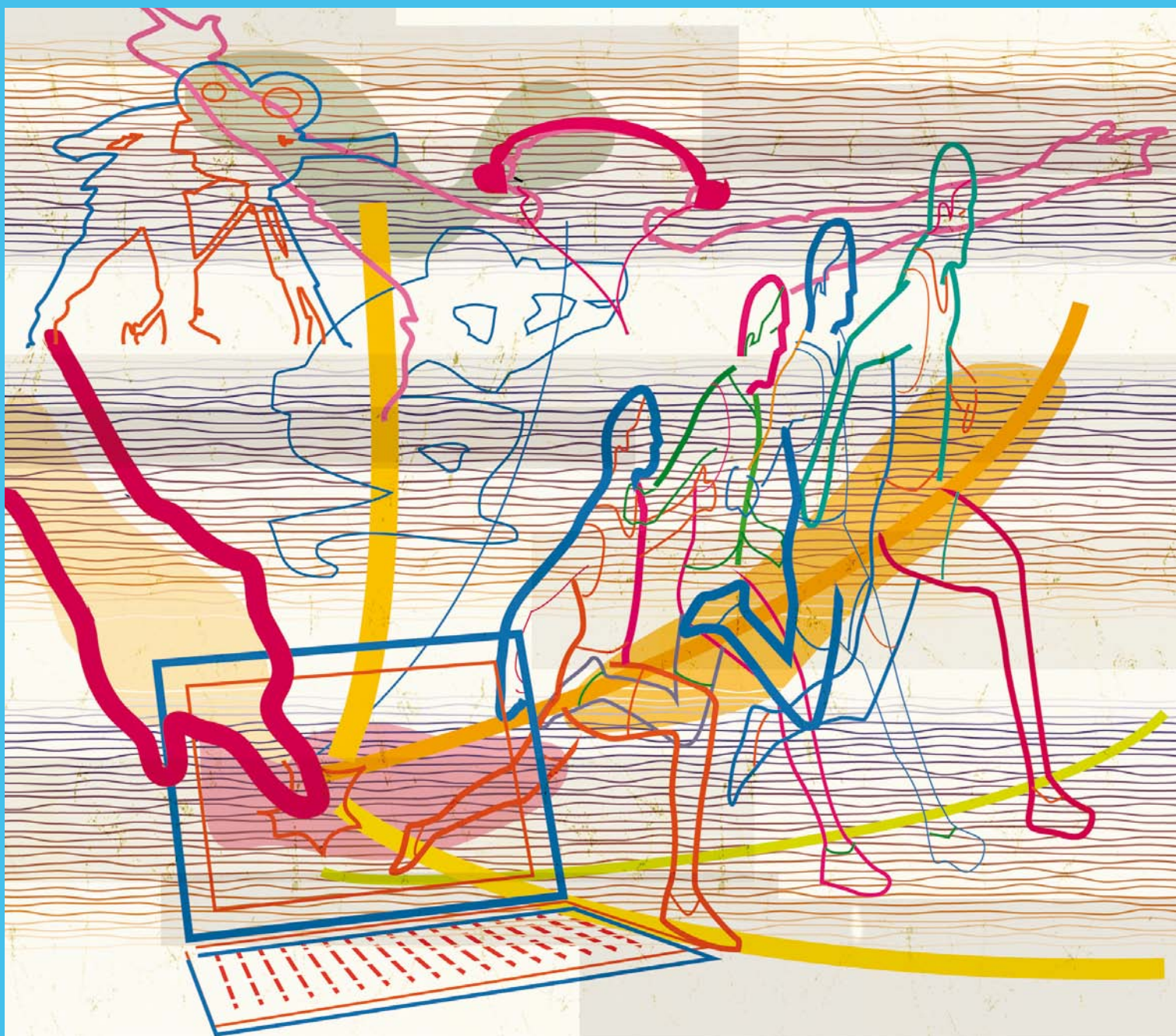


NUOVE RETI PER LA NUOVA TV

Giuseppe Catalano, Gianfranco Ciccarella, Daniele Franceschini, Daniele Roffinella



La Nuova Televisione (o Internet TV), resa possibile dallo sviluppo di Internet e della larga banda fissa e mobile, pone a sua volta importanti requisiti sull'evoluzione delle reti, sia nei segmenti di accesso fissa e mobile, sia nel "backbone"¹, sia all'interconnessione. Le Nuove Reti IP devono essere in grado di garantire la qualità end-to-end, oltre al best effort, per abilitare nuovi modelli di servizio e di business.

1 Introduzione

Con la *nuova televisione*, il servizio TV tradizionale, basato sulla trasmissione in broadcast di contenuti attraverso piattaforme terrestri, satellitari o via cavo, evolve verso un modello nuovo (la *Internet TV*), che include l'interattività dei clienti con i contenuti, la personalizzazione degli stessi e l'integrazione all'interno delle reti sociali [1]. I bisogni degli individui e delle aziende sono in continua mutazione e richiedono la disponibilità dei servizi in modo pervasivo ed adattativo rispetto al contesto di fruizione (context awareness); i servizi devono pertanto essere accessibili da reti fisse e mobili, in ambienti indoor ed outdoor, su terminali diversi (multi-device, siano essi Connected TV, smartphone o tablet) o su più terminali contemporaneamente (multiscreen). Inoltre, cresce l'esigenza da parte degli individui di generare ed interagire con i contenuti, passando dal ruolo di spettatori passivi a quello di attori creativi.

Questo trend evolutivo determina la forte crescita della componente video nel traffico complessivo (alcune stime [2] prevedono che il traffico video sarà nel 2016 pari al 55% del traffico Con-

sumer Internet totale), lo spostamento verso modelli di servizio Cloud e verso paradigmi di connettività always-on (con ubiquità fissa-mobile).

L'affermazione della Nuova TV, resa possibile dallo sviluppo di Internet e della banda larga fissa e mobile, condiziona a sua volta l'evoluzione delle reti, sovrapponendosi ad altri fenomeni come la migrazione di tutto il traffico verso l'IP. La crescita dell'IP avviene sia in termini di volumi di traffico (con un CAGR 2011-2016 Worldwide stimato pari al 29% [2]), sia in termini di progressiva migrazione dei servizi e delle reti verso architetture IP, ed è accompagnata da uno spostamento di valore dai Telco agli OTT (*Over The Top*). La continua crescita del traffico IP comporta per i Telco forti incrementi di Capex/Opex per lo sviluppo rete, a fronte di ricavi da Accesso Internet tipicamente flat. Questo fenomeno rappresenta una spinta ulteriore ad accelerare la trasformazione delle reti per renderle idonee al nuovo scenario ed in grado di abilitare nuovi modelli di business.

I nuovi servizi video richiedono che la rete sia in grado di fornire prestazioni di QoS E2E adeguate alle loro caratteristiche specifiche (ad esempio in termini di bassa latenza e jitter e

di bit rate minimo garantito), anche in modo dinamico in funzione di richieste real time da parte dei clienti. È, inoltre, necessario che la rete sia in grado di inter-lavorare con piattaforme di servizio di terze parti, permettendo al Telco di proporsi come service enabler, ponendosi al centro della relazione fra il cliente finale e l'OTT.

2 Requisiti sull'evoluzione di rete

2.1 Requisiti di servizio

Lo scenario dei servizi di telecomunicazioni si arricchisce continuamente di nuove proposizioni, rese possibili dall'evoluzione delle tecnologie di rete, dei terminali e delle applicazioni. Questa evoluzione è guidata dall'esigenza della Clientela di usufruire di servizi con un'elevata QoE (*Quality of Experience*) sia in termini di composizione e contenuto (si vedano, ad esempio, i nuovi paradigmi di comunicazione multimediale che integrano il messaging, la voce e la comunicazione video in un'unica logica di servizio) sia in termini di modalità di fruizione (in particolare la fruizione in mobilità e su

¹ Con il termine "backbone" si intende qui l'insieme dei diversi segmenti di rete "aggregazione" e "dorsale", vale a dire l'intera rete IP con esclusione dell'accesso fissa e mobile.

piattaforme multidevice e la fruizione in modalità multiscreen, in cui ad es. Smart TV connesse in rete sono utilizzate contemporaneamente a tablet e smartphone) ed, infine, in termini di performance (ad esempio bassi tempi di download delle pagine web, integrità e fluidità dei contenuti video, alta affidabilità dei servizi Cloud).

La crescita costante del traffico dati associata ai nuovi servizi, in particolare quelli video, e l'offerta di servizi da parte di nuovi Content e Application/Service Provider, pone ai Telco la sfida di fornire una Qualità del Servizio adeguata alle nuove esigenze, in ogni condizione e su tutti i device, e contemporaneamente di definire modelli di business e di *customer relation* sia verso i Clienti finali, sia verso le terze parti fornitrici di applicazioni e contenuti. Le offerte di servizio attuali già considerano numerose componenti evolutive, andando ad includere bundle di voce, dati e messaggi e meccanismi di differenziazione dell'offerta per fasce di Clientela in termini, ad esempio, di volume massimo di dati giornaliero e mensile, abilitazione o blocco di particolari servizi, priorità del traffico in rete di accesso mobile in caso di congestione.

Tuttavia, tali meccanismi, se da un lato consentono di realizzare un'offerta differenziata rispetto ad alcune componenti di servizio, dall'altro agiscono in modo agnostico rispetto alle applicazioni ed ai Content/Application Provider, gestendo i diversi flussi di traffico secondo i medesimi parametri, siano essi un video streaming o un'email. Un'offerta differenziata evoluta deve basarsi sulla gestione dei diversi servizi secondo le specificità dei relativi stream di traffico e dei device impiegati per la fruizione e può applicare meccanismi di differenziazione anche rispetto ai Content/Application Provider, in un modello di business *Two Sided*, in cui il Telco si propone come Quality Delivery Provider sia rispetto agli end users,

sia rispetto alle terze parti fornitrici di applicazioni e contenuti. L'obiettivo dell'offerta differenziata diviene, dunque, una proposizione di servizio che considera contemporaneamente le specificità del Cliente, dell'Applicazione e del Content/Application Provider (Figura 1).

L'Internet TV si pone, quindi, come esempio paradigmatico dell'offerta differenziata, in cui sono necessarie sia la gestione del traffico con tecnologie che garantiscono l'opportuna QoS, sia l'instaurazione di nuove relazioni di servizio e di business.

2.2 Requisiti di rete

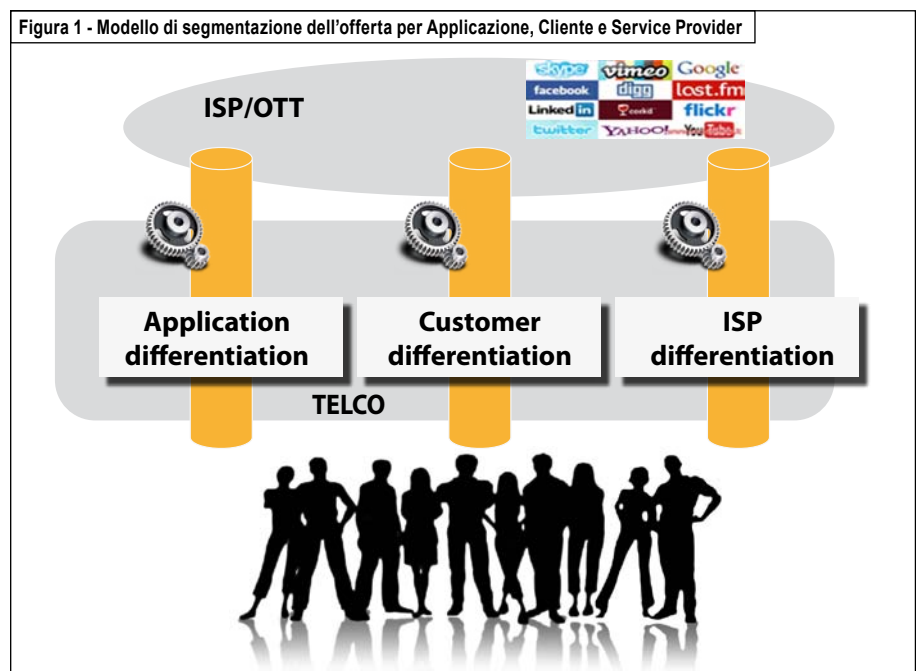
I requisiti di servizio e di QoE sopra richiamati si traducono in requisiti architettonici e tecnici su specifici aspetti della rete che riguardano sia i diversi *segmenti* (accesso fisso e mobile, aggregazione, dorsale), sia i diversi *livelli* (trasporto, controllo, intelligenza).

In termini generali, la trasformazione della rete deve realizzare una *intelligent pipe*², ottimizzata per uno sce-

nario in cui la totalità del traffico sarà IP (di cui gran parte video) ed in cui una molteplicità di applicazioni e servizi avranno requisiti differenziati di qualità. Le scelte tecniche ed architettoniche dovranno essere coerenti con il paradigma *network as a platform*: una piattaforma efficiente e flessibile, che utilizza tecnologie API, per il supporto di applicazioni e servizi anche forniti da terze parti, coerente con modalità di erogazione e fruizione *on the Cloud*. L'infrastruttura di rete IP deve avere prestazioni e funzionalità "per flow E2E QoS" verso end-user fissi e mobili (la modalità *best effort* di trasporto del traffico IP non offre alcuna garanzia di qualità e non permette di estrarre valore da offerte di delivery con QoS).

I principali parametri che determinano i requisiti tecnici di SLA (*Service Level Agreement*) per un servizio di connettività di rete IP sono: la *disponibilità* di rete, la *latenza*, la sua variazione (*jitter*) ed i *tassi di errore/perdita* nel trasferimento dell'informazione.

Con riferimento in particolare ai contenuti video, la tecnologie e le applicazioni saranno basate principalmente su protocolli di *http streaming*.



2 L' *intelligent pipe* richiede la capacità della rete di: 1) verificare dinamicamente in tempo reale la disponibilità di risorse adeguate al supporto della specifica applicazione richiesta del cliente finale; 2) riservarne ove necessario l'utilizzo con garanzia dei parametri prestazionali E2E; 3) stabilirne il rilascio una volta terminata la fruizione dell'applicazione.

Nello *streaming* (“invio in forma di flusso”) non è necessario attendere lo scaricamento completo del contenuto sul terminale ricevente (a differenza della modalità *download&play*); dopo una breve attesa necessaria per acquisire una quantità minima iniziale del contenuto (*buffering*), esso viene fruito mentre in parallelo vengono ricevute le parti successive.

Per garantire alta QoE con lo *streaming* sono necessarie:

- tecniche efficienti di codifica (compressione) dell'audio/video anche dinamici ed adattativi (per minimizzare la quantità di dati da trasmettere senza pregiudicare la qualità percepita);
- terminali con adeguata potenza di elaborazione (per realizzare gli algoritmi di decodifica in tempo reale);
- *server* in grado di erogare simultaneamente migliaia di *file* multimediali;
- reti a larga banda, in grado di assicurare ai flussi E2E un delivery con velocità media almeno pari a quella con cui sono stati codificati i contenuti e tempi di latenza compatibili con il livello di interattività fra l'utente e l'applicazione e/o altri utenti.

2.3 Evoluzione dell'interconnessione

L'evoluzione verso uno scenario All-IP, accelerata dalla crescita della Internet TV, ha impatti anche sui punti di interconnessione fra reti a livello nazionale ed internazionale, e pone requisiti sulle modalità con cui l'interconnessione IP viene realizzata. Oltre il 70% del traffico IP è originato da 10-15 grandi players mondiali ed entra nelle reti dei Telco, transitando su punti di interconnessione IP; le tipologie di interconnessione più diffuse sono:

- **Transito:** servizio a pagamento; consente di accedere ad indirizzi

IP worldwide; l'AS (*Autonomous System*) che riceve traffico paga per questo servizio;

- **Peering:** accordo bilaterale; in base allo sbilanciamento del traffico è di tipo free oppure paid (nel *free peering* si utilizzano in genere soglie di sbilanciamento del traffico oltre le quali l'AS che invia più traffico paga; nel *paid peering* l'AS che invia il traffico paga per la terminazione).

Lo scenario attuale presenta problemi strutturali fra cui:

- il business model degli OTT è basato su un *reach* mondiale, garantito dalla rete Internet, e su ricavi da advertising e da servizi/applicazioni offerti ai clienti dei Telco/ISP; in genere gli OTT, anche per motivi storici, non pagano la terminazione sulle reti degli Operatori (oppure pagano cifre molto basse rispetto al valore del loro business), poiché il traffico che originano viene richiesto dai Clienti dei Telco e rappresenta quindi per essi un valore;
- gli OTT necessitano di QoS delivery per raggiungere le reti degli Operatori domestici; ciò ha consentito la crescita di soggetti (es. Akamai, Limelight, L3) che forniscono servizi CDN, web acceleration, caching, ADN (*Application Delivery Network*). Avere bassi valori di latency e jitter ed alto bit-rate è importante non solo per servizi video streaming, ma anche per il web browsing, poiché alla QoS sono legati incrementi dei ricavi da end user e da advertising;
- OTT e CDN Provider stanno chiedendo ai Telco di inserire i propri server 'dentro' le reti domestiche a partire dai Data Center per poi entrare nei POP e raggiungere la rete d'accesso (IP/DSLAM). Questo bisogno di migliorare la QoS/QoE anche sulle reti domestiche offre un'importante opportunità ai Telco, che possono offrire agli OTT

servizi di delivery con qualità differenziata;

- l'utilizzo da parte dei Telco di modelli di interconnessione IP tradizionali (ed in particolare il peering senza verifica/enforcement sugli indirizzi per i quali è consentito il peering) e la mancanza di verifiche su sorgente/destinazione del traffico, rende possibile il *free-riding* da parte degli OTT sulle reti dei Telco;
- la modalità indifferenziata di gestione del traffico IP sulle reti, basata sull'utilizzo del best-effort per la consegna del traffico, non permette di riconoscere differenze di valore nei flussi di traffico (ad esempio il valore dei bit associati ad un *commercial movie* è maggiore del valore dei bit associati al browsing) e genera inefficienze nel dimensionamento delle reti (con costi per i Telco).

Questo scenario determina il cosiddetto *paradosso delle reti* ovvero l'incremento dei volumi di traffico IP comporta una riduzione di margini per i soggetti (i Telco) che sviluppano e gestiscono le reti, a causa della disconnessione in atto [3] fra il trend dei costi (legati al traffico, e quindi crescenti) ed il trend dei ricavi (l'ARPU per gli accessi ad internet resta al più costante). Per non compromettere la sostenibilità dell'intero ecosistema Internet, è necessario far evolvere (Figura 2) sia la rete (per fornire QoS E2E), sia i modelli di interconnessione IP, con l'obiettivo di:

- abilitare nuovi modelli di business in grado di valorizzare correttamente sia gli asset degli OTT (applicazioni, contenuti, ...), sia dei Telco (reti, qualità, end-users...);
- generare valore dall'interconnessione IP, assicurando il delivery con qualità per le quote di traffico a cui è associato valore, in relazione alle prestazioni richieste dalle applicazioni ed alla QoE attesa dall'end-user;

Intelligent Pipe per servizi video

Internet è nata con il paradigma del *best effort*; l'introduzione del modello *DiffServ* (colorazione del traffico e accodamento differenziato) consente di offrire qualità differenziata per supportare contemporaneamente, su un'infrastruttura IP comune, diverse esigenze (dal traffico real time, che richiede basso delay e jitter, al traffico mission critical, che necessita di basso packet loss).

Questi meccanismi sono già applicati dai Telco a supporto dei servizi "managed" da essi stessi erogati. L'evoluzione dello scenario, con nuove modalità di fruizione dei servizi (es. alta interattività, modalità multiscreen), e con il proliferare di Content e Application/Service Provider OTT (Over The Top) pone ai Telco nuove esigenze/opportunità: gestire il traffico su *base flusso*, servendo in modo differenziato anche le applicazioni degli OTT (mentre il Telco "mere conduit" tipicamente non sa che il suo cliente sta, ad es. richiedendo un video da YouTube, oppure usando Skype per una video-chiamata o facendo gaming on line).

Per cogliere tale opportunità, occorre che il Telco possa offrire servizi di delivery con QoS, e che la rete sia in grado di riconoscere le applicazioni trasportate (FlashVideo, VoIP, P2P,...);

un'*Intelligent Pipe* richiede avanzate funzionalità di Policy Management e di DPI (*Deep Packet Inspection*) [8], per realizzare trattamenti differenziati del traffico ed effettuare azioni di "enforcement" selettivo.

Immaginiamo il seguente scenario: il cliente BroadBand consumer acquista da un OTT un video per la sua Smart Connected TV. Contemporaneamente, dalla stessa linea ADSL, un PC sta scaricando più file di grosse dimensioni e da uno smartphone connesso in wifi si sta realizzando una video call; una tale situazione potrebbe determinare una congestione sulla linea del Cliente che, se non opportunamente gestita, comporterebbe un'insoddisfacente Quality of Experience (QoE) per il cliente. Utilizzando le funzionalità DPI pilotate da un Policy Manager, diventa possibile dare priorità al traffico del flusso video rispetto al traffico di download (che, per la sola durata del film, potrebbe essere automaticamente "calmierato" dalla rete).

Un'altra opzione potrebbe prevedere che, al riconoscimento della richiesta di fruizione di un video, la rete (mediante concertazione tra DPI e Policy Manager) effettui un provisioning automatico ed istantaneo della linea di quell'utente, assegnandole più banda (modalità "turbo button"); alla fine del

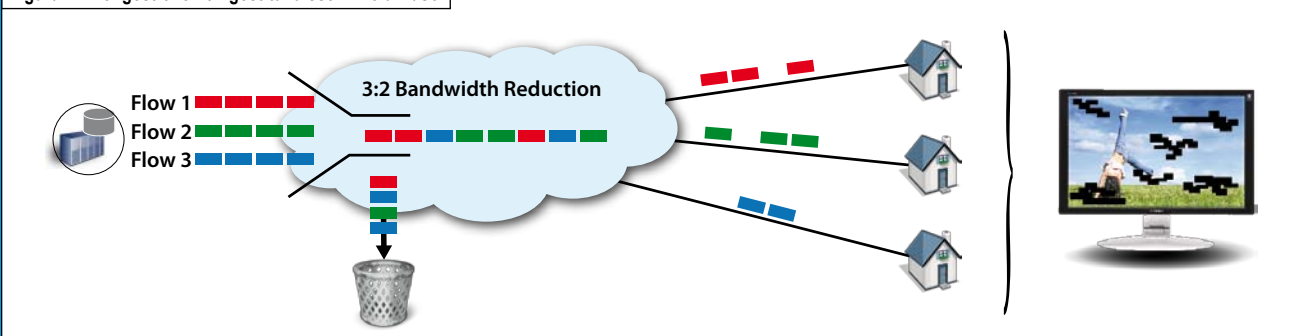
film le caratteristiche della linea vengono riportate ai valori iniziali e questo periodo "turbo" può essere tariffato in modo differenziato al cliente (e/o documentato all' OTT).

In sostanza l'utilizzo di DPI e Policy Manager consentono di trasformare la connettività IP da "tubo passivo" ad "Intelligent Pipe" abilitando la definizione di profili/offerte differenziate sia verso l'end user, sia verso soggetti terzi (OTT, Content providers,...).

Affinché l'approccio DiffServ sia efficace, può non essere sufficiente operare una ripartizione delle risorse in classi di servizio e classificare coerentemente i flussi: occorre anche garantire che la quantità di traffico immesso per una specifica classe di servizio non ecceda la capacità prevista per la classe stessa. Il mancato rispetto di tale condizione potrebbe determinare eventi di *congestione intra classe di servizio*, causando perdite di pacchetti in maniera indiscriminata tra tutti i flussi in quel momento attivi. In tal caso, si determinerebbe un disservizio massivo, con impatti su tutta l'utenza, i cui flussi di traffico condividono la tratta di rete congestionata (Figura A).

Per evitare che ciò accada, è possibile utilizzare meccanismi di Admission Control, ovvero far precedere l'instau-

Figura A - Congestione non gestita: disservizio diffuso



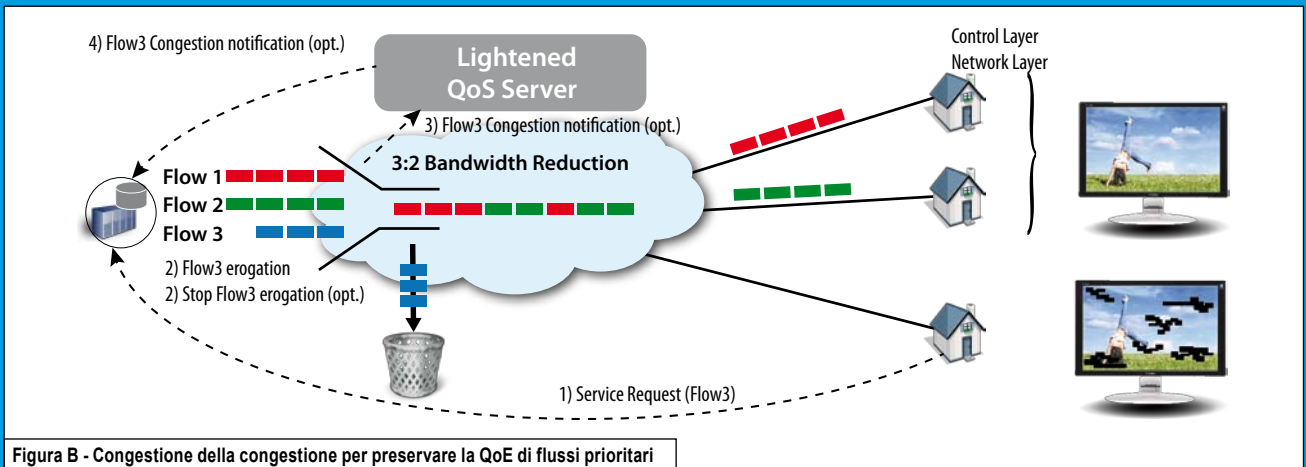


Figura B - Congestione della congestione per preservare la QoE di flussi prioritari

razione del flusso video da una fase di verifica di disponibilità di risorse end-to-end lungo l'intera tratta di rete attraversata (dal server erogante il contenuto o dal punto d'ingresso nella rete per contenuti erogati da terze parti, fino a casa dell'utente). La realizzazione di un siffatto controllo pone però dei problemi tecnici quali l'intercettazione della richiesta d'instaurazione del flusso, l'individuazione dei requisiti di banda ad esso associati, la conoscenza dell'effettivo percorso di rete utilizzato e la gestione di eventuali sue variazioni nel tempo, la scalabilità del sistema di controllo, ... Esistono tecnologie e soluzioni alternative per affrontare tali

problemi e nuove proposte sono allo studio. Ad es. Telecom Italia ha ideato una metodologia di trattamento dei flussi video³ da attuarsi a bordo dei nodi di rete. Tale meccanismo, riferito con l'acronimo MGQ (*MaGic Queue*), prevede una gestione individuale dei flussi video in transito sul nodo, assegnando a ciascuno di essi una priorità determinata ad es. dall'anzianità d'instaurazione. Così facendo, in caso di incapienza di risorse per la classe di servizio destinata al trasporto dei flussi video, l'instaurazione di un nuovo flusso non determina un degrado nella qualità percepita dagli utenti già attivi (Figura B).

Ciascun nodo di rete è in grado di operare in maniera autonoma, anche in assenza di un nodo di controllo centralizzato. Si realizza quindi un'intrinseca protezione della rete da sovraccarichi, efficace sia per flussi video unicast che multicast, non vincolata al routing in rete. È inoltre possibile discriminare tra flussi correttamente serviti e flussi parzialmente o totalmente penalizzati; per questi ultimi è possibile prevedere una notifica (step 3 di Figura B) verso un elemento di controllo centralizzato per intraprendere eventuali azioni correttive ■

angelo.garofalo@telecomitalia.it
andrea.garzia@telecomitalia.it

- ridurre i costi di rete, gestendo il traffico con soluzioni efficienti (es. CDN, Caching, ADN).

Per perseguire tali obiettivi, i Telco devono costruire un corretto rapporto cliente/fornitore con i player che generano le quote principali di traffico; per far questo è indispensabile realizzare interconnessioni dirette con tali soggetti, e avere, nella rete, la capacità di gestione della QoS E2E, sia verso clienti fissi sia mobili.

3 Nuova Network as a Platform

3.1 Evoluzione del "backbone"

I requisiti che la rete dovrà soddisfare in uno scenario in cui la totalità del traffico sarà IP ed in cui la quota dominante del traffico sarà video, determinano un'evoluzione della rete caratterizzata da (Figura 3):

- rete IP/MPLS multiservizio e convergente per la raccolta/distribuzione del traffico da/verso gli utenti residenziali, business, mobili, che integri a tendere le reti overlay oggi esistenti per diversi servizi, realizzando il *multilayer switching* (trattare il traffico sia al livello 2, sia a livello IP, sia a livello MPLS) e l'integrazione fra tecnologie di commutazione a pacchetto IP/MPLS e tecnologie WDM di trasmissione ottica;

³ <http://www.google.com/patents/US20100142524?printsec=abstract>

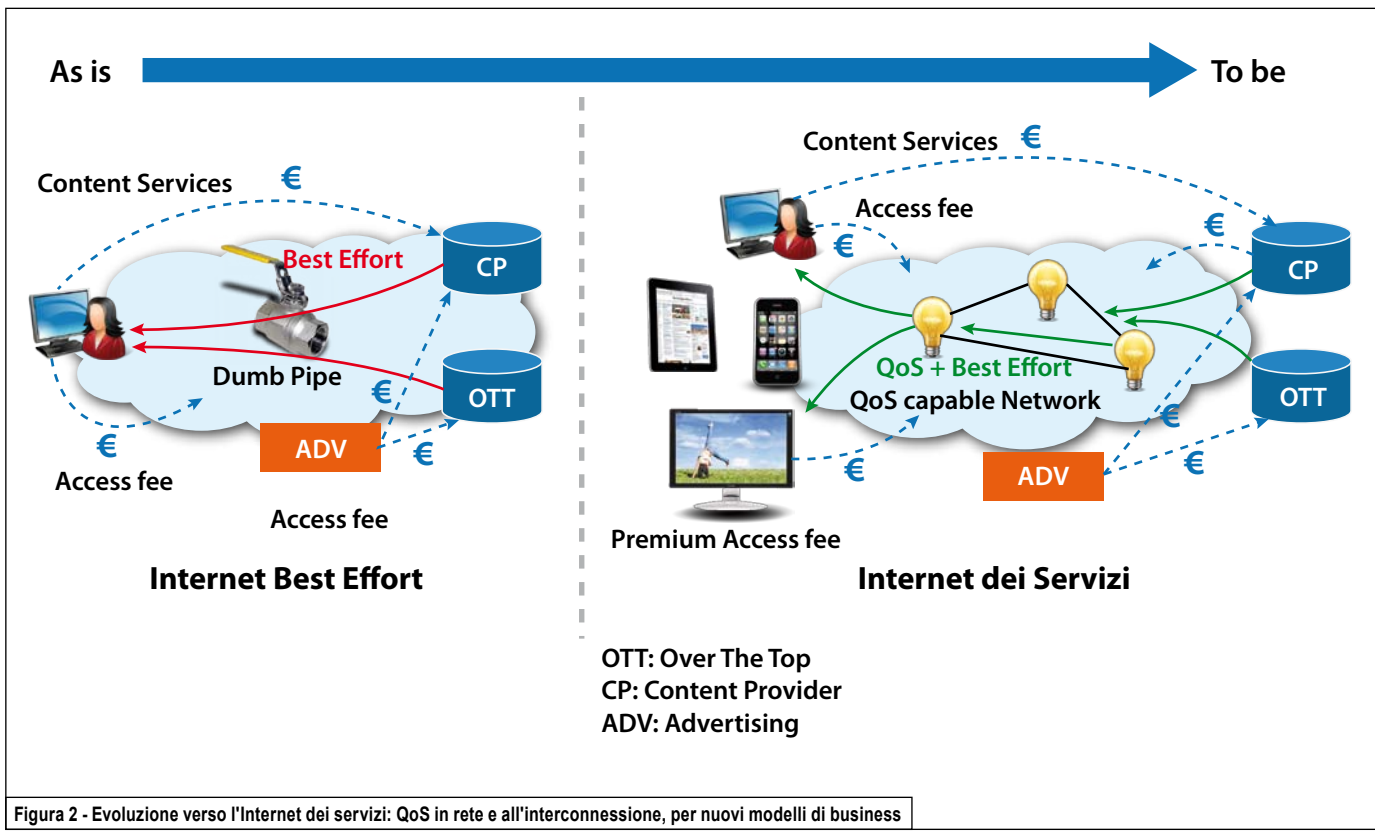
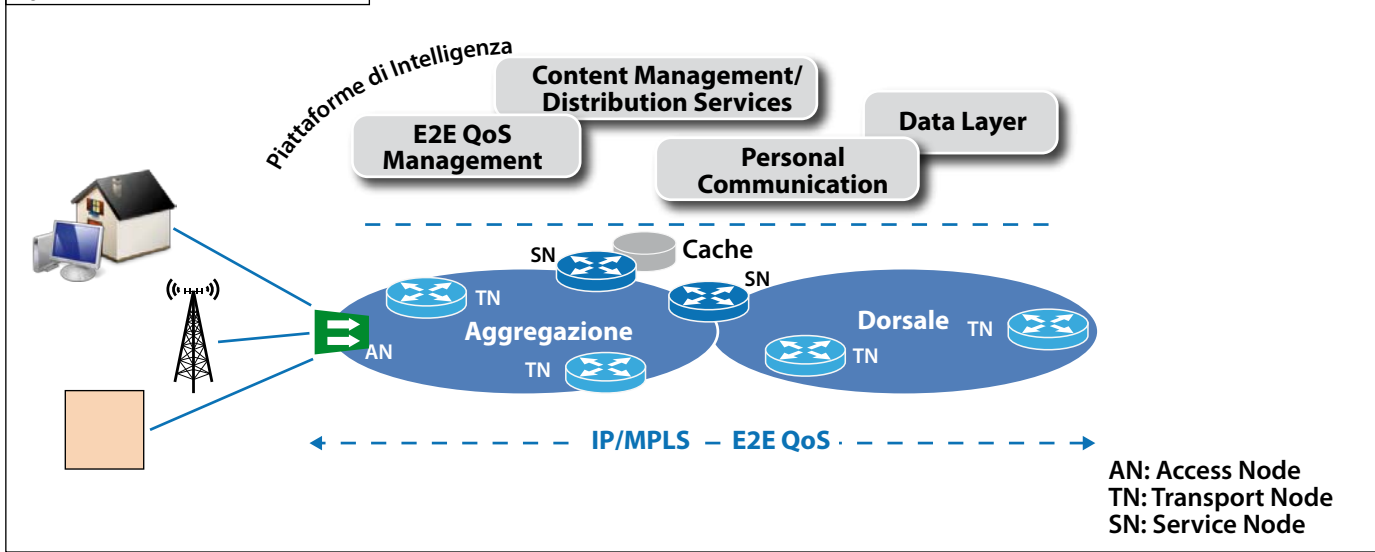


Figura 2 - Evoluzione verso l'Internet dei servizi: QoS in rete e all'interconnessione, per nuovi modelli di business

- piano di controllo omogeneo su tutta la rete, per offrire differenti tipologie di servizio in modo uniforme, flessibile e scalabile, semplificando le attività operative e con funzioni per re-instradare automaticamente il traffico in caso di guasto in modo rapido (con tempi di re-instradamento anche inferiori a 50ms);
- supporto di QoS differenziata ed idoneità a trasportare in maniera efficiente e affidabile servizi video interattivi e live (tramite funzionalità di multicast), con ampia flessibilità nell'allocazione nei nodi di rete di funzionalità BNAS, Gateway di rete mobile (es. MME, P-GW), funzionalità per la QoS, il caching, realizzando ottimizzazioni costo/prestazioni in funzione del variare del traffico e dei requisiti dei servizi;

Figura 3 - Evoluzione dell'architettura di rete



- inserimento di funzionalità di Caching/Content Delivery distribuite in modo flessibile all'interno della rete;
- disaccoppiamento delle piattaforme di intelligenza di rete e funzioni quali Policy Management comuni per i servizi fissi e mobili, DPI-Deep Packet Inspection.

Questa evoluzione è in linea con l'architettura nota come "Seamless MPLS" [4]. Nell'architettura Seamless MPLS i SN (*Service Node*) svolgono molteplici funzionalità, incluse quelle dei nodi di EDGE delle reti fisse (es. BNAS) e i nodi di rete "Core Mobile" (es. MME/P-GW), mentre i router della rete di aggregazione (nel caso di Telecom Italia, OPM) e della rete dorsale (nel caso di Telecom Italia OPB) sono denominati TN (*Transport Node*); i nodi di accesso sono denominati AN (*Access Node*).

Lo sviluppo di reti MPLS è reso possibile dall'evoluzione degli apparati; i principali costruttori stanno razionalizzando le proprie linee di prodotto verso sistemi *general purpose* destinati a sostituire gli apparati precedenti, specializzati per segmento di clientela e/o funzionalità di rete.

Ad es. i nuovi apparati commerciali di Edge delle reti fisse e di Core Mobile hanno alcune caratteristiche comuni e gli Edge IP business e residenziale, con throughput per macchina che già superano il Tbps, sono equipaggiati con schede dotate di *packet processor* flessibili, che permettono lo sviluppo di funzionalità complesse ad es. per il supporto della QoS. Un ulteriore elemento tecnologico è l'integrazione su tali apparati Edge di schede con *processori general purpose* per realizzare funzioni quali la *Deep Packet Inspection* necessaria per servizi a qualità differenziata, per effettuare analisi statistiche sul traffico e prevenire situazioni di congestione; un altro esempio sono le funzionalità di *Caching/Content Distribution* di contenuti video, per garantire i livelli di qualità richie-

sti dalle applicazioni ed ottimizzare il traffico in rete.

Queste funzioni sono oggi tipicamente svolte da apparati dedicati, collocati nei PoP; la loro integrazione in una tipologia uniforme di apparati ad alta scalabilità (i "Service Node" della architettura di Fig. 3) da un lato comporterà efficienze in termini di Capex ed Opex, dall'altro apre la possibilità a molteplici scelte di configurazione di rete, come ad es. collasare le funzionalità di Edge e di aggregazione in un solo apparato (Edge distribuito), o realizzare soluzioni di caching molto distribuite nella periferia della rete, utili per una distribuzione capillare di contenuti.

La flessibilità nell'allocazione in rete delle funzionalità di *Caching/Content Distribution*, permetterà di migliorare le prestazioni e l'efficienza delle CDN (*Content Delivery Networks*) dell'Operatore (*Telco CDN*). Una CDN è una struttura che permette di *avvicinare* i contenuti (in particolare Video) agli utenti: i contenuti di maggior interesse vengono preventivamente copiati su *cache* distribuite in rete; un terminale che voglia accedere ad uno di questi contenuti li può ricevere dalla più vicina cache della CDN, migliorando la QoE (minore *latency*, minore bit-error-rate...) e riducendo il traffico complessivo in rete, con minori costi. La distribuzione geografica delle cache è un aspetto cruciale: la possibilità di installare cache in prossimità dei clienti finali e di integrare la CDN con la rete IP è una prerogativa dei Telco, che rende competitive le *Telco CDN* rispetto alle CDN dei cosiddetti *Pure CDN providers* internazionali, quali Akamai (le cui cache devono rimanere al di fuori delle reti domestiche nazionali, a meno di specifici accordi con i Telco stessi)⁴. Importanti Service Provider europei [6, 7] ed i maggiori costruttori si stanno muovendo nella direzione sopra delineata. Anche Telecom Italia [8] ha individuato un'architettura target che prevede la graduale estensione

della tecnologia IP/MPLS dal core del backbone (OPB) verso i segmenti di metro/aggregation (OPM), per poi arrivare ai nodi di accesso IP DSLAM e OLT di ultima generazione.

Il percorso di evoluzione delle reti, reso necessario dall'evoluzione del traffico e dei servizi, permetterà anche il *de-layering*; un primo passo sarà costituito dall'integrazione, a livello di prodotto, fra le tecnologie di commutazione a pacchetto IP/MPLS e le tecnologie di trasmissione ottica WDM (con modalità che andranno valutate in relazione alla maturità dei prodotti ed all'evoluzione degli standard).

3.2 La Qualità sulla rete di accesso mobile e fisso

La molteplicità di servizi che saranno utilizzati dai Clienti richiede alla rete di accesso fisso la capacità di supportare una quantità di banda aggregata downstream dai 30 ai 50 Mbps, in cui una quota importante è sicuramente rappresentata dai servizi video (ad es. 2 canali HDTV richiedono 20Mbps downstream). Per soddisfare l'evoluzione della domanda e a fronte degli sfidanti obiettivi identificati dalla Agenda Digitale Europea [9], gli Operatori stanno gradualmente affrontando una radicale trasformazione della rete di accesso fisso verso soluzioni basate sull'utilizzo della fibra ottica in accesso NGAN (*Next Generation Access Network*) v. Figura 4.

Un'architettura FTTCab (*Fiber to the Cabinet*) con VDSL2 consente già oggi connessioni con velocità downstream di 50 Mbit/s (fino a 700m); in prospettiva, con l'inserimento della funzionalità di *vectoring*, la banda potrà raggiungere i 100 Mbit/s per distanze fino a 300-400m. Inoltre per migliorare la qualità e la stabilità delle linee sono disponibili tecniche specifiche come la Ritrasmissione⁵ (per la protezione dal

⁴ Per approfondimenti sulle CDN, sulle soluzioni di transparent caching e di web acceleration, e sulle CDN del Gruppo TI, si rimanda a [5].

⁵ Definita dallo standard ITU-T G. 998.4

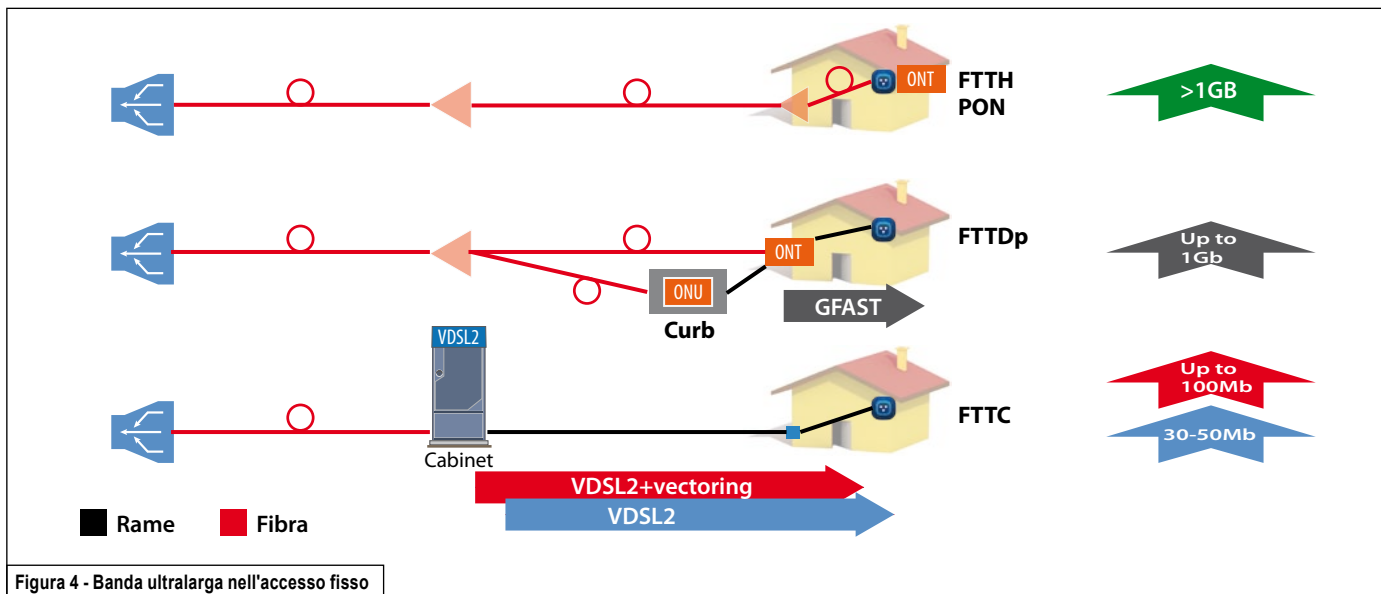


Figura 4 - Banda ultralarga nell'accesso fisso

rumore impulsivo) e la SRA (*Seamless Rate Adaptation* per la protezione da interferenze tra diversi doppi). L'architettura FTTH (*Fiber to the Home*), utilizzando la fibra sino al cliente al finale, consente velocità anche di centinaia di Mbit/s per utente (in ottica evolutiva oltre al Gbit/s con ad es. NGPON2), e parametri di qualità capaci di garantire la fruizione contemporanea di molti flussi video, anche in qualità HD.

Una terza architettura di interesse è la FTTHdP (*Fiber to the Distribution Point*) che, portando la fibra a poche centinaia di metri dal cliente finale (in prossimità dell'edificio) ed utilizzando nuove tecnologie su rame come il G.FAST (tecnologia in fase di standardizzazione in ambito ITU-T), promette di raggiungere velocità di 1 Gbit/s (aggregata downstream + upstream a distanze inferiori ai 100m).

Va ricordato che il deployment della fibra in rete di accesso avviene in sinergia con l'utilizzo della fibra per il backhaling delle Stazioni Radio Mobili, consentendo anche all'accesso radio di soddisfare le sempre crescenti richieste di banda legate alla Nuova TV.

Telecom Italia, come altri maggiori Operatori, ha un significativo piano

di sviluppo NGAN, tuttavia queste soluzioni non potranno raggiungere in tempi brevi la totalità dei clienti sul territorio. Pertanto è opportuno considerare anche interventi di ottimizzazione sulla rete di accesso in rame (che garantisce accessi a larga banda mediante DSLAM) per un miglioramento delle performance e della Customer Experience in particolare nella fruizione della Nuova TV.

In particolare per quanto riguarda la qualità sulla rete di accesso su rame, la tecnologia trasmissiva (utilizzata dal DSLAM e dal modem del cliente) è determinante, così come sono molto importanti le funzionalità di monitoraggio e gestione delle linee disponibili sul DSLAM. Per migliorare la velocità e la qualità della rete un primo passo è la graduale migrazione della clientela oggi servita da DSLAM ATM verso DSLAM IP⁶.

L'evoluzione dell'accesso mobile verso il MBB (*Mobile Broadband*) con la definizione ed il dispiegamento delle tecnologie HSPA+ (velocità di picco di 42 Mb/s) ed LTE (velocità di picco fino a 300 Mb/s⁷) e la sua evoluzione LTE-A (LTE Advanced, velocità di picco fino a 3Gb/s⁸) [11] rende possibile la fruizione di servizi a banda larga, come

il video streaming eventualmente ad alta definizione, anche con terminali radiomobili. Inoltre, il dispiegamento su bande con buone caratteristiche di propagazione, come ad esempio la banda LTE ad 800 MHz, consente di disporre di una copertura radio adeguata anche in indoor, aprendo nuovi scenari di servizio ad esempio in ambito residenziale. Infine, la disponibilità di performance elevate anche in uplink (LTE permette un throughput di picco di 75 Mb/s in opportune condizioni⁹) rendono possibili scenari in cui l'accesso radio diventa il mezzo di trasporto di contenuti video ad esempio ripresi da un terminale mobile.

Tuttavia, nonostante la capacità elevata resa possibile dai nuovi sistemi, l'accesso condiviso al canale radio richiede di sviluppare soluzioni per gestire nel modo opportuno le risorse (i cosiddetti *radio bearer*) necessarie alla fruizione di servizi *bandwidth consuming* in particolare se rivolti alla Clientela Premium, a causa sia della crescita continua del traffico mobile dati prevista per i prossimi anni sia alla variabilità dell'ambiente di propagazione radio. A questo scopo lo standard dei sistemi radiomobili prevede la possibilità per un terminale di in-

6 Per approfondimenti sull'evoluzione dell'accesso fisso si rimanda a [10]

7 Velocità di picco per un terminale categoria 5 con MIMO 4x4 su 20 MHz di banda (Release 8)

8 Velocità di picco per un terminale categoria 8 con MIMO 8x8, che aggrega 5 portanti di 20 MHz (Release 10)

9 Velocità di picco per un terminale categoria 5 con MIMO 4x4 su 20 MHz di banda (Release 8)

staurare bearer dedicati caratterizzati da parametri opportuni per specifiche tipologie di servizio. Ad esempio il sistema UMTS prevede quattro possibili Classi di Servizio, *Best Effort, Interactive, Streaming, Conversational* [12], caratterizzate ognuna da un diverso profilo di parametri di prestazione di rete, e che consentono di trattare i flussi di traffico secondo le diverse caratteristiche applicative; in particolare la *Traffic Class Streaming* è definita per la gestione del traffico video ed è caratterizzata in modo tale da preservare la distanza temporale tra i pacchetti dati componenti lo stream (ovvero minimizza la varianza del ritardo).

La disponibilità di meccanismi di QoS in accesso rappresenta solo una parte dell'architettura complessiva di controllo della QoS [13], una cui entità essenziale è rappresentata dal Policy Manager (definito nell'architettura standard radiomobile, come PCRF (*Policy and Charging Rule Function*), che rappresenta l'elemento di collegamento tra il livello di controllo dei servizi ed il livello di rete. L'architettura standard prevede il collegamento tra PCRF e livello di Controllo dei Servizi dell'Operatore Telco (ad esempio l'IMS), tuttavia l'exposure di tale funzionalità attraverso API aperte con-

sente l'interlavoro anche con Service Layer esterni al dominio dell'Operatore, quali, ad esempio, quelli propri di un Broadcaster video, permettendo di gestire richieste di attivazione della qualità in modo dinamico sia in modelli di servizio on demand sia in modelli di servizio a contratto (Figura 5). Un modello alternativo si basa sulle funzioni di ispezione del traffico in rete (DPI) che consentono ad un Operatore di riconoscere autonomamente flussi di traffico specifici e, sempre attraverso l'interazione con il PCRF ed i Database dei profili dei Clienti, attivare policy di controllo e bearer ad hoc per il trattamento differenziato degli stessi.

Il MBMS (*Multimedia Broadcast and Multicast Service*) [14] è la soluzione definita in 3GPP per la distribuzione su un accesso cellulare di contenuti multimediali in modalità broadcast o multicast. In particolare il 3GPP ha standardizzato tale funzionalità in Release 6 per gli accessi GERAN ed UTRAN ed ha definito in Release 9 l'eMBMS (*enhanced MBMS*) [15] per il sistema LTE. La trasmissione multicast o broadcast aumenta l'efficienza di rete ed implicitamente la qualità della trasmissione, in quegli scenari di servizio in cui numerosi utenti richiedono lo stesso con-

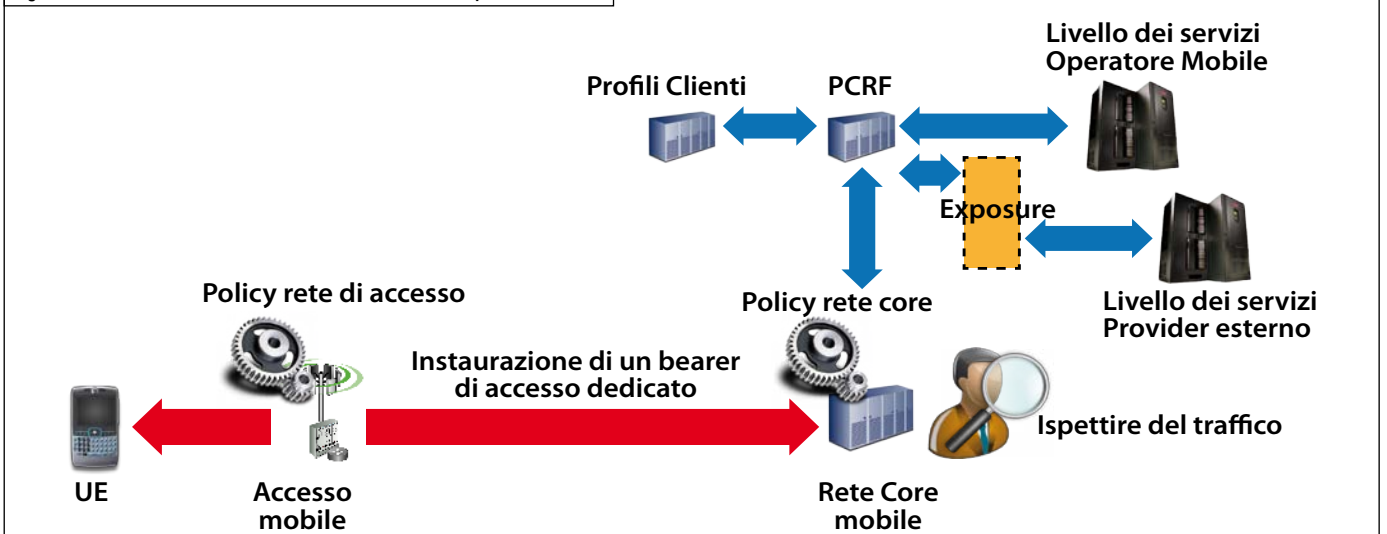
tenuto all'interno della stessa cella, ad esempio nel caso di eventi live.

L'(e)MBMS consente, dunque, la trasmissione di contenuti televisivi su dispositivi mobili con le stesse modalità dei broadcaster televisivi e la flessibilità di trasmettere tali contenuti in specifiche aree geografiche. Tale tecnologia si basa sulla trasmissione simultanea dei contenuti all'interno di un'area definita MBSFN Area (*Multicast Broadcast Single Frequency Network*), dove tutte le stazioni radiobase in essa incluse trasmettono lo stesso segnale in modalità sincronizzata. Questo avviene attraverso l'utilizzo di protocolli multicast in rete di trasporto ed il coordinamento delle risorse radio attraverso un'entità di coordinamento ad hoc delle risorse radio dispiegata in rete di accesso, definita MCE (*Multicast/multicast Coordination Entity*).

3.3 Servizi video abilitati dall'evoluzione dell'Exposure

Le NetAPI (*Network Application Programming Interface*), consentono la comunicazione, e dunque l'interlavoro, sia tra diverse entità funzionali della rete di un Telco, sia tra queste entità ed il livello applicativo di Ser-

Figura 5 - Architettura di controllo della QoS in rete mobile per servizi video



Tecniche di video optimization

Le trasmissioni di contenuti video costituiscono oggi la parte dominante del traffico Internet, su entrambe le reti fissa e mobile. Tali trasmissioni utilizzano in larghissima parte come protocollo di trasporto del livello applicativo l'HTTP/TCP che, essendo "connection-oriented" e "reliable", da un lato protegge l'integrità del contenuto, ma dall'altro non si adatta alle variazioni di banda. I sistemi di video optimization hanno lo scopo di ovviare a tale problema e, allo stesso tempo, di migliorare la coesistenza del traffico video con altre tipologie meno "resource consuming".

In generale, le tecniche di video optimization ricadono principalmente in due tipologie: quelle con perdita di informazione (lossy) e quelle senza (lossless). Tra le ottimizzazioni lossless, lo Smart Buffering (o Pacing) si basano sull'osservazione che la maggior parte dei contenuti non viene fruita completamente e che, quindi, un buffer che si riempie troppo velocemente potrebbe contenere una quantità di contenuto, che ha inutil-

mente sprecato risorse di rete, nel caso in cui la visione sia stata interrotta. La velocità di scaricamento viene limitata ad un valore paragonabile al bitrate del filmato, in modo tale da riempire il buffer in maniera progressiva e oculata. In questo modo, senza perdere la fluidità della riproduzione, si evita di trasmettere parti che potrebbero non essere mai fruiti, garantendo un comportamento equo nei confronti della rete.

Le tecniche lossy prevedono invece una compressione vera e propria del contenuto, tramite un encoding più aggressivo di quello originale (transcoding), o una compressione dei dati video senza necessità di decodifica (transrating). Tali tecniche, benché comportino modifiche al contenuto originale, sono calibrate al fine di evitare impatti sulla qualità percepita dall'utente finale. Il risultato si ottiene tramite un processamento più oneroso di quello effettuato dal content provider, che, rispetto in particolare all'Operatore di rete mobile, ha un incentivo molto minore per il risparmio di banda.

Il beneficio più evidente sulla User Experience si ottiene dall'applicazione dinamica delle tecniche lossless e soprattutto lossy, realizzando quello che viene definito il DBRA (*Dynamic Bitrate Adaptation*), ovvero l'ottimizzazione dinamica in funzione della banda disponibile sul terminale. Tale beneficio coincide di fatto con una drastica riduzione delle interruzioni nella riproduzione dei video, che avvengono di norma al variare delle condizioni della rete e che costituiscono il principale fattore di degrado dell'User Experience.

L'evoluzione dei sistemi di video optimization tende a perseguire una sempre maggiore flessibilità nella profilatura degli utenti, in modo da abilitare una personalizzazione accurata dei livelli di ottimizzazione, in funzione, oltre che di terminali e condizioni di rete (come oggi), di fattori quali classi di servizio, tipologie e formato dei contenuti ■

massimo.barbiero@telecomitalia.it

enrico.marocco@telecomitalia.it

vice/Application Provider esterni. Attualmente le NetAPI sono utilizzate principalmente in ambiente business per funzionalità specifiche, quali ad esempio l'autenticazione, la tariffazione, la gestione di informazioni relative al profilo d'utente. Già nel breve termine le NetAPI potranno evolvere verso l'Exposure dei livelli di Controllo dei servizi, quali, ad esempio, l'IMS per l'integrazione di applicazioni e controllo della chiamata ed il Policy Manager. Tuttavia l'evoluzione dell'Exposure vede uno scenario più ampio, in cui anche tecnologie OTT, quali l'HTML5 ed il WebRTC, vanno ad integrarsi con le funzionalità Telco, creando nuovi modelli di business, in

cui il Telco agisce non solo come fornitore, ma anche come abilitatore di servizi offerti da terze parti, attraverso architetture di servizio di tipo cloud e modelli di revenue sharing con OTT e sviluppatori di servizi.

In quest'ambito assume un particolare rilievo lo sviluppo del WebRTC (Figura 6), una nuova tecnologia realizzata e specificata in sede di standardizzazione dalle compagnie che sviluppano i browser più popolari (Google, Mozilla, Microsoft ed Opera Software), che ha lo scopo di fornire funzionalità di comunicazione realtime audio/video integrabili in normali pagine web. A differenza di tecnologie analoghe, WebRTC sarà integrata

nativamente nel motore dei browser web. Mentre oggi le funzionalità di videochat offerte, ad esempio, da Facebook e Google si appoggiano su plugin aggiuntivi, frutto di lavoro complesso e specifico per ognuna delle piattaforme supportate, tutti i siti che vorranno fare uso della nuova tecnologia saranno in grado di riprodurre la medesima user experience tramite gli strumenti tradizionali del web, semplici ed universalmente supportati: HTML e JavaScript. Nel momento in cui si raggiungerà un sufficiente livello di interoperabilità tra i vari browser, le videocomunicazioni realtime diventeranno rapidamente parte integrante dell'esperienza web. Oltre a leggere,

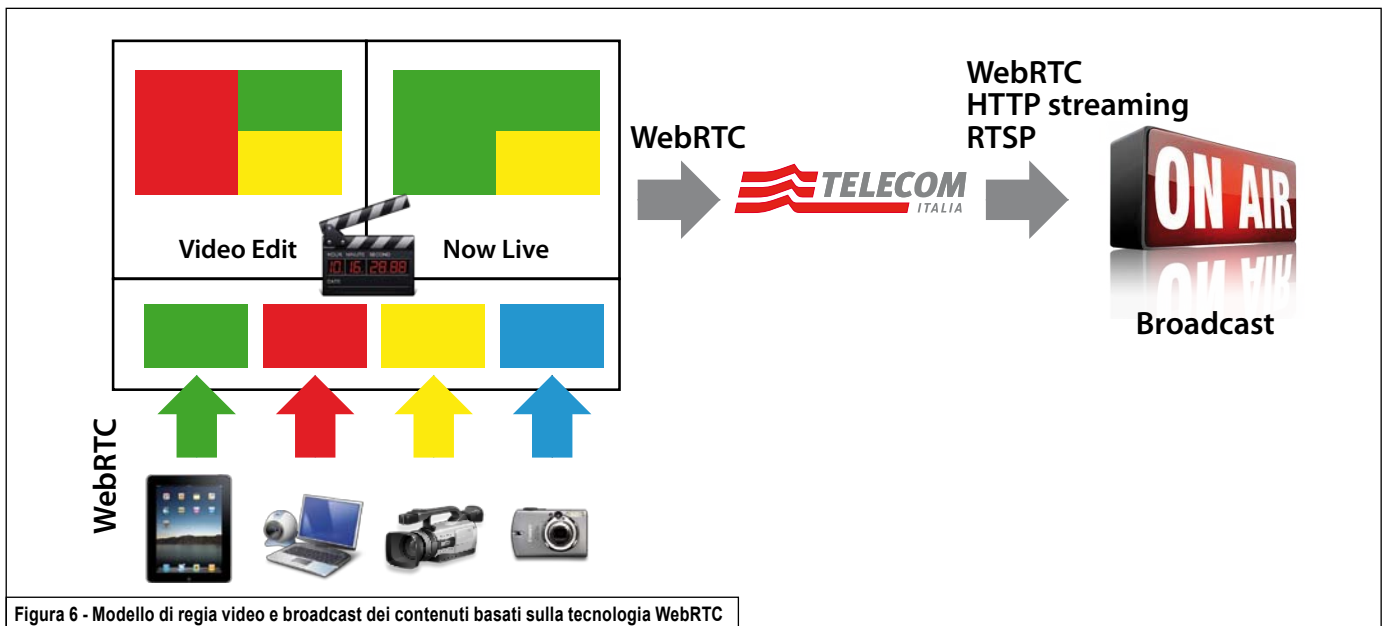


Figura 6 - Modello di regia video e broadcast dei contenuti basati sulla tecnologia WebRTC

scrivere, ascoltare e fruire passivamente di contenuti video, diventerà naturale “parlare” e “mostrarsi” alle pagine web, con interlocutori che potranno essere sia umani che automi controllati dall’applicazione stessa.

Tra i numerosi impatti di tale innovazione, di particolare rilevanza sarà quello sui contenuti. L’evoluzione della banda larga ha infatti dato spazio e rilevanza ai cosiddetti “user generated content”, che portali come YouTube hanno saputo con successo proporre come valida alternativa ai canali tradizionali. Quello che ancora la tecnologia non offre, se non con alcune eccezioni tuttora di nicchia, è la possibilità per gli utenti/fruitori di produrre e condividere contenuti in tempo reale. WebRTC permette in prospettiva di colmare questa lacuna, rendendo qualsiasi dispositivo dotato di una telecamera e di un web browser una potenziale sorgente di contenuti in tempo reale. Lo stesso spirito di condivisione che spinge oggi a “postare” immagini e pensieri in tempo reale su Twitter, porterà domani chiunque lo voglia, ad avere la sensazione di essere parte di un evento, ad esempio ad agire come un cameraman per dividerlo con degli spettatori, sempli-

cemente collegandosi all’indirizzo Internet di un sito o una social network pertinente.

Gli impatti di un tale cambio di paradigma sulle tecnologie di rete sono molteplici. Nel momento in cui qualsiasi terminale diventerà una potenziale sorgente di contenuti, le performance di uplink dei sistemi di accesso diventeranno determinanti ed allo stesso modo, capacità di banda e tempi di latenza assumeranno importanza cruciale per gli utenti che fruiscono di contenuti realtime.

Conclusioni

La Nuova TV si sviluppa secondo modelli di servizio basati sull’interattività dei clienti, la generazione dei contenuti da parte degli stessi, l’integrazione all’interno delle reti sociali, l’ubiquità dell’accesso e la possibilità di usufruirne in modalità multidevice e multi-screen. Inoltre, la Nuova TV favorisce dinamiche in cui una molteplicità di soggetti (OTT) offre contenuti ed applicazioni ai clienti finali. Trasformare questo fenomeno in un’opportunità di

business richiede ai Telco la capacità di essere un elemento centrale nella catena del valore, sviluppando le reti in modo da supportare le nuove esigenze dei clienti finali e degli OTT.

La Nuova Rete deve pertanto essere in grado di garantire sui singoli flussi di traffico la qualità end-to-end. In particolare, si assisterà allo sviluppo del modello Intelligent Pipe, che permette l’allocazione di risorse agli streaming video in funzione delle loro caratteristiche e di personalizzarli per cliente, per applicazione e per Content/Application/Service provider. Inoltre, l’esposizione controllata delle funzionalità di rete anche verso gli OTT e le nuove policy di interconnessione permetteranno ai Telco di costruire nuove relazioni di business sia verso i clienti finali sia verso gli OTT (modello two sided market).

Le linee di sviluppo identificate sono riflesse nei piani TI dell’ Ultra Broadband fisso e mobile (FTTx ed LTE), mentre il “Backbone” evolverà con l’estensione dell’ IP/MPLS in tutti i segmenti di rete a supporto della QoS E2E, con l’arricchimento e la convergenza delle funzioni di intelligenza, e con l’orientamento verso soluzioni aperte.

Nel lungo termine le modalità con cui si affermerà la Nuova TV saranno determinanti nell'indirizzare scelte architettoniche e tecnologiche per l'evoluzione della rete. I requisiti posti dalla Nuova TV potrebbero trovare risposte interessanti nelle proposte, anche disruptive, di Information Centric Networking [16] e nei nuovi paradigmi di virtualizzazione come l'SDN (*Software Defined Networking*) [17] ■



Bibliografia

1. P. Sigismondi, "La nuova Televisione: Internet e l'industria della Televisione", Notiziario Tecnico Telecom Italia n.3 - 2012)
2. Sito Visual Networking Index - VNI Cisco (dati 2012) http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns827/networking_solutions_sub_solution.html
3. A.T.Kearney "A Viable Future Model for Internet", public report 2010
4. IETF Draft "Seamless MPLS Architecture" 2012, <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-mpls-seamless-mpls-02>
5. F.Calonico "Le Contend Delivery Network di Telecom Italia", Notiziario Tecnico Telecom Italia n.2 - 2012
6. Infonetics "Routers on the IP edge" - Infonetics Research White Paper 2012.
7. Thomas Beckhaus, DT "Enabling Seamless MPLS" MPLS&Ethernet World Congress 2012.
8. P.Fasano, D.Marocco, G.Picciano "Rete dati fissa di Telecom Italia", Notiziario Tecnico Telecom Italia n.2 - 2012
9. Sito Digital Agenda for Europe <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/telecoms-internet>
10. P.Cinato, F.Marigliano, M.Valvo "Evoluzione tecnologica per la Rete NGAN", Notiziario Tecnico Telecom Italia n.2 - 2012
11. 3GPP TS 36.306 - Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities
12. 3GPP TS 23.107 - Quality of Service (QoS) concept and architecture
13. 3GPP TS 23.207 - End-to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture
14. TS 23.246 - Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description
15. TS 36.300 - Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2
16. M.D'Ambrosio, M.Ullio, V.Vercellone "Quando le Informazioni sono la Rete: le prospettive dell'Information Centric Networking", Notiziario Tecnico Telecom Italia n.2 - 2010
17. Sito <http://www.sdncentral.com>

giuseppe.catalano@telecomitalia.it
 gianfranco.cicarela@telecomitalia.it
 daniele.franceschini@telecomitalia.it
 daniele.roffinella@telecomitalia.it



Giuseppe Catalano

ingegnere in telecomunicazioni entra in Telecom Italia nel 1998, dove si è occupato inizialmente di modelli QoS per il Cliente Finale in servizi GSM. Ha guidato e collaborato a numerosi progetti sui sistemi mobili, dalla definizione delle architetture di nuova generazione, al testing di soluzioni innovative, come l'LTE, la priorità radio ed i sistemi femtocellulari, alle strategie di evoluzione dei servizi e dei sistemi mobili, nel contesto domestico ed in attività internazionali. È stato curatore e autore del libro "GPRS, accesso radio, architettura di rete, protocolli e servizi" edito da Telecom Italia. Attualmente si occupa di strategie per i sistemi mobili di nuova generazione ed è delegato Telecom Italia del gruppo 3GPP RAN3, che standardizza le architetture di accesso dei sistemi radiomobili, e del gruppo GSMA TSGWIF, che definisce le raccomandazioni sui terminali per il supporto dell'accesso Wi-Fi.



Gianfranco Ciccarella

è attualmente Vice Presidente - Next Generation Access Networks and Partnership - in Strategy. Ha ricoperto dal 2009 all'inizio del 2011 il ruolo di Vice Presidente - Technical Support - in Technology & Operations ed è stato responsabile dei progetti sulla NGAN. Dal 1998 al 2009 è stato Executive Vice President -Network e IT- di Telecom Italia Sparkle ed ha avuto la responsabilità di realizzare e gestire la rete internazionale di Telecom Italia, una rete multi regionale, multiservizio e full IP. È stato anche membro del Consiglio di Amministrazione di alcune Società del Gruppo e Direttore della formazione presso la Scuola Superiore Guglielmo Reiss Romoli a L'Aquila. Ha svolto attività di ricerca e di insegnamento presso l'Università dell'Aquila e la New York Polytechnic University ed è autore di due libri e di numerosi articoli.



Daniele Franceschini

ingegnere in telecomunicazioni, dal 1997 in Telecom Italia dove ha partecipato al processo di standardizzazione dell'UMTS, come membro del gruppo ETSI. Nel 2000 passa in Omnitel per occuparsi del dispiegamento della rete 3G. Nel 2001 rientra nel Gruppo Telecom Italia per seguire tematiche relative all'UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*), al Radio Resource Management, ai protocolli radio ed all'evoluzione dell'UMTS. Nel 2006 è nominato responsabile dell'Area Wireless Access Innovation in Telecom Italia Lab; attualmente è responsabile delle attività strategiche su Next Generation Mobile con particolare enfasi al Mobile Broadband verso LTE.



Daniele Roffinella

ingegnere in telecomunicazioni, attualmente responsabile per l'Evoluzione Tecnologica in Next Generation Access Networks & Partnership, nella Direzione Strategy del Gruppo TI. Nella sua trentennale esperienza professionale nel settore telecomunicazioni, ha svolto attività in ambiti di innovazione, normativa, ingegneria, pianificazione, con responsabilità di funzioni aziendali e progetti relativi a reti metropolitane e geografiche, sistemi di commutazione, rete intelligente, reti Broadband Wireless. Ha guidato attività di Industrial Analysis a livello Gruppo TI e ha operato come Technical Support della Direzione Technology&Operations. È membro IEEE Society.