δεν υπάρχει διαθέσιμη εμπορική λύση ούτε οικονομικά εφικτός τρόπος προσέγγισης, σύνδεσης ποιοτικού επιπέδου από τα πανεπιστήμια του I2 στο gigarop. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το εύρος του I2 και ο επιλέξιμος ποιοτικός έλεγχος δεν είναι διαθέσιμα σ' ένα μέλος του πανεπιστημίου.

Επίσης τα μέλη του I2 έχουν αφοσιωθεί στην υποστήριξη υπηρεσιών I2, από τα όρια του πανεπιστημίου ως τον τελικό χρήστη, μεταξύ των πανεπιστημίων.

Αναμένεται ότι η σύνδεση θα είναι διαθέσιμη πολύ σύντομα σε μερικές τοποθεσίες για κάθε μέλος του πανεπιστημίου και των καθηγητών.

Το Internet2 επιτρέπει απαιτήσεις για τουλάχιστον πέντε διαστάσεις ποιοτικού ελέγχου (Quality of Service -QoS):

- Ταχύτητα μετάδοσης (Transmission speed): το μικρότερο ποσοστό δεδομένων που παρέχεται συν τον μέσο στόχο και το μεγαλύτερο ανεκτό όριο. Για παράδειγμα, κάποιος χρήστης μπορεί να ζητήσει μία σύνδεση όπου το ποσοστό των δεδομένων (data rate ) δεν πέφτει ποτέ κάτω από 50Mbps, και συμφωνεί να μην δεχτεί μετάδοση μεγαλύτερη των 100Mbps.
- Υποχρεωτική καθυστέρηση και διακύμανση καθυστέρησης (Bounded delay and delay variance): Ειδικά για το video και για άλλα σήματα που κουβαλούν πληροφορία σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπεται η μέγιστη αποτελεσματική διακοπή. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ότι δεν θα

υπάρχει αρκετό κενό μεταξύ των πακέτων ώστε να διακοπεί ή να παγώσει το video.

- Παραγωγή-Εξοδος Throughput: Το σύνολο των δεδομένων που μεταφέρεται σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ότι ένα terabyte δεδομένων μπορεί να μεταφερθεί σε διάστημα δέκα λεπτών.
- Χρονοδιάγραμμα-Schedule: Ο χρόνος έναρξης και λήξης μίας υπηρεσίας. Ο χρήστης πάλι μπορεί να καθορίσει ότι η απαιτούμενη σύνδεση θα είναι διαθέσιμη στο μέλλον σε έναν ακριβή χρόνο για μια καθορισμένη περίοδο (η οποία θα υπάρξει από άλλες ποιοτικού ελέγχου προδιαγραφές).
- Λανθασμένη εκτίμηση -Loss rate: Η μέγιστη λανθασμένη εκτίμηση που αναμένεται σε ένα καθορισμένο διάστημα.

Όσο μεγαλύτερες είναι οι απαιτήσεις για ποιοτικό έλεγχο τόσο μεγαλύτερες είναι οι δικτυακές απαιτήσεις. Το κόστος για την παροχή αυτών των υπηρεσιών πρέπει να είναι ξεκάθαρο στους χρήστες, ώστε να μην απαιτούν υψηλότερου επιπέδου υπηρεσίες από αυτές που πραγματικά χρειάζονται.

Αναμένεται ότι τα πανεπιστήμια θα προτιμήσουν προβλέψιμα κόστη σε επίπεδο ιδρύματος, αλλά προτιμούν να προσφέρουν κατανοημένο πλάνο ενεργειών στους χρήστες του πανεπιστημίου.

Επίσης αναμένεται ότι RSVP που υποστηρίζει εξασφάλιση πηγών και σχετικά πρωτόκολλα θα μεταδίδουν τις απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου, καθώς και η διοίκηση των συνδέσεων πάνω και κάτω της ιεραρχίας του δικτύου θα εξυπηρετεί τις απαιτήσεις αυτές. Επιπρόσθετα το IGMP που υποστηρίζει multicasting είναι πολύ σημαντικό για το πρόγραμμα.

Πρωτόκολλο που υποστηρίζει τον ποιοτικό έλεγχο είναι πιθανά το ολοκληρωμένο PNNI. Ο στόχος του I-PNNI είναι η χρήση του routing protocol για I-PNNI τόσο για ATM όσο και για IP. Το I-PNNI χρησιμοποιεί την γνώση από των προκατόχων του και έχει σχεδιαστικά πλεονεκτήματα ως

routing protocol. Το I-PNNI στοχεύει να προσφέρει ποιοτικό έλεγχο στο IP και στο ATM. Δεν είναι ένα inter-domain protocol, αλλά προέρχεται από αφαίρεση και πρόσθεση στοιχείων δικτύου.

Οι υπηρεσίες που παρέχονται από το Internet2 πραγματοποιούνται με τη χρήση IP και στο επίπεδο -3 οι συσκευές των gigarops ομοίως υποστηρίζουν το IP. Όλες οι συσκευές του επιπέδου -3 των gigarop υποστηρίζουν τόσο το IPv4 όσο και το IPv6.

Το πρόβλημα εστιάζεται σε ποιο IP θα επιλεγεί. Το IPv4 είναι τρέχων standard, ωστόσο το πρόγραμμα Internet2 υποστηρίζει το IPv6, το οποίο είναι ακόμα υπό ανάπτυξη. Το I-PNNI υποστηρίζει το IPv6. Το IDRIP υποστηρίζει θεωρητικά το IPv6, αλλά οι εφαρμογές του δεν θεωρούνται στρατηγικές καθώς και η υποστήριξη του ποιοτικού ελέγχου είναι περιορισμένη. Το OSPF και το RIP για το IPv6 έχουν διστακτικά προσδιοριστεί, αλλά η δυνατότητα ποιοτικού ελέγχου του OSPF ακόμα αναπτύσσεται. Τα sites που πειραματίζονται IPv6 χρησιμοποιούν είτε RIPv6 είτε στατικές διόδους (static routes) ώσπου να εφαρμοστεί το κατάλληλο πρωτόκολλο. Αυτό είναι κατορθωτό, γιατί αναμένεται ότι στο κοντινό μέλλον, λίγα sites θα δουλεύουν με IPv6, ενώ προωθείται η συνεργασία μεταξύ τους. Οι στατικές δίοδοι πρέπει να υλοποιηθούν εκτός προγράμματος Internet2, ενώ ο ποιοτικός έλεγχος για IPv6 θα πραγματοποιηθεί από το πρόγραμμα. Οι διευθύνσεις IPv6 προσδιορίζονται από τη συλλογική οντότητα.

Ένα άλλο θέμα πολύ σοβαρό πέρα από την λειτουργία του δικτύου Internet2, είναι η διοίκηση ενός τέτοιου δικτύου. Η διοίκηση συστήματος του δικτύου που παρέχει I2 υπηρεσίες μπορεί να εμπλέκει ένα ή περισσότερα δίκτυα που λειτουργούν από διαφορετικές οντότητες. Το δίκτυο επιβάλλεται να λειτουργεί σαν ενιαίο σύστημα μόνο στα μάτια του τελικού χρήστη. Αυτό βέβαια προαπαιτεί ότι ανεξάρτητα δίκτυα συντονίζουν απαιτούμενες υπηρεσίες. Χρειάζεται πιστοποίηση και εξουσιοδότηση για χρήση πόρων πριν παραχωρηθεί η απαιτούμενη υπηρεσία. Έπειτα το σύστημα καθορίζει εάν οι



πόροι αυτοί είναι διαθέσιμοι και αν όχι τους αποθηκεύει για να εξυπηρετήσει την απαίτηση. Όταν η απαιτούμενη υπηρεσία μεταβιβαστεί δεδομένα πόρων του δικτύου συγκεντρώνονται για τον απαιτούμενο έλεγχο πόρων ή για κοστολόγηση. Για να μπορέσει να ικανοποιηθεί μεταφορά υπηρεσίες από άκρο σε άκρο, κάθε δίκτυο θα πρέπει να εκτελεί τα παραπάνω βήματα με συντονισμένο τρόπο.

Τρέχοντα εργαλεία καταγραφής και διάγνωσης δικτύων, αντιμετωπίζουν το δίκτυο ως ξεχωριστές συσκευές και συνδέσεις επικοινωνίας. Τυπικά αυτό είναι ένα καθεστώς από πάνω προς τα κάτω, και απλό φόρτωμα πληροφοριών. Τα εργαλεία αυτά δεν αντιμετωπίζουν το σύστημα του δικτύου ως ένα ή ενδιαφέρονται για την απόδοση μεταξύ των άκρων. Πρέπει να αναπτυχθούν εργαλεία που να λαμβάνουν υπόψη τους θέματα όπως από “άκρο σε άκρο” υπηρεσία διαφορετικών επιπέδων, μεταξύ πολλαπλών δικτύων. Ομοίως, πρέπει εγκατασταθούν διαδικασίες για διαχειριστές διαφορετικών δικτύων, ώστε να γίνεται πιο εύκολος ο σχεδιασμός και ανάλυση προβλημάτων.

Όσον αφορά την ασφάλεια του δικτύου, μπορεί να υπάρξουν μέτρα ασφάλειας που παρέχονται στο επίπεδο του δικτύου και άλλα μέτρα που αναπόφευκτα υποβαθμίζουν σε μεγάλο βαθμό άλλες υπηρεσίες .

Η ασφάλεια που απαιτείται για το Internet2 εμπίπτει σε τρεις κατηγορίες:

#### Επιθέσεις εναντίον του συστήματος του δικτύου-Network System Attacks.

Οι επιθέσεις αυτές αφορούν καθαυτού την υποδομή του δικτύου, όπου ένα άτομο ενεργεί με στόχο την υποβάθμιση ή την πτώση του συστήματος του δικτύου. Οι επιθέσεις μπορεί να ποικίλουν και να αφορούν τη συμφόρησή του, εξαπάτηση των πρωτοκόλλων ελέγχου του δικτύου καθώς και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στην διοίκηση του δικτύου. Το αποτέλεσμα είναι η αδυναμία ικανοποίησης των απαιτούμενων υπηρεσιών από νόμιμους χρήστες του δικτύου.

#### Μη εξουσιοδοτημένη χρήση του δικτύου-Unauthorized use of the network

Επειδή το Internet2 παρέχει υπηρεσίες διαφορετικών επιπέδων και διαφορετικούς πόρους ελέγχου ή αμοιβές που σχετίζονται με αυτά τα επίπεδα,

οι άνθρωποι που θα λειτουργούν το δίκτυο, πρέπει να το προστατεύουν ενάντια σε επιθέσεις που έχουν στόχο την αποφυγή ελέγχου. Χρειάζεται κατάλληλη πιστοποίηση και εξουσιοδότηση για την απόκτηση ανάλογων υπηρεσιών από το I2. Οι μέθοδοι και η υποδομή για την εκτέλεση πιστοποίησης και εξουσιοδότησης, πρέπει να είναι ασφαλείς ενάντια σε κάθε επίθεση. Αυτό περιλαμβάνει κλασσικά μέτρα ασφάλειας όπως είναι να μην στέλνονται κωδικοί πρόσβασης φανερά, να μην είναι επιδεκτικό σε απαντήσεις ή επαναχρησιμοποίηση νόμιμης πρόσβασης από μη εξουσιοδοτημένο χρήστη.

Ανάρμοστη χρήση του δικτύου-Inappropriate use of the network  
Υπάρχουν συμβάντα που δεν επηρεάζουν καθεαυτού το δίκτυο, αλλά δημιουργούν προβλήματα στα καταλήγοντα συστήματα ή στους χρήστες που χρησιμοποιούν το δίκτυο. Στα συμβάντα αυτά περιλαμβάνονται εισβολή στο σύστημα του υπολογιστή, κλοπή αντικειμένων μέσω του δικτύου, παρενοχλήσεις και τακτικές παραβίασης. Ενώ η παρεμπόδιση, η ανίχνευση και η μήνυση αυτών των ενεργειών δεν επιβαρύνουν τους διαχειριστές του δικτύου, πρέπει ωστόσο να συνεισφέρουν στην έρευνα από τις κατάλληλες αρχές. Οι διαχειριστές πρέπει με γνώση των παραδοσιακών και νέων μεθόδων να αντιδρούν σε κάθε επίθεση σε όποια κατηγορία και αν ανήκει. Απαιτείται στενή συνεργασία με άλλους διαχειριστές δικτύων και οργανισμών όπως είναι ο CERT.

Η στρατηγική του Internet είναι, ότι υπεύθυνα σε θέματα ασφάλειας εφαρμογών, είναι τα καταλήγοντα συστήματα. Ωστόσο η ανάπτυξη πρωτοκόλλων και εργαλείων έχει συμβάλλει έστω και λίγο στην στρατηγική αυτή. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να εγκατασταθούν μέτρα ασφαλείας στο δίκτυο, όπως τοίχοι προστασίας (firewalls). Αν και η ασφάλεια εφαρμογών στο επίπεδο του δικτύου είναι περιορισμένη, είναι απαραίτητη στο Internet2 για να παρέχει την απαιτούμενη ασφάλεια των εφαρμογών.

Η χρήση μέτρων ασφαλείας στο επίπεδο του δικτύου για εφαρμογές πρέπει να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται στο καταλήγον - τελικό σύστημα, για παράδειγμα κοντά στο τοπικό δίκτυο (LAN) ή στο επίπεδο του πανεπιστημίου (campus level).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υψηλότερη εκπαίδευση αποτέλεσε δώρο κατά την γέννηση του Internet και έχει συνεισφέρει ουσιαστικά στην υποδομή και στις βασικές εφαρμογές που στηρίζει την επιτυχία του σήμερα το Internet.

Το πρόγραμμα Internet2 είναι η αναγνώριση ότι η υψηλή εκπαίδευση συμβάλει στην εξέλιξη των τεχνολογιών δικτύου και ειδικότερα στις εφαρμογές δικτύου που θα αποτελέσουν την βάση για την “κοινωνία της γνώσης” που οραματίζεται την Πρωτοβουλία της Επόμενης Γενιάς του Internet (Next Generation Internet Initiative).

Σήμερα όλα μέλη πανεπιστήμια του Internet2 έχουν εγκαταστήσει συνδέεις I2. Ορισμένα από αυτά έχουν ήδη την δυνατότητα να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας πολυμεσικές και άλλες εξελιγμένες υπηρεσίες με χρήση του υπάρχοντος NSF μια μεγάλης απόδοσης κεντρική υποδομή υπηρεσιών δικτύου (Backbone Network Service (vBNS)). Επιπρόσθετα, περίπου δώδεκα gigarops λειτουργούν παρέχοντας τοπική σύνδεση μεταξύ των πανεπιστημίων.

Έξι βασικές αρχές που διαφαίνονται από τη μελέτη του Internet2

- Αγόραζε παρά χτίζε-Buy rather than build. Όποτε είναι δυνατό πρέπει να χρησιμοποιείται η τρέχουσα διαθέσιμη τεχνολογία που υποστηρίζεται από τον προμηθευτή της και η ευρεία χρήση της για τον εντοπισμό αρχείων. Εάν αποτύχει η προσπάθεια αυτή τότε αρχίζει προσπάθεια εύρεσης σχετικής τεχνολογίας που να συμβαδίζει με τα κριτήρια και τις υποχρεώσεις του προμηθευτή.
- Ανοιχτά παρά κλειστά- Open rather than closed. Προτιμούνται τα ανοιχτά πρωτόκολλα και standards που έχουν εκδοθεί, αποφεύγοντας ιδιοκτησιακές λύσεις, παρέχοντας απ' ευθείας πρόσβαση στα δεδομένα του δικτύου.
- Redundancy rather than reliance. Πρέπει να αποφευχθεί για μεγάλο διάστημα εξάρτηση από ένα προμηθευτή υπηρεσιών δικτύου, από ένα κατασκευαστή hardware και λογισμικού ή δεδομένα μονοπάτια.

- Basics before complexity. Τα περισσότερα μέλη συμμετέχουν στο Internet2 λόγω τρεχουσών ή λόγω αναγκών που έχουν προβλεφθεί. Καθίσταται σίγουρο ότι κύριος στόχος είναι η επίλυση αυτών των αναγκών ενώ οτιδήποτε άλλο έπεται.
- Παραγωγή και όχι πειραματισμός -Production not experimentation. Στόχος του προγράμματος είναι η παροχή υποστήριξης για την ανάπτυξη εξελιγμένων εφαρμογών και όχι δημιουργία εργαστηρίου πειραμάτων για δίκτυα. Βέβαια κάποιος βαθμός πειραματισμού είναι χρήσιμος για την καλύτερη ποιότητα παραγωγής και της εισαγωγής νέων λειτουργιών, ωστόσο δεν θα πρέπει να εμπεριέχεται στους στόχους του προγράμματος Internet2.
- Υπηρεσίες με παραλήπτες τους τελικούς χρήστες και όχι μεταξύ των εμπόρων προμηθευτών. Η λειτουργία του I2 gigarop δεν περιλαμβάνει συνεργασία με εμπορικά δίκτυα. Εάν ένας οργανισμός ή οντότητα επιθυμεί να παρέχει ταυτόχρονα gigarop υπηρεσίες και άλλες πιο εμπορικές πρέπει να διαβεβαιώσει οι δύο υπάρχουσες υπηρεσίες ξεχωριστές.

Το Internet 2 πρέπει να ενθαρρύνει την ανάπτυξη εξελιγμένων πολυμεσικών εφαρμογών πραγματικού χρόνου καθώς και την υποδομή δικτύου και διαφοροποιημένων υπηρεσιών για την υποστήριξή τους.

Επειδή η σύνδεση περιορίζεται μόνο μεταξύ των μελών του Internet2 (περιορισμένος αριθμός εκπαιδευτικών ιδρυμάτων) η προσπάθεια αυτή δεν θα αντικαταστήσει το εμπορικό Internet.

Στόχος του Internet2 είναι να εμπλουτίσει το υφιστάμενο δίκτυο των πανεπιστημίων και να συνεχίσει τον πειραματισμό για πλήρη ανάπτυξη των υπάρχοντων συνδέσεων που ακόμα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για εμπορικούς σκοπούς.