



ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

CNAF Bologna

INFN/TC-99/19
11 Ottobre 1999

PROGETTO QUADIS – QUALITÀ DI SERVIZIO

T. Ferrari, A. Ghiselli, C. Vistoli

INFN-CNAF, V.le Berti Pichat 6/2, I-40127 Bologna, Italy

Abstract

Le applicazioni distribuite di nuova generazione richiedono servizi di rete garantiti. La rete Internet fornisce tuttora un servizio di tipo “best effort” e perciò non adatto a soddisfare le nuove esigenze che provengono dalle applicazioni. E' necessario studiare nuove architetture che facciano interagire applicazioni e rete in modo più stretto per ottenere più garanzie di affidabilità ed efficienza.

Questo documento introduce i concetti base della qualità di servizio sulla rete e i meccanismi in fase di studio o di sperimentazione finora esistenti. Definisce inoltre un programma di lavoro che prevede l'analisi di alcune applicazioni specifiche dell'INFN e la sperimentazione di servizi di rete QoS adatti all'applicazione in esame.

Questo documento è allegato al progetto "QUAdiS" di Gruppo V.

Published by SIS-Pubblicazioni
Laboratori Nazionali di Frascati

1 INTRODUZIONE

I progressi fatti nell'ambito delle reti e del calcolo (high speed networking and computing) hanno portato ad una diversificazione delle applicazioni distribuite che vanno dai sistemi ipermediali quali il WWW ai sistemi multimediali interattivi quali la videoconferenza. I progressi nel settore della rete per trasmissione dati non riguardano solo la velocità ma anche un'ampia gamma di tecnologie e di caratteristiche di prestazioni. Inoltre occorre tener conto dei progressi fatti nel settore dei linguaggi.

Questo rapido cambiamento nei settori delle tecnologie trasmissive, delle applicazioni e dei linguaggi, mette in discussione molti dei presupposti base delle architetture dei protocolli che sono stati finora usati per il disegno delle reti per trasmissione dati. Le architetture per comunicazione dati esistenti, quali quelle relative al modello ISO/OSI e al modello Internet creano delle difficoltà nella definizione di una struttura (framework) per la progettazione e realizzazione di sistemi completi adatti per le applicazioni di nuova generazione.

Occorre studiare e sperimentare nuove architetture che da un lato consentano all'infrastruttura di rete di mettere a disposizione nuovi servizi rispondenti alle esigenze di affidabilità, efficienza, delay garantito, isocronia richieste dalle nuove applicazioni, dall'altro consentano alle applicazioni di interagire con la rete in un modo più stretto (più consapevole). Lo scopo finale è quello di promuovere lo sviluppo di applicazioni distribuite avanzate di interesse della comunità scientifica.

Questo problema richiede un programma che coinvolga sia coloro che sviluppano le applicazioni sia gli esperti di rete, in modo da indirizzare i nuovi servizi di rete verso le esigenze delle applicazioni degli utenti.

QUAdiS è un programma triennale per lo studio e la sperimentazione di reti a qualità di servizio su tecnologie ATM, SDH, e switch ottici con applicazioni di nuova generazione in grado di utilizzare i nuovi servizi.

2 LE RETI DELLA RICERCA E LA QUALITÀ DEL SERVIZIO

In Europa, l'evoluzione delle reti della ricerca e la loro interconnessione è caratterizzata da diversi aspetti:

- **Organizzazione:** le reti della ricerca nazionali e il backbone d'interconnessione europeo sono gestite rispettivamente dalle organizzazioni nazionali (NRN) e da DANTE. Attraverso il controllo del traffico sulle linee, essi hanno pianificato in modo coordinato l'evoluzione delle reti per fornire all'utente una discreta qualità di servizio.
- **Banda trasmissiva:** da un'infrastruttura costituita da linee punto-a-punto a 2 Mbps, fra il '96 e il '97, si è passati ad una nuova infrastruttura a 34 Mbps – in alcune nazioni a 155 Mbps – basata in parte su tecnologia ATM ed in parte su linee punto-a-punto.
- **Servizi di rete:** i servizi sono quelli tipici del protocollo IP finalizzati ad applicazioni *general purpose*, prima fra tutte il Web.
- **QoS:** attualmente è assente ogni meccanismo IP per il supporto della qualità di servizio (QoS). Solo in alcune nazioni è disponibile all'utente un servizio VC/ATM, che può essere utilizzato come mezzo trasmissivo dedicato per determinate applicazioni.

Lo scenario USA si differenzia principalmente per l'aspetto organizzativo, che dopo la dismissione di NSFnet, è stato in prevalenza dominato dai Service Provider commerciali. La

conseguenza di ciò è stata la mancanza di un controllo complessivo sul traffico della comunità scientifica, e di conseguenza non è stato possibile garantire una buona qualità trasmissiva nonostante la disponibilità di alte velocità (45Mbs, 155Mbs e anche 622Mbs). Ciò dimostra che la banda di per sè non è sufficiente a garantire la qualità dei servizi di rete. ESnet e NASA sono rimaste reti *mission oriented* e quindi anche in grado di controllare il traffico e la qualità della rete. Ultimamente iniziative quali Internet2 e vBNS (rete sperimentale di NSF) stanno modificando lo scenario per quanto concerne l'evoluzione delle reti delle università.

In Italia la situazione della rete della ricerca, GARR, è molto simile a quella europea. Il progetto GARR-B (broadband) [1] ha proprio lo scopo di realizzare un backbone a 34 Mbit/sec, tuttavia la sua architettura attualmente non prevede meccanismi di qualità di servizio, a parte la possibilità di utilizzare VC ATM per scopi specifici.

Nel prossimo futuro il salto qualitativo delle reti della ricerca, ed in generale di Internet, continuerà ad essere caratterizzato dalla disponibilità di bande sempre più elevate ma soprattutto dai servizi di rete a qualità garantita, che potranno essere utilizzati dalle applicazioni distribuite di nuova generazione. Per la diffusione capillare della rete e per la disponibilità di computer a basso costo (PC e WS), la rete è diventata uno strumento di supporto al lavoro cooperativo (attraverso l'uso di tools multimediali e di database informativi) e diventerà sempre più uno strumento fondamentale per le applicazioni specifiche legate ai progetti di ricerca, come il calcolo distribuito, il controllo remoto di apparati etc. I programmi di ricerca e sviluppo di reti Internet di Nuova Generazione, presenti in quasi tutto il mondo, rispecchiano questo nuovo paradigma di uso della rete in cui la disponibilità di banda, l'affidabilità e la garanzia di alcuni parametri fondamentali di traffico, quali la banda e il ritardo trasmissivo, sono requisiti fondamentali.

Da ciò deriva l'importanza delle *reti con servizi differenziati* e delle *reti virtuali private* (VPN). Per seguire da vicino questo percorso evolutivo, è necessario sperimentare le varie tecnologie in grado di realizzare e gestire questi nuovi servizi. Ciò deve avvenire di pari passo con lo sviluppo delle nuove applicazioni distribuite ed in un *nuovo* contesto di collaborazione tra chi sviluppa le applicazioni e l'esperto di tecnologie di rete.

Il progetto QUAdiS si propone di studiare e sperimentare modelli di rete con QoS che permettono lo sviluppo di applicazioni specifiche della ricerca dell'INFN. Poiché solo attraverso un'analisi dei requisiti delle applicazioni è possibile individuare i servizi della rete di nuova generazione che meglio li soddisfano, il progetto prevede di verificare le modalità e le funzionalità dei vari metodi per il supporto della QoS attraverso l'utilizzo di varie tipologie di applicazioni distribuite. Condor on WAN, Video-conferenza, Controllo remoto degli esperimenti e i Centri Regionali virtuali per l'analisi dei dati degli esperimenti di LHC sono un esempio di tali applicazioni. Da ultimo il progetto ha lo scopo di delineare proposte di nuove tipologie di servizi ed architetture per le reti della ricerca.

3 STATO DELL'ARTE DELLE TECNOLOGIE TRASMISSIVE

La sfida per la realizzazione di una rete globale a larga banda, affidabile e con qualità di servizio si gioca sulla interazione di IP (v4 e v6) con le seguenti tecnologie trasmissive:

- 1) ATM
- 2) SDH /SONET
- 3) WDM e Reti Ottiche

3.1 ATM

ATM [2] è attualmente una delle principali tecnologie per la realizzazione di infrastrutture di trasporto, soprattutto di tipo geografico. Basato sulla trasmissione di celle di dimensione fissa e completamente indipendente dal protocollo IP, l'originalità di ATM consiste nella possibilità di stabilire connessioni dinamiche end-to-end e di specificare determinate caratteristiche di connessione in base al tipo di traffico. Tuttavia, la lentezza evolutiva delle reti geografiche basate su ATM, la mancanza di molti dei servizi ATM quali la segnalazione e la scarsa competitività di costo hanno limitato fortemente l'ambito di utilizzo di questo protocollo. Attualmente il suo principale utilizzo è limitato alla definizione di backbone per reti IP e per questo l'interesse principale delle sperimentazioni consiste ora nel verificare l'interoperabilità tra meccanismi di supporto della qualità di servizio di ATM con quelli sviluppati specificatamente per il protocollo IP.

3.2 SDH/SONET

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) /SONET è uno standard per la trasmissione dei dati su fibra ottica del tutto indipendente dai protocolli trasmissivi di livello superiore, infatti sono stati definiti standard di conversione sia per le celle ATM sia per i pacchetti dati di lunghezza variabile su SDH. Attualmente si stanno affermando reti in cui il protocollo IP è direttamente convertito sulle trame SDH.

3.3 WDM e Reti Ottiche

Il rapido sviluppo delle tecniche ottiche basate su *Wavelength Division Multiplexing* è stato incentivato dall'esaurimento della banda nelle reti ottiche a lunga distanza, e quindi dalla necessità di rendere disponibile nuova capacità trasmissiva a costi inferiori. Nel corso degli ultimi tre anni lo sviluppo è stato enorme ed apparati WDM sono già disponibili sul mercato: sistemi WDM a 32 e 40 canali sono stati annunciati da molte ditte per la fine del '98. Poiché la capacità di un singolo canale WDM è di 2.5 Gbps, la capacità di una singola fibra può raggiungere i 100 Gbps [3].

WDM è interessante sia per la creazione di dorsali di rete che per la connettività end-to-end. Nel primo caso esso può essere utilizzato per ottenere semplicemente un insieme di circuiti punto-punto ad altissima velocità, senza che ciò influisca sulle architetture ed i protocolli di rete. Nel secondo caso invece (è questo l'aspetto più interessante), WDM può essere impiegato per realizzare reti completamente ottiche (non solo punto-a-punto). Si utilizzano

sistemi che offrono la possibilità all'utente, di *accedere* direttamente alla lunghezza d'onda ed attraverso cross-connect ottici, che sono in grado di commutare le lunghezze d'onda, si stabilisce un link logico fra due end-node. La lunghezza d'onda diventa quindi l'informazione di routing attraverso la rete.

L'impatto di questa tecnologia trasmissiva sulle architetture e sui protocolli di rete esistenti è rilevante ed i modelli che si stanno studiando rappresentano un cambiamento verso architetture di rete più semplici di quelle esistenti. La loro trasparenza, ricchezza in banda, e natura passiva possono eliminare la necessità di meccanismi sofisticati per ottimizzare l'utilizzo, il controllo e il management di reti integrate. La semplicità architeturale è ottenuta attraverso la *segregazione* del traffico (dalla quale consegue una QoS nativa), mentre la tendenza finora dominante è caratterizzata dall'*aggregazione* del traffico.

Il supporto del servizio a pacchetto sulle LAN ottiche è argomento di grande interesse. I sistemi WDM proposti promettono bande molto elevate e servizi più flessibili. Le *broadcast-and-select networks* sono esempi di queste architetture [4]. Esse si basano su *passive star coupler device* connessi a diverse stazioni in una topologia a stella. Ciascun trasmettitore invia il suo segnale su una diversa lunghezza d'onda ed i ricevitori possono sintonizzarsi sulla stessa lunghezza d'onda in modo da ricevere il segnale. Il sistema di sintonizzazione può avere trasmettitori a lunghezza d'onda fissa e ricevitori che si sintonizzano o viceversa. In questi sistemi le interfacce utente alla rete ottica (Optical Network Adapter) forniscono servizi di trasporto sia a cella che a pacchetto.

Si ritiene che lo studio di nuove architetture per reti ottiche a pacchetto è di notevole importanza sia per la QoS sia per lo sviluppo di nuovi modelli architeturali di rete e dei relativi protocolli. Sistemi di LAN ottiche ad altissima velocità (inizialmente limitati a un numero ridotto di stazioni 8–16) possono risultare molto adatti all'interno di apparati di data acquisition di moderni esperimenti.

4 STATO DELL'ARTE DEI METODI DI QOS

Attualmente le reti di comunicazione a pacchetto offrono un solo metodo di trasferimento dei dati detto *best-effort*: essi sono inviati e memorizzati in code senza nessuna meccanismo di differenziazione. Le code degli apparati di rete sono generalmente gestite in modo first-in-first-out (store and forward) e le applicazioni non hanno nessuna garanzia di qualità, in altre parole di banda disponibile, di ritardo massimo, di percentuale di pacchetti persi etc. Tuttavia esiste una vasta gamma di applicazioni scientifiche di interesse all'INFN, il cui corretto funzionamento richiede determinate garanzie di servizio.

Presso la comunità scientifica internazionale sono attualmente al vaglio diversi tipi di approcci al problema, i quali prevedono la differenziazione dei servizi in classi. Alcuni metodi si basano sul concetto di *flusso* per fornire una specifica qualità di servizio alla singola istanza di applicazione (quindi con una granularità molto fine), altri invece raggruppano vari tipi di flussi in *classi* in modo da offrire una qualità di servizio con granularità meno fine ma allo stesso tempo utilizzando tecniche più scalabili. Nel primo caso si parla di *servizi integrati*. Essi si differenziano in tre classi: best-effort, controlled-load e guaranteed-service [5,6]. Nel secondo

si parla invece di *servizi differenziati*. Essi sono in via di definizione ad IETF [7]. I servizi differenziati non si basano su alcun meccanismo di segnalazione: è il router di ingresso (ingresso router) che effettua l'operazione di classificazione di ciascun pacchetto.

I meccanismi per l'implementazione della qualità di servizio che il progetto QUAdiS intende analizzare sono i seguenti:

1. Servizi Differenziati e CoS
2. RSVP
3. ATM
4. IPv6
5. WDM

4.1 Servizi differenziati

Il modello operativo dei servizi differenziati si propone di offrire uno spettro di servizi IP senza bisogno di gestire su ogni router della rete lo stato e la segnalazione di ogni flusso dati generato da una applicazione. Il flusso è accettato e classificato dal primo router, successivamente esso risulta aggregato con altri flussi "simili" a formare una classe. Le funzioni di "policing" e di "forwarding" sono svolte dai router successivi sul flusso aggregato nel suo complesso. Le regole di accesso e di prenotazione delle risorse di rete sono gestite in modo coordinato tra vari ISP (Internet Service Provider) attraverso un nuovo elemento della rete detto "Bandwidth Broker". Lo scopo è quello di permettere una sicurezza di prestazioni end-to-end su un percorso che attraversa reti gestite da distinti ISP.

4.1.1 CoS

Classes of Service, un termine coniato da CISCO, è un esempio particolare di approccio alla qualità di servizio basato sul concetto di aggregazione del traffico e di classificazione come previsto per i servizi differenziati: gestendo la congestione la rete può fornire diversi livelli qualitativi di servizi best-effort. I pacchetti in ingresso in una rete possono essere sottoposti a due meccanismi diversi:

- *Committed Access Rate (CAR)* o Rate Limiting, i pacchetti sono sottoposti alla funzione di *admission control*: attraverso un token-bucket i pacchetti che superano un certo livello soglia sono eliminati oppure viene riassegnata la *precedence* in base al valore del traffico aggregato di una classe.
- *IP Precedence*: ad ogni pacchetto è assegnata una *precedence* (cioè un determinato valore del sotto-campo *precedence*, 3 bit del campo TOS -Type Of Service-, nell'intestazione IP). Tale campo può essere assegnato attraverso access list (IP source, IP dest, port) od in base all'indirizzo MAC etc.

All'interno della rete in ogni router i pacchetti sono posti in code distinte secondo la loro *precedence*. Attraverso il meccanismo di bandwidth management WFQ (Weighted Fair Queuing), possono essere gestite fino ad 8 code con diversa priorità. In particolare, il peso di ciascuna coda corrisponde alla minima *guaranteed rate* con cui una data coda è servita.

Per ottimizzare poi la gestione delle code all'interno del backbone, è utilizzato il meccanismo di congestion control wRED (weighted Random Early Detection). RED è un meccanismo per gestire il delay medio, poiché esso controlla la lunghezza media di ciascuna coda stabilendo delle lunghezze di soglia. Con wRED la probabilità che un pacchetto sia scartato quando una data soglia di lunghezza della coda è superata, è proporzionale alla *precedence* del pacchetto stesso.

4.2 RSVP

RSVP (ReSerVation set-up Protocol) è un protocollo standard [8] per la segnalazione di flussi IP e di prenotazioni di risorse end-to-end. Implementa un modello che prevede di utilizzare la banda in modo fluido relativamente alle risorse effettivamente disponibili. Il protocollo di segnalazione consiste nella trasmissione periodica delle caratteristiche di un singolo flusso (Traffic Specification, TSPEC). RSVP è *receiver-oriented*, poiché è il nodo ricevente che specifica le caratteristiche desiderate del traffico generando messaggi RESV. Tali messaggi sono esaminati da ciascun router sul cammino tra il ricevente e il mittente. Le risorse sono allocate solo se l'allocazione in tutti i router precedenti è andata a buon fine e se tale prenotazione può essere soddisfatta localmente.

RSVP è nato come meccanismo di prenotazione per singoli flussi sia unicast che multicast. Esso adotta le classi di servizio integrate, quindi il tipo di servizio richiesto può essere di tipo best-effort, controlled-load o guaranteed.

4.3 ATM

ATM distingue il traffico in cinque categorie: CBR, VBR, VBRnrt, ABR-rt e UBR, e permette di configurare connessioni virtuali (VPC e/o VCC) con determinati parametri di servizio in modo statico o dinamico attraverso i protocolli di segnalazione UNI e PNNI.

Dalle sperimentazioni effettuate nel progetto ATM di gruppo V (1996-98) [9], sono derivate le seguenti considerazioni:

- Si è constatata la mancanza di applicazioni ATM native in grado di sfruttare pienamente le caratteristiche ATM.
- Per sperimentare il funzionamento delle connessioni ATM è stato necessario utilizzare il protocollo *Classical IP over ATM*. Quando le comuni applicazioni interfacciano il protocollo di segnalazione UNI, nessun parametro di servizio è specificato e per questo la connessione ATM risultante è di tipo UBR.
- Lo sfruttamento pieno delle caratteristiche ATM da parte delle applicazioni richiede che l'intero cammino, dal nodo mittente a quello ricevente, sia su protocollo ATM. Tuttavia esso non si è pienamente affermato come tecnologia di LAN, viceversa si è maggiormente imposto come tecnologia di *backbone* grazie alla possibilità di stabilire canali virtuali ad alta velocità di tipo statico. L'utilizzo però di connessioni ATM statiche non è adeguato per applicazioni ATM native. Infatti, ATM manca di un meccanismo di *flow control* per evitare la congestione di rete. Con ATM si presuppone che la congestione non si verifichi grazie al meccanismo di *call acceptance control* che è utilizzato in fase di set-up delle connessioni

dinamiche. Pertanto, l'uso di connessioni statiche risulta limitativo e soprattutto richiede l'utilizzo di un meccanismo di controllo di flusso implementato a livello più alto, per esempio dal protocollo TCP.

- I tempi di set-up dei canali virtuali ATM sono abbastanza elevati, sia in ambito locale sia geografico. Pertanto ATM risulta maggiormente efficiente per applicazioni con trasferimenti consistenti di dati, nelle quali la latenza del set-up iniziale è compensata da un lungo periodo di trasferimento.
- Il tipo di servizio ATM offerto dalle PTT europee è ancora incompleto: soltanto alcune delle classi di servizio ATM sono rese disponibili. Le più comuni sono la classe CBR e VBR. Tuttavia l'utilizzo della classe CBR implica l'adozione di meccanismi di *shaping* del traffico per fare in modo che le celle ATM non violino la funzione di policing adottata al lato pubblico della infrastruttura ATM. Inoltre, le funzioni di shaping per VP sono state implementate solo recentemente da varie case costruttrici. Per quanto riguarda l'utilizzo della classe VBR a livello geografico, è stato verificato che anche in caso di disponibilità di banda, le celle possono essere spedite ad una velocità pari alla peak cell rate solo per periodi di tempo molto limitati, per questo anche nel caso di VBR l'*overbooking* presenta dei vantaggi piuttosto limitati.
- Per utilizzare protocolli ATM quali UNI e PNNI a livello geografico è necessario effettuare il *tunnelling* dei protocolli all'interno del VP configurato al lato pubblico.

Per queste ragioni, l'interesse per ATM rimane limitato a quei meccanismi che integrano protocolli di QoS di IP con particolari servizi di ATM.

5 PROGRAMMA DEL PROGETTO

Il progetto QUAdiS si pone l'obiettivo di studiare e sperimentare le caratteristiche e le modalità dei vari meccanismi di QoS attraverso l'utilizzo di particolari tipi di applicazioni di interesse dell'INFN e dei moderni esperimenti ed, inoltre, di progettare nuovi modelli ed architetture delle reti della ricerca che soddisfino tali caratteristiche. Infine vuole studiare nuovi modelli di reti ottiche e in particolare la loro applicazione nel data acquisition dei moderni esperimenti.

Il programma si articola sui seguenti punti:

1. RSVP e ATM
2. SERVIZI DIFFERENZIATI
3. MPLS
4. RETI OTTICHE

5.1 RSVP e ATM – IPv4 e IPv6

Si tratta dello studio dei meccanismi di integrazione del protocollo di segnalazione ATM e RSVP. Nello scenario attuale le reti sono principalmente basate su protocollo IP ed utilizzano backbone trasmissivi con protocollo ATM. Si intende utilizzare un'applicazione che interfaccia il protocollo RSVP e verificare se la caratteristica del servizio richiesto viene fornita dalla rete e

con che rispondenza. Ciò richiede un metodo per assegnare ad ogni tipo di *servizio integrato* di RSVP un'equivalente classe di servizio ATM. Si vuole anche verificare se la complessiva qualità del servizio offerta all'applicazione risponde ai requisiti dell'utente. Verrà fatto uno studio relativo alla possibilità di creare VP separati per il traffico best-effort e per il traffico "con qualità", allo scopo di ottenere una totale separazione dei servizi integrati supportati dal protocollo IP.

Layout:

I prerequisiti per realizzare questo test:

- disponibilità di un servizio VP ATM geografico,
- uno switch ed un router di test equipaggiato con interfacce ATM di tipo VIP,
- collaborazione con Cisco System per la disponibilità delle release di software sperimentali,
- end-station con CBQ.
- Almeno 3 siti geografici coinvolti.

5.2 Servizi Differenziati – IPv4 ed IPv6

Il programma prevede lo studio degli aspetti e delle problematiche che caratterizzano lo sviluppo dei servizi differenziati in un contesto di rete globale. In particolare si vogliono approfondire i seguenti argomenti relativi ad un modello globale di servizio differenziati:

- **Tecnologico:** si vogliono analizzare, attraverso strumenti di misura del traffico e sperimentazioni di funzionalità, le caratteristiche dei servizi e la flessibilità architetturale delle diverse metodologie per realizzare i servizi differenziati: IP su SDH o IP su ATM (ad esempio associando i vari servizi differenziati a diverse classi di servizio ATM). Un requisito importante che il sistema dovrebbe fornire è la possibilità di offrire la qualità di servizio anche alle applicazioni di tipo multicast.
- **Applicativo:** le applicazioni devono essere *QoS aware*, cioè devono essere in grado di segnalare dinamicamente le proprie richieste di servizio. RSVP può essere un possibile metodo di segnalazione verso il Bandwidth Broker locale. A differenza dello scenario precedente RSVP è utilizzato solo per una segnalazione locale e non end-to-end. Inoltre, le applicazioni dovrebbero essere *adattive*, cioè in grado di modificare le proprie richieste in base allo stato di congestione della rete.
- **Sistema di controllo:** per essere in grado di specificare richieste di banda e/o di *latenza* per le proprie applicazioni l'utente deve poter conoscere lo stato della rete per poter formulare una richiesta di servizio, e deve essere in grado di verificare la corrispondenza tra la richiesta e il servizio effettivo ottenuto.
- **Sistema di gestione:** l'amministratore locale deve essere in grado di implementare policy di controllo per regolamentare l'utilizzo delle risorse da parte degli utenti.

5.2.1 Definizione delle sperimentazioni

In una prima fase, utilizzando il layout definito al punto 4.1, si vuole sperimentare come le tecniche di *COS*, già presenti nelle release di *IOS* dei router Cisco, possono fornire alle applicazioni di nostro interesse migliore affidabilità e predicibilità di comportamento. Si vuole poi seguire e studiare in dettaglio l'evoluzione dei servizi differenziati nell'ambito di IETF ed i programmi di utilizzo di questi servizi in altri contesti quali Esnet, Internet2 etc.

Nel secondo anno del progetto si intende definire un modello di rete a servizi differenziati e sperimentarlo su un layout complesso possibilmente con collaborazioni internazionali. Una approccio al modello è quello di utilizzare RSVP come protocollo di accesso degli end-node *all'ingress router* e poi di ricorrere a metodi più scalabili all'interno della rete dove i flussi, segnalati attraverso RSVP, sono mappati su una determinata classe differenziata (*per-hop behaviour* – PHB) *dall'ingress router*. Si vuole quindi misurare, la QoS ottenibile su un percorso end-to-end che attraversa reti gestite da diversi Service Provider.

5.3 MPLS

La tecnologia MultiProtocol Label Switching [10] è interessante poiché rappresenta un meccanismo di integrazione delle tecnologie IP e ATM, in grado di implementare la qualità di servizio. Essendo i pacchetti contraddistinti da un identificatore detto *label* ed essendo i pacchetti caratterizzati dalla medesima *label* instradati in modo diverso, la *label* può essere anche utilizzata per identificare una classe di servizio. Il metodo per ottenere la qualità di servizio attraverso il protocollo MPLS è attualmente ancora in fase di definizione nell'ambito di IETF.

Il programma di lavoro consiste nello studio di un progetto esecutivo per l'applicazione di MPLS su una rete di produzione, in particolare per l'evoluzione GARR-B, secondo quanto indicato nel documento che presentato a INET98[11].

5.4 Studio di architetture e protocolli di reti ottiche

Si intende fare uno studio delle nuove architetture per reti ottiche a pacchetto e relativi protocolli, sia a livello di WAN che di LAN.

Nel primo anno si prevede lo studio di sistemi di interconnessione su area locale in tecnologia ottica ed il loro utilizzo all'interno del data acquisition degli esperimenti di LHC. Questo tipo di LAN è di particolare interesse per l'acquisizione dati, per l'elevata velocità di trasmissione (su ogni singolo canale si ottiene 2.5 Gbps) e per la qualità del servizio garantita. A seguito dello studio si valuterà il modello di LAN ottica che potrà soddisfare le richieste di apparati di DAQ quali il trigger di II livello o dell'event builder di un esperimento LHC.

Si intende inoltre studiare la molteplicità della lunghezza d'onda e la sua allocazione dinamica per realizzare servizi di qualità differenziati.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] GARR-B: <http://www.garr.net/pub/garr-b/index.html>
- [2] Home page dell'ATM Forum: <http://www.atmforum.com/>
- [3] S.G. Finn, R.A. Barry, "Optical Services in Future Broadband Networks", IEEE NETWORK Magazine, Dec 96
- [4] F. Callegati, M. Casoni, G. Corazza, C. Raffaelli, D. Chiaroni, F. Masetti, M. Sotom "Architecture and Performance of a Broadcast and Select Photonic Switch" – in pubblicazione su Optical Fiber Technology, Academic Press, 1998.
- [5] B. Bostica, F. Callegati, M. Casoni, C. Raffaelli "Packet Optical Networks For High Speed TCP-IP Backbones", in pubblicazione su IEEE Communications Magazine.
- [6] RFC 2211: Specification of the Controlled-Load Network Element Service
- [7] RFC 2212: Specification of Guaranteed Quality of Service
- [8] Differentiated services: <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>
- [9] RFC 2205: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) –Version 1 Functional Specification
- [10] Progetto ATM: <http://www.cnaf.infn.it/CNAF/progetti/ATM.html>
- [11] "Multiprotocol Label Switching" <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>
- [12] T. Ferrari, A. Ghiselli, C. Vistoli, "Design of an ATM-based National Network and Experiments for QoS Capabilities", presentato a INET98