

3) di accedere ai servizi di emergenza tramite uno o più numeri che figurano in un piano di numerazione nazionale o internazionale

4) che può, se necessario, includere uno o più dei seguenti servizi:

- l'assistenza di un operatore
- servizio di elenco abbonati e consultazione
- fornitura di telefoni pubblici a pagamento
- fornitura del servizio a termini specifici
- fornitura di apposite risorse per i consumatori disabili o con esigenze sociali particolari e/o la fornitura di servizi non geografici.

Dal punto di vista della classificazione dei servizi VoIP, una prima suddivisione piuttosto generale distingue i vari servizi in:

➤ VoIP privato

Mediante i dispositivi destinati al VoIP è di solito possibile instaurare direttamente chiamate ad altri utenti che utilizzano gli stessi dispositivi o software mediante la rete pubblica Internet. In questo caso, non interviene nessun service provider per la comunicazione.

➤ Servizi VoIP privi di obblighi specifici

Rientrano in linea di principio all'interno della Authorisation Directive, ma i provider non devono soddisfare ad alcun obbligo specifico. Due esempi abbastanza comuni sono il caso di trasporto interno e di intranet aziendali.

➤ Servizi VoIP offerti al pubblico

Si tratta ovviamente di servizi VoIP in cui vengono trasmessi segnali su reti di comunicazioni elettroniche e che quindi ricadono all'interno della normativa UE, anche se il loro inquadramento normativo dipende dalla natura del servizio o che viene offerto. Si dovrà prestare attenzione alle seguenti caratteristiche:

1) Accesso ad altri utenti. Si tratta dell'aspetto più rilevante, che riguarda la capacità degli utenti di effettuare e ricevere chiamate nazionali ed internazionali secondo quanto, almeno sinora, viene reso possibile tramite il piano di numerazione E.1647. Tuttavia i

service provider offrono talora limitate capacità di accesso (ad esempio, effettuare chiamate, ma non riceverle). In tal caso, ci sono pareri discordanti, come vedremo, se considerarle o meno servizi PATS. Adottando tale criterio, si consente a servizi ECS, quali il PoC (Push-to-talk over Cellular) o Skype, di evitare le ostiche normative associate ad un servizio telefonico;

2) Ruolo del provider: i servizi VoIP possono basarsi su differenti business model, a cui sono associati diversi livelli di controllo nel servizio. In particolare, si possono avere service provider a banda larga che possono controllare anche la sottostante infrastruttura di rete e sono quindi in grado di fornire qualità migliore e garantire una adeguata integrità del servizio. Altri provider si limitano invece a fornire semplicemente il servizio telefonico, senza la possibilità di influenzare la qualità e la disponibilità dell'accesso a banda larga.

Questo potrebbe avere una qualche influenza sul tipo di regolamentazione da applicare, anche se è facile intravedere non pochi problemi di ordine pratico;

3) Grado di mobilità: in taluni paesi, ci possono essere limitazioni all'uso in mobilità di numeri con un'associazione geografica o all'effettuare chiamate d'emergenza.

Ovviamente il problema concreto che si deve affrontare non è tanto quello della chiamata pura e semplice (non si vede perché dovrebbe essere più difficile colloquiare con l'operatore del 113 invece che con un proprio conoscente), quanto quello della localizzazione affidabile ed automatica dell'utente in mobilità. Infatti, su tale informazione è basato l'instradamento della chiamata d'emergenza al corretto (in genere il più vicino) centro di emergenza. Quindi il grado di mobilità del servizio può essere un criterio per la definizione del livello appropriato di regolamentazione.

Obblighi di tipo regolamentare significano ovviamente ed inevitabilmente costi aggiuntivi per i fornitori del servizio, che possono essere giustificati solamente alla luce degli obiettivi generali del quadro regolamentare UE; a titolo di esempio, le chiamate d'emergenza rientrano fra le misure per la protezione dell'utente mentre quelle sulla portabilità del numero possono essere viste come misure per promuovere la competitività. In vista del principio di neutralità tecnologico, non si vede d'altra parte come due servizi che all'utente risultino sostanzialmente identici non possano andare

soggetti allo stesso grado di regolamentazione, indipendentemente dal fatto che l'implementazione tecnica sia basata sulla tradizionale commutazione di circuito vocale oppure sulla innovativa trasmissione a pacchetto del VoIP.

D'altra parte i servizi VoIP possono venire resi, a differenza di quelli mobili o fissi tradizionali, in qualunque parte del mondo, e quindi anche senza essere presenti localmente sul territorio, nonostante questo fatto possa al fin fine consentire di praticare tariffe di terminazione inferiori.

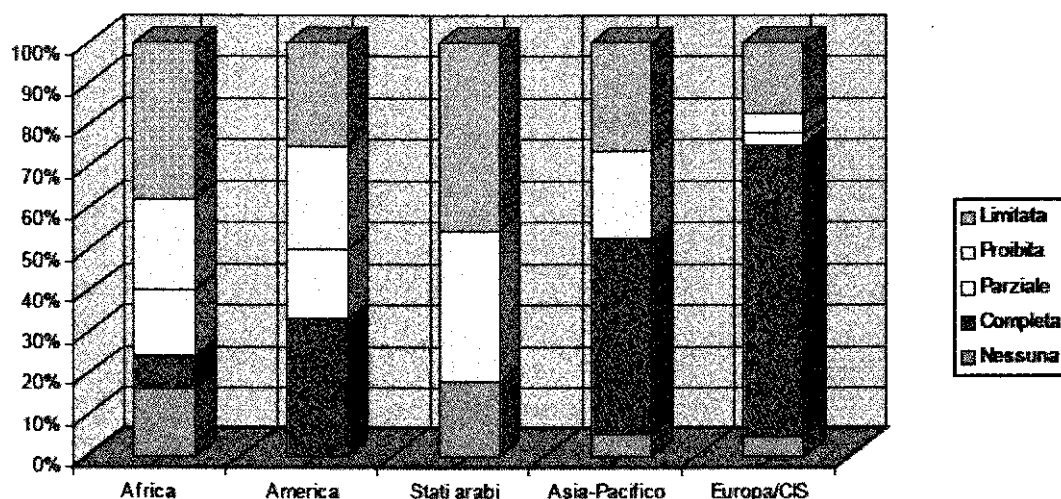
Quindi, gli obblighi regolamentari che è opportuno introdurre devono essere dimensionati anche su quanto accade in altri paesi, al fine di evitare una progressiva perdita di competitività per i provider locali rispetto a quelli internazionali. Questo ha come ovvia conseguenza una maggiore volontà globale di armonizzazione delle legislazioni nazionali.

Un altro aspetto non trascurabile che spesso si pone è quello relativo alla numerazione ed alla portabilità del numero. I servizi VoIP possono venire fruiti con diverse modalità di indirizzamento, quali l'indirizzo SIP, l'indirizzo IP oppure il numero di tipo E.164. Talora vengono previsti dalle NRA intervalli di numerazione riservati ai servizi di tipo VoIP. Questo aspetto si intreccia, come vedremo, con quello della portabilità.

Un ultimo tema che viene intersecato dai servizi VoIP è quello dell'unbundling nell'accesso a larga banda, connesso con la possibilità di ingresso nel mercato per i nuovi soggetti. In assenza di un chiaro meccanismo di unbundling, gli utenti non avrebbero la possibilità di scegliere il proprio fornitore di accesso Internet, favorendo indirettamente gli incumbents anche per quanto attiene l'offerta dei servizi VoIP.

A livello internazionale la situazione della normativa sul VoIP è alquanto articolata e muta quotidianamente. Nella figura seguente viene illustrata la situazione che è presente in alcune zone del mondo.

La regolamentazione VoIP nel mondo



Fonte: ITU World Telecommunication Regulatory database, dal Quaderno di Telema "L'uso della telefonia tramite Internet", settembre 2005- Risposte alla Indagine ITU 2004 sullo stato della regolamentazione della telefonia IP (per regione). L'analisi è basata sulle risposte fornite da 132 stati membri

In Italia, con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 148 del 28 giugno 2006 si è avviato il del procedimento istruttorio concernente "*Interventi regolamentari in merito alla interconnessione IP e interoperabilità per la fornitura di servizi VoIP (Voice over Internet Protocol)*". Questo provvedimento ha per oggetto la definizione degli interventi regolamentari relativi alle condizioni tecniche ed operative, che devono essere soddisfatte dagli operatori, per l'attuazione degli obblighi di cui all'art. 8, comma 6 della delibera delibera n. 11/06/CIR. Rientrano quindi nell'ambito del procedimento in oggetto i problemi relativi all'interconnessione e interlavoro tra reti in tecnologia IP, tra cui la definizione di un insieme comune di *standard*, protocolli di segnalazione ed interfacce tecniche necessari per l'interconnessione e l'interoperabilità nella fornitura dei servizi *IP-based*, tra cui il VoIP.

Sono inoltre oggetto del procedimento la valutazione delle problematiche relative agli *standard* per la codifica di *audio e video*, per la fornitura di funzionalità del VoIP, quali *directory, presence, instant messaging, etc.*, per la *QoS end-to-end*, per la gestione

dell'instradamento e le modalità di attuazione della prestazione di localizzazione nella fornitura dei servizi di emergenza.

E' importante sottolineare come l'attività delle NRA non si conclude con l'emanazione di norme: questa è semplicemente la *conditio sine qua non*. Sarà poi l'interpretazione e l'uso che viene fatto di tale normativa che potrà concretare accelerare o rallentare lo sviluppo commerciale del sistema. Ciò sarà particolarmente vero per quanto riguarda gli accordi di interconnessione o, in un senso più ampio, l'accesso alla rete. Quindi i dettagli di tali accordi (aspetti come i punti di interconnessione, la qualità, lo schema di interconnessione, le tariffe, la risoluzione delle controversie, ecc..) saranno i fattori chiave per un rapido e tempestivo sviluppo del VoIP.

In una prospettiva più generale, il VoIP può essere considerato come un catalizzatore della definitiva transizione dalle reti telefoniche tradizionali alle nuove reti, basate sulla convergenza dell'intero mondo delle comunicazioni elettroniche e di cui la voce non sarà che una delle tante espressioni.

3.1.3 Le attività su reti e servizi IP: l'analisi della qualità del servizio e la misura QoS nell'IPTV

Nel 2005, la FUB ha dedicato particolare attenzione agli studi sulla QoS nelle reti IP, sia con un approccio di analisi del concetto della QoS (dal punto vista della rete e del cliente) sia con un approccio teorico e sperimentale sul test bed di rete IP Multiaccesso Multiservizio realizzato presso l'ISCOM.

- **Analisi della qualità del servizio nelle reti di telecomunicazioni**

La convergenza delle reti deve confrontarsi con l'esigenza della Qualità del Servizio, specialmente per quei servizi in cui l'utenza è abituata ad una eccellente percezione.

L'esempio più eclatante è quello delle trasmissioni televisive, specialmente nel momento in cui oggi c'è una forte richiesta di apparecchi TV a grande schermo. La trasmissione di segnali video su reti IP è uno degli esempi più eloquenti di convergenza di reti, ma proprio per le caratteristiche intrinseche del protocollo IP sono necessarie delle modifiche alle architetture delle reti IP convenzionali. Il protocollo IP nasce infatti come una tecnica di commutazione "senza connessione" e ciò significa che i pacchetti trasmessi da una utenza verso un'altra, in linea di principio, possono fare percorsi diversi e quindi possono giungere a destinazione con tempi diversi.

Se questa procedura non crea problemi per una trasmissione dati, risulta invece inadeguata per una trasmissione di tipo real time, in cui invece i pacchetti debbono rispettare alcune relazioni temporali.

Ecco quindi la necessità di introdurre delle particolari etichettature sui pacchetti, che verranno effettuate dagli apparati di commutazione, che permettono ai pacchetti stessi di fare percorsi prestabiliti, rispettando le esigenze richieste dal particolare tipo di servizio. Abbiamo quindi nelle reti non solo l'esigenza di introdurre delle particolari tecniche di etichettatura dei pacchetti, ma anche la necessità di dotarsi di tecniche per la misura e la verifica qualità del servizio.

Il concetto di QoS può essere definito come la capacità di un sistema di garantire livelli di servizio prestabiliti, differenziati per classe e tipologia, in regime di risorse limitate.

Il livello di QoS richiesto da un utente o caratteristico di un particolare servizio viene deciso sulla base di opportuni parametri e deve essere rispettato in accordo con il SLA (Service Level Agreement) stipulato tra *Service Provider* e utente.

Va osservato che quando si stipula un contratto questi deve essere rispettato non solo dal gestore, ma anche dall'utente. I parametri che definiscono la QoS sono principalmente sei: One Way Delay¹, Latency², Jitter³, Bandwidth⁴, Packet Loss⁵, Availability⁶.

¹ è il ritardo ad una via che un pacchetto sperimenta attraversando tutta la rete, dalla sorgente al destinatario

² si definisce latenza il tempo che intercorre tra la ricezione e l'inoltro di un pacchetto all'interno di un router

Le tecnologie Internet ed in particolare l'architettura protocollare IP, da un lato soddisfano in pieno i requisiti di flessibilità e scalabilità richieste, dall'altro però necessitano di significativi adeguamenti architetturali che consentano alle prossime reti di essere in grado di assicurare adatte prestazioni in termini di QoS e robustezza ai guasti. Per raggiungere questi obiettivi occorre lavorare su alcuni aspetti chiave come l'ingegneria del traffico, la differenziazione dei servizi e la differenziazione dei singoli utenti.

La gestione della rete deve essere accompagnata da un adeguato piano di controllo che tenga conto dei problemi di disponibilità di risorse e di tipologia di traffico offerto.

Lo scenario che si prospetta è quello di una rete ottica, eterogenea, multiservizio, basata sul protocollo IP e gestita in modo distribuito. Gli apparati di rete devono avere la capacità di instradare il traffico in modo veloce ed efficiente e soprattutto devono essere in grado di gestire in modo opportuno le politiche di QoS.

La gestione della QoS può essere realizzata direttamente a livello di etichettatura di pacchetti IP.

Ciò consiste nel contrassegnare opportuni campi dei pacchetti IP con etichette che sono lette dai router e che permettono quindi degli opportuni instradamenti ai pacchetti stessi realizzando una sorta di connessione. Oltre all'etichettatura dei pacchetti, per garantire la QoS occorre anche che per ogni tipo di servizio siano rese disponibili risorse dedicate (diverse code per diversi servizi).

Al momento quelle che ricevono particolare attenzione sono le tecniche Int- Serv (Integrated Service) e la DiffServ (Differentiated Service). In particolare specialmente la

³ variazione del one-way delay

⁴ è la misura della capacità di trasmissione dei dati ed è espressa generalmente in kilobit per secondo (Kbps) o megabits per secondo (Mbps). Bandwidth indica la teorica capacità massima di una connessione, molti fattori però possono influenzare questo dato.

⁵ con questo parametro viene misurata la percentuale di pacchetti persi calcolata facendo il rapporto tra quelli ricevuti e quelli inviati

⁶ indica la disponibilità di un determinato servizio in un arco di tempo prefissato

seconda, quando viene unita ad un'altra particolare tecnica di etichettatura denominata MPLS (Multi Protocol Label Switching è in grado di creare degli opportuni domini di rete in cui i pacchetti possono godere di percorsi prestabiliti), è quella che al momento trova maggiore interesse tra gli operatori.

Nella evoluzione delle reti, specialmente a livello locale e metro, sta oggi avendo un ruolo fondamentale la tecnologia Ethernet; le architetture di rete basate sul protocollo Ethernet per il trasporto di pacchetti IP direttamente su fibra ottica (Gigabit Ethernet, con velocità 1 e 10 GbE) rappresentano una soluzione semplice ed efficiente per superare il collo di bottiglia che storicamente limita la velocità di trasmissione dati fra reti locali e reti geografiche. Negli ultimi anni infatti, sistemi basati su connessioni GbE ottiche trovano impiego non solo per il collegamento in reti locali, ma anche per il collegamento diretto fra router che operano in reti metropolitane.

Il principale fattore limitante alla completa diffusione delle GbE deriva dalla mancanza di alcune importanti funzioni per la gestione e manutenzione della rete (OAM). Tuttavia oggi sono comunque presenti delle soluzioni ed altre proposte sono in fase di studio o verifica per migliorare la gestione e la manutenzione delle reti basate su Ethernet.

È da osservare che il controllo della QoS può anche essere gestito a livello Ethernet e questo non esclude un controllo fatto a livello IP.

- **I test di QoS con il test bed di rete IP Multiaccesso Multiservizio**

Con l'evoluzione strutturale in corso delle reti di telecomunicazione e il diffuso impiego del protocollo IP per la fornitura di servizi triple play (voce, video, dati/internet), è divenuta fondamentale l'introduzione di tecniche che consentano il controllo della Qualità del Servizio (QoS), in particolare nella rete di accesso, dove la disponibilità di banda è un fattore più critico. Per affrontare dal punto di vista tecnico, nel modo più approfondito possibile, alcuni temi tra cui l'interoperabilità, la TV su protocollo IP e la Qualità del Servizio (QoS), la FUB ha realizzato, in collaborazione con l'ISCOM (Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione), una rete multiservizio multiaccesso IP, dimensionata per operare in un ambito regionale e che permette di

garantire la qualità del servizio per servizi real time multimediali mediante una opportuna etichettatura dei pacchetti (DiffServ over MPLS), introducendo delle metodologie per la misura della qualità del servizio, sia con prove oggettive (che misurano parametri fisici come il ritardo dei pacchetti, la perdita dei dati e il throughput della rete) che con prove soggettive e cioè basate sulle valutazioni percettive. E' da sottolineare che sono proprio le prove soggettive che misurano la soddisfazione del cliente; infatti per i servizi real-time le prove oggettive non sono sufficienti in quanto la qualità di rete, come indicato dalle normative ITU, deve essere correlata alla qualità percepita dall'utente finale, parametro fondamentale per la fruizione di servizi multimediali.

Lo scenario che si può prospettare nel prossimo futuro è quello che tali servizi viaggeranno all'interno di una rete ottica eterogenea basata sull'architettura IP over GMPLS (Generalised MPLS, essendo il GMPLS una evoluzione della tecnica Multiprotocol Label Switching, MPLS), con nodi di rete in grado di instradare dinamicamente il traffico in base alle politiche scelte di gestione della QoS. Una tecnica molto promettente, e già impegnata con successo, è l'utilizzo del servizio di Virtual LAN utilizzando la tecnica Ethernet su MPLS, chiamato VPLS (Virtual Private LAN Service). Con il VPLS si raggiunge lo scopo di ottenere una maggiore semplicità di utilizzo e dinamicità dell'instradamento rispetto alle reti IP su MPLS.

La rete sperimentale che è stata realizzata, si inserisce perfettamente nel contesto delle reti nazionali moderne: infatti l'impiego del protocollo MPLS ripropone tutti i vantaggi di ATM su una rete IP, consentendo un approccio *Connection Oriented* su di un mondo che per sua natura è *Connectionless*. D'altro canto è necessario la tutela di stringenti caratteristiche per opportune tipologie di traffico, ed è qui che si fa strada l'approccio DiffServ che è stato implementato nella rete e che risulta essere il più utilizzato anche dagli operatori di IP-TV.

Con le prove soggettive si è introdotto un modo diverso di concepire la progettazione di una rete. Nasce la necessità di centrare la progettazione di una rete non solo sulle sue prestazioni ma anche sulla soddisfazione dell'utente finale.

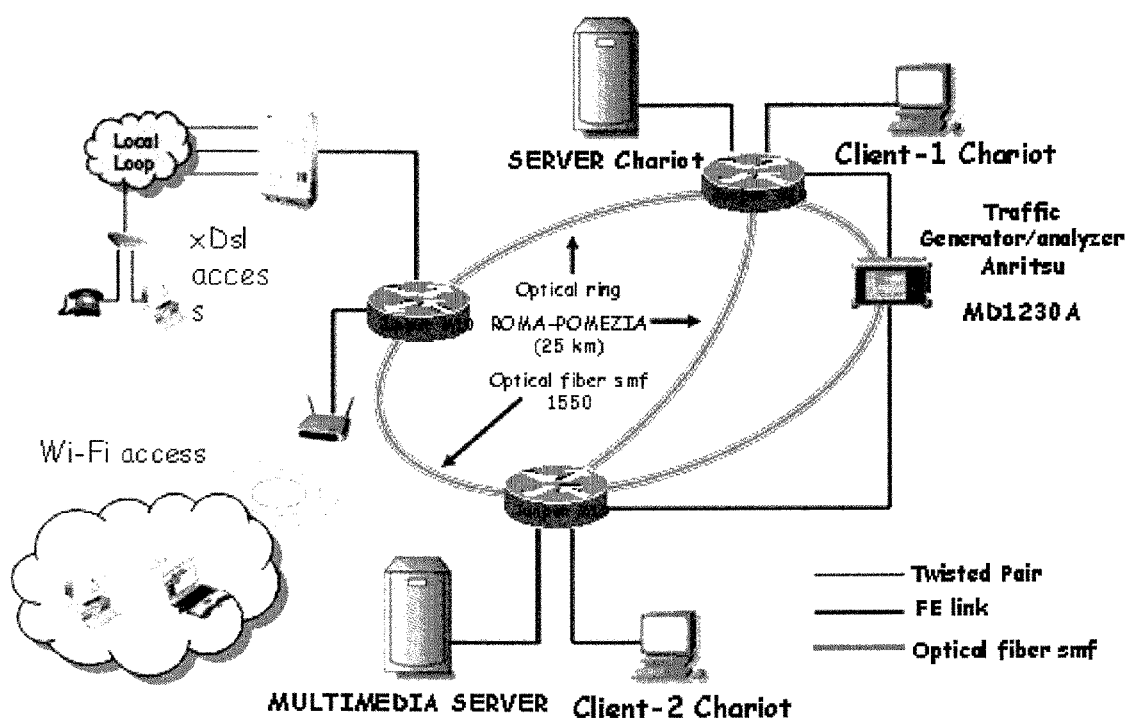
La rete realizzata è costituita da un anello ottico realizzato con le fibre contenute nel Poligono Sperimentale Ottico Roma-Pomezia (25 km). L'anello, di lunghezza complessiva

di 150 km è costituito da 3 core router (un quarto è stato aggiunto nel 2006) Juniper M10 aventi ciascuno due porte ottiche Ethernet 1000BaseLH operanti in terza finestra, più un analizzatore di traffico.

I router, che rappresentano i nodi della rete, possono essere connessi a dispositivi per l'accesso con interfacce 10/100 MbE. In particolare, al momento la rete è connessa ad un access point per WI-FI, ad un DSLAM-VDSL e ad un collegamento ottico in aria libera a 155 Mb/s che attualmente è utilizzato per il collegamento telefonico tra le sedi FUB situate a viale America e Via B. Castiglione a Roma, per una distanza complessiva di circa 2 km.

I router gestiscono i seguenti protocolli: RSVP, OSPFv3, MPLS-GMPLS, LDP, LMP, Ipv6. La gestione della Qualità del Servizio è effettuata mediante meccanismi di CoS (Class of Service) basati sul DiffServ Aware Traffic Engineering.

Schema del test-bed della rete multiaccesso multiservizio IP realizzato dalla FUB in collaborazione con l'ISCOM



Lo scopo dei test effettuati è lo studio del comportamento di una rete ottica dinamica⁷, dove è implementato il protocollo GMPLS, in presenza di una molteplicità di servizi le cui priorità vengono gestite mediante l'architettura DiffServ. In particolare tra i due core router sono stati implementati degli LSP (Label Switched Path) bidirezionali all'interno dei quali è stata opportunamente mappata l'informazione relativa alla gestione delle politiche di QoS. Le classi di servizio a cui è stato fatto riferimento nell'ambito di questo lavoro di sperimentazione sono: Expedited Forwarding (EF) che ha come obiettivo la fornitura di un servizio equivalente a quello ottenuto attraverso una linea virtuale dedicata, Assured Forwarding (AF) che ha lo scopo di differenziare il trattamento dei vari flussi in un dominio IP, con la possibilità per un operatore di rete di definire un insieme di livelli di trasferimento dei flussi Informativi, Best Effort (BE). Per la valutazione dei risultati e la configurazione delle CoS dei routers è stato fatto riferimento ad opportune metriche che stabiliscono i requisiti minimi di QoS per alcuni servizi.

Dopo una prima indagine basata su prove oggettive si è passati ad una analisi con prove soggettive, con l'intento di valutare il grado di correlazione tra le misure oggettive (jitter, data loss, one way delay) e la qualità percepita dall'utente. Per questo si è effettuata una analisi con prove oggettive e soggettive su dei filmati di ottima qualità inviati dal multimedia server verso i client.

I test per la valutazione della qualità soggettiva sono stati realizzati utilizzando metodologie standard (Raccomandazione ITU-R BT 500-11). È stato impiegato un campione di 20 valutatori, costituito da individui "non-esperti" e di età compresa prevalentemente tra i 18 e i 35 anni. I valutatori avevano a disposizione un dispositivo basato su un cursore che potevano azionare durante la visione del filmato indicando ad ogni istante il loro indice di gradimento.

⁷ Tale rete ben rappresenta una rete core, mentre per la completa simulazione di una rete MAN reale occorrono ulteriori sviluppi. Infatti alcuni aspetti legati al comportamento con un alto numero di utenti non sono facilmente riproducibili soltanto con il generatore di traffico. Occorrerà quindi nel futuro introdurre delle modalità per simulare ad esempio quelle criticità legate ai picchi di zapping creati dall'utenza e che nel caso di utilizzo di tecniche come l'ICC (Instant Channel Change) della piattaforma Microsoft IPTV possono creare notevoli problemi per la garanzia di disponibilità di banda.

Per le future attività si prevede di incrementare il numero di valutatori e soprattutto di studiare il comportamento di altre tecniche come il VOD e l'ICC (Istant Channel Ch'ange. Un servizio particolare su cui sono state già fatte molte analisi nel corso del 2006 riguarda la TV ad alta definizione su IP, e proprio questa tecnica evidenzia l'importanza della differenziazione dell'utente (garantendo una banda di almeno 20 Mb/s all'utente) oltre che alla differenziazione del servizio.

La sala per la valutazione delle prove soggettive



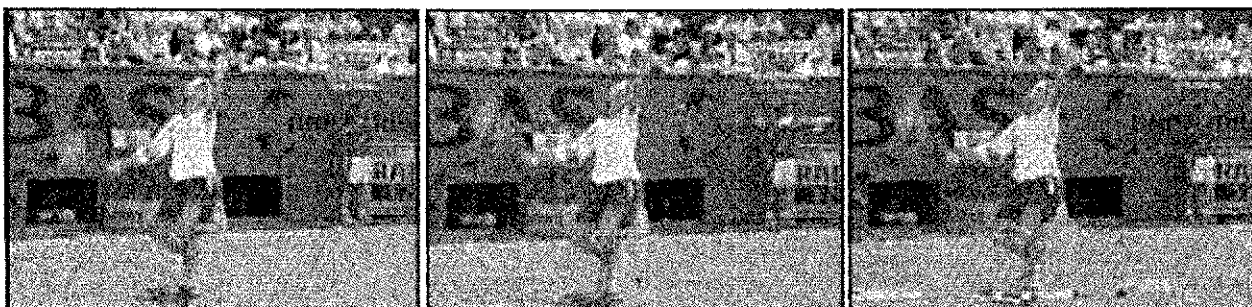
Una serie di test sono stati effettuati con lo scopo di valutare le prestazioni della rete rispetto ai parametri di jitter, throughput, one way delay e la differenziazione nel trattamento dei flussi appartenenti alle diverse classi di servizio. Tutti i test sono stati realizzati sovraccaricando la rete mediante un traffico differenziato in termini di CoS.

Nei grafici in fig. 3 riportiamo i risultati ottenuti nel caso di un servizio di Netmeeting, che essendo di tipo real-time richiede valori molto stringenti di perdita dei pacchetti, jitter e one-way delay.

Le immagini che seguono sono ottenute con i 3 etichettamenti dei pacchetti con la tecnica MPLS-DiffServ, nel caso di rete congestionata, per i casi EF (a sinistra), AF

(centro) e BE (a destra) e sono evidenti gli andamenti della qualità percepita dai valutatori.

Immagini ottenute con i 3 etichettamenti dei pacchetti con la tecnica MPLS-DiffServ



Nell'ambito degli studi della QoS su diverse architetture per la larga banda sono state prese in considerazione 3 diverse configurazioni di accesso: FTTx corrisponde ad una connessione in fibra che arriva all'interno di un edificio dove un piccolo router smista il traffico agli utenti mediante un cavo in rame UTP. E' ovviamente la soluzione con migliori prestazioni, ma anche quella oggi più costosa. Poi sono state considerate una configurazione WI-FI (802.11 b) e una configurazione basata sul doppino telefonico (VDSL).

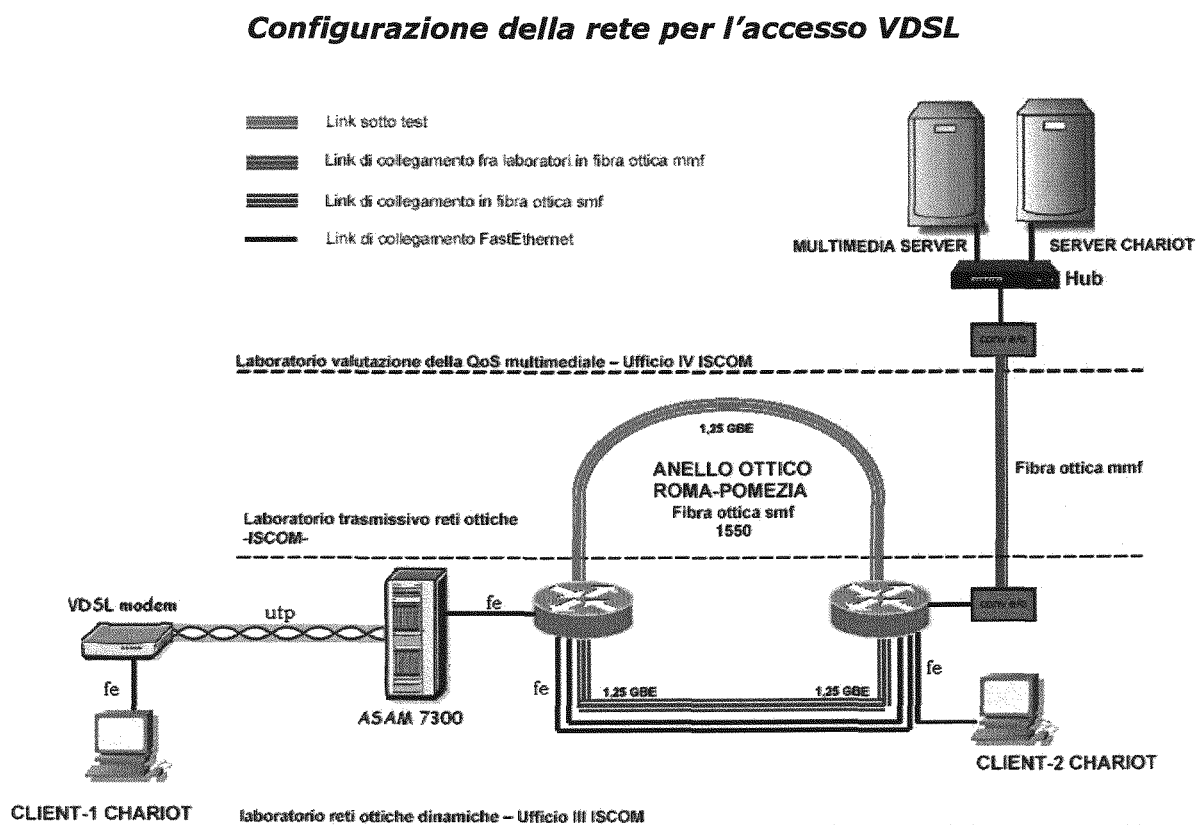
Come servizio di riferimento si è preso un filmato da DVD.

Per quanto riguarda i dispositivi di accesso, le analisi confermano ancora l'importanza dei sistemi xDSL, che nel futuro potranno trasportare bande sempre più ampie, ma anche la necessità di abbreviare il percorso del doppino per evitare quelle interferenze che potrebbero essere assai fastidiose nel momento in cui la IP TV avrà una diffusione sempre più pervasiva. Ecco quindi la necessità di portare la fibra sempre più vicina all'utente. Particolari test hanno mostrato l'importanza di una architettura del tipo FTTC (Fiber to the Curb) + VDSL che potrebbe abilitare l'utente con capacità compatibili con la TV ad alta definizione.

Sono stati fatti anche dei preliminari test su una architettura WI-FI basata su un access point WI-FI (802.11 b-g) che era connesso ad un router mediante una interfaccia USB 100 Mb/s. Le misure di QoS venivano svolte su un portatile a diverse distanze dell'access point, utilizzando anche in questo caso un film da DVD per il servizio IP-TV. Il risultato dei test mostra che la tecnica WI-FI mostra forte limitazioni per i servizi IPTV, specialmente in presenza di una condivisione di risorse.

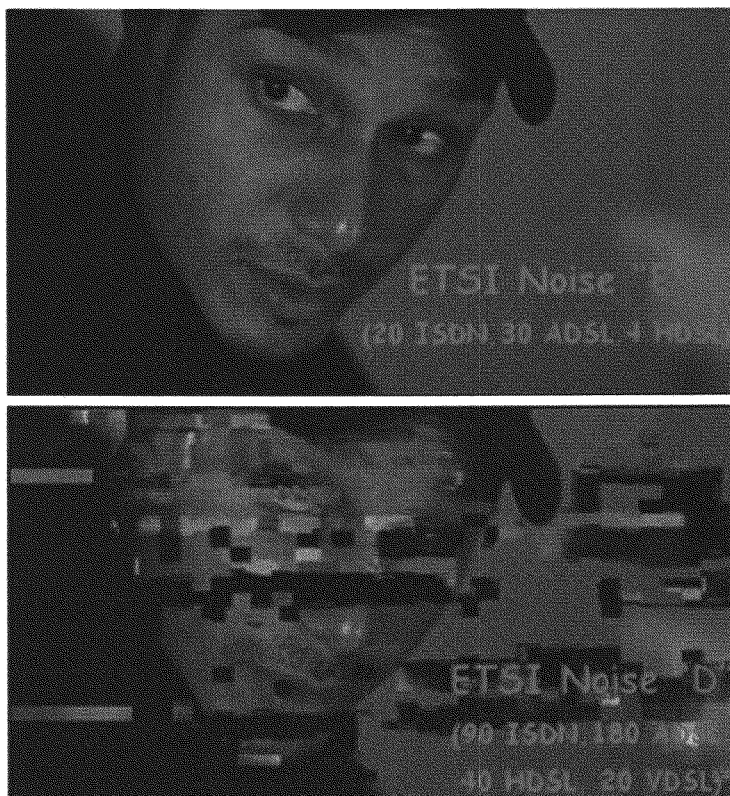
Nell'ambito di questa attività merita interesse lo studio fatto su un sistema VDSL ALCATEL ASAM 7300 in cui sono state testate trasmissioni downstream a 25 Mb/s su una distanza massima in doppino pari a 1300 m in diverse condizioni di traffico e servizi. In questo sistema è anche stato fatto uno studio su i livelli di interferenza dovuti alla diafonia, mostrando che la simultanea trasmissione in un cavo contenente molti doppini con flussi ad altissima capacità potrebbe rilevarsi come uno dei limiti maggiori per le tecniche xDSL nel caso della IPTV.

Lo schema seguente rappresenta la configurazione della rete per l'accesso VDSL:



Il sistema ha mostrato delle eccellenti capacità (fino a 28 Mb/s) per brevi distanze (centinaia di metri) e per bassi livelli di interferenza. Nella figura riportiamo un caso di immagini video su un accesso VDSL (PC connesso ad un modem VDSL, che si connetteva alla rete con un doppino in rame lungo 1300 m; le immagine video provenivano da un PC su cui girava un film da DVD e transitava nella rete per arrivare ad un router in cui era connesso il DSLAM VDSL). E' evidente come le immagini degradano in presenza di una forte interferenza e cioè con più canali xDSL sullo stesso cavo.

Immagini ottenute per l'accesso VDSL inserito nel test bed per due diversi livelli di interferenza nel cavo contenente i doppini telefonici (1300 m).



Altri studi, effettuati con l'ausilio di questo test bed, hanno riguardato la diffusione della tecnica Ethernet, a livello metro e core, mediante le tecniche di trasmissione Gigabit Ethernet (GBE).

Una delle principali evoluzioni che sta avvenendo nelle reti di telecomunicazioni è la sempre più pervasiva diffusione della tecnologia ETHERNET, prima a livello di LAN, ora sempre più a livello di MAN, specialmente con le trasmissioni Gigabit Ethernet (GBE), e con prospettive di una forte penetrazione anche a livello CORE, grazie soprattutto alle tecniche WDM a basso costo (CWDM).

La tecnica ETHERNET ben si adatta alle caratteristiche del protocollo IP e fornisce prestazioni con costi decisamente più bassi rispetto alle altre tecniche di trasmissione e commutazione, come ad esempio la tecnica SDH, permettendo un adeguato controllo della QoS, con altissime prestazioni e con funzioni di gestione della rete che saranno sempre più efficienti e dinamiche.

Per queste ragioni la FUB ha effettuato degli studi per vedere in quali segmenti della rete la tecnica GBE potrebbe portare ancora dei profondi benefici. Per una diffusione più capillare però della GBE è comunque necessario dotare questa tecnica di alcune caratteristiche OA&M (Operation, Administration and Maintenance), proprie ad esempio dell'SDH, che permettono l'alta affidabilità della rete. In particolare la protezione e il ripristino sono punti ancora deboli della tecnica ETHERNET che da sola non permette ad esempio tempi di ripristino comparabili con l'SDH (50 ms); questa limitazione renderebbe incompatibile una rete *All Ethernet* con le caratteristiche dei servizi real time. Ecco quindi la necessità di affiancare alla gestione ethernet opportune procedure che permettano ad esempio veloci ripristini in presenza di guasti o improvvisi cambiamenti nella configurazione della rete. Su questo tema la FUB ha testato delle tecniche di ripristino che permettono di fornire procedure di amministrazione e controllo confrontabili con la tecnica SDH. In particolare sul tema della gestione della rete a livello ETHERNET la FUB ha effettuato degli studi sul ripristino IP (OSPF e MPLS) e sta sviluppando delle soluzioni basate sul ripristino direttamente a livello ottico che consentono dei tempi di fuori servizio inferiori ai 50 ms.

Per verificare gli effettivi benefici che verranno dalla gestione di una rete sempre più a livello ottico, sono state inoltre implementate alcune funzionalità all'interno della rete core basate sulla tecnica Wavelength Division Multiplexing (WDM). In questo modo iniziamo a verificare l'evoluzione da una rete MPLS a una rete MPAS, dove il passaggio da