

Ora anche **WEBZINE**
www.telecomitalia.com/notiziariotecnico



SPECIALE: INNOVAZIONE DELLA RETE

notiziario **tecnico**



2/2014

 **TELECOM**
ITALIA



Caro Lettore,

da quest'anno il **Notiziario Tecnico** di Telecom Italia è diventato un nuovo **webzine social** (www.telecomitalia.com/notiziariotecnico), in cui è possibile discutere in realtime con gli autori i vari temi trattati negli articoli, leggere la rivista ricca di hyperlink multimediali, accedere ai canali social più diffusi; tutto questo continuando ad essere una rivista aumentata, cioè arricchita da contenuti speciali interattivi.

Con l'APP in Realtà Aumentata "**L'Editoria+**" di Telecom Italia, è infatti possibile, sul proprio device mobile, visionare videointerviste ad esperti del settore ICT, ricevere approfondimenti multimediali, consultare photo gallery aggiuntive sui vari articoli della rivista.

Per accedere a tutti i contenuti aumentati del Notiziario Tecnico è sufficiente:

- 1) *scaricare gratuitamente sul proprio smartphone l'APP "L'Editoria+" di Telecom Italia, disponibile su Apple Store, Google Play (Android) e TIM Store*



- 2) *cercare nella rivista l'icona sottostante presente sia sulla copertina del **Notiziario Tecnico**, che in molte pagine interne;*



- 3) *attivare l'APP "L'Editoria+" e, tenendo il telefonino a circa 20-30 cm di distanza, inquadrare con la fotocamera l'immagine di proprio interesse.*

Con questi pochi passi puoi così visualizzare varie icone 3D, che, cliccate singolarmente, ti faranno accedere a un mondo tutto da esplorare.

EDITORIALE

In L'innovazione della rete è un tema con cui abbiamo sempre convissuto, perché la tecnologia, il mercato e la concorrenza ci hanno continuamente costretto ad essere all'avanguardia; ma certamente esistono dei momenti di maggior discontinuità e non ci possiamo certo nascondere che questo lo sia più di altri.

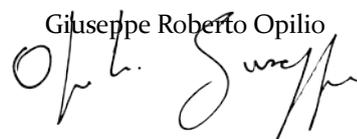
I trend tecnologici che ci stanno coinvolgendo passano per il *Software Defined Networking*, per la *Network Function Virtualization*, per la *Self Organizing Network* e per l'*Heterogeneous Network*, oltre che per il VoLTE e le NetAPI; inoltre punti focali, su cui come Azienda siamo impegnati in un costante confronto anche con i Vendor e le Istituzioni, sono la Net Neutrality e il Decommissioning, che in questo numero della rivista trovano ampia e ben strutturata argomentazione.

Ma il rinnovamento della rete non si può circoscrivere alla sola scelta di nuove tecnologie; credo infatti che come Telecom Italia abbiamo di fronte una grande opportunità e una grande sfida, che risiedono proprio nel cambio culturale che tutti noi dobbiamo attuare nell'immediato futuro.

Siamo tutti coinvolti in questo percorso di profonda trasformazione, che ridisegna i confini naturali e storici della Rete, il che comporta sia tralasciare competenze acquisite, ma ormai in parte obsolete, per acquisirne di nuove, sia attuare una nuova organizzazione adatta alla gestione delle nuove esigenze, alla creazione di ruoli più *smart* e alla valorizzazione delle persone di Telecom Italia.

Sono profondamente convinto che la nostra determinazione, la nostra caparbia energia nel fare "accadere il futuro", e le nostre capacità e competenze qualificate possano con successo attuare questa trasformazione, di cui il beneficiario principale è il Paese stesso, ovvero tutti noi, in quanto cittadini.

Buona Lettura!

Giuseppe Roberto Opilio




IL "COME" E IL "PERCHÉ" DEL DECOMMISSIONING

Giancarlo D'Orazio
PAG. 4



NEW GENERATION IT

Gian Enrico Paglia, Gianluca Pancaccini
PAG. 14



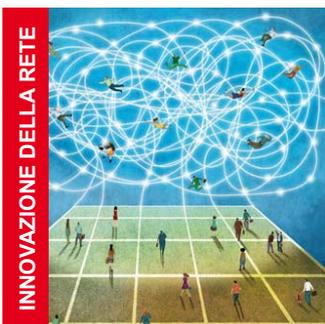
VERSO LA RETE DEI CONTENUTI

Enrico Maria Bagnasco, Gianfranco Ciccarella
PAG. 20



NUOVI MODELLI DI INTERCONNESSIONE IP

Andrea Calvi, Gianfranco Ciccarella, Paolo Fasano, Daniele Roffinella
PAG. 34



SDN E NFV: QUALI SINERGIE?

Luigi Grossi, Eugenio Maffione, Giancarlo Marasso, Simone Ruffino
PAG. 48



INNOVAZIONE DELLA RETE

MOBILE TREND: SELF-ORGANIZING NETWORKS

Simone Bizzarri, Andrea Buldorini, Giuseppe Catalano

PAG. 66



INNOVAZIONE DELLA RETE

HETEROGENEOUS NETWORK: A FAST TRACK IN TIM BRASIL

Marco Di Costanzo, Carlo Filangieri, Cicero Olivieri

PAG. 78



INNOVAZIONE DELLA RETE

OLTRE LE NETAPI

Mario Bonnet, Pier Carlo Paltro

PAG. 92

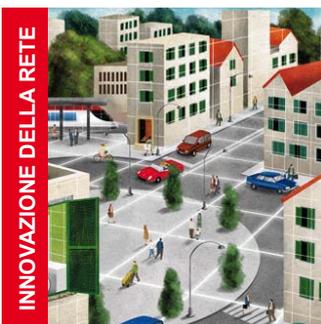


INNOVAZIONE DELLA RETE

L'INNOVAZIONE DEI SERVIZI DI COMUNICAZIONE INTERPERSONALE SU RETE MOBILE

Ferruccio Antonelli, Umberto Ferrero, Michele Gamberini, Laura Maspes

PAG. 110



INNOVAZIONE DELLA RETE

RETI WDM PON: PRINCIPALI SFIDE

Tommaso Muciaccia, Sandro Pileri

PAG. 126



IL "COME" E IL "PERCHÉ" DEL DECOMMISSIONING

Giancarlo D'Orazio



La decrescita dei ricavi da servizi tradizionali, la pressione della concorrenza e la sempre più forte presenza sul mercato degli Over The Top, stanno spingendo tutti gli Operatori di TLC verso un processo di revisione/trasformazione strutturale (“network transformation”), avente l’obiettivo di ridurre drasticamente i costi di gestione e rendere più flessibile e veloce la produzione e la messa in campo di servizi innovativi. Questo processo di trasformazione non può ovviamente prescindere dalla dismissione (“decommissioning”) delle vecchie reti. Il presente articolo è dedicato ad illustrare le motivazioni del decommissioning e definisce un possibile percorso per la sua attuazione, molto critica sia dal punto di vista economico che da quello operativo, vista la dimensione e la complessità delle reti da eliminare.

1 Introduzione

Se pensiamo alle trasformazioni che sono avvenute nel mondo delle telecomunicazioni nel corso degli ultimi 20-25 anni c’è da rimanere allibiti. Agli inizi degli anni ’90 la telefonia mobile era ancora poco più che agli albori, mentre la rete fissa era prevalentemente dedicata alla voce. La “numerizzazione” delle centrali telefoniche di rete fissa (sostituzione delle centrali elettromeccaniche con quelle digitali “numeriche”) era ancora nel pieno della sua attuazione. Le reti dati erano di fatto ancora ad uso quasi esclusivo della clientela business. Le reti di computer erano ancora prevalentemente “locali” e i gestori supportavano la connessione tra i loro PoP (*Point of Presence*) con circuiti diretti o con connessioni ATM. La diffusione del protocollo IP era agli inizi e internet muoveva solo i primi passi (la definizione del protocol-

lo http, alla base del World Wide Web, è del 1991). In moltissimi Paesi la liberalizzazione dei servizi TLC era ancora da venire, e con essa tutte le profonde trasformazioni che tale liberalizzazione ha successivamente determinato nella struttura e nei processi dei gestori, all’epoca puri monopolisti (i cosiddetti “*incumbent*”).

Per gli Operatori di TLC accompagnare tutte le trasformazioni che si sono succedute fino ai giorni nostri, sul piano dei servizi (vedi Figura 1), delle reti e dei processi, è stato e continua ad essere molto impegnativo. C’è in particolare un problema che in questi ultimi anni accomuna tutti gli ex *incumbent*: come gestire l’eredità che deriva da quel passato relativamente lontano, ma che è ancora ben presente nelle loro infrastrutture e nei loro processi (vedi Figura 2).

L’approccio finora seguito è stato prevalentemente quello di realizzare le reti per i nuovi servizi

affiancandole gradualmente alle “vecchie”, sulle quali continuare a veicolare i servizi tradizionali, rinviando il più possibile il momento del travaso di tali servizi sulle nuove piattaforme. Anche se questa scelta ha comportato la moltiplicazione delle “piattaforme” di rete da gestire, essa ha permesso di salvaguardare i servizi tradizionali (e i relativi ricavi) per lungo tempo, evitando nel contempo investimenti colossali. La migrazione dei vecchi servizi sulle nuove piattaforme è stata infatti a lungo considerata una scelta non praticabile. I volumi di traffico e di servizi da migrare erano troppo elevati, le nuove reti erano ancora poco diffuse, e le nuove tecnologie non ancora mature per “ospitare” in modo efficiente (basso costo, elevata affidabilità, ecc.) i servizi tradizionali.

Molte volte sono stati elaborati studi per verificare la possibilità di procedere all’eliminazione delle vecchie reti (il “*decommis-*

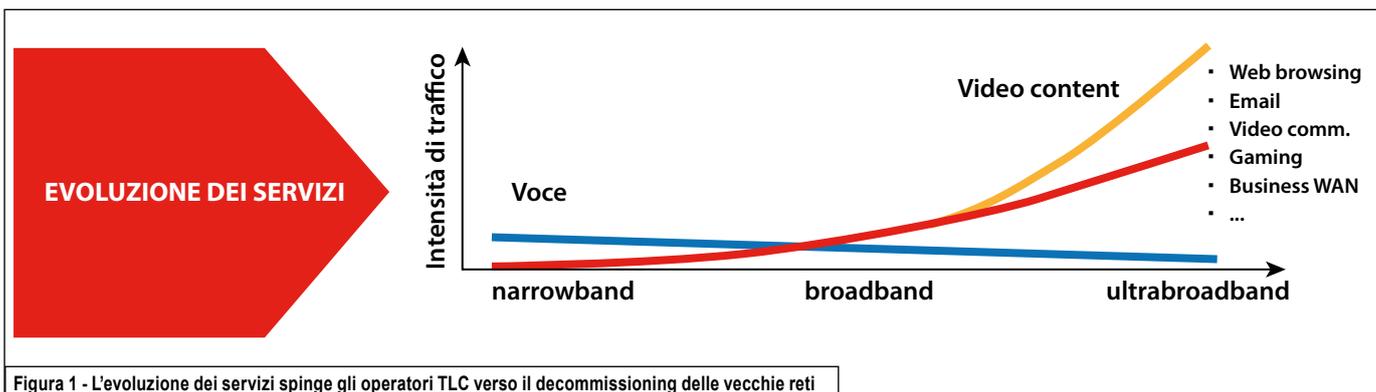
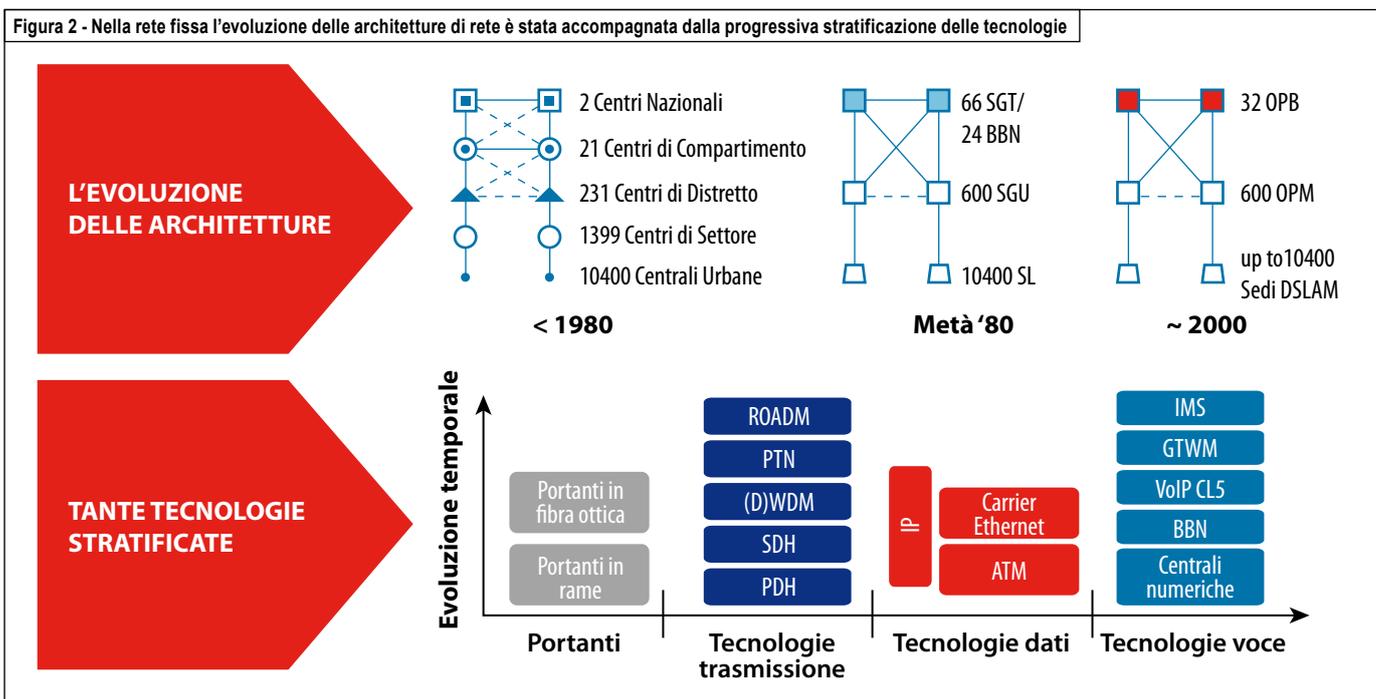


Figura 1 - L'evoluzione dei servizi spinge gli operatori TLC verso il decommissioning delle vecchie reti



sioning” delle vecchie piattaforme di rete), ma i business plan non hanno mai (o quasi mai) mostrato risultati positivi. Ovviamente ci sono stati anche casi di successo (si pensi al “Class 4 replacement”, con cui Telecom Italia, primo ex *incumbent* al mondo, agli inizi degli anni 2000 ha dirottato su rete IP tutto il traffico voce interdistrettuale di rete fissa) ma si è trattato comunque di casi limitati, e per gran parte della vecchia rete si è dovuto a lungo rinviare il momento del “*decommissioning*”.

Anno dopo anno la situazione è tuttavia progressivamente cambiata e ormai l'avvio di un piano concreto di *decommissioning* è diventato un obbligo per tutti gli ex *incumbent*. Alla base di questo cambiamento c'è una serie di fatti nuovi che sono intervenuti proprio in quest'ultimo periodo; i principali sono:

1) **La decrescita dei servizi tradizionali.** Il volume dei servizi “tradizionali” è ancora elevato, ma ha intrapreso da anni un trend di riduzione che sembra ormai inarresta-

bile; questa circostanza rende sempre meno impattante la trasformazione della rete e sempre meno giustificabile il mantenimento in esercizio delle vecchie piattaforme.

2) **La spinta degli OTT.** La pressione dei concorrenti, non solo degli altri gestori TLC, ma anche e soprattutto degli OTT (*Over The Top*), ha contribuito alla contrazione dei ricavi e ha portato all'introduzione di un'enorme quantità di nuovi servizi, in parte alternativi a quelli tradizionali. Ciò rende

assolutamente indispensabile per i Telco l'ammodernamento delle loro reti, sia per ottenere una drastica riduzione dei costi operativi, sia per rendere più competitiva l'offerta dei propri servizi.

3) **Gli investimenti nell'ultra-broadband.** Il processo di introduzione delle reti ultrabroadband fisse e mobili (NGAN e LTE) sta spingendo molti degli ex incumbent, e Telecom Italia tra essi, ad investire significativamente proprio nell'ammodernamento nel segmento di rete più costoso, quello dell'accesso; questo fatto costituisce una formidabile occasione per avviare l'eliminazione delle vecchie tecnologie che insistono su questa porzione di rete.

4) **L'arrivo delle nuove tecnologie.** Il processo di evoluzione tecnologica sta per introdurre uno scenario totalmente nuovo, in cui i paradigmi con cui gli operatori sono stati per generazioni abituati a pianificare, progettare, realizzare ed esercire le reti, saranno rivoluzionati. Ci riferiamo in particolare alle tecnologie NFV (*Network Function Virtualization*) ed SDN (*Software Defined Network*)¹ di prossima introduzione, che ci porteranno presto a superare il tradizionale binomio "un nodo di rete, un servizio".

Per tutti questi motivi la realizzazione di un piano di *decommissioning* è diventata per gli ex *incumbent*, al tempo stesso, un'opportunità da cogliere, ma anche un obbligo imprescindibile, se intendono rimanere sul mercato e competere ad armi pari con la concorrenza.

2 Il decommissioning genera valore

Il Piano di decommissioning delle vecchie reti è un'iniziativa strutturale capace di fornire un significativo contributo alla creazione di valore per gli operatori di TLC e manifesta un'utilità crescente al crescere del perimetro, abilitando benefici addizionali al raggiungimento di un livello di "Semplificazione Ottima Minima".

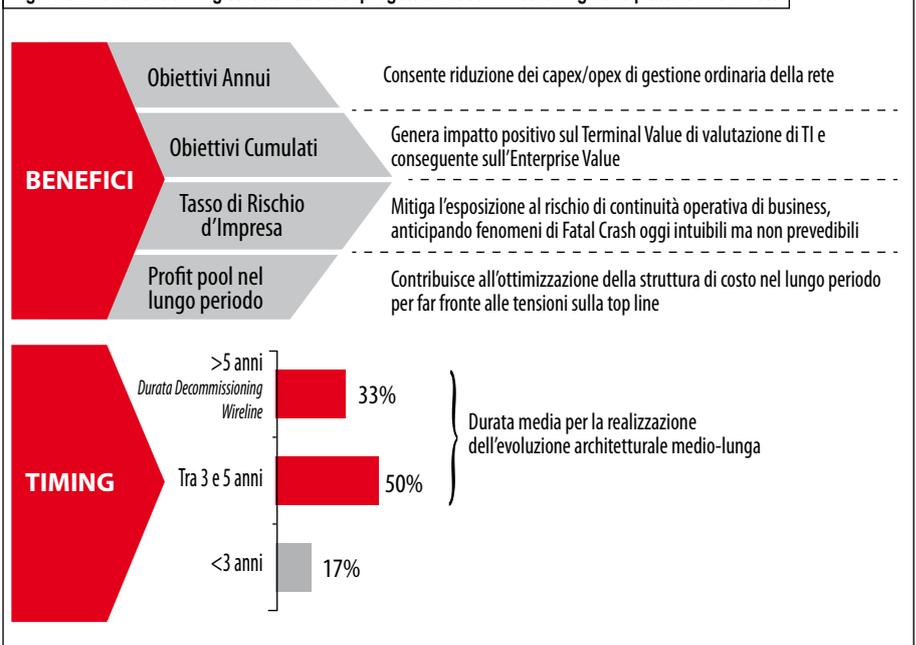
Un Piano di decommissioning delle Reti non è solamente importante dal punto di vista tecnico, ma può generare grande valore per gli azionisti, in quanto (Figura 3):

- Abilita l'accesso a nuovi livelli di efficienza operativa portando a una riduzione dei capex/opex di gestione ordinaria della rete (*Benefici Obiettivo Annuo*).
- Mitiga l'esposizione al rischio di continuità operativa di business, anticipando fenomeni di Fatal Crash oggi intuibili ma non prevedibili (*Impatto sul Tasso di Rischio di Impresa*).

- Genera valore strutturale per gli azionisti, in quanto determina un impatto positivo sul Terminal Value di valutazione dell'Operatore e conseguente sull'Enterprise Value (*Benefici Obiettivo Cumulati*).
- Permette di finanziare oggi, a fronte di una generazione di cassa più robusta, la realizzazione di un'architettura di "lean network" che contribuisce all'ottimizzazione sostanziale della struttura di costo nel lungo periodo per far fronte alle tensioni sulla top line (*Contributo al mantenimento del profit pool nel lungo periodo*).

Per tutti questi motivi il *decommissioning* delle vecchie reti è un tema all'attenzione della maggioranza degli Operatori Telco a livello internazionale e rappresenta un elemento chiave dei piani industriali dei diversi operatori comunicato anche agli analisti (vedi box. *Decommissioning: Benchmark Peer Internazionali*).

Figura 3 - Benefici e timing caratteristici dei progetti di decommissioning delle piattaforme di rete



¹ Vedi articolo " SDN e NFV: quali sinergie?" - Notiziario Tecnico N° 2 - 2014

Decommissioning: Benchmark Peer Internazionali

Il tema della razionalizzazione e della semplificazione delle reti con conseguente dismissione delle tecnologie legacy (noto come **Decommissioning**) è senz'altro uno dei temi all'attenzione della maggior parte dei Telco Operator internazionali e rappresenta un elemento ricorrente nelle comunicazioni sulle strategie e i piani industriali verso gli analisti.

British Telecom ...*"we are moving to what I think is an even bigger opportunity, which is the opportunity to rationalise network estate in the UK"*... Q4 2012/13 Results Presentation

Belgacom ...*"Program aims at simplifying our network and decreasing operational costs. In its ambition to*

be an agile company"... Investor & Analyst Meeting 2013

Deutsche Telekom ...*"All-IP transformation represents the creation of a simplified and standardized network that significantly changes and harmonizes the production landscape"*...Investor&Analyst Meeting 2013

Da una survey effettuata nel 2012 a 31 Operatori TLC a livello Worldwide da PwC² emerge che circa l'86% ha definito o sta definendo un piano di network decommissioning, sia in ambito rete fissa che mobile, per rispondere ai driver di reti più snelle, saving operativi, qualità, maggiore competitività oltre che al problema dell'obsolescenza e

del necessario ammodernamento tecnologico.

La stessa survey indica tempi di implementazione per i progetti di decommissioning fortemente dipendenti dall'ambito di riferimento (che per le reti fisse, più stratificate, sono per l'80% dei casi superiori ai 3-5 anni), imputabili principalmente agli elevati costi di realizzazione iniziali e alla complessità operativa legata alla parallelizzazione delle attività di decommissioning con i progetti innovativi.

I dati statistici raccolti da PwC vengono confermati dalle esperienze in campo di alcuni dei principali operatori Europei ■

BT

"A better business" ↔ "A better future"

BT Group plc
Q4/full year 2012/13 results and business update – Part 2
10 May 2013

- Enabling customer self service
- Raising broadband speeds for UK customers
- Enabling rapid deployment of UK LTE via mobile Ethernet product
- Driving down network fault rates
- £1 billion cash saving over four years
- Process re-engineering
- Large scale network rationalisation
- Energy reduction year on year
- Fibre broadband
- Ethernet
- SIP Trunking
- TV-ready network
- Cloud-based industry solutions
 - Plasma
 - Banking
 - Supply Chain

Customer service → Cost transformation → Investing for the future

"we are moving to what I think is an even bigger opportunity, which is the opportunity to rationalise network estate in the UK"

Q4 2012/13 RESULTS PRESENTATION

Belgacom

Investor & Analyst Meeting (March 2013)

Belgacom Group Results FY 2012

Global network strategy with important role enabled for a convergent interconnected world

Public network	Fixed network	Network simplification
Mobile network innovation driving leadership superiority	Fixed network innovation driving customer value	Network simplification driving efficiency

"Program aims at simplifying our network and decreasing operational costs. In its ambition to be an agile company"

Investor & Analyst Meeting 2013

Deutsche Telekom

DEUTSCHE TELEKOM CAPITAL MARKETS DAY 2012 EUROPE AND TECHNOLOGY

CLAUDIA NEMAT

OUR STRATEGY: ONE DT (EUROPE)

INNOVATE → TRANSFORM → COMPLETE

- Streamline connectivity for the Digital Economy
- More innovation by cooperation
- Secure cloud solutions
- Proactive customer experience

1 All-IP Transformation

2 E-911 Big bet

3 Mobile Internet Push/Intro

4 Cost Restructuring/Operational

5 Cooperation creates economies of scale

6 Partnership country with best cost

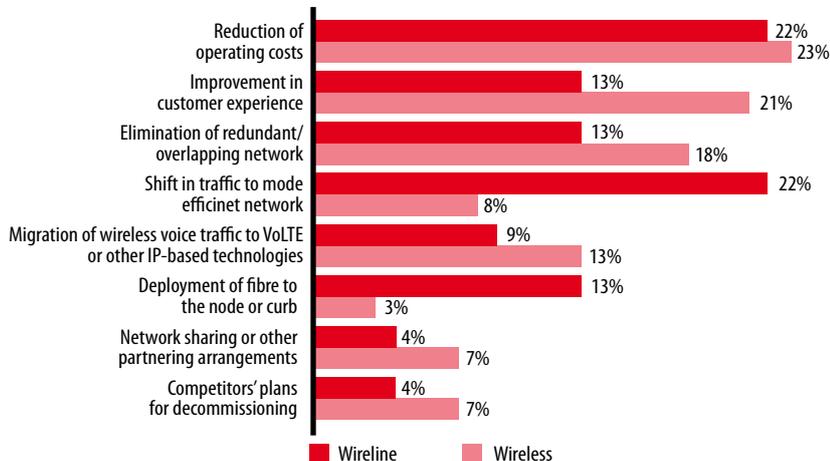
"All-IP transformation represents the creation of a simplified and standardized network that significantly changes and harmonizes the production landscape"

Investor & Analyst Meeting 2013

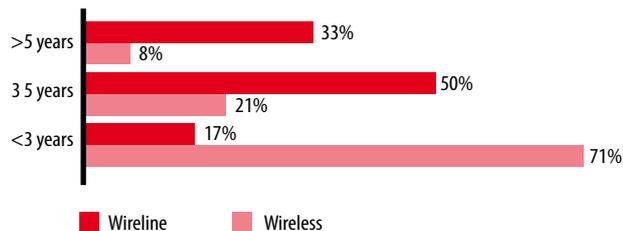
3 Da dove iniziare ?

Vista l'interdipendenza esistente tra i vari elementi che la compongono, trasformare una rete in esercizio, specialmente se costituita da più livelli e da tante generazioni tecnologiche tra loro "affastellate", è un'attività molto complessa che può essere in un certo senso paragonata al tentativo di dipanare una matassa ingarbugliata. Se non se ne trova il bandolo si rischia di agire in modo inefficace e confuso, e non è detto si riesca a raggiungere l'obiettivo. Il punto principale consiste nel decidere quale strato di rete aggredire per primo, ovvero se iniziare il processo di trasformazione dagli strati più alti o da quelli più bassi. I termini "alto" e "basso" sono convenzionali e misurano la distanza logica/fisica dei vari strati di rete dagli utilizzatori finali: in questo senso la rete di accesso va intesa come uno strato "basso" di rete, mentre la *core network* costituisce lo strato più "alto". Partire dagli strati più alti presenta il vantaggio di circoscrivere l'azione di trasformazione a un numero di oggetti di rete relativamente contenuto, con conseguente impatto economico e operativo abbastanza limitato. Lo svantaggio consiste nel fatto che in tale caso occorre agire all'"ingrosso", ribaltando sulle nuove reti tutti i servizi di rete più vecchi ancora presenti, con tutte le complessità che questo comporta. Non sempre infatti le nuove reti sono in grado di ospitare agevolmente i vecchi servizi; ad esempio il trasferimento sulle nuove piattaforme ottiche dei servizi di trasporto SDH è tecnicamente possibile, ma piuttosto inefficiente. Oltre a ciò, il vantaggio di questo ribaltamen-

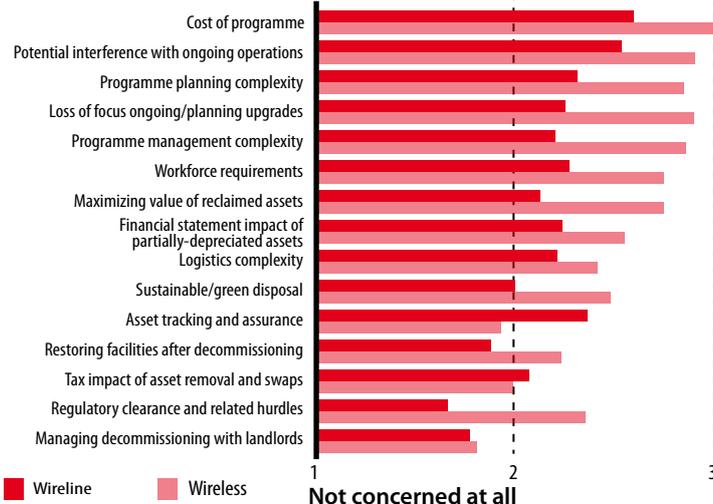
Decommissioning drivers



Total decommissioning duration



Decommissioning drivers



to è spesso di breve durata, perché la presenza sulla *core network* di tali servizi di rete è destinata comunque a ridursi man mano che i clienti si spostano spontaneamente sui nuovi servizi e/o il processo di ammodernamento si trasferisce ai livelli più bassi di rete. Agire partendo dai livelli più bassi di rete presenta caratteristiche opposte: ingenti investimenti, relativamente bassa complessità, ma grande impatto sulle operatività, visti i volumi in gioco, e beneficio indiretto sugli strati più alti, in quanto con tale approccio i servizi di rete più vecchi tendono ad essere trasformati e trasferiti per emulazione/simulazione, sulle nuove piattaforme, contribuendo allo "svuotamento" delle vecchie sugli

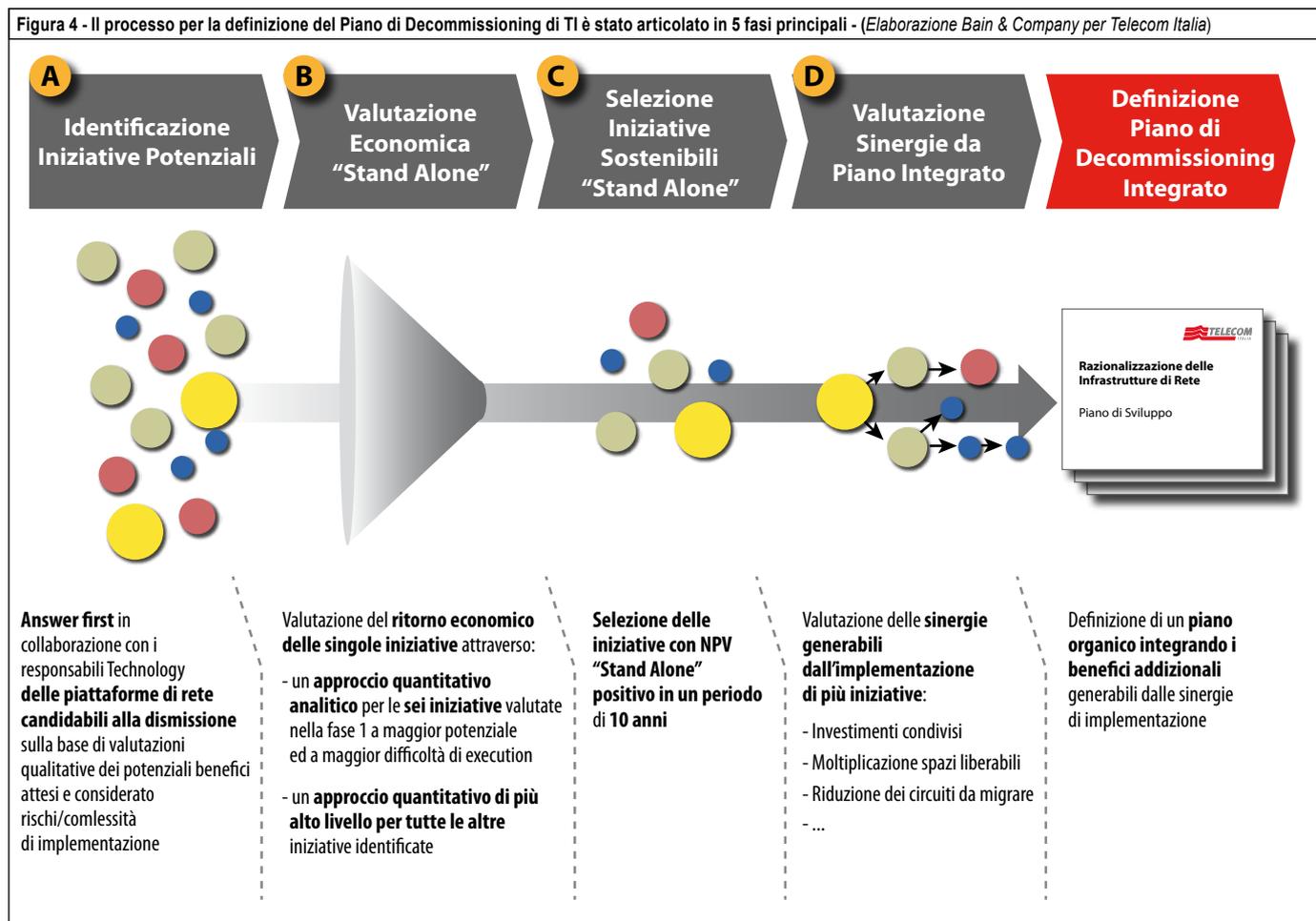
strati più alti. Ad esempio, spostando i servizi di telefonia fissa sulle soluzioni VoIP, si potrebbero gradualmente eliminare le vecchie centrali telefoniche locali di rete fissa e conseguentemente ridurre l'esigenza dei circuiti di giunzione, con evidente beneficio sugli strati più alti di rete. Le più recenti valutazioni effettuate hanno mostrato rispetto al passato una netta convenienza economica dell'approccio che parte dal basso rispetto a quello che parte dalla core. Esiste quindi un vero e proprio ordine di priorità nel processo di *decommissioning*, che stabilisce la successione temporale con cui le attività andrebbero, almeno in teoria, svolte.

4 Il Piano di decommissioning di Telecom Italia

Nel corso dell'ultimo anno è stato condotto in Telecom Italia uno studio approfondito per valutare e definire i principali contenuti di un possibile piano integrato di decommissioning. Tale studio si è svolto attraverso le seguenti fasi (vedi Figura 4):

- 1) **Identificazione delle iniziative potenziali.** Attraverso un percorso strutturato di interviste ai responsabili delle piattaforme esistenti, si è proceduto all'individuazione delle piattaforme candidabili alla dismissione.
- 2) **Valutazione economica "stand alone".** Le singole ini-

Figura 4 - Il processo per la definizione del Piano di Decommissioning di TI è stato articolato in 5 fasi principali - (Elaborazione Bain & Company per Telecom Italia)



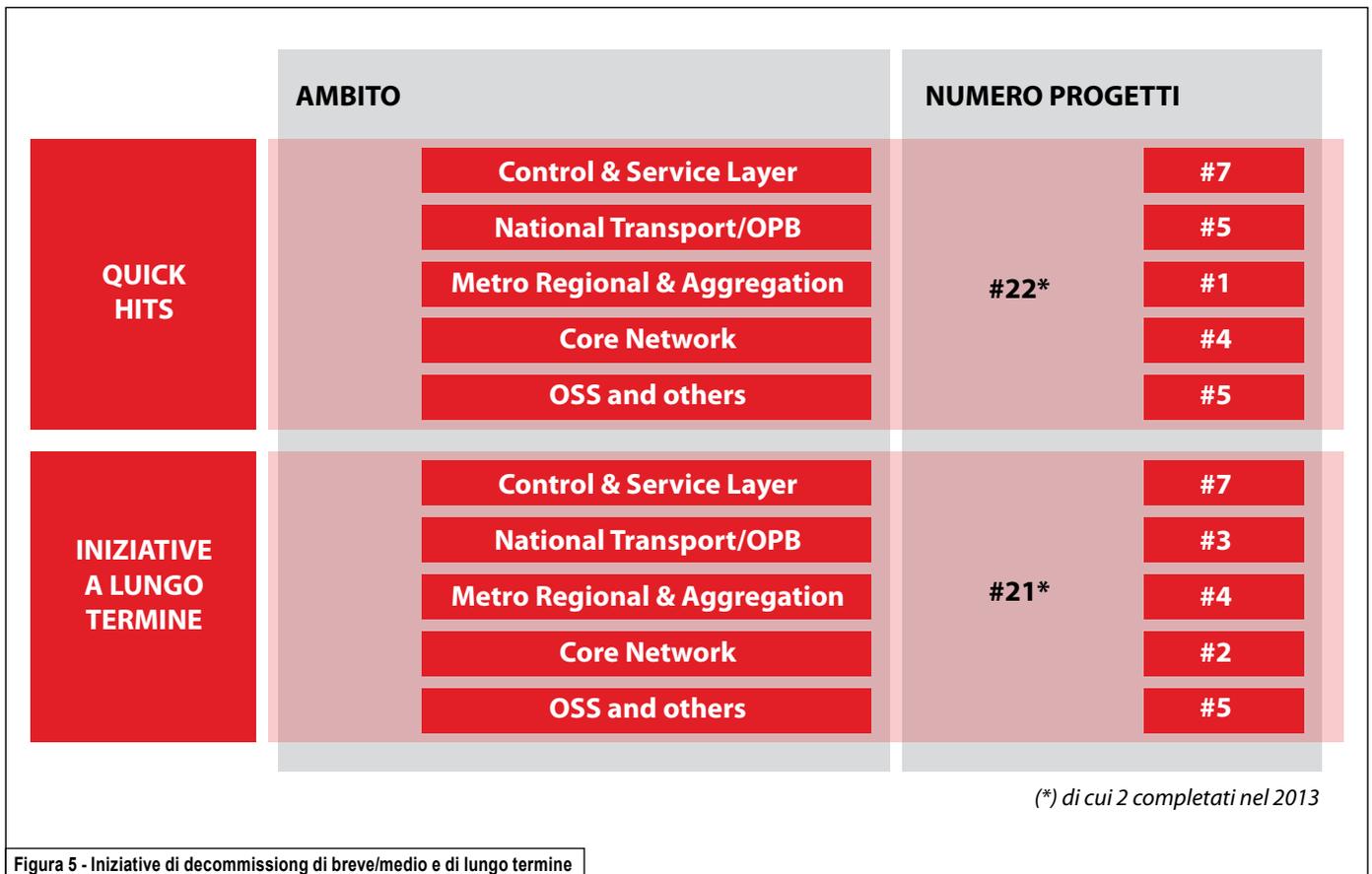


Figura 5 - Iniziative di decommissioning di breve/medio e di lungo termine

ziative identificate sono state valutate in termini di ritorno economico attraverso un approccio quantitativo analitico per iniziative più complesse e più semplificato per quelle meno impattanti e/o considerate di fatto mandatorie per obsolescenza.

- 3) **Selezione delle iniziative con NPV (Net Present Value) positivo a dieci anni.** Si è proceduto quindi ad una selezione delle iniziative scartando in questa fase quelle meno promettenti.
- 4) **Valutazione delle Sinergie da Piano Integrato.** Sono state valutate le sinergie generabili dall'implementazione di più iniziative, identificando i benefici che ogni iniziativa è in grado di ge-

nerare per il completamento delle altre (es: abilitazione di spazi liberabili, condivisione degli investimenti, riduzione di circuiti/flussi da migrare, ecc.).

- 5) **Definizione del Piano Integrato di decommissioning.** Si è proceduto infine con la definizione di un piano organico di decommissioning, integrando i benefici addizionali generabili dalle sinergie di implementazione.

Al termine dello studio condotto, il Piano è stato suddiviso in due parti (vedi Figura 5):

- 1) **Iniziative di breve termine ("quick hits"):** iniziative di decommissioning di piccola/media dimensione (in termini di benefici/complessità), che per le caratteristiche di

urgenza/obsolescenza sono state inserite nel Piano triennale 2014-2016.

- 2) **Iniziative a Lungo Termine:** ulteriori iniziative di media/alta dimensione, caratterizzate da tempi lunghi di attuazione. Di queste, le sei iniziative più importanti sono state oggetto di un'analisi più profonda, al fine di valutarne impatti, priorità e condizioni per successivo inserimento nel piano triennale.

Le sei iniziative di decommissioning prioritarie riguardano le seguenti piattaforme: PSTN (Public Switched Telephony Network), BBN (Piattaforma per il trasporto su IP della voce di rete fissa interdistrettuale), piattaforma ATM, piattaforma trasporto SDH nazionale e regionale e piat-

Per massimizzare le sinergie fra i progetti a lungo termine è stato individuato in piano di decommissioning integrato

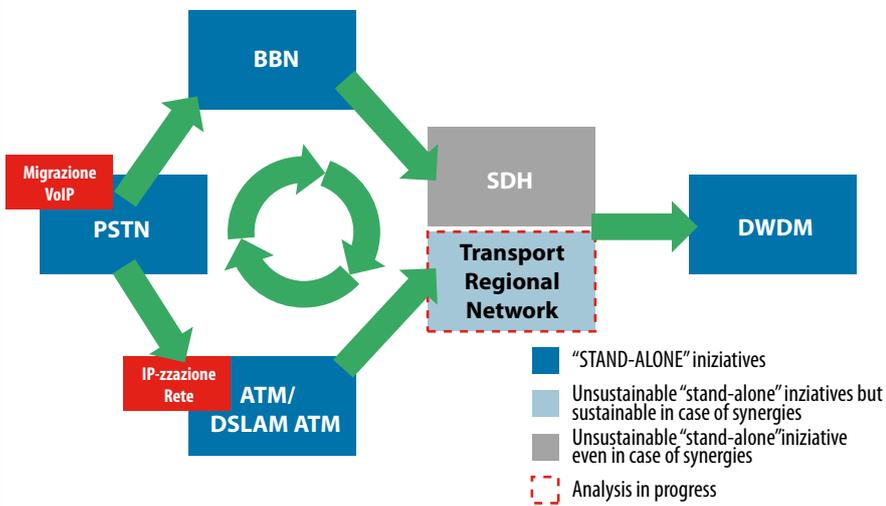


Figura 6 - Sequenza teorica nel dispiegamento del piano di decommissioning, in grado di massimizzare le sinergie tra i diversi progetti - (Elaborazione Bain & Company per Telecom Italia)

taforma DWDM nazionale di prima e seconda generazione). Alla fine del processo è stato indentificato l'ordine di priorità con cui queste piattaforme andrebbero eliminate al fine di massimizzare le sinergie e il risultato economico complessivo (vedi Figura 6). Naturalmente resta il problema del reperimento delle risorse finanziarie necessarie ad alimentare questo processo, certamente virtuoso, ma che prevede comunque ingenti investimenti, soprat-

tutto per le iniziative a lungo termine. Il tema sarà al centro della formulazione del prossimo ciclo di Piano Industriale.

Conclusioni

Il raggiungimento pieno degli obiettivi di contenimento dei costi, di semplificazione impiantistica e di ammodernamento delle infrastrutture finalizzato

alla possibilità di rendere più competitiva l'offerta dei servizi ai clienti (qualità differenziata, miglioramento della "quality of experience", ecc.) non si realizza solo attraverso l'eliminazione delle piattaforme più vecchie, ma anche mediante un processo di profonda revisione architetturale, sinergico con quello di decommissioning, che miri ai seguenti obiettivi: riduzione dei livelli di rete ("delaying"), riduzione degli apparati di rete ("deboxing"), incremento della qualità dei servizi di rete (es: riduzione della latenza), massima flessibilità nella collocazione delle funzioni di rete più impattanti in termini di qualità, che dovranno essere progressivamente avvicinate ai clienti finali.

Per questi motivi Telecom Italia sta lavorando ad un progetto di profonda revisione delle architetture di rete. Questo progetto è destinato a costituire, insieme al processo di decommissioning descritto in questo articolo (vedi Figura 7), quel quadro organico di Trasformazione della Rete ("Network Transformation"), visto da quasi tutti gli operatori come l'indispensabile strumento per affrontare le sfide del prossimo futuro ■

Figura 7 - Il doppio binario per la Network Transformation



Bibliografia

- Articolo di PwC "Clearing the way 2012 Outlook for telecom network decommissioning" - <http://www.pwc.com/gx/en/communications/publications/clearing-the-way-outlook-for-network-decommissioning.jhtml>
- British Telecom "BT Group PLC Q4 2012/13 Results presentation"
- Belgacom "Belgacom Group Results FY 2012 - Investor & Analyst Meeting;

- Network Simplification - Geert Standert - EVP SDE&W" - 2013, May 16th
- Deutsche Telekom "Deutsche Telekom Capital Markets Day 2012"
 - TDC Group Annual Report 2013
 - Rodney Gedda "IT, networks on Telstra's chopping block" - <http://www.computerworld.com.au/>
 - Phillip Dampier "AT&T Proposes Pulling the Plug on Landline Service in Alabama and Florida" - <http://stopthecap.com/>
 - Phillip Dampier "AT&T and Verizon's Deteriorating Legacy Landline Networks" - <http://stopthecap.com/>



Giancarlo D'Orazio

ingegnere elettronico entra in Telecom Italia alla metà degli anni '80. Come prima esperienza sviluppa un sistema di dimensionamento delle reti commutate di fonia, in grado di gestire le complessità connesse al passaggio dalle centrali analogiche a quelle in tecnologia numerica. Successivamente ha contribuito a pianificare l'introduzione in rete di molte nuove tecnologie, comprese le recenti reti LTE ed NGAN. Nel corso della sua carriera ha rivestito diversi incarichi sia in Amministrazione e Controllo che in ambito Network, dove si è occupato soprattutto di architetture di rete, traffico e pianificazione dello sviluppo. Dal 2011 è responsabile della funzione Network Planning di Technology.



NEW GENERATION IT

Gian Enrico Paglia, Gianluca Pancaccini



Per l'Information Technology di una Telco è basilare supportare efficacemente l'azienda nello sviluppo di nuove proposizioni di business, abilitando lo sfruttamento delle opportunità che si aprono nel mondo del business digitale e dei contenuti.

I nuovi paradigmi del business digitale introducono infatti una forte discontinuità rispetto alla visione tradizionale dell'IT come fornitore di servizi a supporto delle Operations aziendali. Vediamo ne alcuni.

1 Introduzione

La diffusione di nuove modalità di interazione Social e di esperienza di utilizzo mobile hanno cambiato il "consumo" della tecnologia da parte del cliente finale e, al contempo, le aspettative degli utenti aziendali sulle applicazioni che l'IT fornisce.

L'esplosione delle informazioni raccolte e gestite costituiscono un nuovo patrimonio aziendale da cui creare conoscenza del cliente e nuove opportunità di sviluppo dei prodotti e servizi.

Le nuove tecnologie e nuovi paradigmi di gestione delle attività produttive agili stanno rapidamente passando da "early-adoption" ad una maggior maturità ed affermazione nelle organizzazioni IT più industrializzate.

Questi nuovi paradigmi richiedono nuove capabilities IT, in un contesto più ampio e complesso dove il servizio fruibile dall'utente finale richiede la collaborazione ed integrazione di diversi attori, e dove la capacità di sviluppare servizi in modo agile e rapido, in

modalità "trial and error", è determinante; diventa quindi essenziale saper coinvolgere ed integrare nuovi players, attraverso l'apertura di API, che espongano i servizi ed i dati della Telco ad un ecosistema di utenti, sviluppatori, fornitori di servizi e di contenuti.

Sebbene l'innovazione ed il cambiamento rappresentino gli aspetti maggiormente suggestivi e stimolanti per il futuro, l'IT deve tuttavia continuare a costruire e mantenere efficienti ed efficaci le piattaforme informatiche con cui oggi supporta tutti processi critici aziendali.

Inoltre, la pressione competitiva spinge l'IT a ricercare la massima efficienza, attraverso una significativa riduzione dei costi operativi ed un più rapido ritorno degli investimenti.

Il successo dell'IT aziendale nei prossimi anni dipenderà fortemente dalla capacità dell'IT di ottenere la massima efficacia ed efficienza nella gestione degli ambienti legacy e, contemporaneamente, abilitare e catalizzare lo sfruttamento, da parte delle linee di Business aziendali, delle

opportunità nel nuovo paradigma digitale, riuscendo a finanziare gli ingenti investimenti necessari alla trasformazione attraverso il costante e progressivo miglioramento dell'efficienza operativa.

Questo rappresenta una difficile sfida, ma anche una grande opportunità, che, se colta appieno, potrà portare l'IT a posizionarsi come il motore dell'innovazione e il fattore di successo critico nel nuovo business digitale.

2 Il cammino di trasformazione dell'IT

In un contesto che muta così drasticamente e rapidamente, l'Information Technology deve riuscire nell'arduo compito, da un lato, di supportare una crescente domanda di accelerare e trasformarsi verso nuovi paradigmi "Digital" e, dall'altro di garantire un continuo supporto all'evoluzione commerciale e la piena ed efficace operatività delle piattaforme legacy.

L'opportunità del cambiamento, per quanto urgente, si deve rapportare comunque con una realtà

fatta da un insieme di architetture complesse e stratificate nel tempo, che costituiscono il tessuto “connettivo” su cui le attuali capabilities sono basate.

La numerosità e la complessità delle applicazioni informatiche gestite, abbinata alla complessità di processi e di offerte *legacy*, costituiscono il principale freno ad una rapida evoluzione. La trasformazione di questo scenario rappresenta un sfida molto complessa che necessita di nuove strategie.

Gli stack IT esistenti, che hanno consentito fino ad oggi di supportare e sostenere il business, non sono in grado di competere in termini di velocità, innovazione e capacità di adattamento all’ecosistema digitale. Tuttavia gli ingenti investimenti effettuati in passato devono poter essere valorizzati, considerato che la costruzione di uno stack totalmente alternativo all’attuale comporterebbe elevati rischi, significativi investimenti e tempi necessariamente lunghi.

2.1 Un obiettivo, due linee d’azione convergenti

Il cammino di trasformazione non può essere più rallentato se si vuol mantenere la propria competitività; il percorso deve quindi combinare al meglio due linee d’azione convergenti:

- una prima che punta a costruire un nuovo stack “Full Digital” che miri a raggiungere gli obiettivi di innovazione ed abilitazione del digital business,
- una seconda che ha lo scopo di razionalizzare e rendere efficace ed efficiente lo stack tradizionale.

Lo stack “Full Digital” ha lo scopo di introdurre rapidamente ed al minor costo possibile gli elementi

di differenziazione ed innovazione che richiede il business digitale:

- rapidità nel produrre soluzioni;
- agilità e capacità di cambiamento;
- focalizzazione sul miglioramento continuo dell’esperienza d’uso, in particolare sui canali digitali;
- capacità di estendersi a nuovi modelli di collaborazione e di creazione di nuovi prodotti / servizi.

Le principali direttrici di sviluppo dello stack “Full Digital” saranno :

Capabilities Innovative: Lo stack “Full Digital” deve partire dalle funzionalità customer-facing (quali ad esempio vendita, self-caring, self-assurance), che consentono l’engagement del cliente, in quanto maggiormente sollecitate dall’esigenza di cambiamento e fondamentali per la realizzazione degli obiettivi di business dell’Azienda;

Processi digitali nativi: Lo stack “Full Digital” deve essere pensato in maniera nativamente digitale disegnando, insieme alle linee di Business, la miglior esperienza d’uso cross-canale da parte degli utenti / clienti, riducendo al minimo l’influenza dei processi Telco “tradizionali” e le conseguenti complessità e quindi abilitando l’Azienda a giocare un ruolo da protagonista nel business digitale;

Architettura modulare e moderna: deve essere costruito in maniera modulare, aumentando la potenzialità di innovazione e l’apertura a nuovi scenari di business ancora non immaginati;

Agile: deve essere costruito incrementalmente, con un processo iterativo di continuo miglioramento che coinvolga IT e Linee di Business, garantendo rapido time-to-market.

Lo stack tradizionale non può fermarsi ad attendere il cambiamento, deve essere razionalizzato e reso efficiente, attraverso un processo di continua semplificazione (o *delaying*), che miri a ottimizzare l’utilizzo delle risorse, ridurre le duplicazioni e le varianti che non introducono o abilitano produzione di valore.

Pertanto i principali obiettivi dell’evoluzione dello stack tradizionale sono:

- la riduzione o il consolidamento delle applicazioni a basso valore / utilizzo;
 - la standardizzazione dei processi, dell’integrazione e delle tecnologie tradizionali, orientando verso soluzioni “commodity IT”;
 - la riduzione dei “Silos” architetture *legacy* (es., catene per telefonia fissa o per telefonia mobile);
 - il progressivo de-commissioning delle catene a supporto di servizi / prodotti in phase-out.
- Lo stack tradizionale dovrà quindi garantire una piena interoperabilità con lo stack “Full Digital” durante la transizione e, al contempo, continuare ad erogare tutte le funzionalità che non rappresentano opportunità di differenziazione.

Ciò è realizzabile svincolando le capabilities tradizionali, che supportano i processi aziendali maggiormente consolidati, attraverso un layer in grado di esporre in maniera il più possibile “auto-consistente” e “disaccoppiata” i servizi *legacy*.

2.2 Dalla strategia all’azione

I due percorsi strategici individuano le due direzioni da pren-

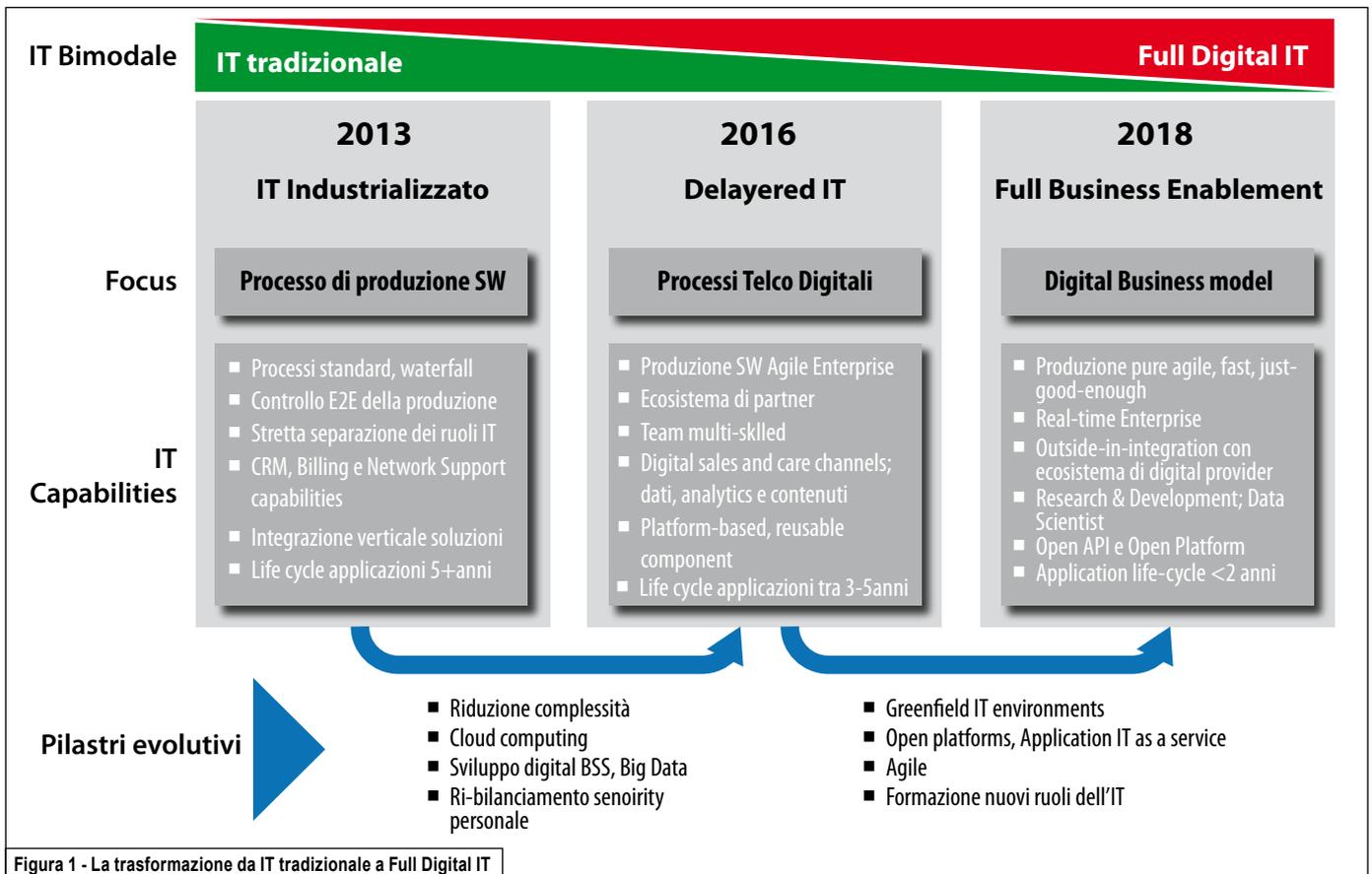


Figura 1 - La trasformazione da IT tradizionale a Full Digital IT

dere per l'evoluzione dell'IT, ma è necessario costruire una roadmap chiara per giungere al traguardo. Per garantire quindi una chiara identificazione del percorso da intraprendere, è utile adottare un modello che aiuti a segmentare il portafoglio applicativo in funzione della necessità e velocità di cambiamento richiesto e delle modalità di gestione adottate:

Systems of record: in questo layer ricadono le applicazioni legacy basate su package di mercato o su sviluppi custom, che supportano le transazioni più rilevanti e gestiscono i dati critici aziendali. Queste applicazioni hanno processi e funzionalità ben stabilite e spesso soggette ad aspetti regolatori e di legge. Ad esempio, ricadono in quest'ambito le applicazioni di ERP. Per questa categoria si

privilegeranno approcci evolutivi – limitati – in logica “waterfall”, obiettivi di elevati standard di qualità e di preservazione degli asset nel lungo periodo per massimizzarne i benefici;

Systems of differentiation: in questo layer sono posizionate quelle applicazioni che abilitano funzionalità uniche e specifiche dell'industry Telco. I processi sono generalmente stabili, ma richiedono frequenti riconfigurazioni o evoluzioni per abilitare nuovi requisiti di business o mutate esigenze. Ad esempio in quest'ambito potrebbero essere classificate le applicazioni di CRM, Billing, Order Management. Si dovranno adottare approcci di sviluppo con rilasci più frequenti, ma comunque controllati e industrializzati per consentire al contempo qua-

lità e sufficiente rapidità di cambiamento;

Systems of innovation: in questo layer ricadono infine tutte quelle (nuove) applicazioni che indirizzano nuove opportunità di business e requisiti innovativi. In questa categoria possono essere annoverate ad esempio le “mobile apps”, le funzionalità di “advanced analytics” e “motori predittivi di raccomandazione”. L'approccio privilegiato sarà quello “agile” o “rapid-prototyping”, con l'obiettivo di metter in campo un “minimo prodotto finito”, su cui testare la validità della soluzione funzionale e tecnica e poi ulteriormente affinare il tiro.

Lo stack “Full Digital”, in considerazione delle sue necessità di innovazione, dovrà prioritizzare l'evoluzione delle applicazioni

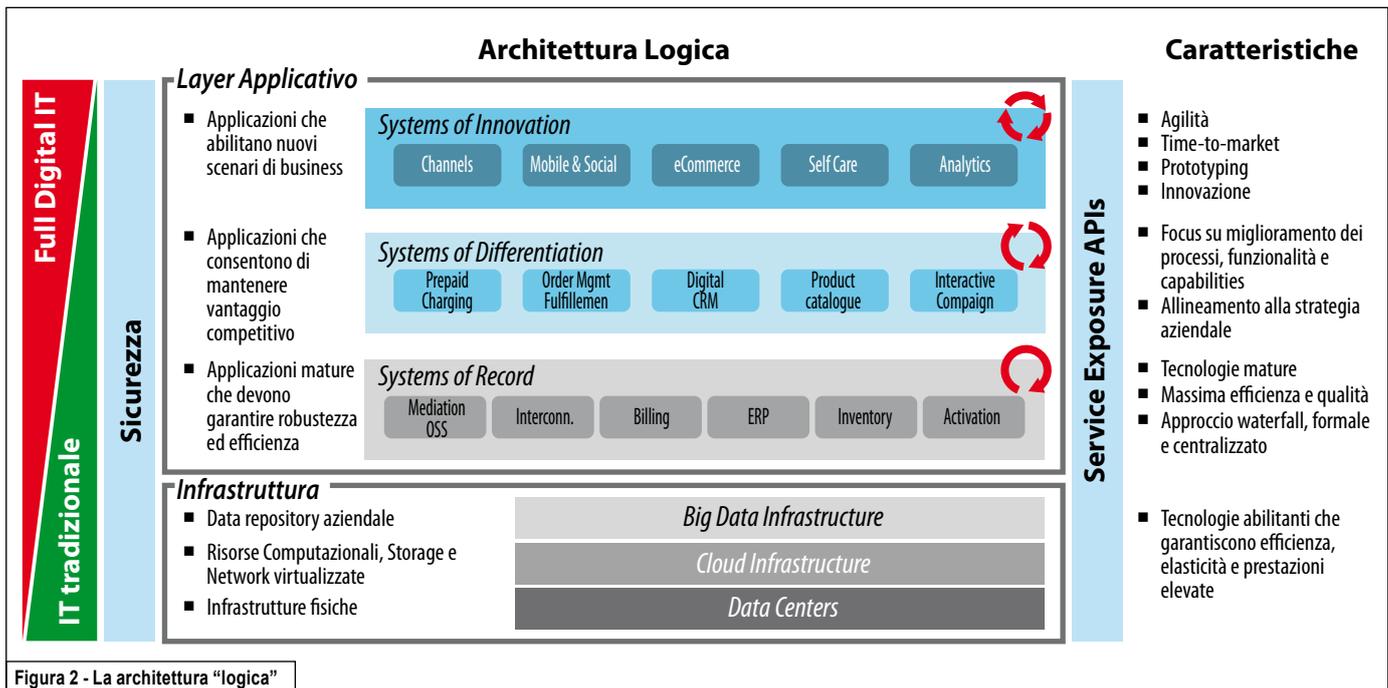


Figura 2 - La architettura "logica"

“systems of innovation” e “systems of differentiation”, mentre lo stack “tradizionale” avrà principale focus sui “systems of record”. A complemento della visione l’IT deve parallelamente lavorare per consolidare tre layer infrastrutturali su cui abilitare la costruzione dei nuovi paradigmi:

- moderni datacenter in grado di accogliere efficientemente una “cloud infrastructure” per virtualizzare e rendere rapidamente ed elasticamente disponibili risorse di rete Lan, di calcolo e di memorizzazione, in modalità sia “private” che “public”;
- una infrastruttura di gestione dei dati strutturati e non-strutturati (Big Data) per una rapido processamento e distribuzione alle applicazioni che ne fanno uso;
- una infrastruttura di integrazione delle applicazioni dei diversi layer attraverso Open API, garantendo l’interoperabilità tra le applicazioni gesti-

te direttamente dall’IT, quelle esterne in “SaaS” (*Software as a Service*) e quelle di terze parti che contribuiscono alla costruzione dei servizi offerti (es., OLO, Over The Top, Business Partners, etc.).

Infine infrastrutture, processi e capabilities relative alla Sicurezza dovranno adeguarsi a supportare i nuovi scenari che comporteranno necessariamente la presenza di nuovi e mutati rischi per la sicurezza dei dati, delle applicazioni e delle infrastrutture.

Conclusioni

Nell’era del digital business, l’IT di Telecom Italia assume ed assumerà un ruolo sempre più rilevante, una leva competitiva su cui costruire il futuro dell’Azienda. Il percorso di evoluzione da un IT tradizionale - centro di costo - ad un IT “motore” ed “abilitatore” del business è ormai avviato.

L’evoluzione delineata non potrà soltanto riguardare le tecnologie e i processi, ma dovrà anche e soprattutto riguardare le persone e i loro skills: la trasformazione dell’IT richiede infatti non solo l’adozione di tecnologie innovative e di nuove modalità di collaborazione e produzione, ma anche una rinvigorita attenzione alla risoluzione dei problemi, una maggior attitudine al rischio, un rafforzato senso di collaborazione come “unico team”, proseguendo con determinazione nella strategia, già in atto, di ‘re-skilling’ dello staff IT ed introducendo, ove necessario, nuovi skills dal mercato. L’adozione di una strategia differenziata rappresenta la risposta con cui nei prossimi anni si costruiranno le basi del nuovo IT dell’era digitale. La trasformazione è appena all’inizio, l’obiettivo ambizioso, sfidante e rischioso, ma il futuro è già presente ■

gianenrico.paglia@it.telecomitalia.it
gianluca.pancaccini@telecomitalia.it



Gian Enrico Paglia

ingegnere elettronico, dopo alcuni anni in aziende del settore Energia ed IT, entra in Omnitel nel 1998 come responsabile dello sviluppo Internet, per lo startup di Omnitel 2000.

Dopo il takeover di Vodafone, nel 2001 entra in Vodafone Global, nell'organizzazione Technology, con la responsabilità di Direttore dei Programmi Strategici in ambito Gruppo.

Dal 2003 inizia la collaborazione con Wind, prima come Responsabile Architetture IT, poi come Responsabile Sviluppo OSS e VAS in IT, infine in Technology come Responsabile Technology Governance & Innovation.

Dall'Ottobre 2012 ha iniziato la collaborazione con Telecom Italia, entrando in TI-IT con la responsabilità delle Architetture IT.



Gianluca Pancaccini

Dal ottobre 2012 è Chief Information Officer di Telecom Italia e Presidente e Amministratore Delegato di Telecom Italia InformationTechnology, azienda completamente posseduta da Telecom Italia. Informatico, inizia a lavorare come consulente presso l'UNESCO a Parigi, fino al 1986, anno in cui entra in Olivetti.

Per i primi tre anni si muove in Europa con i progetti Esprit per poi arrivare nel 1992 a ricoprire la carica di responsabile del Laboratorio Multimedia Oliricerca di Pozzuoli.

Nel 1995 lascia Olivetti per entrare in Saritel, dove assume la responsabilità delle aree dedicate allo sviluppo di tecnologie Internet/Intranet per applicazioni business.

Nel 1999 lavora per Telecom Italia come Responsabile del Competence Center Intranet/Extranet.

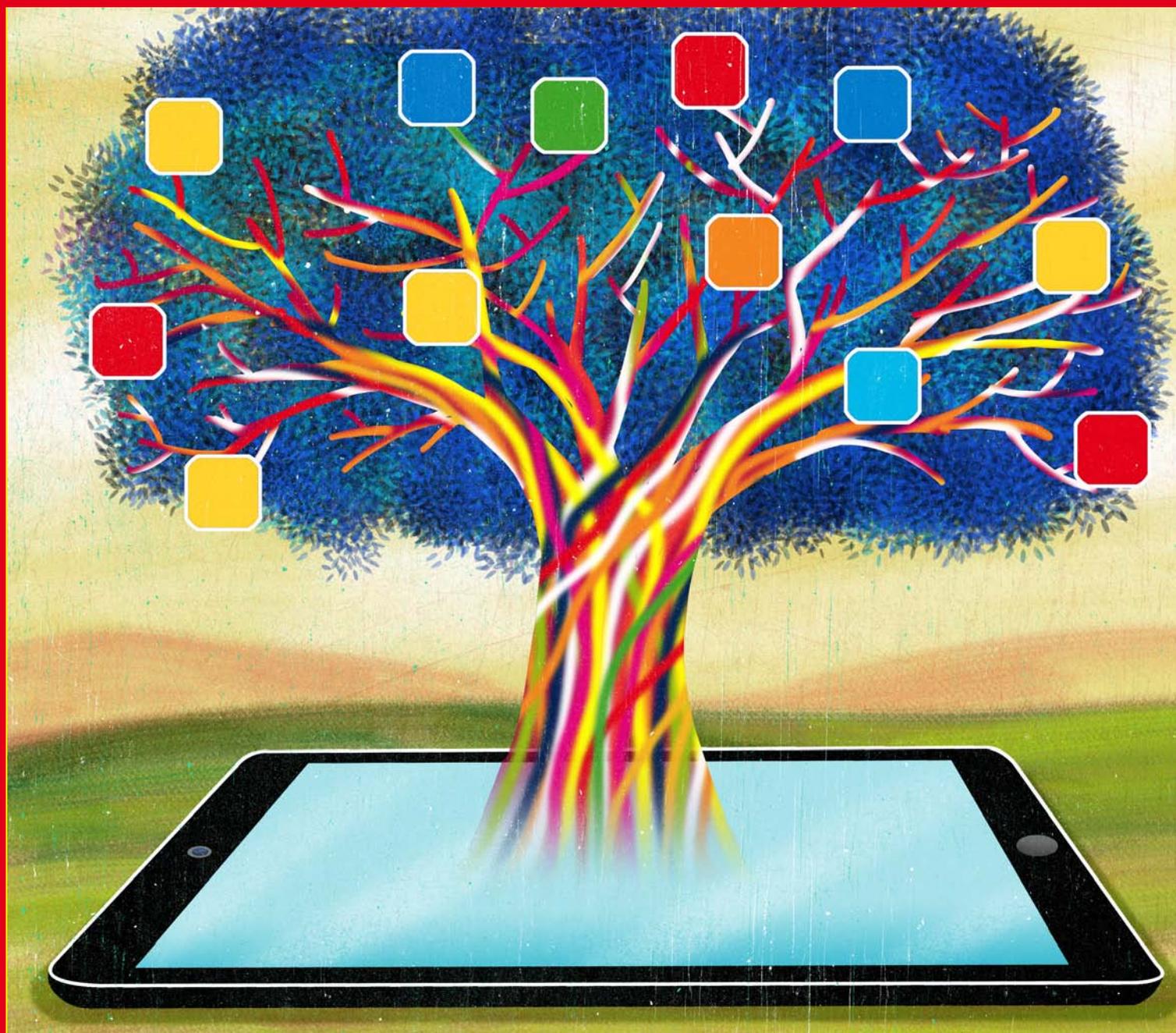
Nel 2000 entra in Wind Telecomunicazioni, dove, per otto anni, nella Direzione ICT ricopre incarichi di responsabilità nell'ambito dei servizi VAS/Internet, fissi e mobili. Nel 2005 assume l'incarico di CIO.

Dal 2008 ricopre il ruolo di Direttore Generale del Consorzio Operativo, la società di servizi che all'interno del Gruppo Montepaschi si occupa dell'indirizzo, della gestione, dello sviluppo e del controllo dell'ICT di Gruppo oltre a fornire i servizi amministrativi accentrati di supporto alla rete delle filiali e alle altre aziende del Gruppo.



VERSO LA RETE DEI CONTENUTI

Enrico Maria Bagnasco, Gianfranco Ciccarella



Lecosistema delle telecomunicazioni ed il mondo Internet stanno rapidamente convergendo verso uno scenario ALL-IP, in cui servizi, applicazioni e contenuti saranno forniti esclusivamente su reti IP fisse e mobili.

La disponibilità elevata di banda in accesso tramite l'uso di diverse tecnologie (fibra, Vdsl, 3G, LTE, WiFi) sta rendendo sempre più uniforme e "seamless" la fruizione di applicazioni e contenuti tramite una varietà di terminali molto sofisticati quali smartphone, tablet, connectedTV, PC e STB (Set Top Box). In questo articolo si analizza come i requisiti posti da questo nuovo scenario influenzino la trasformazione della rete verso una "rete di contenuti".

1 Introduzione

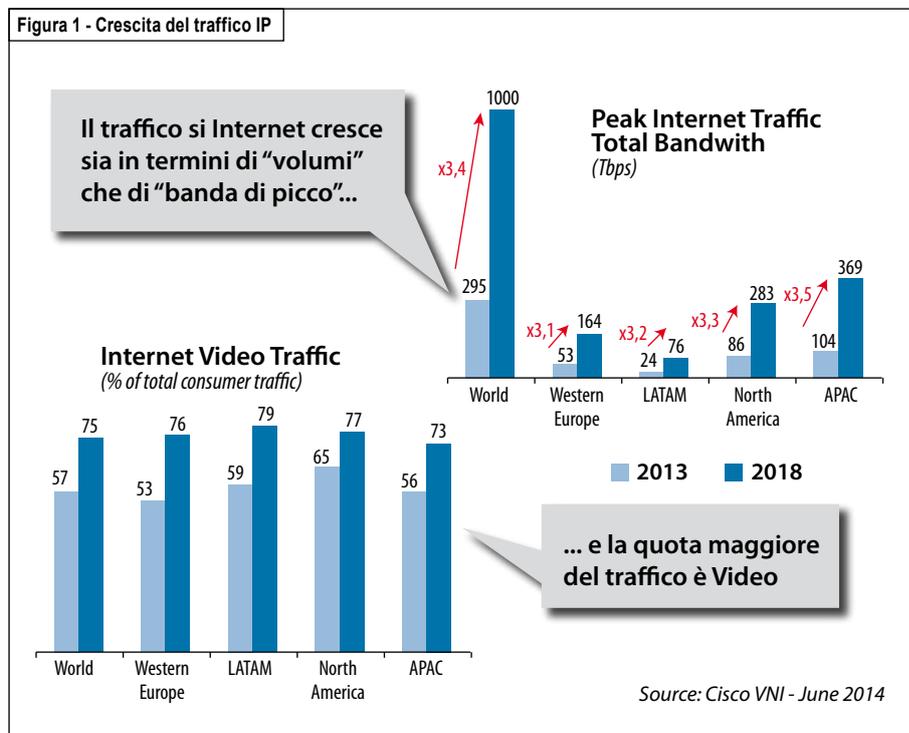
I nuovi modi di comunicare di persone ed aziende e l'esplosione delle applicazioni rese disponibili in modo intuitivo tramite il modello degli "app store", causano non solo una continua crescita del traffico dati (il traffico Worldwide nell'ora di picco cresce di un fattore 3,4 nel periodo 2013-2018 da stime Cisco [1]), ma anche variazioni nel mix delle tipologie di traffico e più stringenti requisiti di qualità end-to-end; la componente "video" nel traffico complessivo è stimata da Cisco superiore al 75% del consumer internet nel 2018 (Figura 1).

La crescita di musica e video online è legata dalla diffusione di nuovi comportamenti degli end-users, con l'utilizzo di cloud-based personal storage e siti di condivisione per fruizione "social", e con la connettività always-on per la fruizione di contenuti sia copyrighted, sia user generated. Entro il 2018, si stima che TV digitale e

video online saranno i due servizi con la maggiore penetrazione, rispettivamente 86% e 78%. La crescita più rapida sarà per il video online (con un CAGR del 10%). Nel segmento dei servizi internet per clienti residenziali, da 1.2

miliardi di utenti worldwide di video online del 2013, si passerà a 1.9 miliardi nel 2018; per quanto riguarda l'utenza affari, la videoconferenza desktop mostrerà la più forte crescita, con quasi 240 milioni di utenti al 2018 (CAGR:

Figura 1 - Crescita del traffico IP



Il traffico su Internet cresce sia in termini di "volumi" che di "banda di picco"...

Peak Internet Traffic Total Bandwidth (Tbps)

... e la quota maggiore del traffico è Video

44.8% 2013-2018), mentre si prevede la diminuzione di servizi web conferencing che non includono il video [2].

La fruizione "personale" di contenuti audio e video determina quindi uno spostamento verso servizi di tipo Unicast (servizi on demand); questo è uno dei fattori che portano alla forte crescita della banda di picco downstream. Anche l'upstream tende a crescere, per la diffusione di servizi cloud e modalità "social" di comunicazioni person-to-person, che comportano un incremento dell' "upload".

2 Principali attori e modelli di business

L'evoluzione di questo scenario ha determinato significativi cambiamenti nei modelli di business dei principali Players (Telco, OTT/CP Over The Top /Content Provider, Carrier Internazionali) ed ha portato alla nascita di nuovi Player (Content Delivery Provider):

- **i Telco:** stanno modificando l'approccio al business IP verso gli end-user e verso OTT/CP. Oltre alla connettività best-effort i Telco iniziano a fornire connettività con qualità differenziata (sia agli end-user, sia ad OTT/CP) e servizi/applicazioni (agli end-user), utilizzando nuovi modelli di business. Il cambiamento è "driven" dai problemi di sostenibilità dei business tradizionali, determinati dalla perdita di valore dei servizi voce e messaggistica, dovuta soprattutto alla competizione degli OTT e dalla crescita esponenziale del traffico IP. L'evoluzione in atto verso l'accesso UBB (*Ultra BroadBand*) fisso e mobile rende ancora più critica la sostenibilità economica

per i Telco, poiché richiede un ulteriore incremento degli investimenti, mentre i vincoli regolatori talvolta limitano l'iniziativa dei Telco anche in settori nuovi, che necessitano di forte propositività, innovazione e libertà di azione;

- **gli OTT/CP** (es. Google, Amazon, Netflix): hanno incrementato in modo significativo il fatturato, si sono consolidati nei business legati ad applicazioni/contenuti e sono entrati nei business tradizionali dei Telco (voce e messaggistica);
- **i Content Delivery Provider** (es. Akamai, Level 3...): hanno sviluppato business basate sull'offerta, anche a livello internazionale, di servizi (managed services basate su QoE) a qualità differenziata (es. WEB Acceleration&Optimization, Front End Optimization, Video Delivery & Optimization...) ad OTT/CP;
- **i Carrier:** dopo aver sviluppato il business del trasporto IP internazionale devono fronteggiare una continua crescita dei costi dei backbone dovuta all'aumento del traffico IP, ed una continua discesa dei prezzi dei transiti, dovuta soprattutto alla affermazione dei Content Delivery Provider.

Con riferimento ad un confronto fra 5 Telco ex-incumbent europei (TI, TEF, FT, BT, DT) ed i "big five" OTT (Google, Facebook, Yahoo, Apple, Microsoft) su alcuni indicatori economico/finanziari (al 1H 2013), si rileva che:

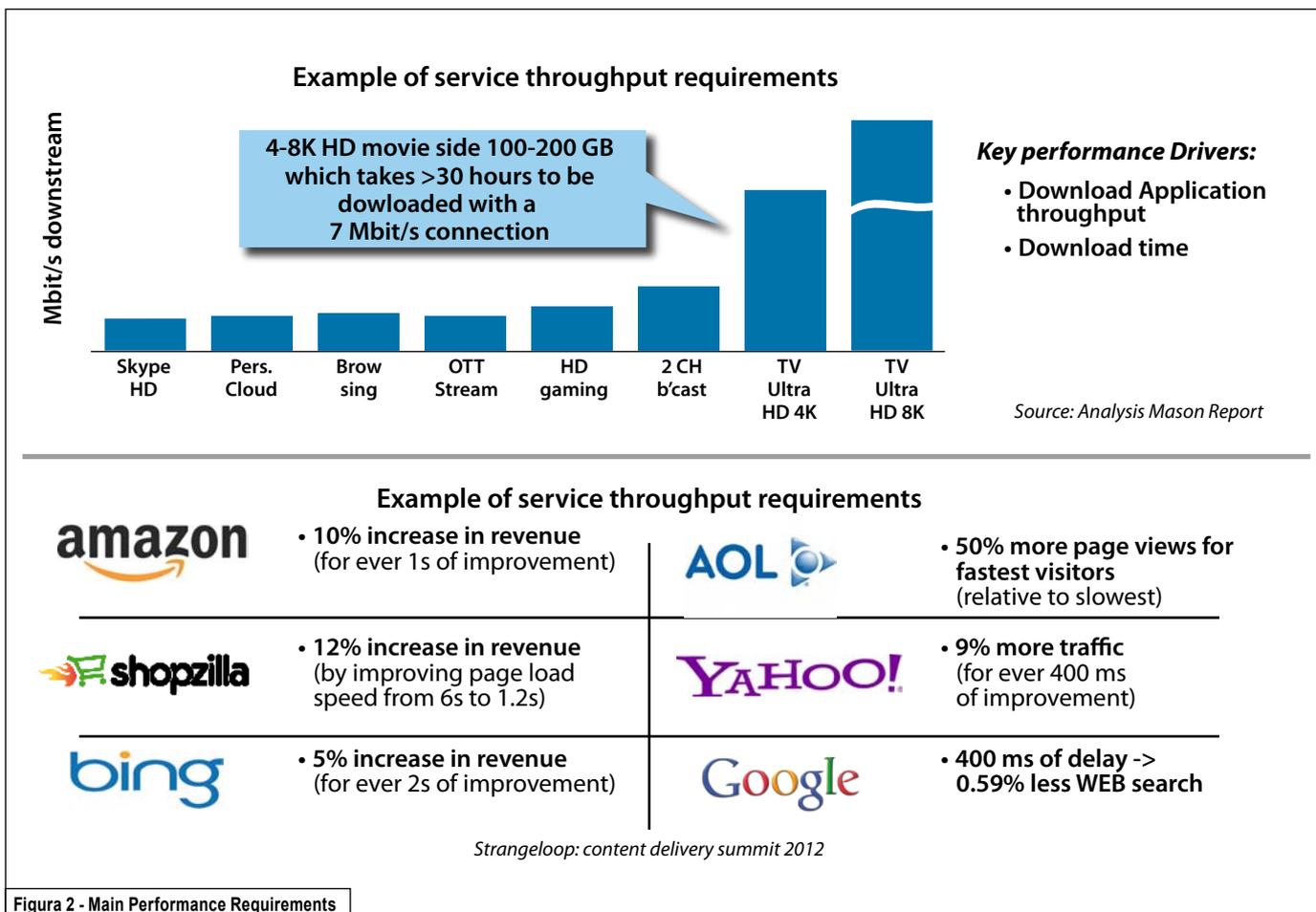
- i ricavi degli OTT sono superiori (113%) a quelli dei Telco;
- i livelli di investimento degli OTT sono molto inferiori (53%) a quelli dei Telco;
- la capitalizzazione degli OTT è molto superiore (oltre 560%).

Inoltre gli OTT sviluppano un business con marginalità per cliente in genere più bassa dei Telco, ma hanno un bacino di utenza notevolmente più grande [3].

Il business model degli OTT è basato su un reach mondiale (garantito da Internet e dalla diffusione di "terminali", tablet, smartphone, TV connesse, sempre più performanti), e su ricavi da advertising e da servizi/applicazioni offerti ai clienti dei Telco/ISP. Il video, nelle sue diverse forme, rappresenta la parte principale del traffico generato dagli OTT/CP, ed aumentano le offerte di Video OTT a pagamento (il mercato mondiale al 2017 di "OTT subscription video on demand O-SVOD" è stimato di 8 miliardi di dollari) [4].

D'altra parte gli OTT per lo sviluppo del proprio business hanno bisogno che gli end-user possano fruire con adeguata qualità QoE (*Quality of Experience*) dei Contenuti/Applicazioni che essi offrono. Proprio questo requisito ha consentito la crescita di soggetti (es. Akamai, Limelight, L3) che forniscono servizi CDN, Web Acceleration, Caching, ADN. Avere elevati throughput e bassi download time è importante non solo per servizi video streaming, ma anche per il web browsing, poiché alla QoE sono legati incrementi dei ricavi da servizi offerti ad end-user e da advertising (Figura 2).

Le nuove Applicazioni (video ad alta qualità, ma anche applicazioni Cloud, applicazioni ad alta interattività, ecc..) hanno requisiti prestazionali crescenti. Per questo OTT e CDN Provider stanno chiedendo ai Telco di inserire le proprie piattaforme per la QoE (server/cache/acceleratori) 'dentro' le reti domestiche a partire dai Data Center, per poi entrare nei POP ed avvicinarsi il più possibile agli end-users.



Questo bisogno di migliorare la QoE anche sulle reti domestiche è una importante opportunità per i Telco, che possono offrire agli OTT servizi di delivery con qualità differenziata. Per cogliere questa opportunità i Telco da un lato devono dotarsi di soluzioni idonee per assicurare delivery ad alta qualità (Piattaforme per la QoE), dall'altro devono adottare nuovi modelli di interconnessione IP¹. I modelli di interconnessione IP tradizionali tra Telco ed OTT sono basati sulla modalità di terminazione di traffico di tipo "best effort"; i Telco acquistano transiti, oppure sono interconnessi in peering (in genere free) con gli OTT, i quali non pagano la terminazione sulle reti degli Operatori (oppure

pagano cifre molto basse rispetto al valore del loro business). Da anni accanto ai modelli tradizionali di interconnessione (free-peering, paid-peering, transit) si sono però affermati modelli basati sul delivery con qualità differenziata e nuovi modelli di business (revenue sharing, content delivery services). I nuovi modelli di interconnessione consentono ai Telco/ISP di avere ricavi sia da end-user, sia da OTT/CP, in relazione agli specifici benefici che i diversi soggetti ottengono. Le modalità di terminazione offerte da Telco/ISP possono essere utilizzate da qualunque OTT/CP in linea con i principi della Net Neutrality. Esempi di nuove modalità di interconnessione fra Telco/ISP ed

OTT/CP sono: interconnessione Netflix con Comcast, Verizon ed altri Operatori; interconnessione Cogent/Orange; interconnessione Google/Orange; interconnessione di Akamai con Verizon, ATT, Orange ed altri Operatori; attività di depeering realizzata praticamente da tutti i Telco/ISP. Il passaggio ai nuovi modelli è spesso accompagnato da contenziosi legali/regolatori tra Telco/ISP e OTT, che hanno generato dibattiti, ancora in corso, sulla Net Neutrality; su questo importante tema, in Europa e negli USA lo scenario sembra molto diverso. In Europa il dibattito sugli obblighi che la Net Neutrality pone ai Telco (non agli OTT) è tra:

¹ A. Calvi, G. Ciccarella, P. Fasano, D. Roffinella - Nuovi modelli di interconnessione IP, Notiziario Tecnico N° 2 - 2014

- Soft Net Neutrality definita come “the ability for a consumer to access and distribute information or run applications and services of their choice” [5];
- Strong Net Neutrality vista come un insieme di restrizioni/obblighi al trattamento del traffico internet: “all internet traffic is treated equally, without discrimination, restriction or interference, independent of its sender, receiver, type, content, device, service or application” [6].

In USA l'orientamento appare verso la Soft Net Neutrality.

Se il dibattito in Europa finisse per far prevalere un'interpretazione “strong” della Net Neutrality, e se essa fosse riferita anche ai livelli superiori al livello “Network” (Livello 3), ci sarebbe il rischio di restrizioni per i Telco sull'utilizzo di piattaforme per QoE; le reti domestiche dei Telco non potrebbero soddisfare i “services requirements” di alcune Applicazioni/Contenuti, ed i Telco sarebbero penalizzati rispetto agli OTT. Infatti i nuovi servizi potrebbero essere forniti solo se le piattaforme per QoE degli OTT fossero realizzate dagli OTT ed inserite nelle reti dei Telco e vicino agli end user. Questa lettura restrittiva della Net Neutrality impedirebbe ai Telco di monetizzare la terminazione con qualità differenziata (QoE) sia lato OTT, sia lato end user: solo gli OTT potrebbero offrire i nuovi servizi, mentre i Telco potrebbero offrire solo il trasporto IP di tipo best effort. Se invece le piattaforme per QoE fossero realizzate dai Telco, esse sarebbero disponibili per tutti i Telco/ISP, oltre che per OTT/CP, sulla base di accordi commerciali non discriminatori; si realizzerebbe quindi una ‘vera’ Net Neutrality e un ‘true level playing field’.

3 La nuova sfida per i Telco: la Quality of Experience

Nello scenario appena descritto, la nuova sfida per i Telco non si limita ad offrire una banda in accesso sempre più elevata o a realizzare reti di aggregazione e trasporto sempre più efficienti.

Infatti questa evoluzione dello scenario e dei comportamenti delle persone non si traduce solo in termini di “banda di picco e quantità di traffico IP” sulle reti, ma è legata all'esigenza degli end-user di usufruire di Applicazioni e contenuti con un'elevata QoE (*Quality of Experience*) sia in termini di modalità di fruizione (in particolare la fruizione in mobilità e su piattaforme multidevice e la fruizione in modalità multiscreen, in cui ad es. Smart TV connesse in rete sono utilizzate contemporaneamente a tablet e smartphone), sia in termini di prestazioni (ad esempio alti valori di throughput a livello Applicativo, bassi tempi di download delle pagine web, integrità e fluidità dei contenuti video, alta affidabilità dei servizi Cloud). 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 il fornitore di servizi/contenuti, tipicamente OTT.

Per migliorare la QoE non è sufficiente avere alti “bit-rate” ed utilizzare tecniche di traffic management (es. COS, DiffSer, cioè operare con meccanismi che migliorano la Quality of Service), ma è necessario agire al di sopra del livello “network” del protocollo OSI (Livello 3) per migliorare:

- il Throughput a livello applicativo, inteso come la effettiva velocità di trasferimento delle

informazioni quando l'utente finale utilizza una applicazione o accede ad un contenuto sul WEB. Il throughput dipende principalmente dalla “latenza” (cioè dal tempo impiegato dai pacchetti per arrivare dai server di rete all'utente finale e viceversa) e dalla perdita di pacchetti (percentuale di pacchetti persi nella rete IP). Latenza e perdita di pacchetti aumentano con la distanza tra il sito web e l'utente finale, poiché con la distanza aumentano i tempi di trasmissione, il numero di router e i collegamenti attraversati dai pacchetti IP;

- il Download Time, che si riferisce all'effettivo tempo di scaricamento delle informazioni (pagine WEB, contenuti, ecc...). Il download time dipende principalmente dall'efficienza del protocollo (cioè dall'insieme di regole per lo scambio di informazioni tra sito web e l'utente finale).

Il raggiungimento di determinate prestazioni in termini di throughput e download time è indispensabile per rendere possibile la fruizione di alcuni servizi (Figura 2) quali il video streaming 4K (per i quali è richiesto un throughput di 20-25 Mb/s per eventi real-time e di oltre 15 Mb/s per video codificati con MPEG5), servizi Cloud, servizi ad alta interattività, e-Commerce. Inoltre i tempi di download influenzano direttamente ad es. l'appeal che un sito WEB ha verso l'end-user, e quindi hanno un preciso valore economico (Figura 2).

Migliorare la QoE permette anche di ampliare la percentuale dell'utenza che può effettivamente fruire in modo soddisfacente di applicazioni e contenuti sul WEB (in molte aree geografiche il throu-

ghput può risultare significativamente inferiore al valore medio, e non adeguato per molti servizi). La rilevanza che la QoE ha per i business di OTT/CP è anche testimoniata dalle iniziative di OTT/CP per misurare in modo capillare, su scala mondiale, la qualità di fruizione degli end-users [7].

Per aumentare il throughput e ridurre il download time si utilizzano soluzioni specifiche che intervengono “al di sopra” del livello di trasporto IP; si tratta delle cosiddette “Piattaforme per il miglioramento della QoE” (CDN, transparent cache, WEB accelerators, ecc...) che:

- migliorano il throughput riducendo latenza e perdita di pacchetti, poiché avvicinano i contenuti agli utenti finali, attraverso la replicazione di contenuti con tecniche di caching (Piattaforme di Caching: Transparent Caching e Content Delivery Network);
- riducono il download time migliorando lo scambio di informazioni tra sito WEB ed i terminali dell'utente finale (ad es. attraverso tecniche di Protocol Optimization, utilizzate nelle piattaforme per Web Acceleration).

È importante evidenziare che l'utilizzo di piattaforme per la QoE permette anche saving nei costi di rete, in particolare inserendo in rete delle cache si possono ottenere saving, che dipendono dalla “cache efficiency”, cioè dalla percentuale di traffico che viene inviato all'end-user dalla cache stessa rispetto al traffico totale che arriva all'end-users; il saving è tanto maggiore quanto maggiore è la differenza fra i costi di rete per trasportare traffico nella tratta “a monte” della cache ed i costi della cache.

I saving ed il miglioramento della QoE si ottengono generalmente in misura tanto maggiore quanto minore è la “distanza” fra la piattaforma di QoE e l'utente finale; per questo è necessario che la rete di trasporto IP permetta la massima flessibilità nell'inserimento di queste piattaforme.

4 Content Delivery Network

L'utilizzo della CDN richiede un accordo tra il Content Provider ed il CDN Provider e consente al CP la gestione di un palinsesto sia di contenuti ‘stabili’, cioè che non vengono aggiornati frequentemente (es. commercial movies, VoD), sia di canali “live” che vengono accelerati dalla piattaforma.

Basandosi su un principio di funzionamento relativamente semplice, la CDN (*Content Delivery Network*) offre un servizio molto importante ai Clienti che hanno necessità di distribuire contenuti. L'obiettivo è di ottenere un miglioramento nella fruizione di contenuti multimediali Live o VOD da parte degli end-users; questo risultato si ottiene memorizzando copie dei contenuti su delle cache apposite, distribuite nella rete (nei PoP di accesso), dalle quali gli utenti finali potranno fruirne direttamente. Il contenuto viaggerà in rete solo una volta per raggiungere la cache remota, che si occuperà, poi, di replicarne la trasmissione, per tutte le richieste relative, a lei afferenti successivamente.

I vantaggi sono i seguenti

- l'utente finale migliora la qualità di fruizione dei contenuti (QoE), in particolare migliora il throughput e il download time poiché i contenuti sono distribuiti e più vicini;

- il fornitore dei contenuti migliora il reach del suo servizio e offre una migliore qualità ai suoi Clienti;
- il Telco riduce il traffico sul backbone e quindi riduce i costi di rete.

Punti distintivi della CDN Telecom Italia sono la sua distribuzione geografica, che riduce la distanza tra i contenuti e i Clienti (virtualmente a un solo hop), protocolli di streaming adattativi, che consentono di ottenere le migliori prestazioni in funzione del tipo di terminale del Cliente e del throughput di rete, e la gestione dell'intero ciclo di vita dei contenuti.

La CDN di Telecom Italia è utilizzata sia per i servizi offerti da Telecom Italia ai suoi Clienti, sia da Content Provider, Broadcaster, OTT che acquistano il servizio di distribuzione dei contenuti.

L'architettura di riferimento è mostrata in Figura 3.

Agli *Origin Server* “arrivano” i contenuti provenienti dai Content Provider e che devono essere distribuiti nei nodi della CDN (gli Origin Server possono essere dei Content provider stessi).

Gli *Acquirer* prelevano i contenuti dagli Origin Server e sono responsabili della corretta distribuzione sui nodi di erogazione. I contenuti vengono replicati sui nodi della CDN in base alla particolare gerarchia topologica del servizio.

La funzione primaria del SR (*Service Router*) è il bilanciamento del carico e il reindirizzamento, verso il corretto dispositivo di erogazione (*Streamer*), della richiesta fatta dal client utente, sulla base del carico e della locazione delle cache. Nella scelta del nodo da utilizzare il SR tiene conto dello stato delle singole macchine, monitorate in tempo reale (ogni 2 sec.) sui seguenti parametri: CPU, Memo-

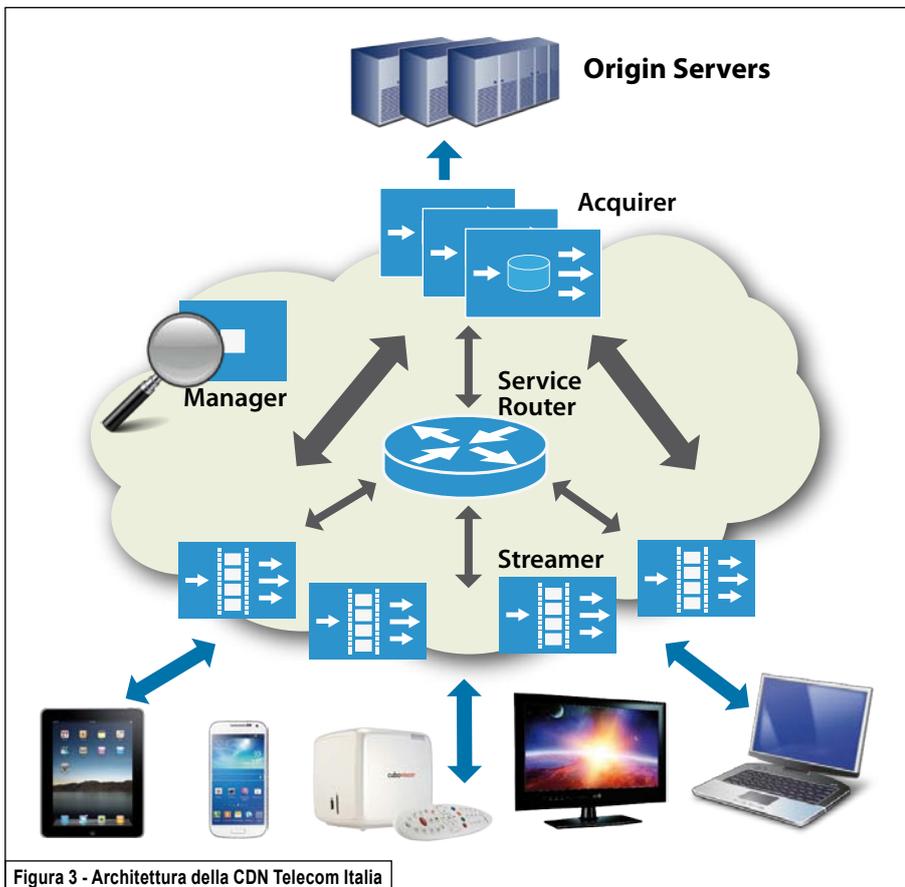


Figura 3 - Architettura della CDN Telecom Italia

ria, I/O dischi, sessioni contemporanee, guasti HW. Infine, gli *Streamer* sono i nodi di erogazione veri e propri che si occupano di trasmettere il contenuto agli utenti finali.

Negli ultimi 12 mesi il traffico di picco (Figura 5) è praticamente raddoppiato passando da 68 Gbps a quasi 120 Gbps; la previsione per fine 2014 è di circa 160 Gbps. Ciò che si nota è una tendenza forte all'aumento del traffico live e delle dimensioni dei cataloghi VOD (Video on Demand) di tutti i Content Service Provider che si servono della CDN TI. Fra questi, Mediaset (free, Premium e Infinity), Sky (SkyGO), Tim Vision, Serie A Tim, FS Holding, Trenitalia, Istituto Luce. Recentemente è stato anche annunciato un accordo TI-SKY per replicare su rete

broadband il palinsesto di canali SD/HD dell'offerta su satellite, che porterà ad un ulteriore, elevato aumento del traffico erogato da CDN a partire da inizio 2015.

Più in dettaglio: l'attuale CDN di Telecom Italia è distribuita su 23 POP della rete core (OPB) con POP di Roma e Milano ridondanti; la CDN ha oggi una capacità di rete (licenze flessibili) pari a 110Gb/s e fornisce supporto per contenuti codificati in diversi formati, distribuiti tramite i più diffusi protocolli disponibili, comprensivi delle modalità ABR su HTTP (Smooth Streaming, HLS). La soluzione consente una rapida scalabilità delle capacità (Gbps) del singolo POP in caso di necessità ed è stata completata con i servizi di reportistica, relativi all'utilizzo dei servizi offerti,

personalizzabili sia sulla base del servizio sia sulla base del Content Provider e con gli automatismi di fault tolerance e ridondanza (locale e geografica) trasparenti per l'utilizzatore finale.

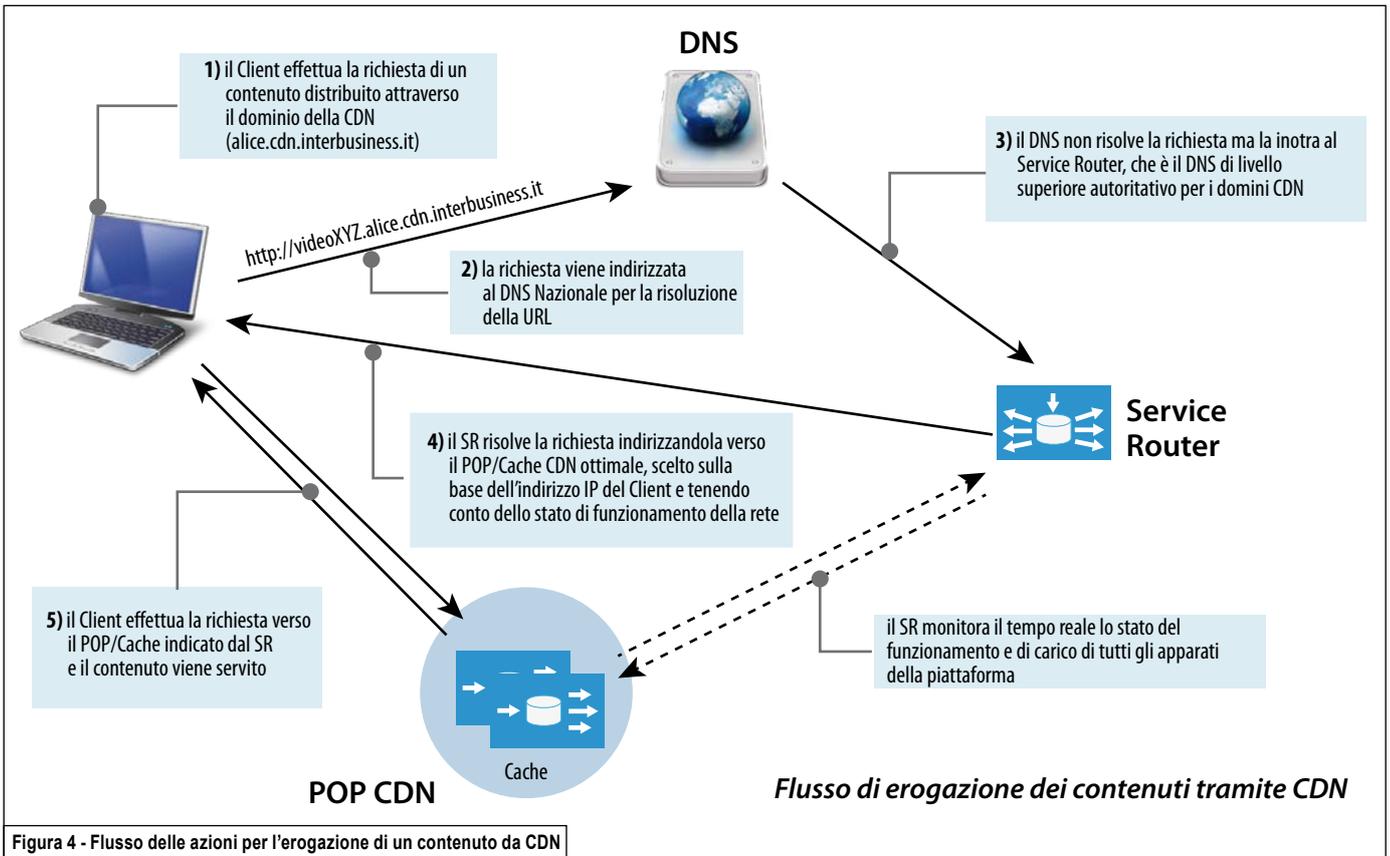
Linee di sviluppo più rilevanti riguardano l'ampliamento della banda fino a 160 Gb/s e della capacità di storage sui POP, l'inserimento di nuovi Acquirer (Milano e Roma) e di meccanismi di backup su una seconda CDN (CDN selector).

5 Caching trasparente

In aggiunta alle soluzioni CDN, basate su un accordo commerciale con il Content Provider, le tecniche di caching sono spesso utilizzate anche per traffico IP che trasporta contenuti che non sono 'stabili' (ad esempio contenuti di siti Web) oppure per traffico per il quale non esiste un accordo con il Content Provider (ad esempio traffico di Netflix). In questi casi si utilizzano piattaforme di TC (*Transparent Caching*).

Per chiarire come funziona il TC consideriamo pagine Html, che possono richiamare un numero molto elevato di oggetti (testi, figure, filmati), eventualmente provenienti da più server web. Di questi oggetti un certo numero può rimanere invariato nel tempo ed essere riutilizzato in più pagine (si pensi ad esempio al Logo Telecom Italia che compare in tutte le pagine del portale).

Per rendere più veloce il caricamento delle pagine (ed occupare meno risorse della rete di trasporto IP) si può pensare di mantenere in una memoria locale questi oggetti statici e di riutilizzarli all'occorrenza. È quanto fa normal-



mente il browser che mantiene gli oggetti in una "cache" del PC. Ma quali sono gli oggetti "statici"? In realtà questo attributo non è

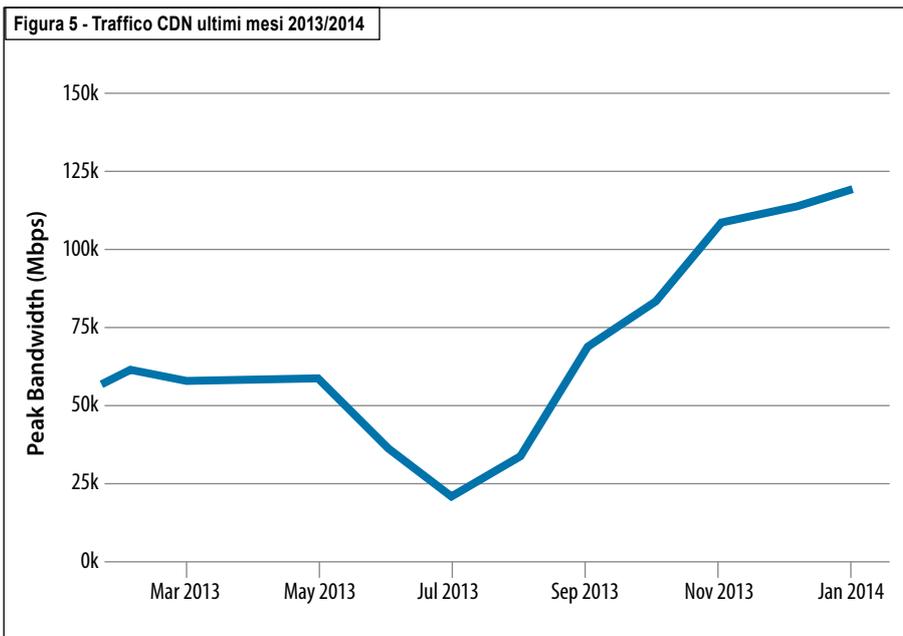
associato all'oggetto, ma è descritto nell'header del messaggio del protocollo http che viene utilizzato per trasferirlo: normalmen-

te sono utilizzati i campi "cache-control" o "Pragma" e viene anche specificato un periodo di validità dell'oggetto.

Quindi il caching di intere pagine o di singoli oggetti è esplicitamente previsto dal protocollo http ed è realizzato non solo dai browser, ma anche dai proxy-server http: questi ultimi sono normalmente inseriti al confine tra due reti IP (ad esempio una rete privata ed una rete pubblica) con molteplici scopi che vanno dal NAT applicativo, all'incremento del livello di sicurezza e di privacy, alla possibilità di effettuare appunto caching.

In presenza di un proxy-server il client richiede gli oggetti al proxy ed il proxy li richiede al server per conto del client. Quando un proxy ottiene un oggetto, se ciò è possibile in base a quanto segnalato nel

Figura 5 - Traffico CDN ultimi mesi 2013/2014



messaggio http, ne mantiene una copia.

Per ridurre le latenze, migliorare la QoE e ridurre il traffico sul backbone gli Operatori stanno introducendo nelle loro reti sistemi di caching trasparente, che memorizzano localmente i contenuti Internet richiesti più frequentemente per erogarli direttamente ai clienti. Nel transparent caching si possono memorizzare i contenuti delle pagine WEB (WEB caching), i video (video caching), per i quali i volumi di dati sono particolarmente elevati, e i file di grandi dimensioni (es. upgrade SW, applicazioni per PC/smartphone).

Il Transparent caching è permesso anzi agevolato dal protocollo http e la possibilità di effettuarlo è prevista da un punto di vista legale. Le tecniche di caching trasparente possono essere basate su un'architettura di tipo proxy, come citato per le reti private, ma mantenendo l'indirizzamento delle richieste originario, in modo che al cliente sembri di essere sempre connesso al Content Provider.

Il proxy quindi deve rispondere al client con l'indirizzo del server e valutare se la richiesta è per un oggetto che è disponibile localmente, nel qual caso glielo invia direttamente. Se l'oggetto non è disponibile, il proxy apre una richiesta verso il server, invia l'oggetto al client e lo memorizza in locale se è un contenuto richiesto da molti clienti.

Questo schema generale ha una serie di varianti che tendono a garantire la "trasparenza" anche verso il server. Una variante comune è quella di lasciare transitare in una fase iniziale le connessioni direttamente verso il server monitorandole: nel caso in cui vi sia una richiesta di un oggetto che il

proxy ha in cache, il proxy manda un reset della connessione verso il server, e continua il trasferimento dei dati verso il client: in questo modo le eventuali statistiche raccolte dal server non vengono modificate.

In un'ulteriore variante, viene superato lo schema del proxy non deviando il flusso principale del traffico, ma inviando al server che realizza la funzione di transparent cache solo una copia del traffico http. La cache ha ulteriori interfacce verso la rete tramite le quali sarà esposto un web server. Dalle interfacce in monitoring vengono acquisiti i contenuti monitorando le sessioni http: nel caso sia riconosciuta la richiesta di un contenuto già in cache viene utilizzata una delle interfacce di erogazione per inviare un reset della connessione verso il server ed una risposta alla richiesta http che impone al client di richiedere l'oggetto alla cache.

Vanno infine citate le piattaforme di rete che realizzano funzionalità di caching come ausilio ad altre funzionalità. In tale ambito rientrano i sistemi di ottimizzazione Video e WEB, oggi disponibili su rete mobile, che sono dotati di cache interna dove vengono memorizzati i video e i contenuti WEB ottimizzati (che, grazie ad tecniche di compressione, hanno volumi ridotti rispetto all'originale). Il caching evita di elaborare più volte lo stesso contenuto.

Per quanto riguarda la riduzione dei volumi di traffico, a seconda del contesto, ci si possono attendere valori nell'ordine del 30-40% sul totale del traffico http (la cache efficiency sul traffico video downstream secondo alcuni costruttori raggiunge valori compresi fra il 60% e l' 80% [8], ed il video rappresenta più del 50% del traffico, come richiama-

to in Figura 1), Oltre ai contenuti video il transparent caching agisce anche su altri tipi di traffico (es. contenuti di siti Web, aggiornamenti sw distribuiti in rete) e consente di ridurre anche questi volumi.

6 Deep Packet Inspection

Abbiamo visto come negli ultimi anni sia cambiato il modello per fornire i servizi video in rete: siamo passati da reti dedicate "overlay" (es. IPTV) all'utilizzo del trasporto IP (livelli da 1 a 3) comune a tutti i servizi. In questo contesto, quando il servizio video (es. alta qualità) richiede prestazioni (throughput e download time) che il trasporto IP non è in grado di fornire si devono utilizzare piattaforme 'sopra' il livello 3 che avvicinano i contenuti agli end user, migliorano le prestazioni dei protocolli per lo scambio di informazioni tra sito Web e apparato del Cliente e quindi migliorano il throughput e il download time.

Oltre ai parametri classici di QoS di rete, si rende quindi necessario monitorare il throughput end to end degli applicativi, il download time dei contenuti e valutare la QoE degli end user, tramite tecniche di DPI (*Deep Packet Inspection*) che operano in rete, e Agent SW che operano invece sugli endpoint della comunicazione.

L'utilizzo di tecniche DPI, consente all'ISP di effettuare, raccogliere e mettere a disposizione di terzi misure oggettive di throughput. Si tratta di misure di rete effettuate sul traffico live, ma in maniera del tutto trasparente per l'utente finale, proprio nella

tratta client-server; sono misure che forniscono indicazioni sulla qualità dell'esperienza percepita dall'end-user. Le tecniche DPI effettuano analisi dei pacchetti IP, senza entrare nel merito dei contenuti, per valutare il tipo di servizio, il tipo di Provider e per ottenere misure di prestazioni. Tali misure possono riguardare tutti i servizi video, sia quelli realizzati dagli OTT sia quelli realizzati in proprio dagli ISP.

Le tecniche DPI permettono di misurare il valore di throughput medio per specifica applicazione, Content Provider e tipologia di terminale, e fornire un'indicazione significativa di come il traffico applicativo venga distribuito nella rete tra i clienti.

Altro elemento significativo per la qualità sperimentata dal cliente finale è rappresentato dalla stabilità nel tempo del throughput applicativo. Le tecniche di traffic management, che intervengono ad esempio in caso di situazioni gravemente anomale (congestione dovuta a guasti, attacchi di haker, ...), limitano gli effetti negativi delle situazioni di congestione. Fornire evidenza della stabilità delle prestazioni di consegna del traffico ai clienti finali, può rappresentare un elemento importante per i fornitori di contenuto.

Infine, può risultare utile misurare indici di qualità di tipo MOS (*Mean Opinion Score*) sulla base di criteri collegati alla valutazione soggettiva dei fruitori dei servizi Video. Tali parametri rappresentano fenomeni che dipendono non solo dalla rete, ma anche e soprattutto da scelte implementative delle applicazioni e dalle caratteristiche e condizioni di lavoro del terminale d'utente (Client) e del Server.

La loro misura può essere realizzata tramite agent sugli endpoint della comunicazione; si tratta di strumenti SW (Agent/Probe) installati sui terminali degli end-user e del Server, capaci di misurare le prestazioni riferite al singolo cliente od anche al singolo applicativo e di ottenere informazioni che consentono di gestire in modo adattativo la consegna dei contenuti per il singolo Cliente (es. adaptive streaming).

Questi strumenti completano le misure fatte con DPI, consentono di misurare parametri che i DPI non possono 'vedere' (ad esempio le prestazioni di un servizio/applicazione per un singolo cliente, QoE per un singolo Cliente, dati di dettaglio sulla congestione di una cella).

Operano tipicamente in modalità "Over The Top" e sono infatti utilizzati dagli OTT/CP [7] ad es. nella distribuzione dei contenuti (es. da Google per YouTube e Browser, da Netflix per lo streaming video, da Akamai per la terminazione dei contenuti) e permettono di gestire in modo adattativo real-time la consegna dei contenuti per il singolo Cliente (es. adaptive streaming).

Va ricordato che anche per la rilevazione di prestazioni a livello applicativo e della MOS, le piattaforme DPI mettono a disposizione degli strumenti che forniscono indicatori su parametri importanti quali: il tempo di attesa tra la richiesta e l'avvio della trasmissione video, il numero di interruzioni della riproduzione, la maggiore o minore risoluzione video e sono in grado di fornire indicazioni classificate per applicazione, Content Provider e tipologia di terminale.

7 Telemetria per servizi TIM Vision

Con il termine "telemetria" si intendono qui strumenti orientati al performance monitoring continuativo del servizio, utili in particolare per i processi di caring (anche in modalità proattiva), delivery e assurance (troubleshooting) del servizio. Nel seguito vengono richiamate alcune delle esperienze in corso nell'ambito dell'erogazione dei servizi TIMVision oggi presenti nelle offerte multicanale F/M di Telecom Italia.

Per monitorare la qualità del servizio percepita dall'utente è stato sviluppato e integrato nella suite SW che gestisce il servizio, un modulo specializzato allo scopo. Si tratta di un agent di telemetria che registra l'esito delle interazioni con i sistemi di Telecom Italia e lo invia ad un sistema di gestione centralizzato denominato NGASP.

Tutte queste informazioni, collezionate e storicizzate dal server, vengono raggruppate in diverse macro-categorie, riconciliate con altre informazioni provenienti dai sistemi di backend coinvolti nell'erogazione del servizio e arricchite e rese interpretabili grazie alle conoscenze dei progettisti dell'architettura di erogazione e fruizione del servizio. Si ottengono così delle misure oggettive e significative, corrispondenti alla qualità percepita dal cliente in diverse aree del servizio, che vanno dalla fase di accesso, alla navigazione dei contenuti, alla fase di acquisto e fruizione. Da queste misure si sintetizzano alcuni KPI (*Key Performance Indicator*) che vengono raccolti costantemente e monitorati periodicamente.

La Gestione end-to-end

L'attuale contesto tecnologico sta vivendo un cambio di paradigma (Figura A). Le funzionalità di Rete tendono ad essere associate sempre più alle componenti SW, diventando progressivamente preponderanti rispetto all'HW. Tra le diverse funzionalità SW attualmente disponibili troviamo quelle relative al piano di controllo del trasporto IP che, se da un lato rendono l'interconnessione tra gli elementi di rete molto flessibile, dall'altro richiedono un'elevata attenzione nella gestione del servizio di trasporto. Ad esempio un problema HW su un elemento di questa rete potrebbe non dare disservizio per via delle logiche di re-instradamento previste dal piano di controllo, mentre un problema di configurazione potrebbe generare un disservizio importante in ottica e2e.

La prevalenza del SW quindi se da un lato rende molto più efficienti e flessibili le reti richiede dall'altro un nuovo modo di gestirle, con un livello di complessità crescente nella gestione del servizio:

- **Passato:** le tecnologie di rete erano a prevalenza HW e distinte per ciascun servizio, e consentivano di procedere con una gestione focalizzata sui singoli elementi di rete;
- **Presente/Futuro:** le tecnologie di rete diventano a prevalenza SW, sono comuni a tutti i servizi e richiedono soluzioni adeguate alla complessità della gestione.

La nuova modalità di gestione del servizio è realizzata attraverso la definizione e realizzazione di un modello di riferimento o albero del servizio.

Cosa vuol dire gestire il servizio attraverso un modello di riferimento o albero del servizio?

Il servizio viene scomposto in tutte le sue "componenti" fondamentali, ovvero quelle identificate come riferimento per il monitoraggio. Ogni componente potrà

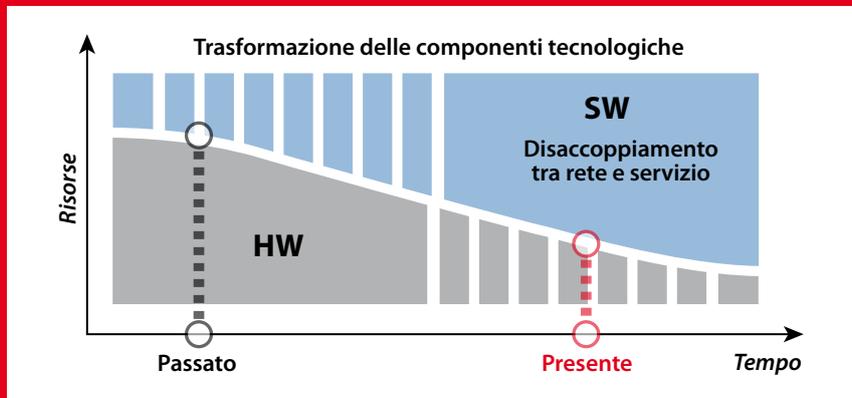


Figura A - Cambio di Paradigma HW & SW

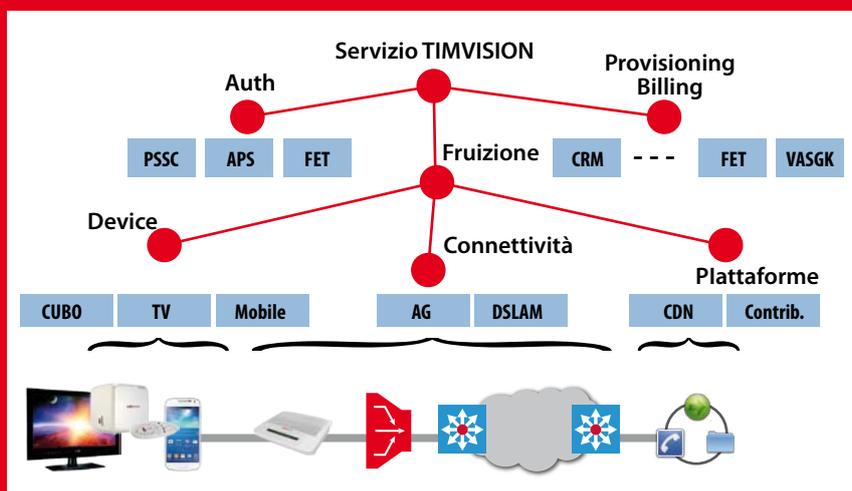


Figura B - Modello di Riferimento TIMVISION e Fonti Alimentanti

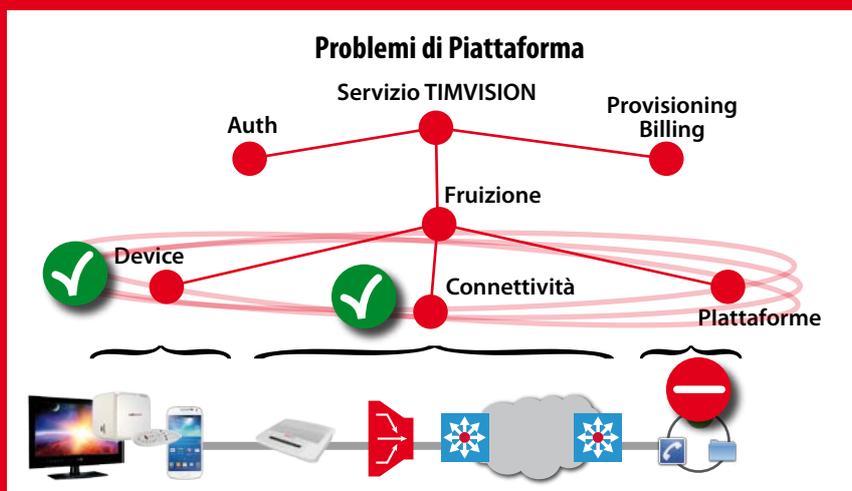


Figura C - Esempio di "pattern di correlazione"

a sua volta essere scomposta in "sotto componenti" dando luogo così ad un "albero" di rappresentazione del servizio. In ogni livello dell'albero le "sotto componenti" dovranno essere indipendenti e coerenti/consistenti e rappresentare esaustivamente la componente "padre" del livello superiore. Tale albero costituirà il modello di riferimento per il monitoraggio del servizio.

Inoltre, definito il modello di riferimento, è necessario identificare le informazioni che con i loro valori determinano il cambiamento di stato delle "foglie" dell'albero e quindi delle varie componenti del modello di servizio. La correlazione tra modello e dati fornisce le indicazioni sullo stato dell'intero servizio, ovvero del servizio e2e.

La Figura B mostra la rappresentazione del modello di riferimento del servizio "TIMVISION", in cui per semplicità viene scomposta la sola componente "Fruizione". L'elaborazione secondo tale modello delle informazioni ricevute dalla rete in termini di Fault, Performance e Configuration fornisce indicazioni sullo stato del servizio.

In particolare l'assenza di anomalie sulle due sotto-componenti Device e Connettività induce ad identificare il problema sulla piattaforma (Figura C) attraverso uno specifico "pattern" di correlazione.

L'elaborazione delle notifiche ottenute dal modello di riferimento consente di arrivare ad una gestione del servizio end-to-end ■

gianluca.chierchia@telecomitalia.it
mauro.quaglia@telecomitalia.it

I dati "real-time" raccolti direttamente sul device dell'utente sono molto importanti in quanto consentono l'invio di segnalazioni in tempo reale a fronte di anomalie riscontrate sull'end-to-end, ad esempio criticità momentanee registrate sulla rete di accesso (rif. copertura di rete mobile critica/affollata). Le informazioni di base considerate importanti per la qualità dell'esperienza sono tipicamente collegabili a:

- errori durante le interazioni con i sistemi di back end;
- fenomeni registrabili durante il playback dei contenuti multimediali.

Tali contenuti vengono resi disponibili mediante codifiche adattative multilivello, sia per i terminali fissi che per i terminali mobili. Questo consente di gestire - con una unica library di contenuti a differenti livelli qualità - le diverse modalità di erogazione e accesso del servizio ai clienti in copertura mobile e fissa UltraBroadBand.

Con queste codifiche il contenuto viene suddiviso e trasmesso in piccoli spezzoni (media chunk), in modo tale che il Media Player possa richiedere ogni singolo spezzone a qualità differenti. Il Player infatti - per tutta la durata della fruizione del contenuto multimediale - scaricherà un frammento, misurerà la banda disponibile e deciderà che livello qualitativo richiedere per ottenere il prossimo frammento. Questo a garanzia che la fruizione sia sempre armonizzata e ottimizzata rispetto la banda realmente disponibile.

Per determinare i KPI indicativi della qualità della fruizione si è optato per isolare tutti quegli aspetti che si ritiene impattino maggiormente l'esperienza uten-

te. Innanzitutto ci si è concentrati sul parametro denominato "bitrate ratio", che rappresenta il rapporto fra il bitrate medio misurato durante la fruizione (dovuto alle scelte fatte dal player in funzione della banda reale a disposizione) e il bitrate massimo disponibile per quel contenuto. Questo KPI è indicativo della qualità direttamente percepita, infatti se ogni chunk (spezzone) è stato scaricato alla massima qualità, la visione sarà stata la migliore possibile. Quanto invece più ci si allontana da questo target ideale tanto peggiore sarà l'esperienza di visione.

Si sono poi aggiunti altri KPI che misurano alcuni aspetti rilevanti per la esperienza utente quali:

- il tempo di attesa per la presentazione del primo frame video sullo schermo del device (avvio playback del contenuto);
- il numero e durata delle pause nel playback causate da fenomeni di re-buffering;
- i decrementi di qualità/banda di codifica, registrati in occasione delle richieste di nuovi chunk.

I dati raccolti mediante questi report di servizio possono essere ulteriormente sintetizzati in un unico indicatore per avere una visione dell'andamento del servizio molto di alto livello, oppure possono essere analizzati in modo dettagliato per scoprire situazioni anomale per tipologia di reti/terminali e/o location territoriali.

Queste stesse informazioni possono poi anche essere impiegate in modo puntuale per scopi di caring & assurance a valle di segnalazioni puntuali. In questo caso è possibile aumentare la "verbosità" della telemetria in termini di

frequenza e dettagli, convogliando queste informazioni mediante apposite “trap” applicative.

Conclusioni

I contenuti e in particolare il servizio video generano già oggi circa il 70% dei volumi dati che le reti dei Telco trasportano, e la loro incidenza è destinata ad aumentare in modo evidente nei prossimi anni.

La fruizione dei contenuti avviene in un modo sempre più convergente e trasparente sulle diverse tecnologie di rete fissa e mobile e su diverse tipologie di terminali, grazie al denominatore comune costituito dal protocollo IP.

Ai tradizionali Content Providers (Major hollywoodiane, broadcaster televisivi) si sono affiancati nuovi soggetti OTT dedicati alla distribuzione sia di contenuti premium che autoprodotti, alimentati dal modello “social”; i contenuti premium inoltre proseguono la loro rincorsa della qualità ottimale, con il prossimo passaggio dal full HD al 4K.

La nuova sfida per i Telco è quella della Quality of Experience- QoE, che aggiunge alle tematiche tradizionali delle reti broadband (accesso in primis) nuovi requisiti sul trattamento a livello applicativo dei servizi (service-aware networks) e sulla gestione end-to-end di tutti gli elementi della catena tecnologica, così da consentire al cliente finale un'esperienza ottimale.

In passato la risposta dei Telco alla richiesta di fornire servizi video è stata tipicamente la costruzione di una soluzione “ad-hoc”, in overlay alle infrastrutture esistenti, ed ottimizzata per il traffico vi-

deo (spesso ci si riferisce a queste soluzioni con il termine “IPTV”). Questo approccio, di tipo “verticale”, non è più adeguato al nuovo scenario, nel quale il video occupa un ruolo preminente, si moltiplicano applicazioni e modalità di fruizione nuove basate sull'interattività, aumenta in modo esponenziale la generazione dei contenuti video da parte dei clienti e l'integrazione di questi contenuti all'interno delle reti sociali, l'ubiquità dell'accesso e la possibilità di fruire i contenuti in modalità multidevice e multiscreen.

I Telco stanno trasformando le proprie infrastrutture per dotarsi di una “unica rete” capace di trattare, in modo efficiente e flessibile, il traffico secondo il paradigma “All-IP” (tutte le applicazioni, contenuti, servizi utilizzano il protocollo IP). Per soddisfare gli specifici requisiti prestazionali delle diverse tipologie di Applicazioni (navigazione WEB, gaming, E-Mail, Content Delivery, servizi interattivi person-to-person...), si utilizzano soluzioni (le “Piattoforme per la QoE”, come ad es. le CDN, il Transparent Caching, i WEB accelerators, la Video e la Web Optimization [10]...) che operano “al di sopra” del livello di “network IP” (livello 3 delle reti). Con questo approccio, il Telco da un lato ottiene una riduzione del TCO, dall'altro può offrire ai suoi Clienti e ad OTT e CP servizi di terminazione del traffico IP adeguati ai livelli di QoE richiesti dai nuovi servizi.

I Telco possono offrire servizi premium agli end-user che vogliono fruire di contenuti ed Applicazioni che richiedono alti valori di Throughput e bassi valori di Download Time, e possono definire modelli di business di tipo “two sided market” valorizzando

al meglio i propri asset distintivi: gli end-users e le infrastrutture di rete ■



Bibliografia

- [1] Sito Visual Networking Index – VNI Cisco - <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/visual-networking-index-vni/index.html>
- [2] Cisco VNI Service Adoption Forecast, 2013–2018 – White Paper – June 2014
- [3] Informazioni e valutazioni riportate in:
 - “Why Google, Facebook, and Twitter Ad Revenues Still Have Plenty of Room to Grow” - Chris Brantley - June 10, 2014 - <http://www.fool.com/investing/general/2014/06/10/why-google-facebook-and-twitter-ad-revenues-still.aspx>
 - Verizon Press Release” - January 21, 2014 - <http://newscenter.verizon.com/corporate/news-articles/2014/01-21-verizon-reports-2013-4q-earnings/>
 - “By the numbers, 40 Amazing Google search statistics and Facts” - Craig Smith - Feb 21 2014 - <http://expandedramblings.com/index.php/by-the-numbers-a-gigantic-list-of-google-stats-and-facts/#.U6kIXkBLSJc>
- [4] Informazioni e valutazioni riportate in: “The OTT TV Push for Original Content Shakes Up Business Models” - Tara Seals - February 07, 2014 - <http://www.techzone360.com/topics/techzone/articles/2014/02/07/369510-ott-tv-push-original-content-shakes-up-business.htm>
- [5] Digital Agenda for Europe website (June 2014) - <https://ec.europa.eu/digital-agenda/about-open-internet>
- [6] European Parliament first reading vote on the proposal for Regulation concerning the European single market of electronic comm. - p.r.

03/04/2014 - <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=EN&reference=P7-TA-2014-0281>

- [7] The Akamai State of the Internet Report - <http://www.akamai.com/stateoftheinternet/>;
Google Video Quality report - <http://www.google.com/get/videoqualityreport/>;
The ISP Speed Index From Netflix - <http://ispspeedindex.netflix.com/>
- [8] "Video Optimized Caching: New Challenges for Content Delivery" Qwilt White Paper - <http://www.qwilt.com/solutions/transparent-caching/>
- [9] RFC 2475, "An Architecture for Differentiated Services".
- [10] V. Condò, A. Cotevino, "Sistemi di ottimizzazione web e video su rete mobile", pp. 114-123 *Notiziario Tecnico* N° 2 - 2013



Enrico Maria Bagnasco

informatico, è in Azienda dal 1988. Ha coordinato progetti di ricerca e sviluppo per TI e TIM e presieduto gruppi di standardizzazione internazionale in ETSI, ITU, TMForum e ETNO. In Telecom Italia Lab ha avuto diverse responsabilità gestionali nelle aree degli OSS, della Core Network fissa e mobile e delle Service Platforms. Attualmente è responsabile dell'ingegneria e dell'innovazione di Wireline Networks.



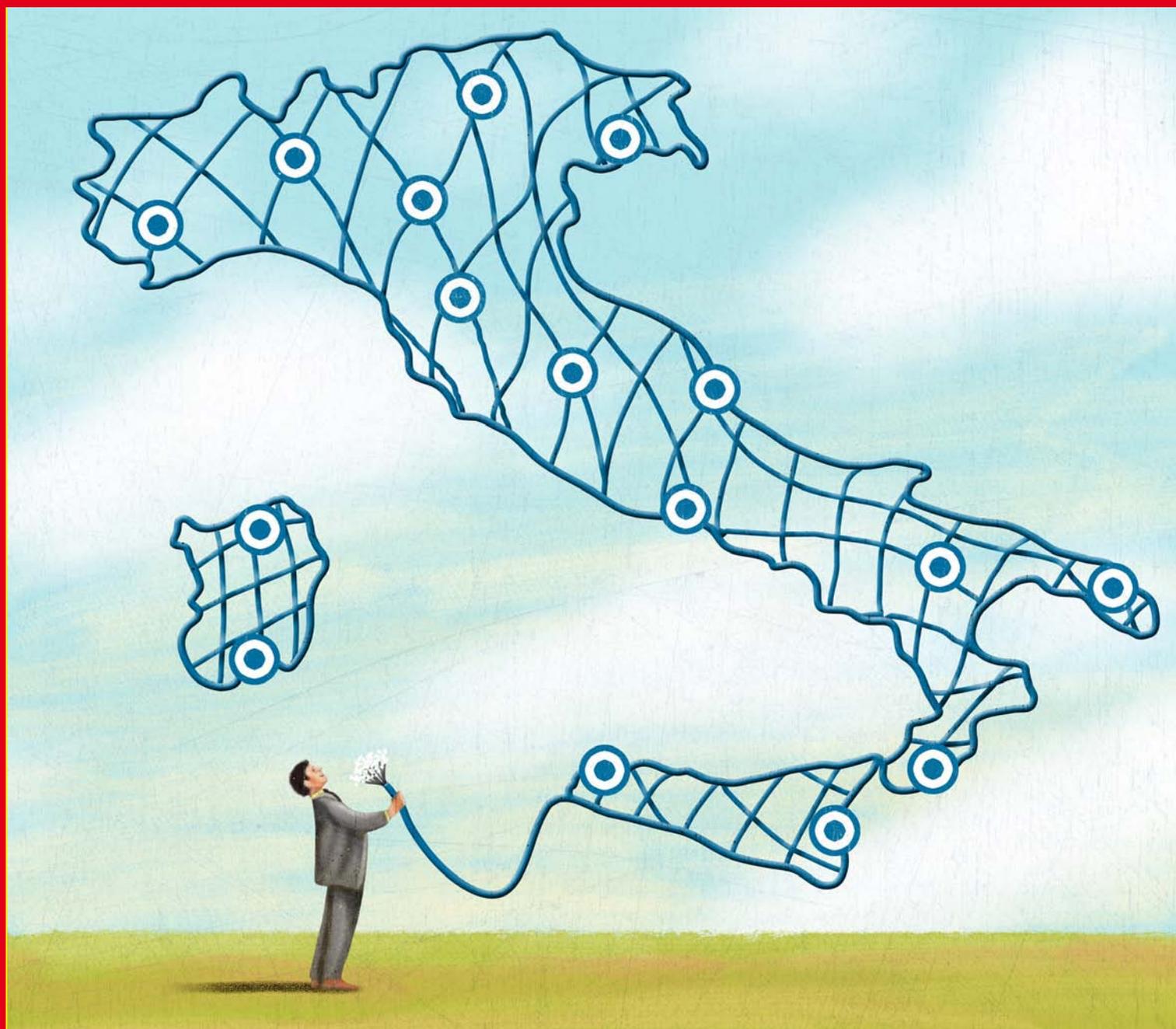
Gianfranco Ciccarella

attualmente è Vice Presidente di Global Advisory Services di Telecom Italia. Precedenti responsabilità, dal 2009 al 2013, sono state: Technical Support Sudamerica, Next Generation Access Networks and Partnership - in Strategy, e Technical Support - in Technology & Operations; per quest'ultima attività ha anche seguito progetti sulla Next Generation Access Network. 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.



NUOVI MODELLI DI INTERCONNESSIONE IP

Andrea Calvi, Gianfranco Ciccarella, Paolo Fasano, Daniele Roffinella



L'evoluzione dei modelli di Interconnessione IP è un aspetto fondamentale della costruzione di un nuovo ecosistema per le telecomunicazioni, adeguato ai nuovi bisogni degli end-user ed economicamente sostenibile. Il "Notiziario Tecnico TI" ha dedicato a questo tema un articolo all'inizio dello scorso anno [1] in cui venivano descritti gli elementi di base dell'interconnessione IP, analizzati i limiti dei modelli di interconnessione tradizionali, ed i benefici attesi dalle nuove Policy di interconnessione definite dal Gruppo Telecom Italia. Nel presente articolo, dopo aver richiamato alcuni radicali cambiamenti dello scenario, vengono analizzati quali fattori caratterizzano un "modello di interconnessione IP" e la grande varietà di possibili modelli differenti. Nei nuovi modelli, i servizi di "terminazione" del traffico IP offrono livelli di qualità QoE (*Quality of Experience*) e QoS (*Quality of Service*) adeguati ai requisiti delle nuove Applicazioni/Contenuti richiesti dagli end-users.

1 Introduzione

La "Big Internet" consiste di una pluralità di reti interconnesse. Ogni rete chiamata AS (*Autonomous System*) è direttamente connessa con:

- 1) Clienti Finali;
 - 2) Data Center di varie dimensioni (dove ad esempio si trovano i siti Web contenenti informazioni, applicazioni, ecc.);
 - 3) altre reti IP (cioè altri AS).
- Con il termine "modello di interconnessione IP" si intende la definizione sia delle modalità con cui i pacchetti dati attraversano i punti di interconnessione e vengono trasportati a destinazione, sia delle relazioni business fra i soggetti interconnessi.

L'importanza fondamentale dell'interconnessione IP sullo sviluppo dell'ecosistema complessivo appare del tutto evidente se si pensa che lo

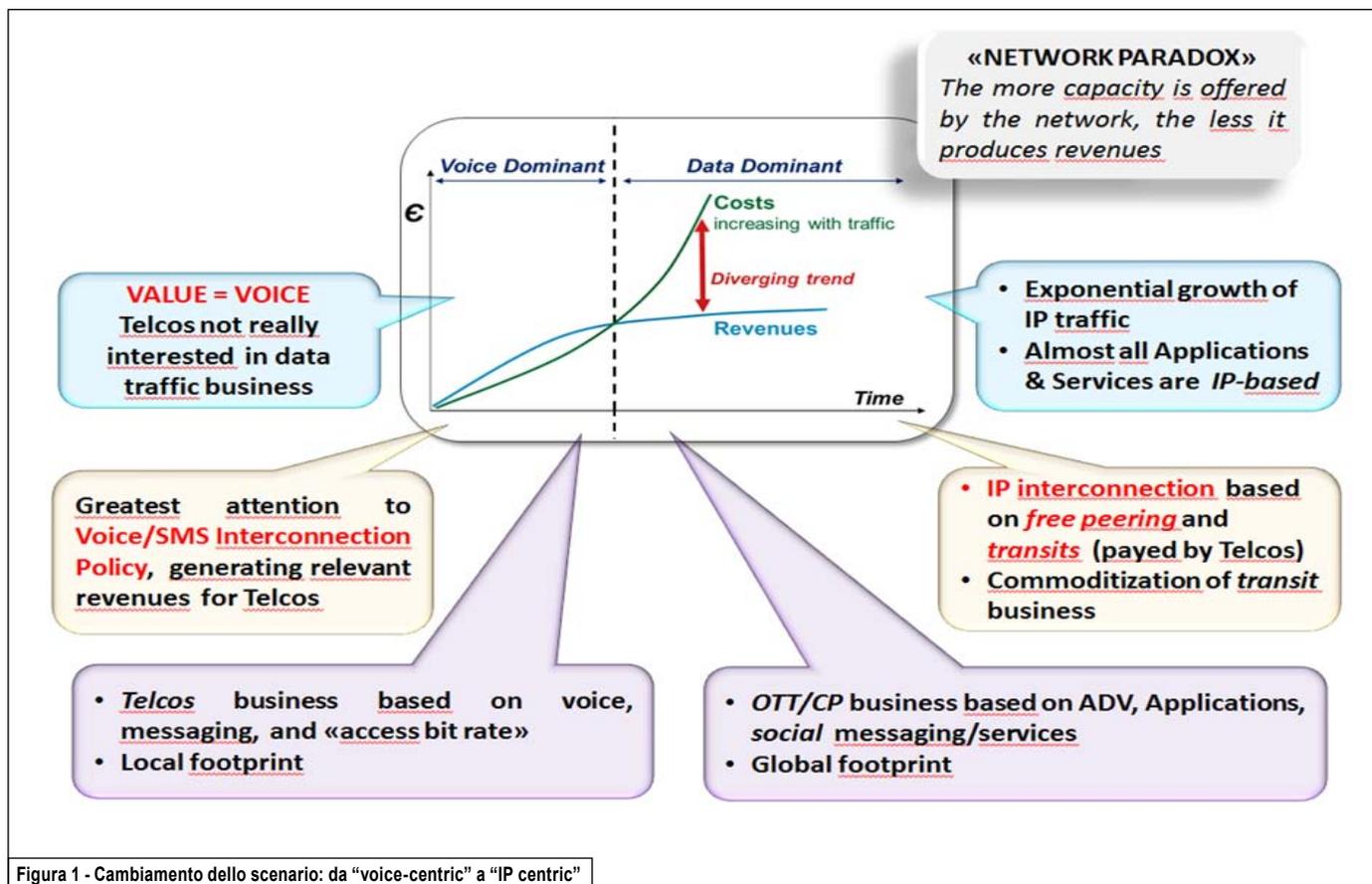
scenario delle telecomunicazioni sta rapidamente evolvendo verso il cosiddetto paradigma "ALL IP", in cui la totalità delle applicazioni, dei servizi, dei contenuti verrà scambiato sulle reti mediante "pacchetti IP". Il traffico IP cresce continuamente (sia in termini di volume, sia in termini di banda di picco) e sul totale cresce la percentuale di traffico video [2].

La maggior parte del traffico IP è oggi originato da pochi grandi OTT (*OverTheTop*) mondiali ed attraversa diversi punti di interconnessione, tra cui quelli con i Telco, prima di giungere ai clienti finali; il ruolo che Telco/ISP, OTT/CP (*Content Provider*), aggregatori, ecc... possono ricoprire nell'ecosistema dipende fortemente dalla modalità con cui sono realizzate le interconnessioni IP.

I modelli di interconnessione tradizionali (v. box "*Interconnessione*

IP: gli elementi di base") sono basati su accordi di transito e peering (free oppure paid) e sulla terminazione del traffico in modalità best effort.

Questi modelli si sono diffusi quando lo scenario delle telecomunicazioni era ancora prevalentemente "voice centric" (Figura 1). Il "Valore" era principalmente associato ai servizi voce (e successivamente alla messaggistica breve SMS), mentre spesso l'interesse dei Telco per i "servizi dati" era limitato a contesti e segmenti di clientela specifici. A livello internazionale era stato sviluppato un articolato ed efficace sistema di "interconnessione per comunicazioni voce", capace di garantire la sostenibilità di un servizio "universale" (da qualunque telefono, fisso o mobile, è possibile parlare con tutto il mondo). In questo scenario, le reti interconnesse erano utilizzate essenzialmente per



comunicazioni di end-user fra di loro.

Il passaggio ad uno scenario "data centric" [3] ha modificato radicalmente le "regole del gioco". Non solo il traffico IP cresce esponenzialmente, ma cambiano le "relazioni di traffico": l'end-user sempre di più entra in comunicazione con un "server" raggiungibile su Internet, per visitare pagine Web, per accedere a contenuti, per giocare on-line, per scambiare messaggi in modalità "social", per comunicare, per ascoltare musica, vedere foto, filmati, ecc... Questa trasformazione ha visto la comparsa e l'affermazione di aziende OTT/CP (*OverTheTop e Content Providers*) che generalmente non dispongono di proprie reti (certamente non possiedono l'intera catena di rete per la distribuzio-

ne dei contenuti dai produttori ai consumatori), ma forniscono servizi, applicazioni, contenuti "su" Internet, e possono raggiungere ed essere raggiunti dai Clienti finali grazie alla connettività mondiale garantita dalle reti interconnesse degli Operatori nazionali ed internazionali. Nell'ecosistema degli OTT/CP si verifica una progressiva forte concentrazione in alcuni grandi player (i cosiddetti Hypergiants), con la conseguenza che la gran parte del traffico IP sulle reti dei Telco nazionali proviene dall'esterno delle reti stesse (cioè dai "server" degli Hypergiants).

In questo contesto l'utilizzo dei modelli tradizionali di interconnessione mostra limiti crescenti e determina situazioni di criticità, in particolare per due aspetti.

- 1) *La sostenibilità economica dei Telco.* Infatti il traffico generato da OTT/CP attraverso interconnessioni di tipo *transit* (pagate dai Telco) o di tipo *peering* in generale non remunerate; solo in qualche caso i Telco ricevono cifre modeste (*paid peering*) per il servizio di delivery del traffico sino ai Clienti finali. L'inadeguatezza dei modelli di interconnessione tradizionali è testimoniata anche da diversi contenziosi (fra Telco e OTT, aggregatori/CDN Providers internazionali), che vengono risolti introducendo nuovi modelli di interconnessione, talvolta solo dopo l'intervento delle Autorità [1].
- 2) *I livelli di qualità con cui gli end-users riescono a fruire*

di Applicazioni, Servizi, Contenuti "IP-based". Infatti i modelli di interconnessione tradizionali sono basati sulla terminazione IP di tipo "best effort". Con il *best-effort* i pacchetti vengono consegnati a destinazione "al meglio", compatibilmente con le condizioni puntuali del traffico e della rete: non vi sono garanzie che i pacchetti dati che siano trasportati con predefiniti livelli di qualità. Questa modalità è sufficiente per alcune tipologie di traffico, ma può risultare inadeguata per Applicazioni/Contenuti che hanno elevati requisiti di qualità di fruizione (come ad esempio servizi video ad alta definizione, servizi ad alta interattività, gaming, Cloud pervasivo, navigazione WEB con stringenti requisiti di download time...).

È significativo rilevare che proprio l'inadeguatezza dei modelli di interconnessione tradizionali ha favorito l'affermazione di soggetti (es. Akamai, Limelight, L3) che offrono, a livello globale, servizi di delivery di traffico IP assicurando una qualità migliore di quella ottenibile con un trasporto end-2-end di tipo best effort, ad esempio mediante soluzioni di Caching, Web Acceleration, Content Delivery Network.

Queste soluzioni sono utilizzate non solo per servizi "bandwidth intensive" come il video streaming, ma anche per migliorare la fruibilità di servizi Internet "tradizionali" come il WEB browsing. Infatti, ad es., il "tempo di risposta al click" è un parametro fondamentale per qualunque business legato alla navigazione Internet e per qualunque OTT/CP, che voglia aumentare il proprio footprint (in

termini di numero, durata, soddisfazione delle "frequenzazioni" dei propri siti da parte dei Clienti finali).

Per favorire la soluzione delle criticità relative alla sostenibilità economica dei Telco e per assicurare che i Clienti finali possano accedere, con una adeguata QoE - Quality of Experience, ai contenuti ed alle applicazioni su Internet, sono necessari nuovi modelli di interconnessione, capaci di abilitare nuovi modelli di business e la valorizzazione degli "asset" sia degli Operatori di telecomunicazioni (Clienti finali ed infrastruttura di rete), sia degli Over-The-Top (contenuti, applicazioni, global reach). Nei nuovi modelli, accanto alla tradizionale "terminazione best effort", sono disponibili servizi di terminazione IP con qualità differenziata, adeguati ai livelli di QoE ed ai requisiti prestazionali delle nuove applicazioni/servizi, relativi in particolare a:

- l'effettiva velocità con cui un utente utilizza un applicativo (cioè il "throughput a livello applicativo");
- il tempo di scaricamento delle pagine web, filmati, contenuti, ecc... (cioè il "download time").

Per offrire all'interconnessione servizi di terminazione compatibili con elevati livelli di QoE, è necessario l'impiego nella rete domestica del Telco di piattaforme (note come Piattaforme per la QoE) basate in particolare sull'avvicinamento dei contenuti all'utente (attraverso la memorizzazione di una replica del contenuto originale con tecniche di caching) e sull'ottimizzazione dei protocolli di comunicazione (ossia le regole per lo scambio di informazioni tra sito web e end user) (v. Capitolo 3 e Box "QoS e QoE").

2 Interconnection Business Models: una grande varietà di possibilità

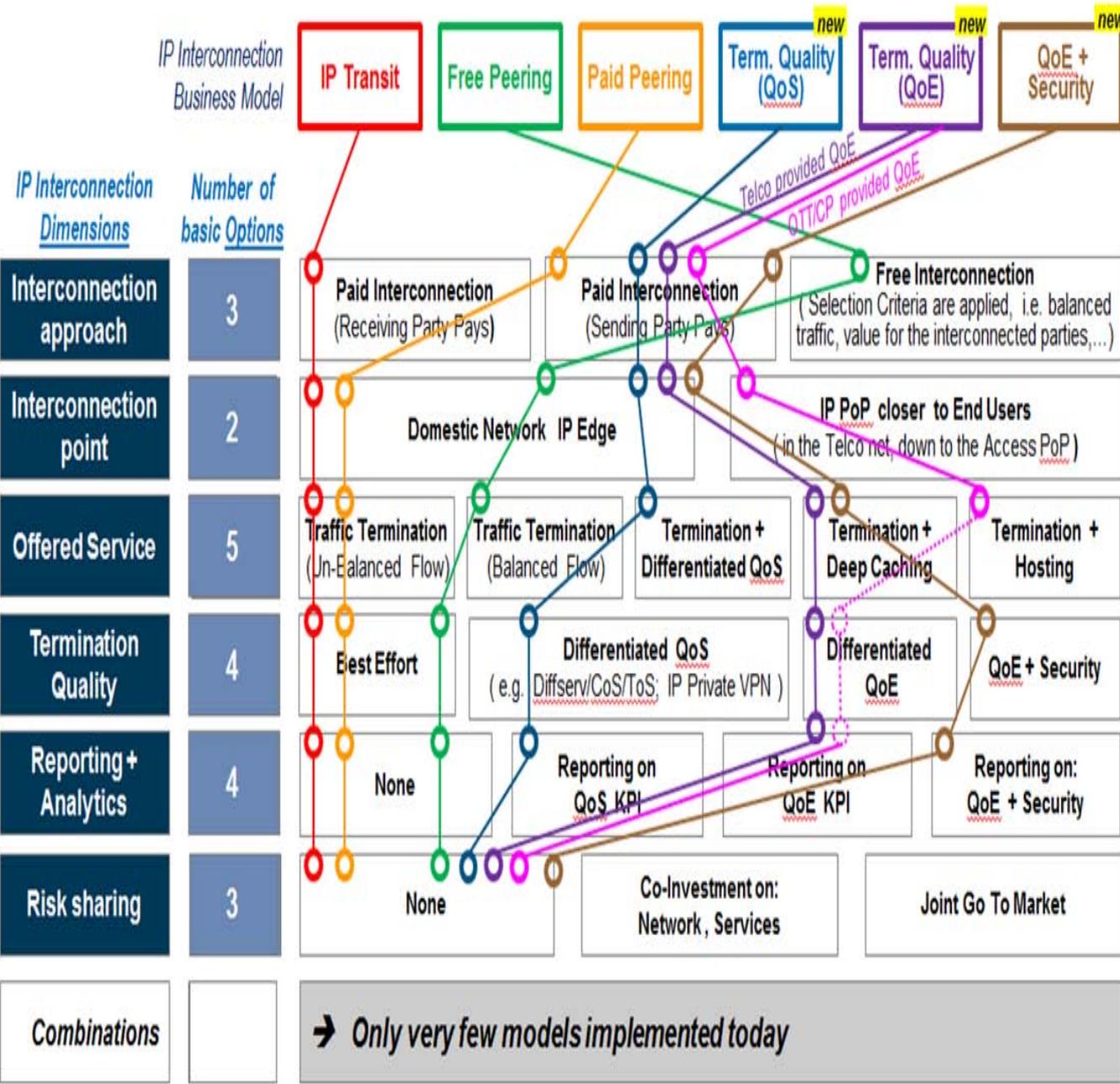
I modelli di interconnessione utilizzati in passato sono stati relativamente pochi, ma la crescita della complessità dell'ecosistema, ed i requisiti posti dal moltiplicarsi di servizi, applicazioni e contenuti, determinano l'adozione di nuovi modelli. L'identificazione del modello più adeguato avviene mediante negoziazione diretta fra le parti interessate; lo spazio delle possibilità è potenzialmente molto ampio, dal momento che un modello di interconnessione è caratterizzato da numerosi aspetti (o "dimensioni" dell'Interconnessione), per ciascuno dei quali esistono diverse "opzioni" fra cui scegliere.

La Figura 2 illustra, in modo semplificato, le principali "dimensioni" dell'interconnessione, e le principali "opzioni" per ciascuna dimensione.

Ad esempio, per quanto riguarda la dimensione economica, è possibile prevedere che il soggetto da cui proviene il traffico IP che attraversa il punto di interconnessione paghi il soggetto che riceve questo traffico garantendone la "terminazione" verso la destinazione. Si tratta di modelli di tipo "Sending Party Pays": quando il traffico ha un alto "valore" per il soggetto che lo genera (ad es. un CP), il soggetto che riceve il traffico e lo distribuisce agli end-users con determinati livelli di qualità, riceve una remunerazione.

Nei casi in cui il soggetto che paga è quello che riceve il flusso di traffico, si hanno modelli di tipo "Receiving Party Pays". E' questo ad es. il caso di modelli "transit interconnection": un Operatore locale paga un carrier globale per poter avere la connettività con la Big In-

Mapping on IP Interconnection Dimensions/Options matrix



Source: Telecom Italia taxonomy from Arthur D. Little presentation (Davos, Jan 2014)

Figura 2 - Interconnessione IP: le "dimensioni dello spazio" dei possibili modelli

ternet, anche se il flusso di traffico che “entra” nell’Operatore locale è maggiore di quello che “esce”.

Esistono poi modelli in cui non avvengono pagamenti diretti fra i soggetti interconnessi (“free interconnection”). Questo approccio viene frequentemente adottato quando i soggetti sono sostanzialmente dei “peer”, equivalenti per dimensione/ruolo, quando il traffico scambiato nelle due direzioni è bilanciato, e, soprattutto, quando complessivamente il traffico ha un “valore” equivalente per chi lo invia e per chi lo riceve. Nel caso di modelli “free” sono solitamente definite le condizioni al di fuori delle quali si attivano i pagamenti (ad. es. quando lo sbilanciamento del traffico raggiunge certe soglie, oppure quando ci sono flussi di traffico che richiedono di essere trattati con differenti livelli di qualità).

Un’altra importante “dimensione” che caratterizza i modelli di interconnessione è il “punto fisico” nel quale il traffico IP viene scambiato. Quando uno dei due soggetti interconnessi è un Operatore di una rete Nazionale (Domestic Telco), spesso il traffico viene scambiato in un punto situato “al bordo” della rete domestica. Tuttavia questa modalità può risultare non adeguata per il traffico generato da Applicazioni/Contenuti, che hanno elevati requisiti di qualità per poter essere fruiti in modo soddisfacente dagli end-user (ad es. video ad alta definizione, navigazione WEB su pagine multimediali, per le quali non è semplice garantire un download time accettabile). Per queste tipologie di traffico, è necessario ridurre la distanza fra i Server (o le Cache) che erogano l’Applicazione/il Contenuto.

Per questo gli OTT/CP chiedono ai Telco di inserire i propri Server/Cache non “dietro il bordo” della rete domestica, ma all’interno di essa (in nodi posti il più possibile vicini agli end-users); ma questa richiesta comporta che il “punto di interconnessione” sia in un PoP “interno” della rete domestica, anziché “al bordo”. Come verrà illustrato nel Capitolo 3, un’alternativa che permette di mantenere il punto di interconnessione “al bordo”, è che il Telco si doti di soluzioni (es. CDN, TIC, acceleratori,...) per trattare queste tipologie di traffico con modalità capaci di assicurare i livelli di qualità richiesti.

Una terza “dimensione” dell’interconnessione è il servizio, o l’insieme di servizi, che viene negoziato fra i soggetti interconnessi. Qui la numerosità delle opzioni diventa piuttosto ampia. Nei casi più semplici viene offerto un servizio di “Terminazione IP”: il traffico che viene presentato al punto di interconnessione è “terminato” alla destinazione richiesta (es. all’end-user). L’accordo di interconnessione può prevedere che questo servizio sia applicato a traffico “bilanciato” (come nel “free peering”), oppure a traffico “sbilanciato” (come nel “transit”, in cui tipicamente il traffico che entra nella rete dell’Operatore locale è maggiore di quello che esce da essa).

In altri casi, oltre alla semplice terminazione, uno dei soggetti interconnessi può offrire servizi aggiuntivi come ad es. l’hosting di apparati dell’altro soggetto; oppure possono essere messe a disposizione funzionalità per flussi di traffico che hanno particolari requisiti, ad es. servizi di terminazione a qualità differenziata a livello “rete”, o servizi di Caching.

Un’ulteriore “dimensione”, strettamente correlata alla precedente, è la “qualità” della terminazione dei flussi di traffico IP. Un caso molto diffuso è la semplice terminazione “best effort”: il traffico che arriva dal punto di interconnessione viene recapitato a destinazione senza alcuna garanzia, “al meglio” di quanto possibile. Non vengono assicurati valori specifici per i KPI. Questa modalità è adatta per traffico che non ha particolari requisiti (e-mail, file transfer, navigazione su siti WEB con limitati requisiti di download time), ma per altre tipologie di traffico il “Best effort”, che risente anche del carico complessivo di traffico sulle reti, non è adeguato, ma si utilizzano soluzioni differenti; ad es. per il traffico di Utenza Business si utilizzano VPN private, connessioni dedicate, ecc... Se il soggetto interconnesso (tipicamente il Telco domestico che serve gli end-user) è dotato di piattaforme per il miglioramento della QoE (cache, acceleratori), può offrire “terminazione con QoE”, che può essere utilizzata per specifici flussi di traffico che attraversano il punto di interconnessione. Ci possono essere ulteriori “servizi a valore aggiunto” associabili alla terminazione del traffico, e di interesse in casi particolari (ad es. servizi di security).

Una “dimensione” che può essere oggetto di negoziazione specifica, nella definizione del modello di interconnessione, è quella relativa a servizi di reporting/analytics. Il soggetto che “compra” un servizio di terminazione con QoS, oppure con QoE, può essere interessato a servizi aggiuntivi di reporting dettagliato su come il traffico viene “terminato” agli end-user, a statistiche sulla fruizione da parte

degli utenti degli specifici flussi di traffico e a molti altri dati

L'ultima importante tipologia di "dimensione" oggetto di negoziazione rappresentata in Figura 2 è la modalità di "ripartizione del rischio"; oltre al caso base in cui i soggetti non sottoscrivono impegni di business e si limitano a definire le modalità di scambio del traffico (con gli eventuali servizi addizionali), in altri casi i soggetti possono essere interessati a forme di co-investimento per condividere costi legati alla terminazione del traffico. Per specifici business, l'interconnessione fra due soggetti può avvenire nell'ambito di una più ampia e complessa relazione di partnership, che contempla forme di go-to-market congiunto e altri elementi di accordo.

Come illustrato in Figura 2 le combinazioni di differenti scelte che possono essere effettuate per ciascuna "dimensione" sono potenzialmente moltissime (oltre 100). Ad esempio, un modello tradizionale di "IP Transit" prevede tipicamente: una "Paid Interconnection" al "bordo" della rete del Telco; il traffico è "sbilanciato" e viene terminato con modalità "best effort", senza servizi addizionali, senza Reporting e l'accordo di interconnessione non contempla particolari forme di cost/revenue sharing o di go-to-market congiunto. Un modello di "Free Peering" consiste in una Interconnessione con traffico bilanciato, terminato in best-effort e senza pagamenti. Quando sono richiesti servizi di terminazione con qualità (QoE/QoS) superiore al best effort è prevista una remunerazione per il soggetto che li offre. Questi modelli possono essere molto articolati; ad es. in Figura 2 sono distinti due modelli di "Terminazione con QoE" (indi-

cati con le linee "viola" e "lilla"). Nel caso "OTT/CP Provided QoE" la qualità richiesta è realizzata dall' OTT/CP, ma non è un servizio fornito dal Telco, che mette a disposizione ad es. l' Hosting per apparati (cache, acceleratori) dell' OTT/CP. Nel caso di "Telco provided QoE" il Telco assicura una terminazione con qualità per selezionati flussi di traffico, ad es. con un servizio "Termination + Deep caching", che utilizza cache del Telco distribuite nella rete domestica (il miglioramento delle prestazioni si ottiene grazie alla ridotta distanza delle cache dagli end-users). Nell'esempio il Telco fornisce anche servizi addizionali di Reporting su indicatori prestazionali (KPI) relativi alla terminazione con qualità.

In generale, i nuovi modelli di interconnessione prevedono remunerazioni per il soggetto che offre i servizi di terminazione con qualità; la convergenza degli interessi di entrambi i soggetti interconnessi può portare a negoziare modelli più complessi (non esemplificati in figura), in cui vengono definite modalità di revenue sharing, ecc...

A livello mondiale, si moltiplicano gli esempi di nuovi accordi di interconnessione in particolare fra Telco/ISP ed OTT/CP [4]; la Tabella 1 [5] fornisce alcuni esempi, relativi al contesto nordamericano, caratterizzato da una grande dinamica nell'evoluzione dello scenario verso l'ALL-IP.

3 Modelli per l'interconnessione con QoE per i contenuti (es. Video)

L'importanza crescente che il video dimostra di avere sul totale dei servizi Internet fa sì che anche l'interconnessione tra Telco/ISP ed OTT/Content Providers e l'adozione di modelli che offrano la terminazione IP con qualità differenziata meritino una riflessione particolare per questo servizio. Infatti il successo dei servizi di video streaming, ed in particolare del video ad alta qualità, non può che passare attraverso la condivisione di un modello che interessa la rete di contribuzione video dell'OTT/Content Provider, la rete IP di distribuzione del Telco/ISP e, in alcuni casi, la rete internazionale. In altri termini, ipotizzando che

Tabella 1 - Accordi di interconnessione diretta siglati in USA tra OTT e Telco/ISP

	AT&T	Comcast	Verizon	CenturyLink	Sprint
Google					
Amazon					
Facebook					
Akamai					
Microsoft					
Netflix					
Limelight					
Pandora					
Ebay					
Apple					

Interconnessione IP: gli elementi di base

I modelli di interconnessione tradizionali sono basati su accordi di transito e peering (free oppure paid) e sulla terminazione del traffico in modalità best effort [8].

- Il *Transito IP* è un servizio a pagamento fornito da un Operatore (*transit provider*), che garantisce l'accesso a qualunque indirizzo IP a livello mondiale attraverso la propria rete ed attraverso interconnessioni con altri Operatori.

Tipicamente i Servizi di Transito sono acquistati da Operatori locali/regionali (i "Domestic Telcos") per garantire ai propri Clienti finali la possibilità di accesso a qualunque Server/Terminale IP al mondo. Lo scambio di traffico tra i due Operatori che hanno una relazione dei Transito è tipicamente *sbilanciato* e l'Operatore che ha chiesto il transito, e che normalmente riceve più traffico di quanto ne invii, paga l'Operatore che vende il Servizio di Transito.

- Il *peering*, è un accordo non oneroso (free peering) o con un costo (che è

normalmente più basso del transito); solitamente si realizza tra pari (*peers*), cioè tra Operatori che hanno bacini di siti web e/o clienti sostanzialmente confrontabili e che trovano pertanto reciprocamente vantaggioso realizzare l'interconnessione;

Il peering consente di avere accesso agli indirizzi IP dei siti web e/o clienti dell'Operatore con cui si fa l'accordo. In genere lo scambio di dati tra i due Operatori è bilanciato, ma se si superano prefissate soglie di sbilanciamento l'Operatore, che invia più traffico paga la terminazione per il traffico oltre soglia. Il *paid peering* è un servizio a pagamento per terminare traffico su una rete (AS). In genere si utilizza per terminare traffico sui Clienti finali di un Operatore.

Una relazione di peering non è "transitiva": attraverso un peering possono transitare solo pacchetti "provenienti e destinati" ad indirizzi IP appartenenti ai due AS interconnessi.

I pacchetti IP che vengono "ricevuti" da un AS attraverso un punto di intercon-

nessione sono normalmente trasportati dall'AS in modalità "best effort", ossia "al meglio", compatibilmente con le condizioni puntuali del traffico e della rete; oltre al best effort esistono altre modalità di trasporto dei pacchetti: si parla di servizi gestiti (managed services, o servizi specializzati o servizi a priorità).

La realizzazione di uno specifico modello di interconnessione avviene mediante negoziazione fra i due soggetti direttamente coinvolti, il cui esito deve riflettere i rispettivi ruoli ed il valore che il traffico IP ha per ciascun soggetto.

Fra due AS ci possano essere allo stesso tempo un peering gratuito per flussi best-effort, ed un servizio a pagamento per un managed service con Qualità. Fra un Operatore di rete ed un OTT possono essere stabilite relazioni di peering gratuito oppure di paid peering, a seconda delle situazioni, e di quanto valore l'Operatore e l'OTT sono disposti a riconoscersi a vicenda ■

la consegna dei contributi video da parte del Content Provider ai bordi della rete del Telco/ISP avvenga con modalità tali da garantire la qualità desiderata, sono necessarie nella rete del Telco soluzioni adeguate ad assicurare la fruizione da parte del cliente finale con i richiesti livelli di QoE. Il modello astratto di una rete IP del Telco/ISP che sia totalmente "agnostica" e allo stesso tempo possa consegnare al cliente finale ogni genere di contenuto (pagine web, download di contenuti multimediali acquistati da un catalogo, file in modalità peer-to-peer,

streaming video, streaming audio per citarne alcuni) al massimo livello di qualità mostra la sua impraticabilità quando andiamo a considerare le cose nella loro realtà:

- la rete deve trattare traffico generato da servizi che cambiano nel tempo, con fenomeni di esplosione che si concretizzano nell'ambito di giorni o settimane e che possono impegnare da pochi byte al secondo, come nel caso della messaggistica, ad alcuni Gbyte al secondo, come nel caso di video ad altissima qualità;

- la sostenibilità di Telco/ISP non potrà che passare attraverso lo sviluppo di reti IP moderne e semplici che veicoleranno la totalità del traffico dati. Garantire parametri di qualità a servizi che hanno requisiti molto diversi tra loro non è possibile con un approccio di "sovradimensionamento", ma richiede l'utilizzo delle Piattaforme per la QoE (CDN, transparent cache, WEB accelerators, Protocol Optimizer...).

Si può quindi affermare, con riferimento al promettente business del video ad alta definizione su

QoS e QoE

Le reti basate sull'Internet Protocol originariamente offrivano una sola classe di servizio denominata best-effort e modellata sul comportamento base delle code interne degli apparati di rete chiamato FIFO (First-In, First-Out). Successivamente è stato definito un modello in grado di fornire QoS (Quality of Service) differenziata a flussi di traffico preferenziali classificati secondo regole legate a decisioni dell'amministratore della rete. Il modello Diff-serv [9] è anch'esso definito sulla base delle opzioni di comportamento delle code interne ai nodi; qui è possibile scartare alcuni pacchetti dati, modificarne l'ordine di trasmissione, gestire la cadenza di invio dei pacchetti in modo da non eccedere un limite di velocità e così via. Il comportamento sui flussi di traffico viene tradotto in parametri quali la probabilità di perdita di pacchetti, la latenza dovuta al percorso che i pacchetti devono compiere, la variazione di latenza o jitter.

Tra i limiti di questo modello vale la pena segnalare il fatto che la sua azione è efficace solo in caso di congestione di uno dei tratti di rete attraversati dalla comunicazione; in condizioni operative "normali", cioè in assenza di congestione, fornire un trattamento preferenziale ad un flusso di traffico non significa affatto rendere più bassa la probabilità di perdita di pacchetti o rendere più veloce il trasferimento dell'informazione. Inoltre tradurre parametri come la probabilità di perdita o la latenza di rete in parametri che rappresentino la qualità percepita dal cliente finale (QoE, Quality of Experience) può risultare alquanto complesso. Si pensi al tempo di caricamento e visualizzazione di una pagina web: certamente la latenza di rete contribuisce, ma contributi maggiori si ottengono dalla sequenzialità di download dovuta alla struttura ad oggetti della

pagina stessa, dal tempo di costruzione della visualizzazione da parte dei terminali, dal DNS e da molto altro ancora. Molti elementi da cui dipende la qualità percepita sono legati al terminale e alle applicazioni client-server o peer-2-peer. Sfruttando queste dipendenze, i Content Provider hanno progressivamente adottato soluzioni che permettono non solo di introdurre il controllo a livello applicativo, ma addirittura di rendere inefficaci o controproducenti alcuni meccanismi di tipo Diff-serv introdotti dagli ISP. Per applicazioni Video, il traffico relativo ad uno stesso filmato può essere suddiviso tra varie connessioni; il controllo di flusso viene operato dal client (e non dal server) e a livello http (e non più TCP); al jitter si ovvia con un buffering iniziale che viene adattato alle condizioni della rete; la risoluzione è adattativa, e regolata automaticamente, in quanto l'applicazione tende a sfruttare in best-effort tutta la banda disponibile e a saltare ad una risoluzione più alta o più bassa nel caso si verificano perdite o strozzature improvvise o si renda disponibile una banda più elevata. Quest'ultima caratteristica, ad esempio, potrebbe determinare oscillazioni anomale tra due livelli di risoluzione diversi (con effetti finali decisamente sgradevoli) in presenza di configurazioni di scarto selettivo in rete che prevedano la tolleranza di elevati valori di burst size (treni lunghi di pacchetti): questi ultimi venivano preferiti in passato per proteggere le applicazioni stesse in condizioni di jitter elevato nei collegamenti a lunga distanza, senza rinunciare a differenziare l'offerta in termini di banda disponibile.

I Content Provider effettuano precise misurazioni della banda disponibile end-to-end tra i propri server (o i server delle Content Delivery Network che

distribuiscono i loro contenuti) e i terminali degli utenti finali, cercando anche di discriminare tra gli artefatti introdotti dalle reti e gli artefatti introdotti dai terminali. Oltre a questo misurano parametri significativi per la percezione di utente, quali il tempo di attesa per l'avvio della riproduzione video, il numero di interruzioni della riproduzione, la maggiore o minore risoluzione video e il numero di cambiamenti di risoluzione. In questo contesto anche i Telco/ISP non possono rimanere ancorati ai classici parametri di QoS e devono dotarsi di strumenti per il controllo e la misura della QoE. Tra i parametri di QoE, quello dell'effettiva banda che si rende disponibile a livello applicativo è il parametro che maggiormente dipende dalle prestazioni della rete ed è anche quello su cui gli OTT valutano gli ISP [7,10].

I principali strumenti per il miglioramento della QoE sono quelli che consentono di avvicinare i contenuti ai loro "consumatori" (Content Delivery Network, Transparent Internet Caching), di ottimizzare il contenuto trasmesso sulla base del terminale a cui è destinato o ancora accelerare la transazione a livello applicativo (i più importanti di questi sono presentati in [6]).

Per migliorare la QoE, l'importanza dell'avvicinamento dei contenuti all'end-user è illustrata nella Figura A. Sull'asse verticale sono riportati il "Throughput" (l'effettiva velocità di trasferimento delle informazioni quando l'utente finale utilizza un'applicazione o accede ad un contenuto sul WEB), ovvero il "bit rate" (la velocità di trasferimento dati che viene misurata ad esempio con strumenti quali speed-test).

La figura mostra come per la stragrande maggioranza del traffico che fa uso del protocollo TCP (Transport Control

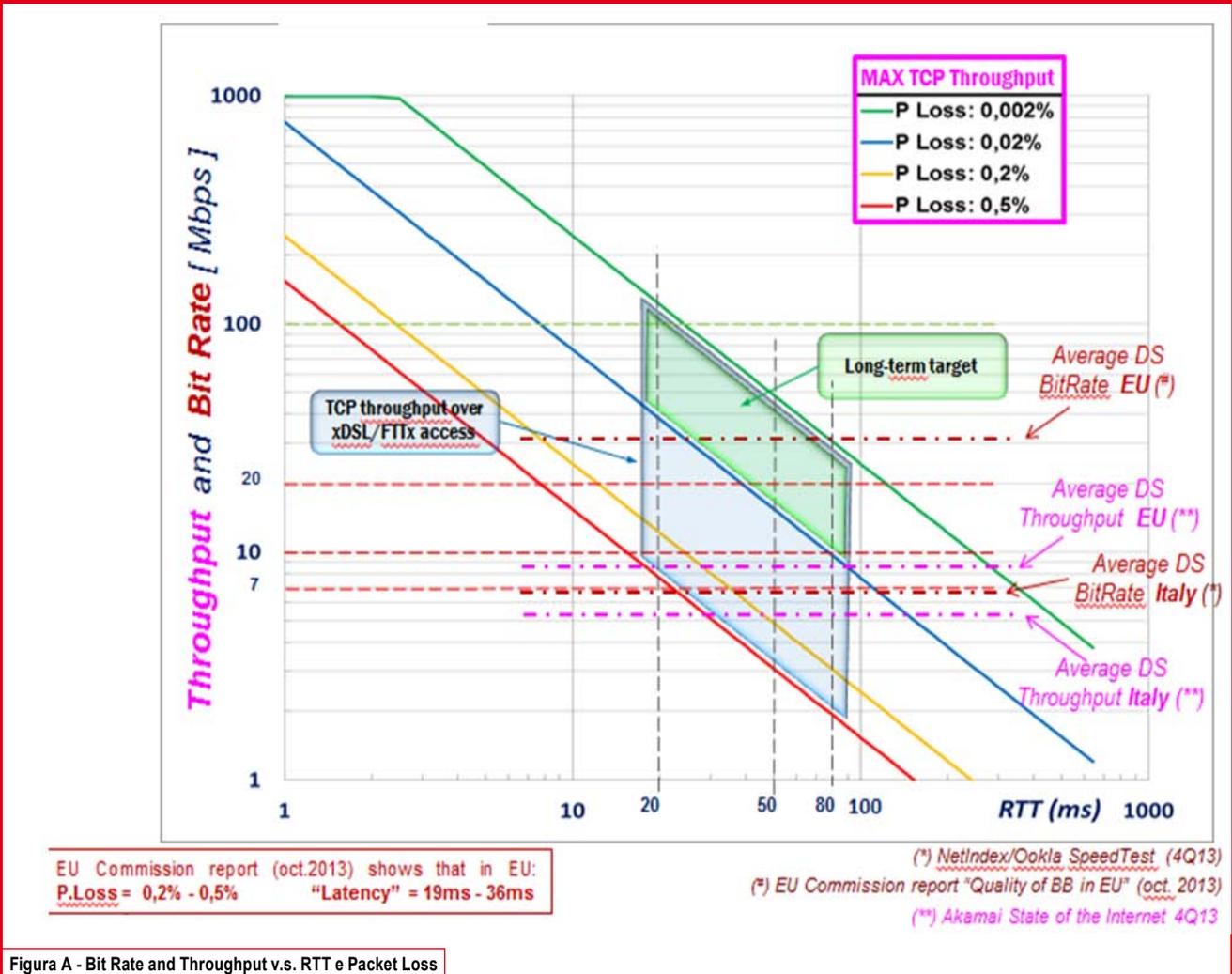


Figura A - Bit Rate and Throughput v.s. RTT e Packet Loss

Protocol), il throughput dipende significativamente dal Round Trip Time – RTT (la misura del tempo impiegato da un pacchetto dati per arrivare dal terminale dell' end-user al server di rete e tornare indietro) e dalla perdita di pacchetti (percentuale di pacchetti persi durante il percorso). Le linee decrescenti in figura riportano i valori teorici calcolati con il modello presentato in [10] al variare dei valori di perdita di pacchetti e RTT per una singola sessione TCP: l'area ombreggiata delimita le condizioni operative osservate all'interno delle

reti dei Service Provider. Questi valori sono coerenti con le misure di throughput a livello applicativo provenienti da varie fonti e realizzate secondo diverse metodologie che sono riportate nella stessa figura come linee orizzontali tratteggiate.

Le soluzioni/piattaforme per il miglioramento della QoE rappresentano un'importante opportunità per i Telco/ISP per migliorare i servizi offerti ai propri clienti e per ottenere un riconoscimento economico della qualità di distribuzione dei contenuti che sono in grado di offrire.

In questa prospettiva, anche il modello Diff-serv e gli strumenti di controllo della QoS possono mantenere comunque un ruolo importante: quello di rendere stabili nel tempo le prestazioni di QoE, andando ad agire nelle temporanee situazioni di congestione che si possono verificare a seguito di picchi inattesi di traffico o di alcuni tipi di guasti. In questo senso possono essere considerati utili complementi per la realizzazione di offerte a QoE differenziata ■

Internet, che il suo sviluppo potrà avvenire solo attraverso la negoziazione di adeguati modelli di interconnessione IP (inclusivi di aspetti sia tecnici che commerciali) tra Telco/ISP e OTT/Content Provider, e con l'uso di soluzioni per la QoE.

Attualmente sono disponibili due possibili soluzioni per la gestione del video nella rete del Telco/ISP.

Il primo, già in essere da alcuni anni, configura una possibilità di offerta dei Telco/ISP verso Content Provider che abbiano un catalogo video di dimensioni e variabilità contenute, ed una relazione di business stabile e continuativa. È questo ad esempio il caso di alcuni Content Provider italiani che utilizzano l'infrastruttura di Telecom Italia per erogare i contenuti video a qualità sul territorio nazionale. Questo modello si può definire "managed" o gestito e fa uso della CDN (*Content Delivery Network*) del Telco/ISP [6] per memorizzare repliche dei contenuti video in centri di elaborazione il più vicino possibile alla posizione del cliente finale, massimizzando quindi l'esperienza finale. La gestione dei contenuti è completa: questi sono consegnati dal Content Provider al Telco/ISP attraverso una catena di distribuzione sicura e protetta; il catalogo dei contenuti è definito ed aggiornato continuamente dal Content Provider e fornito in tempo reale al Telco/ISP. La relazione tra Content Provider e Telco/ISP è chiaramente definita e prevede dei SLA (*Service Level Agreement*) di qualità ed affidabilità ben precisi. Spesso la capacità di erogazione della CDN in termini di velocità di erogazione di picco complessiva sul territorio nazionale è un parametro sufficiente a quantificare il servizio offerto dall'ISP al Con-

tent Provider e l'interconnessione tra le due entità è quella tipica di un cliente Business nei confronti dell'ISP. Il traffico che interessa l'interconnessione è quello con cui avviene il caricamento dei nuovi video sulla CDN ed è noto, prevedibile e pianificabile.

Il secondo modello, che potremmo definire "unmanaged" ossia gestito solo parzialmente, è adatto a traffico proveniente da sorgenti di contenuti video (server di OTT accessibili sul web) che hanno quantità di video disponibili infinitamente maggiori, ed una elevatissima dinamicità nell'inserire o escludere un particolare video dal palinsesto. Per garantire ai propri clienti una buona qualità di fruizione anche per questi contenuti, è necessario che il Telco/ISP tratti in modo opportuno il traffico video, in modo da non danneggiare la fluidità di visione ed evitare che latenze elevate dovute alla consegna del video su scala geografica possano peggiorare la qualità o la risoluzione di contenuti richiesti in HD. Infatti, anche in presenza di reti IP ad alto bit-rate, le latenze legate a percorsi in rete che possono raggiungere molte centinaia di km hanno un effetto negativo sul comportamento dei protocolli Internet. L'effetto tangibile è che, anche in presenza di una rete di accesso Broadband o UltraBroadband, un contenuto ad alta definizione potrebbe essere riprodotto in modo non soddisfacente.

In questo caso, viene in aiuto la tecnologia del TIC (*Transparent Internet Caching*) [6], che prevede di memorizzare una copia dei contenuti più popolari in un centro di elaborazione (cache) situato il più vicino possibile al cliente. La capacità di questa tecnologia di aumentare la qualità percepita dai clienti finali

può essere oggetto di valorizzazione commerciale nei confronti dei Content Provider. La relazione tra questi ultimi e il Telco/ISP può infatti prevedere un riconoscimento del valore di una distribuzione a maggior QoE (tramite l'uso del TIC) per contenuti premium identificati nell'accordo di interconnessione tra i due soggetti. Il traffico generato al punto di interconnessione da questi contenuti premium potrà inoltre essere soggetto a trattamento con QoS differenziata per proteggerlo nelle situazioni di congestione.

Entrambi questi modelli consentono di remunerare correttamente sia gli OTT/CP sia i Telco/ISP e offrono una visione di qualità ai clienti fruitori del servizio.

Conclusioni

Per non compromettere la sostenibilità e lo sviluppo dell'intero ecosistema Internet, è necessario far evolvere sia i modelli di interconnessione IP sia la rete dei Telco/ISP con l'obiettivo di:

- assicurare agli end-user i livelli di Qualità (QoE) richiesti per una fruizione soddisfacente delle innumerevoli Applicazioni/Servizi/Contenuti accessibili in rete, in un mondo che sta diventando "ALL-IP";
- abilitare nuovi modelli di business in grado di valorizzare correttamente sia gli asset degli OTT (applicazioni, contenuti, ...), sia gli asset dei Telco (reti, qualità, clienti...);
- generare valore dall'interconnessione IP, assicurando servizi di terminazione IP adeguati ai livelli di QoE attesi dall'end-user e dagli OTT/CP;

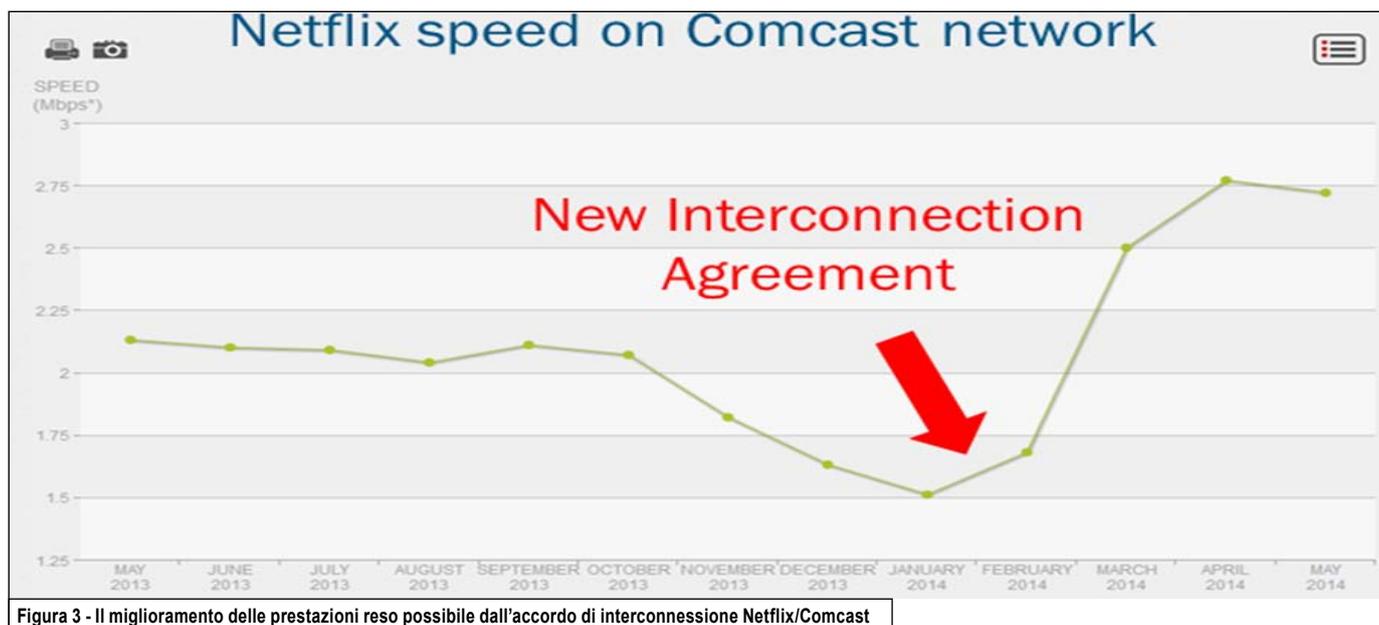


Figura 3 - Il miglioramento delle prestazioni reso possibile dall'accordo di interconnessione Netflix/Comcast

- ridurre i costi di rete e garantire le prestazioni (throughput, download time, ecc..) richieste per le diverse tipologie di traffico, utilizzando soluzioni efficienti (es. CDN, TIC, ADN).

I casi in cui Telco ed OTT/CP negoziano modelli di interconnessione si moltiplicano a livello mondiale; esempi sono: interconnessione Netflix con Comcast, Verizon ed altri Operatori; interconnessione Cogent/Orange; interconnessione Google/Orange; interconnessione di Akamai con Verizon, ATT, Orange ed altri Operatori; attività di de-peering realizzata praticamente da tutti i Telco/ISP. I benefici di queste negoziazioni in termini di miglioramento della QoE per gli end-user sono particolarmente evidenti. Un esempio emblematico è l'accordo fra Netflix e Comcast del gennaio 2014 (Figura 3): dopo un periodo di peggioramento della velocità con cui gli end-user di Comcast (Telco) riuscivano a fruire dei contenuti forniti da Netflix (OTT/CP) causato dalla crescita del traffico che

attraversava interconnessioni IP tradizionali, dopo la stipula di un nuovo accordo di interconnessione la velocità è aumentata rapidamente [7].

Il Gruppo Telecom Italia ha definito nuove Policy di Interconnessione in linea con i nuovi modelli richiamati nell'articolo, e sta ulteriormente arricchendo e potenziando le soluzioni per la QoE già presenti nelle proprie reti in Italia ed in SudAmerica ■



Bibliografia

- [1] "Interconnessione IP: il perchè ed il come di un cambiamento" - Gianfranco Ciccarella, Daniele Roffinella - Notiziario Tecnico Telecom Italia, Numero 1 / 2013
- [2] "The Zettabyte Era Trends and Analysis" - Cisco Public Report 2014 - http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI_Hyperconnectivity_WP.html
- [3] "Telco 2015" - IBM Institute for Business Value Telecommunications

- <http://www-935.ibm.com/services/us/gbs/bus/html/ibv-telco2015.html>; "A Viable Future Model for Internet", AT&T; <http://www.atkearney.com/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=vjS+sDrqgL&dl>

- [4] Esempi di accordi di interconnessione fra Telco/ISP ed OTT/CP:

- Apple Negotiating Paid Interconnect Deals With ISPs For Their Own CDN - <http://blog.streamingmedia.com/2014/05/apple-negotiating-paid-interconnect-deals-with-isps-for-their-own-cdn.html>

- Comcast Launches Commercial CDN Service Allowing Content Owners To Deliver Content Via The Last Mile - <http://blog.streamingmedia.com/2014/05/comcast-launches-commercial-cdn-service-allowing-content-owners-to-deliver-content-inside-the-last-mile.html>

- Here's How The Comcast & Netflix Deal Is Structured, With Data & Numbers - <http://blog.streamingmedia.com/2014/02/heres-comcast-netflix-deal-structured-numbers.html>

- AT&T 'in discussions' with Netflix over peering - <http://www.fierceonlinevideo.com/story/att-discussions-netflix-over-peering/2014-05-02>

• France Telecom and Deutsche Telecom are Being Paid by Google - <http://fastnetnews.com/dslprime/42-d/4895-france-telecom-and-deutsche-telecom-are-being-paid-by-google>

• Google-Verizon Deal: The End of The Internet as We Know It - http://www.huffingtonpost.com/josh-silver/google-verizon-deal-the-e_b_671617.html

[5] "Which Content Owners Have Direct Interconnect Deals With

ISPs" - Dan Rayburn - May 21, 2014 - <http://blog.streamingmedia.com/2014/05/chart-shows-which-content-owners-have-direct-interconnect-deals-with-isps.html>

[6] E.M. Bagnasco, G. Ciccarella, "Verso la rete di Contenuti" Notiziario Tecnico Telecom Italia, Numero 2 / 2014

[7] USA ISP Speed Index - Netflix - <http://ispspeedindex.netflix.com/>

[8] Dr. Peering White Papers - <http://drpeering.net/white-papers/An-Internet-Peering-White-Papers-Index.html>

[9] RFC 2475, "An Architecture for Differentiated Services".

[10] The Akamai State of the Internet Report - <http://www.akamai.com/stateoftheinternet/>; Google Video Quality report - <http://www.google.com/get/videoqualityreport/>

[11] M.Mathis et Al. , "Macroscopic Behavior of TCP Congestion Avoidance Algorithm", July 1997

andrea.calvi@telecomitalia.it
gianfranco.ciccarella@telecomitalia.it
paolo2.fasano@telecomitalia.it
daniele.roffinella@telecomitalia.it



Andrea Calvi

ingegnere elettronico, in Azienda dal 1994 è attualmente responsabile della funzione di Transport and Data Network all'interno di Telecom Italia Lab, che assicura Innovazione ad Ingegneria per le tecnologie di interesse del gruppo Telecomitalia. La responsabilità del team gestito è quella di assicurare la disponibilità a breve e medio termine delle reti ottiche, in ponte radio e delle reti IP per i servizi fissi e mobili attuali e per l'evoluzione ultrabroadband NGAN ed LTE.

Nella ventennale esperienza in Telecom Italia, si è occupato di diversi aspetti di rete, tra cui ricerca e standard (ETSI e 3GPP) in ambito reti mobili, innovazione della telefonia multimediale SIP-based (IMS), indirizzo tecnologico delle consociate Telecom Italia in Europa, responsabilità della ingegneria ed innovazione della rete mobile Telecom Italia, ingegneria ed innovazione dei modem-router DSL domestici e terminali mobili.



Gianfranco Ciccarella

attualmente è Vice Presidente di Global Advisory Services di Telecom Italia. Precedenti responsabilità, dal 2009 al 2013, sono state: Technical Support Sudamerica, Next Generation Access Networks and Partnership - in Strategy, e Technical Support - in Technology & Operations; per quest'ultima attività ha anche seguito progetti sulla Next Generation Access Network.

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.



Paolo Fasano

dottore di Ricerca in Ingegneria Elettronica, è in Azienda dal 1993 e ha dedicato la propria attività lavorativa all'innovazione delle reti a pacchetto.

Si è inizialmente occupato di reti e servizi a larga banda partecipando alle prime sperimentazioni geografiche a livello europeo di reti in tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Ha spostato successivamente i suoi interessi sui servizi di rete basati sull'Internet Protocol (IP); dal 1995 al 2001 ha partecipato attivamente a numerosi gruppi di lavoro dell'IETF (Internet Engineering Task Force) ed è stato pioniere sul tema IPv6 in Telecom Italia. Ha contribuito all'introduzione della tecnologia IP/MPLS nelle reti backbone e Metro-Regionali; ha valutato l'efficacia e la maturità di nuove tecnologie per l'evoluzione del Service PoP quali DPI (Deep packet Inspection), TIC (Transparent Internet Caching) e SDN (Software Defined Networks).

È oggi il responsabile della funzione Data Networks Innovation che si occupa dell'innovazione relativa al backbone IP/MPLS, alla rete metro regionale multi-servizio e alle piattaforme di Edge IP fisso, residenziale e business.



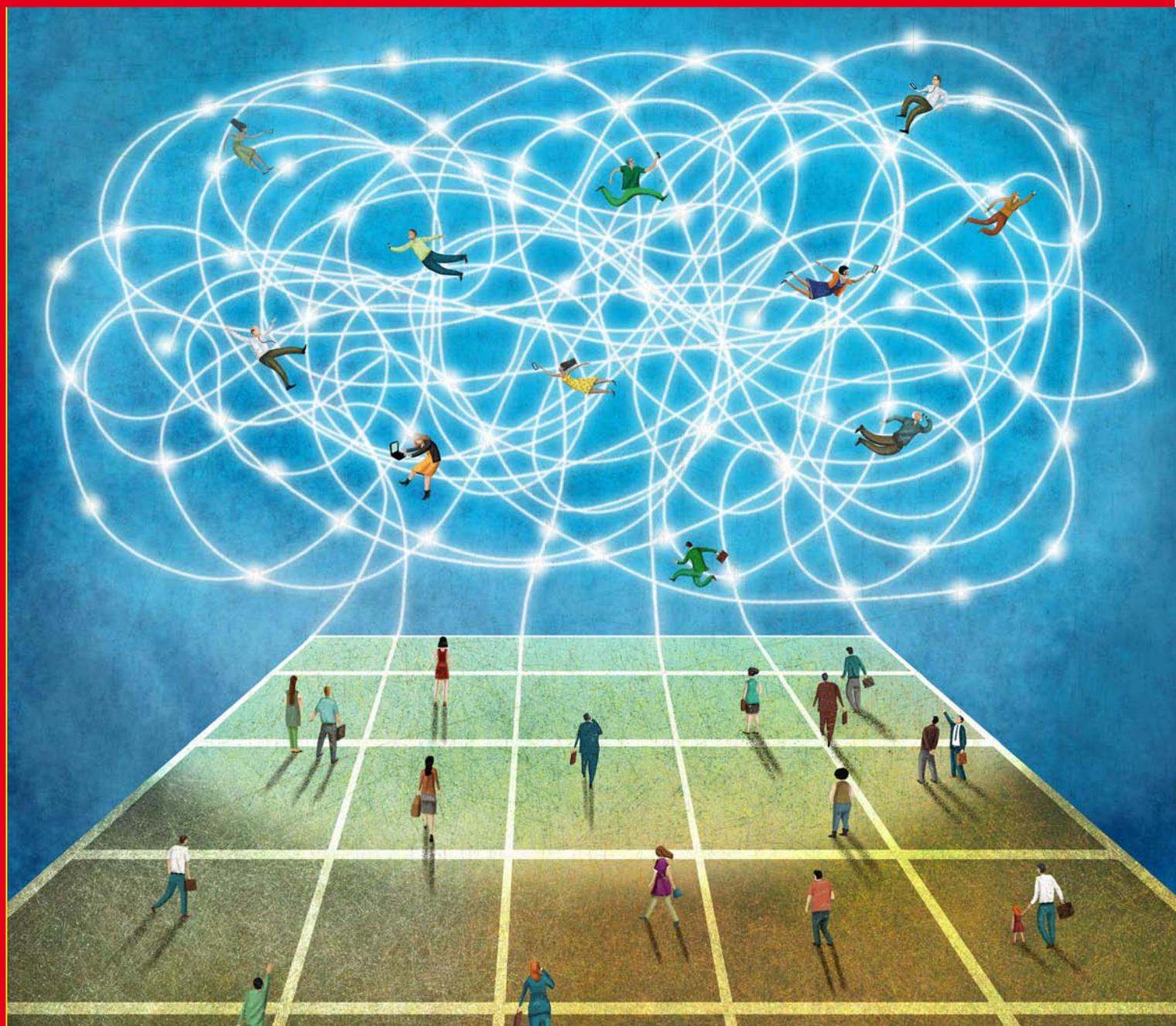
Daniele Roffinella

ingegnere in telecomunicazioni, attualmente responsabile Next Generation Network, nella Direzione Global Advisory Services - Technology. Nella sua trentennale esperienza professionale nel settore telecomunicazioni, ha svolto attività in ambiti di strategia, 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, ha operato come Technical Support della Direzione Technology&Operations ed è stato responsabile per l'Evoluzione Tecnologica in Next Generation Access Networks & Partnership, nella Direzione Strategy del Gruppo TI. È membro IEEE Society.



SDN E NFV: QUALI SINERGIE?

Luigi Grossi, Eugenio Maffione, Giancarlo Marasso, Simone Ruffino



Le funzionalità di controllo e i servizi di rete sono oggi realizzati tramite dispositivi hardware proprietari. Inoltre il lancio di un nuovo servizio e l'aggiornamento di uno esistente spesso richiedono un intervento fisico sulla rete, con impatti importanti in termini di time-to-market e costi.

La NFV (*Network Functions Virtualisation*) si propone di affrontare questi aspetti, facendo leva sulle tecnologie di virtualizzazione IT per consolidare apparati e funzionalità di rete su server standard e fornendo nel contempo una maggior flessibilità operativa.

1 La virtualizzazione delle funzioni di rete

La virtualizzazione delle funzioni di rete, nota come NFV, introduce un sostanziale cambio di paradigma nel modo in cui vengono realizzate le reti di telecomunicazioni, spezzando il legame tra hardware e software. Con NFV le funzionalità di rete (e.g. PCRF, AAA, DPI, GGSN) diventano infatti applicazioni software, denominate VNF (*Virtual Network Function*), che l'Operatore può istanziare su server COTS (*Commercial Off-The-Shelf*), ad esempio i classici blade system, sfruttando le tecnologie di virtualizzazione. Ciò viene realizzato tecnicamente tramite l'utilizzo su ogni server di un livello di astrazione (denominato *hypervisor*), che permette di creare più server virtuali VM (*Virtual Machine*) sullo stesso server fisico (vedi la Figura 1).

Le funzionalità di una VNF quindi vengono tipicamente realizzate attraverso moduli software in esecuzione su una o più VM, che possono svolgere compiti diver-

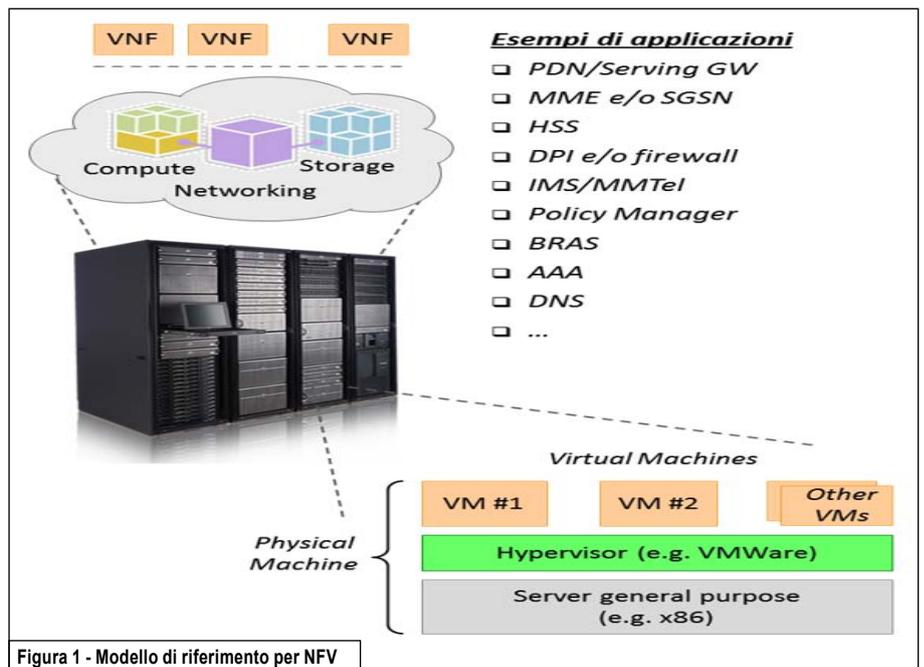


Figura 1 - Modello di riferimento per NFV

si (e.g. load-balancing, processing della segnalazione, routing del traffico dati) e possono a loro volta essere istanziate su uno o più server fisici. Il meccanismo è analogo a quanto avviene oggi per i servizi IT in esecuzione su piattaforme di cloud computing, con la differenza che le VNF possono

richiedere opportune ottimizzazioni sull'hardware per soddisfare i requisiti di ritardo, scalabilità, ridondanza geografica e gestibilità tipici delle reti di telecomunicazioni.

L'impiego delle tecniche di virtualizzazione permette di rendere il software indipendente dal har-

dware sottostante, le cui specificità vengono mascherate dal sistema di virtualizzazione. Questo consente di:

- ottimizzare l'uso delle risorse attivando sullo stesso server fisico più server virtuali che implementano diverse tipologie di servizio, in modo da sfruttare appieno la capacità disponibile e ridurre il consumo energetico;
- ampliare o ridurre in modo dinamico la capacità allocata in base al carico effettivo. Ciò può essere ottenuto incrementando o riducendo le risorse assegnate ad ogni VM o variando il numero delle VM che realizzano una specifica funzione;
- garantire alta affidabilità, in quanto a fronte di un malfunzionamento hardware le VM possono essere spostate da un server fisico all'altro;
- riconfigurare la topologia della rete in tempo quasi reale per ottimizzarne le prestazioni e/o estenderne la distribuzione locale;
- ridurre significativamente TCO (*Total Cost of Ownership*) e Time-to-Market, sfruttando la maggiore agilità e flessibilità offerta da questa tecnologia.

Occorre altresì segnalare alcuni punti di attenzione per l'Operatore:

- le VNF non possono essere un semplice porting del software oggi utilizzato su hardware proprietario, ma vanno progettate per funzionare in ambiente cloud e sfruttarne appieno le caratteristiche;
- l'Operatore si deve dotare di una piattaforma di orchestrazione per automatizzare la gestione del ciclo di vita delle VNF, al fine di evitare interventi manuali sulle VM e sull'infrastruttura sottostan-

te. È inoltre necessario che la piattaforma di orchestrazione interoperi con VNF di Vendor diversi;

- alcune componenti software sono già disponibili come open source e sono utilizzate in molti ambiti di produzione, anche in virtù del fatto che la loro apertura garantisce una maggiore protezione dai vendor lock-in rispetto alle soluzioni proprietarie. Non è da escludere che progetti simili siano avviati anche per la piattaforma di orchestrazione e che gli operatori possano avere un ruolo attivo;
- a differenza di quello che accade oggi la piattaforma hardware diventa comune a diverse funzionalità di rete e ciò potrebbe richiedere una revisione dei processi ed una diversificazione dei ruoli organizzativi.

2 Le iniziative di standardizzazione ed il ruolo dell'open source

Nel novembre 2012 un gruppo di Operatori, tra cui Telecom Italia, ha proposto la creazione di un gruppo di lavoro per incentivare l'utilizzo della virtualizzazione nell'industry. Da questa iniziativa è stato creato l'ETSI ISG (*Industry Specification Group*) NFV (*Network Functions Virtualization*) con durata biennale e l'obiettivo di definire use case, requirement e un'architettura di riferimento.

Tale architettura, illustrata in Figura 2, introduce i diversi domini nei quali si divide una rete NFV:

- Infrastruttura, che comprende le risorse fisiche e quelle virtuali rese disponibili dallo strato di virtualizzazione;

- Virtual Network Functions, che comprende l'insieme delle macchine virtuali che realizzano la funzione di rete o il servizio virtualizzato;
- Management and Orchestration, che comprende i tool necessari alla gestione degli altri domini.

Il gruppo ha visto nel corso del 2013 una notevole crescita del numero di partecipanti dai 52 di Gennaio 2013 ai 184 di Febbraio 2014 dimostrando che l'interesse per la tematica è alto.

Nel corso del 2013 sono stati anche avviati numerosi PoC (*Proof-of-Concept*) con l'obiettivo di dimostrare la fattibilità della virtualizzazione, coprendo molti degli use case definiti da ETSI. Alcuni sono stati dimostrati in occasione del Mobile World Congress di Barcellona ed altri lo saranno durante i principali eventi relativi ad NFV. Una sessione speciale dedicata ai PoC ETSI è prevista per il SDN World Congress di Düsseldorf in Ottobre.

Inoltre è da segnalare che, sempre nell'ambito delle aziende che partecipano al gruppo ETSI NFV, si sta formando un consorzio partecipato da Operatori e Vendor per la definizione di una Piattaforma NFV Open Source guidato dalla Linux Foundation. L'obiettivo è quello di contribuire, a partire dai progetti open source già esistenti, alla realizzazione di una piattaforma di riferimento per NFV che recepisca i requisiti definiti in ETSI per la realizzazione di funzioni NFV "Carrier Grade". Il focus iniziale sarà sul livello di virtualizzazione ed il relativo manager VIM (*Virtual Infrastructure Manager*), ma non è escluso che il consorzio, una volta formato, decida di inserire nel progetto anche una parte focalizzata sull'orchestratore.

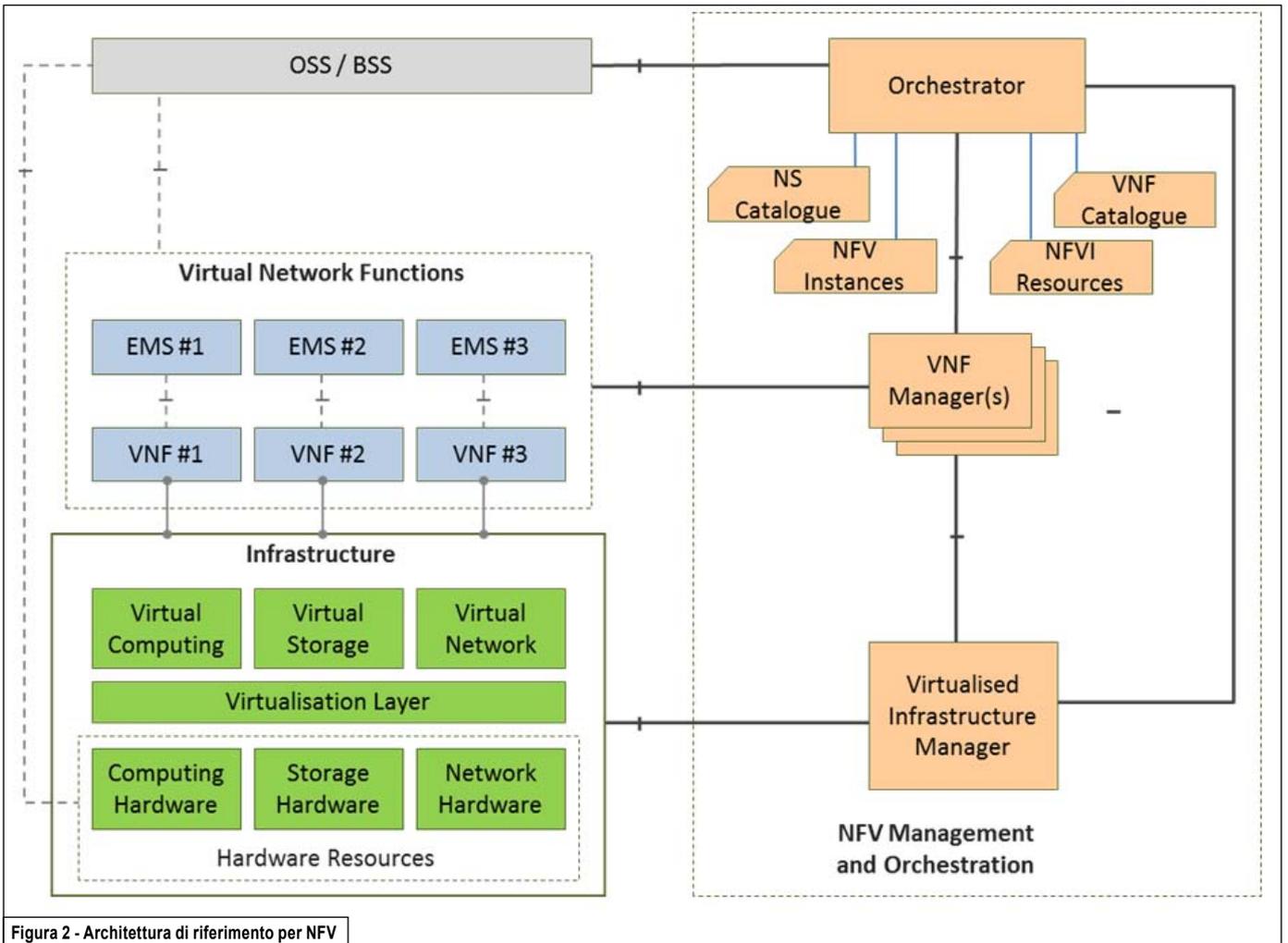


Figura 2 - Architettura di riferimento per NFV

3 Le tecnologie a supporto della NFV

3.1 Le CPU e l'Hypervisor

L'attuale generazione di server *industry-standard* offre CPU x86 multi-core, con numero di core sempre più crescente all'evolvere della tecnologia. Questa potenza di calcolo viene sfruttata dalle architetture Cloud Computing per consolidare più carichi elaborativi sullo stesso hardware.

Ciò è reso possibile dall'utilizzo degli *hypervisor*, programmi software che consentono di presentare le risorse hardware a più

istanze di VM (*Virtual Machine*), in modo che ciascuna di queste istanze possa essere utilizzata come un computer dedicato, con propri processori, memorie, reti, sistema operativo, ecc.

Questa capability è realizzata sui processori commerciali (es. architettura X86) modificando opportunamente i *Processing Mode*, in modo che l'*hypervisor* possa prendere il controllo del sistema con poteri superiori rispetto a quelli del sistema operativo stesso.

Le moderne CPU, inoltre, forniscono livelli di privilegi di esecuzione che garantiscono che la singola VM non possa danneggiare l'esecuzione delle altre macchine virtuali che

condividono le stesse risorse fisiche, né possa interferire con i processi del sistema ospitante.

Le piattaforme hardware e gli *hypervisor* sono i principali *building blocks* del dominio *Infrastructure* rappresentato in Figura 2.

3.2 Il Cloud Management System

Al crescere del numero di server fisici su cui risiedono gli *hypervisor* è necessario prevedere un ulteriore livello di astrazione che consenta di vedere un insieme di macchine fisiche come un unico pool di risorse.

Il compito del CMS (*Cloud Management System*) è appunto quello di consentire, attraverso una console di gestione, di creare, attivare, migrare, sospendere o spegnere le VM, di distribuire i *workload* a seconda della disponibilità delle risorse e di configurare la connettività tra le applicazioni in relazione alle esigenze dei servizi che esse implementano.

Il livello di servizio abilitato da un CMS è di tipo infrastrutturale IaaS (*Infrastructure as a Service*) e i risparmi di costi operativi derivanti dagli automatismi forniti da un CMS rappresentano uno dei grandi vantaggi promessi da NFV. Sul mercato sono presenti diverse soluzioni di CMS, sia nell'ambito di prodotti commerciali sia nell'Open Source. Tra queste ultime assume particolare rilevanza OpenStack, progetto originariamente promosso da Rackspace e NASA e con oltre 200 società che si sono unite al progetto tra cui AT&T, AMD, Cisco, Dell, EMC, Ericsson, F5, HP, IBM, Intel, NEC, NetApp, Red Hat, SUSE, VMware, Oracle e Yahoo!

OpenStack ha un'architettura modulare, rappresentata in Figura 3 ed estendibile a plugin.

Esso consente di gestire sia hypervisor (KVM, XEN, VMware, Hyper-V e Linux container), sia *bare metal* e supporta, in ottica multi-tenant, la definizione di utenti con ruoli e autorizzazioni differenti.

Il Cloud Management System costituisce, all'interno dell'Architettura ETSI di Figura 3, uno degli elementi principali del dominio di *Management and Orchestration*, ricoprendo il ruolo del *Virtualised Infrastructure Manager*.

3.3 L'orchestrazione delle risorse

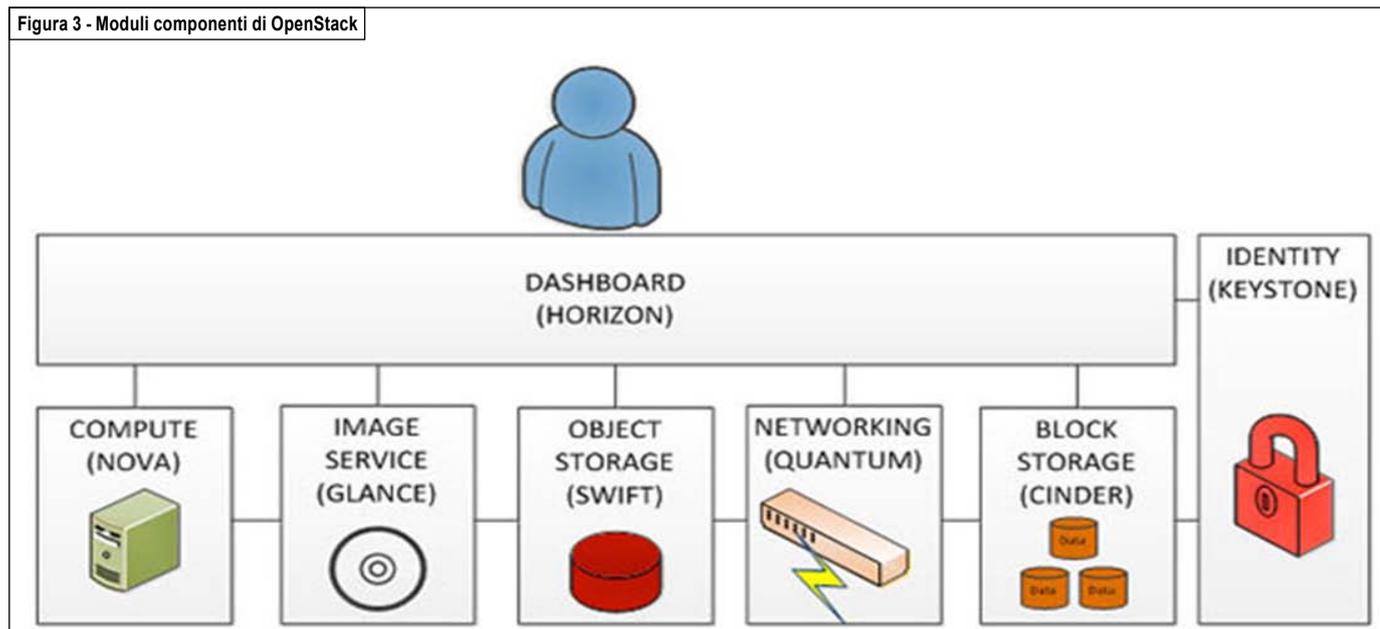
Nell'ambito NFV, la complessità e i requisiti delle funzioni da virtualizzare, la loro distribuzione geografica e la garanzia del rispetto dei livelli di servizio richiedono la presenza di un ulteriore elemento di controllo, che si occupi della gestione dell'intero ciclo di vita delle VNF, rispetto all'infrastrut-

tura sottostante esposta dai CMS/VIM, e fornisca tutti gli automatismi e gli strumenti necessari a gestire scalabilità e *fail*.

Questa attività di coordinamento viene chiamata Orchestrazione e comprende i moduli *Orchestrator* e *VNF Manager* dell'architettura ETSI di Figura 3. Essi complessivamente indirizzano, tra gli altri, i seguenti aspetti:

- *Services Instantiation*: automazione dell'intero ciclo di vita delle VNF (deployment and post deployment) e procedure automatiche per assicurare high availability e fail-over;
- *Service Component Monitoring*: monitoraggio delle macchine virtuali che eseguono le VNF e monitoraggio applicativo (*Application Performance Management*) per lo stato di salute delle VNF;
- *SLA Management*: strumenti per la definizione degli SLA associati all'esecuzione delle VNF e definizione di Alert in caso di violazione;
- *Elastic Scaling*: definizione di *policy* di *Scaling-out*, ovvero di

Figura 3 - Moduli componenti di OpenStack



aggiunta di nuove istanze di VNF a fronte di un maggior carico, o di *Scaling-in*, ovvero riduzione delle stesse a fronte di una riduzione del carico;

- *Software Upgrade*: gestione delle fasi di aggiornamento, anche a caldo, del software di una VNF;
- *Service Termination*: arresto di un servizio e di tutte le VNF quando non è più necessario.

L'automazione fornita dall'orchestrazione, che evita all'Operatore l'interazione diretta con i CMS/VIM, consente di ridurre sostanzialmente i costi operativi e il rischio di errore umano.

In prospettiva, un approccio di questo tipo, potrebbe anche essere esteso per abilitare verso la Clientela la fornitura di servizi di rete in modalità *self-service* e *pay-as-you-go*.

3.4 Le nuove tecnologie *Carrier Grade*

In ambito IT le architetture *multicore*, per le quali è ipotizzata un'evoluzione in strati sovrapposti che dovrebbe consentire il proseguimento della validità della legge di Moore oltre i limiti fisici di densità dei *chip* monostato, costituiscono il naturale supporto hardware per i sistemi virtualizzati del prossimo futuro. In quest'ottica i costruttori hanno iniziato ad integrare nelle nuove CPU funzionalità specifiche per gli *hypervisor*.

Parallelamente, le soluzioni per *Data Centre* stanno evolvendo verso architetture modulari in "rack" in cui i moduli, separatamente estraibili "a caldo" e interconnessi da sistemi ottici, sono visti come un unico sistema di calcolo, aumentando il beneficio

di consolidamento delle risorse e consentendo una maggiore affidabilità complessiva.

Rispetto a quanto descritto che è già parte di un'evoluzione in atto per supportare le soluzioni virtualizzate di IT, si stanno osservando anche due ulteriori trend che indirizzano le specificità dei *workload* delle VNF, che possono presentare requisiti aggiuntivi rispetto ai requisiti tipici dei *workload* applicativi (IT) e richiedere pertanto la disponibilità di risorse hardware e software con determinate caratteristiche.

In particolare, infatti:

- le VNF che gestiscono la segnalazione nel livello di *controllo della rete*, possono includere al loro interno processi che devono essere eseguiti con *garanzie di latenza deterministica*;
- le VNF che lavorano sul *traffico user plane*, devono anche poter ricevere, processare e trasmettere pacchetti di traffico a *throughput* vicini al *line rate* delle schede fisiche, senza limitazioni dovute ai *layer* software che virtualizzano l'hardware sul quale sono ospitate.

I due trend tecnologici che si osservano per affrontare le peculiarità delle VNF riguardano:

- l'**hardware**: tramite la proposizione di piattaforme *Carrier Grade* che si differenziano per:
 - a) *chipset* "Communication Oriented" per supportare la virtualizzazione dell'accelerazione hardware di *encryption* e *compression*;
 - b) *Network Card* con meccanismi di *offloading* per lo *switching* tra VM;
 - c) nuove architetture di processore che rendono minima la differenza tra le prestazioni del processing su piattaforma virtualizzata e

quelle di su sistema bare-metal COTS dedicato.

- il **software**: tramite la customizzazione di sistemi operativi, di derivazione Linux, per fornire, oltre a *scheduler* di processo ad alta risoluzione ed il supporto al processing *real time*, anche l'esposizione "diretta" (*pass-through*) delle caratteristiche hardware dedicate al *networking*. Tali sistemi operativi "Carrier Grade" offrono inoltre una serie di caratteristiche aggiuntive per concorrere al raggiungimento degli SLA dei servizi ospitati in grado di supportare l'operatività nelle fasi critiche di *patching*, *upgrade* e *fail* (*live patching*, *checkpointing & snapshot*, *hot swapping*, *fast migration*).

L'infrastruttura COTS per NFV tende, quindi a differenziarsi, almeno per il momento, rispetto all'infrastruttura normalmente utilizzata in ambito IT, dove, da una parte l'adozione di hardware *network oriented*, attualmente più costoso, non porterebbe grande giovamento, in quanto i *workload* IT sono tipicamente CPU intensive, e dall'altra l'uso di *scheduler* ad alta risoluzione si tradurrebbe in un puro spreco di risorse computazionali, in quanto il rationale sottostante per l'ambito IT è l'*oversubscription* (ovvero massimo utilizzo dello stesso hardware per gestire il maggior numero di *workload*) più che l'ottimizzazione della latenza di processo.

È da ritenere tuttavia che, in futuro, vi sia un appiattimento verso l'alto delle caratteristiche hardware e quindi, anche solo per economia di scala, si possa convergere verso una soluzione infrastrutturale comune sia per l'ambito IT che NFV, pur restando diverse le caratteristiche utilizzate.

4 Il posizionamento dei Vendor

Il panorama dei vendor che presentano soluzioni che afferiscono al paradigma NFV è molto vasto e comprende:

- **Vendor tradizionali del mondo Network**, attivi nell'offerta sia di versioni virtualizzate dei loro prodotti basati oggi su *appliance* fisiche, sia di soluzioni di orchestrazione dedicate a NFV;
- **Vendor di provenienza IT** che dispongono di soluzioni consolidate per l'orchestrazione di applicazioni IT e che ora estendono la loro linea di prodotti per coprire anche le peculiarità dell'orchestrazione NFV;
- **Startup**, che intravedono l'opportunità di inserirsi in un mercato ora più aperto ed estremamente promettente, sia nell'ambito delle Network Function, sia in quello delle piattaforme di orchestrazione;
- **Vendor di hardware**, con le piattaforme COTS *Carrier Grade*, orientate alla gestione di *workload* NFV, che cominciano a supportare anche requisiti ambientali (es. condizionamento, *power supply* etc.) tipici degli ambienti di Centrale, rilassando quindi quelli più stringenti relativi ai DataCenter IT;
- **Vendor di software infrastrutturale**: con i sistemi operativi Carrier Grade, in grado di coprire i requisiti critici di latenza di *processing* e *throughput* dei *workload* NFV.

Alcuni vendor stanno fortemente investendo sul tema e hanno attivato "programmi" volti al consolidamento delle *best practices* e alla interoperabilità all'interno dell'ecosistema stesso, mentre altri,

più legati a difendere posizioni di mercato tradizionali ormai consolidate, presentano prodotti ancora poco maturi e con *roadmap* di evoluzione in via di definizione. Tuttavia, l'enfasi sempre via crescente da parte di tutti attorno all'NFV lascia presupporre che nei prossimi 6-12 mesi la competizione nell'offerta di soluzioni NFV mature possa aumentare.

5 I sistemi di gestione nelle VNF

L'avvento della tecnologia NFV costituisce un forte elemento di discontinuità per l'ecosistema di un Network Operator, soprattutto per i diversi paradigmi funzionali e di gestione che propone e che non potranno non riguardare un'accurata revisione dei propri processi e dei sistemi a supporto. Mentre l'OSS tradizionale è progettato ponendo al centro l'apparato di rete e quindi considerando le problematiche di integrazione ad ogni cambio di versione e modello e i limiti di interazione che si possono manifestare, con NFV il concetto di apparato di rete sostanzialmente scompare, sostituito dalle componenti delle VNF distribuite nel Cloud dove i sistemi di gestione opereranno, oltre che sui tradizionali FCAPS, anche nell'ottica real-time per far raggiungere alla rete gli obiettivi di qualità, elasticità e di efficienza della nuova architettura distribuita.

Per questa ragione il modello informativo/dati di molti sistemi dovrà evolvere ed indurrà un cambiamento di scenario del panorama OSS costituendo sia una forte innovazione che un elemento di criticità importante, tenendo conto che vi sarà un periodo non breve di coesistenza tra due mon-

di gestionali diversi, che dovranno garantire insieme l'uniformità gestionale e contemporaneamente sostenere i nuovi dettami dell'evoluzione della rete.

Considerando i due macro processi di *Fullfilment* e *Assurance*, il primo di questi contiene un importante sotto processo, *Service Creation*, che si occupa del *Design & Deployment* del servizio e spazia dall'ingegnerizzazione del catalogo alla verifica di fattibilità tecnica su base cliente.

Con NFV i sistemi di supporto dovranno essere in grado di garantire la fase di Design, tenendo presente la distribuzione nel Cloud e quindi le relazioni tra VNF, infrastruttura e link di connessione, e dovranno essere in grado di simulare in back-office le policy imposte e l'impatto su diverse distribuzioni ed attivazioni delle funzionalità di rete virtuali.

Ultimata la fase di *Design* subentrerà il *Deployment* e l'*Activation* del servizio in Rete e ciò avverrà attraverso l'interfaccia *Os-Nfvo* (cfr. Figura 4) con cui avviene il governo dell'architettura NFV. Tale interfaccia, ancora in corso di definizione, di fatto costituisce lo strumento per l'aggiornamento automatico del catalogo da parte dell'OSS-Creation, per la presa in carico dell'ordinativo di lavoro (*Service Order*) e per l'inoltro all'OSS delle informazioni relative alle risorse di rete (NFV, logiche e fisiche) impegnate per un determinato servizio. La Figura 4 illustra lo scenario di integrazione OSS-NFV.

Il *Fullfilment* subirà quindi un forte impatto dall'introduzione NFV, non solo a livello di sistemi di supporto, ma anche di processo ed in particolare nella gestione dell'ecosistema delle VNF, che eseguite su piattaforma hardware comune,

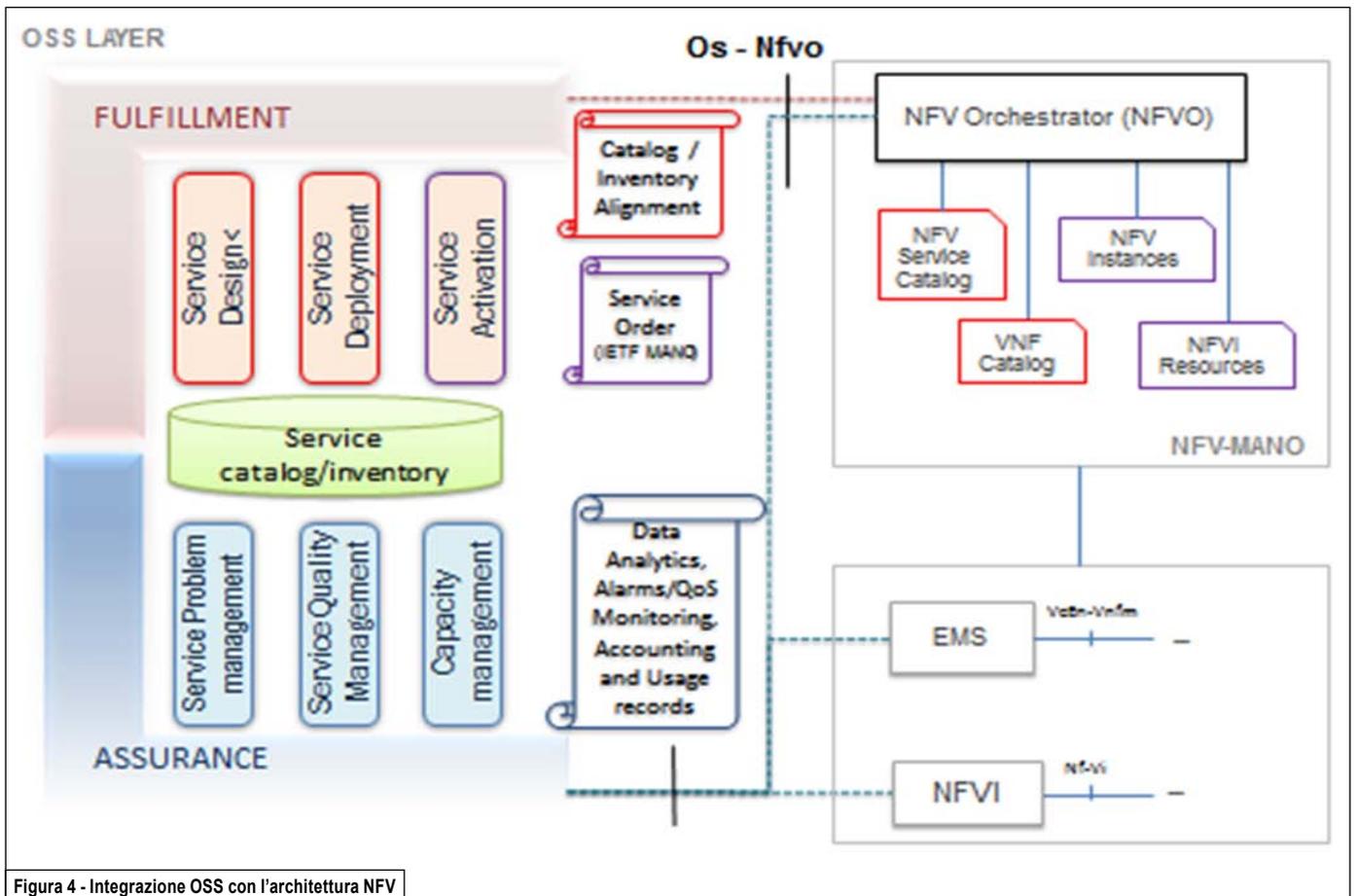


Figura 4 - Integrazione OSS con l'architettura NFV

dovranno avere una governance centralizzata.

Per l'Assurance, si evidenziano alcuni processi ritenuti rilevanti nel contesto NFV: il *Service Problem & Quality Management* ed il *Capacity Management* (quest'ultimo del tutto nuovo dovuto all'introduzione della virtualizzazione in Rete).

In questo ambito l'impatto dipenderà caso per caso dal ruolo del sistema stesso. In taluni casi sarà minimale e concentrato soltanto sull'adeguamento delle interfacce, in altri casi sarà consistente, ma molto dipenderà dalla flessibilità del modello dati dell'OSS. Ad esempio ci si attende che i sistemi di monitoraggio abbiano sufficiente flessibilità sia per accogliere che rappre-

sentare i nuovi indicatori NFV, mentre in altri casi, come per i sistemi di *troubleshooting*, l'impatto sarà molto elevato perché occorrerà gestire il nuovo concetto di *Service Graph* dell'NFV ossia il legame VNF, infrastruttura e link tra VNF.

Come illustrato in Figura 4, in ambito Assurance oltre all'interfaccia Os-Nfvo occorrerà integrare anche quella rivolta agli EMS (*Element Manager*) e quella rivolta all'infrastruttura di virtualizzazione (NFVI). L'effettiva complessità e disponibilità funzionale dell'OSS di Assurance dipenderà anche da quanto reso disponibile dal fornitore della tecnologia NFV essendo tali interfacce un ambito al momento non oggetto di standardizzazione.

In generale comunque possiamo asserire che l'NFV induce un beneficio nel processo di Assurance in quanto l'OSS non dovrà più dialogare con gli apparati di rete con tutti i limiti specifici, ma disporrà di interfacce informatiche moderne, che consentiranno più celerità nella gestione di nuovi servizi, un *inventory* sempre allineato e la disponibilità di informazioni in *realtime*.

Un notevole contributo esterno al raggiungimento dell'efficacia gestionale delle NFV crediamo possa giungere anche da quanto prodotto dal *Tele Management Forum*, che con l'*Information and Business Process Frameworks* potrà contribuire fortemente alla definizione del modello informativo e dei processi di gestione.

Il SDN e le sue sinergie con la Network Function Virtualization

Il SDN (*Software Defined Networking*) è una proposta di organizzazione dell'architettura di rete, in cui lo strato di controllo è disaccoppiato da quello di forwarding e diviene programmabile. Le funzionalità di controllo, finora strettamente legate a dispositivi di rete implementati secondo un approccio "monolitico", migrano a tendere verso uno strato di controller SDN o "sistema operativo di rete" (Network OS) separato. I principi di astrazione introdotti dal modello e la definizione di relative interfacce di programmazione API (*Application Programming Interface*) tra gli strati dell'architettura mirano a consentire alle applicazioni di definire i servizi di rete tramite una vista logica della rete stessa, astruendo dalle specificità dei singoli dispositivi. La Figura A riporta una vista logica dell'architettura SDN, secondo l'attuale visione della Open Networking Foundation, principale ente impegnato

nella definizione di standard per il mondo SDN. L'interfaccia tra il controllo e i dispositivi del data plane è costituita, in questo caso, dal protocollo OpenFlow, tuttavia questo protocollo non è l'unica possibilità di implementazione della cosiddetta API "SouthBound".

Lo strato dei controller SDN ha, tra gli altri, il compito di mantenere una vista globale della rete, sollevando le singole applicazioni dall'onere di ricostruire la topologia, permettendo loro di concentrarsi sui loro obiettivi specifici, quali ad esempio il calcolo degli instradamenti secondo opportune policy o di percorsi in grado di soddisfare a criteri di traffic engineering.

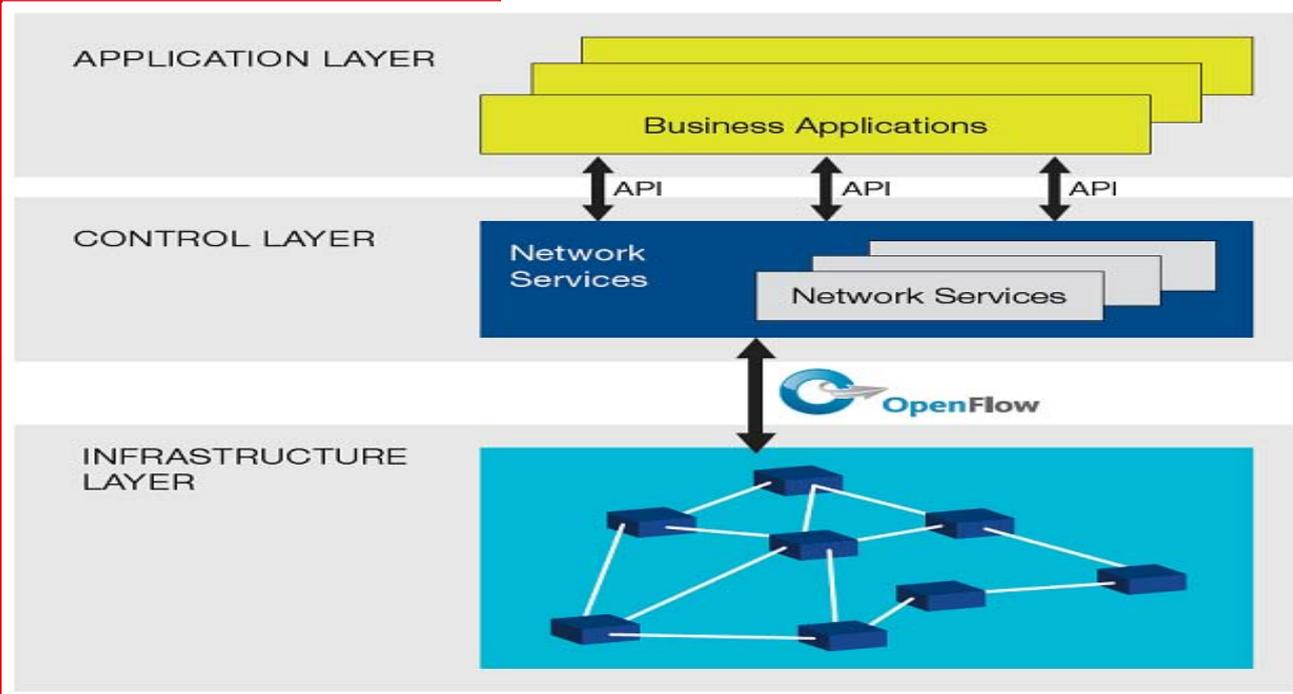
I benefici attesi da un'evoluzione verso il paradigma SDN sono da ricercare in una riduzione dei costi dei dispositivi di rete (CapEx), grazie ad una maggiore segmentazione del mercato, e dei costi operativi (OpEx), grazie ad una sempli-

ficazione dell'architettura di rete e delle procedure di gestione. Inoltre ci si aspetta che la programmabilità dell'infrastruttura di rete, attraverso interfacce aperte e standard, consenta di incrementarne la flessibilità e accelerare l'introduzione di nuovi servizi.

SDN ed NFV rappresentano due approcci complementari, e per molti versi interdipendenti, destinati a trarre beneficio da una loro integrazione nell'evoluzione della rete. Non a caso ormai quando si cita uno di questi due modelli, si assume spesso implicitamente una combinazione delle due tecnologie piuttosto che l'uso esclusivo di una delle due soluzioni.

Mentre il principale obiettivo di NFV è la realizzazione in modalità virtualizzata delle funzionalità di rete, le tecnologie SDN si candidano a giocare un ruolo fondamentale nel fornire all'Operatore la flessibilità nel controllo e nella programmazione flessibile della connettivi-

Figura A - Architettura SDN (Fonte: ONF, Open Networking Foundation)



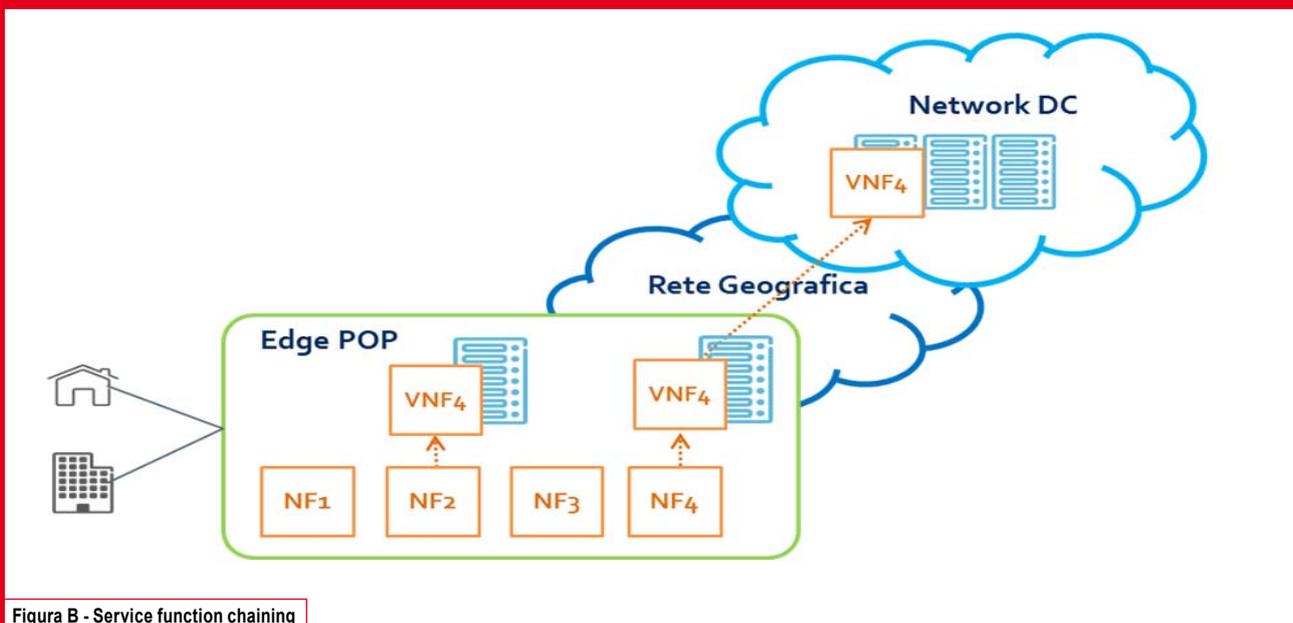


Figura B - Service function chaining

tà nella rete sottostante, per combinarle in un'architettura di servizio. Infatti, il dispiegamento delle soluzioni NFV richiede di essere supportato da meccanismi potenti ed efficienti per la gestione dinamica della connettività, sia sul piano fisico che virtuale, per collegare tra di loro le funzionalità di rete virtualizzate (VNF: Virtual Network Function).

Questo è il proprio il ruolo a cui la tecnologia SDN si presta naturalmente. Il controllo flessibile e dinamico della connettività e dell'inoltro del traffico attraverso la rete può sfruttare la programmabilità introdotta dall'architettura, che consente di supportare in modo efficiente e generalizzato i requisiti di policy routing, ovvero la possibilità di controllare il percorso dei flussi di traffico, introducendo le necessarie eccezioni alla logica di default dello "shortest path routing". Per queste ragioni, una delle applicazioni di SDN che, ad oggi, rivestono particolare importanza è rappresentata dal "service function chaining"¹, ovvero dell'inserimento sul percorso di forwarding del traffico di un numero di NF (*Network Function*) destinate a svolgere funzioni di servizio (es. firewall, DPI, ecc.).

In questo senso SDN rappresenta un ideale complemento ad NFV per definire la connettività tra le funzioni di rete al fine di realizzare il collegamento tra le Network Function richieste dall'architettura del servizio. Le funzionalità (Figura B) possono essere realizzate da apparati fisici dedicati (NFx) o implementate in forma virtualizzata (VNFx), e possono essere ospitate su server presenti nel POP dell'edge di servizio o in data centre di rete. La possibilità di programmare in modo flessibile il percorso dei flussi di traffico attraverso le NF, ovvero di instaurare quello che nell'architettura NFV viene definito come "network function forwarding graph" (NF-FG) è quindi un elemento chiave della soluzione e la tecnologia SDN il modo per realizzarlo, con la possibilità di riconfigurare in modo dinamico e flessibile la connettività se ad esempio nel grafo del servizio deve essere inserita una nuova funzione o se una VNF migra in una diversa locazione di rete.

Su questi principi architetturali di integrazione tra SDN ed NFV si registra ormai una convergenza molto ampia dell'industria. La flessibilità del modello

SDN sembra offrire l'approccio adatto alle esigenze di controllo della connettività di rete. Un aspetto su cui invece assistiamo ancora alla proposta di soluzioni tecniche in parte diversificate è relativo all'implementazione del "forwarding graph" nel data plane. Le principali alternative al riguardo infatti consistono nell'uso:

- a) di OpenFlow per programmare le tabelle di forwarding dei dispositivi di rete;
- b) di meccanismi di tunneling utilizzati tipicamente per creare overlay di servizio sull'infrastruttura di rete;
- c) di nuovi meccanismi di incapsulamento dei pacchetti, quali la tecnica dei NSH (*Network Service Header*), proposta di recente in ambito IETF (*Internet Engineering Task Force*).

Ognuna delle alternative ha naturalmente punti di forza e limiti, siano essi la scalabilità o la mancanza di una standardizzazione, ed è auspicabile che con il maturare delle proposte si converga verso soluzioni interoperabili ■

vinicio.vercellone@telecomitalia.it

¹ La nozione iniziale di "Service Function Chaining" è stata generalizzata dal concetto di "Service Function Composition", ladove quest'ultimo tiene conto della possibilità di combinare le funzioni anche in topologie ("Service Function Graph") più complesse di una semplice concatenazione.

JoInet

JoInet è una sperimentazione geografica di rete che Telecom Italia ha lanciato per verificare i vantaggi e le problematiche poste dalle future reti basate sui paradigmi SDN/NFV. Allo stesso tempo JoInet costituisce un testbed aperto alle maggiori università italiane per stimolare la nascita di nuove idee, di nuove soluzioni e di nuove applicazioni, secondo il nuovo modello di collaborazione tra Telecom Italia ed il mondo accademico inaugurato con il progetto "JoL", Joint Open Lab, partito a metà del 2012 e che ha portato, ad oggi, alla realizzazione di 8 nuovi laboratori di innovazione collocati all'interno di un gruppo selezionato di atenei italiani (Politecnico di Torino, Politecnico di Milano, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, Università di Catania e Università di Trento).

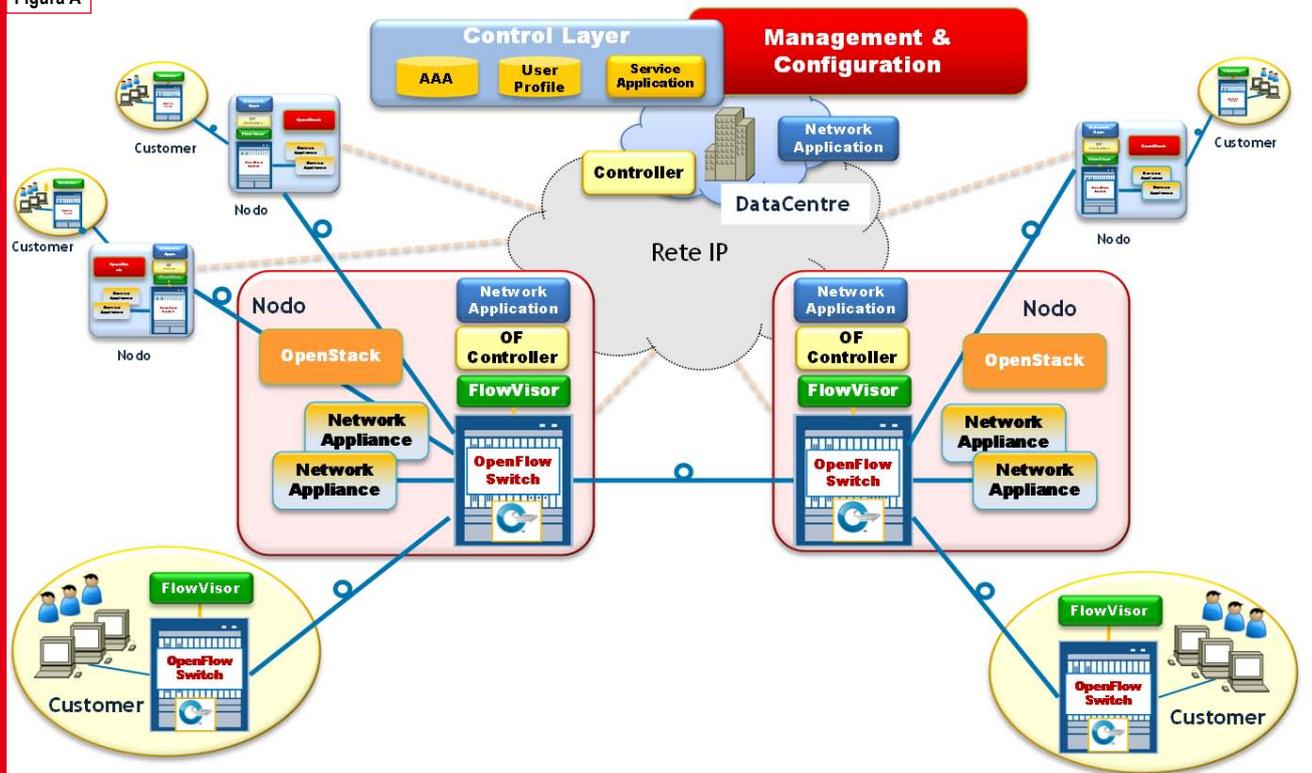
La rete (Figura A) è costituita da 12 switch che integrano il protocollo Openflow: 6 di questi costituiscono il backbone e sono collegati tra loro a maglia completa; 6 switch estendono la rete SDN all'interno delle sedi JoL. Accanto agli switch sono impiegati 6 server, su cui sono supportate, su macchine virtuali secondo l'approccio NFV, le funzionalità che prescindono dal semplice forwarding dei pacchetti: Piano di Controllo, DNS, AAA, Virtual router, ...

L'insieme costituito dalla piattaforma di switching programmabile e dalla piattaforma di calcolo è la realizzazione che oggi più si avvicina a quelli che possiamo immaginare come nodi di rete del futuro, che avranno nella flessibilità e nella completa programmabilità gli elementi determinanti per una

sensibile riduzione dei costi operativi e per una più veloce introduzione dei servizi.

La rete fisica è suddivisa in partizioni logiche, in modo da rendere tra loro indipendenti le attività sperimentali condotte dagli atenei: queste sono realizzate utilizzando l'applicativo Flowvisor che si interpone tra gli switch Openflow ed il controller; sulla base di opportune regole (ad esempio su base identificativo di VLAN) Flowvisor smista i pacchetti di controllo provenienti dagli switch verso il Controller di competenza, eventualmente dedicato alla specifica sperimentazione. Ogni Controller può modificare in questo modo l'instradamento dei soli pacchetti relativi ad una data partizione: questo permette sia di utilizzare contemporaneamente più Controller diversi, sia di sperimentare

Figura A



tare in ogni rete logica regole di instradamento diversificate.

La parte server è gestita tramite il Framework Openstack che attraverso i suoi diversi componenti fornisce una Dashboard, la gestione delle Virtual Machine, delle Immagini Software, dello switching dei pacchetti all'interno dei Server. Openstack include il concetto di Tenant, che nell'ambiente Data Center è l'amministratore di una partizione delle risorse in questo contenute: nell'ambito JoLNet ad ogni sperimentazione è associato un Tenant e ogni Tenant può avere al suo interno più utenti con ruoli differenti.

L'impiego del paradigma Openstack in un contesto di "Data Center distribuito" e la sua integrazione con una rete geografica (con problematiche abbastanza diverse da quelle della rete locale quasi "piatta" in cui è nato) è uno degli aspetti di maggior interesse nelle prime fasi della sperimentazione. Altri aspetti includono il confronto tra le problemati-

che che possono derivare dall'impiego di una soluzione di controllo centralizzata e quelle delle reti attuali in cui il controllo è completamente distribuito; la rivoluzione nel assurance e nel troubleshooting, in cui da una parte si avranno a disposizione nuovi strumenti, ma dall'altra ci si devono attendere modalità operative completamente nuove; o ancora l'apertura al controllo da parte delle applicazioni della rete attraverso le interfacce Northbound dei Controller e di Openstack.

In figura B viene riportato uno schema esemplificativo delle possibili interfacce "aperte" su cui possono essere innestate le attività sperimentali proposte dagli atenei, raccolte in un libro bianco che descrive l'intero progetto e l'architettura di rete proposta.

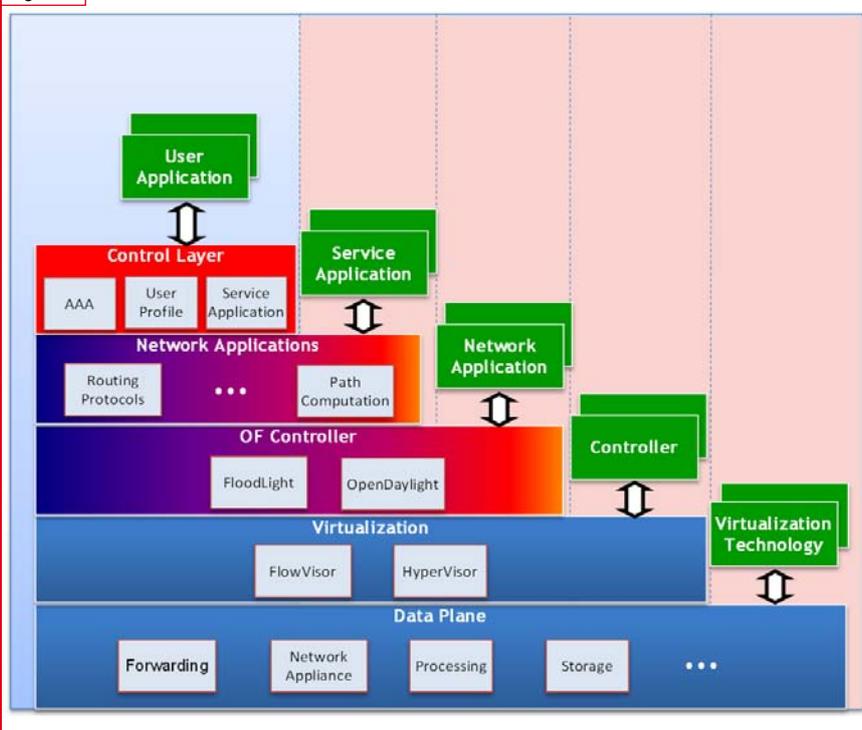
Nel frattempo lo sviluppo della rete procede. In questa iniziativa sono state coinvolte le principali aziende manifatturiere del settore, scegliendo la proposta tecnologica presentata da Cisco,

che si adatta meglio di altre ai requisiti previsti per la prima fase della sperimentazione: apertura delle interfacce, ma anche costi ed ingombri contenuti. La rete ad oggi sfrutta l'infrastruttura di collegamento dei laboratori JoL con la sede Telecom Italia Lab di Torino sulla quale sono realizzati tunnel che permettono di simulare collegamenti diretti a maglia tra tutti nodi Openflow. Da maggio 2014 sono attivi i nodi nei laboratori JoL del Politecnico di Torino e del Politecnico di Milano, oltre al nodo presente in Telecom Italia Lab. L'attivazione degli ulteriori 3 nodi è prevista entro l'autunno prossimo.

A fronte di un successo dell'iniziativa si potrà rilanciare con una seconda fase in cui gli aspetti chiave potrebbero ad esempio essere:

- inserire queste tipologie di apparati all'interno delle centrali, risolvendo quindi i problemi impiantistici e quelli di gestione e controllo in banda ;
- trasformare JoLNet, o una parte di essa, in una rete di produzione;
- capire le problematiche del modello ibrido, in cui routing tradizionale e routing innovativo si integrano sulla stessa infrastruttura ■

Figura B



enrico.polese@telecomitalia.it
mario.ullio@telecomitalia.it

6 La Roadmap verso NFV

Ogni Network Function, nello stato attuale, può essere collocata all'interno di una specifica fase rispetto al percorso di migrazione verso NFV, a seconda del modo in cui essa è realizzata e dispiegata nella rete dell'operatore.

La Figura 5 sintetizza i diversi step nel percorso verso la sua trasformazione da appliance fisica ("Bare Metal") a workload virtuale:

- Step 0: Funzione di rete tradizionale, implementata su HW e SW proprietario. Attualmente, la maggior parte delle funzioni di rete si trovano in questo step: si pensi ad esempio a tutti gli apparati di rete core fisso/mobile, all'IMS, PCRF, le sonde DPI etc;
- Step 1: funzione di rete implementata su server COTS. In questo step si trovano alcune piattaforme di funzioni realizzate mediante un SW dispiegato su HW "standard" COTS: i server DNS, diversi Application Server che ruotano intorno alla fonia fissa/mobile, il Virtual-

PBX. Le funzioni di rete di questo tipo possono essere più facilmente virtualizzate;

- Step 2: funzioni di rete virtualizzate singolarmente su server COTS. Sono quelle funzioni già migrate su una piattaforma di virtualizzazione e realizzate mediante un insieme di Virtual Machine istanziate su server COTS dedicati e tipicamente forniti dallo stesso Vendor;
- Step 3: in questo stato, le funzioni di rete sono virtualizzate e sono orchestrate insieme ad altre funzioni virtualizzate, per ottimizzare le risorse fisiche a loro disposizione, cioè i server COTS dispiegati in rete non sono dedicati alla singola funzione. In questa fase, l'orchestrazione si limita all'on-boarding automatico delle VNF e a gestire la connettività fra loro e con il resto della rete. In questo ambito l'apporto fornito dalla tecnologia Software Defined Networking risulta determinante per garantire l'adeguata dinamicità dei grafi di servizio (cfr. Box *Il SDN e le sue sinergie*

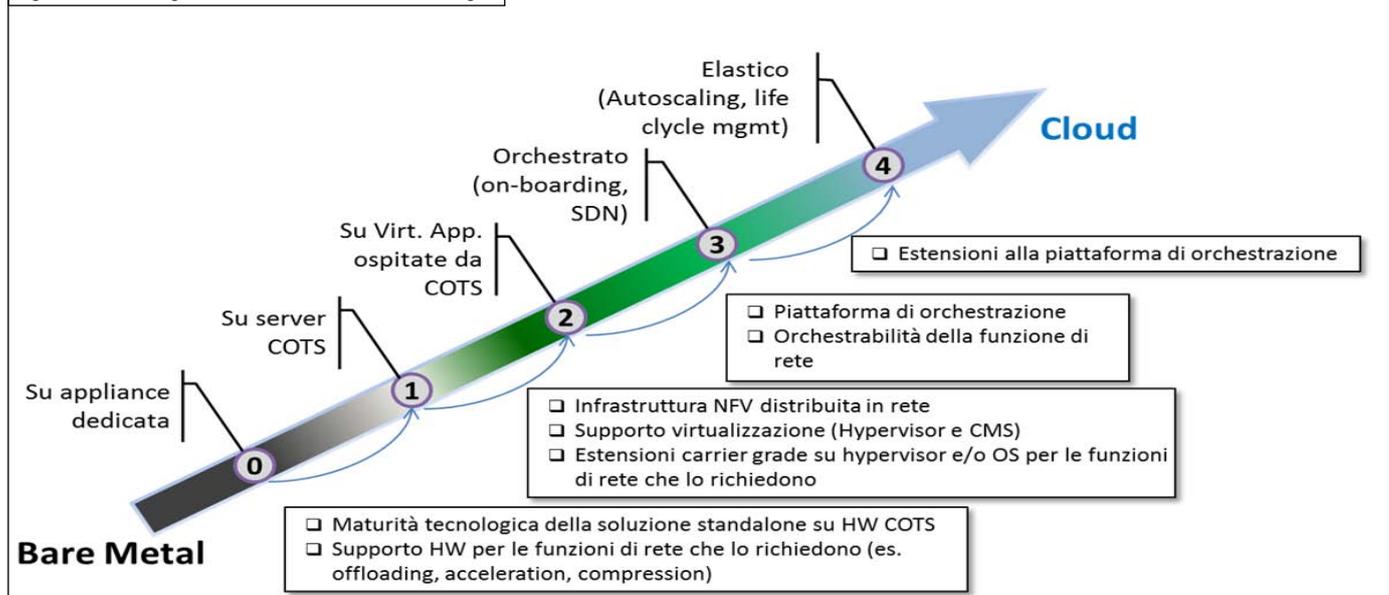
con la Network Function Virtualization);

- Step 4: la funzione di rete è non solo virtualizzata, ma pienamente gestita dall'Orchestratore, che si occupa anche del ciclo di vita e fornisce tutti gli automatismi e gli strumenti necessari a gestire scalabilità e fail delle VNF.

Telecom Italia ha avviato diverse attività interne volte a verificare lo stato di maturità delle soluzioni disponibili sul mercato e la possibilità di virtualizzazione di alcune piattaforme di rete.

Inoltre, nell'ambito di "Joint Open Lab", l'iniziativa di collaborazione con il mondo accademico partita a metà del 2012, sta realizzando un testbed geografico SDN/NFV. Tale testbed (cfr. Box *JolNet*) collegherà i nuovi laboratori di innovazione congiunti, collocati all'interno degli atenei, tramite una infrastruttura di rete programmabile SDN e fornirà nel contempo anche risorse hardware e software distribuite in rete, utilizzabili per la sperimentazione di servizi evoluti in ambito NFV.

Figura 5 - Fasi di migrazione verso NFV e enabler tecnologici



Conclusioni

Grazie all'evoluzione delle capacità dei sistemi COTS, sempre più potenti e general purpose, si è potuto assistere ad una graduale e pervasiva trasformazione delle funzioni basate su elettronica ad-hoc verso realizzazioni puramente basate su software: ad esempio i codec software ora presenti sui nostri cellulari per il trattamento della voce e del video realizzano funzionalità un tempo possibili solo con hardware dedicato.

Lo stesso trend tecnologico è anche uno dei principali enabler della virtualizzazione in generale e, in particolare, della virtualizzazione delle funzioni di rete, dove la possibilità di rendere il software indipendente dal hardware diventa elemento dirompente per tutti gli attori del settore: i costruttori di apparati di telecomunicazione che sono ora chiamati ad allineare i loro prodotti agli scenari NFV, i costruttori di sistemi COTS attirati dall'opportunità di entrare nel mercato delle telecomunicazioni, se saranno in grado di soddisfare i nuovi requisiti "carrier grade", i costruttori di software, in piena sinergia con le iniziative open-source, che potranno accrescere il proprio ruolo in ambito TLC con nuovi elementi mutuati da soluzioni tipicamente IT quali i sistemi di orchestrazione ed i controllori di infrastruttura cloud.

Le caratteristiche di dinamicità e scalabilità delle soluzioni virtualizzate NFV, possono poi abbassare significativamente la soglia di ingresso al mercato di fornitori di servizi innovativi cui è data l'opportunità di gestire le offerte con cicli di vita molto rapidi, investimenti contenuti e grande scalabilità.

I benefici legati alla virtualizzazione delle funzioni di rete sono molteplici e riguardano la flessibilità nella creazione di nuovi servizi e la riduzione dei costi di esercizio. Questi sono resi possibili grazie alla sostanziale semplificazione dell'architettura *hardware*, all'automazione dei processi, al consolidamento dei *workload* su risorse condivise, all'ottimizzazione del loro utilizzo, anche in termini di risparmio energetico e, non ultima, all'opportunità di incrementare le risorse disponibili *on demand*.

Un'altra importante tecnologia, complementare a NFV, è SDN. Questa tecnologia, che si rivolge ad un ambito differente, ma con un analogo intento di semplificazione, è indirizzata ai dispositivi di rete e promuove il disaccoppiamento della funzione di controllo, delegata ad uno strato superiore, da quella del puro forwarding dei flussi di traffico, che diventa quindi "programmabile".

Sull'efficace integrazione di queste due nuove tecnologie, l'una orientata alle funzioni di rete e al renderle disponibili "on demand" e l'altra orientata al controllo del traffico per includere e far raggiungere queste funzioni attraverso i percorsi "fisici" di rete, si giocherà buona parte del loro successo e della effettiva creazione di un ecosistema NFV.

Anche se gli aspetti tecnici da risolvere sono ancora molti e la cornice temporale di una sua adozione su larga scala non è ancora definita, gli operatori di rete sono comunque propensi a considerare questa evoluzione tecnologica inevitabile, se non anche necessaria, e intendono studiarne tutti gli aspetti al fine di poter operare di volta in volta scelte che consentano di trarne i benefici funzionali

ed economici limitando i rischi di questo cambio di paradigma su una rete oggi solidamente basata su competenze e tecnologie in evoluzione ma in un contesto di regole e processi ampiamente collaudati ■

Acronimi

AAA	Authentication Authorization and Accounting
API	Application Programming Interface
CMS	Cloud Management System
COTS	Commercial Off-The-Shelf
CPE	Customer Premises Equipment
CPU	Central Processing Unit
DNS	Domain Name System
DPI	Deep Packet Inspection
EPC	Evolved Packet Core
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FAB	Fulfillment, Assurance and Billing
FCAPS	Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GTW-M	Gateway Metropolitan
HTTP	HyperText Transport Protocol
HW	Hardware
IaaS	Infrastructure as a Service
IMS	IP Multimedia Subsystem
ISG	Industry Specification Groups
IT	Information Technology
MIPS	Mega Instruction Per Second
NFV	Network Functions Virtualization
OS	Operating System
OSS	Operations Support System
PBX	Private Branch eXchange
PCRF	Policy and Charging Rules

Evidenze che emergono dai tavoli internazionali

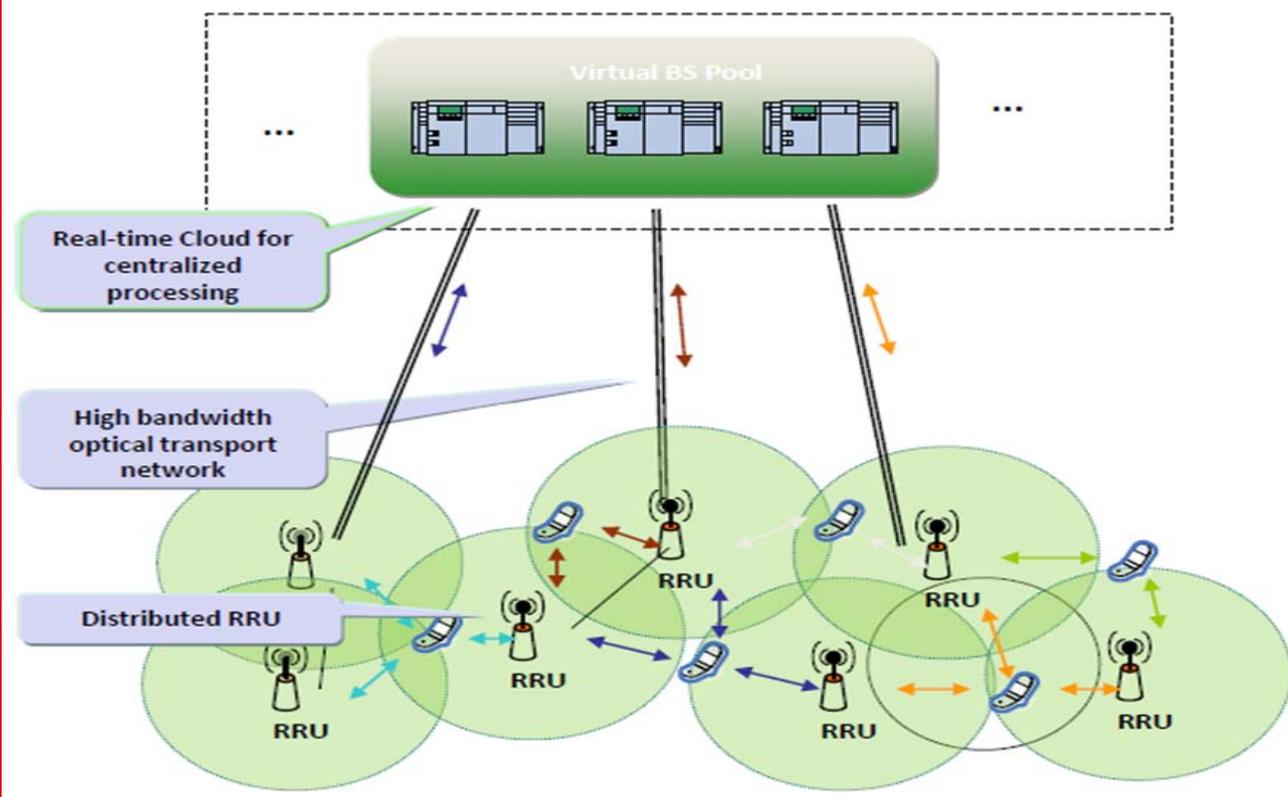
La crescita esponenziale delle capacità di processing e storage dei sistemi IT (con la relativa decrescita dei costi) e l'avvento dell'Ultra-broadband fisso e mobile stanno creando le condizioni per una importante ridefinizione delle piattaforme di rete e servizi. Il fenomeno è al centro di una forte attenzione industriale evidente sia nei forum ed enti che trattano di Software Defined Networks /e/ Network Function Virtualization, sia nei movimenti di mercato. Questo profondo fenomeno evolutivo dev'essere analizzato sia dal punto di vista tecnologico, sia per le possibili implicazioni di business e di regolatorio causati anche dall'abbassamento della soglia di ingresso per nuovi Operatori e Fornitori di Servizi. Inoltre, l'attività di prototipazio-

ne e dimostrazione sperimentale in vari contesti internazionali danno evidenze della concreta possibilità di virtualizzare le funzionalità di rete (ad esempio le middle-box, se non addirittura i livelli 2 e 3 di rete) e di migrarne l'esecuzione in Network Data Center (secondo il modello Cloud Computing).

In ambito standardizzazione, si evidenzia da un lato l'attenzione ricevuta dall'Open Networking Foundation, il principale ente che promulga standard in ambito SDN, con la partecipazione di oltre di 150 aziende del mondo del networking, e la realizzazione di prodotti a standard OpenFlow. Per quanto riguarda ETSI NFV, la partecipazione è cresciuta da 53 a 210 aziende (da inizio 2013 a metà 2014) di cui solo il

40% membri ETSI, con forte partecipazione da aziende asiatiche e nordamericane e di tutti i principali operatori mondiali. Con la recente pubblicazione delle specifiche NFV (in formato draft) si è inoltre avviato un processo di approfondimento da parte di altri enti di standardizzazione: si segnala in 3GPP l'avvio di uno Study Item in SA5 (Management) sul tema della gestione integrata di una rete mobile tradizionale e con componenti virtualizzate; anche per BBF, la virtualizzazione è ritenuto tema strategico suscettibile di innovare in modo disruptive le architetture e le caratteristiche dei nodi di rete fissa. Infine anche per il TMForum il tema e' di forte attenzione, con un workshop, una track e diversi Catalayst.

Modello C-RAN (Fonte- China Mobile)



Anche l'OpenSource gioca un forte ruolo con la creazione di ecosistemi che aggregano player consolidati e start-up all'interno dei principali progetti. In particolare segnaliamo per SDN l'Open Daylight Project, avviato nel 2013 da importanti Vendor in ambito networking (ad esempio CISCO) e che in un anno ha portato al primo rilascio di una Piattaforma di Controller SDN denominata 'Hydrogen' (in grado di dialogare sia con OpenFlow sia con altri protocolli standard, ad es. NetConf. Per NFV è stata recentemente avviata una analoga iniziativa che vede la partecipazione di importanti vendor ed operatori per la creazione di una NFV Infrastructure Open Source, denominata Open Platform for NFV (OPN), che valorizzi ed adatti piattaforme Open Source esistenti (e.g. OpenStack) al mondo Telco.

Relativamente agli Operatori, segnaliamo come già oggi, ad esempio, China Mobile si sta orientando verso un modello C-RAN centralizzato, dove la Base Station mantiene solo l'antenna e la RRU (Remote Radio Unit) mentre tutte le altre funzionalità di rete radio (da livello 2 al livello 7) sono opportunamente "aggregate" ed eseguite nei Data Center, raggiunti con interconnessioni ottica ad alta capacità. Questo modello consentirebbe forti risparmi energetici e di risorse fisiche (con conseguenti riduzioni CAPEX e OPEX), migliori prestazioni, semplicità di deployment ed esercizio.

Questi trend danno evidenza anche di un significativo impatto sui processi di Operations, che andranno verso la gestione e l'orchestrazione di risorse logiche di processing, storage e comunicazione (ad es. attraverso astrazioni programmabili delle risorse fisiche, fino

alle macchine o ai terminali). In questa direzione, l'introduzione di metodi e sistemi che automatizzano i processi è una tendenza che punta ad ottenere forti riduzioni di OPEX (si segnalano le attività di Orange in questa direzione). AT&T ha annunciato la vision 2020 orientata verso la virtualizzazione, con NFV e SDN tecnologie di riferimento, e la integrazione tra il mondo Network ed il mondo IT, con un cloud IT (pochi grandi data center e tante applicazioni) e un NFV (tanti data center nei POP e poche applicazioni); ATT è uno degli operatori driver della iniziativa Open Platform for NFV: l'obiettivo è accorciare il time to market e accelerare il deployment di nuove funzioni per il cliente.

Un operatore molto attivo negli studi e trial NFV è Telefonica, che ha annunciato il dispiegamento in campo in Brasile di funzioni di virtual CPE e lo sviluppo di un laboratorio centrale NFV in cui intende provare le diverse tecnologie afferenti al contesto NFV con una serie di partner tecnologici.

Altri Operatori, come ad esempio Deutsche Telekom, stanno sperimentando il modello "Software-defined Operator" con field-trial che coinvolgono Utenti reali (ad esempio la rete TerraStream in Croazia). Anche gli OTT si sono già mossi nella direzione di sfruttare il modello "Software-defined" (ad esempio la WAN G-Scale di Google che interconnette tutti i Data Center) anche nell'ottica di favorire lo sviluppo e diffusione di nuovi scenari avanzati di servizi basati su droni e robot (ad es. acquisizione di Titan da parte di Google, e gli investimenti della divisione Google X sulla robotica).

Le conseguenze di medio-lungo termine potrebbero essere anche "disrup-

tive". Si possono infatti immaginare scenari (come annunciati da China Mobile per la Cina) dove Infrastructure Provider affittino risorse fisiche (ad es. antenne, fibra, processing e storage) a "Software-defined Operator" le cui piattaforme di rete e servizi sarebbero interamente sviluppate in software e quindi, in linea di principio, facilmente de-perimetrizzabili verso altri paesi (con bassi costi). Questo scenario è in corso di analisi anche nell'ambito delle attività su 5G di H2020, in particolare in ottica Digital Single Market. L'analisi di questi scenari, in ottica di comprensione delle opportunità e dei rischi per l'Operatore, è facilitata dalla Chairmanship dell'Iniziativa IEEE su SDN², iniziativa che si sta dimostrando essere un punto di osservazione internazionale di particolare rilievo ■

antonio.manzalini@telecomitalia.it
andrea.pinnola@telecomitalia.it

² <http://sdn.ieee.org/>

	Function
PoC	Proof of Concept
R&D	Research and Development
SDN	Software Defined Networking
SLA	Service Level Agreement
SW	Software
TCO	Total Cost of Ownership
VIM	Virtual Infrastructure Manager
VM	Virtual Machine
VNF	Virtual Network Functions



Bibliografia

- [1] Antonio Manzalini, Vinicio Vercellone, Mario Ullio "Software defined networking: sfide e opportunità per le reti del futuro", – Notiziario Tecnico Telecom Italia Numero 1 – 2013
- [2] Giovanni Lofrumento "Dalle Centrali Telefoniche alle Centrali Computazionali: verso il Cloud Computing", Notiziario Tecnico Telecom Italia Numero 2 – 2010
- [3] Guido Montalbano, Cataldo Tiano, Fabio Valant "Cloud Computing: le soluzioni dei Telecom Italia" – Notiziario Tecnico Telecom Italia Numero 1 – 2011
- [4] ETSI GS NFV 002 v.1.1.1 (2013-10) – "Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework"
- [5] OpenStack Documentation: <http://docs.openstack.org/>
- [6] ETSI NFV Management and Orchestration - An Overview - <http://www.ietf.org/proceedings/88/slides/slides-88-opsawg-6.pdf>
- [7] <http://www.donbot.com/Futurebot/NewTech/NT01360MoravecGraphFirstModification.html>
- [8] Managing the Virtualized Network: How SDN & NFV Will Change OSS, http://www.heavyreading.com/details.asp?sku_id=3082&skuitem_itemid=1515
- [9] Ivano Guardini, Elena Demaria, Roberto Minerva, Antonio Manzalini e altri "Network Functions Virtualisation: An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges & Call for Action", http://portal.etsi.org/nfv/nfv_white_paper.pdf
- [10] ETSI Network Functions Virtualisation, <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv>
- [11] Elena Demaria, Andrea Pinnola : "Network Functions Virtualisation (NFV): Network Operator Perspectives on Industry Progress", http://portal.etsi.org/nfv/nfv_white_paper2.pdf
- [12] ETSI, "NFV Terminology for Main Concepts in NFV" Oct 2013, http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/003/01.01.01_60/gs_NFV003v010101p.pdf
- [13] ETSI, "NFV Use Cases", http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV001v010101p.pdf
- [14] ETSI, "NFV Virtualization Requirements", Oct 2013, 17 pp., http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/004/01.01.01_60/gs_NFV004v010101p.pdf
- [15] M. Cohn, "NFV, An Insider's Perspective: Part 1: Goals, History, and Promise" Sep 2013, <http://www.sdncentral.com/education/nfv-insidersperspective-part-1-goals-history-promise/2013/09/>
- [16] M. Cohn, "NFV Insider's Perspective, Part 2: There's a Network in NFV – The Business Case for SDN" Sep 2013, <http://www.sdncentral.com/education/nfv-insiders-perspective-part-2-theres-network-nfv-business-case-sdn/2013/09/>
- [17] M. Cohn, "NFV Group Flocks to Proof-of-Concept Demos" Aug 2013, <http://www.sdncentral.com/technology/nfv-group-flocks-to-proof-ofconcept-models/2013/08/>
- [18] W. Xu, et al., "Data Models for NFV" IETF Draft, Sep 2013, <http://tools.ietf.org/html/draft-xjz-nfv-model-datamodel-00>
- [19] CloudNFV, <http://www.cloudnfv.com/page1.html>
- [20] Intel, "Open simplified Networking Based on SDN and NFV" 2013, 7 pp., <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/whitepapers/sdn-part-1-secured.pdf>
- [21] J. DiGiglio, and D. Ricci, "High Performance, Open Standard Virtualization with NFV and SDN" http://www.windriver.com/whitepapers/ovp/ovp_whitepaper.pdf
- [22] Frank Ohlhorst "OpenStack: An Overview", <http://www.networkcomputing.com/cloud-infrastructure/openstack-an-overview/d/d-id/1233990?>

luigi.grossi@telecomitalia.it
eugenio.maffione@telecomitalia.it
giancarlo.marasso@telecomitalia.it
simone.ruffino@telecomitalia.it



Luigi Grossi

da oltre 25 anni in Azienda, dove ha iniziato come sistemista di reti dati a larga banda e di commutazione in progetti nazionali ed internazionali che hanno anche portato ai primi dispiegamenti di rete ATM in Italia. Successivamente ha avuto la responsabilità di progetti di sviluppo di piattaforme per il controllo e la gestione delle reti di telecomunicazioni (es. progetto internazionale TINA) e ha portato la sua esperienza nella valutazione dei costi di rete delle partecipate estere e nella gara di acquisizione di TeleBras. Da quasi dieci anni è ora impegnato nello sviluppo di progetti di innovazione delle piattaforme di servizio rivolte a grandi clienti e pubbliche amministrazioni, con particolare riferimento ad applicazioni per il turismo e l'infomobilità, alle tecnologie machine-to-machine, al cloud computing ed alle tecniche di Software Defined Networking.



Eugenio Maffione

informatico, entra in Azienda nel 1995, dove ha partecipato a diversi progetti ICT, alcuni di rilievo nazionale, in collaborazione con Microsoft, HP/Compaq, EMC, Cisco e altre società attive. Dal 2003 si è occupato del coordinamento di progetti innovativi per TIM e Telecom Italia, della gestione dei laboratori di Content & Storage Networking e di IP Multiservice Network Control e dell'attività di ricerca e prototipazione su tali tematiche. Più recentemente ha lavorato sugli algoritmi per il profiling e le architetture Big Data. È co-inventore di diversi brevetti di Telecom Italia, relativi allo Storage Networking, alla distribuzione di contenuti multimediali, alla QoS e al Behavioral Advertising. Dal 2013 si occupa di NFV e ha partecipato alla progettazione e al deployment di JoLNet, il testbed distribuito di Telecom Italia per la sperimentazione integrata SDN/NFV. Prima di entrare in Azienda, è stato co-fondatore e responsabile tecnico di una Software House in Torino focalizzata alla realizzazione di software per Banche e SME, dove ha lavorato per circa dieci anni.



Giancarlo Marasso

informatico, entra in Azienda nel 1992, occupandosi di sicurezza nei protocolli ISO/OSI per la gestione di sistemi aperti. Ha proseguito la sua carriera occupandosi di innovazione negli OSS, realizzando soluzioni per il delivery di servizi Consumer e sistemi di monitoraggio della qualità del servizio. Dal 1999, in qualità di Project Leader, ha collaborato prima con Vodafone, occupandosi del mediation realtime tra il Customer Care Billing System e la Rete Intelligente e successivamente in Telecom Italia dello sviluppo e della messa in campo della prima soluzione IMS per il fisso. Attualmente si occupa di un progetto innovativo sull'evoluzione OSS per abilitare il paradigma del Cloud ai servizi di Rete tradizionali e segue i temi NFV/SDN legati all'OSS.



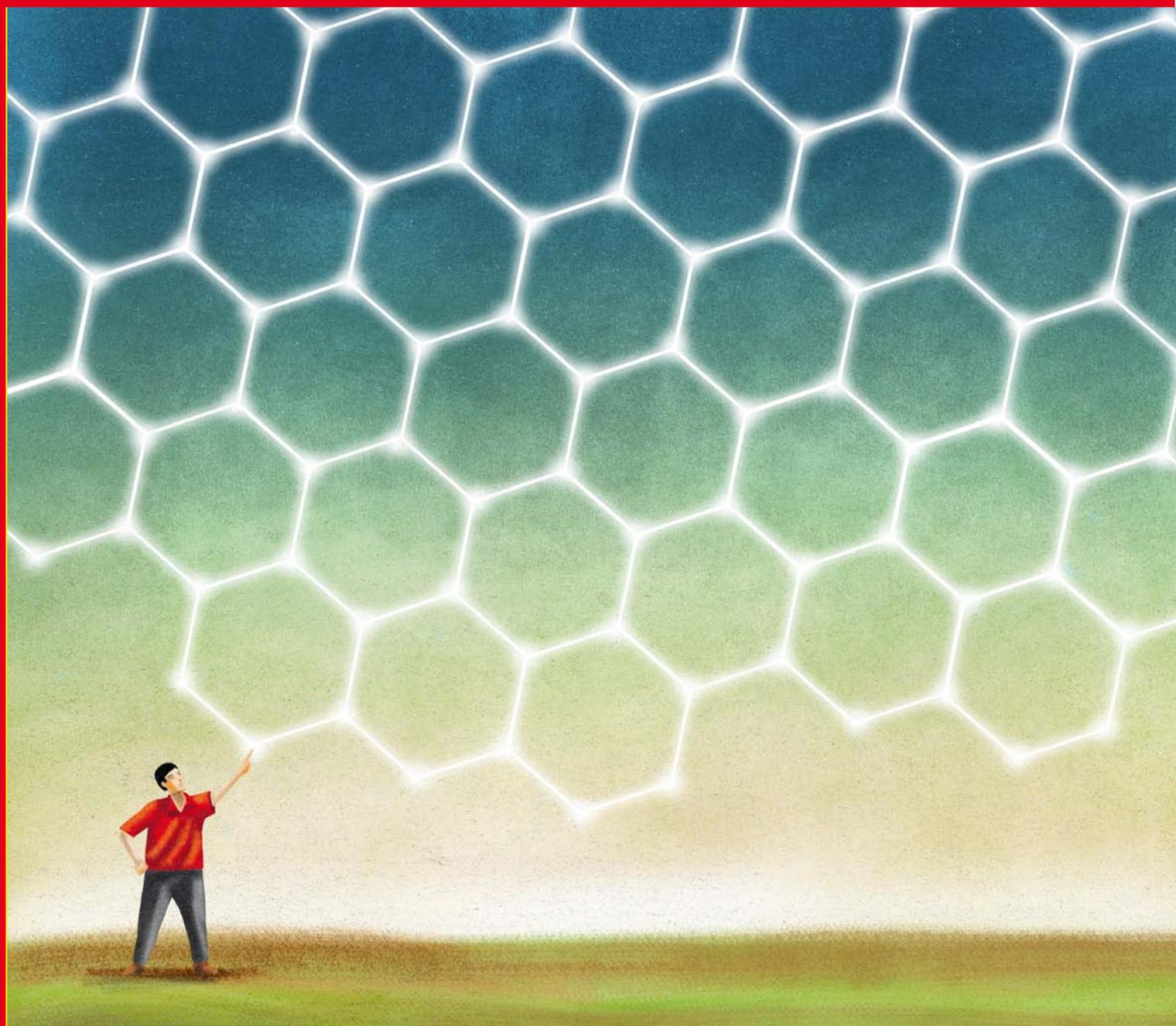
Simone Ruffino

ingegnere informatico è entrato in Telecom Italia nel 1998. È attualmente impegnato in progetti di ricerca sulle Network Function Virtualization e Software Defined Networking, focalizzati all'applicazione delle tecnologie cloud alle reti fisso/mobili dell'Operatore. In questo ambito, si occupa anche della valutazione e testing di soluzioni innovative SDN/NFV commerciali e open source. In passato, si è occupato dell'analisi e valutazione dei prodotti per la rete core mobile 4G. Ha partecipato a diversi progetti finanziati UE nel settore della Future Internet. È stato coinvolto in diverse attività di standardizzazione nel WiMAX Forum e IETF, in materia di reti ad-hoc mobili e la mobilità IP. È stato project manager di progetti di ricerca connessi con il wireless mobile e tecnologie di rete innovative.



MOBILE TREND: SELF-ORGANIZING NETWORKS

Simone Bizzarri, Andrea Buldorini, Giuseppe Catalano



Il concetto di SON, **Self-Organizing Networks**, introdotto nell'ambito della rete di accesso radiomobile con LTE, è una prima risposta all'esigenza degli Operatori di far fronte ad un incremento di complessità di gestione dei processi di configurazione, ottimizzazione e assurance delle reti.

Nell'articolo sono illustrati i driver e gli sviluppi negli enti di standard che hanno portato alla disponibilità di soluzioni di rete già dai primi deployment LTE, gli use case, le architetture e gli aspetti funzionali degli abilitatori SON, nonché le principali varianti implementative, con estensione alle soluzioni proposte per le tecnologie legacy 2G e 3G. Sono descritti alcuni casi pratici adottati in rete Telecom Italia e sono delineati i trend per l'evoluzione del SON verso le reti 5G.

1 Introduzione

L'approccio tradizionale per la configurazione e l'ottimizzazione delle reti radiomobili prevede l'azione manuale sui parametri dei nodi di rete, eseguito periodicamente o in base alle esigenze di intervento dovute al deployment di nuovi nodi o alla necessità di adattare la configurazione alla distribuzione del traffico.

L'incremento del numero di tecnologie radio (GSM, UMTS, LTE), di frequenze (800/900/1800/2100/2600 MHz) e di nodi (macro, micro/pico celle) (Figura 1) fa crescere esponenzialmente il numero di parametri che devono essere oggetto di verifiche ed ottimizzazioni. Il controllo della rete diventa una sfida tecnologica per gli operatori mobili in diversi ambiti:

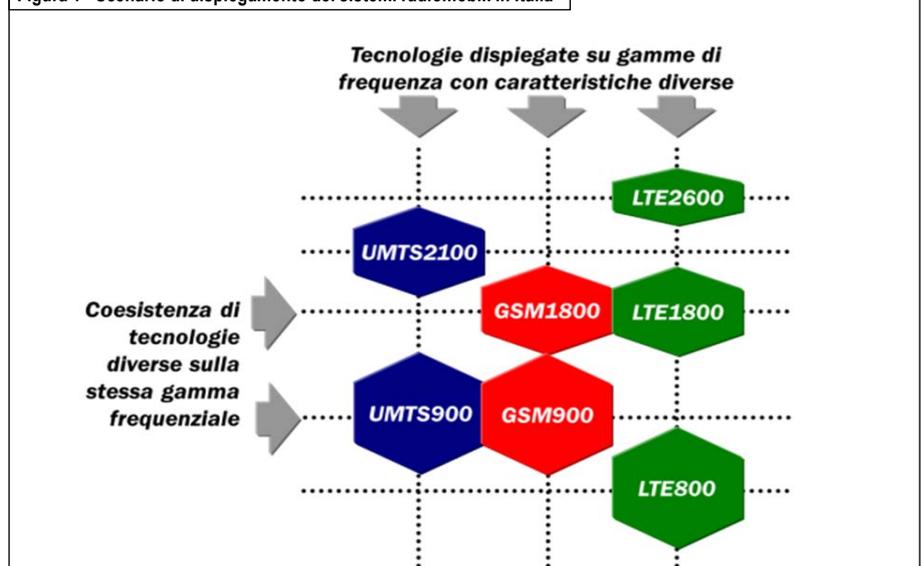
- progettazione ed ottimizzazione multi-layer, multi-tecnologia, multi-vendor;

- indirizzamento dinamico del traffico (traffic steering) in funzione del profilo, del terminale e dell'applicazione utilizzata;
- tuning della rete in grado di «seguire i flussi di traffico» nel tempo (ad esempio per fascia oraria) e nello spazio (geolocalizzazione);

- miglioramento OPEX e qualità erogata.

Per poter affrontare la crescente complessità della gestione della rete mobile, gli enti di standardizzazione hanno introdotto il concetto di SON (*Self-Organizing Networks*), al fine di abilitare l'automatizzazione di parte

Figura 1 - Scenario di dispiegamento dei sistemi radiomobili in Italia



dei processi di configurazione e ottimizzazione. Un tipico ambito di applicazione è rappresentato dai dispiegamenti eterogenei, in cui lo scenario integrato macro, micro e pico, può rendere le attività di ottimizzazione locale estremamente complesse e gestibili solo attraverso soluzioni automatizzate.

2 Standardizzazione NGMN e 3GPP

2.1 NGMN - Next Generation Mobile Networks

NGMN è una iniziativa fondata nel 2007 dai principali Operatori con l'obiettivo di guidare lo sviluppo degli standard riguardanti i sistemi radiomobili verso la quarta generazione.

In [1] vengono illustrati i principali use case di interesse per le attività di configurazione, ottimizzazione e fault management, sulla base dei quali sono stati definiti i requisiti tecnologici verso le reti (comprendendo in questa accezione i nodi di rete, i sistemi di OSS e anche i terminali). Tali requisiti sono stati quindi veicolati al 3GPP e hanno determinato l'avvio di attività di standardizzazione di funzionalità SON a partire dalla Release 8 di LTE. In seguito, l'analisi di ulteriori use case ha portato NGMN [2] ad estendere gli obiettivi dalla semplice automatizzazione di alcuni processi al concetto più ampio di *operational efficiency*, puntando l'accento su aspetti della gestione di rete comprendenti il controllo del SON, il performance management, la raccolta di misure ed eventi di rete, l'interfacciamento con i sistemi di gestione dell'Operatore.

2.2 Standard 3GPP

Il concetto di Self-Organizing Networks viene introdotto in 3GPP con LTE già a partire dalla Release 8. In [3][4] sono riportati rispettivamente gli use case recepiti in 3GPP (alcuni derivati proprio dall'attività NGMN) e la descrizione architetturale delle funzionalità della rete di accesso radio a supporto del SON, che si distinguono in:

Self-configuration: procedure automatiche per la configurazione iniziale ed il provisioning dei nodi di rete (ad esempio eNodeB Plug&Play);

Self-ottimizzazione: processi nei quali le misure e gli eventi rilevati dai nodi di rete e dai terminali sono utilizzati come base per un tuning automatico di parametri di rete;

Self-healing: soluzioni per il monitoraggio degli allarmi in grado di scatenare funzionalità automatiche di fault recovery;

Lo standard 3GPP definisce in dettaglio gli use case riportati in (Tabella 1) e le relative funzionalità di interlavoro tra le entità di rete (incluso il terminale), mentre gli algoritmi SON sono fuori dal contesto della standardizzazione e sono, dunque, lasciati all'implementazione. Ulteriori use case SON potranno essere standardizzati in 3GPP sulla base delle attività di studio appena concluse nell'ambito della Release 12 [5][6].

3 Architettura e funzionalità SON

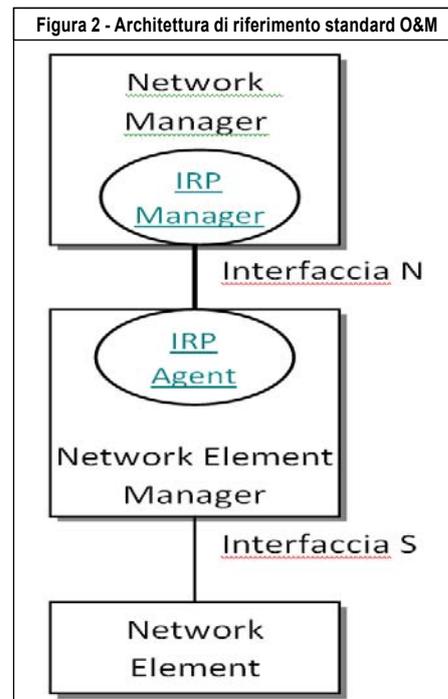
Le funzionalità di gestione automatica della rete radio mobile (SON) possono essere collocate in parti diverse sia nella rete radio

mobile, sia nel sistema di O&M (*Operation and Maintenance*) ad essa associato e in dipendenza di questa collocazione si ottengono architetture diverse, ognuna delle quali caratterizzata da punti di forza e da limiti che saranno illustrati nel seguito.

La Figura 2 descrive l'architettura di riferimento 3GPP per l'O&M [5]:

Tale figura evidenzia i tre distinti livelli di sistema, comuni a tutte le varianti architetturali SON:

- il livello di rete: ne fanno parte tutti i nodi di rete (ad esempio: eNB, MME, etc) indipendentemente dalla loro posizione nella gerarchia di rete. Dal punto di vista gestionale racchiude i processi fortemente dipendenti dalla tecnologia usata per l'implementazione del nodo stesso;
- il livello di Network Element Manager: è formato dalle funzionalità di gestione diretta dei nodi di rete; l'interfaccia S



Use case	Descrizione
eNodeB Self-establishment	Automatizzazione di alcuni processi di configurazione dell'eNodeB e di establishment delle interfacce e dei nodi di accesso radio ; le funzionalità si basano in parte su procedure di Network Management e in parte sui protocolli delle interfacce X2 ed S1.
Automatic Neighbour Relations (ANR)	Auto-configurazione delle relazioni di adiacenza tra nodi, mediante procedure con le quali l'eNodeB può scoprire nuove celle adiacenti segnalate dal terminale in fase di handover e quindi di configurare sia l'adiacenza che eseguire l'eventuale setup dell'interfaccia X2 (per adiacenze LTE). L'ANR LTE prevede anche l'inclusione di celle adiacenti 2G e 3G. Similmente, sono state introdotte funzionalità anche per il supporto dell'ANR sulle reti 3G.
Physical Cell ID (PCI) configuration	Configurazione del Physical Cell ID delle celle all'atto dell'introduzione in rete di un nuovo nodo oppure nel caso di un conflitto tra PCI di celle adiacenti.
Mobility Robustness Optimization (MRO)	Ottimizzazione della configurazione di rete (per esempio soglie di handover) al fine di ridurre fenomeni di failure della mobilità (handover anticipato, ritardato o effettuato verso una cella non idonea), di handover non necessario verso un'altra RAT, di ping pong tra RAT diverse. La funzionalità si basa sul reporting da parte del terminale di eventi di Radio Link Failure e sullo scambio di informazioni tra i nodi adiacenti coinvolti.
Mobility Load Balancing (MLB) Optimization	Ottimizzazione dei parametri di handover per ottenere un bilanciamento del carico tra celle adiacenti. La parte di funzionalità standardizzata consiste nello scambio di informazioni di carico tra nodi (sia intra-LTE, sia inter-RAT) in modo che essi possano adattare i parametri di handover e/o di rilesione di cella e favorire l'offload del traffico da una cella verso l'altra.
RACH Optimization	Ottimizzazione dei parametri relativi alla procedura di Random Access, sulla base della stima del carico in uplink eseguita dalla rete.
Energy Saving	Accensione/spengimento automatico di nodi micro/pico in funzione dei livelli traffico in rete, con l'obiettivo di ridurre il consumo energetico.
Coverage and Capacity Optimization (CCO)	Ha l'obiettivo di identificare problemi di copertura o di capacità di cella in base al monitoraggio di contatori di rete e di determinare il trade-off ottimale adattando dinamicamente parametri quali la potenza in trasmissione e il tilt dell'antenna.
Cell Outage Compensation (COC)	Use case di self-healing (SH): riduzione del disservizio dato dalla non disponibilità temporanea di un nodo mediante riconfigurazione dei nodi adiacenti.
Minimization of Drive Tests (MDT)	Tracciamento e raccolta di misure ed eventi di rete a supporto dell'analisi delle prestazioni e il troubleshooting. Non è propriamente uno use case SON, ma le informazioni raccolte possono essere utilizzate a supporto di altri use case di self-optimization e self-healing.

Tabella 1 - Gli use case definiti dal 3GPP

è proprietaria e non oggetto di attività di normativa in ambito radiomobile in quanto è nel dominio del singolo vendor di rete;

- il livello di Network Manager: tale livello è costituito dalle funzionalità di O&M che non dipendono dal vendor di rete. L'interazione tra le due entità IRP Manager e IRP Agent attraverso l'interfaccia N è oggetto delle attività di normativa per l'O&M in 3GPP.

In base all'allocazione funzionale sopra descritta, si possono individuare tre tipi di architetture SON: distribuita, centralizzata e ibrida.

3.1 Architettura Distribuita

In questa architettura gli algoritmi SON risiedono nei nodi di rete (Network Element) riservando i compiti di attivazione, configura-

zione di vincoli e obiettivi prestazionali e disattivazione del SON allo strato di NEM (*Network Element Manager*) e a quello di NM (*Network Manager*). In questo caso le misure di prestazione e i parametri di configurazione utili al SON sono interni al NE. Esempi di use case realizzabili con architettura distribuita sono: ANR, PCI Configuration, MLB, RACH Optimization. Le peculiarità di questo tipo di architettura riguardano:

- la cooperazione tra i nodi di rete, che scambiano tra loro le informazioni necessarie alla ottimizzazione dei parametri; ad esempio, in ambito LTE gli eNodeB scambiano sulla interfaccia X2 le informazioni relative al carico di rete o i PCI configurati sulle celle controllate, in modo che ciascun nodo possa settare i parametri coinvolti;
- la localizzazione dell'azione di riconfigurazione, che concerne tipicamente un insieme di nodi che agiscono in modo cooperativo su una determinata area di copertura. In ambito LTE, la cooperazione coinvolge gli eNodeB adiacenti che sono collegati dall'interfaccia X2 (dunque, per estensione, un'area SON gestita in modo distribuito può corrispondere ad un'area E-UTRAN magliata a livello X2, tipicamente una MME pool area). In alcuni casi specifici (ad esempio RACH Optimization), l'ottimizzazione può riguardare un singolo nodo;
- l'autonomia delle azioni che, essendo caratterizzate dalla località, vengono eseguite in modo indipendente rispetto alle altre porzioni di rete;
- la possibilità di garantire l'adattamento a fronte di varia-

zioni rapide delle condizioni operative della rete (*Short term adaptation*).

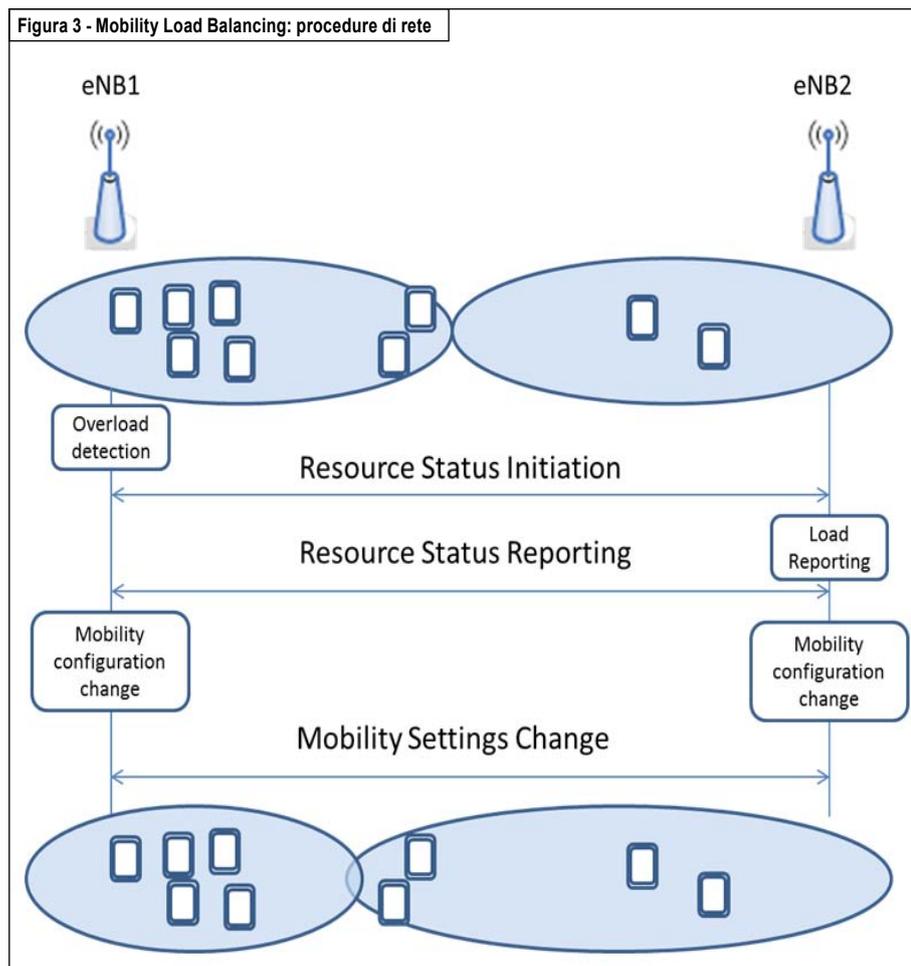
In questo scenario, il controllo degli algoritmi locali da parte dell'Operatore è garantito da parametri e policy di controllo, configurati sui NE attraverso le funzionalità di O&M.

Nella Figura 3 è descritto il principio di funzionamento del Mobility Load Balancing [4]. L'eNB1, in caso di overload, richiede all'eNB2 di comunicare il proprio stato di carico (procedura di Resource Status Reporting Initiation). L'eNB2 invia le informazioni relative al proprio livello di traffico (procedura di Resource Status Reporting in modalità ad evento o periodica), in modo che l'eNB1 possa valutare l'oppor-

tunità dell'offload. In caso positivo, qualora l'offload sia possibile, l'eNB1 propone all'eNB2 la modifica della configurazione dei parametri di mobilità; se l'eNB2 accetta la modifica proposta, tali parametri vengono modificati (Procedura di Mobility Settings Change), entro i limiti stability dalla policy di O&M, e gli UE a bordo cella effettuano una procedura di mobilità verso il nodo target.

Il punto di forza delle soluzioni distribuite è nell'autonomia e nella flessibilità degli algoritmi. I punti critici possono essere relativi all'interlavoro in ambiente multivendor, dovuti al fatto che lo standard definisce i dati e le modalità di comunicazione tra i nodi, ma non gli algoritmi interni ai nodi.

Figura 3 - Mobility Load Balancing: procedure di rete



3.2 Architettura Centralizzata

Gli algoritmi SON sono implementati nello strato di Network Management oppure in quello di Network Element Management. Le caratteristiche di questo tipo di soluzione possono essere riassunte nei seguenti aspetti:

- gli algoritmi SON possono raccogliere ed elaborare dati prestazionali relativi ad ampie porzioni di rete. Questo permette azioni efficaci negli use case in cui è necessaria un'azione coordinata su un numero elevato di celle;
- la necessità di trasferire e raccogliere i KPI in nodi centralizzati allunga i tempi di "reazione" degli algoritmi permettendo un adattamento della rete in tempi più lunghi rispetto alle soluzioni distribuite (*long term adaptation*);
- la collocazione degli algoritmi SON al livello di Network Management permette una gestione più omogenea in ambiente multivendor, con la possibilità di svincolarsi maggiormente dalle caratteristiche implementative delle soluzioni a livello di Network Element Manager, in presenza di interfaccia Northbound (itf-N) interoperabile.

3.3 Architettura Ibrida

In questo caso gli algoritmi SON possono risiedere sia nei nodi di rete, sia nello strato di NEM sia in quello di NM. Questa architettura permette, in linea teorica, di ereditare i punti di forza delle architetture descritte nei paragrafi precedenti, presentando però un livello di complessità maggiore. In generale è necessario definire

esattamente le aree di complementarietà degli algoritmi SON distribuiti e di quelli centralizzati ed in particolare gestire:

- la coesistenza delle decisioni autonome tipiche degli algoritmi SON posti nei nodi di rete (architettura distribuita) con il controllo generale effettuato dagli algoritmi centralizzati (autonomia versus dipendenza);
- il differente tempo di risposta degli algoritmi distribuiti con quelli centralizzati (breve versus medio/lungo);
- la differente scala di azione in termini di porzioni di rete interessate (ristretta versus ampia).

compito di generare dei criteri e dei vincoli all'interno dei quali gli algoritmi posti negli strati sottostanti (Network Element Management e Network Element) operano in autonomia.

L'azione simultanea di più funzionalità SON in rete può rendere necessaria un'operazione di coordinamento quando due o più algoritmi:

- agiscono sugli stessi parametri di configurazione (ad esempio nel caso delle soglie di handover modificate sia per Mobility Robustness sia per Mobility Load Balancing);
- generano azioni non coerenti (ad esempio la riduzione della potenza del pilota e la modifica di un soglia di handover, che possono generare un buco di copertura).

gurare priorità diverse da parte del Network Manager, così da favorire l'azione di una a scapito dell'altra nel caso di un potenziale conflitto. Le priorità possono essere definite congiuntamente agli obiettivi e ai vincoli descritti precedentemente, il che permette all'Operatore di avere un controllo sulle prestazioni della funzionalità anche nei casi di conflitto.

Nel caso di funzionalità residenti in nodi diversi, non sono state ancora standardizzate soluzioni di coordinamento basate sulle interfacce di rete. In questo caso il coordinamento può essere gestito a livello di Network Management.

3.4 Controllo e coordinamento di funzionalità SON

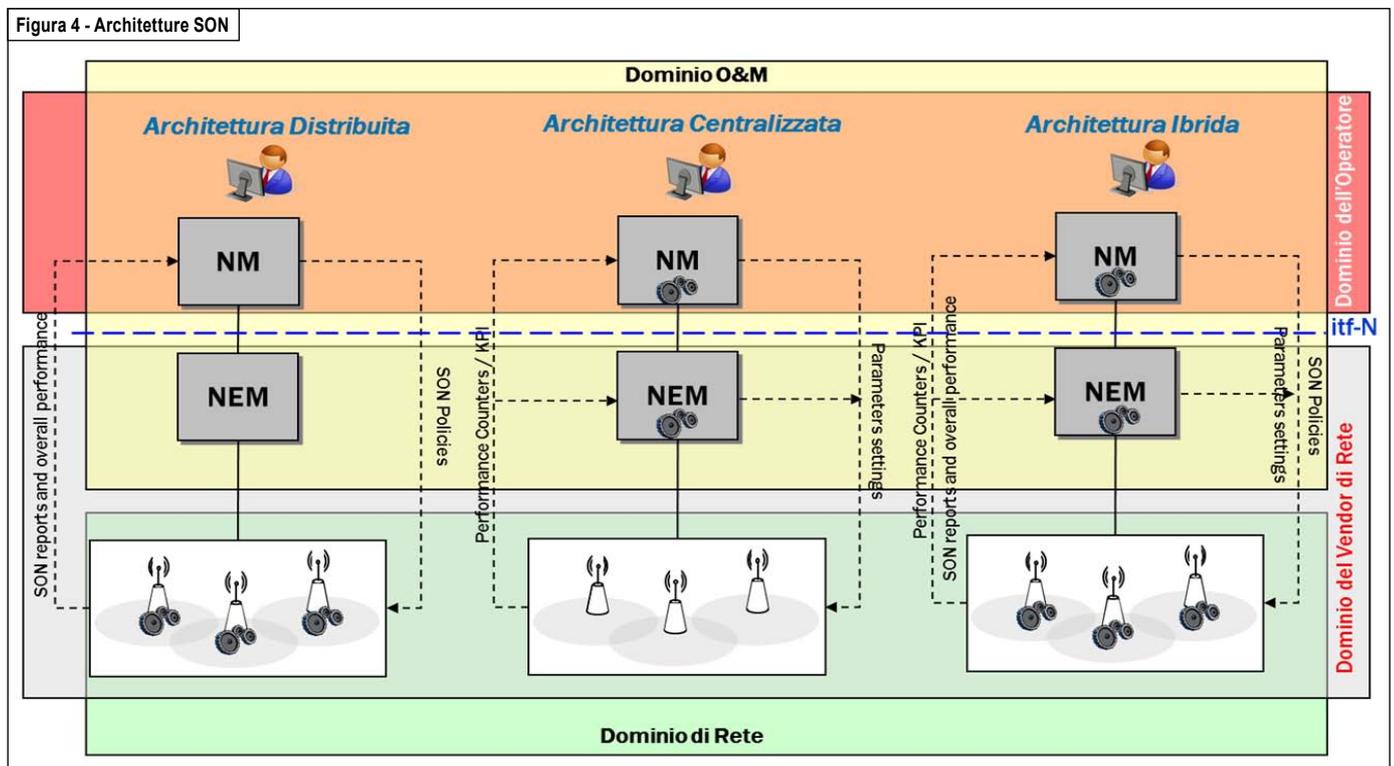
Come descritto in precedenza, secondo la normativa [9][10] le funzionalità poste a livello di Network Management hanno il

Quando le funzionalità SON da coordinare risiedono nello stesso nodo di rete, la soluzione definita dallo standard permette di confi-

4 Deployment del SON

Come descritto nei paragrafi precedenti, l'architettura funzionale non è univoca, ma dipende dallo use case. Nella proposizione

Figura 4 - Architetture SON



L'esperienza di Telecom Italia

Telecom Italia ha partecipato alle attività SON in 3GPP sin dal loro inizio, coniugando la visione innovativa con il proprio bagaglio di esperienza nell'ambito della progettazione e dell'ottimizzazione radio della rete multi-accesso 2G/3G/LTE. I cardini dell'approccio Telecom Italia alla tematica possono essere così riassunti:

- **Sussidiarietà:** da un lato si utilizzano e si mettono a valore le funzionalità SON rese disponibili dalle manufatturiere della rete di accesso (tipicamente distribuite nei nodi di rete, ad esempio per LTE), dall'altro si sviluppano funzionalità SON centralizzate nel dominio di Network Management dell'Operatore che possono controllare funzionalità distribuite ed intervenire ove queste ultime non siano disponibili (ad esempio nelle reti legacy 3G/2G);
- **Automazione selettiva:** algoritmi e strumenti automatici sono applicati negli ambiti dove il beneficio è significativo, in modo da indirizzare l'effort degli specialisti radio sulle attività nelle quali è fondamentale il valore aggiunto derivante dal know how negli ambiti della progettazione/ottimizzazione radio;
- **Integrazione:** date le peculiarità dell'accesso radio, le soluzioni SON sono introdotte secondo una logica di integrazione con le metodologie di progettazione, dimensionamento ed ottimizzazione radio.

Coerentemente con la visione descritta, i "lavori in corso" in ambito SON possono essere suddivisi in tre aree sinergiche:

- sperimentazione e messa in campo delle features SON messe a disposizione dai vendor di rete (focalizzato in questa fase su LTE) [11];
- Sviluppo «in house» di una piattaforma

di ottimizzazione multi sistema 2G/3G/LTE basata su algoritmi di Telecom Italia (in ottica SON centralizzato multi-vendor e multi-sistema);

- Evoluzione dei sistemi di gestione in ottica "real time" e "closed loop" con l'obiettivo di abilitare un efficace inter-lavoro tra funzionalità SON distribuite e centralizzate.

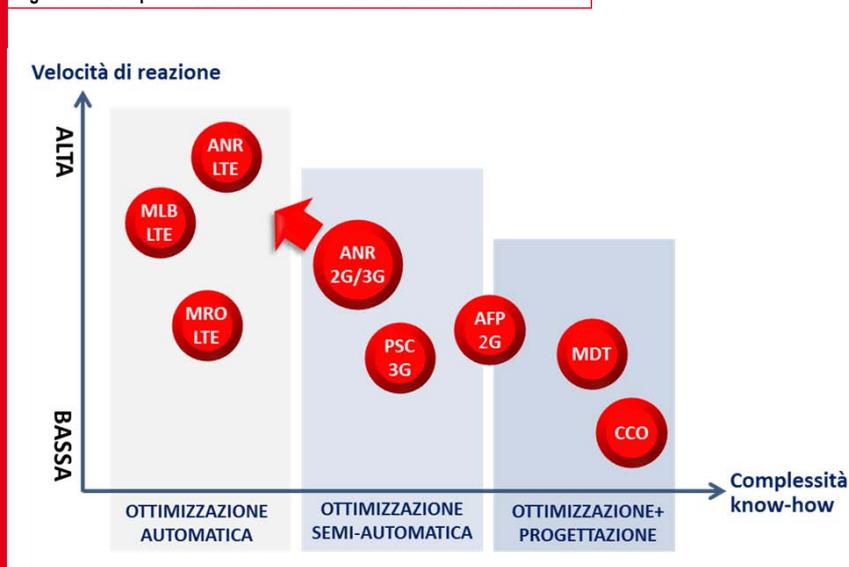
La figura A riporta alcuni dei principali "use cases SON" ad oggi oggetto delle attività di Telecom Italia, classificandoli in funzione del livello di automazione previsto, in modo da distinguere gli ambiti nei quali è possibile mirare ad una automazione quasi completa dei processi (come nel caso ANR: Automatic Neighbouring Relations) da quelli nei quali l'obiettivo è il supporto agli specialisti radio anche nell'ottica dell'integrazione con le attività di progettazione dei nuovi segmenti di rete (come nel caso MDT: Minimization of Drive Tests, nel quale le funzionalità automatiche di raccolta ed analisi degli eventi di rete possono essere utilizzate per individuare interventi ottimali di ampliamento).

Elevati livelli di automazione abilitano una maggiore velocità di reazione: la massima velocità di reazione si ottiene con meccanismi SON integrati nella rete di accesso (funzionalità SON distribuite) oggi ad esempio analizzati in ambito LTE. È importante sottolineare che l'approccio Telecom Italia consente di calibrare il livello di automazione per ogni use case.

Si noti che la figura A comprende sia use cases precedentemente descritti nel contesto LTE (MRO, ANR, CCO, MDT, gli ultimi tre applicabili anche alle reti legacy 2G e 3G), sia use cases corrispondenti ad algoritmi dedicati all'ottimizzazione radio delle reti 2G (AFP: Automatic Frequency Planning) e 3G (PSC: Primary Scrambling Codes optimization)

Per esemplificare i concetti descritti è utile il riferimento a risultati ottenuti in campo: gli esempi sono ricavati dalle reti 2G e 3G, più mature dal punto di vista operativo, anche per quanto riguarda le metodologie e gli strumenti sviluppati "in house" da Telecom Italia.

Figura A - Esempi di use case SON indirizzati dalle attività Telecom Italia



La pianificazione frequenziale della rete 2G (AFP), ad esempio, è un tema presidiato da due decenni che ha visto recentemente evoluzioni importanti sia per quanto riguarda la disponibilità di algoritmi in grado di ottimizzare la coesistenza con sistemi 3G ed LTE sulle stesse bande operative, sia per quanto riguarda la possibilità di alimentare tali algoritmi con indicatori derivati direttamente dalla rete di accesso secondo il paradigma C-SON. Le tematiche di coesistenza riguardano oggi la banda dei 900 MHz (utilizzata contemporaneamente da sistemi 2G e 3G) e la banda dei 1800 MHz (utilizzata contemporaneamente da sistemi 2G e LTE). In questo ambito l'utilizzo integrato degli algoritmi di AFP ed ANR¹ consente di:

- migliorare la qualità del servizio 2G nei casi in cui la banda ad esso asse-

gnata rimane invariata o subisce riduzioni poco significative (attività svolte in questo ambito hanno portato a riduzioni del tasso di caduta dell'ordine del 5% e ad una riduzione delle chiamate con basso rapporto segnale/rumore – valutato mediante l'indicatore RxQual – fino al 10-15%);

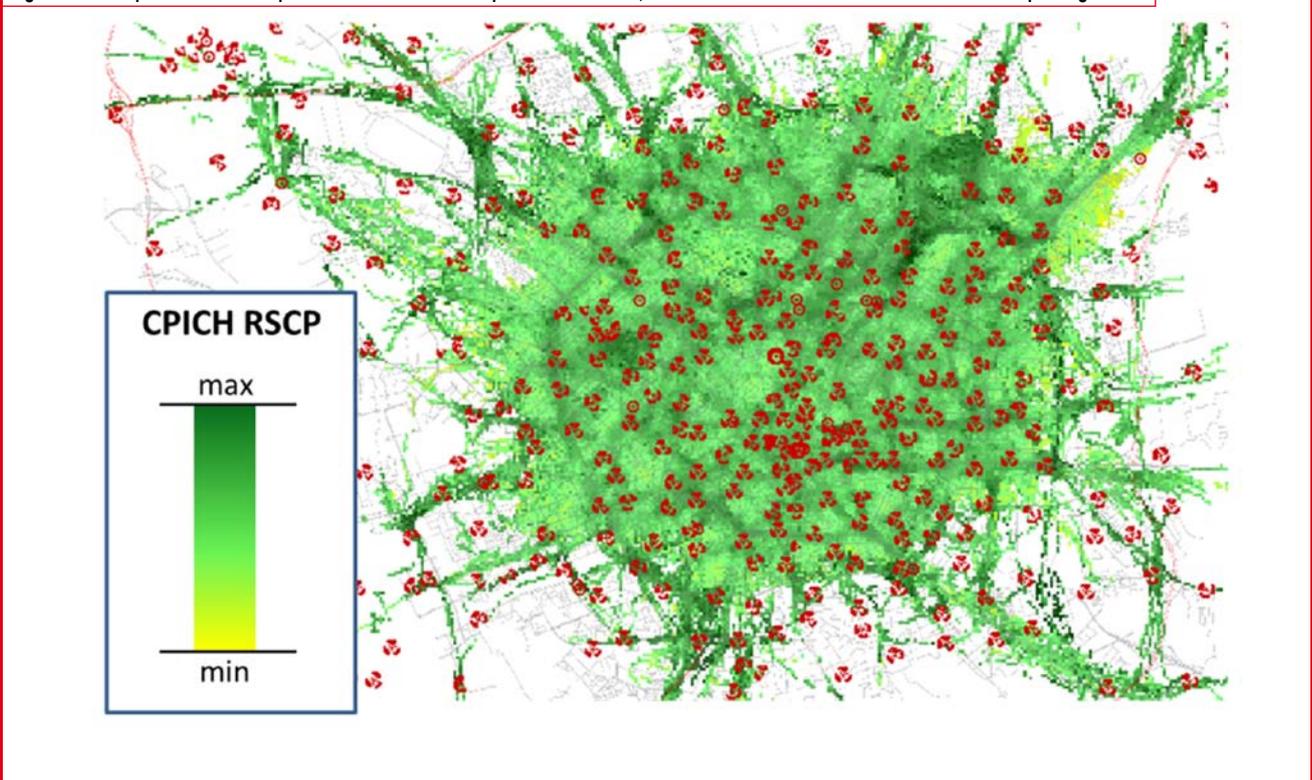
- preservare la qualità del servizio 2G nei casi in cui la banda ad esso assegnata subisce pesanti riduzioni a causa del "refarming" verso i sistemi 3G o LTE.

La figura B costituisce, viceversa un esempio di analisi di copertura 3G basato sul paradigma MDT (Minimization of drive tests): le misure radio svolte dai terminali (ed inviate alla rete a supporto delle procedure di mobilità) sono raccolte dai nodi di rete, georeferenziate con algoritmi proprietari

di Telecom Italia, e rese disponibili a supporto delle attività di ottimizzazione della copertura e dell'interferenza e di evoluzione della rete (CCO: Coverage and Capacity Optimization). La mappa riportata in figura B è relativa all'indicatore CPICH RSCP tipicamente utilizzato per l'analisi del livello di copertura 3G. Le stesse misure sono poi utilizzate per alimentare gli algoritmi automatici di ottimizzazione 3G (ANR e PSC). Il paradigma MDT è in corso di estensione in logica multi-vendor e multi-tecnologia anche a supporto dell'interlavoro 2G/3G/LTE ■

michele.ludovico@telecomitalia.it

Figura B - Esempio di analisi di copertura locale su una delle portanti UMTS TIM, basato sulla raccolta di eventi di rete secondo il paradigma MDT



¹ Le relazioni di adiacenza intra-sistema (ad esempio tra due celle 2G) e inter-sistema, (ad esempio tra una cella 2G ed una cella 3G) sono fondamentali per il supporto delle procedure di mobilità (ad esempio Handover), ma possono costituire un vincolo per la pianificazione frequenziale: per questo motivo è opportuno un approccio integrato alle tematiche di ottimizzazione delle adiacenze (ANR) e di pianificazione frequenziale (AFP)

dei vendor di rete hanno maggiore enfasi le features dei nodi, che sono specifiche per tipologia di use case e, a parità di requisiti, vengono spesso privilegiate le implementazioni che prevedono una delocalizzazione della logica SON nei nodi di accesso (D-SON). La fattibilità di scenari multi-vendor, che sono abilitati dallo standard in accordo alle procedure di segnalazione definite ed ai parametri di input specificati, richiede comunque una verifica di compatibilità degli algoritmi vendor dependent.

Nei casi in cui si adotta una logica centralizzata (C-SON), questa viene implementata dal vendor o come applicazione fornita dal Network Element Manager, oppure in un modulo separato collegato al NEM tramite un'interfaccia proprietaria. L'approccio centralizzato viene utilizzato anche a supporto di use case SON in tecnologia 2G e 3G, che, non disponendo nella maggior parte dei casi di uno standard nativo per i protocolli di rete, possono avvalersi di logiche SON soltanto nel dominio di gestione.

Moduli centralizzati che ricevono dal NEM eventi di rete, contatori e KPI e forniscono in risposta configurazioni ottimizzate ai nodi di rete, sono una variante che viene proposta anche da fornitori diversi da quelli della RAN. Questa opzione ha il vantaggio di poter operare in ambiente multivendor, anche se richiede un sforzo non trascurabile di integrazione, in quanto l'interfaccia standard itf-N sulla quale si basa è resa disponibile dai vendor di rete soltanto in minima parte.

Il paradigma C-SON consente anche all'Operatore di implementare funzionalità SON nel proprio dominio di gestione della rete, inte-

grandolo nei propri processi di analisi e progettazione. In questo caso i sistemi C-SON interlavorano con i tool di Performance Management (PM per la raccolta di contatori e KPI), Tracing Management (TM per la raccolta di eventi dai nodi di rete) e Configuration Management (CM, per lettura/scrittura dei parametri di configurazione).

L'introduzione del SON a supporto di una (parziale) automatizzazione nella configurazione e ottimizzazione può comportare una revisione delle funzionalità e delle attività e dei sistemi di gestione della rete mobile e variazioni dei flussi di lavoro nei processi corrispondenti. Nell'introduzione di strumenti automatici, si può distinguere tra:

- attività nelle quali è fondamentale il "valore aggiunto" derivante dal know how e dall'expertise degli specialisti della tecnologia (esempio: ottimizzazione della copertura e dell'interferenza);
- attività per le quali l'automatizzazione costituisce un beneficio, perché routinarie (ad esempio eNodeB self-configuration), perché richiedono un'esecuzione "near real-time" (come nel caso del Load Balancing short term) o di fine tuning che richiede l'elaborazione di una quantità di dati elevata (esempio: Mobility Robustness Optimization, Load Balancing long-term);

Nell'approccio Telecom Italia, basato su un inter-lavoro tra funzionalità centralizzate e distribuite, il livello di automatizzazione è calibrato per ogni use case, valorizzando il contributo diretto degli specialisti radio, che collaborano all'evoluzione degli strumenti e degli algoritmi automatici (vedi box "L'esperienza di Telecom Italia").

5 Evoluzione del SON

Lo sviluppo del SON dovrà sia completare la standardizzazione delle funzionalità necessarie a soddisfare requisiti già identificati dagli enti di normativa, quali ad esempio il coordinamento tra più funzionalità e l'interazione tra C-SON e D-SON, sia considerare nuovi requisiti dettati dall'evoluzione delle tecnologie e delle architetture della rete radiomobile, in particolare verso il 5G.

La necessità di aumentare la densità dei siti per coperture eterogenee, le diverse varianti di architettura cloud RAN, il supporto efficiente di applicazioni quali il machine-to-machine, renderanno necessaria l'adozione del paradigma SON in molte delle fasi di configurazione e ottimizzazione per poter far fronte ad un ulteriore incremento della complessità degli scenari e della numerosità dei parametri di controllo. Inoltre abilitatori tecnologici, quali Software Defined Networks e Network Function Virtualization, svincolando le funzionalità di rete dall'implementazione hardware, potranno facilitare l'estensione delle logiche SON in ambiente multivendor fino ai livelli più bassi della rete di accesso.

L'evoluzione verso un framework di self-management unificato multi-tecnologia/multi-vendor come proposto ad esempio da [12][13], dovrà comunque continuare a garantire la coesistenza di molteplici paradigmi, che in funzione degli use case, permettano all'Operatore di selezionare il diverso grado di automatizzazione da applicare ai corrispondenti processi di gestione.

Le attività in TIM Brasil

La veloce espansione della rete di accesso radio di TIM Brasil in ottica Heterogeneous Network (Heterogeneous Network: a fast track in TIM Brasil - Notiziario Tecnico N° 2 - 2014), e la sua estensione geografica hanno reso necessario ricorrere quanto prima a soluzioni SON per potere fronteggiare efficacemente la gestione della crescente complessità. L'obiettivo in particolare è stato quello di effettuare le attività routinarie di ottimizzazione radio in modo automatico e ad anello chiuso, sulla base di regole predefinite, senza dovere ricorrere all'intervento diretto dei tecnici. Il particolare carattere di urgenza è stato dettato anche dagli eventi cui TIM Brasil ha dovuto far fronte quali la Coppa del Mondo di calcio.

La Tabella A riassume i principali use case di interesse di TIM Brasil.

I risultati ottenuti in campo sono stati incoraggianti: dopo alcune settimane di operatività delle due soluzioni individuate fra quelle disponibili sul mercato, si sono osservati i seguenti vantaggi:

- i benefici del SON si rilevano in termini di efficienza operativa, grazie alla possibilità di configurazione dinamica della rete, ed è stato questo uno dei principali motivi per l'introduzione del SON in TIM Brasil poiché i tecnici radio avevano la necessità di potersi focalizzare sulle tematiche più complesse di servizio e ottimizzazione radio. La Tabella B mostra la mole di interventi gestiti automaticamente da alcune fe-

SON module	What it does	Real Benefit	Trade-off
ANR	Dynamically add/delete qualified neighbours to a cell	Fast, auto, massive and dynamic automatic config.	No significant issues apart from massive config.
MLB	Adjust cell reach according to "real time" demand	Dynamically maximizes capacity & resource allocation	It may impact in the quality on mobility conditions
SHM	Increase surrounding cells coverage when one cell is down	Service continuity and coverage assurance on failures	KPIs might be slightly impacted, on supporting cells
APO (P&P)	Automatic parameter config. after creation of a new cell	Fast, auto, massive automatic config.	No significant issues

Tabella A

	City	RNC	RNC ANR Active	Total Actions	Total Actions by Day	Action per RNC	Actions per RNC (Daily)
ANR	Rio de Janeiro	10	2	1680	240	840	120
	Salvador	3	3	7735	1105	2578	368
MLB	Rio de Janeiro	10					
	Salvador	3	3	7735	105	2578	368
SH	Rio de Janeiro	10					
	Salvador	3	3	916	131	305	44

Tabella B - Interventi di funzionalità SON

- atures SON in due città brasiliane;
- allo stato attuale della tecnologia, il SON si focalizza sulla configurazione di rete, cercando di mantenerla ottimizzata: questo è fondamentale per la realtà brasiliana che vede una forte evoluzione della rete 3G ed ha quindi necessità di mantenere sotto controllo i parametri di qualità (cadute, accessibilità,...) nonostante frequenti interventi di aggiornamento;
- al momento gli algoritmi SON si focalizzano sui servizi voce sulla rete

3G, aspetto molto importante nell'ottica di offloading della voce da 2G a 3G: con riferimento all'applicazione dell'ANR in modalità "closed-loop", è stato possibile ottenere una riduzione delle cadute in particolare nelle aree in cui non vi era stato un intervento diretto dei tecnici, fornendo quindi un importante contributo alla qualità del servizio ■

m.dicostanzo@timbrasil.com.br

Conclusioni

Nell'articolo sono stati presentati i principali concetti delle Self-Organizing Networks, spiegando le motivazioni per l'introduzione, nel contesto delle reti radiomo-

bili, di abilitatori tecnologici per l'automatizzazione di parte dei processi di configurazione, ottimizzazione e assurance. Dalla descrizione delle soluzioni previste dagli standard di riferimento e dalle varianti architetturali messe a disposizione dei vendor di rete,

si può dedurre che, a fronte di una crescente complessità degli scenari di deployment, i processi di gestione potranno trarre beneficio dall'adozione del paradigma SON, con la possibilità di applicare approcci differenti in funzione delle esigenze operative, come mostra-

to nell'ambito delle varie attività in corso in Italia e Brasile. L'adozione del SON è, dunque, in una fase iniziale e, oltre al consolidamento delle soluzioni e dei corrispondenti processi di gestione da parte dell'operatore, sarà necessario considerare i diversi trend evolutivi, sia nel contesto delle attuali tecnologie radiomobili, sia in quello di lungo termine che riguarderà i sistemi di prossima generazione, per i quali la piena integrazione del SON rappresenta già sin da ora uno dei requisiti fondamentali ■

Acronimi

2G	2nd Generation (riferito alle reti di accesso radio GSM/GPRS/EDGE)
3G	3rd Generation (riferito alle reti di accesso radio UMTS/HSPA)
3GPP	3rd Generation Partnership Project
ANR	Automatic Neighbour Relations
CM	Configuration Management
C-SON	Centralized SON
D-SON	Distributed SON

IRP	Integration Reference Point
LTE	(UTRAN) Long Term Evolution
NE	Network Element
NEM	Network Element Manager
NGMN	Next Generation Mobile Networks
NM	Network Manager
O&M	Operation & Maintenance
PM	Performance Management
RAT	Radio Access Technology
SON	Self-Organizing Networks
TM	Trace Management



Bibliografia

- [1] "NGMN Recommendation on SON and O&M Requirements" 5/12/2008; http://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_Recommendation_on_SON_and_O_M_Requirements.pdf
- [2] "NGMN Top Operational Efficiency (OPE) Recommendations", 21/09/2010; https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_Top_OPE_Recommendations_1.0.pdf
- [3] 3GPP TR 36.902 "Self-configuring and self-optimizing network (SON) use cases and solutions"
- [4] 3GPP TS 36.300 "Evolved UTRAN Stage 2"
- [5] 3GPP TR 37.822 "Study on next generation Self-Optimizing Network (SON) for UTRAN and EUTRAN (Rel-12)"
- [6] 3GPP TR 36.887 "Study on Energy Saving Enhancement for E-UTRAN"
- [7] 3GPP TS 32.102 "Telecommunication management; Architecture"
- [8] 3GPP TS 32.500 "Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements"
- [9] 3GPP TS 32.521 "Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON) Policy Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Requirements"
- [10] 3GPP TS 32.522 "Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON) Policy Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Information Service (IS)"
- [11] "I trial LTE TI: evoluzione del sistema radiomobile verso il 4G"; Notiziario Tecnico Telecom Italia, 03/2010
- [12] UNIVERSELF, <http://www.univerself-project.eu/>
- [13] Self-Management for Unified Heterogeneous Radio Access Networks (SEMAFOUR), <http://www.fp7-semafour.eu/>

simone.bizzarri@telecomitalia.it
andrea.buldorini@telecomitalia.it
giuseppe.catalano@telecomitalia.it



Simone Bizzarri

ingegnere elettronico entra in Azienda nel 1993 occupandosi di comunicazioni via satellite. In questo ambito partecipa, nel 1995, al progetto Iridium. Dal 2001 fa parte dell'area di Radio Planning Innovation della funzione Wireless Network. In questo contesto si è occupato degli aspetti di QoS in ambito radiomobile collaborando alla realizzazione di un sistema prototipale per il monitoring della QoS di utente tramite l'uso di agent installati sui terminali radiomobili; da tale attività ne è derivata la produzione di alcune domande di brevetto. Sempre in ambito QoS ha seguito l'attività finalizzata alla definizione e al calcolo di KPI di rete di accesso radiomobile. Dal 2007 si occupa delle problematiche relative alle Self Organizing Networks in ambito radiomobile e partecipa alle attività del working group 3GPP SA5 (gruppo di lavoro che, in ambito 3GPP, è responsabile delle procedure di Operation and Maintenance).



Andrea Buldorini

ingegnere elettronico, indirizzo telecomunicazioni, entra in Azienda nel 1997 e partecipa ad attività di ricerca sui sistemi radiomobili. Attualmente è nella funzione Wireless Network. Si è occupato di tematiche relative alle tecnologie radio, rappresentando Telecom Italia in vari enti di normativa internazionale (ETSI, 3GPP e NGMN) ed è delegato al gruppo tecnico 3GPP RAN WG2, responsabile della standardizzazione dei protocolli radio UTRAN ed E-UTRAN. Dal 2007 si occupa di aspetti di ottimizzazione di rete e coordina un progetto dedicato alle Self-Organizing Networks.



Giuseppe Catalano

ingegnere delle Telecomunicazioni, è in Telecom Italia dal 1998, dove si è occupato inizialmente di modelli di QoS per il Cliente Finale nei servizi GSM. Ha guidato, nell'ambito delle funzioni di Innovazione di rete mobile sia core sia accesso, numerosi progetti sui sistemi radiomobili, dalla definizione delle architetture di nuova generazione per il 4G, al testing delle prime soluzioni LTE, oltre a partecipare ad attività di ottimizzazione della rete mobile presso le società controllate del Gruppo. Ha successivamente fatto parte della funzione Strategy, contribuendo a definire le strategie di evoluzione dei sistemi e dei servizi mobili a livello di Gruppo, con focus sulla evoluzione dei servizi di comunicazione personale. È stato curatore e autore del libro "GPRS, accesso radio, architettura di rete, protocolli e servizi" edito da Telecom Italia. Attualmente è nella funzione Technology & Development Plans ed è delegato Telecom Italia del gruppo 3GPP RAN3, che standardizza le architetture e le procedure delle reti di accesso UTRAN ed E-UTRAN, che includono le procedure per il Distributed SON.



HETEROGENEOUS NETWORK: A FAST TRACK IN TIM BRASIL

Marco Di Costanzo, Carlo Filangieri, Cicero Olivieri

SPECIALE INNOVAZIONE DELLA RETE



Heterogeneous networks (HetNet) are an innovative, interesting and natural path of expanding mobile network capacity and quality in order to foster data services. The adoption of HetNet requires new challenges, like a stronger integration between fixed and mobile networks, a deep renewal of radio planning process and a completely new set of systems and tools in order to manage the increased level of complexity.

1 As innovation can support the growth

The overtaking of data traffic on voice traffic is a global trend that is putting under stress the mobile operators infrastructure and challenging the traditional voice-centric business model. In the last few years the average monthly data consumption per subscriber is moving from some MB to more than 1 GB.

Furthermore, due to higher smartphone penetration, another side effect is the huge growth of signaling traffic that can severely affect the quality of the service.

In order to fulfill the data capacity needs, the operators can act in 3 ways:

- Improve macro-layer adding in each site more network resources (carriers and codes, channel elements, power);
- Densify macro-layer adding more macro-sites;
- Add a micro-layer, creating a heterogeneous network by introducing, beside the macro-sites, a layer of low power nodes (small and femto cells, WiFi Hot Spots) cooperating strictly

with the macro-layer to fulfil the capacity demand.

Having a good macro-layer is undoubtedly fundamental either for coverage or for capacity purposes, but the sites grid densification throughout the traditional macro-sites could have a strong impact on network cost. The use of smallcell is a smart way to improve quality and capacity in a faster and cheaper way. Also WiFi technology plays an important role complementing the HetNet solution catalog: it has been existing for years side by side with the mobile network, but just recently the maturity stage of some functionalities and capabilities, like seamless authentication (EAP SIM) and traffic steering (ANDSF) has helped to make 3GPP and WLAN standards more cooperative and coordinated. Some year ago the connection of a smartphone to a public WiFi hot-spot was very boring for the customer, involving external passwords, credit cards, and so on; nowadays the seamless authentication makes the connection very quick and transparent for the customer.

Furthermore WiFi radio technology continues to evolve towards higher throughput (50 Mbs up to 1Gbs), exceeding that of 3G/HSPA+ and in many cases comparable to 4G. Considering that roughly 70% of data consumption is indoor and that WiFi has a cost per transferred byte very low, this technology is for sure a very good complementary way to data provide data connectivity together with standard mobile cellular system.

From the mobile access side, RAN vendors have launched new portfolio of products for 3G/4G equipment, with low power, small dimensions and weight, low energy consumption that can cooperate with the traditional macro-layer in order to expand capacity and cover signal holes.

The introduction of HetNet has to be carrier-out gradually and with strong attention to prevent, control and manage interference issue, that could jeopardize the expected capacity increase or, even worse, degrade the overall quality of service. Higher drop calls rate due increased interference level or due missed hand-over between

micro and macro-layer, reduced reliability due to lack of emergency power (batteries back-up) and increased of complexity for operation and maintenance need to be considered very carefully.

TIM Brasil has embraced the Het-Net architecture in order to overcome both data capacity and indoor coverage issues, particularly where the lack of spectrum at low frequency bands is affecting the data service level (Rio de Janeiro, São Paulo, Brasilia etc.).

given to TIM the opportunity to free-up economical resources to be reinvested for raising to state-of-the-art of its 3G mobile broadband network.

This plan, called MBB, has the reference architecture illustrated in the Figure 1.

MBB Plan addresses all the network components: Radio Access network, Metro Backhaul Network, Evolved Packet Core (including Policy and Bandwidth Management), Caching and Peering.

most advanced technologies and forefront capabilities, like 3G/HSPA-DC (42 Mbps) and LTE, with addressed footprint of more than 100 cities (forecast EoY14), of which 45 served with LTE, and covering roughly 40% of Brazilian urban pop. and more than 50% of TIM total data traffic.

From the LTE perspective, the network roll-out has been carried-out with RAN sharing strategy, reaching a total of 45 covered cities, of divided into TIM and OI, with a total of around 3.700 nodes deployed (eNodeB, cumulative TIM and OI, May 2014).

In the case of 3G, the most challenging issues are undoubtedly the dimensioning of capacity expansions in terms of network resources (carriers and codes, channel elements, power), according to data traffic growth and providing the right service quality levels (accessibility, throughput and

2 TIM Brasil Mobile Broadband Plan

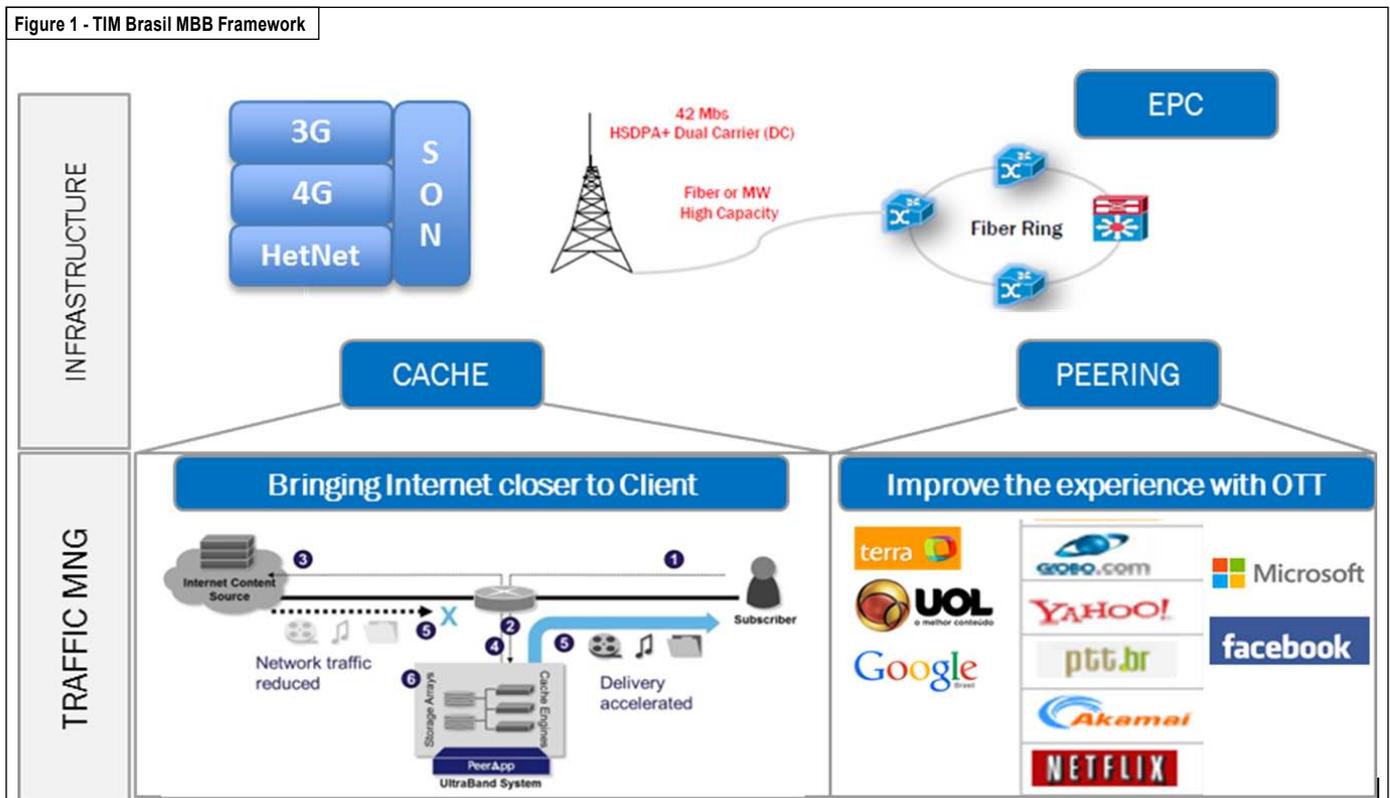
At the end of 2012 TIM Brasil made the strategic choice to develop 4G network (at 2.500 MHz, the frequency licensed up to now for 4G by local authority agency) throughout Ran Sharing agreement with OI. This choice has

2.1 TIM Brasil Mobile Access and Core Network

2.1.1 Mobile Access Network

For mobile radio access side, TIM Brasil is adopting, inside the MBB framework (Figura 1), all the

Figure 1 - TIM Brasil MBB Framework



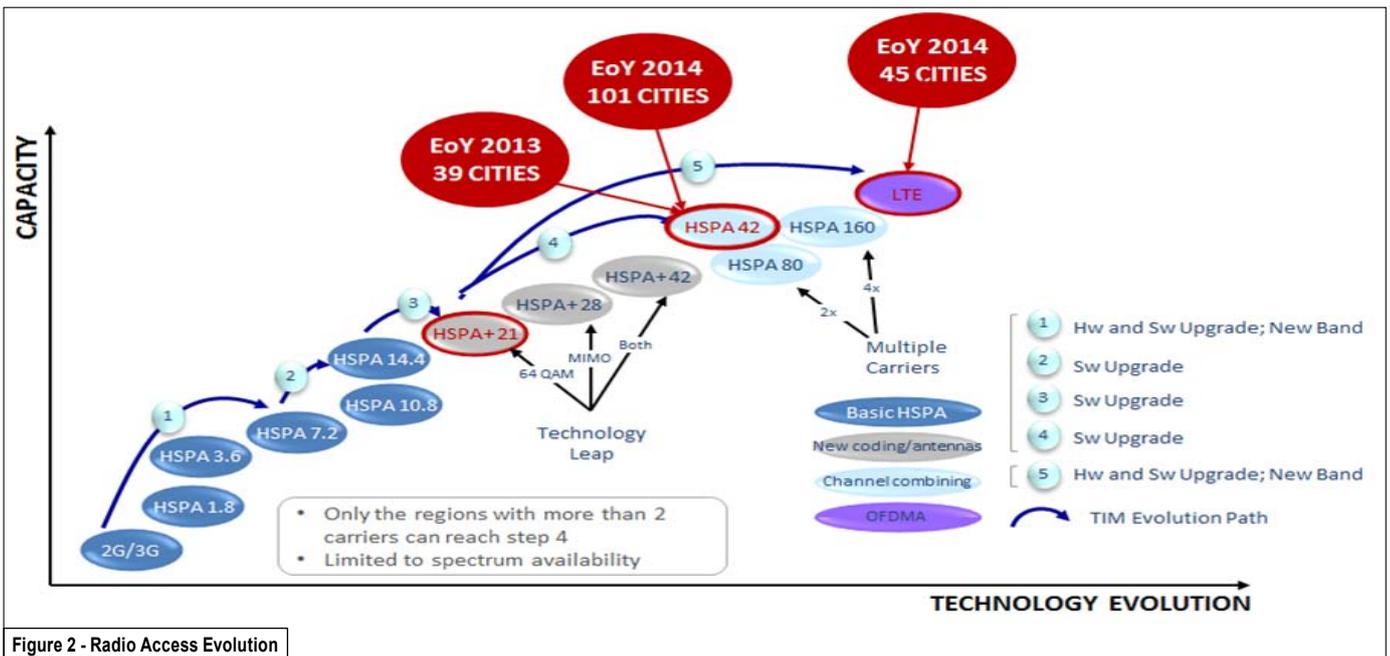


Figure 2 - Radio Access Evolution

latency) and the improvement of indoor service coverage.

The improvement of macro sites is performed with the increase of carriers, channel elements and power, paying at the same time strong attention to preserve a healthy interference environment, measured by CQI indicator

The increase of the *number of carriers* should be in line with the cell throughput assumption at cell level in BH and with the foreseen number of simultaneous active connections (SAC).

The increase of the *number of channel elements (CE)* should be in line with the HS services accessibility threshold (99,5%), considering that CE utilization greater than 75% at cell level will degrade the accessibility value below the expected target.

The increase of *power levels* have also been carefully planned, monitoring the power share allocated to HS services at cell level vs. throughput per simultaneous active connection.

Finally, while the resources expansion have as main purpose to provide the required capacity to cope with data traffic demand, at the same time they can generate an increase of interference level of the system, that has to be accurately followed-up monitoring CQI indicator distribution at cell level. A good interference environment is crucial to the data connections be established with higher modulation code schemes (16 QAM and 64 QAM), thus reaching better performances in terms of throughput per active connection.

Even with the expansion of system resources in the existing macro sites, this wouldn't be enough to provide the required capacity, therefore the operator strategy should move to increase the density of the macro layer, adding new BTS and small cells. At the same time new macro and micro site would be necessary also for improving indoor service coverage.

The challenge the operator has to cope with the increase of den-

sity of the macro layer is changing the operation model of sites construction, in order to harmonize requirements like: construction speed, quantity of sites, location precision, technical feasibility and economic sustainability. This change of operational model has to be performed leveraging on product and process innovation.

TIM Brasil has built along the last year a complete sites solution catalog for site densification and indoor coverage, as shown in figure 5, based on 3 solutions family:

- **Biosite:** a new standard of a macro site, with low TCO
 - **Small Cells:** Micro, Femto, CelFi, WiFi, Repeaters
 - **Shared DAS:** for shopping centers, stadiums, airports etc.
- The *Biosite* (Figure 4 and 5) is a macro site, patented by TIM Brasil, with the objective to be: low TCO (cost to serve), fast to install (time to serve) and with minimum visual impact (zero impact). The Small Cells are micro sites outdoor, adopted by TIM as pioneer in Brazil, and with the objec-

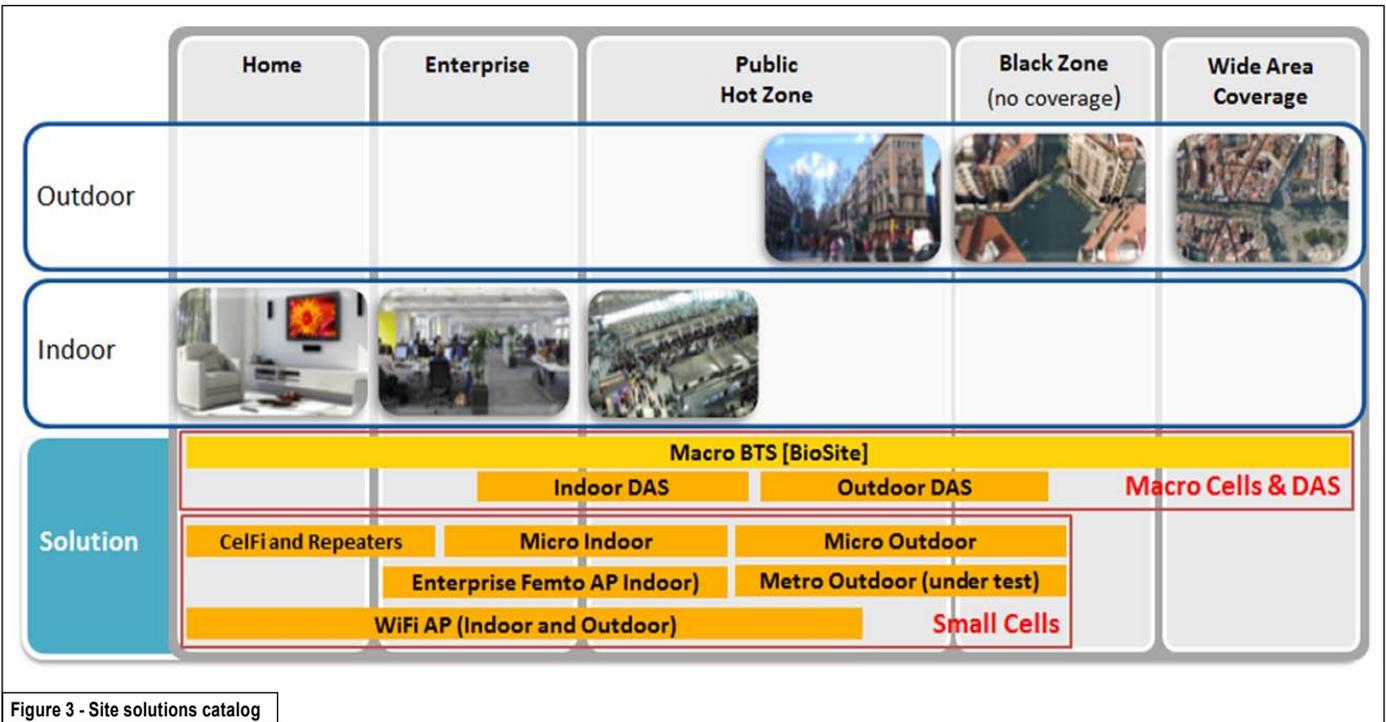


Figure 3 - Site solutions catalog

Figure 4 - Biosite: outside and inside views



tive to be: low TCO, fast to install, with minimum visual impact (zero impact), and with very limited management impact (zero touch commissioning, replacing model as maintenance routine).

The Femto Cells are micro sites indoor, adopted by TIM as pioneer in Brazil, and with the objective to be: low TCO, fast to install and with very limited management impact (zero touch commissioning, replacing model as maintenance routine). This kind of solution is utilized only for corporate and business customers.

All the sites solutions included in the catalog could be applied and deployed in a variety of combination, giving to TIM Brasil more flexibility in addressing capacity and coverage gaps, increasing at

the same time efficiency and effectiveness. In the Figure 6 an example of joined deployment of different sites solution in Curitiba city.

2.1.2 Mobile Core Network

For mobile core network side, TIM Brasil is adopting a strategy based on 3 guidelines:

- 1) Unified Packet Core
- 2) Common Policy Engine
- 3) Enhanced Bandwidth Management

The Packet Core common architecture is conceptually shown in Figure 7, where the same core is used for quadruple access (2G, 3G, LTE and WiFi).

PCC (*Policy Control and Charging*) engine and Bandwidth Management modules represent key elements for applying and enforcing policies and rules (PCC) and bandwidth optimization. The latter is a suite of appliances for video optimization, Web acceleration, Web Supporting Tool (toolbar for on-line quota control with upselling options, one time redirection, captive portal, parental control, personal firewall, antivirus).

One of the key function, essential to improve customer experience, is Transparent Caching that stores near to EPC the most accessed contents, delivering faster download speed and reduced latency time, as shown in the Figure 10 with reference to Recife and Natal

Figure 5 - Examples of Biosite installation in Rio de Janeiro



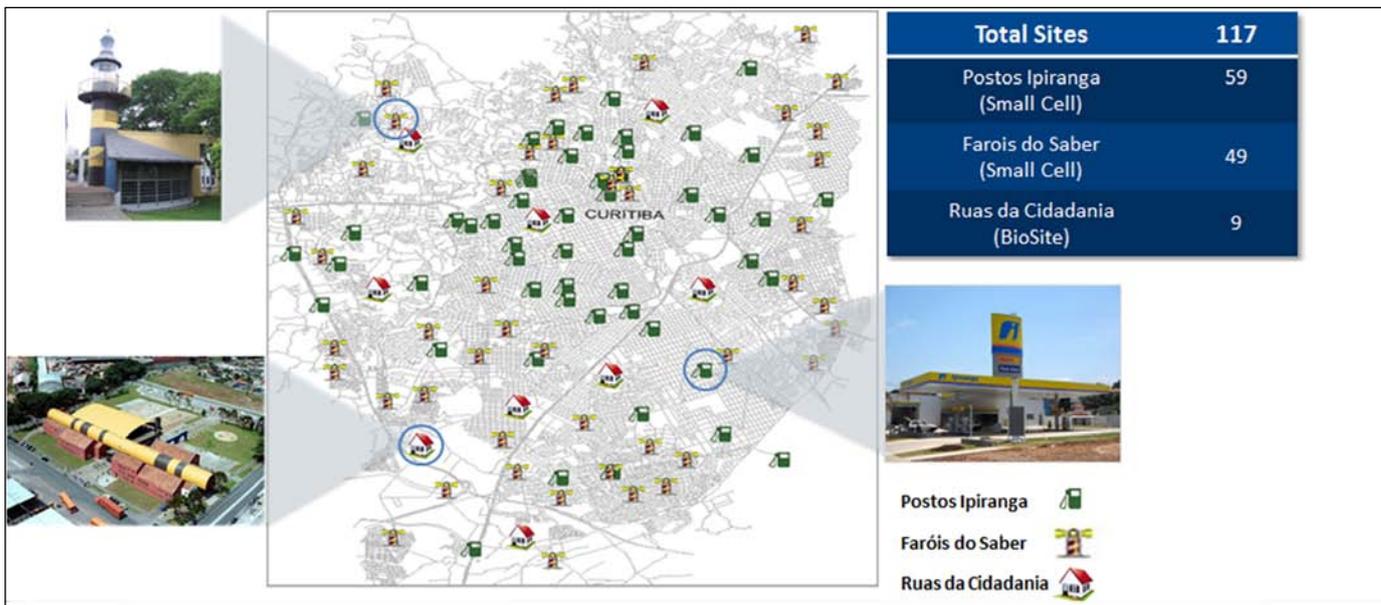
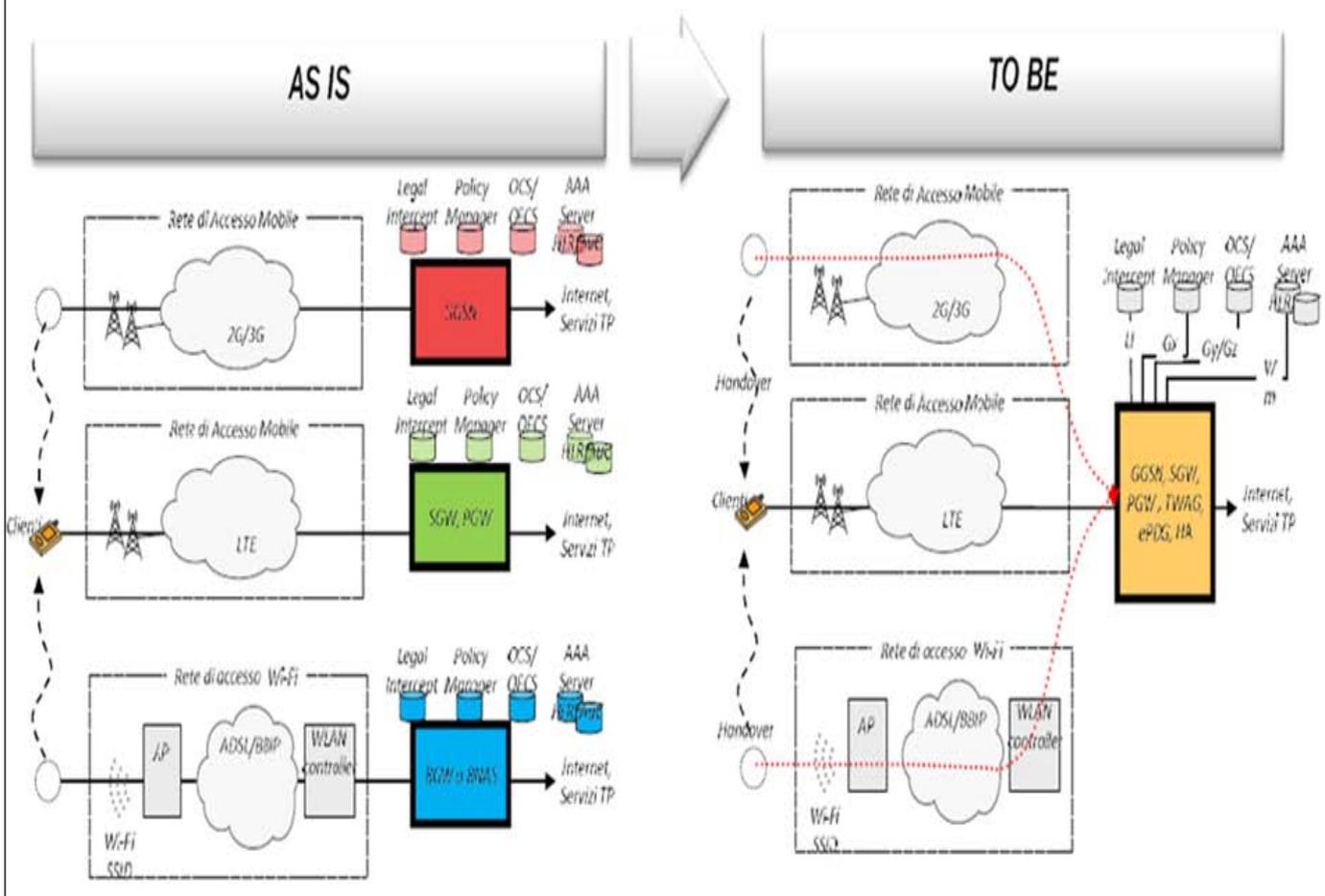


Figure 6 - Increase the site density in Curitiba with innovative solutions

Figure 7 - TIM Unified Packet Core evolution



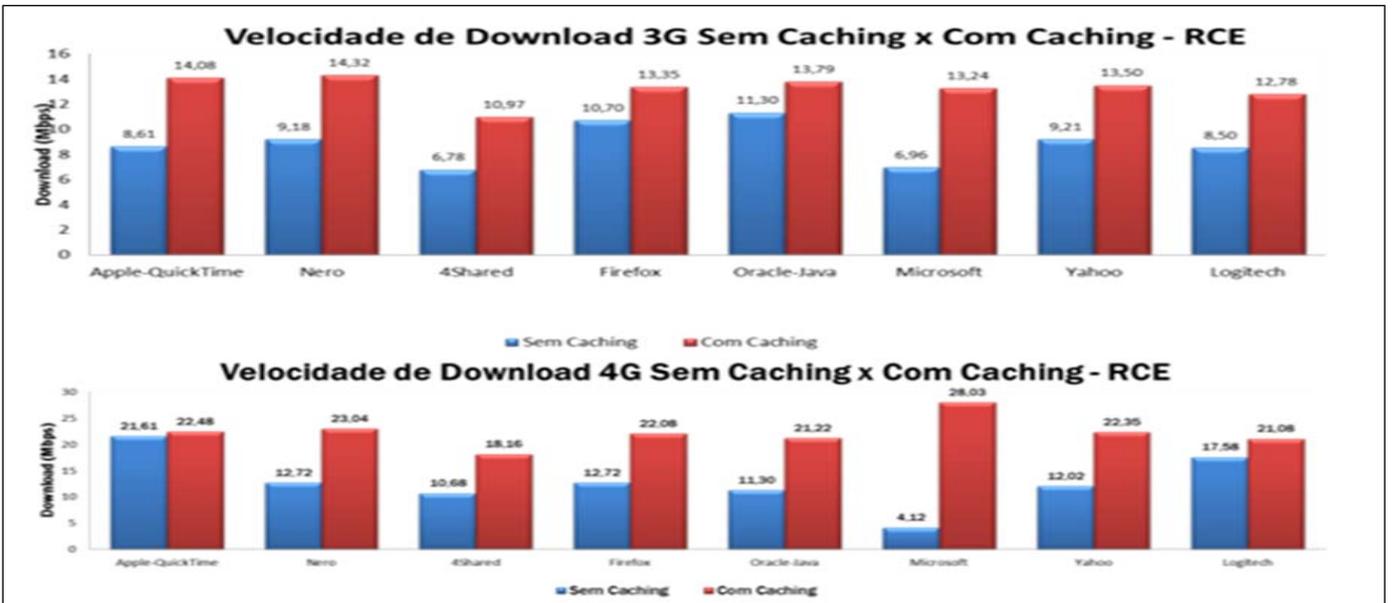


Figure 8 - Effect of transparent caching measured in the TIM Network

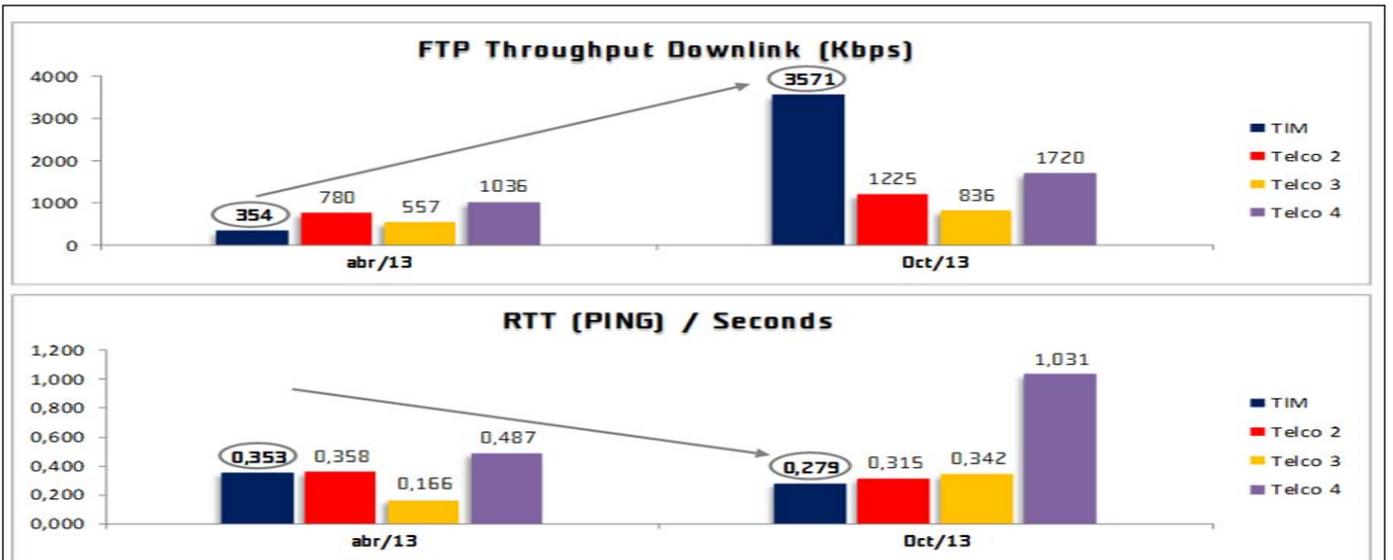


Figure 9 - Evolution of performance in Natal before and after MBB project (TIM drive test results)

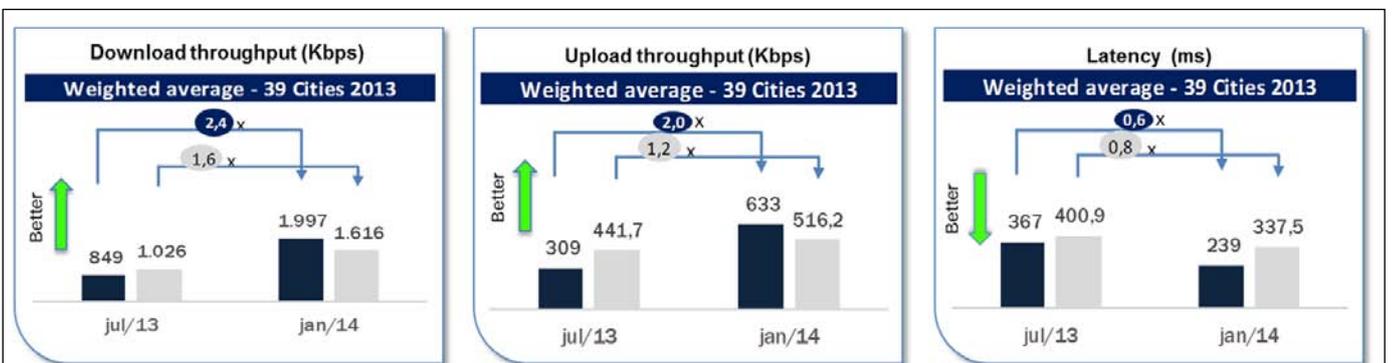


Figure 10 - Evolution of performance in 39 cities of 2013 MBB project (OOKLA Speedtest DB)

cities. Transparent caching was implemented in all TIM Brasil network in September 2013.

In the Figure 9 and 10 it is shown the effect on performance of the new MBB architecture in the city of Natal (source: drive test made by TIM) and the 39 cities completed in 2013 as seen from Speedtest database (the application used by customers to measure network performance).

3 The evolution of TIM Brasil Fixed Access Network

The high capacity backhaul is probably the most important issue for mobile operator, because requires huge investments. TIM launched the FTTS (*Fiber to the Site*) project with a mixed fiber-microwave architecture that optimise capex and roll-out speed (the metropolitan fiber rings collect directly the sites or indirectly via a one-hope microwave). In the first year of deployment, about 3.500 sites were connected with a high capacity backhaul.

With the strong growth in mobile data, the profile of the backhaul network within the broader end-to-end mobile network has grown

substantially. As carriers are evolving to HetNet concept, and considering that HetNet means more access elements, in opposite to the traditional approach of macro cells, the backhaul become the main issue to be solved, considering the challenge over cost and capacity.

Facing this challenge, TIM starts in 2010 the project FTTS (Fiber to the Site) with an aggressive deployment of fiber rings in the main cities. This project is divided in three phases:

- Metropolitan backbone (Metro ring) – fiber ring connecting the Hub sites (sites that concentrate several other sites, connected through microwave radio). This phase allowed the reduction of microwave radio chain increasing the average capacity of city backhaul.
- FTTS access rings – Increasing the penetration of fiber in the backhaul and preparing the city to MBB project (over 85% of the sites with more than 40 Mbps backhaul capacity).
- Power Node approach – Deployment of small POP's, in a street cabinet approach, to support multiservice network, supporting corporate custom-

ers connection, VDSL UBB or GPON residential customers connection, WiFi Access Point and Small/Metro Cells connections.

For the Small Cell backhaul, TIM is considering the following options:

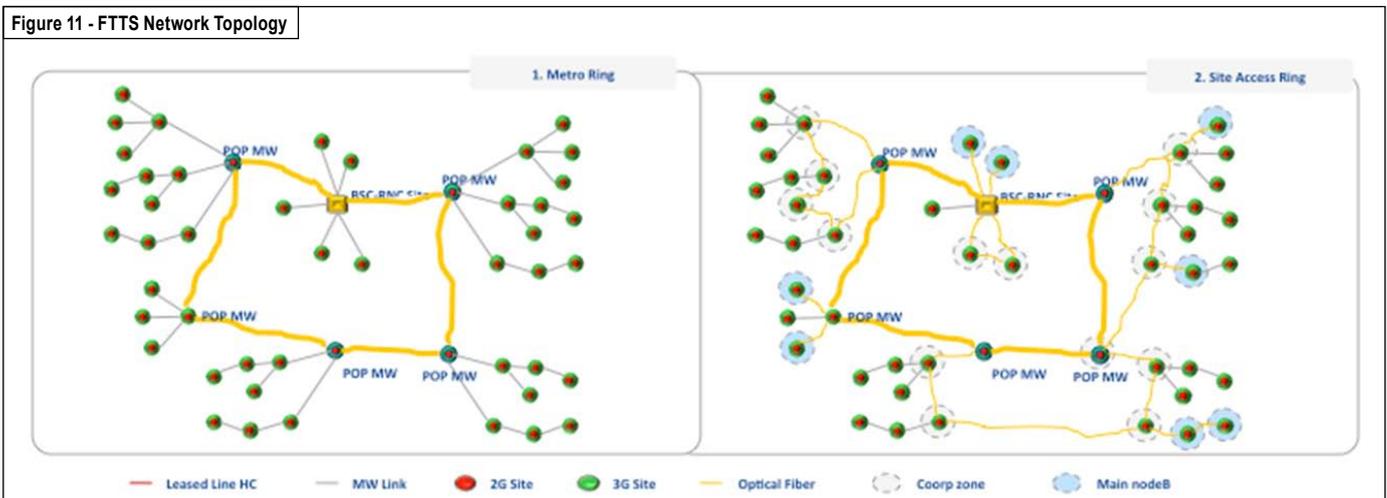
- 1) *Direct Fiber to the FTTS access ring*: High bandwidth (> 1Gbs), high cost.
- 2) *Microwave*: High bandwidth (up to 1Gbs), complexity (LoS), medium cost.
- 3) *VDSL access to Power Node*: medium bandwidth (70-80 Mbs), low cost, fast installation.
- 4) *Fiber access to Power Node*: High bandwidth (> 1Gbs), medium cost.

With these solutions, the cost of a good Small Cell backhaul varies from US\$ 8.000 for outdoor antennas to US\$ 250 for indoor antennas, solving one of the most critical problem in HetNet deployment.

4 Why WiFi can really support mobile network

MNOs are under increasing pressure to deliver enough network

Figure 11 - FTTS Network Topology



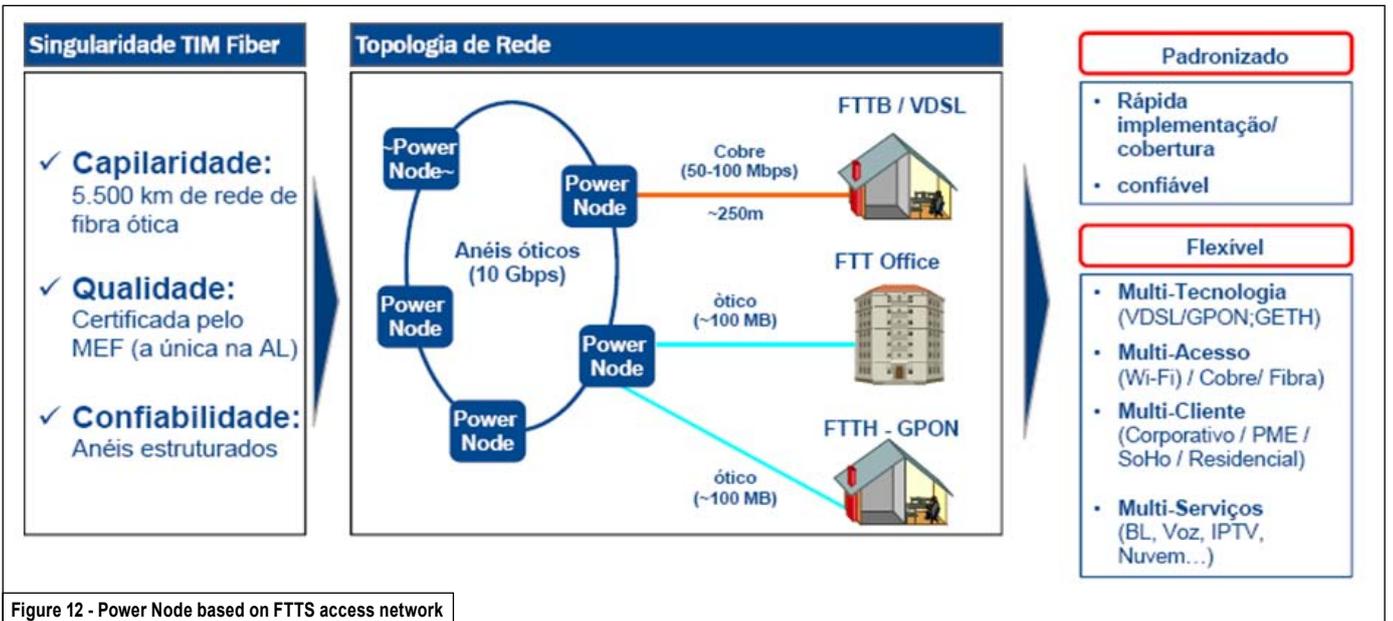


Figure 12 - Power Node based on FTTS access network

Figure 13 - Small cell connected to a MSAN (Power Node) for backhaul in Rio de Janeiro

URCA

UMTS BTS3803E

Specification	Description
Frequency band	2.1G 1.9G
Output power	4*1W (2.1G), 4*0.5W(1.9G)
IBW	20MHz, 2 cell carriers
Throughput	Max 84Mbps (DL) /23Mbps(UL)
Baseband CE	192CE

First deployment in LATAM

capacity to satisfy the boom in data demand from smartphones and other devices. As licensed spectrum becomes more and more scarce, besides radio densification with small cells, WiFi technology appears as a very good option for supporting data traffic in semi-stationary environments.

The raw traffic handling capacity of WiFi is beyond that of a 3G/HSPA cell, and in some cases comparable to LTE. With EAP-SIM authentication the WiFi network becomes an easy and transparent opportunity for the customer. Another important reason is cost: a carrier-grade WiFi AP costs from a third to a fifth of 3G/LTE small

cell base stations and requires a very little maintenance. Data also shows that the need for more mobile broadband capacity is localized. A few percent of mobile sites in heavy traffic areas are congested while the majority of the MNOs service area may be well served by macro cellular sites and existing spectrum. TIM

Brasil, a pioneer of SIM authentication, started the process of rolling out a large-scale carrier-class WiFi network to offload 3G and to reach previously underserved communities in the cities of Rio de Janeiro and Sao Paolo. TIM Brazil's solution offers automatic EAP-SIM authentication to smartphones and SIM-enabled tablets, working joined with mobile network in order to manage the traffic bundle of the customer.

In order to define the target areas for data offloading, TIM considered traffic density map, as shown in the figure 14 for São Paulo city. The results are very interesting, mainly after the activation of automatic authentication via EAP-SIM, reaching a value between 9% up to 40% of traffic offload from the mobile network.

WiFi was also installed in Airports and Stadiums; in April 2014 during the match between Botafogo

and Union Espanhola, with 44.000 people watching in the Maracanà, around 28GB of traffic were managed by TIM WiFi network.

WiFi has been acting as a fundamental support to mobile access network also in the Soccer World Cup.

In the match between Italy and England, occurred in Manaus stadium in 14th of June 2014, TIM registered an intensive use of WiFi from their customers watching the event.

In Figure 15 it is shown the traffic measured in the stadium between during the match.

All the customers made 200 GB of data traffic, 30% using WiFi, 4% using 4G and the rest on 3G and 2G network.

70% of traffic was generated by TIM post-paid customers.

In all the World Cup's matches the WiFi offload was always between 20% and 45%, helping mobile network to provide good performance to the supporters.

We are pretty sure that at the end the term "WiFi offload" will gradually fade away, and WiFi will become soon just another radio access technology inside the operator's infrastructure.

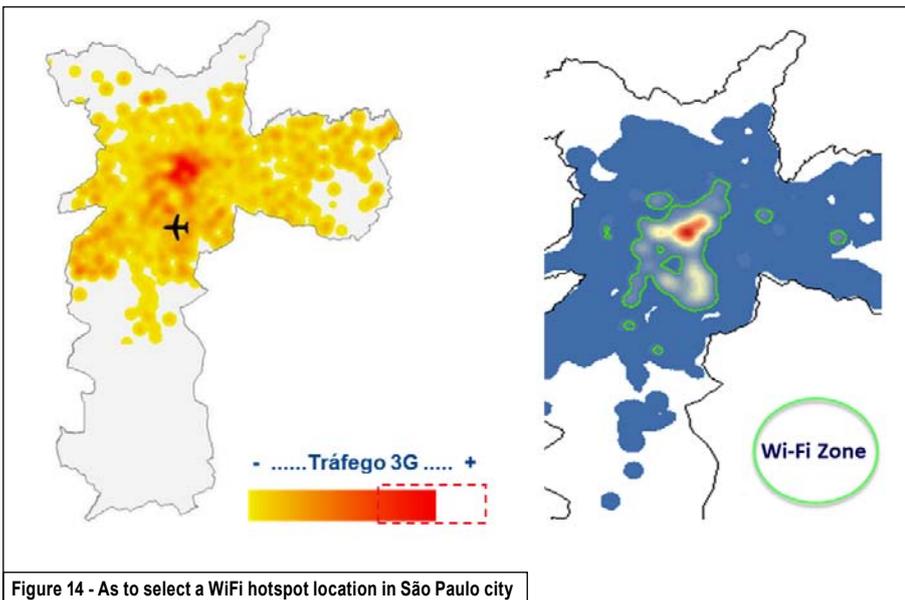
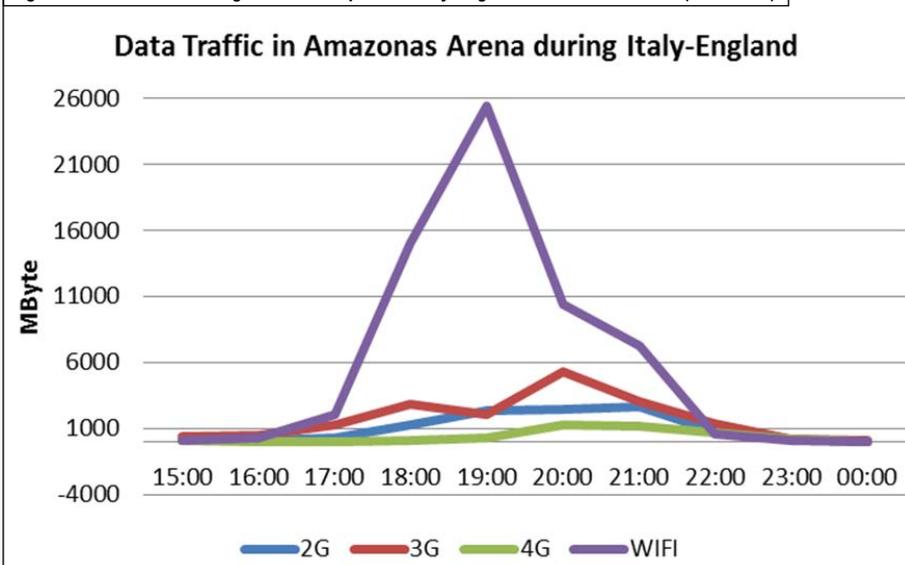


Figure 14 - As to select a WiFi hotspot location in São Paulo city

Figure 15 - Data traffic during the World Cup match Italy-England in Amazonas Arena (14/06/2014)



5 Self Organizing Network

The adoption of HetNet RAN architecture has a big impact on network management.

In particular in order to manage the interworking and interoperability between macro e micro layers, it's fundamental to adopt a solution called SON (*Self Organizing Network*). SON is a suite of applications that trough different modules and acting at RNC level will automatically and dynamical-

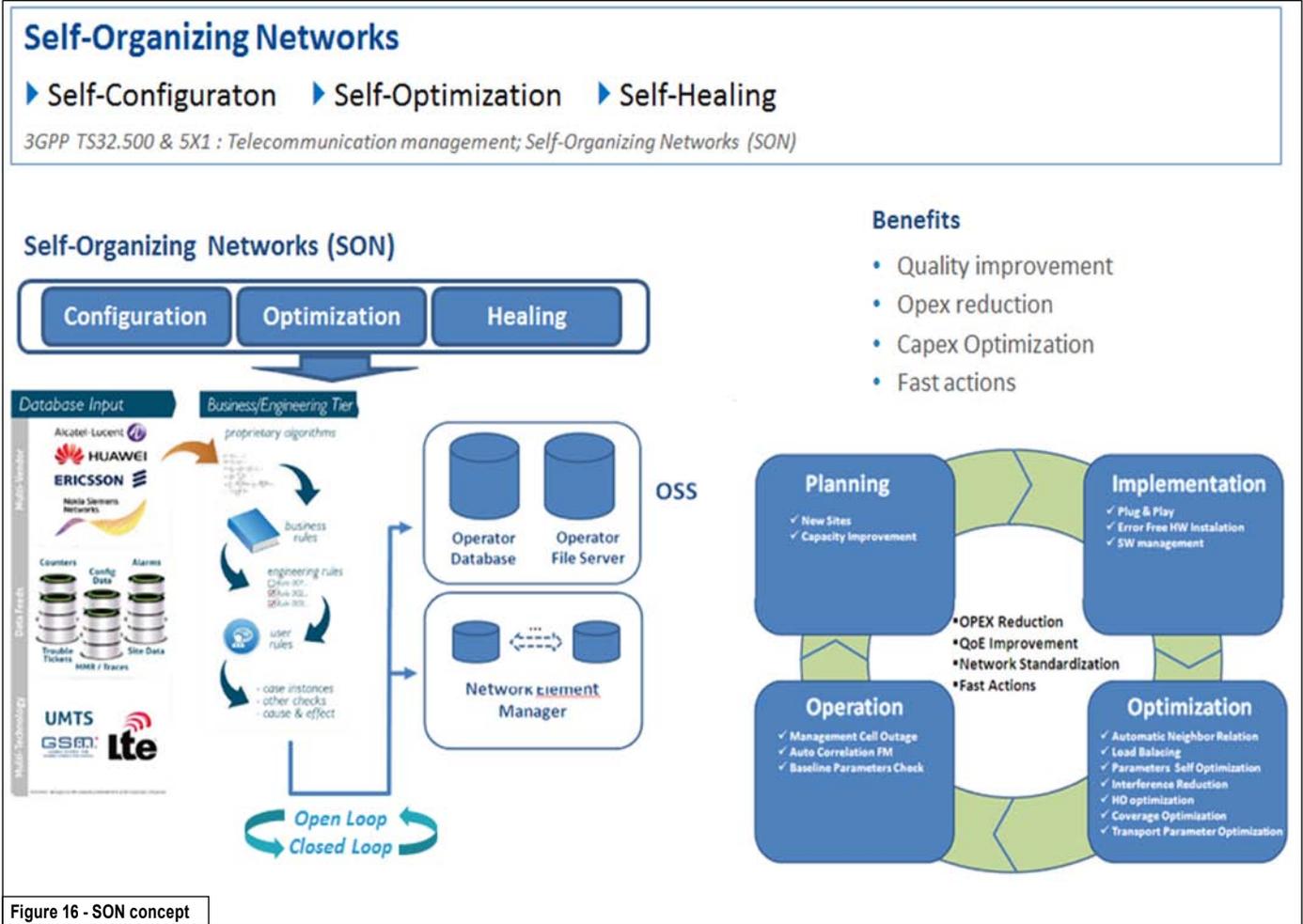


Figure 16 - SON concept

ly configure (self-configuration), optimize (self-optimization) and protect (self-healing) the network. The main aim of the SON suite is to perform the optimization tasks, routines and activities, usually manually carried-out by engineers, in an automated, continuous, autonomous and closed-loop way, applying pre-defined optimization policies and rules. During 2013 TIM started a selection process for acquiring a SON suite, performing a comprehensive solution scouting, screening, testing and validation till the final selection of two suites. The SON solution was extended to the 12 capital cities hosting the World Cup, with a footprint

of 53 RNCs and more than 4.000 NodeB, equivalent to 43% of total RNC and 71% of total NodeB of MBB plan perimeter. The initial target of SON suite introduction was the reduction of operational effort while keeping and progressively improving service quality levels, either optimizing network performance (configuration) or improving network resilience (healing), increasing service continuity and seamless perception. For a deeper knowledge of SON functionalities and on first results in TIM Brasil it is possible to read the article "Mobile trend: Self-Organizing Networks - Notiziario Tecnico N° 2 - 2014".

Conclusioni

The telco operators are facing a fierce competition and a tough challenge due to data traffic growth combined with the need to guarantee high service quality for leveraging service revenues stream. In this scenario an integrated approach to mobile broadband network evolution is highly recommended, covering RAN HetNet (3G/LTE, macro, small and femto cells), Unified Packet Core, Common Policy Engine, Enhanced Bandwidth Management and high capacity Backhaul. At the same time, the operator should evolve its capabilities in:

- Precise geo-analytical radio planning for small cells and WiFi Hotspots
- Redefine sites construction operating model, with new products and revised process
- Manage seamless mobility and traffic steering among layers
- Automate Network Optimization with SON in order to manage the increased complexity

The joined use of new technology and evolved processes will help to face the challenge ■

mdicostanzo@timbrasil.com.br
CF@timbrasil.com.br
colivieri@timbrasil.com.br



Marco Di Costanzo

is Mobile Network Director of TIM Brasil since 2008. He joined Telecom Italia group in 1996 in mobile cellular planning department. In 1998 has been appointed as Network Director in TIM Nordeste Celular, Telecom Italia subsidiary in Brazil, and in 2001 became Network Director of TIM São Paulo for GSM start-up and where launched in 2003 the first GSM mobile service in Brazil. In 2004 he moved to Chile as CTO of Entel PCS and from 2005 in Argentina as Network Director of Telecom Personal and in 2007 as Technology Director of Telecom Argentina group.



Carlo Filangieri

is the Chief Technical Officer of Tim Brasil since November 2012. With a degree in Electronic Engineering he started his professional career in STS company as HW engineer; in 1993 he joined Telecom Italia Group, where covered many roles in the planning department and in the operations; in 1999 he was appointed as director of broadband services, supporting the launch of first DSL services. In 2007 joined IT, first as OSS director then with the responsibility on IT Infrastructure of SSC company, spinoff of Telecom Italia, started the innovative projects of cloud computing and virtual desktop. After a short experience in 2011 as responsible of Network Operation Management, he worked as regional director of Open Access.



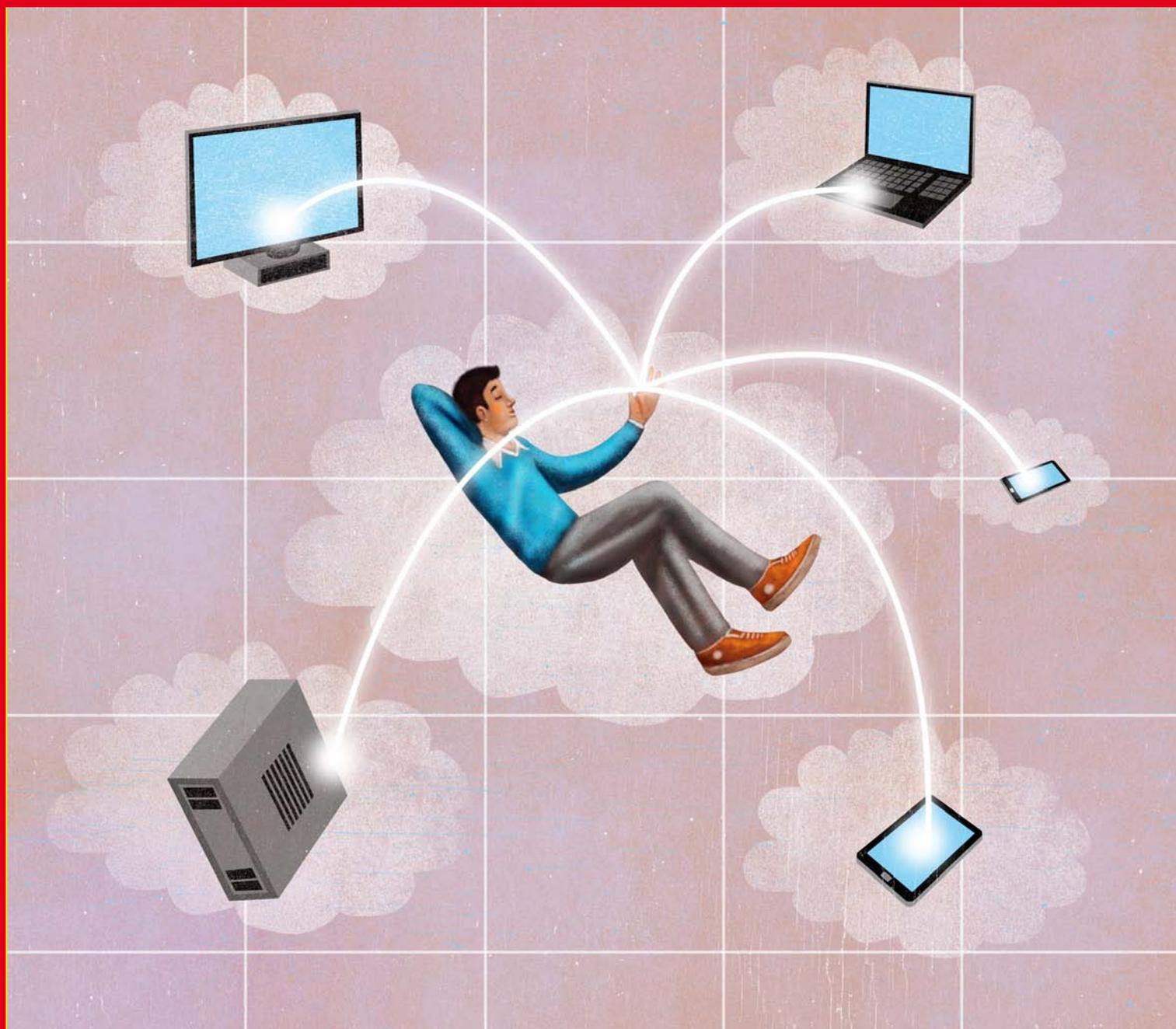
Cicero Olivieri

is the director of Tim Brasil Fixed and Transport Network. He is Telecommunication Engineer graduated in 1987 at CEFET-PR. Started his career as Antenna designer in Brasilsat Harald becoming Development Manager after two years. In 2000 was hired as Technology Manager in GVT, participating in this start up company that became a great success in Brazilian Telecom Market. During 10 years worked in GVT, passing through several positions like Engineering Director, NMC Director, Region Director and Vice President of Engineer and Operation (2007 till 2010). In 2010 was invited to be Broadband Director in Oi and in the end of 2011 jointed to TIM group leading the Fixed Network, in charge to the startup of TIM FIBER (Ultra Broadband services for Residential Customers in São Paulo and Rio de Janeiro) and projects like FTTS (Fiber to the Site) and LT Amazonas (1.700 km of OPGW fiber backbone in rainforest).



OLTRE LE NETAPI

Mario Bonnet, Pier Carlo Paltro



La maturità dei servizi Web, l'adozione del VoIP nelle reti di telecomunicazioni, la crescita di dispositivi mobili intelligenti costantemente connessi a reti 3G/4G/LTE o WiFi e la proliferazione del cloud computing continuano a cambiare il modo con cui i servizi vengono realizzati ed offerti, accelerando ulteriormente la convergenza tra il mondo Telco ed il mondo IT. In questo articolo si analizza come l'utilizzo dei modelli di Network/Cloud API da parte dall'Operatore sia il veicolo per lo sviluppo di relazioni di cooperazione con i mondi "digitali" contigui al mondo Telco e per l'innovazione continua dei servizi, evidenziando il percorso evolutivo intrapreso da Telecom Italia in questi ambiti.

1 Introduzione

Nella seconda metà degli anni 2000 l'adozione dei principi della SOA e la virtualizzazione hanno contribuito alla trasformazione delle applicazioni: da "monolitiche e residenti su sistemi verticali" a "servizi orizzontali, su infrastrutture general purpose".

L'avvento del cloud rende, oggi, i servizi applicativi sempre più distribuiti e nativamente fruibili da una molteplicità di dispositivi, per composizione e consumo, oltre i confini di una azienda.

In questo scenario di trasformazione la sfida per gli operatori di Telecomunicazioni è, sul fronte dei servizi, legata all'evoluzione verso un modello di "Digital Service Telco" che deve necessariamente combinare:

- il consolidamento e l'ottimizzazione dei processi interni;
- l'adozione di modelli infrastrutturali scalabili e flessibili basati sull'allocazione dinamica delle risorse;

- il supporto di nuovi modelli di creazione servizi, tramite l'adozione di paradigmi di sviluppo "agile", che consentano una realizzazione a basso costo di applicazioni, con una modalità "error & trial", ed una loro "selezione naturale" in funzione del loro successo commerciale;
- l'introduzione di nuovi servizi digitali, attraverso lo sviluppo di servizi innovativi "attigui" ai business Telco che combinano funzionalità "esterne/cloud" con prestazioni tipicamente Telco-based;
- nuove forme di proposizione servizi ed offerte.

Per raggiungere questi obiettivi è richiesto un utilizzo intensivo dei modelli di Network/Cloud API da parte dall'Operatore.

2 Il valore strategico e di business delle API

Le API (*Application Programming Interface*) sono da tempo note agli

sviluppatori come una modalità di interazione tra componenti software; uno strumento tecnico attraverso il quale semplificare e risolvere il problema dell'interoperabilità tra moduli o piattaforme, realizzate da vendor o da organizzazioni diverse.

Dall'inizio degli anni 2000 le API sul Web hanno avuto una crescita esponenziale, sia in termini di numerosità delle interfacce esposte, che di varietà dell'ambito applicativo: servizi finanziari/pagamento (Paypal), social media (Facebook, Twitter), BSS/CRM (IBM, Citrix, Salesforce), distribuzione di contenuti (Netflix), Telco-like (Twilio, Skype, Tropo), Cloud (Amazon AWS, Microsoft Azure, Rackspace), mapping (Google Maps). ProgrammableWeb [1], uno dei portali ed aggregatori più autorevoli di API exposure, ospita ad oggi (giugno 2014) oltre 11.000 API, 13 volte le API ospitate nel 2007.

Un indicatore che aiuta a comprendere il successo delle API

API, Web Services e REST

La filosofia delle API arriva da lontano: già nei primi anni '90 l'informatica aveva introdotto paradigmi di elaborazione distribuita basati sull'invocazione di API, per fare interagire moduli software dispiegati su differenti server; l'Open Management Group (ente di standardizzazione de facto), ad esempio, aveva prodotto le specifiche di un'architettura distribuita (CORBA) che per prima ha promosso la diffusione di questo paradigma.

I principi della SOA (*Service Oriented Architecture*), l'utilizzo della rete Internet e dei relativi standard hanno successivamente contribuito a promuovere le API come "linguaggio" condiviso attraverso cui un sistema espone funzionalità comuni, anche complesse, sotto forma di servizi, affinché questi siano acceduti ed utilizzati da altri sistemi o servizi, permettendo un arricchimento costante e continuativo di applicazioni.

La concettualizzazione delle API e delle modalità di interazione software tra due sistemi deriva storicamente dall'approccio RPC (*Remote Procedure Call*). Nel modello RPC due entità (client e server) che debbono interagire utilizzano un protocollo applicativo basato su richiesta/risposta: un client invoca una funzionalità (servizio) sul sistema remoto per ottenere un risultato.

Dal punto di vista del programmatore tale modalità è una estensione della tipica invocazione di una funzionalità presente nelle librerie di supporto (richiamo di una sotto-procedura), con la differenza che l'invocazione in questo caso non è locale all'ambiente in cui il software è eseguito ma, appunto, remoto.

Tutti i modelli RPC richiedono, per poter essere applicati:

- la definizione formale delle interfacce (metodi) dei servizi offerti;
- la definizione formale dei parametri,

dei data type scambiati e dei valori di ritorno.

Queste caratteristiche sono facilmente individuabili in un Web Services SOAP, che rappresentava fino a qualche tempo fa il modello di riferimento per la realizzazione di servizi su Web. In un Web Service SOAP, che propone una visione del Web incentrata sul concetto di servizio, il protocollo http è utilizzato a livello di trasporto, e su di esso è definito un servizio applicativo basato su:

- la specifica delle interfacce (operazioni), contenuta nel WSDL (documento XML in grado di descrivere le funzioni e i parametri di un Web Service SOAP);
- la definizione dei datatype, contenuta in un corrispondente documento XSD.

L'approccio adottato dai Web Service basati su SOAP è, in sintesi, una sorta di adattamento dalle tecnologie di interoperabilità ed elaborazione distribuita, già esistenti al di fuori del Web, su http ma senza sfruttarne appieno le potenzialità.

L'esistenza di documenti WSDL ed XSD per definire un Web Service SOAP, inoltre, favorisce l'uso di tool per creare automaticamente client applicativi nei diversi linguaggi di programmazione ma allo stesso tempo induce a creare una forte dipendenza tra client e server.

Negli anni 2000 l'uso delle API è stato l'elemento vincente per l'ascesa del cosiddetto "programmable web", il modello di erogazione dei servizi adottato dagli OTT; questa evoluzione è stata accompagnata da un ulteriore sviluppo tecnologico nelle API, con l'adozione di protocolli per l'elaborazione distribuita sempre più "leggeri" (da SOAP/Web Services a REST) per adattarsi al meglio alle caratteristiche di Internet ed alle esigenze dei programmatori che sviluppano applicazioni di tipo Web.

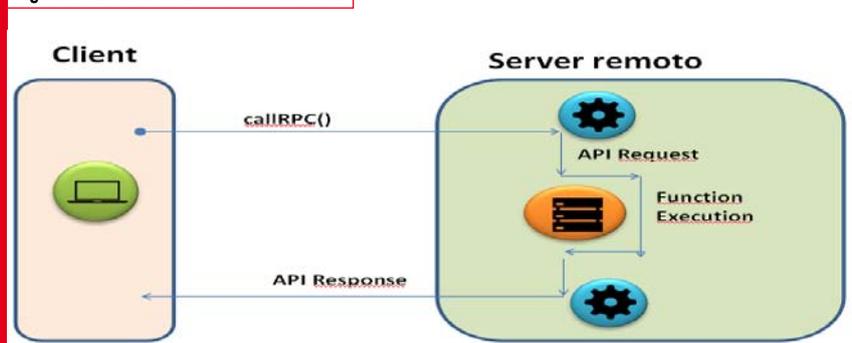
In REST l'approccio all'API design cambia radicalmente:

- non si ragiona più in termini di servizi ma in termini di risorse;
- si sfrutta http per quello che è: un protocollo a livello applicativo e non di trasporto, di cui si applicano le azioni previste dai suoi metodi: get, put, post e delete.

REST, in questo modo, tende a conservare e ad esaltare le caratteristiche intrinseche del Web evidenziandone la predisposizione ad essere una piattaforma per l'elaborazione distribuita, senza aggiungere nulla a quanto è già esistente sul Web per consentire ad applicazioni remote di interagire.

Il primo a proporre l'approccio REST (REpresentational State Transfer, ovvero trasferimento dello stato di rappresentazione) è stato Roy Fielding,

Figura A - Modello Remote Procedure Call



nel 2000, nella sua tesi di dottorato "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures". I principi dell'approccio REST sono i seguenti:

- le risorse hanno un proprio identificativo univoco ed indirizzabile che non è altro che un indirizzo URI (*Uniform Resource Identifier*), a tutti gli effetti equivalente agli indirizzi Web che usualmente inseriamo nei nostri browser per accedere ad una pagina specifica o ad un documento presente in rete;
- le interazioni tra client e server devono essere stateless, cioè devono contenere tutte le informazioni necessarie per gestire la richiesta (parametri, contesto e dati), senza richiedere una memorizzazione sul server;
- sono supportate, nell'interazione tra client e server, le cosiddette operazioni CRUD (*Create, Read, Update, Delete*), mappate sui metodi dell'HTTP:

lete), mappate sui metodi dell'HTTP:

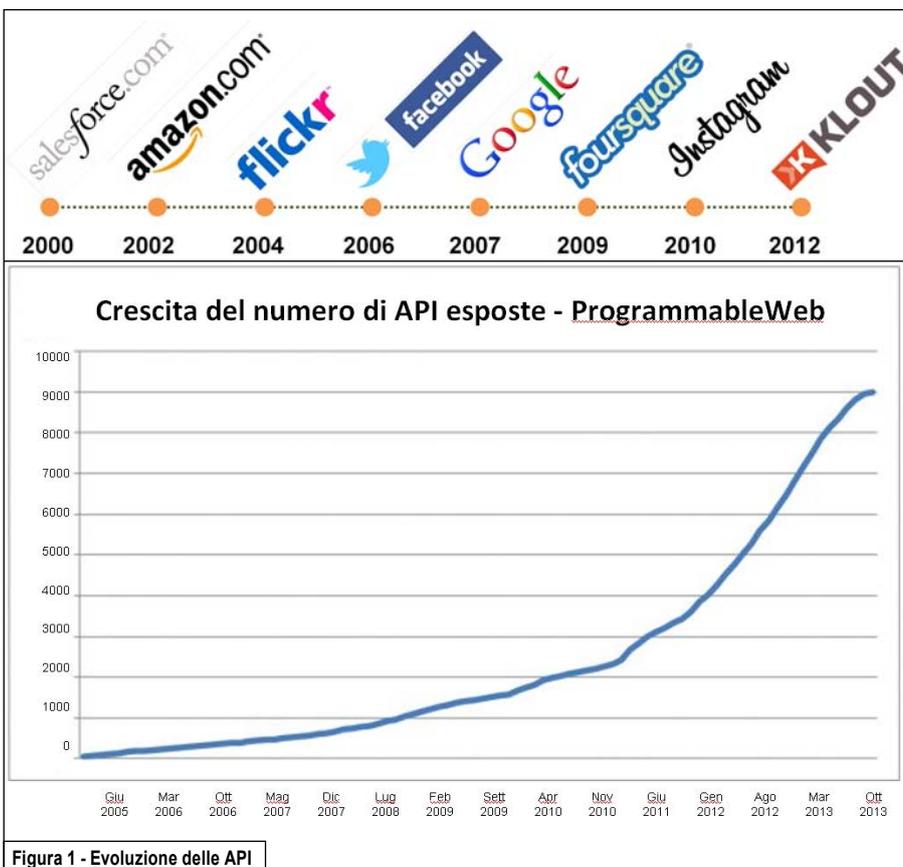
- **(Create)** POST, per creare una risorsa sul server;
 - **(Read)** GET, per recuperare in sola lettura lo stato di una risorsa.;
 - **(Update)** PUT, per aggiornare lo stato della risorsa;
 - **(Delete)** DELETE, per cancellare una risorsa;
 - è raccomandato l'utilizzo della cache, a diversi livelli, per l'ottimizzazione delle performance;
 - l'interazione tra client e server è semplificata, disaccoppiando i sistemi e consentendo che le due componenti possano evolvere in modo indipendente.
- Per quel che riguarda le strutture dati, REST può prevedere sia l'utilizzo dell'XML oppure una struttura semplificata denominata JSON.

L'agilità dello stile REST, la possibilità di suo utilizzo da una molteplicità di dispo-

sitivi dotati di un client http senza la necessità di ulteriori strumenti, la semplicità di sviluppo lo hanno reso il naturale "linguaggio" di interazione tra sistemi sul Web, contribuendo alla crescita delle API sul Web.

Nel confronto tra REST e Web Services API è comunque opportuno evidenziare che in contesti enterprise di medio-grandi dimensioni, in cui siano preponderanti gli aspetti di formalità (governance, supporto, definizione di un contratto) tra gli elementi delle architetture, o laddove vi sia la necessità di supportare interazioni di tipo asincrono e su altre modalità di trasporto oltre l'http (e.g. queuing) i Web Service risultano ancora l'approccio più utilizzato per il "consumo interno" di servizi ■

vincenzo.amorino@telecomitalia.it
giuseppe.piersantelli@telecomitalia.it;



come modello di servizio e come tecnologia abilitante è il traffico, ovvero il numero di chiamate che applicazioni, client, servizi e macchine effettuano verso le API. I dati riportati nella Tabella 1, riferiti al 2013, offrono una panoramica dei volumi medi di traffico gestito e servito da alcuni importanti API provider in un giorno. L'evoluzione tecnologica delle API (v. Box API, WEB SERVICE e REST), l'affermazione del Web come piattaforma di servizio, l'avvento del Cloud Computing, pubblico e privato, aprono nuove prospettive per la semplificazione dello sviluppo SW distribuito e per l'accesso alle risorse Telco ed IT.

2.1 Valore Strategico delle API

Nelle aziende di medie e grandi dimensioni l'ideazione e la realiz-

Provider	Ambito Applicativo	Anno lancio API	Traffico (chiamate al giorno)
Salesforce	CRM	2000	1,3 mld
Ebay	E-commerce	2000	270 mln
Amazon AWS	Cloud	2002	500,000 /secondo
Twitter	Social media	2006	15 mld
Facebook	Social media	2006	5 mld
Google	Web services	2007	5 mld
Netflix	Content distribution	2008	330 mln
Twilio	TLC	2008	1.5 mln
Foursquare	Social media	2009	75 mln
Klout	Social media	2012	65 mln

Tabella 1 - Volumi gestiti da API Provider sul Web - 2013 ([2], [3], [4], [5], [6])

zazione di servizi ed applicazioni fruibili su diverse piattaforme (web, mobile, M2M, dispositivi connessi) si basa su processi interni che si articolano in fasi distinte: progettazione, sviluppo, collaudo, esercizio e manutenzione.

La competitività dei mercati richiede che queste fasi avvengano, oggi, con estrema rapidità e in una modalità incrementale. Si devono cioè indirizzare da un lato l'evoluzione continua dei prodotti, inseguendo rapidamente le esigenze dei clienti, dall'altro, la riduzione dei costi delle soluzioni sviluppate, consumando in modo "elastico" le risorse e riuscendo il più possibile funzionalità già sviluppate e stabilizzate in precedenza.

È proprio nell'ambito dell'efficacia e del riuso che le API giocano un ruolo fondamentale perché abilitano la creazione, all'interno delle aziende, di asset riusabili e facilmente accessibili, che possono rendere agile, efficiente e snello il ciclo di vita dei moderni prodotti e servizi.

In quest'ottica tutte le grandi aziende del settore ICT stanno seguendo un percorso evolutivo, riapplicando un trend che ha forti relazioni con

quanto già accaduto in alcune delle maggiori realtà OTT che hanno ridisegnato se stesse.

In ambito OTT Amazon è ritenuto uno dei maggiori casi di successo per la sua evoluzione da portale di e-commerce a leader mondiale ed inventore del moderno public cloud. Questa trasformazione ha richiesto ad Amazon, nel 2004, di attuare un significativo cambiamento organizzativo interno ed una radicale trasformazione della stessa cultura aziendale.

In quel periodo venne infatti richiesto con forza a tutti i team dell'azienda di progettare ed utilizzare "service interfaces" come

unico mezzo di comunicazione e scambio di informazioni e dati all'interno di Amazon.

Il modo di lavorare venne ridisegnato mettendo al centro l'automation dei processi attraverso le API e l'elasticità dei sistemi in modo da applicare un modello pay-per-use delle piattaforme informatiche interne. Successivamente, consolidato il modello interno, le stesse API vennero messe a disposizione del mondo esterno, dando il via al fenomeno del public cloud che conosciamo oggi.

In sintesi, nel caso di Amazon, questo risultato costò alcuni anni di transformation ma ebbe diversi risvolti di fondamentale importanza:

- creò progressivamente, all'interno dell'azienda, un catalogo di API il cui accesso avveniva attraverso processi automatizzati;
- fu una opportunità di sviluppo di competenze e capacità nuove, che si diffusero come linee guida non solo all'interno dell'azienda ma anche verso fornitori e partners;
- sviluppò un movimento nella comunità degli sviluppatori mondiali che fece nascere profonde innovazioni nel movimento Agile quale ad esempio il paradigma DevOps innovan-

Figura 2 - Deployment di Amazon.com



do le modalità di lavoro tra chi sviluppa e chi esercisce le soluzioni informatiche.

Per dare un'idea della potenza dell'approccio DevOps nel 2013 Amazon ha dichiarato di poter effettuare un rilascio SW per far evolvere o correggere le funzionalità dei propri sistemi di e-commerce ogni 12 secondi su un numero di host compreso tra un minimo di 10.000 e un massimo di 30.000, senza interruzioni del servizio verso gli utenti finali (si veda la Figura 2).

Questi risultati fanno comprendere come un'organizzazione moderna non possa più sottovalutare il valore strategico delle API per trasformare il suo business e rendere efficienti i processi interni.

I modelli sostenuti da Amazon sono senz'altro applicabili come principi guida nell'evoluzione dei processi interni degli Operatori verso un modello di "Digital Service Telco" e questi vedono le API come:

- strumento di governo ed automazione di infrastrutture, servizi, processi, tanto nel mondo rete che nel mondo IT, con una visione strategica di medio periodo che faccia evolvere l'organizzazione;
- entità omogenee e catalogo unificato, con accesso semplice e "self service" alle funzionalità.

In questa logica l'utilizzo delle API serve per promuovere uno sviluppo efficiente e rapido alla realizzazione di servizi mediante l'esposizione di funzionalità riusabili e facilmente accessibili.

In Telecom Italia, partendo da un contesto già molto ricco di servizi e funzionalità esposti attraverso API (più di 200 interfacce di funzionalità di rete ed IT disponibili in oltre 30 aree funzionali), sono

in corso progetti che indirizzano l'Azienda verso un trend che renda sempre più organico e facile l'uso delle API per discovery, accesso, pubblicazione, sia per quanto riguarda l'evoluzione delle Network API (NetAPI), sia per quanto riguarda l'innovazione e la realizzazione di servizi applicativi.

3 Business Model per Utilizzo Esterno

Le API rivestono un ruolo rilevante anche come vettore di integrazione tra l'ecosistema che le implementa ed i mondi esterni; dal punto di vista dell'operatore Telco costituiscono lo strumento con cui creare valore, con un approccio cooperativo, con le Terze Parti combinando l'intelligenza e le funzionalità Telco con servizi/contenuti esterni.

La catena del valore delle API offerte pubblicamente può assumere diverse forme, in funzione della tipologia delle API, di chi le utilizza (partner, content provider, sviluppatori) e del modello di business perseguito.

Nel mondo dei Telco Provider, tradizionalmente:

- le API esposte verso le Terze Parti sono quelle caratteristiche di un operatore (si veda il paragrafo 3.1);
- gli utilizzatori sono soprattutto soggetti con cui l'operatore ha relazioni di business contrattualizzate e formalizzate (partner, service provider, MVNO, fornitori di contenuti, SME);
- le API offerte devono, in alcuni casi, essere conformi a vincoli regolatori o normativi;
- sono anche utilizzate per l'innovazione dei servizi offerti ai propri clienti e per intercettare mercati contigui, quando parte

del valore è all'esterno dell'operatore.

La Figura 3 rappresenta, senza pretese di esaustività, i principali business model tradizionali del mondo Telco relativi all'offerta di API da parte di un Telco Provider ad una Terza Parte (Content Service Provider, Partner/Reseller, MVNO, cliente Business, soggetto Wholesale, OTT):

- **B2B (Pay per Use)**; l'utilizzatore delle API (Terza Parte) realizza servizi per i propri clienti e remunera il Telco Provider per l'uso delle risorse "consumate" (su base volume, con o senza canone base, etc.);
- **B2B2C (Revenue Sharing)**; l'utilizzatore delle API (Terza Parte) offre un servizio/contenuto al cliente del Telco Provider, addebitando il servizio offerto sul conto del cliente. L'operatore riconosce una percentuale delle revenues alla Terza Parte;
- **Intermediazione con aggregatore (B2B2B)**; un soggetto aggregatore raccoglie ed unifica le API (ed i relativi processi) di più Telco Provider, offrendoli alle Terze Parti che realizzano i servizi; l'aggregatore riconosce, poi, ad ogni singolo Telco Provider una certa percentuale, in base alla tipologia di contratto stipulata;
- **Flat/Freemium**; consente l'utilizzo di API ad un ecosistema omogeneo di utilizzatori, di medio/piccole dimensioni, su base canone, con limitazioni di utilizzo sui volumi.

Rispetto a questi business model le API pubbliche offerte sul Web dagli OTT sono invece tipicamente utilizzate per creare nuovi ecosistemi e per supportare offerte digitali su Web Marketplace.

Sebbene sia complesso categorizzare tutte le modalità con cui

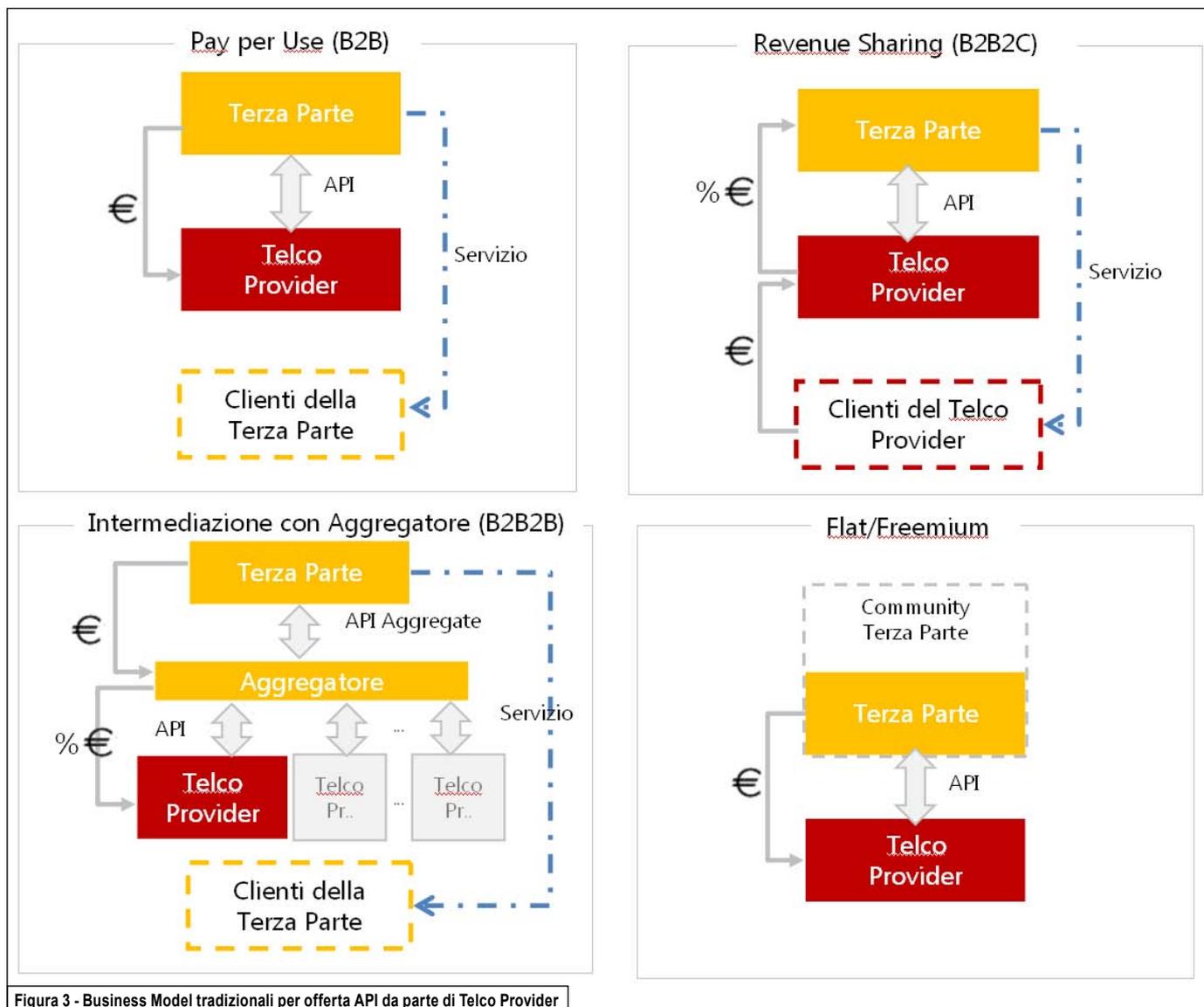


Figura 3 - Business Model tradizionali per offerta API da parte di Telco Provider

le API vengono proposte dagli OTT sul Web, i seguenti modelli di creazione del valore sono i più comuni:

- controllo della catena digitale del valore presidiata;
- brand extension, crescita ed aumento del valore dell'ecosistema creato;
- aumento della visibilità e della raggiungibilità dei propri servizi su piattaforme e device diversi;
- innovazione tramite combinazione di servizi diversi.

La figura 4 riporta la classificazione dei business model delle API OTT, proposta da ProgrammableWeb, che si suddivide in quattro principali "filoni":

- **Free**: è il caso di Facebook che offre le proprie API gratuitamente ai developer per incrementare il proprio ecosistema;
- **Developer Pays**: l'utilizzatore dell'API (developer) remunererà l'OTT per l'utilizzo della funzionalità (pay per use, freemium ovvero gratuito con limitazioni, su base crediti, in

base al valore della transazione generata, etc.);

- **Developer gets paid**: il developer è ripagato, con una sorta di "revenue sharing" o pagamento diretto, in base al valore che lo sviluppatore genera per l'OTT tramite l'utilizzo delle API, nelle applicazioni che sviluppa (ad esempio advertising, sottoscrizioni/acquisti/visite indotte dall'applicazione, acquisizione di nuovi clienti, raggiungibilità di nuovi segmenti di mercato, etc.);

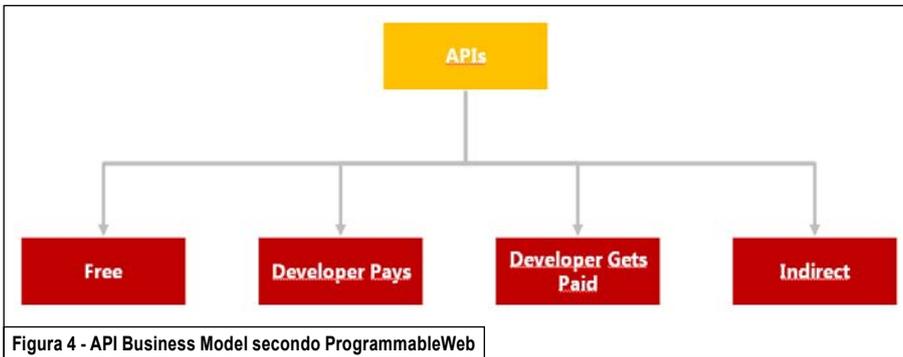


Figura 4 - API Business Model secondo ProgrammableWeb

- **Indirect:** l'utilizzo delle API è utilizzata come leva per facilitare l'upsell di una offerta (incremento livello di licensing), per acquisire ed aumentare il catalogo dei contenuti offerti dall'OTT, per aumentare il parco dei device che possono accedere ai servizi dell'OTT, etc.

Per una analisi più di dettaglio dei vari modelli si può fare riferimento a [7].

Tra le caratteristiche distintive di questi modelli è opportuno evidenziare:

- l'arricchimento dei modelli basati sulla "willingness to pay" con meccanismi di awarding e lock-in su business innovativi;
- l'apertura delle API anche a soggetti "digitali" di tipo developers, con un modello di tipo B2C;
- la possibilità per gli utilizzatori di appartenere ad una community, di avere visibilità worldwide e di creare un proprio micro-business.

Sono sicuramente aspetti a cui un operatore Telco può fare riferimento per la creazione di propri Marketplace Digitali di API e per l'evoluzione delle modalità di esposizione, tenendo comunque in considerazione i relativi rischi, che devono essere opportunamente valutati e bilanciati:

- possibile cannibalizzazione delle offerte tradizionali;

- potenziali conflitti di ruolo tra partner tradizionali e "public developers";
- implicazioni normative o right infringements.

4 API e Cloud Computing

Le API sono anche alla base del paradigma del cloud computing per il quale viene ormai considerato un riferimento worldwide la definizione data dal NIST [8] di cui la Figura 5 ne riassume le caratteristiche, i modelli di servizio e i modelli di deployment.

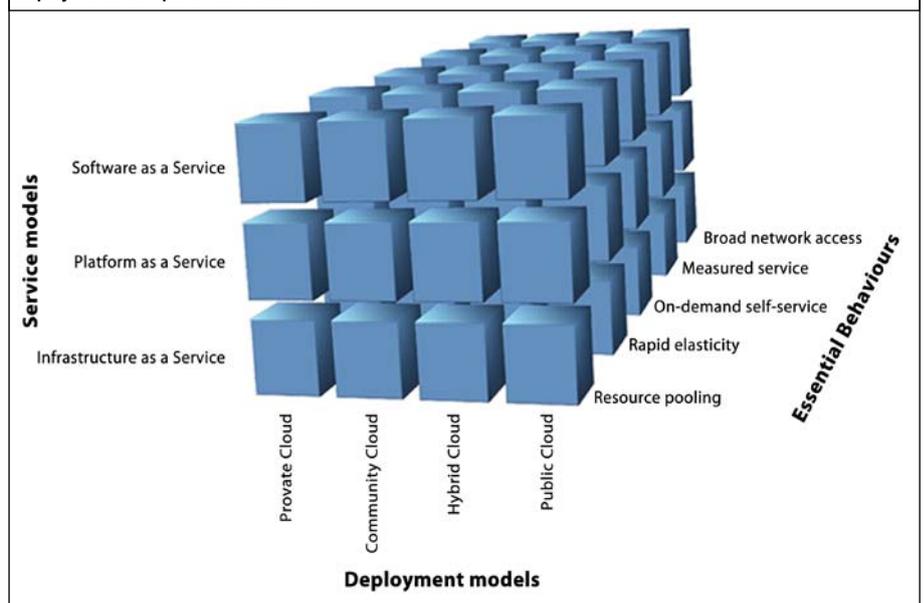
Non è oggetto di questo articolo approfondire l'intero schema, ma è importante evidenziare qui il fatto che le moderne cloud devono implementare le "essential behaviours" del modello attraverso un insieme di API attivabili direttamente dagli sviluppatori e dai team di operation. Allo stesso modo devono esistere API per controllare configurazione ed elasticità di tutte le risorse di computing offerte (ad es. nel caso di uno IaaS: computation, storage, networking, security).

Con questo approccio è possibile trasferire i vantaggi del cloud alle applicazioni ed ai servizi costruiti su di esso.

Dal punto di vista di chi sviluppa i servizi, i vantaggi dell'utilizzo del cloud sono sia di tipo tecnico-processivo sia di business:

- non è più richiesto il dimensionamento up-front dell'infrastruttura, per lanciare un nuovo servizio. Si parte, cioè, con un configurazione minimale e sarà il servizio stesso a ridimensionarsi in modo automatico ed

Figura 5 - Le tre dimensioni delle API cloud nell'elaborazione di ProgrammableWeb: modelli di servizio, modelli di deployment e comportamenti essenziali



elastico sulla base del numero di utenti registrati. Si possono immaginare i riflessi di questo approccio sul business model dei nuovi servizi dove il dimensionamento iniziale, con il conseguente investimento, non sarà più un fattore critico;

- gli ambienti di sviluppo, test ed esercizio vengono creati in modo automatico. Questo concetto è chiamato “CloudFormation”, cioè l’architettura fisica del servizio (ad es. computing, il network e lo storage) viene creata automaticamente scrivendo una “parte” di SW che, utilizzando le API della cloud, istanzia, connette e configura le risorse necessarie. Le implicazioni di questo approccio sono disruptive rispetto ai processi di service creation manuali tradizionali.

Facendo un passo ulteriore possiamo immaginare che lo stesso servizio, costruito con questi criteri, diventi esso stesso “erogatore” di API attraverso uno o più dei modelli descritti precedentemente in questo articolo. Appare evidente che una gestione delle API erogate da sistemi che sono essi stessi costruiti sulle API di una cloud moderna sia molto potente flessibile, e “business effective”.

Un punto di attenzione importante è quindi il percorso di transizione verso queste soluzioni superando, per i nuovi servizi, l’infrastruttura del data center “virtualizzato” tradizionale e muovendosi, in prospettiva, verso quello “private/public cloud”.

Questa sfida è alla base dei principali trend di trasformazione delle infrastrutture e delle modalità di offerta servizi da parte di un operatore Telco, dove è importante citare:

- Network Function Virtualization per la virtualizzazione e l’ottimizzazione delle infrastrutture di rete;
- l’evoluzione dei data center IT e dell’offerta Nuvola Italiana verso una cloud completamente self-service e automatizzata;
- le nuove modalità di erogazione servizi digitali; in quest’ambito Telecom Italia ha lanciato da alcuni mesi la start-up TIDS (*Telecom Italia Digital Solution*), che ha l’obiettivo di essere protagonista nella trasformazione digitale del business dei propri clienti, tramite offerte di tipo SaaS e IaaS (v. Box Percorso TIDS).

5 Oltre le NetAPI

Per perseguire il modello di “Digital Service Telco” l’ecosistema dell’Operatore ha la necessità di dotarsi di nuovi processi e servizi, disponibili ed utilizzabili in modo agile ed a basso costo operativo. Ma entriamo più nel dettaglio.

5.1 Easy API: evoluzione delle modalità di consumo

Telecom Italia è impegnata in un profondo percorso di evoluzione delle NetAPI (le API caratteristiche di un operatore Telco - e.g. voce, messaging, billing, user identity, ecc.) e dei processi di erogazione correlati, sia per uso interno che per Terze Parti.

La “nascita” delle NetAPI in Telecomitalia risale alla fine degli anni ‘90 quando, attraverso funzionalità di Gateway verticali si iniziò ad aprire verso terze parti la funzionalità di invio/ricezione SMS Application to Person e Person to

Application per l’erogazione dei primi servizi VAS offerti in partnership con Content Service Provider esterni (chat, news, oroscopi, suonerie, musica). Negli anni successivi l’infrastruttura di intermediazione si arricchì di funzionalità di sottoscrizione e verifiche di business, per consentire un’opportuna gestione del caring e del ciclo di vita dei servizi nei confronti dei clienti (ad esempio verifica credito, black list).

Dalla fine del decennio successivo, seguendo i principi SDP (*Service Delivery Platform*), SOA ed in linea con le indicazioni tecnologiche e di contesto provenienti anche dal mondo dello standard (v. Box L’evoluzione delle NetAPI Telco nel mondo dello Standard), si è proceduto:

- a sistematizzare l’infrastruttura di esposizione delle funzionalità di servizio, con l’adozione della Service Exposure, punto di pubblicazione e di richiamo delle funzionalità di base presenti nei diversi contesti di servizio (es. messaging, localizzazione, servizi per MVNO, user identity, servizi vocali, provisioning e billing);
- ad ampliare le funzionalità di rete e di IT/BSS offerte come API, per consumo interno ed esterno;
- a supportare i nuovi contesti di business e di co-operazione che hanno richiesto un’integrazione tra le funzionalità dell’operatore e le terze parti come, ad esempio, gli MVNO (*Mobile Virtual Network Operators*).

Tutto questo promuovendo l’orientamento ai servizi, l’astrazione, il riuso delle capabilities, il supporto di interazioni multi-protocollo (basate sia su paradigmi http-based che su protocolli legacy Telco), l’applicazione di

Il percorso TIDS

Telecom Italia Digital Solutions è una startup del gruppo Telecom Italia nata nel giugno del 2013 con l'obiettivo di essere protagonista nella trasformazione digitale del gruppo e dei propri clienti domestici ed internazionali.

TI Digital Solutions è un progetto ambizioso nato dall'esigenza di aggregare le migliori competenze, esprimere nuove forze creative, sviluppare business in un contesto tecnologico in continua evoluzione, collaborando con tutte le divisioni del gruppo Telecom Italia coinvolte nei vari go to market.

La nuova società è composta da 5 Business Unit:

- Machine-to-Machine e Internet of Things
- Trust Technologies - Identity Management
- Professional Services
- ICT Security Solutions
- Cloud & Over The Top Services

La Business Unit Cloud & Over The Top Services nasce con lo scopo di gestire le soluzioni cloud-oriented, SaaS/ IaaS/PaaS rivolte sia all'utente finale che alle comunità di sviluppatori, distributori e rivenditori.

L'asset principale della business unit è Parallels Automation, una piattaforma di orchestrazione che permette la gestione E2E di applicazioni e clienti, consentendo l'integrazione in un unico sistema di funzionalità di BSS/ OSS (*Business e Operational Support System*); questa caratteristica abilita il pieno controllo della creazione delle offerte, proposizione ai clienti, gestione ordini e pagamenti.

Attraverso *Parallels Automation* è possibile creare un portafoglio di offerta completo e sempre allineato a richieste ed esigenze del mercato Cloud sfruttando:

- gli applicativi di terze parti nativamente integrati con Parallels;
- l'integrazione in Parallels di applicativi proprietari, attraverso lo sviluppo di un connettore APS (*Application Packaging Standard*) che consente di integrare i servizi in piattaforma.

TIDS si avvale prevalentemente di due modalità di proposizione delle offerte:

- Web Marketplace che permetterà agli utenti di acquistare ed utilizzare i servizi completamente in self-provisioning, attraverso interfaccia Web;
- Accordi di distribuzione e rivendita che copriranno sia il territorio nazionale che internazionale.

Nella prima fase di lancio TIDS sta fornendo supporto a Telecom Italia S.P.A., con focus particolare sul mercato Business, per i progetti di CLOUD Distribution; in questo contesto Telecom Italia Business ha già avviato il primo Market store privato per gli utenti che acquistano una connettività fissa, fornendo ai propri clienti un voucher di crediti da utilizzare per l'acquisto di servizi CLOUD, chiamato Nuvola IT.

Il portafoglio attuale di TIDS è composto da una serie di servizi SaaS e IaaS, tra cui:

- per la parte SaaS: Office 365 (suite completa dei prodotti Microsoft per la Communication & Collaboration, che permette di lavorare in modo virtuale con documenti condivisi su cloud); Open Xchange (ambiente cloud cen-

tralizzato che consente agli utenti di gestire le proprie comunicazioni digitali, su qualsiasi dispositivo); goMobi (applicativo per la realizzazione di un sito web mobile); Symantec (sistema di protezione per la sicurezza della postazione di lavoro);

- per la parte IaaS: Internet Hosting (macchine con o.s. virtualizzato, con tecnologia Container VPS – Virtual Private Server); Internet Server (macchine virtuali realizzate con tecnologia Hypervisor, per la migrazione di soluzioni verticali e proprietarie del cliente verso il mondo cloud);

oltre ad una serie di servizi Business, specifici di Telecom Italia, per i quali è stata sviluppata un'integrazione ad-hoc in modo da rendere la gestione e configurazione il più semplice possibile.

Obiettivo di TIDS è di aumentare progressivamente i servizi offerti, integrando anche il livello di esposizione delle NetAPI Telecom Italia, tramite opportuni plug-in, sia per il mercato domestico che internazionale, consentendo di abilitare:

- offerte delle NetAPI in contesti di Marketplace pubblici o privati per Telecom Italia Business, NWs e TIS;
- integrazioni di servizi SaaS NetAPI based (ad esempio messaggistica, servizi voce click-to, etc.);
- proposizioni per sviluppatori e partner, che potranno creare e pubblicare nuovi servizi basandosi sulle funzionalità di back-end offerte dalle NetAPI ■

vincenzo.brutto@tids.telecomitalia.it
mario.maglione@tids.telecomitalia.it

Policy Infrastrutturali e di Business sulle capabilities esposte.

Oggi le NetAPI disponibili sono oltre 50, raggruppabili in 11 aree funzionali, 8 mobili e 3 fisse (Fi-

gura 6), con un utilizzo complessivo che varia tra 1,6 ed 1,8 Miliardi di invocazioni al mese equamente distribuite tra Terze Parti ed applicazioni interne.

Partendo da questo contesto, la modalità di erogazione ed esposizione delle NetAPI Telecom Italia sta evolvendo su due principali fronti:

1) rendere più efficace l'utilizzo delle NetAPI con un modello di utilizzo snello e veloce, "self service", unico ed omogeneo sia per utilizzo interno che esterno; con questi obiettivi è stata intrapresa la realizzazione della piattaforma EasyAPI (Figura 7);

2) abilitare l'offerta di una nuova "classe di network API" (e.g. Web RTC, QoS, Big Data) che fanno leva sulla virtualizzazione delle funzionalità di rete Telecom Italia come "piattaforma abilitante" per i nuovi servizi digitali.

Dal punto di vista delle modalità di "consumo" delle NetAPI, l'infrastruttura EasyAPI indirizza, secondo le best practice dell'erogazione servizi sul Web, la semplificazione dei processi di predisposizione ed integrazione delle NetAPI stesse in servizi digitali, sviluppati internamente o da terze parti, e la loro integrazione in web Marketplace e piattaforme "cloud based" per favorire l'esplorazione di nuovi mercati e nuovi modelli di offerta servizi.

In particolare Easy API intende offrire agli utilizzatori:

- funzionalità on-line di pubblicazione e di consultazione delle API, attraverso un catalogo unificato;
- API omogenee, uniformate al «linguaggio de facto» del WEB e degli Application Developer (REST), per facilitare ulteriormente l'integrazione delle funzionalità offerte in applicazioni Web e Apps (iOS, Android);
- un consumo «Self Service» (funzionalità di attivazione, consumo e reporting delle API) on line;
- una modalità comune di autenticazione ed accesso alle diverse API esposte.

Il tutto secondo un modello multitenancy per cui le stesse

funzionalità dispiegate una volta sola sono proposte tramite viste multiple atte ad indirizzare la gestione dei diversi contesti di offerta.

Con il modello Easy API Telecom Italia ha quindi raccolto ed indirizzato i nuovi requisiti di elasticità, semplicità di utilizzo, facilità di integrazione in ecosistemi, intesi come nuovi canale di erogazione e distribuzione di servizi digitali.

È anche in corso la realizzazione di nuove funzionalità che saranno introdotte in rete ed integrate con Easy API come abilitanti per nuove offerte di mercato.

Tra queste è opportuno evidenziare:

- **Network & Service Management API**, che consentono una gestione flessibile, self-service, delle caratteristiche di connettività dati (banda, CoS, connettività on - demand) acquistata da un cliente Telecom Italia (tipicamente Business o Wholesale). La realizzazione di queste funzionalità consentirà di innovare le modalità con cui sono erogati, ad esempio, i servizi Carrier Ethernet Access, abilitando nuove offerte commerciali;
- **Mappa presenze API**: fornisce la stima, in tempo reale, della distribuzione della popolazione in una determinata area geografica, in base ai dati di utilizzo delle celle radio. Funzionalità rilevante per applicazioni di gestione del territorio e dei servizi/infrastrutture ad esso correlati (gestione eventi, turismo, resti stradali, trasporti), che fa leva sull'elaborazione in tempo reale dei dati di rete, per estrarne il valore in ottica servizio.
- **API WebRTC**, in grado di abilitare l'esposizione e l'integra-

zione di nuove forme di funzionalità di comunicazione realtime e Web based (v. Box Nuovi Canali di esposizione: WEBRTC).

5.2 Build.It: Un approccio per superare i silos verticali di servizio

Guardando in ottica prospettica, il progressivo ma ineludibile percorso di "softwarizzazione dell'IT e della rete" (SDDC, SDN, NFV) rende la trasformazione dei processi di service creation l'elemento centrale per garantire competitività, time to market e cost reduction, in un contesto in cui tutto diventa software e servizio.

In questo contesto Telecom Italia è fortemente orientata ad un percorso di trasformazione mirato al ridisegno e all'ottimizzare dei processi che gestiscono il ciclo di vita del software non solo in ottica tecnologica ma anche dal punto di vista culturale ed organizzativo. L'obiettivo è quello di consolidare, promuovere e far diventare comuni un insieme di best practices e metodologie agili volte alla progettazione e all'erogazione di servizi superando la verticalizzazione e indirizzando la progettazione di soluzioni "modulari e riusabili in modalità as a Service". Con questo focus Telecom Italia ha avviato un'attività trasversale: "Build.It". Si tratta di un progetto che indirizza in modo forte il problema della verticalizzazione delle soluzioni di piattaforma contrapponendo a questo modello una strategia differente che innova sia il processo che il modo di progettare i nuovi servizi.

Come indicato nella Figura 8, i processi agili di sviluppo, deployment, esercizio e improvement dei servizi si contraddistinguono, per la

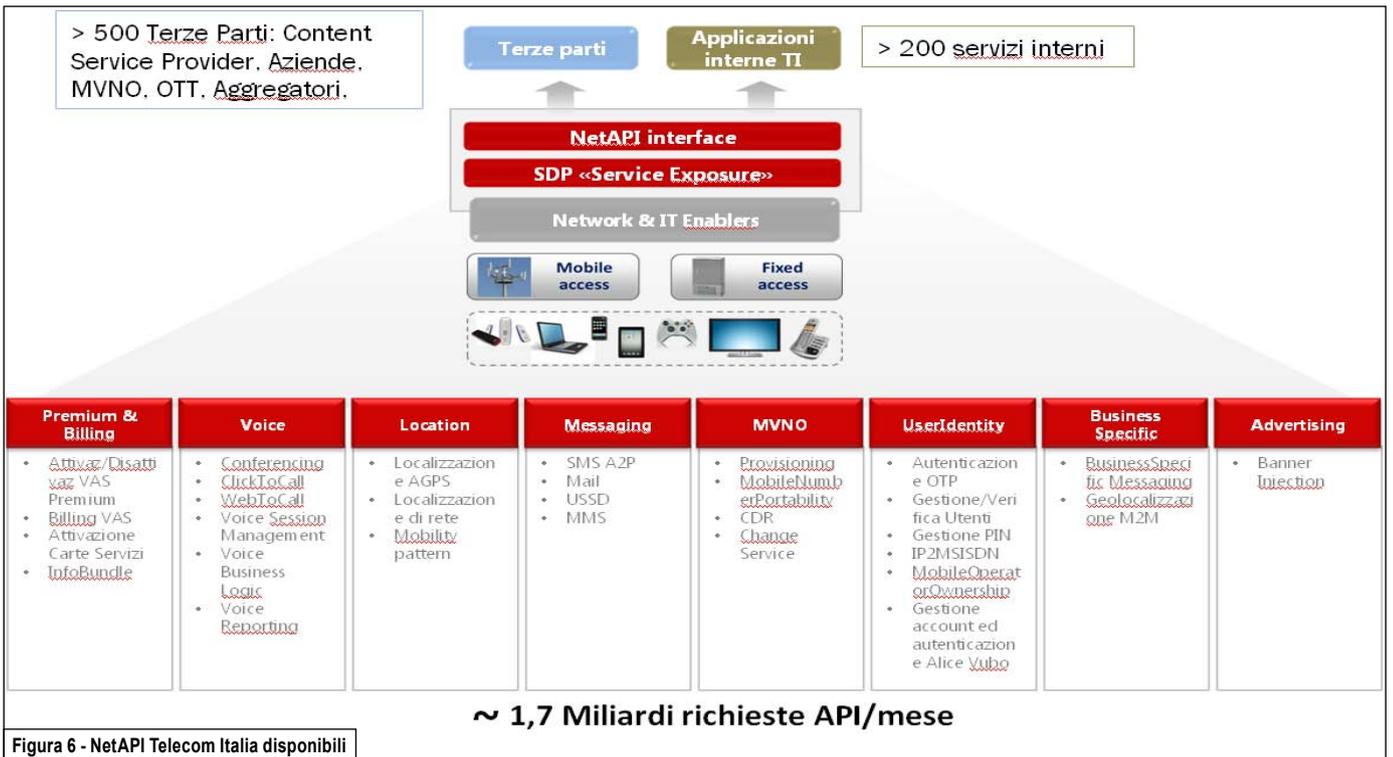


Figura 6 - NetAPI Telecom Italia disponibili

Figura 7 - Easy API - architettura e funzionalità

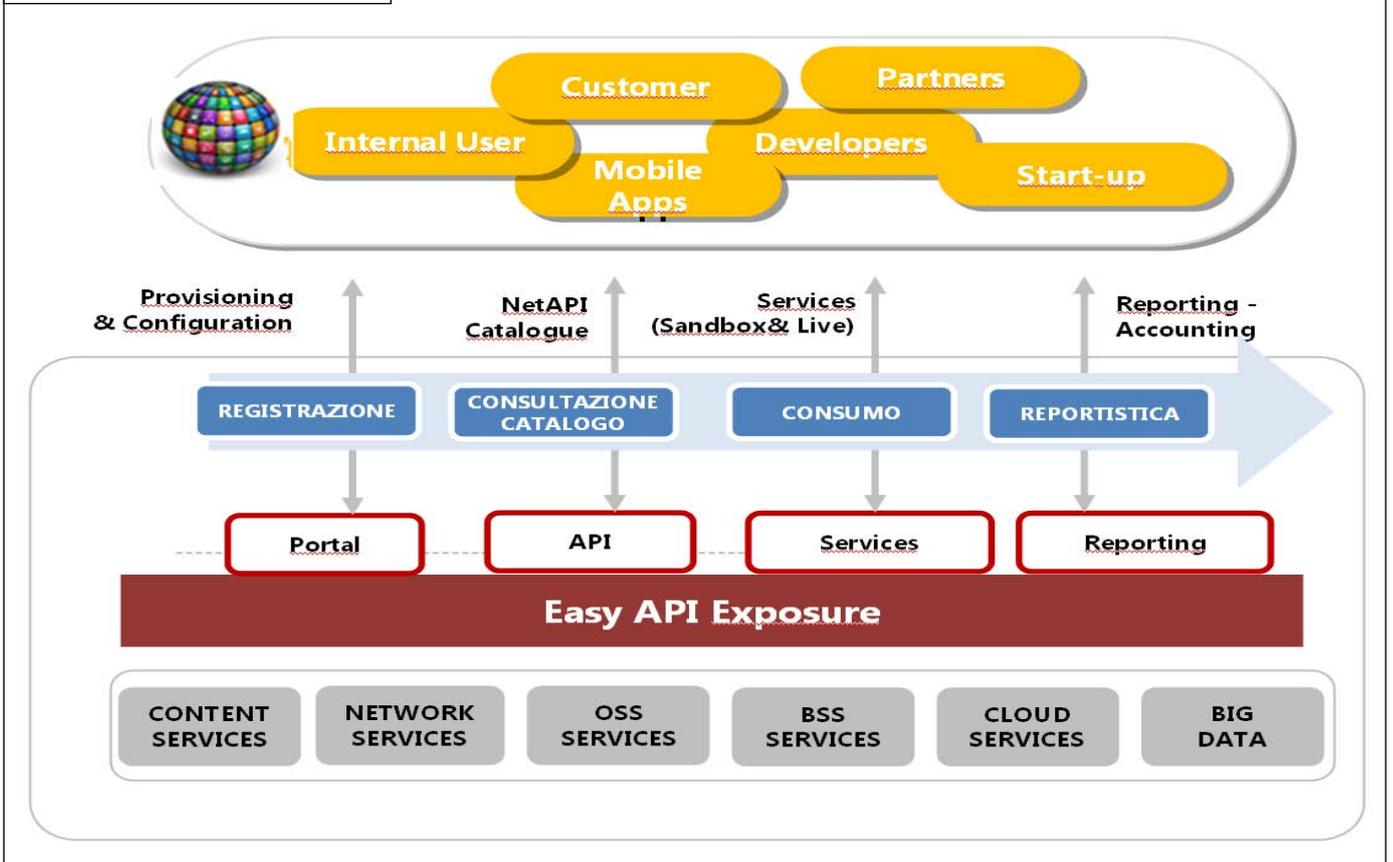


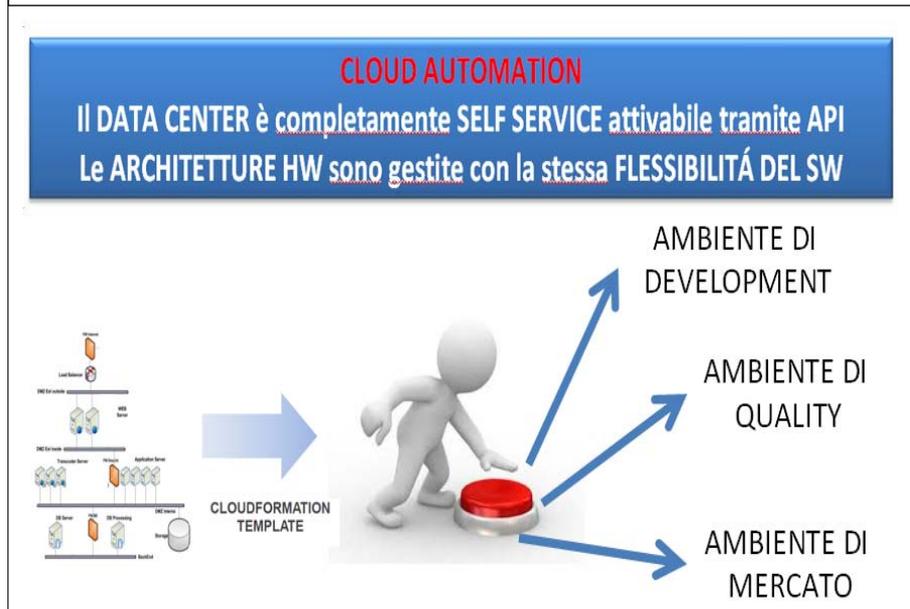


Figure 8 - Rapidità e approccio incrementale sono le caratteristiche principali dei moderni life-cycle di prodotto

velocità con la quale il life-cycle si attiva sollecitato dai requisiti dell'utente e del mercato interno. La sfida per le Telco è quindi quella di ottimizzare non solo il primo ciclo, che rappresenta il lancio del nuovo servizio sul mercato, ma anche e soprattutto la velocità dei cicli seguenti che ne rappresentano l'evoluzione incrementale per un miglioramento continuo dell'offerta.

Il progetto Build.IT promuove in questo senso metodologie agili (es. SCRUM) [12] e soluzioni di cloud automation per tutte le fasi. A questo scopo il progetto ha realizzato un ambiente di continuous integration/delivery in grado di introdurre un elevato livello di automazione sul change management, sul controllo di qualità, sul testing e l'operation del software sviluppato. Inoltre si sono investigate a

Figure 9 - Attraverso le cloud API si possono creare in modo automatizzato e on-demand gli ambienti di sviluppo e operation



fondo le soluzioni interne/esterne di cloud privata, realizzando l'automazione e il "CloudFormation" delle infrastrutture dedicate allo sviluppo, al collaudo e all'esercizio (Figura 9).

Sul fronte della progettazione dei nuovi servizi, Build.IT offre un portale e alcuni strumenti che promuovono il design modulare dei servizi in alternativa alla classica realizzazione verticale di tipo "silos oriented". La Figura 10 illustra il principio di questo approccio.

In Build.IT i servizi non possono avere una natura verticale (silos). Devono invece essere sempre concepiti come un insieme di componenti riusabili (i blocchi quadrati) e con uno strato sovrastante (i triangoli della figura) che "personalizza" questi blocchi aggiungendo funzionalità peculiari del servizio e quindi difficilmente riusabili in altri contesti. In questo modo ogni volta che un servizio innovativo viene sviluppato non avrà solo una dimensione verticale di tipo B2C orientata alle esigenze dell'offerta rivolta agli utenti finali, ma anche una dimensione orizzontale che ne consentirà il riuso in self-service all'interno dell'azienda.

I diversi servizi nel tempo creeranno quindi un ecosistema di API riusabili rivolte ad un B2B interno oppure valorizzabili verso un mercato B2B/wholesale esterno.

Build.IT in questa sua prima fase raccoglierà e metterà a disposizione dell'azienda le API dei servizi prototipali sviluppati da Telecom Italia e dai partner che operano nel tessuto delle università e sul territorio. I driver del progetto sono riassunti nella Figura 11 dove si evidenziano le caratteristiche assolutamente orientate all'open software, alle cloud API e alla modularizzazione e "apizzazione" dei

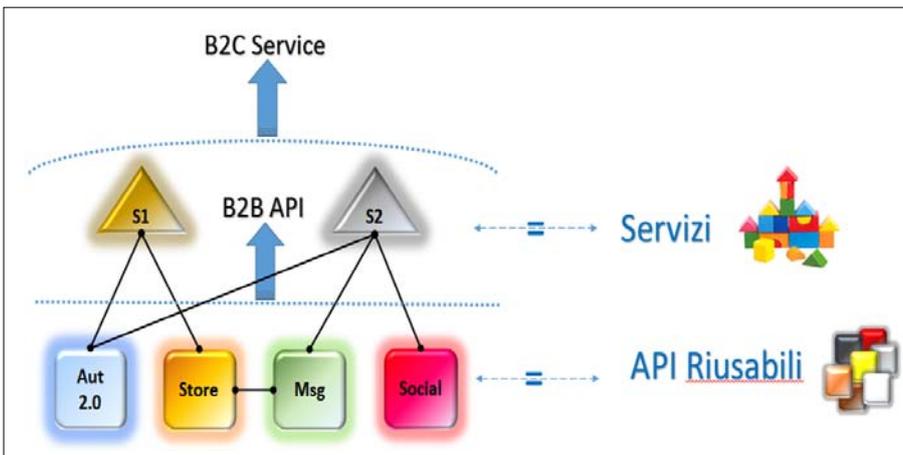


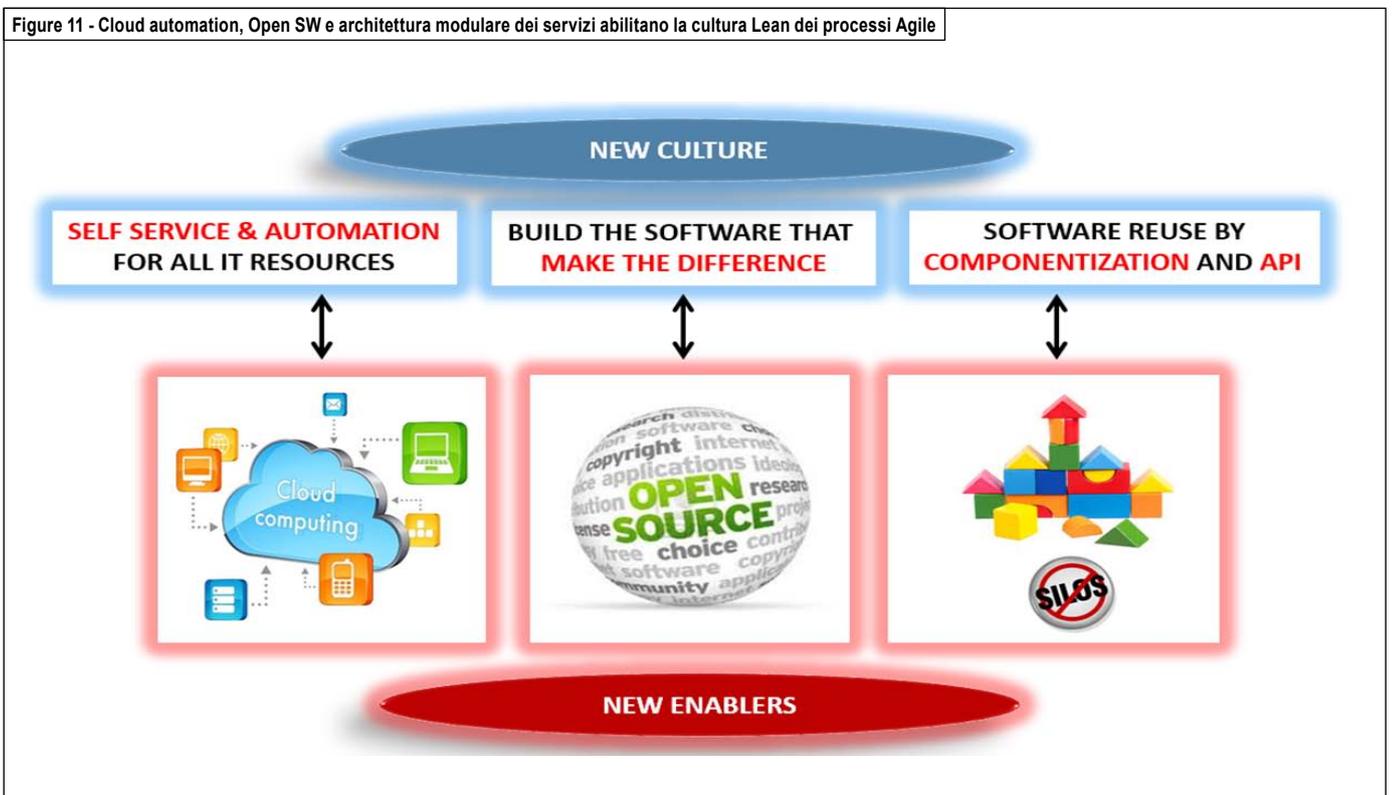
Figure 10 - Il sistema Build.It promuove un approccio "no-silos" ai servizi, il riuso e la componentizzazione SW attraverso le API

zioni dei "best in class" del mondo Web ed IT.

In quest'ottica i principi alla base delle API (semplicità, astrazione, riuso) possono essere utilizzati:

- come guida strategica di evoluzione dell'organizzazione, tanto nel mondo network che IT;
- come governance dei processi per rendere efficiente lo sviluppo di servizi modulari e riutilizzabili, ed ottimizzarne l'intero ciclo di vita con l'obiettivo del miglioramento continuo della qualità;

Figure 11 - Cloud automation, Open SW e architettura modulare dei servizi abilitano la cultura Lean dei processi Agile



servizi di Telecom Italia per aumentarne efficacia e riusabilità in tutte le proposizioni di mercato.

Conclusioni

Dall'analisi del contesto competitivo di riferimento degli Ope-

ratori risulta evidente come, per sfruttare le opportunità legate ai servizi digitali, senza limitarsi alla monetizzazione della sola connettività, sia necessaria una trasformazione che preveda l'utilizzo, sempre più spinto, dei modelli di Network/Cloud API prendendo a modello le evolu-

- per potenziare ulteriormente l'integrazione con "ecosistemi esterni" verso i quali gli operatori già da tempo hanno stretto relazioni di partnership per innovare il proprio business;
- per esplorare nuove modalità di offerta su Marketplace digitali ■

L'evoluzione delle NetAPI Telco nel mondo dello Standard

L'adozione delle API nel mondo Telco risale alla metà degli anni '90, con la nascita di alcune iniziative internazionali; il consorzio TINA-C (*Telecommunication Information Networking Architecture Consortium*), ad esempio, aveva definito architetture software per l'esecuzione e la gestione di servizi di telecomunicazione basate su piattaforme di elaborazione distribuita, contribuendo a creare una nuova generazione di soluzioni di telecomunicazione strutturate secondo moderni principi informatici.

Le NetAPI, ovvero API che descrivono funzionalità di rete erogate da una infrastruttura di un operatore Telco, sono nate a fine degli anni '90 nell'ambito dell'iniziativa Parlay, un consorzio guidato da BT. L'obiettivo iniziale di Parlay era la definizione di meccanismi ed interfacce per "aprire" la Rete Intelligente dell'operatore verso applicazioni di provider esterni, al fine di soddisfare una richiesta elaborata dall'authority britannica per le telecomunicazioni.

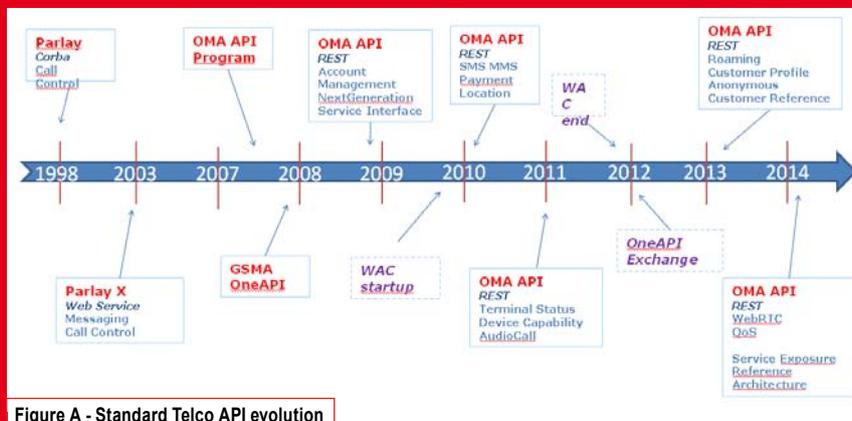
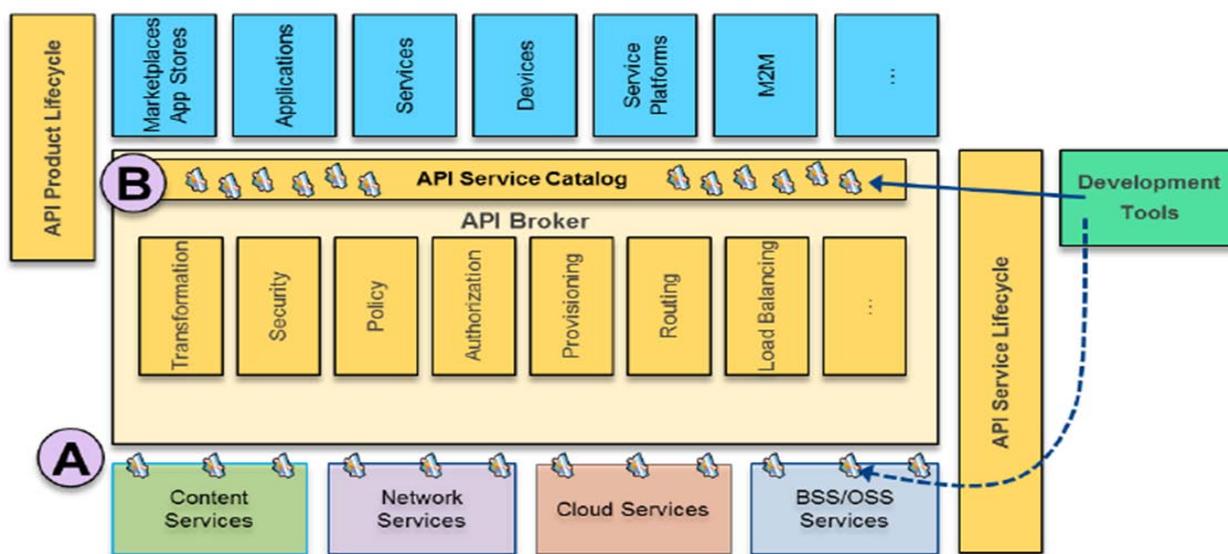


Figure A - Standard Telco API evolution

Seguendo l'evoluzione tecnologica delle API, dalla metà degli anni 2000 in ambito di lavoro congiunto tra 3GPP e Parlay sono state standardizzate le API OSA (Open Service Architecture) Parlay X Web Services, attività poi confluita nel 2008 in OMA (Open Mobile Alliance). OMA è l'ente di riferimento per la standardizzazione dei cosiddetti Service Enabler, ossia elementi abilitatori per realizzare servizi per l'utente finale. OMA ha istituito un "API program"

ed è riconosciuto come riferimento per la definizione delle API e del modello di esposizione (OMA Service Exposure Framework). Dal 2008 ad oggi, OMA ha definito oltre 25 NetAPI con paradigma REST che riguardano le principali funzionalità Telco "esponibili" dagli operatori Telco verso terze parti (content service provider, developers e business partners): messaging, audio call, payment, terminal status, customer profile, ecc.

Figura B - Architettura di riferimento del Tele Management Forum [9]



Tra le ultime NetAPI specificate in OMA si possono citare la WebRTC Signalling API, che abilita l'accesso delle terze parti al mondo dei servizi WebRTC offerti da un operatore, e la Roaming REST API, che verrà utilizzata da tutti gli operatori europei per l'interconnessione con gli Alternate Roaming Provider al fine di ottemperare alla nuova regolamentazione Roaming in vigore dal Luglio 2014. Tra le netAPI in fase di specifica troviamo la Zonal Presence API che permette l'accesso di terze parti ad informazioni su utenti che si trovano in determinate aree geografiche (es. in una determinata zona o in uno dei negozi di una particolare catena) e la Management Interface for M2M API per l'esposizione di funzionalità di device management al M2M Service Layer (in collaborazione con oneM2M e Broadband Forum).

Oltre alla specifica delle API sia OMA sia il TMF (Tele Management Forum) si sono focalizzati, a partire dal 2013, sulle best practice architetturali di utilizzo ed esposizione di API. In particolare il TMF ha recentemente iniziato i lavori per la definizione della DSRA (Digital Service Reference Architecture): architettura e best practices per i Digital Service Provider, al fine di supportare l'esposizione di capabilities attraverso API (di servizio e di gestione) ed il supporto di un lifecycle end-to-end sia delle API sia dei servizi costruiti su di esse.

Telecom Italia contribuisce attivamente alla definizione di tali specifiche standard. Sul versante del business la GSMA, raccogliendo segnali di market opportunity e percependo la crescente richiesta di semplificazione dell'accesso alle Telco capabilities, ha lanciato il progetto OneAPI Exchange con l'obiettivo di favorire la federazione multi operatore nell'accesso alle API ■

vincenzo.amorino@telecomitalia.it

Nuovi Canali di esposizione: WebRTC

Il successo di qualunque modello di esposizione è legato a doppio filo alla semplicità con cui le funzionalità offerte risultano integrabili in contesti esterni, e disaccoppiati dall'infrastruttura che le fornisce.

Fino ad oggi l'esposizione delle funzionalità di comunicazione realtime, soprattutto se avanzate (videoconferenza, collaboration) richiedeva una integrazione spinta, ed in alcuni casi verticale, tra infrastruttura di rete e terminali, soprattutto per applicazioni Web. Infatti, mentre capability quali l'SMS, user identity, localizzazione possono facilmente essere utilizzati da qualsiasi applicazione, le comunicazioni realtime richiedono di replicare nella user interface del servizio le medesime funzionalità dei terminali di rete – dei telefoni, nel caso di servizi voce, apparati di videoconferenza per i servizi più avanzati. Sebbene non impossibile, le difficoltà tecniche di tale approccio ne ha seriamente inibito la diffusione.

L'evoluzione delle tecnologie web, spinto e guidato dai grandi player Internet, ha il potenziale per semplificare l'esposizione e l'utilizzo di capability di comunicazione realtime, e la sua integrazione in contesti applicativi.

In particolare WebRTC (*Web Realtime Communications*), una delle più recenti estensioni dello standard HTML5 ha come principale obiettivo quello di mettere a disposizione degli sviluppatori web i *building block* fondamentali per realizzare funzionalità di videocomunicazione, facilmente e direttamente fruibili da web browser.

Oltre ad essere nativamente disponibile nei browser distribuiti da Google e Mozilla, il modello di sviluppo aperto perseguito dai promotori di WebRTC (che ha avuto notevole successo nelle comunità di *developer*) ha fatto sì che

le sue funzionalità siano state "portate" e rese disponibili per la realizzazione di *app* native sui sistemi operativi più diffusi – Windows, Mac, Android ed iOS – e su numerose piattaforme utilizzate nei contesti più disparati, dai set-top-box agli *embedded device*.

WebRTC è diventato in sostanza, a soli due anni dalla nascita, l'*engine* più diffuso nel mondo web ed opensource in grado di offrire le funzioni di acquisizione, codifica e trasmissione media necessarie per la realizzazione di qualsiasi servizio di comunicazione realtime. Sebbene nato in un contesto lontano e talvolta ostile a quello della telefonia tradizionale, WebRTC si è affermato come un candidato forte per l'esposizione di capability di comunicazione voce e video, anche nel mondo Telco attraverso API. Lo confermano le mosse di alcuni dei più grandi player della *industry*, quali l'istituzione da parte dei maggiori operatori Nordamericani della *Device Solutions Initiative ATIS* [10], che mira a definire interfacce HTML5 per servizi telefonici, o l'acquisizione da parte di Telefonica della startup TokBox [11], precursore della tecnologia.

Dal punto di vista delle capabilities WebRTC esponibili, e degli scenari supportati, la prima funzionalità che può essere messa a disposizione di terze parti e sviluppatori è la segnalazione WebRTC, ovvero il canale su cui viaggiano gli eventi necessari a stabilire sessioni audio/video, con adeguate funzionalità di autenticazione ed opportunamente ottimizzato per l'utilizzo in applicazioni *web-like*.

La funzionalità di segnalazione non è di per sé differenziante per l'operatore (svariate opzioni sono disponibili gratuitamente sia come tecnologia opensource che come servizi *low-cost*) ma

...

costituisce il *substratum* indispensabile per le offerte Telco a valore aggiunto, costruibili su di essa.

Tra queste le prime ad essere evidenziate sono le funzionalità di inter-lavoro con i servizi tradizionali: funzionalità che consentano al fornitore del servizio di offrire ai suoi utenti la possibilità di ricevere ed effettuare sessioni audio/video dalla *user interface* web o da *app mobile* verso terminazioni telefoniche fisse/mobili dell'operatore.

Gli scenari abilitati da questo primo set di capability di comunicazione vanno dalle applicazioni di *unified communication*, agli use case di *web contact center* e *customer care*. Provider di tali servizi possono essere clienti dell'offerta NetAPI, società partner o funzioni interne all'azienda stessa con processi di sviluppo che non coinvolgono le funzioni di rete.

Un secondo set di potenziali API raggruppa invece le cosiddette funzionalità di *advanced media processing*, per *multipoint videoconferencing*, *recording* e *broadcasting*, necessarie per realizzare servizi di videocomunicazione, *collaboration* e *telepresence* ad alta scalabilità.

Ancora, tecnologie di *human-computer interaction* quali sistemi di IVR, *text-to-speech* e *speech recognition*, costituiscono un asset dell'operatore che può essere altresì integrato in sistemi esterni. Use case interessanti, come quello realizzato dalla startup Padius partner di Telecom Italia nell'iniziativa Working Capital che offre un servizio per non udenti di trascrizione realtime di chiamate telefoniche, giustificano gli sforzi di investigazione anche in questa direzione ■

enrico.marocco@telecomitalia.it

Acronimi

- NFV** Network Function Virtualization
NIST National Institute of Standards and Technology
SOA Service Oriented Architecture
SDDC Software-defined data center
SDN Software-defined networking

Bibliografia

- [1] <http://www.programmableweb.com>
- [2] http://www.mediabistro.com/alltwitter/api-billionaires-club_b11424
- [3] <http://www.programmableweb.com/news/9000-apis-mobile-gets-serious/2013/04/30>
- [4] <http://readwrite.com/2012/01/30/amazon-s3-says-it-tripled-in-aws-usage>
- [5] <http://highscalability.com/blog/2013/9/23/salesforce-architecture-how-they-handle-13-billion-transactions.html>
- [6] <http://readwrite.com/2012/01/30/amazon-s3-says-it-tripled-in-aws-usage>
- [7] <http://www.slideshare.net/jmusser/jmusser-apibizmodels2013>
- [8] <http://www.nist.gov>
- [9] <http://www.tmforum.org/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=+GSaT6dz>
- [10] <http://www.atis.org/DSI/index.asp>
- [11] <http://tokbox.com>
- [12] <https://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/2013/Scrum-Guide-ITA.pdf>

mario.bonnet@telecomitalia.it
 piercarlo.paltro@telecomitalia.it



Mario Bonnet

ingegnere delle Telecomunicazioni, in Azienda dal 1998, si è inizialmente occupato di progettazione, specifica, integrazione e collaudo di servizi di Rete Intelligente fissa e mobile. Dal 2002 si è occupato, come project manager, di progettazione e deployment di piattaforme per servizi VAS, soluzioni di messaggistica, architetture SOA e Web Services per l'esposizione e l'integrazione di servizi/ API Telco ed IT in ecosistemi e centri servizi di terze parti (CSP, ISP, MVNO, clienti business). Ha partecipato ad enti di standardizzazione (OMA, OpenIPTV) per la specifica di protocolli ed architetture di servizio. Da giugno 2013 è responsabile della funzione Service Delivery Platform & Net API di Technology, con il compito di assicurare l'innovazione, l'engineering e lo sviluppo della piattaforma di intermediazione Telecom Italia verso terze parti.



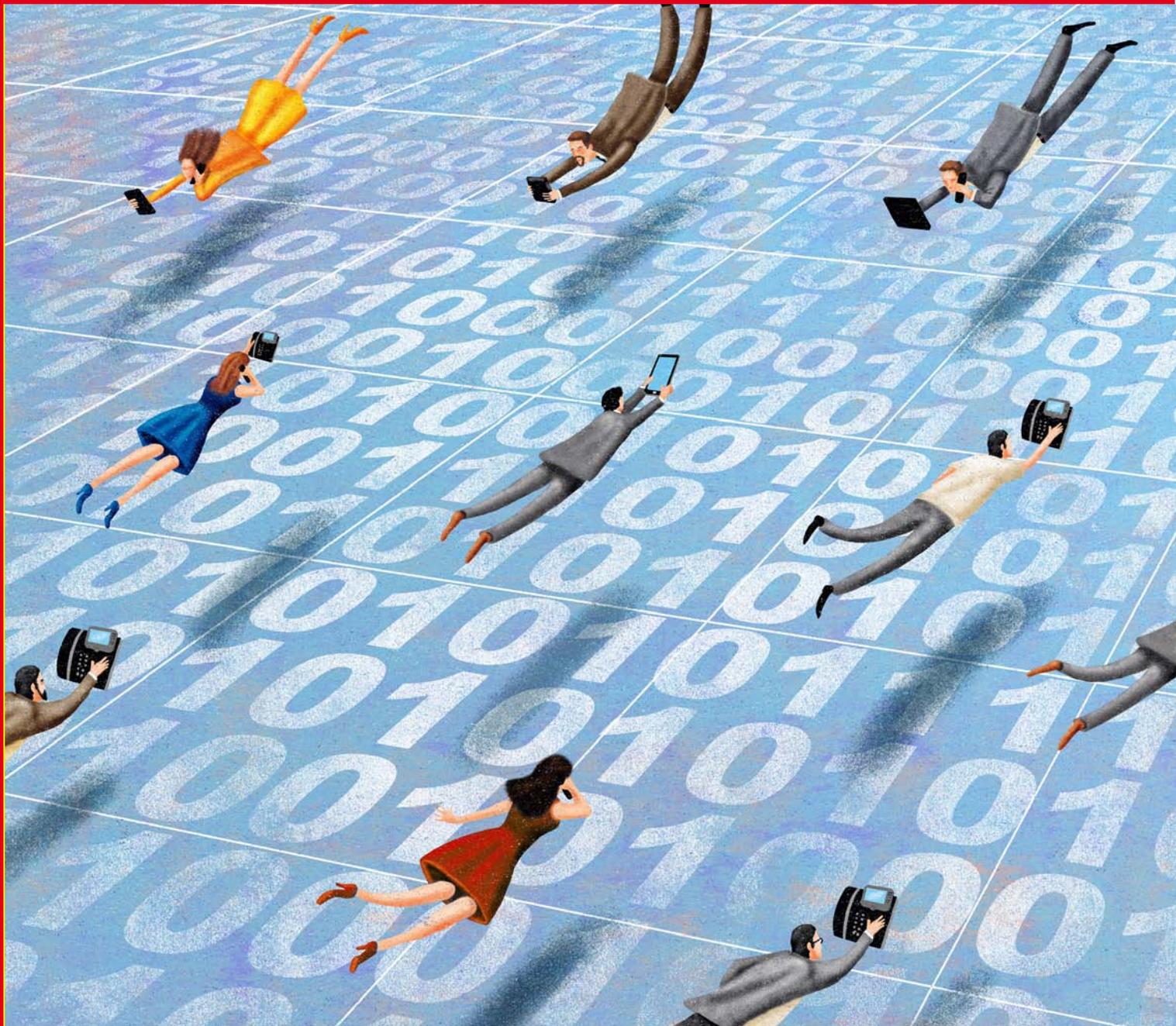
Pier Carlo Paltro

ingegnere elettronico, con Master in Telecomunicazioni, entra in Telecom Italia nel 1996. Lavora inizialmente nell'ambito di standardizzazione ITU-T per lo sviluppo tecnologico e brevettuale dei servizi multimediali, delle architetture software distribuite, delle applicazioni e delle piattaforme back-end per la rete fissa e mobile. Successivamente contribuisce con responsabilità crescente allo sviluppo dei servizi media su Internet, alle offerte premium di contenuti broadband, all'innovazione dei servizi consumer competitivi con il segmento Over The Top. Attualmente si occupa di Open Innovation Research, collaborando con partner del tessuto universitario e produttivo nazionale e internazionale. È responsabile dell'area Cloud Innovation Platform che indirizza l'evoluzione delle API, le piattaforme Cloud e Big Data, l'innovazione dei processi aziendali per lo sviluppo Agile dei servizi ICT di nuova generazione.



L'INNOVAZIONE DEI SERVIZI DI COMUNICAZIONE INTERPERSONALE SU RETE MOBILE

Ferruccio Antonelli, Umberto Ferrero, Michele Gamberini, Laura Maspes



Oggi il 91% della popolazione mondiale ha accesso alle comunicazioni mobili ed i vari tipi di device sono entrati a far parte della nostra vita, ci portano più vicini al resto del mondo e stanno ridefinendo consolidati modelli di apprendimento, di collaborazione e di educazione. Stiamo entrando nell'era della società connessa, nella quale persone e cose saranno in grado di comunicare e scambiare informazioni in real time e che trasformerà non solo le nostre abitudini quotidiane, ma anche il mondo dell'industria e dei servizi, aprendo opportunità che oggi possiamo solo intuire. In questo articolo si analizza, tecnologicamente, questo scenario.

1 Introduzione

Ad oggi su ogni smartphone sono in media installate 33 applicazioni che richiedono un accesso real-time alla rete per effettuare le azioni più eterogenee, dal comprare un biglietto del treno all'invio di un video ad amici e parenti, dalla diffusione di offerte commerciali locali alla sorveglianza della casa quando si è in vacanza.

La convergenza di tante applicazioni così diverse tra di loro su un unico dispositivo è dovuta sia alla disponibilità sul terminale mobile di diverse funzionalità di base (e.g. camera, messaging, GPS, portafoglio elettronico, controllori di gioco, scanner, context awareness) e di comunicazione (UMTS, LTE, Bluetooth, WiFi Direct), che a piattaforme middleware modulari, che sono la nuova chiave nello sviluppo dei servizi innovativi delle reti mobili. La diffusione e le prestazioni sono poi garantite dallo sviluppo delle nuove reti LTE.

Solo per dare qualche numero ad oggi sono state lanciate a livello mondiale 279 reti LTE in 101 paesi. Queste reti servono 200 milioni di utenti LTE raggiungendo una copertura del 15% della popolazione mondiale. Le previsioni a breve termine sono di 400 reti LTE in 120 paesi entro il 2017 con 1.6 miliardi di utenti LTE raggiungendo una copertura del 50% della popolazione mondiale. Nonostante la complessità tecnologica dovuta al numero di tecnologie e bande da supportare, sono presenti ad oggi 1.573 differenti tipologie di device di 154 differenti produttori.

GSA (*Global Mobile Suppliers Association*) ha confermato che LTE è la tecnologia di accesso con il più rapido sviluppo a livello mondiale e ogni stima rischia di essere rivista anno dopo anno.

Il Mobile Broadband ha quindi creato una vasta gamma di opportunità ed aperto nuovi stream di business per gli Operatori, ma nello stesso tempo ha favorito lo sviluppo di nuovi ecosistemi che hanno profondamente modificato

la rete del valore del business degli operatori di rete mobile, riducendo ricavi e marginalità anche nel caso dei servizi tradizionali voce e di messaggistica. La diffusione di applicazioni come Skype, Viber, Whatsapp ha indotto una diminuzione dei ricavi che sono stati solo in parte compensati da quelli provenienti dal Mobile Broadband. Tali applicazioni sono in molti casi pre-installate sugli smartphone, per cui l'utilizzo di soluzioni Over The Top per le comunicazioni inter-personali quali VoIP, video-chiamata e Instant Messaging è diventato sempre più diffuso. Tuttavia qualsiasi soluzione OTT è per sua natura best effort, in quanto non è in grado di implementare meccanismi di controllo della QoS, interoperabilità a largo spettro tra diversi ecosistemi di applicazioni e device, misure minime di sicurezza. Conseguentemente, l'utilizzo di tali applicazioni è fortemente legato al livello di copertura e qualità garantito dalla rete mobile e condizionato dalla disponibilità dei clienti a utilizzare un servizio

Evoluzione del control layer per accessi fissi

Il control layer di Telecom Italia sta evolvendo verso architetture e soluzioni capaci di erogare servizi multimediali su molteplici accessi IP nativi. La tecnologia IMS costituisce l'infrastruttura per realizzare un control layer condiviso tra differenti applicazioni, segmenti di clientela e tipologie di servizi.

Il dispiegamento di IMS per clienti consumer ha comportato lo sviluppo di un framework tecnico e di processi nuovi finalizzati ad adattare la nuova tecnologia alle componenti già esistenti nella rete di Telecom Italia. Ad esempio per clienti consumer l'utilizzo della tecnologia IMS ha comportato una revisione del profilo di servizio nel rispetto degli obblighi regolatori con l'obiettivo di ridurre lo scostamento dal profilo di servizio tradizionale della telefonia fissa. Ciò è dovuto all'esistenza di servizi e prestazioni della telefonia tradizionale che non possono essere replicati (ad esempio tele alimentazione) e altri che possono essere modificati nella modalità di fruizione. La soluzione così sviluppata sarà in larga misura indipendente dall'accesso e potrà supportare clienti consumer broadband ed ultrabroadband.

Il consolidamento della soluzione IMS garantisce la disponibilità di una soluzione sulla quale dispiegare servizi di telefonia per altri segmenti della clientela di Telecom Italia. L'evoluzione della piattaforma prevede nel breve termine, il dispiegamento di servizi di telefonia per clienti business attestati su accessi broadband ed ultrabroadband. In particolare la maturità degli standard tecnici, la disponibilità di Application Server e terminali d'utente consentono di fornire all'utenza business SME (Small Medium Enterprise)

una soluzione di PBX virtuale. In altre parole la soluzione dispiegata su IMS consente l'attestazione di Application Server, che erogano a tutti i dipendenti-utenti di una stessa azienda i servizi tipici di un PBX senza richiedere alle aziende di acquisirlo.

In un orizzonte temporale più lungo, a causa della recente stabilizzazione degli standard di riferimento, sarà ipotizzabile che anche altri segmenti di clienti business potranno essere attestati sulle soluzioni di Control Layer basati su IMS, ad esempio per aziende di dimensioni maggiori che fanno uso di IP-PBX.

Tra i segmenti di clientela che saranno serviti dalle nuove piattaforme di Control Layer di Telecom Italia è previsto che rientri anche il segmento dei Contact Center, che già da tempo sono basati su tecnologie VoIP, ma che, grazie ad IMS, possono condividere risorse e piattaforme di rete con altri segmenti di clientela che possono accedere ad un ecosistema più vasto di soluzioni e dispositivi di rete.

Nel medio-lungo termine nella rete di Telecom Italia è inoltre inevitabile dover individuare una soluzione evolutiva di Control Layer per clienti tradizionali narrowband (PSTN). Infatti l'obsolescenza delle piattaforme di commutazione tradizionale, che sono basate su tecnologie ormai superate e per le quali i fornitori non garantiscono più l'approvvigionamento di materiali di scorta, impone una valutazione sul futuro di questo segmento d'utenza. Il consolidarsi della piattaforma IMS in Telecom Italia garantirà la possibilità di valutare le tecnologie di AGCF (Access Gateway Control Function) ed MSAN SIP per erogare servizi di telefonia ai

clienti narrowband con una sostanziale continuità del profilo di servizio fornito. L'evoluzione della PSTN verso un Control Layer basato su piattaforme IMS vede un numero significativo di applicazioni in altri Paesi a conferma della sostenibilità della soluzione.

Al crescere delle soluzioni disponibili sul mercato e con l'ulteriore stabilizzazione della tecnologia IMS, è presumibile che nel medio lungo termine anche altre tipologie di servizi di telefonia su IP potranno essere fornite su IMS: come ad esempio servizi di number hosting per servizi VoIP e servizi di telefonia pubblica.

Il Control Layer IMS consente di estendere su altre reti di accesso, con un numero limitato di impatti, i servizi di telefonia descritti in precedenza per i vari segmenti di clienti. Infatti alle reti di accesso broadband e ultrabroadband attualmente servite dal nuovo Control Layer di Telecom Italia, nel medio termine, sarà possibile aggiungere anche un accesso da web. Infatti la tecnologia WebRTC (*Web Real Time Communication*) abiliterà l'accesso ad IMS da semplici pagine web, favorendo sempre di più l'integrazione tra il mondo web e quello della telefonia tradizionale. Tale soluzione tecnologica abiliterà nuovi modelli di fruizione dei servizi di telefonia su IP, dove l'accesso a servizi di telefonia potrà essere completamente svincolato dall'accesso fisico dell'utente. Inoltre la disponibilità di un'interfaccia web consentirà di arricchire la User Experience mediante la fruizione di altri servizi web-based durante l'erogazione di servizi di telefonia.

Sui nuovi accessi broadband ed ultrabroadband, la maggiore disponibilità di

banda, inoltre, abilita l'utilizzo di nuovi media, come ad esempio il video unidirezionale HD (streaming), il video bidirezionale per la comunicazione HD, lo scambio bidirezionale di contenuti, file e documenti. Il supporto naturale della multimedialità nella piattaforma IMS costituisce quindi un ulteriore valore del Control Layer di Telecom Italia che, oltre ad estendere il paradigma della telefonia tradizionale ad altri media, potrà garantire l'arbitraggio degli appropriati servizi multimediali in relazione alla tipologia di accesso.

In conclusione risulta evidente che il consolidamento del Control Layer di Telecom Italia predisporrà una soluzione estendibile ad una vasta gamma di segmenti di clientela, che potranno utilizzare i servizi multimediali su un numero significativo di reti di accesso. In aggiunta la progressiva integrazione con tecnologie di natura web estenderà le potenzialità di servizio erogabili alla clientela, rendendo il nuovo Control Layer un buon candidato per il controllo dei servizi innovativi di Telecom Italia ■

roberto.procopio@telecomitalia.it

che non garantisce qualità, sicurezza e flessibilità.

In quest'ottica, l'implementazione di VoLTE (*Voice over LTE*) porterà numerosi vantaggi agli Operatori, in quanto garantirà non solo una maggiore efficienza e minori costi per il trasporto della voce, ma anche una più elevata competitività nei confronti degli OTT. Più precisamente, VoLTE assicurerà un elevatissima qualità di servizio (voce ultra-HD, con tempi di call set up dell'ordine del secondo) e consentirà di supportare un portafoglio di servizi multimedia, che potrà includere, oltre alla voce, anche presence, video sharing, video call, multimedia messaging, file transfer, etc...

Il VoLTE richiederà nuovi terminali, nei quali la funzionalità sarà implementata a livello di chipset ed attivata dalla singola manifatturiera, il che renderà del tutto trasparente per il cliente l'accesso ai servizi tradizionali (voce e messaging) e molto più semplice in generale l'utilizzo della suite di enriched communication.

L'impiego della core IMS garantirà l'interconnessione tra i vari Operatori, abilitando potenzialmente un ecosistema amplissimo (non solo nell'ambito delle reti mobili, ma anche in logica integrata fisso-mobile) e consentirà di implementare i servizi voce ed in particolare i servizi supplementari quali call forwarding, call waiting e call transfer. Inoltre, grazie all'integrazione con il Policy Manager, sarà possibile implementare policy di accesso differenziate su base offerta e/o sulla base del profilo dell'utilizzatore. Infine, la funzionalità standard di SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*) abiliterà l'hand-over di una chiamata VoLTE sulle reti legacy 3G e 2G, al fine di assicurare la

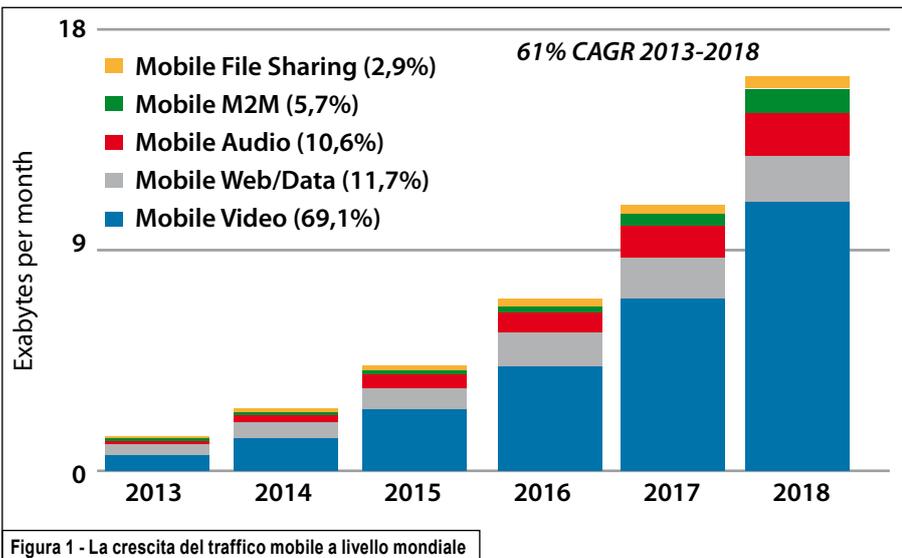
continuità del servizio in mobilità in assenza di una copertura LTE completa.

Il VoLTE rappresenta certamente un cambio di paradigma nell'ambito delle comunicazioni person-2person, ma offre agli Operatori la possibilità di difendere il loro business tradizionale dall'attacco degli OTT arricchendolo con una suite di servizi multimediali che saranno disponibili per tutti i terminali, garantendo mobilità e continuità di servizio, teoricamente su scala globale. Esiste quindi l'opportunità per gli Operatori di costruire un nuovo mondo di servizi di comunicazione inter-personale a qualità garantita sulle nuove reti IP che porti valore permanente sia agli operatori che ai clienti.

2 Lo scenario tecnologico 2015-2017

Il contesto tecnologico nel prossimo triennio sarà dominato da una diffusione sempre più ampia della tecnologia LTE e dalla sua roadmap evolutiva basata sui vari step di LTE Advanced. Il 4G ha generato un ulteriore incremento del traffico dati sulle reti mobili: si stima che una connessione LTE possa generare in media 14,5 volte più traffico di una connessione non LTE. Nel solo 2013 il traffico medio generato da uno smartphone è cresciuto del 50%, e la metà del traffico totale è generato da applicazioni video.

Si stima che nei prossimi 4 anni il traffico dati mobile aumenterà di 10 volte, dal 2014 il numero di device mobili connessi supererà la popolazione mondiale e dal 2016 la velocità media di una connessione mobile supererà i 2 Mbit/s. Dal 2018, infine, il traffico LTE



sarà più della metà del traffico totale, e oltre 2/3 del traffico dati mobile sarà video.

Dal punto di vista delle applicazioni si è assistito negli ultimi anni ad una radicale trasformazione delle abitudini di utilizzo della rete mobile. I social networks e applicazioni di comunicazione sono diventati la principale applicazione per milioni di persone. Grazie alle nuove infrastrutture di rete LTE potranno essere rese possibili applicazioni di diversa natura: automotive, robotica e droni rappresentano tre esempi

stimolanti di aree di applicazione completamente nuove.

L'evoluzione tecnologica in grado di sostenere questo rapido sviluppo dei servizi può essere analizzata nelle sue componenti principali: i terminali, la rete di accesso, la rete core e le piattaforme di servizio.

2.1 I terminali

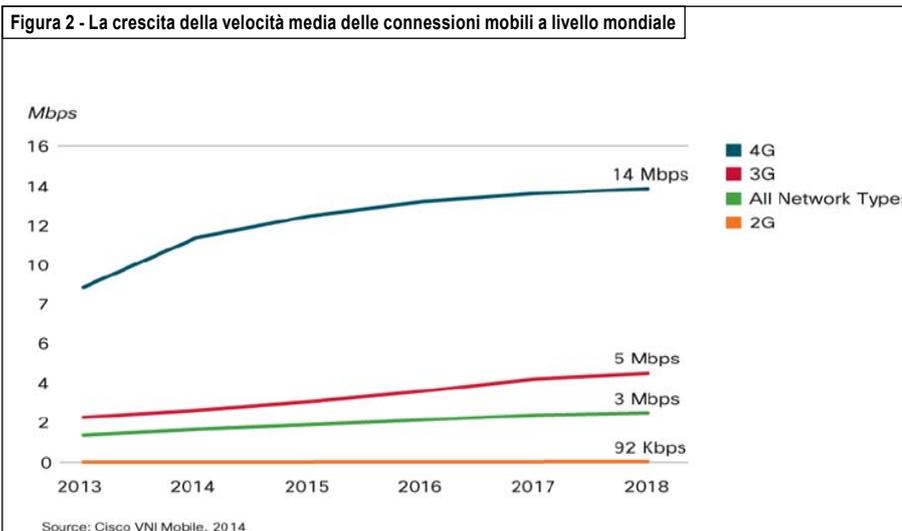
Da alcuni anni si sta assistendo a un'evoluzione strepitosa delle performance dei terminali che,

grazie ai nuovi sistemi operativi, ai processori sempre più prestanti, alla tecnologia touchscreen, all'autonomia delle batterie, consentono di accedere a servizi di notevole appeal per i clienti. Le capability radio dei device mobili sono in grado di abilitare throughput sempre più elevati. I terminali CAT6 disponibili da fine 2014 supporteranno la Carrier Aggregation in DL di bande di 20MHz distribuite su 2 gamme di frequenza e conseguentemente consentiranno di raggiungere throughput di picco di 300Mbps.

Per quanto attiene alla voce, le specifiche 3GPP non prevedono che LTE supporti il servizio nella modalità tradizionale a circuito. Sul 4G la voce diventa un'applicazione come le altre anche se a qualità garantita, grazie al VoLTE (Voice over LTE). L'implementazione del VoLTE avverrà però per gradi, in funzione del livello di copertura della rete LTE. Attualmente, quasi tutti gli operatori offrono il servizio voce in modalità a circuito utilizzando la procedura di CSFB, mediante la quale il telefono 4G che origina o riceve una chiamata è reindirizzato su rete legacy 2G o 3G.

L'evoluzione da CSFB a VoLTE richiede nuovi terminali. Occorre comunque tener presente che la transizione tra i due meccanismi non sarà istantanea e che sarà invece necessario prevedere per lo meno un periodo di coesistenza a causa della diversa estensione della copertura LTE rispetto a quella del 2G/3G. Inoltre va tenuto conto del fatto che la migrazione dei servizi tradizionale voce sul VoLTE potrà molto difficilmente essere esaustiva.

L'implementazione delle funzionalità VoLTE sui terminali avverrà



in più rilasci. Si partirà dalle procedure basic previste nei profili GSMA “IMS Profile for Voice and SMS (GSMA PRD IR.92)” e “IMS Video profile (GSMA IR.94)”; successivamente vengono aggiunti le prestazioni di SR-VCC e di chiamata di emergenza. Quest’ultima, in una prima fase, sarà gestita dal terminale con le normali procedure di CSFB.

L’utilizzo della rete IMS consentirà di arricchire l’esperienza dell’utente VoLTE con la Rich Communication Suite definita in ambito GSMA a partire dal 2008. Con queste suite l’utente può condividere foto, file, messaggi istantanei nella stessa sessione audio/video. In più la sua rubrica è arricchita in modo nativo dell’informazione di presenza dei suoi contatti (disponibile, occupato, ecc.) valorizzando la community personale che sarà disponibile anche su più terminali contemporaneamente (multi-device). Il servizio VoLTE diventa una parte dei servizi evoluti e così come è stato previsto nell’ambito della suite RCS può essere integrato tramite le sue API all’interno di applicazioni di terze parti.

Uno dei punti maggiormente critici che il terminale dovrà garantire è la gestione della coesistenza del CSFB con i nuovi servizi IMS based. Dipendentemente dalla copertura (3G/LTE) e dalla rete (in roaming o meno) è previsto dallo standard 3GPP che il terminale si adatti al contesto in cui si trova e garantisca in modo trasparente per l’utente il servizio voce tradizionale. Ciò significa che dovrà essere garantito il corretto interlavoro in tutti gli scenari di servizio, gestendo la mobilità tra gli stessi in modo da non penalizzare il livello di qualità percepito.

2.2 Le tecnologie radio

In questo scenario di crescita rapidissima di utilizzatori, prestazioni e applicazioni la rete LTE proseguirà il suo percorso di evoluzione tecnologica.

Il prossimo passo dell’evoluzione è rappresentato da LTE Advanced. LTE Advanced comprende numerose tecnologie finalizzate essenzialmente a incrementare le prestazioni della rete radiomobile. La complessità realizzativa della singola funzionalità, e di conseguenza i tempi di disponibilità in rete e nei terminali, differisce a seconda della funzionalità considerata. Gli step funzionali principali di LTE Advanced sono i seguenti:

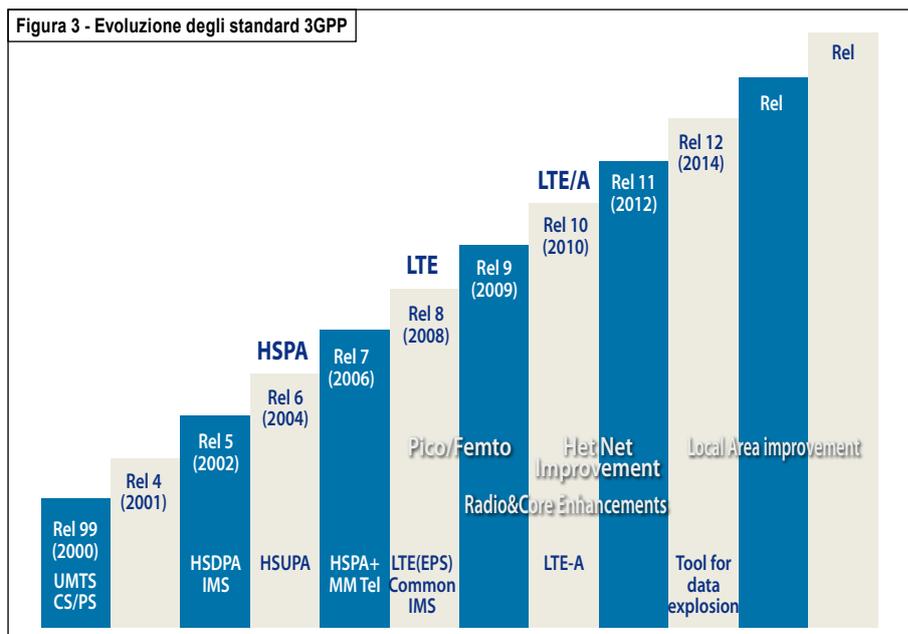
- Carrier Aggregation, per ampliare le prestazioni di picco;
- sistemi multi antenna evoluti – MIMO (Multiple Input Multiple Output), per migliorare le prestazioni di picco;
- antenne attive, per aumentare capacità a parità di banda di frequenza utilizzata e minimizzare i livelli di interferenza;

- COMP, per migliorare le prestazioni a bordo cella;
- la tecnica eICIC, per ridurre l’interferenza in reti eterogenee (con small cell);
- l’evoluzione verso SON (tema trattato in un altro articolo di questo numero);
- eMBMS, detto anche LTE Broadcast, per consentire la distribuzione dei contenuti video in modo più efficiente.

La prima prestazione di LTE Advanced che verrà introdotta in rete, presumibilmente entro fine anno, sarà la Carrier Aggregation, che permetterà di migliorare le prestazioni massime della rete aggregando porzioni di spettro diverse. Il corretto funzionamento di questa prestazione richiede tra l’altro la condivisione delle risorse elaborative della rete di accesso, ossia il cosiddetto base band pooling.

Un’ulteriore importante tendenza della rete mobile è l’evoluzione verso reti eterogenee, cioè reti in grado di supportare più standard tecnologici (es. 3G, 4G e WiF) operanti in gamme di frequenza

Figura 3 - Evoluzione degli standard 3GPP



VoLTE: impatti in rete mobile

Il servizio VoLTE richiederà una profonda rivisitazione dei sistemi (radio, core PS e CS), ma anche l'integrazione della nuova rete di controllo IMS (*IP Multimedia Subsystem*), dalla quale ne conseguiranno adeguamenti per il charging, il provisioning e per i requisiti obbligatori/regolatori.

Il requisito di qualità (QoS) della voce, richiede l'impiego di Dedicated Bearer specializzati al trasporto dei media/servizi specifici, all'interno dell'APN predefinito per VoLTE (APN well-known IMS). I Dedicated Bearer, sono di tipo GBR (*Guaranteed Bit Rate*), con qualità garantita (QCI=1), ed instaurati alla richiesta di servizio. L'instaurazione del Dedicated Bearer è richiesto dalla core IMS alle piattaforme di PCRF (*Policy and Charging Rules Function*) le quali, in collaborazione con la core EPC e l'accesso radio LTE, gestiscono le risorse di rete in termini di bearer/qualità associata.

Per consentire al cliente VoLTE di essere raggiungibile in qualsiasi istante, è necessario prevedere che l'APN IMS sia di tipo "Always On": ogni cliente VoLTE attivo in rete avrà assegnato

un indirizzo IP. Per evitare la rapida saturazione degli indirizzi IP è necessario prevedere l'utilizzo del piano di indirizzamento IPv6, con impatti nella rete core PS, sia per gli aspetti di routing della segnalazione/media (e.g. su EPC, IMS, PCRF ...), che di documentazione del traffico.

SIP (*Session Initiation Protocol*) è il protocollo di segnalazione utilizzato per il controllo della chiamata VoLTE. La core IMS ha in carico il controllo della segnalazione SIP per gli aspetti di autenticazione, per il setup e controllo delle sessioni, per la documentazione del traffico, nonché per la gestione dei requisiti obbligatori/regolatori.

L'autenticazione del cliente VoLTE è basata su un metodo denominato IMS AKA (*Authentication and Key Agreement*) di tipo Challenge-Response basato sulle informazioni precaricate sulla SIM del cliente VoLTE e nei database della core IMS (HSS) e/o in quelli della core legacy (HLR) per il recupero dei vettori d'autenticazione. Dovranno quindi essere dispiegate specifiche interfacce per l'interlavoro della core IMS con le core PS e CS.

La core IMS, come detto, gestisce inoltre le procedure di setup e controllo della sessione per consentire ai terminali dei clienti di scambiarsi le informazioni necessarie all'instaurazione della chiamata (e.g. indirizzo IP) e per la negoziazione della tipologia di chiamata (e.g. codec).

Ne conseguono impatti per il dispiegamento di nuove interfacce tra il piano di controllo SIP (core IMS) ed il piano di accesso (E-UTRAN e core EPC) per garantire, oltre all'instaurazione della chiamata base, anche la gestione dei casi di perdita della raggiungibilità IP (e.g. fuori copertura), nonché il recupero delle eventuali informazioni obbligatorie a fini della documentazione del traffico, ad esempio, le informazione di cella, note alla rete di accesso ma non nativamente disponibili nella core IMS. Il servizio VoLTE definisce i codec da utilizzare (AMR, Adaptive Multi-Rate, WideBand AMR, ..). La core IMS dovrà quindi, verificare e validare i codec scambiati tra i terminali, interlavorare con la core CS ed in particolare con i sistemi deputati alla gestione del media (e.g. MGW) per la predisposizione

diverse su più strati cellulari (macro, micro, pico).

Le principali funzionalità di LTE Advanced si renderanno disponibili commercialmente, con crescenti livelli di complessità, indicativamente nei prossimi cinque anni. Tuttavia, l'evoluzione delle tecnologie di rete mobile non si ferma qui: sono già in corso di studio gli step successivi, che renderanno possibile un'ulteriore generazione di sistemi mobili, già indicati con il termine 5G, in grado di sostenere scenari di uti-

lizzo sempre più ampi e sempre più sfidanti.

2.3 Core Network

L'enorme diffusione dei dispositivi mobili, il desiderio di accedere ai contenuti, anche voluminosi e complessi, everywhere and anytime, l'avvento dei servizi cloud, la necessità per gli Operatori di ottimizzare le proprie architetture e di offrire i servizi indipenden-

temente dalla rete di accesso, nonché il sempre presente saving dei costi, guidano il settore del networking a ripensare le architetture di rete tradizionali.

La maturità tecnologica dei sistemi della core, in particolare l'EPC (S-P/GW), permette oggi di migrare verso architetture triplo accesso (2G/3G/LTE), che semplificano le logiche di servizio, uniformandole, e snelliscono le relative architetture.

La vera sfida nei prossimi anni sarà tuttavia verificare la maturità

delle relative risorse, eventualmente richiedendo la trascodifica dei codec. La core IMS dovrà inoltre gestire i principali servizi supplementari per un servizio di telefonia di base (e.g. Originating/Terminating Identification Presentation/Restriction, Diversion, Barring, Hold, Conference, ...) tramite l'inserimento in rete di piattaforme dedicate allo scopo (e.g. MMTEL AS). L'operatore mobile dovrà curare particolarmente gli aspetti di allineamento dei servizi supplementari offerti alla clientela VoLTE per non creare disomogeneità di user experience in caso di accesso da dominio CS.

La tassazione del servizio VoLTE richiede l'implementazione di una nuova architettura di charging da integrare con i sistemi attualmente in campo. Un ruolo chiave è assunto dai nodi della core IMS (CSCF, MTAS, SBG....) che dovranno rendere disponibili, su interfaccia Diameter, gli eventi di charging (e.g. chiamante/chiamato, timestamp, durata, volume, media negoziato, ...). Tali info permettono all'Operatore di realizzare il modello di charging desiderato (a durata, a volume, a evento). Il provisioning del servizio VoLTE richiede un elevato numero di configurazioni

su un elevato numero di elementi di rete distinti. Sono infatti necessari interventi su tutti i domini della rete dell'operatore mobile, in particolare, sul dominio 2G/3G (HLR), sul dominio LTE (HSS e PCRF) e sul dominio IMS (HSS, ENUM e MTAS) ed eventualmente anche sui nodi di Rete Intelligente. La sequenza delle operazioni di provisioning deve avvenire in maniera sincrona e coerente e richiederà probabilmente l'impiego di un elemento di orchestrazione che garantisca la corretta sequenza delle operazioni.

Il servizio VoLTE richiederà inoltre la rivisitazione delle architetture di LI (*Lawful Interception*), per integrare i nuovi punti di intercetto disponibili nella core IMS e per armonizzare la raccolta delle informazioni che è possibile acquisire dai tre domini di rete: CS, PS ed IMS. La complessità dell'adeguamento dell'architettura di LI dipenderà inoltre dalla disponibilità nativa delle informazioni obbligatorie (e.g. informazione di cella) nel piano di controllo SIP (core IMS), in caso contrario, le medesime dovranno essere recuperate con meccanismi ad-hoc (e.g. interrogazione da parte della core IMS ai sistemi di core EPC).

Lo UE (*User Equipment*) è fortemente integrato con i sistemi di accesso radio LTE, con la core network mobile a pacchetto EPC e il controllo IMS/MMTEL. Infatti l'UE:

- in fase di attach dichiara alla rete di avere le capability VoLTE, esegue la procedura di "P-CSCF discovery", instaura il default Bearer su APN IMS;
- effettua la registrazione IMS utilizzando l'autenticazione IMS AKA e prosegue in IPSEC;
- instaura la chiamata sul Network Initiated Dedicated Bearer;
- Attiva/configura i servizi supplementari tramite protocollo XCAP su interfaccia Ut

Le maggior parte delle feature richieste all'UE richiedono l'implementazione direttamente nel chipset ■

emanuela.chiota@telecomitalia.it
fabio.mazzoli@telecomitalia.it
alberto.zaccagnini@telecomitalia.it

tecnologica delle piattaforme che implementano le cosiddette reti virtuali dinamiche, che permetteranno l'allocazione flessibile (nel tempo e nello spazio) delle risorse di rete, l'economia di scala grazie all'impiego condiviso di piattaforme general purpose, l'innovazione dei servizi e la riduzione del time-to-market.

SDN (*Software-Defined Networking*) ed NFV (*Network Functions Virtualization*) sono le tecnologie che proveranno nei prossimi anni a rispondere a queste esigenze.

2.4 Le tecnologie di comunicazione e di servizio

Nell'arco temporale di riferimento 2015-2017 le tecnologie di comunicazione e di servizio evolveranno sotto molteplici punti di vista. La più significativa evoluzione è costituita dall'affermarsi di ambienti virtualizzati e cloud che oltre a conferire una maggiore flessibilità in termini di scalabilità e specializzazione dei sistemi di comunicazione e servizio, consentiranno di ridisegnare lo-

giche di gestione dei fault e delle ridondanze, nonché di accelerare la creazione di nuovi servizi, riducendone i costi. In tale contesto i trend di evoluzione più evidenti differiscono per ciascun segmento e tipologia di tecnologia e si basano sull'idea che il concetto di utenza dovrà essere esteso a terminali not-human.

Per le tecnologie di controllo e gestione dei dati un trend già avviato è l'evoluzione verso architetture nelle quali le informazioni saranno conservate separatamen-

te dagli applicativi che li potranno gestire. In aggiunta ai dati tradizionalmente conservati nei data layer delle tecnologie di comunicazione, ulteriori esempi di informazioni che potranno essere conservate sono quelle relative allo stato dell'utente, ai dispositivi utilizzati, alla tipologia di utilizzo della rete, ecc...

Il principale vantaggio di questo approccio consisterà nella possibilità di correlare tali dati al fine di erogare nuovi servizi e proporre nuovi business.

Le tecnologie di controllo delle comunicazioni del servizio evolveranno verso una maggiore integrazione con i protocolli di Internet. L'attuale trend vede una specificità delle piattaforme di controllo per i protocolli di natura Telco che evolveranno verso un supporto nativo di protocolli basati su http, XML, JSON, ecc.. Tale trend è anche confermato negli enti di standardizzazione dove protocolli di questa natura sono già utilizzati dai dispositivi di controllo delle comunicazioni indipendentemente dal media coinvolto o dalla tipologia di comunicazione. Questa tendenza oltre a garantire una più semplice integrazione con logiche web, richiederà di indirizzare alcuni aspetti come ad esempio l'autenticazione ed il riconoscimento dell'utenza finale.

Nell'ambito delle tecnologie per il controllo del media oltre ad una naturale estensione del set di codec che dovranno essere implementati, una delle principali evoluzioni prevede l'estensione delle tipologie di media che oltre al classico RTP per il trasporto dei contenuti real time, prevederà protocolli per il trasporto di messaggi e file (come ad esempio MSRP), di contenuti progressive streaming (come ad esempio http

Progressive streaming o RTSP) e di contenuti di streaming adattativo (come ad esempio HLS Smooth Streaming e DASH).

3 Trend di innovazione dei servizi

3.1 Trend di innovazione dei servizi voce

Come accennato nel capitolo 2, la voce su LTE ha richiesto, come soluzione transitoria, il dispiegamento della prestazione di CSFB (*CS Fall Back*), che ha comportato un aumento dei tempi di call setup a causa dello "spostamento" dell'utente su rete CS (2G/3G). L'evoluzione tecnologica dei sistemi di rete ha permesso di migliorare la percentuale di successo del CSFB, soprattutto per gli utenti in prossimità dei bordi della cella radio, grazie alla prestazione nota con il termine di MTRF (*Mobile Terminating Roaming Forward*) che permette la rapida individuazione dell'MSC che serve il cliente. In parallelo, la prestazione di Fast Return ha consentito, il rientro dell'utente su rete LTE in modo pressoché istantaneo al termine della chiamata.

VoLTE permetterà di ridurre i tempi di call set up a valori molto inferiori (1-2 sec) rispetto a quelli mediamente registrati sulle reti legacy. Tuttavia per mantenere il livello di servizio voce attualmente offerto nel dominio CS, sarà necessario introdurre nuove funzionalità e garantire il porting di prestazioni tradizionali:

- SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*), per la continuità di chiamata in caso di perdita di copertura LTE;
- ICS (*IMS Centralized Services*), per garantire al cliente VoLTE

la medesima percezione del servizio indipendentemente dall'interfaccia d'accesso;

- Gestione delle Chiamate di Emergenza;
- Roaming internazionale.

SRVCC garantisce la continuità della chiamata mediante Hand Over su rete 2G/3G. L'accesso E-UTRAN ha il compito di innescare la procedura sulla base delle misure effettuate dal terminale e di richiedere la procedura di Hand Over alla rete EPC che, a sua volta, la richiede alla core CS (MSC-S). Alla core IMS è demandato invece il compito di gestire le varie leg di chiamata durante la fase di Hand Over.

ICS garantisce che il controllo delle chiamate di un utente VoLTE sia sempre effettuato dalla rete IMS (in una fase iniziale mediante il riuso del protocollo CAMEL, successivamente con MSC evoluti in grado di comportarsi da User Agent SIP nei confronti della rete IMS per tutti gli utenti attestati nel dominio CS). Il controllo delle chiamate su rete IMS apre comunque la discussione su quali servizi l'operatore mobile debba portare su tale dominio.

La chiamata di emergenza in questa fase può essere gestita configurando la core IMS in modo da ordinare al terminale di eseguire fall back su rete CS. In una seconda fase, anche per gestire situazioni di sola copertura radio LTE, sarà necessario adeguare la rete IMS per integrare le funzionalità, in particolare l'E-CSCF (*Emergency-CSCF*), per il routing ed il trattamento delle chiamate d'emergenza sulla base delle informazioni di localizzazione (reperite eventualmente con la cooperazione di altre piattaforme).

L'implementazione di uno scenario roaming VoLTE risulta estremamente complessa, poiché lo

standard 3GPP prevede tutt'ora un ventaglio di possibili architetture, tra le quali anche l'utilizzo della prestazione di Local Breakout sull'APN dedicato per il VoLTE (core EPC e PCRF in VPLMN). Ciò implicherebbe l'interoperabilità tra Operatori per il colloquio, ad esempio, tra le piattaforme di PCRF.

VoLTE potrà inoltre essere arricchito, integrando nel dominio IMS gli attuali servizi di Rete Intelligente disponibili nel dominio CS, nonché i nuovi servizi multimediali (RCS, videocomunicazione, VoiceHD,...) resi disponibili dalle performance della rete di accesso LTE e dalle funzionalità di controllo della rete IMS.

Il dispiegamento di servizi controllati dalla rete IMS accende i riflettori sulle tematiche d'interconnessioni IP tra operatori, sia mobili che fissi. Da tempo il regolatore ha definito una specifica d'interconnessione in SIP-I (incapsulamento del ISUP in SIP) in ambito fisso-fisso; è immaginabile a breve un'analoga specifica per le interconnessioni mobile-fisso e direttamente su protocollo SIP. Andranno in particolare studiati i temi della documentazione del traffico all'interconnessione, gli aspetti di protezione dei sistemi di bordo, e definite le identità dei clienti scambiate all'interconnessione (in ottica SIP l'utente è identificato da SIP-uri del tipo nome@dominio, generalmente derivate dalla numerazione MSISDN E.164, ma il nome potrebbe essere valorizzato anche con una semplice identità alfanumerica).

3.2 Trend di innovazione dei servizi voce su Internet

Uno dei principali trend d'innovazione per i servizi di telefonia

è costituito da una progressiva integrazione e contaminazione del tradizionale mondo telco con quello del web. Ciò è garantito da nuove tecnologie che sono in corso di definizione e che abiliteranno nuovi modelli di comunicazione interpersonale. La principale innovazione tecnologica è costituita dal WebRTC (*Web Real Time Communication*) che prevede vari modelli per l'erogazione dei servizi di telefonia in ambito web:

- interlavoro tra accesso web e dominio IMS;
- accesso web a servizi di telefonia erogati interamente in ambito web senza interazioni con il dominio IMS.

Nel primo scenario (interlavoro webRTC-IMS) l'utente che accede con accesso webRTC è un utente IMS con una profilatura contenuta nei database d'utente dell'operatore (come ad esempio HSS). Per questa ragione l'Operatore riesce a controllarne interamente la sottoscrizione ed i servizi erogati. Nel secondo modello (dominio totalmente web) il terminale d'utente interagisce con un web server che garantisce l'interazione con altri web server. In analogia al caso precedente il piano d'utente è basato su SRTP (*Secure RTP*). In questo caso la profilatura del cliente non è conservata nei tradizionali database controllati dall'Operatore. Tuttavia l'Operatore può detenere il controllo della sottoscrizione dell'utente mediante altre soluzioni (ad esempio in database consultabili dal web server).

Con entrambi i modelli è evidente che il servizio di comunicazione personale basato su voce e video può costituire una delle componenti di una normale pagina web. I contenuti della pagina web possono interagire con il servizio di

comunicazione personale fornito dal browser e l'interazione è facilitata dalla bassa complessità associata alla creazione di contenuti web.

3.3 Trend di innovazione dei servizi di messaggistica

La messaggistica unificata (Unified Communication) è il servizio che originariamente è stato concepito come catalizzatore dei sistemi di messaggistica tradizionale quali eMail ed SMS e dei sistemi di comunicazione tradizionali voce basati sulla chiamata a circuito.

La Messaggistica Unificata è una categoria di sistemi di comunicazione interpersonale (tra due o gruppi di persone) in tempo reale in rete, tipicamente Internet o una rete locale, che permette ai suoi utilizzatori lo scambio di brevi messaggi testuali o vocali ai quali si possono associare anche contenuti multimediali (immagini, foto, file audio o video).

I sistemi di messaggistica unificata possono essere di tipo store-and-forward ovvero peer-to-peer. In questo secondo caso occorre che i destinatari siano connessi ed attivi sul servizio di messaggistica unificata per poter ricevere i messaggi.

I sistemi di messaggistica unificata offrono spesso anche la possibilità di scambiare file, di conversare tramite voce con tecnologie VoIP e di effettuare videochiamate. In questi casi la comunicazione è sempre peer-to-peer sebbene occorra il supporto di un sistema di rete per consentire ai due endpoint della comunicazione di scambiarsi i reciproci indirizzi IP. L'utente ha anche la possibilità di definire la durata temporale del contenuto multimediale scambia-

to trascorsa la quale il contenuto si cancella.

Le funzionalità di messaggistica unificata hanno avuto una forte spinta con l'introduzione degli smartphone in grado attraverso schermi a colori di grandi dimensioni ed alta risoluzione, potenti unità di elaborazione CPU e memorie sempre più capaci di assolvere molte delle funzioni che in precedenza dovevano essere svolte da potenti e complesse funzionalità in rete (ad esempio la digitalizzazione della voce). Questo consente di realizzare applicazioni in grado di semplificare l'utilizzo dei servizi di messaggistica e di svolgere in modo automatico funzioni complesse (es. mailbox unificata tra SMS, Instant Messaging e Voice Mail).

L'integrazione dei servizi di comunicazione voce con i servizi di messaggista unificata utilizzando le caratteristiche All IP delle reti mobili LTE consente di creare un'unica esperienza di comunicazione interpersonale, in cui il media (voce, messaggi, foto, video, audio registrato, presenza) fluisce senza soluzione di continuità tra i punti terminali della comunicazione.

3.4 Trend di innovazione dei servizi di prossimità

Per introdurre la definizione di servizi di prossimità è necessario identificare un relativo sistema di riferimento.

Un sistema di localizzazione relativa (posizione di una entità logica rispetto ad un'altra entità logica) è variabile nel tempo e nello spazio e definisce quindi istante per istante uno spazio concettuale definito CONTESTO. I servizi che si legano al contesto vengono quindi chiamati context based services. I

servizi di prossimità sono una forma di contextual services in cui gli end point stessi (terminali, beacon) contribuiscono attivamente alla definizione del contesto.

Viene quindi a crearsi una geografia spazio-temporale variabile attraverso una liquefazione delle dimensioni (Liquid space). Per creare un riferimento non ambiguo di tale contesto geografico liquido occorre un sistema di riferimento in tempo reale basato sui reference point del contesto. Tale sistema di riferimento deve essere alimentato con le informazioni dagli end point e fornire informazioni di contesto agli stessi end point. Occorre chiarire che tale sistema di riferimento ha necessariamente una struttura probabilistica e non deterministica in quanto l'elaborazione delle informazioni di contesto per essere definita in un tempo ragionevole deve necessariamente introdurre un tasso di errore.

Lo scenario di evoluzione dei servizi di comunicazione interpersonale prevede di includere, oltre ai servizi descritti in precedenza (voce, messaging, multimedia, ...), anche lo scambio di informazioni aggiuntive che descrivono il contesto che ognuna delle parti terminali della comunicazione vuole condividere con i suoi interlocutori. Le informazioni aggiuntive nel contesto dei servizi di comunicazione oggetto di questo articolo sono sostanzialmente di due tipi: TAG - stringhe che descrivono i concetti che si vogliono condividere - e il POSITIONIG o localizzazione relativa - posizione logica rispetto al contesto in cui ci si trova. Assume quindi importanza il concetto di posizione relativa tra due utenti che complementa la precedente concezione di localizzazione assoluta in cui la posizione di un oggetto è

definita rispetto ad un fissato sistema di riferimento.

Questo nuovo paradigma di localizzazione relativa ad un luogo richiede una nuova intelligenza in rete che permetta di correlare in funzione del luogo di riferimento le posizioni elementari dei singoli utenti indipendente dalla tipologia di infrastruttura a cui risultano attestati (wifi, i beacon, rete mobile). Lo standard di riferimento ProSe (*Proximity Services*) (vedi BOX "I servizi di prossimità in standard") si basa su un meccanismo di ANNOUNCING, in cui il terminale invia in broadcast radio LTE D2D un insieme di TAG e su analogo meccanismo di DISCOVERY attraverso cui i terminali che si trovano sotto lo stesso contesto dell'annunciante scoprono tali TAG.

Nel momento in cui attraverso il meccanismo di announcing/discovery e localizzazione relativa due o più end point stabiliscono una relazione di comunicazione il flusso comunicativo avviene attraverso i servizi descritti in precedenza (voce, messaging, multimedia) sotto la gestione della rete di comunicazione dell'Operatore (nel caso di servizi di pubblica sicurezza è ammessa la comunicazione diretta tra terminali).

Esempi di servizi di prossimità legati al concetto di localizzazione relativa rispetto ad un luogo (contesto) sono:

- Smart Commerce in cui gli utenti che si trovano in prossimità di un negozio possono scambiarsi opinioni circa la propria customer experience legata alla qualità e il costo dei prodotti commercializzati in quel negozio;
- Social network dedicati ed estemporanei dovuti alla presenza contemporanea di più utenti in un certo luogo duran-

te un certo evento (es. concerti, eventi sportivi, di moda, fiere).

4 Scenari di servizio

Dopo aver descritto i principali enabler tecnici di servizio introdotti da LTE nel seguito vengono proposti alcuni scenari di servizio per evidenziare come la forte interazione tra terminale smartphone e rete LTE può consentire all'Operatore di proporre soluzioni in grado di competere con le proposte dei service provider OTT.

4.1 VoLTE suite ovvero integrazione Voce/Video/SMS/VoiceMail

La combinazione degli enabler di servizio illustrati nel capitolo 3 consente di implementare su uno smartphone LTE le seguenti funzionalità base:

- VoLTE & ViLTE, fruiti dall'utente attraverso il dialer nativo. Le funzionalità sono implementate secondo le raccomandazioni GSMA IR.92 e IR.94;
- Messaggistica, che oltre ad SMS include chat one-to-one, group chat, multi-device chat, file transfer, See What I See,... Queste funzionalità sono implementate secondo la profilazione delle raccomandazioni GSMA RCS 5.1;
- Visual Voice Mail, implementata secondo la raccomandazione GSMA "OMTP – Visual Voice-mail Interface Specification".

L'utilizzo integrato delle tre funzionalità consente di realizzare una suite di servizi collegati ed interlaboranti tra loro denominata VoLTE suite.

Su smartphone non LTE è possibile replicare una user experience

che implementa, oltre l'SMS, solo le funzionalità base Chat e VVM (Visual Voice Mail).

Nella VoLTE suite le funzionalità base di Chat e VMM sono fruitte tramite un'applicazione Messaging (la quale include anche l'SMS).

Nella figura Figura 4 è riportata l'architettura protocollare della VoLTE suite in cui sono eviden-

ziate le tre modalità di comunicazione VoLTE, ViLTE e Messaging. L'integrazione e l'interlavoro dei tre sistemi di messaging (SMS, Chat, VVM) consente di ipotizzare nuove mimiche dei servizi di comunicazione potendo agire sulle capacità elaborative e di memorizzazione degli smartphone di ultima generazione. Ad esempio, nella Figura 5, viene riportato un

Figura 4 - Architettura protocollare della VoLTE suite

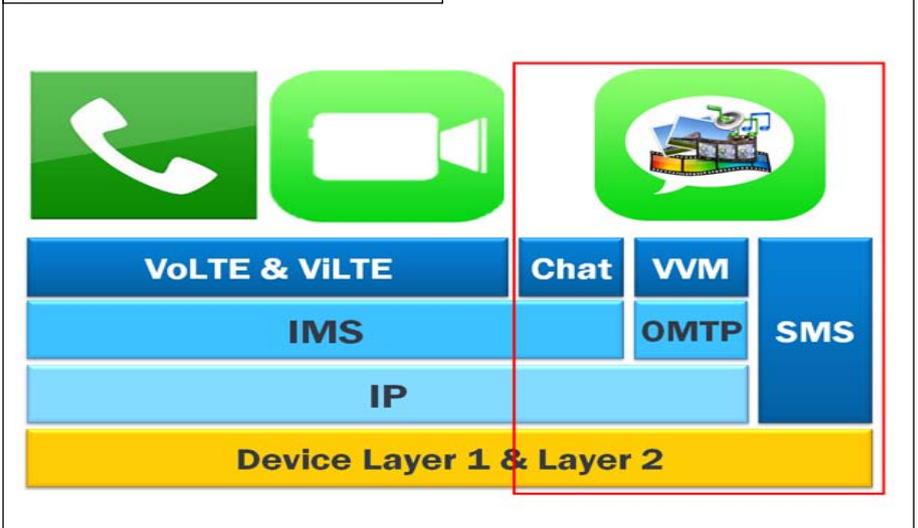
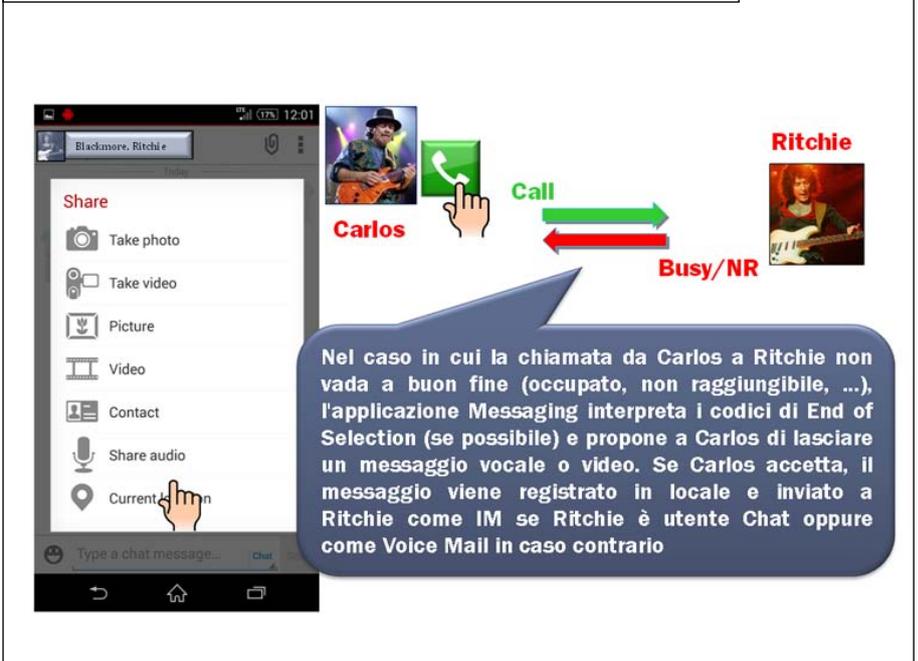


Figura 5 - Esempio di utilizzo combinato di servizi di reperibilità e servizi di messaggistica



I servizi di prossimità in standard

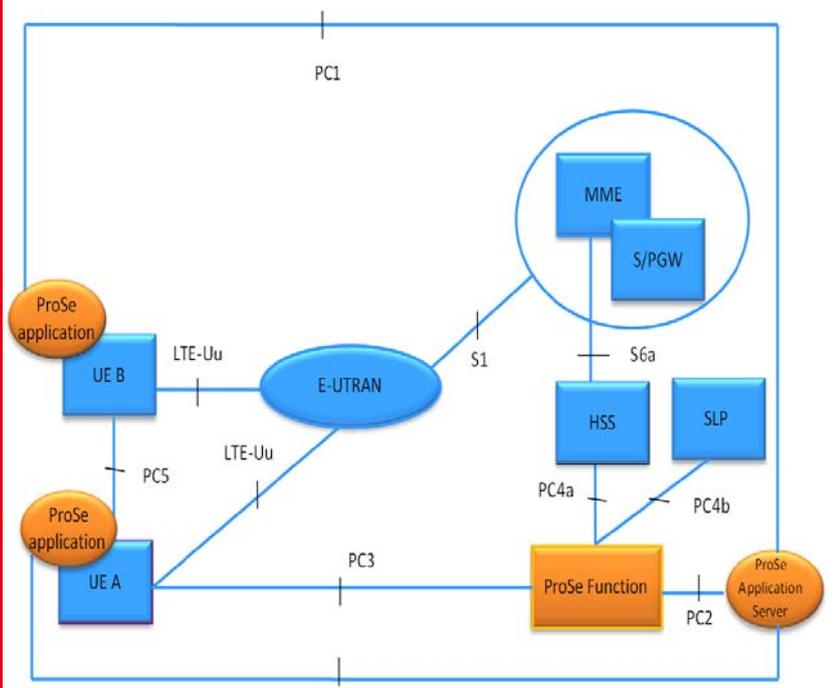
Lo standard 3GPP di Release 12 ha studiato come realizzare sull'attuale rete LTE i servizi di prossimità che possono essere di interesse per le applicazioni consumer e di pubblica sicurezza. È previsto che l'architettura EPS possa essere integrata per consentire l'identificazione di cellulari in prossimità fisica (ProSe Discovery) e la loro comunicazione diretta (ProSe Communication). La comunicazione diretta, al momento prevista solo per i casi di pubblica sicurezza, significa che viene stabilita una connessione radio D2D (device to device) tra utenti mobili senza transitare attraverso la rete; ciò consente di risparmiare risorse di rete e può anche consentire la comunicazione di pubblica sicurezza nelle aree al di fuori della copertura di rete (ad esempio in caso di guasto ad un'antenna). È previsto inoltre che gli utenti di pubblica sicurezza

possano comunicare nell'ambito di gruppi che potrebbero coinvolgere sia utenti di telefonia mobile sul campo che utenti fissi che lavorano in un centro di controllo.

L'architettura dei servizi di prossimità è stata già definita nella specifica 3GPP TS 23.303 "Proximity-based services (ProSe)" (Figura A), è ancora in corso la definizione dei protocolli (sia radio che di rete) la cui conclusione è prevista per Dicembre 2014, data di congelamento della Release 12 del 3GPP. In Release 13 del 3GPP verranno studiate ulteriori funzionalità tra cui il Relay con la quale un terminale mobile rimasto in copertura può fare da ponte (Relay) tra le UE fuori copertura, o tra una delle UE fuori copertura e la rete mobile ■

mauro.ficcaccio@telecomitalia.it

Figura A - Architettura servizi di prossimità



possibile utilizzo combinato tra servizi di reperibilità e servizi di messaging in cui, in caso di non risposta/raggiungibilità del destinatario di una chiamata voce, al posto del tradizionale inoltro verso i sistemi di voice mail è il terminale stesso che gestisce la non risposta proponendo al chiamante quale azione intraprendere (es. lasciare un messaggio vocale), digitalizzando in locale il messaggio audio ed inviandolo al destinatario come instant messaging.

4.2 Servizi di social communication

L'avvento contemporaneo sul mercato di Smartphone e Tablet con telecamere on board ad alta risoluzione, di telecamere sportive facilmente indossabili (wearable camera) con connettività wireless ha permesso la rapida diffusione di una nuova modalità di comunicazione basata sulla condivisione near-real time con i propri amici dei video e delle foto (selfies) autoprodotte che immortalano esperienze della propria vita e vissuto quotidiano. Questo fenomeno sta dando vita ad una nuova tipologia di servizio denominato Social Communication. I contenuti multimediali autoprodotti hanno dimensioni notevoli in termini di quantità di informazione ed una volta generato il contenuto nasce l'esigenza per gli utenti di condividerlo "tempestivamente" con la propria community (di solito geograficamente concentrata).

Il social communication pone i seguenti requisiti alla rete dell'Operatore:

- 1) richiede un'elevata banda di upstream sui link di accesso alla rete e la gestione della ve-

locità di caricamento dei dati in base allo stato di congestione della cella radio;

- 2) ribalta il paradigma di content delivery network (contenuto consegnato dalla rete all'utente) trasformandolo in un concetto di SMN (*Self-Content Modeled Network*) dove è l'utente che decide quali contenuti devono essere memorizzati nell'edge della rete e a chi devono essere distribuiti.

Conclusioni

LTE è la prima tecnologia mobile veramente globale che abbatte definitivamente le barriere tecnologiche tra i diversi paesi e che si sta affermando ad una velocità superiore a quella di tutte le generazioni mobili che l'hanno preceduta. Si tratta anche della prima tecnologia all IP, dotata unicamente di una core network a pacchetto e quindi non in grado di supportare la voce tradizionale a circuito. Il VoLTE rappresenterà ben più di una semplice evoluzione del servizio voce e consentirà di abilitare una suite di comunicazione arricchita, che darà agli Operatori la possibilità di lanciare nuove proposte commerciali a protezione del business dei servizi interpersonali. D'altra parte i clienti trarranno beneficio da un più ricco bouquet di servizi multimediali, disponibili ovunque e per qualsiasi device.

La maggior parte degli Operatori continuerà a supportare il CSFB migliorato nelle performance accanto al VoLTE, per il quale diventa fondamentale definire un Profilo di Servizio che possa consentirne un lancio commerciale eventualmente in step successivi ■

Acronimi

3GPP	3G Partnership Project
AGCF	Access Gateway Control Function
AKA	Authentication and Key Agreement
AMR	Adaptive Multi Rate
APN	Access Point Name
CAMEL	Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic
CDN	Content Delivery Network
COMP	Coordinated Multi Point
CPU	Central Processor Unit
CS	Circuit Switched
CSFB	Circuit Switching Fall Back
D2D	Device to Device
DASH	Dynamic Adaptive Streaming for HTML5
eICIC	evolved Inter Cell Interference Coordination
eMBMS	evolved Multimedia Broadcast Multicast Service
EPC	Enhanced Packet Core
E-UTRAN	Evolved
GBR	Guaranteed Bit Rate
GSA	Global Mobile Supplier Association
GSM	Global System for Mobile
GSM	GSM Association
HD	High Definition
HLR	Home Location Register
HLS	HTTP Live Streaming
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
ICS	IMS Centralized Services
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
IPSEC	IP security
JSON	Java Script Object Notation
LI	Lawful Intercept
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMTEL	Multimedia Telephony
MSAN	MultiService Access Node

MSC	Mobile Switching Centre
MSISDN	Mobile Station International Subscriber Digital Number
MSRP	Message Session Relay Protocol
MTRF	Mobile Terminating Roaming Forward
OTT	Over The Top
PBX	Private Branch eXchange
PCRF	Policy and Charging Rules Function
P-CSCF	Proxy Call Session Control Function
ProSe	Proximity Services
PS	Packet Switched
PSTN	Public Switch Telephone Network
QoS	Quality of Service
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SME	Small Medium Enterprise
SMN	Self-produced content Modeled Network
SMS	Short Message Service
SON	Self Organizing Network
SRTP	Secure RTP
SRVCC	Single Radio Voice Call Continuity
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
ViLTE	Videocall over LTE
VMM	Visual Voice Mail
VoIP	Voice over IP
VoLTE	Voice over IP over LTE
VVM	Visual Voice Mail
WebRTC	Web Real Time Communication
WiFi	Wireless Fidelity

Bibliografia

- L. Grossi, E. Maffione, G. Marasso, S. Ruffino "SDN e NFV: quali sinergie?" - Notiziario Tecnico N° 2 - 2014

- S. Bizzarri, A. Buldorini, G. Catalano " Mobile trend: Self-Organizing Networks" - Notiziario Tecnico N° 2 - 2014
- AA.VV. a cura di P. Semenzato "Easy LTE", <http://www.telecomitalia.com/tit/it/innovation/books/easy-lte.html>
- Progetto METIS - <https://www.metis2020.com/about-metis/>

ferruccio.antonelli@telecomitalia.it
umberto.ferrero@telecomitalia.it
michele.gamberini@telecomitalia.it
laura.maspes@telecomitalia.it



Ferruccio Antonelli

ingegnere elettronico con Master of Science in Electrical Engineering, è responsabile di Wireless Devices & Device Management in Telecom Italia Lab dove si occupa di innovazione ed ingegneria dei device mobili, delle piattaforme di controllo dei device e delle soluzioni di copertura mobile. Lavora nelle telecomunicazioni sin dal 1989 con esperienze sia in ambito nazionale che internazionale. Nella sua carriera è stato responsabile di Fixed and Mobile Terminals Engineering, di Service Layer and IMS Engineering, Network Country Manager for TIM Brazil and TIM Perù in TIM, direttore di Ingegneria Core Network e Trasporto presso l'operatore mobile Amena in Spagna, responsabile della progettazione dei servizi wholesale.



Umberto Ferrero

ingegnere elettronico è attualmente responsabile in ambito TILab - Wireless Networks delle attività di Wireless Access Innovation, dove si occupa di attività di studio, simulazione, specifica e sperimentazione di nuove tecnologie di accesso radio. Entra in Azienda nel 1992 dove inizia a occuparsi di soluzioni trasmissive broadband innovative su fibra ottica e su rame, nell'ambito di progetti nazionali e internazionali. Successivamente si occupa di tematiche di pianificazione e architetture di rete per Telecom Italia e per società del gruppo, con particolare interesse per l'evoluzione della rete broadband fissa. Tra il 2006 e il 2012 in ambito TILab - Testing Labs è stato responsabile delle attività di program, reporting, testing dei servizi end to end e delle sperimentazioni in campo.



Michele Gamberini

ingegnere elettronico è attualmente responsabile, in ambito TILab, di Wireless Network, dove si occupa di Ingegneria ed Innovazione della rete mobile, dall'aprile del 2011. Entra in Azienda nel 1996, andando a ricoprire il ruolo di coordinatore Cell Planning nelle regioni Campania, Basilicata e Puglia, nell'ambito della GTR-Sud di TIM. Dal 1998 al 2002 è prima responsabile Cell Planning e poi responsabile dell'Ingegneria Radio in Amena, operatore mobile del gruppo AUNA Spagna, partecipato da Telecom Italia. Dal 2002 al 2005 è Chief Network Officer di TIM Hellas, operatore mobile controllato da Telecom Italia in Grecia. Dopo una breve parentesi come responsabile dell'Area Territoriale Rete Centro di TIM, diventa direttore delle Network Operation Area S1 e Sud, rispettivamente dal 2006 al 2008 e dal 2008 al 2009. Dal 2009 al 2011 è responsabile della Network Operation Governance.



Laura Maspes

ingegnere elettronico in telecomunicazioni, specializzata in Telecomunicazioni presso ISPT, è attualmente responsabile nell'ambito di TILab Wireless Network dell'ingegneria del Control Layer Mobile, occupandosi dell'ingegneria della Core Network a Circuito, a Pacchetto, degli impianti e dei servizi di Rete Intelligente, della Core IMS e del Roaming voce e dati. È entrata nel gruppo Telecom nel 1991 in Teleo, occupandosi dell'ingegneria dei primi VAS su rete mobile. Dal 1992 è passata all'Esercizio della Direzione Radiomobile di Sip (poi TIM) come responsabile della Gestione Tecnica, del Maintenance e rollout dei sistemi, della Qualità della rete. Dal 2002 è passata all'Ingegneria della Rete come responsabile della Tecnologia e Industrializzazione della Core Network mobile e poi delle Communication Platform.



RETI WDM PON: PRINCIPALI SFIDE

Tommaso Muciaccia, Sandro Pileri

SPECIALE INNOVAZIONE DELLA RETE



Megli ultimi anni sta crescendo l'interesse verso l'ottimizzazione delle prestazioni delle reti di accesso ottiche e verso la minimizzazione dei CapEx e degli OpEx per la realizzazione, l'esercizio e la manutenzione di queste nuove reti. Numerose soluzioni innovative sono in fase di sperimentazione; grande seguito, in particolare, stanno ricevendo le proposte di reti basate sulla WDM, pressoché universalmente riconosciuta come *enabling technology* per soddisfare i requisiti di banda delle reti d'accesso di domani.

1 Introduzione

Trend emergenti come l'*immersiva video* (video panoramico navigabile dall'utente a 360°), l'*ubiquitous cloud computing*, l'*E-learning* interattivo, i servizi avanzati di telemedicina e teleassistenza, nonché la domanda crescente di servizi multimediali come *video on demand*, *High Quality video-conference*, *next-generation 3D TV*, richiedono reti di accesso ottiche ad alta capacità (maggiore talvolta di 100 Mb/s), come mostrato in Figura 1a¹, e bassa latenza. Si pensi ad esempio che la fruizione di un singolo canale 4k UHD TV richiede almeno 15 Mb/s. Tali reti, per di più, dovranno essere costruite nel rispetto di vincoli economici ed ambientali più che mai sfidanti per essere "*faster, cheaper and greener*", ovvero più veloci, meno costose e più efficienti dal punto di vista energetico. [1]
 Un aspetto non trascurabile per gli operatori di TLC è quello di pensare alle reti di accesso del futuro ponendo molta attenzione a preservare gli investimenti fatti

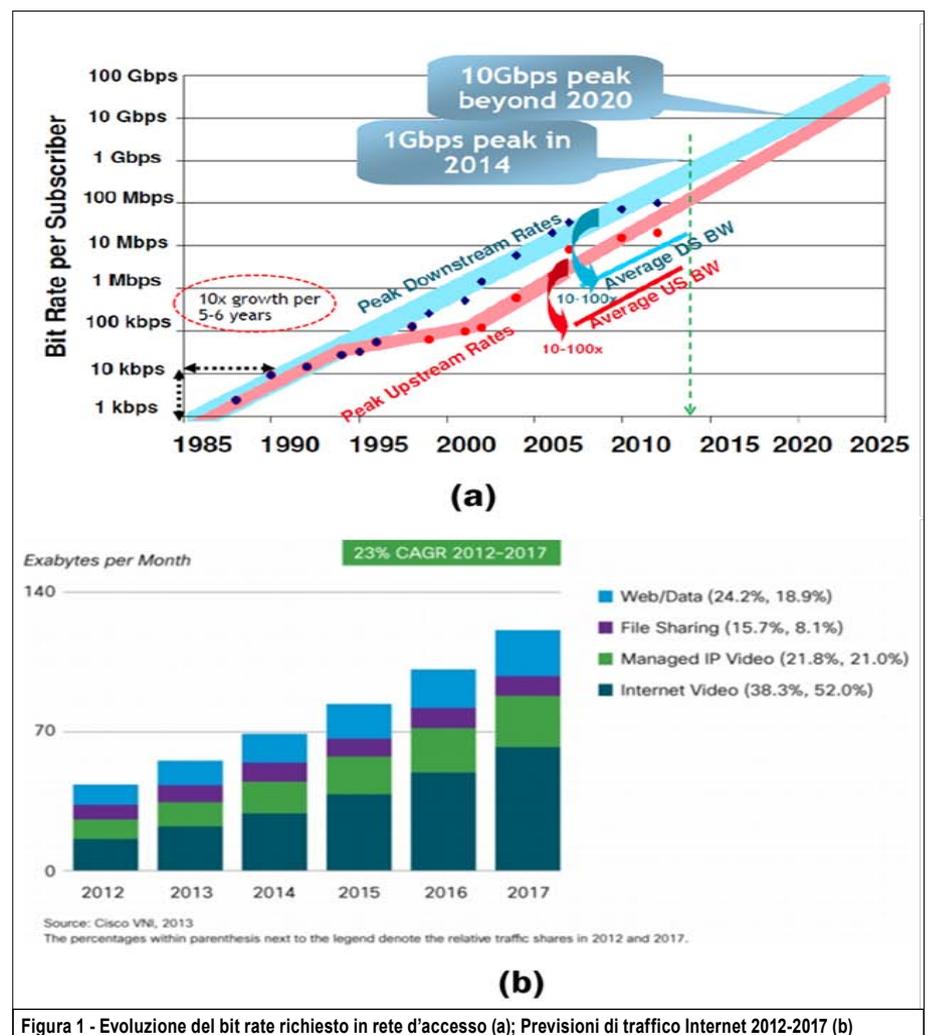


Figura 1 - Evoluzione del bit rate richiesto in rete d'accesso (a); Previsioni di traffico Internet 2012-2017 (b)

¹ Xing-Zhi Qiu, "Burst-mode Receiver Technology for Short Synchronization", OFC 2013 Tutorial OW3G.4, 2013.

fino ad oggi o che sono stati previsti e approvati per la realizzazioni di soluzioni FTTx nel breve termine. Infatti, poiché la realizzazione delle reti di accesso ottiche (ODN) rappresenta il capitolo di spesa più rilevante (in una soluzione FTTH *greenfield* costituisce circa il 70-75% dell'investimento totale a fronte di circa il 20% per il costo degli apparati), è fondamentale prevedere, per quanto più è possibile, il riutilizzo della ODN per le reti di accesso del futuro.

Nella *roadmap* tracciata dal gruppo FSAN (*Full Service Access Network*), costituito dai principali operatori di TLC e fornitori di sistemi, per l'evoluzione delle reti di accesso fisse sono individuabili due fasi, denominate rispettivamente NG-PON1 ed NG-PON2. In entrambe le fasi viene posta l'attenzione sul riutilizzo della ODN esistente, in accordo con quanto suddetto. [2]

Fondamentalmente le soluzioni NG-PON1 ereditano parecchi aspetti tecnologici delle soluzioni PON precedenti. In particolare, FSAN ha individuato una soluzione denominata XG-PON (la 'X' indica il numero romano '10' perché il *bit rate* in *downstream* è di 10 Gb/s) già standardizzata dall'ITU-T nelle raccomandazioni G.987, G.987.1÷4. La XG-PON è stata definita per funzionare sulla stessa ODN utilizzata per la soluzione NGAN in tecnologia G-PON (soluzione oggi adottata da Telecom Italia per la FTTH), cioè la stessa architettura, lo stesso tipo di fibra ottica e gli stessi *splitter*; come la G-PON, anche la XG-PON impiega ancora la tecnica TDM per il *downstream* (DS) e quella TDMA per l'*upstream* (US), ma con capacità, gittata e numero di utenti superiori rispetto a G-PON: rispettivamente 10 Gb/s DS-2.5 Gb/s US

contro i 2.5 Gb/s DS - 1.25 Gb/s US, distanza superiore ai 20 km e fattore di *splitting* maggiore di 1:64 (1:128 o superiore).

Secondo quanto stabilito dal gruppo FSAN, con la NG-PON2 si intende iniziare una fase esplorativa sull'utilizzo di nuove soluzioni per aumentare ulteriormente la capacità delle reti di accesso e per risolvere le problematiche incontrate nella G-PON e nella XG-PON. Tale esplorazione ha condotto inevitabilmente a soluzioni che utilizzano la tecnologia WDM, con i necessari adattamenti per le reti PON, congiuntamente alla tecnologia TDM [3]. Con il presente articolo si vuole, invece, illustrare lo stato dell'arte e le principali sfide implementative per la realizzazione delle reti di accesso WDM PON, ovvero basate esclusivamente sulla tecnologia WDM.

2 Il perché della convergenza verso soluzioni basate su WDM

La tecnologia WDM non è di per sé una proposta innovativa essendo già da tempo impiegata per le reti trasmissive a lunga distanza (*backbone networks*) ed anche per le reti di aggregazione e trasporto metropolitane (*Metro-Access networks*), in sostituzione dei tradizionali sistemi SDH, aumentando la capacità dei collegamenti ed estendendo le tratte percorribili senza necessità di rigenerazione elettro-ottica 3R (*Reshaping, Retiming e Retransmitting*) del segnale. [4]

Costituisce tuttora un *hot topic* di ricerca e di sperimentazione, invece, l'applicazione esclusiva della WDM alle reti PON che presenta ancora questioni aperte sulle quali operatori telefonici,

fornitori e comunità scientifica si stanno confrontando con un ampio ventaglio di proposte e soluzioni, più o meno attuabili in un contesto operativo. Il principio di funzionamento di un *link WDM* è semplicissimo: a ciascun flusso di informazioni viene assegnata una lunghezza d'onda in modo da consentire il *multiplexing* di più segnali (più flussi di informazioni) su un unico mezzo trasmissivo. Banalizzando si potrebbe pensare ad un colore (una lunghezza d'onda) che identifichi ciascun segnale rendendolo, in qualsiasi punto del collegamento, distinguibile dagli altri e quindi selezionabile. Nel caso specifico di una rete WDM PON, una lunghezza d'onda, o più comunemente un paio di lunghezze d'onda (uno per il flusso in *downstream* e l'altro per il flusso in *upstream*), vengono assegnate a ciascun utente.

È come se a ciascuno di essi venisse fornito un collegamento dedicato in fibra ottica dandogli, invece, un segnale ottico ad una determinata lunghezza d'onda, diversa da quelle assegnate ad altri utenti. In altri termini, a ciascun utente viene fornito un *link* ottico punto-punto con il CO. Definita in questo semplice modo una rete WDM PON, appaiono immediatamente evidenti alcuni vantaggi che questa tipologia di rete d'accesso permette di ottenere:

- servizi simmetrici a banda dedicata;
- QoS garantita;
- *privacy/security* del collegamento.

È altrettanto intuibile che una soluzione di questo tipo si presterebbe a soddisfare i vincoli regolatori meglio delle tecnologie oggi in uso, semplificando notevolmente la gestione dell'*unbundling* verso gli OLO nell'ottica dell'*equivalence of*

input che costituisce un requisito indispensabile per le reti d'accesso. Sarebbe ipotizzabile, a tal proposito, l'assegnazione di un pacchetto di canali WDM, ovvero di lunghezze d'onda, all'operatore che intenda utilizzare determinati collegamenti della rete, consentendo il mantenimento di una completa indipendenza operativa con interfacce fisicamente separate.

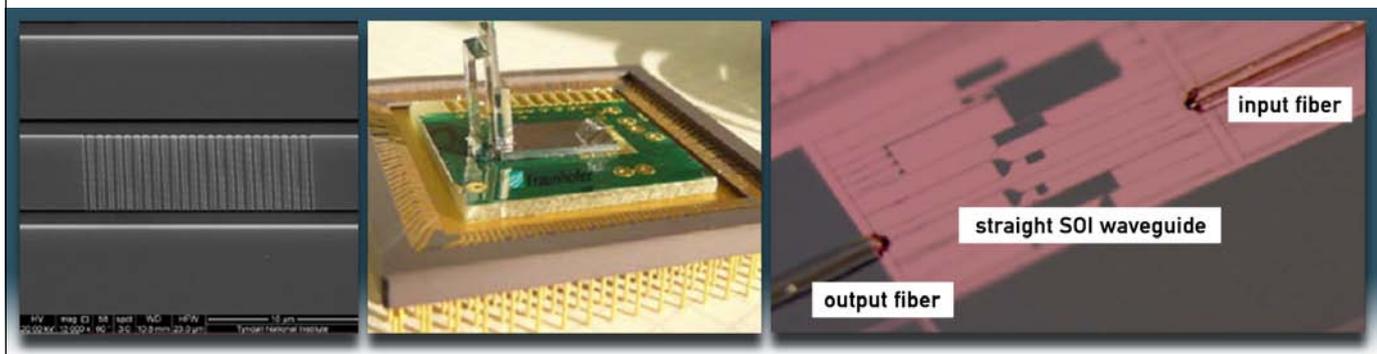
È lecito chiedersi le ragioni per cui il modello WDM PON, così semplice ed efficace, abbia incontrato sinora difficoltà nell'essere implementato dagli operatori di telecomunicazioni. La ragione principale risiede per lo più nei notevoli costi finora richiesti da componenti e sistemi ottici presenti in queste reti che necessitano di processi di fabbricazione più sofisticati e meno consolidati rispetto a quelli necessari per produrre dispositivi elettronici ed optoelettronici oggi impiegati nei sistemi in esercizio. La maturità tecnologica raggiunta negli ultimi anni dalla fotonica e, in particolare, i progressi compiuti dalla *Silicon Photonics* (la fotonica del silicio) renderanno, tuttavia, economicamente sempre più vantaggiosi la produzione e l'impiego su ampia scala di componenti ottici come sorgenti laser WDM, modulatori elettro-ottici ed altri dispositivi utilizzabili nelle reti WDM PON

che saranno descritti brevemente nel seguito. Tra i numerosi vantaggi della fotonica del silicio non è da sottovalutare la possibilità di realizzare circuiti fotonici integrati (PIC), come mostrato in Figura 2, che consentiranno l'integrazione monolitica, su un unico *chip*, di tutte le funzionalità necessarie ad un *transceiver* nell'OLT, ovvero trasmissione, ricezione, modulazione e demodulazione, con tecniche di fabbricazione supportate dagli standard dei processi CMOS (la tecnologia alla base della produzione dei diffusissimi circuiti elettronici integrati), garantendo un alto grado di affidabilità e costi relativamente bassi. L'approccio alternativo all'integrazione monolitica sarebbe quello dell'integrazione ibrida in cui le sezioni attive sono realizzate con le leghe III-V (p.e. GaAs e InP) e quelle passive in silicio ed ossido di silicio, traendo vantaggio dalle potenzialità di entrambe le classi di materiali. Entrambi gli approcci costruttivi presentano tutt'oggi sfide aperte per i costruttori, in particolare la realizzazione di sorgenti in silicio ed il *packaging*, l'allineamento dei diversi componenti e l'efficienza dell'accoppiamento di guide d'onda sub-micrometriche con le fibre ottiche. Tuttavia saranno proprio le particolari specifiche tecniche richieste dall'applicazione di que-

sti componenti nelle reti di accesso del futuro a medio-lungo termine a fungere da *driver* per definire la qualità delle prestazioni necessarie e, di conseguenza, la complessità ed il costo dei processi di fabbricazione dei dispositivi. [5]

Un aspetto da non sottovalutare nell'implementazione delle WDM PON sono i consumi energetici in centrale³, è fondamentale considerare che le soluzioni tradizionali TDM, ma anche la TWDM, necessitano di un numero inferiore di *transceiver* presso l'OLT e quindi sembrerebbero molto più vantaggiose rispetto a soluzioni WDM 'pure'. In un'ottica evolutiva a lungo termine, tuttavia, è opportuno effettuare il confronto considerando di fornire a ciascun utente un bit rate di almeno 1 Gb/s, e ciò attenua fortemente, fin quasi ad annullare, il vantaggio di soluzioni TDM PON rispetto a quelle WDM PON. Infatti, come per le reti PON attualmente implementate da Telecom Italia, una WDM PON resta rigorosamente passiva, ovvero non prevede la presenza di conversione elettro-ottica in alcun punto intermedio della ODN; per di più, in una WDM PON non è previsto l'utilizzo di uno *splitter* ottico passivo nel quale la potenza ottica relativa al segnale in *downstream* viene ripartita tra i diversi rami

Figura 2 - Esempio di circuito fotonico integrato in silicio²



² B. Charbonnier, Sylvie Menezo, P. O'Brien, Aurélien Lebreton, J. M. Fedeli, B. Ben Bakir, "Silicon Photonics for Next Generation FDM/FDMA PON", IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, Vol. 4, 2012.

³ L'impatto delle reti di nuova generazione sull'ambiente è da tempo un imperativo indifferibile, non solo per limitare le emissioni di CO₂, ma anche per contenere gli OpEx, tenendo conto che l'energia elettrica consumata annualmente dagli incumbent è ingente (Telecom Italia è tra i primi utenti nazionali per consumo annuo di energia elettrica). [6]

di uscita relativi a ciascun utente, evitando quindi la conseguente inefficienza energetica (uno *splitter* 1:n ha una perdita di *splitting* pari a $3\log_2 n$ dB). Si deve inoltre considerare la penalità del budget di potenza per dispersione cromatica, che è tanto maggiore quanto più alta è la frequenza di cifra del segnale trasmesso sulla fibra e la distanza cliente-CO⁴. Ma la potenza di trasmissione dei segnali è solo uno degli aspetti che incidono sui consumi. Un ulteriore risparmio energetico complessivo sarà presumibilmente ottenibile considerando anche i dispositivi presenti nelle ONU di ciascun utente che stanno evolvendo secondo la filosofia del progetto di ricerca europeo C3PO (*Colourless and coolerless components for low power optical networks*). [7]

3 Multiplexing, modulazione e codifica

Le reti PON, com'è noto, sono reti con un'architettura ad albero P2MP in cui non è presente nella ODN alcun dispositivo attivo che abbia funzioni di *switching* a livello MAC. Ciò implica che tutte le tipologie di reti PON necessitino di tecniche di *multiplexing*, per combinare a livello fisico tutti i segnali in *downstream*, e allo stesso modo di tecniche di accesso multiplo per combinare i segnali in *upstream*.

Come si è già detto, il focus di questo lavoro è l'innovativo (per le reti di accesso) *multiplexing* a divisione di lunghezza d'onda; l'alternativa oggi enormemente più diffusa e convenzionale è rappresentata dalla TDM che è alla base anche dello standard G-PON

impiegato nella soluzione FTTH di Telecom Italia. Le reti TDM PON sono certamente la soluzione meno articolata da implementare secondo una valutazione tecnico-economica a breve termine, permettendo di limitare i CapEx soprattutto nella fase di avvio della realizzazione di una nuova soluzione NG-PON.

In una rete ottica che utilizzi la tecnica TDM a ciascun utente è assegnato un *time slot* per ricevere e un *time slot* per trasmettere utilizzando una portante ottica (una "lambda"), generalmente in terza finestra ottica per il *downstream* ed in seconda finestra per l'*upstream*. La gestione dell'assegnazione dei *time slot* per la trasmissione in *upstream* utilizza algoritmi di *ranging* e di assegnazione dinamica della banda (DBA) per evitare la collisione dei pacchetti e per garantire nel contempo i parametri di banda contrattualizzati con il cliente. [8]

Il limite principale di questa tipologia di rete è la limitata scalabilità, ovvero la ridotta capacità di consentire un *upgrade* del sistema per adeguarlo alle future necessità legate sia a mutate tipologie di traffico che a crescenti esigenze di banda. Al momento la condivisione della banda tra diversi utenti di una rete TDM PON, infatti, non influenza significativamente le prestazioni percepite dagli utenti finali. Questo accade perché, fino ad ora, l'utilizzo della rete è avvenuto prevalentemente a *burst*, ovvero con richieste significative di banda circoscritte in un breve arco temporale; azioni come il *browsing* mediante HTTP, lo scambio di mail su SMTP, il *file-sharing* con il *Peer-to-Peer* o il trasferimento di dati basato su FTP sono tutte attività che generano

traffico intermittente o a *burst* e che quindi possono essere statisticamente multiplate tra loro senza che l'utente di fatto percepisca un significato degrado della qualità. Oggi, però, i contenuti video e multimediali stanno rapidamente diventando la tipologia di traffico principale sia per percentuale di tempi di uso che di traffico, come dimostrato dalle previsioni riportate in Figura 1b⁵. I contenuti multimediali non solo richiedono un'ampia larghezza di banda ma, per di più, non possono essere statisticamente multiplati, pena un forte degrado della qualità del servizio, in quanto prevedono una fruizione continua e quindi un *data stream* che saturerebbe facilmente la capacità delle attuali reti TDM PON⁶. Non va assolutamente trascurata, d'altronde, anche la necessaria concentrazione che la OLT deve operare sull'interfaccia di *uplink* che potrebbe diventare il collo di bottiglia, se non opportunamente dimensionata.

Una possibilità per rendere scalabili le reti TDM PON è quella di suddividere un singolo albero PON in più alberi PON (riducendo contestualmente il fattore di *splitting*) in modo che ognuno di questi serva un numero inferiore di clienti e ciascun utente abbia a disposizione più banda; un'altra possibilità è quella di incrementare il *bit rate* (come per esempio nella XG-PON). Entrambe queste soluzioni, tuttavia, non sono *cost-effective* e facilmente scalabili per un futuro ulteriore e significativo incremento della domanda di banda: l'aumento del *bit rate* in *downstream*, per esempio, metterebbe a dura prova, oltre le attuali possibilità, l'elettronica presente nelle ONU che operano al *bit rate* operativo di sistema, molto più

4 In uno scenario a lungo termine, soluzioni quali la TWDM e WDM saranno presumibilmente utilizzate anche per la cosiddetta CO *consolidation*, ovvero per concentrare gli apparati di terminazione (OLT) in centrali più lontane rispetto a quelle dove ora afferiscono i clienti finali, riducendo in tal modo il numero complessivo di centrali ma aumentando sensibilmente la distanza media cliente-CO.

5 http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI_Hyperconnectivity_WP.html

6 Nella soluzione FTTH G-PON di Telecom Italia, ciascuno dei 64 utenti dell'albero G-PON potrebbe disporre di una banda lorda di circa 39 Mb/s se tutti fossero contemporaneamente attivi.

alto rispetto al *bit rate* effettivo di ciascun utente⁷.

Un ulteriore aspetto delle TDM PON, inoltre, è rappresentato dal fatto che, stabilito il numero di utenti serviti da ciascun albero PON, le perdite di potenze per gli *splitter* passivi sono fisse e questo limita fortemente il *power budget* a disposizione per i vari collegamenti. In un albero G-PON con fattore di *splitting* 1:64 si ha una perdita dovuta al solo *splitting* pari a 18 dB, mentre nel caso di 1:128 sarebbe di 21 dB.

Queste considerazioni rendono evidente il perché, in definitiva, la TDM PON non rappresenti una tecnologia *future proof* che potrà soddisfare, a lungo termine, la domanda di banda e il traffico multimediale via via crescenti. [1]

D'altro canto, una WDM PON permetterebbe a ciascun utente di avere una banda dedicata su un'infrastruttura condivisa e sarebbe pertanto scalabile in modo concettualmente semplice: per aumentare il numero di utenti serviti da un albero PON, per esempio, sarebbe sufficiente infittire la griglia delle portanti WDM, passando a soluzioni DWDM o UDWDM, peraltro già dimostrate nella letteratura scientifica (vedi box di approfondimento). Un altro potenziale vantaggio delle reti WDM PON è costituito dalla possibilità offerta da questa tecnologia di effettuare un *merge*, tra le reti d'accesso e le reti metro utilizzando, per queste ultime, architetture ad anello che prevedano ROADM per il *wavelength routing*. Ciò permetterebbe la realizzazione di una rete integrata accesso-aggregazione-trasporto *all-optical* altamente flessibile, riconfigurabile, dinamica e con bassi OpEx. [9]

Oltre alla TDM e alla WDM citate finora, esistono ulteriori tecniche

di *multiplexing* che è opportuno citare, sebbene si tratti di soluzioni proposte per le reti d'accesso PON tuttora a livello embrionale, ovvero:

- OCDM (*Optical Code Division Multiplexing*);
- OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*);
- PDM (*Polarization Division Multiplexing*);
- SDM (*Space Division Multiplexing*).

La tecnica OCDM è mutuata dalle tecnologie radiomobili (la moltiplicazione a divisione di codice è alla base anche degli standard UMTS ed LTE) e rappresenterebbe una valida alternativa alle WDM PON, soprattutto perché si tratta di una tecnica *soft-limited*, in cui il numero di utenti può essere notevolmente incrementato con l'accortezza, però, di tenere sotto controllo la *Multi-Access Interference*. L'OFDM, anch'essa diffusissima in ambito radio e nel DVB, è in linea teorica la tecnica di *multiplexing* con più alte prestazioni (potrebbe garantire fino a 100 Gb/s/ch) grazie all'elevata efficienza spettrale (bit/s per Hz di banda del canale trasmissivo) ottenuta tramite la sovrapposizione delle sottobande, ma presenta criticità implementative a causa dell'elevata complessità dei ricevitori che richiederebbero evoluti e molto veloci DSP ed FPGA.

Soluzioni alternative ancor meno convenzionali sono rappresentate dalla PDM che utilizza contemporaneamente entrambe le polarizzazioni ortogonali che si propagano lungo una fibra, e dalla SDM, che comprende l'utilizzo di più fibre affasciate (soluzione banale ma costosa), di fibre particolari *multi-core* o dei diversi modi di propagazione presenti nelle fibre multimodali (*Mode Division Multiplexing*).

È possibile e, per certi versi, auspicabile il ricorso ad approcci ibridi che sfruttino al meglio le potenzialità delle diverse tecniche di *multiplexing* succitate. Un approccio ibrido tra TDM e WDM, per esempio è quanto mai opportuno per favorire un'introduzione graduale e *cost-effective* dei componenti WDM sulle reti in fibra ottica attualmente presenti.

A prescindere dalla tecnica di *multiplexing* adottata, le reti d'accesso stanno evolvendo anche dal punto di vista delle tecniche di modulazione, ovvero delle modalità in cui l'informazione associata a ciascun *data stream* è "impressa" sul segnale ottico relativo a ciascuno dei canali multiplati tra loro. La tecnica adottata convenzionalmente, la IM-DD basata su OOK (*On-Off Keying*), infatti, non consente un incremento del *bit rate* non solo per l'aumento di complessità dei *transceiver* e per la comparsa di effetti indesiderati come il *chirping*, ma anche e soprattutto a causa di un contesto in cui, come nel caso delle UDWDM PON, la larghezza di banda disponibile per ciascun canale è fortemente ridimensionata. Si rende necessaria, quindi, l'adozione di tecniche di modulazione avanzate, ovvero di soluzioni multilivello da tempo applicate su altri mezzi trasmissivi, in cui a ciascun simbolo trasmesso sulla fibra ottica siano associati più bit, migliorando quindi l'efficienza spettrale. L'approccio più intuitivo e *cost-effective* è il ricorso a tecniche multilivello di ampiezza M-ASK (*M-ary Amplitude Shift Keying*), in cui a ciascuno degli *M* livelli di ampiezza discreti previsti sono associati $\log_2 M$ bit, consentendo un proporzionale incremento del *bit rate*. Si tratta della naturale estensione della OOK che può es-

⁷ Nell'offerta commerciale FTTH G-PON di Telecom Italia, per esempio, le ONT lavorano in downstream a 2,5 Gb/s per una banda massima di 100 Mb/s per utente.

Gli standard WDM e le soluzioni UDWDM

Le reti WDM PON, nonostante l'ampia eco che stanno ricevendo nel mondo della ricerca e le prime sperimentazioni in contesti operativi, ad oggi non sono ancora state oggetto di definizione di standard da parte degli organismi internazionali di normazione. D'altra parte sistemi WDM *tout court* sono stati da tempo standardizzati dalla ITU-T.

Lo standard CWDM, ovvero la WDM "a grana grossa", definito nella ITU-T G.694.2 [1], prevede fino ad un massimo di 18 portanti ottiche ampiamente spaziate tra loro (*spacing* di m) su una banda ottica complessiva molto estesa, dalla seconda alla terza finestra. Nello standard DWDM (*Dense WDM*), ovvero la WDM "a grana fine", definito nella ITU-T G.694.1 [2], si possono implementare 40, 80, 160 o 320 portanti nella

sola terza finestra, con una spaziatura tra i canali rispettivamente di 100 GHz, 50 GHz, 25 GHz o 12.5 GHz. È evidente che l'infittimento della griglia delle portanti è orientato ad un'ottimizzazione dell'utilizzo dell'intera banda disponibile sulla fibra ottica, aumentando il numero dei canali, ma comporta specifiche molto più vincolanti per i componenti ottici, sia passivi che attivi.

Sono attualmente in fase di studio e sperimentazione anche reti UDWDM con *spacing* tra i canali di 6.25 GHz e 3.125 GHz e notevole incremento del numero di canali disponibili. Una delle migliori prestazioni raggiunte sinora è rappresentata dalle reti UDWDM PON di *Nokia Siemens Networks* che, come mostrato in Figura A, prevedono una spaziatura di appena 2.8 GHz con

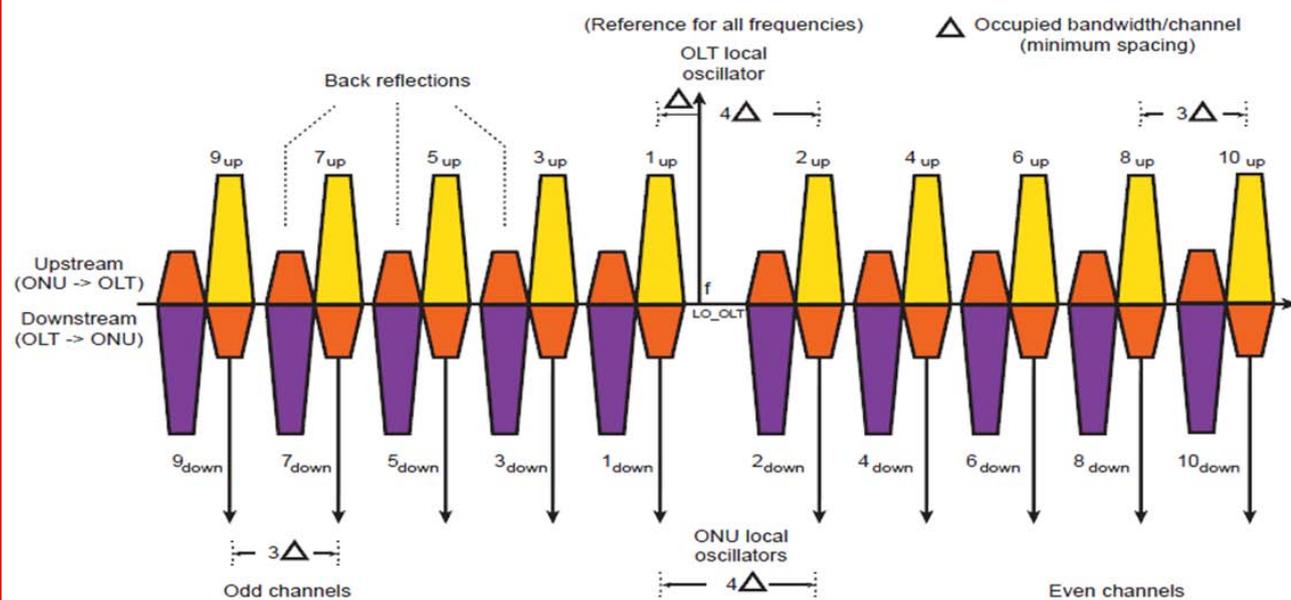
un'alternanza tra canali *upstream* e *downstream* denominata Paired Channel Technology™. [3] Indipendentemente dalla griglia di riferimento, la WDM, all'interno dello stack ISO/OSI, rappresenta un sottostrato fisico al Livello 1 completamente trasparente rispetto ai protocolli di livello superiore ■

[1] ITU-T Recommendation T-REC G.694.2 – 12/2003, "Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid".

[2] ITU-T Recommendation T-REC G.694.1 – 02/2012, "Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid".

[3] Nokia Siemens Networks, "Future optical connectivity", Technical White Paper, 2012.

Figura A - UDWDM channel plan di Nokia Siemens Networks



sere considerata, a tutti gli effetti, una 2-ASK. Per la demodulazione di un segnale siffatto sarebbe sufficiente un rilevatore ad inviluppo, ovvero un semplice fotodiolo

con buone prestazioni in termini di linearità e *range* dinamico. Soluzioni più complesse prevedono, invece, la discriminazione dei simboli in base alla fase M-PSK

(*M-ary Phase Shift Keying*), oppure contestualmente sia all'ampiezza che alla fase M-APSK (*M-ary Amplitude and Phase Shift Keying*), tipicamente secondo co-

stellazioni rettangolari o ad anelli concentrici nel piano complesso (Figura 3). In questi ultimi casi, le prestazioni certamente più spinte sono in *trade-off* con ricevitori più complessi di tipo *coherent* o *self-coherent*, che comunque richiedono la presenza di un *90° hybrid* (un dispositivo ottico passivo, costituito tipicamente da accoppiatori direzionali e ritardatori di fase) e di fotodiodi aggiuntivi: ad oggi si tratta di soluzioni non facilmente implementabili su ampia scala (in un contesto com'è quello delle reti di accesso), quanto piuttosto nei *transceiver* delle reti a lunga distanza. [10] Sono state proposte, ma per ora stanno ricevendo scarso consenso, anche modulazioni di frequenza FSK (*Frequency Shift Keying*) e di polarizzazione PolSK (*Polarization Shift Keying*). Ulteriori innovazioni sono state proposte in merito alle tecniche di codifica di linea che sono relative al modo in cui i dati binari di ciascun *data stream* sono trasmessi per migliorare l'efficienza del sistema in termini di potenza trasmessa o di sagomatura spettrale, o per incrementare l'immunità al rumore o al *jitter*. Accanto alle tecniche di codifica più consolidate, ovvero la NRZ (*Non-Return to Zero*) e

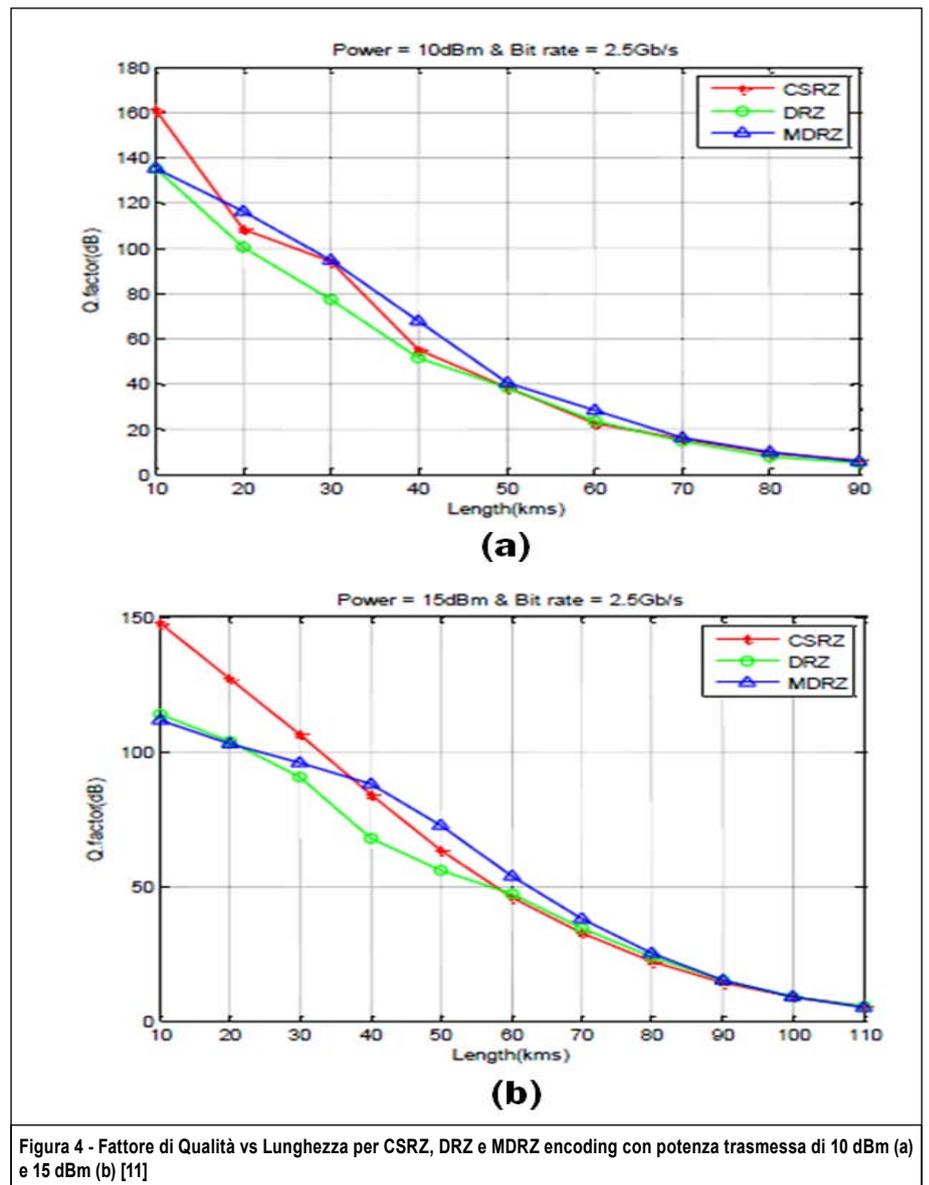
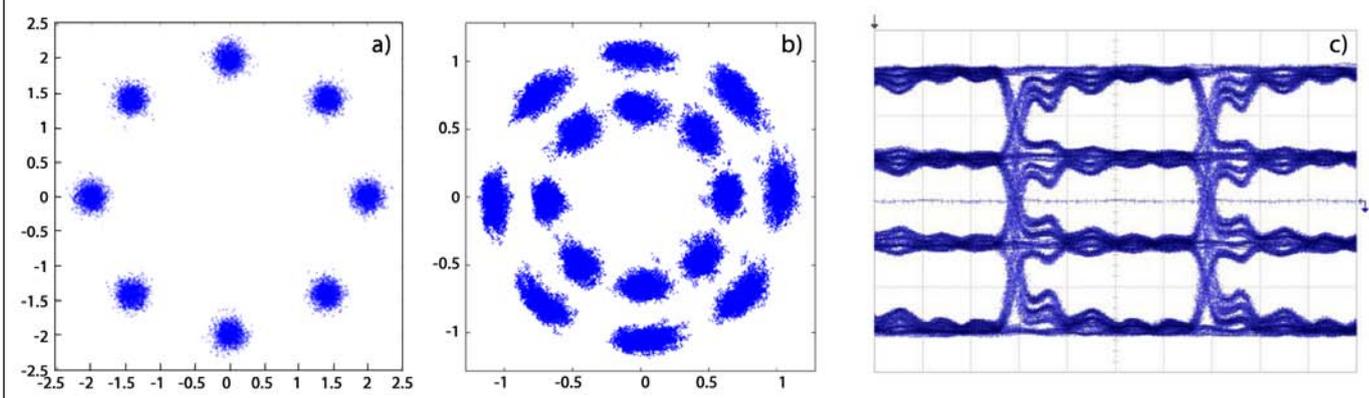


Figura 4 - Fattore di Qualità vs Lunghezza per CSRZ, DRZ e MDRZ encoding con potenza trasmessa di 10 dBm (a) e 15 dBm (b) [11]

Figura 3 - Esempi di costellazioni per modulazioni 8-PSK (a) e 16-APSK (b) e di un diagramma ad occhio per 4-ASK (c) [10]



la RZ (*Return-to-Zero*), sono state proposte tecniche come la codifica IRZ (*Inverse RZ*) che risulta particolarmente idonea nel caso in cui, come si illustrerà successivamente, il *transceiver* presente nell'ONU abbia necessità di rimodulare e trasmettere in *upstream* il segnale ricevuto in *downstream*. Tecniche come il DRZ (*duobinary RZ*), il CSRZ (*Carrier Suppressed RZ*) ed il MDRZ (*Modified Duobinary RZ*), permettono di migliorare la resilienza delle reti UDWDM PON nei confronti di effetti indesiderati quali la dispersione, la non linearità, lo *scattering*, ecc..., in termini di un migliore fattore di qualità (figura di merito legata funzionalmente alla probabilità di errore) come mostrato in Figura 4. [11]

4 Architettura di una rete WDM PON e principali componenti

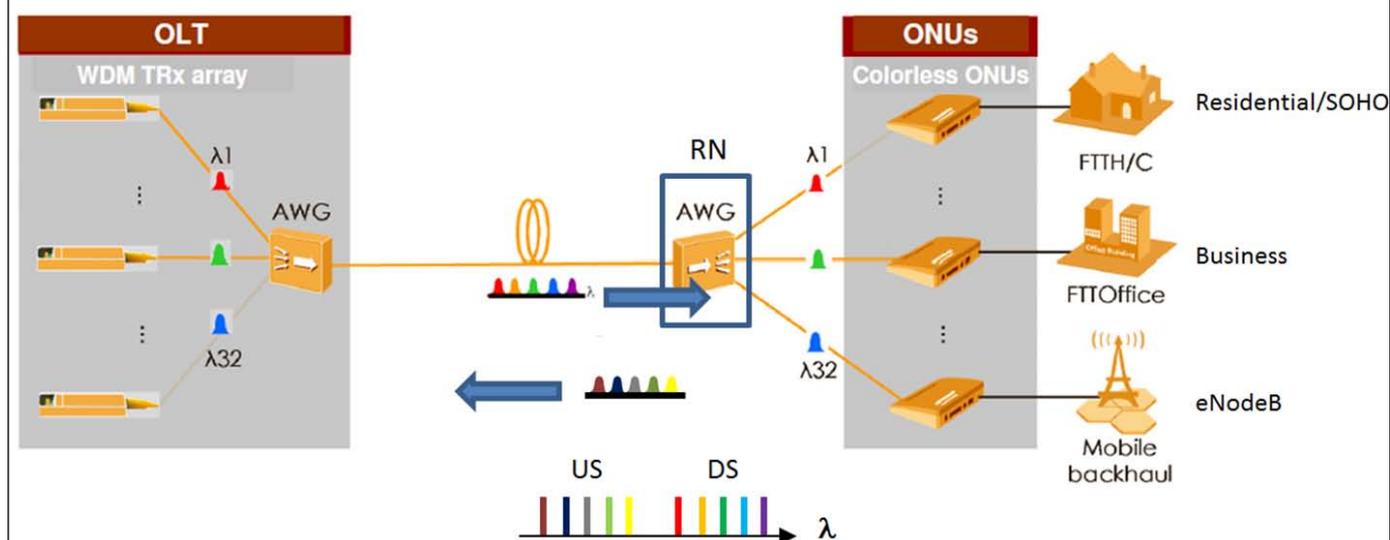
La Figura 5⁸ mostra schematicamente l'architettura di una rete WDM PON: i trasmettitori sintonizzati a diverse lunghezze d'onda sono presenti sia lato OLT, presso il CO, che lato ONU, presso cia-

scun utente (un cliente *consumer*, *business* o un *eNodeB*); un *multiplexer/demultiplexer* WDM (AWG) è inserito in centrale e nel nodo remoto (RN) per separare e ricombinare i diversi segnali con differenti lunghezze d'onda da e verso gli utenti finali. È da premettere che i componenti utilizzabili nelle reti WDM PON sono tutt'oggi oggetto di studio e di ricerca e numerose sono ancora le sfide da affrontare.

La disponibilità di sorgenti WDM affidabili e a basso costo è indispensabile per la realizzazione delle future reti WDM PON. Nelle reti TDM PON tradizionali, sia lato OLT che lato ONU, tipicamente sono utilizzati laser a semiconduttore convenzionali, tipicamente di tipo *Fabry-Però*t. In una rete WDM è necessario disporre, invece, di sorgenti ad elevata stabilità in lunghezza d'onda (questo è un requisito ancora più stringente per le reti DWDM e UDWDM). Per tale motivo si preferisce utilizzare laser DFB, dotati di ottime proprietà di modulazione *high speed* grazie alla ridotta larghezza spettrale (pochi MHz),

generalmente equipaggiati con elementi refrigeratori (TEC) necessari per compensare una deriva intrinseca della lunghezza d'onda di emissione di circa 0.1 nm/°C. Per ragioni di costo, tuttavia, risulterebbero più convenienti i laser a cavità verticale (VCSEL), se non fosse che attualmente sono ancora in fase embrionale per la lunghezza d'onda di 1550 nm, a causa delle proprietà ottiche e termiche non eccellenti dei materiali che li costituiscono. [1] L'aumento dei *bit rate* richiesti alle reti WDM PON (superiore ai 2.5 Gb/s), nonché l'opportunità di adottare le già citate tecniche di modulazioni avanzate, renderà necessario il ricorso alla modulazione esterna: il fenomeno del *chirping* associato alla modulazione diretta limiterebbe notevolmente la lunghezza di tratta. Per velocità di modulazione superiori ai 10 Gb/s è necessario modulare la portante ottica emessa dalla sorgente laser mediante un modulatore esterno ad elevato *extinction ratio*⁹, a banda larga e con basse perdite di inserzione, tipicamente di tipo MZI o EAM. [1]

Figura 5 - Architettura semplificata di una rete d'accesso WDM PON



⁸ http://www.ecoc2010.org/contents/attached/c20/WS_5_Cheng.pdf (Huawei)

⁹ Rapporto tra il livello di potenza ottica associato al bit '1' e quello associato al bit '0'. Più alto è il valore di tale parametro, minore è la potenza ottica media necessaria per avere un determinato BER.

Per quanto riguarda le fibre ottiche impiegabili per le reti WDM PON, sarebbe particolarmente indicato l'utilizzo di fibre LWP, come quelle definite dagli standard ITU-T G.652 di categoria C e D (le cosiddette *dry fibers*), che presentano un picco di assorbimento a 1390 nm, dovuto alla presenza di ioni ossidrilici, fortemente attenuato, consentendo uno sfruttamento dell'intera banda da 1300 nm a 1650 nm e la copertura con continuità dell'intervallo dalla seconda alla terza finestra.

La funzione di *multiplexer/demultiplexer* è svolta da un AWG, un dispositivo ottico passivo costituito, in generale, da M ingressi, N uscite e due accoppiatori a stella planari collegati da K guide d'onda (vedere riquadro). Se un segnale WDM in *downstream* incide su una porta di ingresso, esso risulterà separato nelle sue diverse componenti cromatiche alle diverse porte di uscita (Figura Ba nel riquadro); il comportamento esattamente reciproco si verificherà in *upstream*. Le proprietà

più interessanti di questo dispositivo sono le basse perdite di inserzione, indipendentemente dal numero di porte (a differenza degli *splitter* presenti nelle reti TDM PON), e la già citata reciprocità anche in intervalli distanti di lunghezze d'onda (come tipicamente avviene nelle WDM PON). Una delle sfide aperte per l'uso degli AWG nelle reti WDM PON è la deriva termica delle lunghezze d'onda relative alle sue porte (dell'ordine di $0.01 \text{ nm}/^\circ\text{C}$): ciò può implicare un disallineamento

Gli Arrayed Waveguide Grating (AWG)

Gli *Arrayed Waveguide Grating* sono componenti ottici passivi fondamentali per la realizzazione di soluzioni PON basate su WDM. Come mostrato nella Figura Ba nel caso di un AWG 1:N, essi hanno una struttura le cui parti essenziali sono:

- una o più fibre ottiche in ingresso (1)
- due accoppiatori ottici planari (2) e (4)
- M guide d'onda aventi lunghezze differenti (3)
- N fibre ottiche in uscita (5)

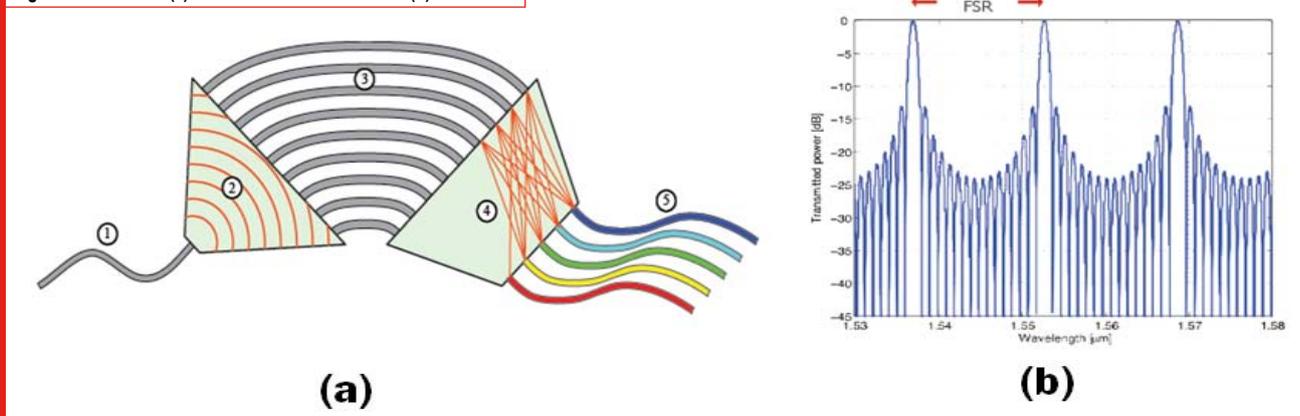
Il segnale proveniente dalla fibra ottica di ingresso (1) viene diffratto dall'accoppiatore (2) ed entra nell'array di gui-

de (3). Ciascuna guida rispetto a quella adiacente differisce di una lunghezza costante pari a ΔL . Ciò introduce uno sfasamento del segnale tra una guida e quella adiacente anch'essa costante e proporzionale a ΔL . Il segnale di una generica guida viene quindi inviato tramite l'accoppiatore (4) su tutte le fibre in uscita. Qui le varie componenti del segnale si ricombinano distruttivamente o costruttivamente con quelle dei segnali provenienti dalle altre guide d'onda permettendo quindi di avere sulla singola fibra ottica in uscita una sola componente del segnale WDM in in-

gresso. Nella direzione opposta avviene assolutamente il contrario, nel senso che i vari segnali 'colorati' entranti in ciascuna delle fibre (5) si ritrovano moltiplicati nella fibra (1). La tipica funzione di trasferimento di un AWG è quella della figura seguente. Come si vede, lo spettro mostra una ciclicità, denominata FSR (*Free Spectral Range*) che può essere opportunamente sfruttata per moltiplicare al suo interno un numero N di canali di ampiezza ΔL qualora si soddisfi la seguente relazione:

$$FSR = N \cdot \Delta L$$

Figura B - Struttura (a) e funzione di trasferimento (b) di un AWG



tra le porte dell'AWG presente in CO e di quello localizzato nel RN, esposti a diverse condizioni ambientali. Un possibile approccio per garantire la consistenza *real-time* tra le lunghezze d'onda prevede l'utilizzo di AWG atermici. Questi fanno uso di guide d'onda realizzate in materiali con coefficiente termo-ottico negativo o di una compensazione ottenuta controllando meccanicamente le parti che compongono il dispositivo. [12]

5 Principali sfide tecnologiche

L'implementazione di sorgenti laser *cost-effective* nelle ONU rappresenta la principale delle sfide ancora aperte che decreteranno le tempistiche con cui probabilmente avverrà la diffusione su larga scala delle reti WDM PON. La principale esigenza è la disponibilità di *colourless* ONU, ovvero di ONU il cui funzionamento sia garantito indipendentemente dalla lunghezza d'onda operativa dell'utente: l'utilizzo nelle ONU di sorgenti *colored*, ovvero funzionanti ad una sola lunghezza d'onda, sarebbe chiaramente ingestibile per problemi logistici di *inventory*. L'ulteriore sfidante requisito è che l'ONU risulti *coolerless*, ovvero non necessiti di moduli TEC per il raffreddamento al fine di ridurre il più possibile i costi e i consumi energetici. Queste specifiche rendono estremamente inopportuno l'utilizzo di sorgenti sintonizzabili alle diverse lunghezze d'onda, seppure si tratti di soluzioni tecnologicamente disponibili: esistono infatti VCSEL sintonizzabili mediante MEMS che, tuttavia, non posseggono una buona stabilità intrinseca della

lunghezza d'onda di emissione al variare della temperatura e che quindi dovrebbero essere termocollati.

Svariati possibili approcci per implementare *colourless* e *coolerless* ONU sono stati dimostrati, tra i quali i più importanti prevedono l'utilizzo di SS-BLS (*Spectral Sliced Broadband Light Sources*), di IL FP (*Injection-Locked Fabry-Perot Lasers*), oppure di RSOA (*Reflective SOA*). La caratteristica comune a questi approcci consiste nel fatto che la lunghezza d'onda di emissione delle sorgenti presenti nelle ONU non è determinata dal mezzo attivo delle sorgenti stesse, bensì da fattori esterni come filtri ottici o segnali iniettati (*'seeded'*), in modo tale che le lunghezze d'onda possano essere gestite più semplicemente riducendo l'impatto della temperatura o di altri fattori ambientali sulle ONU.

Negli SS-BLS, come mostrato in Figura 6a⁸, un pettine di lunghezze d'onda viene ottenuto "affettando" lo spettro di una sorgente luminosa a banda larga, quale può essere un diodo super luminescente (SLED) presente nella ONU. Per la selezione delle singole lunghezze d'onda tipicamente è utilizzato un AWG lato ONU che "affetta" lo spettro e preserva una singola lunghezza d'onda per ciascun utente. Com'è evidente si tratta di un'implementazione piuttosto semplice e a basso costo che, tuttavia, limita la velocità di modulazione e la potenza associata a ciascun segnale, riducendo di fatto il *power budget* e la massima lunghezza di tratta.

Nei laser IL FP, come mostrato in Figura 6b⁸, un segnale ottico esterno a banda stretta (*'seed'*) è iniettato nel dispositivo presente nella ONU, ovvero una cavità FP con molteplici modi longitudinali

risonanti, permettendo ad un solo modo (quello alla stessa lunghezza d'onda del *seed*) di sopravvivere alla *mode competition* sopprimendo così gli altri modi.

La soluzione *colourless* e *coolerless* che riscuote più ampio consenso è tuttavia quella che non prevede la presenza di alcuna sorgente ottica nell'ONU e l'uso di CLS (*Centralized Light Sources*) presso l'OLT: come mostrato in Figura 6c⁸, la griglia di portanti ottiche per i segnali in *upstream* verrebbe generata al CO (per esempio con una SS-BLS localizzata nell'OLT), inviata verso l'ONU, modulata all'interno dell'ONU stessa e ritrasmessa verso l'OLT, dopo un'eventuale operazione di amplificazione ottica. L'operazione di modulazione e amplificazione potrebbe essere svolta da un unico componente: un RSOA (*Reflective Semiconductor Optical Amplifier*), ovvero un amplificatore ottico a semiconduttore con una faccia riflettente al 100% in cui la modulazione avviene direttamente controllando il guadagno tramite una corrente di iniezione; sono attualmente in fase di studio soluzioni che permettano al RSOA di fare a meno del modulo TEC. Con il duplice fine di ridurre i consumi energetici e rendere più efficiente l'uso della banda a disposizione sulle fibre ottiche, è stato recentemente proposto il riutilizzo in *upstream* dei segnali ricevuti in *downstream*, tramite la rimodulazione dei dati ricevuti opportunamente codificati (come si accennava in precedenza), con tecniche di modulazione più semplici e con un *bit rate* più basso (Figura 6d⁸). Ciò permetterebbe una trasmissione *full duplex* sulla stessa lunghezza d'onda, sebbene ci siano criticità da superare in relazione al *surplus* di rumore dovuto al *backscattering* di Rayleigh lungo la ODN.

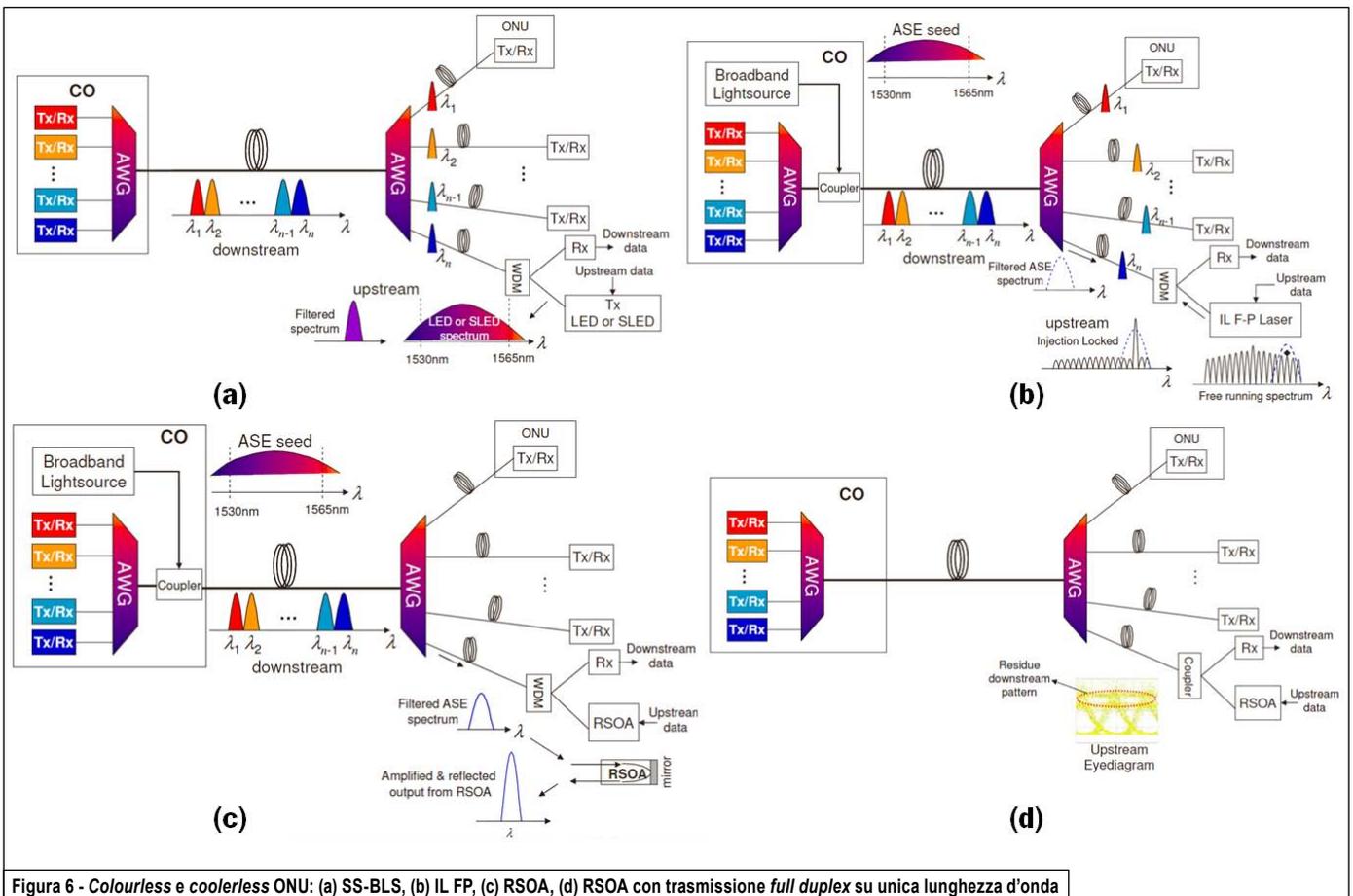


Figura 6 - Colourless e coolerless ONU: (a) SS-BLS, (b) IL FP, (c) RSOA, (d) RSOA con trasmissione full duplex su unica lunghezza d'onda

Conclusioni

Le reti WDM PON rappresenteranno, con ogni probabilità, la sfida implementativa dei prossimi anni per i costruttori e per gli operatori di TLC. Queste reti, come si è detto, costituiranno la risposta tecnologica alla crescente domanda di servizi *bandwidth hungry*, il cui driver principale sarà essenzialmente la componente video nelle sue varie declinazioni. L'implementazione di nuove soluzioni per la NGAN dovrà seguire la *roadmap* tracciata dal gruppo FSAN in ambito NG-PON e dei requisiti fissati dagli standard ITU-T [13], tenendo conto delle problematiche presenti in contesti *brownfield* nei quali sarà opportuno garantire:

- il riuso della ODN, preferibilmente evitando (ma non escludendo) l'uso di *Reach Extender*, ovvero amplificatori ottici, per superare i vincoli di power budget imposti dalla presenza degli *splitter* ottici;
 - la coesistenza con i sistemi *legacy* (TDM PON) per esempio mediante lo *stacking* di più sistemi attraverso la WDM, con la conseguente necessità di installare filtri presso le ONU.
- A tal proposito, una delle migliori soluzioni adottabili nella fase transitoria della migrazione dalle reti G-PON alle reti WDM PON è l'architettura ibrida TWDM PON, in cui più sistemi TDM sono multiplexati tra loro mediante WDM: in altre parole, la singola λ trasporta un flusso già multiplexato in TDM,

per esempio una trama G-PON o XG-PON, consentendo in tal modo di aumentare la capacità dell'albero G/XG-PON di tante volte quante sono le lunghezze d'onda multiplexate, ottenendo per esempio 40 Gb/s DS e 10 Gb/s US. [13] Questa tipologia di rete è infatti quella scelta in ambito FSAN per la NG-PON2 essendo, nel breve periodo, un ottimo compromesso tra costi, prestazioni e tecnologia disponibile. L'utilizzo esclusivo della tecnica WDM nelle reti PON deve essere vista nel lungo termine, quando si disporrà di tecnologia WDM matura e a costi sostenibili per un utilizzo massivo nella rete di accesso. A nostro parere, la soluzione WDM PON potrà essere il supporto tecnologico *cost-effective* e abilitante

per nuovi servizi negli scenari di mercato di domani ■

Acronimi

AWG	Array Waveguide Grating
BER	Bit Error Ratio
CapEx	Capital Expenditure
CO	Central Office
CWDM	Coarse WDM
DBA	Dynamic Bandwidth Assignment
DFB	Distributed Feedback
DSP	Digital Signal Processors
DVB	Digital Video Broadcasting
DWDM	Dense WDM
EAM	Electro-Absorption Modulator
FPGA	Field Programmable Gate Array
FSAN	Full Service Access Network
FTTCab	Fiber To The Cabinet
FTTH	Fiber To The Home
G-PON	Gigabit Capable PON
HDTV	High Definition TV
IM-DD	Intensity Modulation Direct Detection
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Bureau
LWP	Low Water Peak
MAC	Medium Access Control
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Structures
MZI	
NGAN	Mach-Zender Interferometer Next Generation Access Network
NG-PON	Next Generation - PON
ODN	Optical Distribution Network
OLO	Other Licensed Operators
OLT	Optical Line Termination
ONU	Optical Network Unit
OpEx	Operational Expenditure
P2MP	Point To MultiPoint
PIC	Photonic Integrated Circuit
PON	Passive Optical Networks

QoS	Quality of Service
RN	Remote Node
ROADM	Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexers
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TEC	Thermo-Electric Cooler
UDWDM	Ultra Dense WDM
VCSEL	Vertical Cavity Surface Emitting Laser
WDM	Wavelength Division Multiplexing



Bibliografia

- [1] Leonid G. Kazovsky, Ning Cheng, Wei Tao Shaw, David Gutierrez, Shing-Wa Wong, "Broadband Optical Access Networks", Wiley, 2011.
- [2] Paola Cinato, Flavio Marigliano, Maurizio Valvo, "Evoluzione tecnologica per la rete NGAN", Notiziario tecnico Telecom Italia, n. 2/2012.
- [3] Sito ufficiale FSAN (NG-PON Task Group): <http://www.fsan.org/task-groups/ngpon/>.
- [4] Sergio Augusto, Valentina Brizi, Rossella Tavilla, "L'evoluzione della trasmissione ottica", Notiziario tecnico Telecom Italia, n. 1/2009.
- [5] Ryohei Urata, Hong Liu, Cedric Lam, Pedram Dashti, Chris Johnson, "Silicon Photonics for Optical Access Networks", IEEE 9th International Conference on Group IV Photonics, 2012.
- [6] Claudio Bianco, Flavio Cucchietti, Gianluca Griffa, "Energy Consumption Trends in the Next Generation Access Network - a Telco Perspective", 29th International Telecommunications Energy Conference, 2007.
- [7] Caroline P. Lai et. al., "Energy-Efficient Colourless Photonic Technologies for Next-Generation DWDM Metro and Access Networks", International Conference on Photonics in Switching, 2012.
- [8] Marco De Bortoli, Roberto Mercinelli, Paolo Solina, Alder Tofanelli, "Tecnologie ottiche per l'accesso: le soluzioni Passive Optical Network", Notiziario tecnico Telecom Italia, n. 1/2004.
- [9] Josep Segarra, Vicent Sales, Josep Prat, "Agile Reconfigurable and Traffic Adapted All-Optical Access-Metro Networks", 11th International Conference on Transparent Optical Networks, 2009.
- [10] Nikolaos Sotiropoulos, "Advanced Modulation Formats for Optical Access Networks", Proefschrift, Technische Universiteit Eindhoven, 2013.
- [11] Malti, Meenakshi Sharma, Anu Sheetal, "Comparison of CSRZ, DRZ and MDRZ Modulation Formats for High Bit Rate WDM-PON System using AWG", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 2, 2012.
- [12] Huawei Technologies Co., "Next Generation PON Evolution", Technical White Paper, 2010.
- [13] ITU-T Recommendation T-REC G.989.1 - 3/2013, "40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements".

tommaso.muciaccia@telecomitalia.it
sandro.pileri@telecomitalia.it

**Tommaso Muciaccia**

ingegnere elettronico, entra in Azienda nel 2012. Oggi si occupa della progettazione esecutiva delle infrastrutture per la rete d'accesso in rame e fibra ottica, con particolare riferimento ai progetti NGAN ed EUROSUD per lo sviluppo delle reti ultra-broadband. Collabora con il Photonics Research Group del Politecnico di Bari ed è coautore di pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali.

**Sandro Pileri**

ingegnere elettrotecnico con master in telecomunicazioni, entra nel 1982 alla Scuola Superiore Guglielmo Reiss Romoli, iniziando l'attività di docenza nel campo delle reti telefoniche PSTN, ISDN, Rete Intelligente e delle reti dati (Frame Relay, ATM e IP). Negli ultimi anni si è occupato di Telefonia su IP e di evoluzione della rete di accesso fissa. Dal 1999 al 2007 è stato professore a contratto del corso Reti e Sistemi di TLC presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di L'Aquila.

Notiziario Tecnico di Telecom Italia

Anno 23 - Numero 2, Luglio 2014

www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

ISSN 2038-1921

Proprietario ed editore

Gruppo Telecom Italia

Direttore responsabile

Michela Billotti

Comitato di direzione

Alessandro Bastoni
Francesco Cardamone
Oscar Cicchetti
Sandro Dionisi
Daniele Franceschini
Giuseppe Roberto Opilio
Cesare Sironi

Segreteria di redazione

Roberta Bonavita

Contatti

Via Reiss Romoli, 274
10148 Torino
Tel. 011 2285549
Fax 011 2285685
notiziariotecnico.redazione@telecomitalia.it

Progetto editoriale

Peliti's

Art Director

Mario Peliti

Grafica e impaginazione

Marco Nebiolo

Illustrazioni

Alberto Ruggieri

Fotografie

Patrizia Valfrè

A questo numero hanno collaborato

Vincenzo Amorino
Ferruccio Antonelli
Enrico Maria Bagnasco
Simone Bizzarri
Mario Bonnet
Giovanni Breda
Vincenzo Brutto
Andrea Buldorini
Francesco Calonico
Andrea Calvi
Gianni Canal
Giuseppe Catalano
Gianluca Chierchia
Gianfranco Ciccarella
Maria Cecilia Corbi
Elena De Maria
Marco Di Costanzo
Giancarlo D'Orazio
Paolo Fasano
Umberto Ferrero
Giovanni Fiorillo
Carlo Filangieri
Daniele Franceschini
Michele Gamberini
Giampaolo Gandini
Fabio Gargano
Luigi Grossi
Ivano Guardini
Valentina Iacobini
Giancarlo Lepidi
Michele Ludovico
Eugenio Maffione

Mario Maglione
Nicola Pio Magnani
Antonio Manzalini
Giancarlo Marasso
Enrico Marocco
Laura Maspes
Fabio Mazzoli
Alessandra Michelini
Guido Montalbano
Tommaso Muciaccia
Andrea Nespoli
Cicero Olivieri
Paglia Gian Enrico
Pier Carlo Paltro
Gian Enrico Paglia
Gianluca Pancaccini
Vittorio Passaro
Marina Petrachi
Giuseppe Piersantelli
Sandro Pileri
Andrea Pinnola
Enrico Roberto Polese
Roberto Procopio
Mauro Quaglia
Giuseppe Ricucci
Gianni Rocca
Daniele Roffinella
Simone Ruffino
Maurizio Siviero
Susanna Spaccesi
Mario Ullio
Vinicio Vercellone
Cinzia Vetrano
Alberto Zaccagnini

Stampa

Tipografia Quintily
Viale Enrico Ortolani,
149/155 00125 Roma

Registrazione

Periodico iscritto al n. 00322/92
del Registro della Stampa
Presso il Tribunale di Roma
in data 20 maggio 1992

Chiuso in tipografia

15 luglio 2014

Gli articoli possono essere pubblicati solo se autorizzati dalla Redazione del Notiziario Tecnico di Telecom Italia.

Gli autori sono responsabili del rispetto dei diritti di riproduzione relativi alle fonti utilizzate.

Le foto utilizzate sul Notiziario Tecnico di Telecom Italia sono concesse solo per essere pubblicate su questo numero; nessuna foto può essere riprodotta o pubblicata senza previa autorizzazione della Redazione della rivista.

Carta ecologica riciclata
Fedrigoni Symbol Freelifa Satin
Prodotto realizzato impiegando carta certificata
FSC Mixed Sources COC-000010.

Prodotto realizzato impiegando carta con marchio europeo
di qualità ecologica Ecolabel - Rif. N° IT/011/04.

L'editoria di Telecom Italia comprende anche

Sincronizzando #

<http://www.telecomitalia.com/tit/it/stampa/corporate-magazine.html>





Telecom Italia è
Official Global Partner
EXPO
MILANO 2015

Naviga alla velocità della luce con **TUTTOFIBRA**^{OTTICA} di Telecom Italia.



A 39€/mese, per 6 mesi.

Per info e copertura chiama il 187. Se hai la P. Iva
scopri l'offerta Impresa Semplice, chiama il 191.

Promo valida fino al 30/9/2014. Dopo 6 mesi costo 54,90€/mese.

Nei Negozi

