

Notiziario Tecnico

Archivio

2/2004

 **TIM**

Voce su IP: stato dell'arte del mercato e strategie

CRISTIAN COCOZZA
GIANNI TRAVAGLINI

L'articolo ha lo scopo di fornire un quadro sintetico, ma completo, della tematica Voice over IP che riassume in se aspetti di mercato, tecnologia e posizionamento strategico, senza scendere ad un elevato livello di dettaglio, ma puntualizzando e chiarendo tutti i principali punti.

1. Introduzione

La rapida crescita degli accessi Broadband che si sta verificando in Italia e nel mondo e che ha visto sino ad oggi, il fast internet come driver esclusivo per il mondo consumer e in parte anche per il business, sta oggi inducendo lo sviluppo e la diffusione di una serie di nuovi servizi, resi possibili dalle nuove architetture di rete IP realizzate per l'offerta dei collegamenti broadband.

La voce su IP è una di queste applicazioni e il numero di nuove offerte di fonia basate su questa tecnologia negli ultimi due anni è cresciuto velocemente nel mercato consumer. Il VoIP è per gli operatori TLC un'opportunità in quanto consente di ottimizzare le infrastrutture di rete facendole migrare verso soluzioni NGN (*Next Generation Network*) e di introdurre nuovi servizi a valore aggiunto e servizi multimediali integrati.

2. Servizi VoIP e modelli di business

In questo paragrafo vengono descritte le varie modalità di fornitura di un servizio VoIP in funzione delle varie tipologie di terminali utilizzati in ambito consumer e corporate, le modalità di accesso al SP (*Service Provider*) e i modelli di business che si possono presentare sul mercato.

Nel contesto del presente articolo si considerano servizi VoIP solo quelli in cui le chiamate vengono originate in IP già a partire dal terminale a casa del cliente; si esclude quindi il trasporto della voce su IP sul backbone come, ad esempio, quello realizzato da Telecom Italia (si veda l'articolo "*Il Backbone IP per i servizi telefonici*", *Notiziario Tecnico*, n° 1, 2004).

In ambito Consumer i servizi VoIP si distinguono, in funzione dei Terminali di Fruizione, in:

- *PC-to-PC*: questa configurazione è stata per anni la forma più semplice per effettuare le chiamate su IP. Il terminale è emulato tramite un softclient che viene installato su PC, laptop, PDA (*Personal Digital Assistant*), STB (*Set Top Box*) e qualsiasi altro dispositivo dotato di microfono e altoparlanti e che sia collegato alla rete IP. Il cliente utilizza il softclient per selezionare la persona con cui intende parlare da una lista di contatti e il client attiva la sessione utilizzando direttamente l'indirizzo IP del client che riceve la chiamata. Queste chiamate, in genere, viaggiano sulla Internet pubblica con qualità best effort e possono essere del tutto indipendenti dai SP (*Service Provider*) che offrono la connettività IP.
- *PC-to-Phone*: in questa modalità gli utenti possono effettuare le chiamate a partire dal loro PC dotato di softclient verso un telefono tradizionale ISDN/POTS (*Integrated Service Digital Network / Plain Old Telephone Service*) e, in alcuni casi,

anche ricevere chiamate generate da un telefono tradizionale sul proprio PC. Quando la chiamata è originata dal PC, il servizio di call management fornito da un SP (*Service Provider*) la indirizza verso un gateway che la inoltra sulla rete PSTN (*Public Switched Telephone Network*).

- **Phone-to-Phone:** in questa configurazione i terminali ai capi della connessione sono entrambi dei telefoni e viene quindi emulato il servizio telefonico così come si è abituati ad immaginarlo. I terminali potrebbero essere entrambi degli IP-Phone o dei telefoni tradizionali collegati tramite GTW/IAD (*Gateway/Integrated Access Device*) alla rete IP; in questo caso le chiamate viaggiano completamente su rete IP avvalendosi però di un servizio di call management fornito da un SP. Se invece uno dei due telefoni ai capi della connessione è collegato alla PSTN allora valgono le considerazioni fatte per il caso PC-to-Phone. Interessante notare che in teoria chi utilizza questo servizio potrebbe non avere un PC.

In ambito business/corporate il servizio VoIP può configurarsi nelle seguenti modalità:

- con linea ADSL collegata tramite modem/router ad un telefono (PSTN o IPphone) in casa del cliente (analogo all'ambito consumer); una modalità diffusa in ambito clienti microbusiness;
- con linea ADSL, GBE o fibra collegata ad un apparato PBX (*Private Branch Exchange*), IP-PBX o IPCentrex; modalità adottata dalle aziende medio/grandi. Le modalità con cui viene erogato questo tipo di servizio sono:

Unmanaged IP Telephony: l'azienda acquista i

PBX IP e li gestisce in proprio. La clientela target è costituita da imprese medio-grandi che vogliono i vantaggi del PBX locale e hanno le competenze per gestirlo. I principali Vendors di IP-PBX sono organizzati in modo da fornire assistenza completa a queste aziende;

Managed IP telephony: il SP fornisce il PBX IP e provvede alla sua gestione da remoto. La clientela target è rappresentata da imprese medio-grandi che preferiscono delegare a terzi la gestione del PBX e desiderano avere offerte con struttura di pricing semplici ed economiche;

Hosted IP-PBX: servizi forniti dal SP a partire da un IP-PBX situato nei propri locali. La clientela target sono le aziende con più sedi sul territorio. Questa soluzione più flessibile rispetto ad IP-Centrex, consente la gestione mista di PBX locali nelle sedi maggiori e di PBX hosted nelle sedi minori;

IP- CENTREX: servizi erogati direttamente dalla rete del SP. La clientela target è costituita da PMI in cerca di tecnologie più efficienti, semplici da gestire e poco costose. Questa tipologia di soluzioni è meno flessibile rispetto all'IP-PBX.

I servizi VoIP possono essere ancora suddivisi:

- **Servizi indiretti:** il SP, non gestendo l'infrastruttura di accesso, si limita a fornire il servizio di instradamento delle chiamate e gli eventuali VAS (*Value Added Services*), senza offrire anche l'accesso ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).
- **Servizi diretti:** il SP, controllando direttamente l'accesso fornito al cliente, offre tipicamente il VoIP in bundle con altri servizi come TV, video, fast Internet, realizzando così un modello tipo double o triple play. Il provider è in questo caso il gestore della rete di accesso IP (tabella 1) In questa categoria sono compresi i cable operators, i DSL (*Digital Subscriber Line*) providers, gli Operatori che utilizzano l'ULL (*Umbundling Local Loop*) e/o lo shared access e quelli che sviluppano una propria rete in fibra.
- **Servizi basati su Soft Client VoIP:** il servizio Voce di questo tipo è originato da un Device Multifunzione (es. PDA, PC, Gaming Consolle, ...) e le chiamate vengono originate e indirizzate sulla rete Internet senza costi aggiuntivi con la qualità Internet. Il Service Provider, in questo caso, non offre alcun servizio d'accesso, ma gestisce il VoIP come una semplice applicativo "Web based".

La tabella 1 riporta alcuni esempi di operatori e di offerte che ricadono nelle tipologie di servizio sopra definite.

Tipo di servizio		PC to PC	PC to PHONE	PHONE to PHONE
Modalità di accesso				
DIRETTO				ILIAD/FREE-Freetel FASTWEB AT&T-Call Vantage YAHOO BB-BB phone UNIDATA-Univoice ELITEL - Futura
INDIRETTO			NET2PHONE-PC to phone TISCALI - Netphone ABBEYNET-Repubblica Voice ECS-NET - Mytel	VONAGE SQUILLO NGL - Squillo
SOFTCLIENT	SKYPE Microsoft-MSN Messenger Cybertalk Online-Sharpvoice		SKYPE-Skypeout	

TABELLA 1 ▶ Operatori/offerte VoIP consumer per tipologie di servizio erogato.

Dal punto di vista dei modelli di business che si sono manifestati sul mercato e che hanno caratterizzato l'approccio commerciale dei SP, i servizi VoIP si possono classificare nelle seguenti quattro tipologie:

- *Do It Yourself (DIY)*: corrispondente al servizio PC2PC in cui il SP fornisce un software gratuito (scaricabile da internet), che permette di collegare in VoIP due PC aventi lo stesso software: in questo caso le chiamate sono gratuite. Il provider ha un ricavo indiretto dalla pubblicità e dai servizi aggiuntivi (modello attuato, per esempio, da Skype, Messenger).
- *ISP*: simile al precedente nel quale un *ISP (Internet Service Provider)* fornisce un proprio software (ed eventualmente un adattatore) al cliente per effettuare chiamate VoIP (PC-to-Phone e Phone-to-Phone) a pagamento. In questo modello i ricavi per l'operatore derivano dalla vendita dei servizi voce (per esempio Vonage, Abbeynet).
- *Double Play*: adottato dagli *OLO (Other Licenced Operator)* che forniscono un bundle tra connettività e servizi voce (VoIP Phone-to-Phone). L'OLO può disporre di una rete propria di accesso (per esempio BT, Teleunit) o utilizzare quella di un carrier provider (per esempio Cegetel, Elitel) o le offerte wholesale dell'incumbent (ad esempio ADSL wholesale) o l'accesso disaggregato alla rete (ULL e shared access). I ricavi per l'operatore derivano dalla vendita dell'accesso e dai servizi voce.
- *Triple Play*: è il modello adottato dagli *OLO Integrati* (per esempio Fastweb, B2), che posseggono una rete di accesso e un backbone in grado di veicolare servizi di TV via cavo/IP-TV, accesso a Internet e Voce (Phone-to-Phone) su IP. I ricavi derivano dalla vendita dell'accesso, dai servizi voce e dalla vendita dei contenuti TV e/o *VoD (Video on Demand)*.

3. Trend del Mercato

Le prime offerte di Servizi VoIP sono iniziate nel '98 e hanno riguardato, nel segmento Corporate, le offerte di *VPN-IP (Virtual Private Network- Internet Protocol)* e, nel segmento Internazionale, le offerte di Calling Card a codice e di Phone Center per le chiamate internazionali. Nel segmento consumer si sono, inizialmente, sviluppate soluzioni "Basic" basate su software per utilizzo Pc-to-PC che hanno rappresentato una nicchia di servizi ISP per pochi esperti. In parallelo si è avviato un processo di progressiva migrazione delle infrastrutture di rete degli operatori verso le infrastrutture integrate "Next Generation Network" del

tipo "All IP", sotto la spinta della razionalizzazione dei costi di gestione della rete.

Dal 2001 in Giappone, dal 2002 in USA e dal 2003/2004 anche in Europa, il VoIP è entrato nella nuova fase di servizi "Mass Market" e si sono sviluppate, sotto la spinta dei Newcomers, le prime offerte di Servizi Phone-to-Phone per il segmento consumer e per le SME, e ciò ha provocato l'immediata reazione da parte degli operatori incumbents che hanno, a loro volta, iniziato il lancio di proprie offerte VoIP.

NSR research ha previsto la timeline di figura 1 per la "discesa in campo" dei vari operatori nel VoIP dal 2004 in poi.

3.1 Il mercato VoIP in Giappone

Il mercato del VoIP in Giappone ha raggiunto le maggiori penetrazioni a livello mondiale. Il VoIP è iniziato nel 2001 e il leader in termini di quote di mercato è Yahoo! BB, società controllata al 100% da Softbank, grande banca giapponese entrata nel Broadband con l'acquisizione del portale Yahoo! Japan e con il successivo ingresso sul mercato dell'ADSL. Oggi Yahoo! BB è il concorrente principale di NTT sul BB con circa 4 milioni di utenti VoIP su un totale di più di 5 milioni di utenti (marzo 2004). Il successo del VoIP in Giappone è sostanzialmente determinato dai prezzi PSTN storicamente alti e dalla elevata diffusione del broadband con offerte di accessi DSL ad alta velocità. Questo, unitamente alla tradizionale predisposizione dei giapponesi per le novità tecnologiche, ha fatto sì che in Giappone si sia sviluppata, in anticipo

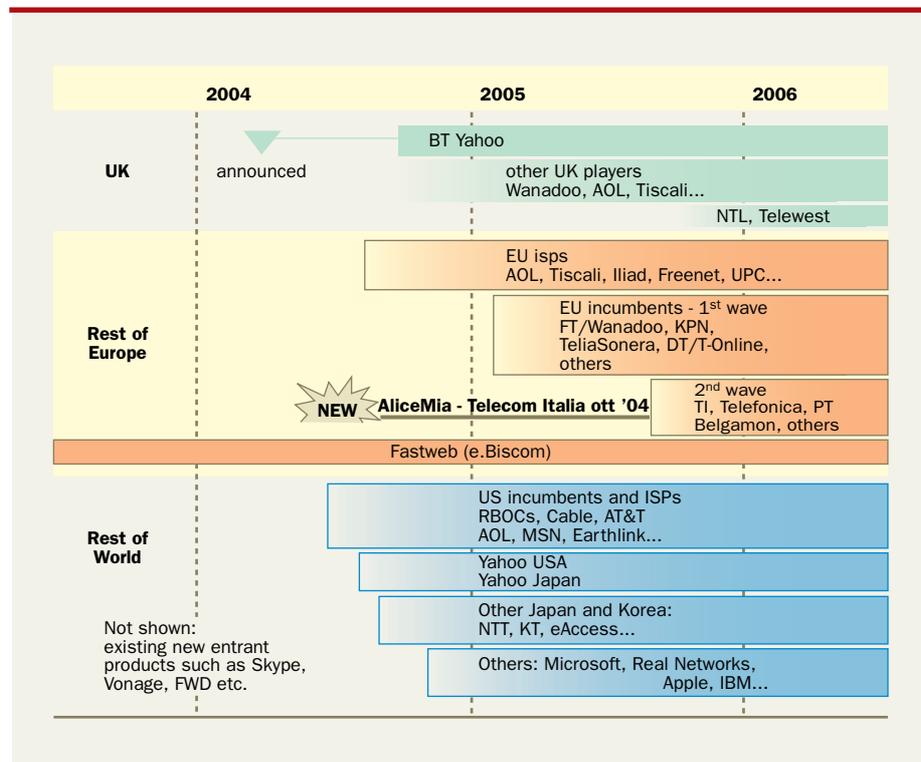


FIGURA 1 ▶ Timeline 2004-2006 per il lancio di nuove offerte VoIP nel mondo (fonte: NSR Research '04).

rispetto agli altri Paesi, la migrazione dei servizi voce sulle infrastrutture broadband.

L'offerta VoIP di Yahoo! BB - BBphone - (modello ISP, flat rate) consente risparmi fino al 50% rispetto alle tariffe dell'incumbent NTT; esiste anche una versione del servizio VoIP per il Business chiamata BBphone IP Centrex. Gli altri competitor di NTT che offrono servizi VoIP sono Fusion, con offerta flat rate e 1,9 milioni di clienti residenziali e servizi IP centrex per il business, KDD e Japan Telecom (con offerta price/min) e che sono anche fornitori di accesso BB.

3.2 Il mercato VoIP in USA

Si è sviluppata un'ampia gamma di offerte VoIP, ma la penetrazione sul mercato residenziale è molto più bassa di quella del Giappone. Lo sviluppo di servizi VoIP, sia per il Business che per il Consumer, avviene soprattutto sulla spinta delle offerte dei Nuovi *indirect access Provider* (Vonage, Net2Phone, Packet 8 e Skype). Gli Operatori Long distance (AT&T, QWest e MCI, Sprint), i Cable Operators (Cox, Comcast, Time Warner, ...) e le RBOC (Verizon e SBC) sono stati più attenti a difendersi, ma la grande richiesta di collegamenti DSL e Cable modem per l'internet veloce ha ampliato il numero dei potenziali utilizzatori del VoIP ed ha costretto questi operatori ad entrare nel mercato dei servizi VoIP, per non perdere clienti e ricavi.

Vonage, che recentemente ha raggiunto 200.000 clienti, detiene oggi la maggioranza della quota di mercato (circa il 75%) dell'accesso indiretto (si veda il riquadro "Vonage: l'offerta"). Con il

lancio (1° semestre 2004) delle nuove offerte retail da parte degli incumbent ILECs and IXC (come Verizon and AT&T) si prevede un calo di queste percentuali, anche considerando che il numero di clienti è ancora piccolo in valore assoluto rispetto al mercato totale della voce. Secondo Yankee Group gli indirect access Provider perderanno fino a 47 punti percentuali di quota a fine 2004 (passando dal 66% del 2003 al 19% del 2004).

Sempre secondo Yankee Group quello degli Alternative (*indirect*) Voice Providers in USA rimarrà un mercato di nicchia, rivolto al segmento *early-adopter*, sensibile al fattore prezzo abbinato all'utilizzo di servizi innovativi. Il mercato della telefonia POTS non subirà grandi minacce da questo tipo di operatori. La mancanza del controllo dell'ultimo miglio e della customer quality limitano fortemente il livello di servizio erogabile da questi operatori alternativi, che saranno penalizzati anche dal progressivo affollamento con l'ingresso di nuovi operatori in questo mercato. I veri competitor sono piuttosto i Cable operators che dispongono delle infrastrutture a larga banda, hanno già una base clienti molto sviluppata e l'organizzazione commerciale per gestirla. L'aggiunta della Voce in IP sulle loro infrastrutture li pone in una condizione migliore degli Alternative Voice Providers per competere con i Traditional Telco.

Il mercato dei servizi VoIP in USA si distingue in mercato PAY (PC-to-Phone e Phone-to-Phone) e in mercato Free (PC-to-PC).

Nel mercato PAY è particolarmente aggressiva Vonage con offerte di servizi a forte componente a valore aggiunto (VAS) sia per la clientela Consumer (a 25 \$/mese) che per gli SME (da 29,99 \$/mese

VONAGE: l'Offerta

VONAGE
THE BROADBAND PHONE COMPANY

Vonage opera nel segmento "PAY" (in alternativa al FREE) del mercato statunitense e si è contraddistinta per aver adottato da subito una strategia di prezzo aggressiva lanciando servizi, sia per la clientela consumer che per gli SME, facendo leva sui servizi VAS.

Caratteristiche dell'Operatore:

- Operatore: VONAGE;
- Tipologia Operatore: Indirect Access Provider;
- Brand: Premium Unlimited / Basic 500 Small Business Unlimited / Small Business Basic;
- Target: Consumer/ Small Medium Business;
- Tipologia Servizio: Phone to Phone
- Modello competitivo: ISP (solo servizi Voce);
- Tipologia di Accesso: VoIP (presuppone un Accesso BB Cable o Adsl).

Caratteristiche dell'offerta:

- servizi gratuiti: Fax Service; Voicemail, Caller ID with name, Call waiting, Call forwarding, 3-Way calling, Free in network calling, Area Code Selection, Call Transfer, Click-2- Call, Call return, Repeat Dialing;

- Servizi opzionali: Virtual phone Number, Fax Services, Multiple Phone Numbers;
- Apparato IAD in comodato d'uso (Motorola, Cisco);
- soluzione di rete (Cisco, Dynamicsoft, Iperia);
- protocollo SIP;
- gestione STS da portale;
- billing on line;
- uso Softphone.

Pricing:

- Offerte Consumer:
Premium: 24,99 \$ /mensili per tutte le chiamate vs USA e Canada;
Basic 500: 14,99 \$ per 500 minuti di conversazione vs USA e Canada
- Offerte SME:
Small Business Unlimited Plan: 49,99 \$/ mensili vs USA e Canada;
Small Business Basic Plan: 39,99 \$ per 1500 minuti di conversazioni vs. USA e Canada.

semiflat a 50 \$/mese flat). Le altre società attive sul segmento PAY (ad esempio Net2Phone e Packet8, VoicePulse) propongono pacchetti flat aggressivi (da 10 a 20 \$/mese) ma senza enfasi sui VAS; queste, come Vonage, sono tutte indirect access provider e adottano il modello di business tipo ISP. Una nuova tipologia di offerta - WiFi phone service - è stata annunciata da IDT, società che, come Net2Phone, ha sede a Newark e che, attraverso la piattaforma VoIP di Net2phone, intende lanciare questo nuovo tipo di servizio in cui il cliente potrà effettuare chiamate VoIP dalle aree WiFi, senza dover necessariamente possedere una connessione Broadband personale.

Nel mercato Free operano Providers quali Skype, Freeworld e Sip Phone. Skype in particolare offre servizi di "VoIP peer-to-peer" con un approccio simile a quello di Kazaa (download di musica) dovuto anche alla presenza nel board di Skype di un co-fondatore di Kazaa. Skype dichiara che, a settembre 2004, 24 milioni di utenti (a dicembre 2003 erano 1 milione) hanno scaricato il Sw per la chiamata VoIP.

Il 2004 è l'anno in cui i carrier (Cable, ILEC, RBOC) hanno risposto con le prime offerte VoIP retail, di tipo sia ISP che double play, all'aggressione degli alternative (indirect) VoIP providers e il 2005 dovrebbe vedere il consolidamento di questa tendenza. AT&T e Qwest hanno pianificato l'espansione della copertura territoriale delle loro offerte consumer VoIP entro la fine del 2004. Verizon ha lanciato a giugno 2004 "Voice Wing", offerta VoIP inclusiva dell'offerta di accesso BB per il consumer. SBC e BellSouth puntano alle offerte VoIP per la clientela Business. Yankee Group stima che entro il 2005 le offerte degli Operatori tradizionali di telecomunicazioni negli USA avranno acquisito circa il 25% del mercato dei servizi consumer VoIP.

La tabella 2 riassume alcune offerte dei diversi tipi di operatori presenti sul mercato USA.

Mentre il 2004 è stato l'anno di start up per il consumer VoIP dei Telco, nel business i Telco sono stati i promotori del VoIP e, ad oggi, ne detengono ancora la quota di mercato maggiore.

AT&T ha lanciato già nel '97 offerte VoIP per il business e oggi offre una serie di soluzioni personalizzabili e scalabili dal "do-it-yourself" per lo SME all'AT&T fully managed" del Large Enterprise. AT&T sta pianificando anche una versione dell'offerta Call Vantage per lo SME. Verizon ha pianificato un potenziamento della sua rete nazionale Packet/IP e offre Managed VoIP Service per il large

Enterprise, e sta ampliando la copertura del servizio IP Centrex per lo SME.

3.3 Il mercato VoIP in Europa

Le chiamate VoIP terminate su reti commutate (fisso e soprattutto mobile) devono pagare gli stessi costi di terminazione delle chiamate standard. Ciò lascia uno spazio minore per una strategia VoIP basata solo sul prezzo, infatti in Europa non sono ancora presenti indirect access provider paragonabili a Vonage.

In Europa il VoIP Consumer si sta sviluppando più in un logica di tipo "Double Play" o "Triple Play" che come servizio ISP, e sembra orientato più ad evolvere verso una competizione basata sulle infrastrutture e sui servizi/contenuti che ad una competizione basata solo sul pricing, con l'obiettivo di incrementare la fidelizzazione della clientela e l'ARPU.

Sul Business ci sono diversi operatori principalmente focalizzati sulle SME. FTTB (Fiber To The Building) providers (come FastWeb e B2) e alcune delle maggiori Cable companies dominano oggi il mercato del direct access VoIP in Europa. Comunque il numero di clienti è ancora relativamente basso (poche centinaia di migliaia).

Gli OLO stanno sviluppando offerte basate su

Operatore	Offerta VoIP	Accesso BB	Apparati CPE	Rete/ Piattaforma	Target	Prestazioni
AT&T	"Call Vantage" Num. Overlay, Flat rate in USA	Qualsiasi accesso BB (Cable/ADSL)	IAD (in comodato)	Proprietaria AT&T	Consumer (USA)	Gestione STS da portale, Billing on line
VONAGE	"Vonage Digital voice" flat rate in USA, Num. overlay per ADSL	Qualsiasi accesso BB (Cable/ADSL)	IAD Motorola Cisco (in comodato)	Cisco, Dynamicsoft Iperia	Consumer/ SME (USA & Canada)	Gestione STS da portale, Billing on line, Softphone Protocollo SIP
SKYPE	"Skype" (PC2PC) gratuite "Skype Out" (PC2Phone) Tariffe Minutarie	—	—	Architettura P2P	Consumer (Worldwide)	Client SW compatibile con Windows
BROADW OX DIRECT	Flat rate; num. overlay	Qualsiasi accesso BB (Cable/ADSL)	IAD Sipura (in comodato)	Cisco, Lucent	Consumer (USA & Canada)	Gestione STS da portale, billing on line
AT&T	"AT&T with VoIP" Flat rate US call	AT&T BB access	Router Cisco	Proprietaria AT&T	Sme/Large (USA)	Unmanaged, dialing plan, Qos, single access Voice Fax and Data

TABELLA 2» Le offerte dei diversi tipi di Operatori presenti sul mercato USA.

ADSL wholesale; ULL e shared access e gli Incumbent stanno reagendo alla concorrenza degli OLO con le loro prime offerte VoIP a scopo prevalentemente difensivo, ma stanno preparandosi alla competizione sui servizi integrati e più evoluti.

Nella figura 2 si evidenzia l'evoluzione delle offerte double e triple play dei principali operatori in Europa.

BT ha lanciato nel dicembre del 2003 un servizio di seconda linea telefonica per la clientela Residenziale (BT Broadband Voice Service) a 9,62

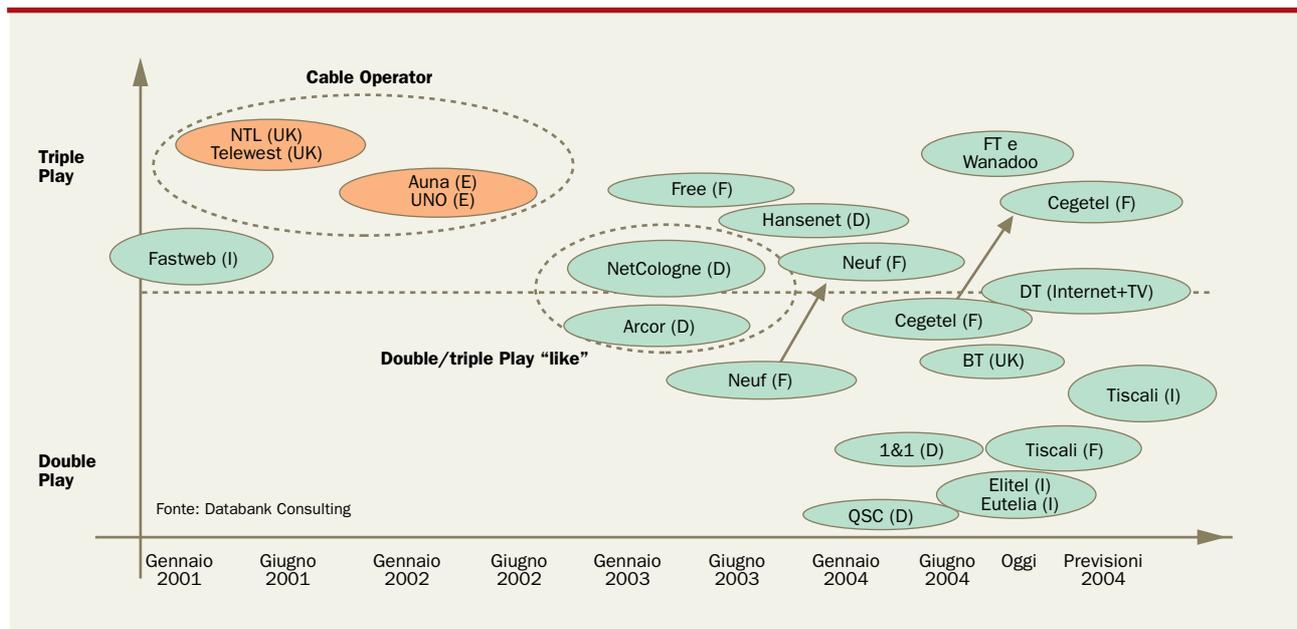


FIGURA 2 L'evoluzione delle offerte del double e triple play dei principali Operatori in Europa.

euro/mese per rispondere alla concorrenza dei Cable Operators e ha sviluppato "BT Communicator", un nuovo servizio per gestire tutte le comunicazioni di casa tramite PC, che include l'impiego del VoIP. Utilizzando l'Instant Messenger di Yahoo sarà possibile effettuare chiamate PC to phone, Internet call waiting, directory lookup, phone calls, emails, instant messaging e text messages. Per il mercato business, BT offre servizi di Hosted IP Telephony, servizio che garantisce diversi benefici in termini di multimedialità ed applicazioni XML ma anche in termini di riduzione dei costi come ad esempio quelli pressochè nulli per le chiamate "on net" tra i siti dei clienti. A maggio 2004 BT ha annunciato il progetto Bluephone in partnership con Vodafone: si tratta di un telefono cellulare compatibile sia con le reti di terza generazione che con le tradizionali reti GSM in grado di passare automaticamente ad un accesso radio Bluetooth quando si trova sotto copertura di un AP (Access Point) Bluetooth, fornito da BT ai propri clienti residenziali e business e connesso alla rete via linea DSL.

France Telecom ha reagito alle offerte consumer VoIP dei concorrenti Free, Neuf Telecom e Cegetel, lanciando, a giugno 2004, un'offerta double play VoIP su ADSL (Illimité /Appelle liberté). L'offerta prevede anche servizi di unified messaging e di video telefonia e si basa su un HAG (Home Access Gateway) integrato e multifunzionale. La competizione è appena iniziata, il gioco a tendere sembra svilupparsi verso il modello Triple Play dove France Telecom ha incominciato a "scaldarsi" i muscoli con l'offerta Maligne TV in partnership con TPS.

Per il mercato business FT commercializza Service e-telephony: soluzione di comunicazione multimedia (voce, dati, video) che funziona sia sull'infrastruttura IP di France Telecom che di Equant.

4. I valori del mercato VoIP Worldwide

Una recente analisi sul mercato VoIP di Ovum, agosto 2004, prevede che gli utilizzatori del servizio VoIP Consumer cresceranno dai circa 16 milioni di utenti al 2004 a circa 197 milioni di utenti nel 2008, la metà dei quali utilizzerà servizi gratuiti di tipo PC2PC (Skype like).

In termini di valore, Ovum (figura 3) stima che il mercato mondiale del consumer VoIP raggiungerà 15 miliardi di dollari nel 2008 (circa il 6% del totale mercato della voce), con una forte prevalenza dei ricavi dalla modalità di Accesso Diretto (circa 9 miliardi di dollari). In USA metà delle revenue saranno acquisite dai cable operator.

In termini di distribuzione per aree geografiche Ovum stima che, per il consumer VoIP, il 2004 sia caratterizzato da un'alta percentuale di utilizzatori in Asia-Pacific (45%) legata al successo dell'offerta Yahoo!BB in Giappone, mentre la quota USA (20%) è legata ad un mix di offerte di diverso tipo (direct e indirect Access VoIP provider). Nel 2008 la situazione cambia considerevolmente: l'effetto Yahoo!BB è meno apparente, c'è una crescita della quota USA (26%) dovuta ai Cable Operators ed un incremento della quota China-India, tipica di un mercato vergine (*greenfield market*) per le TLC. In Europa si prevede una crescita allineata a quella USA (+6%) anche se a partire da valori più bassi (15% nel 2004).

Il traffico VoIP è in costante crescita, nel 2000, secondo Telegeography, il traffico telefonico internazionale VoIP rappresentava il 4% del totale traffico internazionale PSTN mondiale. Nel 2003 questa percentuale è balzata al 13%. IDC riporta una stima vicina a questa, anche se inferiore con un volume di traffico VoIP nel mondo, al 2004, pari a circa il 10% del traffico voce totale (internazionale e nazionale).

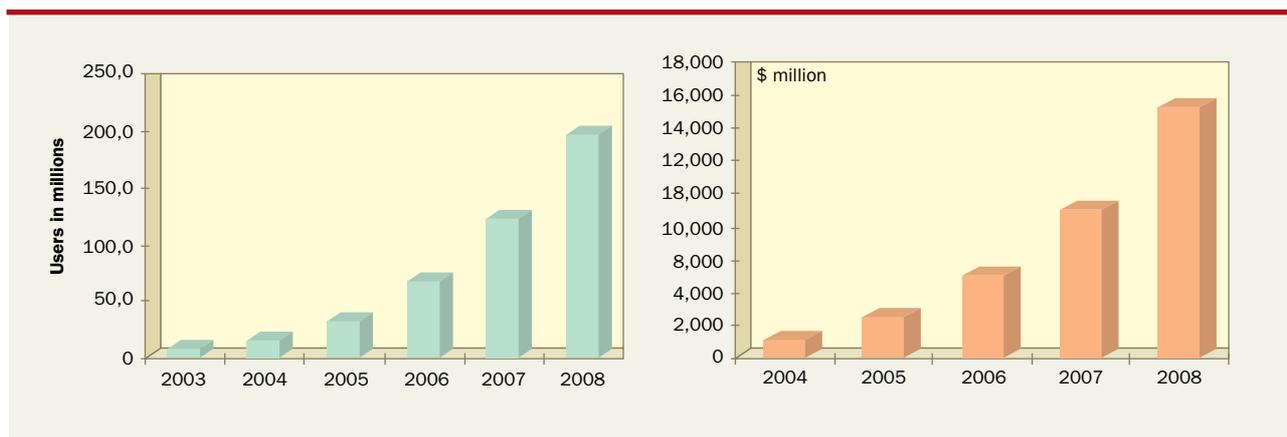


FIGURA 3 Utilizzatori e ricavi di servizi consumer VoIP nel mercato mondiale.

In termini di penetrazione del servizio VoIP Consumer rispetto al Broadband gli analisti indicano che, nel medio termine (2007-2010), in Giappone gli utenti VoIP potrebbero raggiungere fino al 25% del totale clienti broadband, in USA circa il 18%, mentre in Europa dovrebbero raggiungere in media il 15% (in Svezia, 13% in UK e il 9% in Italia).

Secondo le previsioni Ovum, a partire dal 2005, il mercato VoIP business Worldwide subirà una notevole accelerazione in termini di clienti e di ricavi e ciò sarà dovuto in larga parte alla diffusione di soluzioni IP-Centrex che supereranno in termini di ricavi e numero di linee le più consolidate soluzioni Hosted IP-PBX dedicate al Large Business (tabella 3).

In ambito VoIP Business, i servizi di tipo CPE-based (soluzioni unhosted), che prevedono la presenza presso l'azienda del PBX sono ad oggi i più diffusi e richiesti soprattutto dalle grosse corporate. Gli Analisti però prevedono per i prossimi anni una forte crescita delle soluzioni di tipo Hosted IP-PBX e IP-Centrex in cui è il SP a fornire i servizi di IP-Telephony dalla propria rete IP, nel primo caso sfruttando IP-PBX dedicati per il singolo cliente ospitati nei propri uffici, nel secondo caso utilizzando i soft-switch e gli application server della propria rete.

Gli analisti sono concordi nel dire che lo sviluppo del VoIP è un'onda destinata a crescere: Gartner ha previsto che, nel mondo, almeno l'80% delle aziende utilizzerà il VoIP nei prossimi 5 anni, attraverso soluzioni IP-VPN e Call Center e con la diffusione dell'IP-Centrex maggiormente nello SME.

Nel segmento Business il VoIP è già utilizzato da anni nel segmento large enterprise e si sta espandendo verso il medium e lo small business.

Un'interessante indagine di AT&T sulla percezione e propensione all'utilizzo del VoIP nelle aziende (WorldWide) di medio/grandi dimensioni (intervista a 254 manager, da product manager a CIO, appartenenti ad aziende di diversi settori di attività, nel mondo) indica che il 43% delle aziende intervistate sta già utilizzando, testando o pianificando di implementare il VoIP nei prossimi 2 anni, il 18% pensa di implementarlo più a lungo termine. Per l'87% delle aziende intervistate la riduzione dei costi sembra essere la motivazione principale che spinge le aziende all'utilizzo del VoIP. Lo stesso campione identifica nelle chiamate intra-company l'utilizzo maggiore (36%) delle applicazioni VoIP, anche se l'uso previsto per chiamate off net verso clienti (25%), fornitori (22%) e remote workers (21%) è consistente. Benchè ormai la qualità dei servizi VoIP per il business sia molto simile a quella

della PSTN, le aziende vedono in questo ancora il maggiore fattore di criticità (64% degli intervistati mentre il 43% considera il VoIP una tecnologia ancora immatura).

In Europa, così come per i servizi VoIP Consumer, anche per l'IP-Centrex il trend di sviluppo segue di 1-2 anni il trend worldwide. Anche qui le soluzioni IP-Centrex si svilupperanno con tassi elevati superiori a quelli dell'Hosted IP PBX. Al 2008 Ovum stima che il 20% dei ricavi dell'IP-

World	2003	2004	2005	2006	2007	2008	CAGR
Revenues (\$ million)							
Total IP centrex revenues	35,9	97,2	418,9	1.254,0	2.679,5	4.578,3	162,0%
IP centrex service rental	18,6	52,5	233,2	712,6	1.535,0	2.633,9	166,2%
IP centrex call revenues	17,3	44,7	185,7	541,5	1.144,5	1.944,3	156,8%
Total hosted IP PBX revenues	92,2	157,7	331,8	686,9	1.277,0	2.089,1	90,8%
Hosted IP PBX service rental	54,8	96,6	207,8	435,9	813,4	1.336,3	92,8%
Hosted IP PBX call revenues	37,4	61,1	124,0	251,0	463,6	752,8	87,4%
Extensions (000s)							
Installed base							
IP centrex	82,0	256,6	1.206,9	3.254,5	6.493,5	10.819,7	154,8%
Hosted IP PBX	170,1	336,3	747,8	1.540,3	2.801,9	4.530,8	91,6%

TABELLA 3 Il mercato mondiale dei servizi IP Centrex e Hosted IP-PBX.

Centrex mondiale e circa il 25% dei ricavi dell'Hosted IP-PBX complessivo a livello mondiale saranno in Europa.

dosi prevalentemente al mercato Consumer raggiungerà 270 milioni di euro nel 2008.

5. Scenario Italia

In Italia il mercato retail ha visto sino al 2003 una prevalenza di operatori VoIP attivi sulle offerte per il mercato Business, mentre il 2004 si sta rivelando come l'anno del vero start up per le offerte VoIP consumer da parte soprattutto dei medi operatori.

Il mercato ADSL, riconosciuto come il maggiore fattore abilitante, insieme all'ULL (Unbundling Local Loop), per lo sviluppo del VoIP è in forte accelerazione dal 2003 (2,15 milioni di accessi di cui 1,65 milioni di famiglie); accelerazione che caratterizzerà anche il 2004 (a giugno raggiunti oltre i 3 milioni di accessi, di cui circa 2,5 milioni di famiglie).

L'ULL è in forte crescita soprattutto per accessi ADSL: previste (a fine 2004) 900 - 950.000 linee ULL di cui 461.000 per dati (+ 90%).

Le soluzioni VoIP su ADSL sono implementate dagli OLO di fascia media (Elitel, Eutelia, Tiscali, ...) che stanno riposizionandosi come operatori IP e puntano a sfruttare il VoIP per aumentare le loro market share. In questo contesto competitivo i maggiori OLO (Wind e Albacom) non sono ancora entrati nel mercato del consumer VoIP, mentre Telecom Italia ha appena lanciato la sua offerta *Alice Mia* per il Consumer (si veda il riquadro di approfondimento "*Telecom Italia: Alice Mia*").

In Italia l'unico operatore che offre servizi IP-TV (Internet protocol -Television) in logica Triple Play è Fastweb (151.000 clienti dotati di IP-TV STB e 417.000 clienti totali a giugno 2004). Fastweb propone un'offerta premium per l'utenza di fascia alta sfruttando l'immagine di operatore ad alta velocità integrato con l'offerta di contenuti di TV digitale, sia broadcast che interattiva.

5.1 Il mercato VoIP in Italia

Per i ricavi del servizio VoIP in Italia, Gartner Group, prevede una crescita nel periodo 2004-2008 da 150 a circa 600 - 700 milioni di euro (CAGR del 18%), che porta a raggiungere il 5% dei ricavi totali Fonia nel 2008 (figura 4); la stima include i ricavi da chiamate VoIP quali IP Adsl, IP PBX, offerta IP Centrex ed esclude il traffico delle calling card (Fonte Gartner Group, ottobre 2004).

Segmentando il mercato del VoIP nelle sue diverse componenti tecnologiche (Voice IP, IP PBX e IP Centrex) prevale una forte presenza del Voice IP (incluse soluzioni Voice over ADSL) che rivolgen-

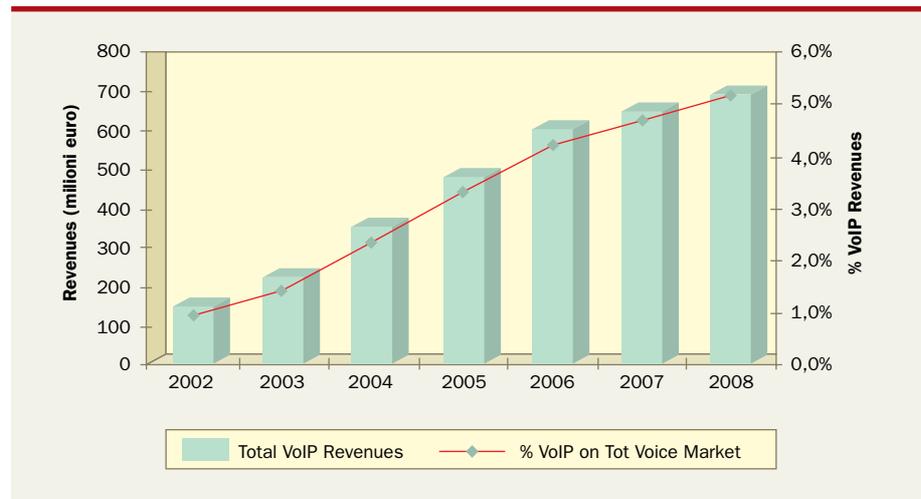


FIGURA 4 L'andamento dei ricavi del VoIP retail in Italia (fonte: Gartner Group, 2004).

L'introduzione di soluzioni IP PBX e IP Centrex cambia il mix dei ricavi (con ricavi per IP PBX e Centrex da 105 milioni di euro nel 2004 a 250 milioni di euro nel 2008) con una incidenza percentuale attesa in 4 anni del 43% sul totale VoIP (figura 5).

La suddivisione dei ricavi per tipologia di servizio indica (Fonte Gartner Group, ottobre 2004) che:

- il modello *PC-to-PC* (DIY) rappresenta il 10% del Totale VoIP revenue nel 2004, derivante da licenze SW e tempo di connessione;
- il *PC-to-Phone* rappresenta il 70% del totale VoIP revenue nel 2004, dovuto ad un margine maggiore delle offerte PC to PC ed una mag-

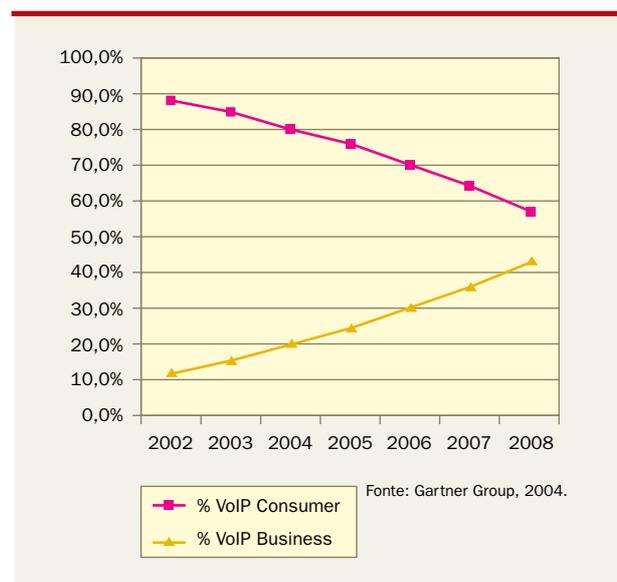


FIGURA 5 Il mercato italiano retail VoIP.

Telecom Italia: ALICE MIA



Caratteristiche dell'Operatore:

- Operatore: Telecom Italia;
- Brand: Alice Mia;
- Target: Consumer;
- Tipologia Servizio: Phone to Phone;
- Modello competitivo: Double Play;
- Tipologia di accesso: VoIP su ADSL.

Caratteristiche dell'offerta:

- 3 linee telefoniche (1 su RTG e 2 in VoIP su ADSL);
- fino a 3 conversazioni contemporanee;
- fino a 5 numeri telefonici "personali" + 1 n. telefonico "familiare", ciascuno dei quali associabile ad un cordless;
- servizi aggiuntivi gratis gestibili in modo personalizzato su ogni n° telefonico;
- Connessione ADSL a 640 Kbits o superiore;
- 5 connessioni Internet WI-FI contemporanee alla voce;
- Apparato modulare IAD costituito da:
modem Alice Gate (con funzioni di

modem ADSL con interfacce USB e ETH);
modulo WiFi (con gestione d'interfaccia verso i terminali cordless WiFi);
modulo DECT (con gestione d'interfaccia verso i terminali cordless DECT).

Servizi aggiuntivi forniti:

- Trasferimento di Chiamata;
- Autodisabilitazione chiamate uscenti a chiave;
- Segreteria telefonica centralizzata (notifica via SMS);
- Identificatore Abbonato Disturbatore;
- Identificazione del chiamante (Chi è);
- Blocco dell'Identificazione del Chiamante (BIC);

- Override 400, 405;
- Richiamata su occupato (servizio 5);
- Ascoltami su occupato (servizio 3);
- SMS/EMS;
- 4* (4 Star);
- VAD;
- 4888 Pay For Me;
- Invio messaggi Accesso a servizi a carta;
- Documentazione dei consumi (distinta numero);
- AURL (intercezione per Autorità Giudiziaria).

Pricing:

- ALICE MIA: 4,95 euro/mese addizionali sul costo dell'accesso ADSL;
- Il contributo di attivazione è di 28 euro (è gratis per i clienti Alice).



Smart card e Moduli WiFi e base di Alice Mia.

giore penetrazione nel mercato rispetto al modello phone to phone;

- si prevede che gli attuali utilizzatori del pc to phone migreranno verso soluzioni Phone-to-Phone nel medio termine, raggiungendo il 55% del totale VOIP Revenues nel 2008.

Inoltre, nel medio termine si prevede che circa il 20% dei clienti Consumer Broadband (figura 6) adotteranno soluzioni VoIP, grazie ai risparmi potenziali (20%-30% sulla bolletta) che offriranno queste soluzioni per la PSTN.

Per gli operatori OLO in Italia, il VoIP double play costituisce un'ottima opportunità per aggredire il ricco mercato, Consumer e Business, della offerta integrata ed erodere quote di mercato all'incumbent. Molti di questi operatori sono presenti nel mercato business da tempo, mentre le offerte consumer VoIP

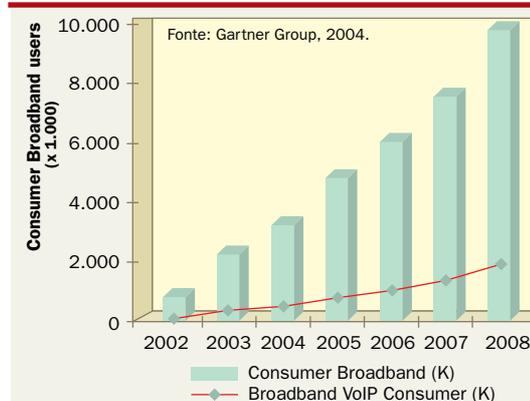


FIGURA 6 Il mercato italiano retail Broadband VoIP.

sono più recenti e più innovative. Tali operatori hanno un differente posizionamento di offerta sui servizi VoIP in dipendenza delle loro infrastrutture e quindi del livello di investimenti fatti. In particolare nelle figure 7 e 8 sono rappresentati rispettivamente agli operatori presenti in Italia e le loro offerte di servizio sul segmento Consumer e Business con i rispettivi modelli di offerta e di pricing.

6. Servizi

Utilizzare la tecnologia VoIP significa anche, e soprattutto, abilitare lo sviluppo di prestazioni innovative. In particolare l'affermarsi del protocollo SIP, pensato per lavorare su reti IP, porta con se una notevole flessibilità nello sviluppo di nuovi servizi ed applicazioni a partire da alcune funzionalità/servizi di base come:

- **Presence:** consente di conoscere lo stato di disponibilità di un utente, ad esempio fornendo indicazioni sulla sua presenza o meno in azienda, oppure indicando se al momento sta lavorando al suo PC o se è raggiungibile sul cellulare e così via;
- **Registrazione:** notifica alla rete (al momento dell'attivazione) che un certo utente è raggiungibile ad un certo indirizzo IP;
- **Identificativo unico:** ogni utente è caratterizzato da un identificativo logico detto SIP URL o indirizzo SIP, che lo identifica univocamente attraverso le varie applicazioni;

- **Mobilità utente:** grazie alla procedura di registrazione, la rete sa instradare dinamicamente le chiamate verso il terminale da cui l'utente ha effettuato la registrazione ovunque esso sia;
- **Forking:** quando un utente è registrato su più terminali contemporaneamente, i server in rete instradano le chiamate su tutti i terminali secondo un ordine prestabilito (ad esempio dall'utente).

Utilizzando queste funzionalità e sfruttando l'integrazione tra sistemi di comunicazione e sistemi informativi si può sviluppare un'ampia gamma di servizi innovativi pensati per il mercato business (aziende, health care, pubblica amministrazione) e residenziale, quali:

- **STS (Servizi Telefonici Supplementari):** che vengono replicati simulando la stessa logica di servizio delle reti tradizionali;

- **Real-time call management:** l'utente decide se, dove e come ricevere le chiamate e i messaggi a lui indirizzati. L'utente potrebbe, ad esempio, attraverso un'interfaccia web impostare delle regole di filtro (ora, data, identità del chiamante, priorità della chiamata, ...) che deviano le chiamate verso il suo cellulare o il suo PDA piuttosto che verso il suo telefono fisso o il PC, stabilendo anche in che forma si vuole ricevere la comunicazione (e-mail, voicemail, chiamata vocale, ...). I server di rete, sulla base di queste indicazioni, gestiscono in maniera dinamica e trasparente tutte le comunicazioni indirizzate

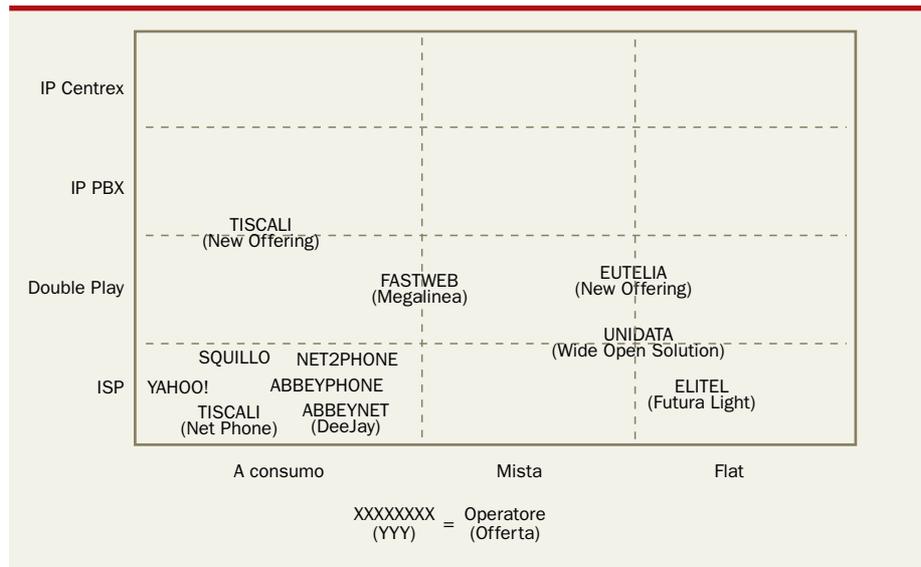


FIGURA 7 Il posizionamento degli Operatori e delle offerte VoIP consumer in Italia.

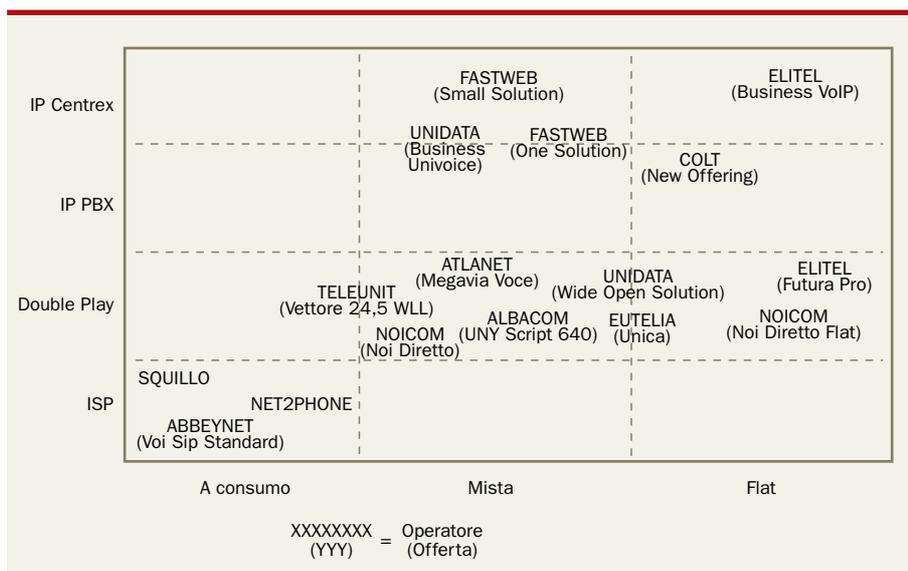


FIGURA 8 Il posizionamento degli Operatori e delle offerte VoIP business in Italia.

all'utente, appoggiandosi di volta in volta sul tipo di rete e terminale più appropriati (Verizon si appresta al lancio di un sistema di questo tipo chiamato "iobi");

- *IP-Telephony*: abilitare un chiamante a richiedere la comunicazione verso un destinatario individuato da un ID logico (l'indirizzo, la e-mail), consentire funzionalità come il click-to-dial o il click-to-chat, o integrare la comunicazione con servizi di videochiamata;
- *Web call center*: i server di rete possono indirizzare le chiamate dinamicamente verso gruppi di operatori distribuiti all'interno della WAN, applicando delle regole di instradamento ad esempio basate sulle informazioni di presenza;
- *Instant messaging/cross messaging*;
- *Virtual communication communities*: vengono definiti dei gruppi logici di utenti che abilitano la creazione di servizi come:

Virtual Project: la comunità è composta da persone appartenenti allo stesso progetto, che possono attivare all'interno del gruppo sessioni di chat, cooperative working, instant messaging, utilizzando le informazioni di presenza per monitorare la disponibilità dei collaboratori o per invocare delle conferenze istantanee;

Teledidattica;

Telelavoro: l'utente attiva da casa il suo profilo di lavoro e accede a tutti i servizi.

- *Attivazione linee on-demand*: l'utente può richiedere l'attivazione, anche solo temporanea, di una linea telefonica supplementare (servizio subordinato alla disponibilità di banda);
- *IP-Centrex*: si tratta di servizi di tipo Centrex offerti dal service provider a partire dalla propria piattaforma di rete ed in particolare utilizzando i propri softswitch ed application server in maniera "multitenancy" cioè condividendo la piattaforma tra più clienti. Queste sono alcune delle features disponibili:

Unified messaging (visual voicemail inclusa);

Instant messaging, presence management;

Click to talk;

Find-me, follow-me;

Call block, call waiting, call return;

Automatic call distribution (ACD);

Web-based call management;

Outlook integration;

Piano di numerazione private;

Chiamate locali e long distance on-net, off-net.

Infine l'integrazione delle informazioni di *presence* con i servizi di localizzazione consentirà di risolvere alcuni problemi di rintracciabilità delle chiamate di emergenza, che al momento costituiscono un punto di attenzione dal punto di vista regolatorio.

7. Architetture e tecnologie di riferimento

La diffusione degli accessi BB e il contemporaneo sviluppo e disponibilità di nuove applicazioni e servizi multimediali (voce, dati, video), comporta la necessità di una evoluzione tecnologica verso reti di telecomunicazione multiservizio di nuova conce-

zione *NGN (Next Generation Networks)*.

Per soddisfare i requisiti dei nuovi servizi utilizzando le nuove tecnologie, molti carriers stanno introducendo una profonda e rapida trasformazione della rete da una infrastruttura nata per il trasporto della voce e utilizzata anche per i dati, ad una infrastruttura integrata in tecnologia IP per voce, video, dati, broadcast TV, VoD e altri servizi multimediali che emergeranno in futuro e potranno essere rapidamente integrati grazie alle caratteristiche di flessibilità della rete.

La rapidità con cui lo scenario tecnologico e di mercato sta evolvendo ha inevitabilmente portato allo sviluppo di una moltitudine di soluzioni verticali, vantaggiose in termini di rapidità di sviluppo ma svantaggiose in termini di costi, tempi e complessità di integrazione tra le singole applicazioni. Per questo motivo sembra emergere una tendenza ad andare verso soluzioni architetture "orizzontali" che, a fronte di un investimento iniziale maggiore, consentano una elevata riusabilità delle soluzioni, facilità di integrazione dei servizi e riduzione dei tempi e dei costi di sviluppo.

Le architetture "orizzontali" di questo tipo generalmente sono caratterizzate da una separazione funzionale tra i livelli di trasporto, controllo, servizio, oltre che dalla centralizzazione delle basi dati relative ai profili dei clienti e dall'adozione di interfacce e protocolli standard. Ognuno di questi livelli funzionali viene così modificato:

- *Trasporto*: è completamente IP ed include sia le reti di accesso di vario genere (xDSL, Gigabit Ethernet, WiFi), sia le componenti di rete *EDGE* e *CORE*. Anche il trasporto dei flussi di segnalazione delle sessioni multimediali (voce, dati, video) avviene sulla infrastruttura IP che viene messa a fattor comune con tutti i tipi di servizi. L'evoluzione nel medio-lungo periodo porterà probabilmente a reti completamente IP/Ethernet/ *WDM (Wavelength Division Multiplexing)* con QoS in grado di fornire tutti i servizi a tutti i mercati, VoIP, *APC (Advanced personal Communication)*, e-mail, Internet, VOD, personal TV, BTV (100 canali), *HD BTV (High Definition Broadband TV)*, MM Gaming, file sharing ad alta velocità, ...
- *Controllo*: dovrà essere realizzato in modo funzionalmente indipendente dal servizio, abilitando così l'introduzione di nuove applicazioni senza intervenire sulle logiche del servizio. Attualmente, la scelta verso la quale sembra si stia orientando il mercato prevede l'utilizzo del protocollo SIP per il controllo di tutte le sessioni multimediali tramite SIP servers spesso integrati all'interno di softswitch che gestiscono l'interlavoro con le altre reti (PSTN, GSM...).
- *Servizio*: si basa su piattaforme software (application servers SIP) che abilitano la creazione e la composizione di servizi utilizzando un ambiente di sviluppo e di gestione dei servizi condiviso e che forniscono un accesso sicuro e controllato alle risorse di rete da parte di applicazioni di terze parti (ad esempio, tramite un gateway Parlay).

- **Informazioni:** prevede la centralizzazione di tutte le informazioni relative ai profili degli utenti che risultano così accessibili a tutte le applicazioni che lo richiedono.

Infine, esiste il Livello Utente, che nelle architetture NGN acquisisce un ruolo più significativo rispetto ai servizi tradizionali, in quanto i terminali diventano oggetti evoluti che implementano le logiche client dei servizi sviluppati sui server applicativi e che sono, a tutti gli effetti, parte integrante della rete.

I protocolli di segnalazione più utilizzati in ambito VoIP sono:

- *H.323*, nato come estensione al mondo IP degli schemi di segnalazione tradizionali (ISDN);
- *SIP*, un protocollo che implementa logiche che derivano nativamente dal mondo IP, pensato per fornire soluzioni di comunicazione e di convergenza su reti IP fisse e mobili;
- *MeGaCo/H.248 MGCP (Media Gateway Control Protocol)*, protocolli di segnalazione progettati per il controllo remoto di Media Gateway (tra cui eventuali Access Gateway).

Nonostante H.323 sia il protocollo più maturo per l'IP Telephony, SIP, grazie alla sua maggiore predisposizione a sviluppare servizi di convergenza voce-dati su reti e terminali eterogenei, sembra essere il principale candidato a diventare lo standard *de facto* per le reti del futuro.

Sul fronte della codifica audio, generalmente vengono supportate le seguenti codifiche (con i relativi bit rate):

- ITU-T G.711 (bit rate 64 Kbit/s);
- ITU-T G.729A (bit rate 8 Kbit/s);
- ITU-T G.723.1 (bit rate 5,3 Kbit/s o 6,3 Kbit/s).

Questi sono i principali elementi architetturali e le loro funzionalità di una rete NGN:

Softswitch:

- Svolge funzioni di gateway di segnalazione (H.323 vs ISUP/INAP vs SIP);
- Lato rete PSTN è in grado di interfacciarsi direttamente con gli autocommutatori;
- Controlla i Media Gateway tramite protocolli MGCP o MeGaCo/H.248;
- Gestisce l'interlavoro verso reti di altri Operatori (non necessariamente PSTN);
- Gestisce la documentazione dei servizi telefonici e di interconnessione;
- Può gestire la logica del servizio telefonico base e dei servizi STS (esempio H.323).

Media Gateway:

- Trasforma la sequenza di pacchetti IP in flusso TDM e viceversa;
- Gestisce la transcodifica dei media.

Residential Gateway:

- Esegue la conversione da analogico a digitale e la "pacchettizzazione" del traffico voce;
- Gestisce la segnalazione lato utente (H.323, SIP, MGCP e MeGaCo/H.248);
- Consente al cliente di utilizzare telefoni analogici (tramite porte analogiche POTS);

- Supporta la connessione di IP phones, STBs, wireless phones, PC ;
- Gestisce i meccanismi di QoS;
- Gestisce la logica dei servizi STS e VAS nella quota parte che coinvolge la CPE.

SIP Proxy:

- controllo delle sessioni SIP (SIP Proxy, SIP Registrar);
- gestisce la logica dei servizi telefonici base;
- accesso alle logiche dei servizi sviluppate negli Application server;
- accesso a DB unico (LDAP/SQL...) con profili e dati d'utente;
- documentazione dei servizi telefonici e VAS.

Application server:

- forniscono la logica dei servizi VAS (ed eventuali STS);
- accesso ad un DB unico (LDAP/SQL) con profili e dati utente.

8. Scenari di rete

I possibili scenari di rete che gli Operatori possono adottare per offrire un servizio VoIP, sono molteplici e si differenziano soprattutto per come avviene la raccolta e la terminazione delle chiamate; ovvero a seconda che si possieda o meno l'infrastruttura di accesso.

In ambito consumer, con riferimento al mercato italiano, gli scenari di rete più diffusi sono i seguenti:

Scenario 1: Access Provider - Incumbent:

L'Access Provider utilizza la propria infrastruttura di accesso per offrire il servizio al cliente finale. Tipicamente il Provider (ad esempio Incumbent) struttura la propria offerta come double play, offrendo cioè il VoIP come add-on della connettività dati/Internet, ma volendo potrebbe pensare di offrire il solo servizio voce ad esempio per moltiplicare il numero di linee disponibili, tenendolo separato dal servizio fast Internet. La stessa architettura può supportare, se la banda dell'accesso lo consente, anche offerte di tipo Triple play (voce, dati e video).

Scenario 2: ULL Shared Access / Fibra Ottica:

Il competitor si appoggia all'offerta di ULL o utilizza la propria infrastruttura di rete in fibra e offre l'accesso BB all'end user comprensivo di servizio VoIP (figura 9).

Scenario 3: ISP + Media Gateway:

Il competitor lascia che sia il carrier (Access Provider) a offrire l'accesso BB al cliente e si limita ad offrire il servizio VoIP e gli eventuali VAS (nella figura 10 con il tratteggio in verde).

In questo caso il VoIP provider che non controlla direttamente l'accesso e non può strutturare la propria offerta come double o triple play, utilizza un modello di business di tipo "ISP".

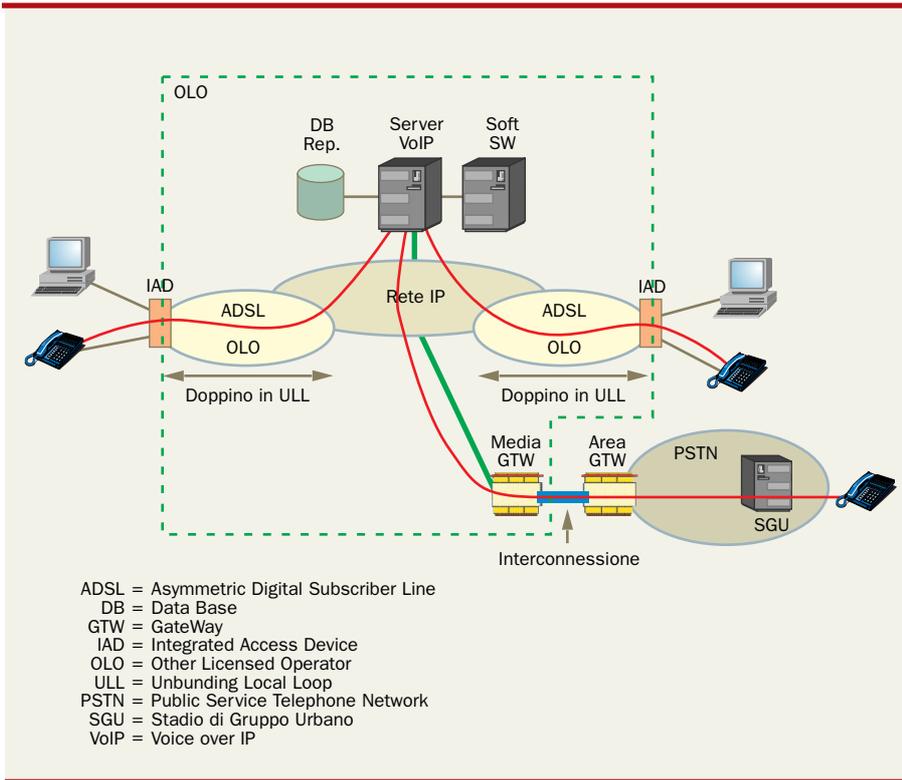


FIGURA 9 Ambito consumer scenario ULL Shared Access/fibra ottica.

Il cliente può sia effettuare che ricevere chiamate telefoniche grazie ad un numero telefonico e ad un dispositivo di accesso (IAD, IP-Phone) o eventualmente ad un softclient forniti dal provider del servizio.

In ambito business/corporate, gli scenari di rete si modificano a seconda di quale modalità è utilizzata per erogare il servizio:

VoIP over WAN (Wide Area network):

Il SP offre il trasporto IP delle chiamate sulla WAN a partire dalle CPE legacy del cliente anteposando apparati in grado di fare da gateway tra il mondo IP e il mondo TDM (ove necessario) e garantendo il routing delle chiamate sulla WAN. Generalmente il traffico on-net è offerto a tariffe scontate, mentre quello off-net (per esempio verso la PSTN) transita attraverso appositi gateway ed è soggetto alle tariffe di interconnessione.

Hosted IP-PBX:

Il SP fornisce e gestisce il servizio tramite IP-PBX branded dedicati al singolo cliente, situati nei propri locali. Il cliente potrebbe, ad esempio, gestire in locale i propri IP-PBX nelle sedi principali e utilizzare questo servizio per le sedi secondarie (con IP-PBX della stessa marca forniti dal SP).

IP-Centrex:

La rete di fonia del cliente è gestita dal Service Provider che mette a disposizione il proprio backbone IP e fornisce dalla propria rete un servizio con funzionalità PBX-like la cui logica è implementata all'interno dei propri softswitch e application server (figura 11).

Ogni cliente ha a disposizione un proprio piano di numerazione ed un set di applicazioni che può scegliere tra quelle rese disponibili dalla piattaforma. Il pricing è generalmente stabilito sulla base del numero di utenti serviti e del tipo di applicazioni richieste ed include l'accesso, la gestione del servizio e delle applicazioni oltre tipicamente ad un servizio di help desk.

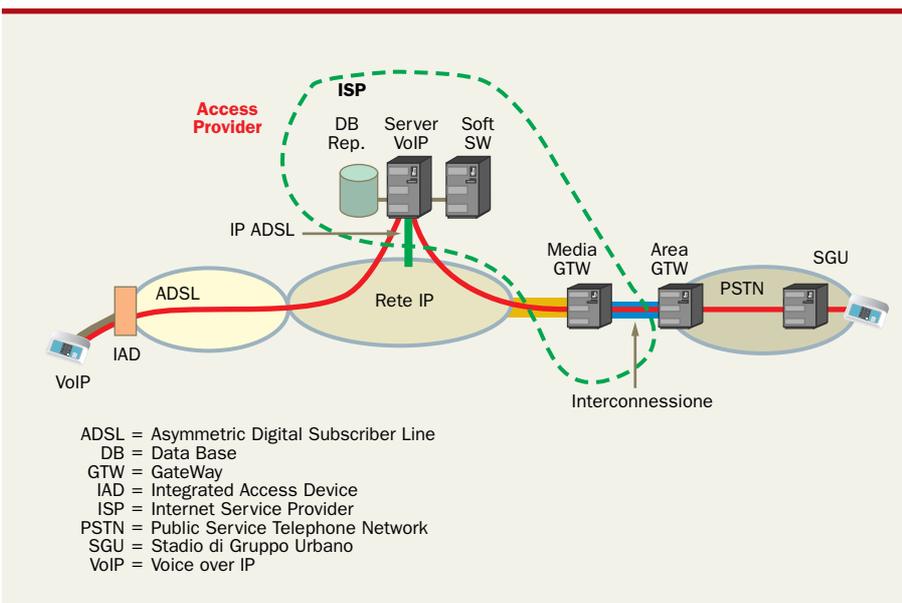


FIGURA 10 Ambito consumer scenario VoIP modello ISP (area tratteggiata) e modello incumbent (intero schema).

9. Terminali

La tecnologia VoIP porta con se la necessità di sviluppare terminali evoluti che siano in grado di gestire al meglio i servizi innovativi abilitati da questa tecnologia.

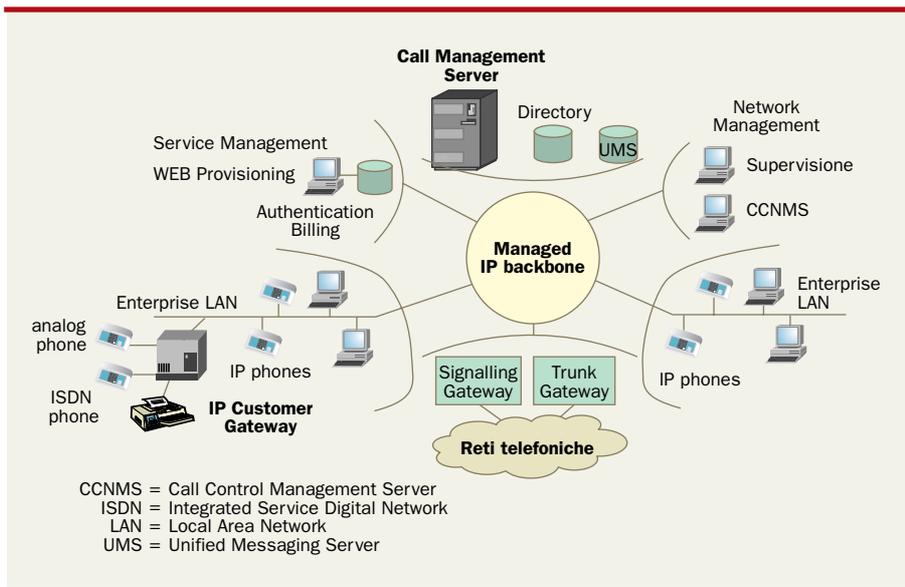


FIGURA 11 ▶ Ambito business scenario IP Centrex.

Ad oggi, i terminali in grado di gestire chiamate su IP si possono suddividere nelle seguenti famiglie:

- **Softphones:** sono applicativi installati su desktop, laptop o PDA, che simulano il funzionamento di un telefono evoluto e consentono di gestire le chiamate entranti/uscenti e i servizi telefonici (es. call hold, Three party conference, caller ID, ...).

Applicazioni: una soluzione come questa è particolarmente indicata in contesti lavorativi come i call centers, dove l'operatore effettua le chiamate davanti ad un monitor, mentre risulta un po' meno attraente per la clientela residenziale che potrebbe preferire l'utilizzo di un telefono tradizionale.

- **IP-Phones:** rappresentano l'evoluzione nel mondo IP del classico telefono analogico. In genere sono dotati di una interfaccia Ethernet o USB (Universal serial Bus) che consente il collegamento diretto alla rete IP, e di un display più o meno evoluto (alfanumerico, grafico, con funzioni di web browsing).

Applicazioni: gli IP-Phone sono terminali "maturi", che hanno già un loro ampio utilizzo soprattutto in ambito business. La loro diffusione è però ancora frenata da problemi di interoperabilità (apparati di vendors diversi che, anche se utilizzano lo stesso protocollo, per esempio, SIP (Session Initial Protocol), riescono ad operare solo su un range di funzionalità molto ristretto), costo elevato e problemi di configurazione non sempre facili da risolvere.

- **Integrated Access Devices (IAD):** sotto questa definizione rientra un ampio spettro di dispositivi più o meno sofisticati, che dal punto di vista della telefonia consentono di effettuare chiamate VoIP utilizzando telefoni POTS. Anche questi apparati come gli IP-phone sono in grado di gestire diversi protocolli di segnalazione e diverse codifiche audio.

Applicazioni: l'utilizzo di questi apparati è particolarmente indicato in un contesto consumer/SoHo dove può essere integrato con il modem/router di accesso e in tutte le situazioni in cui non si voglia dismettere il parco telefoni tradizionali disponibile.

- **Personal Digital Assistant (PDA):** i dispositivi palmari integrati con una scheda wireless LAN, possono essere dotati di un client VoIP in grado di gestire delle chiamate VoWLAN (Voice over Wireless Local Area Network). Questi applicativi sono a tutti gli effetti dei soft client VoIP simili a quelli utilizzati sui PC/laptop e fanno sì che anche per i PDA valgano le stesse considera-

zioni del paragrafo softphones. Molti PDA di nuova generazione integrano la connettività GSM/GPRS (Global System for mobile Communications/ General packet radio service), WiFi (Wireless Fidelity) e Bluetooth al proprio interno diventando delle vere e proprie postazioni mobili di comunicazione.

Applicazioni: principalmente in ambito business, quando è richiesta una elevata flessibilità per gli spostamenti del cliente.

- **WiFi Phones:** con questo termine si indicano in genere i WVoIP (Wireless VoIP) phone 802.11b che sono cordless evoluti in grado di gestire chiamate VoIP e servizi multimediali utilizzando la rete WiFi. Questi terminali potrebbero ad esempio connettersi agli access point della rete WLAN aziendale oppure ad un access point costituito da un gateway ADSL (hot-spot in a box), che dia loro accesso alla rete IP.

Applicazioni: in un primo momento le applicazioni saranno prevalentemente in ambito business, ad esempio, per garantire la mobilità all'interno del perimetro aziendale; nell'ambito consumer però già sono disponibili le prime offerte VoIP con terminali WiFi: Telecom Italia ha appena lanciato (30 settembre 2004) il servizio Alice Mia che utilizza anche un terminale WiFi; anche i clienti dei servizi Net2phone hanno la possibilità di usare terminali WiFi.

10. Conclusioni

La tecnologia VoIP nel Mercato Consumer, introdotta dapprima dagli operatori "ISP like" come strumento di toll by-pass sulle chiamate internazionali e su quelle long distance, si è sviluppata al punto da indurre anche gli OLO ad appropriarsene e a fare evolvere le proprie infrastrutture e servizi introducendo offerte integrate "Double e Triple

play". Di fatto, il servizio VoIP ha esteso il suo campo di utilizzo dal backbone all'accesso, ai servizi, alle applicazioni e ai terminali. La risposta degli Incumbent è stata rapida ed ha portato al lancio di servizi commerciali da parte di BT (*Broadband Voice*) e di France Telecom (*Illimité / Appelle liberté*), oltre a quello, più recente, di Telecom Italia (*Alice Mia*).

I driver di questa evoluzione sono, per gli incumbent, l'opportunità di estendere i vantaggi offerti dalle reti in tecnologia IP anche ai servizi a maggior valore aggiunto e, ad esempio, alla possibilità di aggiungere alla linea telefonica tradizionale, linee e numeri telefonici con cui utilizzare servizi IP based (tra cui VoIP). Gli incumbent cercano di orientare la propria strategia in modo da arricchire di servizi aggiuntivi gli accessi Broadband.

Per gli OLO il driver principale è la ricerca di maggiori quote di mercato da realizzare attraverso lo sviluppo delle nuove infrastrutture Broadband integrate e l'evoluzione dei servizi verso modelli di tipo "Double e Triple Play". In questa logica si stanno muovendo in Italia Tiscali, Eutelia ed Elitel, seguendo le orme di Fastweb.

Gli ISP tendono a posizionarsi come VoIP pure player, prevalentemente rivolti al mercato Consumer, con offerte web based appoggiate su accessi Broadband forniti da altri providers. È questo il caso di Abbeynet, Net2Phone, Squillo e Yahoo.

Il mondo VoIP Business, che ha visto lo sviluppo delle soluzioni dedicate VoIP all'interno delle VPN e di IP-PBX per clienti Corporate, sta progressivamente evolvendo verso target di clienti di fascia più bassa (SME e SoHO) con soluzioni condivise più semplificate ed economiche basate su servizi tipo IP-Centrex. Questo è il caso in Italia di Elitel e di Unidata.

— ABBREVIAZIONI

ACD	Automatic Call Distribution
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
APC	Advanced personal Communication
ARPU	Average Revenue Per Unit
BB	Broad Band
BTV	Broad Band Television
CAGR	Compound Annual Grow Rate

CCMNS	Call Control Management Server
CPE	Customer Premise Equipment
CPS	Customer Pre-Selection
DSL	Digital Subscriber Line
FTTB	Fiber-to-the Building
GSM	Global System for Mobile Communications
GTW	Gateway
HD BTV	High Definition Broadband TV
IAD	Integrated Access Device
ILEC	Incumbent Local Exchange Carrier
INAP	Intelligent Network Application Part
IP	Internet Protocol
IP-TV	Internet Protocol Television
ISDN	Integrated Service Digital Network
ISP	Internet Service Provider
ISUP	ISDN Signalling User Part
IXC	Internet Exchange Carrier
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
MGCP	Media Gateway control Protocol
NGN	Next Generation Network
NRF	National Regulatory Framework
OLO	Other Licenced Operator
PBX	Private Branch Exchange
PDA	Personal Digital Assitent
POTS	Plain Old telephone Service
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RBOC	Regional Bell Operating Company
SIP	Session Initiation Protocol
SME	Small and Midsize Enterprise
SP	Service Provider
SQL	Structured Query Language
STB	Set Top Box
ULL	Umbundling Local Loop
TDM	Time Division Multiplexing
UMS	Unified Messaging Server
USB	Universal Serial Bus
VAS	Value Added Service
VoD	Video on Demand
VOIP	Voice over Internet Protocol
VoWLAN	Voice over Wireless LAN
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wireless Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WLAN	Wireless Local Area Network
WiFi	Wireless Fidelity

BIBLIOGRAFIA

- Yankee Group aug '04: *Fighting Goliath: Can Alternative VoIP Providers Survive?*
 Gartner Group set. 2004: *Voice over IP - Competitive Analysis*.
 Databank Consulting: *Servizi innovativi Voice over Broadband* – luglio 2004.
 Ovum aug 2004: *Consumer VoIP – forecast*.
 Yankee Group giu '04: *Mass Market Voice deployment*.
 Ovum July 2004: *Webcast - Consumer VoIP*.
 A. Del Pistoia, M. Burgassi, S. Balzaretti, P. Senesi, *"VoIP: business case di un competitor e stima minacce per i ricavi di TI"*, TILAB 20 maggio 2004.
 L. Bianchi, *"Terminali New Telephony: l'esperienza della piattaforma NT e loro evoluzione"*, TILAB 24 giugno 2003.
 Gritella, Bianchi, Milanese, Senesi, *"Stato delle attività su terminali di nuova generazione per servizi voice-based e proposta operativa"*, TILAB 26 giugno 2003.
 F. Caracciolo, N. Salis, *"Evoluzione Terminali WiFi"*, TILAB, 19 maggio 2004.
 De Nitto, G.; Ferrero, U.; Marino, S.: *"Le nuove piattaforme per i servizi multimediali"*, Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno13, n. 1, giugno 2004, pp. 39-55.



Cristian Cocozza si è laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso il politecnico di Torino nel 1999. Nel 2001 è stato assunto in TILab dove, per circa due anni, è stato impegnato in attività di analisi di benchmarking tecnologico a supporto della regolamentazione. Dalla fine del 2002 si occupa di business innovation, inizialmente prendendo parte a progetti di ricerca in ambito multimedia e terminali per rete di accesso, successivamente occupandosi dell'analisi di posizionamento e studio dei modelli di business legati ad iniziative di ricerca innovative.



Gianni Travaglini ha iniziato la sua attività in SIP nel 1987 nell'Area Mercato/Marketing occupandosi delle Reti Pubbliche Specializzate per fonia e dati. Ha fatto parte dal 1991 al 1993 del gruppo misto AT&T - SIP per lo sviluppo della Rete Intelligente e come PM ha lanciato il servizio Diapason (Televoto). Ha realizzato analisi di settori verticali di clientela (Trasporti, Turismo e altri), ideando la carta telefonica "Carta Alberghi" e il servizio Easy Start (PBX+LAN) per le aziende start UP. Dal 2002 opera nel settore Market Intelligence di Telecom Italia Wireline occupandosi di competitive intelligence e Scouting dei nuovi servizi e tecnologie (è responsabile editoriale del sito "Intelligence sull'innovazione").

Il Backbone IP di Telecom Italia Wireline

ALBERTO MARIA LANGELLOTTI
SIMEONE MASTROPIETRO
FEDERICO TITO MORETTI
ANTONIO SOLDATI

Il successo mondiale dei servizi Internet ed Intranet nel mercato delle telecomunicazioni ha spinto, nell'ultimo decennio, gli Operatori del settore ad investire maggiormente nella realizzazione di reti IP/MPLS (*Multi Protocol Label switching*) per trasportare qualunque tipo di servizio.

Oggi, convogliare voce, video e dati su un'unica infrastruttura di trasporto si traduce in un requisito tecnico abbordabile, sfidante ed economicamente vantaggioso in un mercato in continua crescita ed in regime di concorrenza.

Le attuali piattaforme di trasporto IP/MPLS di Telecom Italia Wireline sono nate con questo obiettivo e, nei prossimi anni, estenderanno questo paradigma integrandosi progressivamente con la tecnologia dello strato di trasporto ottico.

Nell'articolo viene descritto il backbone IP/MPLS di Telecom Italia Wireline nel contesto dei servizi offerti, dell'evoluzione architetturale, della qualità del servizio ed, infine, del supporto ai servizi telefonici.

1. Introduzione

“Tra non molti anni la mente umana ed i calcolatori saranno interconnessi molto strettamente e questa alleanza uomo-macchina sarà in grado di pensare così come nessun essere umano ha mai fatto finora, elaborando dati con prestazioni che sono ancora irraggiungibili per le macchine con cui effettuiamo attualmente il trattamento delle informazioni”.

Probabilmente Joseph Carl Robnett Licklider, uno studioso di psicoacustica meglio conosciuto come *Lick*, quando scrisse queste parole, raccolte in un saggio intitolato *“Man-Computer Symbiosis”* (simbiosi uomo-computer) negli anni 60, non immaginava di certo la portata delle sue parole. Neanche quando, nel lontano agosto del 1962, espose per la prima volta all'assemblea dei docenti del MIT

(*Massachusetts Institute of Technology*), la sua idea di una *“Galactic Network”*, immaginava la rete Internet dei nostri giorni: una rete mondiale di computer interconnessi fra loro attraverso i quali tutti potessero accedere facilmente e velocemente a dati e programmi da ogni parte del globo.

Dalla rete ARPANET (figura1), che ne è conseguita, ad oggi, i passi compiuti dalle telecomunicazioni e nel mondo dell'informatica sono stati tanti e non è il caso ovviamente di ricordarli.

Il successo mondiale dei servizi Internet ed Intranet nel mercato delle telecomunicazioni ha cambiato radicalmente il modo di vivere di tutti noi da molti punti di vista. Nel campo degli Operatori tradizionali di telecomunicazioni le conseguenze del successo delle reti Internet hanno avuto un riflesso tecnologico ed economico di grande portata.

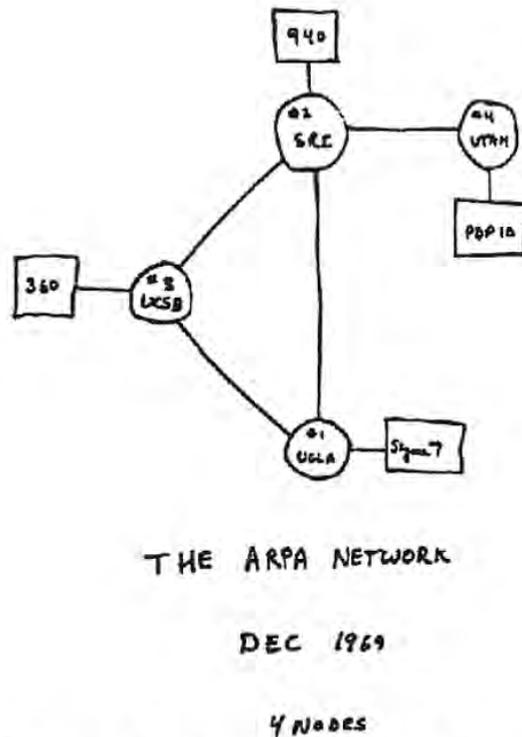


FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network (Courtesy of Alex McKenzie)

FIGURA 1 ▶ La prima slide sulle reti IP (Fonte: Alex McKenzie).

Qualunque servizio Dati, Voce e Video può essere veicolato oggi da un'unica piattaforma di rete IP/MPLS, un cosiddetto *Backbone unico* per tutti i servizi. Gli impatti riguardano non soltanto i servizi di alto livello, ma anche le tecnologie trasmissive e di commutazione del recente passato, veicolabili dal *Backbone unico*. Convogliare voce, video e dati su un'unica infrastruttura di trasporto dati si traduce oggi in un requisito tecnico abbordabile, sfidante ed economicamente vantaggioso in un mercato in continua crescita e in regime di forte competizione.

Il backbone unico IP/MPLS di Telecom Italia Wireline nasce con questo obiettivo e nei prossimi anni estenderà ulteriormente questo paradigma, integrandosi sempre di più con la tecnologia dello strato di trasporto ottico, sia a livello di piano di controllo che di trasporto delle informazioni a pacchetto.

Nel presente articolo viene descritto il backbone IP di Telecom Italia Wireline nel contesto dei servizi offerti, dell'evoluzione architetturale, della qualità del servizio ed infine del supporto al servizio telefonico. In particolare, viene prima affrontato lo scenario dei servizi IP/MPLS, attualmente offerti alle reti di accesso, per passare poi alla genesi ed all'architettura funzionale e fisica del backbone e quindi alla qualità del servizio offerta concludendo, infine, con l'impiego del backbone per i servizi telefonici Class4 e Class5.

2. I servizi IP/MPLS/TE per le reti di EDGE/GATEWAY

La piattaforma di trasporto IP/MPLS di Telecom Italia Wireline è composta da due backbone nazionali concepiti all'inizio del 2001 con due finalità diverse ma oggi convergenti:

- *OPB (Optical Packet Backbone)*, una rete *multi-servizio*, nata come evoluzione della precedente rete IP denominata *IBS (InterBuSiness)* allo scopo di far convergere tutti i servizi dati e voce su un'unica piattaforma;
- *DTC (Data.com backbone)*, una rete dedicata alla sola clientela Executive.

La rete OPB è stata modellata su 32 PoP per concentrare tutte le tecnologie di accesso dati attualmente in campo nei principali nodi trasmissivi nazionali.

La complessa operazione di migrazione dalla precedente architettura ha richiesto circa tre anni di intense attività di collaudo e di inserimento in rete. Da una semplice rete IP nazionale di Router nata nel 1995 con i circuiti ATM a 34 Mbit/s e a 155 Mbit/s, si è passati ad una rete IP/MPLS poggiata direttamente su uno strato trasmissivo ottico a 2,5 Gbit/s e a 10 Gbit/s, epurata dalla componente di trasporto ATM e con funzionalità e prestazioni innovative che hanno già consentito diversi importanti traguardi. Uno di questi è stato raggiunto nel 2003 con l'offerta di un servizio di trasporto geografico tra i Media Gateway del *BBN (BackBone Nazionale)* dedicati al traffico telefonico su IP, con garanzie di elevata protezione ai guasti trasmissivi, di priorità di trattamento dei pacchetti durante i fenomeni di congestione della rete e di sicurezza rispetto al resto del traffico dati veicolato. Questo traguardo ha consentito la progressiva dismissione della rete telefonica tradizionale nazionale a lunga distanza e l'integrazione del trasporto del traffico dati IP con il traffico telefonico sulla piattaforma OPB [1].

Il prossimo sfidante traguardo è rivolto alle sinergie tra le funzionalità dei backbone dati e la rete di Trasporto ottico nazionale (OTN): realizzare una piattaforma di backbone per tutti i tipi di servizi fondata su due livelli e integrata, a livello di piani di controllo, tra i nodi ottici e i GigaRouter [2].

La rete DTC è stata invece concepita e realizzata negli anni 2000 - 2001 all'interno della *business unit* Data.com con l'obiettivo di offrire alla clientela Executive soluzioni innovative quali le reti di raccolta MAN GbE e le reti privati virtuali (VPN-MPLS).

Oggi la rete OPB costituisce il principale backbone *multiservizio* per tutti i tipi di clientela, mentre la rete DTC è dedicata ancora alla sola clientela Executive. Questo ha consentito di arricchire il portafoglio dei servizi Executive con l'offerta "dual backbone" in grado di garantire più elevati requisiti di affidabilità e di disponibilità di servizio grazie alla presenza di due backbone fisicamente separati ma funzionalmente equivalenti, ciascuno dotato di un piano di controllo distinto.

La figura 2 sintetizza l'articolazione dei servizi ad oggi attivi sulle due reti pubbliche IP/MPLS di Telecom Italia Wireline.

Il backbone OPB supporta servizi di trasporto IP/MPLS sia per la clientela Executive/Business, (attestata nella rete di accesso attraverso tecniche ATM, Frame Relay, ADSL e GbE) che per la clientela Residenziale (attestata via rete ADSL e dial-up); OPB fornisce inoltre un livello di trasporto IP/MPLS per i servizi telefonici su IP di tipo Class4 (interconnessione nodi del BBN) e Class5 (accessi VoIP) e per i servizi di interconnessione con gli IDC (Internet Data Center) di Pomezia e Milano.

La rete OPB è direttamente collegata alle reti degli altri ISP (Internet Service Provider) mediante punti di peering "Privati" e "Pubblici" a seconda dei casi, realizzati generalmente presso uno dei due punti neutri d'interconnessione italiani presenti a Roma (NAMEX) ed a Milano (MIX).

L'interconnessione tra i due backbone è realizzata a Roma e a Milano, con collegamenti GbE per servizi IP ed SDH a 2,5 Gbit/s per i servizi VPN-MPLS, attuando in questo caso le funzionalità "Inter-AS-VPN" per le sedi cliente Executive attestate in modalità "dual backbone". La connettività verso la Big Internet, per tutte le destinazioni che non siano interne oppure coperte dai Peering appena citati, è ottenuta attraverso il backbone Internazionale di Telecom Italia Sparkle denominato "SEABONE", il cosiddetto "Upstream Provider" per i backbone nazionali di Telecom Italia. Tutta la clientela nazionale, con o senza un proprio *Autonomous System*, per i servizi di tipo Full Internet o di VPN MPLS, accede ai backbone tramite apposite strutture di Edge (Router di Accesso, Router PE MPLS, NAS ADSL e NAS *dial up*) utilizzando le molteplici reti dedicate di accesso ATM, ADSL, GBE, SDH ed ISDN oggi disponibili.

3. L'architettura dei backbone IP

3.1 La genesi di OPB

L'attuale architettura della rete OPB è frutto di una completa rivisitazione dell'architettura, sia fisica che di routing, dell'allora rete IBS (InterBusiness).

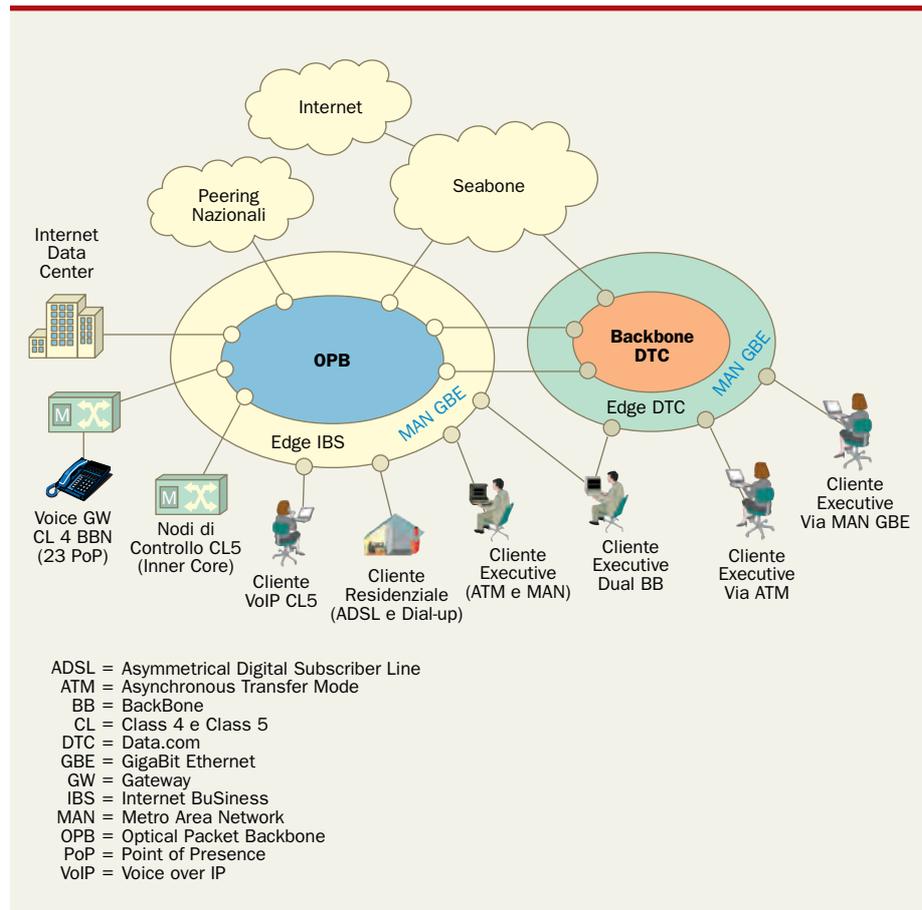


FIGURA 2 L'articolazione dei servizi sui due backbone IP Pubblici.

Essa disponeva di 12 PoP (Point of Presence) distribuiti sul territorio nazionale e collegati geograficamente ai due PoP principali di Roma e di Milano (*dual-homing*) attraverso circuiti PVC ATM, tipicamente dimensionati per qualche decina di Mbit/s [3].

L'architettura di routing era basata esclusivamente sul protocollo OSPF, mentre il protocollo BGP era utilizzato soltanto per i punti di peering e per l'interconnessione con il backbone Internazionale.

La nuova rete, costruita su 32 PoP nazionali, ha rivoluzionato l'architettura generale della rete:

- trasformando il dual-homing dei PoP su base geografica (Nord e Sud) in doppie attestazioni attuate verso Roma oppure verso Milano;
- creando altri nuovi 18 PoP, con un'architettura interna analoga ma semplificata rispetto a quella dei 12 PoP presenti;
- dismettendo progressivamente i collegamenti ATM, per iniziare il nuovo lento ma inesorabile percorso di integrazione tra IP/MPLS e lo strato ottico;
- modellando il routing su un'architettura principalmente basata su BGP e OSPF per la topologia della rete.

Inoltre, i PoP di Roma e Milano hanno subito un radicale cambiamento per permettere il nuovo "dual-homing" dei PoP, per raccogliere la cre-

scente clientela locale e per abilitare nuovi servizi (come ad esempio il BBN).

Da un singolo PoP a Roma e a Milano si sono dapprima divise le funzionalità su due macchine distinte (*PoP Splitting*), poi si sono raddoppiati i PoP (*PoP Doubling*) giungendo così alla creazione di quattro PoP completamente autoconsistenti detti di *Inner Core*.

La tecnologia impiegata ai tempi di IBS era principalmente della classe Cisco 7500, con capacità di switching tipicamente intorno ai 500 Mbit/s; nella fase di "PoP Splitting" (sdoppiamento dei centri stella di Roma e Milano per ragioni di "disaster recovery") sono apparsi in rete i primi GigaSwitchRouter Cisco (GSR) della classe 12000, con capacità pari a 60 Gbit/s (12012) e con architettura interna completamente distribuita dove il processore centrale è responsabile del piano di controllo e le singole schede di quello di forwarding dei pacchetti. Oggi la rete OPB utilizza essenzialmente tecnologia GSR Cisco (12016, 12416), con capacità di switching variabili da 80 a 320 Gbit/s.

La migrazione su rete SDH/DWDM dell'infrastruttura trasmissiva per tutti i 32 PoP ha richiesto nuovi circuiti trasmissivi a 155 Mbit/s, 2,5 Gbit/s e a 10 Gbit/s, a seconda della dimensione e necessità di ciascun PoP.

La riorganizzazione del routing ha consentito, nel tempo, l'abilitazione di nuove importanti funzionalità quali (figura 3):

- il trasporto del traffico MPLS nella sua componente base denominata "Provider Router" ("P", giugno 2001, [4, 5]);
- l'abilitazione della componente "MPLS Traffic Engineering" a supporto del traffico voce BBN ("MPLS-TE", giugno 2002, [6]);
- l'abilitazione della Qualità del Servizio per reti IP/MPLS a supporto del traffico voce BBN ("QoS DiffServ", giugno 2002);
- l'attivazione delle componenti "MPLS-VPN" per la realizzazione di Reti Private Virtuali (*Provider Edge*);
- l'interconnessione tra le reti VPN di diversi Autonomous System nell'ambito dell'offerta "dual backbone" ("*Inter-AS VPN*", luglio 2002). Attualmente, sono attivi su OPB più di 2.000 tunnel MPLS-TE per il BBN, realizzati in maglia completa su 23 PoP in modalità *FRR (Fast Re-Routing)* per assicurare un rapido ripristino dei tunnel in caso di guasti sul backbone.

Le altre componenti indicate in figura ed in corso di approfondimento per un eventuale utilizzo in rete, riguardano:

- il trasporto di altre VPN MPLS all'interno delle VPN MPLS (Carrier Supporting Carrier, CSC);
- il routing Multicast all'interno delle VPN (MPLS-VPN);
- il supporto su base geografica alle VPN di livello 2 (Layer 2 VPN);
- il trasporto di altre tecnologie su MPLS (Any Transport Over MPLS).

3.2 L'architettura della rete OPB

Il backbone *OPB (Optical Packet Backbone)* è articolato su 32 PoP nazionali, una topologia a doppio centro stella e la distinzione tra PoP di *Inner Core* ed *Outer Core* (figura 4). L'*Inner Core* è costituito dai due PoP di Roma e i due PoP di Milano, mentre l'*Outer Core* è incentrato sui restanti 28, collegati in "dual-homing" a Roma oppure a Milano sulla base della loro localizzazione geografica.

Il "dual-homing" dei 28 PoP di *Outer Core* sui Centri Stella è stato reso ancora più affidabile raddoppiando i PoP di Roma e Milano su centrali diverse ed attestando ciascuno dei PoP *Outer Core* con almeno 2 circuiti trasmissivi ai 2 PoP *Inner Core* (Milano Bersaglio e Milano Malpaga oppure Roma Inviolatella e Roma CTRL). A livello trasmissivo i nodi di OPB sono collegati fra loro attraverso la rete ottica di trasporto nazionale, con circuiti DWDM punto-punto a 2,5 Gbit/s (STM-16) e a 10 Gbit/s (STM-64) e con circuiti SDH a 155 Mbit/s (STM-1), tutti attestati su interfacce di tipo POS (*Packet Over Sonet*).

Come viene descritto in seguito, la rete è stata progettata per essere completamente ridondata in tutte le sue componenti ed immune a condizioni di singolo guasto, quale ad esempio il guasto di un Router, di una singola scheda o di un circuito trasmissivo. In caso di doppio guasto contemporaneo è attiva la funzionalità *QoS/CoS (Quality of Service, Class of Service)* per salvaguardare i servizi più pregiati.

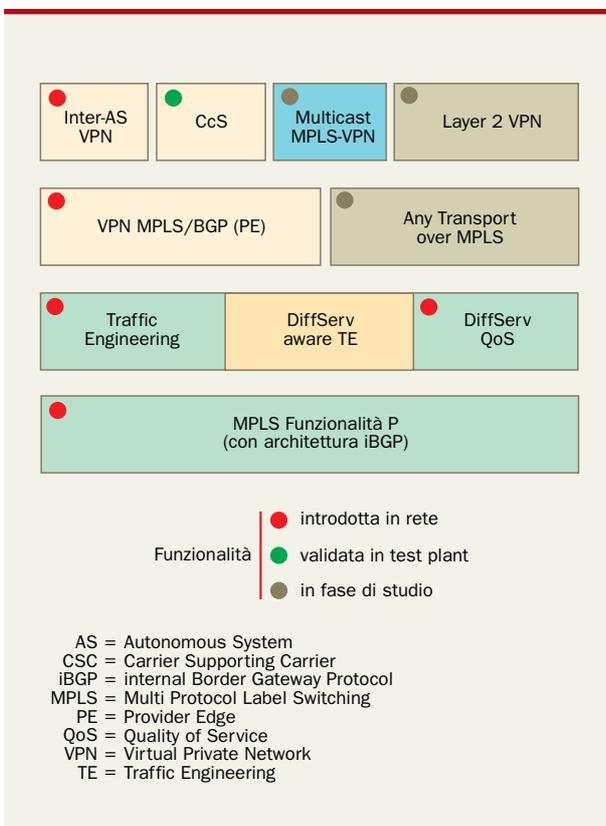


FIGURA 3 Le componenti funzionali del backbone OPB.

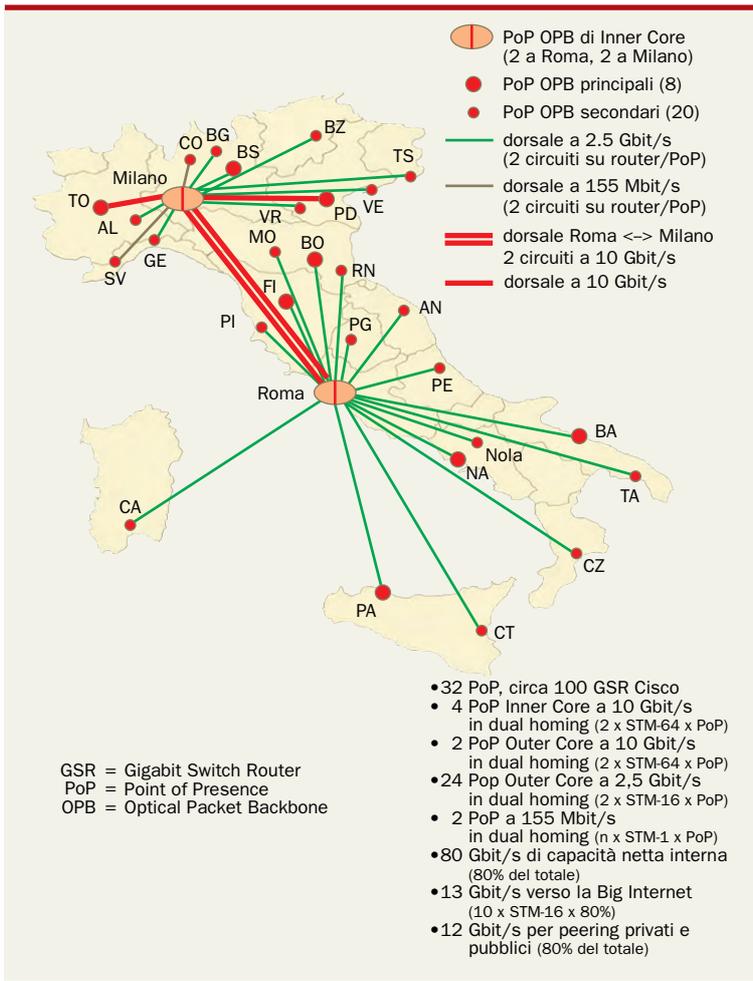


FIGURA 4 L'architettura del backbone OPB (12/2004).

L'architettura attuale è costituita da:

- 4 PoP *Inner Core*, equipaggiati ciascuno con quattro circuiti STM-64, due geografici tra Roma e Milano e due metropolitani nelle stesse città;
- 2 PoP *Outer Core* equipaggiati ciascuno con circuiti STM-64 (Padova, Torino);
- 24 PoP *Outer Core* equipaggiati con due circuiti STM-16 (Alessandria, Ancona, Bari, Bergamo, Bologna, Bolzano, Brescia, Cagliari, Catania, Catanzaro, Firenze, Genova, Modena, Napoli, Nola, Palermo, Perugia, Pescara, Pisa, Rimini, Taranto, Trieste, Venezia, Verona);
- 2 PoP *Outer Core* equipaggiati con circuiti STM-1 (Como, Savona).

Il principale requisito di progetto alla base del dimensionamento dei circuiti impone un limite sul traffico massimo complessivo per ciascun link pari al 50% in modo da essere immuni ad una condizione di singolo guasto. La capacità di trasporto interna complessiva netta risultante è pari a circa 80 Gbit/s¹.

(1)

Si tratta della capacità utile, valutata con l'equazione:
 $24 \text{ PoP} \cdot 2 \text{ circuiti per PoP} \cdot 2,5 \text{ Gbit/s a circuito} \cdot 0,5 = \text{circa } 60 \text{ Gbit/s}$,
 a cui va sommato l'altro contributo:
 $2 \text{ PoP} \cdot 2 \text{ circuiti per PoP} \cdot 10 \text{ Gbit/s a circuito} \cdot 0,5 = \text{circa } 20 \text{ Gbit/s}$.

3.2.1 Inner Core

L'*Inner Core* è articolato sui 4 PoP di Roma e Milano, indipendenti ed autoconsistenti (figura 5), ognuno dei quali con apparati Cisco GSR che ricoprono il ruolo di:

- *Centro Stella (CS)* per l'attestazione dei circuiti verso i PoP dell'Outer Core;
- *Transito (T)* verso le strutture di Edge/Accesso;
- *Gateway Internazionali (ITZ)* per la terminazione dei collegamenti verso i PoP di Seabone;
- *Gateway (P)* verso i punti di Peering nazionali.

I quattro PoP si poggiano su un doppio quadrilatero di circuiti trasmissivi a 10 Gbit/s (STM-64) per le quattro dorsali Roma-Milano. Oltre ai collegamenti POS (*Packet over SDH*) [7], sono attivi collegamenti metropolitani in tecnologia 10 GigabitEthernet ridonati allo scopo di interconnettere i quattro Centro Stella ai Gateway Internazionali e di Peering e di bilanciare il traffico all'interno della rete.

Tutti i PoP dell'Outer Core sono attestati ad una coppia di apparati Cisco GSR dell'Inner Core con funzione di CS (*Centro Stella*). Per aumentare ulteriormente l'affidabilità, poi, ogni PoP di Inner Core è completamente ridonato ed i collegamenti provenienti dai PoP di Outer Core sono distribuiti su due coppie di nodi GSR.

Con riferimento alla figura 5, un generico PoP Outer Core attestato all'Inner Core di Milano, ad esempio, dispone di collegamenti verso i router Centro Stella CS1 e CS4, oppure verso CS2 e CS3.

I quattro PoP di Inner Core, oltre a raccogliere e distribuire il traffico per tutta la rete, hanno il compito di aggregare il traffico ed i servizi localmente per Roma e Milano, utilizzando le strutture di Edge dedicate ai servizi Executive/Business o Residenziali (figura 6).

Un generico PoP di Inner Core rispetto ad uno di Outer Core dispone di:

- uno dei quattro punti di "uscita" della rete dal proprio *Autonomous System* per la connettività verso altri ISP nazionali e la Big Internet attraverso Seabone, utilizzando due GSR dedicati (GW);
- di due VLAN di Transito a 10 GbE implementate su di una coppia di Catalyst Cisco 6513, per fornire la connettività a 10 Gbit/s con i Gateway verso SEABONE ed i Peering. Le VLAN di Transito superano inoltre il confine del PoP per interconnettersi al PoP gemello a livello metropolitano in modo da permettere il bilanciamento del traffico all'interno della rete. Tutti i GSR con tecnologia a 10Gbit/s (CS, ITZ e P) sono dei Cisco 12416.

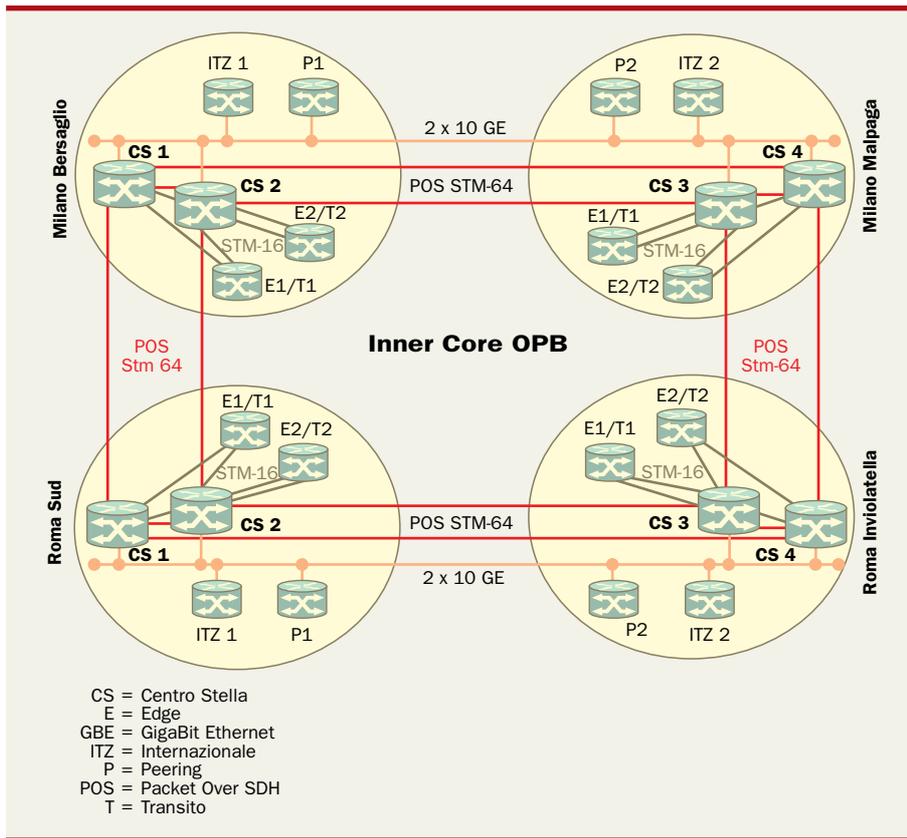


FIGURA 5 L'architettura dell'Inner Core di OPB.

Il livello Core vede i router di Centro Stella dell'area Inner Core su collegamenti a velocità STM-16, mentre il livello Edge di tutti i PoP Outer Core vede le strutture di "Accesso", indicate in figura 7 con la sigla EDGE IBS (da non confonderli con i GSR di Edge di OPB), su collegamenti Fast Ethernet o Gigabit Ethernet.

Le strutture di "Accesso" in questo contesto corrispondono ad apparati di livello 3 (ovvero routing IP e non switching di livello 2) attraverso i quali vengono serviti i clienti finali oppure erogate componenti di Servizio/Controllo. A tale scopo una coppia di apparati Catalyst Cisco 6509, denominati "Catalyst Infrastrutturali", realizzano due VLAN di accesso, in divisione di carico e completamente ridondate, per le seguenti strutture di "Accesso":

- Edge Executive, attraverso

3.2.2 Outer Core

L'Outer Core è costituito da 28 PoP nazionali, Principali o Secondari a seconda che si tratti di sedi con maggiori o minori interessi di traffico.

Dal punto di vista funzionale entrambi i tipi di PoP dell'Outer Core hanno le stesse caratteristiche e ciò che li differenzia è la presenza di uno o due livelli di Gigarouter.

L'architettura degli otto PoP Principali (BA, BO, BS, FI, NA, PA, PD, TO) è illustrata in figura 7. I due livelli di router nei PoP Principali, denominati Edge ed Core, sono collegati localmente in maniera ridondata con velocità STM-16 e, tenuto conto che, secondo i criteri di progetto, i quattro collegamenti devono essere caricati singolarmente non più del 50% della loro capacità netta, ne risulta una capacità complessiva di traffico interna pari a 5 Gbit/s.

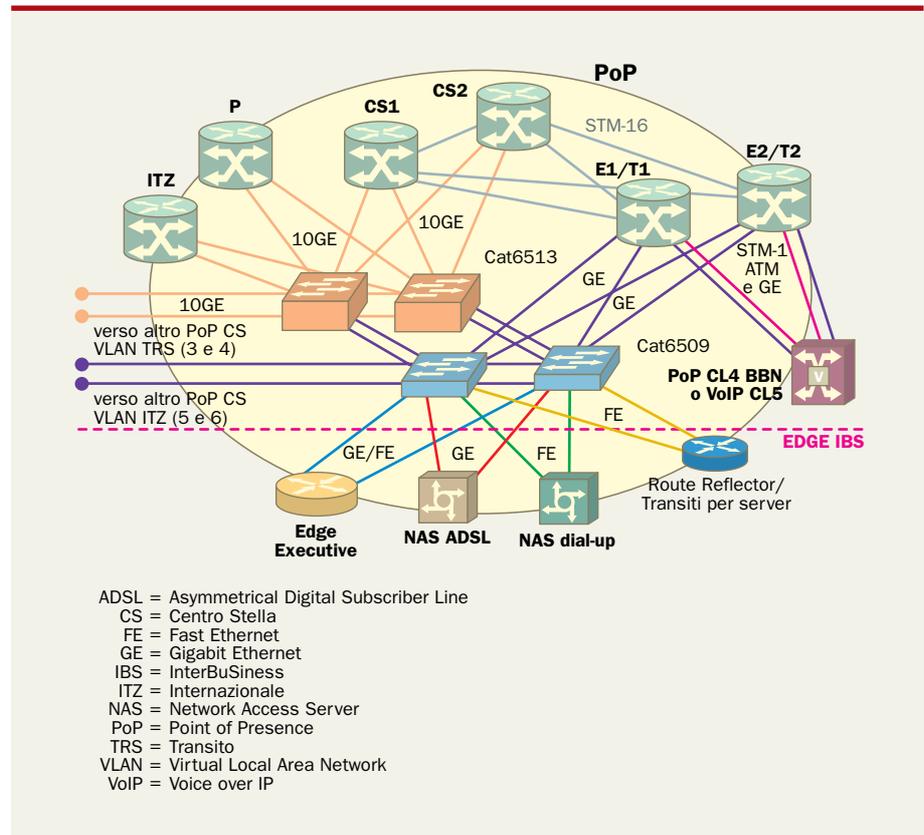


FIGURA 6 L'architettura interna dei PoP di Inner Core.

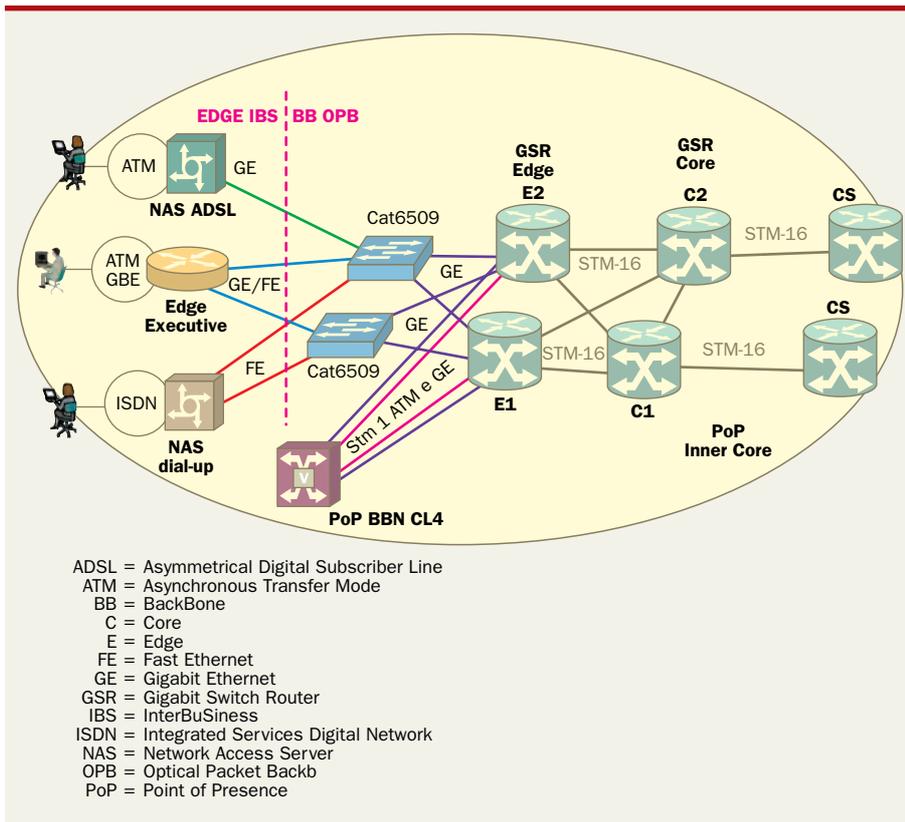


FIGURA 7 L'architettura degli otto PoP Principali di Outer Core.

L'architettura dei 20 PoP Secondari è mostrata in figura 8, dove i livelli di Core ed Edge coincidono con una singola coppia di GSR (detti Core/Edge), ma dove le funzionalità supportate, come già evidenziato, rimangono le stesse.

3.2.3 Routing

3.2.3.1 Routing Unicast

La rete OPB è costituita da due AS (Autonomous System), AS6664 e AS3269, il primo ereditato dall'era di IBS ed in via di dismissione, mentre il secondo rappresenta il dominio principale sul quale sono state sviluppate tutte le nuove tecnologie e funzionalità.

Come già anticipato, la genesi del backbone OPB dalla precedente rete IBS ha comportato una complessa riorganizzazione del routing dell'AS 3269. La riorganizzazione è stata necessaria per superare l'instabilità ed i

Router di Accesso (RA) per i servizi Full Internet e Router PE (Provider Edge) MPLS-VPN per i servizi Hyperway (apparati Cisco 7500 o 10K oppure apparati Juniper M20;

- NAS ADSL per clientela Residenziale o small Business (apparati Cisco 6400 o 10K oppure Juniper ERX);
- NAS dial-up delle rete E@sy.IP (apparti APX8000 Lucent). Il criterio di ripartizione del traffico è effettuato bilanciando i pacchetti IP/MPLS sui quattro diversi percorsi, tra i router di Accesso ed i primi due GSR di OPB, su base "flusso" utilizzando un algoritmo di hashing che tiene conto degli indirizzi di sorgente, destinazione e porte TCP/UDP.

Sono invece direttamente connessi ai GSR di Edge i Voice Gateway MGX della rete BBN (nodi Class4 di transito della rete telefonica pubblica), su collegamenti locali STM-1 ATM e GbE.

limiti di scalabilità dovuti all'utilizzo del protocollo OSPF per la propagazione delle informazioni di

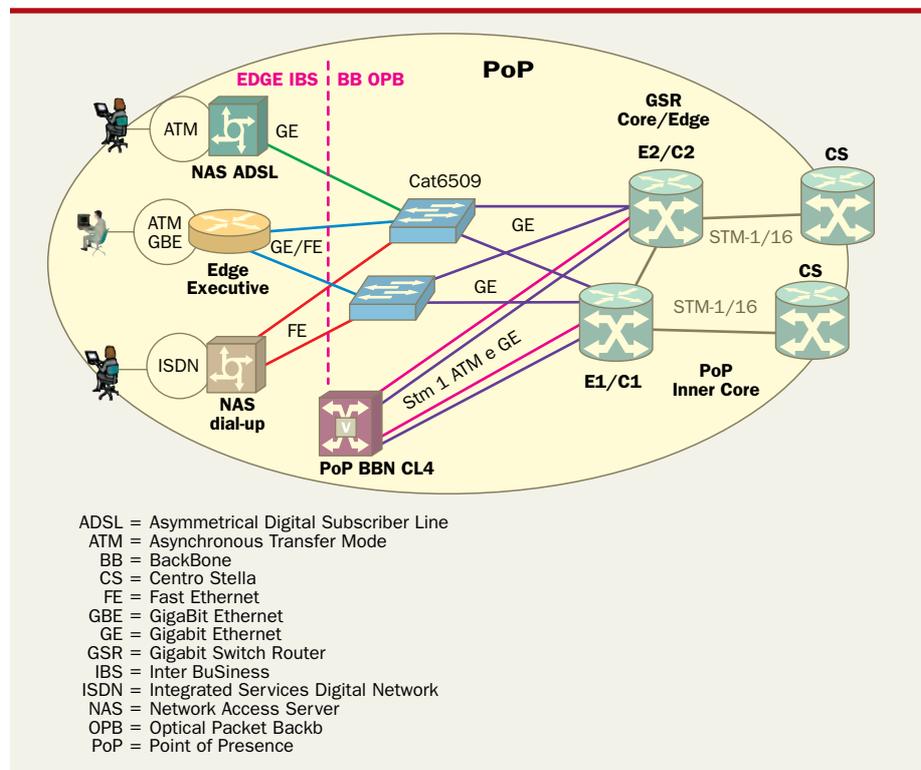


FIGURA 8 L'architettura degli venti PoP Secondari di Outer Core.

I PROTOCOLLI DI ROUTING

Il protocollo OSPF

Il protocollo OSPF (*Open Shortest Path First*) è un protocollo di instradamento IGP (*Interior Gateway Protocol*, cioè progettato per il routing all'interno di un *Autonomous System*), standardizzato in ambito IETF nella RFC 2328 [8]. Tale protocollo, a differenza di altri, (ad esempio RIP), che sono di tipo *distance vector*, è di tipo *link-state*. Ciò in pratica significa che i router attivi tra di loro collegati, al momento dell'accensione oppure a seguito di variazioni topologiche, si scambiano informazioni relative solamente allo stato delle network afferenti a quei dati router ed ai router ad essi adiacenti. In questo modo ciascun router costruisce un database topologico della rete (replicato su tutti i router del dominio), a partire dal quale, indipendentemente dagli altri, si costruisce la sua tabella di routing. L'instadamento finale è scelto individuando, mediante l'algoritmo di *Dijkstra*, il percorso di rete a costo minimo.

Nella configurazione del protocollo in un dominio con un elevato numero di router, è possibile partizionare la rete in aree di dimensioni più piccole, in modo che siano presenti un'area di backbone, nota come area 0, e delle aree periferiche connesse alla precedente.

Il protocollo BGP

Il BGP (*Border Gateway Protocol*) è un protocollo di tipo EGP (*Exterior Gateway Protocol*) che è usato per scambiare le informazioni di raggiungibilità delle reti di *autonomous systems* distinti (external BGP) oppure delle reti afferenti a diversi router interni ad un singolo *autonomous system* (internal BGP). La versione del protocollo correntemente utilizzata in Internet è definita nella RFC 1771. I router tra i quali viene stabilita una sessione BGP vengono detti *peer*.

Il protocollo BGP è implementato su TCP e non direttamente su IP. Il vantaggio principale di ciò è la delega al TCP di tutte le funzioni di controllo di errore, ritrasmissione e frammentazione. Al momento dell'instaurazione di una sessione BGP, dopo che i router con i messaggi di *open* hanno concordato i parametri della connessione, si scambiano l'intera tabella BGP su di essi memorizzata. Successivamente, invece, vengono inviate solo delle notifiche per segnalare le variazioni sulla di raggiungibilità delle reti Internet.

Le informazioni scambiate tra *peer* BGP sono accompagnate da una serie di attributi, dei quali alcuni opzionali, che consentono sia l'implementazione automatica di algoritmi per la prevenzione di loop e sia la propagazione delle politiche di routing.

Nella RFC 2858 [9], all'implementazione iniziale del protocollo sono state aggiunte ulteriori funzionalità utili per l'abilitazione di alcuni tipi di servizi, quali il *multicast inter-Autonomous System* e le *VPN-MPLS*.

Il protocollo PIM

Il protocollo PIM (*Protocol Independent Multicast*) è un protocollo di instradamento *multicast* standardizzato in ambito IETF nella RFC 2362. Lo standard PIM suppone che i percorsi tra sorgente e destinazione siano simmetrici e utilizza quindi le stesse informazioni contenute nella tabella di instradamento *unicast*.

Il protocollo opera in due modalità: nel "dense mode" utilizza algoritmi di instradamento del tipo *Reverse Path Forwarding*, dove router per router vengono coinvolte nel *multicast* solo le interfacce che rispettano il vincolo del percorso più breve tra Sorgente e Destinazione; nella modalità "sparse mode" si effettua la distribuzione dei pacchetti minimizzando il numero di router coinvolti, con una dichiarazione esplicita dei router di adesione al *multicast*, contrariamente all'altra modalità dove il *multicast* è presente su tutte le interfacce dei router e dove spetta a ciascun router escludere quelle interfacce non interessate.

routing relative alle network dei clienti, nonché per consentire l'introduzione della tecnica MPLS in rete. Per approfondimenti sui tipi di protocolli si veda il riquadro di approfondimento "I protocolli di routing".

Si è scelto di adottare il protocollo iBGP [10] per la distribuzione delle informazioni di routing relative alle reti Cliente, ed il protocollo OSPF per la distribuzione delle informazioni per la raggiungibilità degli apparati. La complessità delle operazioni ha richiesto lo svolgimento delle attività in tre fasi:

- nella prima è stata introdotta la nuova architettura di routing iBGP nella rete di backbone e di accesso, ad eccezione delle configurazioni relative ai clienti finali;
- nella seconda è avvenuta la migrazione dei clienti di IBS sulla nuova architettura di routine;

- nella terza è stato bonificato il routing OSPF all'interno del backbone, passando da una complicata configurazione OSPF multi-processo ad una configurazione multi-area di nuova concezione dette Aree NSSA (*Not So Stubby Area*). Si sono così combinati i punti di forza di due protocolli di routing, ovvero la capacità di calcolare il percorso ottimo del protocollo OSPF, configurato in un'architettura a 32 aree periferiche ed un'area zero di backbone, e la capacità del protocollo BGP di gestire e "manipolare" un elevato numero di rotte (indirizzi aggregati IP) assicurando un'effettiva scalabilità della rete. In altre parole, con il protocollo OSPF si calcola la raggiungibilità di tutti i nodi della rete utilizzando le *loopback* degli apparati (*internal route*) e con il BGP si propagano gli annunci delle rotte verso le reti dei Clienti.

L'implementazione BGP è stata corredata dall'importante funzionalità di *RR (Route Reflector)*, secondo la raccomandazione IETF RFC 1966 [11], per evitare una maglia completa di relazioni iBGP tra tutti i router del backbone. Tutti i router (Client) hanno una relazione di peering iBGP con un Server, il *Route Reflector*, che ha il compito di annunciare a tutti gli altri le rotte apprese da un particolare Client. La propagazione di un annuncio non è trasparente, ma avviene a seguito di un processo decisionale che può filtrare e modificare gli attributi degli annunci.

L'architettura iBGP è stata inizialmente basata su un modello gerarchico di Route Reflector a due livelli: il "Top Level RR" realizzato su router Cisco 7200 dedicati, il secondo livello di RR sui GSR dei PoP di OPB. Le migliorie sulla scalabilità introdotte nel BGP e nel Sistema Operativo Cisco (IOS) hanno consentito, nel corso del 2003, di passare ad un'architettura ad un solo livello gerarchico di RR dove:

- gli elementi di Edge per i servizi Full Internet e i tutti i GSR di OPB hanno attive due sessioni su due degli otto RR Cisco 7200 dedicati;
- ognuno dei RR ha attiva una relazione iBGP con tutti gli altri. In questo contesto il piano *MP-BGP (MultiProtocol BGP)* per i servizi VPN-MPLS non fa parte del piano di controllo di OPB ma si appoggia su un'architettura di Router Reflector MP-BGP dedicata. Il modello BGP adottato consente la propagazione a tutti i GSR di OPB delle sole rotte nazionali, costituite dalle network interne, dei propri clienti e da quelle dei Peering Pubblici e Privati di OPB.

Per inciso, a parte i Gateway verso Seabone, gli apparati GSR di OPB non possiedono la *Full Internet Table*, ovvero la tabella di routing costituita da tutti i prefissi mondiali presenti su Internet, ma soltanto il sottoinsieme delle rotte nazionali; per le rotte dirette fuori dal backbone, è configurata una rotta di *default*, iniettata via protocollo OSPF, verso i quattro Gateway internazionali (GW-ITZ). D'altro canto, è ragionevole che un pacchetto che non sia destinato al dominio interno oppure ad un *peering* sia destinato a qualche rete raggiungibile tramite l'*upstream provider* e dovrà quindi necessariamente essere trasportato verso il Gateway Internazionale più vicino geograficamente.

Un discorso opposto viene fatto per l'area *Edge Executive*, legata in particolare ai servizi *Full Internet*, dove i clienti con proprio AS (detti AS-Client) hanno bisogno della "*Full Internet Table*".

Tornando al paradigma generale, ciascun elemento di Accesso/Edge si fa carico di annunciare le reti (network) dei clienti ad esso attestati, avendo cura di scrivere nel campo *next hop* l'indirizzo della propria interfaccia di *loopback*.

In questo modo ogni altro router, per raggiungere una certa destinazione, deve inoltrare i pacchetti all'indirizzo del *next hop*, ovvero al router che ha originato l'annuncio e sarà compito di questo istradare il pacchetto verso il cliente finale.

La raggiungibilità delle interfacce di *loopback* degli elementi di Accesso è assicurata dalle istanze del protocollo OSPF.

L'architettura gerarchica scelta per il protocollo OSPF divide l'*area di backbone* dalle *aree di periferia*:

- l'*area di backbone* (area 0) è costituita da tutti i router del backbone propriamente detto, dai RR, GW-ITZ e dai router di peering, ivi compresi quelli dislocati nelle sedi NAP;
- le *aree periferiche* sono numerate in maniera tale da individuare univocamente ciascuno dei 32 PoP OPB e comprendono tutti gli apparati di accesso (RA, PE MPLS e NAS, inclusi i GSR di collegamento al Backbone), ad eccezione degli apparati di transito del BBN inseriti in un processo OSPF a loro dedicato.

I punti di contatto tra area 0 e area periferica sono realizzati a livello di piano di controllo attraverso i cosiddetti Router "ABR" (Area Border Router) e coincidono su OPB con i GSR di EDGE nei PoP a due livelli (principali), con i GSR CORE/EDGE nei PoP ad un livello (secondari) oppure con i GSR di Transito nei PoP di Inner Core.

I GSR ABR sono infatti appartenenti contemporaneamente sia all'area 0 che all'area periferica.

Per aumentare ulteriormente la scalabilità dell'architettura, è stata utilizzata una tipologia di area detta *NSSA (Not So Stubby Area)* che possiede dei meccanismi di filtraggio per controllare l'iniezione degli annunci OSPF da e verso un'area periferica.

In particolare, l'unica informazione che deve necessariamente transitare tra le aree, a parte alcuni casi particolari per servizi di *load balancing*, è l'informazione per la raggiungibilità degli apparati (ovvero le network relative alle interfacce di *loopback*).

Tutte le altre informazioni di routing propagate in area 0 vengono filtrate dagli apparati con funzione di ABR: con questi accorgimenti implementati in rete si è in grado di minimizzare la propagazione delle perturbazioni di routing in zone remote della rete.

La peculiarità OSPF di essere un protocollo di tipo "link state", ovvero di controllo dello stato di un collegamento tra due Router, consente inoltre l'ottimizzazione dell'instradamento del traffico interno alla rete.

Gli annunci su OSPF dei link connessi agli apparati vengono gestiti con una metrica inversamente proporzionale all'effettiva banda fisica: in questo modo le relazioni di traffico vengono instradate in rete selezionando il cammino di rete che complessivamente offre la maggior disponibilità di banda potenziale. L'interworking tra i protocolli BGP ed OSPF è illustrato schematicamente nella figura 9.

Dal punto di vista dello sviluppo infrastrutturale, a partire dal 2003, si è stabilito che l'ampliamento della banda d'interconnessione tra OPB e Seabone debba avvenire esclusivamente su direttrici STM-16, mirando ad un progressivo rilascio dei circuiti di gerarchia inferiore.

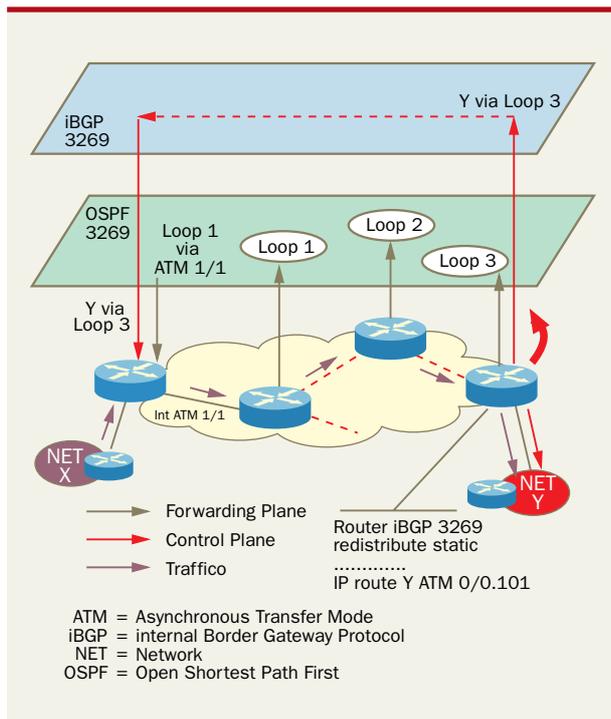


FIGURA 9 L'interworking tra i protocolli BGP e OSPF.

Tale scelta ha trovato piena giustificazione alla luce dei seguenti fattori:

- trend di crescita del traffico internazionale di gran lunga superiore alle previsioni;
- comparazione dei costi tra collegamenti STM-1 e STM-16;
- necessità di ottimizzare l'occupazione di risorse trasmissive (line card e circuiti) e di semplificare le politiche di routing BGP, mediante aggregazione dei traffici generati dalle diverse tipologie di servizio "affini".

Per ottenere la segregazione del traffico relativo alle diverse tipologie di servizio, gli annunci delle reti vengono diversificati in uscita sulla base degli attributi BGP (denominati *communities*) imposti dal router da cui sono originati. I PoP Inner core della stessa città lavorano in *load balancing* con reciproco *back up*, ovvero l'insieme delle reti annunciate da OPB sono ripartite fra i 4 GW-ITZ e le reti che un certo GW-ITZ annuncia verso Seabone con metrica preferenziale sono anche annunciate, con metrica sfavorevole, dall'altro GW-ITZ della stessa città e viceversa. In questo modo, in condizioni normali di funzionamento, il traffico che rientra verso una rete cliente di OPB transita solo per il link a 2,5 Gbit/s a cui quella stessa rete è assegnata, mentre in caso di perdita di connettività tra un GW-ITZ e il router Seabone, il traffico verrebbe automaticamente instradato verso l'altro GSR omologo della stessa città.

Per ottenere il bilanciamento del traffico in uscita da OPB e diretto verso Seabone, si utilizza una particolare configurazione di *anycast routing* dove la subnet comune è quindi annunciata in OSPF dagli stessi GW-ITZ.

La configurazione *anycast* si basa sull'impostazione del next-hop BGP delle route Internet pari ad un indirizzo IP comune a tutti i quattro GW-ITZ ed annunciato da questi ultimi in OSPF. Questa configurazione e la simmetria dell'architettura di OPB consentono di ripartire equamente il traffico diretto alla Big Internet fra tutti i quattro punti di interconnessione con Seabone.

3.2.3.2 Routing Multicast

Allo scopo di supportare l'offerta commerciale denominata *YourCh@nnel*, rivolta alla Clientela Business e ai Content Provider, per la distribuzione di propri servizi su Internet in maniera diffusa, alla fine del 2000 è stata introdotta la funzionalità di routing multicast sulle reti IP/MPLS.

Il trasporto in "multicast" è una tecnica efficiente per trasmettere la stessa informazione ad una moltitudine di riceventi, ottimizzando l'impiego di banda e di risorse di elaborazione nelle reti di telecomunicazioni. La distribuzione ottimale delle informazioni verso i riceventi avviene secondo una topologia ad albero in cui la radice rappresenta la sorgente e le foglie corrispondono ai riceventi.

Gli algoritmi di instradamento multicast evitano la duplicazione dei dati lungo i rami dell'albero che vengono attraversati da più di uno dei percorsi diretti alle diverse destinazioni.

Oltre a limitare l'occupazione di banda, il multicast permette di raggiungere un numero virtualmente illimitato di riceventi in quanto la sorgente emette comunque un unico flusso e non viene sovraccaricata dalla presenza simultanea di più destinatari.

L'attivazione in rete del servizio multicast ha richiesto:

- la configurazione del protocollo di routing multicast *PIM v2 (Protocol Independent Multicast, versione 2)* [12] in modalità *sparse mode* su tutti gli apparati e le interfacce di backbone;
- l'attivazione della funzionalità di *RP (Rendez-Vous Point)* su una coppia di apparati del backbone, per la raccolta delle richieste di adesione ai gruppi multicast da parte dei riceventi e delle richieste di trasmissione da parte delle sorgenti;
- la configurazione del protocollo *MSDP (Multicast Source Discovery Protocol)* [13] sugli RP per la sincronizzazione delle informazioni relative alle sorgenti attive;
- la configurazione del protocollo *IGMP v2 (Internet Group Management Protocol, versione 2)* [14] sui router di accesso al backbone per l'adesione e l'abbandono di una sessione multicast da parte degli utilizzatori finali. La scelta di avere una coppia di apparati di backbone con funzioni di *Rendez-Vous Point* è stata guidata da questioni di ridondanza.

I due RP sono stati identificati mediante lo stesso indirizzo IP *anycast* e tale indirizzo è configurato in maniera statica sui router di accesso, punti di connessione di sorgenti e destinazioni.

In tal modo, sia la sorgente che le destinazioni interessate al flusso multicast, possono raggiungere sempre il RP attivo più vicino utilizzando le tabelle di routing unicast (OSPF per OPB, IS-IS per DTC). L'indisponibilità di uno dei due viene quindi coperta dall'altro RP grazie al fatto di aver assegnato ad entrambi gli RP lo stesso indirizzo IP. Per questioni architetturali su OPB sono stati scelti come RP due apparati GSR di Centro Stella, uno a Roma e uno a Milano.

3.2.4 Catalyst e Gateway

Gli apparati Catalyst della infrastruttura di OPB svolgono due compiti fondamentali:

- consentono l'interconnessione al backbone degli apparati di accesso e di Edge attraverso le VLAN di accesso presenti nei 32 PoP di OPB;
- supportano il traffico di transito al backbone nei Nodi di Inner Core a Roma e Milano verso i nodi di peering, Internazionale e IDC, attraverso le VLAN di transito.

Dal punto di vista del routing, la modalità standard di attestazione ad OPB prevede che gli elementi di Accesso e/o Edge siano:

- configurati sulle VLAN di "Accesso" di OPB con interfacce GE/FE e con indirizzo IP della sottorete logica IP (LIS) delle VLAN;
- conosciuti su OPB via OSPF nell'area NSSA esclusivamente per la propria *loopback* e le proprie interfacce verso i Catalyst;
- in grado di annunciare in iBGP ai Route Reflector Server gli aggregati delle reti dei clienti/sistemi a loro attestati, utilizzando per l'indirizzo di *next hop* BGP la *loopback* dell'apparato di accesso.

Come alternativa al protocollo OSPF, è possibile configurare sui GSR di OPB delle statiche, poi distribuite in iBGP e come alternativa al i-BGP è possibile configurare sempre sui GSR di OPB delle statiche per gli aggregati delle reti cliente. In ogni caso i Catalyst Infrastrutturali di OPB si aspettano di raccogliere traffico esclusivamente da apparati di Accesso/Edge di livello 3 (routing IP) e non da Switch Ethernet di livello 2.

Le interconnessioni con la rete OPB sono realizzate con *GW (Gateway GigaRouter)* dedicati verso:

- l'Upstream Provider Seabone, su circuiti Stm-16 dedicati ai servizi Mass Market (Residenziale) e circuiti STM-16 per i servizi Executive/Business (figura 10);
- il Backbone DTC su circuiti STM-16 e GbE.

3.2.5 Il Peering

Le "politiche di peering" sono costituite da un insieme di regole che disciplinano lo scambio di informazioni di instradamento tra Autonomous System.

La manipolazione delle informazioni ricevute e/o trasmesse consente il controllo sui flussi di traffico scambiati con l'esterno.

Il protocollo BGP è normalmente utilizzato per realizzare le politiche di peering in quanto nato appositamente per lo scambio di informazioni di routing relative alla raggiungibilità delle destinazioni (dette anche rotte, oppure network o route) proprie di ciascun *ISP (Internet Service Provider)*. Per la definizione di ISP su veda il riquadro di approfondimento "*Internet Service Provider*". Esso, inoltre, implementa vari meccanismi atti ad evitare l'instaurarsi di annunci su percorsi chiusi (loop), consentendo la segmentazione degli annunci su una molteplicità di sessioni e assegnando a ciascun annuncio una priorità qualora esistano più percorsi verso la stessa destinazione.

Le relazioni di peering possono essere realizzate presso apposite strutture denominate *NAP (Neutral Access Point - Punti di Peering pubblici)* o mediante interconnessione diretta tra i backbone degli ISP tramite collegamenti diretti (Punti di Peering privati).

In entrambi i casi viene instaurata una sessione *eBGP (external BGP)* tra i router di ciascun lato del peering (figura 11).

Un NAP può essere considerato un'infrastruttura di livello 2 (LAN con Switch Ethernet), in genere centralizzata in un'unica sede e la cui gestione è normalmente affidata ad un consorzio di ISP, senza scopi di lucro che ne assicura la continuità del servizio e la gestione dei malfunzionamenti 24 ore su 24.

La figura 12 illustra come i router di proprietà dei vari ISP (detti anche GateWay) sono da una parte connessi ai LAN Switch del NAP e dall'altra ai vari backbone degli ISP.

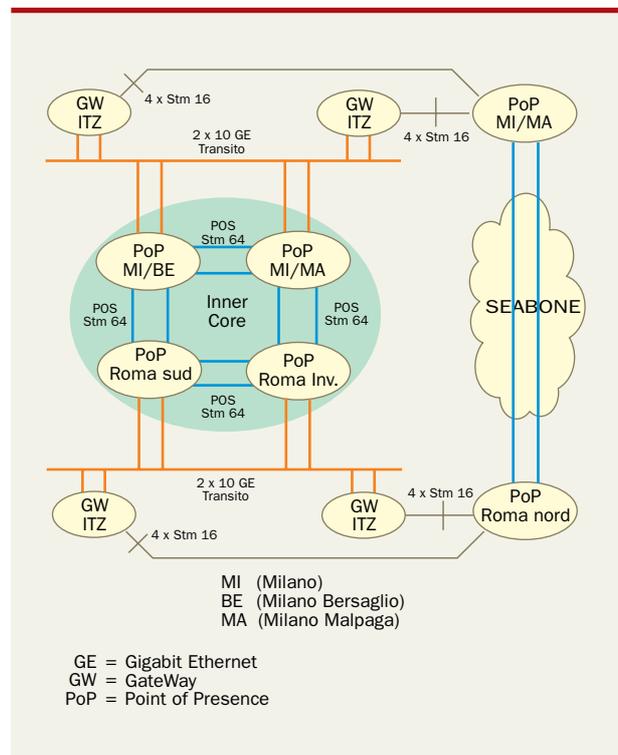


FIGURA 10 ▶ L'interconnessione OPB - Seabone.

INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP)

È un fornitore di accessi ad Internet (per esempio, con listino ufficiale pubblicato di prodotti realizzati all'interno del proprio address space ed *Autonomous System*, come l'accesso

ad Internet via rete ATM e leased lines, ADSL o dial up). L'ISP (*Internet Service Provider*) è in possesso dell'autorizzazione Ministeriale per la fornitura di accessi ad Internet (rilasciata dal Ministero delle Comunicazioni ai sensi del D.L. n. 103 del 17/3/95 e del D.P.R. n. 420 del 4.9.95). È registrato presso RIPE NCC o un registro equivalente come *Local Internet Registry* (avendo, quindi, facoltà di assegnare reti IP ai propri clienti). Ha un proprio numero di *Autonomous System* pubblico rilasciato da un registro riconosciuto ed annuncia le proprie reti

all'interno del proprio *Autonomous System*. Ha una propria connettività all'Internet globale indipendente dal *Peering* (sia esso Privato o Pubblico) con disponibilità della *Full Internet Table* (tutte le rotte di Internet). Mantiene aggiornato il *Network Management Database* pubblico di RIPE secondo le specifiche dettate dal documento RFC-2622 (detto anche RPSL).

I due principali NAP Italiani verso la rete OPB sono equipaggiati:

- al MIX di Milano con due GW GSR 12012, ciascuno con doppia attestazione Gigabit Ethernet sulle due VLAN pubbliche del MIX e con due collegamenti STM-16 verso i GSR di peering di Milano (Bersaglio e Malpaga);
- al Namex di Roma con un GW GSR 12012, ciascuno con doppia attestazione Gigabit Ethernet sulle due VLAN pubbliche del Namex e con otto collegamenti STM-1 verso i GSR di Peering di Roma (Inviolatella e CTRL).

Le sessioni eBGP garantiscono quindi un'interconnessione logica tra ISP nei punti di Peering Pubblici e i vari operatori concordano direttamente tra loro le sessioni eBGP, i filtri e le politiche di peering. In un contesto nazionale, il numero di NAP deve essere necessariamente contenuto; dal punto di vista tecnico-architettonico, per OPB si armonizzano bene due punti di accesso, uno a Roma ed uno a Milano². Analoga considerazione può essere applicata ai Peering Privati i quali sono di regola instaurati solo con ISP di grande caratura (ad esempio, per uno scambio di traffico maggiore di 500 Mbit/s).

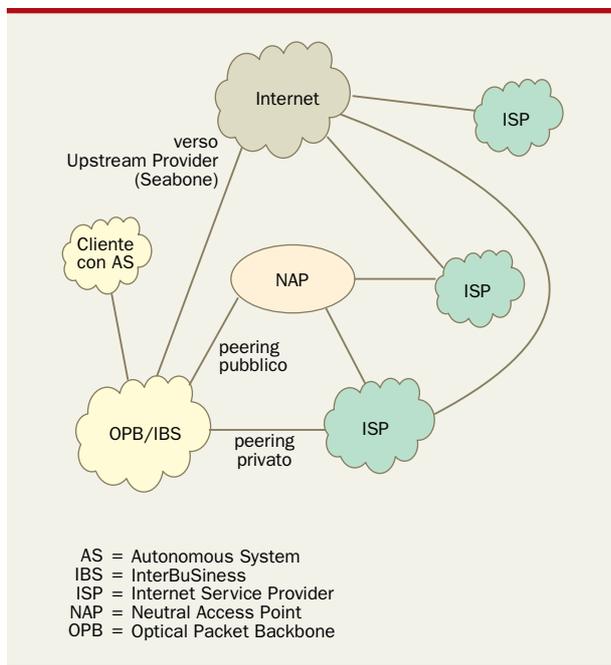


FIGURA 11 ▶ L'architettura logica dei Peering.

I peering instaurati all'interno di un NAP permettono di creare sessioni BGP tra un numero considerevole di ISP, senza dover creare una maglia completa di collegamenti diretti tra i vari backbone, come sarebbe necessario fare utilizzando Peering Privati.

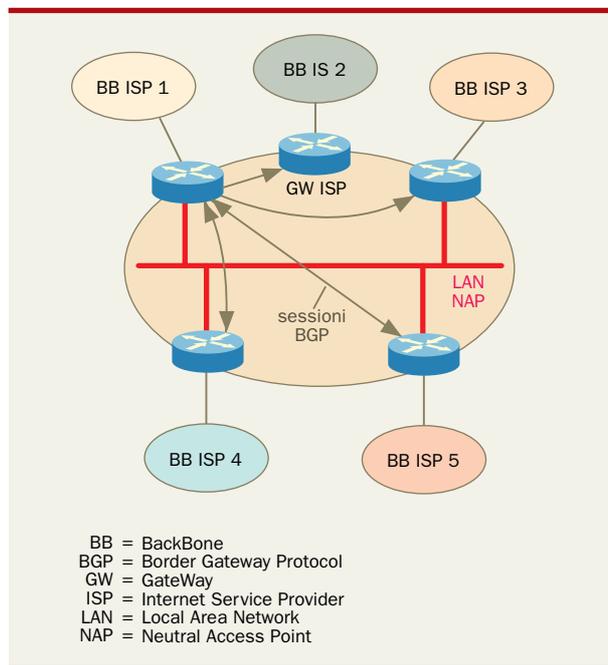


FIGURA 12 ▶ L'architettura tipica di un NAP.

Dal punto di vista del routing, agli "ISP-Peer", i Service Provider con cui Telecom Italia effettua un

(2)

Esistono altri due NAP sul territorio nazionale, il TIX ed il Topix che sviluppano però attualmente un traffico esiguo (circa 10 Mbit/s ciascuno).

peering, vengono annunciate su eBGP le reti aggregate di dominio Telecom Italia e le reti dei Clienti che possiedono un AS (AS-Cliente), con un proprio spazio di indirizzamento e con un accesso a pagamento.

Nel verso opposto, dagli ISP-Peer vengono invece accettate le reti aggregate proprie del peer e le reti dei suoi AS-Cliente.

È importante notare che gli annunci appresi dagli ISP-Peer non vengono propagati verso Seabone/Internet e verso gli altri ISP-Peer; in altri termini la rete OPB non effettua "transito" a favore degli altri ISP-Peer.

Per quanto riguarda invece gli AS-Cliente, gli annunci appresi vengono ovviamente propagati verso Seabone/Internet, oltre che verso gli ISP-Peer.

Inoltre all'AS-Cliente viene tipicamente annunciata la "Full Internet table", costituita dagli annunci delle reti OPB e da quelli appresi da Seabone, dai Peering e dagli AS-Clienti.

In virtù degli molteplici punti di interconnessione di OPB con Internet (Seabone, Peering Pubblici e Privati) e con i propri clienti (AS-Clienti), è usuale che uno stesso annuncio giunga ad OPB attraverso diversi punti di ingresso alla rete ma è altrettanto importante che vengono definite delle regole per la scelta di quale annuncio prendere come valido. Le politiche di routing della rete OPB, applicate al contesto dei peering (figura 13) prevedono che un AS-Cliente o un ISP-Peer possa smistare gli annunci delle proprie reti

mediante più sessioni instaurate su collegamenti di diversa natura, ma l'annuncio più attendibile viene scelto sulla base della tipologia dei collegamenti attivi.

La massima priorità è data all'accesso come Cliente a pagamento (AS-Cliente), in secondo luogo all'annuncio da un Peering Privato, in terzo da un Peering Pubblico e la bassa priorità all'annuncio via Internet (tramite Seabone).

Un esempio di coesistenza di sessioni diverse di peering tra OPB ed un AS-Cliente è riportato nella figura 14, dove è prevista la non coesistenza di un Peering Privato con un accesso di tipo AS-Cliente.

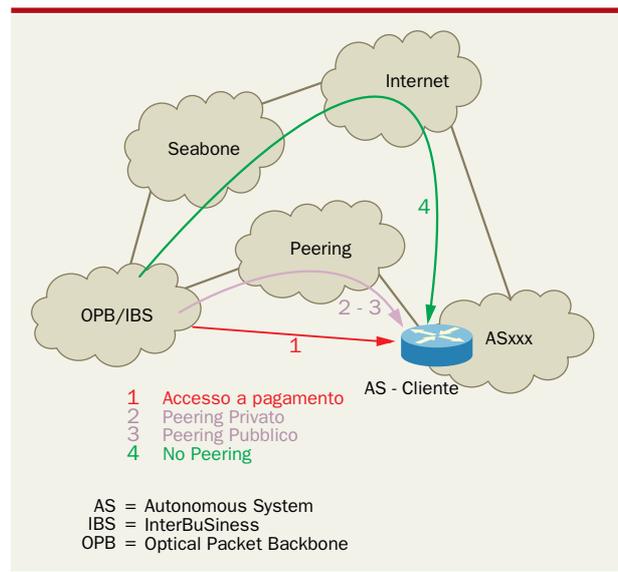


FIGURA 14 La coesistenza di Peering diversi tra OPB e AS - Cliente.

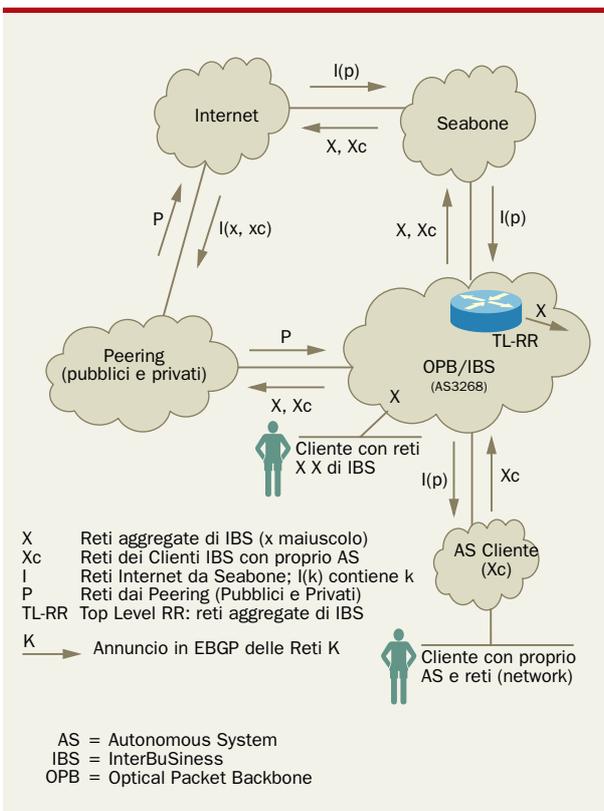


FIGURA 13 Schematizzazione delle politiche di Peering in OPB/IBS.

Con la graduale affermazione del Namex in termini di banda ed ISP connessi e la creazione di altri punti di peering pubblici (TOPIX a Torino, TIX a Firenze), è nata l'esigenza di condividere presso i vari comitati tecnici dei NAP la politica di peering. I criteri auspicati da Telecom Italia sono generalizzati nelle seguenti regole:

- dovrà essere preferito sempre il Peering Privato (se questo è presente) rispetto a quello Pubblico (presso un NAP);
- questa politica dovrà essere impostata in rete sia lato OPB che lato ISP-Peer (tipicamente con il meccanismo delle "Local Preference BGP") e non potrà essere arbitrariamente modificata da una delle due parti;
- in generale dovrà esserci al massimo un peering Privato e uno Pubblico con un generico ISP-Peer;
- come "regola generale" un ISP-Peer avrà un peering Pubblico con OPB presso un unico NAP e, per eccezione, si valuterà di volta in volta l'opportunità di gestire il peering su due punti di scambio in funzione delle risorse disponibili presso i due NAP, sia di OPB che dell'ISP-Peer;

e) qualora OPB ed un ISP-Peer decidano di effettuare due peering Pubblici presso due strutture NAP, dovrà essere concordata la priorità di utilizzo dei peering in base a criteri di reciproca convenienza e tale politica non potrà essere arbitrariamente modificata da una delle due parti. La “regola generale” fa riferimento al fatto che Telecom Italia ha adottato fin dalle origini di IBS, l’approccio di accettare come “default” i peering Pubblici con tutti gli ISP che lo richiedessero; come naturale estensione di questa politica, si ammette che un ISP-Peer possa richiedere di instaurare un Peering Pubblico presso un generico NAP a scelta.

situati nelle città di Milano, Roma, Padova e Bologna, ciascuno dotato di 1 MAN GBE “locale” e da un Outer Core di 13 MAN GBE “remote”.

Come indicato in figura 15, i PoP-LH sono interconnessi con due collegamenti POS STM-16 garantendo il reinstradamento automatico in caso di guasti. Il PoP-LH di Milano svolge la funzione di concentrazione del traffico dagli altri PoP di backbone e la connettività internazionale con Seabone.

L’interconnessione con OPB è realizzata a Roma e a Milano, su collegamenti GbE per servizi IP e di tipo SDH a 2,5 Gbit/s per servizi VPN-MPLS, attuando in questo caso le funzionalità “Inter-AS-VPN” per le sedi cliente Executive attestate in modalità “dual backbone”.

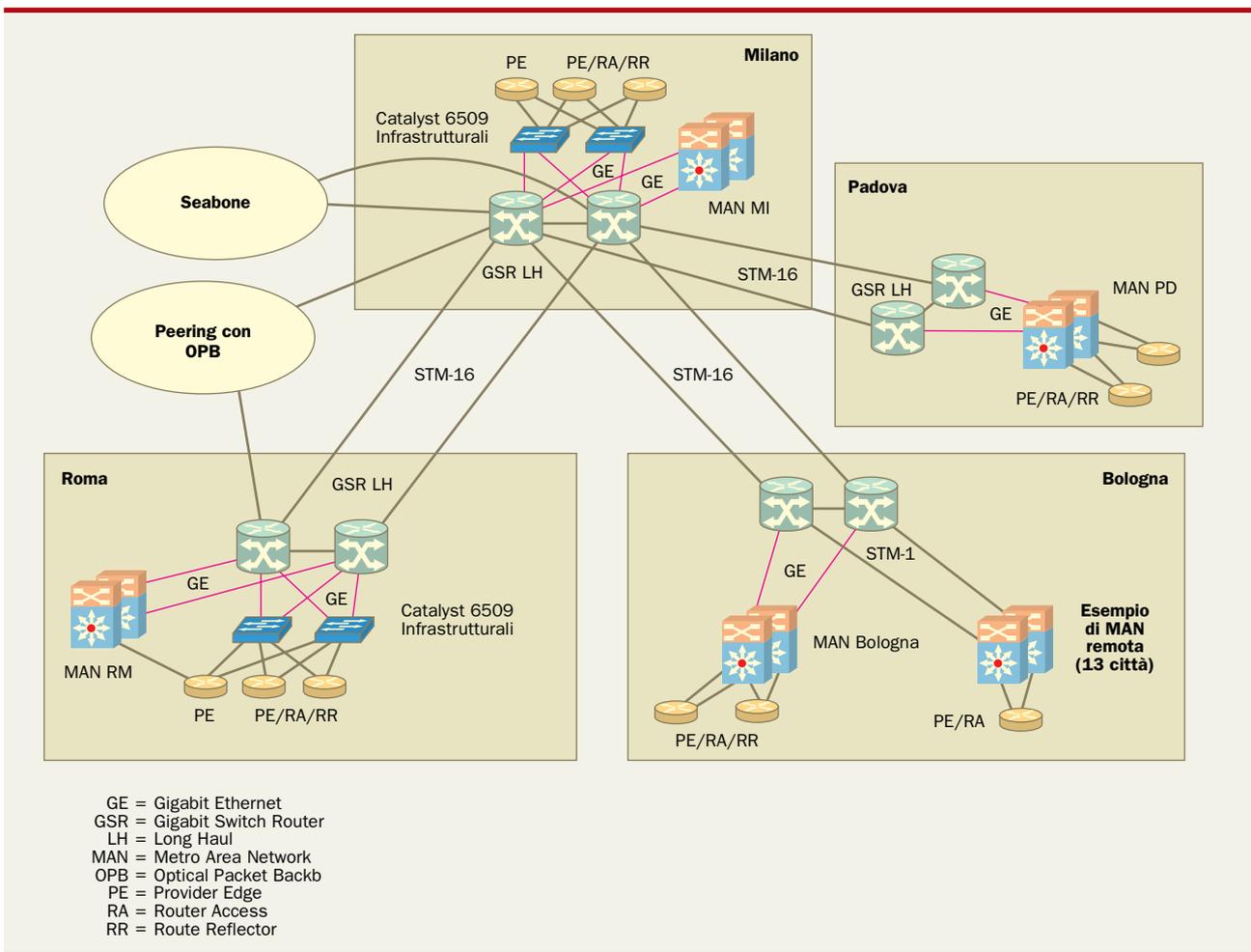


FIGURA 15 ▶ L’architettura attuale di DTC.

3.3 L’architettura della rete DTC

La rete Datacom offre alla clientela Executive servizi business legati anche ad applicazioni “mission critical” (banche, *trading on line...*), con connettività sia in rete privata (VPN-MPLS) che verso Internet.

Il backbone è costituito da un Inner Core di quattro PoP-LH (Point of Presence-Long Haul)

Nell’architettura attuale, ciascuna MAN è realizzata con due Router Cisco 7600 che svolgono funzionalità di Transit per i Servizi o Edge Full-Internet e VPN-MPLS, ad eccezione di Roma e Milano dove due coppie di GSR 12416 fungono da Transit per l’Edge locale.

Il routing del backbone Executive è fondato su due livelli:

- il protocollo IS-IS [15] è utilizzato per calcolare i percorsi che permettono di raggiungere gli

apparati di rete (in particolare le route verso le *loopback*);

- il protocollo iBGP è utilizzato per propagare le informazioni dei clienti (viene impostato come *next hop* la *loopback* dell'apparato di accesso). Tale soluzione combina i punti di forza dei due protocolli: la capacità di calcolare il percorso ottimo di IS-IS e la capacità di gestire con efficienza un elevato numero di route del BGP.

4. La Qualità del Servizio

La *Quality of Service (QoS)* nelle reti di telecomunicazioni è tipicamente riferita ad un insieme di parametri prestazionali osservabili e misurabili direttamente agli estremi dei punti di accesso di un servizio di trasporto dati. In questo contesto non si intende fare una trattazione generale sulla qualità del servizio in una rete di telecomunicazioni ma piuttosto dare una descrizione dei criteri, paradigmi e meccanismi di QoS applicati ed applicabili su un backbone dati.

I meccanismi a supporto della qualità di un servizio di trasporto di pacchetti, per un backbone, come quelli di Wireline, progettato con criteri di ridondanza di apparati e di collegamenti tra i nodi, entrano in gioco praticamente solo in condizioni di guasto, specialmente se questo è multiplo.

Il concetto di "Best Effort", ovvero il trasporto di pacchetti dati senza alcuna garanzia di ricezione nato nel periodo di gioventù di Internet, è stato largamente superato con le tecnologie oggi disponibili e da un'adeguata progettazione della rete.

Un backbone ben progettato, costituito da apparati Gigarouter, da collegamenti dorsali ad alta capacità ottici da 2,5 Gbit/s a 10 Gbit/s, con tempi di attraversamento nel singolo nodo sotto al millisecondo e con ritardi *end to end* tra due POP legati essenzialmente alla velocità trasmissiva della rete di trasporto sottostante, consente di fatto un servizio di trasporto di pacchetti di ottima qualità per tutti i servizi supportati. Le prestazioni tipiche per un backbone non eccessivamente esteso geograficamente come quelli OPB o DTC, sono quindi di qualche decina di millisecondi di ritardo *end to end* tra i PoP con un jitter minore del 50% sul ritardo *end to end*.

4.1 L'ortogonalità tra QoS e MPLS

A prescindere da considerazioni affidabilistiche, le funzionalità MPLS e la QoS sono praticamente "ortogonali": attivando MPLS non si ottengono cioè vantaggi in termini di prestazioni o di miglioramento della QoS.

La funzionalità di QoS, in accordo ai paradigmi di differenziazione della qualità dei servizi (modelli DiffServ), viene gestita grazie a politiche e meccanismi di accodamento (scheduling) dei pacchetti IP/MPLS nei buffer dei router, ovvero in uscita verso le interfacce ed in entrata verso la matrice del nodo; ciò vale indistintamente sia per il traffico IP che per quello imbustato via MPLS.

I suddetti meccanismi di scheduling entrano in gioco solo in caso di congestione interna al nodo, quale ad esempio la saturazione di un'interfaccia; ciò può accadere solo in caso di guasti in rete di tipo multiplo se si sono dimensionati i collegamenti in modo da non superare il 50% della capacità.

4.2 Criteri di implementazione della QoS su OPB

I principi generali che hanno guidato l'implementazione della QoS su OPB sono basati su criteri di semplicità, efficienza ed efficacia: il backbone deve, cioè, essere in grado di trasportare pacchetti/trame in grosse quantità e ad alta velocità, lavorando i volumi di traffico "all'ingrosso" e non il "bit" al "dettaglio", come invece è, in genere, richiesto all'area di Edge IP/MPLS. I punti di forza risiedono nell'utilizzo di adeguate tecnologie di switching e dimensionamento dei collegamenti infrastrutturali. Con questi criteri, apparentemente "banali", un backbone IP/MPLS offre prestazioni eccellenti.

Le stesse considerazioni devono essere applicate a tutti i criteri di progettazione, ivi compreso quello del piano di controllo e ciò ha comportato per la realizzazione di OPB:

- l'impiego di tecnologia di Gigarouter GSR, modello di punta della Cisco Systems per backbone IP;
- l'utilizzo di circuiti tutti di tipo SDH/DWDM, sempre dimensionati al massimo al 50% delle propria capacità;
- un Piano di controllo il più semplice e scalabile possibile.

In condizioni normali, ovvero in assenza di guasto, si fa principalmente affidamento sulla tecnologia interna del nodo Gigarouter, basata su una velocità di "switching" della matrice intorno ai 500 microsecondi ed una celerità di attraversamento del singolo nodo tipicamente dell'ordine del millisecondo.

In caso invece di congestione del nodo, ovvero in caso di guasti multipli in rete, entrano in gioco i classici meccanismi previsti nel modello *DiffServ (Differentiated Services)* standardizzati in ambito IETF [16, 17]. Il modello tratta unicamente gli aggregati di traffico e non interviene sui singoli flussi, quali quelli dei clienti o delle singole applicazioni. Il trattamento dei pacchetti, applicato all'interno del nodo, in base al valore IP Precedence del campo *ToS (Type of Service)* nell'intestazione dei pacchetti IP (o il valore *Experimental* nell'intestazione delle trame MPLS), è uguale per tutti i pacchetti appartenenti alla stessa classe ed è determinato dall'attribuzione di una determinata quantità di risorse riservata alla classe.

I Gigarouter implementano due meccanismi di QoS per la gestione delle risorse interne al nodo:

- il *Modified Deficit Round Robin (MDRR)*;
 - il *Weighted Random Early Detection (WRED)*.
- L'algoritmo MDRR è utilizzato per la gestione delle code interne al router: su ogni coda può essere mappata una o più delle suddette classi di servizio e servita in modalità "round-robin".

Ad ogni coda viene assegnato un “peso” relativo differente, attraverso il quale è possibile assegnare una porzione di banda relativa ad ogni coda da utilizzare in caso di congestione. L'algoritmo MDRR supporta inoltre una gestione delle priorità nello smaltimento delle code (*Priority Queue*), in modo da rispondere ai requisiti di basso *delay* e *jitter* che richiede il traffico “sensibile al tempo”, come il traffico Voce su IP. L'implementazione prevede anche la modalità *SRT (Strict Real Time)* nella quale la coda è servita fino al completo svuotamento in modo da garantire il minimo ritardo temporale.

L'algoritmo WRED cerca di evitare la congestione delle code attuando uno scarto selettivo di pacchetti sulla base della priorità. Lo scarto dei pacchetti IP avviene al superamento di una certa soglia di occupazione del collegamento e con probabilità crescente in funzione del livello di occupazione. Il WRED inoltre gestisce la differenziazione delle soglie e delle probabilità di scarto in base alla classe di servizio, consentendo quindi la protezione del traffico più pregiato.

Attualmente, su OPB è stato implementato un profilo di QoS per tre tipologie di traffico:

- *Gold*, dedicato al traffico VoIP BBN marcato con IPPrec o Exp MPLS a 5;
- *Premium*, con pacchetti IP/MPLS marcati con IPPrec o Exp MPLS a 6, 7, 4, 2;
- *Default*, marcato a 0, 1, 3.

Il traffico VoIP su BBN, marcato con valore Exp MPLS pari a 5 nel Media Gateway, viene inserito nelle code interne SRT a bassa latenza dei GSR; tutto il resto del traffico viene invece inserito in due code MDRR dove, alla coda 1 è dato un peso MDRR equivalente all'80%, alla coda 0 di default il restante valore del 20% (figura 16). Per quanto riguarda il WRED, è stato scelto un modello “tail and drop”, con le stesse soglie per le varie classi di

servizio (campi IP Prec o Exp MPLS), all'interno delle code del Gigarouter. Questo profilo di QoS è stato attuato sia in ingresso alla matrice di commutazione interna del GSR che sulle code in uscita delle interfacce del nodo ed è configurato sui collegamenti interni al backbone e non verso le VLAN di Accesso. Riguardo alla coda SRT, come si è già detto, essa non è soggetta ai meccanismi Round Robin dell'algoritmo MDRR; in altre parole, questo vuol dire che i pacchetti o trame MPLS inserite nelle code SRT sono potenzialmente in grado di attingere al 100% delle risorse interne al nodo.

La cosa non è un problema nel caso che la percentuale di traffico mappato sulla coda SRT venga limitata in rete ad un valore “ragionevole”, ovvero un valore intorno al 10% (al massimo pari al 15%) della capacità di un generico circuito.

5. Impieghi per applicazioni Voce: Class 4/5

5.1 Progetto BBN Class4

Il progetto “BBN” è nato nel 2001 per sostituire il livello di trasporto a commutazione di circuito del traffico Voce, eliminando gli *SGT (Stadi di Gruppo di Transito)* con nodi di tecnologia innovativa, detti nodi “BBN” oppure “Class4” [1].

La prima attivazione è avvenuta tra Roma e Milano nell'agosto del 2002 ed è proseguita nei mesi successivi con il graduale ribaltamento del traffico telefonico sui nuovi nodi. I requisiti del progetto BBN hanno richiesto al backbone OPB un servizio di trasporto il più possibile simile ad una interconnessione “trasmissiva”, attuato in un ambiente “chiuso”. A tale scopo, i Media Gateway di BBN usufruiscono di una struttura di tunnel MPLS-TE che ha fondamentalmente il compito di creare un piano di controllo e di *forwarding* completamente separato rispetto all'universo “Pubblico”.

In questo contesto per ambiente “Pubblico” si intende la possibilità di raggiungere a livello IP tutti le tipologie dei Clienti o gli elementi di Edge (Router di Accesso, NAS ADSL e *dial up*) nelle reti di backbone ed in generale su Internet attraverso Seabone ed i Peering Privati e Pubblici. Un buon esempio di implementazione di un Piano “Privato”, completamente indipendente da quello Pubblico, è quello delle reti Private Virtuali MPLS (VPN MPLS), dove soltanto un gruppo ristretto di apparati e host di Clienti possono comunicare fra loro a livello geografico.

Le reti VPN MPLS sono supportate da funzionalità di transit MPLS (dette funzionalità “P”) sui backbone OPB e DTC, mentre le componenti di servizio sono configurate sui *PE (Provider Edge)* MPLS, attestati alle VLAN di Accesso.

Il progetto Class4 in definitiva ha comportato (figura 17):

- la realizzazione di una maglia completa di tunnel MPLS-TE su 23 PoP di OPB, per un totale di circa 2.000 tunnel;

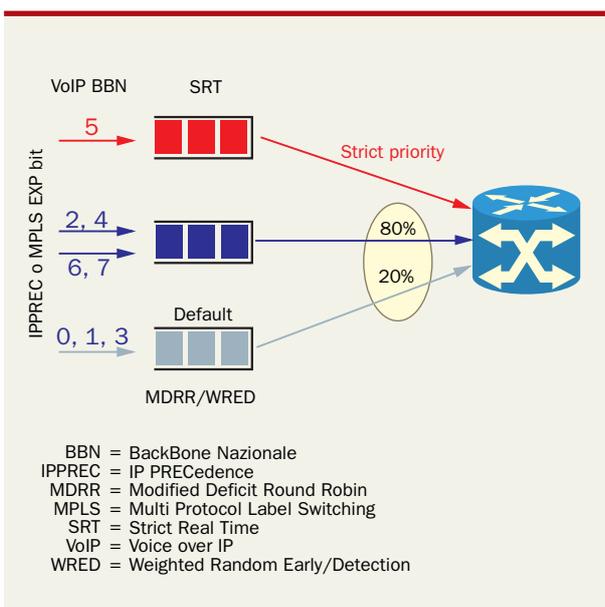


FIGURA 16 ▶ La configurazione QoS delle code sui GSR.

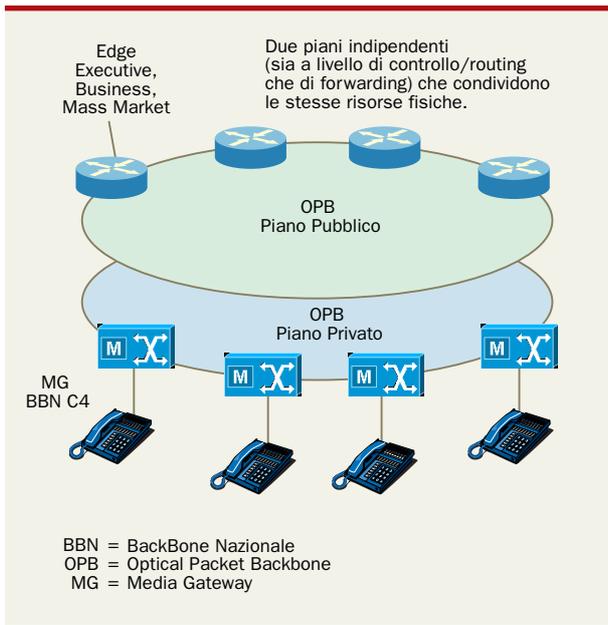


FIGURA 17 Il Piano Pubblico e Privato di OPB.

- la configurazione di un piano di indirizzamento stabilito a priori per un'architettura dimensionata a regime, con una /16 o classe B per PoP, dove gli indirizzi da 10.0.0.0 a 10.30.0.0 sono stati assegnati a BBN Class4;
- l'attivazione di un routing statico su classi private, le quali non vengono annunciate in BGP o OSPF. Per una maggiore sicurezza, sono stati anche implementati sugli apparati Edge di OPB dei meccanismi, controllati sui RR BGP, per lo scarto di pacchetti IP con indirizzamento privato che dovessero tentare di superare i confini di OPB.

Nella figura 18 viene illustrata, per grandi linee, l'architettura di un generico nodo BBN e soprattutto le sue connessioni con gli apparati GSR di OPB.

Il nodo BBN Class4 è collegato ad OPB tramite due tipologie di collegamenti:

- ATM STM-1, per l'interconnessione con i MGW costituiti dalle schede VISM dei nodi MGX;
- GbE, per la visibilità delle parti di controllo/segnalazione del nodo.

Un generico pacchetto IP, con indirizzo di destinazione appartenente alla classe IP Privata assegnata al PoP BBN di destinazione viene imbustato dal Media Gateway in un PVC ATM, terminato in uno dei due GSR di OPB, ed infine ruotato tramite una statica nei

due tunnel MPLS-TE che terminano nei due GSR presenti nel PoP BBN di destinazione.

Questa architettura di Tunnel MPLS-TE è risultata efficace ed adatta ad interconnettere nodi BBN in un struttura di servizio statica e predefinita.

Negli ultimi tempi tuttavia stanno emergendo nuovi servizi che richiedono delle strutture più dinamiche, aperte dal punto di vista della raggiungibilità IP e soprattutto non predefinite come quella del BBN Class4. Sono state, quindi, studiate e sono in corso di implementazione su OPB nuove soluzioni basate su routing "classico" via OSPF e BGP che per loro natura sono più dinamiche e scalabili, come verrà meglio chiarito nel prossimo paragrafo.

5.2 Progetti Class5 ed interconnessione PEB-BBN

I nuovi progetti richiedono l'apertura graduale dei nodi BBN all'ambiente IP pubblico in quanto alcune risorse dei Media Gateway BBN dovranno essere raggiunte potenzialmente da qualsiasi apparato di accesso o terminale di utente che utilizza indirizzi pubblici; ciò accade per i progetti di tipo Class5, ed anche per l'interconnessione IP con la rete VoIP di Sparkle, il PEB (Pan European Backbone) che utilizza indirizzi pubblici della rete Seabone.

L'apertura all'ambiente pubblico IP è indispensabile per introdurre una serie di nuovi servizi di comunicazione telefonica sia per la clientela Business che Residenziale.

I servizi di comunicazione di tipo Class5 prevedono una nuova tipologia di piattaforma di controllo centralizzata per servizi telefonici e multimediali, principalmente per la segnalazione a supporto dell'instaurazione di un canale di comunicazione (voce o video) su IP.

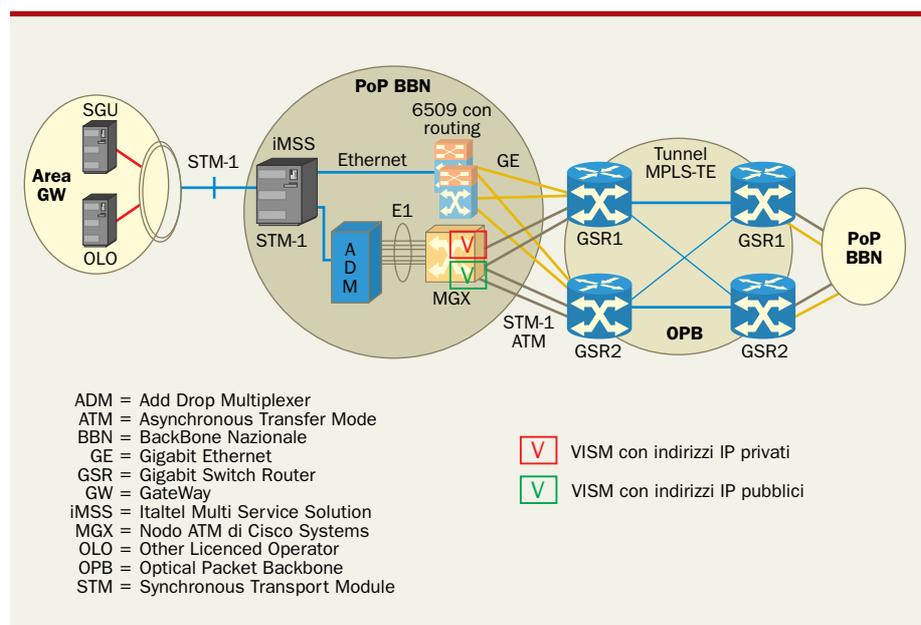


FIGURA 18 L'architettura di un PoP BBN.

Due sono i possibili scenari di comunicazione:

- tra clienti/applicazioni, oppure tra elementi di rete detti "Border Gateway", o "Access Gateway" tutti appartenenti al piano IP Pubblico e collegati quindi alle strutture di Accesso/Edge di OPB;
- tra un cliente appartenente al piano IP Pubblico ed un cliente del mondo legacy TDM, attestato quindi ad una centrale di commutazione urbana tradizionale raggiungibile, telefonicamente tramite un nodo BBN Class4. Questi nodi Class5, in numero contenuto e centralizzato, saranno attestati direttamente ai GSR di OPB nei quattro PoP di Inner Core, secondo una modalità molto simile a quella dei nodi Class4. Lo schema di interconnessione con OPB viene mostrato nella figura 19, dove le schede VISM del Media Gateway ed alcune strutture interne al nodo dovranno essere necessariamente configurate con indirizzi IP pubblici.

Per quanto riguarda il routing, è previsto che vengano utilizzati i protocolli OSPF e BGP, secondo quanto previsto nel *routing standard*:

- il routing iBGP 3269 per propagare su OPB gli annunci aggregati delle reti pubbliche delle schede VISM e della componente interna Pubblica del nodo, tramite configurazione e distribuzione di rotte statiche sui transiti di OPB;
- il routing OSPF 3269 per garantire la raggiungibilità dei next-hop degli annunci iBGP che corrispondono alle LB (Loop Back) dei due GSR.

I nuovi servizi VoIP prevedono che un cliente o applicazione, attestato ad un generico apparato di Edge di OPB sul piano Pubblico, abbia "visibilità" a

livello IP dei Media Gateway (schede VISM) dei nodi Class4 di BBN; in altri termini, si rende necessario mettere in qualche modo in comunicazione i due universi (Pubblico e Privato), come schematizzato nella figura 20.

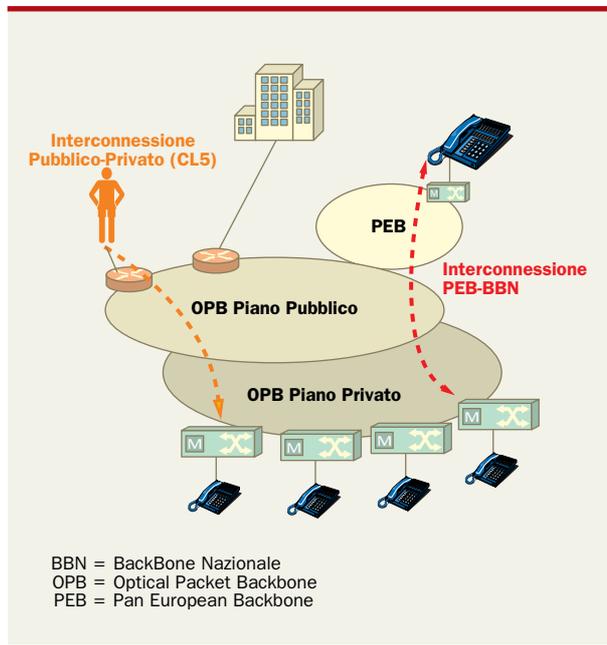


FIGURA 20 Schematizzazione dell'interconnessione tra il Piano Pubblico e il Piano Privato.

Dal punto di vista concettuale, ciò può essere fatto fondamentalmente in due modi: facendo diventare pubbliche almeno parte delle risorse del piano Privato (in modo da diventare automaticamente visibili in tutta la rete), oppure inserendo degli elementi di confine tra i due universi (detti "Border Gateway"), con il preciso scopo di metterli in comunicazione.

Per quanto riguarda lo specifico scenario di BBN Class4, è stato deciso di configurare parte delle schede VISM dei Media Gateway con indirizzi pubblici IP.

Inizialmente questo paradigma porterà ad una nuova configurazione ed installazione di un numero limitato di schede VISM nei Media Gateway dei 24 PoP BBN.

L'inserimento verrà poi gradualmente guidato dalla numerosità della clientela/servizi sul piano pubblico che hanno la necessità di comunicare con il mondo TDM tradizionale, ricordando che "dietro" ai nodi BBN Class4 vi sono i bacini di raccolta TDM tramite gli SGU tradizionali.

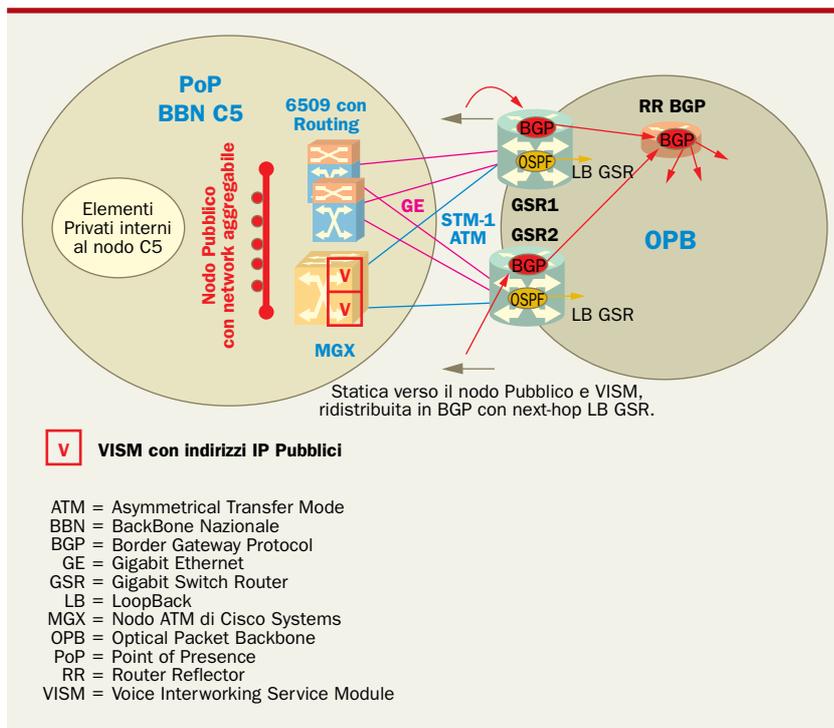


FIGURA 19 Interconnessione di un PoP BBN C5 a OPB.

Per il routing delle schede VISM pubbliche, è adottata la stessa soluzione Class5, dove gli aggregati delle reti pubbliche delle schede VISM sono annunciati in iBGP attraverso la distribuzione di statiche.

Per i servizi VoIP a livello internazionale, l'Upstream Provider Sparkle ha implementato sul backbone Seabone un'architettura di rete di trasporto VoIP analoga a quella del BBN, denominata *PEB (Pan European Backbone)*.

Le schede VISM dei Media Gateway del PEB sono dotate di un indirizzamento IP pubblico e quindi automaticamente visibili per qualsiasi cliente della rete.

Nell'interconnessione tra le due piattaforme PEB-BBN, una chiamata telefonica tra un cliente legacy del dominio nazionale viene prima trattata dallo SGU (Stadio di Gruppo Urbano) della rete telefonica tradizionale di competenza, poi dal nodo BBN e, dopo il transito sul piano pubblico sui due backbone IP OPB e Seabone, viene trattata dal nodo PEB Class4 ed in ultimo passata allo SGU internazionale. I meccanismi di QoS sul Backbone SEABONE sono analoghi a quelli di OPB, sia per quanto riguarda il valore di IP Precedence che delle code Strict-Real-Time dei GSR.

6. Conclusioni

In questo articolo è stata presentata la piattaforma di trasporto pubblica IP/MPLS di Telecom Italia Wireline, nel contesto dei servizi da esso offerti, dell'evoluzione architetturale, della Quality of Service ed infine delle applicazioni VoIP.

I successi dei servizi voce, video e dati di oggi e di domani vanno di pari passo con l'elevata qualità dei livelli di servizio che un backbone dati può garantire.

Uno di questi è stato raggiunto l'anno scorso nell'ambito della Fonia su IP, offrendo un servizio di trasporto geografico tra i Media Gateway BBN con garanzie di elevata protezione, sicurezza e trattamento ai possibili casi di guasto o congestione della rete.

Altri non meno importanti traguardi sono stati e saranno raggiunti grazie ad una attenta progettazione delle architetture fisiche e di routing, all'adozione di semplici paradigmi per l'attestazione di apparati di accesso al backbone ed alla condivisione con tutti gli ISP di politiche generali nei punti di peering pubblici e privati.

— ABBREVIAZIONI

ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
AS	Autonomous System
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BGP	Border Gateway Protocol
BBN	Backbone Nazionale
DTC	Datacom
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
eBGP	external Border Gateway Protocol
FE	Fast Ethernet
GE	Gigabit Ethernet
GSR	Gigabit Switch Router
GW	Gateway
GW-ITZ	Gateway Internazionale
iBGP	internal Border Gateway Protocol
IBS	InterBusiness
IETF	The Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Service Digital Network
LIS	Logical IP Subnet
LH	Long Haul
MAN	Metro Area Network
MDRR	Modified Deficit Round Robin
MGX	Nodo ATM di Cisco Systems
MP-BGP	MultiProtocol BGP
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MPLS-TE	Multi Protocol Label Switching-Traffic Engineering
NAS	Network Access Server
NSSA	Not-so-stubby Area
OPB	Optical Packet backbone
OSPF	Open Shortest Path First
OTN	Optical Transport Network
PE	Provider Edge
PEB	Pan European Backbone
POS	Packet Over SDH
PoP	Point of Presence
QoS	Quality of Service
RA	Router Access
RR	Router Reflector
SEABONE	South European Access Backbone
SGT	Stadio di Gruppo di Transito
SGU	Stadio di Gruppo Urbano
SRM	Strict Priority Mode
TCP	Transport Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TOS	Type Of Service
VISM	Voice Interworking Service Module
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
WRED	Weighted Random Early Detection

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fratianni, Lalli, Lamberti, Langellotti, Moretti, Scrittore: "Il backbone IP per i servizi telefonici". <Notiziario Tecnico Telecom Italia>, anno 13, n. 1, giugno 2004, pp. 56-73
- [2] Pagnan, Picciano, Langellotti: "Il nuovo backbone ottico di Telecom Italia". <Notiziario Tecnico Telecom Italia>, anno 11, n. 2, settembre 2002, pp. 55-74
- [3] Montechiarini: "I servizi IP di Telecom Italia: l'offerta per i clienti affari". <Notiziario Tecnico Telecom Italia>, anno 8, n. 3, dicembre 1999, pp. 44-56
- [4] IETF RFC 3031: Multiprotocol Label Switching Architecture
- [5] IETF RFC 3032: MPLS Label Stack Encoding
- [6] IETF RFC 2702: Requirements for Traffic Engineering Over MPLS
- [7] IETF RFC 2328: PPP over SONET/SDH
- [8] IETF RFC 2328: OSPF Version 2
- [9] IETF RFC 2858: Multiprotocol Extensions for BGP-4
- [10] IETF RFC 1771: A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)
- [11] IETF RFC 1966: BGP Route Reflection: An alternative to full mesh iBGP
- [12] IETF RFC 2362: Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification
- [13] IETF RFC 3618: Multicast Source Discovery Protocol (MSDP)
- [14] IETF RFC 2236: Internet Group Management Protocol, Version 2
- [15] IETF RFC 1195: Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments
- [16] IETF RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services
- [17] IETF RFC 3260: New Terminology and Clarifications for DiffServ



Alberto Maria Langellotti si è laureato nel 1991 presso l'Università di Roma. È entrato in SIP nello stesso anno nell'area Rete. Dopo l'anno di corso di specializzazione presso la Scuola Superiore SSGRR di L'Aquila ha lavorato, nell'ambito della Rete, nelle linee di Ricerca e Sviluppo, Tecnologie ed Architetture, Ingegneria delle Reti Dati, Ingegneria dei Servizi e nell'attuale Network Services, dove ha partecipato a progetti sulla multimedialità, l'ADSL e servizi IP per la clientela Business e Residenziale. Dal 2000 si occupa del Backbone IP/MPLS ed attualmente è responsabile della funzione "Trasporto ed OPB".



Simeone Mastropietro si è laureato con lode in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" nel 2000 con una tesi sperimentale sulle Reti IP *DiffServ*. Nel corso dello stesso anno ha collaborato con il Co.Ri.Tel nell'ambito del progetto europeo AQUILA imperniato sull'analisi e sulle tecniche per il provisioning della qualità di servizio nelle reti IP/MPLS. Alla fine dello stesso anno è entrato in Telecom Italia occupandosi sin dall'inizio del nascente *Optical Packet Backbone (OPB)*. La sua attività è stata principalmente focalizzata sugli aspetti di routing (BGP ed OSPF) e del protocollo MPLS. Nel corso del 2003 ha fatto parte del gruppo di lavoro RT4Sec. Ha avuto anche collaborazioni con partecipate estere (Entel Bolivia, Etecssa Cuba) e con Global Network (Progetto Hansenet).



Federico Tito Moretti si è laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli studi di Roma "La Sapienza" nel 1995 con una tesi sperimentale nel campo dell'Optoelettronica. Dopo aver conseguito il Master TLC presso la Scuola Superiore di Specializzazione in Telecomunicazioni del Ministero PT, nel 1996 è entrato in Telecom Italia occupandosi di specifiche, gare e collaudi dei sistemi di supervisione e controllo della rete di accesso a larga banda. Dal 2000 ha svolto attività di industrializzazione e *network monitoring* della rete di trasporto SDH/DWDM e, a partire dal 2002, presso l'attuale funzione Network Services, si occupa dell'industrializzazione del Backbone IP/MPLS (OPB).



Antonio Soldati si è laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università "La Sapienza" di Roma, è in Telecom Italia dal 1991. Dopo il corso di perfezionamento in Telecomunicazioni presso la Scuola Superiore SSGRR di L'Aquila, ha ricoperto vari incarichi nell'area della Ricerca e Sviluppo prima e, in seguito, delle Tecnologie e Architetture. Dal 2000 opera nell'ambito dell'Ingegneria dei Servizi (oggi Network Services), dove attualmente coordina le attività di Ingegneria delle reti di Backbone IP.