

## 8. Soluzioni Proposte

### 8.1 Introduzione

Le esigenze della comunità della ricerca e dell'intera società denunciano la drammatica necessità di aumentare, di almeno un ordine di grandezza, il valore delle attuali connessioni e soprattutto di inserire meccanismi in grado di garantire la banda a due end-system della rete (RSVP, QoS, IPng).

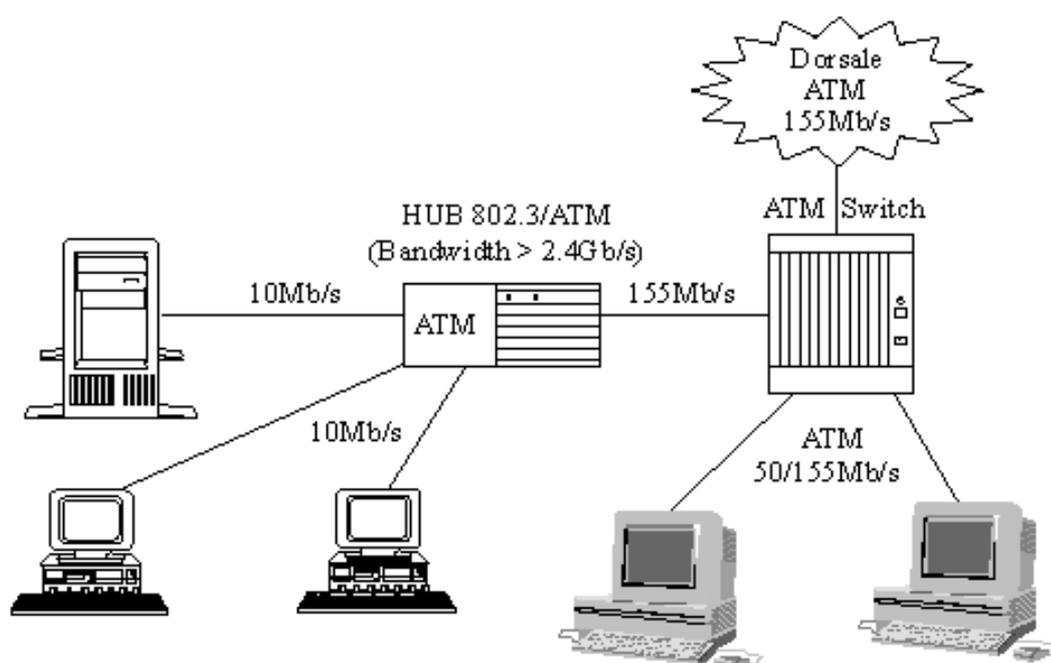
Oltre alle possibilità offerte dalla tecnologia xDSL, dovendo necessariamente far convivere l'esigenza dell'utente con la realizzabilità tecnica e con le esigenze di carattere economico l'idea corrente e' quella di sfruttare, ove possibile, il servizio pubblico ATM.

Per poter sfruttare ATM congiuntamente alle architetture di rete (TCP/IP, SNA, DECnet, IPX, ecc.) occorre però che queste si adattino alla nuova tecnologia. Sono stati seguiti due approcci:

- realizzare uno strato software che, emulando su ATM le funzionalità delle reti locali, consenta di trasportare qualsiasi protocollo di rete (tale approccio, proposto dall'ATM Forum;
- modificare le architetture di rete introducendo il supporto nativo per ATM.

La priorità ovviamente, visti i limiti riportati durante i tentativi di controllo remoto via protocollo Xwindows e con VNC e' quella di migrare verso LAN a 100 Mbit/s ma per il futuro si consiglia di approfondire l'utilizzo della tecnologia ATM non solo per le dorsali ma anche per le LAN locali.

In particolare, le LAN ATM si imporranno prima in quei settori che richiedono applicazioni a larga banda con qualità del servizio garantita, quali il desktop-video, le comunicazioni multimediali, il telelavoro e il teleinsegnamento, dove le LAN tradizionali soffrono di una serie di problemi e di limitazioni che le rendono inadatte; quindi si proporranno come una alternativa alle LAN classiche, caratterizzate da un miglior rapporto prestazioni/ prezzo.



**Figura 8.1 LAN ibrida 802.3 e ATM**

L'attenzione che l'industria informatica pone sulle LAN ATM è notevole, come testimonia il fatto che sul mercato sono già presenti prodotti per realizzare LAN ATM. I primi settori di applicazione delle LAN ATM possono essere così schematizzati:

- realizzazione di dorsali veloci e multimediali;

- interconnessione di sistemi multimediali in grado di gestire dati, suono e immagini in movimento;
- interconnessione di workstation per realizzare architetture di calcolo distribuito ad alte prestazioni;
- interconnessione di sistemi grafici che richiedono un accesso veloce a grandi archivi di immagini: per esempio, sistemi per la gestione della cartografia;
- interconnessione di PC remoti a LAN aziendali per fornire gli strumenti di lavoro necessari al dipendente per la realizzazione di lavoro a distanza.

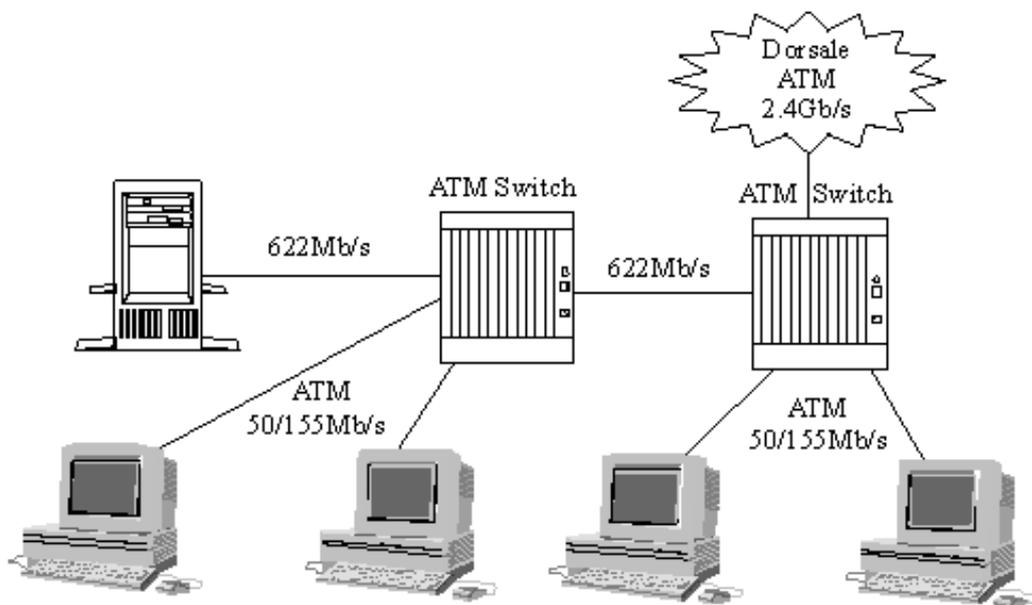
## 8.2 LAN E Internetworking ATM

Le reti locali classiche nascono come "reti ad accesso condiviso", cioè reti in cui tutte le stazioni condividono un unico canale trasmissivo. L'evoluzione delle LAN classiche con l'introduzione degli switch supera in parte questo limite garantendo ad ogni stazione un collegamento punto-punto verso la rete, che però è di tipo half-duplex (trasmissione monodirezionale ad un dato istante di tempo) ed è soggetto a condivisione con il traffico di multicast/broadcast. Inoltre lo switch non ha meccanismi per allocare risorse alle singole stazioni e questo non permette nelle LAN classiche di realizzare meccanismi di trasmissione a banda garantita, possibili su ATM e necessari per il traffico di tipo multimediale.

Nelle LAN classiche i dati sono trasmessi sotto forma di pacchetti aventi dimensioni variabili. Se la rete è estesa non è possibile prevedere il ritardo totale (latenza) subito da un pacchetto durante il transito nella rete. La variabilità della

latenza non crea particolari problemi ai flussi di dati, ma può rendere incomprensibili voce ed immagini digitalizzate a causa del rumore che introduce.

Nelle reti ATM il problema della variabilità della latenza viene drasticamente ridimensionato utilizzando le celle che sono unità di trasporto dati, di dimensioni piccole e fisse.



**Figura 8.2 Lan interamente ATM**

Nelle reti locali classiche la trasmissione dell'informazione avviene a livello fisico in modalità broadcast. Questo ha una implicazione a livello di sicurezza dei dati, dal momento che questi vengono propagati oltre che alla stazione destinataria anche a tutte le altre, ma soprattutto consente di realizzare in modo estremamente semplice la trasmissione di pacchetti a tutte le stazioni (broadcast) o a gruppi di stazioni (multicast).

Possiamo distinguere tra:

- rete broadcast: rete che può essere composta da un numero arbitrario di stazioni e fornisce la funzionalità di trasmettere con un'unica operazione un pacchetto a tutte le stazioni. Le LAN sono un esempio di reti di questo tipo.
- rete Non Broadcast Multiple Access (NBMA): rete simile ad una rete broadcast, ma non fornisce la possibilità di trasmettere un pacchetto a tutte le stazioni. Fanno parte di questa categoria le reti X.25.
- rete multicast capable: rete che fornisce delle primitive per trasmettere con un'unica operazione un pacchetto ad un sottoinsieme delle stazioni della rete.

Tale peculiarità è stata sfruttata nella realizzazione di tutti i protocolli di livello superiore (IP, DECnet, OSI, Novell, ...) che utilizzano pacchetti di multicast/broadcast di solicitation o advertisement per tutte le attività di gestione del protocollo stesso.

Per la sua natura connessa ATM non offre un analogo supporto per la trasmissione dei pacchetti multicast/broadcast.

Nelle reti locali classiche la capacità del mezzo trasmissivo e il protocollo MAC utilizzato sono tra di loro strettamente vincolati.

Ciò implica l'impossibilità di incrementare le prestazioni della rete traendo vantaggio dai progressi tecnologici, se non al costo della sostituzione dell'intera rete (assenza di scalabilità). La tecnica ATM invece presenta delle possibilità di crescita prestazionali praticamente illimitate: se la tecnologia è in grado di realizzare collegamenti fisici e commutatori più veloci, la capacità trasmissiva della rete ne beneficia. I commutatori attualmente disponibili in Italia sono in

grado di gestire linee operanti a 155 Mbit/s, ma in USA sono già operativi commutatori con linee a 622 Mbit/s e 2.5 Gbit/s.

A fronte di queste differenze l'utilizzo della tecnologia ATM nelle reti locali può avvenire in due modi diversi:

- sviluppando uno strato software da appoggiare su ATM per emulare il comportamento delle reti locali IEEE 802 e quindi non richiedendo alcuna modifica ai protocolli di più alto livello;
- andando a modificare i protocolli di più alto livello adattandoli a funzionare in modo nativo su ATM mediante interazione diretta con le ATM/API (Application Programming Interface).

Il primo approccio è quello proposto dall'ATM Forum con il nome di LAN Emulation.

Da una LAN ATM gli utenti e gli amministratori di sistema si aspettano almeno le stesse prestazioni e gli stessi servizi offerti dalle LAN convenzionali. Più precisamente:

- Interoperabilità con le reti esistenti: può essere raggiunta installando interfacce ATM all'interno di unità di internetworking quali gateway, router o bridge; oppure integrando nei commutatori ATM interfacce di rete locale classiche;
- Supporto trasparente dei protocolli esistenti: tutti i protocolli pensati per operare su una LAN appartenente al progetto IEEE 802 devono poter operare senza modifiche sulle LAN ATM, non solo i più importanti quali IP o OSI;
- Supporto dei protocolli di management: tutti gli apparati ATM devono essere dotati di agenti SNMP (Simple Network Management Protocol), che consentano il controllo remoto dello stato delle linee, dei commutatori e delle

interfacce ATM nonché la raccolta di informazioni di tipo statistico e prestazionale;

- Facilità di installazione e configurazione: deve essere possibile, ad esempio, collegare o scollegare una stazione senza alcun intervento di ordine amministrativo;
- Robustezza e affidabilità: fintantoché esiste un percorso fisico tra due stazioni queste devono poter comunicare;
- Efficienza: se ci sono più percorsi fisici tra due stazioni, questi devono essere completamente saturati prima di rifiutare ulteriori richieste di connessione.

Se tutti questi requisiti sono soddisfatti, allora la LAN ATM può costituire un valido sostituto per la LAN esistente. Oltre al fatto che tutto continua a funzionare come in precedenza, si ottiene un significativo incremento del livello prestazionale dovuto alla maggior banda ed efficienza nel suo sfruttamento da parte della tecnica ATM.

Da una LAN ATM ci si attende inoltre:

- Supporto di una molteplicità di classi di servizio, come ad esempio la modalità connessa, real time ad elevato bit rate adatta al trasporto di un canale video da integrare in applicazioni multimediali;
- Possibilità di gestire connessioni multicast a larga banda (supportate cioè dall'hardware). Questo è un punto debole delle tecniche a commutazione di pacchetto: mentre nelle LAN classiche il multicasting è intrinseco nella tecnologia adottata, nelle LAN ATM deve essere fornito da hardware software addizionale;
- Offerta di una Application Programming Interface (API) che consenta lo sviluppo di applicazioni specifiche per ATM mediante l'interazione diretta con i vari AAL (ATM Adaption Layer), oppure interagendo direttamente in raw mode con il livello ATM.

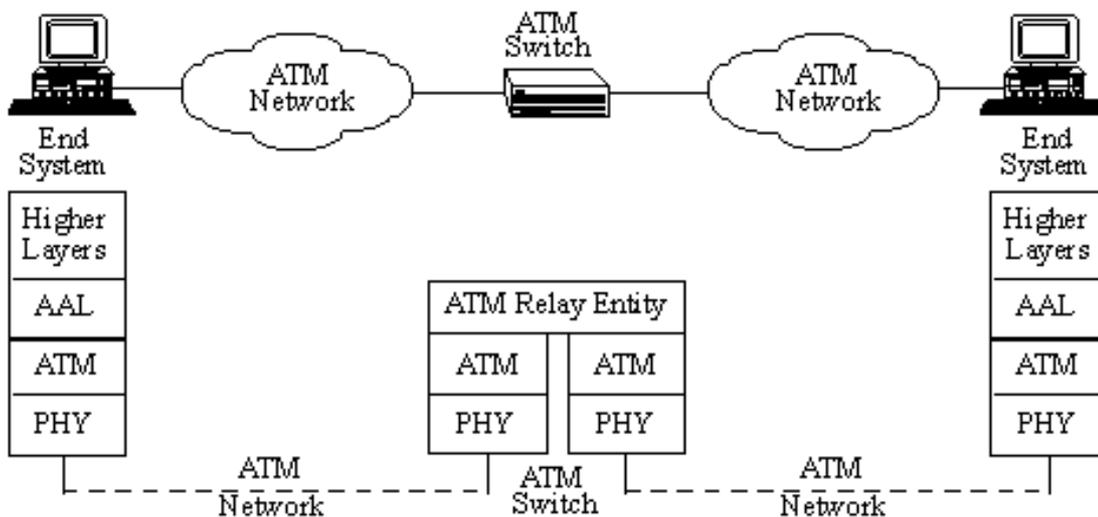
Una LAN ATM che soddisfi i precedenti requisiti è in grado di fornire supporto ai servizi a larga banda, come il desktop video, le comunicazioni multimediali o il lavoro a distanza sfruttando al massimo le risorse di rete e senza creare interferenze con le applicazioni meno sofisticate che "credono" di funzionare su una normale LAN.

Per poter sfruttare ATM congiuntamente alle architetture di rete (TCP/IP, SNA, DECnet, IPX, ecc.) occorre però che queste si adattino alla nuova tecnologia. Sono stati seguiti due approcci:

- realizzare uno strato software che, emulando su ATM le funzionalità delle reti locali, consenta di trasportare qualsiasi protocollo di rete (tale approccio, proposto dall'ATM Forum)
- modificare le architetture di rete introducendo il supporto nativo per ATM.

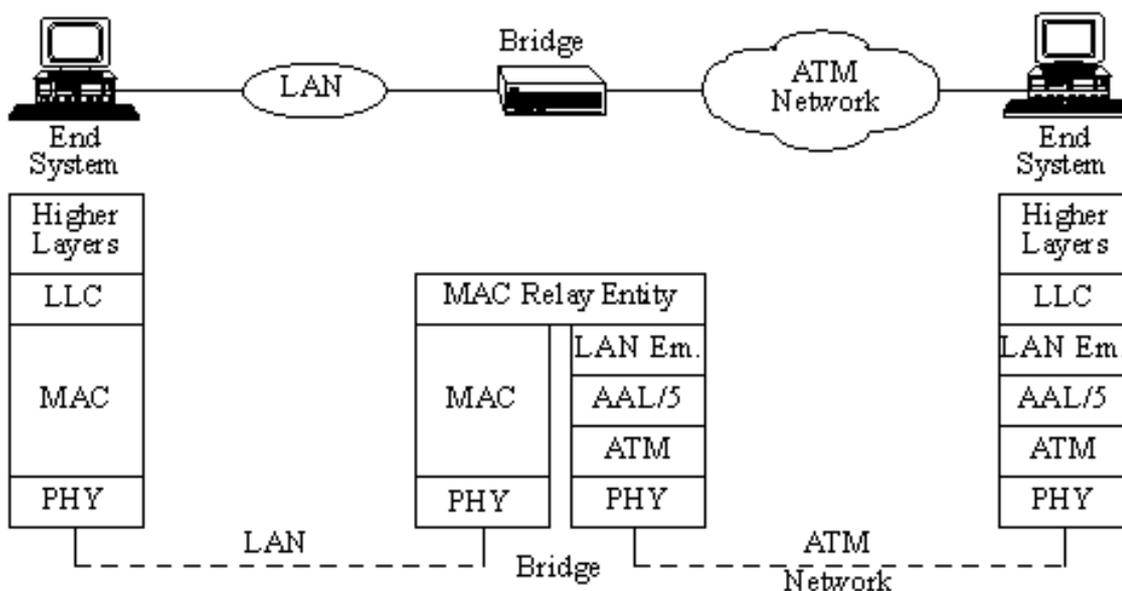
Ma la questione è oggetto di discussione da parte del gruppo di lavoro "IP over ATM" dell'IETF (Internet Engineering Task Force) con particolare riferimento all'architettura di rete TCP/IP.

La prima soluzione è possibile solo se entrambe le reti da collegare sono in tecnologia ATM. Essa consiste nell'utilizzare uno switch che faccia transitare le celle ATM tra le due reti



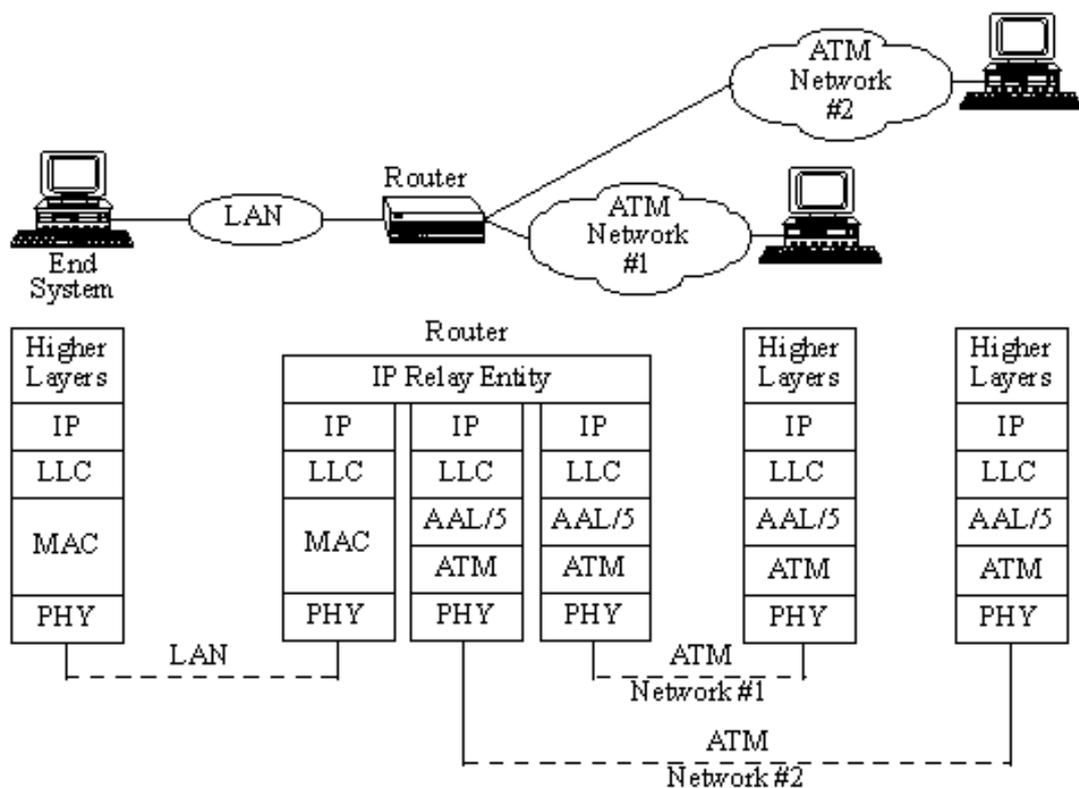
**Figura 8.3 Internetworking mediante switch ATM**

Per interconnettere una rete locale con una rete ATM, il livello più basso a cui effettuare l'internetworking è quello dei bridge IEEE 802.1D per colmare le differenze tra le due tecnologie, occorre far ricorso ad un servizio di "LAN Emulation".



**Figura 8.4 Internetworking mediante bridge**

L'ultima possibilità è offerta dall'utilizzo dei router e risulta la più idonea quando si debbano affrontare topologie magliate complesse, in cui sono presenti mezzi trasmissivi differenziati. Inoltre, l'utilizzo di router permette di affrontare meglio i problemi della sicurezza, anche se in linea di principio tende a penalizzare le prestazioni. Infatti se si considera la stratificazione dei protocolli si vede che, nel caso un router interconnetta due reti ATM, esso deve ricostruire la trama IP partendo dalle celle ATM, determinarne l'instradamento e quindi riframmentare il pacchetto IP in celle ATM. Questo è costoso e non introduce alcun vantaggio se non quello di non modificare i protocolli esistenti.



**Figura 8.5 Internetworking mediante router.**

Guardando al futuro delle reti e dell'internetworking vedremo una sempre maggior quantità di reti ATM interconnesse tra di loro direttamente a livello ATM, cioè tramite switch. Questa struttura crea la possibilità di poter stabilire circuiti virtuali diretti tra coppie qualsiasi di nodi, i quali attraversano i confini delle subnet IP.

Questo è da considerarsi una violazione del Modello IP Classico in cui due subnet IP separate possono comunicare solo attraverso un router. Per risolvere tale problema sono possibili due approcci. Il primo mira ad ammettere la connettività diretta, anche se questa supera i limiti delle subnet IP.

Il secondo si basa su IP routing e IP forwarding, cioè sull'interconnessione tramite router modificati di subnet IP.

L'adattamento del Modello IP Classico alle reti ATM è specificato nello RFC 1577. Il Modello IP Classico assume che a reti distinte a livello Data Link siano assegnate subnet IP differenti. In particolare si introduce il concetto di Logical IP Subnetwork (LIS), ovvero di un insieme di host e router che soddisfano i seguenti requisiti:

- tutti i membri di una LIS (host o router) sono posti sotto il controllo di una singola autorità amministrativa che provvede alla loro gestione e configurazione;
- tutti i membri di una LIS devono condividere la stessa subnet IP e la stessa netmask;
- tutti i membri di una LIS devono essere collegati direttamente alla stessa rete ATM affinché possano comunicare direttamente tra di loro per mezzo di SVC (topologia a maglia completa);
- in ogni LIS deve essere disponibile un meccanismo di risoluzione di indirizzi IP in indirizzi ATM e viceversa affinché sia possibile, all'occorrenza, creare le SVC tra i vari membri;

- tutti gli host di una LIS devono poter accedere ad un router di default che consenta loro di comunicare con destinazioni esterne alla LIS.

Esattamente come nelle subnet IP classiche, la decisione sul fatto che la destinazione sia "locale" o "remota" viene presa sulla base del confronto tra l'indirizzo IP del mittente e della destinazione

L'adattamento del Modello IP Classico alle reti ATM dal punto di vista architetturale risulta essere una soluzione semplice in quanto introduce un numero limitato di modifiche, ma dal punto di vista delle prestazioni non sembra essere il più appropriato in quanto, come sarà evidenziato nei seguenti paragrafi, tende a sfruttare il substrato ATM in modo non ottimale.

Il Modello IP Classico, per essere realizzato su reti ATM, necessita di una definizione della Maximum Transmission Unit (MTU), di un meccanismo per la risoluzione degli indirizzi IP in indirizzi ATM e di opportune procedure di segnalazione.

Lo RFC 1626 fissa per la Maximum Transmission Unit (MTU) del protocollo IP su reti ATM un valore di default pari a 9180 ottetti.

Lo RFC 1577 stabilisce che la risoluzione degli indirizzi nell'ambito di una LIS realizzata tramite una rete ATM debba essere effettuata mediante i protocolli:

- ATM Address Resolution Protocol (ATMARP), per quanto concerne la risoluzione diretta (da indirizzi IP ad indirizzi ATM);
- Inverse ATM Address Resolution Protocol (InATMARP), per quanto concerne la risoluzione inversa (da indirizzi ATM ad indirizzi IP).

Tali protocolli, pur essendo funzionalmente identici alle versioni standard ARP ed InARP, dal punto di vista implementativo sono invece differenti poiché:

- ARP ed InARP basano il loro funzionamento sull'utilizzo di trasmissioni broadcast;
- ATMARP ed InATMARP devono necessariamente ricorrere ad un ATMARP server, dal momento che si trovano ad operare in un ambiente caratterizzato da connessioni punto-punto quale quello ATM.

Un Cell Switching Router (CSR) è un apparato di internetworking che integra al suo interno le funzionalità di routing e forwarding IP e di commutatore di celle ATM.

Grazie a dette capacità, un CSR è in grado, in funzione delle informazioni di routing IP, di concatenare una VC in ingresso con una VC in uscita, fornendo quindi connettività a livello ATM anche tra coppie di host che appartengono a LIS differenti, senza violare il Modello IP Classico.

Inoltre occorre tenere in seria considerazione l'interoperabilità con le tecniche di "resource reservation" (RSVP e STII) ed il concetto di "flusso IP" (IPv6).

RSVP, STII e IPv6 mirano a fornire a livello IP banda e QoS garantite, in modo indipendente dalle reti fisiche sottostanti. L'introduzione dei CSR è una soluzione diametralmente opposta a quelle viste

in precedenza e consiste nell'adeguare il substrato trasmissivo ATM alle prerogative del Modello IP Classico. I CSR si fanno carico di fornire canali di comunicazione end-to-end a livello ATM anche tra host che non condividono la stessa subnet IP.

Tale soluzione presenta i seguenti vantaggi:

- miglioramento delle prestazioni nel forwarding dei pacchetti IP in ambienti multi-LIS dovuto all'eliminazione della latenza introdotta dalle elaborazioni a livello IP presso i router;
- possibilità di fornire livelli di banda e QoS adeguati alle applicazioni odierne;

- supporto delle tecniche di resource reservation (RSVP e STII) e dei flussi IP (IPv6);
- conformità all'architettura originaria di TCP/IP che prevede un modello di internetworking imperniato sui router.

RSVP (Resource reSerVation Protocol) è un protocollo che consente ad un host destinatario di "prenotare" l'utilizzo di risorse, in termini di banda dedicata priorità di servizio, presso i router attraversati dal traffico di pacchetti IP proveniente da un certo mittente.

STII (STream protocol version II) può essere considerato come una versione connection oriented di IP che necessita di una fase di creazione di una connessione tra un mittente ed una destinazione prima della trasmissione dei pacchetti. I router STII-compatibili dislocati lungo il cammino di tale connessione riservano quindi una quota delle loro risorse in accordo alle indicazioni fornite dal mittente.

IPv6 (Internet Protocol version 6), noto anche come IPng (IP next generation), è una evoluzione di IP che prevede nell'header un campo denominato FlowID. Come lascia intuire il nome stesso, tale campo indica la presenza di un flusso attivo di pacchetti e viene utilizzato dai router IPv6- compatibili per allocare le proprie risorse in funzione delle caratteristiche di detto flusso.

Uno dei motivi per cui il Modello IP Classico tende ad utilizzare l'infrastruttura trasmissiva ATM in modo non ottimale risiede nell'impossibilità di sfruttamento della QoS e delle capacità di gestione del traffico tipiche di un ambiente connection oriented quale ATM. Ciò risulta particolarmente svantaggioso se si pensa alla natura estremamente diversificata del traffico IP in funzione del tipo di applicazioni che lo produce. Vi sono, ad esempio, applicazioni caratterizzate da una durata molto breve e da uno scambio di pacchetti decisamente contenuto, come ping o le query di DNS (Domain Name Server). Altre applicazioni, pur

avendo una durata relativamente limitata, generano notevoli moli di traffico come, ad esempio, FTP (File Transfer Protocol). Altre ancora sono caratterizzate da una durata piuttosto lunga, ma da un numero di pacchetti scambiati molto contenuto (ad esempio le sessioni telnet). Infine vi sono applicazioni (al momento attuale relativamente poche, ma si prevede un forte sviluppo per il futuro) che hanno sia una durata sia un volume di traffico prodotto decisamente elevati (applicazioni multimediali come la videoconferenza). Le esigenze in termini di tipo di servizio e di QoS manifestate da applicazioni come quelle sopracitate sono estremamente diversificate. Ad esempio, per una applicazione di videoconferenza sarebbe adeguato un servizio connection oriented basato su una SVC punto-multipunto a larga banda caratterizzata da ritardo basso e costante e da un tasso di perdita relativamente elevato; d'altra parte, per effettuare una query di un DNS risulterebbe appropriato un servizio connectionless basato su router e realizzato con una SVC avente banda trascurabile, ritardo elevato ed un tasso di perdita il più contenuto possibile.

Nell'ottica della QoS, il Modello IP Classico non è in grado di utilizzare in modo flessibile ed adattativo l'infrastruttura trasmissiva ATM. Infatti l'intero traffico in transito tra due host nella stessa LIS deve essere multiplato, mediante incapsulamento LLC/SNAP, su una singola VC caratterizzata da un servizio di tipo "best effort". Ciò implica che tipi di traffico con esigenze estremamente differenti come quelli sopra descritti devono condividere uno canale di comunicazione di qualità non garantita. Per considerare correttamente la QoS occorre modificare il Modello IP Classico mediante opportune estensioni architetturali che consentano di:

- stabilire tra gli host più VC da destinare al trasporto di traffici di differente natura;
- svincolare la gestione di dette VC dal processo decisionale sulla "localizzazione" delle destinazioni.