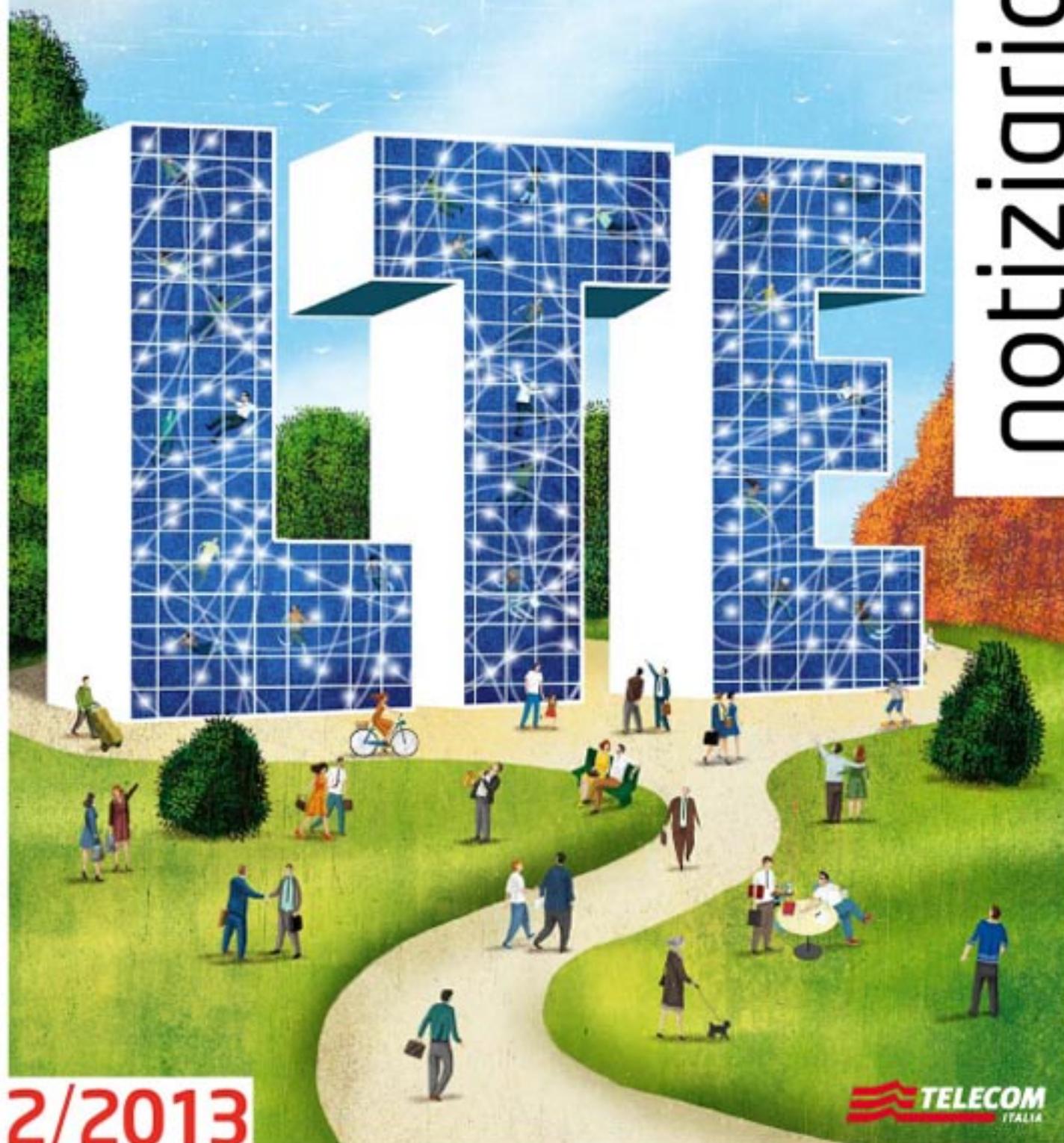




SPECIALE "LTE, PERCHÉ?" SOSTENIBILITÀ, TECNOLOGIE E USI DELLE NUOVE RETI

notiziario **tecnico**



2/2013

TELECOM
ITALIA



Caro Lettore,

da oggi il **Notiziario Tecnico** di Telecom Italia è aumentato, cioè arricchito di contenuti speciali interattivi.

Con la nuova APP di Telecom Italia in realtà aumentata, "L'Editoria+", che comprende anche l'APP "Editoria", puoi, con un semplice tap sul tuo smartphone non solo visionare videointerviste ad esperti del settore ICT, ma anche ricevere approfondimenti multimediali, consultare photo gallery aggiuntive e comunicare sui principali social network direttamente con gli autori dei vari articoli della rivista. Per accedere a tutti i contenuti aumentati del Notiziario Tecnico è sufficiente:

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



- 2) cercare l'icona del telefonino con l'occhio presente sia sulla copertina del **Notiziario Tecnico**, che in molte pagine interne della rivista, come quelle di apertura dei singoli articoli o quelle con le foto degli autori;



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

In questi pochi passi puoi così visualizzare sul tuo smartphone varie icone 3D, che, cliccate singolarmente, ti faranno accedere a un mondo nuovo tutto da esplorare ricco di informazioni aggiuntive, interattive e aggiornate di volta in volta.

Scopri il nuovo **Notiziario Tecnico** di Telecom Italia aumentato!

EDITORIALE

In questo numero del Notiziario Tecnico, torniamo a parlare di reti e servizi mobili. Partiamo da un argomento estremamente attuale e cioè la sostenibilità del business degli Operatori Mobili. La crescita delle prestazioni richieste dai nuovi dispositivi di accesso e dai nuovi usi del mobile richiede ingenti investimenti nell'accesso radio, nel backhauling, nella core network, nell'acquisizione di nuove frequenze. Per generare valore nella realizzazione di nuove reti gli Operatori dovranno cogliere tutte le potenzialità di contenimento del total cost offerte dalle nuove tecnologie ed essere capaci di trasformare le performance di rete in servizi remunerativi.

Su questo tema si incentrano gli articoli "LTE perché? La sostenibilità delle nuove reti" e "LTE: a caccia del valore" ma soprattutto l'intervista che ci ha concesso Roberto Viola, fruibile con l'app "EDITORIA +" in Realtà Aumentata inquadrando con lo smartphone la copertina della rivista.

Il tema della *sostenibilità* è il filo conduttore degli approfondimenti tecnologici; sia di quelli più immediati trattati negli articoli sull'evoluzione della core network, delle piattaforme dei servizi di comunicazione e sulle prospettive del RAN Sharing, sia quelli di medio/lungo termine come l'LTE Advanced che diventerà attuale nel momento in cui saranno disponibili risorse spettrali a 700 MHz o la nuova frontiera tecnologica dell'accesso radio a corto raggio che usa la banda dei TeraHz, il cosiddetto raggio T.

Infine abbiamo ritenuto utile condividere le principali riflessioni che si stanno facendo sul tema dei *servizi abilitati* dalle nuove *prestazioni di rete mobile* partendo proprio dalla rivoluzione della Web Real Time Communication che incapsula nativamente nel browser le prestazioni di comunicazione audio/video e continuando con i due articoli "Video e Web Optimisation" e "DVBT vs. LTE", sull'uso della rete mobile per generare e distribuire contenuti video e concludere con uno sguardo all'evoluzione di nuovi dispositivi d'accesso e servizi verticali.

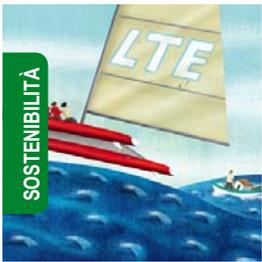
Come al solito gli autori degli articoli sono disponibili per riflessioni o chiarimenti al sito:

<http://www.telecomitalia.com/tit/it/innovation/notiziario-tecnico.html>

Buona Lettura!

Oscar Cicchetti

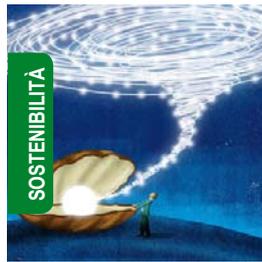




LTE PERCHÉ? LA SOSTENIBILITÀ DELLE NUOVE RETI

Giovanni Battista Amendola, Sandro Dionisi, Daniele Franceschini, Claudia Maccario

PAG. 4



LTE: A CACCIA DEL VALORE

Alessandra Bucci, Daniele Franceschini, Emanuele Ranieri

PAG. 20



LA CORE NETWORK MOBILE A PACCHETTO: DAL 3G AL 4G

Alessandro Betti, Stefano Di Mino, Ivano Guardini

PAG. 32



L'EVOLUZIONE DEI SERVIZI DI TELEFONIA SU RETE MOBILE

Fabio Mazzoli, Roberto Procopio, Alberto Zaccagnini

PAG. 52



DA LTE A LTE-ADVANCED: L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA

Umberto Ferrero, Michele Gamberini

PAG. 66



RAN SHARING SU RETE LTE

Janilson Bezerra, Marco Di Costanzo, Carlo Filangieri

PAG. 80



RAGGIO T: PROPRIETÀ E APPLICAZIONI DELLA TERAHERTZ BAND

Valter Bella

PAG. 94



WEBRTC: LA NUOVA SFIDA NELLE COMUNICAZIONI REAL-TIME AUDIO/VIDEO

Alberto Baravaglio, Alberto Cuda, Enrico Marocco

PAG. 104



SISTEMI DI OTTIMIZZAZIONE WEB E VIDEO SU RETE MOBILE

Vincenzo Condò, Agostino Cotevino

PAG. 114



COESISTENZA DVB-T E LTE A 800 MHZ

Paolo Gianola, Mariano Giunta

PAG. 124



IL MONDO DEI NUOVI DEVICE PER I SERVIZI VERTICALI

Alessandro Masciarelli, Attilio Somma, Antonio Andrea Vaccarelli

PAG. 136



LTE PERCHÉ? LA SOSTENIBILITÀ DELLE NUOVE RETI

Giovanni Battista Amendola, Sandro Dionisi, Daniele Franceschini, Claudia Maccario

SOSTENIBILITÀ DELLE NUOVE RETI



I mondo delle telecomunicazioni personali mobili, anche grazie alla sempre maggiore diffusione di smartphone e tablet, sta vivendo negli ultimi anni una rivoluzione di mercato e di servizio che cambierà il modo in cui i cittadini accederanno a internet: non solo in mobilità, ma con un'esperienza "always on" e grazie ad una miriade di applicazioni che il mondo OTT e i device metteranno loro a disposizione.

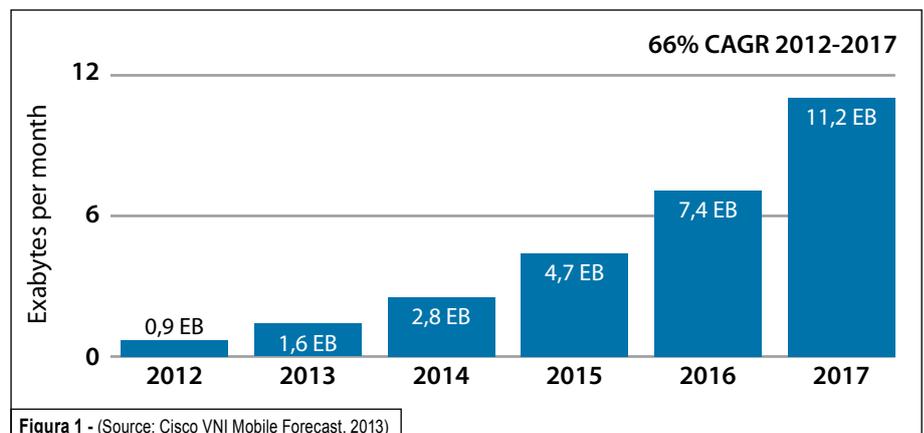
I servizi saranno quindi forniti non solo nella rete, ma anche al di fuori della rete e questo imporrà all'Operatore sempre di più nuove sfide. La sfida di realizzare una rete sempre più intelligente capace di offrire la qualità del servizio anche nel caso di servizi offerti al di sopra della rete e la sfida di farlo mantenendo la sostenibilità economica del business. Nell'articolo vedremo insieme quali sono gli asset chiave dell'Operatore su cui fare leva e gli elementi da tenere in considerazione per interpretare al meglio questa discontinuità e riuscire, nella nuova era del Broadband Mobile, ad avere un ruolo chiave in questo nuovo scenario.

1 Mercato, competizione e i nuovi servizi

Il mondo delle telecomunicazioni personali mobili è sempre più digitale e always-connected, con applicazioni pervasive ed integrate con la realtà circostante.

Il traffico dati mobile globale è infatti aumentato del 70% nel 2012 ed ha raggiunto 885 Petabyte al mese, rispetto ai 520 del 2011. E il trend è in forte crescita. A livello mondiale, si stima che il traffico broadband mobile supererà 11 Exabyte al mese nel 2017 con un CAGR del 66% nel periodo 2012-2017.

Anche se oggi la connettività 4G rappresenta solo lo 0,9% delle connessioni mobili, genera il 14% del traffico dati mobile ed entro i prossimi 4 anni rappresenterà il 10% delle connessioni e il 45% del traffico mobile.

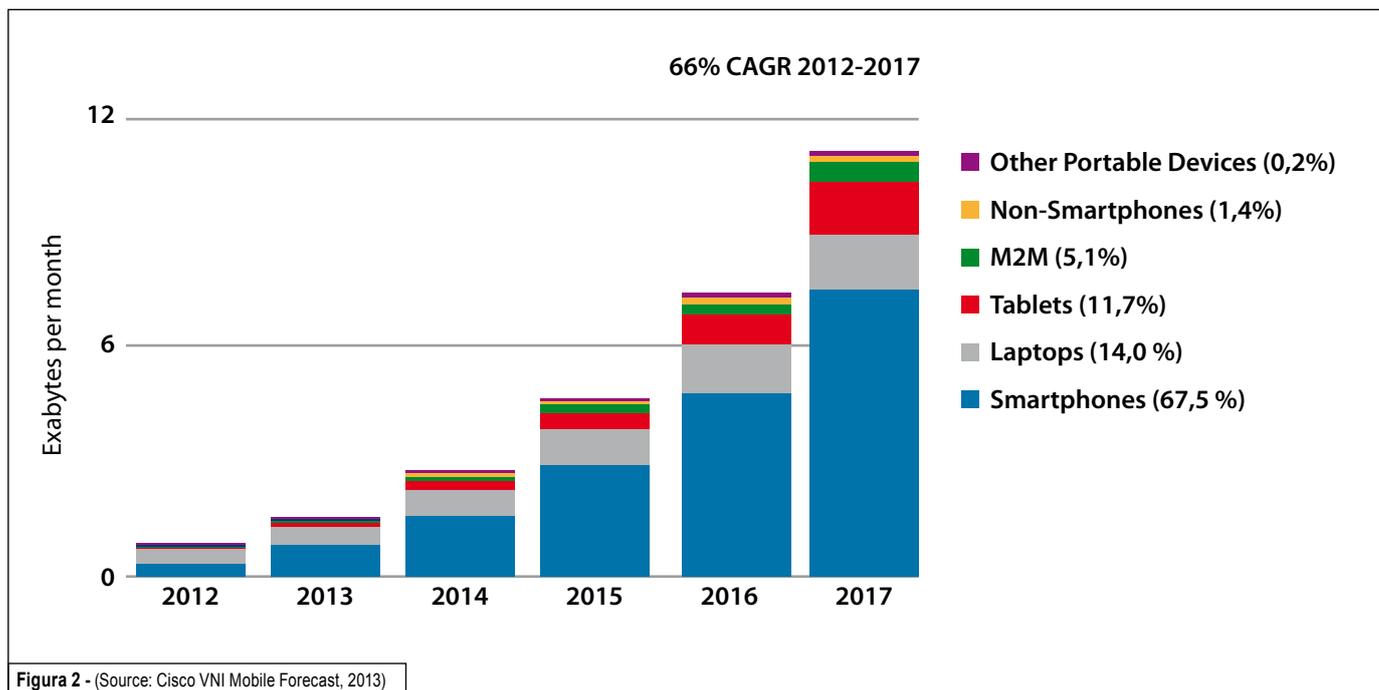


Con la fine del 2013 il numero di dispositivi mobili connessi supererà il numero di persone sulla terra e nel 2017 ci saranno quasi 1,4 i dispositivi mobili per abitante e oltre 10 miliardi di dispositivi mobili connessi (tra cui i dispositivi Machine-to-Machine).

Nel 2012, l'utilizzo medio di smartphone è cresciuto dell'81%, con un traffico medio per device

pari a 342 MByte al mese. Tuttavia, lo scorso anno gli smartphone hanno rappresentato solo il 18% del totale dei cellulari a livello mondiale, ma hanno generato il 92% del traffico globale dei telefoni cellulari.

Quest'anno gli smartphone supereranno il 50% del traffico dati mobile e nel 2017 tale percentuale salirà a circa il 68%, segui-



ta dai laptop al 14% e dai tablet all'11,7%. Anche il traffico M2M inizierà ad avere una percentuale degna di nota (5,1%).

Lato servizi, lo scenario dei ricavi sta cambiando rapidamente e il trend nel medio periodo vedrà una decrescita di voce ed SMS ed un trend positivo dei servizi basati sul broadband mobile.

Il mobile commerce avrà un'impennata nei prossimi anni: dai 560 milioni di utenti nel 2012 a 2,6 miliardi di utenti nel 2017, mentre per il mobile banking, smartphone e tablet costituiranno il ponte per il superamento del gap legato alla limitata accessibilità ad istituti finanziari in molte delle regioni in via di sviluppo.

Anche il mobile video sarà un fenomeno in crescita, con un numero di utenti superiore ai 2 miliardi nel 2017. Due terzi del traffico dati mobile del mondo sarà video nel prossimo quadriennio.

In generale si prevede una crescita rilevante di tutti i servizi legati al mondo internet: mobile music,

gaming online, social networking, mobile e-mail e servizi fondati sulla localizzazione mobile LBS (*Location Based Services*) quali informazioni e intrattenimento basati sulla posizione geografica del terminale.

E proprio l'ecosistema guidato da rete LTE, terminali e applicazioni potrà abilitare nuovi use case e soluzioni end-to-end per clienti Consumer e Business.

L'ultra-velocità mobile garantisce infatti una Quality of Experience di elevato livello caratterizzata da alte performance, bassa latenza, semplicità d'uso, affidabilità, sicurezza, accesso da più terminali. Questi ultimi stanno sviluppando funzionalità sempre più innovative che li rendono più appealing: connettività always-on; touch screen, rollable display o flexible screen, più memoria, minori consumi energetici, maggiore risoluzione. Infine le applicazioni potranno consentire di varcare la soglia del mondo Telco per dirigersi verso nuovi settori verticali:

dall'automotive (navigazione intelligente in aree urbane; mobile ticketing) alla sanità (misurazioni di parametri vitali da remoto e invio esito anche in HD alle strutture sanitarie convenzionate); dal Machine-to-Machine (es. sistemi di sicurezza, contatori) alle Smart City, basate su Capillary Network che supportano più applicazioni in contesto cittadino quali trasporti, illuminazione pubblica, traffico, gestione rifiuti e consumi, ecc.

Con riferimento alla valorizzazione economica di LTE, gli Operatori mobili stanno percorrendo differenti strade.

Alcuni Telco, mirando sulla copertura capillare della popolazione e su una politica aggressiva sui prezzi, hanno investito nel lancio a livello nazionale del servizio LTE secondo un approccio "pure mobile". Questo modello è utilizzato dagli Operatori che vogliono sostenere il rapido passaggio della clientela al 4G cercando di trarre profitto dall'offerta di traffico ul-

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR 2012-2017
Mobile Video	435	665	965	1.301	1.636	2.021	35,97 %
Mobile banking and commerce	560	861	1.243	1.681	2.118	2.607	36,01 %
Mobile music	553	727	947	1.209	1.456	1.716	25,40 %
Customer mobile LBS	672	857	1.099	1.396	1.778	2.280	27,67 %
Mobile gaming	511	735	1.010	1.301	1.567	1.840	29,21 %
Mobile social networking	969	1.347	1.784	2.223	2.611	3.018	25,52 %
Consumer mobile email	609	814	1.075	1.366	1.641	1.952	26,22 %
Consumer MMS	939	1.135	1.362	1.591	1.785	1.991	16,23 %
Consumer SMS	3.105	3.423	3.712	3.968	4.194	4.415	7,29 %

Tabella 1 - Consumer Mobile Services: Global Adoption (Millions of Subscribers or Users)

tra-broadband e facendo economie di scala sui terminali LTE. Molti Operatori hanno invece lanciato l'LTE come "offerta premium" con un prezzo di norma più alto rispetto alla connettività 3G ma con una proposta più consistente: si tratta della costruzione di offerte dati LTE abbinate a smartphone o tablet di nuova generazione, oppure connettività dati in bundle a servizi 4G quali Rich Call, Videomusic, Real Time News, Gaming,...

Ci sono poi Telco che, ottimizzando le performance di LTE, hanno mirato alla sostituzione fisso-mobile proponendo al cliente un servizio ADSL-like ma su rete LTE in aree non raggiunte dalla broadband fisso. Gli Operatori che fondano la loro strategia su questo modello di business si orientano quindi su persone residenti in aree digital divide o su clienti broadband fissi con profili di consumo medio-basso che vogliono rimuovere la linea fissa e utilizzare unicamente quella mobile.

Alcuni Operatori mobili poi, sfruttando la capillarità e l'intelligenza della rete, stanno iniziando a valutare modelli di cooperazione competitiva con Terze Parti, allontanandosi quindi dal ruolo di fornitore di sola connettività, per ambire al "Two Side Business Model", fondato

sul trasferimento di valore verso il cliente finale e verso Terzi (altri Telco, Operatori Virtuali, Over The Top Player, Content Provider), attraverso l'utilizzo delle risorse proprie di un operatore mobile in modo integrato ai servizi di altri Player.

2 Nuove reti per rafforzare nuovi ruoli: dal connectivity provider alla gestione di piattaforme abilitanti nuovi servizi

Come visto, l'introduzione avvenuta negli ultimi anni degli smart device ha generato una discontinuità nel mercato mobile e creato nuovi comportamenti dei clienti che sempre di più impiegano applicazioni mobili (App) capaci di estendere la loro esperienza da servizi di tipo internet a servizi per la comunicazione person to person (ad esempio chat e VoIP). Come conseguenza di ciò si affacciano all'orizzonte nuovi attori i cosiddetti Over the Top che implementano i terminali o i sistemi operativi degli stessi e nel contempo orchestrano il mondo delle applicazioni in rete. Se quindi l'accelerazione degli smart device da un lato richiede agli operatori Telco di supportare la sfida delle prestazioni di rete, nei fatti però accelera il disaccoppiamento tra servizi di rete e servizi mobili che

vengono sempre di più forniti al di sopra della rete nel mondo internet. Di fatto il cliente identifica il suo mondo di servizi internet mobili con l'insieme delle sue App che viene fruito grazie al bridge del terminale e del sistema operativo. All'Operatore però viene richiesto di supportare elevati standard di qualità del servizio in mobilità ed in ogni condizione di rete, anche in congestione, a prezzi sempre più bassi e questo rappresenta una vera sfida se si considera l'elevato throughput e le basse condizioni di latenza richieste da molte delle applicazioni multimediali.

Oggi siamo ancora agli inizi, ma gli Infopvider sostengono che assisteremo nei prossimi anni ad un uso pervasivo del Broadband Mobile che porterà nel 2017 ad un traffico medio cliente, da tablet e smartphone, 7 volte maggiore di quello attuale. La vera sfida del Broadband Mobile è proprio questa, fornire valore aggiunto al cliente finale con una qualità internet in mobilità paragonabile a quella disponibile sino a qualche anno fa solo a casa o in ufficio e nel contempo risolvere il dilemma del Broadband Mobile: costo industriale del Broadband Mobile che non insegue la curva dei ricavi soprattutto in un mercato alta-

mente competitivo come l'Italia. Ancora di più se consideriamo che quanto più il mondo delle applicazioni diverrà pervasivo tanto più si assisterà ad un progressivo declino dei servizi tradizionali che sempre di più saranno sostituiti, nell'uso quotidiano, dai servizi mobile broadband (vedi Figura 3).

Sorge, quindi, la domanda: in uno scenario in cui, al crescere della penetrazione degli smart device, i servizi saranno sempre più forniti da attori globali (e quindi al di sopra della rete) e con dispiegamenti Broadband Mobile estremamente capex intensive, quale valore può portare l'Operatore mobile?

Se guardiamo la situazione a medio-lungo termine ed immaginiamo uno scenario in cui gli smart device saranno pervasivi e capaci di catalizzare la maggior parte degli accessi ad internet è chiaro che è fondamentale costruire una rete che sia capace di inseguire le esigenze del cliente, mettendole a disposizione in modo dinamico. Ad esempio per un cliente che inizia una navigazione volta a leggere le

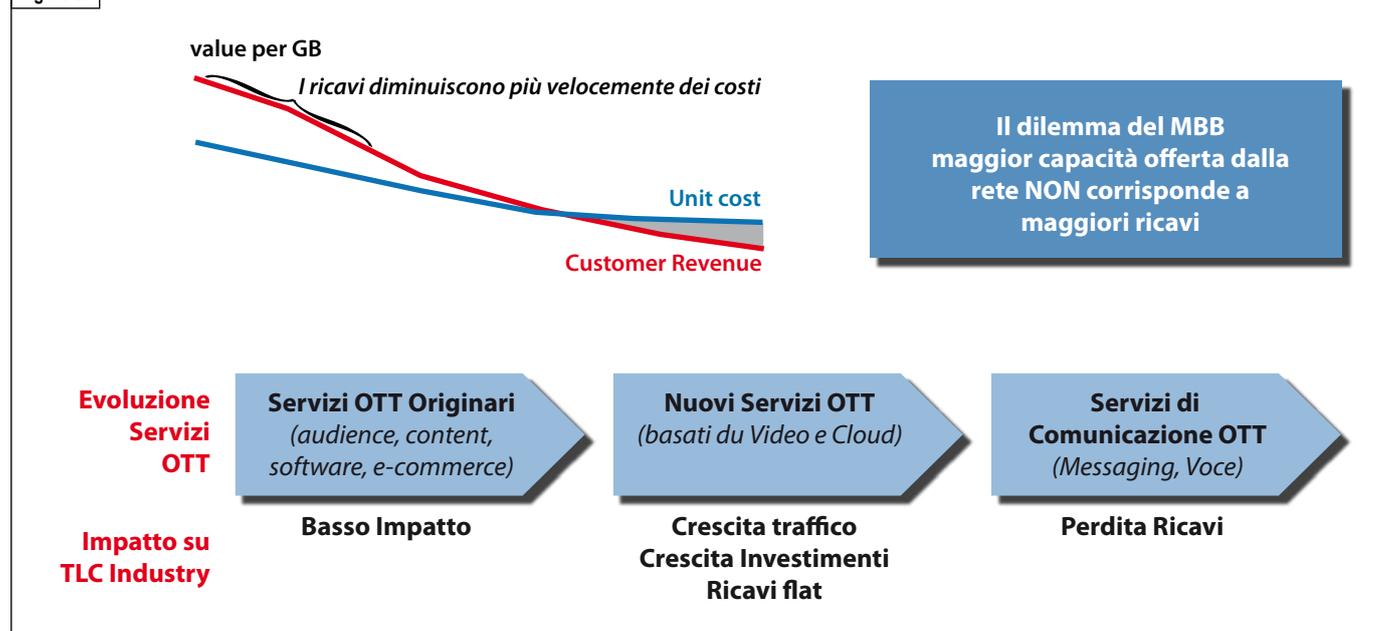
sue mail una qualità "best effort" è più che sufficiente, ma se lo stesso cliente ad un certo punto inizia a scaricare video ad esempio da YouTube, la rete deve accorgersene e fornire il giusto livello di qualità. Questi livelli di ottimizzazione che oggi sembrano non essenziali diverranno chiave in futuro non appena il traffico e il numero di clienti raggiungerà i valori indicati dagli analisti. Proprio per questo in aggiunta alle funzionalità di QoS saranno necessarie piattaforme capaci di ottimizzare la fruizione del video e del web browsing consentendo prestazioni molto buone in ogni condizione.

L'Operatore quindi avrà il compito di abilitare una rete "smart" con tutta una serie di funzionalità volte a consentire la fruizione sempre ottima dei servizi in ogni condizione, sia per i servizi forniti ai clienti direttamente dall'operatore, sia per servizi che sono e continueranno ad essere forniti da terze parti (OTT o altri ISP). In questo modo l'Operatore diviene un punto di "snodo" chiave tra

cliente e servizi internet mediante una piattaforma di rete abilitante le cui funzionalità e capability sono messe a disposizione di terze parti che le richieda, mediante esposizione di interfacce di rete denominate API. In questo modo si passa da un modello in cui l'Operatore valorizzava verso il cliente o le terzi parti la vendita della connettività ad un modello basato sul trasferimento di valore mediante la valorizzazione della QoS, ottimizzazione ed esposizione di funzionalità di rete: quanto descritto è quello che tipicamente viene indirizzato come 2-side business model (vedi Figura 4).

Ma ciò non è tutto. Infatti se abbiamo appena descritto un piano chiave che compone la smart network, ed è il piano di QoS ed Ottimizzazione ed esposizione delle API di rete (dette anche NetAPI), esiste un secondo piano chiave, ed è il dispiegamento volto a rafforzare la copertura e la capacità ovunque, ma soprattutto in quelle aree dove lo richiedano le esigenze dei clienti.

Figura 3



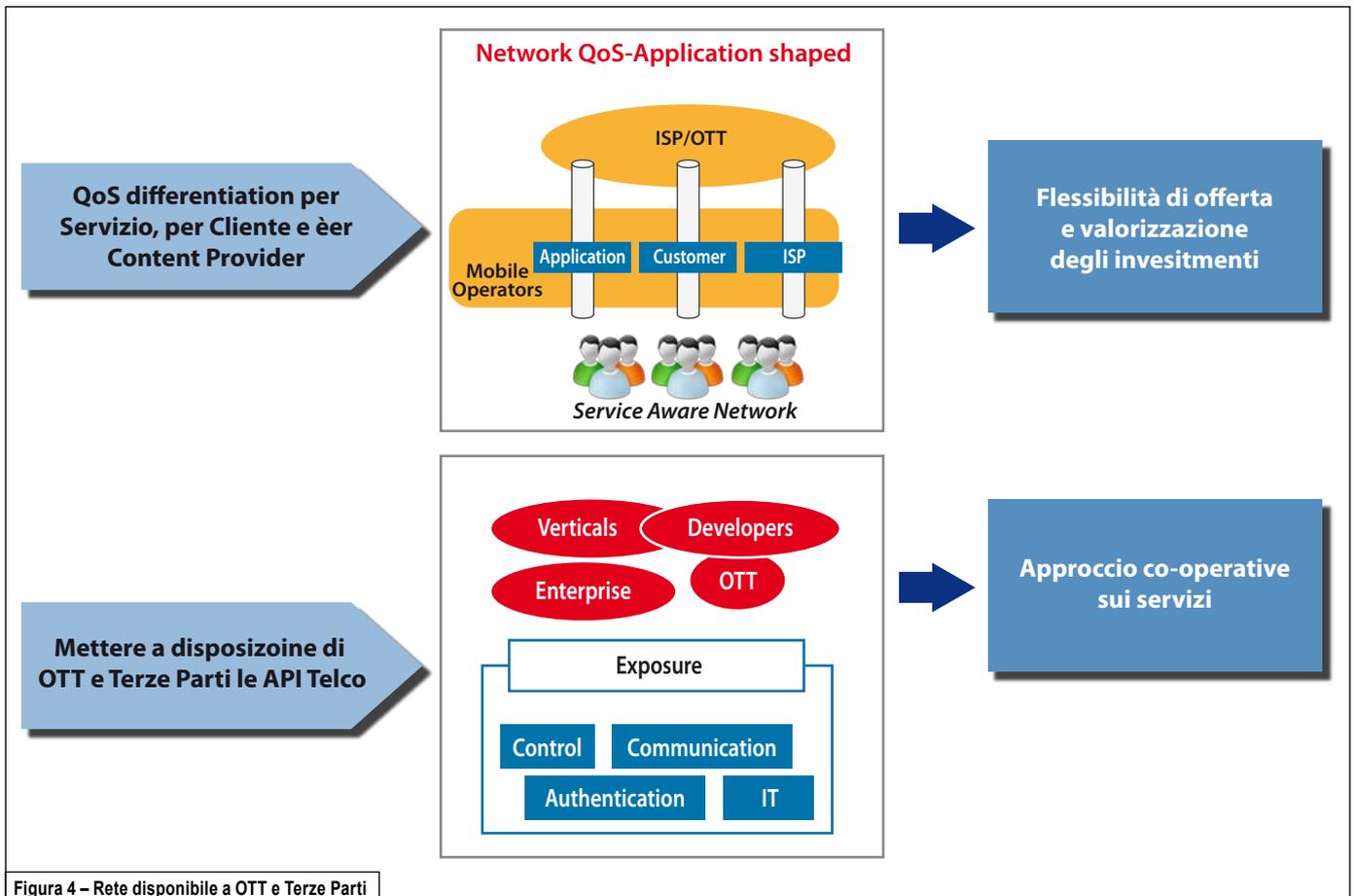
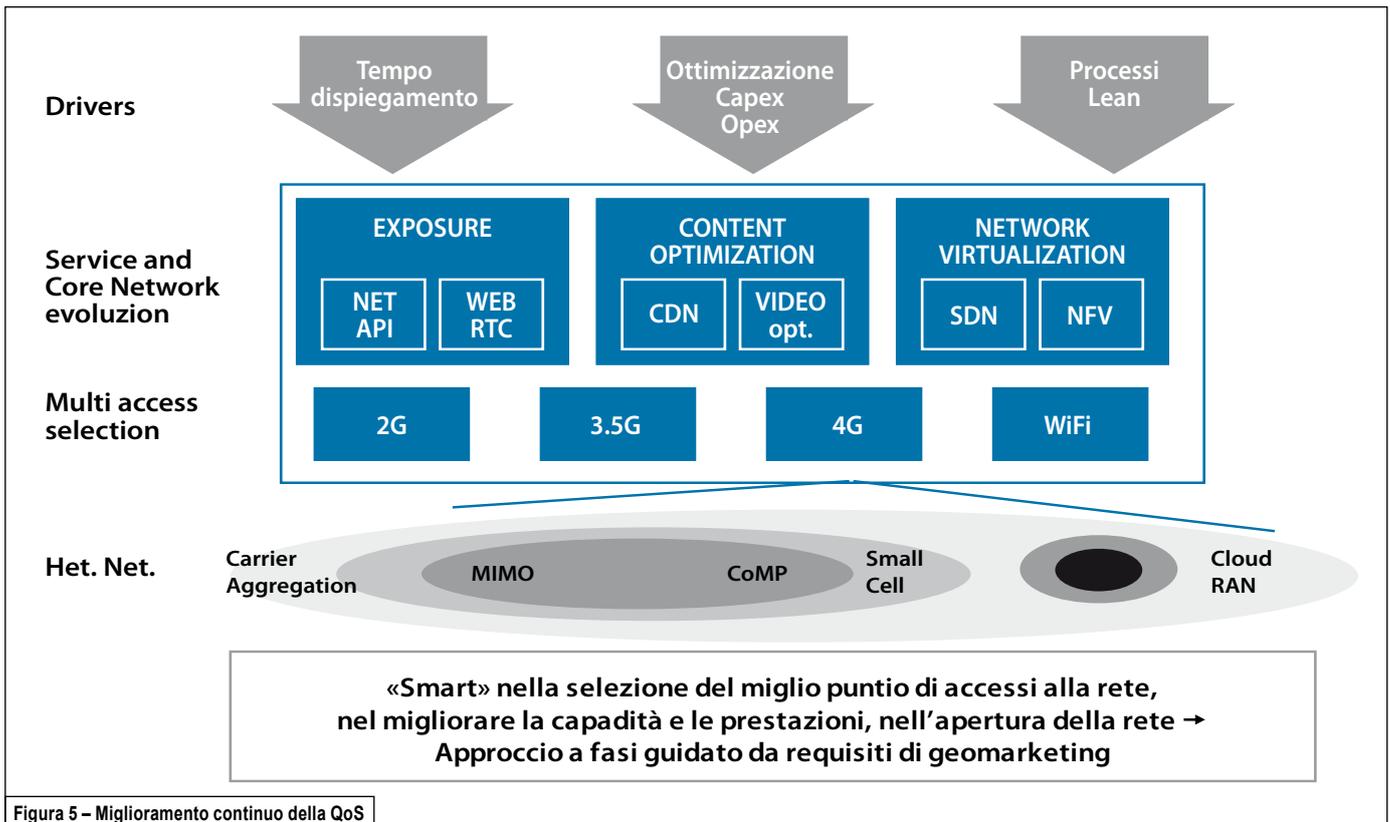


Figura 4 – Rete disponibile a OTT e Terze Parti

Stiamo quindi dicendo che per fornire servizi internet mobili di elevata qualità, in ogni luogo, in ogni momento a prescindere dal traffico, non è sufficiente abilitare le funzionalità ma l'Operatore deve costruire una rete multi tecnologia (2G, 3G e LTE), multi frequenza (800, 900, 1800, 2100, 2600 MHz) e multilayer, composta da differenti strati cellulari (macro, micro e pico) per offrire le prestazioni necessarie ai servizi internet in mobilità. Tale dispiegamento radio multilayer detto anche HetNet è composto sia da impianti con antenne sui tetti capaci di offrire coperture ampie (cosiddette celle macro) sia da impianti con antenne sui pali delle strade o piazze (cosiddette celle micro) o addirittura indoor

(cosiddette celle pico), nei punti di interesse. Le celle micro e pico dette anche "small cell", sia in tecnologia Broadband Mobile, sia in tecnologia WiFi, offrono coperture localizzate e concentrate in una certa area ma con capacità e prestazioni di eccellenza. Grazie alla metodologia di dispiegamento descritto l'Operatore è in grado di fornire in ogni momento la migliore qualità end-to-end in funzione della posizione, applicazione e sottoscrizione. E non solo, questo approccio consente di offrire al cliente livelli di sicurezza e gestione dell'identità certificati. Se da un lato gli smart device sono dei piccoli personal computer nelle nostre tasche capaci di aprire, grazie alla disponibilità di una moltitudine di applicazioni,

nuovi mondi esperienziali, è altresì vero che rendono il cliente e i suoi dati vulnerabili da punto di vista informatico. Infatti è possibile si scarichino applicazioni che gestiscono i dati del cliente in modo non completamente sicuro o che peggio si annidino al loro interno virus informatici o "malware". L'Operatore, mediante la rete mobile che basa tutta la autenticazione su SIM e grazie ad un pieno controllo del device, mediante attenti processi di certificazione end to end, può farsi carico verso il cliente e le terze parti di fornire connettività differenziate e sicure. Naturalmente ciò che è stato descritto rappresenta una sfida da vincere, che ad oggi è nel percorso evolutivo delle tecnologie a nostra disposizione, ma che richiede uno



sforzo notevole nei prossimi anni allo scopo di consentire nuovi usi della nostra rete e soprattutto la messa a disposizione di funzionalità a terze parti che sviluppano i loro servizi.

Questo modello è una rivoluzione rispetto a quanto in essere nei sistemi mobili sin dall'inizio dove il servizio voce e SMS sono accoppiati alle funzionalità di rete che lo erogano. Con il Broadband Mobile si assisterà a nuove reti che diverranno piattaforme capaci di offrire capability evolute per lo sviluppo di servizi anche di altri. Non si tratta di una rivoluzione solo tecnologica, ma soprattutto di processo e di modello di business, che sarà guidata dalla necessità del cliente che dovrà essere seguita nelle sue evoluzioni continue e veloci dall'Operatore e dai fornitori di servizi (OTT, terze parti e Operatore) grazie ad una

rete sempre più flessibile e dinamica.

3 La regolamentazione a supporto dello sviluppo dei servizi mobili

Abbiamo visto nel capitolo introduttivo che l'era del Broadband Mobile è appena iniziata e che allo scopo di poter supportare il traffico ed il numero di clienti attesi lo spettro è l'elemento chiave. E non solo, per offrire i livelli di qualità capaci di soddisfare le aspettative dei nostri clienti è necessario avere porzioni di spettro che consentano dispiegamenti ad elevata qualità e liberi da senza interferenza.

Da questo punto di vista lo spettro è un asset chiave ma è chiaro che la disponibilità dello stesso deve essere accompagnata da un "ambiente" in grado di favorire i ne-

cessari investimenti per il roll-out delle reti.

È necessario pertanto allargare il nostro orizzonte di analisi per vedere come la gestione dello spettro si collochi nel più ampio dibattito sul futuro assetto del mercato radiomobile europeo.

I principali analisti ed operatori mobili sono concordi nel sostenere che in Europa il principale problema per l'industria mobile è quello di superare l'eccessiva frammentazione del mercato. Tale frammentazione determina, infatti, una dimensione media delle singole aziende tale da non garantire lo sviluppo di quelle economie di scala e di scopo necessarie per sostenere efficacemente i livelli di investimento richiesti dallo sviluppo delle nuove reti di quarta generazione. Tutto questo diventa ancor più evidente se si compara la situazione

del mercato mobile europeo con quella del mercato mobile negli Stati Uniti. Uno studio, effettuato dalla società Navigant¹, per conto di GSMA, evidenzia come attualmente la performance del settore mobile europeo sia nettamente inferiore a quella del settore mobile statunitense in termini di sviluppo delle reti di quarta generazione, di innovazione nei servizi e di benessere dei consumatori. Tra le principali evidenze dello studio si ha che:

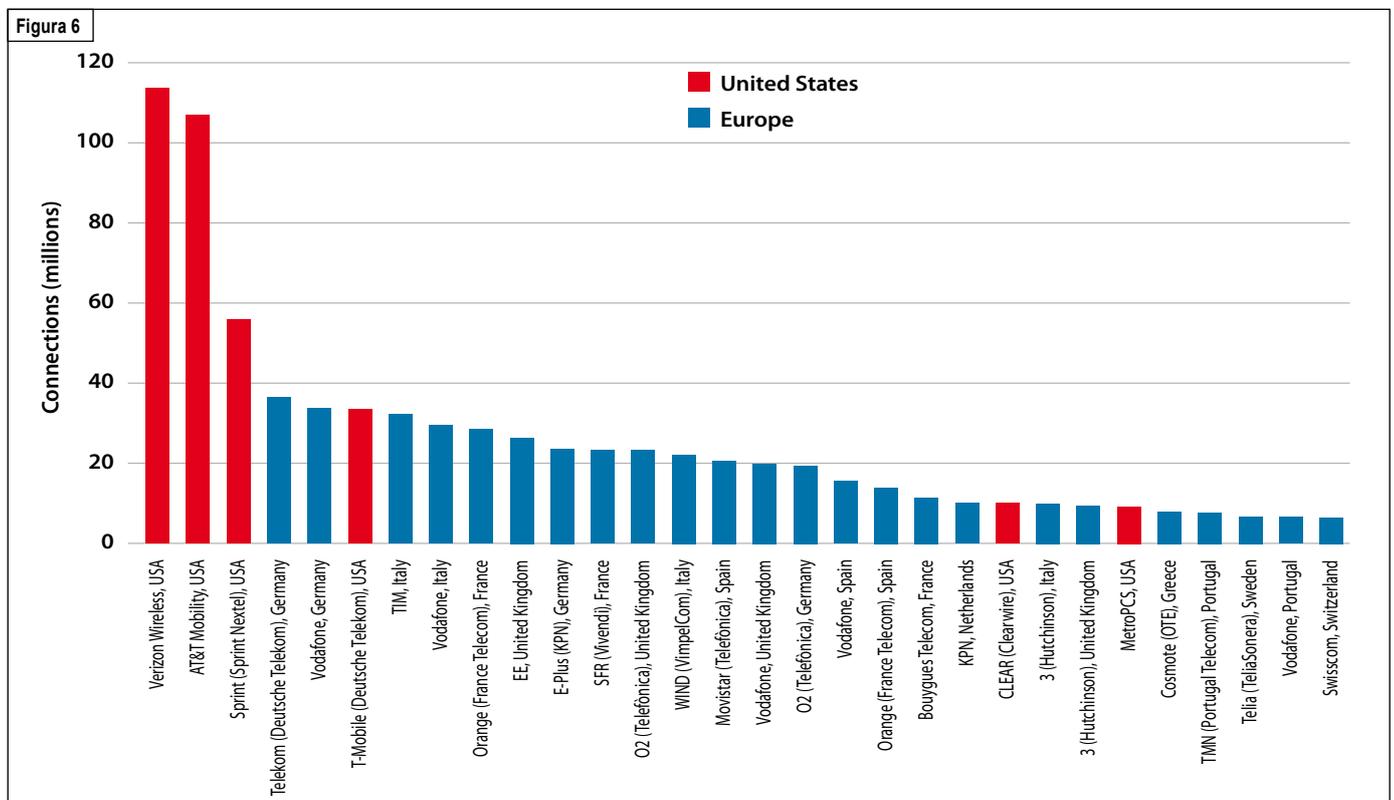
- negli USA gli investimenti, dal 2007 ad oggi, sono cresciuti del 74% mentre in Europa sono calati del 3%;
- la redditività dei clienti USA è nettamente superiore a quella dei clienti europei: a fine 2012 l'ARPU USA è superiore a quello europeo di circa 31,5\$;
- il cliente USA ha una maggiore propensione al consumo di quello europeo con conseguen-

te spesa unitaria per MByte inferiore;

- già il 19% delle connessioni in USA sono su rete LTE (a fronte del 2% europeo) e la velocità di connessione negli Stati Uniti è il 75% superiore a quella europea. La conclusione dello studio è che le attuali politiche regolamentari europee hanno creato una situazione in cui, rispetto agli Stati Uniti, gli operatori offrono connessioni dati più lente e stanno segnando il passo nello sviluppo delle reti di quarta generazione. Anche se apparentemente i consumatori europei hanno prezzi unitari più bassi, scontano questa situazione con livelli prestazionali inferiori e minori consumi. Tutto questo è riconducibile al fatto che mentre i grandi operatori americani possono operare su un unico grande mercato (di dimensioni paragonabili all'intero mercato europeo), gli operatori

europei sono costretti ad operare sui singoli mercati nazionali, il che limita la loro dimensione e, conseguentemente, la capacità investitoria. La Figura 6 mostra il confronto, in termini di linee attive a fine 2012, tra gli operatori USA ed i principali operatori europei ed emerge come sia Verizon che AT&T contino ciascuna più del doppio delle linee del maggiore Operatore europeo (T-Mobile). L'unico modo per superare questa empassè è quello di creare in Europa un ambiente competitivo che favorisca i processi di aggregazione/consolidamento necessari per sostenere gli investimenti, tragguardando un mercato di riferimento di dimensione continentale.

Il Consiglio Europeo del 14 e 15 marzo 2013 si è occupato di questo tema conferendo alla Commissione l'incarico di riferire entro ottobre 2013 "sullo stato dell'arte e sugli



1 Mobile Wireless Performance in the EU and the US – Navigant Economics, Maggio 2013

ostacoli che ancora devono essere affrontati per assicurare il completamento del mercato unico digitale pienamente funzionante entro il 2015, nonché misure concrete intese a realizzare quanto prima il mercato unico nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione"². Tale passaggio formalizza l'obiettivo più volte dichiarato dalla stessa Vice Presidente della Commissione all'Agenda Digitale Nelie Kroes di individuare tutte quelle misure che possano agevolare la costituzione di un mercato unico dei servizi digitali (Digital Single Market) e quindi un ambiente favorevole alla concentrazione e allo sviluppo degli investimenti.

Non c'è dubbio che in un contesto di questo genere la politica dello spettro abbia un ruolo strategico ed è stata oggetto sin dall'inizio di un intenso confronto tra gli operatori e la Commissione Europea. Le principali criticità che dovranno essere gestite sono riconducibili:

- all'approccio frammentario sin qui seguito nella gestione dello spettro da parte dei singoli Stati Membri che hanno spesso adottato politiche diverse e non coordinate;
- ai ritardi nell'assegnazione dei dividendi digitali e nel refarming delle bande esistenti;
- al ricorso eccessivo a sistemi di assegnazione delle frequenze finalizzati a massimizzare gli introiti piuttosto che a favorire lo sviluppo delle infrastrutture e dei servizi;
- alla disincentivazione degli investimenti di lungo termine a causa di i) politiche restrittive sui rinnovi delle licenze; ii) misure discriminatorie a favore dei nuovi entranti.

A fronte di tali criticità l'industria sta chiedendo alla Commissione una riforma volta ad ottenere:

- rilasci coordinati di spettro a livello europeo;
- l'introduzione nelle licenze/autorizzazioni del principio di neutralità tecnologica e di servizio;
- l'eliminazione di qualsiasi clausola di salvaguardia a favore dei nuovi entranti;
- meccanismi di rinnovo automatico delle licenze/autorizzazioni alla loro scadenza.

In merito a quest'ultimo punto vale la pena notare che l'assegnazione su base licenza/autorizzazione con diritti d'uso esclusivi su base pluriennale (15-20 anni), accompagnati da una ragionevole certezza di rinnovo delle stesse alla scadenza senza che vengano imposti ulteriori ed ingiustificati oneri, è una delle leve più importanti che le amministrazioni nazionali possono impiegare per creare un ambiente favorevole ad investimenti su rete mobile che, come abbiamo visto, sono molto elevati e sono caratterizzati da ritorno sugli investimenti a lungo termine visto gli sforzi economici necessari per offrire una copertura capillare. Questo è ancora più vero nel caso del Mobile Broadband, che richiede investimenti aggiuntivi per offrire Internet mobile con prestazioni di eccellenza ovunque e sempre.

Quindi la stabilità, la trasparenza e la "predicability" è la base per consentire pianificazione e investimenti di lungo termine. Questo approccio regolamentare è dunque la base per aumentare gli investimenti sulla infrastruttura di rete, per l'introduzione tempestiva di nuove tecnologie a beneficio dei clienti (e.g. LTE) anche se costose ma capaci di aumentare il livello di esperienza mobile dei cittadini.

Per avere un'idea dei valori economici in gioco per la collettività, si consideri che, in uno studio

commissionato da ETNO, Boston Consulting Group³ stima che una riforma complessiva della gestione dello spettro elettromagnetico e delle licenze possa liberare in Europa, da qui al 2020, un flusso di cassa compreso tra i 5 e i 10 miliardi di euro.

A questo proposito, il public positioning GSMA sul "licensing"⁴ evidenzia la necessità dei seguenti obiettivi regolamentari.

1. Eliminazione delle restrizioni tecnologiche e di servizio sul diritto d'uso dello spettro mobile già in uso per consentire agli operatori la migrazione verso le tecnologie via via più performanti, capaci di assicurare maggiore efficienza spettrale e quindi a parità di banda più capacità o a parità di clienti una migliore percezione del servizio per i cittadini.
2. Identificazione anticipata di un piano a lungo termine sia per il refarming dello spettro sia per ciò che concerne le regole di assegnazione e gestione delle frequenze.
3. Armonizzazione globale dello spettro radio per facilitare i volumi di scala di apparati e device capaci di supportare su una sola banda il servizio mobile in più paesi al mondo.
4. Definire pubblicamente il processo e i criteri da seguire nelle decisioni sulle licenze/autorizzazioni anche mediante l'impiego della metodologia di consultazione pubblica scritta.

Seguendo queste regole di principio lo spettro radio verrebbe così gestito in tutte le sue tre fasi:

- Spectrum Planning
- Spectrum Licensing
- Spectrum Management/Deployment

In particolare lo spectrum planning è la fase preventiva che vie-

² Cfr. le conclusioni ufficiali del Consiglio Europeo del 14-15 marzo 2013

³ Towards a Single Digital Market – a 750 Billion of Euro Injection of Growth for Europe, giugno 2013

⁴ <http://www.gsma.com/spectrum/spectrum-licensing-position>

ne svolta a livello internazionale in vari fora dell'ITU-R in primis la World Radio Conference che, sulla base dei requisiti di spettro per gli anni a venire, identifica le nuove bande di frequenza da attribuire al Servizio Mobile, tenendo conto della disponibilità di tali bande a livello globale per consentire e facilitare l'armonizzazione nei differenti scenari definendo una apposita roadmap.

Ad oggi, ad esempio a livello ITU-R è stato stimato che al 2020 sarà necessaria una quantità di spettro totale al Broadband Mobile (identificato per servizi IMT) pari a 1600-1800 MHz, tenendo conto che in molte regioni è stata identificata già una quantità di banda pari a circa 1000 MHz, anche se in molti casi non tutto lo spettro è stato reso disponibile.

Nel box di approfondimento si riporta una breve descrizione del processo WRC e ITU-R e la descrizione delle nuove bande candidate. Nell'ambito dello spectrum licensing ricasca il normale processo di assegnazione da parte delle singole amministrazioni nazionali di banda già identificata per sistemi IMT. In numerosi Paesi di tutti e cinque i continenti le Autorità regionali hanno indetto procedure di gara (aste o beauty contest) per l'assegnazione di nuove porzioni di banda da utilizzare per il mobile broadband principalmente in regime di neutralità tecnologica e di servizio. In particolare, si sono svolte gare LTE negli Stati Uniti, in Europa ed in Giappone, dove sono avvenuti anche i primi lanci commerciali. Ulteriori gare sono in corso di svolgimento o sono programmate in tutto il mondo, conferendo ad LTE lo status di tecnologia dal footprint globale ed in rapida espansione, sebbene l'elevata frammentazione dello

spettro renda le potenzialità di roaming universale di questa tecnologia un obiettivo da raggiungere progressivamente.

In Europa le gare sono state dedicate all'assegnazione di blocchi di frequenze principalmente a 800 e 2600 MHz FDD e 2600 MHz TDD ed in alcuni casi a 1800 MHz FDD. Le gare per l'assegnazione delle frequenze ad 800 MHz si sono svolte in Svezia, Germania, Spagna, Italia, Portogallo, Francia e UK.

Negli Stati Uniti, in uno scenario regolatorio e di mercato molto diverso da quello europeo, si è svolta nel 2008 un'asta per l'assegnazione di 2x28 MHz FDD nelle bande a 700 MHz con licenze sia locali sia nazionali per un totale di 1090 licenze assegnate a 101 aggiudicatari.

In UK l'asta per l'assegnazione delle frequenze LTE nelle bande 800 MHz e 2600 MHz (FDD e TDD) si è svolta nel febbraio 2013. Contrariamente ai risultati negli altri Paesi Europei (ad esempio Italia, Germania, Spagna) sono state disattese le aspettative sull'incasso: dei 4 miliardi previsti, gli operatori complessivamente ne hanno sborsati 2,7. La motivazione è da ricercarsi nei contrasti tra gli operatori e l'Ofcom (Autorità garante per le telecomunicazioni di UK) che nel 2012 aveva permesso a EE (Joint venture tra Orange e T-Mobile) sia il refarming su LTE del proprio spettro a 1800 MHz, sia il successivo lancio dei servizi 4G. In Brasile, l'asta per l'assegnazione delle frequenze LTE nella banda a 2500 MHz si è svolta nel 2012 e ha visto come protagonisti i 4 principali operatori (Tim, Vivo, Claro e Oi). L'asta brasiliana è stata caratterizzata dagli elevati obblighi di copertura associati ai blocchi aggiudicati. In particolare gli operatori si sono impegnati a:

- fornire servizi LTE in banda 2500 MHz, con copertura a livello nazionale in funzione della banda acquistata (obblighi fino 2019);
- coprire le città ospitanti gli eventi sportivi internazionali come la Confederation Cup (entro aprile 2013) e la Coppa del Mondo di calcio (entro dicembre 2013);

Inoltre sono state associate ai blocchi in banda 2500 MHz anche porzioni di banda a 450 MHz, con obbligo di copertura di aree rurali in digital divide, in funzione della banda LTE acquisita.

A differenza delle aste europee solitamente multifrequenza, l'asta brasiliana ha avuto come oggetto solo la banda 2500 MHz rendendo particolarmente onerosa la copertura in termini di numero di siti necessari. Tim e Oi, avendo acquisito in gara la stessa quantità di banda (10 MHz contro i 20 MHz di Vivo e Claro), hanno deciso di optare per l'utilizzo del RAN Sharing al fine di ottimizzare gli investimenti di deployment della rete LTE.

La Figura 7 confronta il costo (in euro/MHz/residente) delle principali gare nelle bande del Digital Dividend (700 MHz e 800 MHz) ed in quelle a 2600 MHz; la linea orizzontale in ciascun grafico riporta il valore relativo alla gara italiana, evidenziando l'esborso notevole sostenuto dagli Operatori per la banda 800 MHz.

Nell'area Far East finora il servizio LTE è stato lanciato in Giappone, dove sono state assegnate le frequenze 850, 1500, 1800 e 2100 MHz FDD e 2600 MHz TDD, a Singapore ed Hong Kong (1800 MHz e 2600 MHz FDD) e Corea del Sud. In Cina sono tuttora in corso trial tecnologici, ma l'interesse è focalizzato, così come

LSA/ASA

Spectrum sharing

Considerando la difficoltà di individuare frequenze "libere" da assegnare ai servizi wireless, si stanno discutendo, in ambito normativo, di standardizzazione e istituzionale, tra gli scenari atti a rendere disponibile una maggior quantità di spettro, possibili soluzioni per autorizzare l'accesso condiviso allo spettro (il cosiddetto "spectrum sharing"), vale a dire permettere a due o più operatori di avvalersi della stessa banda di frequenza sotto determinate condizioni e nel quadro di un accordo di condivisione definito.

Il dibattito si sta principalmente orientando sulla possibilità che il titolare di diritti individuali d'uso acconsenta all'accesso condiviso con altri soggetti della stessa banda di frequenza, sotto determinate condizioni e nell'ambito di accordi formulati in maniera tale sia da assicurare un adeguato livello di qualità dei servizi

a larga banda, sia da non compromettere gli interessi del titolare dei diritti d'uso della banda condivisa.

Questo percorso dovrebbe rendere disponibili risorse spettrali aggiuntive; ad esempio, tali soluzioni permetterebbero di utilizzare per i servizi wireless broadband, in condivisione, porzioni di spettro oggi occupate da altri attori (c.d. incumbent), come ad esempio le pubbliche amministrazioni, le forze armate e i broadcaster, che si rivelassero utilizzate in modo non efficiente dal punto di vista tecnico, economico e sociale.

Le condizioni concordate con l'incumbent potrebbero essere "statiche" o "dinamiche": per la loro attuazione, e per garantire le condizioni di accesso e il loro aggiornamento, dovrebbe essere costituito un sistema basato, ad esempio, sulle cosiddette tecnologie "Cognitive Radio" da usare nelle aree in cui le frequenze non sono utilizzate o lo sono

in periodi temporali limitati come i white spaces dei canali televisivi, e i "geo-location database" per rendere disponibili informazioni, basate sulla localizzazione, sull'uso dello spettro radio nel punto in cui si trova il terminale.

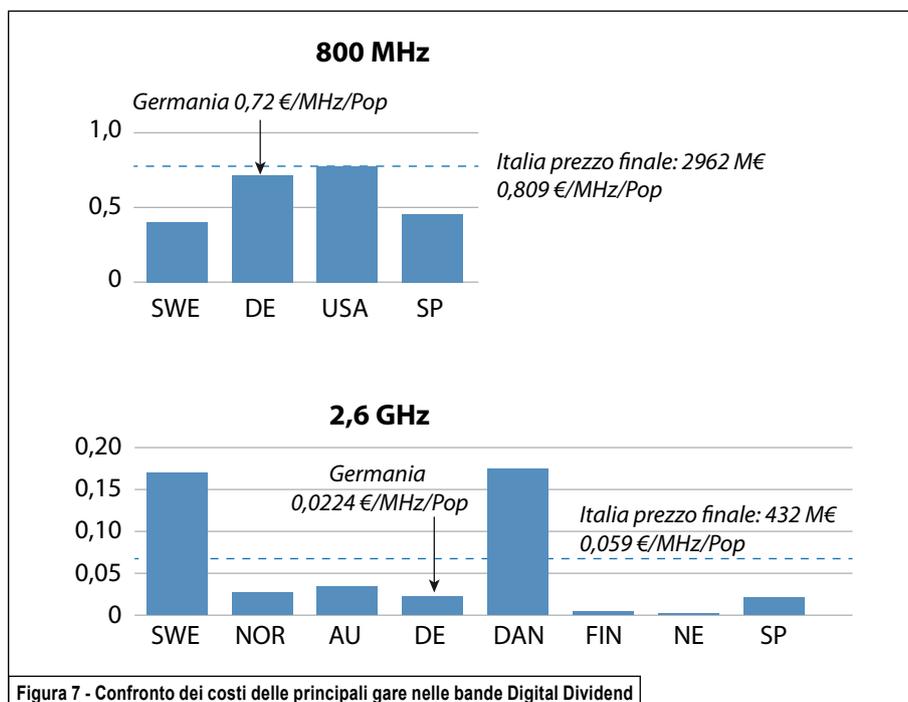
Un consorzio industriale formato da Qualcomm e Nokia ha proposto di introdurre un nuovo strumento normativo (denominato ASA - Authorized Shared Access) che permette l'accesso allo spettro radio attraverso la condivisione tra gli incumbent (ad esempio, le amministrazioni pubbliche) e un numero limitato di operatori licenziatari (ad esempio, gli operatori di rete mobile).

L'RSPG (Radio Spectrum Policy Group), l'organismo europeo che per conto della Commissione Europa tratta le questioni relative allo spettro frequenziale, ha proposto a sua volta l'estensione del concetto di ASA anche ad altre porzioni di spettro (ad esempio quelle assegna-

in India, sulla banda 2300 MHz TDD.

Nello spectrum management/deployment rientrano invece tutte le attività relative alla liberazione dello spettro assegnato e della gestione dell'interferenza. Costituisce un ottimo esempio il processo di liberazione della banda a 800 MHz dai servizi di broadcasting e della gestione dell'interferenza mutua tra sistemi LTE e sistemi di trasmissione radiotelevisiva.

In alternativa ai modelli di assegnazione su base licenza con diritti esclusivi, si stanno peraltro sviluppando alcuni modelli di condivisione dello spettro (Spectrum Sharing) che mirano ad estendere l'uso dello spettro a più attori introducendo una di-



te agli operatori di telecomunicazione) denominando questo scenario Licensed Shared Access (LSA). Gli operatori licenziatari LSA potrebbero così essere autorizzati a utilizzare porzioni di spettro in località e per periodi in cui non sono usate, secondo termini e condizioni definiti con l'incumbent.

Sempre l'RSPG pubblicherà, nel 2013, una propria "opinione", richiesta dalla Commissione Europea, che, in particolare, approfondirà il ruolo dei principali attori del processo: il soggetto intestatario delle frequenze da condividere (incumbent), l'autorità di regolamentazione e il soggetto che intende richiedere la condivisione delle frequenze (applicant).

Infine, è prevista una Raccomandazione della Commissione Europea per l'inizio 2014, che dovrebbe fornire una serie di linee guida agli Stati Membri dell'Unione Europea. Lo spettro finora indicato dalla CEPT per possibili applicazioni di LSA è

la banda 2300-2400 MHz, candidata a consentire la condivisione della banda suddetta tra servizi mobili broadband e le applicazioni militari/telecamere wireless. Sebbene, però, lo studio di soluzioni tecniche di condivisione possa promuovere una gestione più efficiente dello spettro, favorire lo sviluppo immediato di tecnologie e servizi innovativi ed essere quindi d'interesse commerciale, esiste il rischio che tali soluzioni possano estendersi nel medio termine a frequenze acquisite a scopi commerciali attraverso procedure onerose (quali ad esempio, le frequenze assegnate per servizi UMTS e LTE agli operatori di telecomunicazione) e limitarne lo sfruttamento a causa di interferenze che deteriorino la qualità del servizio fornito agli utenti finali.

Lo "spectrum sharing" potrebbe rappresentare, quindi, una potenziale minaccia al ritorno economico dell'investimen-

to effettuato, se applicato alle frequenze acquisite per applicazioni commerciali di servizi wireless broadband.

L'approccio complementare normativo, che fornisce LSA, deve invece essere considerato una soluzione alternativa per accedere rapidamente, per scopi commerciali, esclusivamente alle bande di frequenza inutilizzate o sotto-utilizzate che sono assegnate a soggetti che non sono operatori di telecomunicazione (Ministero della Difesa, Pubblica Amministrazione, ecc.), nei casi in cui non sia realizzabile in modo tempestivo la loro liberazione e la assegnazione dello spettro ai servizi di telefonia mobile ■

francesco.diciaccio@telecomitalia.it

namicità nella assegnazione delle frequenze multioperatore. Questi modelli si basano su tecnologie, ad esempio di tipo *cognitive radio*, da mettere a punto ulteriormente prima di poter pensare a qualsiasi uso commerciale delle stesse.

Su queste tecnologie si basano anche metodi di assegnazione opportunistica di spettro attribuito ad altri servizi non completamente impiegato in tutte le aree. È il caso dei TV *white spaces* che sono porzioni di spettro non utilizzate dalla TV digitale, caratterizzate da un'assegnazione in frequenza variabile e in numero non predicibile a livello geografico. Inoltre, a causa della ripianificazione frequenziale delle emittenti TV, l'assegnazione in frequenza dei *white*

spaces può variare nel tempo, oltre che nello spazio.

Il vero limite però di queste soluzioni tipo di spectrum sharing è proprio legato al livello di affidabilità e capacità di offrire la appropriata QoS in tutte le condizioni, ad esempio a causa di non disponibilità omogenea su scala geografica delle frequenze. Inoltre, l'impossibilità, ad oggi, di utilizzare una tecnologia standardizzata e utilizzata anche in altre nazioni, con conseguente mancanza di economie di scala e costi elevati per gli apparati (sia di rete sia del cliente) rende poco sostenibile l'impiego di queste tecniche.

Una declinazione appartenente alla categoria di spectrum sharing su base statica e quindi con for-

te semplificazione tecnologica è quella che va sotto il nome di LSA (*Licensed Share Access*) o ASA (*Authorized shared Access*). Ad oggi la definizione ed il meccanismo regolatorio è ancora in fase di discussione (vedi Box per approfondimento).

In sintesi questo tipo di modelli sicuramente aprono potenzialmente lo scenario competitivo a più attori anche su base locale, ma la vera sfida rimane la capacità di adottare queste tecniche e allo stesso tempo mantenere per i cittadini gli stessi livelli di qualità offerti attualmente dalle reti mobili. Occorre inoltre considerare che esistono anche tecniche evolute di riconfigurabilità tra più tecnologie e bande e tecniche di

World Radio Conference

Generalmente, una Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni (WRC) si tiene ogni quattro-cinque anni ed è un evento molto importante per il settore delle radiocomunicazioni in quanto il suo compito è quello di modificare il Regolamento delle Radiocomunicazioni (Radio Regulations – RR) dell'ITU che rappresenta il piano regolatore mondiale nell'uso dello spettro radioelettrico.

La prossima Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni si terrà a Ginevra nel 2015 (WRC-15).

Il Regolamento delle Radiocomunicazioni ha natura di Accordo internazionale di carattere cogente per i paesi membri dell'ITU (circa 196 Paesi), organismo internazionale creato sotto l'egida dell'ONU, il cui obiettivo è quello di coordinare l'attività mondiale delle Telecomunicazioni.

In ambito nazionale il Ministero dello Sviluppo Economico - Dipartimento delle Comunicazioni ha il compito istituzionale di coordinare la preparazione e di rappresentare l'Italia in conferenza.

La preparazione della Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni oltre che una attività di coordinamento nazionale richiede anche un costante collegamento con organismi internazionali che si realizza con la partecipazione sia ai lavori dell'ITU-R che della CEPT (Conferenza Europea Postale e delle Telecomunicazioni), che è l'organismo europeo per la definizione delle posizioni da assumere nel corso della Conferenza, la cui espressione si manifesta in "proposte comuni europee", presentate e sottoscritte possibilmente da tutti i suoi paesi membri (attualmente 48 Paesi).

La stessa Unione Europea identifica gli argomenti all'ordine del giorno del-

la Conferenza di interesse dell'Unione ed approva un Parere (linee guida) con una serie di raccomandazioni per i Paesi allo scopo di ottenere il massimo vantaggio dalla Conferenza.

I lavori di revisione del Regolamento delle Radiocomunicazioni seguono un'agenda la cui preparazione, a cura del Consiglio dell'ITU, è finalizzata grazie ai rapporti dettagliati preparati dal Conference Preparatory Meeting (CPM), sulla base dei contributi presentati dalle Amministrazioni, dagli operatori, dalle manifatturiere e dalle Organizzazioni di settore nei vari gruppi di lavoro dell'ITU-R.

Nel corso della WRC sono definite anche le attività di studio che saranno oggetto dei lavori dell'ITU-R in vista della prossima Conferenza.

Relativamente alle problematiche dei sistemi mobili terrestri, l'agenda della WRC-15 prevede due punti (Agenda Item, A.I.), A.I. 1.1 e 1.2, in carico al Working Party 5D e al Joint Task Group 4-5-6-7 dell'ITU-R:

- A.I. 1.1: attribuzione su base primaria di nuovo spettro per il Servizio Mobile e identificazione per IMT di nuove bande (rif. Resolution 233 (WRC-12));
- A.I. 1.2: esaminare i risultati degli studi ITU-R sull'uso della banda 694-790 MHz da parte dei sistemi IMT del Servizio Mobile nella Regione 1 dell'ITU.

Inoltre, alle tematiche dei due agenda item A.I. 1.1 e 1.2 è collegato l'A.I. 1.3 relativo ai sistemi broadband PPDR (Public Protection and Disaster Relief), per aspetti legati all'identificazione di nuove frequenze.

Per quanto riguarda l'A.I. 1.1, il Working Party 5D è focalizzato sulla valutazione dell'entità di nuovo spettro IMT necessario a partire dall'anno 2020 (con va-

lutazioni attuali di poco superiori a un totale di 3 GHz, suddivisi in 1.3 GHz e 2 GHz circa per le implementazioni di rete a bassa e alta densità di utenti, rispettivamente) e sulla individuazione delle bande di frequenza idonee („suitable“) da proporre per l'identificazione IMT (con più unanime convergenza internazionale verso le bande 470-694 MHz, 1300-1527 MHz, eccetto la banda 1400-1427 MHz, 2700-2900 MHz e 3400-4200 MHz). A valle dei contributi del WP5D, sarà poi il JTG 4-5-6-7 a stilare la lista definitiva delle bande candidate, sulla base di studi di coesistenza tra i vari servizi, e a preparare la documentazione da proporre per il CPM. Per quanto riguarda l'A.I. 1.2, sono state considerate molte opzioni e la decisione è per il momento solo quella di adottare un piano frequenziale di tipo FDD "classico" (cioè con le frequenze della tratta uplink nella porzione bassa della banda). Relativamente alla definizione della dimensione dei 2 blocchi di frequenza FDD, del passo di duplice, delle bande di guardia, l'ipotesi che sta incontrando maggiore consenso in WP5D è quella che prevede la piena armonizzazione con il piano frequenziale già adottato nella regione Asia-Pacifico (più correttamente, con una sua porzione) che ha trovato già numerose adesioni anche tra i paesi dell'America Latina. Anche per questo agenda item, le proposte del WP5D saranno vagliate con gli opportuni studi di coesistenza con i sistemi DVB-T nell'ambito del JTG 4-5-6-7 ■

giovanna.daria@telecomitalia.it

fabio.santini@telecomitalia.it

network sharing che consentono, con spettro assegnato su base licenza/autorizzazione, di ottenere gli stessi livelli di efficienza nell'uso dello spettro e le stesse aperture alla competizione ma con livelli di affidabilità e QoS più elevati rispetto a quanto possibile mediante spectrum sharing.

Un'appropriata politica dello spettro radio è in definitiva un fattore fondamentale per lo sviluppo del Broadband Mobile.

Il nuovo report della GSMA "Valuing the Use of Spectrum in the EU"⁵ sviluppato da Plum Consulting evidenzia peraltro come i servizi mobili generino il più grande valore economico per i consumatori rispetto a quello che sarebbe generato dagli altri possibili servizi che utilizzano lo spettro elettromagnetico (come Wireless Local Area Networks, aviazione civile, comunicazioni satellitari, televisione). Tale valore viene stimato pari a 269 miliardi di euro per il 2013 e si stima che nei prossimi 10 anni possa crescere fino a 477 miliardi (con un incremento del 77%). Se compariamo la crescita di tale beneficio nel medesimo periodo per tutti gli altri servizi cui alternativamente potrebbe essere attribuito il medesimo spettro, si dimostra come l'assegnazione ai servizi mobili comporti di gran lunga il massimo beneficio complessivo per i consumatori.

Tom Phillips, Chief Government and Regulatory Affairs Officer, GSMA, commentando l'uscita del report evidenzia il seguente aspetto: "I encourage the European Commission to take this analysis on economic value into serious consideration as it finalizes its policy proposals on the single telecoms market. It is vital that the European Union's spectrum policies support long-term investment

from mobile network operators to support the full potential of socio-economic benefits of mobile in Europe" added Phillips⁶".

4 Verso l'efficienza di rete per reggere la pressione competitiva: sharing e nuovi modelli

Gli Operatori di telefonia mobile sono sempre più impegnati in iniziative di riduzione dei costi e di razionalizzazione delle rete, sia perché l'agguerrita concorrenza sta portando alla riduzione di prezzi e tariffe, sia perché all'incremento della domanda di servizi broadband non corrispondono maggiori ricavi.

Un recente percorso, che alcuni Operatori stanno intraprendendo e molti stanno vagliando, è il RAN (Radio Access Network) sharing, che si basa sulla condivisione dell'infrastruttura di accesso alla rete (siti, antenne ed elettronica) con i competitor. Il RAN sharing ha il potenziale di ridurre decisamente la struttura dei costi della rete LTE. Si stima che il risparmio potenziale del deployment di LTE, possa arrivare fino al 30% sui costi di rete globali. Il 4G garantisce infatti una maggiore efficienza spettrale rispetto alle reti 3G, con notevoli risparmi in termini di total cost of ownership.

L'obiettivo è quello di ridurre la duplicazione delle risorse di rete, fornendo gli stessi servizi ma con minori investimenti e riducendo i costi operativi. Il RAN sharing ha il grosso vantaggio di portare ad ampi benefici economici senza compromettere i servizi rivolti al cliente.

Questo modello richiede un enorme cambiamento nel pensiero degli Operatori di telefonia mobile che storicamente hanno sottolineato la copertura e l'affidabilità

della rete come punti chiave della loro strategia di marketing.

In Svezia, Tele2 e TeleNor hanno effettuato il deployment congiunto della rete LTE attraverso la Joint Venture Net4Mobility, che include anche lo "spectrum sharing" nelle bande 900 MHz e 2600 MHz. A fine 2012 i due operatori hanno coperto il 99% della popolazione attraverso JV Net4Mobility.

In Danimarca, Telenor e Telia hanno deciso di costituire la Joint Venture TT-Netværket che nel 2012 ha acquisito, su base asta, la banda a 800 MHz con cui effettuare un roll-out massivo di LTE su scala nazionale. Telia e Telenor hanno dichiarato di voler coprire il 75% della popolazione entro il 2013 attraverso il deployment congiunto della rete 4G.

In Inghilterra, EE (Everything Everywhere), Joint Venture tra Orange e T-Mobile, ha annunciato di voler coprire il 98% della popolazione britannica e portare il 4G in più di 80 città entro la fine del 2014. L'offerta commerciale di EE non riguarda solo la connettività ultra-broadband ma anche servizi premium quali accesso WiFi, film, gaming, musica.

Questi esempi dimostrano che i benefici non sono solo a livello di Capex e Opex saving, ma portano ritorni in termini di miglioramento del time to market e della Quality of Service.

Alcuni Operatori mobili, sfruttando le performance della rete e la maggiore capacità di monetizzare i servizi dati LTE, si stanno orientando verso modelli di partnership con terze parti, in cui offrono la connettività dati ad altri Operatori mobili oppure a MVNO (Mobile Virtual Network Operator), secondo un modello wholesale.

In Russia è significativo il caso di Yota Networks primo e unico

⁵ <http://www.gsma.com/spectrum/valuing-the-use-of-spectrum-in-the-eu>

⁶ <http://www.gsma.com/spectrum/new-gsma-study-reveals-that-spectrum-for-mobile-delivers-highest-economic-impact-in-europe>

Wholesaler LTE del Paese, che sta effettuando il deployment di LTE e offre la connettività 4G con la formula dell'abbonamento, in cui l'Operatore aderente diventa un MVNO. Yota Networks attualmente coopera con Yota Russia e MegaFon (Operatore incumbent russo) operatori virtuali della rete LTE di Yota Networks secondo un modello wholesale trasparente che applica le stesse condizioni a tutti gli Operatori. Sono in fase di negoziazione piani di collaborazione con altri Operatori telefonici.

L'organo regolamentare messicano (COFETEL), tra gli approcci alternativi per utilizzare la banda 700 MHz, si sta orientando alla creazione di un soggetto, promosso dal governo, che svilupperebbe una rete nazionale e agirebbe come "wholesaler" fornendo accesso non discriminatorio agli operatori mobili che opererebbero in concorrenza nel mercato retail. La promozione da parte del governo potrebbe assumere la forma di sovvenzioni pubbliche a soggetti (Operatori) del settore

privato per creare una rete "aperta", oppure la creazione di un partenariato pubblico-privato.

La monetizzazione della rete può passare anche attraverso la valorizzazione differenziata dell'intelligenza di rete sia verso il cliente finale, sia verso un modello B2B2C (*Business-to-Business-to-Consumer*), secondo un approccio Two side Business Model, come riportato nella figura sottostante.

La relazione con le terze parti (non solo Telco ma anche OTT e Content Service Provider) si estrinseca attraverso un modello wholesale in cui oltre la connettività, possono essere offerte capability di rete quali servizi Cloud e M2M, fruizione multi-device e multi-SIM, seamless mobility, autenticazione trasparente e sicura, identità, profiling, sicurezza,...

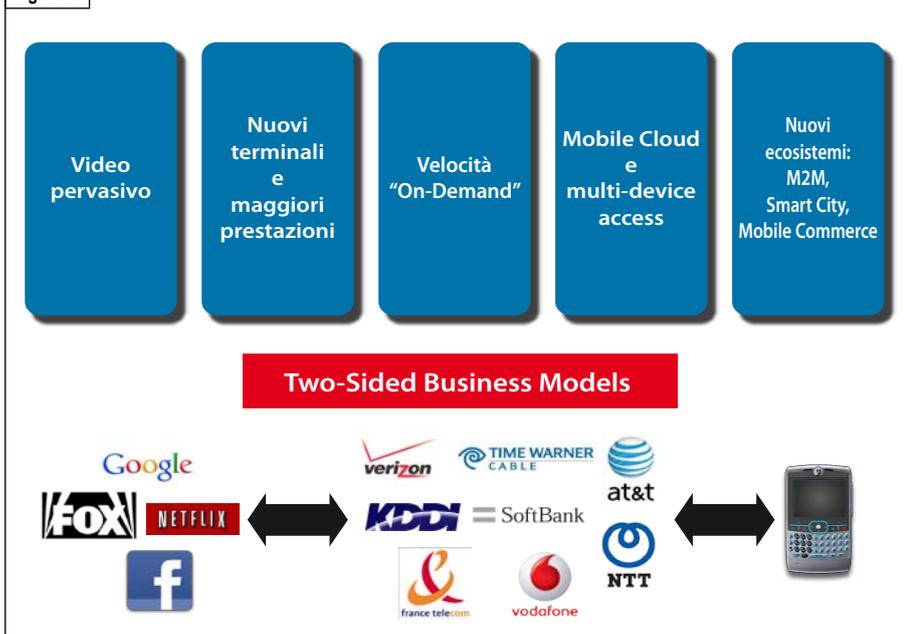
Per l'Operatore si prospetta, quindi, un cambiamento sostanziale, che segue la formula di una competizione cooperativa dove gli asset Telco sono valorizzati in modo integrato ai servizi degli OTT per soddisfare in maniera sempre più

efficace esigenze del cliente finale (semplicità d'uso, performance, convenienza, affidabilità, sicurezza), ma anche per rispondere ai costi di deployment della rete 4G e alla pressione competitiva del mercato.

Conclusioni

Le sfide del Broadband Mobile impongono all'Operatore nuove sfide. Sicuramente il contesto regolatorio e di mercato associato al rilascio e alla gestione dei diritti d'uso delle frequenze rappresenta sicuramente un elemento chiave di attenzione nei prossimi anni soprattutto nella logica di evoluzione oltre LTE. Infatti, quanto più il Broadband Mobile diverrà pervasivo ed entrerà nell'uso quotidiano di ognuno di noi attraverso una pletora di differenti device tanto più crescerà il traffico e tanto più diventerà sfidante fornire la giusta qualità alla moltitudine di servizi che saranno forniti dagli operatori con le loro reti ma soprattutto dai vari attori del mondo internet al di sopra delle eredi di accesso tradizionali. La disponibilità di frequenze con una pianificazione temporale pluriennale rappresenta la chiave per l'Operatore per poter pianificare gli investimenti e la realizzazione di reti complesse (quelle descritte nell'articolo), le uniche in grado di fornire internet in mobilità con volumi di clientela di massa. Per far ciò la rete deve divenire flessibile per inseguire le opportunità di valorizzazione e di mercato della nuova era del Broadband Mobile, esponendo le interfacce a sviluppatori e terze parti per la realizzazione di servizi evoluti e nel contempo fornire differenti

Figura 8





Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali

livelli di qualità sia verso gli Internet Service provider sia verso il cliente finale, abilitando il 2-side business model sopra descritto. La rete smart e flessibile rappresenta l'elemento per la costruzione di un nuovo modello di estrazione del valore in un ecosistema molto più complesso (che vedrà sempre di più la presenza di attori OTT) e che si basa non più sulla vendita della sola connettività/interconnessione verso il cliente ma si fonderà sulla remunerazione economica legata al trasferimento di valore collegato all'abilitazione di nuove modalità di servizio che senza il coinvolgimento profondo della rete non sarebbero possibile. Unitamente al piano delle nuove revenues l'Operatore, visto anche l'elevato costo industriale legato alla fornitura di un internet in mobilità di elevata qualità, dovrà affrontare la sfida di rendere sempre più efficiente la struttura dei costi della rete. Da questo punto di vista nuovi modelli di sharing sempre più evoluti costruiranno un nuovo paradigma di costruzione della rete che sempre di più sarà esplorato nei prossimi anni. A questo proposito nel seguito sarà presentata l'esperienza di RAN sharing in Brasile ■



Giovanni Battista Amendola

è responsabile della funzione Rapporti con le Autorità Internazionali nell'ambito della Direzione Public & Regulatory Affairs. Rappresenta inoltre Telecom Italia nel Chief Regulatory Officers Group di GSMA. Laureato in Scienze Statistiche e Demografiche all'Università La Sapienza di Roma, ha poi conseguito un PhD in Science and Technology Policy Studies all'Università del Sussex. Ha partecipato, in qualità di relatore, a numerosi convegni e congressi nazionali e internazionali ed ha inoltre pubblicato molteplici articoli su temi di economia industriale, economia internazionale e politica regolamentare.



Sandro Dionisi

ingegnere elettronico, dal 1983 è in Telecom Italia, dove ha lavorato in diverse aree di Rete, ricoprendo vari livelli di responsabilità. Nel 1999 è stato nominato responsabile della Rete di Accesso e di Trasporto Fissa; nel 2003 ha ricevuto l'incarico di coordinare le Infrastrutture e le *Operations* della Rete Internazionale di Telecom Italia per i servizi fissi e mobili per l'Europa e l'America Latina. Ha partecipato attivamente a diversi *forum* e gruppi di standard internazionali in ITU ed ETSI dove, nel periodo dal 1990 al 1996, ha guidato il gruppo responsabile degli standard di radio relay. Da febbraio del 2008 è Direttore di Telecom Italia Lab.



Daniele Franceschini

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



Claudia Maccario

laureata in Economia e Commercio, dopo aver collaborato con l'Istat di Torino e un'esperienza biennale nel Controllo di Gestione presso il Gruppo Allianz, nel 2001 entra in Telecom Italia dove si occupa di business plan e analisi di indicatori di bilancio e redditività. Dal 2005 al 2011 è membro del gruppo di coordinamento del Piano Tecnologico per seguire le linee evolutive di rete, terminali e servizi. Attualmente lavora in Strategy, nel dipartimento "Next Generation Mobile Network", dove si occupa di scenari legati all'evoluzione della rete mobile, di nuovi modelli di business ed ecosistemi finalizzati all'efficienza e alla valorizzazione economica dei servizi.



Bibliografia

- Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017;
- Cisco VNI Service Adoption Forecast, 2012-2017

giovannibattista.amendola@telecomitalia.it
sandro.dionisi@telecomitalia.it
daniele.franceschini@telecomitalia.it
claudia.maccario@telecomitalia.it



LTE: A CACCIA DEL VALORE

Alessandra Bucci, Daniele Franceschini, Emanuele Ranieri



In uno scenario in cui il contesto competitivo diviene sempre più sfidante, sia a livello di mercato locale per la competizione sul prezzo, sia a livello di mercato globale a causa della spinta che l'ecosistema servizi e device del mondo OTT sta portando sul mondo Telco, diviene chiave la discontinuità tecnologica e di mercato legata all'introduzione di LTE.

Da questo punto di vista è importante comprendere le leve in mano all'operatore per sfruttare al meglio l'ecosistema industriale di LTE e per rilanciare un ruolo forte verso il cliente nella fornitura di servizi MBB.

1 Lo scenario di insieme

1.1 Il calo dei servizi tradizionali, i nuovi servizi OTT e le nuove sfide del MBB

Ciò che è evidente nel settore delle telecomunicazioni è il declino sempre più marcato dei servizi tradizionali (voce e messaging) con i ricavi da sms in calo secondo un percorso simile a quello che ha caratterizzato i ricavi voce nel passato. I servizi degli OTT (*Over the Top*) hanno ormai scosso pesantemente il mercato delle TLC con un'incidenza che continuerà costantemente anche nei prossimi anni. In questo scenario gli operatori TLC cercano da tempo di difendere la loro posizione ed indirizzare le nuove opportunità anche attraverso l'impiego delle nuove tecnologie come il Mobile Broadband,

Mentre il servizio VoIP (*Voice over IP*) nell'ultimo decennio ha eroso parte dei ricavi generati dai servizi Voce core per gli operatori di rete fissa, le applicazioni OTT

fino a pochi anni fa sembravano rappresentare una minaccia meno problematica per gli operatori di rete mobile (MNO). Infatti le chiamate VoIP mobili (m-VoIP) richiedevano reti ad alta velocità sufficientemente stabili, device evoluti e costosi, un livello di competenza che spesso superava le capacità dell'utente tipico, oltre che rilevanti costi associati e la necessità di sottoscrivere abbonamenti con fornitori come Skype. L'impatto era di conseguenza limitato a un'esigua minoranza di clienti ed al traffico mobile internazionale outbound (peraltro altamente profittevole).

Oggi, le nuove Apps per smartphone estremamente semplici da utilizzare (es. Whatsapp e Viber), sfruttando la sempre maggior penetrazione di terminali mobili altamente performanti, a costi accessibili e a tariffe dati molto convenienti, offrono gratuitamente servizi di comunicazione mobile multi-piattaforma. La messaggistica IP, in particolare, sta cannibalizzando rapidamente i ricavi

dai tradizionali SMS. In tutto il mondo, secondo le analisi di Informa, nel 2012 sarebbero stati inviati 19 miliardi di messaggi sfruttando le Apps che si avvalgono di piattaforme IP, contro 17,6 miliardi di Sms inviati sulle reti degli operatori mobili. La forbice è stinata ad allargarsi: nel 2014 i messaggi veicolati dalle cosiddette Apps OTT saranno 50 miliardi contro i 21 miliardi di messaggi di testo telefonici, con un impatto significativo sui ricavi degli operatori, soprattutto perché nella maggior parte di questi mercati le tariffe sono a consumo. La diffusione di iMessage per l'iPhone, che reindirizza i messaggi da iPhone a iPhone via IP (senza coinvolgere l'utente), sta determinando un'ulteriore riduzione dei ricavi da SMS. La rinnovata generale attenzione ai costi indotta dalla crisi economica accelererà ulteriormente questa tendenza.

Le connessioni seamless m-VoIP potrebbero inoltre costituire un impulso per una nuova generazione di servizi gratuiti, seria mi-

naccia per i ricavi core Voce degli operatori. Le Apps come Viber non solo sono più semplici da utilizzare, ma hanno caratteristiche "virali"; il software, per esempio, cerca altri utenti Viber nella rubrica dello smartphone e automaticamente vi associa un'icona utilizzabile per chiamare direttamente con Viber. Invita inoltre gli utenti a mettersi in contatto con gli amici che non usano Viber per convincerli a installarlo e quindi risparmiare reciprocamente. Al tempo stesso, gli utenti mobili sfruttano sempre di più nuove alternative alla messaggistica tradizionale come i social media e l'IP-messaging.

L'impatto di questo cambiamento sui profitti degli operatori mobili può essere rilevante e minare significativamente la loro value proposition. Per esempio, il servizio m-VoIP costituisce una seria minaccia non solo per le tariffe "a consumo", ma anche successivamente per gli utenti che hanno preferito un pacchetto di minuti, spingendoli a sceglierne uno più limitato. Nel lungo termine, questa tendenza potrebbe eliminare completamente le offerte a consumo, come sta accadendo in alcuni Paesi con gli SMS, a causa della rapida diffusione della messaggistica IP. Per queste ragioni, gli operatori saranno spinti verso un portafoglio di strutture tariffarie simili a quelle attuali nel fisso, in cui la maggior parte degli elementi sono unlimited/flat, e i principali fattori differenzianti sono la velocità e i VAS (*Servizi a Valore Aggiunto*).

Per contrastare questa tendenza, gli operatori hanno iniziato a riformulare e segmentare diversamente i loro portafogli di offerte per consentire una miglior distinzione tra clienti ad alto e a basso

valore, facendo leva sulla QoS (*qualità del servizio*), sull'innovazione e sui VAS. Alcuni operatori, come Deutsche Telecom e Vodafone hanno già sposato infrastrutture comuni di delivery di messaggi e file sharing (vedi Joyn) o France Telecom con Libon introducendo le loro applicazioni di comunicazione IP-based, mentre altri hanno preferito stringere accordi con i singoli fornitori di Apps (es. 3 con Whatsapp).

La grande massa dei clienti consumer ha esigenze tendenzialmente standardizzate in un ridotto numero di clusters, e spesso "usa i servizi OTT" più di quanto "conosca il funzionamento dei servizi stessi": in genere, molti dei consumatori finali, pur utilizzando servizi innovativi, ignorano in larga misura le dinamiche tecnologiche ad essi sottostanti. Questo è ciò che gli OTT hanno capito in anticipo garantendo loro tassi di crescita superiori a quelli di player come le Telco, che si sono limitate a presidiare la parte di trasporto dati e lasciando ad altri il compito di sviluppare i servizi derivanti dall'utilizzo delle reti.

Quattro sono sostanzialmente i fattori che stanno assicurando la rapida penetrazione dei servizi OTT.

Il primo è sicuramente la maggiore semplicità e migliore user experience delle applicazioni. Nuove Apps come Viber, Whatsapp, Blink, hanno riscontrato un grande successo poiché offrono all'utente un'esperienza significativamente migliore rispetto alle soluzioni tradizionali. Nel caso di Viber, per effettuare una chiamata VoIP basta infatti premere l'icona di Viber accanto al nome del contatto nella rubrica dell'iPhone. L'app consente inoltre di effettuare chiamate gratuite tra gli uten-

ti di Viber, sia in 3G sia in WiFi; offre peraltro una qualità audio superiore e, a differenza di Skype, non richiede un'ulteriore distinta autenticazione dell'utente.

Il secondo riguarda il cambiamento delle abitudini dei consumatori. La riduzione dei costi, la facilità d'uso indipendentemente dalla piattaforma o tecnologia d'accesso, l'affidabilità sono i fattori trainanti. Whatsapp, per esempio, fornisce notifiche istantanee di consegna dei messaggi, una serie di soluzioni semplici per l'invio di foto e una ricca serie di icone che possono essere sfruttate nella comunicazione, elementi particolarmente apprezzati non solo dalle generazioni più giovani. Terzo è la proliferazione degli smartphone. Il rapido calo dei prezzi degli smartphone, la conseguente accelerazione della loro diffusione di massa e la semplicità di sviluppo delle applicazioni, stanno stimolando la diffusione massiva di servizi OTT. Questi, sfruttando la tecnologia IP, rendono sempre agevole la fruizione di servizi dalla comunicazione al video, allo scambio di informazioni ovunque superando i vincoli dei modelli tradizionali di delivery.

Quarto è la diffusione di tecnologie di connettività Ultra Broadband fisse e mobili (dal WiFi al 4G) e di cloud computing per l'erogazione dei servizi.

La disponibilità di banda, la qualità della trasmissione delle informazioni e la vera convergenza tra reti fisso-mobile, rappresentano l'elemento chiave per supportare in modo efficiente il diffondersi dei servizi di nuova generazione e supportare in modo adeguato l'elevata crescita del traffico, soprattutto lato mobile. Infatti, la forte esplosione dei servizi mobile broadband, è ormai un trend globa-

le, ma con peculiarità tipiche per area geografica, in funzione dello stato regolatorio, della competizione degli attori presenti e dalla maturità di ciascun mercato. In questo contesto l'evoluzione ed il deployment delle reti radio mobili sarà fondamentale per soddisfare le nuove esigenze "seamless" e di mobilità dei clienti finali. Ma tra le sfide del mobile Broadband ci sono obiettivi ben più ampi come favorire la crescita e lo sviluppo economico dei singoli Paesi. Infatti la mancanza di infrastrutture e lo scarso utilizzo della rete da parte dei cittadini, penalizza l'economia e la competizione rispetto ai Paesi più virtuosi. Inoltre, per favorire la digitalizzazione, bisogna sconfiggere problemi culturali come l'analfabetismo digitale ed investire in formazione.

1.2 La competizione mobile nelle diverse geografie: USA verso Europa

Il contesto competitivo mondiale del mercato mobile è sempre più complesso e dinamico. Nonostante l'aumento nell'utilizzo dei servizi voce ed SMS, i relativi ricavi sono in discesa. E alla crescita della domanda di servizi broadband non corrispondono maggiori introiti.

Questo fenomeno è particolarmente sentito in Europa, dove l'agguerrita concorrenza tra gli operatori ha portato ad una battaglia sui prezzi con un conseguente declino delle tariffe. Il mercato Americano invece presenta negli ultimi anni un andamento stabile e attestato su livelli di redditività generalmente elevati.

Le principali differenze tra Stati Uniti ed Europa riguardano la struttura del mercato e la pressione normativa: la dimensione del

mercato degli Stati Uniti consente agli operatori chiave di realizzare significative economie di scala; gli operatori mobili europei operano in un contesto molto più frammentato e competitivo con un impatto negativo in termini di ricavi e redditività.

In Europa, le revenue mensili per utente (ARPU) del segmento mobile sono passate da 24 € del 2008¹ a 18 € del 2012¹ con un CAGR del -7%, nonostante l'aumento nell'utilizzo dei servizi voce ed SMS. Il mercato americano è l'unico che presenta negli ultimi anni un andamento stabile: l'ARPU di 40 € del 2008¹ è rimasto pressoché saldo a 39 € nel 2012¹.

La riduzione ricavi per user in Europa è solo in parte bilanciata dall'aumento del traffico dati che si attesta intorno al 30-35%¹ del valore dell'ARPU mobile, mentre negli Stati Uniti tale percentuale supera il 50%¹.

Anche sul fronte LTE il confronto tra i due mercati riflette dinamiche contrapposte.

Le politiche a favore della crescita e gli investimenti del settore privato, hanno permesso un enorme vantaggio del Nord America nel dispiegamento delle reti 4G.

In Europa il razionamento dello spettro, la frammentazione dello stesso ed investimenti di rete più cauti (per la diffusa preoccupazione che le ingenti cifre spese, non portino il rendimento atteso), stanno causando ritardi nel deployment di LTE.

La conseguenza diretta è che il mercato statunitense ha quasi la metà degli abbonati 4G al mondo. L'Europa conta solo il 6%² degli abbonati mondiali LTE.

Nel mercato americano si è assistito ad un forte posizionamento di Verizon Wireless e AT&T che insieme

controllano il 65%³ della telefonia mobile degli Stati Uniti e sono gli unici due operatori con una copertura LTE su scala nazionale.

In Europa invece il mercato LTE è molto più concorrenziale e frammentato. Gli operatori che hanno lanciato LTE sono oltre 50 con una media di 3-4 operatori per Paese. Si è di conseguenza innescata una forte battaglia competitiva e una conseguente diminuzione delle tariffe e dei ricavi.

Il prezzo del servizio LTE negli USA è pari a 5.78 €⁴ per 1 GB di dati scaricati; la media europea è di 1.93 €⁴ per GB. Il mercato LTE più competitivo in Europa è la Svezia, dove tutti e quattro operatori di telefonia mobile del paese hanno lanciato il 4G. Come risultato in Svezia, il prezzo medio di LTE per GB è pari 0.49 €⁴.

Vi è anche una notevole concorrenza su LTE in Germania, Danimarca, Portogallo, Italia, dove sono presenti 3-4 operatori mobili per Paese. Anche mercati piccoli come l'Austria, i Paesi Bassi e la Finlandia hanno almeno tre operatori LTE.

Si attende l'entrata nel mercato LTE di Francia, dove il lancio è previsto per la fine del 2013 e Spagna, dove si dovrà attendere il 2014, per capire se anche in questi due Paesi le dinamiche dei servizi 4G seguiranno il trend del resto dell'Europa.

Gli operatori europei stanno cercando di eliminare gradualmente le offerte dati illimitati a favore di offerte premium, puntando sulla qualità del servizio e su bundle composti da servizio voce, internet e contenuti a valore aggiunto (musica, film, football,..), nel tentativo di monetizzare in modo più efficace i servizi dati 4G.

Le nuove strategie di pricing utilizzate per LTE in Europa hanno

1 The Mobile Economy 2013 – AT Kearney, GSMA.

2 European Policy Is No Answer For U.S. Wireless Market - Wireless Intelligence, 2013.

3 Comparison of Italian and European mobile markets vs. US market – Credit Suisse, 2013.

4 European LTE operators look to new pricing strategies to boost mobile broadband revenues.

fatto sì che LTE sia stato generalmente commercializzato come un servizio "autonomo 4G", in contrasto con il mercato statunitense dove LTE di solito è offerto come parte di un pacchetto di banda larga mobile più ampio che include la connettività 3G.

Facendo poi un focus sul mercato italiano emerge una forte discesa dell'ARPU del mondo mobile che oggi si attesta intorno ai 16 €⁵, mentre solo nel 2010 era 20 €⁵ al mese. La crescita di smartphone e tablet, un trend che coinvolge più della metà dei possessori di cellulari (circa il 56% degli utenti italiani di telefonia mobile), ha contribuito al forte incremento del traffico dati da terminale mobile. TIM e Vodafone stanno offrendo LTE applicando un premium price di 10-15 €⁶ al mese (tariffa Big Screen) rispetto alle offerte 3G, abbandonando le tariffe dati unlimited e puntando sulle prestazioni (fino a 100 Mbps) e la bassa latenza. L'offerta LTE è spesso associata a contenuti premium (calcio, news, musica, cinema, gaming,...).

Nel mercato italiano la pressione competitiva è molto forte: Wind e soprattutto 3-Italia hanno introdotto una strategia commerciale aggressiva che ha contribuito ad inasprire la competizione tariffaria e alla repentina discesa dell'ARPU dei servizi mobili (sia voce, sia dati). Anche nelle offerte LTE, 3-Italia sta entrando con tariffe estremamente competitive: 1 €⁷ al mese che si aggiunge al piano tariffario internet già sottoscritto (sia ricaricabile che abbonamento) fino a dicembre 2013 nelle città di Roma e Milano.

Riepilogando, il mercato europeo e statunitense hanno avuto e stanno tuttora avendo dinamiche e risultati differenti, dovuti prin-

cipalmente alle dimensioni e alla struttura dei due mercati, alla disuguale pressione normativa e ad uno diverso scenario competitivo. Lo sviluppo di LTE in Europa è però ad uno stadio ancora iniziale, per cui il 4G potrebbe essere remunerato più efficacemente grazie a nuovi ecosistemi in cui interlavorano rete mobile, "terminali sempre più smart" e piattaforme di servizio, secondo dinamiche innovative e virtuose. In quest'ottica gli asset telco verrebbero sfruttati per intercettare mercati contigui (Machine-to-Machine, Advertising, Digital Contents, Smart Cities, Mobile Payment, Automotive, Sanità) e nuovi modelli di business non più basati solo sulla connettività, ma anche sul trasferimento di valore secondo un approccio fondato sulla co-opetition e su partnership con Terze Parti.

2 LTE: una evoluzione tecnologica per la ricerca di un nuovo valore

2.1 LTE le varie esperienze nel mondo

Sono in aumento in tutto il mondo il numero di individui che utilizzano i servizi LTE, secondo uno studio di Juniper Research alla fine dell'anno toccheranno i 105 milioni e alla fine del 2014 raggiungeranno i 220 milioni. Le reti LTE attive sono 163 in 70 paesi e la previsione è che si arrivi ad oltre 400 in 120 paesi entro il 2017.

Il 2012 ha rappresentato l'anno di svolta grazie alla disponibilità di device destinati al mercato consumer con tecnologia LTE embedded (ad esempio: Ipad 4; Iphone 5; Samsung S3 ed S4).

Particolarmente significativa è la crescita nei mercati emergenti in

cui l'adozione del TD-LTE rappresenta una opportunità di bypassare completamente il 3G.

2.1.1 Strategie di go to market

Le strategie adottate al lancio del servizio dai diversi operatori, possono essere distinte in tre macro categorie:

- 1) LTE come naturale evoluzione tecnologica del 3G in alcuni paesi anche per spostare il traffico dalle reti esistenti già saturate e comunque affermare la propria leadership tecnologica.
- 2) LTE come offerta stand alone come servizio premium con prestazioni più elevate.
- 3) LTE come diretto sostituto del broadband fisso.

Appartengono alla prima categoria gli operatori americani come Verizon ed AT&T che hanno adottato un approccio molto aggressivo per massimizzare la migrazione dei clienti dalla vecchia alla nuova tecnologia, al fine di abbandonare rapidamente l'ecosistema CDMA meno performante.

Di seguito un esempio del trend di crescita di Verizon.

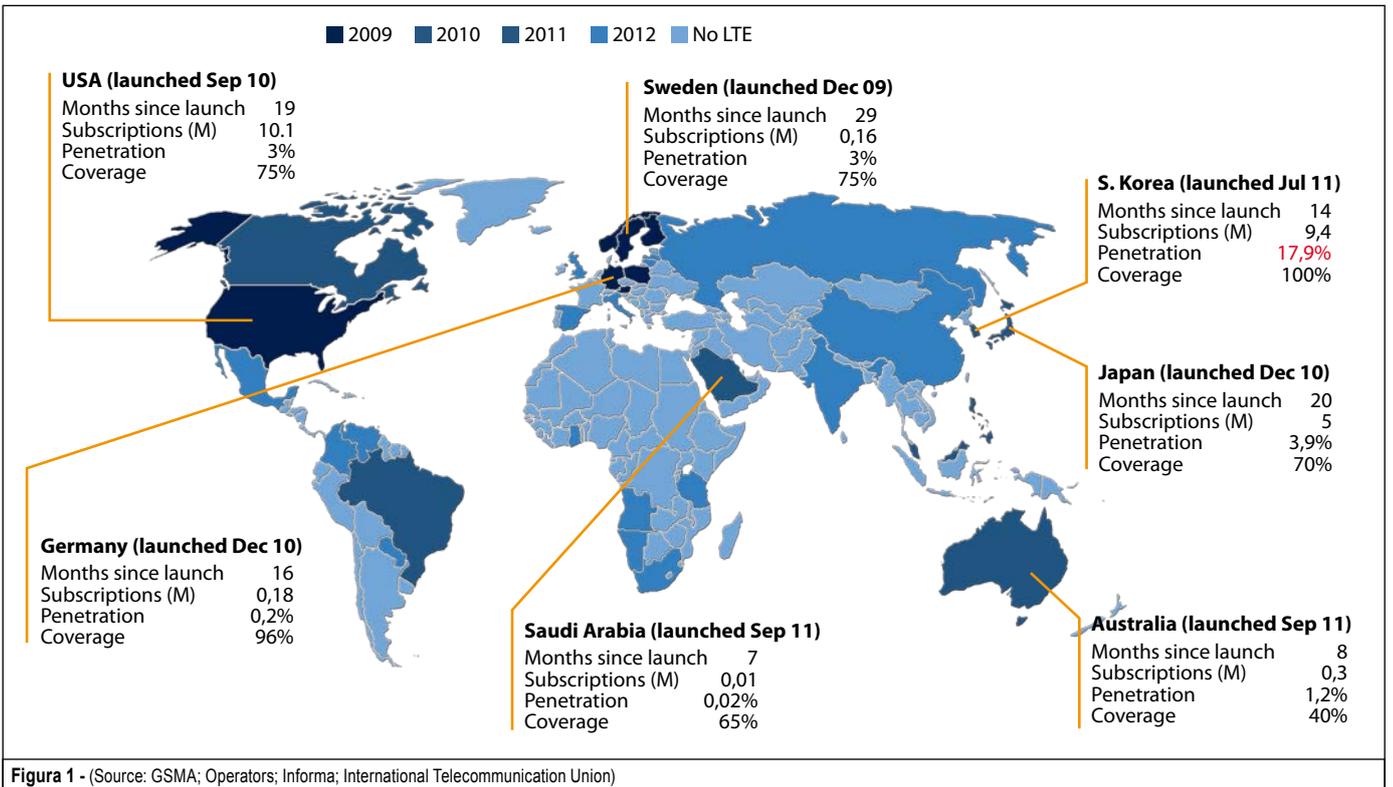
In Europa, ad eccezione dei Paesi Nordici (Svezia, Finlandia, Danimarca) il lancio del 4G è più recente rispetto agli USA, poiché le aste per le assegnazioni delle frequenze LTE sono avvenute in molti Stati (tra cui l'Italia), nel corso del 2011.

Nel Vecchio Continente è prevalsa la strategia di puntare sulla qualità e velocità della nuova tecnologia con conseguente differenziazione di prezzo, associando al premium service un bouquet di servizi a valore aggiunto (musica, film, calcio,...),

⁵ TMedia ARPU dichiarati dai 4 operatori italiani

⁶ Media Premium Price applicato su offerte Big Screen

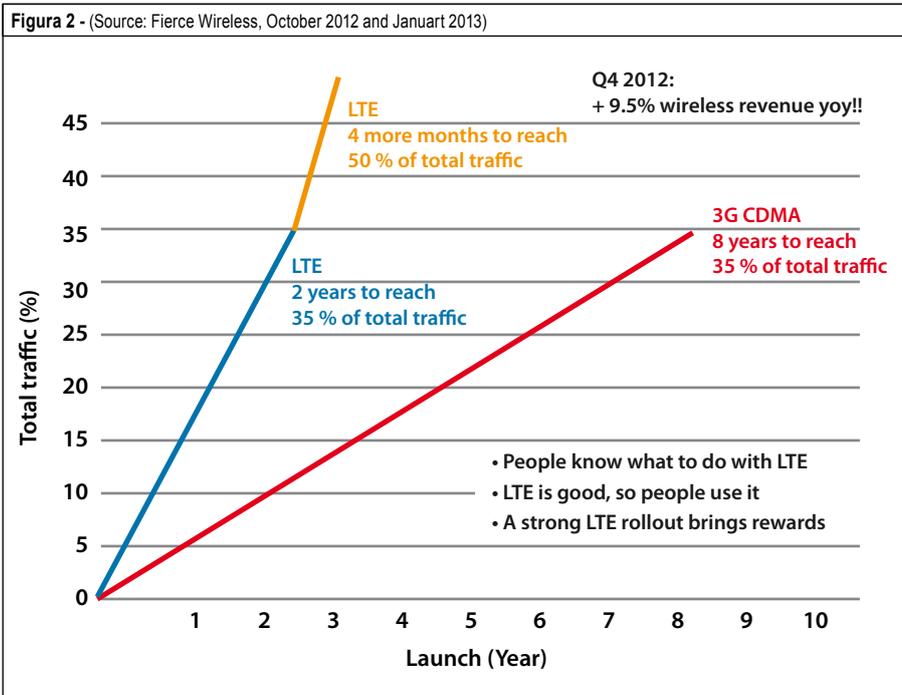
⁷ <http://www.tre.it>



anche se non mancano operatori come ad esempio H3G che non riconoscono un premium price rispetto al 3G.

Nel mercato asiatico, la giapponese NTT DoCoMo, ha puntato sul time-to-market, attraverso un deployment aggressivo di LTE al fine

di catturare gli “early adopter” e le grandi aziende. Per differenziarsi dalle offerte 3G, NTT DoCoMo ha deciso di creare un sub-brand dedicato all’offerta LTE e di pubblicizzare i servizi 4G con un marchio nuovo (denominato Xi) puntando su velocità, capacità, bassa latenza e servizi cloud e gaming in bundle a smartphone di ultima generazione. La sua strategia è stata ripagata, infatti il numero di clienti LTE ha superato le previsioni e il servizio si è spostando dal segmento early-adopter verso una fetta di mercato più ampia (NTT DoCoMo ha raggiunto 10 milioni di clienti LTE a febbraio 2013). Infine il posizionamento dell’LTE come sostituto del broadband fisso è avvenuto nelle zone rurali o nei paesi emergenti (es. Smile in Tanzania) e in nazioni come la Germania (Vodafone e T-Mobile) in cui sono presenti forti vincoli regolatori sulla copertura.



2.1.2 *Overview strutture di offerta*

Il lancio dell'LTE è stato per molti operatori l'occasione per rivedere il portafoglio di offerta ed eliminare gradualmente le offerte dati illimitati a favore di quelle basate sul volume o sulla velocità al fine di migliorare la redditività.

In aggiunta al modello premium prima descritto in alcuni casi, il modello utilizzato dagli operatori europei è quello di legare il prezzo alla banda larga mobile, indipendentemente dalla tecnologia sottostante utilizzata (7.2 Mb/s, 14.4 Mb/s, 42.2 Mb/s, 100 Mb/s) e quindi di commercializzare l'LTE come servizio "stand alone" 4G.

Nel mercato nord americano, anche grazie alle caratteristiche del mercato descritte sopra, l'LTE è offerto come parte di un pacchetto che include anche servizi 3G. In particolare Verizon e AT&T hanno introdotto gli "share data plan" con voce e sms illimitati e bundle dati di vario taglio da utilizzare su diversi dispositivi.

Il vantaggio consiste nello stimolare la domanda: il cliente sperimentando il miglioramento della user experience ed avendo la possibilità di usare la connettività broadband su una molteplicità di device, ne incrementa l'utilizzo (in particolare lo streaming video) e si posiziona su offerte di taglio più alto.

Nel mercato asiatico è interessante ricordare la scelta dell'operatore coreano SK Telecom che, circa un anno fa, si è differenziata completamente dagli altri operatori creando il "Living Value Innovation Program" ed introducendo il Mobile Life Pack che offre contenuti differenziati per segmento (es. contenuti multimediali in lingua inglese e contenuti didattici per

i teenagers). Dallo scorso marzo tali pacchetti sono stati affiancati dagli "share data plans".

2.2 LTE: rafforzamento della smart network a supporto di un 2-side business model

La connettività LTE rappresenta un elemento chiave per l'evoluzione del mondo mobile e costituisce un primario abilitatore per lo sviluppo di nuovi scenari di business.

Negli ultimi anni il Mobile Broadband, spinto dalla diffusione sempre più capillare di terminali "smart", ha avuto una notevole accelerazione.

I driver della crescita del traffico dati mobile, sono stati la proliferazione dei fenomeni social, la diffusione di contenuti audio/video scaricati dalla rete ma anche self-made (in grado di attrarre sempre più individui) e le Apps, che hanno costituito l'elemento disruptive rispetto ai tradizionali servizi web.

In quest'ottica risulta fondamentale l'approccio integrato al cliente: conoscenza del target, risposta alle esigenze di connettività everytime-everywhere, semplicità d'uso e valorizzazione contenuti over the network.

La connettività dati Ultra-broadband, caratterizzata da alte performance, efficienza spettrale, bassa latenza, affidabilità, è quindi strategica in un mercato maturo e concorrenziale e può rappresentare il veicolo per intercettare nuove fonti di ricavi.

E lo è anche una "Smart Network": una rete che permette di costruire informazioni attraverso i dati che sono prerogativa della rete stessa e che possono essere elaborati e correlati in modo da creare valore.

In quest'ottica la monetizzazione del valore può essere perseguita tramite servizi basati su identità, profiling, sicurezza, interoperabilità, qualità del servizio, accesso da più terminali,...

Questa è una peculiarità esclusiva e distintiva dell'operatore Telco. E non è l'unica. L'altro elemento basilare che caratterizza un operatore mobile è la capillarità della rete. L'intelligenza in rete può quindi abilitare servizi su scala nazionale e globale, trasformare i dati presenti in rete in informazioni privilegiate e potenzialmente monetizzabili, utilizzare ed esporre interfacce intelligenti, erogare servizi flessibili con elevata Quality of Experience.

Gli operatori Telco hanno perciò l'opportunità di realizzare servizi che gli Over-the-Top (Google, Yahoo, Content Provider,...) non possiedono, agendo un ruolo ad essi complementari, sfruttando migliori qualità di trasmissione e un maggiore controllo dell'intero ciclo di vita del contenuto o del servizio.

I nuovi attori che stanno guadagnando quote di mercato attraverso il Voice over IP, l'instant messaging, l'audio e video streaming, il social networking, hanno necessità di una rete che garantisca alte performance, capacità, qualità, affidabilità. Ma non solo. La chiave di volta per l'operatore mobile può essere rappresentata dall'uscita dal mondo circoscritto della "Bit Pipe", per ambire ad un nuovo ruolo nella catena del valore che contempla anche modelli di partnership con i nuovi Player. La monetizzazione della rete può passare attraverso la valorizzazione differenziata dell'intelligenza di rete sia verso il cliente finale, sia verso un modello B2B2C (*Business-to-Business-to-Consumer*),

secondo un approccio Two side Business Model.

Su questo tema, i percorsi che gli operatori mobili stanno intraprendendo seguono due direttrici.

La prima va nella direzione della valorizzazione del business "Telco Tradizionale" e si estrinseca in modelli Wholesale verso Terzi (Telco, OTT, altri Player) in cui vengono offerte le capability di rete quali connettività, servizi Cloud, fruizione multi-device e multi-SIM, seamless mobility, autenticazione trasparente e sicura. La seconda direttrice segue un approccio "Vertical Oriented" in cui gli asset telco sono utilizzati per intercettare mercati contigui e nuovi ecosistemi, quali Smart City, Mobile Payment, Machine to Machine e Internet of Things, Digital Contents, in cui la partnership con altri attori è un elemento cardine del modello di business.

Qualunque sia la direzione da intraprendere, per l'operatore si prospetta un cambiamento sostanziale, che segue la formula di una competizione cooperativa, impensabile fino ad un recente passato.

Si tratta infatti di passare da un modello basato sulla connettività ad uno fondato sul trasferimento di valore a Terze Parti, in cui Qualità del Servizio differenziata ed esposizione di NetAPI, sono tra gli elementi di valore.

Il miglioramento continuo della QoS si estrinseca nella selezione del miglior punto di accesso alla rete (2G, 3G, 4G, WIFI), nelle maggiori capacità e prestazioni di rete, nell'apertura della rete secondo un approccio a fasi guidato da requisiti di geo-marketing.

Le NetAPI sono lo strumento di esposizione di funzionalità di rete integrate con meccanismi di autenticazione, tracciamento d'uso,

gestione policy di throughput. Le NetAPI costituiscono il vettore per l'integrazione tra l'intelligenza di rete dell'operatore e l'intelligenza dei mondi delle Terze Parti. La Smart Network rappresenta quindi l'elemento strategico per contrastare il declino dei servizi tradizionali da un lato e l'ascesa degli OTT dall'altro, attraverso la valorizzazione degli asset telco in modo integrato ai servizi di altri Player.

I fattori chiave di successo sono rappresentati dalla crescente domanda di connettività mobile broadband, da nuovi modelli di co-opetition, dall'apertura della rete verso Terze Parti e dal miglioramento continuo della Qualità del Servizio.

2.3 Il posizionamento di Telecom Italia su LTE e le nuove offerte

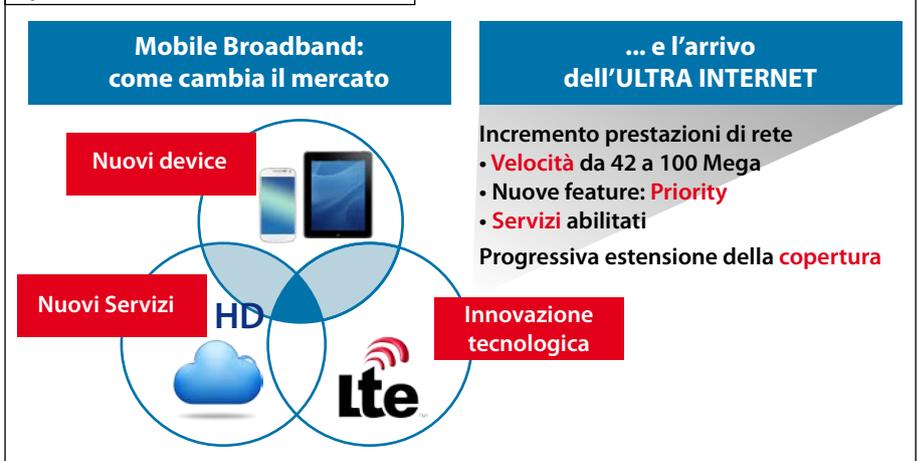
L'attuale contesto di mercato dei servizi Mobile Broadband, caratterizzato da un mondo sempre più mobile, senza fili e contraddistinto da Device e servizi sempre più evoluti, richiede prestazioni volte all' "eccellenza" in termini di customer experience. Questa è la mission di TIM che è oggi possibi-

le realizzare attraverso la capillarità e la penetrazione della tecnologia 4G-LTE con la quale l'Azienda intende assumere un posizione di leadership sul mercato.

Lanciato nel mese di novembre 2012, il servizio Ultra Internet 4G-LTE consente di raggiungere una velocità di navigazione fino a 10 volte superiore a quella della rete HSPA a 14.4 Mbps e più del doppio rispetto a quella offerta dalla tecnologia HSPA a 42 Mbps. La commercializzazione delle offerte 4G ha riguardato inizialmente chiavette, modem wifi e tablet ed è poi stata estesa agli smartphone a febbraio 2013. Il servizio 4G-LTE, inizialmente avviato in 4 città (Roma, Milano, Torino e Napoli), raggiunge oggi 47 importanti città con una copertura del 28% sulla popolazione, risultati che fanno di TIM l'operatore con la più ampia copertura in Italia.

In termini di posizionamento di marketing, l'offerta 4G-LTE è stata associata alla definizione di un nuovo brand "Ultra Internet" che racchiude le proposizioni commerciali legate al 4G-LTE e al 42 Mega, tecnologie che cambiano completamente l'esperienza di navigazione: il cliente dimentica

Figura 3 - Innovazione Mobile Broadband



i tempi di attesa, le interruzioni nei video anche in HD, sfoglia con fluidità un quotidiano, scarica in pochi secondi file di grandi dimensioni, comunica e condivide con la migliore qualità e velocità di rete.

Il posizionamento premium dell'offerta Ultra Internet è basato non soltanto su un elevato volume di bundle dati a disposizione, ma soprattutto su:

- elevata qualità del servizio in termini di prestazioni di rete;
- arricchimento dell'offerta in ottica "beyond connectivity" con contenuti e servizi esclusivi (TIM Cloud con 200GB di storage, Cubovision per la visione di film, serie TV e il campionato di calcio Serie A TIM, Cubomusica con streaming illimitato, Cubolibri per la lettura del quotidiano in digitale);

- Servizio di Customer Care Premium con coda 119 dedicata e servizio di "web call back".

A livello di go-to-market, per sviluppare l'awareness dell'Ultra Internet e far conoscere ai clienti finali i benefici e le offerte TIM legate alla nuova tecnologia 4G-LTE, sono state avviate diverse attività mirate nei seguenti principali ambiti:

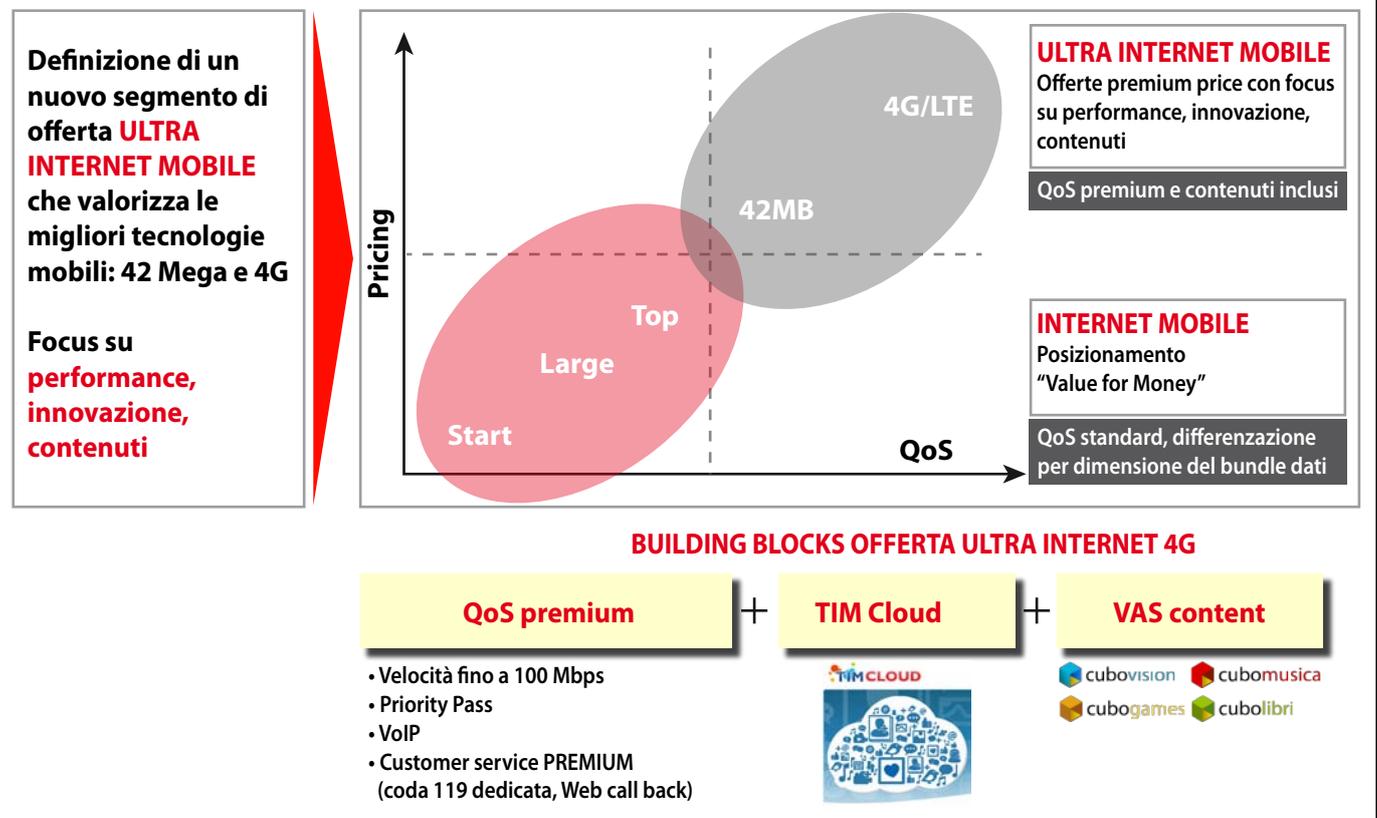
- **Punti Vendita:** nelle città con copertura 4G sono stati selezionati fino ad oggi circa 500 Negozi TIM allestiti con materiale BTL informativo ad hoc, inoltre in alcuni di questi sono anche allestite isole demo con tablet 4G per far toccare con mano le prestazioni dell'Ultra Internet.
- **Advertising:** dal lancio ad oggi l'Ultra Internet ha avuto parti-

colare risalto nel palinsesto advertising di TIM con campagne affissioni e stampa nelle zone di copertura ed anche campagne TV.

- **Web:** nell'ambito di tim.it è stato creato un "mini sito" dedicato all'Ultra Internet con materiale e video tutorial, mappe di copertura ed overview delle offerte commerciali.

Il lancio commerciale dei servizi TIM basati sulla tecnologia LTE è il risultato degli importanti investimenti fatti da Telecom Italia per la realizzazione della nuova rete 4G, confermando in questo modo la volontà dell'azienda di giocare il ruolo di leader nella realizzazione di reti sempre più moderne e in grado di offrire nuovi servizi tecnologicamente evoluti che rispondano alle esigenze dei nostri clienti.

Figura 4 - Posizionamento Ultra Internet



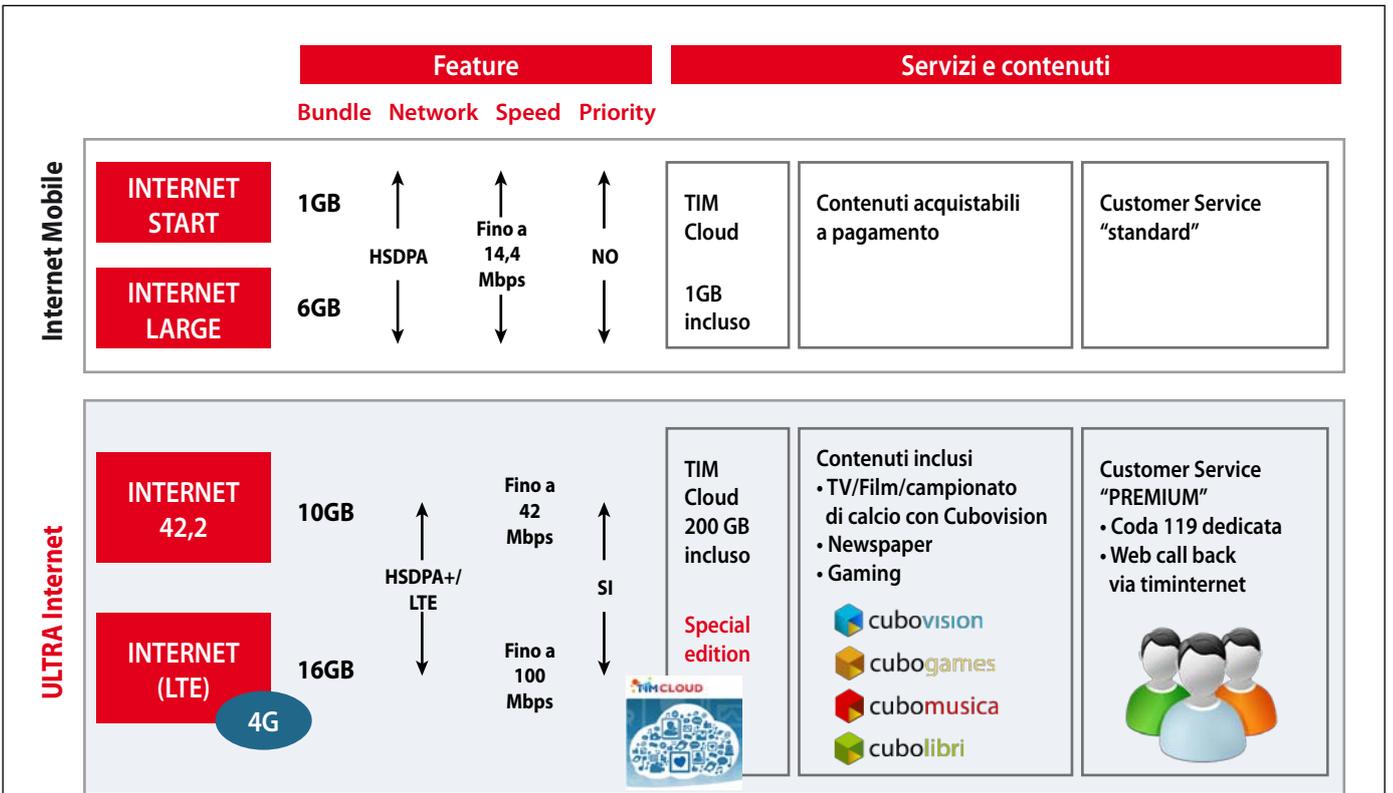


Figura 5 - Struttura del portafoglio d'offerta internet

Figura 6 - Beyond the connectivity



cubovision
25 canali, migliaia di film e serie TV e il campionato di Calcio Serie A TIM



cubolibri
Il tuo giornale preferito, ogni giorno sul tablet o PC



cubogames
Giochi in HD ottimizzati per Tablet



cubomusica
Un nuovo modo di ascoltare la musica: oltre 4 milioni di brani sempre con te

Conclusioni

Dall'analisi del contesto di mercato e dei nuovi scenari di servizi emerge come LTE rappresenti un nuovo ecosistema capace di fornire agli operatori mobili una opportunità chiave per rilanciare il ruolo dell'operatore nell'ambito dell'evoluzione dei servizi del MBB. Ovviamente la modalità e le leve cambiano in maniera forte in funzione della struttura del mercato, della fase tecnologica di dispiegamento e dalle aree di business presidiate dall'operatore.

In ogni caso l'operatore Telco deve interpretare LTE non come una semplice evoluzione tecnologica ma, grazie alla "disruption" legata all'incremento delle prestazioni in mobilità e alle nuove famiglie di device sempre più "smart", come un abilitatore capace di creare un nuovo ecosistema di servizi. Per tradurre tutto questo in valore per il cliente e in opportunità di business è necessario un cambio di

paradigma sia nel modello di business dello sviluppo della rete sia nelle modalità di offerta e commerciali ■



Bibliografia

- Mobile data revenue not yet compensating for declining voice prices in EU mobile markets - Joss Gillet, Senior Analyst, Wireless Intelligence, 2013
- Divide between European and U.S. telcos widens - Business & Financial News, Breaking US & International News|Reuters.com, 2013
- <http://www.juniperresearch.com/viewpressrelease.php?pr=370>
- <http://www.hancinema.net/skt-dominates-the-telecompetition-40647.html>
- Successful LTE strategies - White Paper Informa
- LTE Operator Strategies - Nokia Siemens Network GSMA Barcellona 2103
- <http://www.telecoms.com/130971/sk-telecom-revamps-pricing-strategy>

alessandra.bucci@telecomitalia.it
 daniele.franceschini@telecomitalia.it
 emanuele.ranieri@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



Alessandra Bucci

dopo 8 anni di esperienza nel marketing del largo consumo (Unilever, Bristol Myers Squibb), entra in Telecom Italia Mobile nel 1999 con il ruolo di Trade Marketing Manager. Successivamente ricopre diversi ruoli di Marketing Manager con la responsabilità dello sviluppo servizi in ambito sia Consumer che Business, contribuendo al lancio delle nuove offerte e servizi che hanno favorito la diffusione dei servizi mobili in Italia. Dopo aver ricoperto il ruolo di direttore Marketing Business, nel 2012 diventa direttore Marketing Consumer Mobile, posizione che ricopre attualmente. Collabora con diverse Università come relatrice Marketing, e come consulente volontaria per organizzazioni no profit per la definizione delle strategie e dei piani di Marketing e fundraising.



Daniele Franceschini

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



Emanuele Ranieri

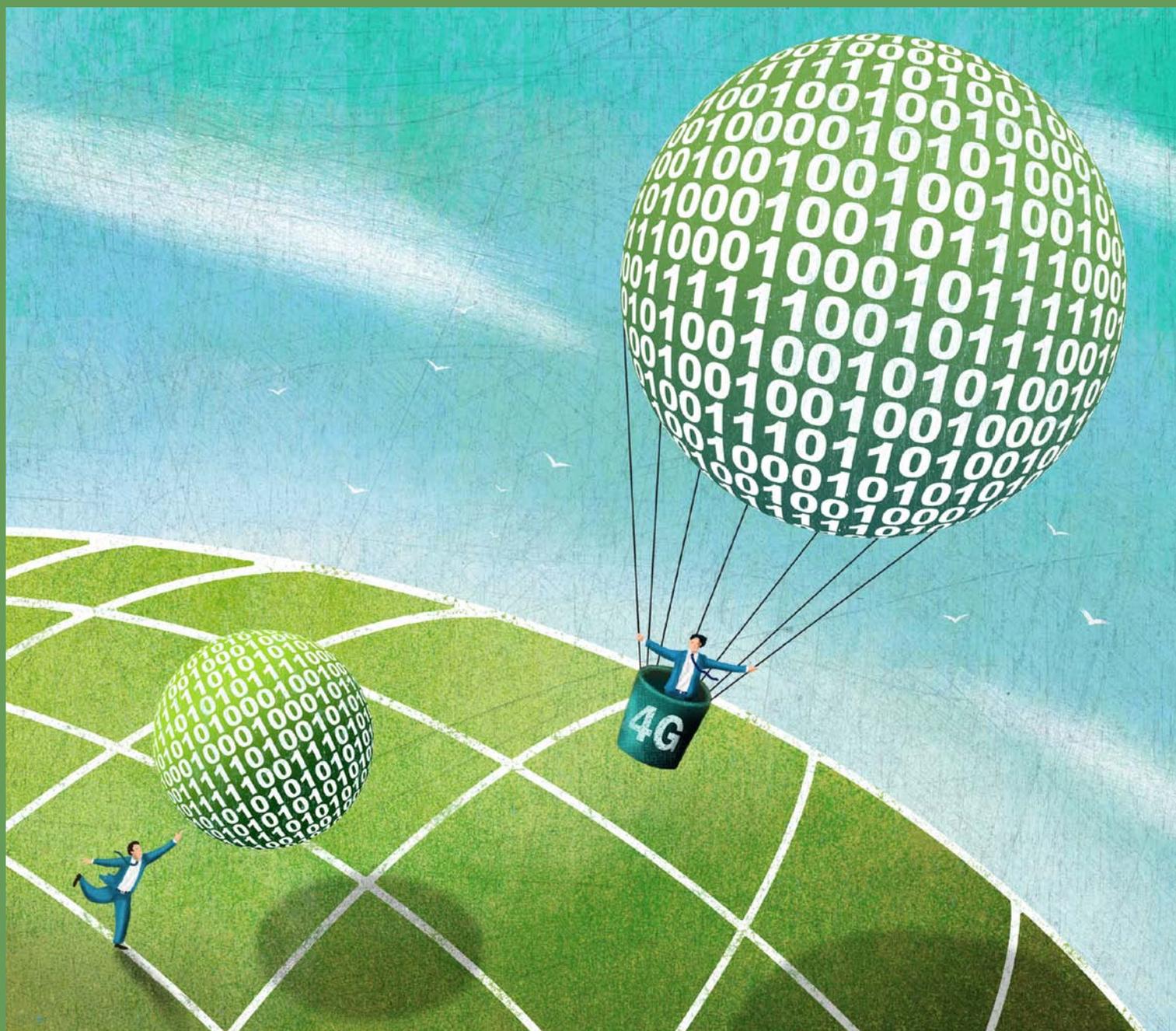
dopo circa 8 anni di esperienza nel mondo dell'Industria, della consulenza strategica e del venture capital, entra nel 2002 in Telecom con il ruolo di responsabile Marketing e Operations della BU IT Mercato. Successivamente ricopre diversi ruoli all'interno del Gruppo tra cui quello di responsabile della Pianificazione Strategica e di direttore marketing della divisione Top Clients occupandosi tra l'altro del lancio dei nuovi servizi di Cloud Computing di TI per le Aziende e del relativo brand Nuvola Italiana. Attualmente è responsabile della Funzione New Generation Services e si occupa al livello di Gruppo TI dello scouting e posizionamento di servizi di nuova generazione sia per la clientela Consumer che Business. Collabora con diverse Università e società di ricerca come relatore sulle tematiche di marketing, corporate e business development.



LA CORE NETWORK MOBILE A PACCHETTO: DAL 3G AL 4G

Alessandro Betti, Stefano Di Mino, Ivano Guardini

LE TECNOLOGIE DELLE NUOVE RETI



Se si volesse sintetizzare con un unico slogan l'evoluzione della rete dati mobile, basterebbe dire: "all IP". Ad essere basata sulla tecnologia IP non è però più soltanto la componente di trasporto della rete mobile, ma lo sono anche il charging, le soluzioni per la gestione della QoS ed i meccanismi di traffic management per il controllo della congestione. Nelle prossime pagine si cercherà di dimostrare l'assunto, descrivendo i molteplici passi evolutivi effettuati negli ultimi anni, le motivazioni che li hanno sospinti e le sfide che ancora ci attendono nel prossimo futuro.

1 La rete GPRS

1.1 Architettura di riferimento

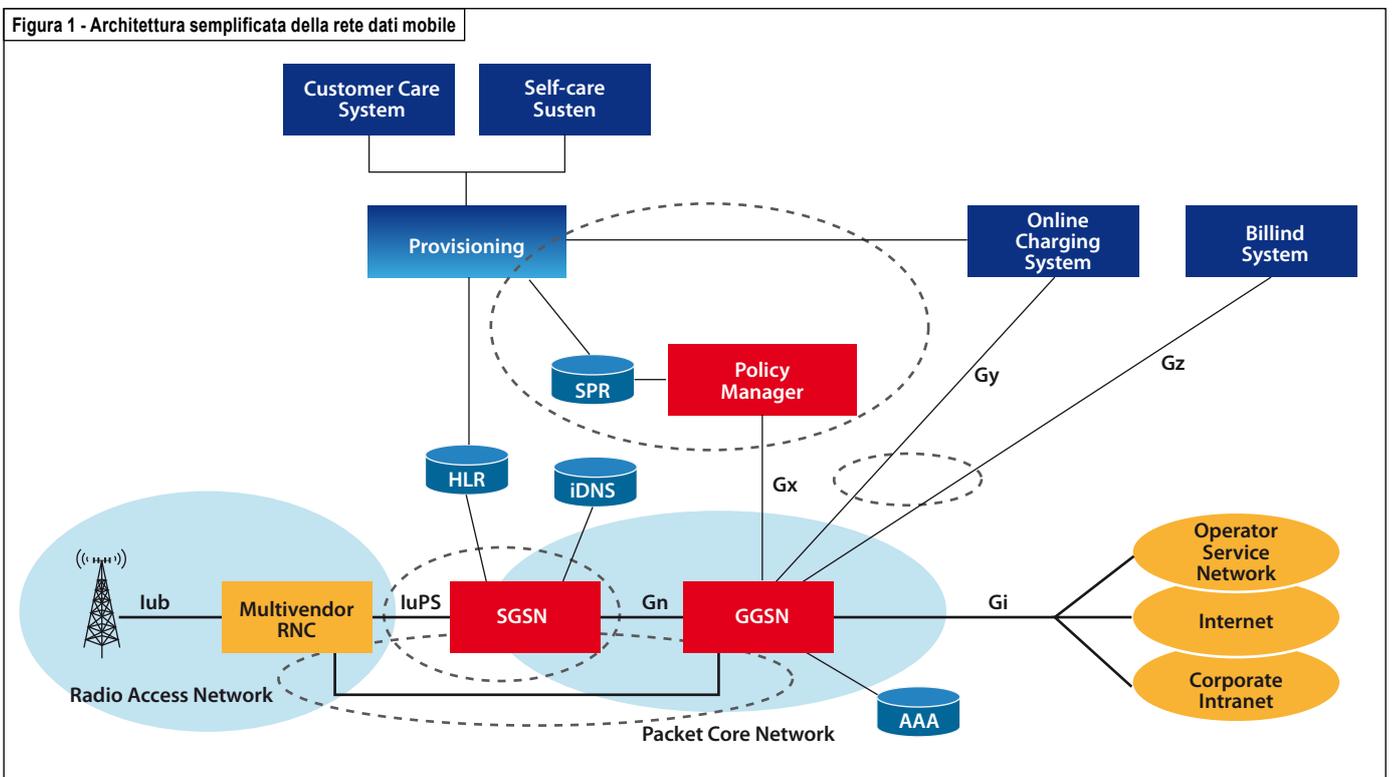
La Figura 1 illustra in maniera semplificata l'architettura logica

di riferimento della core network mobile a pacchetto di Telecom Italia, evidenziandone le principali entità funzionali e le relative interfacce logiche.

I principali elementi funzionali presenti nell'architettura sono:

- L'accesso radio, comprendente;
 - RNC (*Radio Network Controller*): controllore radio 3G preposto alla gestione degli handover tra celle 3G, alla gestione del paging ed all'allocazione delle risorse radio e

Figura 1 - Architettura semplificata della rete dati mobile



di trasporto. L'RNC concentra il traffico raccolto dai Node B verso la core network;

- BSC (*Base Station Controller*): controllore radio 2G preposto alla gestione delle adiacenze tra celle 2G, alla gestione del paging ed all'allocazione delle risorse radio e di trasporto. Il BSC concentra il traffico raccolto dalle BTS verso la core network;
- La rete di trasporto, costituita dai NAM-PE (*Nodo Accesso Multiservizio - Provider Edge*), ovvero switch di livello 2/3 che realizzano l'infrastruttura di interconnessione IP tra i nodi della core network a pacchetto all'interno del PoP, nonché la piattaforma di routing per l'instradamento attraverso il backbone OPB e le VPN in esso definite. Per semplicità raffigurativa la rete di trasporto non è rappresentata in Figura 1.
- La core network mobile vera e propria, costituita da:
 - SGSN (*Serving GPRS Support Node*): nodo di controllo responsabile per l'autenticazione degli utenti, la gestione della mobilità, il session management, la QoS, l'interfacciamento verso l'accesso radio, l'instradamento del traffico verso i GGSN e la gestione dei visitatori internazionali in roaming sulla rete Telecom Italia (inbound roaming);
 - GGSN (*Gateway GPRS Support Node*): gateway responsabile per l'instradamento verso le reti dati esterne identificate da un APN (*Access Point Name*), ad esempio Internet, l'assegnazione degli indirizzi IP ai terminali, la documentazione per fini legali, la tariffazione e gestione degli utenti Telecom Italia in

roaming presso altri operatori (outbound roaming);

- iDNS (*internal Domain Name Server*): server DNS di servizio utilizzato per risolvere i nomi degli APN e restituire l'indirizzo del/dei GGSN che li gestiscono;
- HLR (*Home Location Register*): database che contiene i profili di sottoscrizione al servizio degli utenti e le chiavi per autenticazione degli utenti;
- Policy Manager: piattaforma di controllo in grado di interagire con gli apparati di rete per modificare in tempo reale le politiche di trattamento traffico (si veda il riquadro sull'architettura PCC);
- AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*): server RADIUS che autorizza le sessioni dati d'utente.

Tali apparati e piattaforme di core network sono distribuiti geograficamente sul territorio per motivi di ridondanza e di distribuzione del traffico.

A contorno della rete, ma ovviamente non meno importanti, si trovano:

- Le piattaforme che regolano gli aspetti di profilatura dei Clienti (provisioning system in HLR e SPR), a supporto anche delle funzionalità di Customer Care e di Self Provisioning per l'acquisto di offerte commerciali o l'attivazione di servizi, usualmente per la Clientela Consumer tramite canali IVR, SMS e Web;
- Le catene di piattaforme per la gestione della tassazione (online ed offline charging);
- Le catene per CRM, data warehouse ed aspetti di AAGG.

Questa architettura è il frutto di importanti interventi evolutivi

effettuati in particolare negli ultimi anni. Le aree tratteggiate in figura indicano l'ambito di quelli più importanti, dal punto di vista dell'effort richiesto, degli impatti avuti e delle conseguenze sui servizi.

Tra essi spiccano i seguenti: il trasporto su IP, il 3G Direct Tunnel, l'SGSN in pool, l'accounting real time su interfaccia Gy e l'introduzione del Policy Manager.

Per far fronte all'ormai imminente esaurimento dello spazio di indirizzamento IP pubblico, causato dal diffondersi di terminali dati mobili, è stato inoltre avviato lo studio e la predisposizione infrastrutturale per la migrazione verso indirizzamento IP privato, l'introduzione della funzionalità di NAT (*Network Address Translation*) e la successiva evoluzione verso IPv6, la nuova versione del protocollo IP, che nel lungo termine permetterà di risolvere alla radice il problema, mettendo a disposizione dell'operatore uno spazio di indirizzamento virtualmente illimitato.

1.2 Trasporto su IP delle interfacce verso l'accesso radio

Il primo intervento di "ammmodernamento" della core network mobile a pacchetto 2G/3G in ottica "all IP" si è avuto sul livello di trasporto e di interconnessione tra l'accesso radio e la core network. Si è cominciato laddove più necessario, in virtù della maggiore mole di traffico trasportata, ovvero con l'introduzione del trasporto IP sull'interfaccia Iu per l'accesso 3G, per proseguire poi con l'interfaccia Gb per l'accesso 2G. L'architettura di trasporto risultante è illustrata in Figura 2.

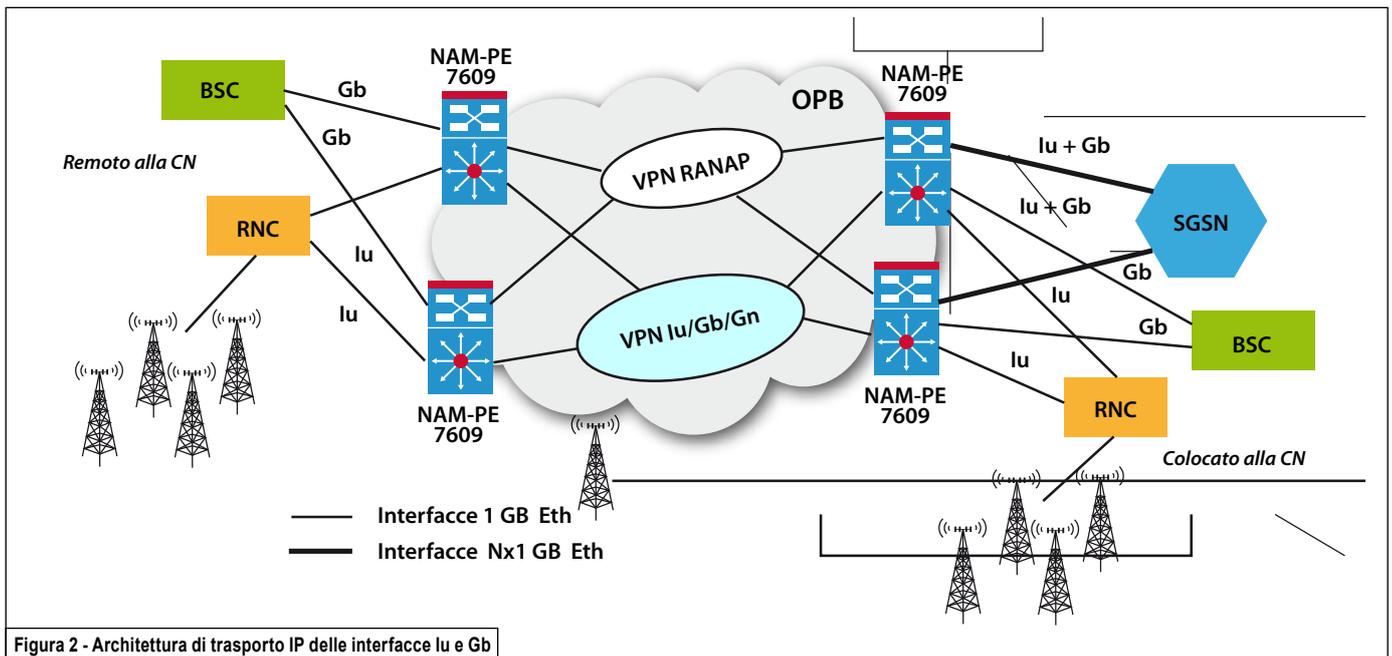


Figura 2 - Architettura di trasporto IP delle interfacce Iu e Gb

1.2.1 Iu over IP

La soluzione di trasporto IP per l'interfaccia Iu (Iu over IP) a standard 3GPP Rel-5 supera i limiti della architettura ATM tradizionale.

La nuova architettura, dispiegata per tutte le tecnologie radio inserite in rete Telecom Italia, prevede un trasporto basato su link Gigabit Ethernet e switch infrastrutturali di livello 2/3 con ruolo di PE (NAM), che instradano il traffico in VPN attraverso l'OPB (Optical Backbone) di Telecom Italia tra le sedi di RNC e quelle di core network. La soluzione ha permesso notevoli sinergie, poiché si basa sul riutilizzo di apparati IP già impiegati per altre interfacce (Gn, Gp, Gr e Gi) e sulla condivisione delle risorse del backbone.

L'attività, oltre a costituire un ammodernamento della rete mobile 3G in conformità allo standard 3GPP, ha determinato molteplici vantaggi dal punto di vista funzionale, capacitivo e operativo:

- con la soluzione di trasporto basata su IP si è ottenuta la totale indipendenza del dominio a pacchetto dal dominio a circuito, consentendo il riutilizzo (nel dominio a circuito) delle risorse di MGW (Media Gateway) liberate;
- il design e il dimensionamento risultano semplificati rispetto alla soluzione ATM, non dovendo più gestire e dimensionare VC (Virtual Circuit), VP (Virtual Path) e relativi descrittori di traffico, ad esempio in caso di rehomeing di RNC (riattestazione di RNC su SGSN differenti per esigenze di traffico o di reingegnerizzazione della rete di accesso);
- la banda disponibile per il traffico utente non è più limitata dalle interfacce fisiche di trasporto ma dalla sola capacità dei nodi SGSN. Inoltre tale capacità all'incirca raddoppia rispetto al caso ATM in virtù del fatto che gli SGSN sono ottimizzati per il trasporto su IP;

- in ultimo, ma si tratta dell'aspetto più importante, poiché con il trasporto IP viene realizzata una connettività a maglia completa mettendo in visibilità tutti gli RNC con tutti i SGSN e tutti gli RNC con tutti i GGSN, la Iu over IP abilita l'introduzione in rete di nuove importanti opzioni architetturali per l'accesso 3G, ovvero il 3G Direct Tunnel e l'SGSN in pool che saranno meglio descritti di seguito.

1.2.2 Gb over IP

Analogamente al caso dell'interfaccia Iu, anche l'interfaccia Gb tra SGSN ed i nodi BSC è stata interessata da un progetto di ammodernamento consistente nella migrazione dalla soluzione di trasporto tradizionale basata su link E1 in Frame Relay alla nuova soluzione di trasporto basata sullo stack protocollare UDP/IP/Ethernet.

La nuova soluzione riutilizza completamente l'infrastruttura realizzata per la Iu over IP (si veda la sezione precedente), ma ha richiesto lato radio alcuni ammodernamenti hardware dei nodi BSC, per dotarli di interfacce IP. Tali ammodernamenti sono stati realizzati nell'ambito del progetto Dream.

A differenza di quanto visto per l'interfaccia Iu, il principale driver per la migrazione verso IP dell'interfaccia Gb non è stato l'ampliamento della banda disponibile (il traffico 2G ha volumi molto inferiori rispetto a quello 3G), ma la semplificazione dell'architettura e l'abilitazione di nuove funzionalità. In particolare, implementando la Gb over IP si hanno i seguenti vantaggi:

- le configurazioni lato SGSN per integrare un BSC sono automatiche ed estremamente semplificate grazie ad uno specifico scambio di segnalazione tra i due nodi. Ad esempio, l'operazione di rehomeing di un BSC richiede soltanto la configurazione dell'indirizzo IP del nuovo SGSN sul nodo BSC stesso;
- il costo dell'infrastruttura trasmittiva è inferiore rispetto al caso dell'interfaccia Gb su Frame Relay/TDM e la soluzione risulta molto più scalabile al crescere del traffico;
- la capacità in termini di throughput dei nodi SGSN risulta più elevata;
- a differenza della soluzione di trasporto TDM basata su link punto-punto, la visibilità a maglia completa tra i nodi BSC e i nodi SGSN realizzata dalla Gb over IP abilita architetture di tipo SGSN in pool anche sull'accesso 2G.

1.3 Il Direct Tunnel

Un secondo passo fondamentale per l'ammodernamento dell'architettura di rete mobile per l'accesso 3G è stato l'introduzione dell'architettura 3GDT (*3G Direct Tunnel*) per alcuni APN di servizio, in particolare l'APN utilizzato per la navigazione Internet da USB dongle e tablet (cioè l'APN IBOX).

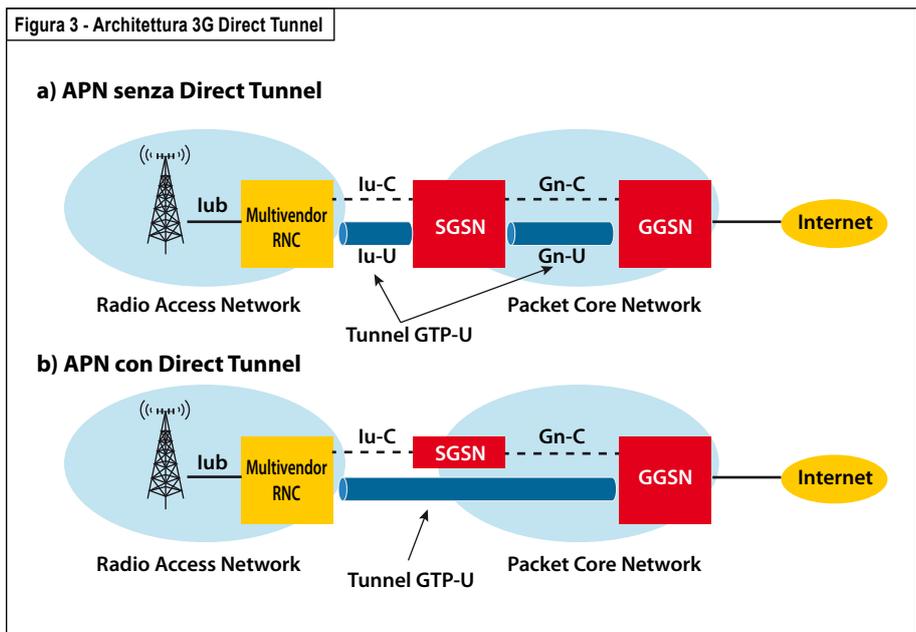
Il 3GDT è un'opzione architetturale specificata dallo standard 3GPP a partire dalla Rel-7, che prevede il trasferimento diretto dello User Plane (i dati trasmessi e/o ricevuti dal Cliente) tra RNC e GGSN, eliminando il ruolo di aggregazione svolto dagli SGSN e determinando un'architettura di rete semplificata e meno gerarchica.

Come illustrato in Figura 3, mentre l'architettura tradizionale prevedeva che il trasporto del traffico avvenisse tramite un doppio tunnel GTP-U, tra RNC ed SGSN e tra SGSN e GGSN, la nuova architettura 3GDT prevede l'instaurazione di un tunnel GTP-U diretto

tra RNC e GGSN. Restano invece invariate le interfacce di Control Plane Iu-C, tra RNC e SGSN, e Gn-C, tra SGSN e GGSN.

Grazie al 3GDT l'SGSN non è più attraversato dal traffico dati scambiato sull'accesso 3G, ma mantiene comunque il controllo delle sessioni e della mobilità e la gestione della relativa segnalazione. I vantaggi derivanti dall'adozione dell'architettura 3GDT sono evidenti:

- l'SGSN non è più interessato dal traffico dati 3G (la stragrande maggioranza del traffico dati su rete mobile), con ovvi vantaggi dimensionali e quindi elevati risparmi economici;
- la scalabilità della core network al crescere del traffico è molto più elevata, in quanto è determinata dalla sola capacità dei GGSN che, rispetto agli SGSN, sono costruiti e dimensionati per processare volumi di traffico almeno di un ordine di grandezza più elevati;
- la latenza dovuta all'attraversamento della rete core è infe-



riore rispetto all'architettura tradizionale perché non deve essere più effettuato il doppio imbustamento del traffico nei tunnel GTP, a vantaggio dei servizi e delle applicazioni sensibili al ritardo.

Esistono altresì dei punti di attenzione che è opportuno richiamare:

- il traffico scambiato in roaming non può essere gestito in modalità 3GDT, per cui tale componente di traffico continua ad essere servita dal doppio tunnel GTP;
- se il 3GDT è attivo, non è possibile effettuare l'intercettazione giudiziaria sul SGSN, in quanto questo non è più attraversato dal traffico utente. Di conseguenza è necessario attivare l'intercettazione sul GGSN;
- l'utilizzo del 3GDT determina un incremento di segnalazione, poiché richiede l'invocazione di procedure GTP-C addizionali (PDP Context Update), per allineare i punti di terminazione del tunnel tra RNC e GGSN. Si può stimare con il 3GDT un incremento tipico del 40% del carico di segnalazione sul nodo GGSN.

Per questo motivo l'impiego del 3GDT risulta conveniente solo per gli APN caratterizzati da un elevato bit-rate ed elevati volumi di traffico, trasferimenti dati prolungati e persistenti, bassa mobilità. Ciò spiega la scelta effettuata di attivare il Direct Tunnel solo per l'APN di accesso ad Internet, che soddisfa pienamente i requisiti appena elencati, in quanto sviluppa la gran parte del traffico dati in rete mobile ed è utilizzato prevalentemente da USB dongle e tablet.

Per consentire l'adozione del 3GDT l'infrastruttura di trasporto IP della rete mobile di Telecom

Italia è stata adeguata a partire dal 2009 con l'adozione di una VPN MPLS comune in OPB per traffico Gn e Iu-U ed un contesto di routing comune sui router di accesso NAM/PE. È stato inoltre necessario migrare l'accounting real-time degli utenti prepagati e le funzioni di Lawful Interception dal SGSN al GGSN. Naturalmente ciò ha richiesto, oltre che un adeguamento delle release software di SGSN e GGSN, l'aggiornamento delle piattaforme IT di supporto (si veda la Figura 1).

1.4 SGSN Pool

Il terzo intervento "fondamentale" in ottica resilience di servizio è l'SGSN in pool.

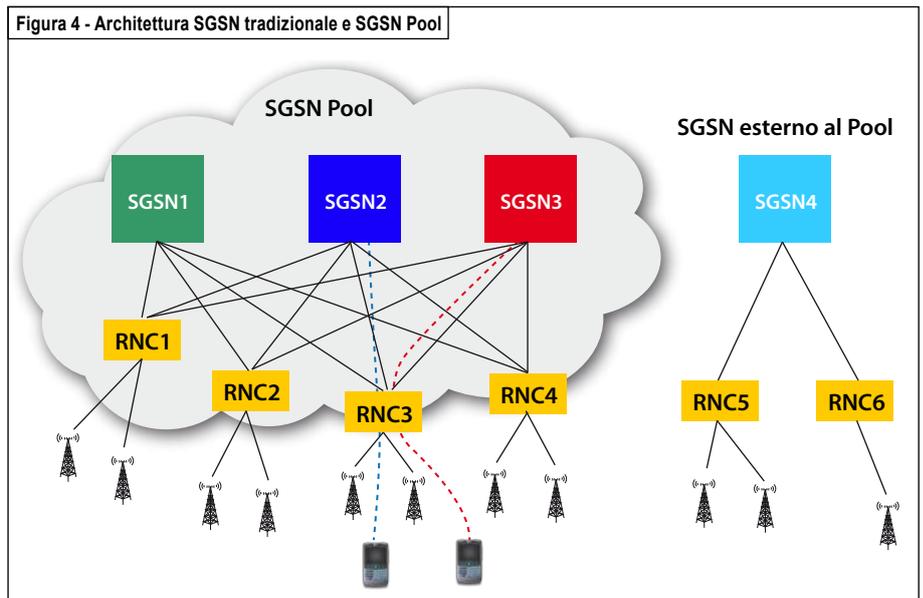
Un pool di SGSN è un insieme di nodi SGSN configurati per servire una porzione comune di rete radio, chiamata Pool Service Area. È possibile implementare sia Pool Service Area 2G che 3G ed uno stesso SGSN può servire contemporaneamente sia nodi BSC e/o RNC in pool che nodi BSC e/o RNC esterni al Pool.

La Pool Service Area può comprendere una o più Routing Area (RA). I BSC e/o gli RNC a cui sono attestate queste RA risultano connessi dal punto di vista logico a tutti gli SGSN che servono il pool.

Gli SGSN appartenenti ad un pool si dividono il carico dei terminali presenti nella Pool Service Area: non si tratta di un load-sharing del traffico ma degli utenti serviti. Se un SGSN del pool diviene indisponibile, i BSC o gli RNC possono effettuare un reindirizzamento della segnalazione e del traffico relativi ai terminali interessati dal guasto verso gli altri SGSN del pool, garantendo la prosecuzione del servizio in quelle aree.

Per ciò che riguarda la rete Telecom Italia, la funzionalità di SGSN Pool è stata inizialmente introdotta per l'accesso 3G, più maturo dal punto di vista del trasporto IP, ed è oggetto di estensione all'accesso 2G

La Figura 4 presenta un raffronto tra l'architettura tradizionale (sul lato destro) e l'architettura con SGSN Pool (sul lato sinistro).



Nell'architettura tradizionale le interfacce Iu-PS tra RNC ed SGSN sono interfacce punto-punto e questo ha delle conseguenze rilevanti:

- ogni SGSN deve essere dimensionato in modo da supportare l'utenza ed il traffico afferente ai propri RNC. Se la taglia degli RNC diviene paragonabile a quella degli SGSN, non è possibile attestare più di un RNC per nodo e si ha uno spreco di capacità lato SGSN;
- in caso di guasto di un SGSN si determina un grave disservizio per gli utenti presenti nelle aree di copertura servite dagli RNC attestati a quel SGSN;
- l'ampliamento di taglia di un RNC, il dispiegamento di un nuovo nodo RNC o la crescita del traffico in rete rendono necessarie frequenti operazioni di rehomings (cambio di attestazione degli RNC) per riorganizzare al meglio la capacità della core network a pacchetto.

Il passaggio ad un'architettura di tipo SGSN Pool sull'accesso 3G (lato sinistro della Figura 4), reso possibile dalla connettività a maglia completa tra SGSN e RNC abilitata dalla Iu over IP, ha consentito di superare i limiti appena descritti. Ogni SGSN ha logicamente attestati tutti gli RNC appartenenti alla Pool Service Area e serve una quota degli utenti complessivamente presenti nell'area di copertura corrispondente.

Tra le caratteristiche ed i vantaggi dell'architettura di tipo SGSN Pool è dunque possibile elencare i seguenti:

- ottimizzazione nello sfruttamento della capacità degli SGSN: il pool consente di mettere a fattore comune la capacità degli SGSN e sfruttarla completamente, anche nel caso

in cui gli RNC hanno capacità di throughput paragonabili all'SGSN, e consente di ridurre il margine dimensionale di progetto;

- ridondanza e robustezza del sistema in caso di fuori servizio di un SGSN: in caso di fuori servizio di un SGSN per O&M o per guasto, tutti gli utenti da esso gestiti possono essere presi in carico dagli altri nodi SGSN del pool. La presa in carico degli utenti disserviti da parte degli altri SGSN non è automatica, ma avviene in seguito ad una nuova procedura di Attach, grazie alla quale l'RNC instrada la segnalazione verso un altro SGSN del pool, nel quale l'utente viene registrato per essere servito da lì in avanti;
- riduzione del RAU (*Routing Area Update*) Inter-SGSN: la mobilità 3G-3G tra RNC membri del pool diviene tutta Intra-SGSN (non richiede segnalazione verso HLR e GGSN), perché non comporta mai il cambio di SGSN. In generale la Pool Service Area è molto più ampia di una service area servita da un singolo SGSN e quindi gli eventi di mobilità Inter-SGSN diminuiscono;
- rehomings non necessari o semplificati: la distribuzione del carico tra i nodi SGSN può essere variata semplicemente tramite modifica della parametrizzazione degli RNC, senza necessità di modifiche a livello fisico/logico di interfaccia o di dati lato SGSN.

Per incrementare la capacità, è sufficiente aggiungere nuovi nodi SGSN nel pool ed aggiornare la configurazione degli RNC, in modo da considerare anche i nuovi nodi SGSN nella distribuzione degli utenti.

La distribuzione degli utenti tra gli SGSN del pool è stabilita dagli RNC, in occasione della prima procedura di Attach o della prima procedura di Routing Area Update eseguita all'ingresso dell'utente nella Pool Service Area, instradando la relativa segnalazione verso uno dei nodi SGSN appartenenti al pool. L'RNC sceglie l'SGSN su cui attestare uno specifico utente secondo algoritmi di tipo round-robin, oppure sulla base di pesi relativi, configurati staticamente in RNC, che consentono un bilanciamento del carico tra i diversi SGSN secondo le rispettive capacità. La seconda modalità è fondamentale per implementare pool contenenti SGSN non omogenei come taglia capacitativa, modulando il carico dei nodi membri del pool in modo da ottimizzarne il riempimento.

L'attivazione del pool sul solo accesso 3G determina una disottimizzazione nella gestione della mobilità intersistema 2G-3G ed un conseguente aggravio di segnalazione per i nodi SGSN, che potrà essere superato estendendo l'architettura di tipo pool anche all'accesso 2G.

L'architettura di tipo pool offre infine la possibilità di spostare in maniera flessibile gli utenti da un SGSN membro del pool ad un altro, in preparazione della messa fuori servizio di un nodo SGSN o per ottimizzare il bilanciamento dell'utenza o del traffico tra i nodi SGSN. L'operatore può forzare lo spostamento dei terminali tra gli SGSN membri del pool, con impatto minimo sul servizio, tramite una procedura manuale di esercizio. È possibile specificare il numero di terminali 2G e 3G da spostare, gli SGSN membri del pool verso cui spostare tali quote di utenza, o limitare l'operazione

a determinati insiemi di utenti identificati su base serie IMSI o Routing Area di appartenenza.

2 Controllo ed accounting

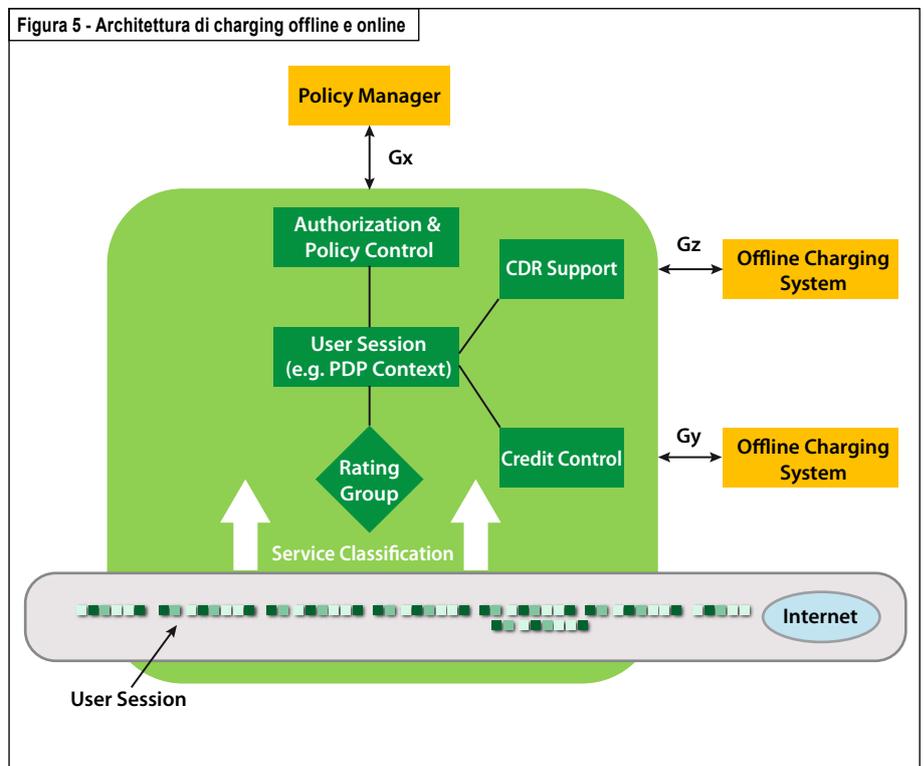
Nel corso degli anni, parallelamente al proliferare sul mercato di terminali mobili in grado di scambiare grosse moli di dati (smartphone, USB dongle e tablet) ed al conseguente incremento di traffico, è nata la necessità da parte dell'Operatore di ampliare il proprio portafoglio di servizi con la creazione di offerte che tengano conto delle diverse esigenze dei Clienti, della tipologia di terminale e di obblighi legali di recente introduzione, come ad esempio la delibera AGCOM 326/10. Si è reso quindi necessario arricchire progressivamente di nuove funzionalità lo strato di controllo della rete e dei servizi, con ciò intendendo il controllo della sessione dati e della sua documentabilità, ovvero le funzioni di accounting e charging.

2.1 Charging Online e Offline

La tariffazione di una sessione dati (charging) richiede opportuni meccanismi di documentazione del traffico generato dall'utenza (accounting). Ciò può essere realizzato in modalità online, addebitando al Cliente il traffico scambiato nel momento stesso in cui viene generato, oppure in modalità offline, tramite la produzione di cartellini, denominati CDR (*Call Detail Record*), veicolati verso i sistemi di billing ed analizzati in una successiva fase di post-elaborazione.

La rete dati mobile di Telecom Italia supporta da tempo entrambe le modalità di tariffazione appena descritte. Inizialmente ciò era realizzato tramite un'implementazione basata su meccanismi di Rete Intelligente, cioè il protocollo CAMEL. Il fulcro dell'architettura CAMEL era l'SGSN, a cui veniva demandata la raccolta delle informazioni di accounting sul traffico scambiato dall'utenza. L'evoluzione degli standard sul fronte della tassazione, con la standardizzazione dell'interfaccia Gy, ha spinto all'innovazione anche su questo fronte, aiutando a superare alcuni limiti funzionali della soluzione iniziale ed abilitando l'evoluzione verso un'architettura di rete ottimizzata per lo smaltimento di grossi volumi di dati. La migrazione da CAMEL alla tassazione tramite interfaccia Gy, basata su Diameter e gestita dal GGSN, si è resa difatti necessaria per abilitare il Direct Tunnel

sull'accesso 3G, in quanto nella nuova architettura, come visto in precedenza, l'SGSN non è attraversato dal traffico dati di utente e quindi non ne può eseguire l'accounting. Il passaggio alla tariffazione gestita dal GGSN tramite l'interfaccia Gy si è reso necessario anche per consentire il lancio di nuove offerte di servizio associate ad un bundle di traffico. Infatti, continuando a conteggiare il traffico sul SGSN non sarebbe stato possibile gestire correttamente il superamento del bundle di traffico incluso nell'offerta commerciale acquistata, dato che la conseguente riduzione di banda applicata dal GGSN sarebbe avvenuta su un flusso dati già documentato dal SGSN e quindi già valorizzato per il Cliente. Per ciò che riguarda il controllo e l'accounting, un GGSN può essere schematizzato in maniera estremamente semplificata come illustrato in Figura 5.



Il traffico generato dagli utenti viene classificato in maniera automatica dal nodo per il tipo di servizio previsto, associandolo ad un Rating Group (e.g. può essere conteggiato il volume di traffico di navigazione Internet oppure possono essere classificate le URL visitate, qualora siano presenti politiche di tassazione differenziata delle stesse).

Tale informazione viene veicolata assieme ad un nutrito gruppo di altri parametri (e.g. l'MSISDN, l'indirizzo dell'GSN che gestisce il Cliente, il Radio Access Type, etc.) ai sistemi di tassazione online OCS (*On Line Charging System*), tramite l'interfaccia Gy, per le opportune elaborazioni. Le medesime informazioni sono incluse anche nei CDR che vengono trasferiti periodicamente ai sistemi di tassazione offline tramite l'interfaccia Gz.

L'interfaccia Gx verso il Policy Manager, anch'essa basata su protocollo Diameter, consente al GGSN di ricevere indicazioni su eventuali azioni da applicare al traffico utente (e.g. riduzione del bit-rate massimo consentito per il Cliente, in caso di superamento di bundle di traffico) e/o informare il Policy Manager sul volume di traffico sviluppato dal Cliente (*usage reporting*).

Nel momento in cui il terminale richiede l'apertura di una sessione dati, cioè un PDP Context verso uno specifico APN, dopo una fase di segnalazione fra GGSN e Policy Manager, viene instaurata una sessione di controllo del credito tra GGSN ed OCS, sull'interfaccia Gy. In questa fase il GGSN chiede al OCS l'allocazione di una quota, in tempo o volume di traffico, da assegnare al Cliente. Se tale quota è disponibile, sulla base del credito residuo del Client-

te, l'OCS la riserva e la comunica al GGSN, che autorizza la sessione. Se nel corso della sessione la quota inizialmente assegnata viene consumata, il GGSN effettua una nuova richiesta al OCS che, se disponibile, riserva un'ulteriore quota garantendo la continuità della sessione. Tale procedura si ripete fino alla chiusura della sessione da parte dell'utente (in tal caso GGSN riporta a OCS quanto realmente consumato) oppure da parte del OCS (ad esempio in caso di fine credito).

2.2 Policy Control e QoS

Negli ultimi anni si è assistito ad una crescita verticale del traffico in rete mobile. Di conseguenza, per assicurare la sostenibilità economica della propria offerta di servizio, tutti gli operatori si sono trovati di fronte all'esigenza di ottimizzare l'utilizzo delle risorse di rete e garantire un'equa ripartizione della capacità disponibile tra tutti i Clienti.

Per rispondere a questa esigenza è stato necessario dispiegare un sistema, denominato Policy Manager, o PCRF nella terminologia 3GPP, in grado di interagire con gli apparati di rete per modificare in tempo reale le politiche di trattamento traffico. Ulteriori dettagli sulle funzionalità del Policy Manager sono riportati nel riquadro sull'architettura PCC 3GPP.

Attraverso il Policy Manager è possibile implementare meccanismi di protezione della rete per evitare che la piccola minoranza di utenti che genera grosse moli di traffico con laschi vincoli temporali (con applicazioni "bandwidth hungry" quali il file sharing peer-to-peer) possa compromettere l'esperien-

L'architettura PCC 3GPP

Il PCC (*Policy & Charging Control*) è l'architettura definita dal 3GPP per il controllo delle funzionalità di QoS e di charging applicate in rete. In Figura A è illustrata l'architettura di riferimento 3GPP del PCC.

L'elemento centrale dell'architettura (il "decision taker") è il PCRF (*Policy Control and Charging Rules Function*), a cui è demandata la definizione delle policy di:

- *Access Control*: abilitazione dei flussi IP autorizzati o meno ad attraversare la rete dell'Operatore;
- *QoS Control*: assegnazione e gestione di una policy di QoS specifica per flusso e per utente;
- *Charging Control*: gestione di un profilo di charging online/offline specifico per flusso e per utente;
- *Usage Monitoring Control*: monitoraggio delle risorse utilizzate da un utente (in termini di traffico scambiato in uplink e downlink) e conseguente attuazione di regole ad hoc (ad esempio al superamento di una specifica soglia di utilizzo);
- *Application and Detection Control*: il PCRF attiva verso i nodi di trasporto PCEF o TDF (*Traffic Detection Function*, ovvero una sonda DPI) la richiesta di riconoscimento del traffico a livello applicativo al fine di attuare specifiche azioni di enforcement (ad esempio il blocco o rate-limiting di una specifica applicazione).

La combinazione di tali funzionalità permette all'Operatore di confezionare servizi personalizzati ad alto valore aggiunto e specifici per Cliente.

Il PCRF interagisce con un repository (UDR o SPR), in cui sono contenuti i profili di servizio assegnati agli utenti dell'Operatore.

Esistono una serie di entità funzionali che interagiscono con il PCRF per in-

formarlo del verificarsi di determinate condizioni che richiedono la capacità decisionale del nodo. Lo standard 3GPP ha individuato in particolare l'AF (*Application Function*) come entità che, sulla base dell'applicazione individuata, può segnalare al PCRF il verificarsi di una determinata condizione che richiede l'attivazione di specifiche policy (e.g. di QoS e/o charging). Storicamente l'AF è stata pensata come una istanza del P-CSCF (ovvero del proxy node IMS), focalizzando l'applicabilità del modello PCC sui servizi IMS (e.g. presence, multimedia telephony, etc.) e proponendo un'interfaccia di interazione basata su Diameter; in realtà le esigenze di mercato hanno spinto a pensare ad una generalizzazione del modello di AF anche al di fuori del mondo IMS, per il controllo di servizi applicativi di varia natura: si pensi ai servizi Web, ai servizi di gaming o di streaming, ad ambiti di telelavoro o di telemonitoring dove possono essere individuate specifiche esigenze di QoS e di charging da applicare all'utente. Oltre all'AF un altro nodo in grado di interagire con il PCRF è l'OCS (*Online Char-*

ging System): lo standard 3GPP sta introducendo l'interfaccia Sy per abilitare il trasferimento di informazioni di charging tra le due entità. Ciò permetterà al PCRF di prendere decisioni ed applicare policy in rete tenendo conto dello stato dei contatori aggiornati nell'OCS. Ad esempio sarà possibile per il PCRF restringere la banda utilizzabile da un Cliente o modificarne il profilo di QoS (priority, parametri di delay, ecc.) al superamento di determinate soglie di spesa.

Si è parlato del PCRF come nodo a cui viene chiesto di prendere decisioni, ma quali sono i nodi di rete su cui il PCRF può eseguire l'enforcement delle policy che ne conseguono?

A partire dall'accesso 3G (ed applicabile anche a quello 2G) l'entità funzionale che esegue le regole di policy & charging è il PCEF (*Policy and Charging Enforcement Function*). Tale funzionalità è associata al gateway dell'Operatore, cioè il GGSN nel GPRS ed il PGW nel EPS. Nell'architettura PCC il PCEF include le funzionalità necessarie per il rilevamento dei flussi dati d'utente, la reindiriziona del traffico (ad esempio verso un portale di benvenuto), il monitoraggio

e la gestione del traffico e le interazioni con i nodi di charging. Su quest'ultimo aspetto si noti che mentre l'interazione tra PCEF e OCS consente di scambiare informazioni sul traffico che servono all'OCS per tariffare correttamente utenti (consumo di byte, durata delle sessioni, eventi), l'interazione tra OCS e PCRF è di natura completamente diversa: essa permette al OCS di notificare al PCRF il verificarsi di determinate condizioni (misurate sul PCEF) che possono portare all'applicazione di una specifica policy da parte del PCRF.

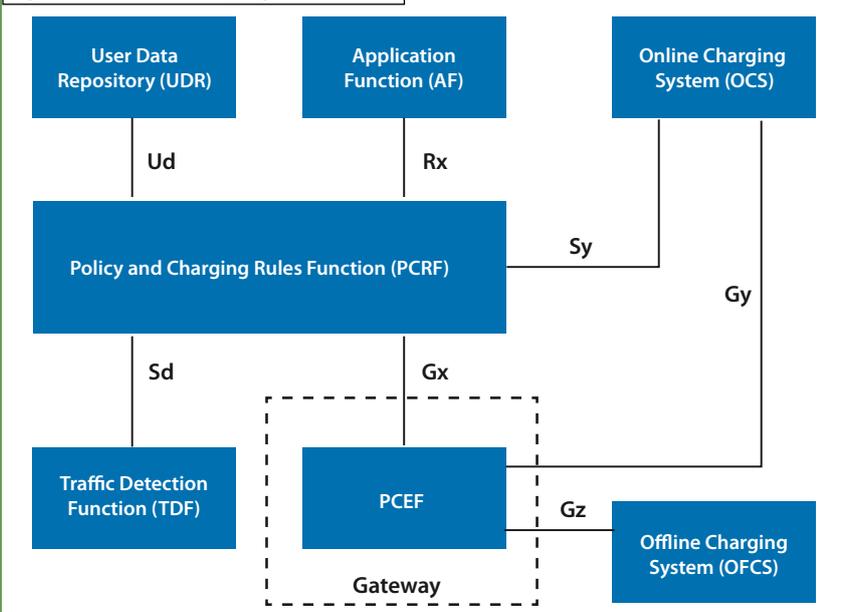
L'introduzione di LTE ed il riconoscimento di modelli in cui le funzionalità di traffic detection si svolgono all'esterno dei nodi già previsti in ambito 3G (si pensi alle sonde DPI) hanno portato alla definizione di un nuovo elemento di enforcement noto come TDF (*Traffic Detection Function*): questo modello risulta particolarmente interessante non solo in ambito mobile, ma anche nel mondo fisso, andando a colmare una serie di lacune che il 3GPP si portava da tempo verso questi tipi di accessi.

L'evoluzione del PCC all'interno dello standard 3GPP ha permesso anche di definire un modello più raffinato di architettura volto alla gestione delle policy di QoS e charging anche tra Operatori in roaming, prevedendo le interazioni tra due nodi PCRF appartenenti a due diversi Operatori: questo modello è particolarmente significativo per gli scenari di roaming in local-breakout (abilitanti gli scenari di Voice over LTE).

Ad eccezione dell'interazione con il repository, l'architettura PCC si basa sul protocollo Diameter, candidandosi così ad essere una delle architetture che maggiormente spingono l'introduzione di tale componente di segnalazione all'interno della rete di un operatore ■

antonio.ascolese@telecomitalia.it

Figura A - Architettura PCC per gli accessi 3GPP



za d'uso di molti utenti maggiormente interessati ad applicazioni con scarse esigenze di banda, ma con requisiti temporali più stringenti (si pensi ad esempio al classico browsing, dove l'utente vuole scaricare pochi byte in tempi brevi). A tale scopo, interagendo con il GGSN, il Policy Manager può monitorare il volume di traffico scambiato da ogni Cliente e limitare dinamicamente la banda assegnata (ad esempio portandola a valori di alcune decine di kbps), qualora il Cliente superi un determinato limite giornaliero di traffico dati effettuato in una specifica fascia oraria. Se applicato nella fascia oraria di picco a tutti i Clienti, indipendentemente dal profilo di servizio sottoscritto e dall'applicazione che si sta utilizzando, questo meccanismo permette di effettuare la gestione del traffico, limitando il consumo di risorse da parte degli "heavy user" a beneficio della gran parte dei Clienti, continuando tuttavia a garantire a tutti l'accesso alla rete. Una evoluzione di tali meccanismo in sinergia con le evoluzioni sui sistemi di accesso e core network prevede che al raggiungimento della soglia di traffico non si agisca sulla banda di picco ma venga decrementata la classe di priorità assegnata a PDP Context dei Clienti "heavy user" sfavorendone il traffico rispetto ai rimanenti ma non limitandola rigidamente.

Il Policy Manager costituisce anche una leva fondamentale a disposizione dell'operatore per differenziare la propria offerta di servizio, creando diversi profili rivolti a fasce di Clientela con esigenze diverse. A tale proposito, mentre la profilatura in HLR permette di intervenire su un numero limitato di parametri ed è per sua natura statica, ovvero interviene

solo all'apertura del PDP Context verso uno specifico APN, il Policy Manager permette di controllare in maniera più fine, e soprattutto dinamicamente, il comportamento della rete e di modificare le politiche di trattamento del traffico su richiesta dell'utente, al verificarsi di certi eventi (come l'entrata in una certa fascia oraria e/o area geografica) o al sopraggiungere di determinate condizioni di rete. Sfruttando queste funzionalità è possibile:

- definire profili di servizio che si differenzino per la QoS offerta (limitatamente ai parametri gestibili attualmente dalle reti mobili, come ad esempio il MBR *Maximum Bit Rate*), consentendo una segmentazione dell'offerta;
- definire profili di servizio che si differenzino per le applicazioni supportate e/o per altre funzionalità di trattamento del traffico. Generalmente operazioni come l'ultima richiedono la propedeutica diffusione delle funzionalità di DPI (*Deep Packet Inspection*), descritte nell'apposito riquadro;
- costruire dei profili di offerta associati ad un bundle di traffico definito. È questo il caso (offerto commercialmente da TIM) delle offerte denominate CAP Unlimited, che prevedono esplicitamente che la sottoscrizione includa una certa quantità di dati che il Cliente può utilizzare in un certo arco temporale senza incorrere in ulteriori spese (e.g. 1 GByte/mese). In caso di superamento del bundle si applica un'evidente limitazione di banda al Cliente, evitando però la tassazione sino al rinnovo dell'offerta. La differenza rispetto ai casi di limitazione descritti in prece-

denza è che i valori di soglia e le politiche di trattamento del traffico da applicare al superamento delle stesse non sono uguali per tutti i Clienti, ma dipendono dallo specifico profilo di servizio sottoscritto.

- abilitare nuove funzionalità a supporto del Cliente, come la limitazione di banda in caso del superamento di una soglia di traffico (predefinita o personalizzata da parte del Cliente), per prevenire problemi di "bill shock" verso il Cliente, oppure la redirectione del traffico verso una pagina di cortesia a fronte di condizioni particolari (ad esempio credito esaurito) per eventuali ricariche o sottoscrizioni di nuove offerte.

3 IPv6 e NAT

Un tema ulteriore che, pur non essendo ad oggi operativo in campo, merita comunque particolare attenzione per gli sviluppi futuri è il dispiegamento di IPv6 e NAT (*Network Address Translator*).

Il funzionamento di una qualunque rete basata sul protocollo IP ha bisogno di indirizzi da assegnare agli apparati di rete ed ai terminali (PC, telefoni, ecc.). A livello mondiale l'allocatione degli indirizzi IP pubblici avviene tramite lo IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*), che distribuisce blocchi di indirizzi a cinque RIR (*Regional Internet Registry*), ai quali operatori ed ISP (*Internet Service Provider*) richiedono poi l'effettiva assegnazione. L'ente che si occupa delle assegnazioni per l'Europa, il Medio Oriente e l'Asia centrale è il RIPE NCC.

Con l'aumento del numero di dispositivi connessi ad Internet, la

capacità di indirizzamento della attuale versione del protocollo IP (la numero 4) sta diventando ormai insufficiente a soddisfare la domanda. Lo IANA ha esaurito la propria riserva di indirizzi il 3 febbraio 2011. Negli ultimi mesi il RIPE NCC, al pari degli altri RIR, non potendo più contare su nuove allocazioni da parte dello IANA, ha dovuto attingere alle proprie scorte, che ammontavano a cinque classi A (cinque blocchi di circa 16 milioni di indirizzi ciascuno). Il 14 settembre 2012 il RIPE NCC ha iniziato ad intaccare l'ultima classe A disponibile. Quando quest'ultimo blocco di indirizzi sarà esaurito non sarà più possibile per nessun operatore e/o ISP Europeo ottenere nuove allocazioni. La disponibilità di indirizzi IPv4 assegnabili in Italia è quindi ormai prossima all'esaurimento, soprattutto per effetto dell'incremento di richiesta di nuove attivazioni nel mondo dei Clienti mobili e per il contestuale aumento del grado di contemporaneità degli accessi dei Clienti di rete fissa.

La soluzione individuata per risolvere questo problema, ormai urgentissimo, prevede:

- il passaggio ad indirizzamento IPv4 privato per tutti i terminali mobili. Ciò richiederà il contestuale dispiegamento della funzionalità di NAT per abilitare l'accesso alla rete Internet;
- la progressiva migrazione verso IPv6, la nuova versione del protocollo IP che garantirà la disponibilità di un numero di indirizzi virtualmente illimitato, risolvendo il problema alla radice ed in via definitiva.

L'approccio scelto per la migrazione graduale da IPv4 ad IPv6, che richiederà certamente molti anni,

prevede che agli utenti dotati di terminali IPv6-ready venga offerta connettività dual-stack (IPv4 e IPv6). In altre parole, all'apertura della connessione verso uno specifico APN, il terminale riceve un indirizzo IPv4 ed un indirizzo IPv6:

- il terminale utilizza la connettività IPv6 se l'applicazione in uso e la destinazione contattata sono entrambe IPv6-capable;
- in tutti gli altri casi il terminale comunica tramite IPv4 e quindi, qualora si utilizzino indirizzi IPv4 privati, il traffico attraversa un NAT (per essere "tradotto" in un indirizzo IPv4 pubblico condiviso).

Questo approccio, condiviso dalla maggior parte degli operatori mobili e dei costruttori, è l'unico in grado di garantire la piena compatibilità con le applicazioni IPv4-only e l'accessibilità di qualunque destinazione su Internet.

4 La quarta generazione mobile: l'Evolved Packet System

4.1 Evoluzione dell'architettura di rete

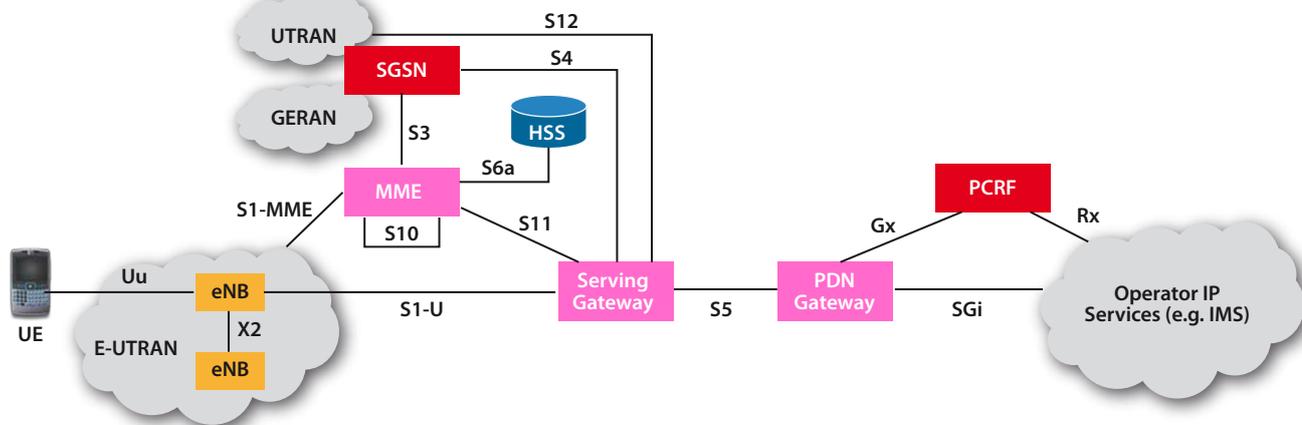
L'EPS (*Evolved Packet System*) è l'evoluzione del sistema GPRS standardizzata dal 3GPP e comprende un nuovo accesso radio in tecnologia OFDM, denominato E-UTRAN, ed una nuova core network completamente basata su IP, denominata EPC (*Evolved Packet Core*).

In Figura 6 è illustrata l'architettura di riferimento del EPS, negli scenari non di roaming e negli scenari di roaming con traffico home routed.

Le caratteristiche principali dell'architettura sono elencate di seguito:

- l'accesso E-UTRAN è caratterizzato da un'architettura flat ed è concettualmente equivalente all'integrazione delle funzioni di RNC e NodeB in un unico nodo di accesso, denominato evolved NodeB (eNodeB);
- esiste una separazione completa tra le entità preposte al controllo della mobilità, denominate MME (*Mobility Management Entity*), ed i nodi di trasporto, che sono il SGW (*Serving Gateway*) ed il PGW (*PDN Gateway*). Di conseguenza l'MME termina soltanto traffico di segnalazione e si dimensiona in base al numero di utenti connessi. Invece, SGW e PGW sono nodi di commutazione che si dimensionano in base al traffico da smaltire. È quindi supportato in modo nativo il principio di separazione tra controllo e trasporto introdotto nell'architettura 3G con il Direct Tunnel;
- l'MME termina la segnalazione di NAS (*Non Access Stratum*) ed è responsabile per l'autenticazione dello UE attraverso l'interfaccia S6a verso l'HSS. A differenza dell'interfaccia Gr/Gp tra SGSN e HLR, che è basata su MAP, l'interfaccia S6a è trasportata su Diameter;
- il SGW è simile alla parte di trasporto di un SGSN e fa da punto di ancoraggio per la mobilità tra E-UTRAN e UTRAN/GERAN. Ad ogni UE connesso al EPS è associato un unico SGW, di cui è però consentita la riallocazione a seguito degli eventi di mobilità;
- il PGW è l'evoluzione del GGSN e, come tale, fa da gateway di accesso alle reti IP esterne, denominate PDN (*Packet Data Network*), ed è responsabile per l'assegnazione degli indirizzi

a) Non roaming



b) Roaming con traffico homerouted

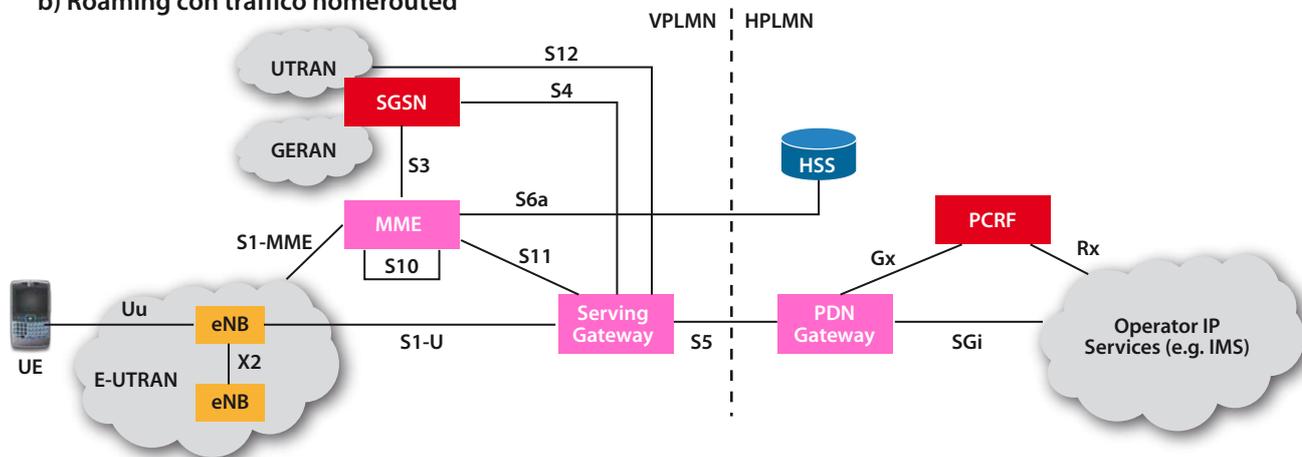


Figura 6 - Architettura del EPS per gli accessi 3GPP

IP agli utenti. Esempi di PDN sono Internet, le rete corporate o semplicemente le reti in cui sono dispiegati i servizi dell'operatore (e.g. IMS, portali). Ad ogni UE connesso al EPS possono essere associati più PGW, al fine di consentire l'accesso simultaneo a più PDN;

- tutte le interfacce tra i nodi del EPS sono interfacce logiche trasportate su IP.

Colocando o tenendo separati gli elementi funzionali appena descritti è possibile realizzare diverse opzioni implementative.

Ad esempio, implementando SGW e PGW sullo stesso apparato si ottiene un'architettura con un unico gateway, analoga a quella 3G con il Direct Tunnel.

4.2 Elementi di novità rispetto al GPRS

In Figura 7 è riportato un confronto puntuale tra l'architettura del EPS e quella dell'attuale sistema GPRS.

Mentre il PDN Gateway è molto simile ad un GGSN, le funziona-

lità di controllo svolte dal MME sono più pesanti rispetto all'attuale SGSN, in quanto l'MME eredita alcune funzionalità che erano del RNC, tra cui la cifratura della segnalazione scambiata con il terminale nelle fasi di autenticazione, gestione della mobilità, etc. e la replicazione dei messaggi di paging verso tutti gli eNodeB a cui potrebbe essere attestato il terminale in idle-mode.

Un altro aspetto particolarmente rilevante è che nell'accesso E-UTRAN, mancando il ruolo del RNC, il traffico utente è ci-

La Deep Packet Inspection

La tecnica di Deep Packet Inspection (DPI) consente l'analisi e la classificazione del traffico dati. Essa è diventata di recente un elemento di potenziale interesse nell'implementazione dei servizi dati a valore aggiunto, in quanto abilitatore prezioso per la differenziazione del profilo di offerta non solo su base utente ma anche sulla base della tipologia di servizio scelto. In congiunzione con il Policy Manager la DPI può dunque rappresentare in ottica prospettica un mezzo di arricchimento dell'esperienza d'uso dell'utente molto potente e versatile.

Rispetto alle tecniche classiche di classificazione del traffico (ad esempio adottate dai sistemi tradizionali di firewalling), le tecniche di DPI si caratterizzano per un'analisi automatica, che può coinvolgere non soltanto gli header IP e TCP/UDP (Layer 3 e 4 nello stack OSI), ma scendere ad un livello di profondità maggiore, analizzando anche la parte di header e payload applicativo dei pacchetti (Layer 7). Il risultato che si ottiene è una classificazione molto più fine ed accurata del traffico: ad esempio, la DPI può essere utilizzata per riconoscere, nell'ambito di una sessione dati, il traffico originato o diretto verso alcune direttrici (e.g. server di servizio video) per una opportuna tariffazione, oppure per distinguere il traffico associato alla voce (e.g. basata su RTP) dalla segnalazione (e.g. basata su SIP) per l'assegnazione di una opportuna QoS. L'analisi DPI può essere impiegata anche a fini statistici, per cercare di categorizzare la tipologia di traffico aggregato che attraversa una rete dati, oppure per arricchire gli header applicativi con informazioni di servizio (e.g. l'MSISDN), per abilitare il riconoscimento automatico del Cliente da parte

di determinati server applicativi al fine di consentire l'accesso facilitato ad alcuni servizi (e.g. casella e-mail).

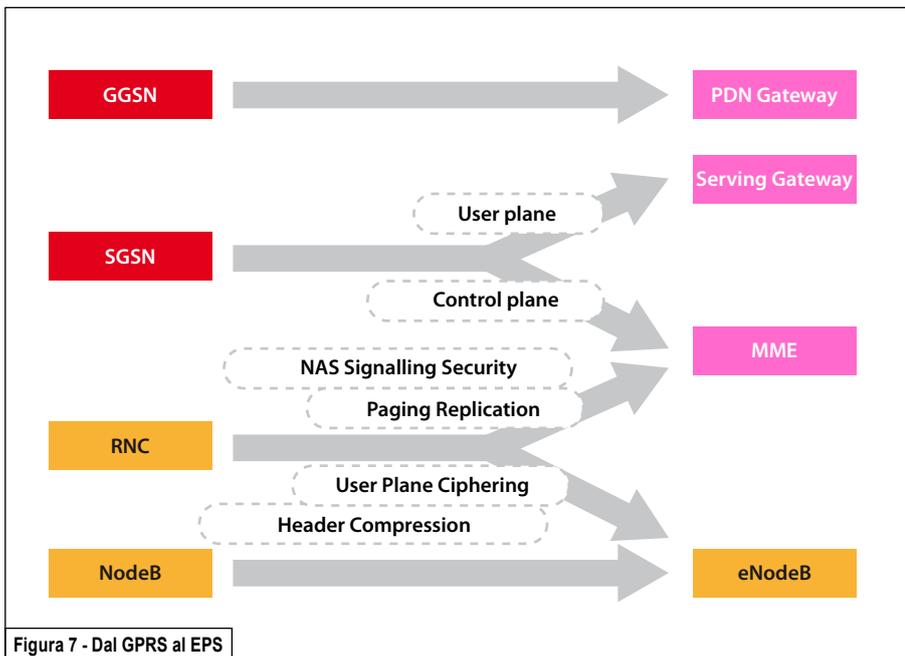
Le metodologie di analisi adottate per identificare il traffico si possono dividere in due grandi categorie:

- Ispezione degli header di L7: diversi applicativi adottano protocolli di comunicazione standard (rientrano in questa categoria il web browsing con protocollo HTTP, applicazioni VoIP basate su standard SIP, messaggistica alla JABBER); per questa categoria è sufficiente una ispezione degli header di pochi pacchetti per stabilire in modo deterministico di quale applicativo si tratti. Non essendo protocolli criptati si potrebbero ricavare informazioni ulteriori, ad esempio la URL richiesta dal browser.
- Analisi euristica: per identificare gli applicativi che utilizzino protocolli proprietari, non documentati e spesso criptati non è sufficiente ispezionare gli header L7 ma si deve ricorrere ad algoritmi più complessi che analizzino un numero (variabile) di pacchetti al fine di tentare di identificare quella che viene battezzata la "signature", cioè una impronta caratteristica di un determinato applicativo. Gli algoritmi in questione utilizzano varie logiche e parametri per cercare l'impronta. I più frequenti sono:
 - pattern binari (sequenze i di bit in uno/più pacchetti che si ripetono regolarmente, ad esempio all'avvio);
 - profilo di traffico (lunghezza e intervallo di interarrivo dei pacchetti);
 - lista di indirizzi IP contattati e porte TCP/UDP usate frequentemente;
 - correlazione fra più pacchetti all'interno dello stesso flusso (ad esempio rilevare una sequenza precisa di richieste/risposte).

Essendo basata su criteri probabilistici, l'analisi euristica presenta alcuni vincoli:

- ha un impatto computazionale significativo sul nodo che la esegue. In particolare, essa richiede un maggior consumo di capacità di processing (in termini di percentuale di utilizzazione della CPU) ed una maggiore occupazione di memoria. L'analisi euristica può quindi rappresentare un vero e proprio collo di bottiglia sul throughput dati aggregato di un apparato, nel caso debba essere applicata su tutto il traffico. È per questo che la sua implementazione spinta viene di solito effettuata ricorrendo ad apparati esterni dedicati, richiedendo CAPEX ed OPEX consistenti;
- non garantisce il riconoscimento di tutte le possibili applicazioni e, per una specifica applicazione, di tutte le sue versioni;
- non garantisce un riconoscimento istantaneo del flusso. A seconda del protocollo in questione e dell'euristica in uso, possono essere richiesti alcuni secondi prima che un certo flusso di traffico venga classificato correttamente;
- può non essere possibile discriminare flussi di traffico diversi (presence, chat, file sharing, video, etc.) generati dalla medesima applicazione;
- è richiesto un costante aggiornamento delle signature d'applicazione e dei modelli di comportamento su cui queste tecniche basano il riconoscimento del traffico ■

simone.ruffino@telecomitalia.it



frato soltanto fino al eNodeB. Di conseguenza, qualora la rete di raccolta non possa essere considerata sufficientemente sicura, è necessario proteggere l'interfaccia S1 tra eNodeB e SGW con una VPN IPsec. Ciò richiede il dispiegamento di Security Gateway, che fanno da punto di terminazione per i tunnel IPsec verso gli eNodeB, e di una Certification Authority.

Le sezioni che seguono forniscono ulteriori dettagli sugli altri elementi di novità che caratterizzano l'Evolved Packet System rispetto al GPRS.

4.2.1 Modello di servizio always-on

Il nuovo accesso E-UTRAN è stato definito con l'obiettivo di offrire agli utenti un servizio di tipo always-on. È quindi previsto che ogni terminale attestato ad E-UTRAN sia sempre connesso ad almeno una PDN, in modo da avere in ogni momento almeno

un indirizzo IP assegnato. Ciò determinerà una crescita progressiva del fabbisogno di indirizzi IP, diventando un ulteriore driver per la migrazione da IPv4 a IPv6.

Come nel GPRS, ogni PDN è identificata univocamente da una stringa di caratteri, denominata APN (*Access Point Name*). Una prima connessione a PDN viene aperta contestualmente alla procedura di Attach all'accesso E-UTRAN. Qualora nella fase di Attach lo UE non specifichi alcun APN, l'MME instaura in modo automatico una connessione verso una PDN predeterminata, identificata da un APN di default memorizzato nel profilo di servizio dell'utente sul HSS. Di conseguenza, a valle della procedura di Attach ad E-UTRAN, lo UE possiede un indirizzo IP valido e può iniziare subito a trasmettere o ricevere dati.

Successivamente alla fase di Attach, lo UE può richiedere ulteriori connessioni verso altre PDN, purché queste siano autorizzate nel proprio profilo di servizio. In

questo modo è possibile per lo UE accedere simultaneamente a PDN multiple (uno scenario di utilizzo è l'accesso simultaneo ad Internet e ad una rete corporate), che possono essere servite da PGW diversi.

4.2.2 Semplificazione del modello di QoS

L'allocazione delle risorse trasmissive nel EPS viene realizzata con la granularità del EPS bearer o, più semplicemente, bearer. Un EPS bearer può essere visto come una canale logico tra UE e PDN Gateway, dedicato al trasporto di specifici flussi di traffico.

Quando viene aperta una connessione a PDN viene attivato il cosiddetto bearer di default, che rimane attivo per tutta la durata della sessione. Si tratta di un bearer non-GBR, cioè a bit-rate non garantito, sul quale viene veicolato tutto il traffico per cui non è previsto un trattamento preferenziale. È poi possibile attivare, in modo dinamico o contestualmente al bearer di default, uno o più bearer aggiuntivi dedicati a specifici servizi.

L'EPS bearer è di fatto equivalente al PDP context del GPRS, ma rispetto al GPRS il modello è stato semplificato in modo significativo:

- l'attivazione, modifica e cancellazione di bearer dedicati a specifici servizi può essere iniziata soltanto dalla rete. L'evento che scatena la creazione di un bearer dedicato può essere una richiesta dello UE o di una piattaforma di controllo (e.g. IMS), ma spetta sempre alla rete decidere se mappare un flusso di traffico su un bearer esistente o se allocare un nuovo bearer;

- riduzione del numero di parametri di QoS che caratterizzano i bearer, con una conseguente semplificazione delle configurazioni a carico dell'operatore.

4.2.3 *Flessibilità nella differenziazione dell'utenza*

Il modello di QoS definito per l'EPS offre all'Operatore un'elevata flessibilità nella differenziazione della propria utenza, che può essere realizzata agendo sui parametri che caratterizzano singoli bearer o aggregati di bearer.

Nel EPS ogni bearer è associato ai seguenti parametri: dei filtri sulla 5-upla, che identificano i flussi di traffico mappati sul bearer nella direzione uplink e downlink, ed un insieme di parametri di QoS. Questi ultimi comprendono:

- QCI (*QoS Class Identifier*), uno scalare che identifica la modalità di forwarding del traffico;
- ARP (*Allocation and Retention Priority*), un valore di priorità che può essere usato per decidere quali bearer abbattere in caso di mancanza di risorse;
- GBR (*Guaranteed Bit Rate*) e MBR (*Maximum Bit Rate*), solo per i bearer GBR, cioè a bit-rate garantito.

Il QCI è uno scalare che punta ad un insieme di parametri che controllano la modalità di forwarding del traffico nella rete di accesso. Questi parametri sono pre-configurati dall'Operatore sui nodi di accesso (e.g. scheduling weights, admission thresholds, queue management thresholds, link layer protocol configuration) e non devono quindi essere segnalati nella fase di attivazione del bearer.

Alcuni valori di QCI sono standardizzati dal 3GPP e sono asso-

ciati ad un insieme di caratteristiche che specificano il trattamento atteso nella tratta tra UE e PGW in termini di ritardo, perdita e priorità. In caso di congestione lo scheduler del traffico sul eNodeB deve soddisfare prima i requisiti di ritardo dei bearer a priorità più alta. Ne consegue che associare un QCI a priorità più alta al bearer di default è un primo modo per garantire un trattamento preferenziale all'utenza alto spendente.

Sono stati inoltre definiti altri parametri di QoS, che permettono di limitare il bit-rate massimo generato dallo UE su un aggregato di bearer:

- APN-AMBR (per APN Aggregated Maximum Bit Rate): limita traffico aggregato generato da uno UE su tutti i bearer non-GBR verso uno certo APN;
- UE-AMBR (per UE AMBR): limita il traffico aggregato generato dallo UE su tutti i bearer non-GBR attivi, indipendentemente dal APN.

Questi parametri sono un ulteriore strumento a disposizione dell'operatore per differenziare la propria utenza. Configurando opportunamente l'APN-AMBR e lo UE-AMBR nel profilo di servizio dell'utente sul HSS, ed eventualmente permettendo alla piattaforma PCC di variare questi parametri al verificarsi di specifici eventi (e.g. esaurimento di un bundle di traffico), è possibile offrire diversi profili di banda ai Clienti.

4.2.4 *Interlavoro con gli accessi Wi-Fi*

L'accesso al EPS è possibile anche attraverso tecnologie radio non standardizzate dal 3GPP, come il Wi-Fi. Qualora il terminale e la rete Wi-Fi dispongano delle fun-

zionalità necessarie, l'autenticazione dell'utente mobile su Wi-Fi può essere effettuata utilizzando la (U)SIM. A valle della procedura di autenticazione, l'instradamento del traffico può essere realizzato in due modi diversi:

- si può lasciare che il traffico scambiato dall'utente mobile su Wi-Fi venga instradato in modo diretto, senza attraversare l'EPC. In questo caso negli spostamenti da/verso Wi-Fi l'indirizzo IP assegnato al terminale cambia, le applicazioni attive possono subire delle interruzioni e, più in generale, l'utente sperimenta su Wi-Fi un servizio differente da quello disponibile sugli accessi radiomobili;
- possono essere utilizzati opportuni meccanismi di tunneling per forzare l'instradamento del traffico Wi-Fi attraverso il PGW. In questo caso il terminale ha la possibilità di mantenere lo stesso indirizzo IP, assegnato dal PGW, indipendentemente dalla rete di accesso a cui è connesso e l'esperienza d'uso su Wi-Fi risulta allineata a quella che l'utente normalmente sperimenta quando connesso ad un accesso radiomobile. Poiché tutto il traffico attraversa il PGW, le funzioni di charging online/offline, policy control e legal interception del traffico Wi-Fi possono essere realizzate in buona parte riutilizzando le stesse procedure e piattaforme in uso per gli accessi radiomobili.

L'operatore mobile può influenzare il comportamento del terminale nella scelta della rete di accesso sui cui veicolare specifiche applicazioni e/o servizi dispiegando un nuovo elemento funzionale denominato ANDSF (*Access Network Discovery and Selection Function*).

L'ANDSF dispone di informazioni dettagliate sulla topologia della rete di accesso ed utilizza il protocollo OMA-DM per inviare al terminale informazioni di dettaglio sulle reti di accesso disponibili (e.g. gli SSID accessibili) e policy che guidino il terminale nella scelta della rete di accesso a cui attestarsi (e.g. priorità del Wi-Fi rispetto agli accessi radiomobili, ordine di preferenza degli SSID).

4.2.5 Altri elementi di novità

A differenza di quanto avviene nel GPRS, la presenza del SGW nell'architettura del EPS rende il Direct Tunnel efficace anche negli scenari di roaming.

Nel EPS i bearer sono nativamente dual-stack, ovvero uno stesso bearer può essere utilizzato per veicolare traffico IPv4 e/o IPv6, semplificando il processo di migrazione graduale verso il nuovo protocollo. Questa funzionalità è stata introdotta per la prima volta nello standard 3GPP proprio con l'EPS e, solo in una fase successiva, è stata estesa al GPRS, dove in origine i PDP context potevano essere soltanto single-stack, cioè IPv4 o IPv6.

Contestualmente alla definizione del EPS sono state introdotte nello standard 3GPP significative estensioni alla piattaforma di Policy and Charging Control, quali:

- il supporto per il roaming in local breakout, cioè con PGW in VPLMN, di cui è previsto l'utilizzo negli scenari evolutivi di VoLTE (*Voice over LTE*), per la fornitura di servizi voce ed SMS controllati tramite core IMS;
- la possibilità di eseguire l'enforcement di policy di QoS

negli accessi non-3GPP (e.g. ADSL/Wi-Fi).

4.3 Mobilità e carico di segnalazione

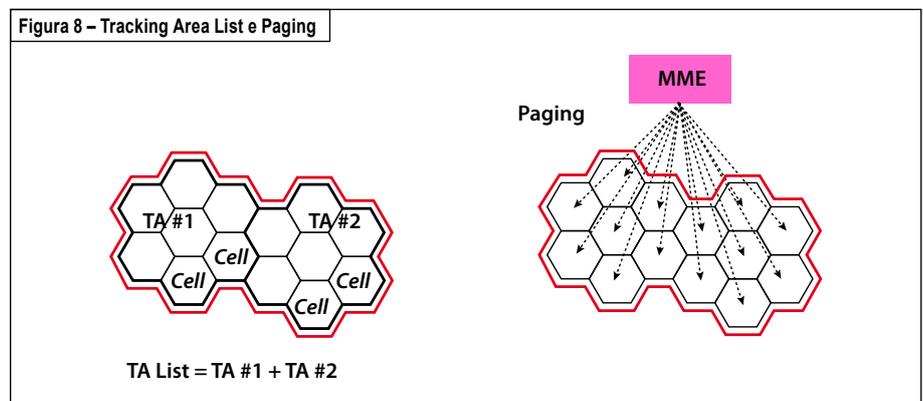
Come evidenziato in precedenza, è ragionevole attendersi che, a parità di numero di utenti, l'MME debba gestire un carico di segnalazione superiore rispetto agli attuali SGSN. Di conseguenza, già nelle prime fasi di dispiegamento, è opportuno costruire la rete in modo da ottimizzarne il funzionamento dal punto di vista della segnalazione scambiata sul canale radio e tra gli apparati di rete.

A tale scopo l'operatore può sfruttare a proprio vantaggio le modalità previste per gestire la mobilità dei terminali LTE in idle-mode. A differenza del GPRS, dove ogni terminale può essere registrato all'interno di una singola Routing Area univocamente associata alla cella, un terminale LTE in idle-mode viene tracciato a livello di Tracking Area List (si veda a tale proposito la Figura 8). Una TA List è un insieme di Tracking Area e l'MME può aggiornare in modo dinamico la composizione della TA List associata ad ogni terminale tenendo conto del suo pattern di mobilità e/o di altri fattori. Ad esempio, la TA List potrebbe com-

prendere la TA in cui si trova attualmente il terminale e tutte la TA adiacenti, o, in alternativa, la TA List potrebbe includere soltanto la TA attuale e quella di provenienza del terminale, al fine di limitare gli effetti ping-pong durante il cambio di Tracking Area. Tarare opportunamente la strategia di costruzione della TA List è un potente strumento per minimizzare il carico di segnalazione dovuto a Location Management e Paging.

Un'ulteriore opzione a disposizione dell'Operatore è l'impiego di strategie di paging progressive, che prevedono che l'utente venga cercato dal MME prima di tutto nell'ultima cella in cui è stata riscontrata la presenza del terminale e, solo in caso di assenza di risposta, in aree via via più grandi, che possono arrivare all'intera Tracking Area o a tutta la TA List. Così facendo, soprattutto in scenari a bassa mobilità, la procedura di paging si può completare con l'invio di pochissimi messaggi, evitando di replicare il paging in tutte le celle della TA List.

Infine sono sicuramente da citare le procedure di ISR (*Idle-mode Signalling Reduction*), che, se abilitate in rete, consentono al terminale di non generare segnalazione in aria in caso di spostamento in idle-mode tra accessi 2G/3G ed



LTE. Questo tipo di ottimizzazione è molto simile a ciò che si può ottenere nel GPRS, configurando celle 2G e 3G adiacenti nella stessa Routing Area, ma si ha il vantaggio che l'ISR è efficace anche se SGSN e MME non sono collocati. Specialmente nelle fasi iniziali di dispiegamento, quanto la copertura LTE sarà molto frammentata, l'ISR potrà essere molto utile per contenere il carico di segnalazione generato dall'utenza LTE.

4.4 Architettura per il primo dispiegamento e impatti sulle piattaforme

Nell'ottica di acquisire il corretto know-how sulla rete 4G (di fatto una rete dati mobile completamente nuova, sia nella parte di accesso radio che di core network) e

sul comportamento dei terminali e degli utenti nel nuovo scenario, può essere indicato per un Operatore decidere di utilizzare per la nuova rete LTE un approccio cautelativo, creando una rete overlay specificatamente dedicata al 4G. In tale scenario le entità funzionali che realizzano l'EPC, cioè MME, PGW/SGW e HSS, sono dispiegate su nodi dedicati, anche se i vendor di apparati offrono nel loro portafoglio di prodotti tali funzionalità come evoluzione delle soluzioni 3G, realizzandole sulle medesime piattaforme hardware. La Figura 9 illustra in maniera semplificata l'architettura logico-funzionale della core network mobile secondo tale approccio. Per motivi di semplicità non è stato riportato l'accesso 2G. Il grosso vantaggio di questa strategia di

dispiegamento è che l'infrastruttura GPRS preesistente richiede modifiche ridotte.

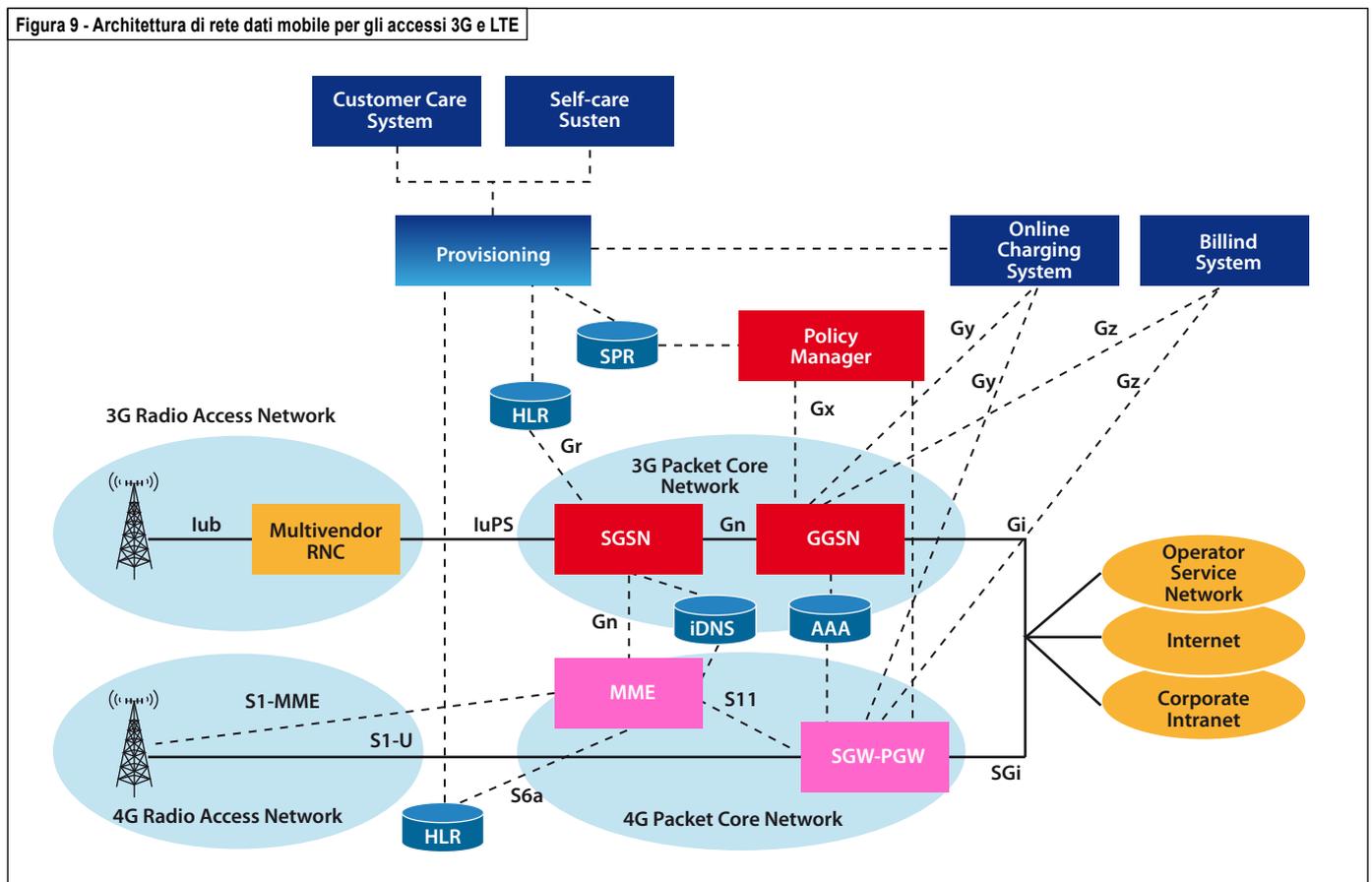
Difatti:

- i GGSN non sono impattati;
- gli SGSN sono interconnessi alla rete overlay dedicata al 4G attraverso le interfacce GTPv1 già utilizzate nella rete GPRS (interfacce Gn e Gp) e quindi vedono il PGW come un normale GGSN e l'MME come un altro SGSN.

Naturalmente, per abilitare la mobilità da/verso accessi LTE, è essenziale che i terminali LTE siano serviti da un PGW e questo è realizzabile in due modi:

- creando un nuovo APN dedicato all'utenza LTE e configurando il DNS in modo che tale APN venga sempre risolto nell'indirizzo di un PGW;

Figura 9 - Architettura di rete dati mobile per gli accessi 3G e LTE



- modificando gli SGSN in campo in modo che questi scelgano il gateway a cui indirizzare una certa sessione tenendo conto delle capability del terminale. Se il terminale è dotato di interfaccia LTE l'SGSN deve necessariamente attestarlo ad un PGW. In caso contrario l'SGSN può scegliere un GGSN.

Anche se vengono minimizzati gli impatti sull'infrastruttura GPRS, la presenza dei nuovi nodi EPC implica comunque l'introduzione di nuove funzionalità e l'adeguamento di alcune funzionalità già esistenti. Fra le nuove funzionalità spiccano:

- la segnalazione fra SGSN e MME, necessaria per la gestione della mobilità tra 2G/3G ed LTE;
 - l'interazione fra MME e HSS, per la gestione della profilatura del Cliente (autenticazione, verifica delle opzioni di servizio sottoscritte);
 - la Lawful Interception gestita a livello di PDN/Serving Gateway.
- Tra le funzionalità da adeguare si citano:
- il provisioning del HSS;
 - le interazioni con il Policy Manager per la gestione della QoS da parte del PGW;

- la gestione dell'accounting real-time tramite l'interfaccia Gy verso il PGW;
- il DNS interno di rete (iDNS), che dovrà essere opportunamente riconfigurato

L'architettura appena descritta, pur avendo l'indiscutibile vantaggio di limitare gli impatti sulla base installata, non supporta alcune funzionalità, come la mobilità da/verso accessi non-3GPP (e.g. Wi-Fi) e le procedure di ISR (*Idle mode Signalling Reduction*), che permettono ad un terminale multi-modo di spostarsi in idle-mode tra accessi 2G/3G ed LTE senza generare segnalazione in aria. Tuttavia nei fatti ciò non costituisce una limitazione, in quanto si tratta di funzionalità non essenziali nella prima fase di dispiegamento di LTE, quando la copertura LTE sarà circoscritta a poche aree ad alta densità di utenza ed i terminali (i.e. primariamente laptop con data card 2G/3G/LTE) non abilitano scenari di utilizzo ad elevata mobilità.

La graduale evoluzione verso un'architettura di rete caratterizzata da nodi multi-tecnologia e l'utilizzo diffuso di interfacce GTPv2 e Diameter permetterà di superare questi limiti, garan-

tendo la massima efficienza nel trattamento di traffico dati e segnalazione e la disponibilità di un insieme completo di funzionalità.

Conclusioni

Come descritto in precedenza, anche le reti di comunicazione mobili tradizionali stanno evolvendo verso una architettura all'IP al pari delle reti nuove che lo saranno nativamente. I prossimi passi di questo percorso di armonizzazione saranno una sempre maggiore differenziazione delle esperienze d'uso dei Clienti, grazie a meccanismi di policy control e QoS più raffinati e la migrazione, attualizzata al nuovo contesto, dei servizi tradizionali. Il VoLTE (*Voice over LTE*), che diventerà il modello di riferimento per la voce in ambito all'IP, ne sarà un esempio.

Se molto è stato fatto, moltissimo sarà quello da fare ■

alessandro1.betti@telecomitalia.it
stefano.dimino@telecomitalia.it
ivano.guardini@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



Alessandro Betti

laureato in Ingegneria Elettronica all'Università di Bologna, raggiunge il centro R&D Italtel BURM lavorando inizialmente sugli aspetti radio del DECT e partecipando al gruppo di standardizzazione ETSI DECT DATA. Dopo una esperienza lavorativa in Telit Networks su sistemi wireless LAN basati su GSM ed in Nokia Networks su gare 3G, entra in TIM Direzione Generale dapprima come project manager di servizi a valore aggiunto (e.g. servizi vocali, messaggistica unificata iBOX) e successivamente come solution manager di servizi basati su IMS. Attualmente segue i progetti relativi agli sviluppi funzionali della Broadband mobile (2G\3G\LTE) e dello strato di controllo IMS mobile per servizi innovativi (eg. RCS, VoLTE).



Stefano Di Mino

ingegnere elettronico in Telecomunicazioni, dopo alcune esperienze in Ericsson Telecomunicazioni e in BLU, dal 2002 è in Azienda. Dal 2005 si occupa in Telecom Italia di Core Network mobile, curando gli aspetti di ingegneria e industrializzazione per lo sviluppo di piattaforme e servizi del dominio Packet Switch e il coordinamento delle varie attività di verifica in test plant ed in rete di esercizio. Tra i principali progetti di cui si è occupato: l'evoluzione HW e SW dei nodi SGSN, il trasporto IP delle interfacce Iu e Gb, il 3G Direct Tunnel, l'SGSN Pool, le applicazioni della QoS 3GPP per offerte Premium e Unlimited, e infine l'introduzione nella rete mobile di Telecom Italia della nuova core network EPC per il servizio LTE e delle funzionalità di CSFB e SMSoSGs per il supporto dei servizi CS su accesso LTE.



Ivano Guardini

ingegnere elettronico in Telecomunicazioni, nel 1995 entra in Telecom Italia, dove attualmente ricopre il ruolo di Project Manager nella funzione Control Layer Innovation. Si è sempre occupato di networking IP ed innovazione della core network mobile a pacchetto, attività che lo ha portato ad approfondire temi quali IPv6, l'interlavoro con accessi Wi-Fi, le reti mobili ad-hoc, l'evoluzione dal GPRS al Evolved Packet System e, più recentemente, le tecnologie di virtualizzazione e Software Defined Networking. Negli anni ha accumulato un'ampia esperienza negli enti di standardizzazione, in particolare IETF e 3GPP. Dall'inizio del 2011 è vice chair del gruppo 3GPP SA WG2, che standardizza l'architettura di sistema della rete mobile.



EVOLUZIONE DEI SERVIZI DI TELEFONIA SU RETE MOBILE

Fabio Mazzoli, Roberto Procopio, Alberto Zaccagnini

LE TECNOLOGIE DELLE NUOVE RETI



Le reti mobili evolveranno nel prossimo futuro per l'introduzione di interfacce d'accesso IP native e capaci di supportare quantità di traffico sempre maggior. Inoltre la presenza di IP nelle reti sarà sempre più pervasiva nelle piattaforme di accesso, commutazione e servizio. In questo scenario il servizio di telefonia evolverà anch'esso verso tecnologie native IP garantendo una nuova e più ricca percezione del servizio ai clienti. Nel periodo di dispiegamento della telefonia su IP sarà necessario governare un lungo periodo di coesistenza con la telefonia tradizionale.

1 Introduzione

Oggi i servizi di telefonia sono erogati nella rete mobile tramite l'utilizzo di piattaforme di controllo e di servizio tra cui le più importanti appartengono alla CN CS (Core Network Circuit Switched) e alla RI (Rete Intelligente).

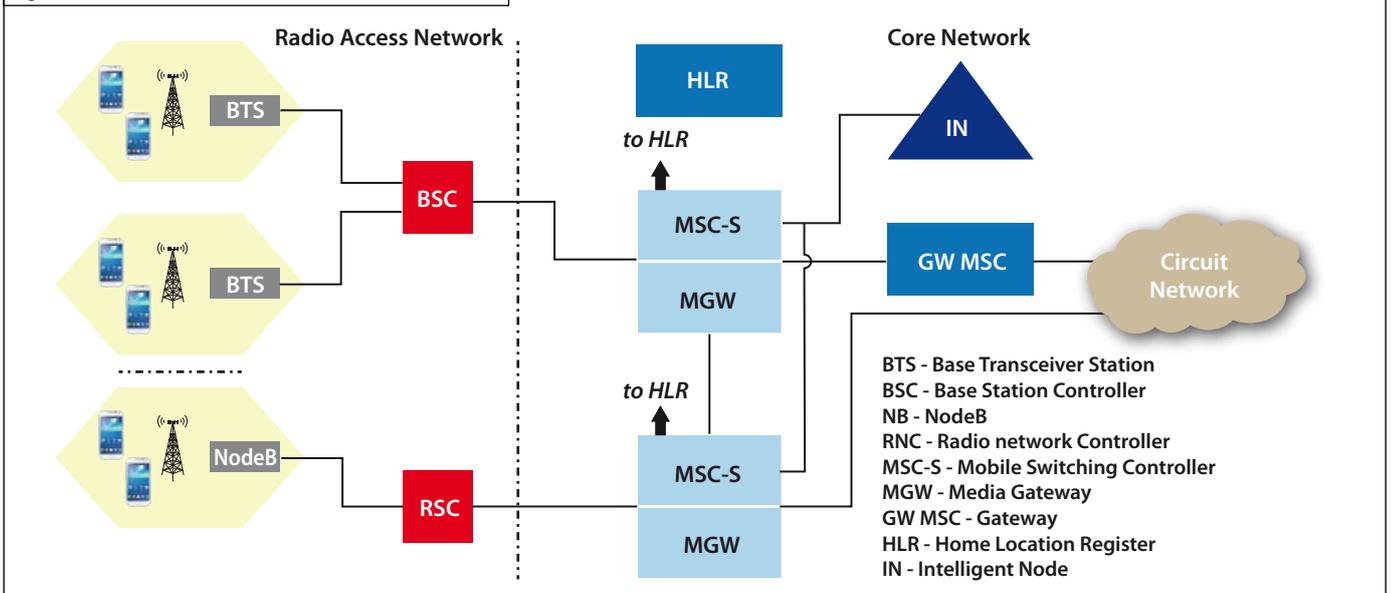
La CN CS (vedi Figura 1) è l'insieme dei dispositivi per il controllo

del traffico voce mobile (MSC-S) e per la commutazione (MGW), ai quali sono attestate le reti d'accesso radio, le piattaforme di servizio e le interconnessioni con le altre reti fisse e mobili (nazionali ed internazionali).

Le principali funzionalità offerte dalla CN CS sono l'instradamento del traffico, la gestione della mobilità e l'autenticazione dei clienti, la documentazione del

traffico ai fini del billing, l'intercettazione per l'Autorità Giudiziaria nonché l'interconnessione con la Rete Fissa TI e gli OLO (Other Licensed Operator). È inoltre funzionale alla gestione dei clienti dei MVNO (Mobile Virtual Network Operator), dei servizi di base di rete (trasferimento di chiamata, Call Hold, Call Waiting...), del roaming nazionale ed internazionale.

Figura 1 - Architettura del dominio a commutazione di circuito



La RI è invece un concetto architetturale basato sul trasferimento di una parte del software di controllo delle chiamate e dei relativi dati, dal piano di commutazione ad un elemento di rete separato e centralizzato, denominato Nodo Intelligente (NI con funzione di Service Control, SCF).

Il piano di controllo deve essere in grado di riconoscere le chiamate che richiedono l'intervento del NI, cioè di riconoscere le chiamate associate ai servizi forniti su piattaforma di RI e di iniziare una transazione con il NI (funzione di Service Switching, SSF). Il riconoscimento che innesca il 'trigger' verso la RI può essere su base profilo di sottoscrizione del cliente residente nell'HLR (*Home Location Register*), oppure su base numerazione digitata dal cliente (ad es per un servizio di Numero Verde Radiomobile).

La transazione ha lo scopo di ottenere dal NI le informazioni ne-

cessarie per il trattamento delle chiamate associate a servizi di RI, quali quelle relative all'instradamento, alla tassazione, all'invio di annunci in fonia, ecc.

La Rete Intelligente mobile consente l'erogazione di servizi per clientela Consumer e Business sia nel mercato domestico sia all'estero. Consente inoltre il real time charging del traffico voce/SMS originato dai clienti prepagati, lo sviluppo di servizi di customer retention, di servizi antifrode e di prestazioni richieste dagli enti Regolatori.

1.1 L'avvento di LTE

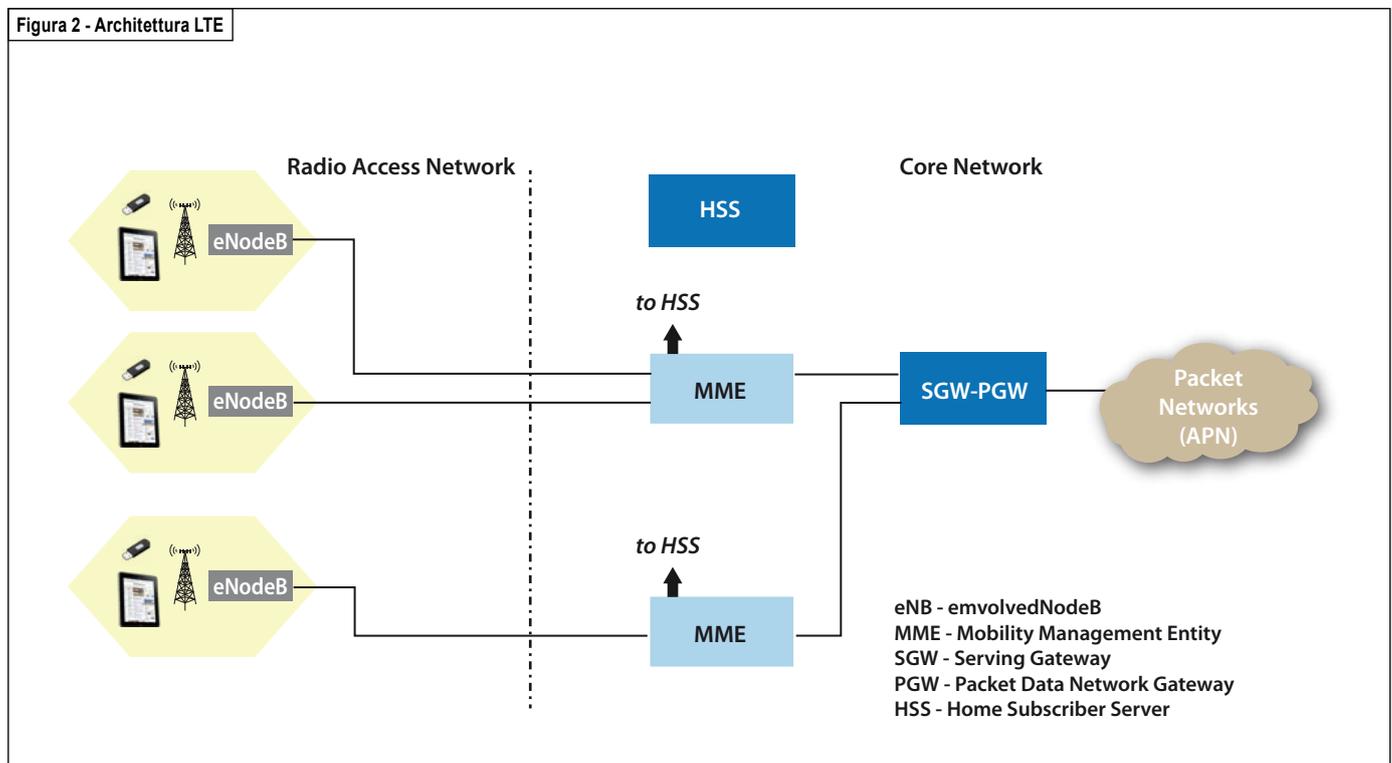
Con il termine LTE (*Long Term Evolution*) si indica la prossima generazione delle reti mobili in cui i servizi saranno fruibili solo nel dominio a commutazione di pacchetto (PS).

Questa nuova tecnologia radio-mobile consente di raggiungere velocità teoriche¹ da standard di 300 Mbit/s in downlink e 75 Mbit/s in uplink, che si traduce in una maggiore capacità di trasmissione dati e nella possibilità di realizzare streaming di video ad alta definizione e di accedere contemporaneamente a molteplici servizi ultrabroadband.

La velocità effettiva dipende da diversi fattori, ad es. la tecnologia dei dispositivi d'utente utilizzati, il livello di copertura radiomobile, il livello di congestione della rete internet, il numero di clienti contemporaneamente connessi in rete.

Il lancio di LTE richiede il dispiegamento di una nuova rete di accesso E-UTRAN (*Evolved UTRAN*) e di una rete core completamente basata su IP, denominata EPC (*Evolved Packet Core*). Rispetto alle reti legacy UMTS/GPRS, la nuova rete LTE (vedi Figura 2) garantisce una maggiore efficienza

Figura 2 - Architettura LTE



¹ Bit rate in downlink sotto le ipotesi di MIMO 2x2 e codifica 64 QAM; bit rate in uplink sotto l'ipotesi di codifica 16 QAM.

spettrale, una minore latenza ed un maggior throughput, ottenuti con nuove tecniche di accesso radio in tecnologia OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) ed un'architettura di rete "flat" con scomparsa del controllore radio come ad esempio il RNC (*Radio Network Controller*). L'introduzione di LTE, con la sua maggiore disponibilità di accesso broadband in mobilità, da un lato crea nuove opportunità per l'operatore telefonico tradizionale, dall'altro lo mette in competizione con altri attori, i cosiddetti OTT (*Over The Top*), che tramite opportuni client sul dispositivo mobile, con "soluzioni verticali", forniscono servizi voce e video su rete a commutazione di pacchetto (PS).

Il servizio offerto da un OTT è tipicamente in modalità best effort, ovvero con QoS (*Quality of Service*) non garantita e l'identità dell'utente è normalmente collegata a quella di un Social Network. L'operatore telefonico può differenziare la propria offerta rispetto a quella degli OTT valorizzando i propri asset strategici e tecnologici, cioè facendo leva in particolar modo sugli aspetti di QoS, sull'identità telefonica del cliente (MSISDN) che lo rende raggiungibile a livello globale (roaming internazionale) e sul riutilizzo dei servizi già dispiegati. Contestualmente l'operatore telefonico può mirare ad una modernizzazione della propria infrastruttura tecnologica per garantire l'efficienza della voce ed al contempo arricchirla di prestazioni evolute (chat, instant messaging, video comunicazione HD, rubrica digitale, ...). Tale proposizione si concretizza in un'architettura target per il servizio voce su rete LTE (VoLTE), che è stata standardizzata in ambito GSMA.

2 Coesistenza di dominio a circuito ed LTE: il CSFB (CS Fallback)

L'introduzione della nuova rete LTE completa il processo di migrazione verso le tecnologie "IP based" ed introduce un punto di discontinuità "forte" rispetto ai servizi oggi offerti dagli operatori mobili. Il servizio di telefonia, in particolare, oggi è offerto su rete mobile 2G/3G nel dominio a commutazione di circuito (CS). In questo contesto negli anni sono state sviluppate numerose funzionalità e prestazioni a supporto della telefonia, frutto del lavoro di standardizzazione e degli investimenti degli operatori sulle reti GSM/UMTS.

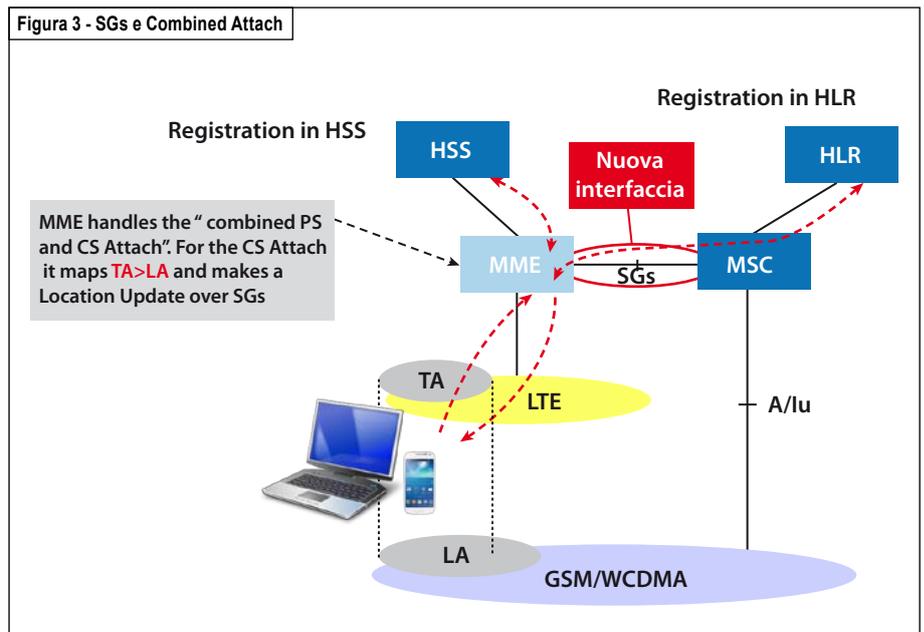
Come detto in precedenza LTE definisce, invece, che i servizi, sia dati che voce/SMS, siano fruibili nel solo dominio a commutazione di pacchetto (PS). In questo scenario saranno introdotti VoLTE ed SMS over IP che prevedono, tra le altre novità, il controllo delle chiamate da parte della rete IMS. Nuove funzioni e servizi multi-

mediali arricchiranno inoltre le offerte degli operatori.

Lo standard 3GPP garantisce tuttavia all'operatore la possibilità di prevedere un percorso di migrazione graduale che consenta, in una prima fase, di utilizzare le risorse LTE per i servizi dati e le rete a commutazione di circuito 2G/3G per i servizi voce/SMS mantenendo l'attuale livello di servizio.

Il percorso di migrazione graduale prevede come primo passo l'utilizzo della funzionalità CSFB (*Circuit Switched FallBack*), introdotta in 3GPP Rel-8, per "forzare lo spostamento" del terminale d'utente da un accesso radio E-UTRAN verso 2G/3G dove potrà fruire del servizio di telefonia. Allo stesso tempo, la funzionalità CSFB definisce come garantire la fruizione del servizio SMS.

A supporto della funzionalità di CSFB sono state definite in 3GPP: l'interfaccia SGs tra MSC/VLR ed MME ed una nuova procedura di registrazione di tipo combinato (vedi Figura 3) che permette la re-



gistrazione dei terminali d'utente su rete LTE (su MME ed HSS) e parallelamente su rete tradizionale CS (MSC/VLR ed HLR). In tal modo il terminale d'utente può fruire dei servizi a pacchetto tramite LTE, e dei servizi legacy a circuito tramite l'intervento dell'interfaccia SGs.

In questo contesto il nodo MME assume un'importanza fondamentale, in quanto, oltre a tracciare l'utente a livello di TA (*Tracking Area*) per la gestione della mobilità in EPS, gestisce l'associazione tra TA e LA (*Location Area*) per l'interlavoro con la rete legacy CS. Inoltre l'MME è anche responsabile di notificare l'avvio della procedura di CSFB quando richiesta. Il nodo MME avvia la procedura di CSFB richiedendo all'accesso radio (eNodeB) di ordinare al terminale d'utente di spostarsi temporaneamente sulla rete 2G o 3G nei casi di chiamate originate e terminate in copertura LTE. L'eNodeB ordina al terminale di spostarsi su accesso 2G o 3G mediante la procedura di Redirect RRC (*RRC Connection Release with Redirection*). La preferenza per la selezione della tecnologia di accesso (tra 2G e 3G) è configurata su eNodeB in funzione delle scelte dell'operatore e viene comunicata al terminale attraverso l'interfaccia radio LTE.

Il terminale, su richiesta dell'eNodeB, effettua un fallback da accesso LTE ad accesso 2G o 3G ed esegue quindi il setup della chiamata utilizzando le risorse di accesso e di commutazione/servizio della rete tradizionale CS. Alla conclusione della chiamata voce, il terminale d'utente rilesce l'accesso LTE e riaccede ai servizi della rete LTE.

Da notare che nel caso in cui la procedura di CSFB è richiesta mentre è attiva una sessione dati

su LTE, lo spostamento su rete 2G/3G produce inevitabilmente un degrado/interruzione del throughput a pacchetto fino al successivo rientro su rete LTE.

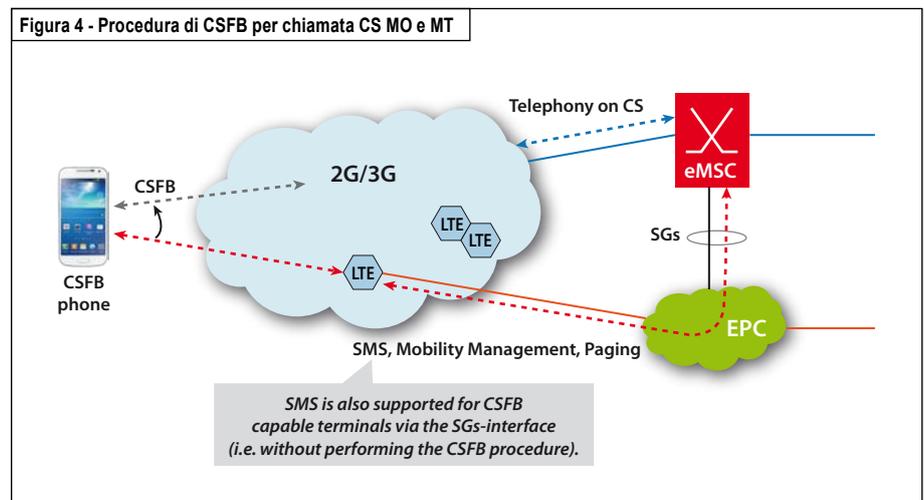
Per minimizzare questo effetto indesiderato di degrado delle sessioni dati in corso su LTE, è resa disponibile dagli standard la possibilità per l'utente finale di verificare il numero del chiamante in fase di call setup, per poter eventualmente rifiutare la chiamata senza innescare il CSFB.

Diversamente dal servizio di telefonia, il servizio SMS è erogato direttamente su accesso LTE mediante l'interfaccia SGs (vedi Figura 4), consentendo di riutilizzare l'infrastruttura tradizionale a circuito (MSC, HLR, ed SMS-C). L'interfaccia SGs infatti consente di mettere in comunicazione l'MSC/VLR con la core LTE, permettendo la consegna e l'invio dell'SMS direttamente su accesso LTE, senza la necessità di effettuare alcun fallback su rete 2G/3G.

Il dispiegamento della procedura di CSFB impone agli operatori valutazioni approfondite su diversi aspetti. Il più importante è legato al fatto che lo spostamento forzato dell'utente verso le reti legacy

2G/3G produce inevitabilmente un allungamento del tempo di setup delle chiamate. Il degrado del tempo di call setup varia in funzione dell'implementazione della prestazione di CSFB e delle prestazioni della rete dell'operatore.

La prima implementazione proposta dallo standard RRC (*Connection Release with Redirection*) non prevede la gestione delle SI (*System Information*), che sono invece acquisite dall'UE dopo lo "spostamento" su 2G/3G. Nelle evoluzioni RAN (*Information Management o Deferred Measurement Control*) invece, sono state individuate soluzioni che permettono al terminale d'utente di acquisire le informazioni radio della cella di destinazione in anticipo rispetto alla richiesta di CSFB. Stime teoriche prevedono un allungamento del call setup di circa 3-4 sec, sensibilmente ridotto nelle implementazioni evolute del CSFB. Per minimizzare il numero delle occorrenze della procedura di CSFB, il 3GPP ha previsto inoltre meccanismi di "Selective Camping" che permettono ai terminali che non stanno scambiando dati a pacchetto di rimanere su 2G/3G, facilitando in tal modo la



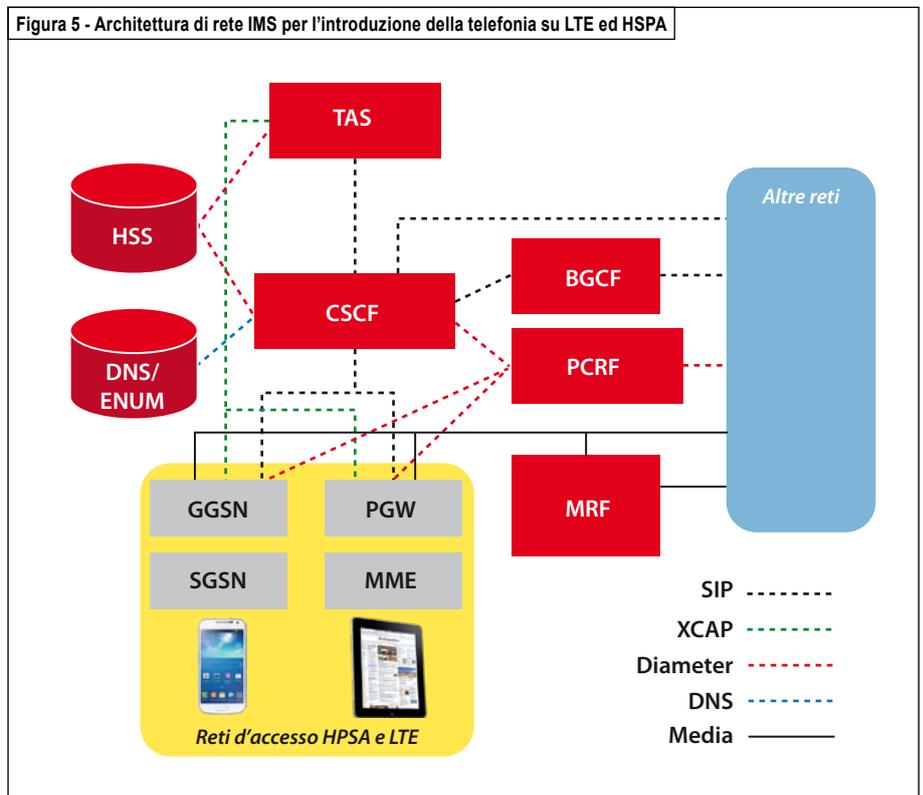
fruizione dei servizi CS. Viceversa, è richiesta la disponibilità su 2G/3G di funzionalità aggiuntive che permettano al terminale d'utente di ritornare velocemente su rete LTE per la fruizione dei servizi dati.

3 Introduzione della telefonia su IP in rete mobile

La tecnologia IP è già largamente dispiegata in rete mobile di Telecom Italia per l'erogazione dei servizi telefonici. In particolare la tecnologia IP trova applicazione prevalentemente per il trasporto della voce su lunga distanza e per il trasporto della segnalazione. Tuttavia non è ancora possibile assimilare l'attuale telefonia ad una soluzione di telefonia su IP per varie ragioni. In primo luogo, in accesso, il trasporto di voce e segnalazione sono effettuati con protocolli e tecnologie derivanti dalla commutazione di circuito; inoltre le piattaforme di commutazione sono ancora basate su architetture e soluzioni tecnologiche derivanti dalla commutazione tradizionale TDM; infine servizi aggiuntivi e prestazioni sono erogati da un livello applicativo ancora legato a logiche del servizio tradizionali che difficilmente interagiscono con altre applicazioni disponibili su IP ad esempio sulla Internet. Al fine di implementare la telefonia su IP, nei prossimi anni si assisterà, quindi, ad una forte evoluzione dei suddetti tre livelli della rete: accesso, controllo e livello di servizio. Le innovazioni apportate su questi segmenti di rete costituiranno la precondizione per l'introduzione di altri servizi innovativi come ad esempio la videocomunicazione ad alta definizione ed il messaging.

In questo paragrafo si descriveranno le principali innovazioni tecnologiche che abiliteranno l'introduzione della telefonia su IP in ambito mobile più comunemente associata al nome VoLTE (*Voice over LTE*). Il profilo VoLTE congiuntamente al profilo VoHSPA (*Voice over High Speed Packet Access*) sono stati descritti in GSMA per definire, rispettivamente per accessi LTE ed accessi HSPA, un set minimo obbligatorio di funzionalità tra tutte quelle specificate in 3GPP. L'obiettivo principale è di accelerare l'interoperabilità tra terminali e piattaforme su un sottoinsieme limitato e noto di funzionalità riducendo, quindi, tempi e costi per l'introduzione in rete dei suddetti servizi. La telefonia su IP per accessi LTE ed HSPA è stata profilata partendo dallo standard IMS definito in 3GPP, la cui architettura è indicata nella Figura 5.

L'architettura IMS per l'erogazione della telefonia su IP per accessi mobili prevede l'utilizzo delle funzionalità indicate in rosso nella Figura 5. La figura non contiene le funzionalità necessarie per l'interlavoro con altri domini (ad esempio dominio CS) e quelle definite in 3GPP per la gestione dell'interconnessione verso altri operatori. Il CSCF (*Call State Control Function*) indicato in Figura 5 è composto dal Proxy-CSCF, Interrogating-CSCF, Serving-CSCF ed Emergency-CSCF. Il P-CSCF costituisce la funzionalità verso la quale i terminali d'utente indirizzano la segnalazione SIP. Tra le altre funzionalità supportate dal P-CSCF una delle più importanti è costituita dalla possibilità di discriminare le chiamate d'emergenza al fine di garantirne un trattamento differenziato. Il S-CSCF gestisce la registrazione degli utenti (ad esempio effettuandone l'autenticazione) e



controlla le sessioni d'utente, verificando la coerenza delle richieste dell'utente con il profilo sottoscritto, realizzandone il routing, garantendo la corretta interazione tra tutti i servizi implementati nel Service Layer e generando le informazioni di documentazione del traffico di segnalazione. L'Emergency-CSCF (E-CSCF) determina il routing ed il trattamento delle chiamate d'emergenza sulla base delle informazioni di localizzazione reperite con la cooperazione di altre piattaforme. L'I-CSCF ha la funzionalità di effettuare le interrogazioni verso l'HSS, al fine di garantire l'identificazione del corretto S-CSCF sul quale l'utente dovrà essere registrato, oppure il corretto S-CSCF che serve l'utente nella fase terminata della sessione. Tra le funzionalità più rilevanti che gestiscono il media vi è la Multimedia Resource Function (MRF), che consente di erogare annunci all'utente finale, di gestire servizi che prevedono l'interazione dell'utente mediante toni e di gestire i media che concorrono alla realizzazione di una conferenza multimediale.

L' HSS (*Home Subscriber Server*) contiene i dati di sottoscrizione permanenti dell'utente come ad esempio i servizi sottoscritti, le credenziali di autenticazione ed i dati di configurazione dei servizi sottoscritti dall'utente. L'HSS contiene anche dati temporanei relativi allo stato di registrazione dell'utente come ad esempio l'indirizzo del S-CSCF che serve l'utente stesso. Il DNS/ENUM svolge un ruolo di supporto al routing delle sessioni, traducendo gli indirizzi digitati dall'utente in indirizzi logici instradabili in rete e garantendo il supporto necessario all'espletamento della prestazione di number portability.

Tra gli Application Server di maggiore rilievo per la fornitura di servizi di telefonia su accessi mobili vi è il TAS (*Telephony Application Server*). Il TAS garantisce la fornitura dei STS (*Servizi Telefonici Supplementari*) non solo per il servizio voce, ma consente di estendere l'applicabilità degli STS a qualunque media (come ad esempio video, messaging). In molte implementazioni il TAS controlla direttamente l'MRF ad esempio per l'erogazione degli annunci vocali. L'architettura 3GPP prevede inoltre che TAS e terminale d'utente possano interagire mediante l'utilizzo di un'interfaccia basata su protocollo XCAP (*XML Configuration Access Protocol*), che consente all'utente finale di definire le configurazioni personali degli STS (ad esempio numero verso cui effettuare le deviazioni di chiamata).

Le profilature identificate in GSMA per erogare la telefonia su IP su accessi LTE ed accessi HSPA consistono in:

a) un insieme di **funzionalità IMS relative al piano di segnalazione SIP** tra terminale e rete. In questo ambito sono state profilate le funzionalità ed i parametri richiesti in fase di autenticazione ed al momento del session setup. La segnalazione profilata in GSMA riduce il numero di opzioni possibili, rendendo obbligatorie per esempio le procedure di autenticazione basate su IMS AKA (*Authentication and Key Agreement*). Per la profilatura delle procedure di setup della sessione, è stato descritto il comportamento dei terminali e della rete in termini di gestione delle risorse (ad esempio nei casi di perdita di connettività). Su altre presta-

zioni di rete come l'utilizzo del forking è stato richiesto il supporto del terminale solo in ricezione.

In termini di servizio sono stati individuati i principali servizi supplementari ritenuti fondamentali per un servizio di telefonia di base (vedi Tabella 1).

Congiuntamente ai servizi supplementari sono state definite le opzioni implementative di alcuni dei suddetti servizi come ad esempio le condizioni del barring, le condizioni della deviazione di chiamata e le tipologie di conferenza che sono obbligatoriamente richieste.

Per il servizio di SMS la profilatura GSMA obbliga terminali e rete a supportare le funzionalità richieste per la soluzione denominata SMS

Tabella 1 - Servizi supplementari contenuti nei profili VoLTE e VoHSPA

Originating Identification Presentation
Originating Identification Restriction
Terminating Identification Presentation
Terminating Identification Restriction
Communication Diversion Unconditional
Communication Diversion on Busy
Communication Diversion on No Reply
Communication Diversion on not Reachable
Communication Diversion on not Logged in
Communication Waiting – Terminal mode
Communication HOLD
Ad-Hoc Conference
Barring of All Outgoing Calls
Barring of Outgoing International Calls
Barring of All Incoming Calls
Barring of Incoming Calls - When Roaming
Message Waiting Indication

over IP per la quale lo Short Message è trasportato all'interno di un messaggio SIP MESSAGE.

- b) un insieme di **caratteristiche del piano di trasporto del media** come ad esempio il supporto obbligatorio del codec AMR (*Adaptive Multi-Rate*) e la possibilità di utilizzare altri codec come ad esempio WideBand AMR. Per questi codec sono definite le condizioni di utilizzo in rete e sui terminali. Si definisce anche la modalità di utilizzo di RTCP (*Real Time Control Protocol*) e si rende obbligatorio il supporto dei DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*) events per garantire il trasporto dei toni.
- c) un insieme di **funzionalità dell'accesso radio e della core network mobile**. Questo insieme di raccomandazioni differisce per accessi LTE ed HSPA a causa delle differenti specificità delle due interfacce radio e conseguentemente delle piattaforme di rete che le controllano. Ad esempio per accesso LTE si richiede l'utilizzo di Dedicated Bearer del tipo GBR (*Guaranteed Bit Rate*) che garantisce la qualità necessaria per il servizio voce. Per le stesse ragioni, per accessi HSPA, si richiede il supporto di PS Conversational Radio Access Bearer. Tra le funzionalità richieste in questo segmento di rete è importante segnalare la funzionalità di Inter-RAT (*Radio Access Technology*) PS handover, che garantisce la mobilità e la continuità del servizio tra le coperture LTE e quelle HSPA. Il profilo definisce anche l'associazione tra gli APN (*Access*

Point Name) ed i suddetti bearer. In particolare i bearer con qualità garantita precedentemente descritti (Dedicated Bearer) saranno utilizzati per il trasporto del media all'interno di un APN predefinito per IMS. Congiuntamente al media, nello stesso APN, sarà trasportato un bearer con differente qualità sul quale terminale e rete scambieranno la segnalazione IMS. La segnalazione XCAP è scambiata su un APN diverso da quello IMS.

La gestione delle risorse di rete in termini di bearer e di controllo della qualità associata a ciascun bearer richiede il supporto di architetture PCC (*Policy Control and Charging*). Tali architetture garantiscono all'operatore una gestione più fine delle risorse di rete coerentemente con i requisiti di servizio espressi nella segnalazione SIP.

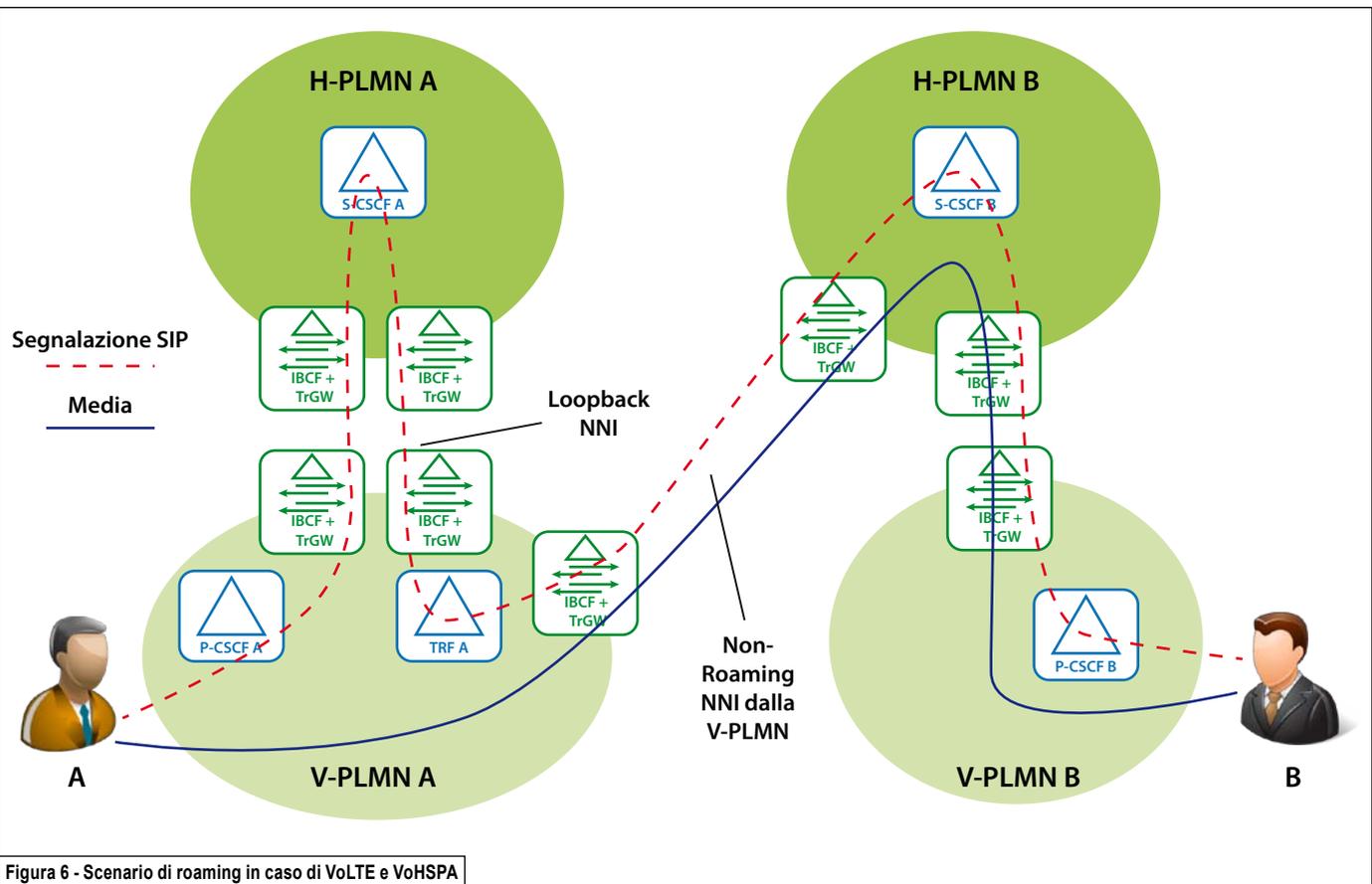
- d) un insieme di **funzionalità comuni** che raccoglie la profilatura su aspetti più trasversali rispetto agli insiemi precedentemente descritti. Tra le funzionalità comuni è definita la tipologia di indirizzamento usata per IP per la quale si richiede che il terminale sia obbligato a supportare IPv4 ed IPv6 ed ad utilizzare la versione di protocollo supportata in rete. Nel caso di supporto contemporaneo di IPv4 ed IPv6 la preferenza è data ad IPv6. Uno degli aspetti più rilevanti definito dalla profilatura è il modello di roaming per il quale si richiede che il P-CSCF sia dispiegato nella Visited PLMN (*Public Land Mobile Network*), al fine di minimizzare il percorso del media dal terminale di origine a quello di destina-

zione. Nella Figura 6 è indicato lo scenario di roaming definito in GSM e 3GPP.

In caso di roaming la segnalazione IMS associata all'utente chiamante (utente A) è indirizzata dalla core IMS della Visited PLMN alla core IMS presente nella Home PLMN. La Home PLMN esegue i servizi per l'utente originante e valuta se è necessario far transitare anche il piano d'utente alla H-PLMN A (ad esempio per necessità d'intercettazione legale). In caso contrario, la segnalazione è restituita sulla NNI (*Loopback Network to Network Interface*) alla V-PLMN A. Quest'ultima rete effettuerà il routing della sessione e del media verso la H-PLMN B, consentendo quindi di avere all'interconnessione IP tra le reti una Non-Roaming NNI, in cui coesistono piano di segnalazione e piano d'utente in stretta analogia a quanto avviene per l'interconnessione odierna per servizi telefonici.

Infine la profilatura definita in GSM rende obbligatorio il supporto della chiamate d'emergenza in IMS secondo quanto definito nelle specifiche 3GPP. La soluzione IMS però non è l'unica possibile, infatti, laddove i requisiti regolatori nazionali lo richiedano, è possibile invocare procedure IMS che in caso di chiamate d'emergenza triggerano la chiamata sul dominio a commutazione di circuito.

Le profilature del servizio di telefonia descritte nelle specifiche tecniche, tuttavia, non sono sufficienti a dispiegare un servizio completo di telefonia su IP per accessi mobili. Infatti ciascun ope-



ratore può identificare un insieme aggiuntivo di servizi e prestazioni di rete che devono essere dispiegate per ragioni commerciali o regolatorie.

Ad esempio nel caso della rete mobile di Telecom Italia sono stati dispiegati nel tempo molti servizi commerciali insieme alla telefonia tradizionale a commutazione di circuito come ad esempio numero verde, il prepagato, le Reti Privati Virtuali, segreteria telefonica, *Lo sai di TIM*, *Chiama ora di TIM*, *Pay for me*, *Chi è di TIM*, *TIM conference*, *Opzione 2 in 1* e *TIM Casa*. Tra questi servizi, che già sono associati alla telefonia tradizionale, sarà necessario individuare un insieme di servizi che concorreranno a formare il profilo di telefonia su IP su accessi mobili.

Una possibile soluzione tecnica che abilita la migrazione dei servizi e che consente di ottimizzare gli investimenti, in termini di riutilizzo di sistemi esistenti, prevede l'inserimento in rete della funzionalità di IM-SSF (*IP Multimedia-Service Switching Function*), che può essere implementata congiuntamente al TAS e che implementa una funzionalità di gateway tra la Core Network IMS e la RI. In particolare, l'IM-SSF effettua il mapping dei metodi SIP (*Session Initial Protocol*) in CAMEL (*Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*) ed il recupero da HSS e HLR delle informazioni di sottoscrizione del cliente necessarie per una corretta gestione dei servizi.

Tale soluzione architetturale consentirebbe di lanciare un servizio

VoLTE comprensivo, già in una fase iniziale, di funzionalità tipiche del mondo di RI tradizionale, contenendo gli impatti sullo strato di controllo e mantenendo inalterata la 'user experience' anche in un contesto di telefonia su IP. Un vantaggio significativo di tale approccio consiste inoltre nel mantenere limitati gli impatti sui terminali.

Per l'erogazione di servizi multimediali evoluti è prevedibile l'integrazione con altre applicazioni e Web Service che può essere ottenuta ricorrendo ad interfacce di tipo Parlay-X verso la RI di nuova generazione. Sarà quindi possibile fornire servizi multimediali evoluti come ad esempio iniziare una videochiamata HD da un'applicazione Web.

Analogamente ciascun operatore potrà avere la necessità di com-

pletare la profilatura della telefonia su IP per accessi LTE ed HSPA mediante l'introduzione di altre prestazioni regolatorie al fine di aderire quanto più possibile ai requisiti nazionali. Alcune prestazioni regolatorie che ad esempio potranno essere prese in considerazione sono: intercettazione legale, number portability e carrier selection.

I requisiti descritti precedentemente porteranno gli operatori a definire offerte di telefonia su IP più ricche rispetto alla profilatura descritta nei documenti GSMA. In termini tecnici ciò potrà comportare il coinvolgimento di altre piattaforme di rete (come ad esempio la RI) che saranno chiamate ad interagire con IMS. Inoltre, visto che i servizi specifici dell'operatore non beneficeranno dello stesso livello di interoperabilità rispetto ai servizi previsti nei profili GSMA, sarà necessario che gli operatori prevedano per questi servizi attività specifiche finalizzate a massimizzare il grado d'interoperabilità.

3.1 Supporto della mobilità per la telefonia su IP

La situazione odierna prevede che la quasi totalità del traffico di te-

lefonía è fornito sulle coperture a commutazione di circuito (2G e 3G). Quindi, per gli operatori che vorranno introdurre la telefonia su IP, è prevedibile un lungo transitorio durante il quale la voce sarà erogata contemporaneamente su accessi CS ed accessi PS. In questo transitorio è desiderabile riuscire a garantire agli utenti una "user experience" che preveda la continuità del servizio anche quando si effettua la mobilità tra coperture a commutazione di circuito e quelle a commutazione di pacchetto.

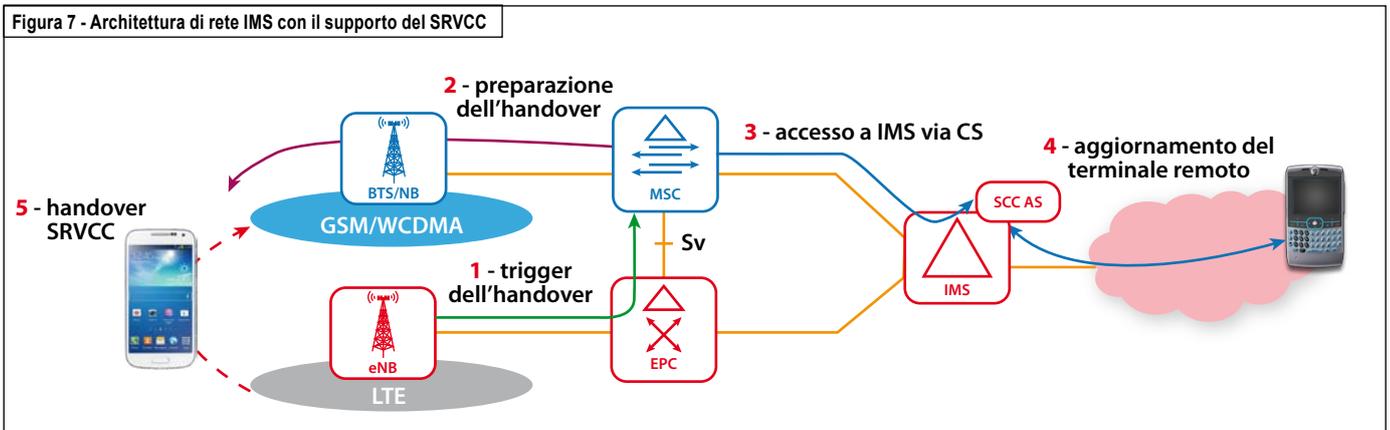
La prestazione di rete definita in 3GPP che garantisce la suddetta continuità del servizio è denominata SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*). Il SRVCC garantisce la continuità del servizio nei casi di mobilità da LTE al 2G/3G (CS), da HSPA al 2G/3G (CS) e nelle direzioni opposte dal 2G/3G (CS) ad HSPA oppure LTE (su quest'ultima prestazione si stanno ultimando le specifiche tecniche). La soluzione tecnica specificata prevede che la chiamata voce sia ancorata in segnalazione sulla rete IMS al fine di garantire il trasferimento della chiamata stessa da accessi CS ad accessi PS e viceversa. Come indicato in Figura 7, per tale finalità un nuovo Application Server denominato SCC AS (*Service Centralization and Con-*

tinuity Application Server) deve essere dispiegato sulla rete IMS.

L'introduzione del SRVCC in rete richiede anche che gli MSC Server (MSC-S) siano aggiornati per il supporto del SRVCC e che sia introdotta una nuova interfaccia denominata Sv tra MME ed MSC-S e tra SGSN ed MSC-S (Figura 7). Ad esempio una procedura di handover dall'LTE al dominio 2G/3G CS prevede l'esecuzione in rete delle seguenti fasi:

- a) l'eNodeB sotto il quale il terminale è accampato in LTE decide che è necessario effettuare una procedura di SRVCC verso il dominio 2G/3G CS;
- b) la decisione è comunicata dall'eNodeB all'MME, il quale a sua volta comunica la necessità di effettuare una procedura di SRVCC all'MSC-S via interfaccia Sv;
- c) in questa fase l'MSC-S collabora con la rete di accesso CS per preparare l'handover ed instaura un canale di traffico verso l'IMS;
- d) l'SCC AS, all'interno dell'IMS, riceve la richiesta di creare un canale di traffico dall'MSC-S ed, appena instaurato, effettua il trasferimento della chiamata sul nuovo canale di traffico. Non appena la comunicazione è realizzata sul nuovo canale,

Figura 7 - Architettura di rete IMS con il supporto del SRVCC



Evoluzione di medio lungo termine: IMS Centralized Services

L'introduzione negli standard 3GPP di meccanismi che assicurano la continuità di chiamata tra reti mobili PS e CS pone diversi problemi legati alla fruizione dei servizi supplementari. I servizi supplementari previsti nel profilo VoLTE rappresentano infatti un sottoinsieme di quelli offerti nelle reti tradizionali CS; inoltre, anche quando vi è corrispondenza di servizi, le configurazioni sono in generale diverse, poiché essi sono erogati da piattaforme diverse. Se quindi l'utente mobile non avesse cura di configurare allo stesso modo i servizi supplementari sia sulla rete CS sia in IMS potrebbe accadere, ad esempio, che certe chiamate vengano barrate o meno a seconda della rete di accesso CS o PS cui di volta in volta è connesso. Poiché questo dipende dalla copertura radio, difficilmente l'utente potrebbe essere sicuro di quale configurazione è attiva in un dato momento, con una risultante cattiva percezione del servizio offerto dall'operatore.

Per risolvere questo problema, a partire dalla Release 8 è stato introdotta negli standard 3GPP la centralizzazio-

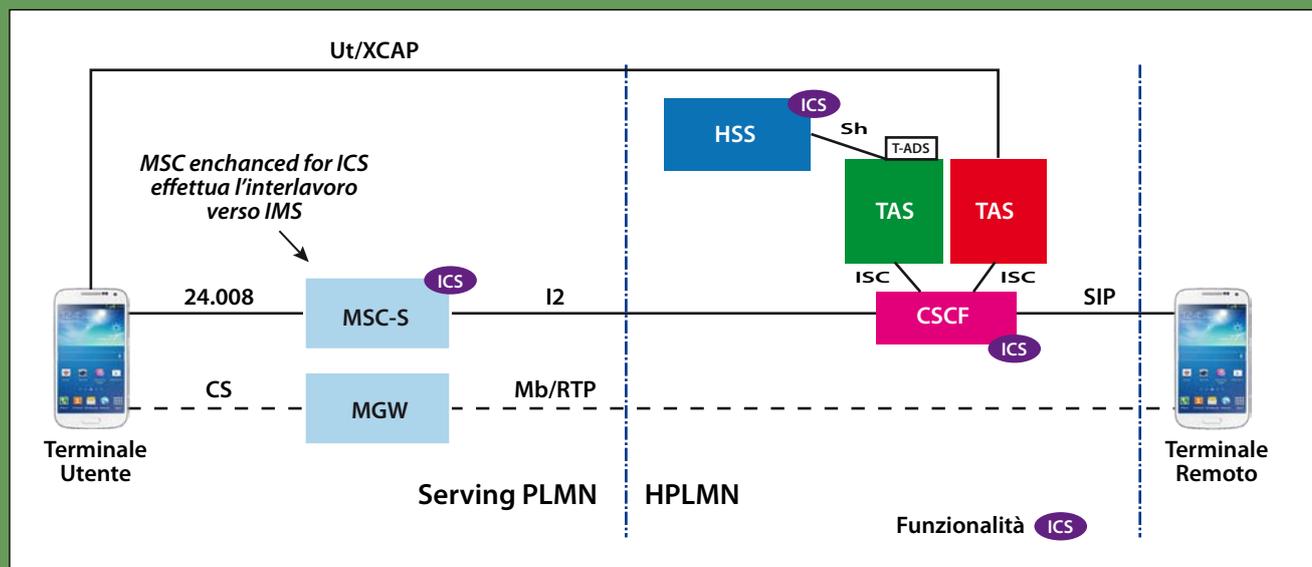
ne dei servizi in IMS (IMS Centralized Services, nel seguito ICS). L'idea base è piuttosto semplice: tutte le chiamate di un sottoscrittore ICS vengono controllate da IMS che diventa quindi l'unica piattaforma ad erogare servizi e, contestualmente, la rete CS viene completamente svuotata del controllo dei servizi, limitandosi a fornire pura connettività ad IMS. Il problema della sincronizzazione delle configurazioni è così automaticamente risolto, venendo a cadere la necessità stessa della sincronizzazione.

La centralizzazione dei servizi è realizzata instradando in IMS tutte le chiamate che l'utente ICS origina in rete mobile CS o PS oppure che riceve, provenienti da un altro IMS, dalla rete mobile CS o dalla rete fissa; una volta in IMS la chiamata è ancorata all'SCC AS che è inserito nel percorso della segnalazione SIP relativa alla chiamata.

Le procedure per instradare in IMS le chiamate originate nella rete mobile CS sono di due tipi, secondo che l'utente disponga o meno di un terminale specializzato per supportare ICS (ICS UE).

Un ICS UE attestato alla rete CS interagisce direttamente con IMS (sull'interfaccia Gm o I1) per l'instaurazione/controllo della chiamata e con l'MSC per l'attivazione del canale fonico. Qualora invece l'utente non disponga di un ICS UE, l'interazione con IMS è mediata da un MSC modificato (MSC enhanced for ICS), che effettua l'interlavoro tra la segnalazione di accesso, proveniente dal terminale d'utente, e la segnalazione SIP, mediante la quale l'MSC enhanced for ICS comunica con IMS (sull'interfaccia I2). Operativamente quindi un normale terminale origina una chiamata in modo tradizionale nella rete mobile CS ed è poi l'MSC enhanced for ICS che si fa carico di interagire con IMS. La tendenza degli operatori è di privilegiare quest'ultima soluzione in modo da poter gestire in IMS anche il cospicuo parco dei terminali esistenti.

Nel caso non si disponga né di ICS UE, né di MSC enhanced for ICS è comunque possibile instradare in IMS le chiamate originate nella rete CS mediante un meccanismo basato su una



interrogazione CAMEL da parte di un MSC tradizionale al SCC AS. Questo meccanismo non è però in grado di gestire i servizi supplementari Communication Hold e Conference in IMS e Call Wait, Call Hold e Multiparty nel dominio CS durante eventi di mobilità (SRVCC) tra una rete di accesso PS ad una CS. La ragione deriva dal fatto che un MSC tradizionale interagisce con l'SCC AS solo per aspetti di instradamento, mentre un MSC enhanced for ICS riceve dal SCC AS anche altre informazioni, ad esempio quelle relative allo stato di una chiamata in attesa, che quindi può essere correttamente trasferita.

La procedura per instradare in IMS le chiamate terminate provenienti dalla rete mobile CS o dalla rete fissa prevede che le chiamate arrivino su un Gateway MSC (GMSC), dove possono andare incontro ad una procedura di Service Domain Selection (SDS) per decidere se dovrà essere IMS oppure la rete mobile CS a farsi carico di erogare il servizio di terminazione della chiamata (e di tutti i servizi accessori, come ad esempio i servizi supplementari o quelli a valore aggiunto). Il GMSC interroga l'HSS che prende la decisione su dove indirizzare la chiamata. È critico, per il corretto funzionamento della SDS, che l'HSS abbia informazioni sullo stato di registrazione dello UE sia in IMS sia nella rete CS: questo richiede che l'HSS contenga un profilo d'utente unificato per IMS e per CS.

Una volta che la chiamata è stata instradata in IMS, l'SCC AS si fa carico di decidere quale rete di accesso debba essere usata per la consegna all'utente: questo processo prende il nome di Terminating Access Domain Selection (T-ADS). Non dimentichiamo infatti che un utente ICS può ricevere chiamate sia sulla rete mobile CS sia su quella PS, pur rimanendo il controllo di chiamata in IMS. L'SCC AS esegue la T-ADS utilizzando varie informazioni tra

le quali lo stato di registrazione dello UE in IMS e nella rete CS, la capacità della rete mobile di accesso PS di supportare voce su IMS, ecc. A valle della decisione, le chiamate destinate alla rete mobile di accesso PS vengono consegnate direttamente, mentre quelle destinate alla rete mobile di accesso CS escono da IMS e sono consegnate ad un GMSC.

Nelle prime fasi del dispiegamento di LTE la copertura sarà presumibilmente limitata e discontinua e, di conseguenza, la probabilità che una chiamata debba essere terminata sulla rete CS sarà molto elevata. Fintanto che la copertura LTE non avrà raggiunto uno sviluppo significativo può risultare quindi inefficiente instradare in IMS le chiamate originate nella (o provenienti dalla) rete CS, per poi doverle far tornare nel dominio CS per la terminazione. Da qui l'utilità della SDS che, se opportunamente configurata, può fare in modo che le chiamate originate nella/provenienti dalla rete mobile CS non vengano instradate in IMS: questo approccio è comunemente noto come IMS/CS Collaboration. Non dimentichiamo inoltre che sulle piattaforme di rete CS e RI negli anni è stata sviluppata una molteplicità di servizi a valore aggiunto che non saranno immediatamente disponibili in IMS, a meno di un lungo e costoso processo di migrazione. Per questa ragione nelle fasi iniziali del lancio di VoLTE è ragionevole pensare che gli utenti continuino a fruire di tutti i servizi offerti dalle reti tradizionali fintanto che rimangono agganciati all'accesso mobile CS, mentre sull'accesso LTE verrà offerto un sottoinsieme di tali servizi cui però, nel tempo, sempre di nuovi se ne aggiungeranno abilitati dall'enorme disponibilità di banda di LTE e dalle caratteristiche intrinsecamente multimediali di IMS.

mario.madella@telecomitalia.it

l'SCC AS ordina l'abbattimento della precedente comunicazione dalla commutazione di pacchetto.

La soluzione appena descritta presenta lo svantaggio che il piano d'utente (media) deve essere instaurato tra l'MSC-S e l'altro terminale che partecipa alla chiamata. Nel caso in cui questo terminale sia IMS i tempi di ritardo della procedura di handover dipenderanno dalla velocità con cui è effettuato il setup di questo piano d'utente. Per questa ragione in 3GPP è stata introdotta una nuova funzionalità denominata ATCF (*Access Transfer Control Function*) che è collocata nella rete che serve l'utente (ad esempio nella V-PLMN in caso di roaming), che controlla l'ATGW (*Access Transfer Gateway*) e che, coerentemente all'ancoraggio della segnalazione, consente di ancorare il piano d'utente. Durante la fase di trasferimento della chiamata, quindi, l'instaurazione del piano d'utente è controllata dalla rete fornendo quindi maggiori garanzie in termini di latenza dell'handover.

Il dispiegamento del SRVCC determina una più stretta cooperazione tra la commutazione di controllo del dominio CS (MSC Server) ed il dominio IMS che controlla gli accessi a pacchetto. Nonostante la stretta collaborazione delle reti di controllo, il controllo dei servizi e delle prestazioni di rete rimane in carico alle due reti di controllo (CS ed IMS) senza alcuna sincronizzazione tra gli stati. Ad esempio nel dominio CS può essere eseguita una deviazione di chiamata dall'MSC-S senza che l'IMS sia informato dell'esecuzione e dello stato del servizio.

Inoltre l'insieme dei servizi e delle prestazioni dispiegato sui due

domini CS ed IMS potrebbe non essere uguale. Per quanto detto sopra, infatti, l'operatore potrebbe aver deciso di dispiegare su IMS alcuni servizi innovativi non presenti sul dominio CS ed un sottoinsieme dei servizi e prestazioni di rete già dispiegati sul dominio CS. In questo caso potrebbero verificarsi scenari in cui, come conseguenza dell'esecuzione dell'handover dal dominio CS verso accessi controllati da IMS, l'utente potrebbe sperimentare l'indisponibilità di alcuni servizi e prestazioni dispiegati sul dominio CS per la telefonia tradizionale. Ciò congiuntamente all'impossibilità di notificare all'utente il cambio di copertura risulterebbe in un deterioramento della "user experience".

Al fine di ridurre i suddetti casi di peggioramento della user experience è quindi necessario mettere a punto una profilatura IMS del servizio di telefonia che minimizzi il tutto, oltre che sviluppare soluzioni di Service Domain Selection che consentano di selezionare se ed in quale dominio l'utente può usufruire dei servizi e delle prestazioni desiderati.

Conclusioni

Il servizio di telefonia in rete mobile evolverà per l'introduzione del sistema LTE che supporta solo servizi a commutazione di pacchetto. Ciò comporterà per l'operatore mobile l'introduzione nelle prime fasi di funzionalità come il CSFB per governare la coesistenza tra la telefonia tradizionale ed il nuovo sistema LTE.

Quando la maturità tecnologica lo consentirà, l'operatore potrà fornire servizi di telefonia su IP in accordo allo standard VoLTE che richiederà la definizione di nuovi profili di servizio e l'introduzione di funzionalità aggiuntive quali il PS handover ed il SRVCC per garantire la mobilità tra tutte le tipologie di reti d'accesso.

Per garantire al cliente la medesima percezione del servizio indipendentemente dall'interfaccia di accesso, è auspicabile l'impiego di una soluzione transitoria di IMS/CS Collaboration propedeutica all'introduzione di ICS che abiliterà una completa coesistenza tra IMS e CS.

La forte discontinuità tecnologica potrà costituire un'opportunità per l'operatore per ridefinire ed arricchire il concetto di telefonia incrementando sempre di più l'offerta di servizi e prestazioni multimediali associati alla voce ■

fabio.mazzoli@telecomitalia.it
roberto.procopio@telecomitalia.it
alberto.zaccagnini@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



**Fabio
Mazzoli**

ingegnere elettronico, è dal 1998 in Azienda. Si è occupato inizialmente dell'ingegnerizzazione delle piattaforme e delle funzionalità della Core Network per le reti GSM e GPRS. Dal 2001 si occupa dello sviluppo dei servizi, voce e dati, su rete mobile. Dal 2005 collabora alle attività di sviluppo della rete IMS e dei relativi servizi innovativi. Autore di brevetti per la semplificazione dell'accesso ai servizi IMS. Segue oggi l'evoluzione dei servizi tradizionali ed evoluti nell'ambito della nuova rete mobile 4G. Contribuisce agli aspetti d'interconnessione tra reti nel nuovo contesto IP.



**Roberto
Procopio**

ingegnere in Telecomunicazioni, è dal 1998 in Azienda inizialmente come ricercatore su aspetti di qualificazione degli apparati di commutazione mobile e poi nel campo delle soluzioni di rete per servizi dati su rete mobile (GPRS). Dal 2001 partecipa alle attività di standardizzazione in 3GPP. Dal 2001 al 2004 collabora alle attività di supporto alle partecipate estere sulle tematiche di UMTS ed IMS. Nel 2004 ha coordinato come project manager le attività di innovazione della core network mobile correlate ad UMTS ed IMS. Dal 2008 coordina come project manager le attività di innovazione della core network fissa e mobile di Telecom Italia su aspetti relativi ad IMS, data layer, segnalazione Diameter ed interconnessione IP.



**Alberto
Zaccagnini**

ingegnere elettronico, è in Azienda dal 1998, dove si occupa dello sviluppo di servizi radiomobili a valore aggiunto tra cui quelli per la tariffazione in tempo reale del traffico voce, sms e dati della clientela prepagata. Nel periodo 2004-2005 ha contribuito alla stesura di alcuni brevetti relativi ad applicazioni basate su protocollo Camel. Fino al 2006 ha collaborato alle attività dell'EINUG, User Group di operatori che utilizzano Ericsson come fornitore di piattaforme di Rete Intelligente. Attualmente segue, oltre alle attività di sviluppo relative ai servizi di tassazione in tempo reale, quelle relative ai servizi per la clientela consumer e business in roaming, su cui fornisce supporto alle partecipate estere del Gruppo. Segue inoltre le modalità di evoluzione dei servizi tradizionali nell'ambito delle nuove reti mobili 4G.



DA LTE A LTE-ADVANCED: L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA

Umberto Ferrero, Michele Gamberini



Le comunicazioni mobili continuano a vivere un processo di evoluzione e innovazione, con una rapidissima crescita delle prestazioni raggiungibili. Nel 1998, appena 15 anni fa, la rete radio-mobile consentiva comunicazioni dati a 9,8 kbit/s: lo scorso novembre abbiamo lanciato in Italia la rete di quarta generazione LTE, che già oggi permette velocità di picco fino a 100 Mbit/s. Il percorso di innovazione prosegue ora verso la prossima meta: si chiama LTE Advanced, e promette di raggiungere prestazioni ancora superiori in termini di velocità e di qualità del servizio.

1 Il mobile broadband oggi

Il Mobile Broadband ha vissuto uno sviluppo straordinariamente rapido negli ultimi anni ed i device di rete mobile sono ormai diventati il principale mezzo di accesso ai principali servizi internet. Più del 50% delle connessioni a YouTube, Facebook, Google, Twitter avvengono in modalità wireless, anywhere, anytime. Parallelamente, il numero di sottoscrizioni broadband su rete mobile ha ormai superato quello delle sottoscrizioni fisse. Ad oggi il numero dei terminali mobili ha oltrepassato la soglia dei 9 miliardi e le previsioni parlano di 50 miliardi di device nel 2020. Non appare quindi azzardato parlare di una vera e propria rivoluzione tecnologica che ci sta rapidamente conducendo verso una società connessa nella quale il nostro stile di vita, il nostro modo di comunicare, lavorare e cooperare cambieranno per sempre. Il percorso definito nell'ambito degli standard si è concretizzato

in una sequenza di passi evolutivi che, in circa 10 anni, ci hanno portato da velocità trasmissive dell'ordine di poche decine di kbit/s, con il GPRS, agli oltre 100 Mbit/s di LTE, passando attraverso EDGE, UMTS R99, HSPA, HSPA+. Contemporaneamente, con l'avvento di smartphone, usb dongles e tablet, i terminali si sono trasformati da oggetti in grado di supportare i servizi base voce ed SMS a device multi-funzione e multi-tecnologia, dotati della capacità elaborativa di un computer di fascia alta.

Nel gergo comunemente utilizzato, la rete e i servizi mobili hanno attraversato varie generazioni di sistemi: 2G, 2,5G, 3G, 3.5 G, 4G ... e già si inizia a parlare di 5G.

Il servizio internet ultra-broadband basato sulla tecnologia LTE è stato lanciato in Italia lo scorso novembre. La rete è in corso di rapido sviluppo: le sue prestazioni saranno ulteriormente migliorate per mezzo delle funzionalità offerte da LTE Advanced.

2 Dieci anni di Mobile Broadband: un po' di storia

Il sistema GSM era stato originariamente standardizzato per supportare essenzialmente voce ed SMS. L'unica forma, abbastanza primitiva, di trasmissione dati era abilitata dalla funzionalità CSD (*Circuit Switched Data*), che consentiva di raggiungere la velocità di 9,8 kbit/s, su canale dedicato. Solo nel 1999, la rete GSM viene aggiornata, sia a livello di accesso che di core network, per introdurre il GPRS (*General Packet Radio Service*), tecnologia che abilita la trasmissione dati a pacchetto su canale condiviso fra più clienti, e supporta una velocità di trasmissione in DL (*down link*), cioè nella tratta tra stazione radio e terminale, di alcune decine di kbit/s. La richiesta di servizi dati in mobilità cresce, così come l'esigenza di poter fruire di maggiori velocità di trasmissione. In tale ottica, TIM, nel 2002, decide di aggiornare la rete GSM/GPRS con la tecnologia EDGE (*Enhanced Data*

for GSM Evolution), che permette velocità in DL fino a 200 kbit/s, prossime quindi ai 384 kbit/s della prima release commerciale UMTS (R99), che sarà lanciata nelle principali città italiane nel 2003. Quella UMTS è la prima rete mobile che nasce come rete multi-servizio, in grado cioè di supportare contemporaneamente servizi voce, SMS e di video-comunicazione nel dominio CS (*Circuit Switch*) e servizi dati nel dominio PS (*Packet Switch*).

L'UMTS evolve nel 2006 con l'introduzione di HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) che impiega un canale a pacchetto ad alta velocità condiviso tra più utenti e tecniche trasmissive avanzate, incrementando la velocità e riducendo la latenza. In questa prima fase di sviluppo, il throughput di picco supportato in DL è pari a 3,6 Mbit/s.

L'HSDPA viene ulteriormente aggiornato nel corso del 2007 e poi a inizio 2009, abilitando velocità trasmissive di picco pari rispettivamente a 7,2 e 14,4 Mbit/s. Parallelamente e con le stesse tempistiche viene introdotta la tecnologia HSUPA (*High Speed Uplink Packed Access*), che incrementa il throughput di picco fino a 5,7 Mbit/s nella tratta UL (*up-link*), cioè dal terminale alla stazione radio.

Il passo tecnologico successivo è noto in standard con il nome di HSDPA Evolution, o HSDPA+ e consente di raggiungere una velocità trasmissiva di 21 Mbit/s, grazie alla modulazione 64 QAM e di 42 Mbit/s con la tecnica DC (*dual-carrier*) che affascia due canali UMTS (2x5 MHz).

Il servizio Dual Carrier è stato lanciato da Telecom Italia nel Novembre 2011. Nei prossimi anni si introdurrà la funzionalità di

EUL (*Enhanced Up-Link*) che porterà prima a 11 Mbit/s e poi a 22 Mbit/s il throughput di picco in up-link.

La necessità di supportare la crescente domanda di connettività intelligente e sicura e di assicurare elevati livelli di QoE (*Quality of Experience*) nell'accesso a servizi sempre più esigenti in termini di banda, richiede ora l'introduzione di una nuova generazione di sistemi di comunicazioni mobile: il 4G.

La tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) è basata su una nuova tecnica d'accesso e sull'implementazione di nuovi nodi di rete d'accesso e di core network e consente, con 20 MHz di banda e gli attuali terminali di categoria 3, velocità fino a 100 Mbit/s in DL e 50 Mbit/s in UL. Grazie alle maggiori velocità trasmissive e a una diversa architettura che prevede una connessione diretta tra nodi d'accesso e core network, LTE ottimizza anche la latenza, abilitando servizi ad elevata interattività. I prossimi terminali di categoria 4 supporteranno velocità di picco 150 Mbit/s in DL e 50 Mbit/s in UL.

Dopo le prime sperimentazioni nel triennio 2008-2010 e l'acquisizione dello spettro nelle gamme degli 800, 1800, 2600 MHz avvenuta nel settembre 2011, Telecom Italia ha lanciato il servizio commerciale LTE su large screen (PC e tablet) a novembre 2012 e su small screen (smartphone) a febbraio 2013.

3 Il percorso della normativa e dell'industria

La standardizzazione internazionale ha rappresentato in questi anni uno dei fattori che hanno determinato il successo dell'in-

dustria radiomobile, assicurando l'interoperabilità, il roaming internazionale e garantendo significative economie di scala e ampia scelta di modelli di terminali.

Dopo la lunga fase di specifica dei sistemi GSM e GPRS/EDGE realizzata dall'ETSI, l'evoluzione delle principali tecnologie 3GPP inizia da UMTS (2000) e continua con HSDPA e IMS (2002), HSUPA (2004), LTE o EPS (2008), LTE-Advanced (2010). Il 3GPP ha avviato in Release 8 la standardizzazione della nuova tecnologia ultrabroadband LTE denominata EPS (*Evolved Packet System*), suddivisa in interfaccia radio E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*) e Core Network EPC (*Evolved Packet Core*). La Release 8 ha introdotto le prestazioni basilari di EPS: nuova interfaccia radio, Core Network solo a pacchetto, funzionalità per il servizio voce, sia a circuito CSFB (*Circuit Switched Fall-Back*), sia a pacchetto VoLTE (*Voice over LTE*), quest'ultima attraverso l'architettura IMS (*IP Multimedia Subsystem*).

La Release 9 ha inserito alcune ottimizzazioni radio e funzionalità quali i servizi broadcast/multicast (eMBMS), la chiamata d'emergenza su IMS/LTE e la localizzazione.

La Release 10 è di rilievo principalmente per l'accesso radio, con le prime specifiche di LTE-Advanced, che consente velocità di picco fino a 600 Mbit/s, con 20 MHz di banda. Si introducono poi ottimizzazioni a supporto del traffico M2M (*Machine-to-Machine*), del browsing Internet e dell'integrazione degli accessi non-3GPP nel sistema EPS (es. possibilità per un terminale multi-modo di spostarsi, magari con continuità di sessione, da accessi 2G/3G/LTE ad accessi ADSL/WiFi).

La Release 11 fornisce, in ambito radio, l'ottimizzazione della funzionalità di Release 10 CA (*Carrier Aggregation*), cioè la concatenazione di canali radio, in genere non contigui in gamme diverse ottenendo una "banda equivalente continua" che permette di raggiungere throughput proporzionali: ad esempio con banda equivalente di 40 MHz si può raggiungere un throughput maggiore di 1 Gbit/s.

Il percorso di LTE Advanced prosegue: sono appena iniziati i lavori sulla Release 12 e successive. Non si specificherà una nuova interfaccia radio, ma ci si focalizzerà su incremento della capacità, ottimizzazioni della rete radio e di trasporto, miglioramento della user experience, risparmio energetico, efficienza economica.

Le tecnologie identificate in RAN per la Release 12 sono:

- uso massivo di small cells (pico e femto) con gestione dell'interferenza tra livelli diversi in reti eterogenee, ottimizzazione della mobilità, aggregazione di portanti di celle diverse, ecc;

- multi-antenna/sito 3D MIMO / beamforming CoMP/MIMO;
- interlavoro radio con il WiFi;
- nuove procedure per supportare diverse tipologie di traffico e ridurre il carico di segnalazione;
- nuove funzionalità per M2M (*Machine to Machine*) e SON (*Self Organizing Network*).

Il completamento della Release 12 è previsto per giugno 2014 e si attendono prodotti commerciali non prima della seconda metà del 2016.

4 Che cos'è LTE Advanced?

LTE Advanced comprende numerose tecnologie finalizzate essenzialmente a incrementare le prestazioni della rete radiomobile. La complessità realizzativa, e di conseguenza la disponibilità in rete e nei terminali differiscono a seconda della funzionalità considerata. Gli elementi principali sono rappresentati da:

- la Carrier Aggregation, per ampliare le prestazioni di picco;

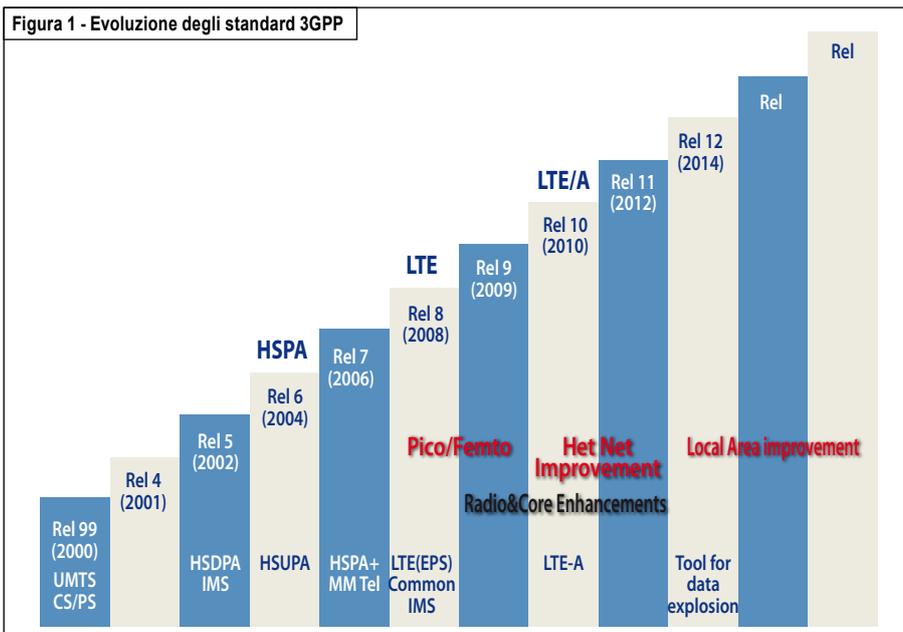
- i sistemi multi antenna - MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), per migliorare le prestazioni di picco;
- le antenne attive, per aumentare capacità a parità di banda di frequenza utilizzata e minimizzare i livelli di interferenza;
- la tecnica COMP, per migliorare le prestazioni a bordo cella;
- la tecnica eCIC, per ridurre l'interferenza in reti eterogee (con small cell);
- l'evoluzione verso SON;
- i Relay Node.

5 CA (*Carrier Aggregation*)

In LTE-A la funzionalità di CA consente di concatenare bande di larghezza diversa e allocate in gamme diverse. In tal modo, la CA permette sia di aumentare il throughput di picco sia di rendere possibile una gestione flessibile della banda in scenari eterogenei macro/pico che utilizzino layer frequenziali diversi. L'implementazione di questo importante step tecnologico richiederà la condivisione della banda base tra coppie di nodi che lavorano sulle bande di frequenza che si intende affasciare. Tale condivisione, che risulta immediata nel caso di impianti co-locati, richiede invece l'ubicazione degli apparati di banda base in una location comune (che può coincidere con la centrale di attestazione o con uno dei 2 enodeB) nel caso di impianti installati su siti diversi.

Dal punto di vista del livello fisico, lo standard permette sin dalla release 10 di affasciare fino a 5 bande di frequenza simultaneamente. Tuttavia, per tenere conto dell'impatto che tali nuove configurazioni hanno sui terminali

Figura 1 - Evoluzione degli standard 3GPP



e sugli eNodeB, nella release 11 sono stati standardizzati profili di CA solo per il down link e solo per 2 bande frequenziali, di ampiezza massima pari a 10 e 20 MHz. A livello eUTRAN, questa versione di CA sarà supportata dai diversi vendor di rete d'accesso entro il Q1 del 2014. I primi terminali arriveranno invece presumibilmente tra la fine del 2014 e l'inizio del 2015.

6 I sistemi multi antenna e le antenne attive

Gli schemi MIMO, presenti sin dalla prima versione dello standard LTE nella versione 2x2, in LTE - Advanced sono stati migliorati per aumentare il throughput di picco mediante i sistemi 4x4 e 8x8 che prevedono l'utilizzo rispettivamente di 4 e 8 antenne sulla stazione radio e sul device.

Agendo di nuovo sui sistemi radianti, tramite le cosiddette antenne attive si riesce invece ad incrementare il throughput medio. Il principio alla base delle antenne attive è il digital beamforming, che focalizza il segnale da terminale a eNodeB e viceversa, aumentando così il livello del segnale utile e riducendo l'interferenza.

Anche l'efficienza spettrale è stata ulteriormente aumentata con il MU-MIMO (Multi-User MIMO), dove grazie allo SDMA (*Space Division Multiple Access*) le informazioni dirette a utenti diversi sono trasmesse simultaneamente sulle stesse risorse fisiche.

Gli schemi MIMO avanzati complicano notevolmente l'implementazione del sistema d'antenna sia a livello rete che, soprattutto, sul terminale. Le difficoltà legate alla realizzazione di un front-end radio così complesso sul device

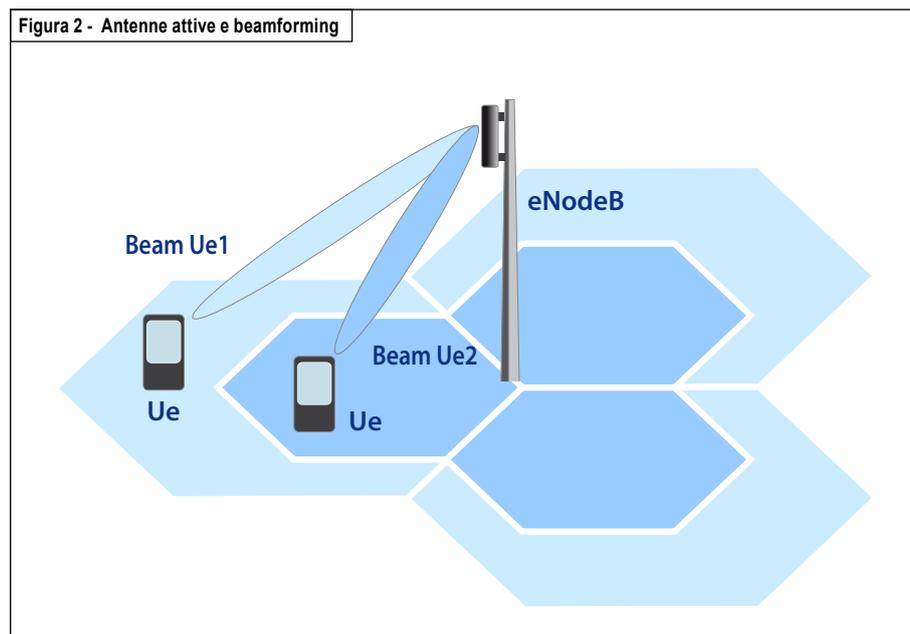
rendono estremamente improbabile che si possa disporre in tempi rapidi (e su tutti i tipi di terminale) di schemi che implicano l'implementazione di più di 2 antenne sui device. Per tale ragione i vari operatori stanno lavorando sul MIMO 4x2 che dovrebbe consentire un incremento del throughput di picco in DL, lasciando invece inalterato quello in UL. Le prime implementazioni in campo non si vedranno, con ogni probabilità, prima del 2015.

L'evoluzione tecnologica dell'elettronica a livello di stazione radio base rende possibile un avvicinamento dei moduli a radio frequenza all'antenna. Accanto alle tradizionali soluzioni in cui gli apparati radio (SRB, nodeB ed eNodeB) sono collegati ad antenne passive, sono già disponibili soluzioni split o di tipo main/remote, in cui i segnali generati da un modulo digitale di banda base (main) sono trasmessi in fibra a un'unità attiva (remote) posta in prossimità dell'antenna, che genera ed amplifica il segnale a RF emesso dall'antenna stessa. Un

impianto main/remote consente in tal modo di evitare le perdite introdotte da cavi e connettori (feeder) utilizzati per collegare gli apparati al sistema radiante. Con le antenne attive si fa un ulteriore passo avanti.

L'AAS (*Active Antenna System*) è costituito infatti da un modulo remoto (main) connesso in fibra a una antenna in cui la generazione del segnale a radio frequenza, l'amplificazione e l'emissione sono integrate. In tal caso, oltre a evitare la perdita introdotta dai feeder, come per i sistemi main/remote, si possono creare (Digital Beam Forming) varie celle in verticale e in orizzontale (cell-splitting), aumentando la capacità a parità di banda di frequenza utilizzata. Nel caso specifico di vertical sectorization (vedi Figura 2) sarà possibile ad es. produrre, per ogni settore, 2 fasci verticali con differenti angoli di tilt, raddoppiando sostanzialmente il numero di celle presenti su un singolo impianto e quindi incrementando significativamente la capacità disponibile.

Figura 2 - Antenne attive e beamforming



Terminali LTE

La prima versione di LTE (Release 8 delle specifiche 3GPP) in corso di spiegamento, prevede cinque categorie di terminali. I primi terminali commerciali sono quelli di categoria 3 (100 Mbit/s in DL e 50 Mbit/s in UL), con MIMO 2x2. Ai terminali di categoria 4 (150 Mbit/s in DL e 50 Mbit/s in UL) seguiranno i terminali di categoria 5 con il MIMO 4x4. L'evoluzione verso LTE-Advanced (Release 10 e successive) prevede ulteriori categorie i terminali quali 6, 7 e 8. Si prevedono sia evoluzioni delle antenne che della banda passando a sistemi MIMO di ordine superiore, fino a MIMO 8x8, con 8 antenne diverse nel terminale.

Per quanto riguarda l'aggregazione di bande di frequenza in gamme diverse attraverso la funzionalità di CA, la prima versione di CA permetterà una larghezza di banda totale di 20 MHz. Per quanto ri-

	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Cat. 6	Cat. 7	Cat. 8
Peak Tput DL (Mbit/s)	10	50	100	150	300	300	300	3000
Peak Tput UL (Mbit/s)	5	25	50	50	75	50	100	1500
Modulazioni DL	QPSK 16QAM 64QAM							
Modulazioni UL	QPSK/16QAM				QPSK 16QAM 64QAM	QPSK 16QAM		QPSK 16QAM 64QAM
MIMO DL DL Spatial Multiplexing	No	2x2	2x2	2x2	4x4	4x4	4x4	8x8
Banda	20 MHz					40 MHz	40 MHz	100 MHz
Disponibilità	Disponibili			2H 2013	2015	NA.	NA.	2020

Tabella 1 - Categorie di terminali LTE

guarda le categorie 6 e 7, il throughput di picco può essere raggiunto in modi differenti: ad esempio, è possibile rag-

giungere i 300 Mbit/s in DL supportando MIMO 2x2 con CA di 40 MHz, oppure con MIMO 4x4 con 20 MHz di banda.

7 CoMP (Coordinated Multi Point)

Nel CoMP il segnale viene trasmesso e ricevuto da punti che agiscono in modo coordinato aumentando il livello del segnale utile e diminuendo quello dell'interferenza (bordo cella in scenari eterogenei dove la coesistenza di siti macro e siti pico è particolarmente onerosa). Le tecniche CoMP previste dal 3GPP a partire dalla release 11 sono:

- CS (Coordinated Scheduling) o CB (Coordinated Beamforming): i punti trasmissivi si coordinano per massimizzare il segnale utile ricevuto dall'utente e ridurre l'interferenza verso gli altri utenti;
- DPS (Dynamic Point Selection): per ogni utente viene istanta-

neamente selezionato il punto trasmissivo più adatto per ottimizzare le prestazioni nel sistema;

- JP (Joint Processing) in DL il terminale riceve da più punti trasmissivi (Joint Transmission) o in UL il segnale trasmesso dal terminale è ricevuto in più punti riceventi (Joint Reception). In entrambi i casi la ricombinazione del segnale al ricevitore aumenta la qualità dello stesso.

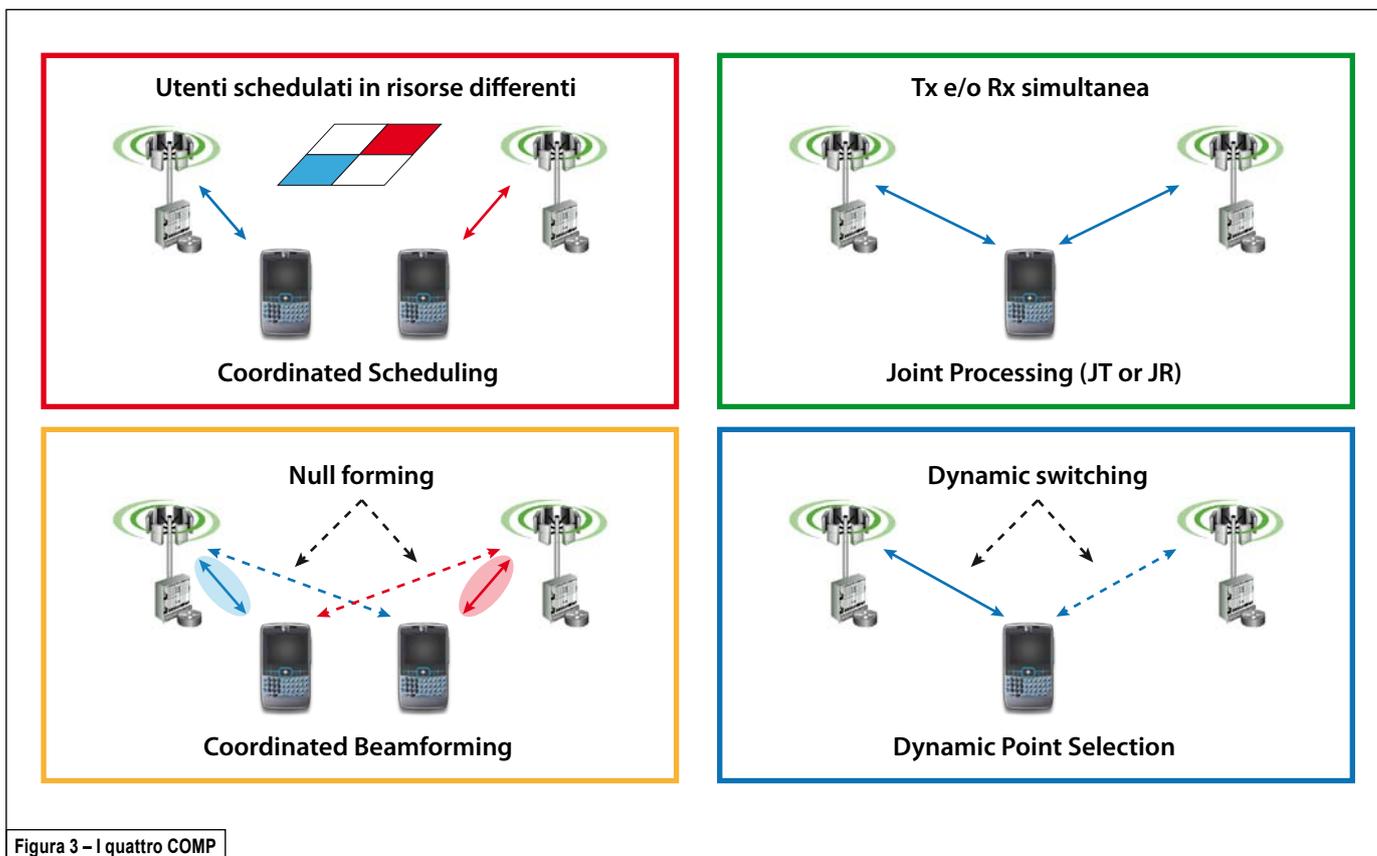
In uplink sono possibili soluzioni CoMP intra-sito, con scheduler centralizzato, che permettono ricezione a cancellazione di interferenza fra le celle del sito.

Nella Release 12, è previsto lo studio di tecniche CoMP per il coordinamento anche tramite interfaccia X2 e sue evoluzioni.

Il CoMP richiede che il processing di banda base degli impianti "coordinati" sia condiviso e che si introducano nuovi meccanismi di sincronizzazione estremamente stringenti tra gli e-nodeB. Le prime implementazioni a livello di rete e di device sono previste per il 2016.

8 eICIC (Enhanced Inter-Cell Interference Coordination)

L'eICIC, introdotto sin dalla release 10, permette di migliorare le prestazioni in scenari eterogenei, caratterizzati dalla coesistenza di siti micro/pico e siti macro che utilizzino la stessa porzione di spettro di frequenza. L'implementazione della funzionalità richiede l'instaurazione di un meccani-



simo di coordinamento, attraverso l'interfaccia X2, tra il nodo macro (*aggressor*) e alcuni nodi pico (*victim*) ubicati all'interno dell'area di copertura della macro, al fine di minimizzare l'interferenza di quest'ultima sui terminali attestati sul layer micro/pico. Per far questo la rete d'accesso dovrà supportare le seguenti capabilities:

- **ABS (Almost Blank Subframes)**, particolari trame radio all'interno delle quali il nodo macro non trasmette, fornendo ai nodi pico l'opportunità di servire gli utenti più interferiti;
- **CRE (Cell Range Expansion)**, fattore di sbilanciamento, che permette di favorire il collegamento dei terminali sui nodi pico, anche nei punti in cui tali nodi non rappresentino la best server dal punto di vista della qualità e del livello del segnale radio.

La versione di Rel. 10 è adatta anche per terminali senza cancellazione d'interferenza; pertanto si considerano CRE non elevati. In release 11 l'evoluzione, denominata **feICIC (further enhanced ICIC)**, è pensata per CRE elevati con anche segnalazione in DL a supporto della cancellazione.

ICIC, che richiede una sincronizzazione di fase tra layer macro e micro e maggiori capacità elaborativa da parte del terminale, sarà disponibile a partire dal 2015.

SON (Self Organizing Networks)

Il paradigma SON (*Self Organizing Network*), secondo la definizione del 3GPP, prevede tre ambiti:

- **self-configuration**: supporto a installazione e preconfigura-

zione del nodo per semplificare il dispiegamento di rete;

- **self-optimization**: supporto alla supervisione dei KPI (*Key Performance Indicator*) e adattamento dei parametri della configurazione per raggiungere gli obiettivi di prestazione assegnati;
- **self-healing**: supporto al riconoscimento di guasti e ripristino automatico del nodo oppure azioni compensative sui nodi adiacenti.

Tali funzionalità sono realizzate, in parte da algoritmi distribuiti resi disponibili dalle manifatturiere negli elementi di rete, in parte da algoritmi centralizzati, nel dominio dell'operatore, con funzioni di controllo degli algoritmi distribuiti. Come esempio di Self-Optimization può essere citato l'algoritmo di ANR (*Automatic Neighbouring Relations*).

Le Neighbouring Relations (relazioni di adiacenza) sono legami tra coppie di celle (Cella X – Cella Y), configurati in rete e necessari a garantire la continuità del servizio in mobilità nel passaggio dalla cella X alla cella Y e viceversa. In caso di aggiunta di nuovi siti o di modifica dei siti esistenti, le relazioni di adiacenza tra le celle devono essere aggiornate. La funzionalità di ANR, distribuita nei nodi di rete, consente di effettuare tale aggiornamento in modo automatico o semiautomatico. Anche in questo caso un sistema centralizzato può agire come controllore, forzando la presenza di relazioni importanti o impedendo la creazione di relazioni non utili alla mobilità.

10 Relay nodes

Le prime tecniche di relaying risalgono agli anni Settanta e consistono

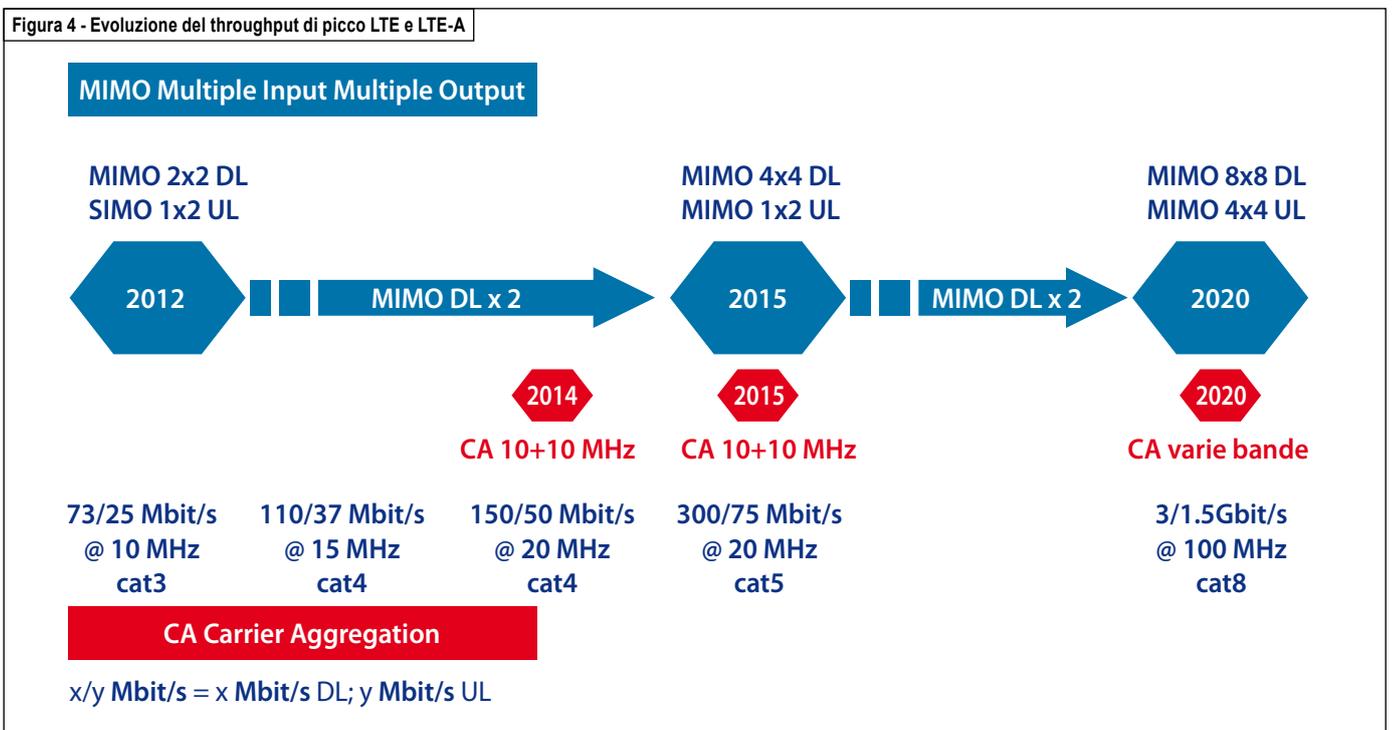
in un sistema di comunicazione costituito da tre nodi, in cui il segnale viene trasmesso dal nodo S (Source), al nodo D (Destination), attraverso il nodo R (Relay). Il ripetitore R, compensando l'attenuazione di propagazione fra S e R, consente di aumentare la copertura e/o la capacità di S. Il Relay ha prestazioni che dipendono sia dal tipo di ritrasmissione prevista (Amplify and Forward, Decode and Forward, ...) sia dall'intelligenza a bordo (PHY, MAC, packet scheduling, ...). Per il backhauling di R si utilizza la stessa banda e interfaccia radio dell'eNB (donor); ciò ne facilita l'uso per coperture pico/micro. Per il backhauling il relay può utilizzare una banda differente o la stessa banda utilizzata per la comunicazione verso il nodo destinazione. I relay sono inoltre impiegabili per il backhauling radio di siti macro in aree Digital Divide, nonché come terminali d'utente per fornire connettività broadband. LTE-A, dalla Release 10, prevede Relay Nodes

con intelligenza pari a quella di un eNodeB. Le prime implementazioni dei Relay dovrebbero rendersi disponibili attorno al 2018.

11 Perché LTE Advanced?

Le funzionalità offerte da LTE Advanced permettono di migliorare le prestazioni di picco del Mobile Ultrabroadband. In Figura 4 si rappresenta l'evoluzione del throughput in funzione del numero di antenne, delle bande utilizzate e della categoria del terminale (vedi box sui terminali LTE); si nota come nel 2020 saranno teoricamente rese possibili velocità elevatissime a fronte di una tecnologia complessa e di una banda disponibile molto ampia. Oltre a incrementare il throughput di picco, le funzionalità LTE Advanced consentono anche di migliorare la QoE dei

Figura 4 - Evoluzione del throughput di picco LTE e LTE-A



LTE Security

Come per le precedenti tecnologie mobili, anche per LTE la sicurezza costituisce un fattore importante e abilitante l'impiego, ancor più necessario a causa della migrazione verso un paradigma all-IP che rende vulnerabile la rete ai comuni attacchi del mondo IP, sfruttandone i diversi punti di accesso: le connessioni tra i nodi di accesso e quelli core, la connessione verso Internet e le reti corporate di clienti, l'interconnessione tra operatori mobili attraverso la rete di roaming.

Uno dei principali elementi di discontinuità che LTE ha introdotto rispetto alla rete 3G è, infatti, l'eliminazione dell'impianto RNC (Radio Network Controller) e lo spostamento delle sue funzionalità sui nodi adiacenti (eNB e nodi Core). Dal punto di vista funzionale, la principale ricaduta sulla tematica sicurezza è che la cifratura delle sessioni (dati e voce), precedentemente svolta dagli RNC, è ora terminata sui nodi di accesso. La possibile numerosità degli eNB, che può raggiungere volumi delle migliaia, e la tipologia di siti su cui sono installati, spesso sedi non di Telecom Italia, rendono la rete di accesso più fa-

cilmente attaccabile. In aggiunta il trasporto del traffico dati e voce dall'eNB ai nodi di rete core è non autenticato ed in chiaro (punto di accesso 1 di Figura A), quindi potenzialmente vulnerabile ad attacchi di intercettazione eseguiti sfruttando direttamente le caratteristiche del mezzo trasmissivo (ad esempio i tratti di connessione in tecnologia wireless) oppure compromettendo uno stesso eNB, approfittando della mancanza di misure di sicurezza fisiche e logiche in essere su tale nodo. Non è solo il traffico utente ma anche quello di segnalazione ad essere esposto ad attacchi di sicurezza sulle connessioni di backhauling (i collegamenti fra i nodi radio e i nodi di rete core). La mancanza di autenticazione e di confidenzialità rende plausibile l'impiego di nodi illegittimi (MME ed eNB) per veicolare informazioni fasulle e realizzare in questo modo un disservizio (attacco di tipo Denial of Service) agli utenti connessi o agli stessi nodi della rete core.

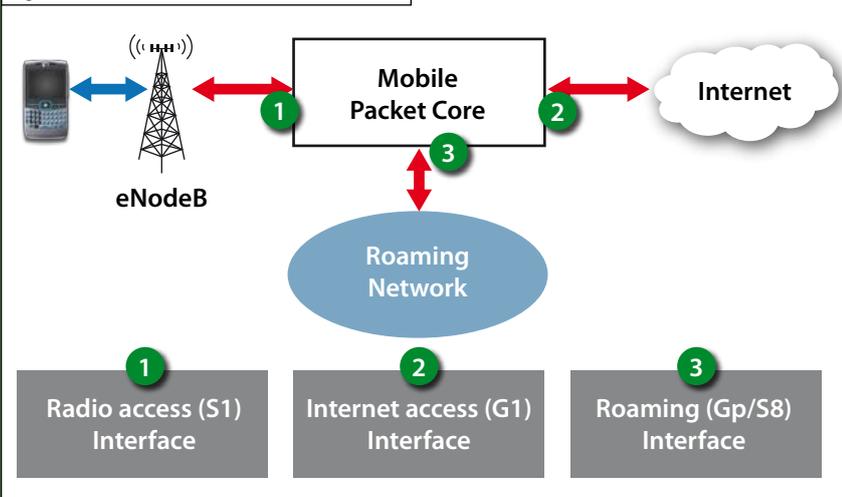
Le contromisure alle minacce descritte sono il supporto sugli eNB di un security environment accessibile solo a chi autorizzato, per la conservazione di

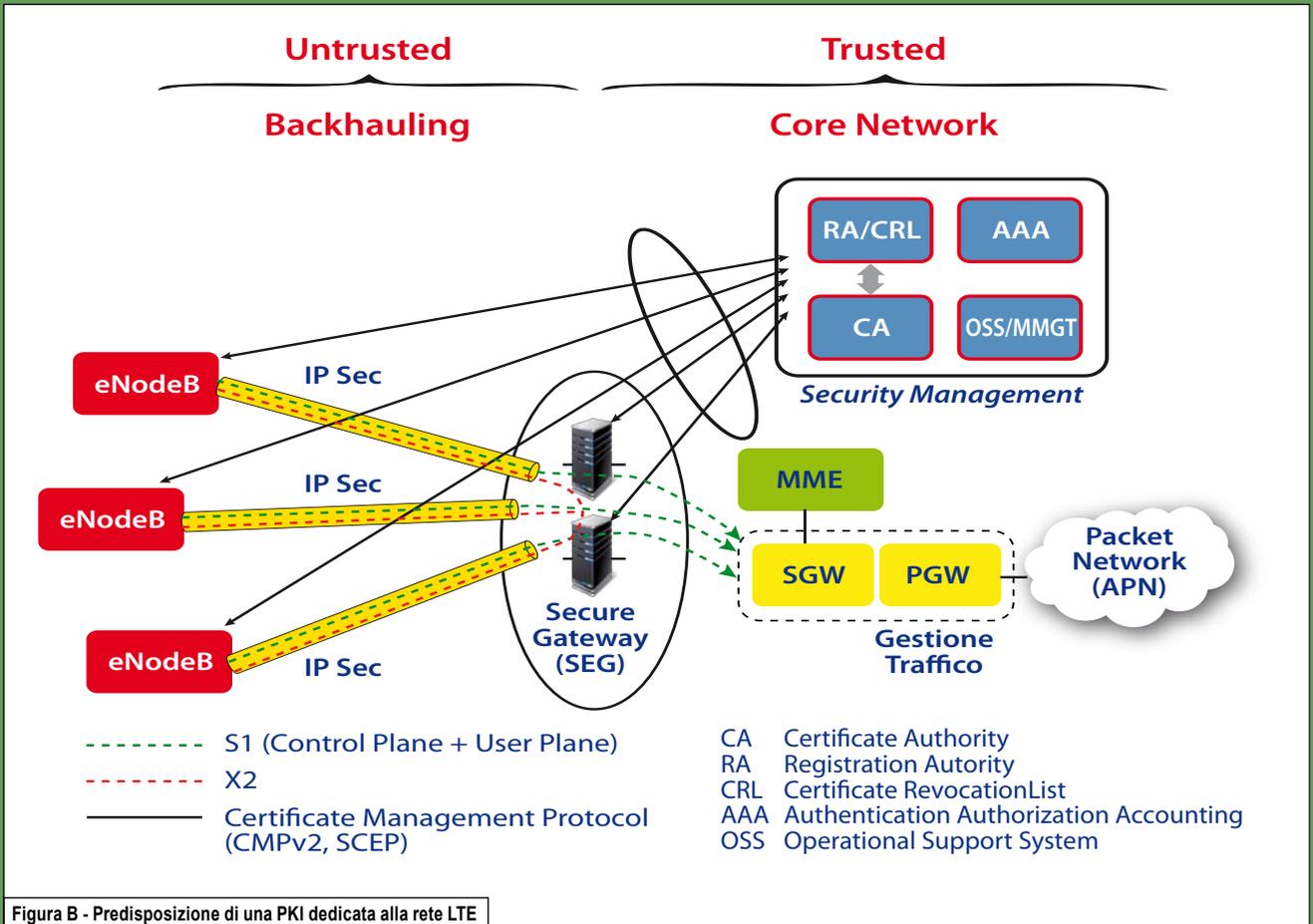
dati (materiale crittografico) e l'esecuzione di funzionalità sensibili (cifratura e decifratura) e l'impiego del protocollo IPSec per il trasporto del traffico verso la rete core. Questo, dal punto di vista architetturale, si traduce nell'inserimento di un'entità, Security Gateway (SEG), per la terminazione dei tunnel (si veda Figura B) e nella predisposizione di una PKI (*Public Key Infrastructure*) dedicata alla rete LTE capace di inter-operare con i nodi di accesso eNB, fattibilmente multi-vendor, e con il SEG. Quest'ultimi per mutuamente autenticarsi dovranno, infatti, disporre di un certificato rilasciato dalla CA (Certification Authority) dedicata alla rete LTE di TI. Sebbene la gestione dei certificati possa essere eseguita manualmente, la numerosità degli eNB non rende plausibile tale approccio, per cui è opportuno l'impiego di protocolli che ne automatizzano la gestione, come il Certificate Management Protocol (CMPv2). Un altro protocollo è il Simple Certificate Enrolment Protocol (SCEP), più diffuso ed usato particolarmente per la gestione dei certificati lato SEG.

La securizzazione del traffico IP attraverso IPSec probabilmente si scontra con problemi di interoperabilità dai quali dipenderà la definizione dell'architettura finale da impiegare. In aggiunta, va detto che l'impiego di IPSec potrebbe avere impatti sul trasporto del traffico, per esempio dal punto di vista della latenza, in particolare sull'interfaccia X2, che connette direttamente due eNB vicini, dove il traffico verrebbe dapprima a transitare per il SEG.

Non sono solo le connessioni di backhauling a minacciare la sicurezza della rete; la raggiungibilità da Internet rende infatti possibili attacchi tipici del mondo IP quali infezioni da malware,

Figura A - Punti di accesso alla rete core





botnets, flooding, IP port scanning. Il principale obiettivo è creare un attacco DoS agli utenti mobili attraverso saturazione delle risorse radio e/o alla rete core attraverso l'indisponibilità degli apparati soprattutto se realizzati mediante botnet (DDoS). A rendere fattibili questi attacchi contribuiscono diversi fattori tra cui la diffusione di terminali mobili con un indirizzamento pubblico, la loro caratteristica di essere "always connected" e l'assenza spesso di meccanismi di DoS prevention a protezione dell'interfaccia verso Internet (Gi). Infine il roaming (punto di accesso 3 di Figura A) dove è facile prevedere an-

che qui il verificarsi di attività fraudolente. La realizzazione di tale scenario che vede l'interconnessione tra operatori mobili richiede, infatti, lo scambio tra le reti di informazioni relative ai dati per l'autenticazione e autorizzazione dell'utente presso la rete ospitante, piuttosto che informazioni di controllo del charging. Per LTE, il protocollo scelto per lo scambio di questi dati è il Diameter che, per il roaming, non fornisce una sicurezza end-to-end a livello applicativo ma si basa su meccanismi di sicurezza ai livelli inferiori. E' dunque necessario prevedere l'impiego di opportune soluzioni quali IPSec per fornire garanzie

di confidenzialità, autenticità e integrità dei messaggi Diameter.. In aggiunta sono richiesti strumenti di sicurezza adeguati per monitorare e prevenire potenziali minacce di sicurezza dalla rete di roaming, ad esempio l'impiego di Border Gateway che implementano ACL (Access Control Lists) o meccanismi simili, per evitare traffico indesiderato verso la rete core non inerente a quanto concordato negli accordi di roaming ■

luciana.costa@it.telecomitalia.it

clienti ai margini della copertura radio, ossia in condizioni di bordo cella (COMP) o in reti eterogenee, in presenza di micro e pico celle (eICIC). Altre funzionalità permettono di realizzare la rete mobile in modo più semplice ed economico (SON e Relay).

12 ... verso le reti eterogenee ...

Le reti mobili del futuro dovranno fornire una capacità estremamente elevata e sufficiente a garantire l'accesso ad applicazioni sempre più esigenti in termini di banda indipendentemente dalla posizione del cliente e tenendo conto del suo profilo e del device utilizzato. A tal fine sarà necessario realizzare reti eterogenee, reti cioè in grado di supportare più standard tecnologici operanti in gamme di frequenza diverse su più strati cellulari (macro, micro, pico). In Figura 5 è rappresentato un esempio di rete eterogenea con tre tecnologie di accesso radio (RATa,

RATb, RATc), cinque gamme frequenziali da (G1, G2, G3, G4, G5) a frequenze crescenti, con macrocelle, microcelle e picocelle.

Una rete eterogenea è formata, per ogni area, da una pluralità di RRP (*Radio Resource Pool*) costituiti da una varietà di RAT (*Radio Access Technologies*), layer frequenziali, tipologie di stazioni base utilizzando potenze decrescenti (Macro, Micro, Pico e Femto), da impiegare sinergicamente tramite una gestione congiunta delle risorse radio detta CRRM (*Common Radio Resource Management*). Alcuni esempi di criteri di controllo in ottica CRRM sono il Traffic Steering, che smista le diverse tipologie di traffico verso specifici RRP secondo determinati obiettivi di servizio e il Load Balancing, che bilancia il carico tra RRP per un guadagno complessivo di prestazioni. In generale le azioni di CRRM possono essere espletate in diversi momenti: in Idle, ossia in assenza di comunicazione, si può far "accampare" il terminale su un RAT prefissato; al Call Setup, secondo il servizio richiesto, si instrada la chiamata verso l'RRP

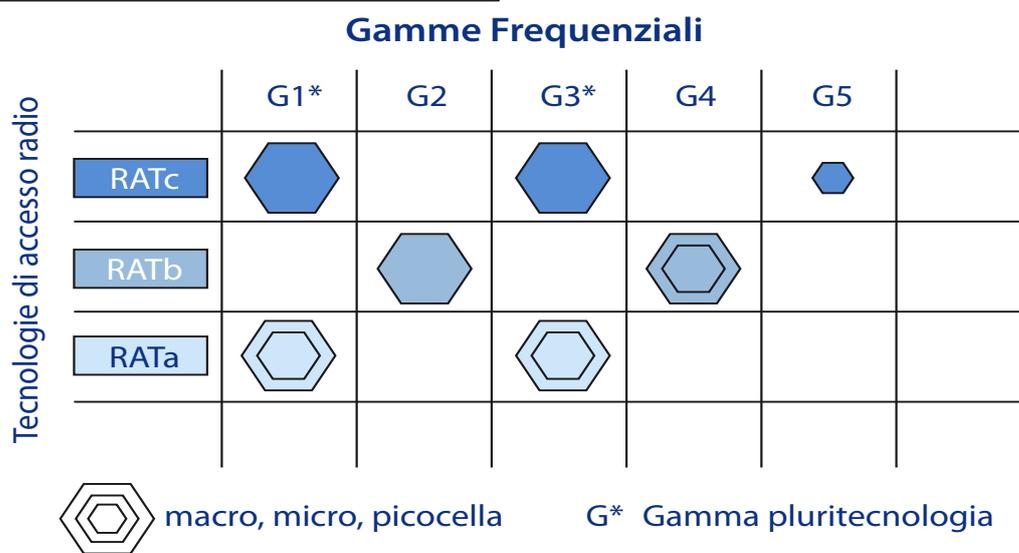
opportuno. In connessione si può, eventualmente, eseguire un handover per gestire opportunamente il traffico.

13 Un lungo cammino di continua innovazione - verso il 5G

Accanto alle attività in corso in normativa, alcuni consorzi iniziano a studiare le possibili tecnologie che potranno permettere ulteriori miglioramenti delle performance offerte ai clienti in mobilità.

Il principale consorzio di ricerca in Europa su queste tematiche è METIS: obiettivo del progetto è porre le basi del sistema genericamente indicato come 5G, considerando sia l'evoluzione delle tecnologie wireless esistenti (3G, 4G, WiFi, ecc.) sia nuove soluzioni tecnologiche wireless per far fronte agli scenari futuri (es. ultra-reliable networks, massive machine communications, ecc.). Il 5G non è oggi codificato rigorosamente. Si tratta di un insieme di tecnologie che potranno permettere di affrontare le esigenze di

Figura 5 - Reti eterogenee



nuovi scenari di servizio, collocati indicativamente attorno al 2020 e caratterizzati da:

- volume dati trasportato 1000 volte superiore a quello attuale;
- numero terminali connessi da 10 a 100 volte superiore;
- banda impiegata mediamente dai clienti da 10 a 100 volte;
- tempo di vita delle batterie 10 volte maggiore;
- latenza end to end ridotta di almeno 5 volte.

Telecom Italia partecipa al consorzio METIS insieme ai maggiori costruttori, centri di ricerca e università, e partecipa ad alcuni altri progetti lanciati dalla Commissione Europea nell'ambito del settimo programma quadro per sviluppare tecnologie abilitanti verso la vision del mobile di quinta generazione.

Analogamente a quanto avvenuto in passato in progetti simili, i risultati potranno creare consenso attorno a soluzioni tecniche che potranno entrare a fare parte di standard internazionali.

Iniziative simili negli obiettivi, ma non nelle soluzioni tecniche, sono state avviate in Cina, Corea del Sud e Gran Bretagna.

14 Un lungo cammino... e ancora tanta strada da fare

Il cammino delle comunicazioni mobili nell'ambito dei servizi dati è stato caratterizzato da una rapida evoluzione tecnologica che in circa 10 anni ha consentito di passare da capacità trasmissive dell'ordine di pochi kbit/s ai 100 Mbit/s disponibili oggi con LTE. Parallelamente le reti mobili sono diventate la principale piattaforma di comunicazione tra persone e di accesso ai servizi dati, con oltre 9 miliardi di de-

vice connessi. L'efficace modello di sviluppo dell'industria mobile ha visto un continuo avvicendamento di tecnologie attraverso le fasi successive di studio, standardizzazione, sviluppo prodotti e introduzione in rete. Grazie a LTE sarà possibile realizzare un ulteriore passo avanti verso la cosiddetta "Società Connessa", nella quale sarà necessario dotare di connettività wireless auto, case, apparati bio-medicali, console elettroniche, televisori ed una miriade di altri oggetti della consumer electronics.

Il tale ottica sarà fondamentale disporre di una tecnologia in grado di assicurare livelli di performance adeguati in funzione della tipologia di servizio, del device e del profilo della sottoscrizione considerata. Da questo punto di vista, il prossimo importante passo in avanti delle comunicazioni mobili avverrà per mezzo di un insieme di tecnologie che rientrano nell'ambito di LTE Advanced. Tali tecnologie consentiranno non solo velocità di picco sempre più elevate ma, anche prestazioni complessivamente più soddisfacenti per i clienti in termini di capacità mediamente disponibile, livelli di copertura e in generale Quality of Experience.

Le principali funzionalità di LTE Advanced si renderanno progressivamente 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 una ulteriore generazione di sistemi mobili, già indicati con il termine 5G, in grado di sostenere scenari di utilizzo sempre più ampi e sempre più sfidanti ■

Acronimi

- AAS:** Active Antenna System
- ABS:** Almost Blank Subframes
- ADSL:** Asymmetrical Digital Subscriber Line
- ANR:** Automatic Neighbouring Relations
- CA:** Carrier Aggregation
- CoMP:** Coordinated Multi Point
- CRE:** Cell Range Expansion
- CRRM:** Common Radio Resource Management
- CB:** Coordinated Beamforming
- CS:** Coordinated Scheduling
- CS:** Circuit Switch
- CSD:** Circuit Switched Data
- CSFB:** Circuit Switched Fall-Back
- DC:** Dual Carrier
- DL:** Down Link
- DPS:** Dynamic Point Selection
- EDGE:** Enhanced Data for GSM Evolution
- eICIC:** Enhanced Inter-Cell Interference Coordination
- eMBMS:** evolved Multimedia Broadcast Multicast Services
- EPS:** Evolved Packet System
- ETSI:** European Telecommunications Standard Institute
- EUL:** Enhanced UpLink
- E-UTRAN:** Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
- feICIC:** further enhanced ICIC
- GPRS:** General Packet Radio Service
- GSM:** Global System for Mobile communications
- HSPA:** High Speed Uplink Packed Access
- HSPA+:** High Speed Uplink Packed Access (evolved)
- IMS:** IP Multimedia Subsystem
- JP:** Joint Processing
- LTE:** Long Term Evolution
- LTE-A:** Long Term Evolution - Advanced
- M2M:** Machine - to - Machine
- METIS:** Mobile and wireless communications Enablers

	for the Twenty-Twenty Information Society	RAT:	Radio Access Technologies
MIMO:	Multiple Input Multiple Output	RRP:	Radio Resource Pool
MU-MIMO:	Multi-User MIMO	SDMA:	Space Division Multiple Access
PS:	Packet Switch	SMS:	Short Message Service
QAM:	Quadrature Amplitude Modulation	SON:	Self Organizing Network
QoE:	Quality of Experience:	SRB:	Stazione Radio Base
QPSK:	Quadrature Phase Shift Keying	UL:	Up Link
KPI:	Key Performance Indicator	UMTS:	Universal Mobile Telecommunications System
		VoLTE:	Voice over LTE
		WiFi:	Wireless Fidelity



Bibliografia

- Easy LTE, P. Semenzato (a cura di), <http://www.telecomitalia.com/tit/it/innovation/books/easy-lte.html>
- Progetto METIS <https://www.metis2020.com/about-metis/>

umberto.ferrero@telecomitalia.it
michele.gamberini@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



Umberto Ferrero

laureato in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino, 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 a far parte del Gruppo Telecom Italia nel 1992 nell'allora CSELT (Centro Studi e Laboratori e Laboratori Telecomunicazioni), 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, on 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.



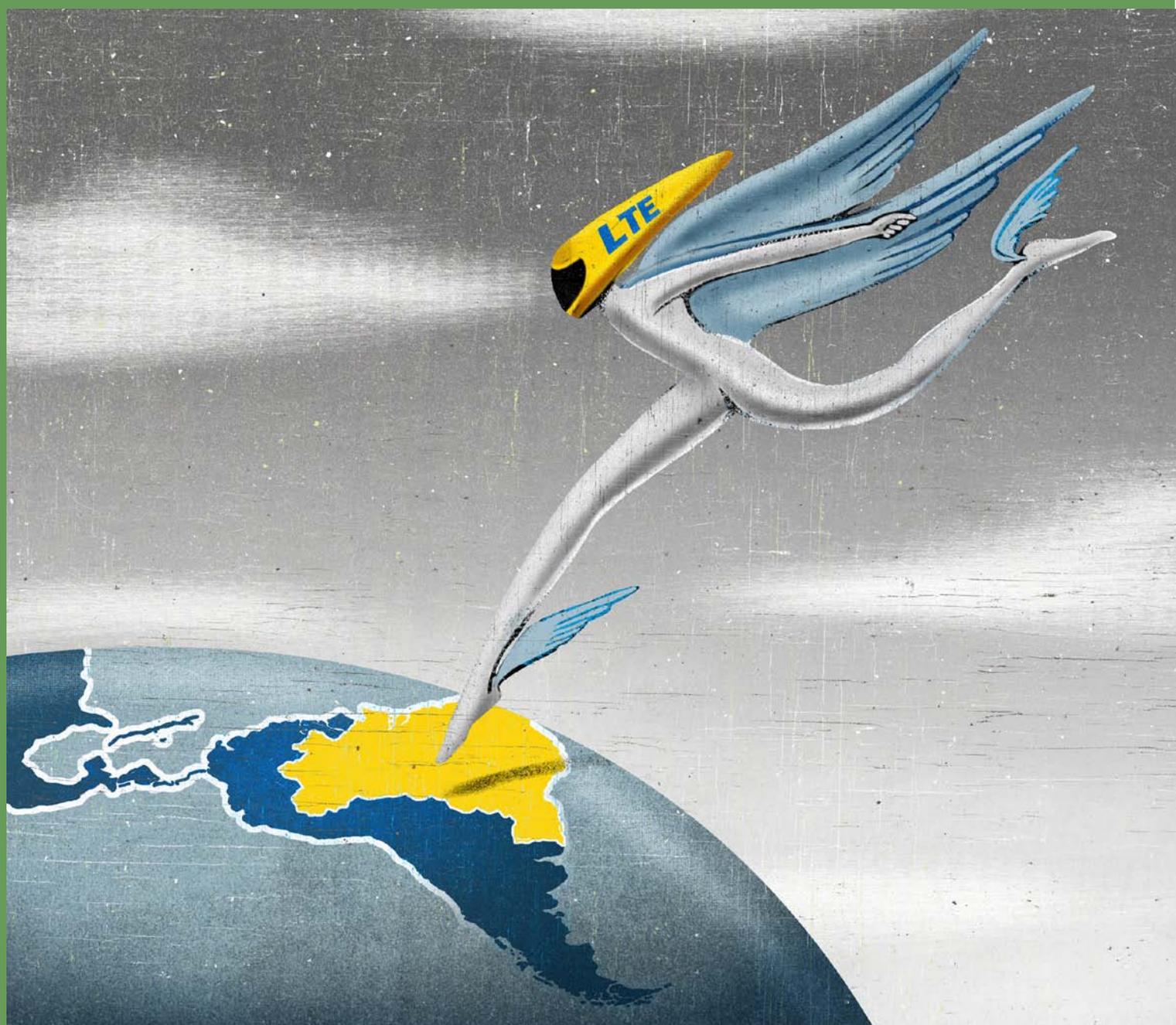
Michele Gamberini

laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università di Roma La Sapienza è attualmente responsabile, in ambito TILab, di Wireless Network, dove si occupa di Ingegneria ed Innovazione della rete mobile, dall'aprile del 2011. Entra a far parte del gruppo Telecom Italia 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.



RAN SHARING SU RETE LTE

Janilson Bezerra, Marco Di Costanzo, Carlo Filangieri



I Ran Sharing è una modalità intelligente di condivisione di rete che si propone agli operatori come utile opzione per fronteggiare la progressiva riduzione dei margini e contribuire alla riduzione dei consumi energetici e dell'impatto ambientale.

Ad inizio 2013 Tim Brasil ha stretto il primo accordo di Ran Sharing in Sud America allo scopo di lanciare il servizio LTE nelle principali città del Brasile.

1 I Motivi di una scelta

A fine 2012, dopo un anno difficile che ha visto la sospensione temporanea delle vendite da parte di Anatel (l'organismo regolatore del mercato delle TLC in Brasile) e un forte turn-around manageriale, Tim Brasil si trova a dover impostare il nuovo piano industriale. In ambito Rete i principali problemi da affrontare sono il recupero della qualità sul servizio voce, l'adeguamento tecnologico della rete dati 3G per sostenere l'incremento di ricavi da servizi dati e il lancio del servizio LTE (di seguito 4G) secondo quanto previsto dagli obblighi di gara.

Nello specifico il servizio 4G deve essere aperto entro il mese di aprile nelle 6 città sede della Confederation Cup e, nei mesi successivi, in ulteriori 18 città del paese.

La frequenza concessa in Brasile per il servizio 4G è situata nella banda 2,5 GHz (mentre in USA e Europa sono state vendute agli operatori anche le bande a 700 e 800 MHz) rendendo particolar-

mente onerosa la copertura in termine di numero di siti necessari. Per la copertura delle 24 città del 2013 è richiesta l'installazione di circa 2.000 nodi con relativo backhauling ad alta capacità.

Dalle valutazioni tecnico-economiche emerge immediatamente che per ottemperare agli obblighi di copertura previsti dalla gara si dovrebbero impiegare importanti risorse distogliendole dal progetto di adeguamento della rete 3G, infrastruttura fondamentale per supportare la crescita dei ricavi da servizio dati nei prossimi anni in attesa della diffusione su larga scala dei terminali 4G.

L'utilizzo dell'innovativo modello di Ran Sharing per ottimizzare gli investimenti da destinare al 4G, era un cammino difficile ma obbligato tenendo conto che la situazione richiedeva scelte non convenzionali in grado di portare una forte impulso nell'arco di pochi mesi.

Nell'ambito degli altri operatori operanti sul mercato brasiliano, la OI presentava le seguenti caratteristiche atte a proporla come possibile candidata per un accordo:

- non aveva ancora avviato a livello operativo la realizzazione della rete 4G;
- aveva acquisito in gara la medesima capacità di banda di Tim (10 MHz contro i 20 MHz di Vivo e Claro).

I primi colloqui con la controparte evidenziarono disponibilità a portare avanti la discussione che condusse già nel mese di novembre 2012 alla firma di un MoU, a partire dal quale fu avviato un gruppo di lavoro congiunto con lo scopo di approfondire a tappe serrate i seguenti temi da inserire nell'accordo:

- criteri di progettazione e piano di copertura;
- ripartizione del territorio;
- modalità di esercizio e manutenzione e livelli di servizio;
- criteri di ripartizione dei capex e degli opex;
- modello di governance.

Considerato il ridotto tempo a disposizione per il lancio del servizio, furono avviate a fine 2012 le attività di sopralluogo e predisposizione dei siti. L'annuncio dell'accordo, sottoposto preventi-

vamente all'approvazione di Anatel e dell'organismo antitrust brasiliano, fu accolto positivamente sul mercato generando forte interesse da parte dei restanti operatori.

Nel mese di marzo, con il supporto della funzione Strategy di Telecom Italia, fu approntato il contratto tra le 2 aziende ed approvato dai rispettivi CdA.

Il 30 di aprile 2013, come previsto dal bando di gara, il servizio 4G viene aperto nelle città di Rio de Janeiro, Brasilia, Salvador, Fortaleza, Recife e Belo Horizonte.

Nel mese di luglio il servizio sarà aperto, in anticipo di 6 mesi rispetto agli obblighi di gara, anche nelle città di San Paolo e Curitiba.

Contemporaneamente, grazie ai risparmi ottenuti con il Ran Sharing, si è potuto avviare un progetto specifico sulla rete 3G con l'obiettivo di rendere disponibile nel 3 trimestre del 2013 un servizio dati mobile ad alte prestazioni (HSDPA+ a 42 Mbs) nelle 40 principali città del Brasile.

2 Il Ran Sharing

Nell'industria di telecomunicazioni mobili, esistono cinque modelli di condivisione della rete con tre possibili modalità di accordo: roaming, condivisione della componente passiva, condivisione della componente attiva. La Figura 1 descrive i diversi modelli.

Nel mercato delle TLC mobili in Brasile è già in uso da tempo la condivisione della componente passiva, in particolare di quella denominata Site Sharing e Mast Sharing (Figura 1).

Circa il 50% dei siti di Tim Brasil è in condivisione con altri operatori.

Anche il modello di Roaming Nazionale è largamente usato, principalmente per garantire la copertura nelle aree a scarso interesse di mercato (tipicamente città con meno di 30.000 abitanti).

Il modello di condivisione della componente attiva adottato da Tim e OI è denominato Full

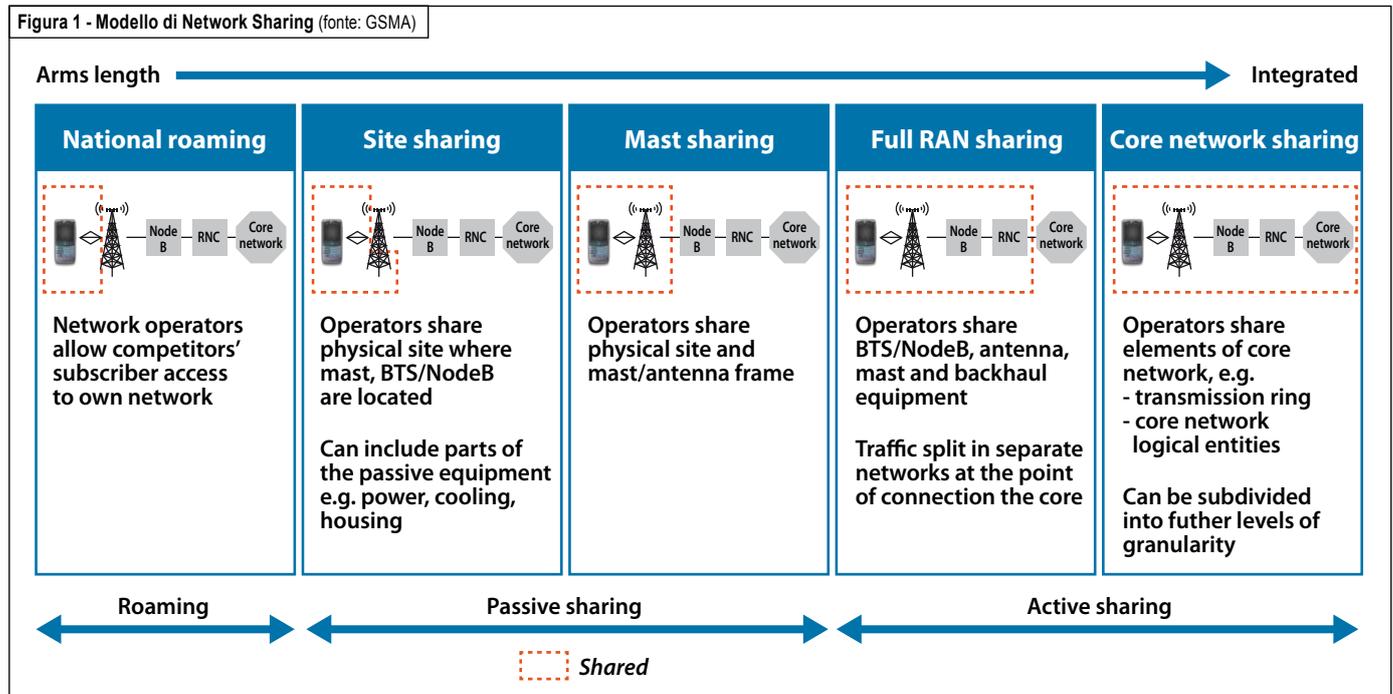
RAN Sharing e, al momento, è stato circoscritto alla realizzazione della rete 4G a 2,5 GHz. Tale modello presenta vantaggi aggiuntivi, rispetto alla condivisione di elementi passivi, in termini di efficienza senza incidere in modo sensibile sulla differenziazione dei servizi che vengono erogati essenzialmente tramite la rete core. In generale la condivisione di porzioni di rete passive o attive si sta diffondendo anche nel resto del mondo con quasi 100 accordi stipulati negli ultimi anni in Asia, Europa e, ultimamente, anche in Africa.

La Figura 2 mostra i casi più noti. Il continente Americano al momento appare più indietro in merito a tale approccio.

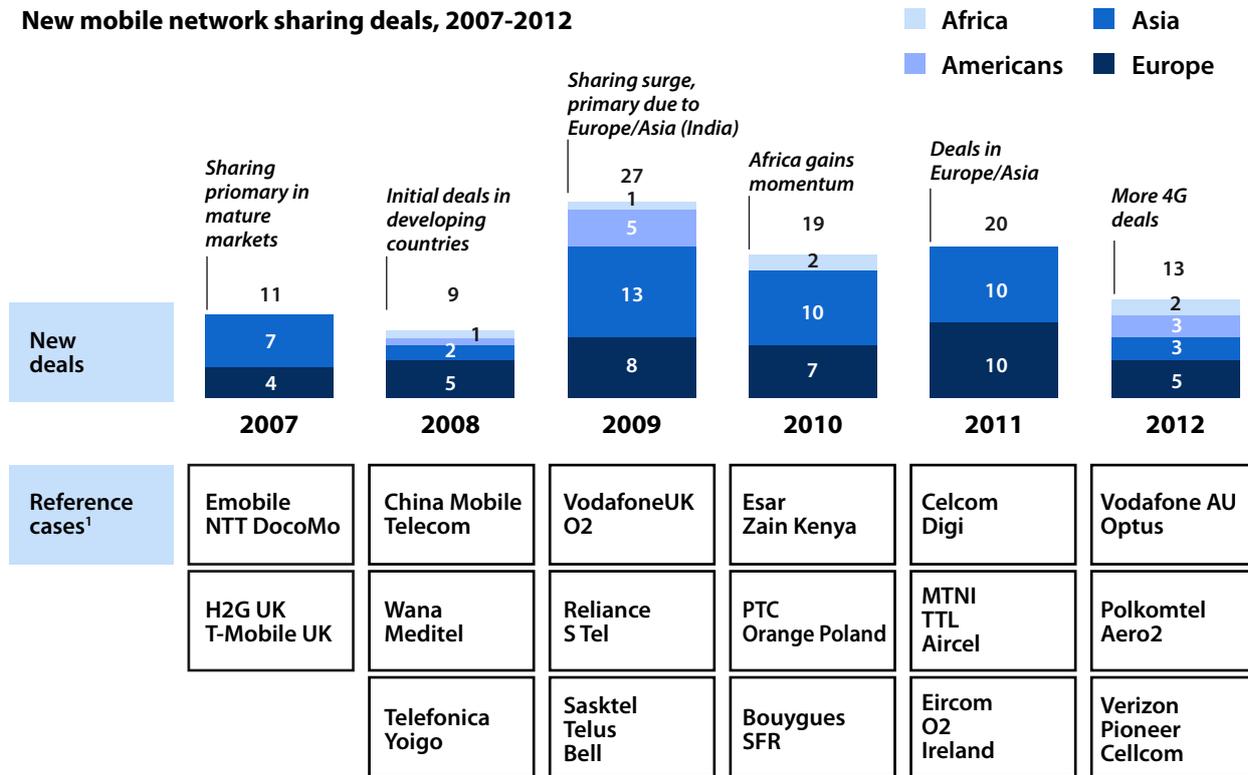
I principali motivi per la crescita sono i seguenti:

- Pressione regolatoria per la copertura di aree a basso interesse di mercato;
- Riduzione generalizzata dell'ARPU a causa della forte concorrenza;

Figura 1 - Modello di Network Sharing (fonte: GSMA)



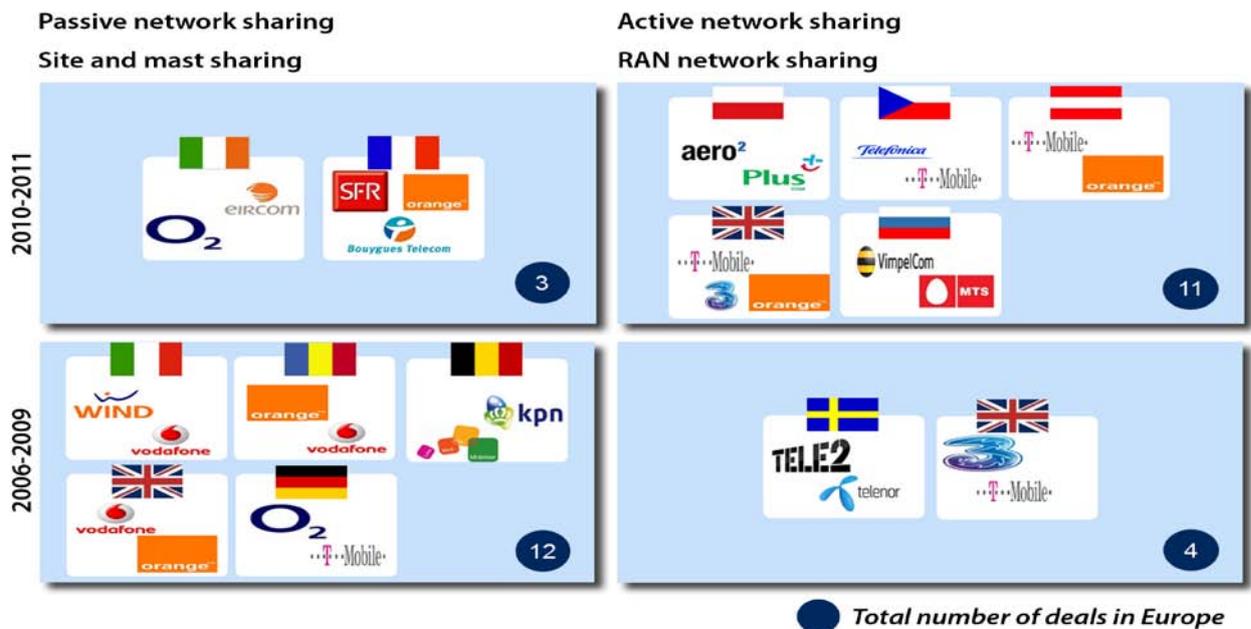
New mobile network sharing deals, 2007-2012



¹ Includes broad range of deals including national roaming, RAN, Site/Mast, Core & RAN

Figura 2 - Accordi di RAN Sharing siglati nel mondo tra il 2007 ed il 2012 (fonte: Analyst Reports; Press search; Ovum January 2012)

Figura 3 - Tendenza di incremento di accordi di RAN Sharing (fonte: Ovum; company data; press)



- Investimenti pesanti per far fronte alla crescita del traffico dati;
- Scarsità di spettro radio rispetto alla capacità necessaria.

2.1 Aspetti tecnologici

Il RAN Sharing è stato standardizzato per le reti 2G e 3G a partire dalla release 6 del 3GPP. Per le reti di quarta generazione il RAN Sharing è stato previsto come possibile opzione già nelle fasi iniziali dello standard.

Le raccomandazioni 3GPP TS 23.251 e 23.851 prevedono 2 architetture possibili per il RAN Sharing: MOCN (*Multiple Operator Core Network*) e GWCN (*Gateway Core Network*).

Nel primo caso (MOCN) è condivisa solo la rete di accesso radio, mentre nel secondo (GWCN) viene condivisa anche la rete core EPC (*Evolved Packet Core*) nelle componenti SGSN (*Serving GPRS Support Node*) e MME (*Mobility Management Entity*).

Il MOCN prevede la virtualizzazione di 2 o più reti radio nel medesimo HW che irradia segnali PLMNs (*Public Land Mobile Network*) distinti per operatore nella stessa banda di frequenza – nel caso di condivisione dello spettro radio – o su bande distinte qualora il contesto regolatorio o gli operatori non siano favorevoli alla condivisione di spettro (che abilita una maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse radio).

La raccomandazione 3GPP TS 23,251 lascia alle parti la defini-

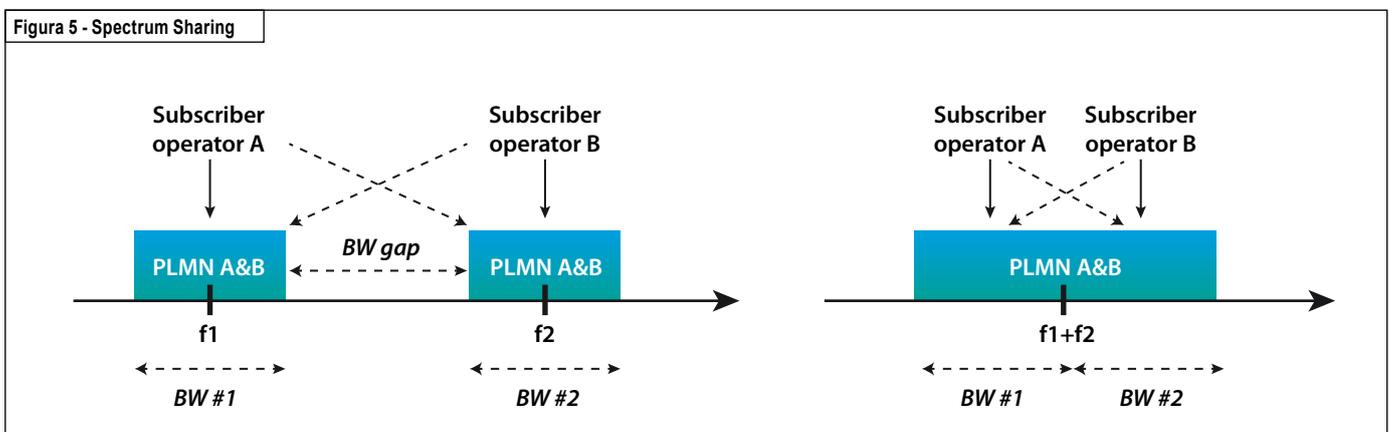
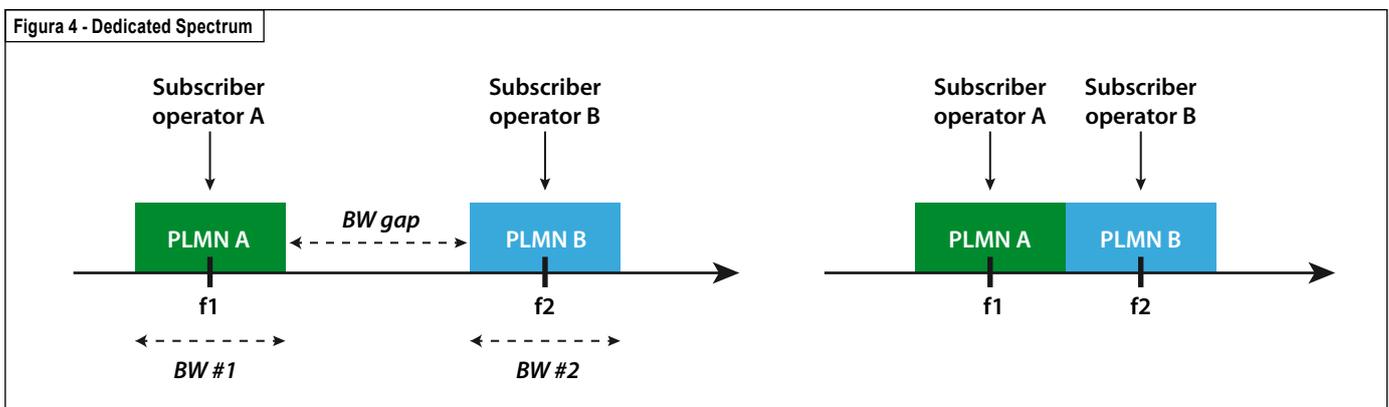
zione del livello di condivisione. Di fatto lo spettro può essere utilizzato in 2 possibili modalità:

- *Dedicated Spectrum*: è condiviso soltanto l'HW che trasmette portanti distinte e dedicate a ciascun operatore;
- *Shared Spectrum*: le parti condividono anche lo spettro mettendolo a disposizione per i clienti di entrambi.

Le Figure 4 e 5 rappresentano le 2 modalità.

Ciascun operatore deve poter disporre delle risorse, delle misure, delle parametrizzazioni e delle configurazioni della propria rete virtuale. Poiché tale aspetto non è standardizzato dal 3GPP, ciascun fornitore di HW ha implementato modalità diverse di gestione.

Come anticipato, il modello MOCN, non impattando sulla rete



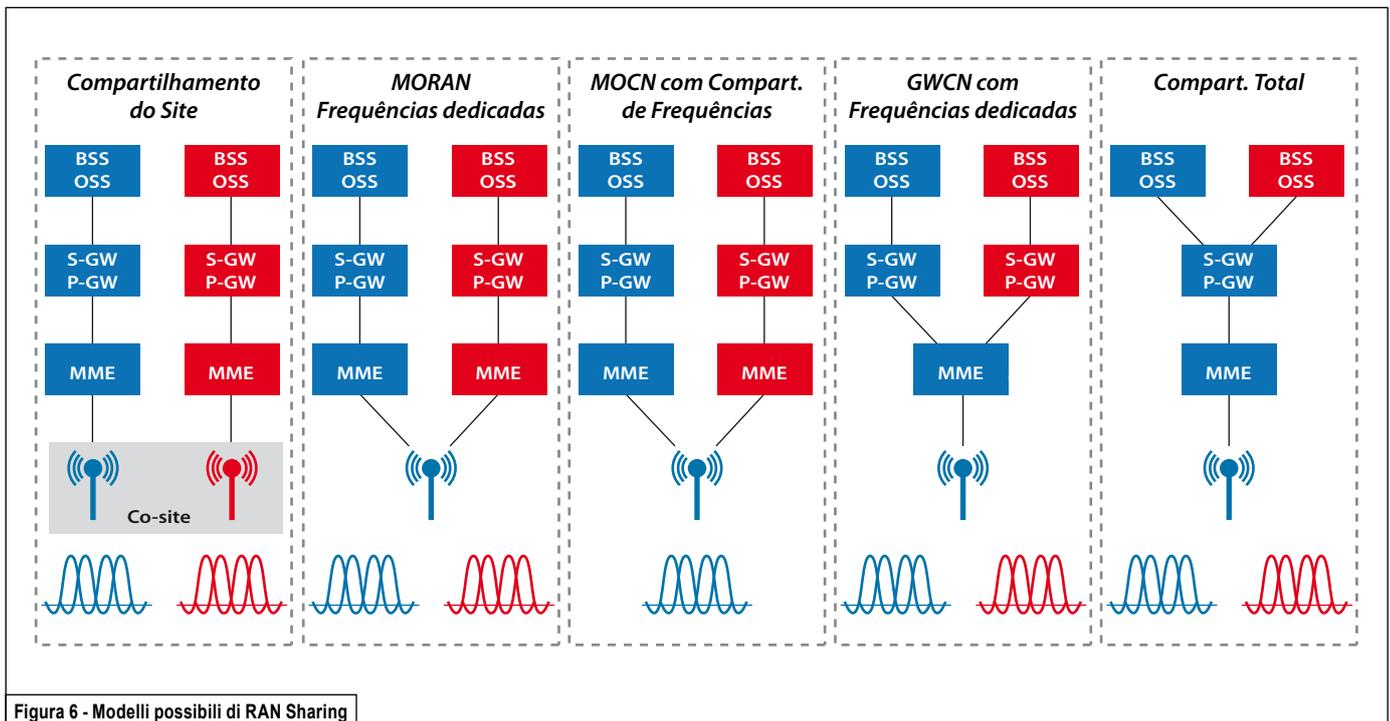


Figura 6 - Modelli possibili di RAN Sharing

core, lascia completa flessibilità a ciascun operatore di realizzare il modello di servizio e l'offerta commerciale (tramite funzionalità di cap, shaping, caching, ...).

L'intero territorio del Brasile è stato suddiviso in aree di pertinenza

ove un solo operatore realizza e manutiene per entrambi la rete di

3 Come è impostato l'accordo tra Tim Brasil e Oi

Il Ran Sharing funziona se ciascuno contribuisce in egual misura, in termini di capex e opex, alla realizzazione della rete.

Per evitare di utilizzare un modello di calcolo troppo complesso che tenesse conto di tutte le variabili possibili in un territorio grande come il Brasile, si è stabilito di usare come "moneta" di scambio il numero di siti e la banda del Backhauling messi a disposizione, indipendentemente da:

- area geografica di pertinenza
- tecnologia utilizzata;
- accordi di acquisto in essere tra ciascun operatore e i propri fornitori.

Figura 7 - Ripartizione territoriale per la realizzazione dell'accesso 4G



accesso (sito, antenne, impianti civili, nodo 4G e Backhauling).

Ogni nodo mette in aria i 2 spetttri ed è connesso con VPN distinte alla rete Core di ciascun operatore veicolando verso queste il traffico dei propri clienti.

La ripartizione del territorio, illustrata in Figura 7, è studiata in modo che il numero di siti da costruire sia equivalente e che le rispettive infrastrutture trasmissive vengano utilizzate al massimo. In funzione dell'evoluzione effettiva del traffico la suddivisione territoriale può essere rivista ogni anno di comune accordo tra le parti.

Il piano di copertura di ogni anno viene concordato (ed approvato dai rispettivi CdA) entro settembre dell'anno precedente (con l'eccezione del 2013, la cui approvazione è avvenuta nel mese di marzo dello stesso anno) in modo da rispettare il ciclo di budget.

Ogni operatore può decidere di costruire dei siti ad uso esclusivo (es.: per servire clienti Top) sostenendone in tal caso l'intero costo. Ciascun operatore ha la supervisione di ogni nodo grazie al collegamento in VPN ai propri sistemi di sorveglianza.

Gli interventi di manutenzione preventiva e correttiva sono in carico all'operatore che ha installato il nodo, secondo i livelli di servizio predefiniti nel contratto tra le parti.

Poiché anche accordi di questa portata possono rompersi nel corso del tempo per divergenze di strategia o cause contingenti, sono state previste le seguenti possibilità di uscita:

- rescissione bilaterale di comune accordo tra le parti;
- rescissione unilaterale per fallimento, perdita di licenza o inadempienza contrattuale da parte di una delle parti;

- rescissione unilaterale, senza motivazione, soltanto 36 mesi dopo la firma del contratto e con un preavviso minimo di 12 mesi. La rescissione può riguardare tutto il territorio oppure, se parziale, fino al 50% delle aree coperte. Nelle aree in cui la rete è già condivisa devono essere garantiti l'esercizio e la manutenzione anche per l'altro operatore.

4 La Governance

Nel Ran Sharing il modello di governance è senza dubbio l'aspetto più delicato da valutare con estrema attenzione.

La soluzione più semplice dal punto di vista operativo, e pertanto adottata in quasi tutti i casi, è quella di creare una società congiunta a cui affidare la realizzazione, l'esercizio e la manutenzione della rete. Tale società affitta la rete ai due operatori secondo tariffe orientate al costo.

Questo modello presenta come controindicazione l'inefficienza fiscale legata al pagamento dei servizi di rete da parte dei 2 operatori ed alla duplicazione delle strutture operative (a meno di non conferire nella società anche le reti 2G e 3G).

Tim Brasil e OI hanno pertanto scelto un diverso modello in cui tutte le attività operative rimangono in carico alle rispettive strutture Network, delegando a un ente terzo, definito UPC (*Unità Pianificazione Congiunta*) la verifica di:

- Livelli di servizio.
- Bilanciamento di capex e opex nella costruzione della rete (usando siti e banda come "unità monetaria").

- Calcolo delle penali contrattuali.
- Esecuzione del piano di copertura annuale.

L'assegnazione tramite gara di queste attività ha consentito di abbattere ulteriormente gli oneri di governance dell'accordo.

4.1 UPC (*Unità Pianificazione Congiunta*)

4.1.1 *Caratteristiche generali*

La UPC controlla il processo di pianificazione e lo stato di realizzazione del piano, contabilizza i principali KPI operativi (n. siti realizzati, banda, SLA, accessibilità, ...) verificando che il tutto avvenga nel comune interesse delle parti e secondo quanto previsto dall'accordo.

In tale contesto la UPC si interfaccia con le aree di Ingegneria e Operations di Network e con l'area CFO dei 2 operatori. Il ruolo fondamentale della UPC è di coordinare e regolare le interazioni tra queste strutture in modo conforme a quanto previsto dal contratto di Ran Sharing (Figura 8).

4.1.2 *Attività della UPC*

La UPC è responsabile per le seguenti attività:

- facilitare l'accordo tra le parti nella definizione del piano di copertura della rete 4G;
- consolidare i requisiti di copertura e capacità;
- coordinare la programmazione degli interventi;
- assicurare che tutti gli aggiornamenti tecnologici sulla rete siano eseguiti in maniera ap-

5 Aspetti tecnici e Go-Live

La architettura MOCN/MORAN consente ad uno stesso eNodeB di connettersi a 2 differenti Evolved Packet Core. Gli elementi MME, SGW e PGW sono distinti tra i 2 operatori.

Nell'ambito di tale architettura sono possibili diversi scenari di interconnessione. Le Figure 11 e 12 ne illustrano alcuni.

Oltre all'adozione dell'architettura MORAN, TIM e OI hanno deciso di condividere anche il backhaul definendo dei punti di scambio del traffico come descritto nella Figura 13. Il traffico di ciascuno è confinato all'interno di una VRF dedicata.

La progettazione e lo sviluppo operativo della rete LTE in modalità RAN Sharing ha implicato l'esigenza di affrontare e superare elementi di complessità aggiuntivi rispetto a quelli tipici di un roll-out di una rete radiomobile, in particolare:

- 1) Definire e allineare parametri comuni di progettazione ra-

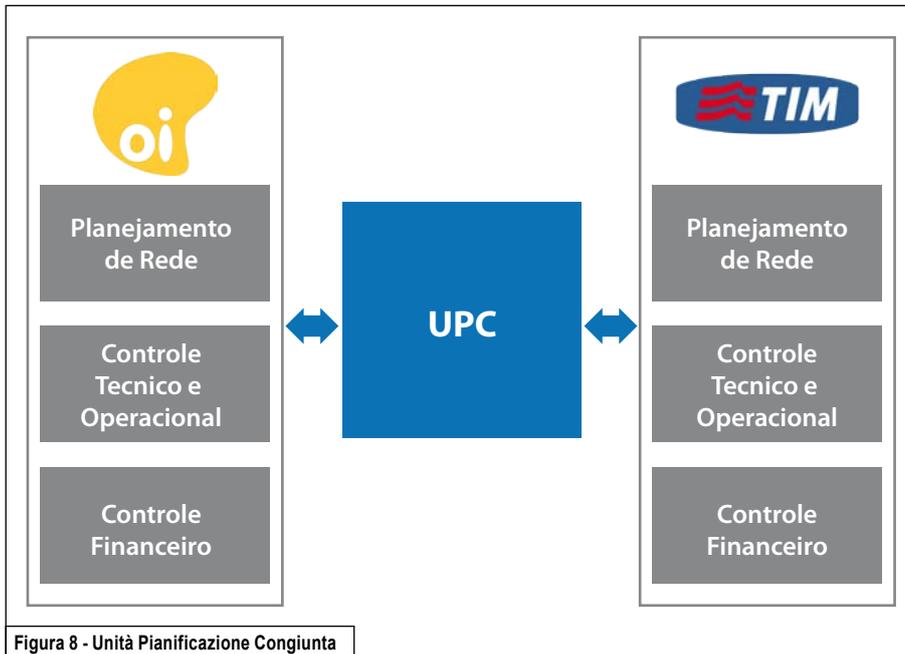


Figura 8 - Unità Pianificazione Congiunta

propriata, garantendo la comunicazione tra le parti ed il calendario degli interventi;

- verificare l'avanzamento dei KPI e degli SLA concordati;
- calcolare le penalità in caso di mancato rispetto;
- assicurare che eventuali penali richieste da Anatel siano assegnate alla parte responsabile;
- misurare il bilanciamento di investimenti e costi secondo le unità di misura definite.

suo principale mandato è il seguente:

- validare l'accordo sul piano di copertura e capacità;
- approvare le penalità ed i piani di recupero;
- validare eventuali pagamenti a fronte di squilibrio di capex o opex tra le parti.

4.1.3 Struttura della UPC

La UPC è stata costituita tramite contrattazione con una società indipendente che eroga i servizi citati nel paragrafo precedente ad entrambe le parti.

La UPC (Figura 9) risponde ad un Comitato di Gestione Comune in cui sono presenti rappresentanti di entrambi gli operatori.

Il CGC deve essere composto da almeno due direttori o loro delegati di ciascuna delle parti. Il

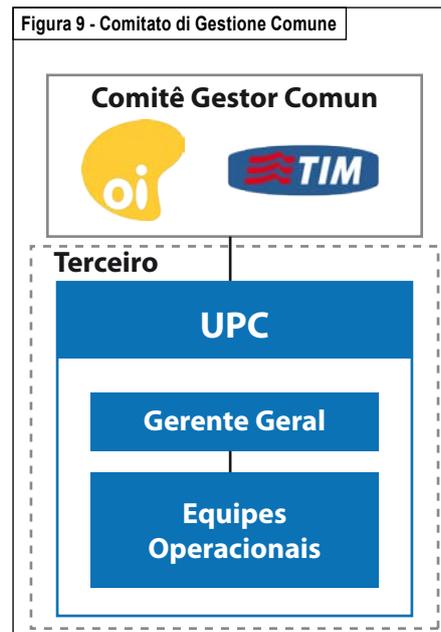


Figura 9 - Comitato di Gestione Comune

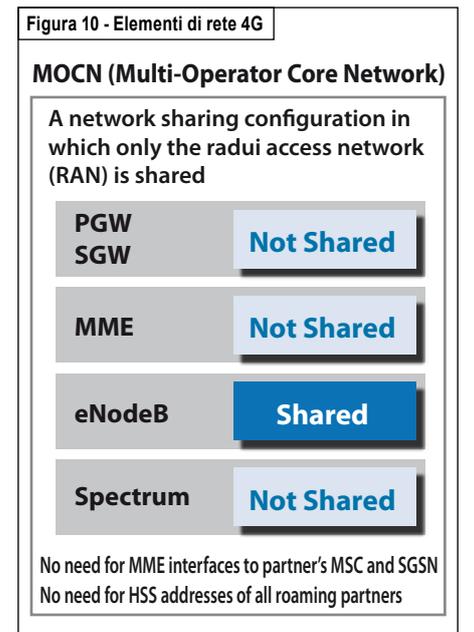


Figura 10 - Elementi di rete 4G

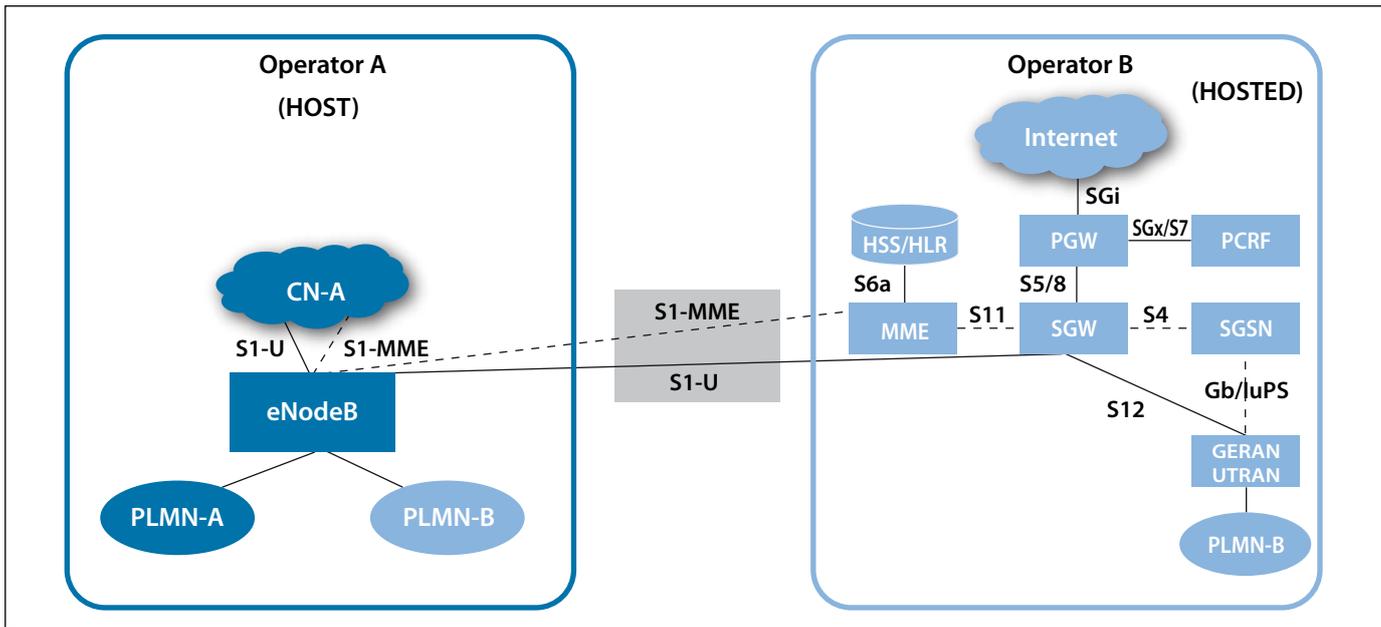


Figura 11 - Servizio dati (Operatore A fornisce rete LTE - servizio dati)

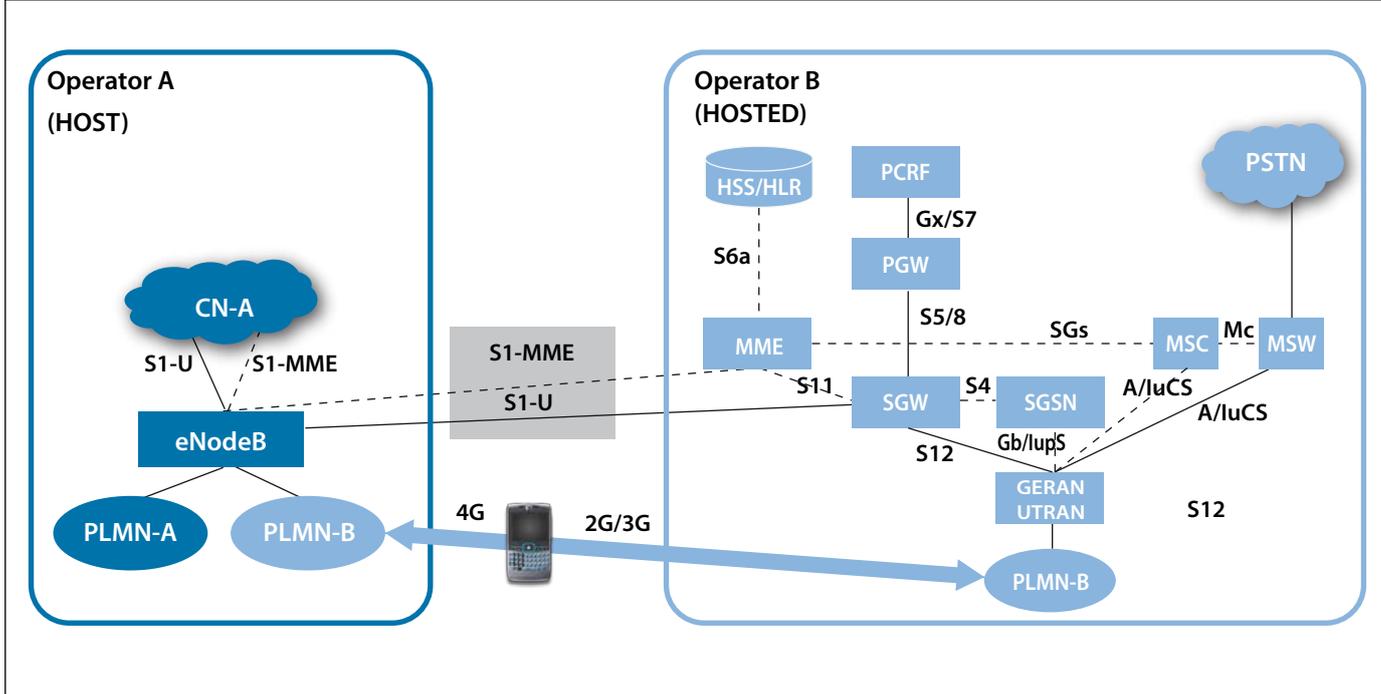


Figura 12 - Servizio voce tramite CSFB (Operatore A fornisce rete LTE - servizio voce via CSFB)

diocellulare (es. link budget, livelli minimi di campo etc.) tra i due operatori definendo quindi standard progettuali condivisi;

2) Definire configurazioni comuni dei nodi radio in termini

di dimensionamento capacità, funzionalità e capability abilitate, in modo da offrire livelli prestazionali equalizzati;

3) Stabilire in ogni città dove prestare il servizio punti di interconnessione a livello IP tra

le rispettive reti di trasporto, in modo tale che l'eNodeB e rispettivo backhaul dell'operatore "host" possa essere attestato ed integrato sul nodo di controllo (MME) dell'operatore "guest";

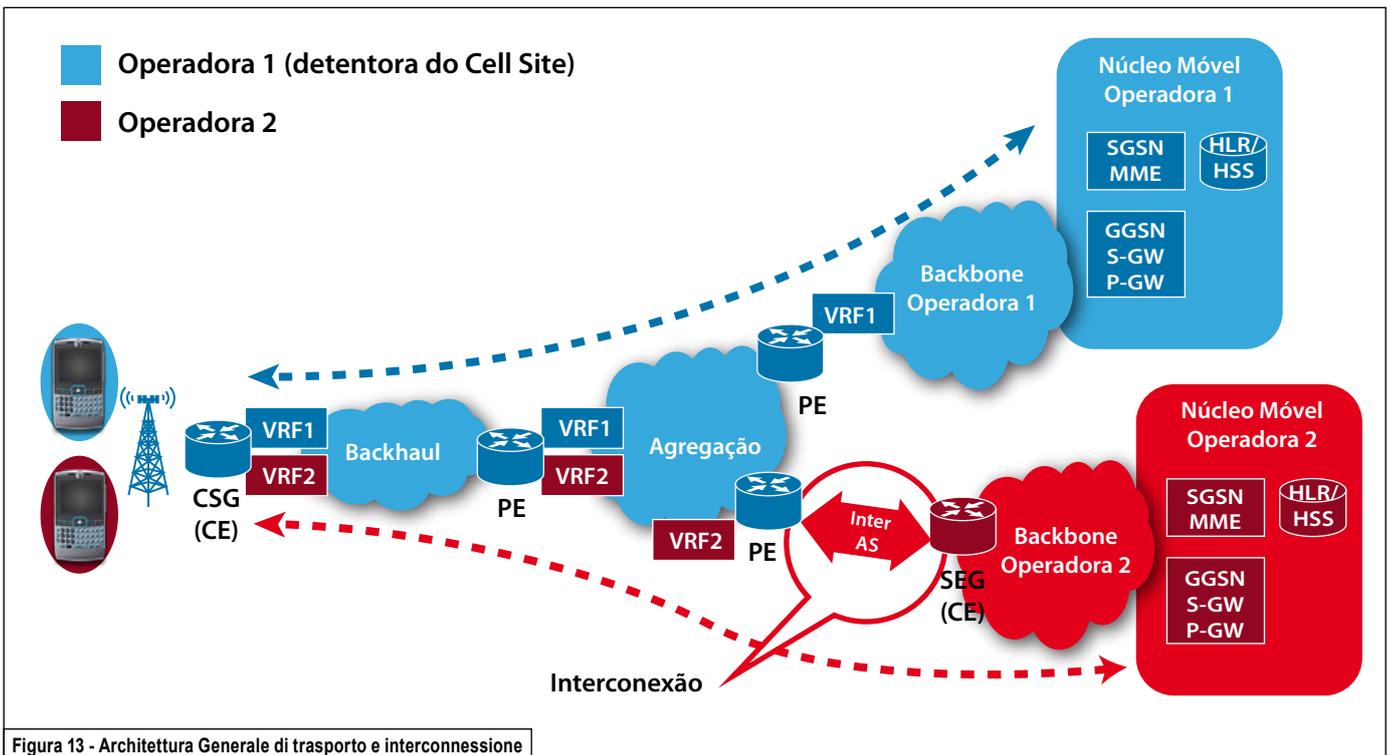


Figura 13 - Architettura Generale di trasporto e interconnessione

- 4) Stabilire meccanismi e processi di interscambio dei dati di configurazione dei nodi di accesso affinché possano essere correttamente integrati via OSS dell'operatore "host" nella core network dell'operatore "guest";
- 5) Testare ed omologare il corretto interlavoro tra tecnologie RAN disomogenee o non conosciute (es. RAN LTE Alcatel-Lucent di OI con RAN 2G/3G Huawei di TIM in Rio de Janeiro) e tra queste ed i nodi di controllo EPC (es. RAN LTE Alcatel-Lucent di OI con MME Ericsson di TIM);
- 6) Definire ed implementare protocolli, modelli e modalità di integrazione, test ed accettazione comuni tra i due operatori.

Nonostante il corto periodo di tempo a disposizione (il contratto di fornitura della parte radio contemplando RAN Sharing è

stato chiuso a fine febbraio), le complessità tipiche di un rollout di tale tipo e quelle peculiari introdotte dal modello di RAN Sharing, il lavoro della squadra integrata di implementazione ha consentito di raggiungere e superare gli obblighi di copertura minimi definiti dall'ente regolatore, arrivando al 30 aprile a 575 eNodeB integrati ad attivi nelle 6 città sede della Coppa delle Confederazioni, così suddivisi:

- Rio de Janeiro: 210
- Salvador: 59
- Brasilia: 73
- Fortaleza: 79
- Belo Horizonte: 79
- Recife: 75

5.1 Modello operativo

Nel modello contrattuale di RAN Sharing l'esercizio e manutenzione dell'eNode-b è affidato all'ope-

ratore che ha costruito quella porzione di rete (questo del resto è uno dei fattori che abilita il saving di opex).

L'altro operatore per contro ha la completa supervisione sul nodo essendo questo connesso direttamente alla propria rete core. Nel caso di allarmi dispaccia il TT all'operatore che ha in carico il nodo.

La VPN tra i due operatori consente inoltre lo scambio di parametri di qualità come: accessibilità, utilizzo, throughput.

Il controllo e la gestione delle prestazioni è basato su 2 aree: sviluppo della rete e manutenzione.

Nel caso dello sviluppo è previsto un meccanismo di penali legato al rispetto del piano. La Figura 15 illustra un esempio.

Nel caso della manutenzione, sono previsti alcuni passaggi qualora si riscontrino prestazioni inferiori ai livelli contrattuali:

Piano di recupero:

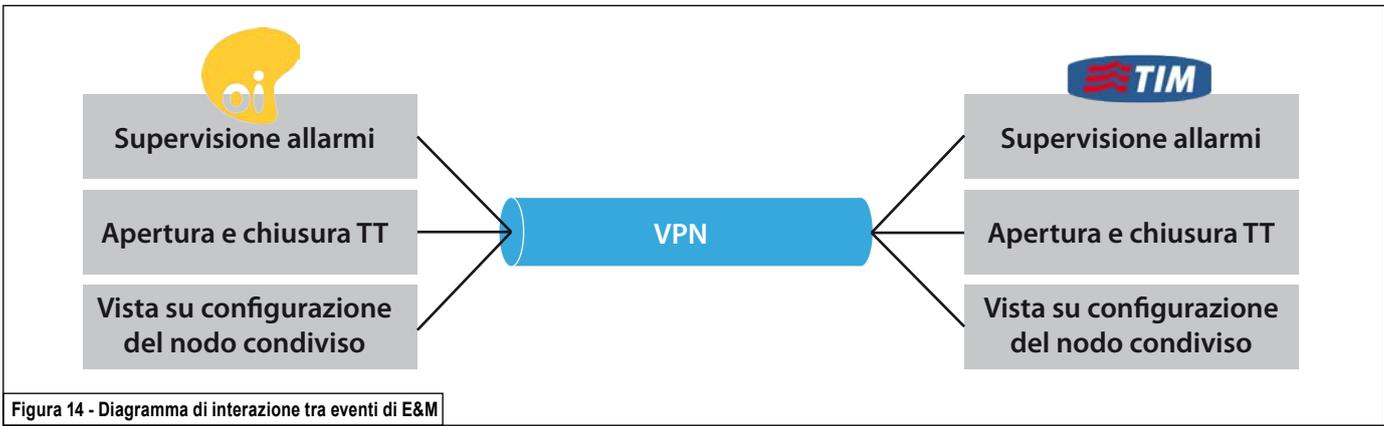


Figura 14 - Diagramma di interazione tra eventi di E&M

- gli Operatori e la UPC concordano un piano di recupero delle prestazioni;
 - il piano rappresenta un impegno formale e può avere penali associate;
 - l'avanzamento del piano di recupero è verificato e validato dalla UPC.
- Applicazione di penali:*
- vengono applicate all'operatore che non rispetta il piano di recupero concordato;
 - sono composte da penali in denaro e da un piano di recupero addizionale.
- Estinzione del contratto:*
- avviene quando le prestazioni

Figura 15 - Meccanismo di controllo del Rollout

Example of Performance Management Procedure, sites (Percent)

	M1	M2	M3	M4
Deployment roll-out plan	100	200	50	300
Deployment roll-out plan	90	190	50	320
Deployment roll-out plan	100	300	350	650
Deployment roll-out plan	90	280	330	650
Deployment roll-out plan	10 (10%)	20 (7%)	20 (6%)	0 (0%)

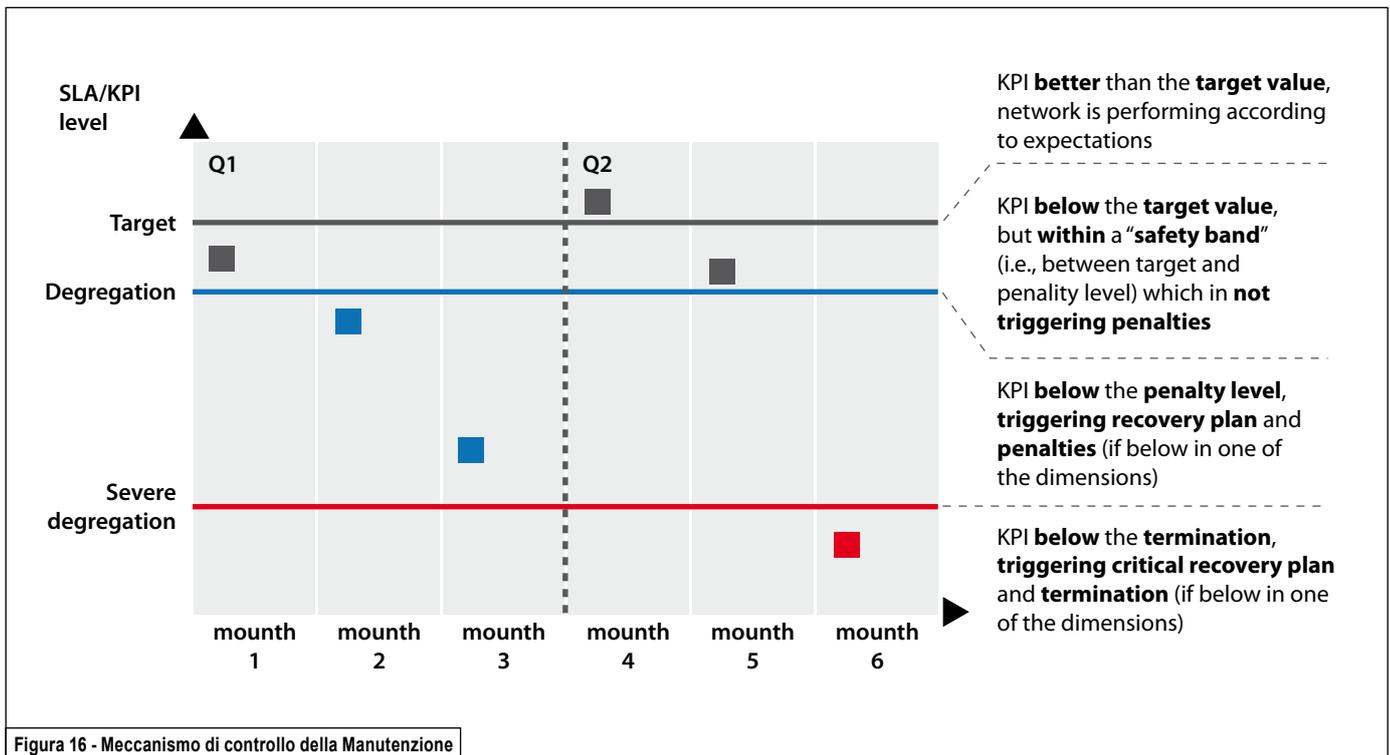
ILLUTRATIVE

Quarterly reference table

Carried delay	Penalties ¹ %
5% - 10%	2
>10% - 20%	4
>20% - 30%	8
>30%	10

Carried delay in a given month is calculated as: $(total\ sites\ delayed) / (site\ planned\ to\ be\ rolled-out)$

Planned site to roll-out and delay are reset and re-negotiated on annual (or at end of roll-out, if roll-out planned in less than a year)



risultano inferiori ai valori contrattuali e non viene rispettato il piano di recupero. Il meccanismo è schematizzato in Figura 16.

sulla condivisione di spettro che darebbe ai clienti dei 2 operatori la possibilità di usufruire di prestazioni decisamente migliori.

a disposizione poco favorevole ed un ARPU per cliente inferiore a quello di USA e UE, è risultata senza dubbio la scelta più appropriata che ha consentito a Tim Brasil di lanciare rapidamente il servizio 4G e rilanciare nel contempo il servizio 3G su cui si basano nel breve termine i ricavi da servizio dati.

L'esperienza condotta in tale contesto tornerà senz'altro utile per analizzare ed affrontare con spirito diverso e meno conservativo le sfide dei prossimi anni ■

5.2 Possibili evoluzioni

La roadmap evolutiva ipotizzata con OI (Figura 17) prevede ulteriori ottimizzazioni, da sottoporre alla preventiva autorizzazione degli organi competenti, basate

Conclusioni

Ancora non sappiamo se il RAN Sharing si diffonderà fino al punto di diventare pratica comune di mercato; nell'ambito del contesto brasiliano, con un paese molto esteso da coprire, una frequenza

Figura 17 - Roadmap di evoluzione del RAN Sharing



 **Acronimi**

3GPP	3rd Generation Partnership Project	HSS	- Home Subscriber Server	SGW	Security Gateway
AS	Autonomous System	HLR	- Home Location Register	SLA	Service Level Agreement
ARPU	Average Revenue Per User	LTE	- Long Term Evolution	TT	Trouble Ticket
GERAN	GSM/Edge Radio Access Network	MME	- Mobility Management Entity	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
GWCN	Gateway Core Network	MOCN	Multi-Operator Core Network	UPC	Unità Pianificazione Congiunta
		MORAN	Multi-Operator Radio Access Network	VPN	Virtual Private Network
		OSS	Operational System Support	VRF	Virtual Routing and Forwarding
		PLMN	Public Land Mobile Network		

janilsonj@timbrasil.com.br
marco.dicostanzo@telecomitalia.it
carlo.filangeri@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



**Janilson
Bezerra**

ingegnere elettronico, è responsabile del settore Innovation & Governance di TIM Brasil dal 2012. Entrato in Tele Nordeste Celular nel 1999 in qualità di ingegnere RF, nel 2001 diviene responsabile del dipartimento di Cell Planning di TIM São Paulo e nel 2003 del settore Tecnologia di Accesso e Industrializzazione di TIM Brasil nel head quarter di Rio de Janeiro.



**Marco
Di Costanzo**

è direttore della Rete Mobile di TIM Brasil dal 2008. È entrato nel Gruppo Telecom Italia nel 1996 a Roma nell'area di pianificazione della rete radiomobile. Nel 1998 ha assunto l'incarico di direttore Rete in Tele Nordeste Celular, subsidiaria di Telecom Italia in Brasile e nel 2001 è diventato direttore Rete della start-up TIM São Paulo, per il lancio del primo operatore mobile GSM brasiliano. Nel 2004 ha assunto il ruolo di CTO di Entel PCS in Cile e nel 2005 si è spostato in Argentina, prima in qualità di direttore Rete Mobile di Telecom Personal e in seguito come direttore di Tecnologia del gruppo Telecom Argentina.



**Carlo
Filangieri**

laureato in Ingegneria Elettronica, dopo un'esperienza in altra azienda, inizia la carriera in Telecom Italia nel 1993, ricoprendo diversi incarichi sul territorio e, dal 1999, in Direzione Generale prima come responsabile del delivery dei servizi Broadband e, successivamente, con responsabilità su delivery e assistenza tecnica della rete di accesso. Nel 2008 prende in carico la gestione delle Infrastrutture Informatiche di Telecom Italia, avviando i progetti di Next Generation Data Center, Virtual Desktop e Cloud Computing. A inizio 2011 passa nell'area Network occupandosi di service creation e servizi di videocomunicazione; a fine 2012, dopo una parentesi come direttore territoriale dell'area Nord Est di Open Access, assume l'incarico di CTO di Tim Brasil.



RAGGIO T: PROPRIETÀ E APPLICAZIONI DELLA TERAHERTZ BAND

Valter Bella



La Terahertz Band, detta anche “Raggio T” si colloca nello spettro radio tra le microonde e l’infrarosso, e presenta caratteristiche applicative estremamente interessanti. Recentemente, grazie allo sviluppo delle nanotecnologie e alle conoscenze acquisite nella scienza dei meta-materiali è finalmente stato possibile realizzare dispositivi miniaturizzati operanti in questa banda a costi contenuti, offrendo notevoli opportunità di collocare una variegata tipologia di nuovi servizi.

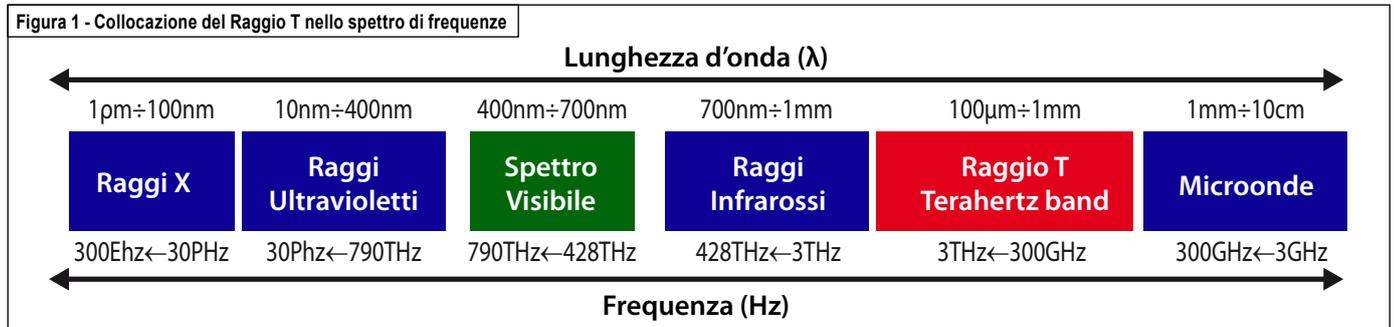
1 Introduzione

Per molti decenni, la “Terahertz Band” o “Raggio T” [1] è rimasta l’ultima frontiera poco esplorata dello spettro elettromagnetico. Ciò era dovuto all’impossibilità di disporre di tecnologie idonee allo sviluppo, in grandi volumi e a costo contenuto, di sorgenti sufficientemente intense per questo intervallo di lunghezze d’onda. Il “raggio T” utilizza un intervallo di frequenze compreso tra 300GHz e 3Thz, collocandosi quindi al di sotto dello spettro visibile, come evidenziato in Figura 1. Per comprendere il grande interesse scientifico e commerciale nei confronti del “Raggio T” occorre richiamare alla memoria

alcune semplici considerazioni di fisica. L’energia di un fotone è dato dalla relazione: $E = h \cdot \nu$ (dove h è la costante di Planck e ν è la frequenza). Poiché la lunghezza d’onda e la frequenza di una radiazione sono inversamente proporzionali, tanto minore sarà la lunghezza d’onda, tanto maggiore sarà la frequenza e quindi l’energia del fotone. Come si vede in Figura 1, la Terahertz Band si colloca ad una frequenza più bassa rispetto quella della luce all’infrarosso e a quella della luce visibile, per cui un fotone del Raggio T ha un’energia minore di un raggio luminoso e non riesce a provocare transizioni elettroniche nella materia: al massimo, questi fotoni del raggio

T possono far vibrare alcune molecole, ma niente più. Ma proprio per questo il Raggio T ha caratteristiche interessanti. Infatti, i fotoni del Raggio T interagendo minimamente con la materia vengono assorbiti pochissimo e sono quindi in grado di attraversarla. Per questo motivo, materiali diversi come la stoffa, la plastica, la ceramica e il mattone sono trasparenti al Raggio T. Rispetto alla luce visibile, il Raggio T attraversa la nebbia e può penetrare per qualche millimetro nei tessuti biologici. Poiché il raggio T, contrariamente alle microonde, ha una lunghezza d’onda inferiore al millimetro, gli oggetti di dimensioni ordinarie lo perturbano poco e può procedere

Figura 1 - Collocazione del Raggio T nello spettro di frequenze



attraverso essi in linea retta. I tessuti biologici invece, contenendo acqua, sono relativamente opachi al Raggio T; conseguentemente, realizzando una telecamera sensibile alla Terahertz Band si può ad esempio ricreare l'immagine di una persona dietro ad una parete. Si inizia così ad intuire che il Raggio T consente prestazioni un tempo di dominio esclusivo dei raggi X ma, a differenza di quest'ultimi, esso non è una radiazione ionizzante e quindi non è nocivo all'uomo. Ma per il Raggio T vi sono anche grandi aspettative per la microelettronica e le telecomunicazioni, come verrà successivamente illustrato.

Il maggiore ostacolo applicativo del Raggio T fino ai tempi recenti era rappresentato dal fatto che le sorgenti convenzionali a microonde erano troppo lente per generare questo tipo di radiazione, mentre i diodi laser per l'infrarosso non potevano essere utilizzati a causa del loro elevato rumore termico, una caratteristica legata alle proprietà fisiche di questi dispositivi.

Questa situazione ha iniziato a mutare solo negli ultimi anni grazie allo sviluppo delle nanotecnologie e alle conoscenze acquisite nella scienza dei metamateriali [2], ossia quei materiali creati artificialmente dall'uomo con proprietà elettromagnetiche peculiari che li differenziano dagli altri materiali naturali.

Nella prima parte dell'articolo sarà condotta un'analisi sui risultati conseguiti dalle nuove nanotecnologie abilitanti la Terahertz Band, mentre nella seconda saranno descritti i campi applicativi che questa renderà possibile a breve termine, con particolare attenzione per quelli inerenti alle telecomunicazioni.

2 Nanotecnologie abilitanti per il raggio T

Nel 2004 Andre Geim e Konstantin Novoselov, due ricercatori dell'Università di Manchester, mentre prelevavano campioni di grafite utilizzando dei nastri adesivi, scoprirono quasi per caso il grafene [3], ossia il materiale più sottile del mondo, costituito da un solo strato di atomi di carbonio.

Molto semplicemente, Geim e Novoselov osservarono che quando staccavano il nastro adesivo dal blocco rimaneva su di esso una patina di grafite; iterando questa operazione, che tecnicamente si chiama esfoliazione, si arriva ad un foglio di spessore atomico che è appunto il grafene. Esso è talmente sottile che viene considerato bidimensionale: per arrivare a un millimetro di spessore occorrono tre milioni di fogli di grafene.

La sua sottigliezza non deve però trarre in inganno: è cento volte più resistente dell'acciaio e sei volte più elastico, conduce calore ed elettricità, ha una struttura esagonale stabile e regolare (Figura 2a) ed è quasi trasparente. La scoperta del grafene, da alcuni ribattezzato il "materiale delle meraviglie", valse a Geim e Novoselov il premio Nobel nel 2010.

Le proprietà del grafene sono impressionanti e i primi risultati confermano le aspettative nei settori più disparati: aerei più leggeri, connessioni Internet ancora più veloci, Terahertz Transistor, chip ultraveloci, retine artificiali, sequenziamento del DNA più rapido, applicazioni mediche e ambientali ritenute impossibili in precedenza, pannelli solari ad alta efficienza, batterie più compatte e durature per auto, ecc.

Un secondo attore fondamentale per la realizzazione di sistemi

operanti nella Terahertz Band è il meta-materiale. Con questo termine ci si riferisce ad una classe di materiali artificiali che si ottengono partendo da sostanze tradizionali come metalli o semiconduttori, combinati in piccolissime alternanze che ne modificano le proprietà complessive.

Aspetto peculiare dei meta-materiali è la loro capacità di rifrangere le radiazioni elettromagnetiche in senso inverso rispetto a quelli naturali, ossia sono materiali a rifrazione negativa.

Per questa peculiarità, i meta-materiali consentono la realizzazione di dispositivi elettromagnetici dalle caratteristiche e dimensioni impossibili da conseguire con i materiali ordinari e il loro impiego è strategico in un campo di frequenze molto vasto che si estende dalle microonde fino al dominio ottico, ma soprattutto risultano estremamente efficienti nella Terahertz Band.

2.1 Il TGT (*Terahertz Grafene Transistor*)

Tra i risultati di rilievo ottenuti dall'utilizzo del grafene vi è il TGT (*Terahertz Grafene Transistor*), realizzato da ricercatori delle università di Manchester e Nottingham [4]. Il TGT ha una struttura semplice: due strati di grafene sono separati da un sottilissimo strato isolante di nitruro di boro.

La semplicità di funzionamento di questo transistor (Figura 2b) è disarmante: applicando un opportuno segnale elettrico al gate è possibile far passare o bloccare la corrente elettrica tra i due strati di grafene, ottenendo così il classico comportamento da interruttore digitale (*on-off*).

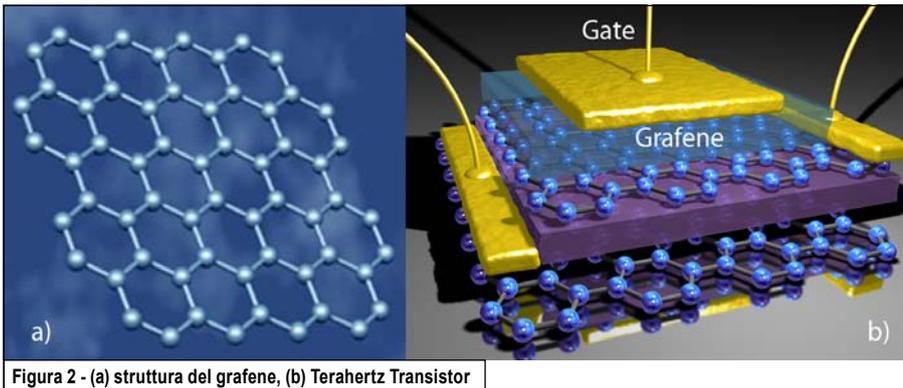


Figura 2 - (a) struttura del grafene, (b) Terahertz Transistor

Questo è reso possibile dallo strato isolante ultra-sottile, che gli elettroni sono in grado di attraversare per effetto tunnel. In questa struttura, il passaggio di cariche elettriche tra i due strati di grafene per effetto tunnel è così rapida (*in gergo denominata alta-velocità quantistica*) da raggiungere appunto frequenze dell'ordine del Terahertz.

La frequenza del primo TGT raggiungeva il Terahertz (1000 GHz), ma il calore da dissipare era un serio problema. Fortunatamente, grazie ad Internet, la circolazione delle idee e delle interazioni tra i mondi accademici è tale che poche settimane dopo l'annuncio del TGT, un gruppo misto di ricercatori di università americane e cinesi [5] hanno pubblicato la scoperta di un nuovo tipo di grafene che dovrebbe mettere fine ai problemi di surriscaldamento dei circuiti elettronici. Il nuovo grafene è infatti il 60% più efficace di quello noto, per quanto riguarda la gestione e la dissipazione del calore.

2.2 Meta-materiali per sistemi operanti nella Terahertz Band

Fino a tempi recenti, la Terahertz Band era quasi impossibile da gestire perché le sue frequenze

risultavano troppo elevate per le apparecchiature elettroniche e troppo basse per quelle ottiche; per questa ragione questa porzione dello spettro radio veniva anche comunemente chiamata "The THz Gap", ossia una porzione dello spettro radio tecnologicamente vacante.

Sebbene il transistor TGT precedentemente descritto possa operare in questa banda, per realizzare un sistema completo per il raggio T occorrono molti altri componenti, anch'essi di difficile realizzazione per i succitati motivi.

L'inconveniente è stato ovviato da un gruppo di ricercatori del Los Alamos National Laboratory (LANL) che ha annunciato di aver prodotto un meta-materiale [6]

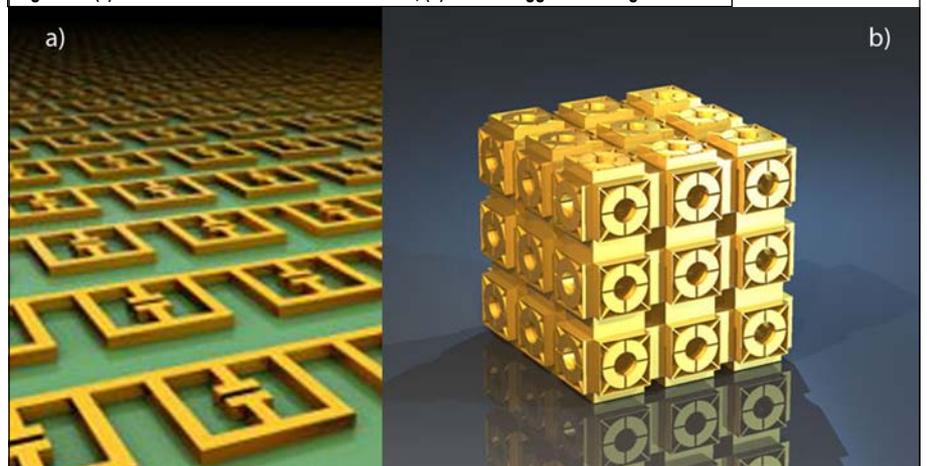
con cui realizzare la componentistica mancante. Il team ha infatti sviluppato una matrice dalle dimensioni microscopiche (Figura 3a) costituita da strutture ripetitive fatte di semplici componenti elettronici che fungono da induttori e condensatori, ma realizzati in meta-materiale.

Ciascun elemento di questa matrice combina due anelli che operano da induttori e una sbarra come condensatore. L'opportuna interconnessione tridimensionale (3D) di queste strutture base consentono l'ottenimento di parti per applicazioni radio quali filtri, mixer, circuiti risonanti ecc. (Figura 3b).

2.3 RTD (*Resonant Tunneling Diode*) per la Terahertz Band

L'RTD (*Resonant Tunneling Diode*) ha recentemente fornito un significativo contributo tecnologico per lo sviluppo in grandi volumi e a costo contenuto dei dispositivi per la Terahertz Band. Sebbene esso era noto teoricamente da decenni, solo con l'avvento della nanotecnologia è stato possibile disporre di tecniche epitassiali su scala nanometrica che ne hanno consentito la realizzazione.

Figura 3 - (a) matrice ad elementi in meta-materiale, (b) assemblaggio in 3D degli elementi



Il diodo RTD è costituito da una struttura a doppia barriera, nella quale è inglobato un "pozzo quantico" (*quantum well*), ossia uno strato semiconduttore molto sottile di arseniuro di indio e gallio, che è inglobato tra due strati barriera estremamente sottili del semiconduttore in arseniuro di alluminio (Figura 4a).

Ognuno degli strati ha uno spessore di pochi nanometri. Questa struttura a doppia barriera fa in modo che, in virtù di un effetto quantomeccanico, le oscillazioni elettriche in Banda Terahertz non si smorzino, bensì vengano continuamente amplificate, in modo che venga emesso un Raggio T a frequenza costante.

L'RTD presenta le caratteristiche del più noto diodo tunnel, ma senza le capacità di giunzione di quest'ultimo che ne impedivano l'accesso alla Terahertz Band.

Impiegando un diodo RTD un team di fisici e ingegneri dell'Istituto per la Tecnica delle Microonde e la Fotonica dell'Università Tecnica di Darmstadt [7] hanno sviluppato un trasmettitore per la Terahertz Band di dimensione inferiore ad 1mm^2 che ha raggiunto la frequenza di $1,12\text{THz}$, la più alta ottenuta finora da un componente attivo semiconduttore. Il team è riuscito inoltre a dimostrare che quel piccolo trasmettitore può raggiungere frequenze nettamente superiori, fino a 3THz .

Aspetto fondamentale è che il diodo RTD impiegato dagli scienziati di Darmstadt funziona a temperatura ambiente, il che rende il risultato ancora più attraente per molte applicazioni pratiche.

Anche per le tecnologie informatiche e di telecomunicazione si profilano vantaggi, che oggi si possono appena prevedere: frequenze più elevate potrebbero portare a

nuovi impieghi nei computer, nei cellulari e in altre apparecchiature elettroniche.

2.4 Nanotecnologie per il Raggio T: laser a cascata quantica

Un Laser a cascata quantica (QCL) è un dispositivo a semiconduttore che emette radiazioni nella Terahertz Band. Sviluppato presso i Bell Laboratories nel New Jersey, esso rappresenta una delle più interessanti realizzazioni pratiche nel campo delle nanotecnologie. La tecnologia QCL ha la capacità di generare un Raggio T che, in termini di potenza di emissione, elasticità di modulazione e semplicità di costruzione, non ha attualmente concorrenti.

Il segreto del funzionamento del QCL risiede negli strati di semiconduttore realizzati mediante un'epitassia a livello molecolare (circa $0,25\text{nm}$) che consente di ottenere strati di materiali semiconduttori con diversi intervalli di energia. Si ottengono in questo modo svariati stadi di buche e barriere energetiche; un laser a cascata quantica è caratterizzato da 25-75 stadi di questo genere, quindi da un singolo elettrone si generano 75 fotoni, al contrario del tradizionale laser che invece riesce a creare un solo fotone da una coppia elettrone-lacuna. Attualmente i QCL raggiungono potenze di picco di $0,5\text{W}$, ampiamente sufficienti per una miriade di applicazioni previste in questa banda.

3 Le applicazioni del raggio T

La vastità del campo d'impiego della Terahertz Band è impressionante; grazie alle tecnologie ap-

pena descritte oggi troviamo una miriade di servizi che fanno uso di questa porzione affascinante dello spettro radio e molti altri si affacceranno sul mercato nel breve-medio termine. Qui di seguito si accennano alcuni impieghi del Raggio T nei più variegati campi d'applicazione.

3.1 Raggio T - WiFi

Un team di ricercatori del Tokyo Institute of Technology ha utilizzato la Terahertz Band raggiungendo una velocità di 3Gb/s ad una frequenza di 542Gigahertz , oltre duecento volte la frequenza attualmente usate dal Wi-Fi commerciale ($2,4\text{GHz}$) [8].

Il risultato è stato conseguito utilizzando un dispositivo da 1millimetro quadro basato su un diodo RTD (*Resonant Tunneling Diode*) (Figura 4a) che può essere collegato al personal computer, proprio come una qualsiasi chiavetta internet (Figura 4b), con una portata di circa 10metri e una velocità trasferimento dati di 15Gb/s , ossia quindici volte quella del Wi-Fi 802.11ac di nuova generazione attualmente in sviluppo.

I sistemi Raggio T- WiFi potrebbero dimostrarsi particolarmente utili nelle aree difficili da cablare, in ragione dell'elevato rendimento e della bassa latenza, dovuta alla mancanza di interferenze elettromagnetiche nelle frequenze utilizzate.

3.2 Download istantanei e computer da 1 Terahertz

Presso il Broadband Wireless Networking Laboratory in Georgia [9], sono state realizzate nano-an-

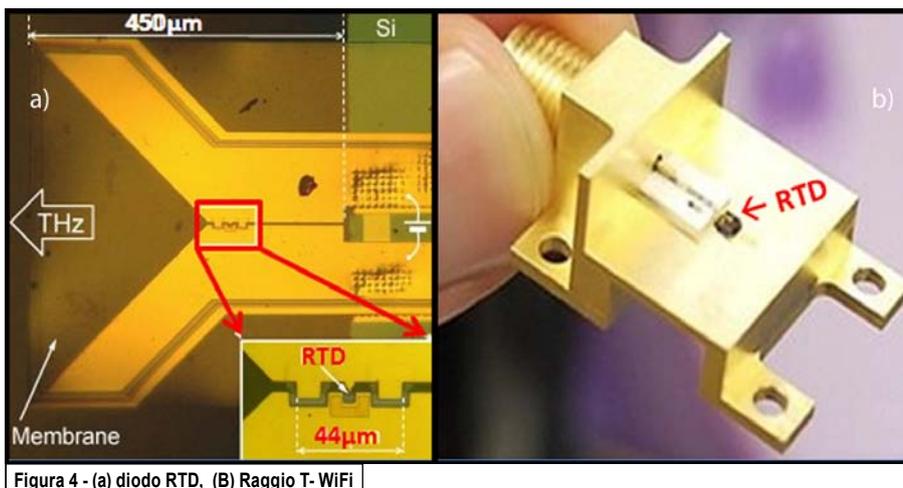


Figura 4 - (a) diodo RTD, (B) Raggio T-WiFi

tenne in grafene per la Terahertz Band che sono poi state connesse con sorgenti e rivelatori disposti ad un metro di distanza. In queste condizioni, è stato possibile eseguire il download di dieci film in alta definizione in un solo secondo, con una velocità di trasferimento pari ad 1 TB/s, ossia 1000 GB/s. Scalando questo risultato su distanze più brevi, si evince che mettendo una sorgente ed un rivelatore di potenza infinitesima ad un millimetro di distanza si ottengono velocità di trasferimento impressionanti (>100TB/s).

Quest'ultima considerazione, apparentemente banale e di dubbio utilizzo, si rivela invece come una delle più straordinarie aspettative per i computer del futuro. Infatti già oggi tramite opportune strutture in CMOS si sono fisicamente realizzati oscillatori operanti nella Terahertz Band [10]; rimane però il problema che tutto ciò è vanificato dai miliardi di interconnessioni tra i transistor presenti all'interno delle unità di processamento (CPU) del computer che ne rallentano sensibilmente la velocità e dissipano parecchio calore.

L'idea rivoluzionaria è quella di abolire questi miliardi di interconnessioni disposte su più strati

e far comunicare le varie parti della CPU via radio, usando appunto nano-trasmittitori e nano-ricevitori operanti nella Terahertz Band con potenze incredibilmente piccole dell'ordine del pico-watt (un millesimo di miliardesimo di watt).

Gruppi interdisciplinari di varie parti del mondo concordano con questa visione, sostenendo che l'abolizione degli strati di interconnessione renderà possibile integrare migliaia di sub-processori all'interno di un unico chip, cosa impossibile con i sistemi attuali.

3.3 Internet delle nano-cose nella Terahertz Band

L'Internet delle cose, ossia l'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti, fa ormai parte della nostra vita quotidiana: con i nostri smartphone acquisiamo informazioni in tempo reale necessari alla nostra quotidianità. Questa integrazione in rete fra mondo digitale e reale è in continua crescita; già oggi facciamo già uso, in modo più o meno consapevole, di migliaia di sensori e attuatori implementati nelle automobili, nei gadget elettronici

portatili, negli elettrodomestici ecc.

Eppure siamo solo all'inizio di questa nostra interazione con la rete. Sensori, attuatori ed elettronica di processamento diverranno sempre più pervasivi e microscopici, tanto che già si parla di "Internet delle nano-cose".

Si tratta di un nuovo salto concettuale [11]: telefonini, videocamere e quant'altro potrebbero letteralmente "sparire", nel senso che le loro nano-dimensioni li rendono invisibili all'occhio umano, come mostrato in Figura 5a, ma allo stesso tempo essi saranno ovunque attorno a noi. Interloqueranno con noi e interloqueranno tra di loro (Figura 5b) al fine di offrire in tempo reale la miglior risposta alle nostre precise esigenze.

Questo scenario comporta la presenza di miliardi di nano-cose e, siccome molti di esse dovranno trasferire una mole impressionante di dati, tipicamente multimediali, è intuitivo che si renderanno necessari canali radio con un raggio d'azione di pochi metri ma con un'ampia banda passante. Ecco allora la necessità di integrare in queste nano-cose un ricetrasmittitore a Raggio T che consenta appunto un flusso dati dell'ordine di decine di TBit/s.

3.4 Terahertz e privacy: dagli smartphone ai body scanner

Per concretizzare le promesse della Terahertz Band, Hajimiri e Sengupta del California Institute of Technology (Caltech - USA), hanno progettato un chip di dimensioni millimetriche con funzionalità integrate di ricetrasmittimento di un Raggio T mille volte più intenso di quelli attualmente esistenti [12]. Le dimensioni mi-

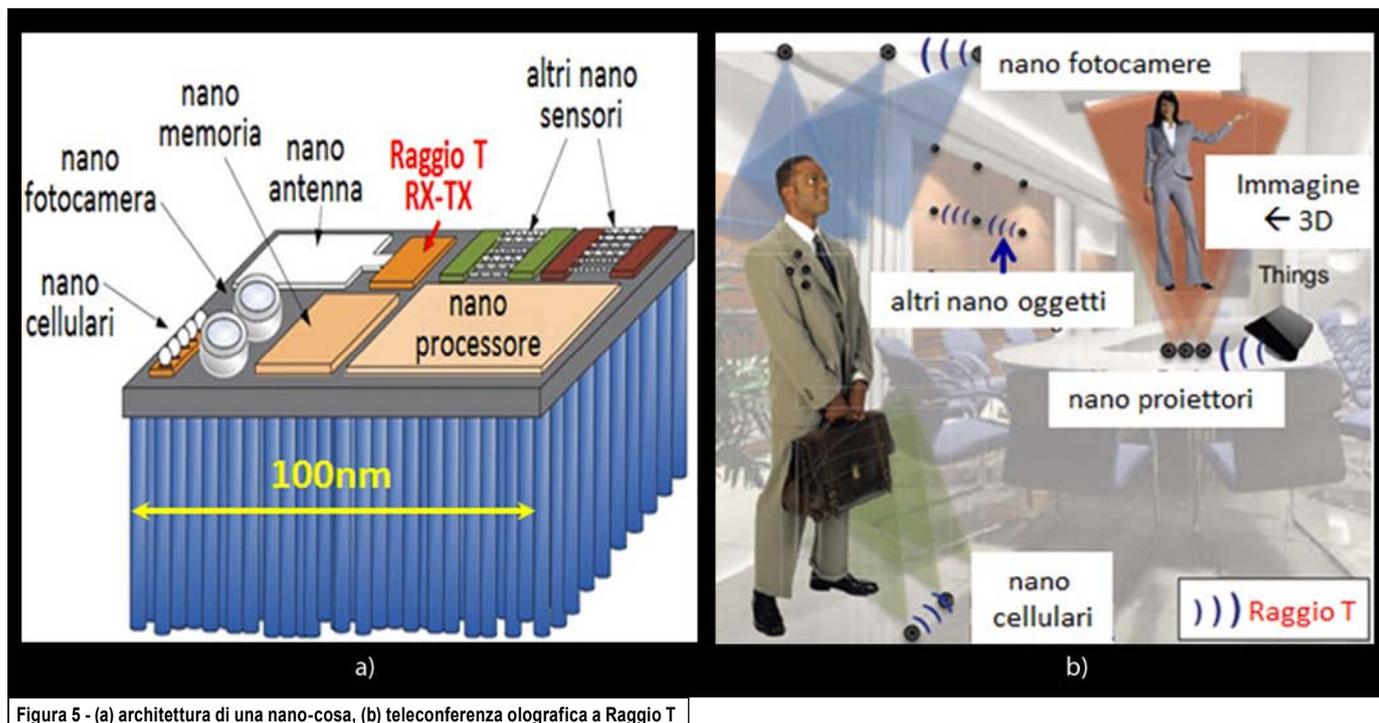


Figura 5 - (a) architettura di una nano-cosa, (b) teleconferenza olografica a Raggio T

croscopiche di questo chip consentiranno la sua integrazione in tablet e smartphone, conferendo a quest'ultimi la capacità di vedere attraverso barriere o materiali opachi alla luce visibile.

Attualmente esistono già simili apparati, anche se di dimensioni non integrabili in uno smartphone: sono i body scanner. Essi sono impiegati negli aeroporti, al posto dei tradizionali raggi X, e periodicamente assurgono agli onori della cronaca come strumenti di sicurezza che letteralmente "spogliano" i passeggeri per verificare che cosa nascondono sotto i vestiti.

I body scanner fanno uso del Raggio T che attraversa i vestiti, ma è parzialmente riflesso da qualsiasi oggetto, anche non metallico, e dalla pelle. In questo modo è possibile distinguere eventuali oggetti nascosti sotto i vestiti, mentre il grado di riflessione del nostro corpo causa l'effetto "quasi nudo" (Figura 6b).

È interessante comprendere il meccanismo di funzionamento del body scanner perché evidenzia le proprietà del Raggio T: quando esso giunge sull'obiettivo del body scanner incontra una lente in materiale polimerico (Figura 6a), che forma un'immagine su un piano retrostante.

Il raggio T viene poi "incanalato" da guide d'onda (a queste frequenze sono delle microcavità) e indirizzato verso un reticolo di antenne lunghe poche decine di micrometri, incise su una pellicola d'oro; quest'ultima viene depositata su un materiale sensibile al calore, come il bismuto.

Il procedimento è ingegnoso: le antenne, che captano in modo molto efficiente il Raggio T non sono collegate ad alcun circuito elettronico. La corrente elettrica indotta dal Raggio T riscalda l'antenna e il suo supporto per effetto Joule, come avviene all'interno di una resistenza. L'aumento di temperatura viene

rivelato e trasformato in un'immagine, come fa una telecamera ad infrarossi.

In assenza di un'illuminazione artificiale da parte di un apparecchio che emette il Raggio T, la porzione di radiazione naturale dell'ambiente nella Terahertz Band è sufficiente per ottenere immagini utilizzabili.

3.5 Terahertz, sotto il visibile per vedere oltre la luce

Nella Terahertz Band è possibile visualizzare, ricostruendole in 3D, le strutture interne di oggetti di varie tipologie di materiale, come le plastiche o i substrati utilizzati nell'industria elettronica, e nel caso di applicazioni mediche, dei tessuti che formano i nostri organi. In pratica questi sistemi funzionano in un modo che ricorda molto da vicino i più convenzionali Radar. Un Raggio T è inviato verso il bersaglio e su-



Figura 6 - (a) telecamera a Raggio T di TeraOptronics, (b) effetto "quasi nudo" in aeroporto

bito dopo un sistema a scansione analizza come la radiazione viene riflessa dalle diverse strutture racchiuse all'interno dell'oggetto.

Per discriminare in maniera ancora più efficace le caratteristiche chimiche e fisiche del campione è possibile analizzare anche la radiazione che emerge dopo averlo attraversato. Molti dei materiali più comuni, come ad esempio i tessuti organici, le plastiche, le stoffe dei nostri abiti, sono semi trasparenti ai Terahertz e per questo lo svilup-

po di queste nuove tecnologie risulta così interessante.

Un ulteriore vantaggio che presentano questi nuovi strumenti diagnostici, soprattutto per le applicazioni in campo medico e odontoiatrico (Figura 7), è legata alla natura stessa del tipo di radiazione elettromagnetica utilizzata. La radiazione nella Terahertz Band non ha energia sufficiente per ionizzare le molecole bersaglio e quindi non si rischia di danneggiare i tessuti organici, contra-

riamente a quanto accadeva con i raggi X.

3.6 Rivelazione di pitture al di sotto di coperture

In una nazione con un rilevante patrimonio artistico come l'Italia era doveroso chiudere questa panoramica applicativa del Raggio T con le opere d'arte. Nei laboratori del Centro ENEA di Frascati [13] sono stati messi a punto procedimenti d'avanguardia per la rivelazione non invasiva di pitture.

Grazie al Raggio T, la cui bassa energia non altera l'opera d'arte analizzata, è stato possibile, attraverso tecniche di "imaging", rilevare riproduzioni artistiche ricoperte o sepolte da sedimentazioni attraverso i secoli. In particolare, il team di Frascati ha impiegato le frequenze di 400 e 700 GHz, che hanno consentito di analizzare frammenti pittorici parzialmente coperti con strati di gesso e di ottenerne un'immagine nitida e con un'elevata risoluzione. È stato inoltre possibile eseguire l'analisi dei differenti pigmenti che sono

Figura 7 - Il Raggio T applicato nella diagnostica odontoiatrica



stati utilizzati per la realizzazione della pittura e documentarne il loro stato di conservazione.

Conclusioni

Oggi le nanotecnologie sono uno dei campi più fertili e dinamici della ricerca scientifica e industriale, consentendo la concretizzazione di idee teorizzate da decenni ma inapplicabili per l'inadeguatezza o i costi delle risorse realizzative. È il caso della "Terahertz Band" o "Raggio T", un segmento dello spettro radio dalle grandi potenzialità che solo le recenti nanotecnologie hanno finalmente reso disponibile.

Soluzioni tecnologiche su scala nanometrica quali il grafene, i meta-materiali, il diodo RTD e il laser a cascata quantica hanno consentito l'impiego della "Terahertz Band" tramite dispositivi di dimensioni ridottissime e con un costo contenuto, tale da consentirne la commercializzazione su larga scala.

Come spesso accade per le nuove tecnologie, i campi di applicazione della "Terahertz Band" sono limitati solo dalla fantasia umana. Il Raggio T trova già oggi applicazione nella sicurezza, in campo sanitario e nell'industria. I raggi-T sono in grado di percepire ogni molecola e quindi in grado di rilevare le cellule tumorali, rilevare ordigni esplosivi, armi nascoste e qualità dei farmaci. Possono anche dotare uno smart-phone di una visione "a raggi X", senza le controindicazioni di quest'ultimi. Ma il settore dove il Raggio T può maggiormente rivoluzionare gli scenari nel medio termine è quello delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione:

CPU a velocità oggi impossibili in grado di offrire sofisticati servizi in tempo reale, Wi-Fi con velocità trasferimento di decine di Gb/s, e un'Internet delle nano-cose che ci offrirà una vera sensazione di ubiquità senza più percepire dispositivi intorno a noi ■



Bibliografia

- [1] Abbott, D., Zhang, X.-C. - "Special Issue on T-Ray Imaging, Sensing, and Retention", Proceedings of the IEEE (Volume: 95 , Issue: 8), Aug. 2007.
- [2] H. Chen, J. Padilla, R. D. Averitt - "Electromagnetic Metamaterials for Terahertz Applications", Terahertz Science and Technology, Vol.1, No.1, March 2008.
- [3] Grafene, <http://it.wikipedia.org/wiki/Grafene>.
- [4] L. Britnell, R. V. Gorbachev, A. K. Geim, L. A. Ponomarenko, A. Mishchenko, M. T. Greenaway, T. M. Fromhold, K. S. Novoselov and L. Eaves, "Resonant tunnelling and negative differential conductance in graphene transistors", Nature Communications 4, Article number: 1794, 30 April 2013.
- [5] Rodney S. Ruoff et alii, "Thermal conductivity of isotopically modified graphene", Nature Materials 11, 203-207, 10 January 2012.
- [6] H.-T. Chen, J.F. O'Hara, A.K. Azad, A.J. Taylor, "Manipulation of Terahertz radiation using metamaterials", Laser & Photonics Reviews, Volume 5, Issue 4, pages 513-533, July 2011.
- [7] Dr. Michael Feiginov, "Record-Setting Terahertz Transmitters", 25 Jan 2012, <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/devices/recordsetting-terahertz-transmitters>.
- [8] K. Ishigaki, "Direct intensity modulation and wireless data transmission characteristics of terahertz oscillating resonant tunnelling diodes", Electronics Letters (2012), 48(10):582.
- [9] Jornet, J.M., "Channel Capacity of Electromagnetic Nanonetworks in the Terahertz Band", Broadband Wireless Networking Lab., Georgia Inst. of Technol., Atlanta, GA, USA, IEEE International Conference on Communications, 23-27 May 2010.
- [10] Qun Jane Gu et alii, "CMOS THz Generator With Frequency Selective Negative Resistance Tank", IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, Vol. 2, N° 2, March 2012.
- [11] J. Jornet and F. Akyildiz, School of Electrical and Computer Engineering Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia (USA), "The Internet of Multimedia Nano-Thing in the Terahertz Band", European Wireless 2012, April 18-20, 2012.
- [12] Hajimiri e Sengupta, California Institute of Technology (Caltech - USA), "A 0.28 THz Power-Generation and Beam-Steering Array in CMOS Based on Distributed Active Radiators", Solid-State Circuits, IEEE Journal of (Volume:47 , Issue: 12), Dec. 2012.
- [13] ENEA, "Rivelazione di pitture al di sotto di coperture ed analisi dei pigmenti e dello stato di conservazione", <http://patrimonioculturale.enea.it/ambiti-di-ricerca/diagnostica-avanzata-per-la-conservazione-ed-il-restauro/diagnostiche-thz-per-i-beniculturali-scheda-sintetica>.

valter.bella@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



**Valter
Bella**

è diplomato in Telecomunicazioni ed ha una laurea in Fisica. Fino al 2000, presso il Centro Ricerca di Telecom Italia, si è occupato di microelettronica per applicazioni radio, partecipando a numerosi progetti di ricerca in ambito nazionale ed europeo. Successivamente si è occupato di nuove tecnologie wireless e contestualmente ha affrontato lo studio delle nanotecnologie MEMS e delle antenne frattali. Dal 2006 è attivo, presso la funzione "Research & Prototyping", sul tema delle reti di sensori ed attuatori wireless con particolare riferimento alla parte radio ed alle tecnologie alternative alle batterie quali l'*energy scavenging* e la *wireless power transmission*. È autore di parecchie pubblicazioni e brevetti internazionali.



WEBRTC: LA NUOVA SFIDA NELLE COMUNICAZIONI REAL-TIME AUDIO/VIDEO

Alberto Baravaglio, Alberto Cuda, Enrico Marocco



La distinzione tra Internet e Web sta diventando via via più sfumata. Ogni dispositivo personale (e non) connesso in rete ha almeno un browser. Di conseguenza, l'evoluzione delle tecnologie del Web ha un impatto diretto sulle modalità con cui le persone utilizzano la rete.

L'articolo offre un'introduzione all'iniziativa conosciuta come WebRTC, che si pone come scopo quello di definire funzionalità interoperabili nei web browser che permetteranno di integrare comunicazioni real-time in normali siti Web, una descrizione delle relative attività di standardizzazione ed una discussione degli scenari abilitati dalla nuova tecnologia.

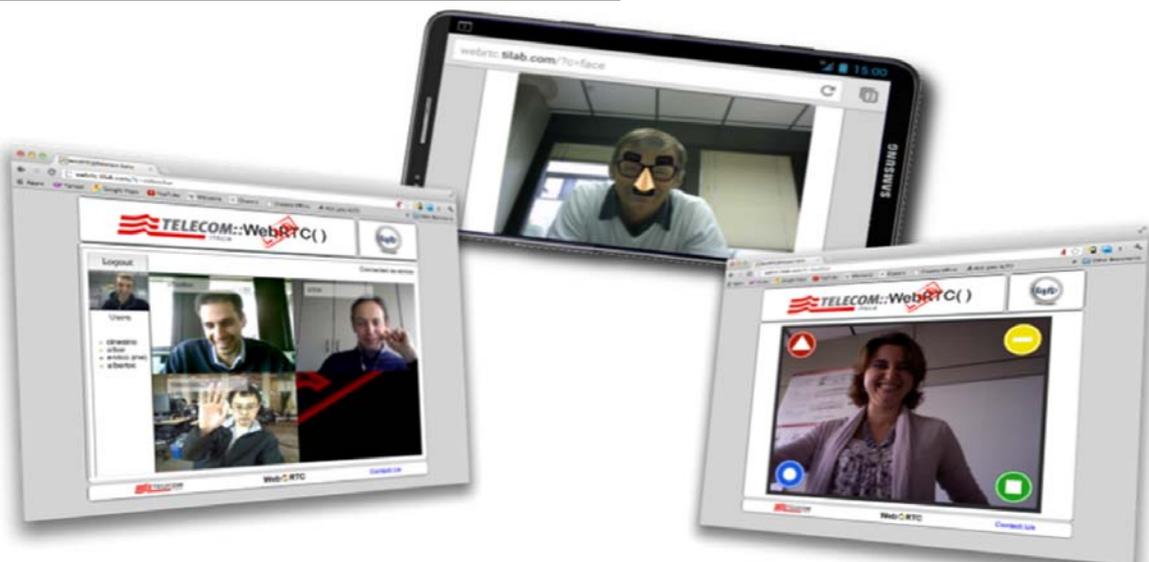
1 Introduzione

Internet ha cambiato il modo di comunicare e, di conseguenza, ha avuto un potente impatto su tutte le attività umane e sociali che fanno della comunicazione un fattore fondamentale: dal business all'entertainment, dal mondo dell'infor-

mazione alla ricerca scientifica. In vent'anni di diffusione, partendo dalle università e dai laboratori di ricerca, Internet è arrivato negli uffici, nei salotti e letteralmente nelle tasche delle persone. Sebbene le modalità di utilizzo siano diverse e variegate il minimo comune denominatore dell'accesso a Internet è oggi costituito dal Web browser.

Le aziende che sviluppano browser stanno lavorando intensamente per definire funzionalità di comunicazione real-time da offrire agli sviluppatori Web. L'obiettivo è quello di arricchire l'esperienza Web con l'interazione vocale e visiva. Oggi l'utente di un'applicazione Web legge, scrive ed è fruitore pressoché passivo di contenuti.

Figura 1 - WebRTC con alcune funzionalità di videocomunicazione per applicazioni Web



Con le nuove funzionalità potrà letteralmente “parlare” con la pagina aperta nel browser, con un interlocutore che potrà essere sia una persona, che un automa la cui logica è realizzata dall'applicazione stessa.

L'interoperabilità è un fattore fondamentale: le funzionalità offerte dalle applicazioni Web devono essere fruibili da qualsiasi browser e su qualsiasi device. Due utenti dello stesso sito devono potere comunicare indipendentemente dall'ambiente da cui stanno accedendo: un browser Internet Explorer aperto su un PC Windows deve poter comunicare con un Chrome su uno smartphone, così come con un Firefox su Linux. La mancanza di interoperabilità condurrebbe ad un partizionamento analogo a quello che ha vissuto il Web di inizio millennio, in cui funzionalità anche solo minimamente avanzate rispetto allo standard di base erano utilizzabili in pratica con un solo tipo di browser e spesso solo con una specifica versione.

In quest'ottica, Google, Mozilla, Opera e Microsoft, che insieme forniscono i browser più utilizzati, hanno promosso nel contesto di standardizzazione di HTML5 le iniziative WebRTC [2] ed RTCWEB [3], rispettivamente in W3C ed IETF. L'obiettivo è la definizione di interfacce e protocolli per funzionalità di comunicazione real-time. In aggiunta, Google e Mozilla mettono a disposizione il software in fase di integrazione nei rispettivi browser tramite licenze opensource, alimentando una comunità di ricercatori e appassionati che, in una sorta di circolo virtuoso, aumentano l'attenzione e l'aspettativa a riguardo della tecnologia. L'effetto più evidente dell'impegno profuso è

stato il rapido proliferare di applicazioni dimostrative realizzate da sviluppatori di tutto il mondo. Tale comunità si concentra intorno al sito webrtc.org [1].

Ad oggi la tecnologia è disponibile in versione sperimentale ed è integrata nel browser Chrome. È molto probabile che entro fine 2013 alcuni browser avranno implementazioni stabili ed interoperabili.

2 Dal circuito alla videochat Web

Fino a pochi anni fa, e per quasi un secolo, i servizi di comunicazione real-time erano semplicemente chiamati *telecomunicazioni*: l'utente percepiva il telefono come l'elemento necessario e sufficiente per il servizio stesso.

Internet ha cambiato la prospettiva: le reti a pacchetto hanno reso possibile, ed in pratica più efficiente, realizzare servizi telefonici (o *simil-telefonici*) sfruttando la connettività IP – da cui è nato l'acronimo VoIP, *Voice-over-IP*, oggi di uso comune.

I primi ad investire in reti VoIP sono stati gli operatori telefonici, intorno al 2000. L'opportunità non era però più appannaggio esclusivo delle compagnie che avevano una propria rete telefonica, e così aziende competitive in altri segmenti hanno iniziato ad investire nel settore.

Skype, entrata nel mercato nel 2003, è stata la prima ad avere successo, ma subito altre aziende l'hanno seguita. Benché la separazione dalla rete di accesso desse potenzialmente a chiunque sapesse scrivere software la possibilità di realizzare servizi di comunicazione real-time, la partita era ancora riservata a pochi: lo sforzo

richiesto era ed è tuttora ingente e deve coprire sia il dispiegamento delle infrastrutture server, che lo sviluppo di client specifici per tutte le piattaforme che il servizio deve coprire. Quest'ultimo aspetto è particolarmente critico. Infatti, un servizio che voglia definirsi “universale”, condizione necessaria per il successo, deve oggi coprire un gran numero di piattaforme per dispositivi sia fissi che mobili, diverse tra di loro ed in continua evoluzione: Windows, Mac, Linux, iOS, Android, Windows Phone.

L'evoluzione delle tecnologie Web, che permettono un'esperienza sempre più interattiva e dinamica, ha messo in luce l'opportunità di integrare le comunicazioni audio/video real-time direttamente nelle pagine visitate. Alcuni esempi sono le videochat di Gmail (poi Google Hangouts) e Facebook, oltre che a diversi siti di nicchia come Chatroulette che hanno poi raggiunto notevole successo e sostenibilità economica.

L'integrazione con il Web non risolve però il problema degli sviluppi *platform-specific*. Infatti, tali funzionalità richiedono software aggiuntivo nel browser, generalmente inserito come plugin, che deve essere sviluppato in maniera specifica per ogni piattaforma. Ha quindi un livello di complessità pari, se non maggiore, a quello richiesto nella realizzazione di applicazioni standalone come Skype e richiede appunto l'installazione da parte degli utenti di software aggiuntivo. Si noti che gli utenti sono eventualmente disposti a scaricare software dai siti a cui sono più affezionati (Facebook e Google, ad esempio), ma certamente non da siti su cui capitano più o meno casualmente.

WebRTC ha come principale obiettivo quello di superare questo ostacolo, e cioè mettere a disposizione degli sviluppatori un set minimale di funzionalità che permetta di realizzare servizi di comunicazione audio/video con la stessa facilità con cui si inserisce un'immagine in una pagina Web. Dalla chat, una delle funzionalità interattive più diffuse nel Web di oggi, l'evoluzione verte dunque verso la *videochat*, nel Web di domani.

Oltre ad abbattere l'ostacolo della complessità, il nuovo standard permette anche di superare la barriera costituita dalla necessità per l'utente di registrarsi al servizio e, di conseguenza, di forzare l'instaurazione di un rapporto di fiducia. Così come il navigatore casuale è oggi sostanzialmente anonimo, lo potrà essere anche il fruitore di servizi di comunicazione real-time integrate nelle pagine Web di domani.

Per avere successo, tali funzionalità devono però essere disponibili ed interoperabili nel maggior nu-

mero di browser possibile. A tale proposito sono intese le iniziative di prototipazione e standardizzazione WebRTC [2] in W3C ed RTCWEB [3] in IETF.

3 WebRTC e RTCWEB

L'interoperabilità necessaria a fare sì che le funzionalità di comunicazione real-time si diffondano e diventino di uso comune passa attraverso due aspetti: la standardizzazione delle interfacce programmatiche che i browser offriranno agli sviluppatori di applicazioni, ed i protocolli per lo scambio di media tra browser e browser.

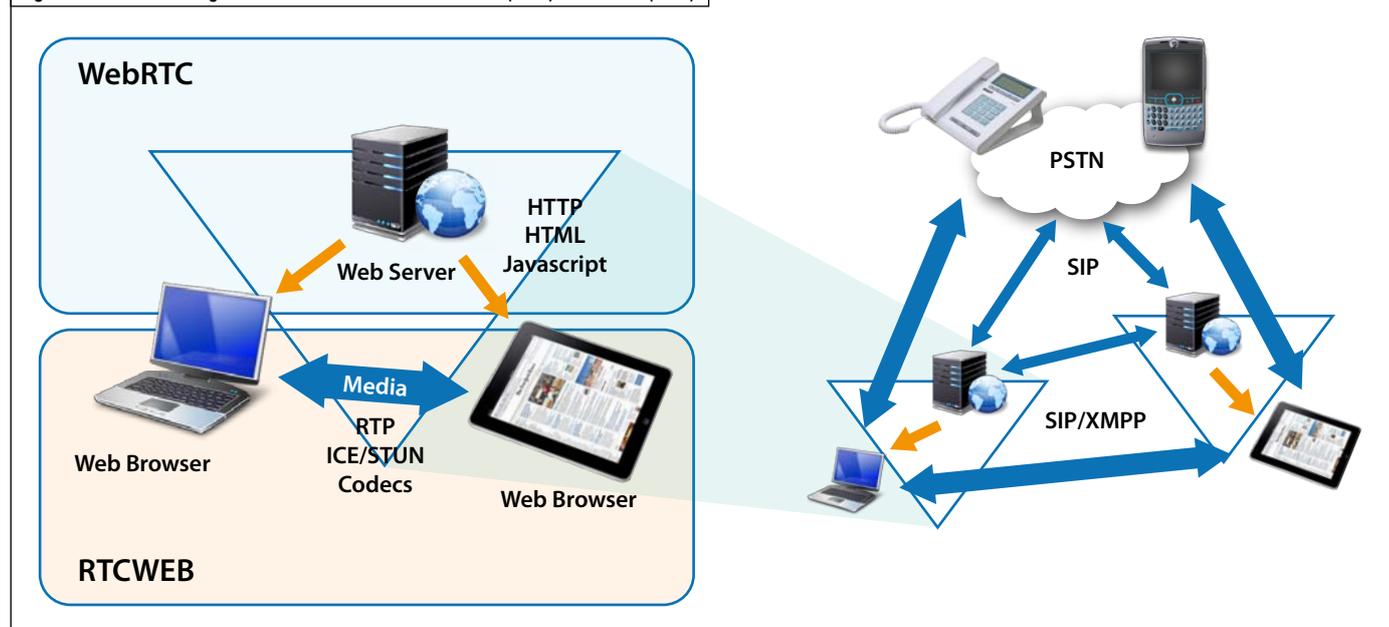
I due aspetti sono affrontati rispettivamente dalle iniziative WebRTC [2] in W3C e RTCWEB [3] in IETF. Tali iniziative sono state promosse e sono attualmente guidate dai principali produttori di browser (Google, Mozilla, Opera e Microsoft) e da alcuni tra i più grandi fornitori di sistemi di rete (Cisco ed

Ericsson in primis). Entrambe le iniziative sono state avviate nel 2011 e prevedono di concludersi nel 2014.

Il diagramma in Figura 2 illustra l'architettura di alto livello, in base alla quale sono suddivise le iniziative di standardizzazione. In particolare, nell'ampio contesto di specifica dello standard HTML5, in W3C sono in fase di definizione le interfacce JavaScript (il linguaggio di programmazione del Web), che hanno l'obiettivo di permettere agli sviluppatori di integrare funzionalità di comunicazione real-time in siti internet. Tali interfacce espongono funzionalità per permettere alle applicazioni Web di:

- accedere ai dispositivi di acquisizione audio/video (webcam e microfono) degli utenti;
- stabilire connessioni dirette tra browser, da utilizzare per l'invio e la ricezione dei flussi audio, video e dati;
- visualizzare i flussi audio/video scambiati tra browser e browser.

Figura 2 - Protocolli e organizzazione delle iniziative WebRTC (W3C) e RTCWEB (IETF)



Le trasmissioni di dati vere e proprie avvengono invece tramite i protocolli già adottati per il VoIP e definiti in IETF. L'iniziativa RTCWEB specifica i profili e le modalità con cui tali protocolli debbano essere utilizzati, in particolare:

- definisce i profili di cifratura del protocollo RTP, utilizzato per il trasporto dei flussi audio/video, con l'obiettivo di fornire sicurezza *end-to-end*;
- definisce gli algoritmi ed i meccanismi di *firewall/NAT traversal* per permettere ad endpoint che sono in esecuzione in ambienti non direttamente raggiungibili da Internet (come nella maggior parte delle reti domestiche e aziendali) di riuscire comunque ad instaurare i flussi di comunicazione. Tali meccanismi sono basati sui protocolli STUN, TURN ed ICE, già utilizzati nelle reti VoIP tradizionali;

- definisce il sottoinsieme comune di codec audio e video necessari per l'interoperabilità.

A differenza delle reti VoIP tradizionali, nel caso di WebRTC il protocollo di segnalazione non è specificato. Infatti, per la natura intrinseca delle tecnologie Web, le logiche delle applicazioni sono scaricate interamente dal browser al momento dell'accesso alle pagine di un sito; la logica per la gestione della segnalazione delle chiamate segue la stessa regola. Questo significa che all'interno di una stessa applicazione la segnalazione potrà essere basata su HTTP (o sue estensioni quali WebSockets), o eventualmente su protocolli più tradizionali quali SIP o XMPP. In ogni caso, essendo il codice che verrà eseguito su tutti i client – cioè sui browser – in completo controllo del server, tale protocollo potrà variare arbitrariamente senza richiedere all'utente alcun aggiornamento software.

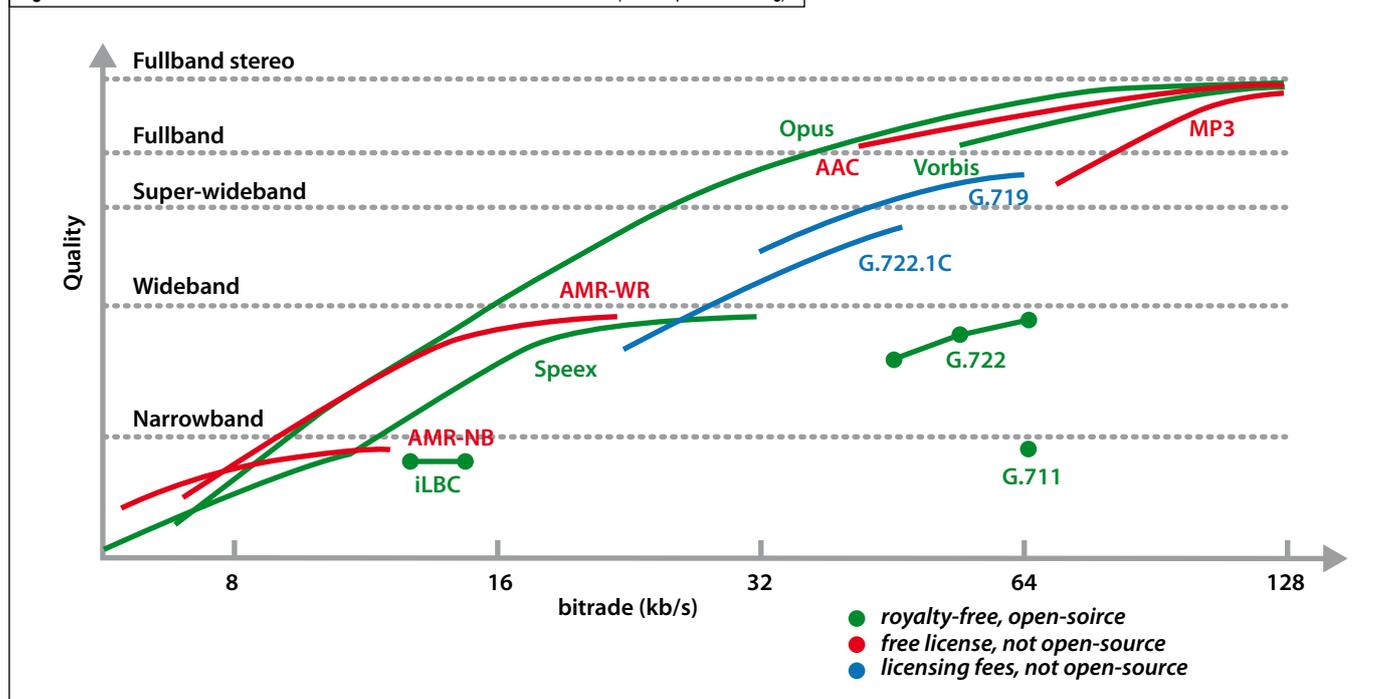
Dal punto di vista dei protocolli impiegati, le esigenze di interoperabilità sono dunque esclusivamente a livello di trasmissione di media tra browser e browser, ed eventualmente a riguardo dell'interlavoro. In quest'ultimo caso, priorità secondaria per le iniziative in corso, un protocollo consolidato quale SIP o XMPP risulterà probabilmente la scelta migliore.

3.1 Le guerre dei codec

Benché una grossa parte dell'industria del Web e di Internet in generale sia fortemente motivata alla definizione degli standard WebRTC, su alcuni aspetti si assiste ad uno scontro di interessi. Tra essi, il più eclatante riguarda la scelta dei codec.

All'interno delle iniziative di standardizzazione in corso, infatti, la scelta di un insieme mini-

Figura 3 - Qualità dei codec audio come funzione del bitrate di trasmissione (fonte: opus-codec.org)



mo di codec da implementare nei browser è un punto tanto strategico quanto ineludibile nella strada verso uno standard effettivamente interoperabile. Su tale scelta influiscono principalmente tre fattori:

- i termini delle eventuali licenze brevettuali necessarie per implementare il codec. Aziende quali Microsoft, Ericsson ed Apple, ad esempio, detengono brevetti indispensabili per implementare gli encoder per le codifiche audio G.722.2 (anche conosciuto come AMR-WB) e per la codifica video H.264. Sull'altro fronte Google e Mozilla, avendo modelli di business basati sul software opensource, hanno necessità di utilizzare tecnologie *royalty free*, quali il codec audio Opus ed il codec video VP8;
- la qualità dei codec. Gli *use case* identificati per WebRTC includono scenari avanzati (ad esempio per servizi multi-utente per l'ascolto di musica ad alta fedeltà e per la visione di video ad alta definizione), che richiedono codifiche ad altissime prestazioni. Benché i codec in gioco offrano performance paragonabili, il confronto tra essi è un argomento di continua discussione;
- l'interoperabilità con le installazioni esistenti ed il livello di maturità della tecnologia. Le compagnie telefoniche e la maggior parte dei fornitori di infrastrutture di rete utilizzano da anni tecnologie potenzialmente interoperabili con applicazioni basate su WebRTC, ma che fanno uso di codec dalle prestazioni limitate, quali G.722.

La situazione attuale vede dunque in contrapposizione le tecnologie

opensource OPUS e VP8 ai codec ITU G.722, G.722.2 e H.264. Il primo gruppo gode del supporto determinante di Google e Mozilla, che con i browser Chrome e Firefox vantano una quota del mercato dei browser decisamente superiore al 50%, mentre il secondo è supportato dagli operatori telefonici che portano sul piatto della bilancia l'enorme bacino di utenti dei servizi tradizionali.

Allo stato attuale l'unico accordo che sembra possibile prevede di definire come obbligatori i codec G.722 ed Opus per l'audio, e demandare al mercato l'individuazione di uno standard *de-facto* per il video.

3.2 Il silenzio della Mela

Un altro fattore di incertezza è costituito dalla totale assenza di Apple nelle dinamiche di standardizzazione. Con le sue piattaforme Mac ed iOS, e con il suo browser Safari, l'azienda di Cupertino detiene infatti una quota di mercato rilevante, che le conferirebbe un peso determinante in ogni tipo di decisione.

La posizione di Apple nell'ambito delle comunicazioni real-time è d'altronde unica e, a prima vista, le potenzialità introdotte da WebRTC andrebbero a lederne le strategie di business almeno su due fronti. Da una parte, l'adozione da parte degli utenti dell'applicazione di videocomunicazione Facetime, presente ormai in ogni prodotto che porti il logo della mela, ne risulterebbe seriamente minacciata. Dall'altra, le applicazioni di comunicazioni real-time distribuite tramite il canale AppStore, che genera flussi di *revenue* tutt'altro che trascurabili,

diventerebbero facilmente sostituibili da applicazioni Web.

Aggiungendo a questo anche il fatto che Apple detiene importanti brevetti relativi al codec H.264, tutto sembrerebbe indicare che l'assenza di qualsiasi coinvolgimento sia dovuta alla totale avversione, oltre che verso il tema in generale, verso la soluzione promossa da Google e Mozilla.

Un altro fattore prettamente tecnologico ha però un grosso peso in questa situazione. Infatti, il browser distribuito da Apple su tutte le sue piattaforme utilizza WebKit, lo stesso motore di *rendering* utilizzato da Chrome, per il quale Google sviluppa le estensioni WebRTC in modalità completamente opensource. Inoltre, entrambi i browser Chrome e Firefox sono perfettamente supportati sulle piattaforme Mac e iOS. Di conseguenza, il software necessario per abilitare le nuove funzionalità è già completamente a disposizione di Apple, che quindi, al contrario di Microsoft, non vede nei rapidi avanzamenti della concorrenza una particolare minaccia per le sue piattaforme.

4 La sfida

Internet e l'incremento delle performance delle tecnologie di trasmissione hanno aperto la strada della fornitura di servizi telefonici a *player* diversi dagli operatori tradizionali, che sfruttano la rete a pacchetto per convogliare la voce. L'esempio di maggior successo è rappresentato da Skype, ma nell'arco di quasi dieci anni il numero delle aziende fornitrici di tali servizi ha visto una crescita imponente.

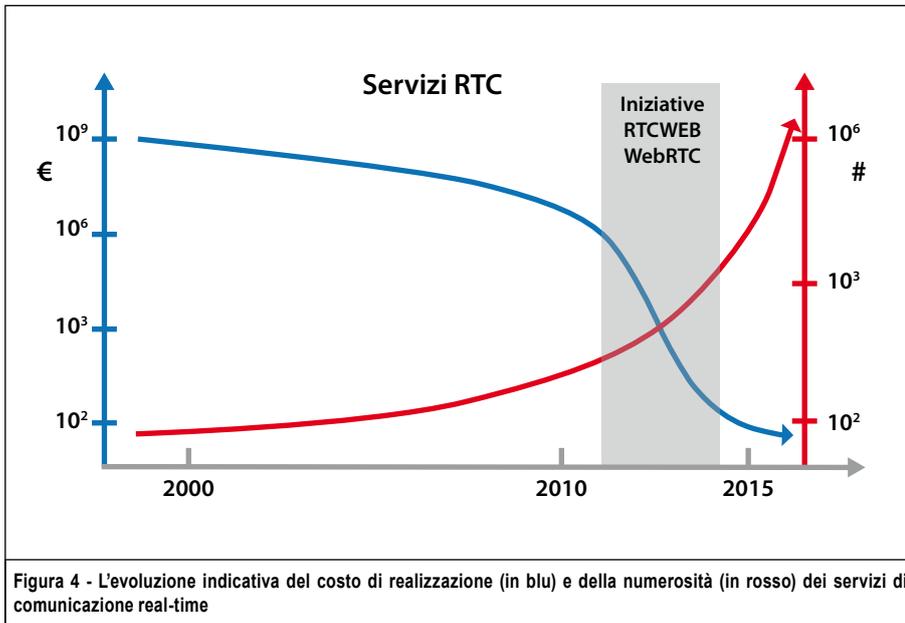


Figura 4 - L'evoluzione indicativa del costo di realizzazione (in blu) e della numerosità (in rosso) dei servizi di comunicazione real-time

Fino ad ora, però, la realizzazione di un servizio di comunicazioni real-time era tutt'altro che banale. Richiedeva, oltre alla realizzazione delle infrastrutture server, soprattutto lo sviluppo di applicazioni per ogni piattaforma o sistema operativo che abbia una base di utenti non trascurabile. Trascurarne una delle cinque o sei principali, ad oggi comporterebbe il rischio di non riuscire a raggiungere un livello di adozione sufficiente ad alimentare un business sostenibile. Gli investimenti necessari restano dunque ingenti e le aziende che se lo possono permettere sono relativamente poche: i cosiddetti *Service Provider Over-the-top*.

WebRTC è destinato ad abbattere anche questo ostacolo. Nel momento in cui i browser offriranno funzionalità per stabilire comunicazioni real-time in modalità peer-to-peer e soprattutto interoperabile, qualunque sviluppatore con capacità anche elementari di programmazione Web sarà in grado di realizzare un servizio di comunicazione real-time, audio

e video. L'investimento richiesto sarà irrisorio: un semplice servizio in *Web-hosting*, analogo a quello necessario oggi per un qualunque sito Web. Di conseguenza, il ritorno economico necessario per la sostenibilità di questo tipo di servizi "personali" non sarà più un problema.

Un altro fattore rilevante consiste nei requisiti regolatori a cui sono attualmente soggetti i servizi di comunicazione (e che comportano ingenti investimenti), ma che i "micro servizi personali", per ragioni tecniche e legali, potranno facilmente ignorare. Tecnicamente, infatti, lo standard in via di definizione impone esplicitamente meccanismi di cifratura *end-to-end* che possono rendere di fatto impossibile qualunque tipo di intercettazione. Inoltre, neanche un eventuale tentativo di forzatura da parte dell'ente regolatore avrebbe molte chance di ottenere l'effetto auspicato. Infatti, come comprovato da diversi esempi attuali di siti di dubbio status legale, nel momento in cui l'azienda fornitrice del servizio avesse in-

frastrutture e ragione sociale in paesi esteri, la magistratura non avrebbe in pratica possibilità di intervenire.

5 Le opportunità

Un cambio di paradigma come quello prospettato da WebRTC costituisce una grande sfida per gli operatori di servizi di comunicazione. Ma come ogni sfida, anche questa porta grandi opportunità. L'operatore ha infatti alcuni punti di forza su cui può - e deve - puntare. Primo fra tutti il bacino di clienti e la disponibilità di infrastruttura tecnologica. Infatti, nonostante il mercato delle comunicazioni sia estremamente competitivo e gli utenti abbiano a disposizione innumerevoli alternative, il servizio telefonico mantiene comunque un'importanza fondamentale. Il telefono è tuttora lo strumento di comunicazione che offre le maggiori garanzie in termini di affidabilità e permette di raggiungere la più ampia base di utenti. Il primo e naturale utilizzo della tecnologia WebRTC per un operatore telefonico consiste, secondo noi, dunque nell'integrazione della nuova tecnologia nelle reti tradizionali. Tale approccio permetterà di offrire ai clienti una *user experience* innovativa, ma che, potendo vantare come eventuale *fall-back* il servizio telefonico, garantirà comunque il massimo livello di affidabilità.

Un altro punto di forza dell'operatore è costituito dalla grande disponibilità di infrastrutture computazionali interconnesse ad alta capacità di banda. Tale disponibilità costituisce un vantaggio nella fornitura di tutti i servizi che fan-

no uso della tecnologia WebRTC ed allo stesso tempo richiedono risorse centralizzate. Esempi di tali servizi sono conferenze video *multiparty* (che utilizzano funzionalità di mixer centralizzato per sopperire alle limitazioni dell'approccio *peer-to-peer*), così come applicazioni di *personal broadcasting* e *video mailbox*.

Le modalità attraverso le quali l'operatore può trarre vantaggio dalle proprie peculiarità sono molteplici, ma si distribuiscono principalmente su due fronti. Il primo e forse più ovvio è lo fornitura di servizi *stand-alone*, sfruttando i punti di forza come fattore di vantaggio nella concorrenza con i *Service Provider Over-the-top*. La seconda invece consiste nel fornire funzionalità a servizi offerti da sviluppatori di terze parti. Tali funzionalità esposte dall'operatore potrebbero ad esempio essere elementi integrabili in pagine Web – in maniera molto semplice ed eventualmente analoga a quella che da tempo portali come YouTube offrono agli utenti per l'*embedding* di contenuti video in pagine esterne – che consentano di effettuare comunicazioni real-time interoperabili con le reti telefoniche tradizionali. Iniziative in tal senso si collocano nel filone delle cosiddette NetAPI, ma porterebbero in dote un potenziale bacino di utenti che, proprio a causa della disponibilità universale promessa da WebRTC, si estende all'intero universo degli sviluppatori Web.

Un ulteriore fattore da non sottovalutare è legato ai requisiti in termini di performance di rete richiesto dalle applicazioni di videocomunicazione. Soprattutto in ambito mobile, infatti, l'eventuale esplosione di servizi real-time

audio/video basati su tecnologie Web è destinato ad incrementare la richiesta di connessioni a larga banda e ad alta affidabilità. Gli accessi LTE presto disponibili su base commerciale costituiranno l'opzione più adeguata se non indispensabile per gli utenti di tali servizi. WebRTC si candida dunque anche come un forte driver di tale tecnologia di rete radio.

5.1 Alcune applicazioni

Anche se è appurato che ogni nuova tecnologia sarà tanto più dirompente quanto più diverse dall'intento di partenza risulteranno le sue applicazioni, non è comunque un esercizio inutile provare ad identificarne alcune. Nel caso di WebRTC, l'intento di partenza è quello di integrare funzionalità di comunicazione real-time in applicazioni Web. È quindi facile immaginare che le prime applicazioni saranno declinazioni sul tema dei servizi di videocomunicazione, integrate in siti e social network già popolari, così come in nuovi portali che ne avranno fatto fattore di successo. Alcune tra le social network più diffuse – Facebook e Google tra tutte – forniscono già ora tali funzionalità, sebbene con i limiti dovuti al software aggiuntivo che agli utenti è richiesto di installare. In questo caso, il passaggio a WebRTC non comporterà una totale rivoluzione, ma permetterà comunque di trarre vantaggio dalla semplificazione dell'implementazione, dell'usabilità e dall'ubiquità del supporto.

Nell'ottica di integrazione con le reti di comunicazione più tradizionali, invece, saranno

probabilmente tra i primi a diffondersi i servizi di chiamata *Web-to-phone*. In questo contesto, la combinazione delle potenzialità del Web e dei servizi telefonici aprirà la strada dell'innovazione su innumerevoli fronti. Un esempio è la pagina Web personale, come punto di contatto principale. L'utente di un tale servizio potrà utilizzare una pagina Web in aggiunta o in alternativa al numero di telefono, ad esempio stampandone l'indirizzo sul biglietto da visita. Le persone che vorranno contattarlo accederanno ad essa e, in funzione delle configurazioni del servizio, potranno instaurare una videochiamata, lasciare un messaggio (video o testuale) o effettuare una chiamata che verrà inoltrata ad un numero telefonico tradizionale. L'elasticità della tecnologia abiliterà un livello di configurazione oggi impensabile, ad esempio permettendo di personalizzare le modalità di comunicazione in funzione di informazioni esposte da siti di social network come Facebook e LinkedIn.

Altre applicazioni naturali della nuova tecnologia potranno essere servizi di *personal broadcasting*, in cui lo stream video proveniente da una o più sorgenti viene inviato ad un grande numero di fruitori, siti di *collaboration*, per il supporto a meeting a partecipazione remota, così come giochi online, con funzionalità di riconoscimento facciale, *speech-to-text* e *motion tracking*.

In ogni caso, se alcune di queste previsioni si avvereranno, questo sarà solo l'inizio. Se WebRTC sarà la rivoluzione tecnologica in cui credono i suoi promotori, le sue applicazioni evolveranno in direzioni imprevedibili.

Conclusioni

Telecom Italia segue da sempre con grande attenzione lo sviluppo delle nuove tecnologie di comunicazione, per offrire il massimo livello di servizio ed un'esperienza sempre migliore a tutti i suoi clienti.

Il valore innovativo di WebRTC è indiscutibile e le prospettive che esso apre nell'orizzonte delle comunicazioni interpersonali costituiscono un'opportunità di assoluto valore. Oltre a seguire l'evoluzione della tecnologia nell'ot-

tica di un'integrazione nelle reti e nei servizi telefonici tradizionali, Telecom Italia ne supporta attivamente gli sviluppi, sia in fase di standardizzazione che di prototipazione.

Benché il percorso di WebRTC sia ancora ai primi passi, Telecom Italia si è fatta promotrice della nuova tecnologia creando il portale dimostrativo webrtc.telecomitalia.it [5] in cui sono disponibili esempi di applicazioni Web mirate a mettere in evidenza il fortissimo potenziale innovativo (videochat, *face recognition*, e altre a venire) ■



- [1] <http://webrtc.org>
- [2] <http://www.w3.org/2011/04/webrtc/>
- [3] <http://datatracker.ietf.org/wg/rwcweb/>
- [4] <http://html5labs.com/cu-rtc-web/cu-rtc-web.htm>
- [5] <http://webrtc.telecomitalia.it>

alberto.baravaglio@telecomitalia.it
alberto.cuda@telecomitalia.it
enrico.marocco@telecomitalia.it



Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali



Alberto Baravaglio

laureato in Scienze dell'Informazione, è in Telecom Italia dal 1995. Nei primi anni ha lavorato nei Sistemi Informativi in qualità di analista e amministratore di basi dati e sistemi ERP, specializzandosi su tecnologie SAP-R/3. Dal 2003 si occupa di tematiche in ambito Service Layer, con focalizzazione su progetti relativi al Service Lifecycle Management; in questo contesto ha collaborato e coordinato progetti finanziati nazionali e internazionali. È attualmente impegnato in progetti di ingegneria relativi alle tematiche di esposizione servizi.



Alberto Cuda

laureato in Ingegneria Informatica nel 2000 entra in Azienda, lavorando alla prima rete SIP di Telecom Italia. Successivamente si è occupato dello sviluppo e messa in campo di una piattaforma per la raccolta dati provenienti da sensori.. Attualmente è coinvolto nei progetti di ingegneria di rete. Ha partecipato attivamente ai gruppi di standardizzazione ETSI (TISPAN), 3GPP e ZigBee.



Enrico Marocco

Laureato in Informatica, entra in Telecom Italia nel 2003. È stato ed è attualmente coinvolto in progetti di ingegneria della rete mobile ed in attività di ricerca su tecnologie di comunicazione VoIP e peer-to-peer. Contribuisce a progetti opensource ed è membro in varie attività di standardizzazione in IETF, in cui ricopre la carica di chairman dei working group ALTO (*Application-Layer Traffic Optimization*) e CUSS (*Call Control UUI Service for SIP*).



SISTEMI DI OTTIMIZZAZIONE WEB E VIDEO SU RETE MOBILE

Vincenzo Condò, Agostino Cotevino



L uso della rete dati mobile è cambiato notevolmente da quando smartphone e chiavette Internet sono entrati nel mercato Consumer, piuttosto che rimanere prodotti di nicchia del settore Business. Questa variazione ha portato un notevole incremento di traffico e modificato significativamente la tipologia del medesimo: si è passati dalla semplice email a YouTube, dal corporate Internet a Facebook.

In particolare si prevede che il traffico HTTP video passi da 40% a 60% di tutto il traffico broadband mobile nel 2016.. La fruizione dei video rappresenta quindi un KPI de facto per la percezione della qualità del servizio (QoE) da parte dei clienti Consumer.

Altro KPI fondamentale per la QoE è relativo alla navigazione sulle pagine internet, il browsing, che deve risultare rapida e senza problemi di visualizzazione sul terminale mobile.

L'articolo presenta le tecnologie di ottimizzazione dello streaming video e dei siti web per rete mobile già operative su buona parte della rete di Telecom Italia, i loro benefici e le prospettive di evoluzione.

1 L'evoluzione del traffico dati sulla rete mobile

In termini di volumi di dati (GB) scambiati, la diffusione delle chiavette per connettere i PC ad Internet rappresenta sicuramente il maggiore contributo all'incremento del traffico dati su rete mobile avvenuto negli ultimi anni. Le offerte commerciali molto aggressive dei vari Operatori, basate principalmente su tariffe flat (indipendenti dalla quantità di dati scaricati), hanno determinato una crescita del traffico vicina al raddoppio annuo negli anni scorsi, per poi stabilizzarsi nel 2012..

L'altra componente che ha cambiato completamente lo scenario sono gli smartphone, che tramite l'uso di "app", applicazioni facilmente scaricabili dagli "store", sono praticamente sempre con-

nessi alla rete, un classico esempio di "always on". La crescita del traffico su questi terminali è ad oggi ancora più veloce di quella relativa alle chiavette e si prevede continuare ancora per vari anni.

Altri fenomeni come la comparsa dei tablet, l'aumento dell'utilizzo dei dati anche sui terminali "classici", completano lo scenario evolutivo rivolto al sempre maggiore utilizzo dei servizi dati, rilevabile a livello nazionale e mondiale.

Indagando i singoli servizi che compongono questo traffico, si osserva come la componente predominante, ad oggi circa il 40% del traffico totale, sia il video streaming basato su protocollo HTTP. Si tratta di video fruiti tramite YouTube, Repubblica, siti per adulti e simili. Per loro natura i video richiedono un'elevata banda tipicamente variabile, con picchi molto

alti, ad esempio durante i cambi immagine/scena, per un tempo talvolta molto lungo, in caso di eventi sportivi, concerti o film.

Studi e proiezioni sul traffico, prevedono che la componente di streaming video continuerà a crescere superando il 60% entro i prossimi 2-3 anni. Se tale crescita sarà confermata, offrire un servizio qualitativamente elevato sul video sarà decisivo per determinare la percezione complessiva del servizio dati da parte dei clienti, rappresentando un fattore competitivo fra i vari gestori di TLC.

A ruota del video, è presente la componente "browsing", ossia la tradizionale navigazione Internet con visualizzazione di testi e immagini. Il browsing copre oggi circa il 30% del traffico totale: non rappresenta la componente maggiore in termini di volumi di

dati, ma rimane il primo passo del cliente nella fruizione della rete dati in mobilità ed in quanto tale è basilare per la percezione della qualità del servizio. La stessa Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM) prevede prove specifiche per verificare la qualità del browsing presso i vari operatori mobili.

Lato rete la crescita del traffico dati ha determinato la necessità di ampliare tutti i sistemi della catena partendo dall'accesso radio, alla core network, sino ai sistemi dedicati ai servizi, inoltre si è passati a tecnologie sempre più performanti e che consentono nuovi servizi ad alta velocità e banda sempre più larga (ad esempio il 42 Mbit/s e LTE). Questi ampliamenti ed aggiornamenti hanno richiesto notevoli investimenti, per contro la domanda di servizi dati continua ad aumentare (es. video HD).

Pensare di ampliare e migliorare la rete di accesso, di trasporto e core non è l'unica soluzione anche perché ci saranno sempre fisiologicamente delle condizioni di accesso con bande limitate. E' dunque opportuno considerare soluzioni e tecniche differenti per migliorare la QoE, che non richiedano investimenti eccessivi e che permettano di ottimizzare la banda utilizzata dai servizi.

2 L'ottimizzazione dei video

Il delivery del video su Internet può avvenire tramite tre tecniche differenti: HTTP progressive download, HTTP adaptive streaming e RTSP (*Real Time Streaming Protocol*).

La tipologia più diffusa è quella di HTTP progressive download che

prevede l'invio dei contenuti video in modalità "HTTP download" e la fruizione per mezzo di player integrati nella pagina Internet. Un'altra tipologia è la modalità di "HTTP adaptive streaming" che è abbastanza frequente: prevede la suddivisione del contenuto video in diversi pezzi detti chunk che vengono inviati a seguito di richieste multiple da parte del player. I chunk sono disponibili con diversi livelli di compressione, scelti dal player in base alla banda disponibile sul dispositivo, permettendo la fruizione dei contenuti senza interruzioni. La tecnica di http adaptive streaming è stata sviluppata da varie aziende in differenti versioni: Apple è stata la prima con l'HTTP Live Streaming, cui è seguito il Microsoft Smooth Streaming ed infine l'Adobe Dynamic Streaming. Il protocollo RTSP era stato introdotto per permettere la fruizione dei contenuti video tramite player dedicati, attualmente è poco utilizzato.

Con l'avvento dell'HTML 5 le tecniche di delivery rimarranno inalterate, spostando le funzionalità di player da applicazioni dedicate a comuni browser. Questo tipo di tecnologia è ancora acerbo e soffre di alcune limitazioni legate al tipo di CODEC supportato dai browser.

Per quanto riguarda i formati e i CODEC, questi dipendono dalla tecnologia utilizzata per la riproduzione del video. Quando si parla di formato o container si intende il file vero e proprio. In particolare tutti i container sono composti da una parte informativa e della parte multimediale contenente le informazioni audio e video. L'audio e il video sono compressi e codificati utilizzando dei CODEC. Nell'ambito dello streaming in rete, i formati maggior-

mente utilizzati sono MP4 e FLV con i CODEC video FLV, H264 ed audio MP3 ed AAC. Con HTML 5 si stanno introducendo nuovi formati, come ad esempio WEBM con CODEC VP8. I principali siti internet via HTTP progressive download rendono disponibili differenti tipi di formati per desktop o per terminali mobili.

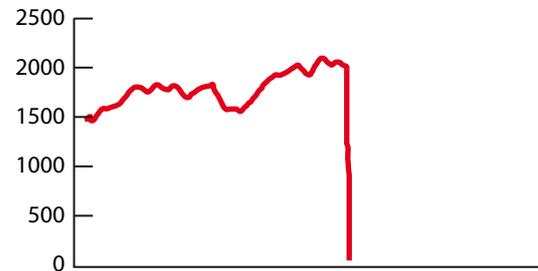
Quando un utente visualizza un filmato, il player inizia a scaricarlo dalla rete e a memorizzarlo in un'area di memoria temporanea, il buffer. Quando il buffer viene riempito con un sufficiente numero di byte, inizia la riproduzione del filmato mentre lo scaricamento procede. Se la velocità di scaricamento è inferiore a quella di fruizione (eg per ridotta disponibilità di banda) si manifestano fastidiose interruzioni, note come stalling, che degradano la qualità percepita dall'utente.

Quindi per prevenire problematiche come lo stalling, i sistemi di VO (*Video Ottimizzazione*) agiscono sui contenuti e sul loro delivery per consentire una fruizione fluida ed allo stesso tempo ridurre la richiesta di banda rendendo la rete più performante.

I sistemi di VO eseguono due principali tipi di ottimizzazione: con perdita (lossy) e senza perdita (lossless).

Tra le ottimizzazioni lossless vi è lo Smart Buffering o Pacing, che permette un risparmio di banda "figurato". In particolare si è osservato che la maggior parte dei contenuti non viene fruita completamente e che quindi un buffer che si riempie troppo velocemente potrebbe contenere, una volta interrotta la visione dal cliente, una quantità di contenuto che ha inutilmente sprecato risorse di rete. La velocità di scaricamento viene limitata ad un valore para-

Smart Buffer disattivato - il contenuto viene scaricato completamente usando tutta la banda disponibile



Smart Buffer attivato - il contenuto viene scaricato gradualmente usando minore banda

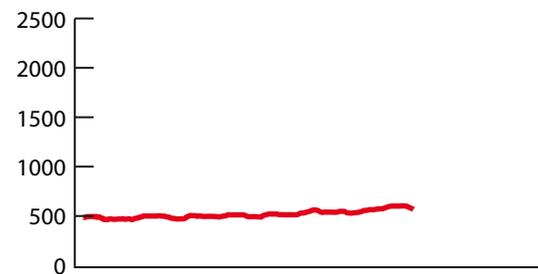


Figura 1 - Confronto della riproduzione di un contenuto senza ottimizzazione (sopra) e con pacing attivato (sotto)

gonabile al bit rate del filmato in maniera tale da riempire il buffer in maniera oculata (Figura 1). In questo modo, senza perdere la fluidità della riproduzione, si evita di scaricare parti che potrebbero non essere mai fruite, garantendo un comportamento equo nei confronti della rete.

L'ottimizzazione lossy si differenzia tra online e offline.

I metodi online intervengono durante la fruizione riducendo il bit rate del contenuto senza alterare la qualità percepita dagli utenti. Allo stesso modo i metodi offline ottimizzano i video e li memorizzano in cache rendendoli disponibili per le richieste successive.

Le tecniche di ottimizzazione utilizzate sono basate sul transcoding che consiste nella riduzione del bit rate con un approccio con-

tent aware, cioè tenendo conto della tipologia di filmato, in maniera tale da preservare la QoE (Figura 2). In particolare nei filmati più dinamici (sport, azione, etc.) il sistema interviene riducendo la risoluzione e mantenendo il frame rate, cioè il numero di fotogrammi per secondo, mentre nei filmati più statici (musica, notiziari, documentari, etc.) avviene il contrario. Il transcoding viene anche impiegato per cambiare codifica verso CODEC più efficienti (es. da un filmato compresso con MPEG2 ad uno con codifica H264).

Congiuntamente al transcoding, i sistemi di VO possono ricorrere al transrating, una compressione che permette la riduzione del bit rate senza la necessità di ricodificare tutto il contenuto, più ef-

ficiente in termini di risorse HW impiegate. Il transrating ha la limitazione di produrre un decadimento progressivo della qualità e per avere risultati accettabili le riduzioni di bit rate ottenibili non possono superare il 30%.

Un'ulteriore tecnica lossy degna di nota è il DBRA (*Dynamic Bit Rate Adaptation*), che permette di adattare il Bit Rate del video alla banda istantanea disponibile, prevenendo lo stalling (Figura 3). Questo tipo di ottimizzazione è assai onerosa dal punto di vista delle risorse HW, in quanto le stesse devono essere utilizzate per effettuare un'ulteriore transcoding per ciascun utente. Ogni utente, infatti, si trova in condizioni di copertura di rete differente.

Per superare questa limitazione sui sistemi di VO è stato introdott-



Figura 2 - Confronto tra due scene: a sinistra il video è nel suo formato originale, a destra è stato compresso con il transcoding. Come si può osservare non vi sono grosse differenze in termini qualitativi

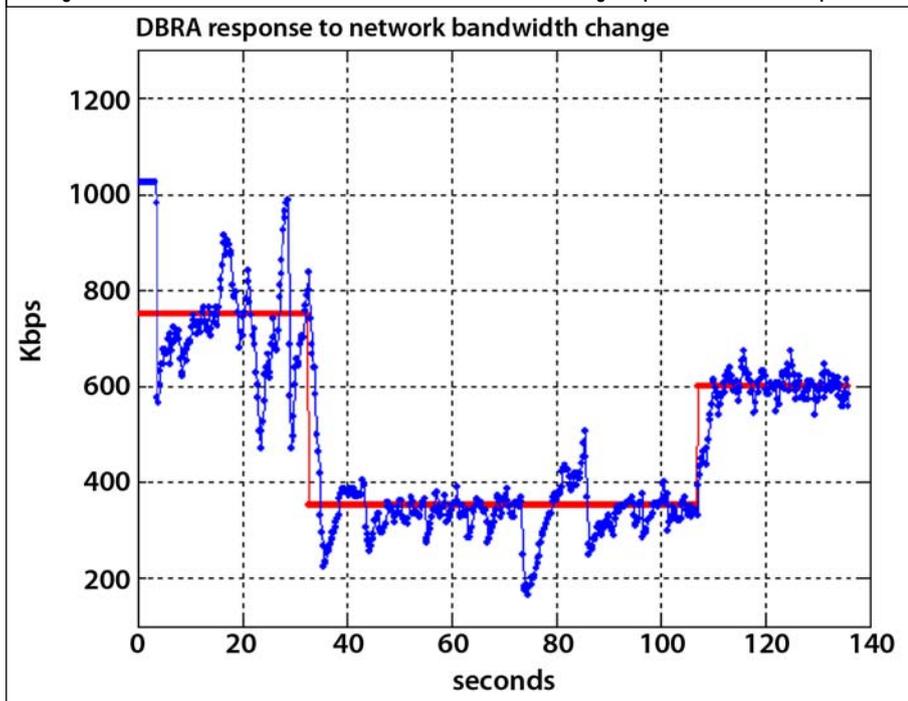
to lo Smooth DBRA che permette di giocare sul livello di ottimizzazione/compressione attraverso un mix di transrating e transcoding, governando la modalità di ottimizzazione sulla misurazione della banda disponibile per l'utente.

Le tecniche di ottimizzazione presentate si possono utilizzare congiuntamente: Pacing e (S)DBRA, si possono applicare sia ai contenuti che ricevono un'ottimizzazione online, sia a quei contenuti che sono fruiti dalla cache del si-

stema di VO e che hanno subito un'ottimizzazione off line.

Nella cache confluiscono i video più visti, che sono già stati ottimizzati: per evitare di reiterare cicli di compressione i risultati vengono memorizzati, risparmiando così risorse hardware ed ottimizzando anche i tempi di erogazione (transparent caching). Vengono inoltre inseriti in cache anche i contenuti che, per natura del loro formato, difficilmente possono essere ottimizzati in real-time. In entrambi i casi si applica la transcoding off line che rispetto a quella on line, non avendo vincoli stringenti in termini di tempo, ha il vantaggio di poter essere più spinta poiché fatta in più passate successive con un non indifferente guadagno in termini di banda.

Figura 3 - Grafico che illustra come con il DBRA il bit rate del video segue il profilo della banda disponibile



3 L'ottimizzazione dei siti WEB

I siti Internet sono di varia natura e complessità. Alcuni sono particolarmente semplici, emblematici

ca la home page di Google, altri sono molto complessi con svariate immagini, testi e altro. Da rete mobile l'accesso ai siti complessi può risultare molto lento sia per motivi di banda disponibile, che per la presenza di terminali con bassa capacità di elaborazione e dotati di browser non evoluti.

Una delle soluzioni per ovviare almeno in parte ai problemi di accesso lento è la WO (*WEB Optimization*), che tramite tecniche varie limita il numero di byte inviati al terminale, riducendo i tempi di visualizzazione delle pagine Internet.

Le tecniche più usate nell'ambito WO sono le seguenti:

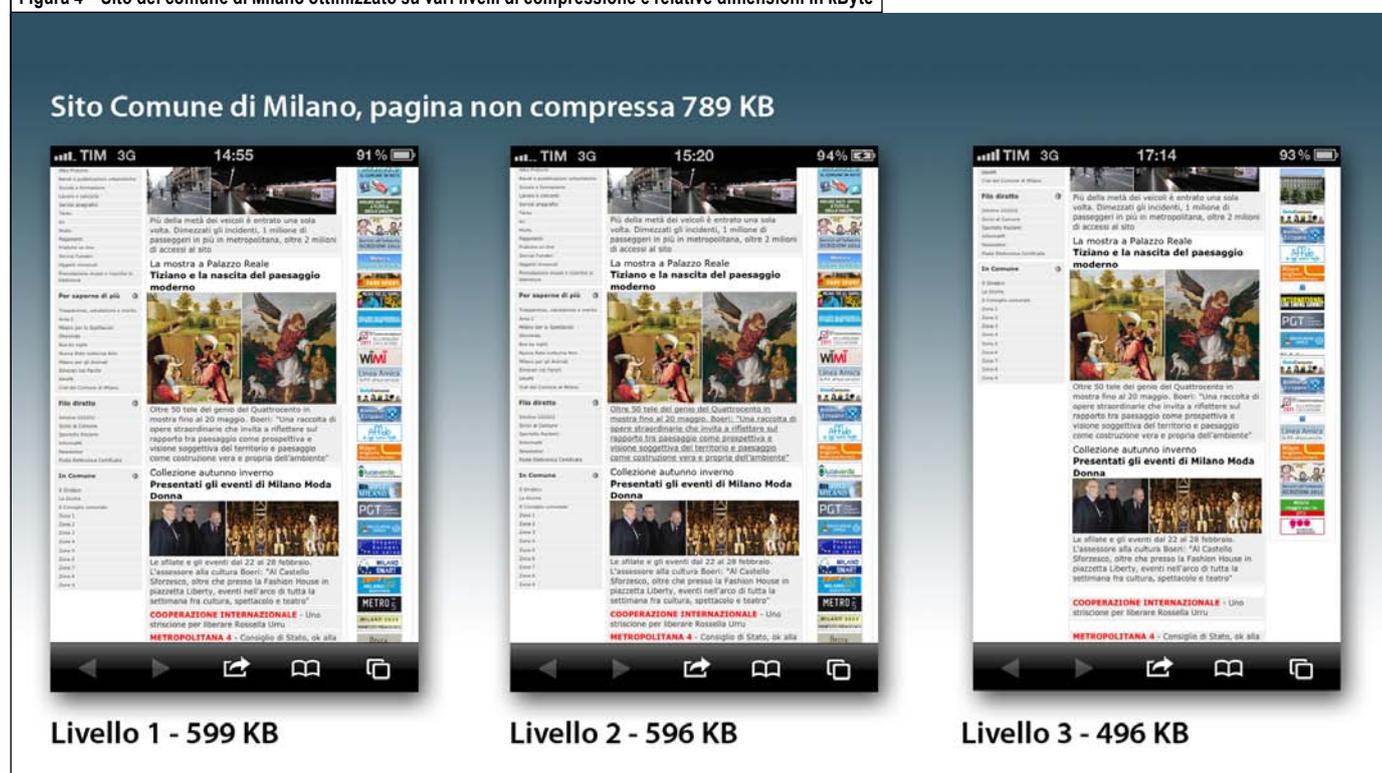
1. Compressione dei contenuti testuali. I contenuti testuali delle pagine Internet sono prima compressi con tecniche standard e poi inviati al browser sul terminale. Questa tecnica è di tipo lossless, in

quanto non comporta la perdita di nessuna informazione.

2. Compressione delle immagini. Le immagini vengono compresse riducendo la risoluzione ed eventualmente la profondità dei colori, senza ridurne la qualità percepita dai clienti. In particolare si consideri che sui terminali mobili le immagini dei siti spesso hanno dimensioni molto ridotte, per poter essere contenute sui display, rendendo impercettibile l'applicazione di questa tecnica. Da notare che le dimensioni delle immagini non vengono mai cambiate in modo da rispettare il layout del sito originale. Alcune immagini utilizzano la tecnica dell'Interlacing: si tratta di un set di informazioni aggiuntive nel file di immagine, che consente al software che le visualizza di fare una prima riproduzione

sgranata a valle dello scaricamento di una porzione minima di dati. Successivamente l'immagine viene raffinata mano mano che vengono scaricati i restanti dati. Rimuovendo o riducendo l'interlacing si rimuove tale possibilità alleggerendo il peso in byte dell'immagine. La compressione è una tecnica lossy, in quanto viene ridotto il numero di byte inviati al cliente, eliminando alcune informazioni presenti nella pagina originale. Questa tecnica è sicuramente la più importante per la riduzione dei volumi dati e quindi la riduzione dei tempi di latenza nel caricamento della pagina, per questo si cerca di configurarla al meglio, garantendo una buona qualità dell'immagine, pur riducendo il più possibile i volumi. La Figura 4 rappresenta il sito del Comune di Milano ottimizzato

Figura 4 – Sito del comune di Milano ottimizzato su vari livelli di compressione e relative dimensioni in kByte



su vari livelli diversi di compressione e per ognuno è indicato il numero di byte scaricato sul terminale.

3. Ottimizzazione a livello TCP (*TCP Optimization*). Il protocollo TCP (*Transmission Control Protocol*) costituisce la base su cui viene inserito il protocollo HTTP che consente la navigazione web. Da alcuni anni è stata definita a livello di standard OMA una versione Wireless del TCP (WTCP), adatta per il mondo mobile. In questi ultimi periodi grazie all'evoluzione delle reti con maggiore capacità (es. LTE), sono in fase di introduzione nuove tecniche dette di TCP acceleration o TCP boost che garantiscono tempi di download migliori in presenza di una banda elevata adattando automaticamente i parametri di trasmissione in funzione della banda. Questa tecnica sono di tipo lossless.

4. Caching dei contenuti maggiormente richiesti (Transparent caching). Un problema che spesso si verifica su Internet è che, pur essendo disponibile una buona banda verso il terminale, la fruizione dei siti è lenta, in quanto i sistemi del Content Provider sono poco performanti, oppure sono congestionati da troppe richieste. La piattaforma di WO intercetta i contenuti che i terminali richiedono più frequentemente e li memorizza sul sistema di caching. Alla successiva richiesta per gli stessi contenuti, sarà la cache che lo scarica direttamente verso il terminale, eliminando quindi eventuali latenze nell'accesso dei server del content provider. Sono in fase

di studio tecniche di caching particolarmente vicine al terminale dove i contenuti sono memorizzati nei sistemi di accesso radio. Questa tecnica è di tipo lossless.

5. HTML cleanup. Le pagine dei siti Internet sono realizzate in HTML.

6. Il sistema WO, prima di inviare la pagina in HTML al terminale, toglie i caratteri inutili e le parti di commento delle pagine HTML, ottenendo così una dimensione più ridotta e rapida da scaricare. Questa tecnica è di tipo lossless.

4 Benefici attesi e limitazioni

4.1 Benefici e punti critici della Video Ottimizzazione

Le motivazioni che spingono un operatore di rete ad introdurre un sistema di VO sono sostanzialmente, il miglioramento della QoE ed il risparmio di banda. Per conseguire entrambi gli obiettivi si possono seguire due approcci:

1. applicare un'ottimizzazione blanda ma costante: comprimere in maniera non aggressiva tutto il traffico per ridurre la banda in qualsiasi condizione della rete;
2. applicare l'ottimizzazione spinta solo in caso di ridotta disponibilità di banda.

Il primo approccio è più orientato alla riduzione della banda, ma non trascura la QoE. Attraverso una campagna di prove soggettive, infatti, si è dimostrato che la compressione introdotta dalla VO non è percepita dagli utenti: questo approccio determina un risparmio di banda in modo trasparente rispetto all'utente.

Il secondo approccio ha dei vantaggi differenti, infatti, applicare l'ottimizzazione solo in caso di congestione permette di ridurre la capacità computazionale necessaria ai sistemi di VO e quindi gli investimenti in HW. In questo caso la qualità percepita dagli utenti sarebbe la massima possibile, poiché gli stessi potrebbero fruire del contenuto originale in caso di non congestione della rete e beneficiare delle ottimizzazioni in caso di indisponibilità di banda.

L'introduzione di nuovi formati o il cambiamento dei metodi di delivery da parte dei Content Provider sono sicuramente la debolezza maggiore dei sistemi di Video Ottimizzazione. Per questo motivo è bene che i sistemi siano flessibili per potersi adattare alle nuove mimiche introdotte.

4.2 Benefici e punti critici della Ottimizzazione dei siti WEB

La valutazione dei benefici reali della piattaforma di WO deve necessariamente essere condotta con prove sperimentali, sia in laboratorio sia in campo, inoltre per certi parametri di qualità le prove sono soggettive e quindi vanno eseguite secondo procedure ben definite, coinvolgendo opportuni gruppi di clientela.

Dalle prove condotte sono emersi questi risultati:

- i risparmi sono maggiori per siti complessi, con volumi di byte maggiori;
- i risparmi sono maggiori con rete 2G Edge o 3G in condizioni di banda non ottimale. Infatti, essendo minima la banda a disposizione una riduzione sensibile del numero di byte da scaricare diventa molto rilevante in termini di tempi di downlo-

ad; su siti molto semplici o già ottimizzati per il mobile dal content provider, il guadagno è basso o nullo; per questo motivo conviene escludere tali siti dall'ottimizzazione, alleggerendo il carico elaborativo sul sistema di WO.

- i valori sui tempi di download debbono sempre essere valutati con attenzione, in quanto dipendono fortemente dalla banda, dalle condizioni di rete nell'istante della misura, dal terminale e dal tipo di browser. Il sistema di WO in generale quindi migliora la percezione del servizio da parte del cliente, pur introducendo alcuni punti critici che si dovranno tenere sotto controllo. Uno è rappresentato dalla qualità delle immagini che come detto non deve degradare oltre un certo limite per non essere percepita dal cliente, un altro punto di attenzione è legato al fatto che il sistema non fornisce risultati apprezzabili su siti semplici o ottimizzati per il mobile, e quindi è bene tenere esclusi dalla WO.

5 I progetti Telecom Italia e l'architettura di rete

I progetti di ottimizzazione dei servizi su http in rete Telecom Italia sono attualmente due:

1. ottimizzazione dello streaming video (VO) per chiavette, su APN IBOX;
2. ottimizzazione delle pagine WEB (WO) per smartphone (iPhone, Android), su APN WAP.

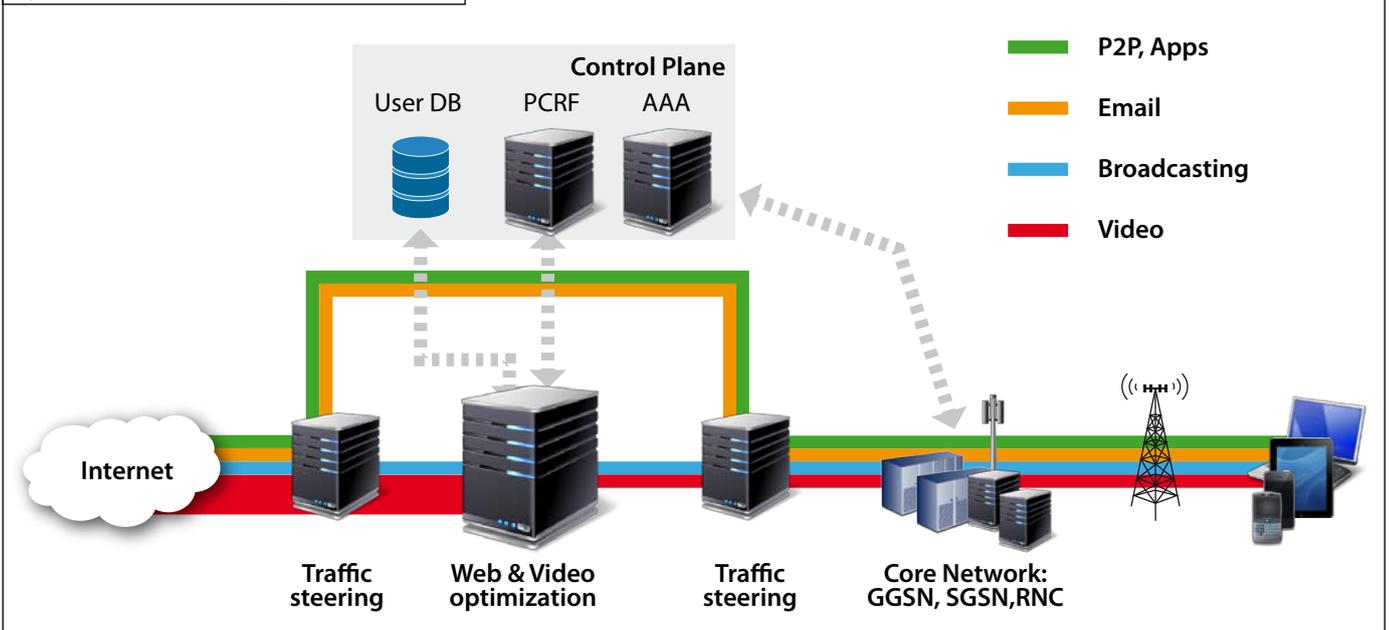
Su rete mobile il traffico dati viene ripartito su vari APN (Access Point Name) in funzione del tipo di terminale, della tassazione e del tipo di servizio.

Le chiavette e i tablet utilizzano l'APN IBOX, che rappresenta l'APN, su cui viene gestito il traffico di video streaming più elevato. Per questo motivo il primo progetto, relativo al servizio di VO, è in fase di realizzazione su APN IBOX e prevede la distribuzione dei sistemi in nove siti sul territorio nazionale. In particolare i siti sono stati scelti in base all'attuale dislocamento dei nodi GGSN del-

la Core Network per rendere semplice la connessione a questi sistemi ed evitare il routing del traffico sul backbone. Nella Figura 5, che riporta l'architettura di massima per un sito, si può osservare come il sistema di VO sia posto fra il nodo GGSN e Internet. Entrambe queste connessioni transitano attraverso il NAM, che effettua lo steering del traffico, indirizzando la componente HTTP verso il sistema di ottimizzazione.

Per la WO l'architettura di rete è molto simile anche se, essendo dispiegata su un altro APN, è collegata a sistemi diversi in siti specifici. L'APN di riferimento è il WAP, utilizzato dai telefoni per il mobile browsing e in particolare la WO tratta la porzione di traffico degli smartphone. I siti in cui è presente l'APN WAP sono 4 e tanti sono i siti previsti per la WO. In questo caso il sistema di steering è costituito dai sistemi CID/ODS3 che svolgono funzioni di routing intelligente del traffico ricevuto dal GGSN, instradando soltanto la componente di traffico http ge-

Figura 5 - architettura di massima per un sito di VO o WO



nerato dagli smartphone verso la WO e lasciando invariate le componenti di traffico dei terminali tradizionali.

Sia per la VO che per la WO il sistema si comporta come un trasparente proxy HTTP che permette di garantire la trasparenza verso i content provider.

Attualmente la WO è già attiva sui 4 siti previsti, mentre la VO è attiva su 7 dei 9 previsti. L'obiettivo attuale è di completare la VO entro fine luglio 2013.

4 Nuovi servizi ed evoluzioni

L'interesse per soluzioni di VO e WO è diffuso in tutto il mondo e i fornitori di questi prodotti sono via via aumentati. Per differenziare l'offerta, ogni fornitore ha aggiunto servizi aggiuntivi, oltre alle evoluzioni delle prestazioni di base.

Esempi di nuove prestazioni sono:

- *Ottimizzazione dei video sulla base dello stato di congestione della cella utilizzata dal cliente.* Per migliorare la percezione del servizio da parte del cliente è importante intervenire con la compressione dei video in celle radio, che presentano alto traffico o condizioni di congestione, mentre nelle celle poco utilizzate i video possono essere trasmessi trasparentemente.

Per realizzare questa feature il sistema di VO deve ricevere dalla rete l'informazione della cella utilizzata dal cliente e deve disporre di dati relativi alla congestione delle celle radio.

- *Compressione dei contenuti in base al profilo del cliente.* Le divisioni di Marketing possono definire dei profili di offerta commerciale diversi in base al

cliente, assicurando una qualità migliore ad alcuni clienti. In tal caso il sistema di VO può intervenire con compressione diversa in funzione della tipologia del cliente, prelevando le informazioni necessarie da altri sistemi di rete come il QoSServer o i sistemi di autenticazione (AAA)(Figura 5).

Sono possibili poi anche servizi diversi, ad esempio legati a profili di offerta a volume (ad es. alcuni GByte di dati al giorno). In tal caso il cliente può chiedere di ottenere compressioni dei video e dei siti WEB più spinte per poter continuare a usufruire dei servizi più a lungo, senza sorpassare il limite giornaliero o settimanale.

- *Inserimento di "barre" di navigazione sui siti navigati dal cliente.* Partendo dal servizio di WEB Optimization, che opera delle ottimizzazioni sulle pagine dei siti Internet, possono

Figura 6 – Tool bar e pulsanti mobili





Usa il tuo
smartphone per
visualizzare
approfondimenti
multimediali

essere introdotte altre elaborazioni sulle pagine WEB visualizzate dal cliente, sempre mantenendo inalterato il contenuto del sito originale. Una possibilità è la visualizzazione di barre di strumenti di ausilio alla navigazione sul WEB (vedi Figura 6).

- **Inserimento di "pulsanti mobili" sui siti visualizzati dal cliente.** Allo stesso modo del servizio descritto al punto precedente, per terminali touchscreen può essere sovrapposto al sito navigato un pulsante che si sposta durante lo "scorrimento" della pagina WEB (Figura 6). Il cliente, toccando tale pulsante può visualizzare una finestra con informazioni, Advertising, offerte, tariffe.

Conclusioni

Per far fronte all'incremento del traffico dati su rete mobile, oltre al necessario ampliamento dei sistemi di accesso e core della rete, è possibile ottimizzare i contenuti delle due tipologie di traffico più diffuse su Internet: lo streaming video e la navigazione su siti WEB. Ottimizzare i video significa ridurre la banda necessaria per la loro visione e quindi, in condizioni critiche, migliorare la percezione del servizio da parte del cliente. Esistono feature specifiche dei sistemi di Video Optimization, che determinano la banda realmente disponibile sul terminale del cliente e di conseguenza scelgono la compressione più adatta per consentire una fruizione del video fluida, senza gli effetti di stalling che spesso oggi si riscontrano accedendo ai filmati con definizione più elevata.

Ottimizzare i siti WEB significa principalmente ridurre i tempi di download. L'obiettivo si raggiunge con varie tecniche sia relative alla riduzione dei volumi di dati da scaricare sul terminale, sia al miglioramento delle latenze in rete come il trasparente caching e l'ottimizzazione a livello TCP (*TCP Optimization*). Ridurre i tempi di accesso ai siti Internet è particolarmente importante, in quanto rappresenta un parametro definito da AGCOM per misurare la qualità di un Operatore.

In questo scenario Telecom Italia si sta dotando di infrastrutture per realizzare i servizi di ottimizzazione e la loro messa a traffico è quasi completa su tutta la rete mobile ■

Acronimi

AGCOM	Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni
APN	Access Point Name
CODEC	COder-DECoder
GGSN	Gateway GPRS Support Node
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	hypertext transfer protocol
IP	Internet Protocol
KPI	Key Performance Indicator
NAT	Network Address Translation
QoE	Quality of Experience
RTSP	Real Time Streaming Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
VO	Video Optimization
WAP	Wireless Access Protocol
WO	WEB Optimization

agostino.cotevino@telecomitalia.it
vincenzo.condo@telecomitalia.it



Vincenzo Condo

ingegnere informatico con master in telecomunicazioni, dopo un'esperienza in Finmeccanica è entrato nel Gruppo Telecom Italia nel 2008, dove si è occupato inizialmente dei servizi IPTV su rete fissa. Dal 2009 si occupa dei servizi a valore aggiunto per il browsing (Mobile Tv, Content Adaptation, Video e Web Optimization) e dell'ingegnerizzazione della rete IP per i terminali mobili.



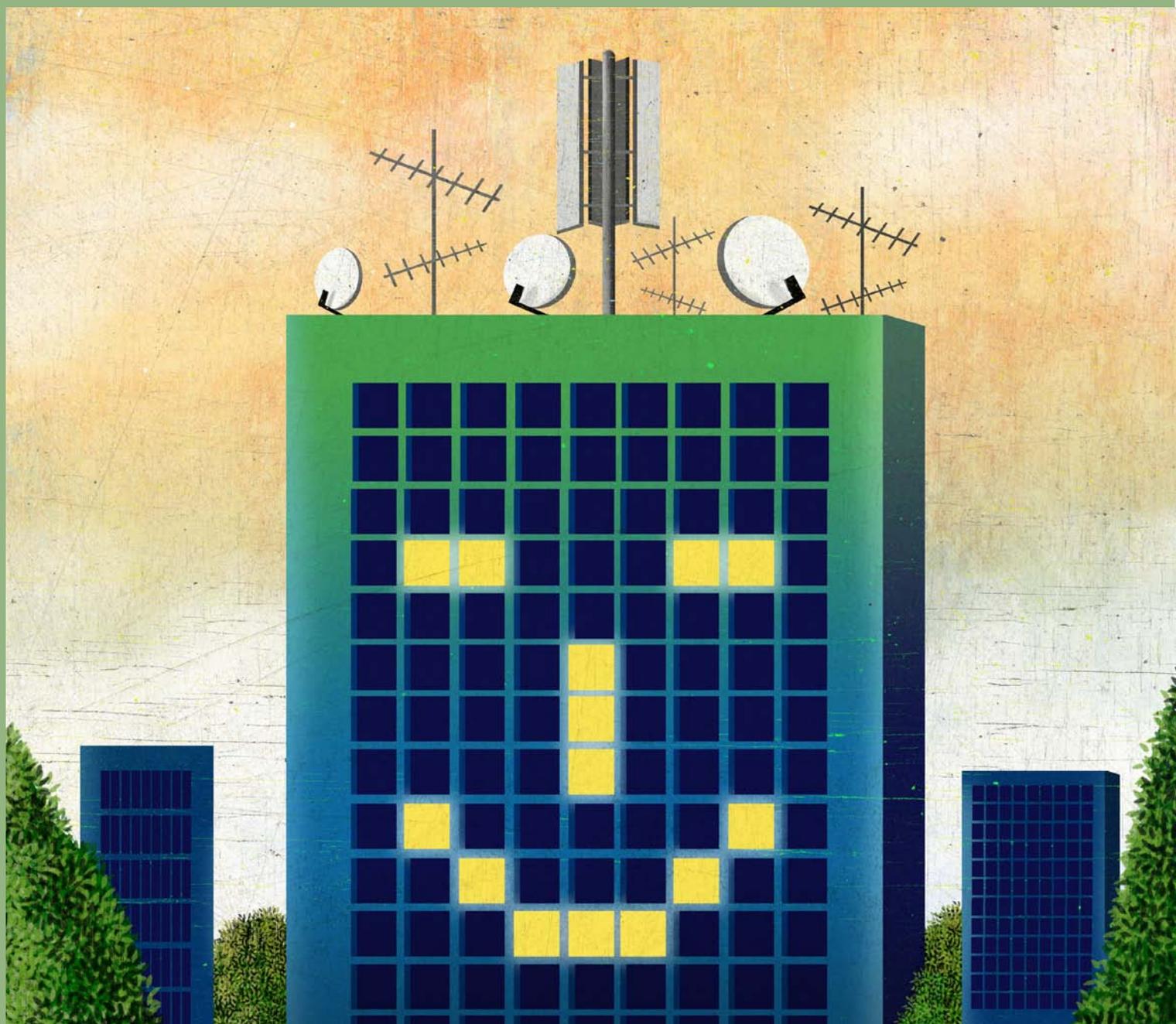
Agostino Cotevino

ingegnere elettronico, è entrato nel Gruppo Telecom Italia nel 1992, dove si è occupato inizialmente della definizione delle specifiche dei servizi sulle centrali di commutazione e in seguito dello studio di soluzioni per clienti Business. Passato alla rete mobile, come responsabile di progetto di ricerca sull'evoluzione dei servizi di rete, ha contribuito alla definizione di soluzioni architetture e alla redazione di alcune domande di brevetto. Dal 2006 segue l'ingegnerizzazione dei servizi di Mobile Browsing, Streaming e delle piattaforme MMS.



COESISTENZA DVB-T E LTE A 800 MHZ

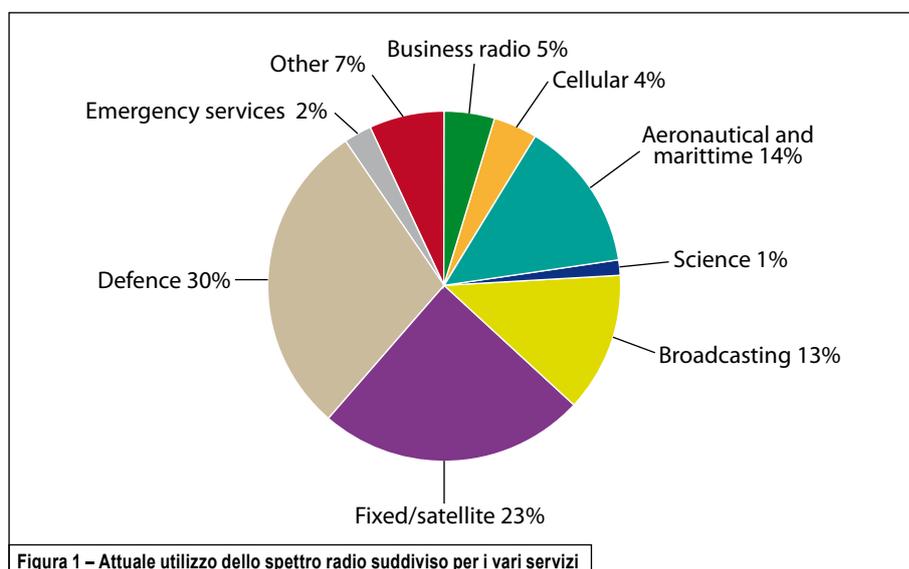
Paolo Gianola, Mariano Giunta



Excursus sull'insieme di condizioni tecniche tali da garantire la coesistenza tra le trasmissioni televisive DVB-T ed il nuovo servizio LTE

1 Introduzione

Con il passaggio dalla TV analogica alla TV digitale terrestre DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*), è emersa a livello mondiale la necessità di un uso più efficiente dello spettro radio (Figura 1). Conseguentemente una porzione di banda televisiva a 800 MHz (banda 800 MHz) è stata assegnata ai servizi di telefonia mobile (791-862 MHz) di quarta generazione conosciuta anche come LTE (*Long Term Evolution*). La nuova allocazione spettrale è stata definita a livello internazionale dalla WRC (*Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni*) sin dal 2007. La WRC ha infatti il compito di riesaminare ogni tre o quattro anni il trattato internazionale che disciplina l'uso e la destinazione delle diverse bande di frequenze radio ai vari servizi. In seguito la EC (*Commissione Europea*) ha identificato in questo passaggio dei benefici socio-economici legati alla diffusione di servizi digitali a larga banda. Il piano delle frequenze assegnate al servizio LTE è riportato nella Figura 2.



Con la Decisione 2010/267/EU [1] adottata dalla Commissione Europea nel mese di Maggio del 2010 sono stati identificati, a seguito degli studi di compatibilità svolti tra il 2008 ed il 2010, un insieme di condizioni tecniche tali da garantire la coesistenza tra le trasmissioni televisive DVB-T ed il nuovo servizio LTE [2]. L'Italia ha recepito questa Decisione e nell'autunno del 2011 ha messo all'asta le frequenze della banda 800MHz che sono state aggiudicate ai tre operatori mobili TIM, Vodafone e Wind. Gli operatori

mobili aggiudicatari delle frequenze a 800MHz possono utilizzare i canali a loro assegnati per il nuovo servizio LTE a partire dal 1 gennaio 2013.

I dispositivi per la ricezione del segnale televisivo attualmente in uso (televisori, decoder, set top box, centraline di amplificazione, ecc.) sono stati progettati per ricevere tutta la porzione di banda UHF (470-862 MHz), di conseguenza, il segnale LTE, emesso dalle BS (*Stazioni Base*) o dai terminali UE (*User Equipment*), sarà ricevuto dagli amplificatori di te-

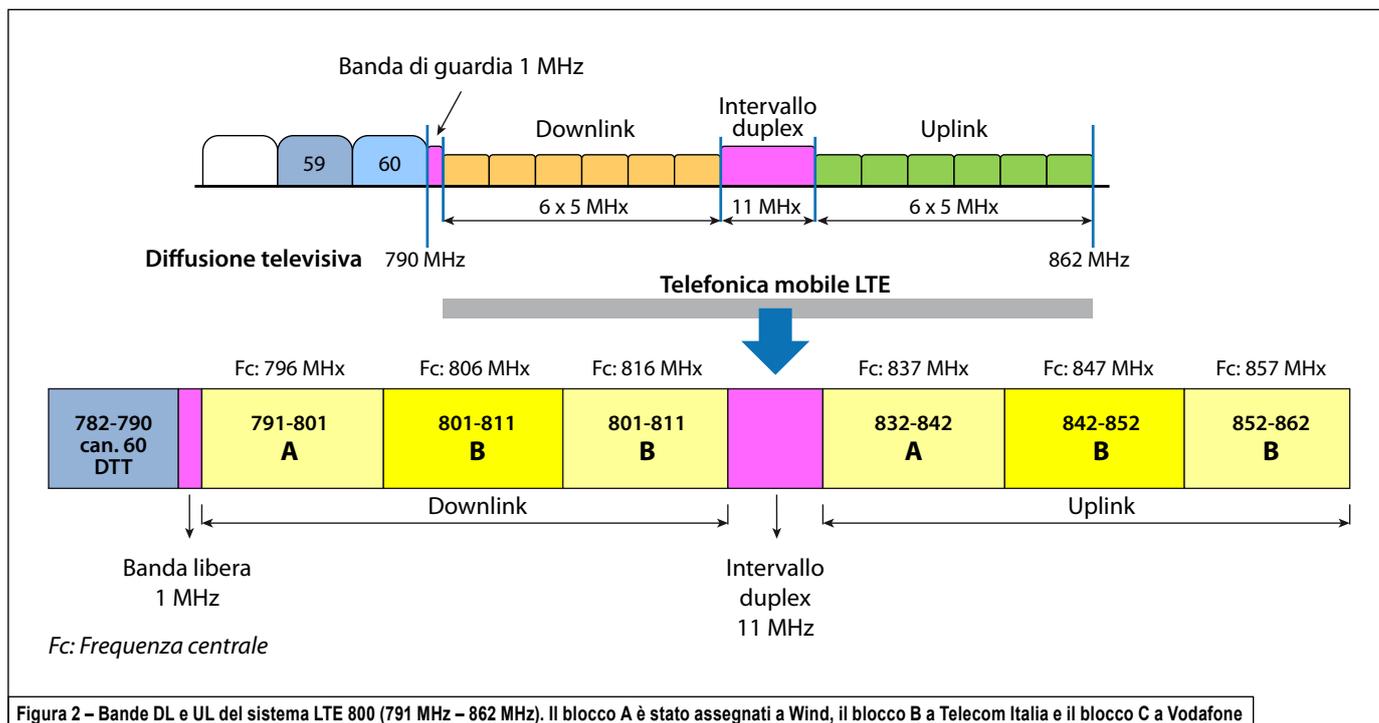


Figura 2 - Bande DL e UL del sistema LTE 800 (791 MHz - 862 MHz). Il blocco A è stato assegnato a Wind, il blocco B a Telecom Italia e il blocco C a Vodafone

sta dei sistemi TV o direttamente all'ingresso degli apparecchi televisivi, come un segnale "in banda". La potenza complessiva ricevuta, ai morsetti dell'amplificatore, a causa del segnale LTE irradiato dalle Stazioni Radio Base che saranno dispiegate diffusamente nelle aree urbanizzate, potrebbe essere, in alcune situazioni, superiore a quella ricevuta dai canali TV irradiati da postazioni televisive, posizionate anche a decine di km di distanza dai centri urbani. Non essendo gli amplificatori TV progettati e installati per un simile scenario, l'"eccesso di potenza" ricevuta potrebbe, in certe condizioni, causare la saturazione dell'amplificatore di testa e compromettere la ricezione dell'intera gamma di canali DVB-T. Analogamente per gli apparecchi televisivi, i segnali adiacenti alla banda DVB-T, ed in particolare al canale 60, o alle frequenze immagine del canale ricevuto (N) poste a $N+9$ ¹, se superano determinati livelli di

protezione possono comportare un rischio di degradazione della ricezione del segnale DVB-T. Quest'ultimo fenomeno è denominato interferenza da canale adiacente o da canale immagine.

2 Vulnerabilità dei ricevitori DVB-T alle trasmissioni LTE

Nelle trasmissioni broadcasting, e nei sistemi radio in generale, i fenomeni di interferenza vengono quantificati in termini di rapporto di protezione. Il rapporto di protezione esprime la capacità di un ricevitore di decodificare correttamente un segnale desiderato (segnale interferito), per esempio il segnale del canale che si sta ricevendo, in presenza di un segnale non desiderato (segnale interferente) che eccede un determinato livello di potenza. Nel caso di segnali digitali, che occupano una certa larghezza di banda, nel determinare il rapporto di protezio-

ne si considera il rapporto tra la potenza, del singolo canale interferito e la potenza del canale interferente DVB-T o LTE. Nel caso di interferenza co-canale, per la quale ad un segnale DVB-T si sovrappone un altro segnale DVB-T trasmesso alla stessa frequenza da un secondo trasmettitore posto a distanza, un rapporto di protezione inferiore a 20 dB può già provocare un degrado della ricezione delle immagini. Per evitare queste interferenze la norma sugli impianti TV EN60728-1-2 [3] prevede, in questo caso, che il rapporto di protezione tra due segnali DVB-T co-canale sia sempre superiore a 26 dB. Analogamente se l'interferente è un canale adiacente alcune specifiche definite dai costruttori [4] prevedono un rapporto di protezione di -29 dB. In altre parole il dislivello tra canale interferente e canale interferito adiacente può arrivare fino a 29 dB, mentre per il canale immagine ($N+9$) il dislivello può arriva-

¹ Poiché l'ampiezza del canale DVB-T è pari a 8MHz, il canale immagine $N+9$ si posiziona a 72MHz sopra il canale ricevuto N

re fino a 33 dB. I valori effettivi di questi due parametri dipendono principalmente dalla bontà costruttiva del sintonizzatore TV. Per alcuni apparecchi TV questi valori di protezione possono anche essere superiori. Nelle norme di riferimento per gli impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi [3] sono stati definiti anche altri rapporti di protezione per esempio fra il singolo canale e i prodotti di intermodulazione che deve essere maggiore di 37 dB, e per il rapporto minimo fra segnale utile e rumore (C/N) che in banda UHF deve essere superiore a 27 dB.

In Italia le specifiche tecniche per la realizzazione di sintonizzatori-decodificatori per la ricezione dei segnali di televisione digitale numerica sono state definite nella delibera AGCom n. 216/00/CONS. Questa delibera stabilisce che per tutti i modi (eccetto per 64QAM rate 3/4, 5/6 e 7/8) il rapporto di protezione da canali adiacenti DVB-T deve essere migliore di -25 dB sia per il canale interferente inferiore, sia per quello superiore. Per tutti gli altri canali il rapporto di protezione è migliore di -50 dB, esclusi i canali immagine, per i quali il rapporto di protezione è migliore di -30 dB.

3 Condizioni di interferenza da canale adiacente nel caso di segnali LTE

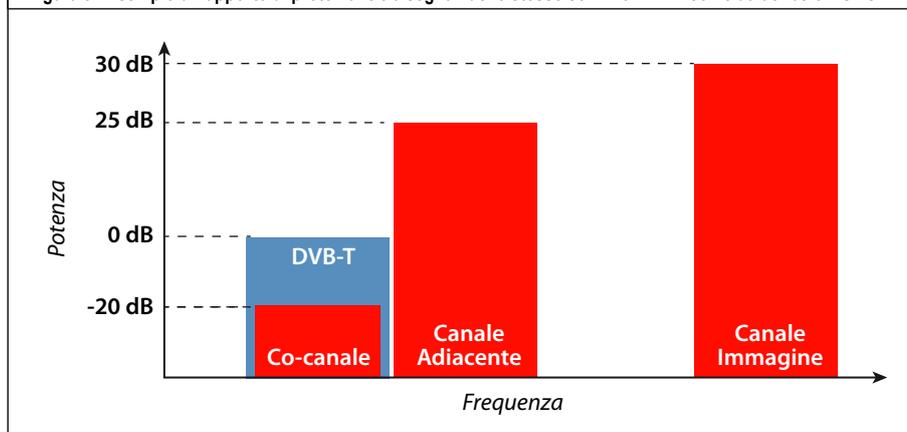
Il fenomeno di interferenza da canale adiacente tra ultimi canali DVB-T e primo blocco LTE, in Italia assegnato a Wind, può presentarsi, in particolare, per gli impianti di ricezione del segnale TV privi di centralina con amplificatore. In questo caso il segnale TV, intercettato dall'antenna, è ricevuto direttamente dall'apparato televisivo senza subire amplificazioni. Qualora l'antenna TV si trovi in prossimità di un trasmettitore LTE, in particolare operante sui primi blocchi, il relativo segnale potrebbe essere ricevuto all'ingresso dell'apparato TV con livelli superiori agli ultimi canali TV, in particolare al 60, rispetto ad una certa soglia critica. La soglia dipende dalla capacità del ricevitore di filtrare i segnali dei canali adiacenti una volta sintonizzato sul canale desiderato e dall'entità delle emissioni fuori banda degli stessi canali adiacenti che sono visti come interferenti. Il superamento della soglia critica causa l'accecamento degli ultimi canali TV, in particolare del canale 60. Tale fenomeno potrebbe essere riscontrato anche su impianti di ricezione del segnale TV dotati di

centralina con amplificatore. Tuttavia nella pratica, in presenza di segnali LTE dominanti rispetto ai segnali TV, il fenomeno di disturbo più riscontrabile in questo caso è quello della saturazione dell'amplificatore stesso che deteriora la qualità dei segnali TV prima che questi possano essere ricevuti dall'apparato televisivo. Il fenomeno della saturazione è trattato nel paragrafo successivo.

Gli impianti TV privi di centralina sono tipicamente utilizzati per servire un singolo utente con uno o più ricevitori TV collegati direttamente all'antenna. Questa tipologia di installazione è frequente in abitazioni singole (villette, bassi caseggiati, ecc.), ma possono essere presenti anche presso abitazioni condominiali. I segnali LTE hanno uno spettro molto simile ai segnali DVB-T in quanto entrambe le tecnologie utilizzano una modulazione OFDM. La differenza spettrale consiste nell'occupazione di banda che nel caso dell'LTE può presentare in generale diverse larghezze, mentre per il sistema DVB-T è pari a 8 MHz. In virtù delle assegnazione dei blocchi di frequenza per il sistema LTE@800MHz (Figura 2) si assume una larghezza di banda pari a 10 MHz per ogni canale.

Come anticipato al paragrafo precedente, i requisiti di immunità in banda UHF dei ricevitori DVB-T commerciali venduti in Europa sono specificati nel D-Book [4]. L'immunità del generico canale N-esimo è definita con riferimento al livello relativo dei canali $N\pm 1$ (canali adiacenti) e $N+9$ (canale immagine) come riportato in Figura 5. È importante notare che i requisiti specificati nel D-Book, e nella norma EN 55020 relativa alla marcatura CE dei ricevitori TV, non tengono conto:

Figura 3 - Esempio di rapporto di protezione tra segnali dello stesso servizio DVB-T come da delibera AGCOM



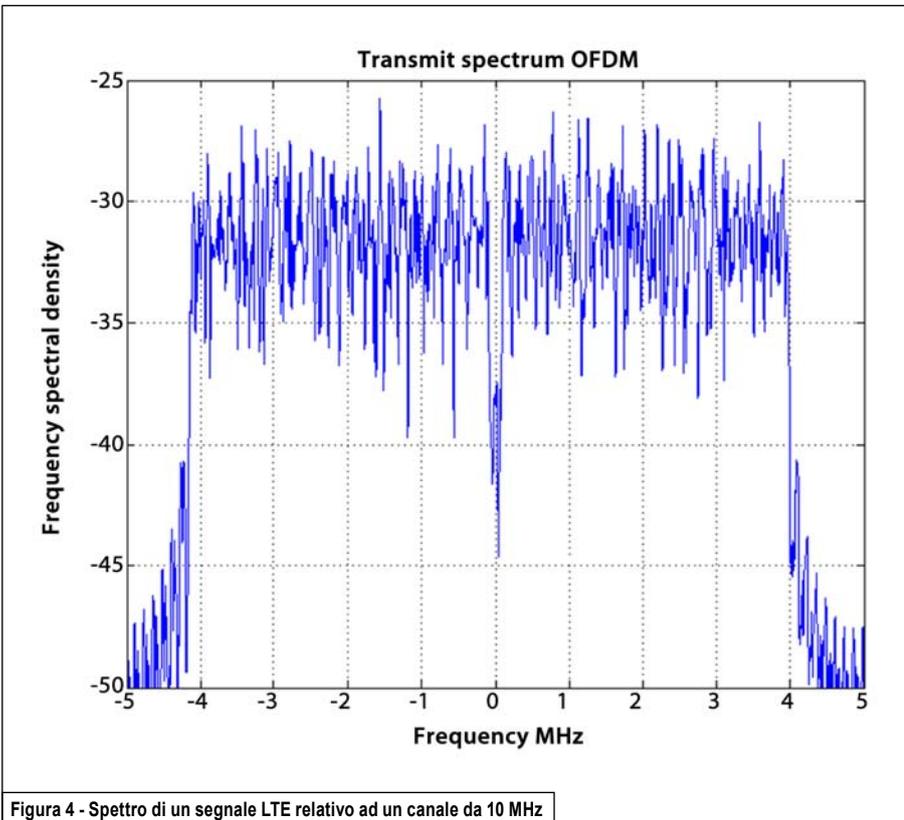


Figura 4 - Spettro di un segnale LTE relativo ad un canale da 10 MHz

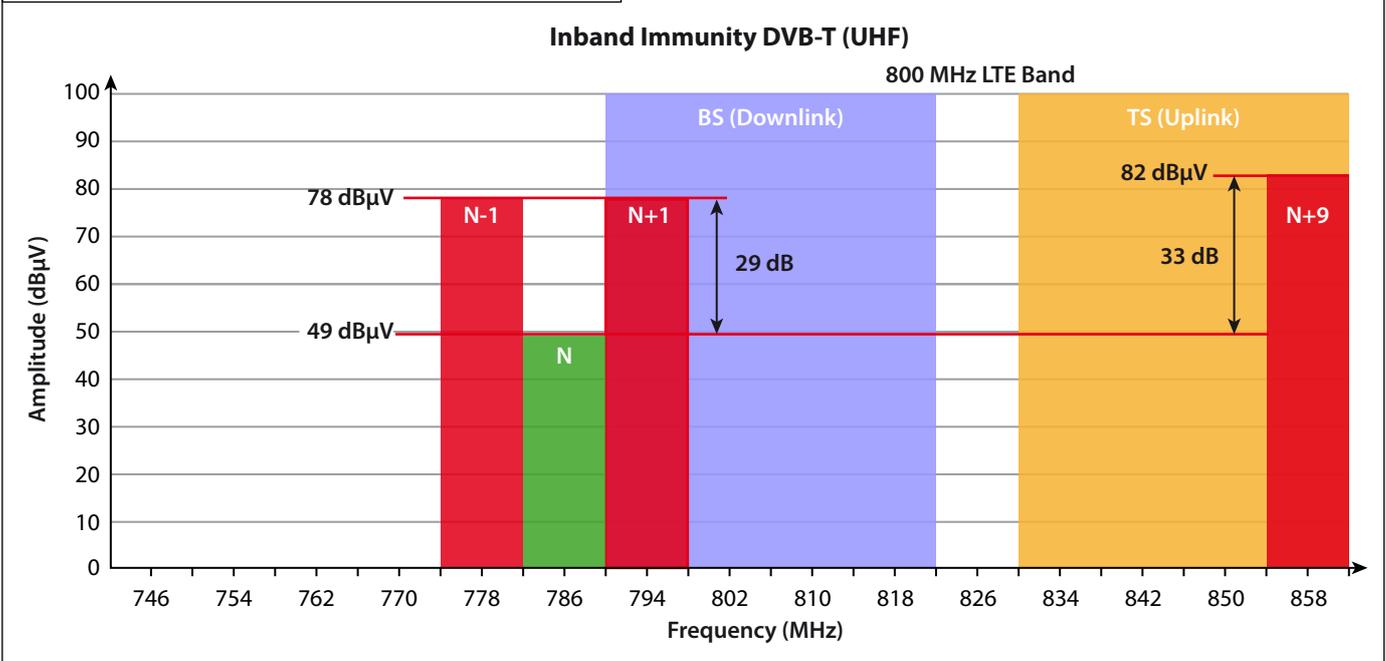
- degli effetti dovuti all'emissione fuori banda dell'ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio) del primo canale LTE, che in alcune condizioni di segna-

le DVB-T potrebbe abbassare significativamente la soglia di protezione da canale adiacente;

- dei livelli di segnale LTE+DVB-T che portano in condizione di sovraccarico i ricevitori TV.

Le verifiche sperimentali eseguite in laboratorio [5] hanno permesso di verificare che i ricevitori DVB-T di nuova generazione presentano un rapporto di protezione rispetto ai canali adiacenti N+1 e N-1 ed al canale immagine N+9 che varia tra -36 dB e -33 dB. Questa condizione è sempre soddisfatta, purché la potenza complessiva all'ingresso del ricevitore non superi la soglia di -13 dBm. Oltre questo valore infatti per alcuni apparecchi TV commerciali, meno performanti, si rischia di mandare in sovraccarico il sintonizzatore di ingresso. Raggiunta questa condizione di sovraccarico non ha più senso parlare di rapporto di protezione in quanto, indipendentemente dalla variazione del segnale utile in ingresso al ricevitore, esso non è più in

Figura 5 - Requisiti di immunità in banda UHF dei ricevitori DVB-T (D-Book)



grado di decodificare l'immagine. In realtà misure più recenti hanno messo in evidenza che per molti sintonizzatori TV la soglia di saturazione può arrivare fino a -5 dBm. Poiché il segnale LTE dal punto di vista spettrale è del tutto paragonabile a quello DVB-T, i risultati si possono estendere anche alle trasmissioni LTE. In conclusione si può affermare che, in modo conservativo, per i segnali LTE adiacenti al canale 60 DVB-T, o alla frequenza immagine, la condizione di interferenza si può riscontrare solo quando il dislivello tra i due segnali supera rispettivamente le soglie sopra indicate. Per tutte gli altri canali è stato verificato sperimentalmente che il rapporto di protezione è migliore di 40 dB.

4 Condizioni di saturazione dell'amplificatore di antenna

Il fenomeno di coesistenza staticamente più rilevante è quello legato all'intermodulazione (o saturazione) dell'amplificatore di centraline TV poste nelle vicinanze di una Stazione Radio Base LTE a 800 MHz.

Questi impianti sono tipicamente utilizzati per servire gruppi di utenti, ad esempio residenti in un condominio, attraverso una opportuna rete di distribuzione del segnale che va dalla centralina collegata all'antenna TV fino ad ogni singolo apparato televisivo. Gli amplificatori delle centraline sono progettati e adattati in modo da amplificare il segnale TV ricevuto tramite l'antenna, ad un livello sufficiente per potere essere distribuito e correttamente ricevuto da ogni singolo apparecchio televisivo collegato alla rete di distribuzione. Il guadagno dell'amplificatore è ti-

picamente regolato in modo da ottenere un livello in uscita prossimo al valore più alto che il dispositivo è in grado di erogare. Poiché il segnale LTE a 800 MHz rientra nella banda di progetto dell'amplificatore, esso è ricevuto e amplificato dalla centralina in modo equivalente ad un segnale TV. Qualora il livello del segnale LTE@800 MHz in ingresso all'amplificatore risultasse tale da fare superare il massimo livello di segnale erogabile in uscita, si incorrerebbe in fenomeni di intermodulazione o saturazione provocando l'accecaimento di tutti i canali TV.

Gli amplificatori impiegati negli impianti di ricezione TV sono caratterizzati da due parametri:

- guadagno massimo;
- potenza massima in uscita con distorsione da intermodulazione del 3° ordine (IMD3) pari a -54 dBc (CEI 100-83 e CEI 100-7).

Un livello di segnale di ingresso DVB-T o LTE tale da far superare la massima potenza in uscita specificata dal costruttore comporta un aumento dell'intermodulazione del segnale all'ingresso dei sintonizzatori TV e, conseguentemente, del BER.

La guida CEI 100-7 [6], nell'ipotesi di N canali con uguale potenza, prescrive che il livello d'uscita di ogni canale dall'amplificatore a larga banda debba essere ridotto, rispetto al valore fornito dal costruttore, di un valore M pari a:

$$M|_{dB} = 7,5 \text{Log}(N-1)$$

da cui:

$$P_{USCITA, SINGOLO CANALE}|_{dBm} = P_{USCITA, MAX(TARGA)}|_{dBm} - M|_{dB}$$

Le prove effettuate in laboratorio indicano che la corretta ricezione dei segnali DVB-T può essere ottenuta anche con un valore di IMD3

pari a circa -35 dBc, 19 dB superiore al valore di -54 dBc richiesto per i sistemi analogici (CEI 100-83 e CEI 100-7).

Poiché ad ogni dB di incremento della potenza di ingresso corrispondono 3 dB di incremento della potenza IMD3, le prove di laboratorio dimostrano che, se gli amplificatori sono regolati con IMD3 a -54 dBc, è possibile incrementare teoricamente la potenza in ingresso fino a circa 6 dB rispetto alla massima potenza dichiarata dal costruttore senza incorrere nella condizione di blocco. Le prove di laboratorio suggeriscono tuttavia, per tenere conto di amplificatori con prestazioni non adeguate o con curve di risposta con andamento non piatto, di limitare tale margine a non più di 3 dB. Pertanto, in generale, si può considerare valida la relazione:

$$P_{USCITA, LIMITE}|_{dBm} = P_{USCITA, MAX(TARGA)}|_{dBm} + 3_{dB}$$

Con queste premesse, è stato determinato il livello di potenza del segnale LTE che può essere tollerato senza saturare l'amplificatore, ossia senza incrementare la potenza in ingresso oltre il margine di 3 dB.

Nell'ipotesi di N canali TV di pari potenza P_{TV} deve valere la condizione:

$$N P_{TV} + P_{LTE} \leq 2 N P_{TV}$$

da cui

$$\frac{P_{LTE}}{P_{TV}} \leq N$$

Nel caso di 49 canali TV, ossia prima dello switch-off, si ricava che P_{LTE} non deve mai essere superiore di circa 17 dB rispetto alla potenza P_{TV} del singolo canale TV. Ovviamente se si considera la regolazione dei livelli degli amplificatori non perfettamente a norma questa

valore può scendere in funzione della soglia con cui effettivamente l'amplificatore è stato regolato da parte dell'antennista. Nel caso di 40 canali TV, con una regolazione fatta dopo lo switch-off, la soglia scende a circa 16dB. Anche in questo caso la variabilità della soglia dipende dalla regolazione del guadagno dell'amplificatore eseguita dall'antennista. Utilizzando un approccio cautelativo, poiché il livello dei canali TV non è costante in banda, la "regola" può essere applicata considerando la potenza del canale più alto.

5 Coesistenza del servizio DVB-T con gli apparati mobili LTE

La potenza massima trasmessa degli apparati mobili LTE è stata fissata da apposite norme ETSI. In particolare nella banda 800 MHz, i terminali LTE possono trasmettere una potenza massima di 23 dBm, con una tolleranza di +/- 2dB, producendo alla distanza di 3 m

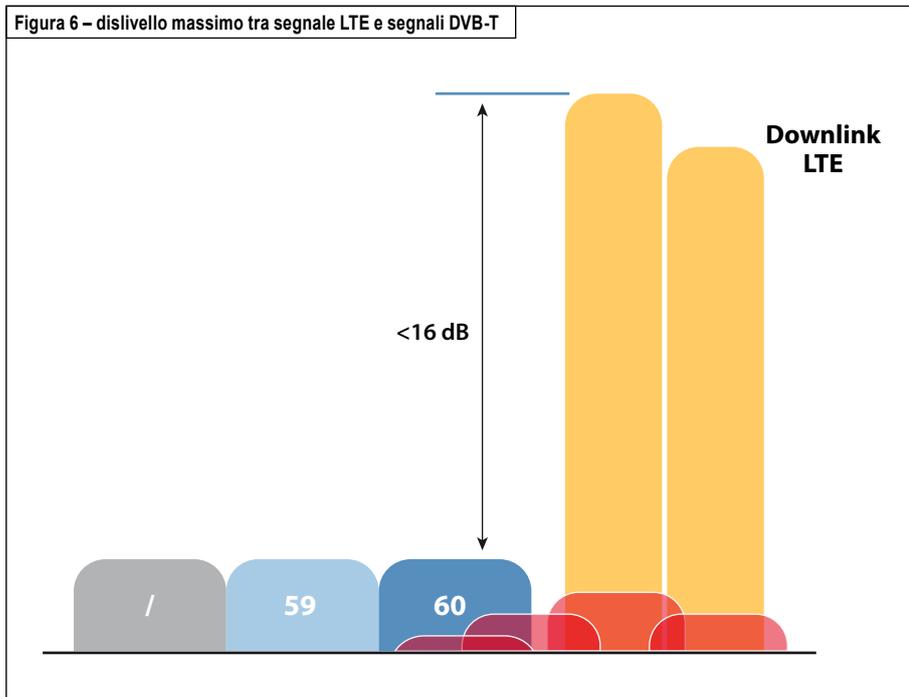
un campo elettromagnetico massimo di circa 1 V/m. Tale livello di campo elettromagnetico risulta inferiore al valore di immunità definito dalla norme sui ricevitori TV EN 55020 che attualmente garantiscono, nella banda GSM a 900 MHz, un livello di protezione di 3 V/m. Nella realtà la potenza effettiva trasmessa dai terminali LTE tipicamente non supera il valore di 19 dBm. Questa potenza risulta tipicamente inferiore a quella trasmessa dai terminali GSM. Ne consegue quindi che la protezione dei ricevitori TV dall'emissione dei terminali LTE è garantita fino alla distanza di 1 m dove il campo prodotto da un terminale LTE può arrivare al valore di 3 V/m.

Il livello di campo EM prodotto dall'apparato mobile LTE, a tre metri di distanza risulta comunque di circa 14 dB maggiore rispetto ai livelli di immunità previsti dalle Norme per la compatibilità elettromagnetica degli impianti di distribuzione dei segnali TV (pari a 200 mV/m). Tuttavia per i canali

televisivi numerici presenti nella banda degli 800 MHz tale livello di immunità risulta sufficiente se i cavi coassiali della rete di distribuzione e le relative connessioni presentano un'adeguata efficienza di schermatura di almeno 75 dB. La qualità del cavo e soprattutto delle varie connessioni dei connettori del cavo di antenna giocano un ruolo rilevante per il miglioramento dell'efficienza di schermatura.

In particolare risulta importante eseguire le connessioni dei connettori collegando la calza a 360° sul corpo dei connettori evitando di raccogliarla a forma di coda. Nei casi in cui risultino evidenti fenomeni di disturbi evidenziati per esempio da squadrettamenti o congelamenti dell'immagine TV, dovuti alla scarsa efficienza di schermatura dell'impianto di antenna o degli apparati televisivi, che non risultano conformi alle norme, è possibile rimediare al problema utilizzando filtri da interno, posti all'ingresso del ricevitore TV, aventi un'attenuazione minima di almeno di 25 dB a partire dalla frequenza di 832 MHz.

Figura 6 - dislivello massimo tra segnale LTE e segnali DVB-T



6 Interventi di mitigazione delle interferenze

Il CEI per facilitare la lettura complessiva di tutte le norme applicabili agli impianti di ricezione TV ha riunito nella guida CEI, 100-7, di nuova edizione, tutte le principali indicazioni tecniche fondamentali per facilitare la progettazione e la realizzazione degli impianti TV, nel rispetto della regola d'arte, tenendo conto delle varie sfaccettature che spaziano dal tema funzionale, agli aspetti di sicurezza fino agli

Nuove iniziative della Commissione Europea

Allo scopo di migliorare ulteriormente la coesistenza del nuovo servizio LTE con la ricezione TV, anche in previsione dell'utilizzo futuro della banda a 700 MHz, la Commissione Europea ha chiesto agli enti normativi di procedere ad una nuova revisione, con dei requisiti più stringenti, delle norme sull'immunità dei ricevitori TV ed in generale degli impianti di ricezione DVB-T. A questo proposito sia il CENELEC che l'ETSI, attraverso dei gruppi di lavoro creati ad hoc, hanno deciso, nonostante le resistenze dei costruttori di apparati preoccupati per il possibile incremento dei costi di produzione, di procedere alla ridefinizione di tutti

i parametri relativi al nuovo ambiente elettromagnetico creato dall'introduzione dei sistemi LTE al fine di rivedere le norme nella banda UHF 174–230 MHz e 470–862 MHz. Saranno inoltre riconsiderati gli attuali livelli di protezione da canale adiacente e di selettività dei tuner DVB-T. In merito agli impianti di antenna TV sarà valutata l'aggiunta di nuovi requisiti di immunità per gli amplificatori a banda larga (Headend Amplifier) e per i filtri LTE con il presupposto di inserirli come annesso informativo nella norma di pertinenza EN 50083-2.

Al fine di considerare il problema della scarsa efficienza di schermatura dei

cavi coassiali pre-assemblati, utilizzati in genere per collegare la porta di antenna del TV alla presa a muro e che rappresentano una delle fonti principale di interferenza dovuta ai terminali LTE, il CENELEC introdurrà nella norma sui ricevitori DVB-T, EN 55020 un annesso informativo con gli appropriati parametri che devono essere soddisfatti sui cavi coassiali preassemblati. Per i cavi coassiali, infatti, non possono essere imposti dei requisiti mandatori essendo esclusi dall'applicazione della Direttiva sulla Compatibilità Elettromagnetica (Direttiva 2004/108/EC) ■

aspetti di compatibilità dei vari servizi. La revisione 2012 della guida 100-7 include un'apposita sezione che riporta delle indicazioni sulla coesistenza degli impianti d'antenna con il servizio radio mobile LTE.

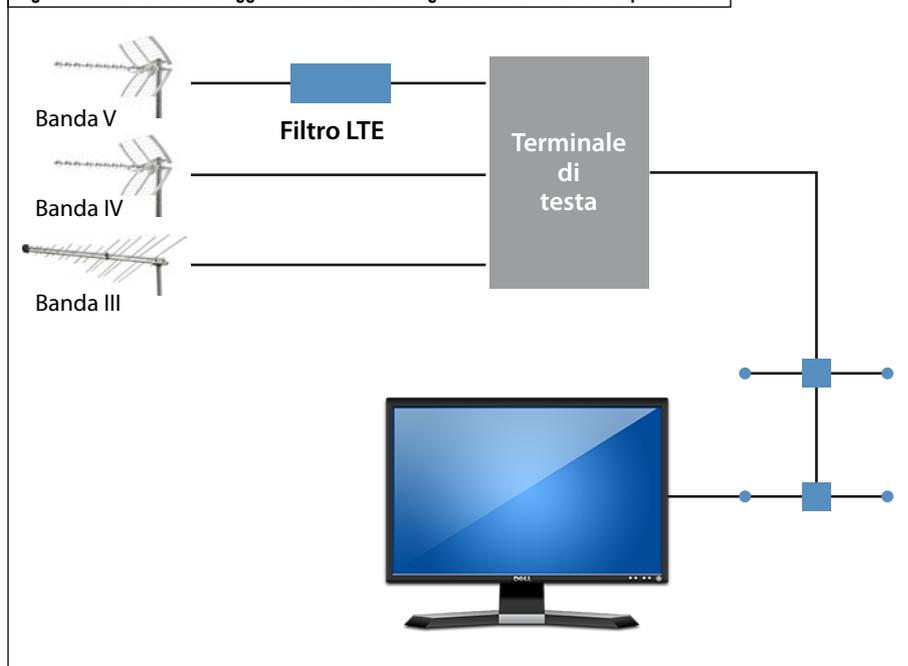
Tra i provvedimenti da attuare nel caso si presentassero problemi di interferenza sinteticamente si elencano i seguenti punti:

- garantire un'adeguata efficienza di schermatura delle apparecchiature e dell'impianto in tale banda di frequenza (compatibilità con gli apparati mobili LTE-UE);
- verificare la necessità di introdurre opportuni filtri fra l'antenna e l'entrata del primo amplificatore a larga banda del terminale di testa per ridurre il livello dei segnali LTE ricevuti dall'antenna televisiva (compatibilità con la Stazione Base LTE);

- negli impianti canalizzati disattivare gli amplificatori di canale della banda 800 MHz (dal canale 61 al canale 69);

- nel caso di impianto passivo, verificare la necessità di introdurre opportuni filtri per ripristinare i rapporti di protezione

Figura 7 - Schema di montaggio del filtro LTE sull'ingresso in banda V dell'amplificatore



minimi per il canale adiacente ed immagine che devono risultare rispettivamente non superiori a 25 dB I/C e a 30 dB I/C.

Per aumentare il margine di protezione del filtro, nei casi in cui risulta necessario e conveniente, è possibile agire anche sui seguenti elementi:

- orientare l'antenna televisiva in modo da minimizzare il segnale ricevuto dal servizio LTE, sfruttando, quando e possibile, l'attenuazione introdotta dal diagramma di direttività dell'antenna televisiva stessa, anche riorientando parzialmente l'antenna rispetto al segnale televisivo voluto;
- ridurre il guadagno dell'amplificatore (se a larga banda), al fine di ridurre il livello dei prodotti d'intermodulazione, ricordando che, per ogni dB di riduzione del guadagno, si riduce di 3 dB il livello dei prodotti di intermodulazione (il C/I varia di 2 dB/dB);
- adottare tecniche di amplificazione canalizzata, soprattutto per i canali prossimi al servizio LTE, consentendo di limitare l'attenuazione richiesta al filtro della banda 800 MHz.

La guida CEI riporta anche i parametri di un filtro LTE cosiddetto tipico, ovvero che si reputa sufficiente in tutte le situazioni in cui i livelli di copertura TV risultano uguali o superiori a 66 dB μ V/m ed i livelli del segnale LTE prodotto dalla stazione base sull'antenna televisiva siano inferiori a 114 dB μ V/m. Queste due condizioni risultano statisticamente rappresentative dell'effettiva copertura dei livelli dei segnali DVB-T ed LTE nelle aree residenziali. Il filtro tipico specificato nella guida CEI 100-7 definisce la minima at-

tenuazione pari a 30 dB che deve essere introdotta per il segnale LTE, in particolare per i segnali generati dalla stazione base, alle frequenze centrale dei tre blocchi di frequenze assegnati ai vari operatori LTE. La guida CEI definisce anche dei parametri fondamentali per non degradare i canali della rimanente banda DVB-T tra cui la massima attenuazione ed il ritardo di gruppo consentito nella banda passante fino al canale 60 UHF.

7 Le Evidenze dal Campo

Nel corso del 2012 il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) ha istituito un tavolo tecnico allo scopo di individuare i termini tecnici della problematica di coesistenza tra il sistema LTE@800MHz e il DVB-T, per determinare le conseguenti tecniche di mitigazione dei fenomeni interferenziali e per intraprendere le iniziative necessarie atte a salvaguardare la qualità del servizio DVB-T per i cittadini e allo stesso tempo a consentire lo sviluppo delle reti LTE a 800 MHz. Tra giugno e luglio 2012, il MiSE, congiuntamente con l'Ispettorato Locale delle Marche e Telecom Italia hanno condotto una sperimentazione a San Benedetto del Tronto della tecnologia LTE. La sperimentazione aveva l'obiettivo di esaminare il fenomeno di saturazione degli amplificatori dei sistemi di ricezione del segnale televisivo DVB-T causato dall'emissione del segnale LTE a 800 MHz. Non è stato esaminato il fenomeno di interferenza da canale adiacente, essendo questo prevalentemente riscontrabile sulle frequenze LTE assegnate a Wind.

La sperimentazione ha fornito delle evidenze importanti per comprendere il fenomeno e la dinamica che si sarebbe potuta verificare con il lancio commerciale del servizio LTE a 800 MHz. L'evidenza dei reclami pervenuti ha dimostrato come i fenomeni siano minimi: nel periodo della sperimentazione la percentuale di lamentele è stata solo di circa il 2% rispetto alle stime previsionali; dei reclami pervenuti, solo il 50% dei casi selezionati presentava malfunzionamenti riconducibili a LTE. Peraltro, in tutti questi casi è stata verificata in campo l'efficacia della soluzione tecnica identificata: i filtri hanno sempre risolto i malfunzionamenti riconducibili a LTE.

La sperimentazione effettuata a San Benedetto del Tronto, congiuntamente con le attività di prova e simulazione condotte da Tilab, dall'ISCTI (*Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione*), dalla FUB (*Fondazione Ugo Bordon*) e dal CNCER (*Centro Nazionale Controllo Emissioni Radio Elettriche*), hanno consentito di consolidare le conoscenze sulle problematiche di coesistenza e di verificare l'efficacia delle tecniche di mitigazione. L'insieme di queste azioni ha contribuito all'attuazione delle necessarie procedure nazionali per il monitoraggio dell'insorgere delle problematiche interferenziali e dei relativi interventi risolutivi. A tale scopo, il MiSE sta procedendo alla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale di un Decreto Ministeriale con il nuovo Regolamento sulle modalità degli interventi di risoluzione delle interferenze tra i sistemi per le comunicazioni mobili di nuova generazione (LTE) e gli impianti di ricezione

DVB-T esistenti alla data del 31 Dicembre 2012. Parallelamente il MISE e gli operatori mobili assegnatari delle frequenze a 800 MHz hanno sottoscritto un'apposita convenzione, che definisce le procedure di esecuzione di tali interventi e del relativo processo di monitoraggio.

I piani di sviluppo delle reti mobili costituiscono in generale elementi di competizione sul mercato e in quanto tali sono riservati. Purtuttavia, poiché le frequenze a 800MHz sono utilizzabili sin dal 1° gennaio 2013, è scontato che gli operatori abbiano già dispiegato un numero consistente di impianti. Anche in questa circostanza le evidenze note a Telecom Italia mostrano come i casi di malfunzionamento di ricevitori televisivi imputabili a disturbi provocati da LTE siano esigui e ampiamente al di sotto delle stime previsionali iniziali.

Analoghe considerazioni si possono dedurre dal contesto europeo. Emblematico risulta il caso inglese dove il governo, attraverso un'apposita società denominata "at800"¹, ha istituito un cospicuo fondo economico, pari a circa 180 Milioni di Sterline, per finanziare gli interventi di mitigazione. Le evidenze maturate dal campo dopo importanti dispiegamenti di impianti LTE a 800 MHz hanno mostrato anche in questo caso un numero di impianti TV effettivamente disturbati dai segnali LTE ampiamente al di sotto delle attese. In una prima sperimentazione reale effettuata in alcune aree del West Midlands e di Londra è emerso che a fronte di circa 22000 abitazioni coperte dal servizio LTE a 800 MHz si sono verificati 15 casi di interferenza verso il servizio

DVB-T denominato "Freeview". In termini percentuali i casi di interferenza sono risultati inferiori al 10% delle stime fatte con i modelli previsionali. Analoghi dati sono scaturiti dalle sperimentazioni eseguite in Francia e Germania [7].

Ciononostante, il monitoraggio continuo in campo della coesistenza tra i due servizi prosegue per ricavare informazioni più consolidate man mano che il dispiegamento dell'LTE copre aree sempre più vaste. Occorre ricordare che l'insorgere di problematiche interferenziali dipende dalle differenze dei livelli dei segnali DVB-T rispetto ai segnali LTE, oltre che dalla tipologia di impianto televisivo. A questo proposito, dal momento che le frequenze a 800 MHz sono oramai patrimonio delle reti radiomobili, sono in atto azioni normative volte a far sì che gli apparati e dispositivi televisivi di nuova generazione siano nativamente adeguati alle nuove norme di immunità e coesistenza dettate dagli enti normativi.

Conclusioni

Le considerazioni fin qui svolte, a proposito della coesistenza del nuovo servizio LTE nella banda a 800 MHz con gli impianti di ricezione DVB-T, conducono alla conclusione che la probabilità di interferenza, in particolare con impianti non realizzati a regola d'arte, è più alta nelle aree geografiche dove il dislivello tra il segnale LTE trasmesso rispetto al canale DVB-T ricevuto supera i rapporti di protezione definiti dalle norme europee. In caso di interferenza i provvedimenti da prendere consistono prevalentemente

nell'utilizzare un filtro da installare sugli impianti TV per ripristinare i necessari rapporti di protezione ed evitare il sovraccarico dei ricevitori televisivi o l'intermodulazione nell'amplificatore d'antenna. In alcuni casi, le interferenze, in particolare quelle dovute ai terminali LTE, possono essere correlate alla scarsa efficienza dei cavetti coassiali preassemblati che si utilizzano per collegare il ricevitore TV alla presa a muro. Questo specifico problema è attualmente all'attenzione degli enti normativi e della stessa Commissione Europea che stanno valutando l'introduzione di un'etichettatura per distinguere i cavi di qualità. In generale, le caratteristiche del filtro, così come tutte le altre azioni di mitigazione necessarie per garantire la coesistenza tra il servizio LTE con gli impianti TV, sono descritti nella guida CEI 100-7 di recente pubblicazione. Inoltre al fine di migliorare ulteriormente la coesistenza degli impianti TV con il sistema LTE a 800 MHz e con il futuro sistema a 700 MHz, su stimolo della Commissione Europea, sono attualmente in corso nuove attività per il miglioramento delle specifiche di immunità relative agli amplificatori di antenna ed ai ricevitori DVB-T. Questa nuova azione normativa, per la quale Telecom Italia sta contribuendo attivamente, richiede, per la peculiarità del sistema televisivo italiano, che sia rafforzata l'azione di rappresentanza nazionale. Concludendo, si può affermare che, per la diffusione dei sistemi mobili a 800 MHz e a 700MHz, risulta imprescindibile diffondere la cultura degli impianti realizzati a regola d'arte e conformi alle norme europee. In questo

¹ <http://www.at800.tv>

senso, un passo avanti è stato fatto in Italia con la pubblicazione del nuovo D.M. 22/01/2013 sulla realizzazione degli impianti di antenna centralizzati [8] ■



Bibliografia

- [1] Commission Decision 2010/267/ EU of 6 May 2010 on harmonised technical conditions of use in the 790-862 MHz frequency band for Electronic communication services
- [2] ECC Report 30 "The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790-862 MHz for the digital dividend in the European Union"
- [3] CEI EN 60728-1-2 - Classificazione CEI 100-160 "Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi - Parte 1-2: Prescrizioni di prestazione per i segnali forniti alla presa d'utente durante il funzionamento"
- [4] D-Book, issue 7, May 2011, The Digital TV Group (DTG), <http://www.dtg.org.uk/>
- [5] Report 148 "Measurements on the performance of DVB-T receivers in the presence of interference from the LTE mobile service". <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/ECCReport148.pdf>
- [6] CEI 100-7, "Guida per l'applicazione delle norme sugli impianti di ricezione televisiva".
- [7] EC LTE Workshop focused on the readiness of equipment standard: Brussels 18th October 2012 http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/documents/emc/index_en.htm
- [8] DM 22/01/2013 "Regole tecniche relative agli impianti condominiali centralizzati d'antenna riceventi del servizio di radiodiffusione"

paolo.gianola@telecomitalia.it
mariano.giunta@telecomitalia.it



Paolo Gianola

ingegnere elettronico, in Azienda dal 1992 dove si è occupato della progettazione e della qualificazione di antenne e di sistemi radio, è stato dal 1997 al 2002 responsabile delle attività di qualificazione tecnica dei sistemi radianti per le reti GSM/UMTS. Ha ricoperto il ruolo di responsabile anche per la progettazione elettromagnetica dei siti di antenna, oltre che essere stato l'ideatore e il responsabile dello sviluppo di soluzioni Radio Over Fibre e Reconfigurable Antennas. Attualmente coordina le attività di ricerca e sviluppo sui sistemi innovativi di antenna e sulle tecniche avanzate di livello fisico per i sistemi mobili di nuova generazione. Inoltre partecipa alle attività di specifica sull'efficienza energetica delle stazioni base e delle future reti di accesso mobili.



Mariano Giunta

laureato in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino nel 1989. Nello stesso anno è stato assunto in CSELT (oggi Telecom Italia Lab) dove si occupa delle attività di sperimentazione, standardizzazione e qualificazione per gli aspetti Compatibilità Elettromagnetica (EMC) relativi al settore delle telecomunicazioni e della tecnologia dell'informazione. Attualmente è responsabile del Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica ed è coinvolto oltre che nell'attività di normativa internazionale (ETSI, CENELEC, IEC), in progetti relativi alle problematiche EMC delle reti di telecomunicazione a larga banda e dei sistemi di Power Line Telecommunication. Negli ultimi anni si è occupato delle attività sperimentali e di standardizzazione, in ambito europeo, sulla coesistenza tra il nuovo servizio mobile LTE ed i sistemi di ricezione DVB-T. Ha tenuto corsi presso il Politecnico di Torino ed è autore di diverse pubblicazioni presentate in congressi internazionali.



IL MONDO DEI NUOVI DEVICE PER I SERVIZI VERTICALI

Alessandro Masciarelli, Attilio Somma, Antonio Andrea Vaccarelli



Il mondo dei *vertical connected devices*, cioè di quei dispositivi specializzati per l'uso in ecosistemi di servizio ben definiti, favorisce il moltiplicarsi delle connessioni mobili; in questo articolo se ne precisano gli ambiti applicativi, se ne analizzano le conseguenze e se ne descrivono i nuovi scenari.

1 Introduzione

La crescita del traffico dati mobile è in una fase esplosiva, sotto la spinta dei nuovi devices connessi che aumentano e spostano al contempo l'utilizzo dei servizi Internet sui dispositivi mobili. In particolare è esplosa la penetrazione degli smartphone, che nel 2013 dovrebbe superare le 800 milioni di unità vendute worldwide; in parallelo prosegue a ritmi sostenuti la crescita dei tablet, che dovrebbero sfiorare le 200 milioni di unità sempre nel 2013. L'Italia si conferma una *country* particolarmente ricettiva su questi filoni, attestandosi come ottavo paese al mondo per la vendita degli smartphone, e quarto in Europa; e l'effetto è evidente anche in termini di impatto sull'utilizzo dei servizi, con l'arpo dei clienti con smartphone che è circa 1,5 volte quello medio della customer base. Sul mondo Tablet si conferma invece un'alta incidenza di clienti pluri-device, con oltre il 50% di quelli con Tablet possessori anche di un altro device dello stesso operatore. Smartphone e Tablet si stanno

infine affermando come second-screen devices, fortemente utilizzati per la fruizione di contenuti video, i quali diventano il driver principale per la crescita del traffico Internet mobile, con circa

il 40% del peso sul mix totale e superando di poco il traffico dati browsing. I grafici delle Figure 1 e 2 mostrano le previsioni di crescita sulla vendita di smartphone e tablet a livello worldwide.

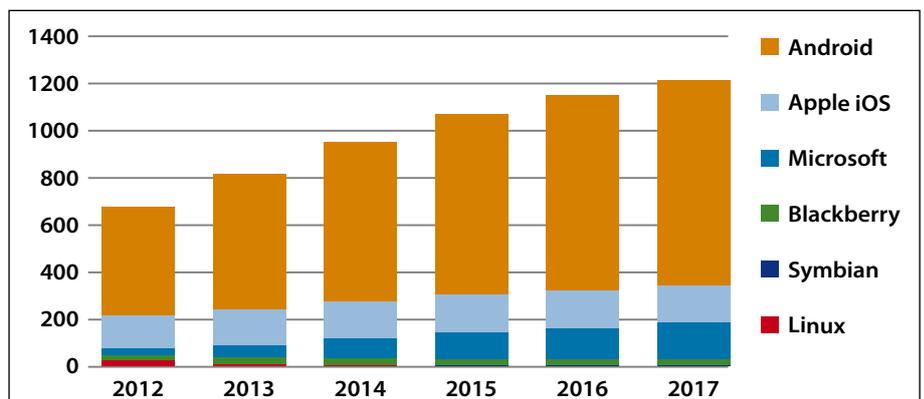


Figura 1 - Stima vendite smartphone (Fonte: Informa, 2012)

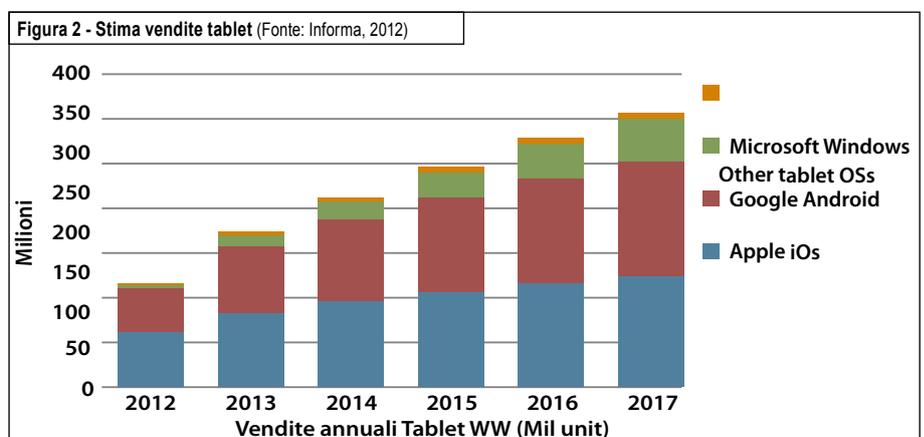


Figura 2 - Stima vendite tablet (Fonte: Informa, 2012)

Se approfondiamo le intenzioni di acquisto dei consumatori nel 2012 relativamente ai prodotti di consumer electronics, si mostra chiaro il trend di un irrobustimento delle decisioni di acquisto verso i Big Four (Smartphone, Tablet, PC e HDTV), mentre i prodotti monofunzione come digital camera, navigatori, game consoles subiscono un chiaro rallentamento.

Tutto questo fermento attorno a smartphone e tablet non esaurisce tuttavia il nuovo fenomeno dei device connessi in mobilità. Un'ulteriore spinta allo sviluppo del traffico mobile si attende infatti dai dispositivi M2M, ed in generale dalla diffusione di device connessi ad uso verticale, all'interno di nuovi contesti di mobilità che afferiscono all'ambito delle Smart City e della famosa Internet delle Cose. Il M2M non è certamente un ambito nuovo nell'industria delle comunicazioni, dal momento che nell'ultimo decennio sia i Service Provider specifici di settore che gli Operatori hanno inserito nel proprio portafoglio di offerta molteplici servizi di questa tipologia. Tuttavia negli ultimi 2-3 anni il business del M2M sta attraversando una nuova fase, grazie al "contagio" con industry contigue quali l'Automotive, piuttosto che con altri ambiti allargati quali la creazione delle città del futuro (Smart City), o con l'ingresso dei moduli M2M nei prodotti della Consumer Electronic (con forte peso sempre nell'automotive, ma non solo) vedi Figura 3.

Questa nuova enfasi del M2M è misurabile anche nel fatto che la maggior parte dei "leading providers" si è strutturata, o ha annunciato di farlo, attraverso BU specifiche per lo sviluppo del business M2M. I trend precedentemente esposti stanno favorendo in generale la

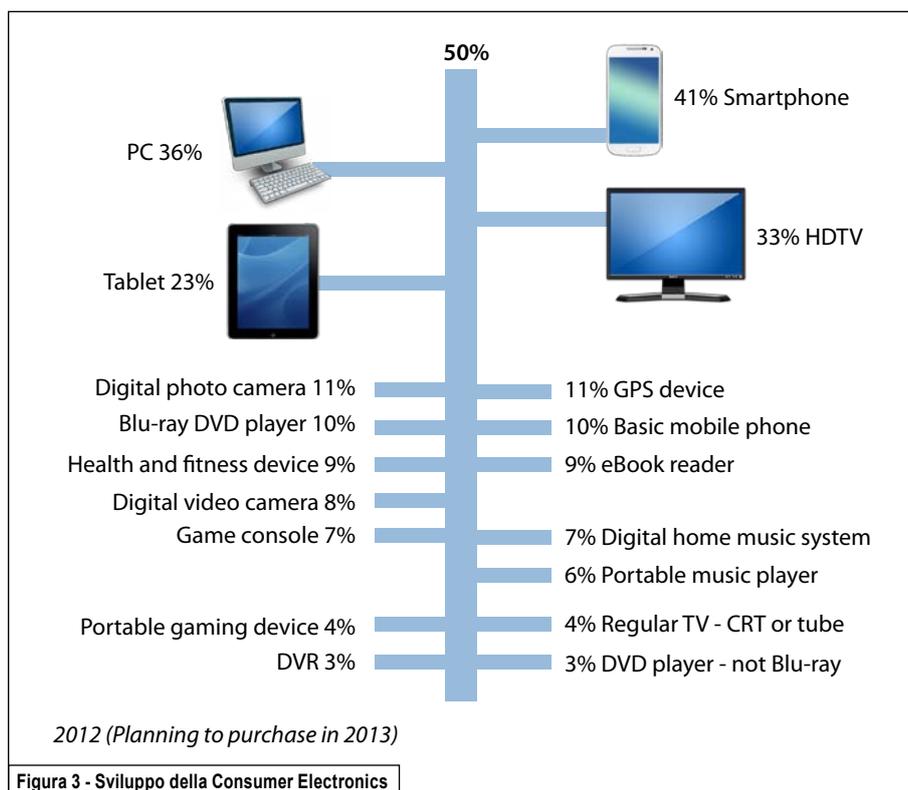
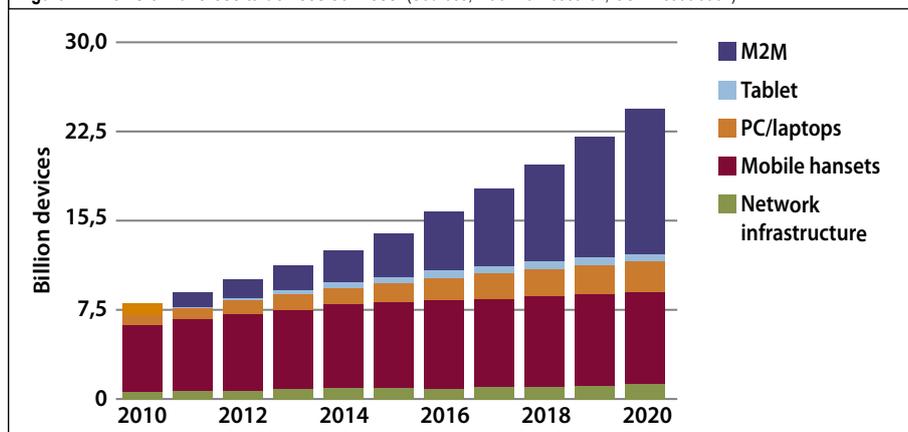


Figura 3 - Sviluppo della Consumer Electronics

crescita di un fenomeno collaterale ("side effect"), che possiamo riassumere nella proliferazione dei *vertical connected devices*, cioè di quei dispositivi specializzati all'utilizzo in contesti ed ecosistemi di servizio ben definiti, attraverso generalmente il ricorso ad una piattaforma *End2End* (Client-Server) che gestisce verticalmente sia il prodotto che la logica di

servizio associata. Tutto ciò funzionerà ovviamente da moltiplicatore delle connessioni mobili, che cresceranno quindi grazie all'effetto sommato dei connected device general purpose e dei vertical connected devices, dove in generale i moduli M2M saranno il driver di crescita dei connected devices, come mostrato nella Figura 4.

Figura 4 - Previsioni di crescita devices connessi (Sources: Machina Research, GSM Association)



2 I Vertical Connected Devices ed i nuovi ecosistemi di servizio

L'innovazione di servizio è guidata oggi in modo sempre più rilevante da un nuovo modello competitivo, sempre più strutturato all'interno di un ecosistema di players afferenti a diversi settori dell'industry. I players innovativi guardano da un lato alle tecnologie abilitanti emergenti nella Mobile Value Chain, ovvero allo sviluppo delle tecnologie ultra-broadband (LTE), dei nuovi Smart devices e delle Applicazioni più distintive e pervasive. Dall'altro si stanno muovendo per stringere nuove partnership e sviluppare nuovi modelli di business con i Service Providers di riferimento per i diversi ecosistemi di servizio che emergono nel nuovo scenario: il Gaming (anche in cloud), gli hot spot Wi-Fi integrati nelle

reti e nei servizi, l'Automotive con le connected Car, le Smart Cities, il mPayment e l'NFC, sono alcuni degli esempi di nuovi ecosistemi che guideranno l'innovazione ICT nei prossimi anni (Figura 5).

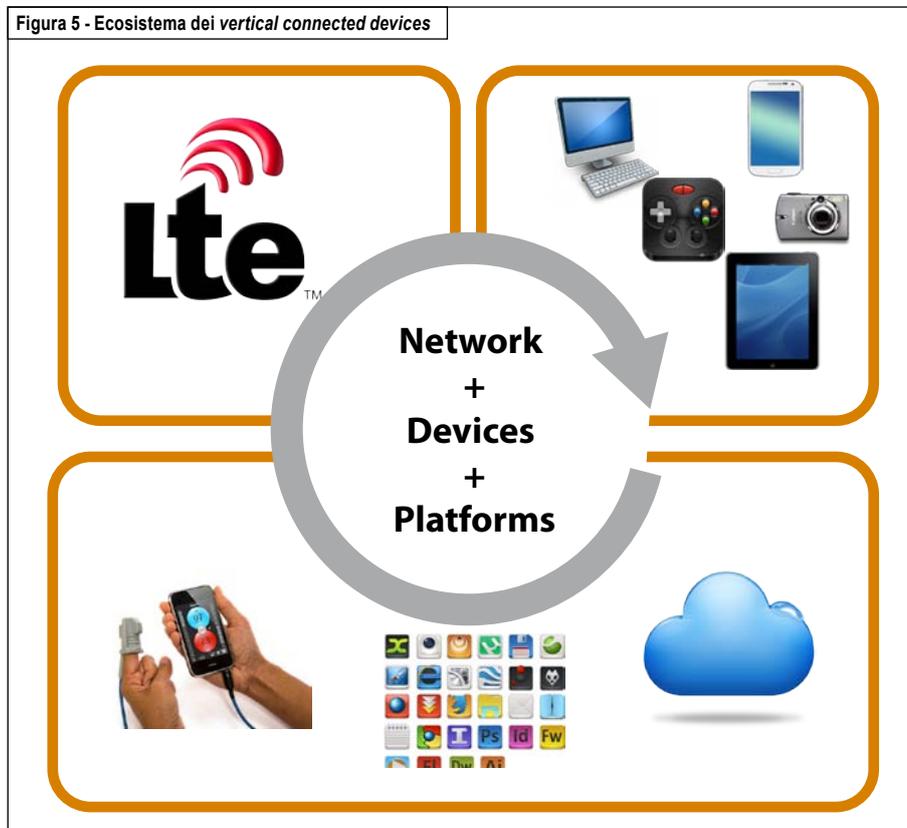
In questo contesto, se da un lato smartphone a tablet si sono evoluti verso la logica del *One Size Fits All*, diversificandosi essenzialmente attraverso il sizing del display e del livello di performance dei propri componenti HW (es. processori multi-core, screen resolution & reactivity, full HD, camera pixel, battery consumption etc.), dall'altro lato si creano nuovi spazi di mercato e nuove occasioni d'uso per lo sviluppo di devices verticali altamente specializzati. Infatti, grazie alla specializzazione del form factor e dei propri componenti, ne risulta un'esperienza di utilizzo che ancora oggi non può essere offerta da un de-

vice general purpose, accompagnata generalmente da un prezzo decisamente competitivo. Anche l'esperienza di servizio associata risulta generalmente molto soddisfacente, per una serie di ragioni abbastanza semplici ed evidenti:

- l'uso di una piattaforma di servizio dedicata *end2end* e *stand-alone*, che andando spesso sul cloud, consente ai Service Providers il lancio di servizi in tempi e con costi relativamente bassi;
- una modalità di provisioning assolutamente verticale, che consente di uscire dal negozio con un prodotto già abilitato all'uso del servizio, o al più abilitabile con pochi semplici passi;
- la "fisicità" del servizio in un oggetto tangibile, cool, generalmente posizionato come gadget.

Di seguito vengono esplicitati alcuni tra i più rilevanti *Vertical Connected Devices*, che potrebbero potenzialmente rivoluzionare lo scenario di servizio futuro, ma che sicuramente lo influenzeranno in termini di ricchezza ed immersività dell'esperienza di utilizzo.

Figura 5 - Ecosistema dei vertical connected devices



2.1 Connected Home

Quella della *Connected Home* è una rivoluzione più volte annunciate e mai trasformata in realtà, se non in contesti di nicchia di case super tecnologiche ed ovviamente super costose. Oggi finalmente qualcosa sta cambiando in termini concreti, se è vero che tutti i principali produttori di elettrodomestici sembrano finalmente scommettere con decisione su famiglie di prodotti *smart*, puntando ognuno alla creazione del proprio ecosistema "smart

home” che integri i principali dispositivi domestici (TV, frigo, forno, lavatrice, impianto stereo, lettori DVD/Blue Ray, lavastoviglie, domotica, ecc), spingendo il consumatore a dotarsi di apparecchi di un solo produttore, e affinché questi possano interfacciarsi l'uno con l'altro. E difatti è proprio lo Smartphone che si sta posizionando come hub dell'ecosistema domestico, attraverso la funzionalità di telecomando *factotum*, per il controllo degli apparecchi domestici e lo sharing di contenuti tra più dispositivi. Alcuni rilevanti trend tecnologici stanno avendo sicuramente un ruolo determinante in questa recente accelerazione. L'NFC ad esempio (ma anche il Bluetooth) sta sicuramente ottenendo la sua consacrazione come tecnologia di comunicazione tra dispositivi a breve distanza anche in ambito domestico (ad esempio per l'interazione con gli speaker audio,) il che, unito alla sempre maggiore penetrazione anche su smartphone e tablet, apre a un nuovo ventaglio di opportunità soprattutto in termini di pairing dei dispositivi. Ed anche i *WiFi router domestici* stanno diventando sempre più “smart”: non solo nelle funzionalità avanzate oramai “core”, quali il content sharing tra più dispositivi connessi, ma addirittura nell'interoperabilità con una *sensor network domestica*. Sono infatti oramai disponibili commercialmente soluzioni di domotica per il telecontrollo, l'energy saving e l'eHealth le quali utilizzano dei box specializzati, che si collegano al router Wi-Fi di casa (concetto del *box to the box*) o addirittura fungono esse stesse da routers con funzionalità oggi xDSL ed a breve anche LTE, e che utilizzando dei semplici sensori integralmente

wireless, consentono di acquistare dei *package all-in-one* a prezzi estremamente competitivi, oscillanti tra i 199€ ed i 699€. Questa caratteristica di economicità, unita alle funzionalità di router prima menzionate, fanno sì che tali oggetti potrebbero diventare nel giro di pochissimo tempo dispositivi realmente mass-market ed a catalogo dell'Operatore, per la prima (xDSL) o la seconda casa (LTE). Ad oggi ad esempio SFR ha già messo a portafoglio prodotti di questa tipologia, *white label* e brandizzati sulla propria offerta, ed altri operatori si stanno muovendo nella stessa direzione.

2.2 Connected Car

L'automobile diventa sempre di più un “hot spot” di device connessi ed adibiti a molteplici utilizzi: dai moduli M2M per l'invio degli alert di sicurezza relativi al veicolo, al download di informazioni e dati utili alla navigazione; sono in fase di sviluppo nuove ed importanti tecnologie e funzionalità come, ad esempio, la collision avoidance, lo speed monitoring, il parking, e così via.

Ma recentemente l'automobile sta anche diventando un hot spot per applicazioni del tipo “*entertainment in the cloud*”, attraverso l'utilizzo di wireless routers Wi-Fi compatibili con i sistemi di alimentazione dell'auto per l'utilizzo dei propri device personali al suo interno. In generale emerge una sempre maggiore attenzione all'integrazione dei device personali con i sistemi *on-board* della vettura e quindi, ad esempio, controllo della macchina dallo smartphone e (come nella soluzione Ford Sync) anche

controllo dello smartphone dallo schermo in-car. Il MiFi router, ad esempio, consente ai passeggeri a bordo di connettere i loro device (smartphone, tablet, PC, fotocamere digitali, game suites) per accedere alla rete (da 3G in su, fino ad LTE) e avere servizi che vanno dalla semplice connettività per il web browsing alla fruizione di contenuti audio e video. Il servizio si baserà su connettività *brought-in* totalmente indipendente da integrazioni con la tecnologia presente in auto, anche se ovviamente un'interoperabilità del MiFi router con i sistemi di bordo consentirà di avere features aggiuntive al servizio (ad esempio se la macchina è dotata di impianto audio con porta USB sarà possibile riprodurre i contenuti audio sfruttando l'impianto acustico della macchina). L'unica interazione certa del device con l'auto avverrà per ricevere l'alimentazione di corrente (nello scenario base tramite l'accendisigari presente a bordo).

Le soluzioni non usano in genere il device verticale stand-alone, ma si appoggiano a piattaforme specializzate per offrire un servizio E2E ottimizzato. Ad esempio GM e Ford (con il suo Ford Sync) hanno annunciato di star lavorando allo sviluppo di piattaforme aperte per le Connected Car, caratterizzate dalla presenza di developer programs per OS in-car. E' rilevante quest'apertura a terze parti, che vuole ricalcare il modello del mobile ecosystem, ove sono terze parti, appunto, a prendersi i rischi legati allo sviluppo. Ford ha anche annunciato che aprirà il proprio OS gratuitamente ad altre manifatturiere di device (OEM), nel tentativo di affermare la propria piattaforma come standard di riferimento. Tuttavia l'adozione

del modello del mobile ecosystem nell'automotive comporta problematiche legate alla sicurezza, per cui si dovrebbe affermare un approccio ibrido, con le OEM che manterranno l'ownership sulle applicazioni *mission critical*.

2.3 Smart Object

L'NFC SIM-based non è più solo pertinenza dello Smartphone, grazie ad un nuovo concept di prodotto, un oggetto verticale innovativo denominato Smart Object: quest'ultimo è un dongle USB dotato di NFC e di una SIM, con o senza connettività mobile, che può essere utilizzato al posto di una *smart card contactless* (o di uno smartphone in modalità *card emulation*) per usufruire di servizi di prossimità NFC. Quando viene inserito in un PC, trasforma questo in un *reader NFC* e consente di usufruire di un'esperienza online che sfrutta la SIM dell'oggetto come identità digitale del cliente. Lo smart object può replicare un sottoinsieme dei servizi offerti su smartphone, ovvero tutti quelli in *smart card emulation mode*, che usano cioè il telefono in modalità passiva. Inoltre lo Smart Object può abilitare alcuni servizi distintivi relativi all'interazione dell'oggetto con il PC, quali il *secure log-on* al PC o l'autenticazione automatica al Wi-Fi della sede aziendale. La Figura 6 mostra lo smart object ed il suo utilizzo nel PC e *On-the-go*.

Grazie alla flessibilità d'uso dello smart object, è possibile una sua implementazione trasversale su più settori verticali. Il tutto in piena complementarietà con uno Smartphone NFC, in una logica di segmentazione di prodotto da parte



Figura 6 - Esempi di smart object in differenti contesti d'uso

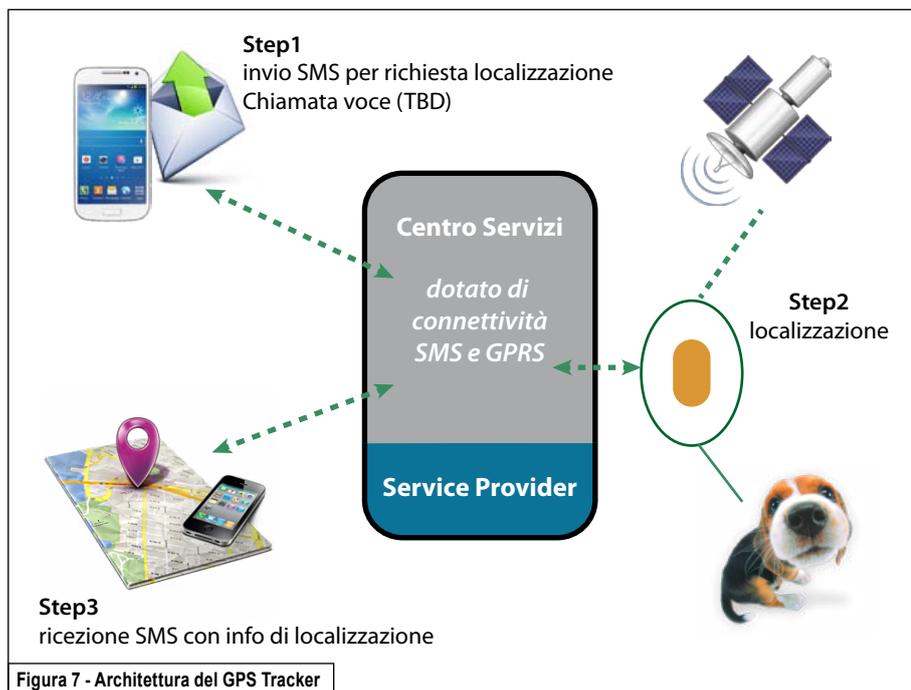
dell'Operatore. Quindi, oltre all'utilizzo per accesso a risorse fisiche (tornelli, aree dedicate, strumentazione ad alto valore etc.) è possibile utilizzarlo anche per accedere a specifiche aree virtuali, nonché per acquisti aziendali (mensa, vending machine) e convenzionati (metro, bus, etc). Lo smart object collegato ad un PC può fungere anche da "writer", abilitandolo a caricare e/o ricevere e scambiare dati (crediti, contenuti etc) verso Smartphones e/o ISO Smart Cards, piuttosto che verso semplici NFC Tag. Pertanto lo smart object è complementare ad uno Smart Phone e l'utente finale può scegliere, per un determinato servizio, quale usare mantenendo la flessibilità di cambiare in tutta sicurezza.

2.4 GPS Tracker

Il GPS Tracker è un servizio estremamente semplice che si basa su

un device verticale abilitato GPS, con un modulo M2M, il quale dialoga con una piattaforma che offre al customer un'interfaccia semplice attraverso un App per smartphone o via Web su desktop. Il servizio di localizzazione offerto è generalmente di tipo "ready to go" attraverso la piattaforma di un Service Provider specializzato, ed è semplice da usare e senza alcuna configurazione da parte del Cliente (Figura 7).

Il *vertical connected device* è un "gadget" che può essere identificato con un portachiavi, un collare per cani o altro, con una SIM saldata all'interno. La fisicità del servizio con un device verticale di questo tipo (in particolare con SIM non estraibile) semplifica il provisioning del servizio in quanto non rende necessaria l'anagrafica sui clienti dell'Operatore per soggetto/oggetto da localizzare. Per l'utilizzo del servizio è disponibile interfaccia WAP/WEB che esplicita le informazioni di loca-



lizzazione su una mappa. I target principali di utilizzo del servizio sono generalmente gli anziani e gli animali domestici (cani e gatti); tuttavia è anche possibile un utilizzo del servizio per oggetti, come ad esempio per localizzare la propria automobile parcheggiata. In generale la proposizione di valore al cliente finale si basa su una gestione in sicurezza dei "soggetti", cui i Clienti del Service Provider attribuiscono particolare importanza.

2.5 Personal devices per il monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale sta diventando un tema sempre più caldo all'interno delle cosiddette Smart Cities. L'immagine futura cui generalmente si pensa parlando di monitoring ambientale è quella di una complessa rete di sensori che dialoga con una grande centrale di elaborazione dati, per monitorare ogni minimo an-

golo della propria città. Questo scenario è ancora molto futuro e forse resterà tale: ad oggi il monitoring ambientale è fatto dai comuni attraverso alcuni (pochi) siti abbastanza voluminosi e costosi, che raccolgono campioni sulla qualità dell'aria e li trasmettono alla centrale. Tuttavia il futuro ci sta già fornendo, come spesso accade, una strada alternativa a quella prospettata, in base alla quale potremo forse immaginare una miriade di sensori che raccolgono informazioni sulla qualità dell'aria, che non dialogano (non solo almeno) con una grossa centrale dati, ma con una semplice App residente sul nostro smartphone: è lo scenario dei personal devices per il monitoraggio ambientale, ed è molto meno distante di quello che pensiamo!

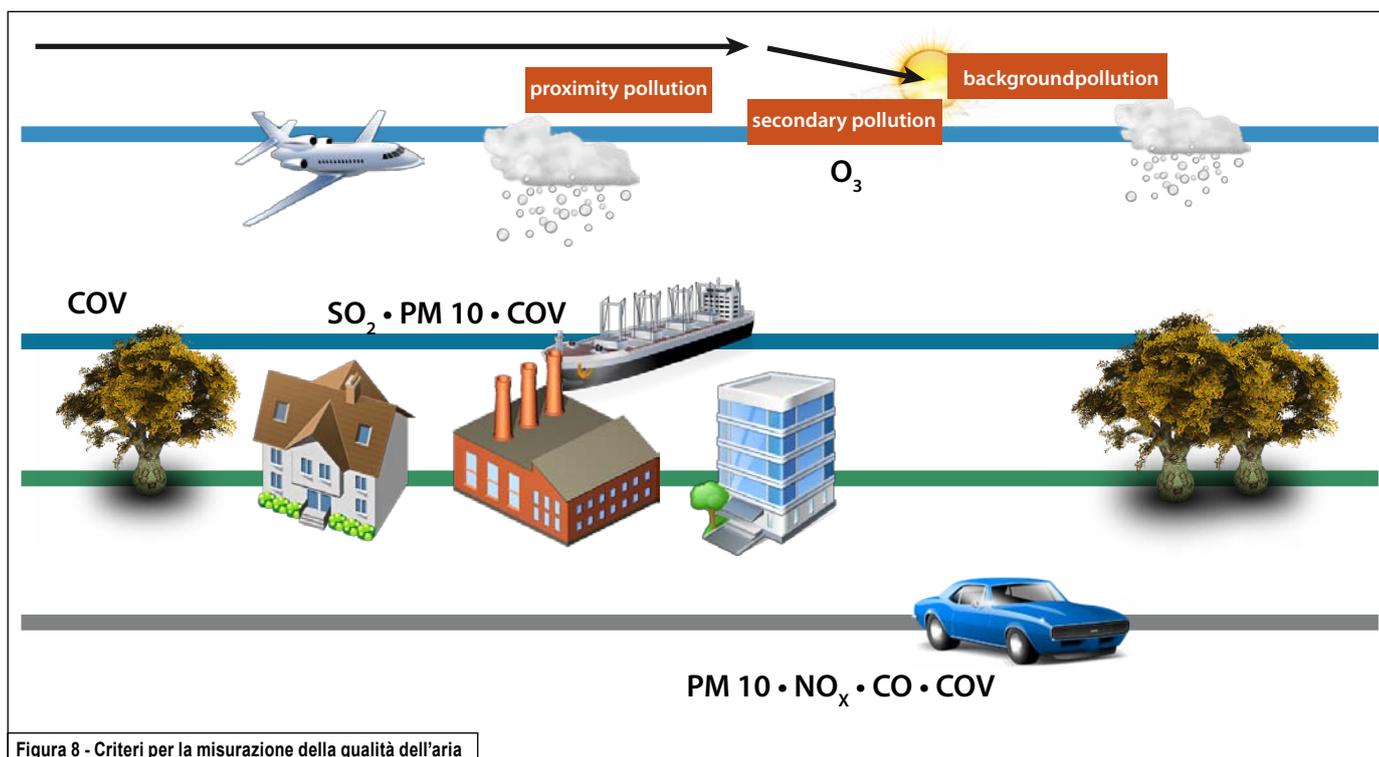
Quello appena descritto è uno scenario di mercato dove ciascuno nella propria casa si munisce di un oggetto non molto diverso dal tracking GPS, il quale ha al suo interno un sofisticato sensore per

la rilevazione delle diverse componenti che costituiscono una misura di qualità dell'aria, come mostrato in figura 8. In effetti se ci pensiamo, ad oggi sono estremamente diffusi gli oggetti che misurano temperatura ed umidità del proprio ambiente domestico, mentre forse sarebbe molto più ragionevole preoccuparsi di sapere "cosa" effettivamente respiriamo all'interno delle nostre abitazioni.

A livello regolatorio esiste una direttiva che stabilisce i nuovi criteri per la misurazione della qualità dell'aria, con l'obiettivo di limitare le emissioni per differenti componenti chimiche, alcune delle quali riportate in Figura 8.

Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. Objective: to limit and to measure pollution for the following chemical component: Fine particles (PM2.5); Particles (PM 10); Nitrogen Oxyde (NOx); Volatile Organic Component: Benzene; Ozone (O3); Carbon monoxyde (CO).

Alcuni paesi, quali ad esempio la Francia, hanno interpretato in modo restrittivo questa normativa imponendo un monitoring della qualità dell'aria a livello non solo di comune ma anche di Industria ed Edifici Pubblici (ad esempio all'interno di un cinema). Questo ha fatto sì che si sviluppasse un mercato di oggetti M2M per il monitoring ambientale molto più simile allo scenario futuribile descritto in precedenza, che a quello attualmente presente in altri paesi, quali ad esempio l'Italia. Questi nuovi oggetti" hanno una doppia caratteristica: sono estremamente portatili con costi molto ridotti e

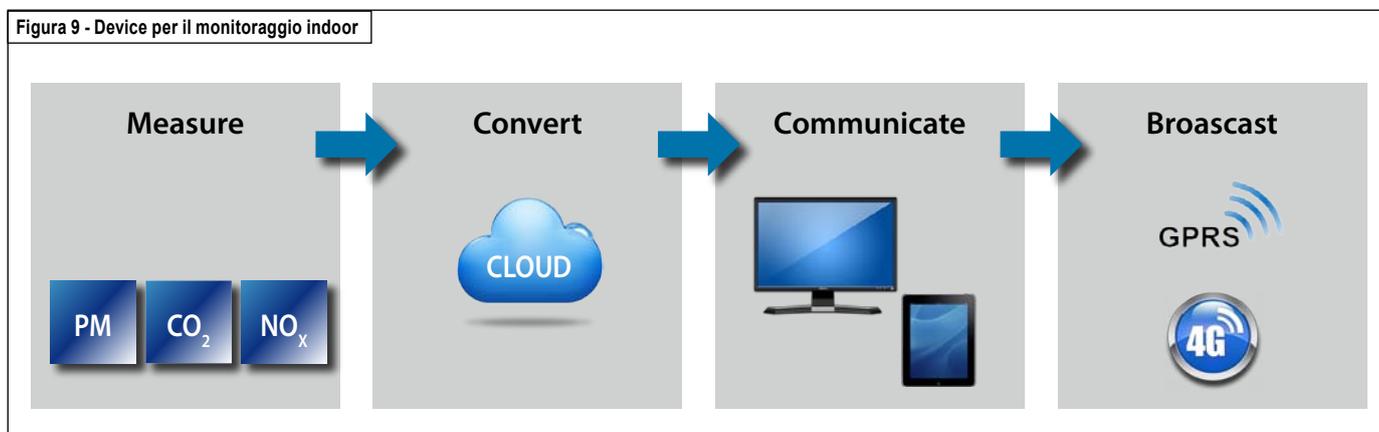


facilità d'uso App-based (tendono a dei personal devices M2M) ed hanno un sensore di nuova generazione in grado di scomporre ed analizzare le diverse componenti di inquinamento fissate dalla direttiva europea. Sono stati infatti sviluppati dispositivi M2M sia per l'outdoor, che per l'indoor: i primi devono conservare alcune caratteristiche di protezione da agenti esterni (ad esempio pioggia ed umidità) ol-

tre che problematiche di alimentazione, ma mantengono tuttavia una caratteristica estremamente portatile, con un costo circa dieci volte inferiore a quelli oggi normalmente adoperati, che permette di aumentare notevolmente la capillarità della rivelazione. Quelli per l'indoor sono invece oggetti del tutto simili, esteticamente, a dispositivi personali quali un GPS tracker quali quelli mostrati nella Figura 9. In un futuro molto pros-

simo questi oggetti arriveranno a costare sotto la soglia psicologica dei 100€ e potranno essere utilizzati da tutti attraverso una semplice App, grazie ad una piattaforma sul cloud per l'elaborazione dei dati, gestita da un Service Provider specializzato (o direttamente dall'operatore telefonico). Il device per il monitoraggio dell'aria diventerà allora un oggetto a tutela del proprio benessere, quali quelli per il Wellness.

Figura 9 - Device per il monitoraggio indoor



2.6 Wellness Devices

Il termine wellness è un'estensione ed evoluzione del concetto di fitness: il benessere della persona è al centro dell'attenzione mediante attività sportive, pratiche di rigenerazione e mental training combinate con un'alimentazione corretta per favorire uno stato di benessere ed equilibrio psico-fisico. Fanno parte della sfera del wellness tutte le attività di relax e rigenerazione e soprattutto un'educazione all'alimentazione sana ed equilibrata.

In questo contesto di mercato il fitness genera un indotto molto consistente di cui l'accessoristica è una voce considerevole, ed in cui i device e le App specializzate si stanno sviluppando in modo pervasivo. In particolare sono sempre più numerosi, e ormai diffusi sul mercato Consumer, i device per il monitoraggio del proprio stato di forma, integrandosi sempre di più con lo stile di vita delle persone. Questo boom è dovuto anche al fatto che sono sempre di più quelli dotati di connettività di tipo Internet, per trasmettere e scambiare dati con altri strumenti o database, oltre che di connettività short range per comunicare le misure rilevate ad altri device (smartphone, PC, ecc.). Inoltre la grande diffusione degli smartphone e delle App attraverso i principali Store, ha fornito agli utenti un nuovo modo di gestire il monitoraggio del proprio stato di forma, garantendo un addressable market praticamente del 100%.

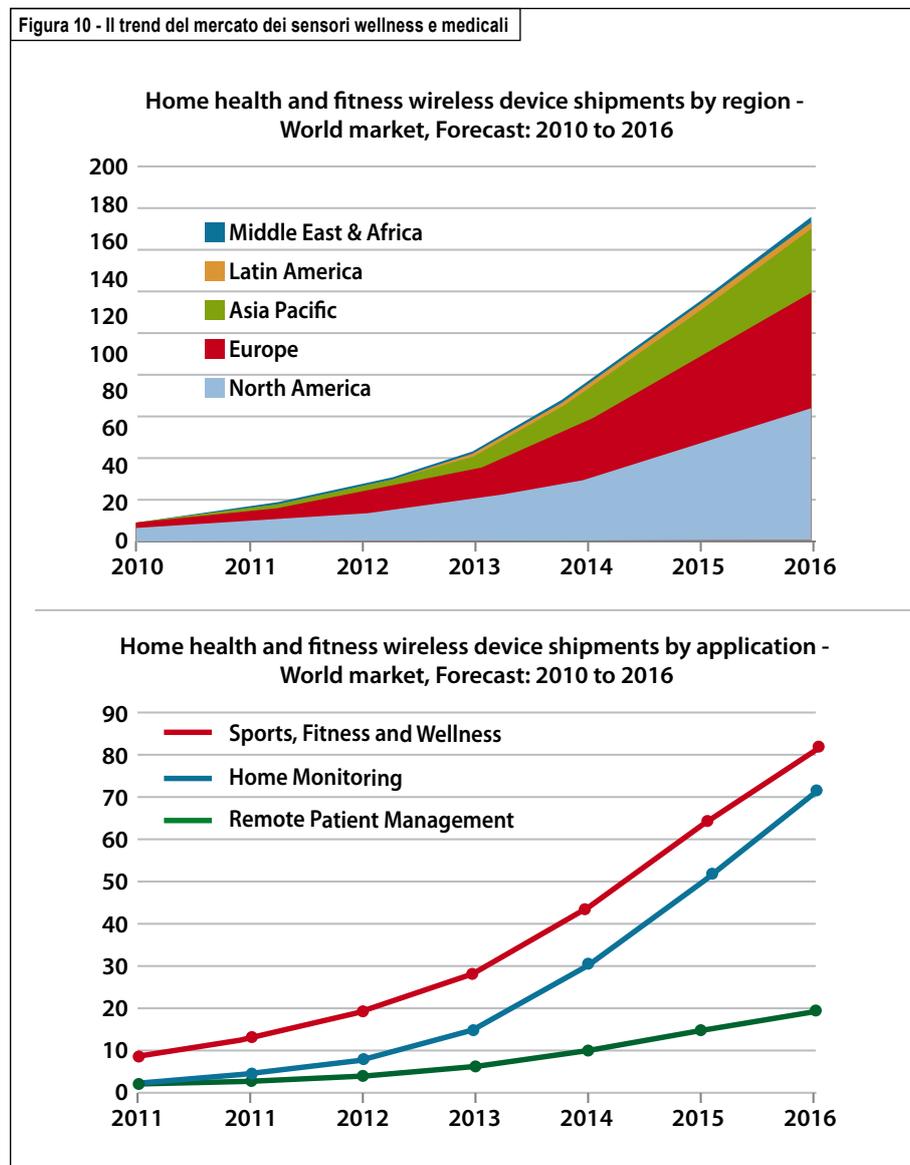
A livello globale, secondo Rock Health, nel 2014 il mercato dei sensori wellness e medicali varrà 4 miliardi di dollari e sarà di 400 milioni di device. Nel 2016 in Europa saranno venduti 63 milioni

di dispositivi wireless e M2M legati all'eCare.

A titolo di esempio i grafici di Figura 10 riportano alcuni device tra i più diffusi e significativi sul mercato per la misurazione di parametri «wellness». La maggior parte di queste soluzioni utilizzano dei device verticali che dialogano con lo smartphone, il quale si posiziona come la piattaforma di «presentazione» dei dati verso il cliente, grazie ad un insieme di App associate, che sfruttano piat-

taforme End2End dedicate all'uso specifico. Secondo le ultime ricerche nel 2012 una persona su 3 ha cercato notizie sulla sua salute sul suo smartphone, mentre una su 5 ha scaricato una App relativa al wellness. Le categorie sono estremamente variegata e variano dal *Fitness* al *Food & Nutrition*, per arrivare al *Relax ed & meditation*, piuttosto che al *Mind & brain*. Vi sono poi categorie più specifiche quali il *Weight management* o il *Fitness cardio tracking*.

Figura 10 - Il trend del mercato dei sensori wellness e medicali



GLUCOSIMETRO



- Free download for iPhone AND aNDROID
- No more manual logging
- Send personalized reports
- Step up your trend analysis

ACTIVITY TRACKER



- All day monitoring
- Weight management
- Fitness monitoring
- Sleep

ZEPHYRLIFE



- Uses Bluetooth Smart (low-Energy) to provide Heart Rate, Heart Rate Variability, R-R Interval, Stress Intensity, Activity Level, Peak Acceleration & Calories to your App
- Long transmission (~ 10m)
- Water resistant up to 1m
- User replaceable coin-cell battery (CR2032) provides more than 150 hours of continuous use

WEIGHT SCALE



- Position Control
- Sincronizzazione Wi-Fi
- Funziona con Apple e Android
- Supporto multiutente (per tutti i membri della famiglia)

SLEEP TRACKER



- The Zeo Sleep Manager mobile app is designed for iPhone and Android smartphones
- TruTrak tracks your sleep quality with scientifically proven accuracy, including REM and Deep sleep
- SmartWake Alarm gently wakes you at the optimal point in your sleep cycle. Never wake up late, always wake refreshed
- ZQ Sleep Score summarizes your sleep quality in a single objective number
- Find and adjust factors that are stealing your Deep, REM and total sleep time
- 7 Steps to Sleep Fitness coaching program included, giving you personalized guidance to help you sleep better

ECG



fitbit

- Fitness monitoring
- Sleep tracker

Tutti i device sono approvati dalla FDA

Sono tutti compatibili con Android e Apple

Figura 11 - I principali connected devices per il Wellness

Conclusioni

Smartphone e tablet continueranno a guidare la crescita dati offrendo un "one stop shop" per fruire di sempre più servizi e contenuti,

accorpare sempre più funzionalità secondo la logica del "one size fits all". Ma proprio questo circolo virtuoso offrirà sempre più spazi per lo sviluppo di esperienze verticali basate su device ad hoc specializzati sull'utilizzo di un singo-

lo servizio, i quali nascono dalla fisicizzazione del servizio stesso piuttosto che dal dispositivo in se. I device verticali, inseriti in un'architettura end2end e sempre più cloud-based, continueranno ad arricchire la digital experience dei

clienti e continueranno ad essere degli strumenti molto efficaci per il Go2Market dei nuovi servizi, dal mobile Payment alla musica o a wellness. In alcuni casi offriranno un'esperienza unica e distintiva propria delle caratteristiche del device, ad esempio specializzandosi rispetto al device generico con delle *feature ad hoc*, oltre che con un'accessoristica per rispondere alle esigenze del cliente nei differenti contesti di utilizzo (come ad esempio nel caso del *router mifi* per *home* nella versione *in-car*), mentre in altri casi saranno semplicemente una verticalizza-

zione di servizi esistenti anche su *smartphone* e *tablet*. In ogni caso difficilmente costituiranno un'alternativa a questi ultimi, cannibalizzando i servizi dell'operatore; piuttosto costituiranno delle opportunità di segmentazione del portafoglio prodotti e quindi di accelerare la penetrazione di determinati servizi.

Ma è vero al tempo stesso che i *Service Provider* più smart avranno la possibilità di replicare con piattaforme *time2market* e *cost-effective* i servizi digitali connessi. Diventa quindi essenziale per l'operatore presidiare le soluzioni più

vicine al proprio business model o afferenti a potenziali opportunità di sviluppo del business. E parlare di cannibalizzazione per tali oggetti rispetto a *smartphone* e *tablet* sarebbe come se 10 anni si fosse detto fa che *Internet dongle* e *data card* avrebbero cannibalizzato il *Mobile Internet* (allora inteso come *Wap*). Gli operatori furono invece abili in quell'occasione a sviluppare un business proprio e complementare all'*internet* da *telefonino*, puntando sui propri *core asset* (*SIM*, *connettività*, *CRM*,...) e rendendo praticamente inesistente l'*Open Market* ■

alessandro.masciarelli@telecomitalia.it
attilio.somma@telecomitalia.it
antonioandrea.vaccarelli@telecomitalia.it



Alessandro Masciarelli

ingegnere delle Telecomunicazioni, in Azienda dal 2000, ha lavorato precedentemente in Telit per il lancio dei mobile phones su tecnologia UMTS, collaborando anche con le Università per la stesura di articoli e brevetti sugli algoritmi per la Digital Communication. Entrato in TIM, ha contribuito alla gara UMTS ed al successivo lancio, lavorando sul Piano di Innovazione. Dal 2003 ha iniziato la sua esperienza di mercato, nel marketing dei servizi VAS, contribuendo a definire le nuove linee guida del portafoglio servizi e del relativo Piano Marketing VAS. Nel 2007 è tornato ad occuparsi di Innovazione, diventando responsabile per lo scouting delle Innovative Opportunities. Ha successivamente completato il proprio profilo lavorando sia nel Marketing Consumer che nel Marketing dei clienti Top. In particolare è stato PM di progetti innovativi quali il lancio del biblet, delle nuove offerte mobile Broadband consumer basate su Policy Manager e dell'NFC per i clienti top. Dal 2012 lavora in Strategy, focalizzandosi sullo sviluppo di nuovi Use cases di servizio LTE-driven e dei nuovi concept di prodotto.



Attilio Somma

ingegnere con Master in Business Administration, nel 1995 entra in Tim per operare nel Marketing dei nuovi servizi (Vas); poi va a Madrid nella partecipata di Telecom Italia, AUNA. Dal 2001 al 2010 assume ruoli di responsabilità nello Sviluppo Nuovi Servizi, Business Innovation, Prodotti e Service Innovation, Scouting e Partnership, lavorando prevalentemente nelle aree marketing ed innovazione. Dopo un'esperienza in Etecsa a Cuba nel 2010 come Direttore Marketing, rientra a metà 2011 nell'area Strategy come responsabile dei terminali e sviluppo ecosistemi.



Antonio Andrea Vaccarelli

economista, è in Azienda dal 1994 dove si è occupato (in SIP divisione radiomobile, prima e TIM successivamente) dello sviluppo e delle politiche commerciali dei canali di vendita diretti ed indiretti Consumer, partecipando inoltre ai due principali Gruppi di lavoro che ne hanno ridisegnato la fisionomia nel 1998 e nel 2009/2010. Direttore vendite Consumer Area Sud di Tim dal 1999 al 2005 e responsabile del canale monobrand Telecom Italia a livello centrale fino al 2011, è da inizio 2012 responsabile in ambito Marketing Consumer del portafoglio prodotti mobile, compresa la certificazione, sviluppo e requisitazione dei Device mobili e delle SIM.

Notiziario Tecnico di Telecom Italia

Anno 23 - Numero 2 - Luglio 2013
www.telecomitalia.com/notiziario-tecnico
ISSN 2038-1921

Proprietario ed editore

Gruppo Telecom Italia

Direttore responsabile

Michela Billotti

Direttore tecnico

Oscar Cicchetti

Comitato di direzione

Alessandro Bastoni,
Francesco Cardamone,
Sandro Dionisi,
Daniele Franceschini,
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 Associati

Art Director

Mario Peliti

Grafica e impaginazione

Marco Nebiolo

Illustrazioni

Alberto Ruggeri

Fotografie

Patrizia Valfré

A questo numero

hanno collaborato

Giovanni Battista Amendola
Paolo Aureli
Alberto Baravaglio
Valter Bella
Alessandro Betti
Patrizia Bondi
Stefano Brusotti
Alessandra Bucci
Gianni Canal
Vincenzo Condò
Luciana Costa
Agostino Corevino
Sergio Cozzolino
Domenico Cuda
Giovanna Daria
Francesco Di Ciccio
Stefano Di Mino
Gabriele Elia
Umberto Ferrero
Daniele Franceschini
Michele Gamberini
Paolo Gianola

Mariano Giunta
Ivano Guardini
Giorgio Krab
Claudia Maccario
Nicola Pio Magnani
Maurizio Marcelli
Enrico Marocco
Alessandro Masciarelli
Laura Maspes
Marco Mazzei
Fabio Mazzoli
Maggia Messo
Elisabetta Nottola
Tiziana Omaggi
Rafael Giorgio Perrino
Ilaria Potito
Roberto Procopio
Emanuele Ranieri
Fabio Santini
Maurizio Siviero
Ariilio Somma
Antonio Andrea Vaccarelli
Cinzia Vetrano
Alberto Zaccagnini
Francesco Zaio
Simone Zafferani

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

12 luglio 2013

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.

L'editoria di Telecom Italia comprende anche

Sincronizzando

<http://www.telecomitalia.com/sincronizzando>

Carta ecologica riciclata
Fedrigoni Symbol Profile Satin
Prodotto realizzato impiegando carta certificata
FSC Mixed Sources C0C-00010
Prodotto realizzato impiegando carta con marchio europeo
di qualità ecologica Ecolabel - Ref. N° IT011104





ULTRA INTERNET 4G^{LTE}

NAVIGA IN UN MONDO NUOVO



**Condividi e comunica con la qualità
e la velocità dell'Ultra Internet 4G LTE.**

E se hai la partita IVA, scegli Ultra Internet 4G con Impresa Semplice.

