

3. Internet2

3.1 Obiettivi e descrizione del progetto

Il progetto Internet2 nasce con l'esigenza di facilitare e coordinare lo sviluppo e la messa in opera di applicazioni di rete avanzate e di servizi, in un primo tempo per la comunità accademica ed in seguito per l'intera struttura world wide di internet.

Possiamo riassumere le finalità di Internet2 in:

- Abilitare una nuova generazione di applicazioni di rete
- Ricreare una rete che abbia la capacità di supportare la sempre crescente richiesta di banda da parte delle università e dei centri di ricerca.
- Trasferire queste nuove capacità al lato commerciale di internet

Si sono stabiliti anche degli obiettivi specifici:

- Eseguire dimostrazioni di nuovi applicativi che possono aumentare la capacità per i ricercatori di collaborare a distanza nello sviluppo di esperimenti.

- Fornire servizi di appoggio al sistema educativo per insegnamento a distanza, al sistema sanitario per diagnosi remote e comunque sfruttare le possibilità di “vicinanza virtuale” create da un’infrastruttura di comunicazione avanzata.
- Supportare la realizzazione e l’adozione di applicazioni avanzate fornendo gli strumenti di sviluppo.
- Facilitare la creazione, lo sviluppo e la messa in opera di un’infrastruttura di comunicazione affidabile e capace di supportare una Qualità del Servizio (QoS Quality of Service) adeguata alle richieste della comunità accademica e della ricerca in genere.
- Promuovere sperimentazioni sulla nuova generazione di tecnologie della comunicazione.
- Coordinare l’adozione di standard di lavoro e pratiche comuni tra gli organismi che partecipano per assicurare QoS e interoperabilità.
- Catalizzare la collaborazione con organizzazioni statali e private per incoraggiare il trasferimento di queste tecnologie da Internet2 al resto di internet.
- Studiare l’impatto delle nuove infrastrutture, servizi e applicazioni sul mondo universitario e nel resto della comunità di internet.

Basandosi sul grande successo ottenuto negli ultimi 10 anni nell’adattare le ricerche sulla tecnologia di Internet alle necessità del mondo accademico, numerose Università degli USA, in collaborazione con il governo e le maggiori industrie del settore computer e telecomunicazioni, si sono riunite per realizzare l’ambizioso progetto di Internet2.



Università che partecipano a Internet2

135 membri a novembre del 1998

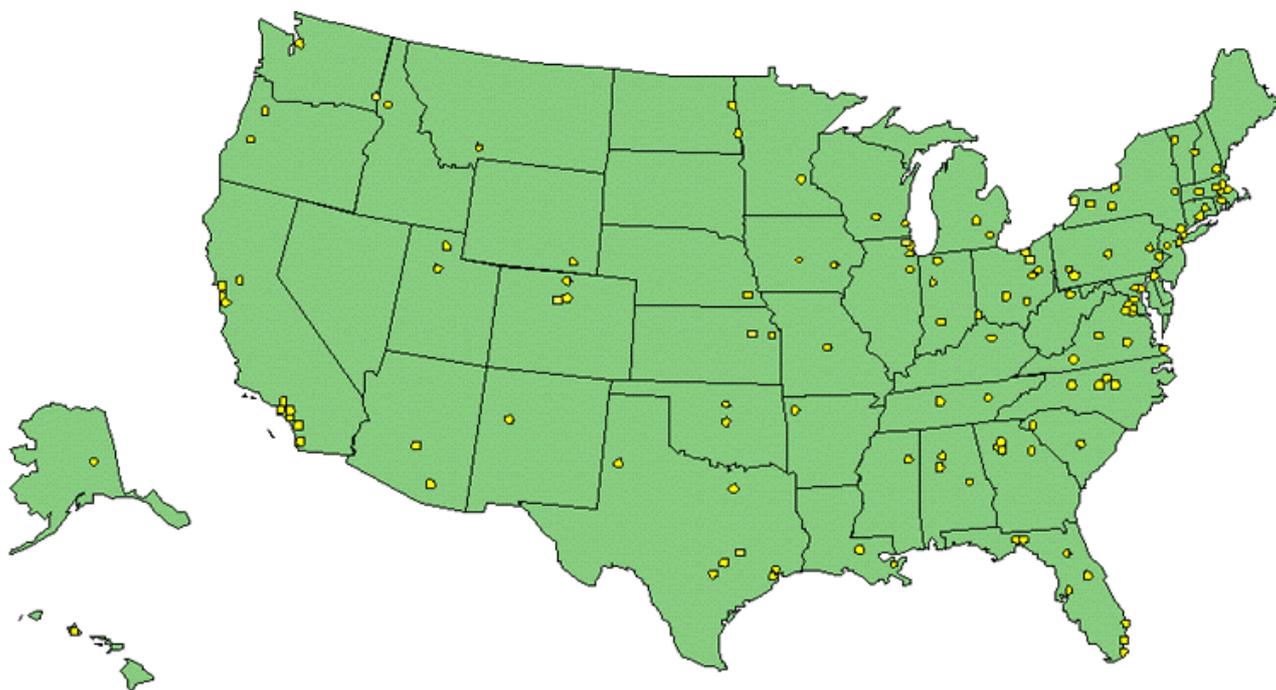


Figura 3.1 Università che partecipano a Internet2

Internet2 rappresenta una delle sfide più importanti nello sviluppo delle reti di nuova generazione e realizzando un'infrastruttura potentissima a disposizione di tutta la comunità accademica.

Per un certo numero di anni, a partire dal 1987, questo ruolo e' stato svolto dalla NSFnet (National Science Foundation net) ma la sua privatizzazione e le

frequenti congestioni dell'equivalente commerciale hanno privato molte facoltà della banda necessaria.

In secondo luogo, Internet2 coordina gli sforzi compiuti per abilitare una nuova generazione di applicazioni per l'integrazione dei mezzi di comunicazioni di massa, dell'interattività e del real time (tempo reale) in una rete a larga banda.

Ultimo, ma non meno importante ruolo che svolge Internet2, è quello di allargare l'uso di queste nuove tecnologie e di questo nuovo modo di intendere la rete a tutto il mondo accademico e a tutta la comunità di internet, sia nazionale (USA) che internazionale.

Nel meeting di Chicago dell'ottobre 1996 hanno aderito al progetto iniziale 34 Università e successivamente questo numero è significativamente cresciuto e attualmente supera le 100 unità.

Contemporaneamente il governo USA sta realizzando il progetto NGI (Next Generation Internet) che metterà a disposizione dei laboratori e dei centri di ricerca linee di trasmissione 1000 volte più veloci di oggi.

Il lato commerciale del progetto, denominato Abilene, raccoglie le maggiori compagnie come Ameritech, Cisco System, Digital Equipment Corporation, IBM, MCI, Sprint and Sun Microsystem.

3.2 Concetti strutturali

La tendenza degli ultimi 10 anni nella programmazione di applicazioni è stata quella a oggetti (object-oriented) con software modulare e differenziazione delle funzioni dati, processo e presentazione.

Quello che veramente differenzierà Internet2 sarà la reale integrazione di questi concetti in un dominio esteso abbandonando la vecchia architettura client-server. E' un po' presto per descrivere con certezza come internet2 sarà strutturata ma attualmente si propone di risolvere i problemi intermedi in un ambiente di rete a larga banda con low-latency (basso ritardo) e Quality of Service abilitati. Le prestazioni della rete non possono essere peggiorate da perdite di tempo dovute a funzioni aggiuntive come il lookup delle directory o l'autenticazione via security server.

Possiamo comunque definire una struttura di base:

- Componenti: oggetti, moduli, e altre forme di parti software separate ma interoperativi.
- Importanti categorie di componenti: Autenticazione, autorizzazione, e convalida del servizio.
- Supporto per documenti misti: strutture, incluso il web, nelle quali può essere inserito del materiale, oggetti, e informazioni sia attive che passive.
- Insieme alla rete devono esistere dei servizi per permettere la negoziazione dell'accesso ai componenti, oggetti e altre informazioni in tempo reale.
- Application programming interfaces (API): ulteriori sviluppi di una standardizzazione di API per supportare vari tipi di applicazioni e servizi.
- Capacità di negoziare servizi a livello di rete: disponibilità di servizi che permettono ad un componente di un'applicazione di negoziare e ottenere le caratteristiche richieste dalla connessione (Banda, QoS, livello garantito di ritardo...)

- Integrazione di applicazioni che controllano le prestazioni, i costi e l'utilizzazione della rete.

La banda del backbone attualmente va da una OC-12 (622 Mbit/sec) a una OC-48 (2.4 Gbit/sec) e sarà destinata a crescere in futuro.

Si deve considerare un ambiente di rete globale e le applicazioni vanno scritte con particolare attenzione alla banda per permettere la negoziazione di funzioni, ad esempio la scelta di determinati CODEC a seconda della situazione.(sfruttando i servizi offerti da QoS)

Il generico client di internet2 e' un desktop system con un sistema operativo multi-threaded, multi-tasking (NT o UNIX) su un processore di alto livello (RISC o Pentium II ed equivalenti) con una connessione a larga banda (almeno 25 Mbps).

Queste sono le piattaforme dominanti ma non le uniche e molto presto il termine stesso "desktop computing" potrebbe diventare obsoleto di fronte all'emergere di nuove strategie di computazione integrate alla rete.

Gli obiettivi tecnici di internet2 includono:

- Uno o più switch/router capace di supportare collegamenti con almeno una OC-12 sia con flusso di dati commutati che come instradamento di pacchetti di dati.
- Switch e router che supportano l'Internet Protocol (sia in versione IPv4 che nella nuova IPv6, protocolli di routing avanzati come il MOSPF (Open Shortest Path First) e protocolli QoS come RSVP. (Resource ReserVation Protocol)

- Multiplexer SONET (Synchronous Optical Network: uno standard ANSI, American National Standard Institute, per la trasmissione di informazioni su fibra ottica usato in USA e CANADA come variante dello standard internazionale SDH) o ATM (Asynchronous Transfer Mode : una modalità di trasferimento nella quale l'informazione è suddivisa in celle. E' detto asincrono perché la ricorrenza di celle contenenti l'informazione di un determinato utente non è periodica.) per permettere l'allocazione della capacità del collegamento a differenti servizi come il trasporto di pacchetti IP e la sperimentazione di nuovi protocolli.
- Misure del traffico e raccolta di dati per rendere in grado gli addetti ai lavori di definire caratteristiche di flusso come parte integrante delle operazioni e delle prestazioni di un GigaPOP. (Entità di rete regionale formato da più Università che partecipano a I2 che si connette ad altri tipi di rete)

3.3 Servizi di rete

Internet2 è realizzata per fornire vari servizi “a richiesta” in supporto alle applicazioni avanzate.

Questi servizi possono essere selezionati dinamicamente includono un limite garantito al ritardo, bassa perdita di dati e alta capacità trasmissiva.

Ad esempio per realizzare la consegna di materiale multimediale da una biblioteca digitale ad un gruppo di studenti distribuiti sul territorio è necessaria una infrastruttura in grado di supportare la modalità “multicast”.

Nuovi protocolli per questo sono già stati definiti ed inseriti nel progetto I2 compresi i protocolli RSVP e RTP, associati a IPv6 e conformi alla definizione di QoS della IETF (Internet Engineering Task Force).

Il cuore della struttura di rete di Internet2 sono i cosiddetti GigaPOP (Gigabits capacity Point Of Presence), un complesso di tecnologie sviluppate negli ultimi 10 anni di internet integrate con le nuove potenzialità.

Un GigaPOP è un punto di interconnessione e consegna di servizi tra una o più istituzioni partecipanti al progetto I2 e uno o più service providers.

Le connessioni tipiche sono via ATM o SONET a banda molto larga.

Il vantaggio principale rappresentato dall'architettura dei GigaPOP è l'acquisizione dinamica della QoS in supporto ad una grande quantità di applicazioni e il mantenimento di un servizio comune e interoperativo di trasporto.

Un'altra parte essenziale del progetto è determinare il costo associato ad ogni classe differenziata di servizi e sviluppare un meccanismo per raccogliere informazioni sull'uso di determinate risorse da parte di ogni singolo utente.



GigaPOP di Internet2 Settembre 1998

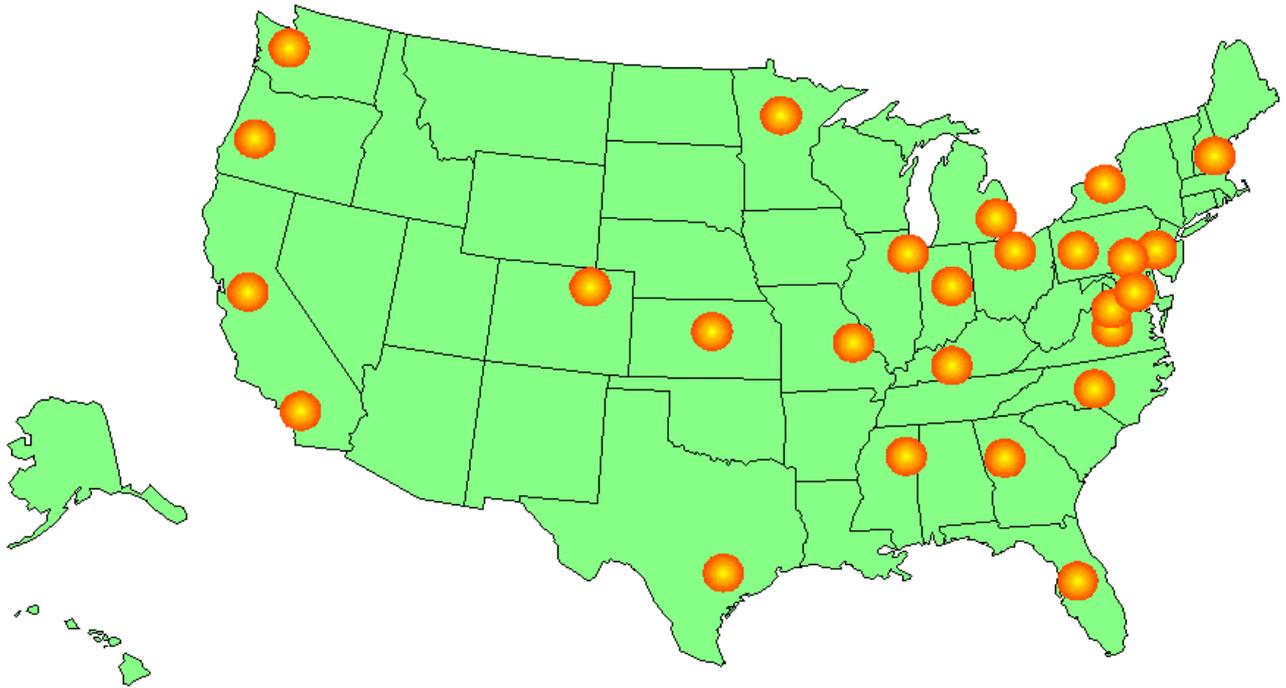


Figura 3.2 Gigapop di Internet2

Le applicazioni più avanzate richiedono un collegamento tra i GigaPop a larga banda e in grado di supportare i nuovi protocolli.

A questo proposito NFS ha avviato il progetto HPC/vBNS (High Performance Connections/very high performance Backbone Network Service) che fornirà l'interconnessione iniziale tra i GigaPOP.

In alternativa sono utilizzabili connessioni dirette via SONET e sembra che il servizio commerciale destinato ad avere maggiore diffusione sia appunto ATM-over-SONET.

Per quanto riguarda la sicurezza, ogni GigaPOP e' stato realizzato per poter resistere a danneggiamenti fisici prodotti da eventi naturali e dall'uomo.

Vi e' una ridondanza di connessioni in fibra e generatori ausiliari in caso si interrompa il collegamento con la rete elettrica nazionale.

Ogni GigaPOP e' comunque monitorato a distanza 24 ore su 24 sia con comunicazioni in banda che fuori banda per prevenire ed eventualmente riparare qualsiasi malfunzionamento.

4. Caratteristiche Tecniche di I2

4.1 Introduzione

Si stanno realizzando tutta una serie di nuove applicazioni che aumenteranno in maniera radicale le possibilità di insegnamento a distanza e di collaborazione a progetti di ricerca.

Il largo uso di tali funzioni richiede una QoS selezionabile e un servizio di trasporto di materiale multimediale e informazioni condivise per rendere effettiva la collaborazione tra i vari laboratori nazionali.

La ricerca medica trae grande vantaggio dalla possibilità di realizzare consulti e diagnosi a distanza e i fisici, specialmente astronomi e geofisici, hanno necessità simili.

Fondamentale per il disegno della struttura di I2 e' quindi il mantenimento di un servizio di trasporto comune, analogo al livello 3 nel modello ISO, che ha come maggiore punto di forza la capacità di comunicare con gli altri nodi in un formato compatibile.

Attualmente questo servizio e' svolto dall'Internet protocol (IP) nella sua versione 4 ma I2 ha depositato ed avviato la versione 6 (Ipv6) con tutta la compatibilità possibile con la precedente.

In aggiunta ad Ipv6, I2 abilita applicazioni che specificano una determinata QoS che include velocità di trasmissione, limiti al ritardo e alla varianza del ritardo, throughput, e scheduling.

Infine la struttura e il funzionamento a regime di I2 devono fornire gli strumenti per permettere all'utente finale di controllare sia la qualità dei servizi che i costi per ottenerli.

Analizzando nel dettaglio vediamo che ogni campus ha un circuito ad alta velocità con il GigaPOP più vicino attraverso cui ottiene l'accesso a Internet e ai servizi avanzati di I2. I GigaPOP sono poi collegati tra loro ad un'organizzazione la cui struttura e forma legale deve ancora essere definita ma che chiameremo già da ora: Collective Entity (CE). Il suo compito è quello di fornire l'interconnessione fra i vari GigaPOP attraverso i servizi della vBNS del NSF e di coordinarne le operazioni.

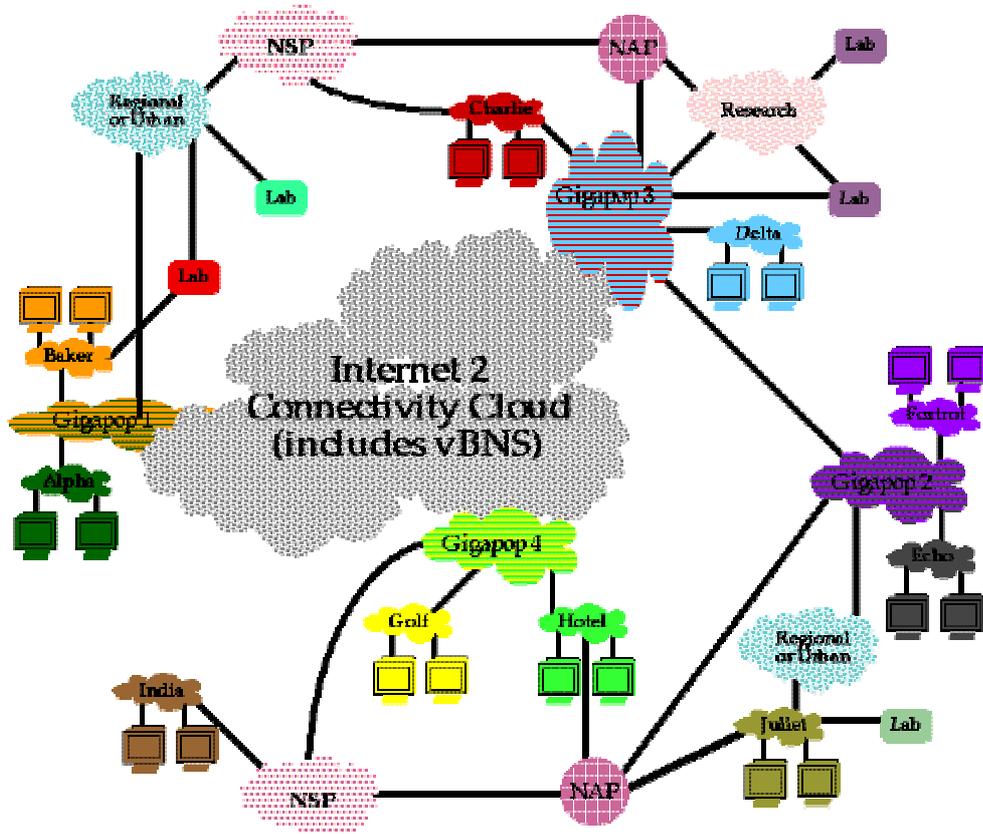


Figura 4.1 Struttura di rete

Dalla struttura mostrata si evidenziano i seguenti elementi fondamentali:

- Le applicazioni che richiedono servizi a livello I2 e l'hardware necessario per farle funzionare a livello di utente finale; (monitor colorati)
- Le reti locali dei vari campus Universitari che collegano i gigapop ai laboratori, alle aule o agli uffici; (nuvole colorate)
- I GigaPOP che gestiscono e controllano il traffico proveniente dalle università; (nuvole a righe)
- Le connessioni tra i GigaPOP. (nuvola punteggiata)

La caratteristica comune a tutte le sezione sono i protocolli usati per fornire connessioni con specifica QoS e strumenti di controllo che permettano un meccanismo adeguato ed affidabile di ripartizione dei costi.

Ovviamente visto che ancora I2 è limitata ad un numero relativamente piccolo di nodi, questo nuovo modo di concepire la rete non riguarda Internet commerciale anche se si spera possa indicarle la strada da seguire.

I dubbi che sono sorti fino ad ora sono:

Quale livello di QoS e' realmente necessario per applicazioni multimediali in tempo reale?

Quante informazioni devono essere mantenute nei router o nei switches per la consegna di servizi differenziati di alta qualità? E' possibile raggiungere i livelli di QoS necessari senza usare circuiti commutati a livello link?

Quali sono le implicazioni amministrative di una rete multi-QoS, specialmente nel controllo e nell'allocazione dei costi?

La maggior parte degli sforzi nella futura attività di ricerca, e degli investimenti a livello mondiale, sarà finalizzata a trovare una risposta esauriente a queste domande.

Il punto chiave di tutta la ricerca e' la coordinazione che si concretizza nello sviluppo e nell'utilizzo dei GigaPOP e del Network Operation Center (NOC) come strumenti di diagnosi e controllo di tutto il sistema.

Ci si aspetta per il futuro la nascita di altri NOC anche nelle altre nazioni che verranno coinvolte nel progetto. (parleremo in seguito estesamente dello sviluppo italiano della rete a larga banda GARR-B)

Prima di passare alla descrizione propriamente tecnica delle tecnologie e dei protocolli utilizzati in Internet2 è ora il caso di ricordare i principi base che ne animano lo sviluppo:

- **Acquistare piuttosto che costruire.** Quando è possibile si consiglia di utilizzare tecnologie già esistenti sul mercato.
- **Aperto e non chiuso.** Dobbiamo realizzare un sistema aperto, basato su standard e protocolli pubblicati, evitando soluzioni proprietarie, che realizzi un accesso completo ai dati sulle prestazioni della rete.
- **Ridondanza.** Dobbiamo evitare la dipendenza da un singolo provider o produttore di software e hardware.
- **Semplicità.**
- **Produzione e non solo sperimentazione.** Il nostro scopo e' quello di fornire un supporto per lo sviluppo di applicazioni avanzate e non solo quello di essere un laboratorio di sperimentazione per la rete.
- **Servizi agli utenti separati da quelli forniti da provider commerciali.** Questi possono anche essere fornite da un GigaPOP di I2 ma il traffico deve essere separato.

4.2 GigaPOP

4.2.1 Struttura e servizi

Un gigapop è un punto di interconnessione regionale che fornisce l'accesso a reti intergigapop di vari membri di I2.

Non è né pratico né possibile assegnare ad una sola entità il controllo di tutti i gigapop, ma è preferibile utilizzare un sistema organizzato “ad ombrello” che abbiamo chiamato Collective Entity.

Questo meccanismo, già largamente sperimentato in Internet, permette alla CE di decidere gli standard di interconnessione tra i gigapop e i protocolli di supporto ai servizi di comunicazione avanzati.

Fisicamente un gigapop è un luogo sicuro e con ambiente controllato che ospita l'equipaggiamento per le telecomunicazioni e il supporto hardware per controllarle.

Le terminazioni di circuito provengono dai membri di I2 e dalle reti di trasporto comprese quelle commerciali.

Le reti dei membri di I2 non trasportano il traffico tra i gigapop e internet ma quello interno, anche se sono permessi dei collegamenti peer (di pari livello) con altre reti attraverso le infrastrutture di routing.

I collegamenti inter-gigapop trasportano solo traffico scambiato fra i siti di I2.

La funzione base di un gigapop è lo scambio di traffico I2 con larghezza di banda specificata e altri attributi in relazione alla QoS.

Il traffico IP normale può essere scambiato con un service provider che ha una terminazione in un gigapop in modo da eliminare la necessità di collegamenti tra le reti delle università partecipanti e altre reti ad alte prestazioni.

Si possono identificare quindi due categorie di gigapop:

- Tipo I, relativamente semplice, serve solo i membri di I2, instrada il loro traffico a uno o due collegamenti verso altri gigapop. (sono abilitate le funzioni di routing e firewalling)
- Tipo II, più complessi, servono i membri di I2 e altre reti a cui I2 deve essere collegata, hanno una maglia di connessioni verso altri gigapop e forniscono il meccanismo per instradare correttamente il traffico e prevenire l'uso improprio o non autorizzato delle strutture di I2.

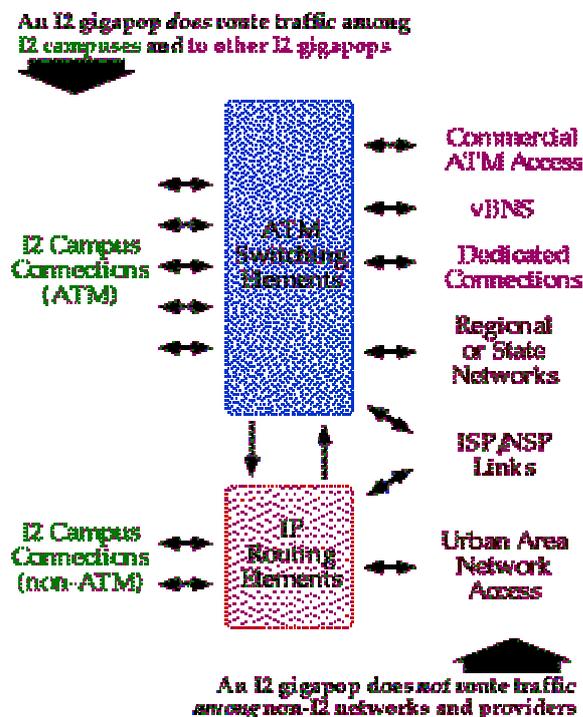


Figura 4.2 Connessioni di un Gigapop

Per un gigapop di tipo I si possono ridurre le connessioni sul lato destro della figura a una o due connessioni ad altri gigapop, una o due a ISP locali importanti per i membri di I2 e forse un gateway verso internet.

Le connessioni esterne allo Switch ATM del gigapop può essere o un circuito diretto SONET verso un altro gigapop o un servizio completo ATM da fornitori commerciali.

Lo switch ATM ha il compito di allocare la banda a livello link attraverso circuiti virtuali permanenti PVC (Permanent Virtual Circuit: un collegamento statico definito con setup manuale) o commutati SVC (Switched Virtual Circuit: una connessione stabilita tramite un segnale e terminata dall'utente).

In questo modo si possono ottimizzare le connessioni all'interno dello stesso gigapop e fra gigapop diversi e si può allocare in qualsiasi momento una banda aggiuntiva per soddisfare la richiesta temporanea dovuta a particolari sperimentazioni.

Il servizio primario di un gigapop e' fornito da un elemento di instradamento IP. Questo è servito da un collegamento esterno diretto SONET/PPP o circuiti sincroni ad alta velocità, o via collegamenti PVC/SVC attraverso la rete ATM. Tutti i supporti QoS e le decisioni per l'instradamento IP sono delegate all'equipaggiamento che compie l'inoltro dei pacchetti IP.

Anche i dati sull'utilizzazione delle risorse vengono raccolti in questa fase.

4.2.2 Necessità funzionali

Un altro nodo fondamentale di tutto lo studio è l'inserimento dei protocolli che permettono di gestire il livello ATM per ottenere una QoS allocata dinamicamente o SVC in supporto alle differenti richieste del servizio IP.

4.2.2.1 Protocolli

Dato che il servizio di trasporto comune di I2 e IP, ogni dispositivo di livello 3 nel gigapop deve ovviamente supportare IP.

Ipv4 e' lo standard corrente, ma il progetto I2 si propone appunto di spostare tutta la comunità verso Ipv6 non appena saranno disponibili implementazioni stabili.

Naturalmente IP non è l'unico protocollo che compone la suite TCP/IP e quindi tutti i protocolli usati normalmente sono disponibili quando necessari.

In aggiunta ci si aspetta che IGMP (multicast) e RSVP (prenotazione delle risorse) saranno molto importanti per lo sviluppo del progetto e dovranno essere disponibili in quasi tutti i dispositivi di un gigapop.

4.2.2.2 Routing

I gigapop sono responsabili di implementare le regole per l'utilizzo di internet2.

Ad esempio vBNS (very high performance Backbone Network Service) viene usata per le connessioni tra gigapop che quindi devono instradare su di essa solo traffico destinato ad altri nodi di I2 su vBNS.

Infatti la connessione fisica ad un gigapop non implica la capacità o il permesso di scambiare traffico con altre entità ad esso collegate.

Le politiche di instradamento dei gigapop vengono usate non solo per regolare il traffico di internet2 ma anche quello locale.

4.2.2.3 Velocità

La bit rate delle connessioni tra gigapop e interne potrà variare in un range molto ampio di valori a seconda del numero e della necessità di banda delle applicazioni basate su I2 che sono in funzione in quel momento.

Il problema principale di un gigapop e' quello di controllare in anticipo se riesce a sopportare un determinato carico di traffico.

Gli switch forniscono la connettività primaria in un gigapop, i collegamenti tra questi switch di gigapop adiacenti possono essere settati in modo da ottenere un valore di pacchetti persi prossimo allo zero.

4.2.2.4 Collegamenti

La connessione iniziale a livello 2 verso altri gigapop utilizza ATM PVCs da vBNS più alcuni link dedicati che possono essere ATM PVCs o SVCs o semplici collegamenti SONET.

4.2.2.5 Misure e costi

I costi per la connessione tra i gigapop non sono ancora noti completamente e varieranno molto a seconda delle circostanze ambientali e dei servizi offerti.

Attualmente non si possono fare preventivi affidabili ma ovviamente sono supportati protocolli in grado di salvare, archiviare e condividere, statistiche sull'utilizzo delle risorse in modo da distribuire equamente i costi.

4.2.2.6 Prestazioni

L'intero progetto di I2 ha lo scopo di trasferire gli studi su NGI (Next Generation Internet) a tutta la comunità di internet, i gigapop in particolare costituiscono una importante opportunità di condividere esperienze nel controllo e nella messa in opera di una rete multicast e multi-QoS.

Sarà molto importante comprendere come si comporterà una rete multi QoS in situazione di congestione del traffico e controllare che lo stesso gigapop non diventi un "collo di bottiglia" nelle comunicazioni con il resto della rete.

La banda totale richiesta ad ogni membro di I2 varia da una frazione di DS-3 (45 Mbps Digital Signal level 3, usata dalle T-3) fino ad una OC-12 (622 Mbps).

4.2.3 Modalità e responsabilità operative

Come detto in precedenza, il progetto I2 richiede una organizzazione, la CE, attraverso la quale i gigapop possono collaborare per acquisire banda necessaria e realizzare un coordinamento a monte delle operazioni.

Importantissimi saranno i dati raccolti per lo studio di questo fenomeno complesso e dinamico che rappresenta una rete multi-QoS.

In particolare, con le dovute precauzioni rispetto alla privacy degli utenti, verranno raccolte informazioni sui flussi di traffico, analisi del comportamento quando si è messi in lista d'attesa in un ambiente di rete con servizi differenziati (queuing in multi QoS), monitoraggio delle prestazioni a livello host (end-to-end) e una rassegna dei vari modelli di distribuzione dei costi alla luce dell'uso del sistema.

I2 fornisce servizi dinamici end-to-end, quindi gli utenti finali possono richiedere particolari servizi di rete attraverso i dispositivi su I2 con la certezza che saranno consegnati.

Sono disponibili vari livelli di servizio e possono essere richieste connessioni a diversi livelli contemporaneamente, anche se un utente finale potrebbe non ottenere una connessione nel caso non vi siano sufficienti risorse per realizzarla. Comunque, una volta che il collegamento è attivato, il livello di servizio è garantito per tutta la sua durata.

A causa della natura prevalentemente end-to-end di I2 la maggior parte delle operazioni di controllo della rete richiedono maggiore cooperazione tra gli operatori rispetto alla internet attuale e la maggior parte delle procedure dovranno essere automatizzate.

Visto che un grosso problema attualmente è la mancanza di strumenti e protocolli per controllare un servizio multi-livello, I2 offrendo un ottima base per la creazione e la sperimentazione di tali strumenti, giocherà un ruolo centrale nel futuro di Internet stessa.

Si dovrà quindi considerare che quello che ora viene sperimentato dovrà poi reggere l'impatto con il mondo commerciale che opera ad un diverso livello di fiducia, sicurezza e condivisione delle risorse rispetto al mondo accademico.

4.2.3.1 Gestione di rete

La richiesta di un servizio viene effettuata attraverso un'applicazione che è responsabile di interagire con l'utente per selezionare un livello e comunicarne la disponibilità e il costo.

A questo punto l'applicazione sarà in grado di stabilire la connessione e iniziare a trasferire i dati, appoggiandosi localmente alle diverse implementazioni proposte dai vari sistemi operativi o interfacce di rete utilizzati.

Un'altra meta che ci si prefigge è comunque quella di proporre un'interfaccia comune a livello presentazione.

I messaggi di errore dovranno essere standardizzati per poter essere capiti a prescindere dal sistema che si sta usando, un po' come oggi si interpreta il segnale occupato del telefono.

Autenticazione e autorizzazione per l'uso delle risorse devono essere verificati prima che il servizio sia garantito e successivamente, il sistema deve controllarne la disponibilità ed eventualmente erogarlo.

Allo stato attuale delle cose gli strumenti di rete di cui disponiamo ci permettono un controllo e un monitoraggio, considerando la rete come un dispositivo a parte, di variabili come lo stato (up-down) o alcune semplici informazioni sul carico.

Si dovranno ovviamente sviluppare strumenti in grado di considerare la rete nel suo complesso ed analizzarne le prestazioni end-to-end tenendo conto della natura multi-QoS dei servizi.

Internet ha un solo livello di servizio e tratta tutti gli utenti allo stesso modo, per cui risulta semplice stabilire parametri non dinamici, come la banda della connessione, per distribuire i costi.

Migrando commercialmente verso un sistema, sul modello di I2, dove sono disponibili livelli multipli di servizi sarà necessario implementare applicazioni in grado di predire il costo di una connessione ad un certo livello di servizio e, se troppo costoso per l'utente, eventualmente negoziarne una a costi e banda inferiori.

Fino a quando queste applicazioni non saranno disponibili anche I2 seguirà una distribuzione dei costi proporzionale alla banda della connessione sul modello tradizionale di Internet.

4.2.3.2 La sicurezza

Ovviamente ce' una sicurezza che può essere fornita a livello di rete e una sicurezza che si può ottenere solo degradando drammaticamente le prestazioni. Per quanto riguarda I2 il problema della sicurezza può essere diviso in tre categorie:

- **Attacchi al sistema dalla rete.** Ci sono attacchi da parte di persone che hanno l'intento di danneggiare o causare malfunzionamenti al sistema di controllo della rete. Questi attacchi vanno dal flooding (letteralmente allagare, cioè intasare i server con pacchetti che non sono in grado di inoltrare con lo scopo di bloccare la rete), allo spoofing (truffare, cioè alterare la propria "identità di rete" a livello di protocollo per attivare connessioni non autorizzate generalmente a computer destinati al controllo).

- **Uso non autorizzato della rete.** Dato che I2 fornisce differenti livelli di servizio di controllo delle risorse e tassazione, gli operatori di rete devono cautelarsi contro tentativi di aggirare questi controlli. Sono necessari autenticazione e autorizzazione, i metodi e le infrastrutture che le effettuano devono essere al sicuro da attacchi utilizzando i metodi tradizionali. Questo ovviamente include l'invio della password non in chiaro, e il non utilizzare postazioni non sicure dalle quali si potrebbe tentare un riutilizzo delle informazioni per l'accesso da parte di utenti non autorizzati.
- **Uso improprio della rete.** Ci sono incidenti che non riguardano direttamente la rete nella sua globalità ma che possono causare problemi a determinati utenti o all'intero sistema. Questo include guasti alle apparecchiature, danneggiamenti, furti di software e altri crimini come la violazione delle licenze. Anche se ovviamente la prevenzione, l'individuazione e la persecuzione di questi reati non riguarda gli operatori di rete, si dovranno istituire delle Authority in grado di collaborare con le indagini.

La strategia di Internet è sempre stata quella di attribuire al sistema finale la responsabilità di gestire la sicurezza delle applicazioni, comunque i protocolli e gli strumenti non sono ancora completamente disponibili.

Questo ha portato allo sviluppo di misure di sicurezza aggiuntive, come i firewall, letteralmente parafiamme, che sono dispositivi che proteggono una rete privata dalla parte pubblica (internet).

4.3 Connessioni e protocolli

Le connessioni che compongono l'infrastruttura di I2 possono essere divise in due categorie principali: quelle che connettono gli utenti finali delle università ai gigapop, e quelle che interconnettono i gigapop.

4.3.1 Rete locale intrauniversitaria e connessioni ai gigapop

Tutte le LAN delle università coinvolte dovranno essere aggiornate, per supportare le applicazioni di I2, per raggiungere prestazioni ad alta banda (high-bandwidth), bassa latenza (low-latency), bassa distorsione (low-jitter) con instradamento multicast.

Ci sono diverse possibilità per raggiungere questo obiettivo.

Alcuni si possono affidare a dorsali a commutazione di cella (cell-switching), altri a sistemi ethernet a frame appoggiati da semplici schemi di priorità, oppure usare RSVP (Resource ReserVation Protocol) o altre tecniche di prenotazione della banda a livello IP.

Fondamentale per ogni università è avere un collegamento ad alta velocità con il gigapop più vicino attraverso un router che supporti i protocolli di I2 come gateway.

Eventualmente possono essere installati multiplexer o switch ATM per circuiti di connessione tra gigapop in quanto trasporteranno molto più traffico (medio e di picco) rispetto alle connessioni tra università e gigapop.

4.3.2 Connessioni tra gigapop

Le caratteristiche fondamentali sono:

- Affidabilità altissima,
- grandissima capacità (banda)
- supporto per Multi-Qos,
- raccolta dati e strumenti per la gestione dei circuiti che sono necessari a stimare e dirigere le comunicazioni.

L'infrastruttura di trasporto è fornita da SONET con segnalazione ATM ma possono esistere anche connessioni dirette ATM con alcune università che necessitano di servizi aggiuntivi.

Oltre a queste scelte a basso livello, i gigapop devono anche supportare l'instradamento e il trasporto multicast per architetture sul modello di MBONE (Multicast Backbone).

Dato che la connessione iniziale tra gigapops è la NSF vBNS molto dipende da come si evolverà questo progetto e dalla disponibilità di fornitori di servizi di rete nel mercato futuro.

4.3.3 Instradamento e Protocolli Quality-of-Service

I protocolli adottati da internet2 sono il già citato IPv4 e IPv6 di cui in seguito esamineremo in dettaglio le caratteristiche.

Ogni gigapop inoltra le informazioni di instradamento di ogni altra entità (università o centro di ricerca) collegata ma queste informazioni non raggiungono il resto di internet.

4.3.3.1 IPv4

Il Border Gateway Protocol (BGP) è un exterior gateway protocol pensato per rimpiazzare il protocollo EGP ormai obsoleto. Il BGP è specificato per la prima volta

dal RFC 1105 nel 1988, rispecificato come BGP-2 nel RFC 1163 nel 1990 e rispecificato ancora come BGP-3 nel RFC 1267 del 1991.

I router BGP comunicano tra loro utilizzando un livello di trasporto affidabile. Il BGP è un algoritmo di tipo distance vector, ma invece di trasmettere il costo di una destinazione, trasmette la sequenza di AS (autonomous system) da attraversare per raggiungere quella destinazione.

Ogni router calcola il suo instradamento preferito verso una data destinazione e lo comunica ai router BGP adiacenti tramite un distance vector. La politica con cui tale calcolo avviene è configurabile su ogni router BGP.

Da BGP deriva ISO IDR (Inter Domain Routing Protocol), che è il protocollo con cui IS (Intermediate System), termine OSI che indica un nodo (tipicamente un router) che ha capacità di instradare messaggi a livello 3 verso altri nodi, appartenenti a domini di routing diversi si scambiano informazioni di raggiungibilità.

Il difetto principale di entrambi è l'assenza di un supporto QoS che ha portato allo studio di OSPF (Open Shortest Path First), un IGP (Interior Gateway Protocol) sviluppato appositamente per TCP/IP dall'IETF (Internet Engineering Task Force).

OSPF è stato definito dal RFC 1247 nel 1991 e ridefinito dal RFC 1583 nel 1994.

OSPF ha il concetto di gerarchia. La radice della gerarchia è l'AS che può essere suddiviso in aree, ciascuna delle quali contiene un gruppo di reti contigue. Il routing all'interno di un'area è detto intra-area, quello tra aree diverse inter-area. Ogni AS ha un'area detta di backbone ed identificata con 0.0.0.0 o più semplicemente 0.

Un'altra possibilità è l'utilizzo di PNNI (Private Network to Network Interface o Private Network Node Interface) integrate come supporto QoS sia per ATM che per IP.

Lo sviluppo di protocolli QoS emerge sempre più come uno dei limiti maggiori di Ipv4 e uno dei motivi fondamentali della transizione verso I2.

4.3.3.2 IPv6

Anche per IPv6 ovviamente le tecniche di instradamento sono ancora oggetto di intenso studio.

I-PNNI e IDRP sono costruiti per funzionare con IPv6 e hanno limitate funzioni QoS.

Attualmente è allo studio BGP4++ che dovrebbe sostituire IDRP e anche OSPF e RIP (Routing Information Protocol) sono stati implementati nella versione RIPv6.

Eventualmente nella fase sperimentale, fino a quando i nodi saranno pochi e il coordinamento da parte della CE sarà possibile, si potranno anche utilizzare tabelle di instradamento statiche.

Sono necessarie anche informazioni di instradamento a livello ATM per esperimenti che richiedono l'allocazione dinamica di tali risorse.

ATM utilizza connessioni virtuali permanenti per alcuni servizi (come il trasporto di pacchetti IP che non richiedono connessioni virtuali speciali) e connessioni virtuali commutate per altri.

Quando e dove sarà possibile le connessioni virtuali sono preferibili per minimizzare la complessità della configurazione e per la semplicità di reinstradamento in caso di problemi con la rete.

4.3.3.3 Parametri di QoS

- **Velocità di trasmissione.** Vengono forniti un limite massimo e minimo alle velocità trasmissive ammesse. Ad esempio la banda a disposizione per un certo collegamento non deve essere mai inferiore a 50Mbps e mai superiore a 100Mbps.

- **Ritardo e varianza del ritardo.** Specialmente per il video e altri segnali che trasportano informazioni in tempo reale c'è un limite massimo di interruzione del flusso di dati oltre il quale si ha un malfunzionamento.
- **Throughput.** La quantità di dati trasmessa in un periodo di tempo. Un utente può specificare che un terabyte di dati deve essere mosso in 10 minuti.
- **Schedule.** L'inizio e la fine dell'utilizzo di un servizio. Un utente può richiedere una connessione per un certo intervallo di tempo programmandolo in anticipo.
- **Tasso di perdita.** E' ammesso un numero massimo di pacchetti persi.

Parallelamente al miglioramento del QoS richiesto per un determinato servizio aumenta la banda necessaria al fornitore di servizi e diminuisce quella disponibile per gli altri utenti.

I costi devono quindi essere trasparenti e proporzionati al livello di QoS richiesta per disincentivare la richiesta di livelli di servizio troppo elevati e non necessari e nello stesso tempo permettere una equa distribuzione delle spese tra i membri del progetto.

E' ancora presto per delineare completamente le prospettive che un supporto QoS e' in grado di fornire ad una rete a larga banda come I2 con il supporto del trasporto IP mediante switch ATM su SONET (per I2 negli USA, ma vedremo che anche GARR-B in Italia utilizza switch ATM).