

University of Macedonia
Master Information Systems
Networking Technologies
Professors : A.A. Economides &
A.A. Pomportsis



STATHOULOPOULOS VASILIOS

Thessalonica
February 2004

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



ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΣΤΑΘΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ

Θεσσαλονίκη
Φεβρουάριος 2004

Abstract

Today's Internet lacks in high-speed lines, doesn't support applications with bandwidth. The number of users increases rapidly, and Internet has not designed for millions of users, multimedia applications or real-time interactions.

Internet2 is a consortium being led by 205 universities working in partnership with industry and government to develop and deploy advanced network applications and technologies, accelerating the creation of tomorrow's Internet.

Internet2 is recreating the partnership among academia, industry and government that fostered today's Internet in its infancy.

At this stage Internet2 uses existing national networks, like vBNS of the National Federation of Science of USA (NFS), but also the youngest Abilene that was developed by UCAID in 1998 κοινοπραξία UCAID leading 170 USA universities, research centers, and partner companies.

The USA government initiates the Next generation Internet (NGI), a federal program that is supplementary to Internet2.

There are contact points to join universities in a large area, gigaPops, with high-speed circuits. Similar in other countries, organizations are developing projects, in Canada Canarie, deployed Ca*net2, an national optical Internet network, in Mexico there is the Cudi project, in Greece EΔET has access to Internet2 through the gigaPop node in Chicago.

IP v4 protocol has only 32 bits for addressing with a total of 2^{32} addresses, so for a new protocol IP v6 με 128 bits, with a total 2^{128} addresses

The primary goals of Internet2 are to create a leading edge network capability for the national research community, to enable revolutionary Internet applications, to ensure the rapid transfer of new network services and applications to the broader Internet community.

Περίληψη

Το σημερινό Internet υστερεί σε γραμμές υψηλών ταχυτήτων και δεν υποστηρίζει επαρκώς εφαρμογές με μεγάλο εύρος ζώνης. Ακόμα ο αριθμός των χρηστών αυξάνει καθημερινά, με αποτέλεσμα να έχουμε καθυστέρηση. Το Internet δεν σχεδιάστηκε για εκατομμύρια χρηστών, για πολυμεσικές εφαρμογές, για αλληλεπιδράσεις πραγματικού χρόνου.

Έτσι δημιουργείται ένα νέο project το Internet2, για να αναπτυχθεί μια νέα γενιά διαδικτυακών εφαρμογών, για να υποστηρίξουν την έρευνα και την διδασκαλία. Ξεκίνησε σαν μια πανεπιστημιακή προσπάθεια στις ΗΠΑ, ήδη έχει 205 μέλη – πανεπιστήμια, και επίσης συνεργάζονται και εταιρείες μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα.

Στο παρόν στάδιο χρησιμοποιεί υπάρχοντα εθνικά δίκτυα, όπως το vBNS του Εθνικού ιδρύματος επιστημών των ΗΠΑ (NFS), αλλά και το νεώτερο Abilene που αναπτύχθηκε το 1998, από την κοινοπραξία UCAID 170 Αμερικάνικων Πανεπιστημίων, Ερευνητικών Κέντρων και συνδεδεμένων εταιρειών. Οι υπηρεσίες όπως e-mail, newsgroups, www θα συνεχίσουν να παρέχονται από το υπάρχον Internet.

Παράλληλα η κυβέρνηση των ΗΠΑ, ξεκινά το πρόγραμμα Next generation Internet (NGI), που είναι ομοσπονδιακό και δρα συμπληρωματικά στο Internet2.

Δημιουργήθηκαν σημεία διασύνδεσης που ενώνουν πανεπιστήμια από μια ευρύτερη περιοχή, τα gigaPops, με κυκλώματα υψηλής ταχύτητας.

Αντίστοιχα όμως και σε άλλες χώρες δημιουργούνται οργανισμοί που διαχειρίζονται παρόμοια προγράμματα, όπως στον Καναδά η Canarie που ξεκίνησε με το δίκτυο Ca*net2, στο Μεξικό το Cudi project, και τέλος στην Ελλάδα το ΕΔΕΤ που έχει πρόσβαση στο Internet2 μέσω του gigaPop του Σικάγου.

Το πρωτόκολλο IP v4 έχει μόνο 32 bits για διευθυνσιοδότηση με σύνολο 2^{32} διευθύνσεις, οι οποίες δεν είναι αρκετές, έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε ένα νέο πρωτόκολλο το IP v6 με 128 bits για διευθυνσιοδότηση, το οποίο δημιουργεί συνολικά 2^{128} διευθύνσεις.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί είναι η δημιουργία μιας νέας γενιάς εφαρμογών, η δημιουργία ενός δικτύου για την ερευνητική κοινότητα και τέλος μεταφορά των υπηρεσιών και εφαρμογών πέρα από τα πανεπιστήμια στην ευρύτερη κοινότητα του Internet.

Table of Contents

1. Abstract.....	3
2. Introduction to Internet2	7
2.1 Partnerships.....	8
2.2 Middleware.....	8
2.3 Initiatives.....	9
2.4 Applications.....	11
3. Backbone.....	11
3.1 Abilene.....	12
3.2 vBNS.....	13
4. Qbone.....	14
5. NGI.....	16
6. IPMA.....	16
7. Canarie	17
7.1 Canet.....	17
8. Technical specifications.....	20
8.1 Αρχιτεκτονικό μοντέλο του Internet2.....	21
8.2 GigaPops.....	22
8.3 Protocols.....	24
9. Conclusions.....	26
10. Sites-bibliography.....	27

Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	3
2. Εισαγωγή στο Internet2	7
2.1 Μέλη.....	8
2.2 Ενδιάμεσο στρώμα	8
2.3 Πρωτοβουλίες.....	9
2.4 Εφαρμογές.....	11
3. Κορμός του δικτύου.....	11
3.1 Abilene.....	12
3.2 vBNS.....	13
4. Qbone.....	14
5. NGI.....	16
6. IPMA.....	16
7. Canarie.....	17
7.1 Canet.....	17
8. Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	20
8.1 Αρχιτεκτονική του Internet2.....	21
8.2 GigaPops.....	22
8.3 Πρωτόκολλα.....	24
9. Επίλογος.....	26
10. Δικτυακοί τόποι – Βιβλιογραφία.....	27

Εισαγωγή

Το Internet ξεκίνησε το 1969 μέσω του υπουργείου άμυνας των ΗΠΑ, για στρατιωτικούς σκοπούς και συνέδεε υπολογιστές πανεπιστημίων και αμυντικών φορέων, το όνομά του ήταν Arpanet, και αποσκοπούσε σε ανταλλαγή μηνυμάτων και δεδομένων, μεταξύ των μηχανικών και επιστημόνων.

Άρχισε όμως να επεκτείνεται, έφθασε και στην Ευρώπη, το φορτίο πληροφοριών που διακινείται μέσω του δικτύου, οδήγησε σε ένα νέο δίκτυο το NSFnet, και μετά η σύνδεσή τους στο γνωστό Internet, που άρχισε να μπαίνει στις επιχειρήσεις, στα σχολεία και τα σπίτια μας. Δεν ήταν όμως σχεδιασμένο για εκατομμύρια χρήστες, για μεγάλα φορτία, multimedia εφαρμογές και αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο.

Internet2

Το Internet2 είναι μια προσπάθεια που ξεκίνησε το 1996 και καθοδηγείται από 205 ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα σε συνεργασία με κυβερνητικούς φορείς και τη βιομηχανία, με στόχο την αξιοποίηση και την ανάπτυξη προηγμένων διαδικτυακών εφαρμογών και τεχνολογιών, προχωρώντας έτσι προς τον σχεδιασμό του Internet του μέλλοντος.

Σε πρώτο στάδιο οι στόχοι του είναι:

- Να εξασφαλίσει την ταχύτερη μεταφορά των νέων διαδικτυακών υπηρεσιών και των εφαρμογών δικτύων στην ευρύτερη κοινότητα.
- Να επιτρέψει τη δημιουργία νέων επαναστατικών διαδικτυακών εφαρμογών.
- Να δημιουργήσει ένα νέο δίκτυο για την ερευνητική κοινότητα

Μέσω των ομάδων εργασίας του Internet2, τα μέλη συνεργάζονται σε τομείς όπως:

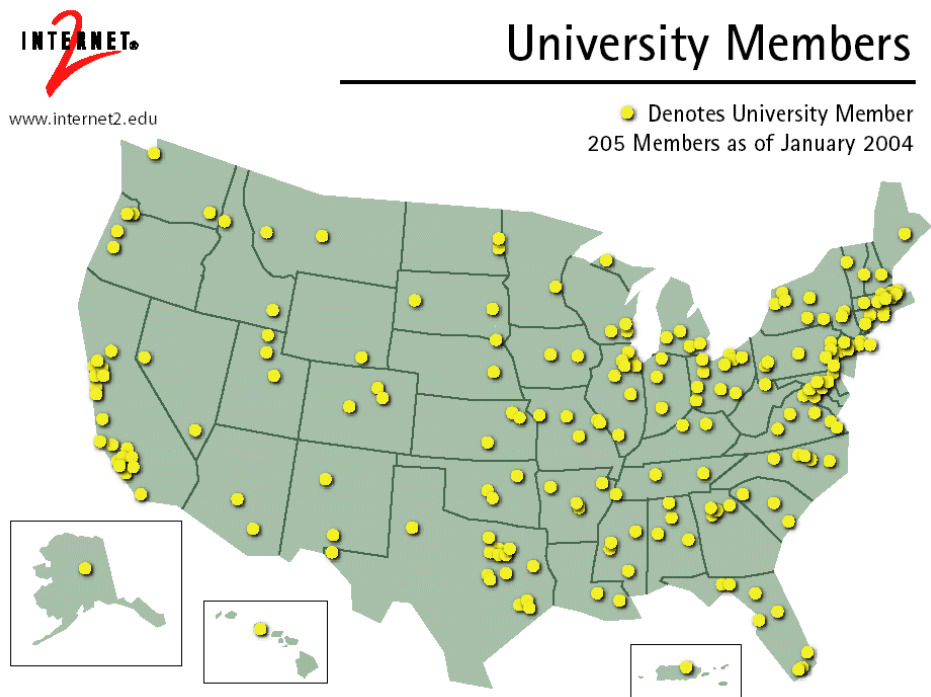
- Partnerships
- Initiatives
- Applications
- Engineering
- Middleware

Partnerships

Πανεπιστήμια

Καθώς το Internet2 αποτελεί μια προσπάθεια συνεργασίας για την ανάπτυξη προχωρημένων τεχνολογιών και εφαρμογών, βασικών για τον τομέα της έρευνας και της εκπαίδευσης το μεγαλύτερο μέρος αυτών που συμμετέχουν στο project είναι πανεπιστήμια της ΗΠΑ τα οποία

συνδέονται και συνεργάζονται μεταξύ τους. Στο project συμμετέχουν 205 πανεπιστήμια και συνεχώς προσθέτονται και άλλα. Πριν την εισαγωγή ενός Πανεπιστημίου ο πρόεδρος του εγγράφει την εκπλήρωση κάποιων δραστηριοτήτων που έχουν σχέση με την βελτιστοποίηση και την ανάπτυξη του δικτύου του campus, την σύνδεση σε γειτονικά gigaPoP καθώς και την παροχή βελτιωμένων εφαρμογών ανάπτυξης.



Corporate Partners

Είναι συνεργάτες και εταιρείες που έχουν συμβάλει οικονομικά στην ανάπτυξη του project. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και πολλές βιομηχανίες. Πολλοί από τους φορείς συμβάλουν οικονομικά στο project καθώς περιμένουν να ωφεληθούν από τις υπηρεσίες, τις εφαρμογές και την τεχνολογία του Internet 2.

Σαν παράδειγμα αναφέρω τη Microsoft, IBM, Cisco systems, MCI, AT&T

Affiliate Members

Είναι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί που έχουν άμεσο ενδιαφέρον για τους στόχους του Internet2. Πολλά τέτοια μέλη ηγούνται στην ανάπτυξη των Internet2 GigaPoPs. Μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί οι οποίοι είναι ερευνητικά και / ή εκπαιδευτικά εργαστήρια που πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές μπορούν να κάνουν αίτηση για να γίνουν Collaboration Sites το οποίο τους δίνει την δυνατότητα να συμμετέχουν σε παρόμοια project όπως το Abilene.

Middleware

Είναι μια ομάδα προγραμμάτων που βρίσκονται μεταξύ του δικτύου και των εφαρμογών και παρέχουν υπηρεσίες όπως αναγνώριση, πιστοποίηση, εξουσιοδότηση, καταλόγους και ασφάλεια. Στο σημερινό Internet, οι εφαρμογές συνήθως παρέχουν οι ίδιες αυτές τις

υπηρεσίες με αποτέλεσμα να έχουμε ανταγωνισμό και ασυμβατότητα στα standards. Παρέχοντας λοιπόν τυποποίηση και διαλειτουργικότητα το middleware θα κάνει πιο εύκολη τη χρήση προηγμένων δικτυακών εφαρμογών.

Initiatives

E2Epi (End-to-End Performance Initiative)

Έχει σαν στόχο τη δημιουργία ενός προβλέψιμου και καλά- υποστηριζόμενου περιβάλλοντος στο οποίο η κοινότητα των χρηστών του Internet2 θα προχωρά χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη και χρήση προηγμένων δικτυακών εφαρμογών

Θα εντοπίζει προβλήματα στο μονοπάτι μεταξύ δυο υπολογιστών που συνδέονται στο δίκτυο Abilene, κοινότητες χρηστών, εθνικά δίκτυα, και gigaPops, με τη χρήση εργαλείων όπως (Iperf, traceroute, OWAMP, κ.α.)

K20

Ενώνει μέλη του Internet2, όπως ινστιτούτα, σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, βιβλιοθήκες, μουσεία, ώστε να έχουν πρόσβαση στις νέες τεχνολογίες – διαδικτυακά εργαλεία, εφαρμογές – από εκπαιδευτικές πύλες πρόσβαση στις ΗΠΑ, με όσο μεγαλύτερη ταχύτητα γίνεται αυτό.

Arts & Humanities

Βοηθά τα μέλη του Internet2 να αναπτύσσουν συνεργασίες μέσω των υψηλής απόδοσης διαδικτυακών τεχνολογιών και εφαρμογών σε τομείς όπως οι κλασσικές μελέτες και οι τέχνες

Digital Video (DVI)

Είναι ένας κατακευματισμένος οργανισμός για την προώθηση γενικά του ψηφιακού βίντεο, παρέχοντας την οργανωτική δομή για ανταλλαγή πληροφοριών, διασπορά σε άλλες ομάδες εργασίας ή σε ιδιώτες.

Distributed Storage (DSI)

Αυτό το σχέδιο είναι μια πλατφόρμα που φιλοξενεί αντίγραφα υπηρεσιών και περιεχομένου του διαδικτύου, έτσι πετυχαίνεται βελτίωση της λανθάνουσας κατάστασης και μείωση του bandwidth (εύρους). Το περιεχόμενο συγκεντρώνεται σε κανάλια και εν συνεχεία δημοσιοποιείται στο URL. Τα site τα οποία συμμετέχουν γράφονται σε κανάλια που τους ενδιαφέρουν και αντιγράφουν το περιεχόμενο. Το DSI ασχολείται με την έρευνα σε θέματα :

- Πρωτόκολλα αντιγράφων
- Ενεργό περιεχόμενο
- Συνοχή των αντιγράφων
- Διαχωρισμός

FiberCo (National Research and Education Fiber Company)

Είναι μια εταιρεία που ιδρύθηκε για την υποστήριξη και ανάπτυξη υποδομής δικτύων οπτικών ινών για αποκλειστική χρήση στην ανώτατη εκπαίδευση και στην έρευνα.

Health science

Οι σύγχρονες εφαρμογές περιλαμβάνουν ιατρική εκπαίδευση, εικονική πραγματικότητα, τηλεϊατρική, τηλε-ρομποτική, προσομοίωση, και απαιτούν προηγμένες δικτυακές υπηρεσίες.

Commons

Ένα μεγάλης κλίμακας κατανεμημένο περιβάλλον συνεργασίας για την ερευνητική και εκπαιδευτική κοινότητα. Το πρόγραμμα αυτό ενθαρρύνει την ανάπτυξη εργαλείων για συνεργασίες ένας προς ένα, ένας με ομάδα, ομάδα με ομάδα. Σ' αυτές τις μορφές επικοινωνίας περιλαμβάνονται δραστηριότητες σχετικά με διδασκαλία και εκμάθηση, συσκέψεις, συνέδρια κ.α.

Ομάδες εργασίας στο Internet2

IPv6

Measurement

Multicast

Network Management

Quality of Service

Routing

Security

Topology

Digital Video

Digital Imaging

ResearchChannel

Video Conferencing

Voice over IP

Network Storage

MACE (Architecture)

MACE-DIR (Directories)

HEPKI-TAG

HEPKI-PAG

Εφαρμογές του Internet2

Εικονικά εργαστήρια (Virtual laboratories)

Είναι ένα κατανεμημένο περιβάλλον που δίνει τη δυνατότητα σε ερευνητές από διάφορα σημεία του κόσμου να συνεργαστούν σε κάποια projects. Σε κάθε εργαστήριο ο εξοπλισμός και οι τεχνικές είναι καθορισμένες σύμφωνα με το αντικείμενο της έρευνας.

Εικονικά εργαστήρια έχουν προταθεί για εργαστήρια θεωρητικής αστρονομίας, ραδιοαστρονομία, για κατασκευή αεροσκαφών, παραγωγή φαρμάκων, επιστήμη υλικών, συστήματα πρόγνωσης καιρού.

Η υποδομή που έχουν είναι: servers ικανούς για μεγάλης κλίμακας προσομοιώσεις, δυναμικές βάσεις δεδομένων, επεξεργαστές, εργαλεία συνδεδεμένα στο δίκτυο, εργαλεία συνεργασίας, κατάλληλο λογισμικό.

Ψηφιακές βιβλιοθήκες (Digital libraries)

Στο σημερινό Internet, οι ψηφιακές βιβλιοθήκες περιέχουν κυρίως κείμενο, έχουμε προβλήματα με το εύρος ζώνης, καθώς και με τα πνευματικά δικαιώματα, στο Internet2 θα υπάρχει η δυνατότητα παροχής βοήθειας πραγματικού χρόνου μέσω ήχου ή βίντεο στην επιφάνεια εργασίας του χρήστη, θα πρέπει να ρέει πληροφορία όλων των τύπων, όπως ανακοινώσεις δημοσιεύσεων, αναβαθμίσεις βάσεων δεδομένων, τηλεμετρία.

Tele-immersion

Είναι συνδυασμός Cave-style τεχνολογίας, υψηλών ταχυτήτων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων για την υποστήριξη εφαρμογών συνεργασίας.

Θα πρέπει να γίνουν επεκτάσεις στην τεχνολογία cave, ώστε να αναγνωρίζεται η παρουσία και η κίνηση των ατόμων εντός ενός cave, και να μπορεί να προβάλλεται σε πολλαπλά κατανεμημένα περιβάλλοντα, όπου τα άτομα μπορούν να αλληλεπιδρούν με μοντέλα δημιουργημένα από υπολογιστές.

Η υλοποίηση αυτών των χαρακτηριστικών δίνει την δυνατότητα σε άτομα που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες να είναι μαζί σε ένα εικονικό περιβάλλον και να μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Θα μπορούν να μοιράζονται και να χειρίζονται δεδομένα, προσομοιώσεις και μοντέλα.

Ομάδες εργασίας σε θέματα εφαρμογών

Βιοηθική

Ψηφιακό βίντεο

Χωρική ανάλυση

Φαρμακευτική

Multicast

Ορθοπαιδική χειρουργική

Ερευνητικά κανάλια

VidMid-VC

VidMid-VoD

Ομιλία πάνω σε IP

Internet2 Backbone Networks

Abilene Network



Είναι η ραχοκοκαλιά του δικτύου, σ' αυτό μπορούν να συνδεθούν όλα τα ανώτερα εκπαιδευτικά ιδρύματα, αλληλοσυνδέει τα gigaPoPs που δημιουργούνται στο Internet2 καθώς και τα μέλη ινστιτούτα. Οι ιδιωτικοί και κυβερνητικοί οργανισμοί, με πεδία δραστηριότητας στραμμένα στην έρευνα και την εκπαίδευση που συνεργάζονται με πανεπιστήμια μπορούν επίσης να συνδεθούν στο δίκτυο, αρκεί να πάρουν την πιστοποίηση από την UCAID. Τα έξοδα για την διαχείριση του δικτύου καλύπτονται με απ' ευθείας χρέωση στα gigaPoPs και στα ινστιτούτα με τα οποία συνδέονται. Το δίκτυο είναι κυρίως OC-192c με ταχύτητα 10Gbps, και ένα μικρό μέρος OC-48c με ταχύτητα 2,4Gbps, χρησιμοποιεί οπτική τεχνολογία και υψηλών δυνατοτήτων δρομολογητές.

Υποστηρίζει την ανάπτυξη εφαρμογών όπως, εικονικά εργαστήρια, ψηφιακές βιβλιοθήκες, εκπαίδευση εξ' απόστασης, tele-immersion καθώς και όλες τις προηγμένες δικτυακές δυνατότητες στις οποίες στοχεύει το Internet2. Το Abilene συμπληρώνεται και συνεργάζεται με άλλα ερευνητικά δίκτυα στις ΗΠΑ και διεθνώς.

Το Abilene Network συνεργάζεται με το Internet2, τις εταιρείες Qwest Communications, Cisco Systems, Nortel Networks, Juniper Networks, και το Indiana University.

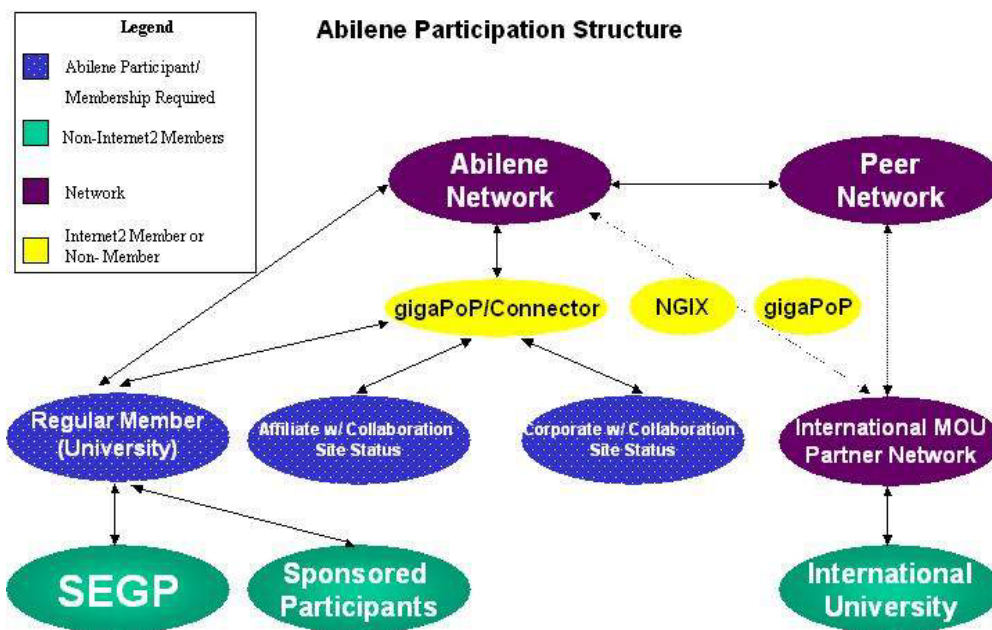
Στόχοι

Την ανάπτυξη και δοκιμή προηγμένων υπηρεσιών όπως, multicast, IPv6, μετρήσεις και ασφάλεια, υπηρεσίες οι οποίες δεν παρέχονται στο απλό Internet

Σύνδεση σε άλλα εκπαιδευτικά και ερευνητικά δίκτυα σε όλο τον κόσμο, επιτρέποντας στην διεθνή ερευνητική κοινότητα την συνεργασία με διάφορους τρόπους.

Πρόσβαση για ερευνητές σε δεδομένα που συγκεντρώθηκαν σε δικτυακά περιβάλλοντα που υποστηρίζουν νέες καινοτόμες τεχνολογίες.

Πρόσβαση σε εφαρμογές που αναπτύχθηκαν με καινοτόμες τεχνολογίες, πειραματικές τεχνικές και απαιτούν υψηλών προδιαγραφών υπηρεσίες που δεν είναι διαθέσιμες στα υπάρχοντα δίκτυα.



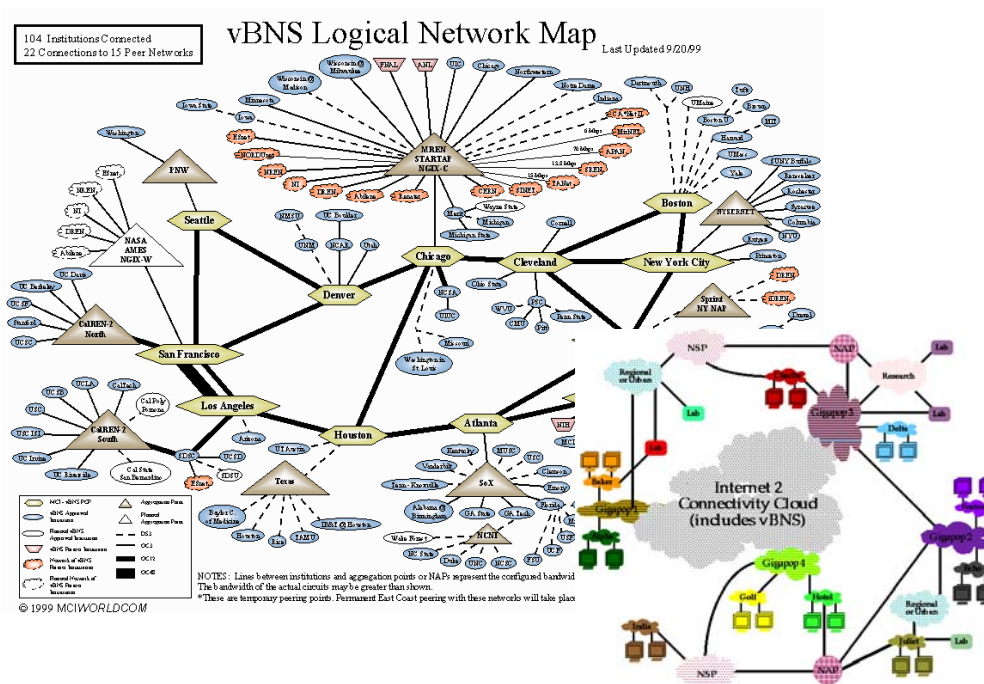
Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις δυνατές σχέσεις μεταξύ των μελών του Internet2 και του Abilene Network, αλλά δεν αντανακλά την πραγματική τοπολογία του δικτύου. Ένα πανεπιστήμιο κανονικό μέλος μπορεί να έχει μια απευθείας σύνδεση με το Abilene Network, αλλά τα πιο πολλά διατηρούν μια σύνδεση μέσω ενός GigaPop.

Τα διεθνή δίκτυα μπορούν να συνδεθούν με το Abilene μέσω ενός NGIX, gigaPoP ή Peer Network.

vBNS+

Είναι ένα πανεθνικό δίκτυο που υποστηρίζει ευρυζωνικές εφαρμογές, υψηλής απόδοσης. Δημιουργήθηκε το 1995 σαν very High performance Backbone Network Service (vBNS), και το vBNS+ είναι αποτέλεσμα συνεργασίας μεταξύ των MCI Worldcom και National Science Foundation. Οι επιχειρήσεις τώρα μπορούν να έχουν τις ίδιες ταχύτητες, απόδοση και αξιοπιστία όπως κέντα υπέρ – υπολογιστών, ερευνητικοί οργανισμοί και πανεπιστημιακά

ινστιτούτα, τα οποία είναι μέλη του vBNS. Τα μέλη του vBNS+ μπορούν να έχουν πρόσβαση στο UUNET Internet, καθώς



Αυτός ο συνδυασμός από ένα δίκτυο υψηλής απόδοσης και ένα σύνολο από προηγμένους IP servers, κάνουν το vBNS+

Qbone

Ο στόχος του Qbone είναι να παρέχει μια βάση (testbed), για το DiffServ, όπου θα μπορούν να ερευνηθούν ο μηχανισμός, η συμπεριφορά και οι τακτικές σαν συνέπεια των υπηρεσιών που προσφέρει τι νέο IP.

Οι νέες προηγμένες διαδικτυακές εφαρμογές απαιτούν απόλυτη ασφάλεια υπηρεσιών, και είναι από τους κύριους στόχους του Qbone.

Η αρχιτεκτονική του Qbone, αναζητεί να παραμείνει συνεπής με τα standards του DiffServ. Κάθε δίκτυο που συμμετέχει στο Qbone, θα πρέπει να θεωρείται ένα 'DS- domain' και η ένωση αυτών των δικτύων, δηλαδή το ίδιο το Qbone, ένα 'DS- region'. Οι συμμετέχοντες θα πρέπει να συνεργάζονται ώστε να παρέχουν μια ή παραπάνω υπηρεσίες εκτός από τις κλασικές που παρέχει το IP μοντέλο.

Μια τέτοια υπηρεσία είναι η Virtual Leased Line. Κάθε Qbone DS- domain πρέπει να υποστηρίζει την εσπευσμένη προώθηση (EF), ανά βήμα συμπεριφοράς (PHB), και να διαμορφώνει τις τάξεις κυκλοφορίας και να παρέχει μια υπηρεσία VLL στο σύνολο του EF.

Επιπλέον το Qbone, θα πρέπει να υποστηρίζει μια διαβαθμισμένη δομή για μετρήσεις, με σκοπό να υποστηρίξει την εκσφαλμάτωση και επαλήθευση από χρήστες, δίκτυα, χειριστές.

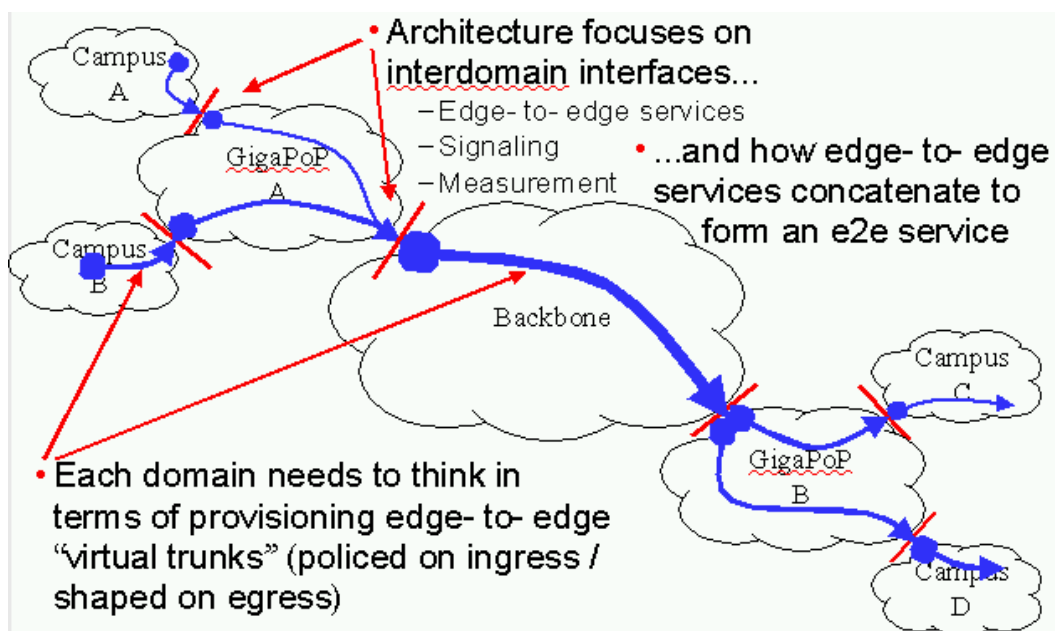
Τα δεδομένα των μετρήσεων ενεργά και παθητικά θα συλλέγονται και θα είναι διαθέσιμα στους συμμετέχοντες. Η ομάδα εργασίας μετρήσεων του Internet2, προχωρά στην κατεύθυνση να προσφέρει επιπλέον καθοδήγηση στο θέμα αυτό.

Οι πρωταρχικές υπηρεσίες στην ασφάλεια κατά την μετάδοση είναι :

Λίγες απώλειες: δεν θα πρέπει να χαθεί σχεδόν κανένα πακέτο, και ειδικά λόγω συμμόρφωσης στο δίκτυο.

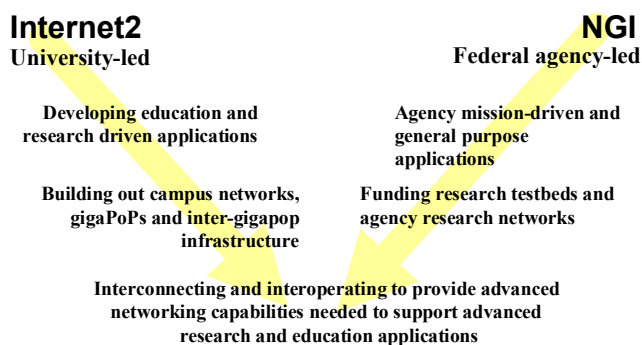
low latency η καθυστέρηση ουράς σε μια QPS πρέπει να είναι ελάχιστη, εν τούτοις τέτοιες υποθέσεις δεν έχουν γίνει.

low jitter Η στιγμιαία απόκλιση στην καθυστέρηση πακέτου (IPDV) πρέπει να είναι ελάχιστη σε μια QPS κράτηση.



NGI (Next Generation Internet)

Το δίκτυο αυτό είναι ομοσπονδιακό, λειτουργεί παράλληλα και συμπληρωματικά στις ΗΠΑ με το Internet2. Σε μερικούς τομείς λειτουργούν μαζί, όπως για παράδειγμα στο πρόγραμμα NSF NGI, όπου πάνω από 150 πανεπιστήμια μέλη του Internet2 συναγωνίστηκαν για να υποστηρίξουν συνδέσεις σε προηγμένα δίκτυα όπως το Abilene, και το vBNS.



IPMA (Internet Performance Measurement and Analysis)

Μια συνεργασία μεταξύ του Πανεπιστημίου του Michigan και του Merit Network, το project αυτό μελετά την απόδοση των δικτύων και των δικτυακών πρωτοκόλλων σε τοπικά και σε ευρείας περιοχής δίκτυα.

Η έρευνα χρηματοδοτείται από το National Science Foundation (NCR), από την Hewlett-Packard, καθώς και από την Intel Corporation.

CANARIE

Είναι ο αντίστοιχος οργανισμός στον Καναδά για την ανάπτυξη προηγμένων υπηρεσιών στο διαδίκτυο, είναι μη κερδοσκοπικός και υποστηρίζεται από τα μέλη του, συνεργάτες του καθώς και από την ομοσπονδιακή κυβέρνηση.

Η αποστολή του είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη και χρήση των εφαρμογών στο διαδίκτυο, στον Καναδά, κάνοντας πιο εύκολη την χρήση ταχύτερων και ικανότερων δικτύων, ώστε να επιτρέπει η νέα γενιά των διαδικτυακών προϊόντων, εφαρμογών και υπηρεσιών να τρέχει σε αυτά τα περιβάλλοντα.

Από την έναρξη της λειτουργίας του το 1993, κατάφερε να αυξήσει τις ταχύτητες του διαδικτύου στον Καναδά σχεδόν ένα εκατομμύριο φορές, και με τους 31 υπαλλήλους που απασχολεί στα κεντρικά γραφεία προσφέρει στις επιχειρήσεις του Καναδά τα εργαλεία και τις εφαρμογές για περαιτέρω οικονομική ανάπτυξη.

Δρα επίσης σαν καταλύτης και συνεργάτης με τις κυβερνήσεις, βιομηχανία και ερευνητική κοινότητα, με στόχο την ενημέρωση, την προώθηση της τεχνολογίας, και τελικά αύξηση της παραγωγικότητας.

Το αρχικό CA*net δημιουργήθηκε το 1990 με υποστήριξη από το NRC (National Research Council), με σκοπό να δώσει την δυνατότητα της σύνδεσης πανεπιστημίων και ερευνητικών οργανισμών με παρόμοια δίκτυα σε άλλες χώρες. Η αναβάθμιση που έγινε στο δίκτυο αύξησε τις ταχύτητες από 56Kbps το 1993 σε 100Mbps το 1996 με 3 45Mbps συνδέσεις με τις ΗΠΑ.

Ca*net 3/4

Το 1998 η ομοσπονδιακή κυβέρνηση χρηματοδότησε το Canarie για την δημιουργία ενός εθνικού οπτικού R&D δικτύου. Ένα consortium εταιρειών με επικεφαλής την Bell Canada, επιλέχθηκε για την δημιουργία του δικτύου. Θα έχει ταχύτητα 40Gbps, δηλαδή 250 φορές την ταχύτητα λειτουργίας του CA*net2. Βασίζεται στην τεχνολογία DWDM (dense Wave Division Multiplexing), η οποία επεκτείνει την ικανότητα των οπτικών ινών για μεταφορά πληροφορίας με πολυπλεξία ενός αριθμού μηκών κύματος laser. Τα μήκη αυτά συνδέονται απευθείας σε δρομολογητές δικτύων, που θα είναι οι μοναδικές ηλεκτρικές συσκευές διακόπτες στο δίκτυο .

Η απευθείας σύνδεση μεταξύ της συσκευής DWDM και των δρομολογητών, οδηγεί σε ένα νέο ορισμό του δικτύου, σαν 'οπτικό Internet'. Έτσι ενώ άλλα οπτικά δίκτυα, είναι βασισμένα στη τεχνολογία Sonet, η οποία είναι βασικά σχεδιασμένη να μεταφέρει πρώτα τη φωνή και μετά τα δεδομένα, το CA*net3 χτίστηκε από τα θεμέλια να μεταφέρει δεδομένα Internet.

Παρόλα αυτά η εκθετικά αυξανόμενη κίνηση στο διαδίκτυο, η ανάπτυξη ευρυζωνικών εφαρμογών οδήγησαν την κυβέρνηση του Καναδά να δεσμεύσει 110\$ στο Canarie, για το σχεδιασμό, ανάπτυξη και λειτουργία του Ca*net4

Το Ca*net4 ενσωματώνει την ιδέα του ‘customer – empowered network’, το οποίο θα θέσει δυναμικά την κατανομή των πηγών στους τελικούς χρήστες και θα επιτρέψει έτσι στους χρήστες να δημιουργήσουν καινοτόμες διαδικτυακές εφαρμογές.

Customer Empowered networks

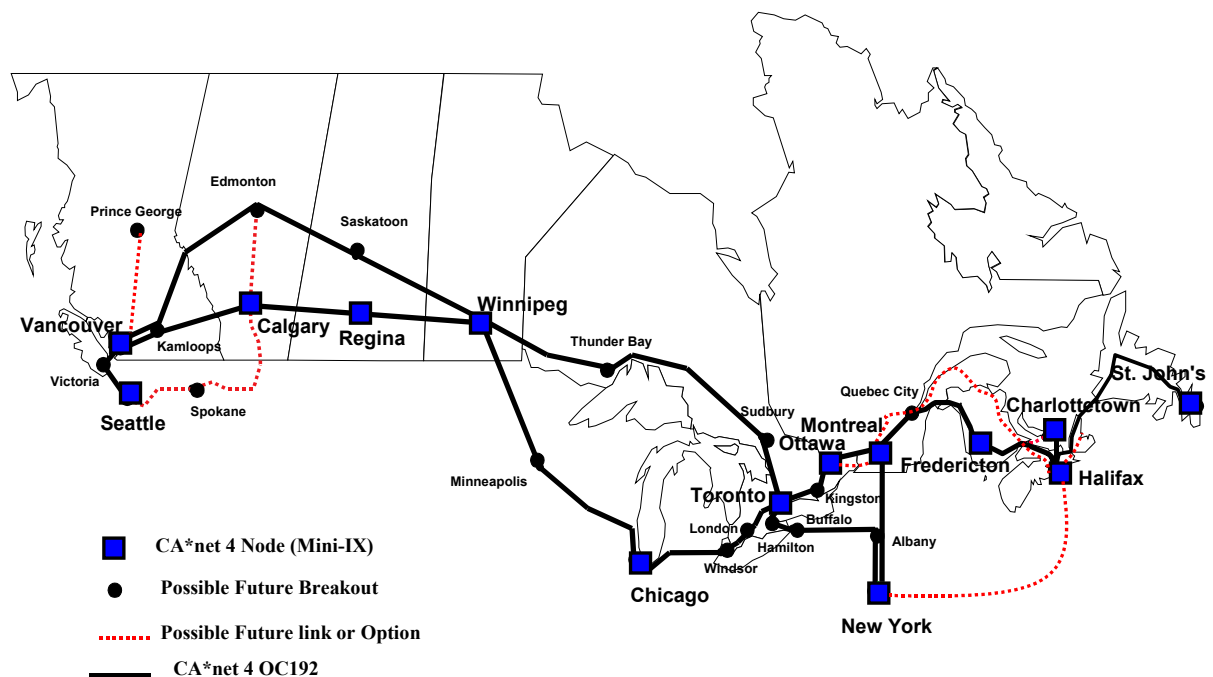
‘Dark fibre’ σκοτεινές ίνες, είναι δομή οπτικών ινών που δεν έχει ποτέ ‘φωτιστεί’, με laser η άλλο δικτυακό εξοπλισμό, αυτές οι ίνες μπορούν να φωτιστούν με χαμηλού κόστους τεχνολογία που είναι ταυτόσημη από πολλές απόψεις με αυτή που χρησιμοποιείται σε τοπικά δίκτυα.

Η δημιουργία τέτοιων δικτύων, που στηρίζονται στον συνδυασμό της τεχνολογίας αυτής και οπτικών ινών που είτε προϋπάρχουν είτε έχουν εγκατασταθεί για το σκοπό αυτό, δείχνει να είναι ο τρόπος για τη δημιουργία δικτύων με χαμηλό κόστος, ενώ παράλληλα κερδίζουμε σε ένα βαθμό τον έλεγχο του δικτύου.

Το τελικό Dark fibre δίκτυο, αντανακλά την ιδέα ενός δικτύου που ανήκει στους χρήστες του, με μια ελεγχόμενη δομή που φτάνει σε κάθε σπίτι ή επιχείρηση, όπως ακριβώς το οδικό δίκτυο. Έτσι ανάλογα, η προσφορά των υπηρεσιών σε μια τέτοια δομή, θα ανήκει στα ινστιτούτα, ιδιωτικές εταιρείες και ιδιώτες.

Η ανάπτυξη δικτύων που θα ελέγχονται από τους χρήστες, έχει την δυναμική για μια νέα επανάσταση στο χώρο των προσωπικών υπολογιστών.

Basic CA*net 4 Topology



Σύνδεση

Όλοι οι οργανισμοί που θέλουν να συνδεθούν στο δίκτυο CA*net4 πρέπει να κάνουν αυτή τη σύνδεση μέσω από κάποιο από τα εγκεκριμένα GigaPops. Μέσα από το πρόγραμμα Ca*net4, το Canarie, έχει διαθέσει κονδύλια για την ανάπτυξη και τη λειτουργία τουλάχιστον ενός GigaPop ανά περιφέρεια, και επιπλέον ένα ομοσπονδιακό. Εν τούτοις αυτά τα GigaPop δεν έχουν αποκλειστική πρόσβαση στο CA*net4 δίκτυο. Κατά καιρούς άλλοι οργανισμοί με δικό τους κόστος, επιτρέπεται να εγκαταστήσουν και να λειτουργήσουν την δικιά τους σύνδεση GigaPop στο CA*net4.

Οι οργανισμοί ενθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν το επαρχιακό RAN (Regional Advanced Network) για να αποκτήσουν πρόσβαση σε κάποιο εγκεκριμένο GigaPop. Τα RANs είναι δίκτυα, τα οποία μερικώς χρηματοδοτούνται από το Canarie το οποίο συνδέει πανεπιστήμια, ερευνητικά ινστιτούτα και άλλα δίκτυα μεταξύ τους και με το CA*net4.

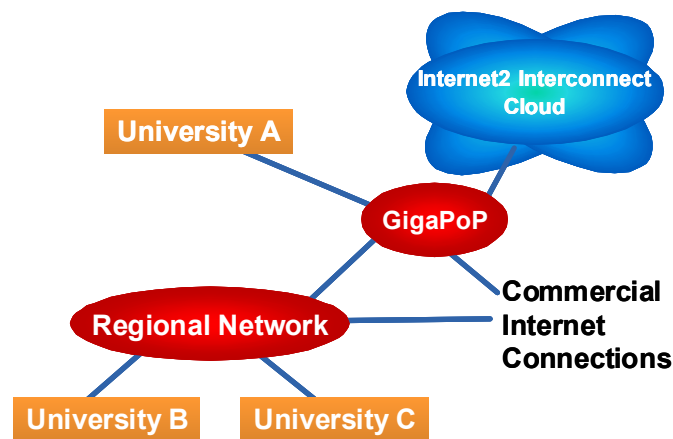
Η υπηρεσία GigaPop όπως και τα RANs μπορούν να ζητήσουν πληρωμή για τις υπηρεσίες τους, και έχουν την δικιά τους πολιτική, Acceptable Use Police (AUP), τα χρήματα αυτά αντιστοιχούν σε τοπικά έξοδα, διακανονισμούς χρηματοδοτήσεων καθώς και σε άλλους παράγοντες.

Αν ένας οργανισμός δεν μπορεί να έρθει σε συμφωνία για τη σύνδεσή του σε ένα GigaPop ή RAN, τότε υπάρχει η δυνατότητα να κάνει μια αίτηση απευθείας στο Canarie για να δημιουργήσει και να λειτουργήσει ένα GigaPop με απευθείας σύνδεση στο δίκτυο CA*net4. Τέτοια GigaPops θα πρέπει να εγκριθούν από μια επιτροπή πολιτικής του CA*net4. Ο αιτών θα πρέπει να μπορέσει να εξασφαλίσει όλο το κόστος του GigaPop, καθώς και όλων των επιπλέον εξόδων που θα απαιτηθούν για αυτή τη σύνδεση

Τεχνικά χαρακτηριστικά

GigaPoPs

Τα gigaPops είναι σημεία διασύνδεσης υψηλής ταχύτητας (Gigabits), όπου τα μέλη του Internet2 μπορούν να συνδέονται για να έχουν παροχές προηγμένων υπηρεσιών. Τα πανεπιστημιακά ιδρύματα μιας περιοχής συνδέονται σε ένα τοπικό gigaPop, με ένα κύκλωμα υψηλής ταχύτητας, οι συνδέσεις θα γίνουν μέσω ATM ή SONET



υπηρεσιών

Υπάρχουν δυο κατηγορίες gigaPop, τύπου 1 που εξυπηρετούν μόνο μέλη του I2, και τύπου 2 στα οποία έχουν πρόσβαση και άλλα δίκτυα.

Απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται :

Πρωτόκολλα: πρέπει να υποστηρίζουν το IP v4 και το IP v6 καθώς και άλλα, όπως το IGMP (υποστηρίζει multicast) και το RSVP (υποστηρίζει δέσμευση πόρων).

Δρομολόγηση: γίνεται η υλοποίηση της πολιτικής διαχείρισης του I2, επιτρέπουν την διέλευση κίνησης που αφορά μόνο I2 sites.

Ταχύτητα : γρήγορη εξυπηρέτηση και με μηδενική απώλεια πακέτων.

Διασύνδεση : χρησιμοποιούνται υψηλής απόδοσης switches για τις συνδέσεις ανάμεσα στους gigaPop routers.

Στατιστικά : αποθηκεύουν και μοιράζονται στατιστικά για τον υπολογισμό του κόστους για κάθε μέλος του I2.


Μεταφορά τεχνολογίας: ενίσχυση της μεταφοράς τεχνογνωσίας στα μέλη του I2.

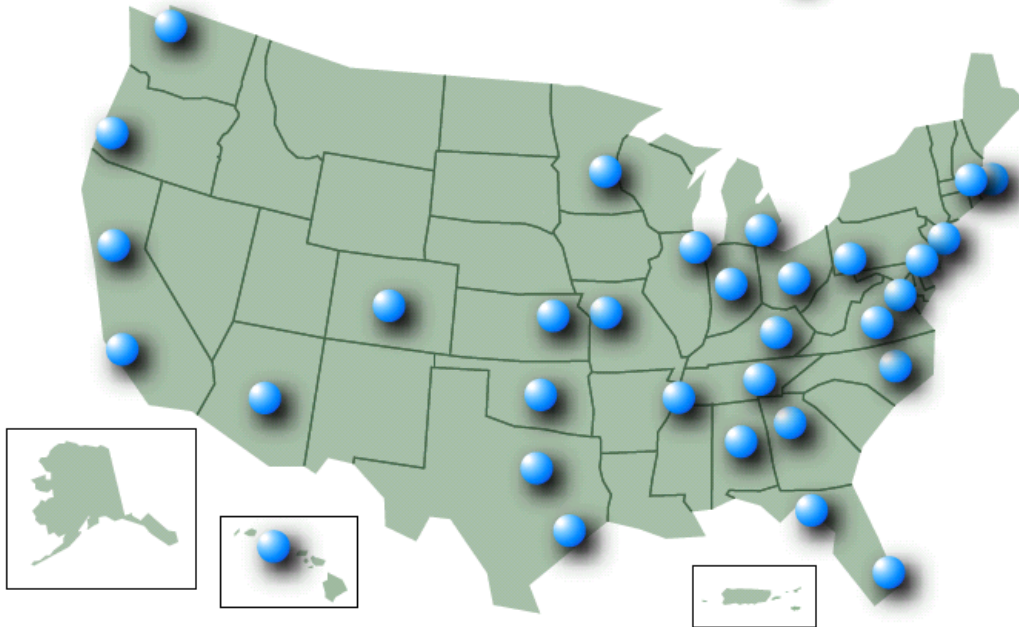
Απόδοση: με τη σχεδίαση του πρέπει να διαχειρίζεται την κίνηση από τα μέλη του I2 και τις συνδέσεις και να μην αποτελεί bottleneck στην πρόσβαση των υπηρεσιών.



www.internet2.edu

Internet2 GigaPoPs

 Denotes GigaPoP



Το αρχιτεκτονικό μοντέλο του Internet2

Standard Internet Applications SNMP, NFS	Reliable Multicast Applications SRM	Real-time (audio/video) Applications RTP	www application protocols HTTP, RTSP	Standard Internet Applications SNMP, NFS, FTP
UDP		RSVP	TCP	
IP v.4/6				
Δικτυακή Υποδομή				

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 ώστε να διατηρηθεί η συμβατότητα προς τα πίσω.

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.

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:

- IPv6 header
- Hop-by-Hop options header
- Destination option header 1
- Routing header
- Fragment header
- Authentication header
- Destination option header 2
- Upper-layer header

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.

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.

Επίλογος

Η υλοποίηση του Internet2 έγινε για την αντιμετώπιση των νέων αναγκών της εποχής μας, προήλθε πάλι από πρωτοβουλία της πανεπιστημιακής κοινότητας και των ερευνητικών κέντρων,

Με την αύξηση των διευθύνσεων που έχουμε μέσω του IP v.6 πρωτοκόλλου, δίνεται η δυνατότητα για σύνδεση δισεκατομμυρίων χρηστών και συσκευών.

Θα έχουμε σύγκλιση όλων των σημερινών εφαρμογών σε πολυμεσικές, όπως το τηλέφωνο, η τηλεόραση HDTV, οι βίντεο – διασκέψεις.

Οι επιχειρήσεις και η εκπαίδευση θα στρέφονται σε τεχνολογίες Internet, Intranet και θα επενδύουν σε δομές που θα επιτρέπουν την πρόσβαση και χρήση του Internet

Το Internet θα διευκολύνει την οικονομική ανάπτυξη και την παγκοσμιοποίηση.

Τέλος η χρήση των εφαρμογών Internet θα συνεχίσει να επεκτείνεται .

Βιβλιογραφία

<http://www.internet2.edu> το επίσημο site του διαδικτύου, περιέχει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του Internet2, για τα μέλη από τα οποία αποτελείται, συνεργασίες διεθνείς και κυβερνητικές, τον εσωτερικό κανονισμό λειτουργίας του, ημερολόγιο δραστηριοτήτων

<http://www.ucaid.org> : University Corporation for Advanced Internet Development, είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που διευθύνεται από πανεπιστημιακά μέλη, τα οποία σε συνεργασία με τα corporate and affiliate members, παρέχουν την υποδομή για την ανάπτυξη προηγμένων δικτυακών εφαρμογών.

<http://loci.cs.utk.edu> Πληροφορίες για το πρόγραμμα DSI του Internet2

<http://www.fiberco.org> εταιρεία έρευνας του Internet2 για την υποστήριξη δικτύων οπτικών ινών, για χρήση στην έρευνα και στην ανώτατη εκπαίδευση.

<http://ngi.gov> το site της Αμερικάνικης κυβέρνησης για το next generation internet

<http://nsf.gov> το site του Αμερικάνικου Εθνικού ιδρύματος επιστημών

<http://www.researchchannel.org/projects/i2wg/>

<http://www.canarie.com> το site του αντίστοιχου, μη κερδοσκοπικού οργανισμού στον Καναδά που ασχολείται με την ανάπτυξη του Internet, μέσω του οπτικού δικτύου Ca*net4 κυρίως για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς.

<http://www.internet2.edu/qbone>: Quality of Service: Qbone

<http://www.internet2.edu/abilene>: πληροφορίες για το Abilene network

<http://www.vbns.net> το site vBNS του εθνικού ιδρύματος επιστημών των ΗΠΑ.

<http://www.internet2.edu/ucaid> (University Corporation for Advanced Internet Development).

<http://www.advanced.org/surveyor/>

<http://www.ncne.org/>

<http://www.auckland.ac.nz/net/Internet/rtfm/> το site της Νέας Ζηλανδίας

<http://www.slac.stanford.edu/xorg/icfa/ntf/home.html>

<http://www.merit.edu/ipma/>

<http://www.web100.org/> για Tcp Tuning

Διαδίκτυα με TCP/IP του D.Comer

Σημειώσεις του μαθήματος