

SPECIALE LTE:
LE SFIDE DELL'ULTRABROADBAND MOBILE

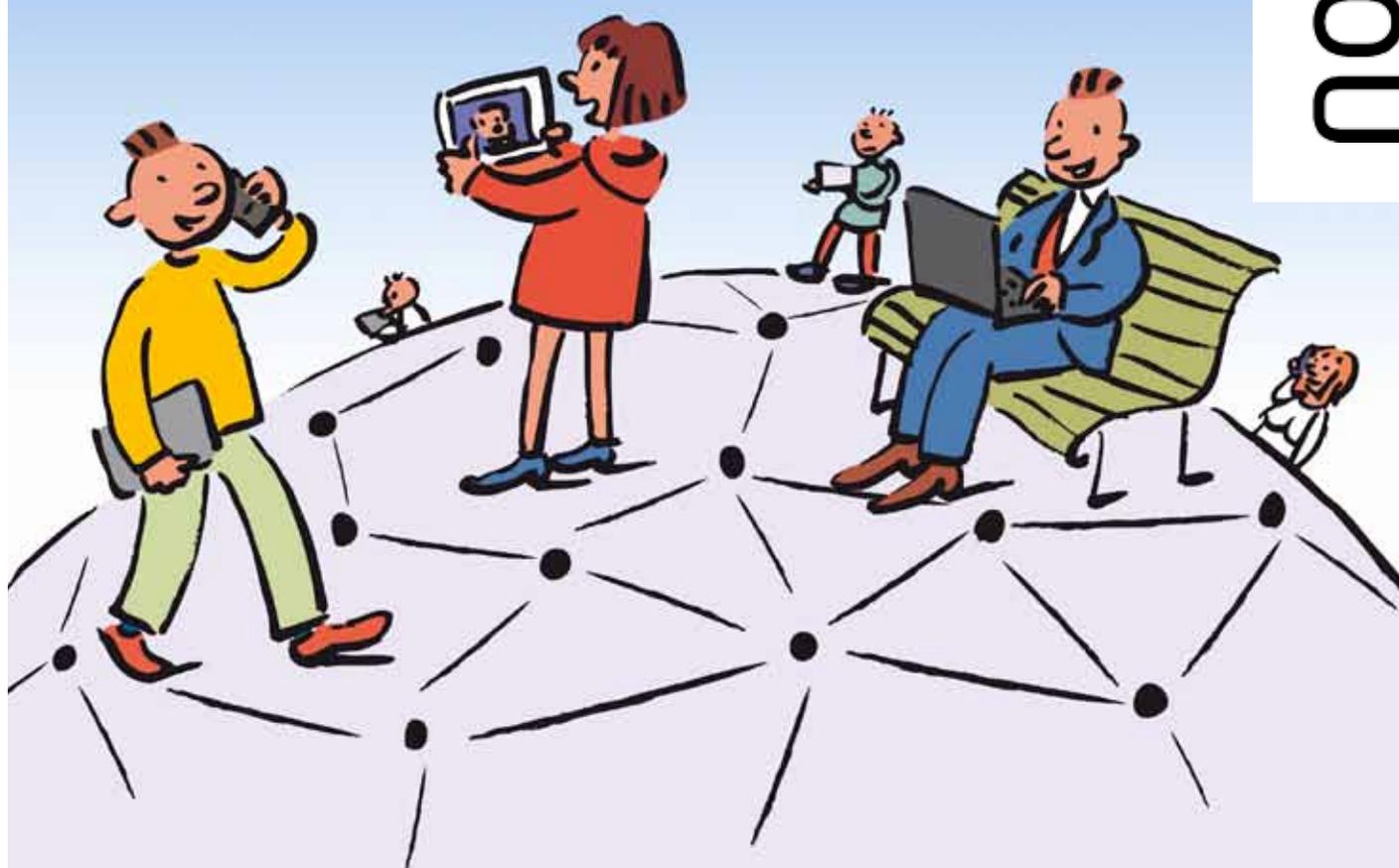
LA VISION DI TIM BRASIL

RETI AUTONOMICHE

APPROCCIO BAYESIANO PER ROOMING WHOLESAL

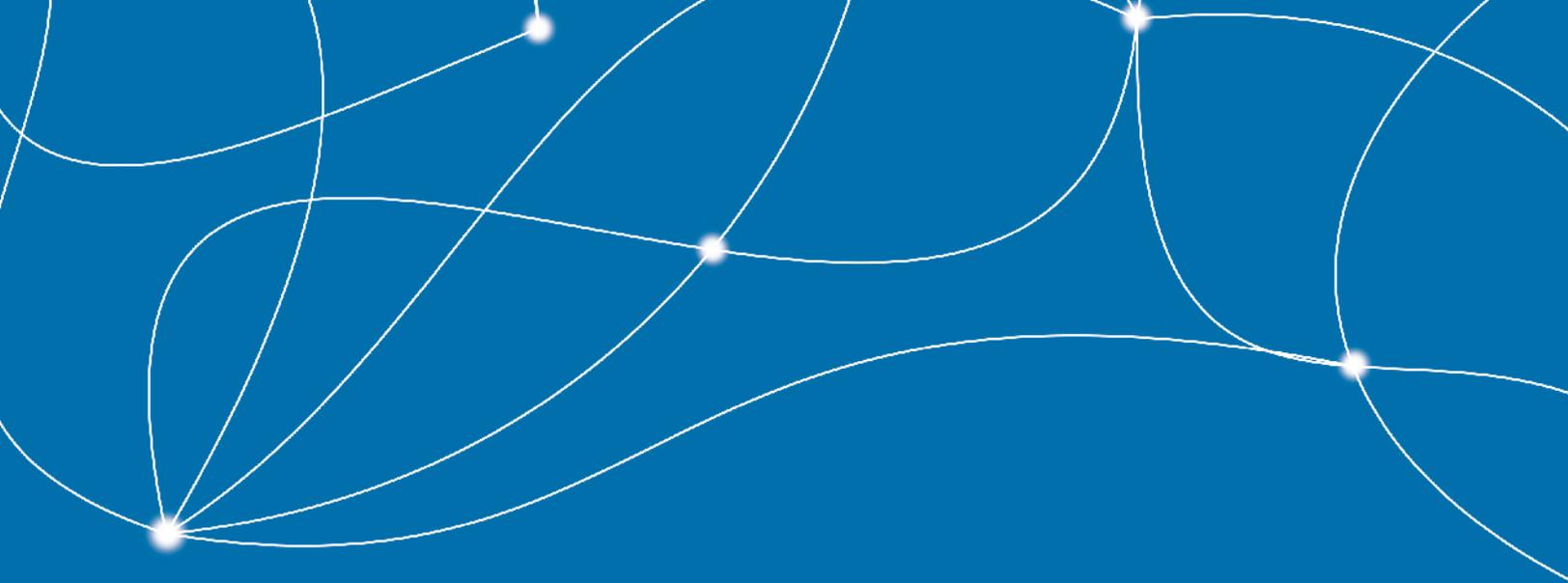
LA PAROLA A NSN, QUALCOMM E MCKINSEY

notiziario **tecnico**



1/2012

 **TELECOM**
ITALIA



EDITORIALE

Ultra velocità sul mobile: questo il tema core, che, abbellito dalle illustrazioni di Paolo Cardoni, si dipana sul primo Notiziario Tecnico del 2012. La descrizione del “dietro le quinte” della gara per l’assegnazione delle frequenze LTE in Italia è stata presa come pretesto di cronaca per approfondire meglio il tema delle potenzialità e delle sfide che Telecom Italia deve affrontare per il dispiegamento del 4G in Italia e all’estero. Inoltre poiché nell’innovazione *versus* LTE è necessario intervenire anche sul livello “macro layer” della rete mobile, abbiamo dato la parola a Nokia Siemens Networks, che ha descritto l’importanza delle antenne intelligenti; a completamento tecnologico di questo contributo, un altro, firmato da tre ricercatori di Telecom Italia, che comprovano il valore delle *smart antennae* sull’intera infrastruttura di rete mobile di nuova generazione.

Ed ancora, poiché in questo numero della rivista si ribadisce come uno degli obiettivi delle reti LTE sia anche quello di garantire velocità di trasmissione dati elevate, utilizzando in modo più efficiente le risorse di spettro, la testimonianza di Qualcomm sulla strategicità delle *hetnet* “calza proprio a pennello”. La nostra *vision* tecnologica su LTE però non si circoscrive all’Italia; infatti è su questo numero presente anche un articolo dedicato a TIM Brasil, in cui si evidenzia l’importanza di concetti come *infinity network* e *smartest network*, alla base dell’evoluzione delle infrastrutture di rete mobile in America Latina. Per la sezione “servizi”, di cui l’articolo a firma McKinsey sulla crescente pervasività delle applicazioni OTT, rappresenta un “ponte concettuale” tra la descrizione della tecnologia LTE e le aspettative dei clienti, trattiamo il tema del *mobile cloud computing*, non solo da un punto di vista di “tutorial”, ma anche con un approfondimento sulla soluzione TIM Cloud.

Ultravelocità mobile però vuol dire anche usufruire di una buona connessione wireless sui treni Frecciarossa; da qui il contributo sul Laboratorio “Spettro mobile” di Telecom Italia Lab, in cui, emulando le condizioni di navigazione online sui treni italiani ad alta velocità, si può assicurare ai vari clienti una buona qualità di servizio. L’attenzione al giudizio dell’utilizzatore finale è anche il perno del contributo sulla *user experience*, in cui si descrivono nuovi strumenti e metodologie per coinvolgere i clienti nella progettazione e valutazione dei servizi e prodotti di Telecom Italia e TIM. Gli articoli più di taglio prospettico sono invece i tre afferenti alla sezione innovazione: uno dedicato all’approccio bayesiano applicato alle contrattazioni *wholesales* per il roaming internazionale; un altro, in cui si prospettano sfidanti soluzioni per la semplificazione delle reti di domani e un terzo, a firma di Roberto Saracco, sulle nuove sfide che attendono gli Operatori.

Buona Lettura!





APPROCCIO BAYESIANO NELLE CONTRATTAZIONI DI ROAMING WHOLESALE INTERNAZIONALE

Irma Maria Abbondanza, Laura Ardessi, Enrico Franco, Giuliano Muratore

PAG. 4



SEMPLIFICARE LE RETI DI DOMANI

Antonio Manzalini

PAG. 14



È LA CODA CHE MUOVE IL CANE

Roberto Saracco

PAG. 26



LA GARA LTE IN ITALIA E L'EVOLUZIONE MBB

Sandro Dionisi, Daniele Franceschini, Fabio Santini

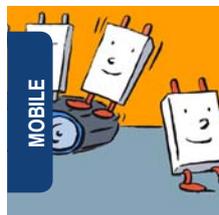
PAG. 32



ANTENNE SEMPRE PIÙ INTELLIGENTI PER UN VERO "MOBILE BROADBAND"

Maurizio Crozzoli, Gian Michele Dell'Aera, Paolo Gianola

PAG. 46



LA PAROLA A NOKIA SIEMENS NETWORKS

Dario Boggio Marzet

PAG. 58



IL LABORATORIO SPECCHIO MOBILE DI TELECOM ITALIA

Loris Bollea, Giovanni Minissale, Simone Topazzi

PAG. 64



EVOLUZIONE DELLA RETE MOBILE DI TIM BRASIL

Catarina Bautista da Nova Reuter, Janilson Bezerra, Marco Di Costanzo

PAG. 76



LA "VISION" DI QUALCOMM SU LTE

Cristiano Amon

PAG. 88



LA PAROLA A MCKINSEY & COMPANY: "TOP GLI OVER THE TOP"

Alessio Ascari, Ferry Grijpink

PAG. 94



USER EXPERIENCE: NUOVE METODOLOGIE PER NUOVI SERVIZI

Monica Aricò, Silvia Bonaventura, Elena Guercio

PAG. 102



MOBILE CLOUD COMPUTING: DAL PERSONAL ALL'UBIQUITOUS COMPUTING

Giovanni Lofrumento

PAG. 114



IL MOBILE CLOUD DI TELECOM ITALIA: TIM CLOUD

Luca Bruera, Rossella Mossotto, Giuseppe Piersantelli

PAG. 122

APPROCCIO BAYESIANO NELLE CONTRATTAZIONI DI ROAMING WHOLESALE INTERNAZIONALE

Irma Maria Abbondanza, Laura Ardesi, Enrico Franco, Giuliano Muratore



Il servizio roaming poggia su una molteplicità e complessità di relazioni wholesale internazionali che ne abilitano e ne regolano ogni singola prestazione. Negli ultimi anni l'evoluzione verso i servizi Internet e la pressione regolatoria hanno amplificato le dinamiche competitive del roaming e con esse l'incertezza sui trend del traffico, la cui previsione costituisce un elemento basilare nella contrattazione wholesale.

Il gran numero di variabili da considerare per poter prendere decisioni razionali ha portato nel corso del 2011 allo sviluppo di un modello previsionale basato sull'approccio bayesiano, che consente di integrare in maniera quantitativa l'incertezza nel ragionamento. Esso è efficace in tutti i casi nei quali, dato un insieme di variabili legate da relazioni probabilistiche, si vogliono ottenere informazioni su variabili di interesse, sfruttando tutte le conoscenze a disposizione, siano esse dati storici, informazioni di contesto o conoscenze di business.

1 Premessa e considerazioni di business

Il roaming internazionale GSM è il servizio che ha elevato l'universalità delle telecomunicazioni oltre i confini dei singoli Paesi, permettendo ai clienti di sperimentare, con semplicità, un livello di mobilità planetario dei propri servizi. Telecom Italia avvia il proprio servizio roaming (SIP Divisione Servizi Mobili) nel 1992¹, quando viene firmato il primo accordo di roaming con l'operatore svizzero Swiss Telecom PTT, allora all'avanguardia nelle relazioni internazionali in segnalazione SS7, infrastruttura sulla quale ancora adesso viaggiano i

protocolli (SCCP MAP) che permettono la mobilità internazionale.

Nei primi anni '90, mentre i clienti muovevano i primi passi utilizzando il proprio telefonino GSM e il proprio numero telefonico anche all'estero, era pionieristico anche il modo con cui si rendeva disponibile ai clienti il servizio roaming voce. Non esisteva ancora un processo del tutto strutturato e occorreva che apposite delegazioni di esperti si riunissero per approfondire e definire tutti gli aspetti tipici di un accordo di roaming, da quelli tecnici a quelli legali e ovviamente a quelli commerciali. Da allora si è provveduto, anche grazie alle attività sviluppatesi nella GSM Associa-

tion, a istituzionalizzare in apposite linee guida e documenti come l'IRA, l'International Roaming Agreement, gran parte delle attività, lasciando fuori solo specificità bilaterali. Questo ha agevolato la parallelizzazione delle operazioni di apertura di nuove relazioni di roaming e con essa la creazione dell'attuale ragnatela mondiale di accordi roaming GSM che coinvolge ormai oltre 5 miliardi di telefonini nel mondo.

Il progressivo sviluppo del roaming e dei servizi che si sono nel tempo resi disponibili ha fatto crescere la consapevolezza dell'importanza del roaming per lo sviluppo dell'economia e, di conseguenza, la sensibilità ai prezzi, sia dei clienti sia dei Regolatori.

Attualmente negli accordi wholesale ha progressivamente perso di significato il cosiddetto prezzo "standard", quello che veniva automaticamente inserito negli accordi senza ricorrere a particolari trattative commerciali, e sono viceversa diventati fondamentali i prezzi cosiddetti "a sconto", ormai diventati il vero riferimento di mercato per il roaming internazionale.

Tali prezzi vengono stabiliti nell'ambito di accordi bilaterali, sottoscritti con i singoli operatori esteri, che li fanno dipendere da condizioni della più diversa natura: volumi di traffico minimi garantiti, soglie di traffico al superamento delle quali scatta l'applicazione di tariffe più vantaggiose, differenziazione delle tariffe per volumi bilanciati (scambiati paritariamente dalle parti) e sbilanciati (volu-

¹ Per la precisione, mercoledì 9 Dicembre 1992.

mi che una sola delle due parti invia all'altra). Pertanto, il prezzo definitivo è noto solo al termine della durata dell'accordo, mentre in corso d'opera, quando occorre monitorarne l'andamento, è solo possibile stimarlo.

È interessante sottolineare che in Europa i prezzi wholesale in vigore negli accordi di sconto sono scesi sotto i limiti imposti dalla regolamentazione².

2 Innovatività dell'approccio bayesiano nelle previsioni del traffico roaming

Attualmente Telecom Italia gestisce circa 600 relazioni di roaming, con la quasi totalità dei Paesi del mondo, e di questi accordi la parte più significativa richiede uno studio dettagliato delle condizioni di sconto applicabili, in relazione al contesto competitivo nel quale si inserisce quel particolare accordo. Senza queste analisi dettagliate svanirebbero sia importanti fette di ricavi wholesale sia le opportunità per incrementare la competitività delle offerte roaming retail di Telecom Italia. Per stipulare in modo appropriato un accordo di roaming, ovvero individuare quali specifiche condizioni e impegni congelare in quell'accordo, sia esso con un singolo partner estero o con un gruppo presente in più nazioni, occorre stimare anticipatamente (di un anno, o più) il comportamento dei propri clienti che si recheranno in quelle specifiche nazioni, ma anche il comportamento atteso dei clienti del partner in questione, quando verranno in Italia. In particolare, è importante tenere a mente le seguenti considerazioni:

- 1) Migliore è lo strumento utilizzato per verificare l'andamento dei diversi possibili scenari di accordo, più accurata, celere ed efficace sarà l'azione negoziale.
- 2) Migliore è la stima dei volumi effettuata nell'ambito delle negoziazioni, migliori saranno le condizioni

che si potranno in seguito finalizzare nell'accordo.

- 3) Migliore è la stima dei costi e dei ricavi che potranno derivare dall'accordo sottoscritto, migliore sarà anche la valutazione degli stessi durante gli avanzamenti contabili.

Effettuare previsioni sui trend di turismo o sui comportamenti che influenzeranno l'utilizzo di uno specifico servizio o le variazioni di flusso da o verso una specifica direttrice estera (si pensi ad esempio all'impatto delle crisi nel Nordafrica) non è semplice: queste previsioni sono rese complesse da dinamiche e variabilità che possono essere anche molto diverse, di anno in anno, e diverse anche da quelle del mercato domestico.

Per questo compito specifico sono stati nel tempo sviluppati appositi modelli di simulazione dei trend wholesale basati sulle serie storiche dei dati roaming. Il mercato però non ha sempre una evoluzione costante, come risulta evidente anche solo guardando alla molteplicità di device mobili che sono apparsi sul mercato negli ultimi anni e alla relativa esplosione del traffico Internet in roaming, che ha modificato anche le aspettative e i comportamenti dei clienti che viaggiano.

Riuscire a tenere conto, in maniera razionale, delle molteplici informazioni disponibili, ciascuna con il proprio grado d'affidabilità, richiede un salto di qualità nei modelli previsionali, individuato dal gruppo roaming wholesale di Telecom Italia nel ricorso all'approccio bayesiano, attraverso un progetto pluriennale finalizzato allo sviluppo di appositi software in supporto sia alla fase previsionale sia a quella negoziale. L'approccio bayesiano [1,2], metodologia che viene utilizzata in ambito scientifico [3], economico [4] e industriale³, rappresenta un potente strumento concettuale, matematico e di software, che consente di gestire in maniera quantitativa problemi complessi, in particolare in presenza di

un gran numero di variabili, legate tra loro da complicate relazioni. Lo strumento logico utilizzato per strutturare i problemi e analizzare i dati è rappresentato dalle cosiddette *reti bayesiane*, costituite da un insieme di nodi (che rappresentano le variabili in gioco) i quali possono essere collegati tra loro da frecce che esprimono la natura (deterministica o probabilistica) e l'intensità con la quale il valore di una variabile influenza lo stato dell'altra⁴.

L'elemento chiave e il fondamento matematico di tale approccio è l'uso del *teorema di Bayes*, teorema della probabilità che consente l'aggiornamento delle conoscenze su tutte le variabili in gioco, ogni volta che vengano acquisite informazioni su alcune di esse. Inoltre, il *teorema di Bayes* consente di valutare sullo stesso piano in maniera appropriata sia i dati a disposizione sia le conoscenze "a priori" (cioè possedute anche prima di ottenere quel dato) riguardanti il problema in considerazione, conoscenze che, se tralasciate, possono portare a conclusioni errate dal punto di vista razionale. Il teorema di Bayes ci dice come modificare "a posteriori" (cioè dopo aver visto i dati) le nostre convinzioni⁵.

A dispetto di un campo di applicabilità molto ampio e di ferme basi logiche, il metodo bayesiano presenta un inconveniente: quando il numero di variabili in gioco diventa grande, o quando alcune di queste variabili possono assumere un numero continuo di valori, calcolare le quantità di interesse può richiedere uno sforzo computazionale notevole. In tempi recenti, per ovviare a queste difficoltà ci si è potuti basare sia su un notevole avanzamento nella teoria matematica, sia sulla sempre più elevata potenza di calcolo disponibile sui calcolatori. Quando la distribuzione di probabilità di interesse diventa troppo complessa per essere valutata esplicitamente, si può ricorrere a tecniche di tipo Monte Carlo [5]. In particolare, esistono

² Come già notava il BEREC nel Benchmark Data Report, BoR (10) 50 dell'Ottobre 2010, "At the wholesale level [...] average voices prices are below the regulated wholesale cap of €0.26, with an EU average of €0.211 during both Q1 and Q2 2010". Nella più recente versione di questo report - BoR (11) 51, dell'Ottobre 2011 - i valori citati sono scesi rispettivamente a €0.21 e €0.183.

³ Giganti della tecnologia quali Google, nel filtro anti-spam di Gmail, e Microsoft, nel servizio di troubleshooting di Windows, fanno uso da sempre di tecniche bayesiane.

dei procedimenti iterativi con i quali si possono produrre sequenze (Catene di Markov) che hanno la proprietà di convergere alla distribuzione di interesse. I metodi MCMC (*Markov Chain Monte Carlo*) hanno dato nuovo vigore all'applicazione dell'approccio bayesiano anche a problemi di notevole complessità [6]. La realizzazione di questo tipo di analisi può essere portata avanti con l'utilizzo di software della famiglia BUGS [7, 8] (utilizzato anche dalla NASA nelle proprie pubblicazioni sulla gestione del rischio per i sistemi spaziali [9]) o, come vedremo più avanti, scrivendo direttamente il proprio codice in un opportuno linguaggio di programmazione. La scelta è caduta sull'utilizzo del software JAGS [10], che usa le stesse idee o lo stesso linguaggio di programmazione di BUGS, ma con alcune funzionalità addizionali. Inoltre si tratta di software open-source, che gira su tutte le piattaforme (Linux, Windows e Mac) e si interfaccia direttamente al linguaggio R [11], del quale diremo in seguito.

2.1 Aspetti vincenti dell'approccio bayesiano

L'approccio bayesiano risulta particolarmente adatto allo sviluppo di un modello per la previsione dei trend di traffico roaming per i seguenti motivi:

- Consente di gestire la **complessità** delle relazioni tra le variabili che definiscono il mercato roaming e il fatto che esse sono influenzate da fattori esogeni non controllabili né conoscibili con certezza.
- È **efficace** nell'ottenere le migliori informazioni (dal punto di vista razionale) sulle variabili di interesse con le conoscenze a disposizione, anche in presenza di una piccola quantità di dati.
- È **robusto** rispetto ai dati critici, permettendo l'affinamento e stabilizzazione dei risultati al crescere dei

dati a disposizione, generalmente in modo più rapido rispetto ad altri approcci, quali ad esempio le reti neurali.

- Permette di **integrare** (ed utilizzare in modo unitario) nel modello informazioni di tipo diverso, siano esse elementi teorici ed empirici, dati storici o evolutivi (ad esempio i trend di traffico aereo) o i **giudizi degli esperti** (difficili se non impossibili da quantificare all'interno di altri approcci).
- È **riconfigurabile**, ovvero fornisce la possibilità di aggiungere (o rimuovere) al modello, senza doverlo riprogettare interamente, nuovi collegamenti ed elementi (come la semplice entrata in gioco di un nuovo roaming partner o la fusione di due operatori, fino all'introduzione di variabili che tengano conto dei comportamenti sociali legati all'uso dei nuovi device).
- È **flessibile**, ovvero ha la possibilità di simulare scenari diversi (quali cambi tariffari o nuovi equilibri regolatori) in maniera semplice e veloce, modificando i relativi parametri del modello.
- **Facilita** il lavoro in gruppo, in quanto la struttura grafica intuitiva delle reti bayesiane favorisce la descrizione e la sintesi dei risultati del traffico, senza che occorra una competenza specifica di tipo matematico o probabilistico da parte degli esperti di roaming, o una conoscenza del mercato delle telecomunicazioni da parte di chi progetta la rete bayesiana.

3 Il modello bayesiano per la contrattazione wholesale

Lo studio è partito da un'analisi preliminare per l'elaborazione del modello base di previsione del volume di traffico roaming per voce, sms e dati. Il modello base utilizza per la previsione i dati storici sul volume del traffico

(in ingresso o in uscita verso un certo Paese o operatore) negli ultimi cinque anni e considera come indipendenti i traffici sui tre canali.

Analizzando tali dati per numerosi Paesi e operatori è stato osservato come nella gran parte dei casi il traffico mensile segua un andamento indipendente dal volume annuo totale, come si può osservare in Figura 1, dove sono riportati i volumi outbound verso un Paese europeo. Si nota come la distribuzione mensile del trend di traffico abbia sempre lo stesso andamento negli anni, anche quando i volumi annuali sono molto diversi tra loro. Per questo motivo a ciascun mese è possibile associare – per ogni operatore o Paese, direzione e canale di traffico – una certa frazione del volume totale, che non dipende dall'entità di quest'ultimo. Tale caratteristica è stata inclusa già nel modello base. Questo permette di fornire una previsione dei volumi attesi per l'anno in corso o per il successivo man mano che si rendono disponibili mensilmente i volumi di traffico. In Figura 2 è mostrata la parte di rete bayesiana che è stata sviluppata sulla base di tali considerazioni, dove le variabili in verde rappresentano i dati storici sui trend di traffico, le variabili arancioni le previsioni sul traffico mensile o annuale dell'anno in corso o successivo.

I parametri del modello sono ottenuti mediante inferenza bayesiana, ovvero utilizzando il teorema di Bayes per "percorrere al contrario" le frecce nere in figura e risalire alle "cause" (i 5 parametri) a partire dalle "osservazioni" (dati storici sul volume di traffico). Una volta inferiti i valori dei parametri del modello è possibile prevedere i valori delle variabili in rosso, ovvero percorrere le frecce rosse nella direzione da esse indicata.

Più nel dettaglio il modello si basa sull'assunzione che il traffico annuale per un certo anno A , che indichiamo con V_A , sia distribuito come una variabile gaussiana (anche detta normale e

4 Si potrebbe essere tentati di attribuire al verso delle frecce un significato di tipo "causa-effetto". Questo in generale non è possibile: per una serie di esempi in questo senso, si veda [2].

5 Per un'introduzione all'approccio bayesiano e al teorema di Bayes e per una presentazione delle reti bayesiane attraverso una scelta di esempi volti a evidenziarne le peculiarità, si rimanda ancora alle referenze [1, 2].

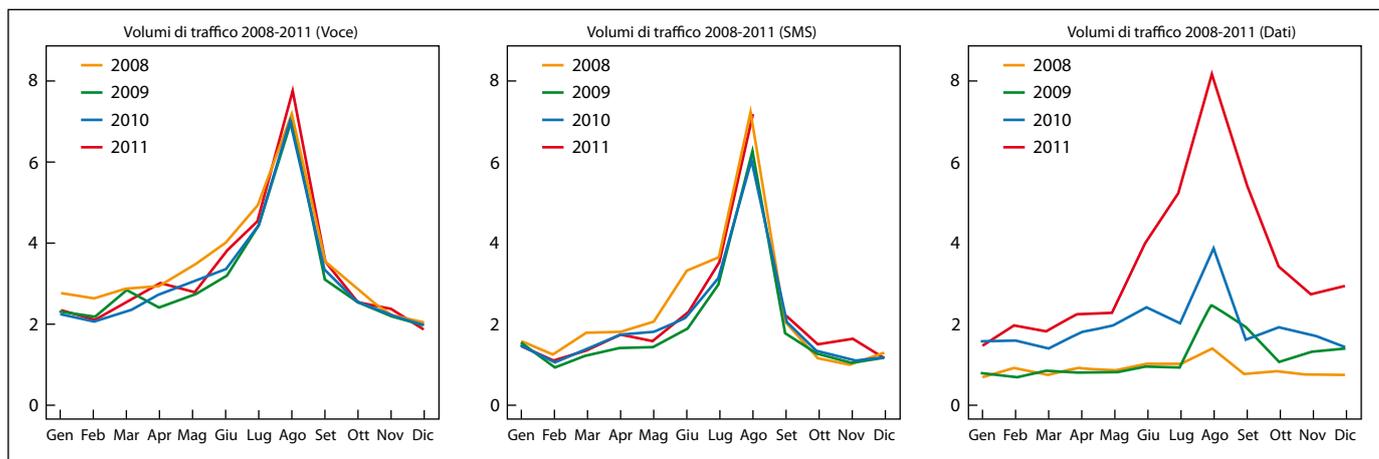


Figura 1 - Trend di traffico verso un certo Paese europeo a partire dal 2008. Sono evidenti la stagionalità del traffico, la forte regolarità dei canali voce ed sms, la notevole crescita del traffico dati. Qui e nelle figure successive, i valori numerici dei volumi di traffico sono stati normalizzati per favorirne la divulgabilità.

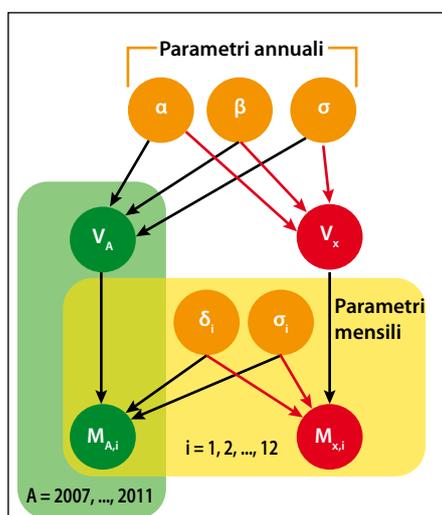


Figura 2 - Rete bayesiana per la previsione del volume di traffico (inbound o outbound, per uno dei tre canali voce/sms/dati) a partire dai dati storici sui volumi di traffico mensile degli ultimi 5 anni.

per questo qui indicata con N) con un valore medio che può variare linearmente nel tempo. In formule:

$$V_A(t) = N(\mu, \sigma), \quad (1)$$

dove $\mu = \alpha + \beta t$. I parametri α e β descrivono l'andamento lineare del valor medio annuale nel tempo⁶. La grandezza σ descrive l'incertezza associata al valore di V_A : tanto più σ è grande (rispetto al valore di μ), tanto più saranno probabili valori di V_A anche molto lontani dal valor medio μ .

Quello che vogliamo predire, utilizzando il modello, è il volume totale di traffico V_X per un anno successivo a quelli per i quali si conoscono i dati: nel nostro caso, il totale del 2011 mentre l'anno era in corso, oppure il totale del 2012 nella preparazione alla fase di negoziazione per i contratti del prossimo anno.

La dipendenza del volume annuo dai tre parametri α , β e σ è rappresentata nella rete in Figura 2 dalle frecce, che, partendo dai parametri arrivano sulle variabili V_A e V_X . Il traffico mensile viene descritto, in questa realizzazione base del modello, attraverso il suddetto trend di crescita-decrescita lineare, al quale si aggiungono variazioni le quali, essendo dovute ad una molteplicità di cause, possono essere matematicamente descritte da una distribuzione gaussiana.

Pur essendo questa, in generale, una descrizione ragionevole, è chiaro che in situazioni dove le condizioni di mercato sono soggette a forti variazioni appariranno discontinuità nel volume del traffico che non saranno ovviamente riprodotte da questa parte del modello. Per trattare queste sofisticazioni che si discostano da una crescita lineare (si pensi al forte incremento del mercato dei dati in Europa), il modello può essere facilmente esteso (si veda

Figura 3) per tener conto di assunzioni diverse sulla crescita dei volumi. Per ragioni di spazio ci limiteremo qui a descrivere il modello lineare, in quanto, pur nella sua semplicità, racchiude tutti gli elementi fondamentali del lavoro svolto.

Per quanto riguarda il traffico mensile di un certo anno, che indicheremo con $M_{A,i}$, dove l'indice A rappresenta l'anno e l'indice i il mese di riferimento, questo viene assunto essere una certa frazione del traffico totale per quell'anno. Sulla base di quanto già osservato, $M_{A,i}$ può anch'esso essere descritto da una distribuzione gaussiana, con valore atteso pari ad una frazione $\delta_i \cdot V_A$ del totale annuo ed una varianza anch'essa proporzionale al totale.

Si noti che, come sottolineato in precedenza, il parametro δ_i non dipende dall'anno in considerazione e rappresenta la frazione del traffico annuale che, mediamente, viene realizzato nel mese i -esimo. Nel modello base, questo è ragionevole per il fatto che stiamo considerando, come detto, un numero molto limitato di anni. In generale, la stessa "stagionalità" del traffico non ha scala di variabilità solamente annuale (ci può essere una crescita nel corso stesso dell'anno, come si vede ad esempio in figura 4), ma anche legata a considerazioni turistiche o geopolitiche.

⁶ Questa descrizione è in prima approssimazione ragionevole perché stiamo osservando il fenomeno su un numero molto limitato di anni consecutivi

⁷ Per una definizione di "prior" nel contesto delle reti bayesiane si veda [1, 2]; in maniera intuitiva con il termine "prior" si intendono le convinzioni "a priori" (ovvero prima di avere informazioni aggiuntive provenienti da dati o osservazioni) che si hanno riguardo allo stato in cui si trova una certa variabile. Un esempio tipico è quello del lancio di un dado. Se ci viene chiesto di assegnare al lancio di un dato la probabilità di uscita del numero 6,

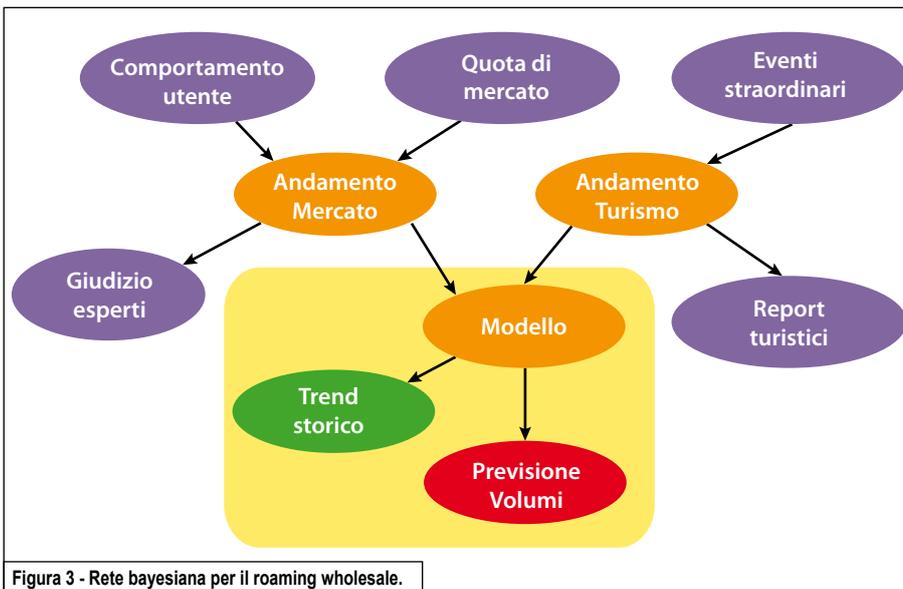


Figura 3 - Rete bayesiana per il roaming wholesale.

Il traffico mensile di un determinato anno dipende quindi dai due parametri δ_i e σ_i del modello e dal volume totale dell'anno, così come rappresentato nella rete di Figura 2.

A tutti i parametri del modello viene assegnata una prior⁷ opportuna sufficientemente ampia da ricoprire l'intervallo di valori possibili; i valori più probabili per i parametri, sulla base dei dati a disposizione, vengono successivamente "selezionati" dai dati stessi.

In definitiva, la rete così costruita permette di risalire ai valori più probabili per i parametri della distribuzione di traffico (nodi in arancio), una volta che siano stati assegnati ai nodi $M_{A,i}$ e V_A i valori registrati di traffico. Il modello "impara" dai dati del passato la frazione del volume annuo corrispondente ad ogni mese e usa questo valore per prevedere il totale annuo e di conseguenza anche i mesi mancanti dell'anno, ripartendo il totale tra di essi secondo le proporzioni appena imparate.

Nel linguaggio delle reti bayesiane (si veda [1]), una volta "istanziati" i valori di traffico osservati, la rete aggiorna la distribuzione di probabilità congiunta di tutte le altre variabili utilizzando il teorema di Bayes. Dalla distribuzione congiunta si ottengono (effettuando

quella che si chiama "marginalizzazione") le distribuzioni dei nodi sui quali non si hanno informazioni nuove, rispetto a quelle inserite nel modello. Da queste distribuzioni si calcolano i "valori attesi" (nel senso probabilistico), valori probabili e intervalli di probabilità, la correlazione tra queste stesse variabili (le quali ovviamente non sono indipendenti l'una dall'altra), sulla base delle informazioni a nostra disposizione (nel nostro caso, i volumi mensili degli anni passati o dell'anno in corso). Infine, tali distribuzioni possono essere rappresentate in un istogramma (come in Figura 5) o sintetizzate con valore medio e deviazione standard.

4 Implementazione del modello: il tool utilizzato

Il modello bayesiano è stato implementato utilizzando l'ambiente di programmazione R [11], particolarmente efficace nelle analisi statistiche. Il linguaggio R fornisce infatti una ricca serie di strumenti per leggere, elaborare e manipolare dati ed effettuare con facilità le relative analisi statistiche. È dotato di numerose funzioni grafiche per la visualizzazione dei dati. Infine,

è anche un linguaggio di programmazione, con istruzioni per loops, salti condizionati, definizione di funzioni e variabili vettoriali e matriciali. Nella fase della esplorazione dei dati, l'uso naturale è interattivo, utilizzando le numerose funzioni fornite dal sistema e quelle eventualmente definite dall'utente. Una volta definito il tipo di analisi da svolgere, è possibile scrivere un programma da fare eseguire in batch. Altro aspetto importante è l'esistenza di una R Foundation, creata dai primi sviluppatori, che ha come scopo il sostegno e la divulgazione di tecniche di computing applicate alla statistica. La R foundation è parte ufficiale del GNU Project della Free Software Foundation, che sostiene la realizzazione di software Open Source in tutte le discipline. In tal modo è cresciuta una vasta platea di sviluppatori che concorrono al miglioramento di R ed alla creazione continua di nuovi packages⁸: nell'archivio che ospita il progetto ne sono presenti numerosi (più di 4000!), con i quali è possibile affrontare la maggioranza delle problematiche legate alla statistica.

Nel nostro approccio di inferenza bayesiana, utile è il package rjags che permette di gestire all'interno di R il software per l'inferenza Bayesiana JAGS. In tal modo, all'interno dello stesso ambiente, si possono leggere i dati, fornirli alla rete bayesiana definita in JAGS, effettuare il calcolo per le distribuzioni marginali delle variabili di interesse, e graficare e analizzare i risultati.

5 Presentazione dei risultati

Al fine di mostrare le potenzialità del modello, sono riportati alcuni grafici che mettono in evidenza le caratteristiche principali dei risultati ottenuti. In Figura 4 è riportato l'andamento mensile dei volumi di traffico di clienti Tele-

nel rispondere 1/6 stiamo assumendo implicitamente che il dado non è truccato. In altre parole la nostra convinzione "a priori", prima di iniziare a lanciare il dado, è che le facce del dado siano equiprobabili. Tale convinzione può essere confermata o smentita dalle osservazioni, nel momento in cui iniziamo a lanciare ripetutamente il dado.

8 O "pacchetti": raccolte di funzioni aggiuntive, create dagli utenti, che accrescono le funzionalità di R.

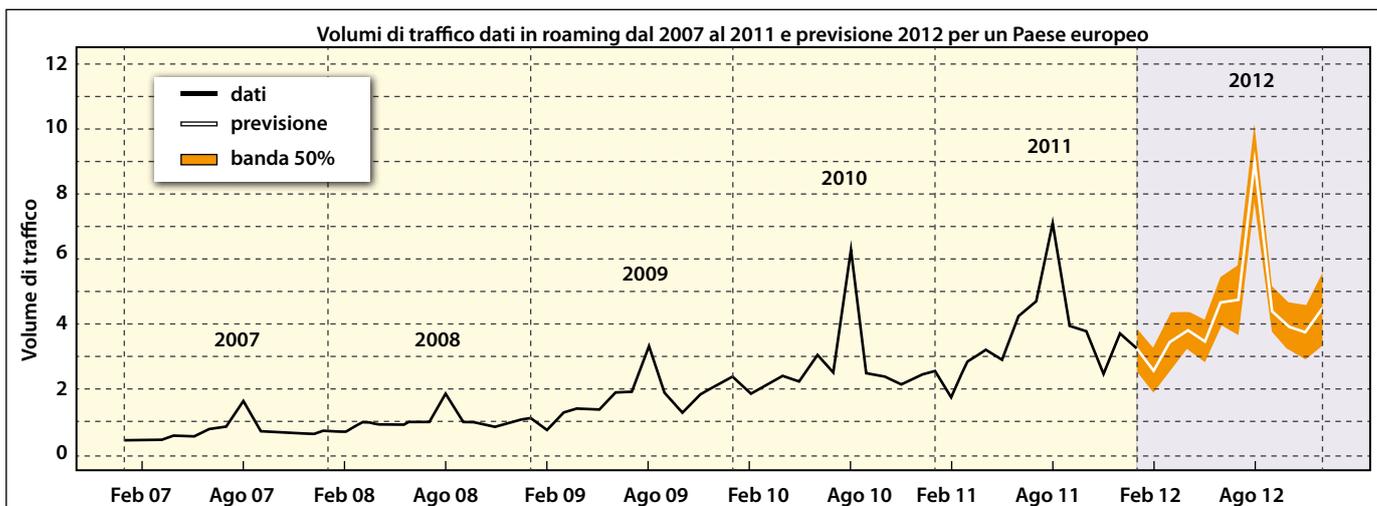


Figura 4 - Andamento mensile dei volumi di roaming per il traffico dati da gennaio 2007 a dicembre 2011 (dati storici, in nero) e previsione del modello bayesiano per il 2012. La curva bianca rappresenta il valore medio della previsione, la banda arancione racchiude i volumi attesi con il 50% di probabilità.

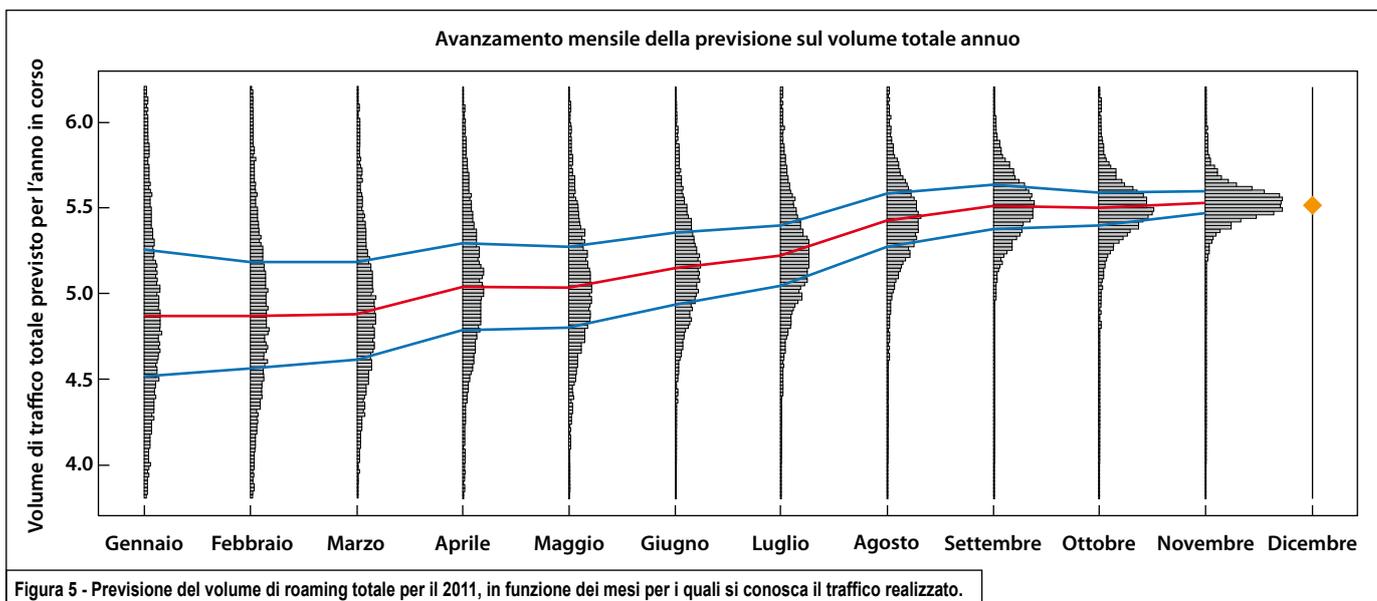


Figura 5 - Previsione del volume di roaming totale per il 2011, in funzione dei mesi per i quali si conosca il traffico realizzato.

com in roaming in un contesto europeo a partire da Gennaio 2007. In nero sono rappresentati i dati storici a disposizione, fino a Dicembre 2011. Per i mesi successivi a questa data sono fornite le previsioni probabilistiche del modello bayesiano. Con l'aggettivo "probabilistico" si intende il fatto che al volume non è associato un valore deterministico, bensì una distribuzione di probabilità, ovvero una funzione che per ogni intervallo di volumi associa la probabilità che il volume di interesse cada in

quell'intervallo. Nel grafico riportato in figura 4 la linea bianca rappresenta il valore medio della distribuzione di probabilità, mentre la banda arancione rappresenta l'intervallo in cui il volume di traffico è atteso con una probabilità del 50%. Poiché la rete bayesiana fornisce l'intera distribuzione di probabilità per ciascun volume desiderato, è possibile ottenere molteplici informazioni utili al fine della contrattazione, quali ad esempio la probabilità di raggiungimento di una certa soglia di traffico. La

previsione viene aggiornata man mano che si rendono disponibili mensilmente i volumi di traffico; è interessante analizzare il suo andamento al variare del numero di mesi di cui si conoscono i dati di traffico. In figura 4 è riportata, in funzione dei mesi dell'anno, la distribuzione di probabilità prevista dal modello bayesiano (per un certo Paese e fissati il canale e la direzione di traffico).

Dal grafico si evince come al passare dei mesi, ovvero all'aumentare della

quantità di informazioni sul traffico dell'anno in corso, la previsione si stabilizzi (la spezzata in rosso tende a una retta orizzontale) e l'indeterminazione associata alla previsione man mano decresca: la distribuzione di probabilità si stringe attorno al suo valore medio. Ciò avviene non solo perché con l'avanzare dei mesi diminuisce il numero di quantità da predire, ma anche perché aumenta il numero delle informazioni in nostro possesso.

È interessante notare che la previsione del totale 2011, per la quasi totalità dei Paesi, è diventata stabile intorno alla metà di quest'anno e aggiungere nuove informazioni non ha modificato sostanzialmente le nostre convinzioni sul traffico totale che sarebbe stato realizzato.

Questo scenario è rappresentato in Figura 5: in grigio sono indicate le distribuzioni probabilistiche del volume totale calcolate ad ogni mese; la linea rossa rappresenta l'andamento del valore medio della distribuzione man mano che si rendono disponibili i volumi mensili; la regione racchiusa tra le due linee blu rappresenta invece

l'intervallo di valori in cui ci si aspetta il volume finale dell'anno con una probabilità del 50%. Il punto arancione rappresenta il totale 2011 effettivamente registrato a fine anno.

Esistono inoltre casi nei quali la previsione del volume non si stabilizza al crescere di nuove informazioni; ciò indica che l'ipotesi di regolarità e stagionalità del traffico non è soddisfatta per quel Paese o operatore, o che la crescita del mercato ha avuto un andamento di tipo non lineare⁹. Tali eccezioni possono essere trattate utilizzando il modello più generale, che, estendendo il precedente, permette di gestire queste ulteriori informazioni. Un esempio di rete che estende quella di Figura 2 è stata mostrata in Figura 3.

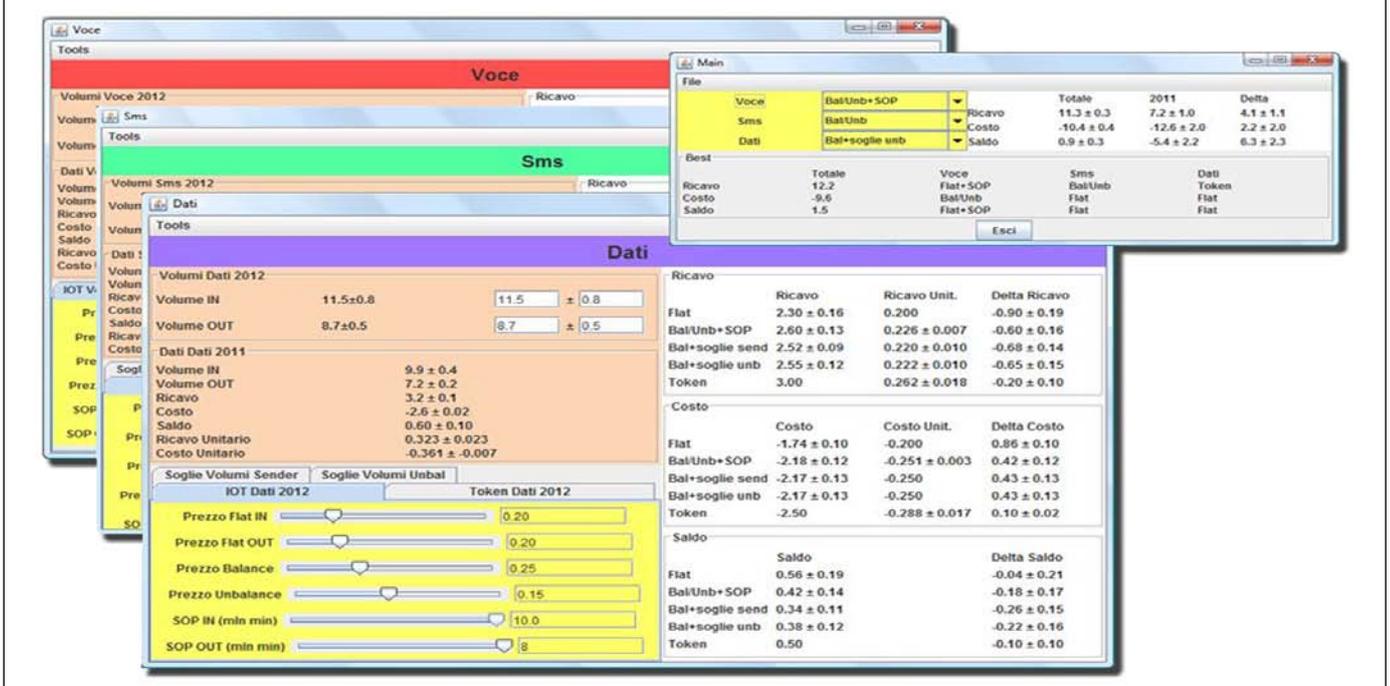
6 Ruolo delle previsioni del traffico nella contrattazione roaming e prime esperienze

Al fine di sfruttare al meglio le previsioni probabilistiche sui volumi di traffico fornite dal modello bayesia-

no nell'ambito della preparazione e conduzione delle negoziazioni degli accordi di roaming, è stato sviluppato uno strumento a supporto, denominato IRMA (*International Roaming Multi-Negotiation Algorithm*), in grado di valutare costi e ricavi per le diverse tipologie di accordi trattati da Telecom Italia. Ricavo e costo sono infatti anche esse variabili probabilistiche, con un'incertezza che deriva da quelle sulle previsioni dei volumi.

La previsione del ricavo e del costo per un certo accordo di sconto viene pertanto ottenuta come media su una grande varietà di scenari di traffico possibili, ciascuno dei quali è "pesato" con la probabilità che ha di verificarsi, secondo la propria distribuzione di probabilità. Il tutto viene processato in tempo reale, permettendo di avere la migliore stima possibile, con le informazioni a disposizione, dei costi e dei ricavi attesi per un certo accordo, con risparmi di tempo in tutte le fasi di preparazione alla negoziazione e notevole flessibilità quando si è nel vivo della contrattazione.

Figura 6 - L'interfaccia grafica dello strumento.



⁹ Una non linearità può essere originata anche da pratiche commerciali (steering) che concentrano il traffico dei clienti, in determinati periodi, verso le direttrici più convenienti.

Lo strumento (Figura 6) consente di confrontare simultaneamente diverse tipologie di accordo; i parametri in gioco possono essere modificati a piacere, ottenendo istantaneamente le previsioni corrispondenti. Durante la fase di sperimentazione sono state introdotte utilità quali la gestione dello steering del traffico (si veda nota 6) e l'ottimizzazione dell'accordo rispetto a un parametro desiderato (il programma può ricercare ad esempio l'accordo che massimizza il ricavo o che minimizza la spesa).

Come si vede dalla figura 6, lo strumento si compone di un pannello per ciascun canale di traffico (voce/sms/dati) e di un pannello principale riassuntivo. In ciascun pannello per singolo canale vengono inseriti i volumi previsti dal modello bayesiano e la relativa indeterminazione (in alto a sinistra). In basso si possono inserire (sia numericamente, sia trascinando l'indicatore) i valori delle IOT, le soglie di accesso agli sconti, i volumi di traffico garantiti e così via. Nella parte sinistra del pannello è riportato il ricavo, il costo e il saldo per ciascuna tipologia di accordo, con la propria indeterminazione associata. Nel pannello riassuntivo si trovano tre menu a discesa che permettono la scelta della tipologia di contratto per ciascun canale, riportando la previsione di ricavo, costo e saldo totale corrispondenti a queste scelte, con le rispettive incertezze. Inoltre vengono suggerite automaticamente le tipologie di contratto più favorevoli in ogni canale, al fine di ottimizzare ricavo, costo o saldo.

Questo strumento può essere utilizzato per la previsione e il monitoraggio di costi e ricavi di tutti gli operatori con cui Telecom Italia ha accordi di roaming internazionale (oltre 600 in circa 200 paesi). Fino ad oggi ci si è avvalsi del metodo bayesiano e dello strumento a supporto nell'ambito della preparazione e conduzione delle negoziazioni con partner e gruppi fon-

damentali che comprendono circa 20 operatori e generano una parte consistente dei ricavi e costi complessivi del roaming wholesale internazionale. Le stime effettuate applicando i principi bayesiani e gli strumenti di simulazione elaborati per analizzare l'outcome dei diversi modelli di accordo, tenendo conto delle diverse possibili combinazioni di volume, hanno contribuito ad incrementare l'efficacia nella conduzione degli incontri con questi partner, riducendone anche i tempi di finalizzazione.

Conclusioni

In questo articolo abbiamo visto come le crescenti aspettative dei clienti e la sempre maggiore competizione richiedano azioni di miglioramento costante nella gestione del roaming internazionale. Di conseguenza Telecom Italia ha deciso d'introdurre la metodologia bayesiana nella previsione dei flussi e del traffico roaming internazionale wholesale, al fine di affinare queste stime per difendere i ricavi ed incrementare la propria competitività, tanto da utilizzarla per le contrattazioni 2012 con i roaming partner principali. Questo passo in avanti nella gestione del roaming internazionale va considerato comunque come un nuovo punto di partenza, dal quale proseguire nel miglioramento del modello wholesale, affinando le capacità di previsione in un contesto che evolve verso i servizi Internet ed il mobile broadband.



Bibliografia

- [1] S. Cenatiempo, G. D'Agostini, A. Vannelli, *Reti bayesiane: da modelli di conoscenza a strumenti decisionali*. Notiziario Tecnico di Telecom Italia (3/10).
- [2] M. Valli, *La rivoluzione di Bayes*, pubblicata solo in formato ebook da "Il Saggiatore" (2011).
- [3] Per un esempio molto recente di come anche i fisici che lavorano ad esperimenti "di frontiera" possano cadere in errore nell'analizzare i risultati sperimentali se non fanno un uso razionale dei dati, si veda G. D'Agostini, *Probably a discovery: Bad mathematics means rough scientific communication*, disponibile online all'indirizzo arXiv:1112.3620v2; l'argomento del prof. D'Agostini è stato ripreso da P. Ball sulle pagine de The Guardian: <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/2011/dec/23/critical-scientist-higgs-boson>.
- [4] Il Premio Nobel per l'Economia è stato assegnato quest'anno a T.S. Sargent e C.A. Sims "per le loro ricerche sul rapporto causa-effetto nella macroeconomia". In particolare, nelle slide della "nobel lecture" di Sims (scaricabili all'indirizzo: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2011/sims-lecture_slides.pdf), vengono introdotti esplicitamente l'approccio bayesiano e le tecniche Markov Chain Monte Carlo, sulle quali tornemo più avanti in questo articolo.
- [5] I metodi Monte Carlo sono stati ideati per la prima volta dagli scienziati di Los Alamos che lavoravano al Progetto Manhattan. Per una introduzione, si veda N. Metropolis, *The beginning of the Monte Carlo method*, Los Alamos Science, 15 (1987), disponibile online all'indirizzo <http://library.lanl.gov/cgi-bin/getfile?00326866.pdf>.
- [6] Per una introduzione si veda C. Andrieu et al., *An introduction to MCMC for machine learning*, disponibile online all'indirizzo <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spr06/cos598C/papers/AndrieuFritasDoucetJordan2003.pdf>.
- [7] BUGS sta per Bayesian Inference Using Gibbs Sampling. Il Gibbs sampling è una delle possibili realizzazioni delle tecniche Monte Carlo. Questi algoritmi sono alla base del programma WinBUGS (in parte commerciale e oggi non più sviluppato) e dalla versione open-source OpenBUGS, disponibile alla pagina <http://www.openbugs.info/w/>.

- [8] Per una introduzione all'uso di WinBUGS/OpenBUGS, si veda I. Ntzoufras, *Bayesian modeling using WinBUGS*, Wiley (2009).
- [9] *Bayesian inference for NASA probabilistic risk and reliability analysis*, disponibile alla pagina <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/doctree/SP2009569.pdf>.
- [10] JAGS sta per Just Another Gibbs Sampler. È distribuito con una GNU General Public Licence. L'homepage del progetto si trova all'indirizzo <http://mcmc-jags.sourceforge.net/>.
- [11] *The R Project for Statistical Computing*, homepage all'indirizzo <http://www.r-project.org/>. Si può procedere al download della versione base e dei pacchetti aggiuntivi alla pagina <http://cran.r-project.org/>.



Irma Maria Abbondanza

È Business Analyst in Telecom Italia dal 1995, dove ha lavorato sugli scenari del mercato dei servizi di Fonia vocale, sullo sviluppo di nuovi modelli di business, sulle modalità dell'offerta di traffico telefonico internazionale e servizi BestWay. Dal 2005 segue il Business Planning & Monitoring dell'International Roaming Wholesale.



Laura Ardessi

laureata in scienze politiche, è entrata nel settore Internazionale di TIM nel 2000, occupandosi fin da subito di roaming internazionale. Attualmente riveste il ruolo di coordinatrice delle negoziazioni e delle relative politiche commerciali, per lo sviluppo del parco accordi di Roaming Internazionale di Telecom Italia.



Enrico Franco

primo ricercatore all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare presso il Dipartimento di Fisica alla Sapienza di Roma, collabora da tempo come consulente scientifico con Pangea Formazione con cui è stato realizzato lo sviluppo raccontato nell'articolo. È uno dei fondatori della collaborazione 'Utfit' che si occupa di inferire con il metodo bayesiano i valori dei parametri del Modello Standard che regolano il fenomeno della miscelazione dei sapori.



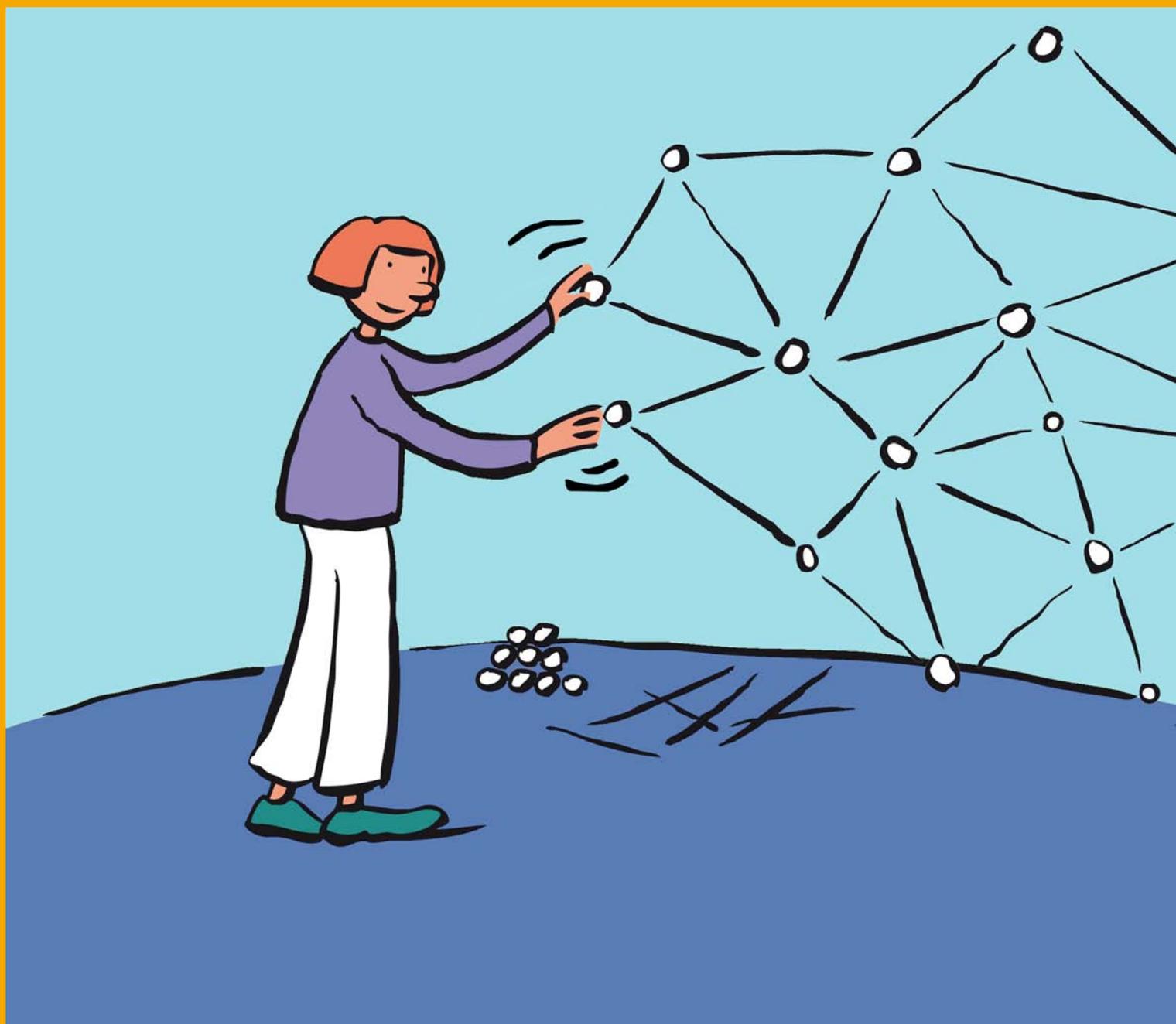
Giuliano Muratore

ingegnere elettronico, è in Azienda dal 1987, dove ha ricoperto varie responsabilità all'interno di progetti internazionali e nazionali, come l'evoluzione del Piano di Numerazione Italiano e l'introduzione della Mobile Number Portability e dei progetti d'innovazione tecnologica e di mercato. Attualmente è responsabile del Mobile Roaming business di Telecom Italia.

irmamaria.abbondanza@telecomitalia.it
laura.ardessi@telecomitalia.it
enrico.franco@roma1.infn.it
giuliano.muratore@telecomitalia.it

SEMPLIFICARE LE RETI DI DOMANI

Antonio Manzalini



Lo sviluppo tecnologico dei terminali e la progressiva introduzione di capacità di comunicazione in un crescente numero di dispositivi sta determinando la nascita di reti con miriadi di nodi interagenti. Queste reti saranno caratterizzate (soprattutto ai bordi) da un modello di interazione dinamico, molto articolato e costituiranno un vero e proprio ambiente di comunicazione, con continui auto-adattamenti locali. L'introduzione di capacità autonome nei nodi di queste reti diventerà un importante abilitatore, non solo per semplificarne la gestione ma anche per trasformare la rete da un sistema di interconnessione ad un potente attrattore su cui creare servizi e valore. L'Operatore sarà tanto più in grado di cogliere queste opportunità di business, quanto più saprà dominare la complessità delle reti future, agendo sia livello micro (attraverso introduzione di comportamenti autonomi locali), sia a livello macro (attraverso la comprensione matematica delle proprietà emergenti che determinano vantaggi competitivi).

1 Introduzione

Le reti di domani saranno simili alle reti degli ecosistemi in Natura, cioè basate su principi autonomi. Gli ecosistemi della biosfera infatti esistono e si sono evoluti per milioni di anni: sono esempi di sistemi complessi capaci di auto-organizzarsi, (anche in assenza di un controllo centralizzato) e di auto-adattarsi al variare delle condizioni al contorno. L'esempio che viene subito in mente è quando ci compriamo un PC: sarebbe bello se il PC fosse in grado di scoprire, da solo, cosa c'è in casa e si auto-configurasse in modo opportuno, magari ogni volta che cambia qualcosa nell'ambiente domestico. Questo è un comportamento di tipo autonomo.

Torniamo agli ecosistemi in Natura, in particolare prendiamo l'esempio delle colonie di termiti. La società di questi

insetti ha avuto uno straordinario successo evolutivo: è una delle più antiche del pianeta, conservandosi ed adattandosi per oltre 100 milioni di anni. Il comportamento di questi insetti è tra i più studiati, non solo in sociologia o biologia ma anche in ingegneria. Il comportamento di una termite è per sua natura semplice, ma dall'interazione di centinaio di migliaia di individui emerge la straordinaria organizzazione del termitaio. Cosa abbiamo imparato ad oggi dall'osservare in queste colonie?

Prima di tutto che i singoli individui hanno dei modelli di comportamento molto semplici: alcuni sono rapidissimi, automatici, altri, elaborati dal sistema nervoso, sono reazioni autonome a situazioni impreviste. Questi comportamenti sono basati su informazioni acquisite localmente (ad es. ottenute attraverso lo spazio fisico locale e attraverso l'interazione con i

vicini). La seconda cosa che abbiamo imparato è l'esistenza di una fitta (apparente) rete di "comunicazioni" che permette alle termiti di interagire in modo semplice ma efficace. In questo caso la rete è una creazione della nostra immaginazione, un modello che ci serve per spiegare i fenomeni emergenti. Un altro esempio di rete è quella energetica: tutti gli individui, di ogni casta e funzione, comunicano e sono legati agli altri attraverso continui scambi di cibo. Tutta la società è informata dello stato energetico del termitaio: quanto cibo (e di quale qualità) è a disposizione e quindi organizza ed indirizza nuove ricerche in base alle esigenze dinamiche.

In sintesi possiamo concludere che, per quanto comportamento della singola termite, nella sua semplicità, abbia (apparentemente) uno scarso significato, il comportamento complessivo di una colonia di termiti ha

come risultato l'emergere di una straordinaria organizzazione, con proprietà prevedibili. Questa plasticità consente alle termiti di adattarsi e superare in modo creativo i momenti di difficoltà: un'inondazione, un attacco di formiche predatrici o la distruzione di parte del termitaio.

Non abbiamo tuttavia bisogno di gestire il comportamento delle singole termiti per avere un termitaio ben organizzato, indipendente e capace di auto-adattarsi. La metafora è quindi immediata: lo studio degli ecosistemi ci fornisce gli strumenti per capire e sviluppare le reti di domani, costituite da una miriade di semplici nodi ed oggetti "ingestibili".

Il biologo Francisco Varela, per spiegare il comportamento delle termiti, ha formulato la teoria dell'enazione, secondo la quale ogni atto cognitivo di un singolo insetto è legato alla sua esperienza di "essere nel corpo"; questa esperienza corporea è autonoma e auto-riferita, nel senso che non dipende dall'ambiente esterno, ma dalla dinamica interna dell'individuo.

Ogni singola termite infatti non sa cosa sta facendo o deve fare. Non ha una idea di sé o del suo ambiente. Semplicemente vive della prospettiva del suo corpo accoppiato con l'ambiente per mezzo di cicli automatici di percezione-azione, accoppiati con il suo sistema nervoso (in grado di apprendere e quindi di creare nuovi cicli automatici di percezione-azione) e con l'ambien-

te (attraverso le informazioni ottenute attraverso lo spazio locale e interagendo con i vicini). L'auto-organizzazione del termitaio dunque emerge da questi tre anelli funzionali di causalità circolare (Figura 1).

I cicli percezione-azione sono normalmente rapidissimi e inafferrabili, ma possono lasciare qualche traccia a livello del sistema nervoso negli istanti di breakdown, momenti di rottura dell'agire automatico. Per fare un esempio, quando una termite incontra una galleria distrutta e si ferma il suo sistema nervoso si deve riorganizzare, deve produrre nuovi cicli senso-motori adeguati alla situazione.

La teoria enattiva sostiene anche l'accoppiamento globale dei cicli di percezione-azione locali: è come se un gruppo di termiti possa sincronizzarsi (pensate anche al lampeggiare delle lucciole). Nel seguito, a tal proposito, parleremo del modello matematico di Kuramoto. Non si sa esattamente cosa possa produrre questo sincronismo. Le attività della colonia seguono la vibrazione di questo "campo" che ha zone di amplificazione ed attenuazione: solo dove e quando l'ampiezza supera determinate soglie, il campo "manifesta" un'azione collettiva, una transizione di fase.

Ho insistito sull'esempio del termitaio in quanto si presta bene quando si pensa alle reti di domani: i nodi, ma anche i terminali e gli oggetti (quasi come termiti) potranno attuare, sulla

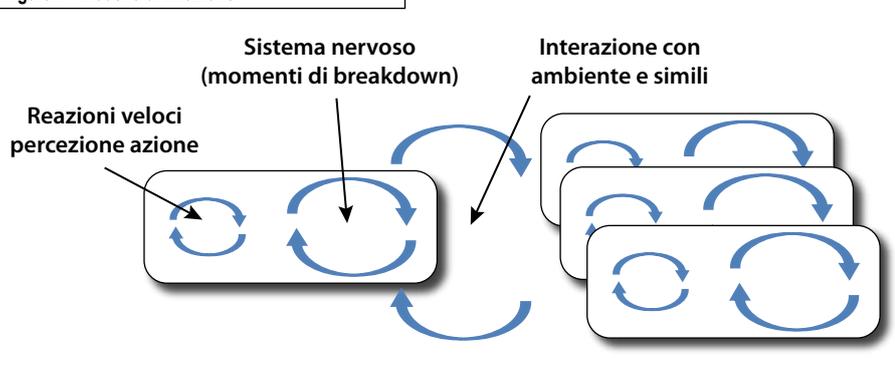
base della percezione del contenuto locale, delle decisioni elementari autonome e dall'interazione di questa miriade di micro-comportamenti potranno emergere dinamiche di auto-organizzazione, senza la necessità di un controllo centralizzato.

Nelle reti di domani ogni terminale oggetto diventerà come un nodo: potrà collegarsi alla rete e fruire di qualunque servizio e informazione ed interagire anche con altri terminali ed oggetti. La distinzione tra nodo di rete, terminale ed oggetto scomparirà: tutte queste entità saranno sensibili al contesto, riceveranno dati e informazioni e decideranno in modo autonomo cosa fare.

In questo modo la rete (autonomica) diventerà dunque l'elemento "embedded" alla base di nuovi ecosistemi, sui quali attrarre il sempre nuovo valore, attori e industria, anche in contesti apparentemente "lontani".

Consideriamo l'esempio dei libri elettronici che contengono la capacità di accesso ad Internet tramite la rete dell'Operatore. In molti casi la rete non è percepita da chi acquista il libro, in quanto è fornita in modo trasparente. Questo succederà sempre più spesso nel futuro: l'introduzione di "embedded communications" nei prodotti permetterà all'Utente di fruire di tutta una serie di servizi senza percepire un costo della connettività. Questa infatti è parte integrante del prodotto, dell'oggetto. Questa situazione si diffonderà ulteriormente con il Cloud Computing grazie anche al diffondere dell'Internet delle Cose e con le Cose.

Figura 1 - Modello di Enazione



2 Come realizzare le reti autonome

Abbiamo visto come i comportamenti autonomi siano alla base degli ecosistemi in Natura. In questa sezione entreremo nel dettaglio di come si possono realizzare nei nodi, terminali e og-

getti in rete dei comportamenti autonomi, o addirittura come la rete emerge dall'interazione di queste entità.

Le reti degli ecosistemi servizi di domani saranno inevitabilmente caratterizzate da alta pervasività e dinamismo: ai bordi, ogni terminale ed oggetto si comporterà come un vero e proprio nodo, sarà cioè in grado di collegarsi ad altri nodi per fruire di qualunque servizio e informazione o semplicemente di inoltrare dati. La prima cosa che vogliamo è che questi nodi (dotati di capacità di comunicazione-networking, processing e storage) siano sensibili al contesto locale (ad es. attraverso raccolta e scambio dati) e siano capaci di auto-adattarsi dinamicamente (ad es. attraverso l'attuazione automatica di configurazioni). Insomma che si "comportino" quasi come delle termiti! Non possiamo ovviamente aspettare milioni di anni di evoluzione per creare degli ecosistemi completamente indipendenti ed in grado di auto-organizzarsi ed auto-adattarsi, per cui gli Operatori dovranno dettare delle regole di alto livello (policy) per indirizzare l'emergere di determinate proprietà (di auto-organizzazione). Questo significa che l'Operatore dovrà quindi saper dominare la complessità delle reti future, agendo sia a livello micro (attraverso introduzione di comportamenti autonomi locali) sia a livello macro (attraverso la comprensione delle proprietà emergenti).

L'introduzione di capacità autonome nei nodi di una rete ha dunque il principale obiettivo di "semplificare" gli aspetti di gestione-controllo ed utilizzo delle risorse. Infatti, da un lato si ha il vantaggio di limitare l'intervento (e gli errori) degli operatori umani (ad es. per configurazioni di basso livello dei router), dall'altro si automatizza l'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse di rete (ad es. banda, spettro, energia, ...).

Per un esempio, ricorriamo ancora alla metafora degli ecosistemi. Il consumo

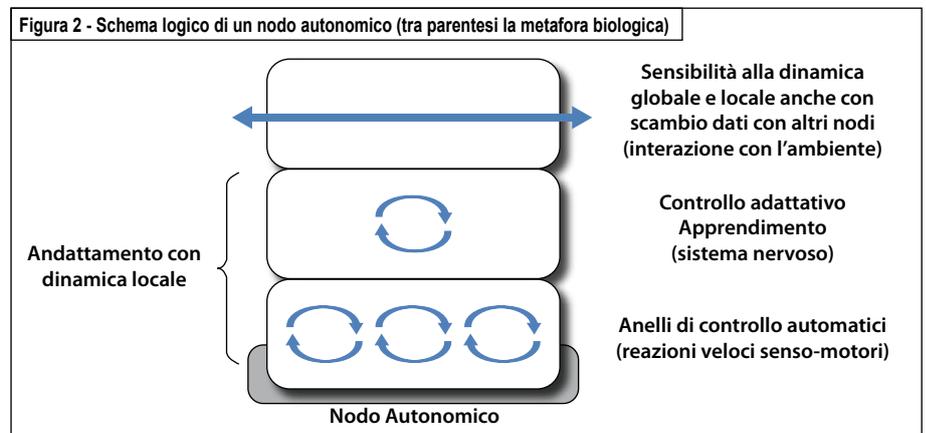
di energia è un elemento chiave in tutte le evoluzioni degli ecosistemi. La maggior parte dei collassi di ecosistemi sono dipesi da crisi energetiche. In una rete, il consumo energetico deve considerarsi come un complesso di fattori che possiamo ricondurre al costo totale di acquisizione, installazione ed esercizio (ad es. gestione). L'introduzione di capacità autonome in una rete incide in maniera determinante nell'abbattimento dei costi, e quindi dei consumi di energia degli ecosistemi associati.

Abbiamo probabilmente già intuito dalla teoria dell'Enazione che ciò che rende un nodo autonomo è l'introduzione funzionale "di anelli di controllo automatici e di capacità di apprendimento" (Figura 2). Tali meccanismi, pur variando un base al contesto di applicazione, possono essere implementati, già oggi, con diverse tecnologie e soluzioni. Gli elementi costitutivi di base comprendono le seguenti capacità:

- rilevazione del contesto: ad es. raccolta (sensori, sonde, ...) e scambio dati con ambiente e altri nodi;
- elaborazione dati e apprendimento: ad es. tecniche e metodi di data mining, controllo adattativo (adaptive control) [1] e apprendimento (reinforcement learning [2], [3]^{1,2});
- attuazione rapida (ad es. con attuatori nei controllori di nodo): ad es. metodi di decisione automatica (ad es. a soglia, o if-then-else).

Come si diceva, lo sviluppo dei sistemi e delle reti autonome ha una forte ispirazione biologica. In Natura, sia a livello del singolo organismo vivente sia a livello di ecosistemi, i principi autonomi governano le dinamiche comportamentali e le proprietà emergenti [7], [8], [9]. Attualmente sono già disponibili alcuni prototipi per la sperimentazione di piattaforme autonome di rete e servizi. Ad esempio l'Autonomic Computing Toolkit di IBM [10] costituisce un set aperto di librerie Java, plug-in e tool creati per l'ambiente di sviluppo Eclipse. Secondo questa architettura (di tipo gerarchico), ogni risorsa è dotata di un autonomic manager (Figura 3) che implementa autonomamente alcune funzioni di auto-gestione secondo il modello MAPE-K (Monitor, Analyze, Plan, Execute - Knowledge). Gli autonomic manager, inoltre, interagiscono tra loro e comunicano con gli orchestrating autonomic manager (del livello gerarchico superiore), che condividono la visione d'insieme e agiscono da coordinatori.

Nell'ambito del progetto europeo CA-SCADAS è stato sviluppato un tool kit [11] di componenti autonomi per l'astrazione delle risorse di elaborazione. In particolare, il tool kit si basa su un'architettura decentralizzata di unità elementari (componenti) che interagiscono tra di loro e mutano il loro comportamento e le loro relazioni in



1 Adaptive Control comprende delle tecniche di stima e predizione matematica dei parametri caratteristici del sistema controllato al fine di adattare le dinamiche di controllo. Reinforcement learning comprende una serie di tecniche e metodi (tipici della Computer Science) volti al problema dell'apprendimento (trial-and-error) di un sistema in un ambiente dinamico.

2 Un interessante campo di applicazione delle tecnologie autonome è quello dei piloti automatici [4], un insieme di sistemi s/w e h/w capaci di guidare un veicolo (ad es. aereo, nave, vettura) senza assistenza da parte di un essere umano. Altri esempi di applicazione sono le flotte di Unmanned Aerial Vehicle [5] sviluppati nel settore militare e gli swarm di robot [6].

base a regole codificate al loro interno. Il componente autonomico sviluppato nel progetto CASCADAS può essere schematizzato attraverso due cicli di controllo (Figura 4): il ciclo interno ha la funzione di garantire la gestione interna del componente (come la riconfigurazione in caso di guasto, l'ottimizzazione dei parametri di configurazione, ecc); il ciclo esterno abilita l'interazione con l'ambiente esterno, garantendo l'adattamento al contesto. Inoltre un componente autonomico ha anche capacità di apprendimento e ragionamento che gli permettono di aggiornare i propri piani di comportamento in base all'evoluzione delle variabili di contesto interne ed esterne.

Un componente autonomico diventa dunque come un organismo capace di raccogliere eventi ed auto-adattare il proprio comportamento secondo le variazioni del proprio stato interno, del contesto e delle interazioni con altri componenti.

L'esperienza sui sistemi autonomici acquisita da Telecom Italia in CASCADAS, confluisce attualmente nella partecipazione ad un altro progetto europeo UNIVERSELF [12]. In particolare questo progetto si propone di integrare le conoscenze acquisite a livello internazionale per progettare e sviluppare - in ottica industriale - un prototipo di sistema di gestione di rete, autonomico e parzialmente distribuito, chiamato UMF (Unified Management Framework). L'idea di base è sviluppare algoritmi e metodi che possano rendere in certa misura nodi autonomici (con comportamenti locali auto-adattativi) e poi attuare delle capacità di orchestrazione attraverso l'UMF (Figura 5), in grado di recepire e tradurre le policy (di alto livello) dell'Operatore in configurazioni locali.

Queste attività di ricerca internazionali stanno anche maturando in ambito standardizzazione. Ad esempio in ETSI (Industry Specification Group (ISG) "Autonomic Network Engineering for

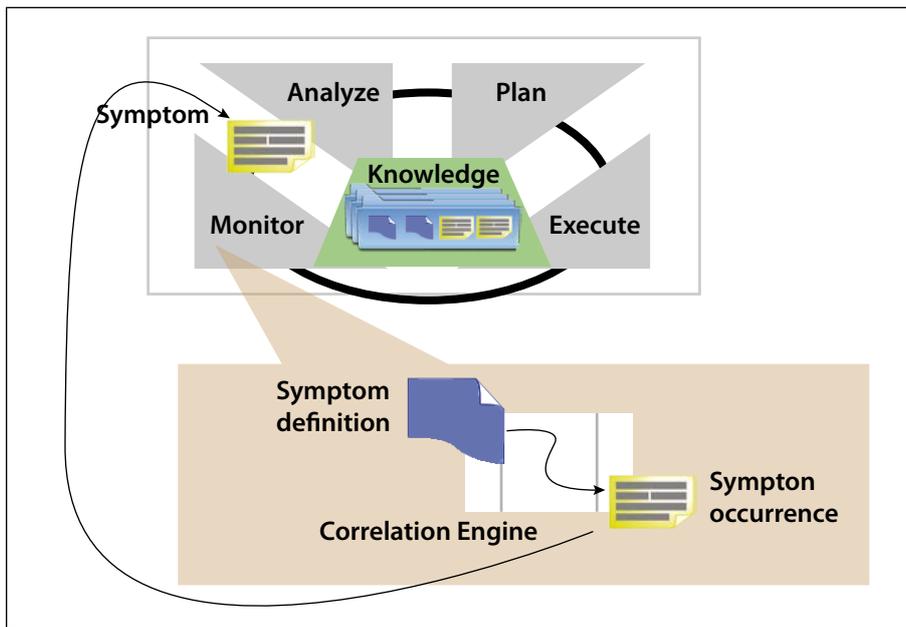


Figura 3 - Schema logico di un componente autonomico (IBM tool kit [7])

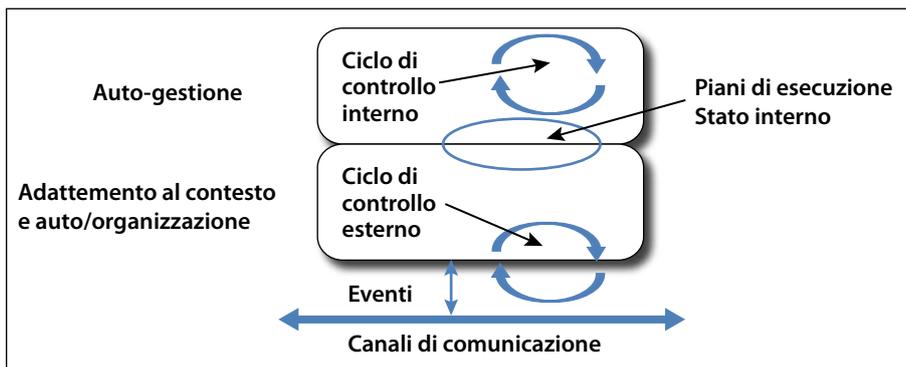


Figura 4 - Schema logico di un componente autonomico (CASCADAS tool kit [11])

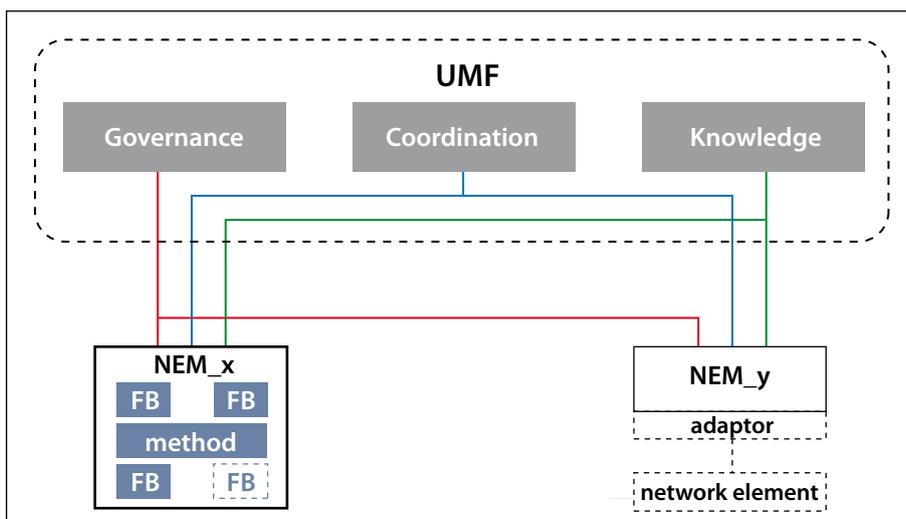


Figura 5 - UMF del progetto europeo UNIVERSELF [12]

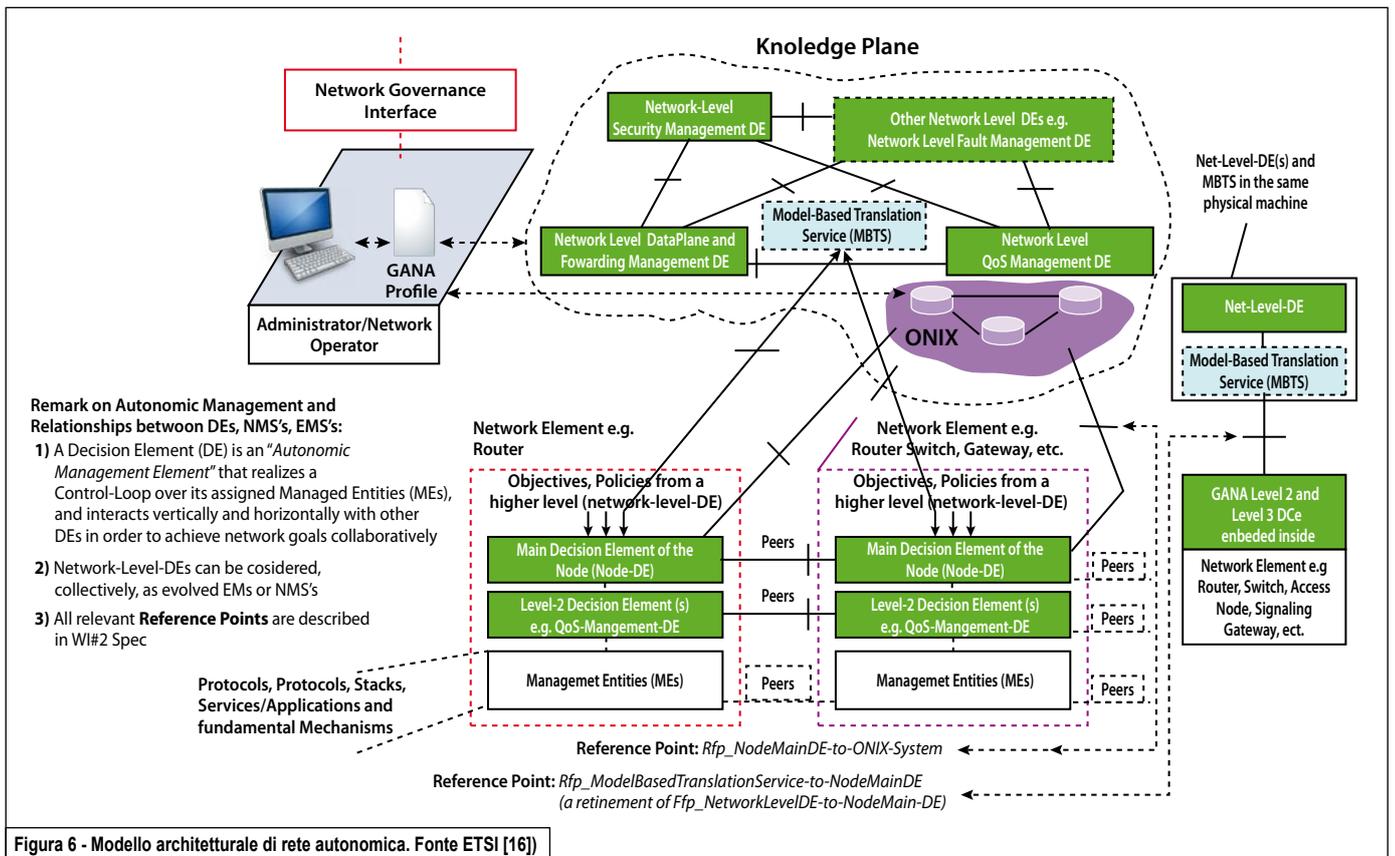


Figura 6 - Modello architetturale di rete autonoma. Fonte ETSI [16]

the Self-Managing Future Internet") [16] è in corso definizione un modello architetturale di rete autonoma. Gli elementi costituenti di base di questa architettura sono riportati in Figura 6.

3 La matematica delle reti

Introdurre comportamenti autonomi nei nodi di una rete non basta: occorre saper indirizzare le dinamiche emergenti. Qui interviene la matematica delle reti con gli strumenti di Industrial Mathematics (come ad es. Piccoli Mondi, Teoria dei Giochi, del Chaos, della Percolazione).. Il messaggio principale è che il successo dell'Operatore dipenderà dalla capacità di semplificare la rete del futuro, fino a farla "scompare". In tal senso dobbiamo saper sfruttare la capacità del nostro cervello di cogliere

l'esistenza di strutture semplificate, facili da catturare matematicamente. Ad esempio, se pensiamo al fiocco di neve, nonostante la sua forma complessa, dal punto di vista percettivo cogliamo la sua simmetria che ci da un senso di semplicità: i fiocchi di neve sono delle forme matematiche (frattali) che vengono generate a partire da una relazione in cui, al variare dei parametri, si creano sottostrutture, ciascuna diversa dalle precedenti ma straordinariamente simile al nostro occhio. La scoperta di queste "regolarità", e della matematica la governa, ha lo straordinario effetto di semplificare, in quanto bastano poche informazioni per descrivere sistemi enormemente complessi. Dovremmo saper applicare lo stesso principio per le reti di domani. L'organizzazione delle formiche nasconde un ordine complesso governato da poche variabili locali, che, per quanto difficile da modellizza-

re, è chiaramente evidente. Quando una formica trova una fonte di cibo, lascia delle tracce di "feromoni" per aiutare le altre formiche a percorrere la stessa strada e rintracciare più velocemente il cibo: il tasso di diffusione e di evaporazione dei feromoni (variabili) emessi dalle formiche condiziona il raggiungimento e la rapidità di esaurimento delle scorte di cibo situate nei paraggi. Di nuovo la scoperta di poche variabili e della matematica le governa, semplifica drammaticamente la complessità. Ma c'è di più: non c'è un'effettiva rete di comunicazione tra le formiche, ma solo il loro comportamento locale (rilascio di ormoni e reazioni al contesto): la rete (dotata apparentemente di un ottimo algoritmo di routing) è una proprietà emergente. Questo significa che se saremo bravi a "semplificare", domani potremmo avere delle reti a zero costi.

4 Piccoli Mondi

È stato osservato come la maggior parte dei sistemi complessi evolva spontaneamente in reti di tipo Piccolo Mondo, le cui caratteristiche salienti sono l'alto livello di aggregazione e il basso grado di separazione. Ogni elemento della rete tende ad avere relazioni prevalentemente con pochi altri (alta aggregazione), ma questo non impedisce di ottenere comunque una sua "vicinanza", tramite pochi intermediari (hop), con qualsiasi altro elemento della rete (basso grado di separazione). E' come dire che le reti Piccolo Mondo sono caratterizzate da legami forti e legami deboli. I legami forti rappresentano interconnessioni o aggregazioni locali, mentre i legami deboli forniscono la connettività complessiva. Le reti Piccolo Mondo garantiscono una maggiore efficienza nella circolazione della informazione, inoltre sono più robuste, ossia hanno una più alta tolleranza agli errori casuali che impedisce la frammentazione del sistema.

Anche osservando il Web, la rete di interconnessioni esistenti tra le diverse pagine, ovvero i link per passare da una pagina all'altra pagina, si scopre che è di tipo Piccolo Mondo. Anche le reti funzionali di neuroni nel cervello mostrano queste caratteristiche. Queste reti hanno anche l'interessante peculiarità di essere invarianti rispetto alla scala. Questo significa che se anche aggiungiamo molti nuovi elementi, in generale il numero di passi che occorrerà fare, per passare da un elemento all'altro, non varierà in modo significativo. In altre parole queste reti mantengono basso il livello della complessità comunicativa anche quando le dimensioni aumentano. È grazie a queste caratteristiche che abbiamo in natura ecosistemi così complessi: quello che tiene insieme il tutto è la comunicazione tra le sue parti e questa sarebbe inefficace, se la sua complessi-

tà crescesse con la complessità dell'organismo.

5 Il ruolo del Chaos

Contrariamente all'accezione comune, in termine Chaos non significa disordine, assenza di ogni struttura ordinata: il Chaos matematico è un ordine complesso, nascosto, difficile da individuare che rende difficile azzardare "previsioni". Un sistema viene definito caotico, se la sua dinamica è fortemente condizionata dalle variazioni di alcuni parametri, le cui variazioni possono produrre effetti molto diversi. Di solito questi sistemi hanno comportamenti non-lineari che non cambiano gradualmente, ma attraversano delle soglie critiche dopo le quali la loro struttura (nello spazio) e/o il loro comportamento (nel tempo) possono cambiare drasticamente (il cosiddetto fenomeno delle transizioni di fase). Questi concetti si applicano bene alle reti di domani, ad esempio quelle principalmente basate su comunicazioni locali. Ad esempio la Figura 7 è riportata la transizione di fase della probabilità che una rete di nodi mobili (con comunicazioni locali) sia interamente connessa (in funzione del raggio di comunicazione medio).

Figura 7 - Esempio di transizione di fase

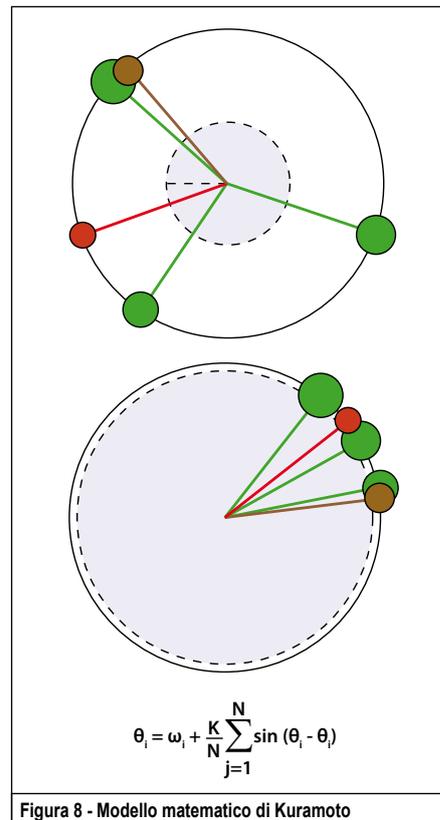
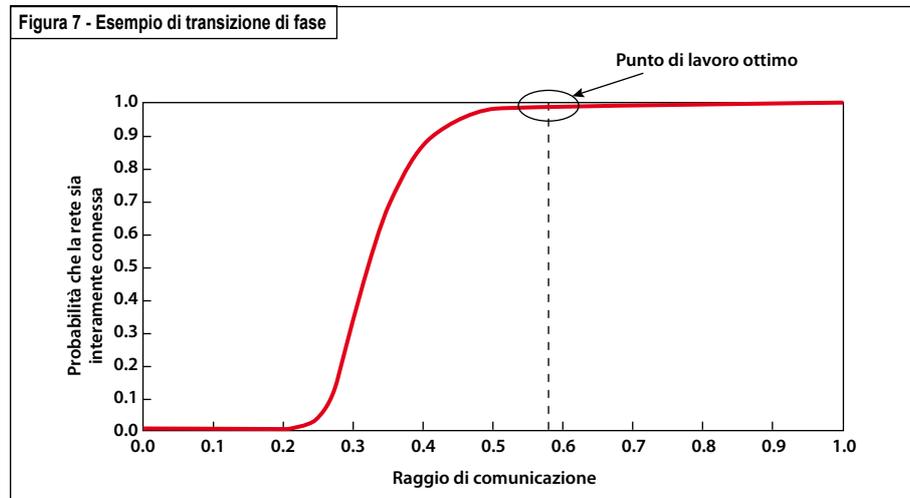


Figura 8 - Modello matematico di Kuramoto

Un'altra caratteristica di molti sistemi caotici è la straordinaria proprietà di sincronizzare spontaneamente i propri elementi. Nel regno animale troviamo parecchi esempi, dal lampeggiare delle lucciole al canto dei grilli, dagli stormi di uccelli ai branchi di pesci. L'interesse di questi sistemi risiede nel loro comportamento collettivo (di

sincronizzarsi), ossia di raggiungere, dopo una fase transitoria, la stessa frequenza finale, pur avendo frequenze proprie distinte. L'obiettivo è capire come.

Il modello matematico di Kuramoto, ad esempio, (Figura 8), sviluppato per un sistema di oscillatori accoppiati, dimostra come al di sotto di un valore di soglia gli oscillatori siano incoerenti, poiché le forze esercitate si elidono a vicenda, ma come, all'improvviso, una volta oltrepassato il limite, la sincronia appaia.

Il modello di Kuramoto è stato utilizzato in molti scenari, anche nel settore di telecomunicazioni (per esempio nello studio delle ad hoc network) o in ambito sociale.

6 Teoria dei Giochi

Le reti del futuro saranno caratterizzate da un modello di interazione dinamico, non lineare, molto articolato, e costituiranno un vero e proprio ambiente di comunicazione, con possibili transizioni di stato causate da situazioni spesso caotiche, con continui auto-adattamenti. Dietro il palcoscenico di queste reti ci sarà una molteplicità di Player (non solo Operatori, OTT, ma anche fornitori di elettronica di consumo, o comunità locali), che collaborano e competono, secondo diverse strategie di business. Qui può aiutarci la Teoria dei Giochi. B.B. de Mesquita, ha dimostrato la semplicità ed i vantaggi dell'applicazione della teoria dei giochi nei più disparati contesti: dalla possibilità di predire un attacco militare, all'acquisto di un autovettura a condizioni vantaggiose, all'anticipazione di certe dinamiche di mercato. Altre ben note applicazioni nel contesto delle telecomunicazioni riguardano dalla condivisione delle risorse trasmissive in una rete ad-hoc wireless (quindi senza controllo cen-

tralizzato) ai meccanismi di incentivazione in reti peer-to-peer.

La Teoria dei Giochi si occupa infatti dello studio di situazioni di conflitto, competizione tra un certo numero di individui e ne ricerca soluzioni cooperative e non cooperative tramite l'analisi delle decisioni individuali in situazioni in cui vi sono interazioni tra i diversi soggetti.

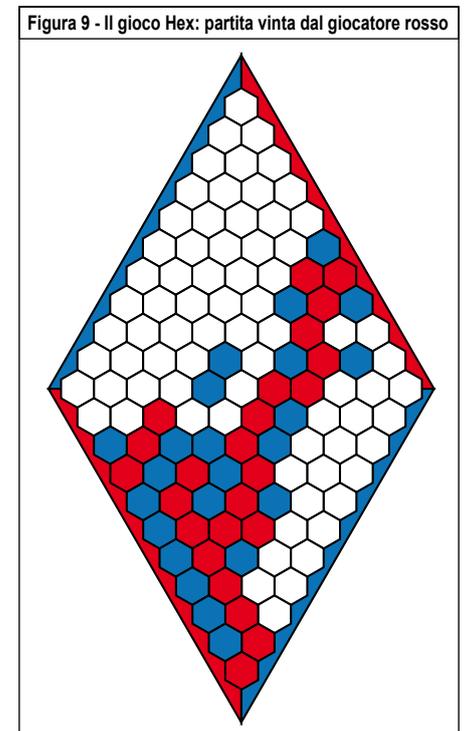
La moderna Teoria dei Giochi fornisce dunque strumenti matematici applicabili, in modo interdisciplinare, a tutte le situazioni di interazione strategica, di ogni scienza sociale, comprendendo la presenza di giocatori sia umani, sia non umani.

Un esempio di concetto largamente utilizzato nella soluzione di giochi (non cooperativi) è quello noto come equilibrio di Nash: in estrema sintesi, un insieme di strategie adottate dai giocatori costituisce un equilibrio di Nash se nessuno di essi, preso singolarmente (ovvero se gli altri giocatori non mutano strategia), può, cambiando strategia, migliorare il suo guadagno, payoff. Dunque, in corrispondenza di un equilibrio di Nash, per ogni giocatore la strategia adottata costituisce la sua migliore risposta alle strategie adottate dagli altri giocatori.

Il gioco Hex (figura 9), inventato da Nash, è uno straordinario esempio di analisi del rapporto "semplicità - complessità" e delle "strategie sottese". Le regole del gioco si imparano in pochi secondi, dimostrando come a fronte di un'apparente semplicità, Hex abbia una dinamica estremamente ricca e complessa. Un giocatore ha a disposizione un certo numero di pedine blu e l'altro di pedine rosse. Vince chi riesce per primo a creare con le sue pedine una catena ininterrotta che colleghi i lati opposti dello stesso colore. Il gioco Hex (gioco finito a informazione perfetta) non può finire con un pareggio. Ogni mossa può solo migliorare la posizione, quindi se il secondo giocatore avesse una strategia vincente, il primo

giocatore potrebbe eseguire una mossa a caso e quindi seguire la strategia che avrebbe seguito il secondo. Questo "furto di strategia" porta a dedurre che il primo giocatore vince sempre. In realtà già con la scacchiera 11x11 il numero di mosse è così elevato che non è possibile dare una dimostrazione costruttiva della vittoria del primo giocatore.

Ci sono anche giochi che implicano un processo dinamico di decisione che evolve nel tempo, con più decisori, ognuno dei quali, con la propria funzione di utilità, è in grado di accedere a diversa informazione. In questo caso si parla di giochi dinamici e differenziali. Il ruolo dell'informazione - cosa conosce un giocatore rispetto agli altri - è cruciale nell'esito di questi problemi. Sono evidenti gli incroci con la teoria del Controllo Ottimo, il cui scopo è ottenere soluzioni ottimali (massimizzando o minimizzando) e sviluppare algoritmi numerici per problemi dinamici di decisione. Come detto, questi principi sono già stati applicati a problemi di Trasporti, di Micro e Macro-



conomia. E' immediato intuirne anche l'applicabilità ai problemi delle future reti di telecomunicazioni dove le strategie del gioco dinamico di diversi attori possono determinare nascita ed successo di ecosistemi servizi.

7 Reti Virtuali e Percolazione

Abbiamo visto come la struttura (architettura, topologia) di una rete in evoluzione è importante tanto quanto la dinamica dei singoli nodi: ovvero la struttura della rete fa evolvere il sistema in maniere diverse a seconda della sua natura, determinandone l'adattabilità all'ambiente, e soprattutto la resistenza agli attacchi esterni. Diventa quindi interessante considerare l'applicabilità per le reti future dei mo-

delli studiati per la diffusione di virus o epidemie. In genere, la dinamica di diffusione è funzione sia la probabilità di "infezione" sia di quella di "guarigione" dei singoli nodi, ma anche dalla scelta i nodi di partenza dell'epidemia. Questi modelli di prestano bene per studiare le reti dinamiche generate dalle interazioni ad esempio con Twitter. La Figura 10 indica un esempio: ogni nodo corrisponde ad un utente, i tratti in blu sono dei re-tweet (servono a condividere i Tweet con chi ci segue), mentre quelli in arancio sono mention (un qualsiasi aggiornamento Twitter che contiene @nomeutente all'interno del tweet). Dall'analisi si osserva come la comunicazione tra le due community utilizzi principalmente mention, mentre all'interno di ciascun gruppo normalmente viene usato il re-tweet. Si tratta di un esempio di co-evoluzio-

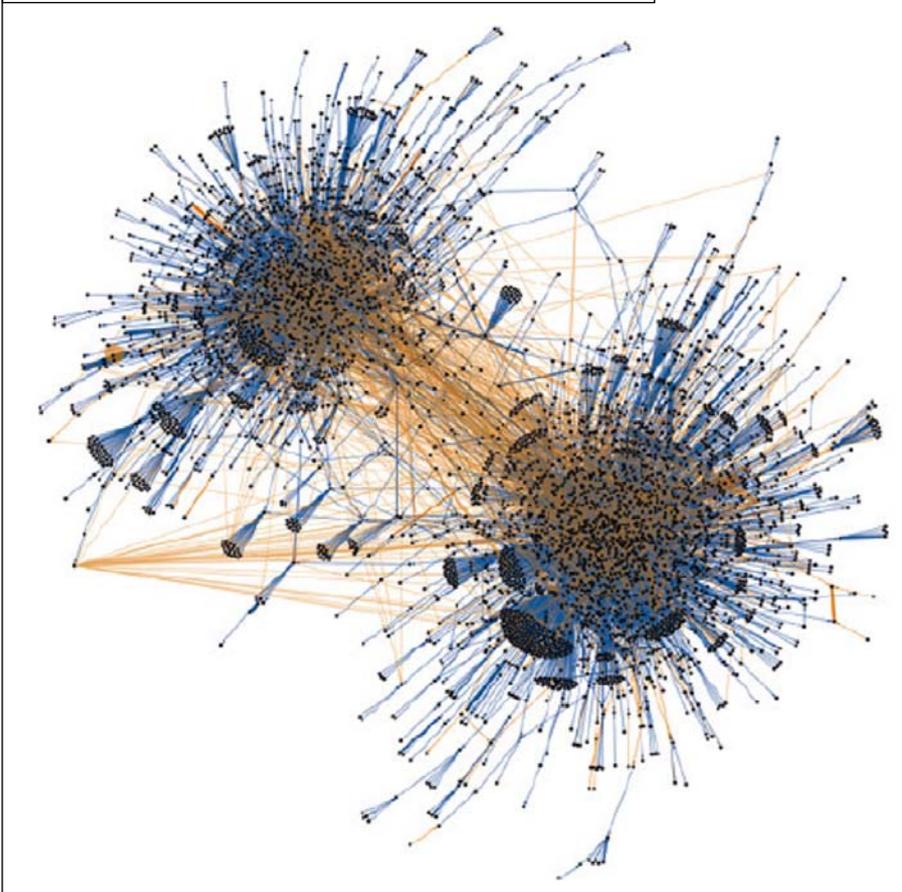
ne di una rete di comunicazione e di un processo di diffusione.

Un altro esempio di applicazione riguarda lo sviluppo di reti "opportunistiche" dove i nodi entrano ed escono dinamicamente e comunicano (ad es. wireless) fra di loro localmente al fine di distribuire (e memorizzare) il più rapidamente possibile dei dati o informazioni (gossiping).

Anche la teoria matematica della percolazione ha interessanti applicazioni per lo sviluppo delle reti del futuro. La teoria si basa sull'idea di trattare la percolazione come il passaggio di un fluido attraverso un mezzo poroso rappresentato da un reticolo cubico. Il passaggio del fluido tra le facce opposte di un cubo, o di una sequenza di cubo, viene considerato un fenomeno aleatorio e pertanto il modello può essere esteso a tutti quei problemi in cui si è interessati alle proprietà di connessione globale di un sistema macroscopico, le cui connessioni sono realizzate a livello microscopico in modo stocastico.

Nel box è riportato un approfondimento sull'applicazione della teoria della percolazione nello studio dell'emergere (come una transizione di fase) di un nucleo di connettività di rete (Giant Component).

Figura 10 - Visualizzazione della rete dinamica generata dalle interazioni su Twitter



8 Scenari di applicazione

Vediamo ora alcuni possibili scenari di introduzione delle capacità autonome in rete. I possibili contesti di applicazione riguardano tutti i segmenti di rete (Home Network, Accesso-Edge, Metro-Core), sia fissa sia radio, e le piattaforme di Cloud Computing. In particolare, già oggi si osservano iniziative relative ai seguenti contesti:

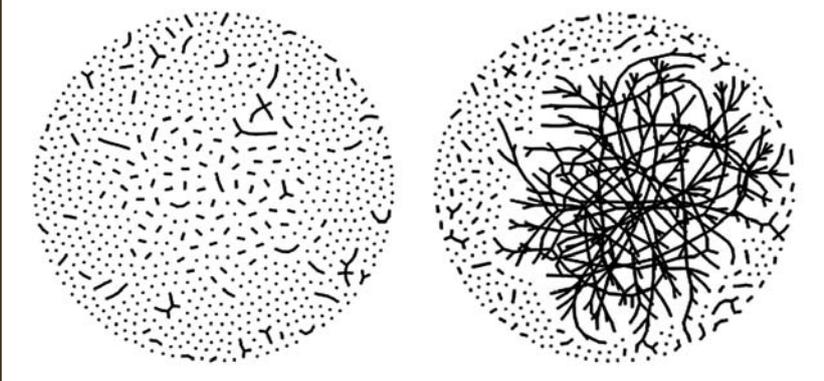
- Home Network: al fine di attuare capacità di auto-discovery ed auto-configurazione per sistemi ed apparati che costituiscono le Home Network.

Un po' di più sulla percolazione

La teoria della percolazione ci permette di studiare l'evolvere delle proprietà di connessione globale di una rete, le cui connessioni sono realizzate a livello microscopico in modo stocastico. Una delle principali domande a cui può rispondere la teoria è la determinazione del parametro di controllo (ad es. la densità' di siti in site-percolation o la probabilità di legame in bond-percola-

tion) per il quale la rete raggiunge una configurazione, percolante, cioè tale da includere un cluster di nodi (Giant Component) di dimensioni confrontabili a quelle della rete stessa (Figura A). Altrettanto importante è predire il comportamento di parametri osservabili che risentono delle proprietà di connettività nei pressi della cosiddetta soglia di percolazione.

Figura A - Emergere della connettività un cluster di nodi (giant component)



- **Accesso-Edge:** per sviluppare capacità di auto-gestione ai bordi della rete allo scopo di semplificare il progressivo aumento di pervasività, eterogeneità e dinamismo legato anche a terminali, sempre più simili a nodi di rete, M2M e all'Internet delle Cose. In questo contesto, le tecnologie autonome diventano uno strumento indispensabile per garantire stabilità e prestazioni di rete (anche a fronte del possibile emergere degli scenari anche particolarmente disruptive, nei quali occorre identificare un nuovo ruolo dell'Operatore).
- **Metro-Core:** al fine di sviluppare capacità di auto-discovery ed auto-configurazione (dei router) grazie l'introduzione di capacità autonome nei piani di controllo nei sistemi di gestione.
- **Cloud Computing:** per semplificare gli aspetti di gestione ed ottimizzazione dell'infrastruttura IT. Inoltre, un'introduzione cross-layer dell'autonomia consentirebbe anche di attuare una semplificazione nell'integrazione delle risorse di Rete e di Cloud (ad es. la rete è capace da sola di auto-adattarsi dinamicamente alle richieste applicative del Cloud, di bilanciare il traffico ed il carico). Esaminiamo alcuni esempi concreti di scenari di applicazione. Le tecnologie autonome permettono lo sviluppo di architetture di rete (anche disruptive) a controllo distribuito (parziale o totale). L'esempio tipico è quello di una rete con un grande numero di nodi (ad es. anche di tipo commodity, a basso costo), embedded systems e terminali

con capacità di processing, storage e networking (Enactive Cells Networks). I nodi, connessi tra loro con collegamenti di tipo wireless, sono liberi di muoversi casualmente e di auto organizzarsi (in base al contesto rilevato localmente), garantendo la connessione di ogni nodo con qualunque altro, sebbene la topologia vari rapidamente ed in modo imprevedibile. La rete consente lo scambio dati e la comunicazione locale tra gli Utenti senza far ricorso alla rete dell'Operatore, se non per comunicazioni su più lungo raggio (tra isole) e accesso ad Internet.

E' possibile dimostrare (matematicamente, teoria delle transizioni di fase) che esiste una soglia critica (legata al numero di nodi autonomici in una area geografica ed al raggio di comunicazione) per cui la rete è in grado di garantire una copertura di servizio (nell'area e con una determinata affidabilità) con un ottimo utilizzo di risorse (Figura 11).

In questo scenario, le tecnologie autonome potrebbero consentire di superare le attuali limitazioni delle MANET (Mobile Ad-Hoc NET, basate su WiFi, IEEE 802.11), quali routing dinamico scalabile che si adatta ai cambi di topologia, definizione dell'ottimo operating point della rete a seconda delle applicazioni e delle prestazioni richieste, abilitare architetture layerless (per dettagli si veda [13]).

Un altro esempio di scenario applicazione delle tecnologie autonome riguarda l'abilitazione delle comunicazioni dirette Device to Device (quando in prossimità) [14], [15] anche in reti cellulari 3G-4G, con conseguenti vantaggi di riduzione consumi di energia e ottimizzazione delle prestazioni (ad es. riduzione carico nelle base station eNB). Il controllo delle comunicazioni D2D potrebbe essere in parte locale in parte espletato dalle base station (eNB) (potenza, interferenza, riuso spettro,...).

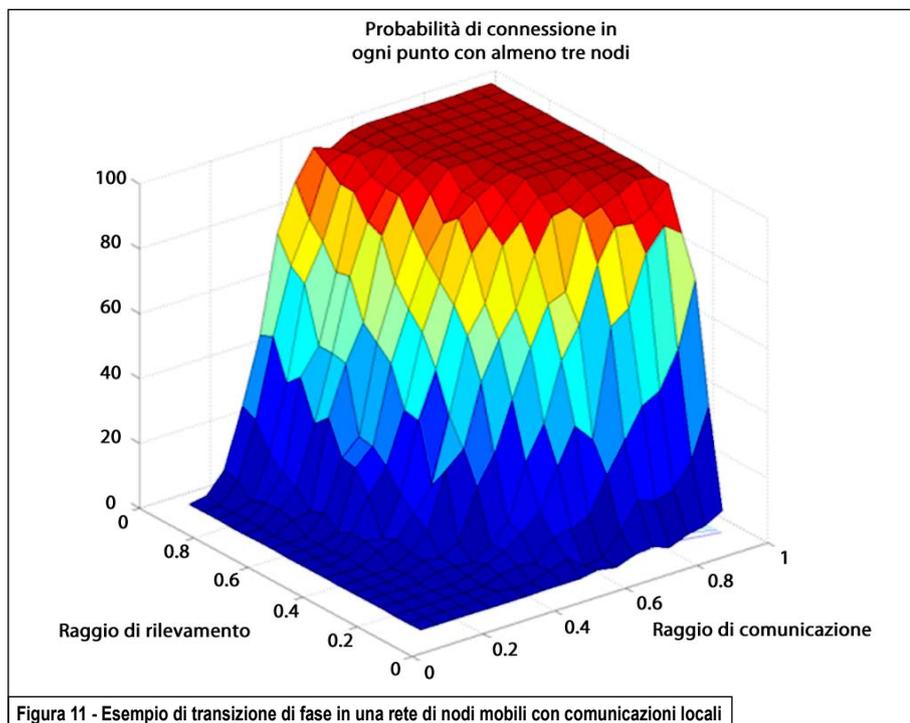


Figura 11 - Esempio di transizione di fase in una rete di nodi mobili con comunicazioni locali

Un ulteriore scenario (la cui fattibilità è in via di dimostrazione) è l'abilitazione delle soluzioni di rete wireless del tipo Distributed Input Distributed Output (DIDO), ovvero basate su un grande numero di "minitorri" distribuite in maniera pervasiva. Il sistema DIDO (combinando controllo locale sui dispositivi e il processing su server, e.g. Cloud) crea una sorta di "bolla di ricezione" intorno a un utente - o meglio a un dispositivo - che interagisce con altre bolle, minimizzando le interferenze.

In generale, dal momento che in futuro ci sarà certamente sempre più bisogno di larga banda wireless, il solo approccio possibile è tramite l'utilizzo di celle più piccole. Dimensioni diverse della cella portano a scegliere sistemi di codifica diversi e quindi anche a tecnologie diverse, ciascuna più adatta ad una certa tipologia di cella. Possiamo quindi attenderci una moltiplicazione di celle, di dimensioni diverse e che usano diverse tecnologie radio. Se fino ad oggi il problema è stato nell'assicurare un "handover" automatico e senza

discontinuità tra celle, in futuro sarà sempre più importante essere in grado di assicurare l'handover anche tra strati diversi. Questo genera un ulteriore livello di complessità a cui le tecnologie autonome possono anche dare una valida risposta (già oggi si parla di Self Organising Networks).

Conclusioni

Lo sviluppo tecnologico di terminali, prodotti ed oggetti (ad es. della Consumer Electronics) dotati di "embedded communications" sta portando allo sviluppo di reti di reti con miriadi di nodi (reali e virtuali) capaci di interagire tra di loro e collegarsi alla rete per fruire di servizi ed informazioni. Questa evoluzione comporterà una crescente distribuzione e complessità della rete, ma anche importanti opportunità di business per l'Operatore. La rete, da sistema di interconnessione, diventerà un abilitatore di nuovi ecosistemi servizi, sui quali attrarre il

valore, attori e partner industriali, anche da contesti apparentemente "lontani". In questo senso, gli ecosistemi in Natura ci danno un prezioso insegnamento: anche a fronte di crescenti complessità, la loro gestione ha continuato ad essere effettuata in modo (relativamente) semplice, tramite comportamenti autonomi e interazioni lasche. Dunque, l'introduzione di capacità autonome nei nodi di queste reti diventerà un passo importante, non solo per semplificarne la gestione, ma anche per trasformare la rete stessa in un potente attrattore su cui creare servizi e valore. A tal fine, occorrerà anche saper ben indirizzare le dinamiche di rete emergenti grazie alla loro comprensione matematica con gli strumenti di Industrial Mathematics (come ad es. Piccoli Mondi, Teoria dei Giochi, del Chaos, della Percolazione). Carpire e dominare la semplicità nascosta dentro la complessità apparente delle reti di domani è una sfida che porterà ad un nuovo modo di concepire il business dell'Operatore, in ottica di ecosistemi. Questo percorso di trasformazione dovrà guardare all'introduzione graduale (anche a fronte di un processo di standardizzazione) dei principi autonomi in rete, a partire da quelle aree dove il vantaggio strategico per l'Operatore è massimo. Questo permetterà agli Operatori più attivi in questo settore di cogliere per primi le ricadute di una tecnologia che si annuncia ricca di innovazione e, per molti aspetti, rivoluzionaria [17] ■



Bibliografia

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_control
- [2] <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/jair/pub/volume4/kaelbling96a.pdf>
- [3] <http://opencog.org/>
- [4] S. Kumpati S. Narendra, P. Kannanm, "Identification and Control of Dynamic

Systems Using Neural Networks. IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 1, No. 1, pp. 4-27, 1990;

- [5] <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA436214>
- [6] http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4684993
- [7] F. Varela, *"The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience"*, Cambridge: MIT Press97;
- [8] R. Saracco, *"Dalle catene del valore agli ecosistemi: nuove opportunità e nuove sfide per la Gestione di Reti e Servizi"* NOTIZIARIO TECNICO TELECOM ITALIA, Anno 17 n. 2 - Agosto 2008;
- [9] A. Manzalini, *"Towards Enactive Networks"*, invited talk at *ECOC 2011 Workshop "Next Level of Convergence"* 18th September, 2011;
- [10] Tool kit autonomico di IBM
<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg246635.html?Open>
- [11] Tool kit autonomico del progetto ICT CASCADAS <http://sourceforge.net/projects/acetoolkit/>
- [12] Progetto ICT UNIVERSELF
<http://www.univerself-project.eu/>
- [13] A. Goldsmith et alii, *"Beyond Shannon: The Quest for Fundamental Performance Limits of Wireless Ad Hoc Networks"* - IEEE Communications Magazine, May 2011;
- [14] http://www.rearden.com/DIDO/DIDO_White_Paper_110727.pdf
- [15] <http://www.electronista.com/articles/11/02/08/qualcomm.flashlinq.tech.works.up.to.a.1km.radius/>
- [16] ETSI AFI <http://portal.etsi.org/afi>
- [17] Per approfondimenti <http://www.blog.telecomfuturecentre.it/>

antonio.manzalini@telecomitalia.it



Antonio Manzalini

ingegnere con certificazione PMI, è entrato in Telecom Italia nel 1990 ed ha partecipato a diversi progetti di ricerca riguardanti reti di trasporto ottico e GMPLS, occupando varie posizioni di responsabilità. Ha inoltre partecipato a molte attività di standardizzazione. Attualmente fa parte del Future Centre di Telecom Italia dove si occupa di tecnologie e architetture per reti auto-adattative e capaci di auto-gestione (quali Autonomic-Cognitive Networking) abilitanti ecosistemi servizi e Future Internet. È autore di decine di pubblicazioni, di un libro sulla sincronizzazione delle reti di telecomunicazioni e di cinque brevetti internazionali.

È LA CODA CHE MUOVE IL CANE

Roberto Saracco



II **T**he “The Tail wags the Dog” è una espressione anglosassone per dire che è avvenuto un cambio radicale, e credo che sia l’espressione giusta quando osserviamo il settore della telefonia radiomobile. Se agli inizi tutto era in mano all’Operatore e il cliente potenziale non aveva altra scelta che prendere l’Operatore che offriva il servizio nella sua zona, nel giro di pochi anni la competizione ha consentito al cliente di scegliere il proprio Operatore tra due o più. Certo una scelta tutto sommato limitata, ma pur sempre una scelta.

La rete restava comunque l’elemento dominante. Negli ultimi cinque anni, a partire dall’iPhone, il terminale è diventato l’elemento primario nel condizionare le scelte della clientela. L’iPhone è disponibile solo su AT&T? Allora i clienti Verizon si spostano su AT&T per avere l’iPhone. La coda muove il cane.

1 Introduzione

In uno scenario quale quello attuale, gli Operatori, che con la competizione avevano già perso il controllo sul cliente (specie nei mercati come il nostro a prevalenza di SIM prepagate, in cui ad una persona corrispondono più SIM che questa utilizza sulla base della convenienza tariffaria), si sono trovati ulteriormente emarginati visto che i servizi, al di là della pura connettività, sono offerti da altri e generano ricavi per questi.

Il fatto è che oggi il telefonino è sempre più utilizzato anche se non è aumentato il suo uso come “telefono”. Lo utilizziamo come macchina fotografica, come calcolatrice, come strumento per chattare, come computer per accedere al web, come navigatore, come lettore di libri, come radio e giradischi... e, sporadicamente, per telefonare.

È quindi ovvio come la user experience diventi l’elemento fondamentale di scelta.

2 Noi e la user experience

Se il telefono ha una sua user experience che è limitata alla qualità della voce, il telefonino ha una user experience che abbraccia moltissimi tipi d’uso e soprattutto ha una forte personalizzazione. Il mio telefonino è molto diverso dal tuo, mentre il mio telefono fisso è sostanzialmente uguale al tuo. Il mio telefonino ha un po’ di me, anzi è un po’ me stesso.

3 Gli Operatori e la user experience

Se è vero che parte della user experience è legata alla qualità della rete (quando si chiama, quando si naviga...) è anche vero che le reti oggi, ed ancor più domani, offrono una qualità tale da essere ritenuta sufficiente per la maggior parte degli usi che ne facciamo con il telefonino. Inoltre, questa “buona qua-

lità” è ormai talmente interiorizzata che è praticamente invisibile. Quello che si percepisce è la qualità insufficiente, e questa è considerata inaccettabile, è un disservizio. Difficile, quindi, offrire una user experience positiva e differenziante basandosi sulla rete.

Se la user experience, ed il telefonino che la costruisce, non sono quindi sotto il controllo dell’Operatore, ed è la user experience che guida le scelte del cliente è chiaro che gli Operatori “hanno un problema”. Non sono pochi quelli che sostengono che ormai è troppo tardi per prendere contromisure, ma in realtà cosa significherebbe prendere “contromisure”?

Quello che cerco di sostenere in questo quadro è che se ci mettiamo nell’ottica di cercare contromisure, di riprenderci i servizi siamo su una strada destinata al fallimento. La spada di Damocle della scomparsa della SIM da un lato e della moltiplicazione degli Operatori dall’altro (a seguito della completa li-

beralizzazione in Europa e della abolizione del roaming, per cui diventa possibile utilizzare Latvia Telecom per fare una chiamata tra Torino e Roma pagando -o non pagando- come per un'identica chiamata appoggiata su un Operatore italiano) può giustamente vederci alzare le barricate per una difesa "del territorio", ma nel medio lungo termine non risolve il problema che è legato ad una trasformazione di tutto il settore.

Nel medio lungo ritengo sia più vantaggioso entrare nell'ottica di sfruttare il cambiamento piuttosto che cercare di riportare indietro le lancette dell'orologio.

Mi spiego con un esempio. Le major della musica si sono, giustamente, lamentate della crescente pirateria che andava ad erodere i loro introiti. Le contromisure sono state un intensificarsi di azioni legali per bloccare i pirati; i risultati sono stati praticamente nulli. Il fatto è che la pirateria, da non condonare, era figlia di un nuovo modo di concepire l'informazione e delle tecnologie di accesso.

Apple, con iTunes, non ha sconfitto la pirateria, ma ha offerto un modo diverso, percepito come valore da molti, per avere musica e canzoni ed ha portato nel giro di pochi anni a miliardi di canzoni scaricate "legalmente". Non ha quindi contrastato un fenomeno cercando di bloccarlo, ma ha preso atto che scaricare canzoni dalla rete era diventato un fenomeno di massa ed è riuscita ad offrire al mercato un'alternativa di valore.

Credo che la soluzione ai problemi degli Operatori debba essere cercata in questa direzione: non attraverso un contrasto ma attraverso l'aggiunta di valore.

Due sono le tecnologie che a mio parere possono essere sfruttate per ottenere questo risultato: la biometria e il cloud. A queste va aggiunta una strategia per utilizzare i dati in modo da erogare servizi, in quanto le tecnologie

sono abilitatori, mentre il valore va creato nelle modalità di uso.

3.1 Biometria

Ciascuno di noi ha una dotazione di password che supera la capacità di memorizzazione (nel ns cervello, perlomeno nel mio) e quindi ci si affida a vari pezzetti di carta, rubriche ecc. Oltre al disagio di dover ricordare le password si aggiunge quello di doverle inserire, spesso più volte durante una medesima sessione e, almeno per alcuni, il sospetto che servizi "one click" basati sulla memorizzazione una volta per tutte dei ns dati non siano poi a prova di hacker.

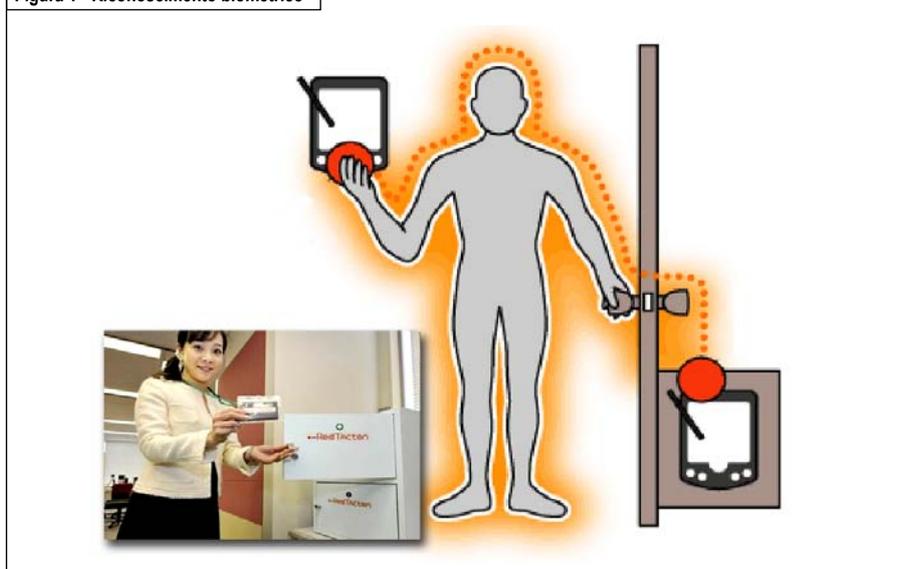
Con il progressivo aumento delle interazioni digitali, dall'acquisto di beni e servizi, alle medicine,) il numero di password è destinato ad aumentare.

Con la biometria è possibile utilizzare noi stessi come password. Dai primi sistemi basati sull'impronta digitale, al riconoscimento dell'iride o del modo di camminare fino ad arrivare alla lettura del codice genetico, abbiamo una grande varietà di sistemi che consentono di associare in modo sicuro una

transazione a noi stessi. Ogni sistema biometrico ha i suoi punti di forza, semplicità d'uso più o meno grande e costi variabili. Negli ultimi anni, come per tutte le altre tecnologie basate sull'elettronica, la biometrica è diventata sempre più accessibile, semplice e sicura. È di pochi mesi fa l'annuncio da parte di Fujitsu di un lettore biometrico in grado di determinare l'identità dalla lettura delle vasi sanguigni della mano attraverso rilevatori ad infrarossi. Un sistema di questo genere inserito nella parte posteriore del telefonino potrebbe controllare istante per istante che sia la nostra mano ad impugnarlo. A seconda del tipo di interazione nel futuro si utilizzeranno specifici sistemi di identificazione biometrica, dalla videocamera inserita nello schermo per verificare l'identità di chi vi è di fronte, alla penna con accelerometro in grado di certificare l'identità di chi sta scrivendo. È proprio la possibilità di adeguare il sistema di riconoscimento alla situazione che fornisce al cliente un'elevata user experience.

Tutti i sistemi biometrici, comunque, generano un pattern digitale univoco, che permette di risalire all'identità della persona (e ciascuna persona avrà più pattern, in funzione del sistema

Figura 1 - Riconoscimento biometrico



biometrico utilizzato). Occorre quindi che vi sia un meccanismo di associazione tra pattern ed identità e questo potrebbe essere un ruolo per un Operatore. A seconda dei servizi l'identità potrebbe essere rivelata piuttosto che mantenuta segreta e semplicemente certificata. Ad esempio in una transazione per un pagamento l'Operatore può garantire il pagamento al fornitore senza peraltro dover comunicargli l'identità del compratore e per contro potrebbe certificare alla banca l'identità per attivare il pagamento senza dover rivelare l'oggetto della transazione (nel rispetto, ovviamente, delle leggi). Questo ruolo di intermediatore sarà sempre più cruciale nella Società Digitale e un Operatore, per le competenze di cui dispone ed i controlli cui è soggetto da parte dell'Autorità, è in posizione ideale per garantire questo tipo di servizio.

3.2 Cloud

Il Cloud, cioè la possibilità di smaterializzare la gestione dei dati e dei processi da una singola località, si presenta come una tecnologia ideale per dare una user experience di trasparenza completa.

Affinché la user experience sia effettivamente di trasparenza, il Cloud non deve essere visibile al cliente. È una presenza immanente che garantisce al cliente di poter fare in qualunque posto, con qualunque terminale quello che desidera fare. Questo meccanismo estende la trasparenza della rete, cui si è arrivati negli ultimi dieci anni, ad una trasparenza del terminale. Continuerò ad acquistare il terminale che mi fornisce la migliore user experience, ma al tempo stesso inizierò a metabolizzare che un qualunque terminale, sia questo un televisore in un albergo, piuttosto che una vetrina di un negozio o una teca di un museo, nella misura in cui

fornisce una capacità di interazione mi fa "sentire" a casa. Grazie al Cloud e alla capacità di gestire i processi al suo interno.

Ovviamente il Cloud, nel senso detto, non può esistere se non esiste una connettività continua che abbracci con una banda e latenza adeguati tutti i punti d'interazione possibili.

Nuovamente stiamo ipotizzando per l'Operatore un ruolo di intermediazione tale da disaccoppiare la fisicità e specificità dei punti di interazione dalla percezione di interazione.

La user experience, in effetti, è completamente legata a fattori percettivi, che a loro volta dipendono da stimoli sensoriali e da come il nostro cervello reagisce a tali stimoli. Ed è qui, nuovamente, che entra in gioco l'Operatore (o un gestore della interazione).

Parte della reazione del cervello dipende infatti dalle esperienze che questo ha maturato nel tempo. Si sposta, quindi, l'attenzione dall'infrastruttura di comunicazione, essenziale, a quella dei dati.

4 L'infrastruttura dei dati

Il valore dei dati è collegato ovviamente al dato stesso, ma soprattutto all'uso

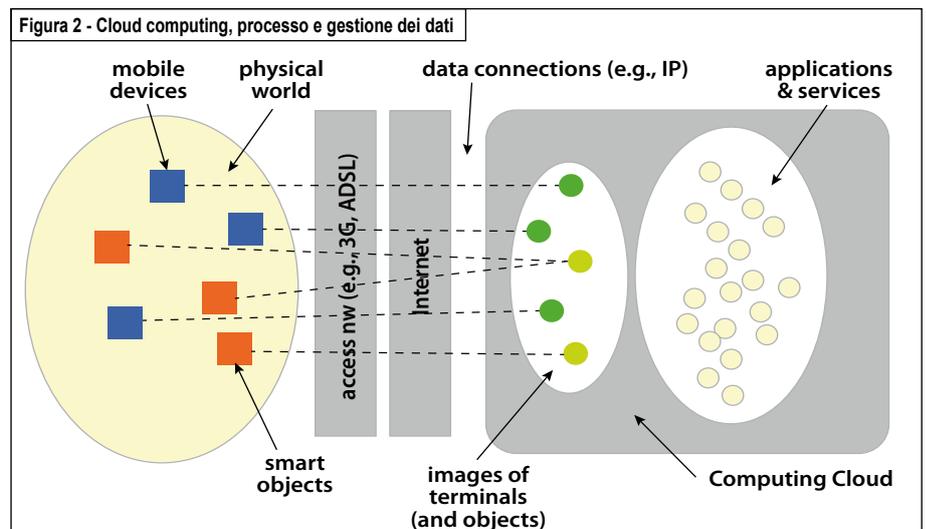
che se ne vuole fare. Questo uso, sempre più spesso, richiede la correlazione di svariate tipologie di dati, spesso generati in punti e istanti diversi e di proprietà di soggetti diversi che a determinate condizioni sarebbero disponibili a condividerli.

Il telefonino stesso è un enorme generatore di dati, sia di contesto (ora, posizione, temperatura, movimento...), sia di utilizzo (come telefonino ma anche come macchina fotografica, accesso ad internet, scambio informazioni con il contesto via bluetooth...).

Inoltre, l'insieme dei telefonini fornisce informazioni relativamente a reti sociali, affollamento, traffico, presenza di epidemie...

L'Operatore si trova nelle condizioni ideali per trasformare questa messe variegata di dati non in "servizi", ma in abilitatore di servizi, garantendo che l'accesso ai dati possa avvenire in condizioni di sicurezza, soddisfacendo le regole imposte dal proprietario dei dati, e monitorando il valore generato dall'uso dei dati.

Oggi esistono diversi attori su Internet che offrono, direttamente o indirettamente, dei servizi di gestione dei dati, e non mi riferisco ai soliti noti come Google, Amazon, Craig List, LinkedIn, Facebook... Sono servizi come PageOne, EveryTrail che segmentano le



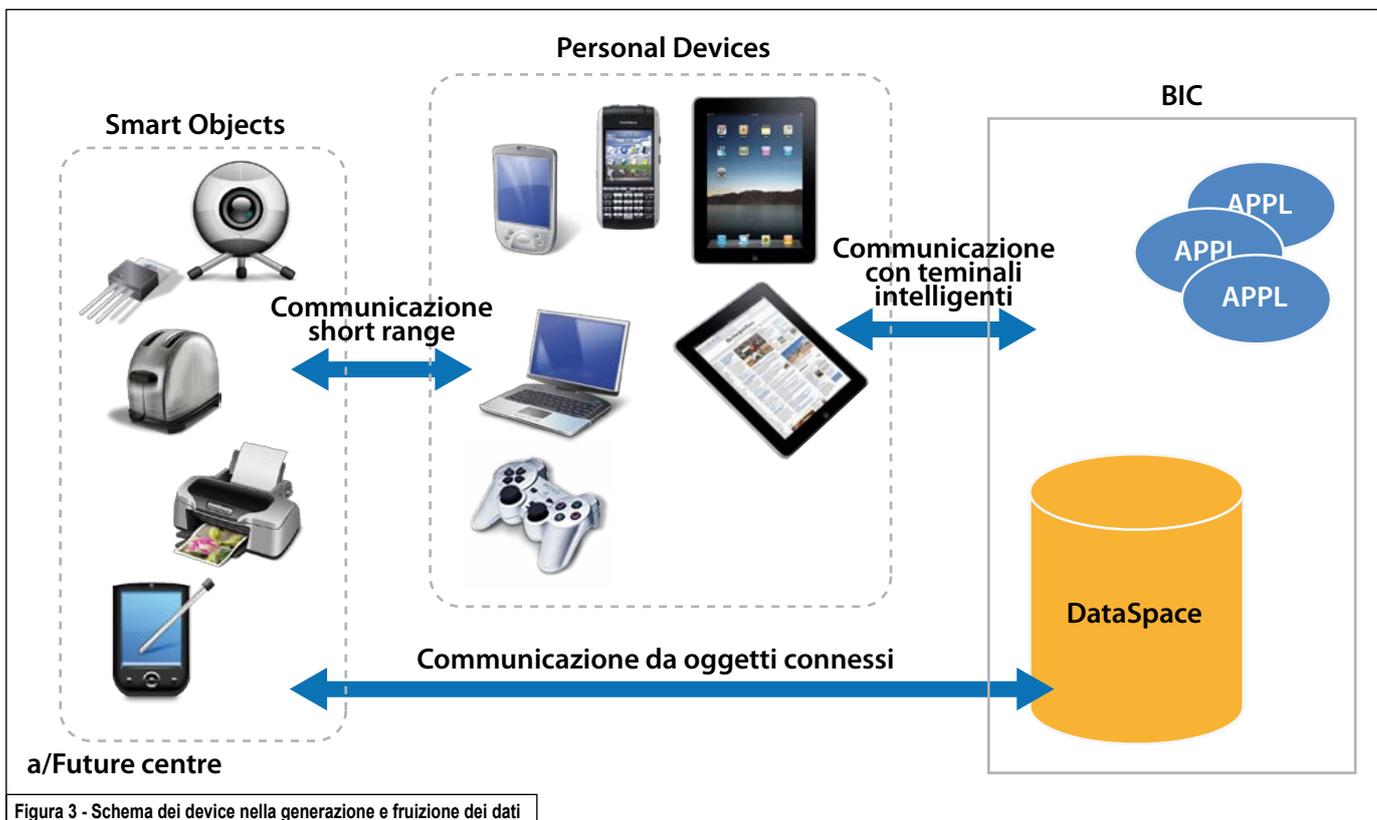


Figura 3 - Schema dei device nella generazione e fruizione dei dati

necessità di una persona e forniscono un servizio specifico per il loro soddisfacimento.

Quello che un Operatore potrebbe fare è di abilitare centinaia di questi service provider basati sui dati a partire da una gestione degli stessi per conto dei clienti.

Conclusioni

Gran parte della user experience, in un mondo sempre più articolato e complesso, acquista valore nella semplicità

delle interazioni. Queste devono avvenire in modo trasparente rispetto al contesto e alle tecnologie.

Certamente chi progetta i terminali ha in mano il punto di interazione, ma sempre più avremo come terminali oggetti, come le citate vetrine di un negozio o la panchina di una sala d'aspetto, che poco hanno a che vedere con quello che oggi definiamo terminale.

L'interfaccia, intesa come modo e abitudine d'uso sarà sempre più derivata dalla fusione dell'oggetto con le caratteristiche della persona che interagisce e questo richiederà un gestore dell'interazione.

L'avvento dell'LTE non porta soltanto (e non è poco) una banda potenzialmente in grado di soddisfare qualsiasi esigenza, porta con sé la gestione nativa dell'IP, abilitando quindi la messa in rete a basso costo, e l'interazione, con un'enorme varietà di oggetti.

Questo apre una finestra di opportunità all'Operatore per far valere quelle competenze di intermediazione e di garanzia di gestione del rapporto cliente contesto.

Ben vengano gli Over The Top se questi troveranno nella capacità di intermediazione dell'Operatore la possibilità della loro esistenza ■

**Roberto Saracco**

Diplomato in informatica e laureato in matematica con un perfezionamento in fisica delle particelle elementari. Negli oltre trent'anni in Telecom Italia ha partecipato a molti progetti di ricerca in commutazione, reti dati, gestione della rete, occupando varie posizioni di responsabilità. Negli ultimi dieci anni i suoi interessi si sono spostati verso gli aspetti economici dell'innovazione. Attualmente è direttore del EIT ICT Labs di Trento, dove guida gruppi di ricerca sulle implicazioni economiche dei nuovi ecosistemi e scenari di business. È senior member dell'IEEE, tra i direttori della Communication Society, nonché autore di numerose pubblicazioni in Italia e all'estero.

LA GARA LTE IN ITALIA E L'EVOLUZIONE MBB

MOBILE

Sandro Dionisi, Daniele Franceschini, Fabio Santini



Negli ultimi anni la richiesta di servizi dati da accesso mobile è divenuta sempre più sostenuta a livello globale; ciò ha posto una pressione sugli enti regolatori internazionali e locali per rendere disponibili nuove risorse in termini di spettro radio e tecnologie adeguate ai nuovi servizi.

La tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) è un sistema full IP a standard 3GPP, basato su una nuova tecnologia radio, che fornisce prestazioni elevate in termini di throughput e latenza, consentendo il supporto in mobilità di servizi con requisiti elevati di performance (mobile video HD, real time personal communication, advanced gaming, professional services etc.). Tale sistema ha un'elevata flessibilità, potendo essere dispiegato su diverse larghezze di banda (ad es. 5, 10, 15 e 20 MHz). La sua infrastruttura di rete rappresenta un'evoluzione di quella GPRS/HSPA con cui può interlavorare, consentendo la mobilità tra i sistemi.

In questo articolo si descrivono le principali gare svoltesi nel mondo, con sezioni dedicate alla gara LTE in Italia ed alle prossime gare che vedranno Telecom Italia coinvolta in Argentina e Brasile. Inoltre, si descrivono le potenzialità e le sfide legate al dispiegamento di LTE e lo stato dei lanci commerciali di LTE oggi nel mondo.

1 Le gare LTE in Europa e nel mondo

L'LTE può essere dispiegato sulle bande 2G, 3G (previa autorizzazione del regolatore europeo e nazionale) o in nuove porzioni di spettro, definite dal WRC (*World Radiocommunication Conference*) per i sistemi IMT-2000 ed IMT-Advanced, quali ad esempio le bande a 2,6 GHz oppure le bande del Digital Dividend, assegnate in precedenza alle trasmissioni televisive, come ad esempio 700 MHz negli Stati Uniti ed 800 MHz in Europa. Lo standard 3GPP [1] definisce in dettaglio le bande su cui può operare la tecnologia LTE, sia in modalità FDD (*Frequency Division Duplex*) sia TDD (*Time Division Duplex*); sono attualmente 24

bande in modalità FDD ed 11 in modalità TDD, ma altre bande sono in fase di definizione.

In numerosi Paesi di cinque 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. In particolare, si sono svolte gare 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 ro-

aming 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 e Francia. In tutti i casi era prevista l'assegnazione di 2x30 MHz FDD e si è sempre verificata l'aggiudicazione di 2x10 MHz da parte di tre Operatori per ciascuna nazione, anche in virtù di vincoli ad hoc posti dai Regolatori locali. In Germania gli aggiudicatari sono stati Deutsche Telekom, Vodafone e Telefonica-O2 con una spesa totale di circa 3,6 miliardi

di euro (su un totale di 4,4 miliardi di euro per l'intera gara), corrispondente a circa 0,72 euro/MHz/residente. L'asta svolta in Spagna ad Agosto del 2011 ha visto la suddivisione dei lotti in gara tra Telefonica, Orange e Vodafone, con un costo complessivo di 1,3 miliardi di euro, corrispondenti a circa 0,46 euro/MHz/residente. Infine in Francia i lotti in gara sono stati assegnati a Bouygues Telecom, SFR e Orange, con una spesa complessiva di circa 2,6 miliardi di euro (0,67 euro/MHz/residente). Le gare per l'assegnazione delle frequenze a 2,6 GHz hanno visto un'assegnazione meno omogenea dello spettro, dal momento che i diversi Operatori si sono aggiudicati larghezze di banda dai 10 ai 20 MHz con una spesa per MHz per residente molto variabile dai 2,2 centesimi in Germania, ai 6 centesimi circa in Italia a 10 e 17 centesimi rispettivamente in Francia e Svezia. Gli Operatori europei hanno, invece, adottato strategie differenti verso le bande TDD a 2,6 GHz, dove alcuni hanno acquisito lotti in diversi Paesi (è il caso di H3G che si è aggiudicato tali frequenze nelle gare in Austria, Danimarca, Italia e Svezia), altri hanno acquisito porzioni di spettro molto diverse all'interno della stessa asta (ad esempio, nell'asta tedesca Vodafone si è aggiudicata 25 MHz mentre Deutsche Telekom 5 MHz), infine, in alcuni casi, le aste sono andate deserte, come in Spagna ed Olanda. L'asta in Italia è descritta in dettaglio in una sezione dedicata; ulteriori aste si sono svolte in Portogallo (800 MHz e 2600 MHz FDD e TDD), in Austria, Danimarca, Estonia, Finlandia, Lituania, Olanda e Polonia principalmente a 2,6 GHz. Nel Regno Unito l'asta per l'assegnazione delle nuove frequenze è prevista nell'ultimo quarto del 2012. 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 li-

cenze sia locali sia nazionali per un totale di 1090 licenze assegnate a 101 aggiudicatari; la gara ha totalizzato un esborso complessivo per gli Operatori pari a circa 20 miliardi di dollari, di cui oltre 16 da parte di Verizon Wireless ed AT&T, dove la prima si è aggiudicata in particolare una licenza nazionale di 2x10 MHz, mentre la seconda si è aggiudicata licenze regionali su larghezze di banda di 5 o 10 MHz. L'utilizzo delle bande in regime di neutralità tecnologica consente tuttavia l'impiego da parte degli Operatori mobili di altre bande, in particolare quella AWS (1710-1755 MHz per l'UpLink, 2110-2155 MHz per il DownLink), in uno scenario notevolmente frammentato, che richiede terminali specifici per Operatore. La Figura 1 confronta il costo (in euro/MHz/residente) delle principali gare nelle bande del Digital Dividend (700 MHz e 800 MHz) ed in quelle a 2,6 GHz; 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.

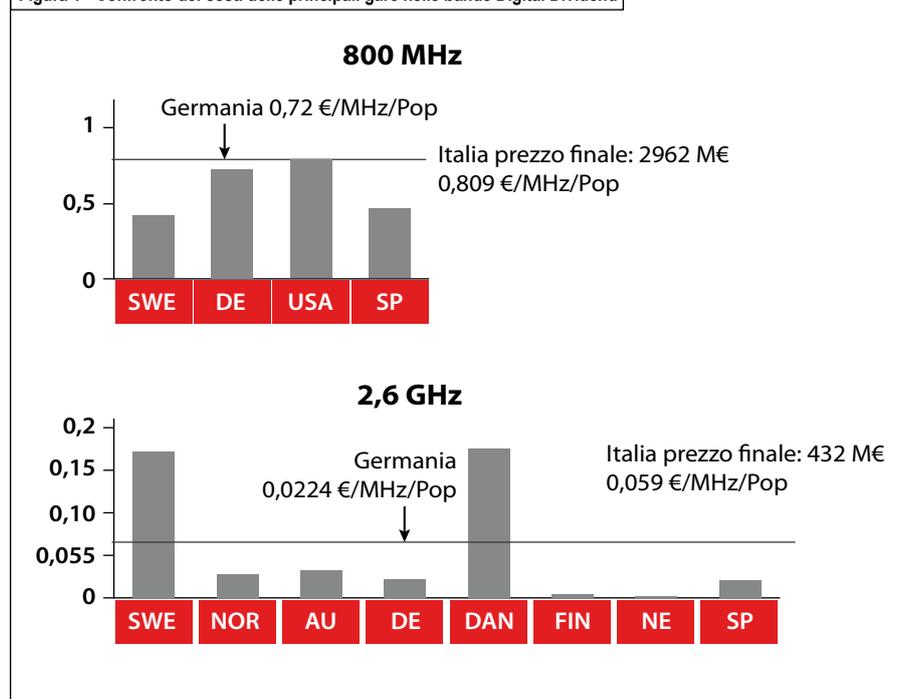
Nell'area Far East finora il servizio LTE è stato lanciato in Giappone, dove sono state assegnate le frequenze 850, 1500, 1800 e 2100 MHz FDD e 2600 MHz TDD, a Singapore ed Hong Kong (1800 MHz e 2600 MHz FDD). In Cina sono tuttora in corso trial tecnologici, ma l'interesse è focalizzato, così come in India, sulla banda 2300 MHz TDD.

1.1 Le gare in America Latina per Telecom Italia

1.1.1 Argentina

A marzo 2012 si terrà in Argentina un'asta per l'assegnazione di frequenze aggiuntive a 850 MHz e 1900 MHz. Queste ultime saranno rilasciate dall'operatore Movistar allo scopo di rispettare il CAP frequenziale di 50 MHz imposto agli operatori 2G e 3G in Argentina. Infatti, a seguito di acquisizioni di altri operatori, Movistar si è ritrovata ad avere un asset frequenzia-

Figura 1 - Confronto dei costi delle principali gare nelle bande Digital Dividend



le eccedente il limite massimo previsto dal Regolatore di, rispettivamente, 30 MHz nell'area Nord, 37,5 MHz nell'area AMBA e 35 MHz area Sud.

È in corso di preparazione (sebbene non sia ancora stata definita una data ufficiale) un bid per le frequenze AWS 1700 MHz/2100 MHz che dovrebbero essere assegnate nel corso del 2012 per il dispiegamento LTE (si noti che in Argentina per lo spettro si adotta l'approccio "technology neutral"). Questa nuova banda permetterà agli operatori di superare il CAP di 50 MHz che, in molti casi, è decisamente inferiore a quello normalmente considerato in ambito europeo.

1.1.2 Brasile

Nel mese di aprile (o maggio) 2012 è prevista un'asta per l'assegnazione delle frequenze a 2,6 GHz durante la quale verranno messi in gara 3 blocchi FDD da 2x20 MHz (detti "W", "V", "X"), un blocco FDD da 2x10 MHz (detto "P") ed un blocco TDD da 35 MHz (detto "U"). Per i primi 3 blocchi sono previste licenze a livello nazionale, mentre per le bande "P" e "U" la licenza si applica a tutti i municipi brasiliani, in cui non vi siano già broadcaster televisivi che utilizzano quello spettro.

I meccanismi di gara, in corso di revisione con gli Operatori, prevedono CAP e vincoli, che hanno l'obiettivo di promuovere l'acquisizione di questi 5 blocchi da parte di 5 soggetti differenti, in maniera tale da favorire la concorrenza. Oltre allo spettro a 2,6 GHz, è prevista l'assegnazione di un lotto FDD a 2x7 MHz nella banda 450 MHz, con pesanti obblighi di servizio universale e copertura rurale.

Il Regolatore metterà all'asta il lotto a 450 MHz con una licenza nazionale; in assenza di offerte il lotto sarà messo in vendita con tre licenze regionali in combinazione con i tre blocchi FDD

2x20 MHz descritti in precedenza ("W", "V", "X").

A partire dal 2016 potrebbe essere riallocato anche lo spettro a 700 MHz in ottica Digital Dividend. Questa banda è contesa, da una parte, dagli operatori mobili che sostengono la necessità di nuovo spettro (ad es. per dispiegare l'LTE) e, dall'altra, dall'associazione dei broadcaster televisivi (ABERT), che vorrebbe che queste frequenze restassero adibite ad usi televisivi. Il governo non si è ancora pronunciato su quale sarà la destinazione ultima di tale spettro.

2 Lo scenario regolatorio in Italia

In Italia le bande 800, 1800, 2000 e 2600 MHz prima della gara erano caratterizzate dallo scenario descritto di seguito.

La **banda a 800 MHz** (790-862 MHz) era attribuita ed utilizzata dai servizi di radiodiffusione. La Legge di stabilità 2011 ha destinato tali frequenze ai sistemi di comunicazione elettronica mobile a larga banda a partire dal 1° gennaio 2013. Il Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze (PNRF), modificato con D.M. 4 maggio 2011, ha previsto che la banda suddetta è attribuita al Servizio Mobile (escluso il mobile aeronautico) e che le stazioni di radiodiffusione televisiva cessano di operare in tale banda al completamento del processo di digitalizzazione e comunque entro e non oltre la data del 31 dicembre 2012.

La banda di frequenze a 1800 MHz corrisponde alle sottobande di fre-

quenza 1710-1785 MHz e 1805-1880 MHz, dove i primi 5 MHz accoppiati (1710-1715 MHz e 1805-1810 MHz) sono riservati dal PNRF all'utilizzo per il Ministero della Difesa. La banda assegnata per i sistemi radiomobili prima della gara è descritta in Figura 2 ed è utilizzata per il servizio GSM.

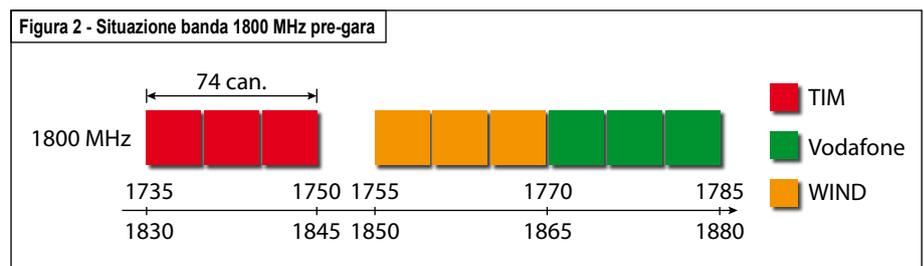
Il PNRF dispone che le frequenze 1715-1735 MHz e 1810-1830 MHz (2x20 MHz accoppiati per l'uso FDD), utilizzate dal Ministero della Difesa, possano essere rese disponibili per sistemi terrestri di comunicazione elettronica, in accordo alla decisione n. 2009/766/CE, a partire dal 1° gennaio 2012.

Inoltre, il blocco da 2x5 MHz, 1750-1755 MHz e 1845-1850 MHz, è stato liberato dalle utilizzazioni GSM a seguito delle disposizioni di cui alla delibera AGCom n. 541/08/CONS ed è, pertanto, disponibile per essere assegnato.

Infine, sempre a seguito delle disposizioni della delibera suddetta, H3G ha esercitato l'opzione per l'assegnazione in via prioritaria di frequenze fino ad un massimo di 10 MHz; tali frequenze sono soggette al pagamento di contributi non superiori a quelli imposti agli altri assegnatari di frequenze nella stessa banda per il medesimo uso.

Pertanto, risultano disponibili 25 MHz per l'assegnazione della banda 1800 MHz, precisamente le porzioni 1715-1735 MHz e 1750-1755 MHz accoppiate con le porzioni 1810-1830 MHz e 1845-1850 MHz.

La **Banda 2000 MHz** (2010-2025 MHz) costituisce un blocco da 15 MHz da 2010 a 2025 MHz, da utilizzare con tecnologie non accoppiate TDD, ed è disponibile per l'assegnazione. Per



quanto riguarda la Banda a 2600 MHz (2500-2690 MHz), le bande 2500-2520 MHz e 2667-2690 MHz erano nella disponibilità del Ministero dello Sviluppo Economico Comunicazioni per il Servizio Fisso ed il Servizio Mobile, escluso il mobile aeronautico, mentre la banda 2520-2667 MHz era nella disponibilità del Ministero della Difesa per il Servizio Fisso.

Il PNRF, con D. M. del 10 giugno 2011, ha previsto che le bande di frequenze 2520-2600 MHz e 2630-2667 MHz siano liberate dal Ministero della Difesa e che le applicazioni della Difesa operanti nelle bande suddette possano essere utilizzate con diritto a protezione, fino al completamento del processo di migrazione che dovrà essere completato entro e non oltre il 31 dicembre 2012. Inoltre, una porzione di tale banda rimarrà riservata per gli utilizzi del Ministero della Difesa, precisamente una quota di 2x10 MHz nella parte bassa della gamma FDD (2500-2510 MHz e 2620-2630 MHz) ed una quota di 20 MHz nella parte alta della gamma TDD (2600-2620 MHz).

2.1 Le regole del disciplinare in sintesi

Le regole principali del disciplinare di gara per l'assegnazione dei diritti d'uso delle frequenze nelle bande 800, 1800, 2000 e 2600 MHz sono state particolarmente articolate e sono descritte di seguito in sintesi

Per la **banda 800 MHz** il disciplinare prevedeva:

- 2x30 MHz, pari a complessivi 60 MHz, con assegnazione per lotti da 2x5 MHz utilizzabili per qualsiasi tecnologia. Telecom Italia, Vodafone e Wind potevano aggiudicarsi al massimo 3 lotti, mentre H3G 4 e un ipotetico nuovo entrante 5;
- disponibilità delle frequenze a partire dal 1° gennaio 2013 e commercia-

lizzazione entro 3 anni dalla disponibilità delle frequenze;

- obbligo di copertura di Comuni presenti in specifiche liste associate a ciascun lotto. In particolare, almeno il 30% dei Comuni suddetti deve essere coperto entro 3 anni dalla disponibilità delle frequenze ed almeno il 75% entro 5 anni. La copertura suddetta deve essere raggiunta con la banda a 800 MHz, ma è consentito utilizzare temporaneamente anche le altre frequenze per uso a larga banda a 900, 1800 e 2100 MHz; in tal caso, l'aggiudicatario deve coprire, mediante la banda a 800 MHz, entro ulteriori due anni dalla data finale degli obblighi (ossia entro il 31 dicembre 2019) almeno il 50% dei Comuni suddetti ed entro ulteriori 3 anni (ossia entro il 31 dicembre 2022) almeno il 75% dei Comuni suddetti.

Per la **banda 1800 MHz** il disciplinare prevedeva i seguenti punti principali:

- 2x15 MHz, pari a complessivi 30 MHz, con assegnazione per lotti da 2x5 MHz attualmente utilizzati per il GSM. Telecom Italia, Vodafone e Wind potevano aggiudicarsi al massimo 2 lotti, mentre H3G e un ipotetico nuovo entrante tutti e 3;
- disponibilità delle frequenze a partire dal 1° gennaio 2012 e commercializzazione entro 24 mesi dalla disponibilità delle frequenze;
- nessun obbligo di copertura.

Per la **banda 2000 MHz** (2010-2025 MHz) il disciplinare prevedeva:

- assegnazione di un unico lotto da 15 MHz;
- disponibilità delle frequenze a partire dal 1° gennaio 2012 e commercializzazione entro 24 mesi dalla disponibilità delle frequenze;
- nessun obbligo di copertura.

Infine, per la **banda 2600 MHz** (2500-2690 MHz) il disciplinare prevedeva le seguenti regole:

- 2x60 MHz FDD, pari a complessivi 120 MHz, con assegnazione per lotti

da 2x5 MHz e 30 MHz TDD con assegnazione in 2 blocchi da 15 MHz ciascuno;

- tutti i partecipanti avevano la possibilità di acquisire massimo 55 MHz di banda;
- disponibilità delle frequenze a partire dal 1° gennaio 2013 e commercializzazione entro 24 mesi dalla disponibilità delle frequenze;
- obbligo di copertura della popolazione nazionale pari al 20% entro 24 mesi ed al 40% entro 48 mesi. In particolare, per ogni area geografica dichiarata dall'aggiudicatario nei propri piani, il 50% del 20% entro 24 mesi ed il 50% del 40% entro 48 mesi della popolazione deve essere coperto utilizzando la banda 2,6 GHz, ed il restante 50% deve essere coperto utilizzando le altre frequenze per uso a larga banda a 900, 1800 e 2100 MHz. Tutte le aree geografiche previste dai piani di copertura devono essere interamente coperte utilizzando la banda 2,6 GHz entro 132 mesi (11 anni) dalla data di disponibilità delle frequenze.

Tutti i diritti d'uso scadranno il 31 dicembre 2029, saranno rinnovabili e non potranno essere ceduti a terzi senza previa autorizzazione da parte del Ministero.

Gli importi minimi a base d'asta per i singoli lotti di frequenze erano i seguenti:

Banda	Importo minimo per lotto (in Euro)
800 – FDD	353.303.732,16
1800 – FDD	155.869.293,60
2000 – TDD	77.934.646,80
2600 – FDD	30.668.726,75
2600 – TDD	36.802.472,10

L'assegnazione era prevista mediante asta con unica procedura (asta multifrequenza) attraverso fasi di miglioramenti competitivi. Gli aventi titolo all'assegnazione delle frequenze sono stati individuati in funzione di graduatorie basate sugli importi offerti.

3 Il processo di gara

3.1 Le principali attività

Il processo di preparazione alla gara LTE ha visto come punto di partenza l'attivazione di un Tavolo di Lavoro interfunzionale, che vedeva coinvolte tutte le Aree aziendali, allo scopo di valutare gli aspetti economici nei vari scenari e, nel contempo, predisporre tutte le attività finalizzate alla partecipazione alla gara ed all'acquisizione delle frequenze di interesse. La prima fase dell'attività ha quindi visto un confronto da parte di tutti i dipartimenti sulle opportunità di business derivanti da LTE, sulle prospettive di mercato e sullo stato di maturità tecnologica degli apparati e dei devices. In parallelo si sono approfonditi gli aspetti regolatori, che erano in fase di definizione, e si è iniziato lo studio dei differenti scenari competitivi, con lo scopo sia di valutare il posizionamento degli altri Operatori mobili sia il ruolo che avrebbero potuto avere nuovi possibili player.

Nella prima fase di analisi del contesto competitivo e regolatorio, vista inoltre la complessità delle regole di gara (vedi Figura 3), si è deciso di avvalersi anche del supporto di un simulatore, con il duplice obiettivo di prevedere e analizzare i possibili scenari competitivi e fornire un supporto nella fase effettiva di gara nel decidere la mossa successiva e nel monitorarne l'andamento. Si è quindi avviata un'attività di proget-

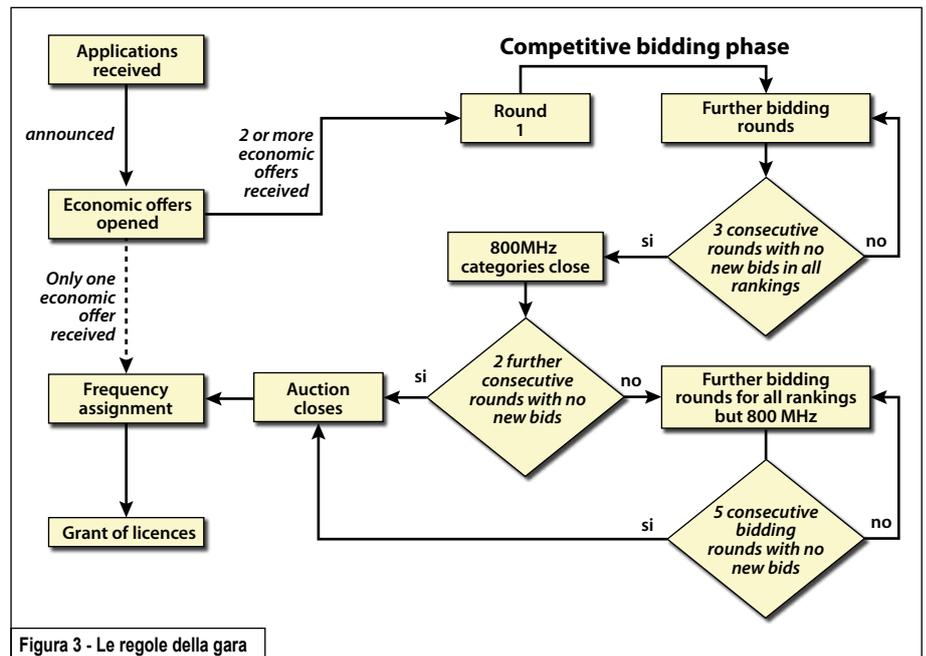


Figura 3 - Le regole della gara

tazione di un tool e la sua successiva implementazione a seguito della pubblicazione del Disciplinare di Gara. Ai fini sia della progettazione del tool sia dell'acquisizione di una maggiore sensibilità sui meccanismi di una gara multifrequenza a rilanci multipli, sono state analizzate in dettaglio le strategie adottate dai partecipanti nel corso della gara tedesca, svoltasi poco prima e che era caratterizzata da numerose analogie con quella italiana, in particolare per le frequenze in gara e per le caratteristiche dei partecipanti. Per maggiori informazioni sulla struttura del tool e del suo impiego si rimanda al box relativo.

La seconda fase dell'attività è stata a sua volta suddivisa in due filoni:

- Il primo filone consisteva nel redigere un modello di Business Plan, da alimentare con le previsioni di mercato e traffico e il conseguente dimensionamento della rete in funzione dei diversi scenari di gara che venivano selezionati.
- Il secondo filone di attività si è concentrato sulla simulazione degli scenari di gara, andando a definire dei differenti profili ipotetici, che i par-

tecipanti avrebbero potuto avere ed i relativi *fallback* a fronte dell'esaurimento del potenziale budget previsto per le diverse porzioni di spettro. Una volta completate le attività di valutazione economica per i differenti scenari di gara e le simulazioni variando i profili dei competitor, si è valutata l'offerta economica da presentare all'inizio della gara e, successivamente, le principali strategie da adottare a fronte dei possibili ruoli che avrebbero potuto giocare i competitor.

3.2 Lo scenario competitivo e analisi dei risultati

La gara LTE è iniziata il 30 agosto 2011 con l'apertura e lettura delle offerte economiche dei 4 Operatori mobili ammessi alla gara (H3G, Telecom Italia, Vodafone, Wind). Tutti e quattro gli Operatori avevano presentato un'offerta economica sulla banda a 800 MHz e di conseguenza si prospettava una competizione elevata, poiché la quantità di spettro in gara non permetteva un'acquisizione uguale da parte di tutti i partecipanti. Inoltre, le regole del

disciplinare di gara disponevano che l'asta sulla banda a 800 MHz si chiudesse prima di quella sulle altre bande: per poter assegnare le frequenze a 800 MHz, infatti, era necessario che nessun partecipante presentasse una nuova offerta o un rilancio su nessuna banda in gara per tre tornate, mentre ne erano richieste 5 per chiudere la competizione su tutte le altre. La competizione si è così subito concentrata sulla banda a 800 MHz ed è risultata particolarmente lunga in termini di tempo e soprattutto onerosa per gli aggiudicatari, comportando un costo massimo di 496,2 milioni di euro per

un blocco generico di 5 MHz e 481,7 milioni di euro per il blocco specifico (ovvero adiacente allo spettro allocato alle trasmissioni televisive). La gara 800 MHz si è conclusa il 22 settembre alla tornata 322, dove Telecom Italia e Vodafone hanno acquisito due blocchi generici al costo complessivo di 992,2 e 992,4 milioni di euro, rispettivamente, mentre Wind ha acquisito un blocco generico ed uno specifico al costo complessivo di 977,7 milioni di euro. Dal punto di vista del benchmark internazionale di prezzo/MHz/residente la gara italiana è risultata fino ad ora la più onerosa tra quelle svolte sulle

frequenze di Digital Dividend con un valore di 0,809/MHz/residente, superando sia la gara tedesca e spagnola, sia quella USA sulla banda a 700 MHz (in valore assoluto invece, considerando tutte le bande in gara, l'asta italiana ha comportato un esborso per i partecipanti di circa 4 miliardi di euro contro i 4,4 miliardi dell'asta tedesca).

La forte competizione sulla banda a 800 MHz ha condizionato il prosieguo della gara, traducendosi in un comportamento più prudente nelle offerte economiche sulle bande 1800 e 2600 MHz. In questo caso si trattava di raggiungere, attraverso i meccanismi del-

Gli strumenti a supporto del processo di gara

La complessità dei meccanismi di gara, che comportavano la necessità di seguire simultaneamente fino ad otto differenti graduatorie, hanno reso indispensabile la progettazione e la realizzazione di uno strumento automatico di supporto. Tale strumento è stato progettato per essere utilizzato con due differenti modalità:

- prima dello svolgimento della gara: effettuare delle simulazioni di andamento della gara, in modo sia da familiarizzare con i meccanismi del disciplinare sia da acquisire un'adeguata sensibilità su risultati, tempistiche e strategie, da adottare successivamente nella fase dei rilanci competitivi;
- durante la gara: monitorare in real-time l'andamento della gara, fornendo al top management i dettagli per ogni tornata in termini di spesa corrente e frequenze acquisite da Telecom Italia e dagli altri operatori, e suggerendo una tra le differenti mosse possibili per la tornata successiva.

Lo strumento software è stato realizzato in Microsoft Excel, in modo da rispondere all'esigenza di flessibilità e modularità che la tipologia di gara richiedeva; grazie a questa scelta, è stato possibile effettuare integrazioni in corso d'opera,

che hanno permesso allo strumento di rispondere al meglio a richieste e approfondimenti emersi durante la gara.

Nella fase di progettazione dello strumento ciascun partecipante alla gara è stato caratterizzato con un profilo ipotetico, che descrivesse la modalità con cui avrebbe potuto affrontare la stessa.

In particolare, il profilo di ogni partecipante era caratterizzato da un budget a disposizione, da un obiettivo prioritario e da eventuali altri obiettivi secondari, che alcune particolari situazioni di gara potevano spingere ad inseguire in sostituzione di quello prioritario. Inoltre il profilo poteva essere più o meno aggressivo in funzione di possibili tattiche da utilizzare per il raggiungimento dell'obiettivo. Ad ogni tornata lo strumento combinava il profilo di ogni partecipante con le informazioni derivanti dall'andamento della gara ed il risultato di questo processo consisteva in una possibile mossa da effettuare nella tornata successiva, che fosse in linea con l'obiettivo del partecipante stesso.

Questa logica è stata utilizzata anche per elaborare un numero consistente di simulazioni nella fase antecedente alla gara. Le informazioni ricavate da queste

simulazioni sono state utili per definire una strategia da adottare poi in fase di gara, consistente nel raggiungere gli obiettivi di Telecom Italia.

Durante lo svolgimento della gara, lo strumento è stato utilizzato per elaborare tre tipi di informazioni:

- un report contenente il dettaglio della tornata appena conclusa in termini di blocchi di frequenze acquisite e spesa effettuata (con un confronto tra i diversi operatori partecipanti alla gara);
- uno storico contenente tutte le informazioni riguardanti la gara fino a quella tornata;
- un confronto tra le differenti possibili mosse da effettuare nella tornata successiva, in termini di rilanci e/o di nuove offerte da parte di Telecom Italia, con l'indicazione di una mossa consigliata che fosse in linea con la strategia adottata per la gara.

Queste informazioni venivano rese immediatamente disponibili a supporto del processo decisionale sulla mossa da eseguire in vista della tornata successiva ■

gianluca.foddiss@telecomitalia.it
lorenzo.santilli@telecomitalia.it

la gara, il miglior compromesso sulla ripartizione dei blocchi, poiché anche in questo caso la banda a disposizione non avrebbe accontentato le esigenze di tutti gli Operatori partecipanti di avere fin da subito 20 MHz contigui. La gara si è conclusa il 29 settembre 2011 alla tornata 469 con l'assegnazione riportata in Figura 4. Telecom Italia e Vodafone hanno acquisito la stessa porzione di spettro (2 blocchi di 5 MHz a 800 MHz, 1 blocco a 1800 MHz e 3 blocchi a 2600 MHz) per un prezzo di fatto uguale e corrispondente a circa 1260 milioni di euro, mentre Wind con una spesa complessiva di 1120 milioni di euro ha acquisito il blocco specifico ed uno generico a 800 MHz, 4 blocchi a 2600 comprensivi del blocco specifico (ovvero adiacente allo spettro TDD in gara) e non ha acquisito nuove frequenze a 1800 MHz. H3G, infine, ha speso 305 milioni di euro, aggiudicandosi 1 blocco a 1800 MHz, 2 blocchi a 2600 MHz FDD e tutto lo spettro (30 MHz) TDD a 2600 MHz, in analogia a quanto fatto in altri Paesi europei. Telecom Italia ha raggiunto al termine della gara gli obiettivi prefissati sia per i vantaggi tecnologici derivanti dalla larghezza di spettro complessivamente acquisito, in particolare nelle bande a 800 MHz e 1800 MHz (quest'ultima disponibile fin dal 2012), sia di posi-

zionamento competitivo, confrontabile con quello dei competitors nella banda a 2600 MHz.

3.3 I prossimi passi a valle della gara

Telecom Italia ha richiesto al Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) l'autorizzazione ad avviare la sperimentazione del servizio LTE nelle bande 800, 1800 e 2600 MHz. Con tale sperimentazione Telecom Italia intende:

- analizzare le coperture ottenibili con l'LTE a frequenze differenti (800, 1800 e 2600 MHz);
- analizzare la coesistenza e le politiche di gestione del traffico sia intra-sistema per i differenti layer LTE (a 800, 1800 e 2600 MHz) sia intersistema 2G-UMTS/HSPA-LTE;
- verificare sul campo la qualità del servizio;
- verificare le eventuali problematiche operative legate all'utilizzo della banda a 800 MHz, che in Italia non è mai stato possibile sperimentare in campo per i servizi radiomobili in generale e per la tecnologia LTE in particolare.

Per la sperimentazione Telecom Italia utilizzerà i lotti di frequenze dei quali è risultata aggiudicataria. Per la

banda a 1800 MHz, anche in prospettiva, è importante avere la possibilità di utilizzare uno o più dei blocchi già assegnati a Telecom Italia ed impiegati attualmente per il servizio GSM.

Il MiSE ha istituito il Tavolo tecnico per il monitoraggio della liberazione delle bande 800 e 2600 MHz da parte rispettivamente degli operatori di radiodiffusione televisiva e della Difesa. Le attività che saranno oggetto del Tavolo tecnico suddetto sono le seguenti:

- condivisione delle informazioni relative all'andamento della liberazione delle bande 800 e 2600 MHz da parte rispettivamente degli operatori di radiodiffusione televisiva e della Difesa;
- gestione delle problematiche interferenziali eventuali tra il servizio mobile nella banda 790-862 MHz ed il servizio di radiodiffusione nella banda adiacente (§ 4);
- predisposizione del modello di copertura per le bande 800 e 2600 MHz in ottemperanza agli obblighi;
- semplificazioni amministrative da introdurre agli artt. 87 e 87 bis del Codice delle comunicazioni elettroniche, per accelerare le pratiche di autorizzazione per l'installazione degli apparati LTE.

4 Le evoluzioni del MBB per Telecom Italia

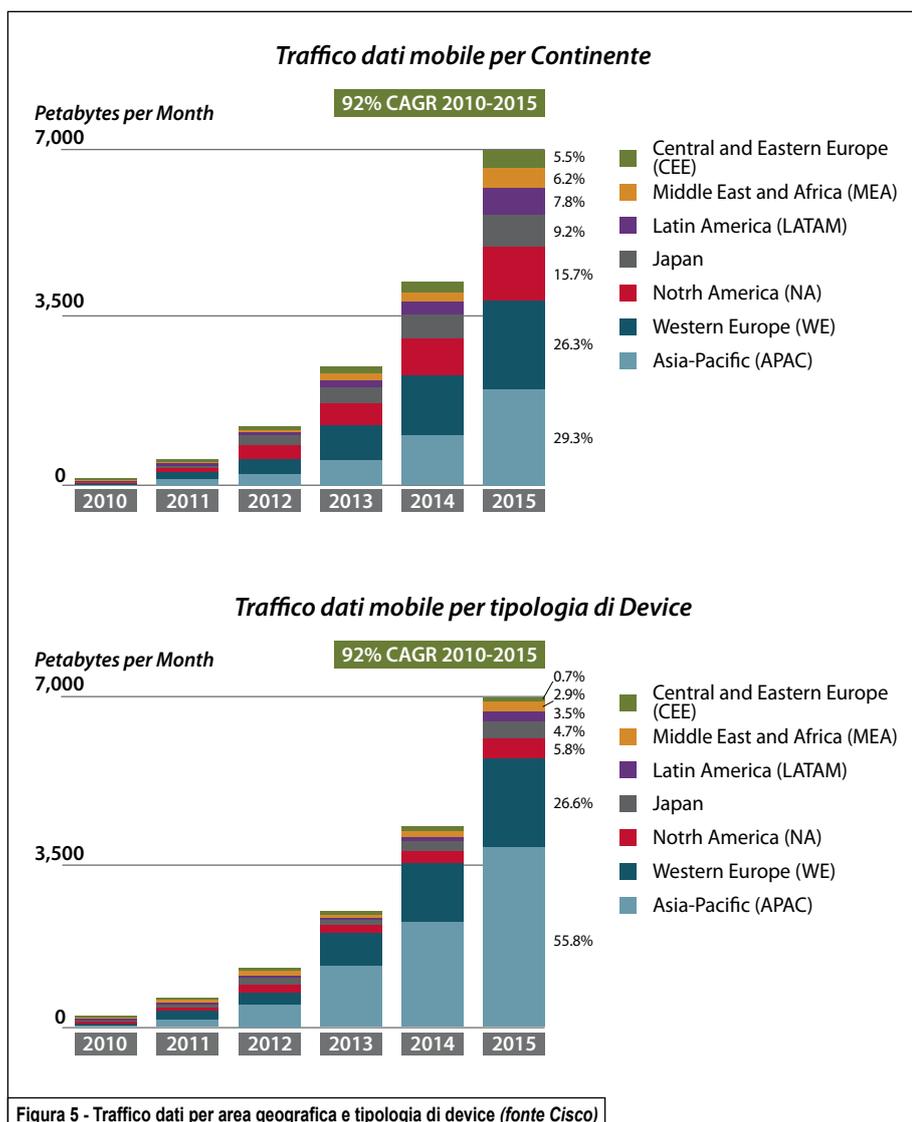
L'evoluzione delle reti radio mobili imporrà nuove sfide nei prossimi anni. In particolare la crescita importante di smartphone e laptop trainerà una forte crescita del traffico MBB in tutto il mondo. In aggiunta a questo, l'elevata diffusione di più tipologie di device con tecnologie HSPA e LTE integrate porterà all'affermarsi di nuovi modelli d'uso e di servizio, come mostrato in Figura 5.

La forte esplosione dei servizi mobile broadband sarà un trend globale, ma con peculiarità tipiche per area geo-

Figura 4 - Esito della gara frequenze

	Telecom Italia	Vodafone	WIND	3 Italia
800MHz	5 5	5 5	5 5	
1800MHz	5	5		5
2600MHz	5 5 5	5 5 5	5 5 5 5	5 5
2600TDD				15 15
	spesa: 1260	spesa: 1260	spesa: 1120	spesa: 305

blocco specifico



grafica, in funzione dello stato regolatorio, della competizione degli attori presenti e dalla maturità di ciascun mercato. Telecom Italia è impegnata oltre che nel mercato nazionale anche nel mercato LATAM; in questo ambito si fornirà un'overview delle principali sfide di ciascuna geografia tenendo conto delle specificità di ognuna.

4.1 Telecom Argentina

L'operatore mobile Personal (gruppo Telecom Argentina) rappresenta un

importante attore del mercato Argentino che, nel corso del 2011, ha visto crescere in maniera significativa la sua quota di Market Share, raggiungendo il 33,2% nel 2Q 2011 ed incrementando in maniera più che proporzionale la sua Revenue Share (+2,9% nel 2Q 2011 rispetto al 2Q 2010) nei segmenti Pre e Post pagato.

In questi anni Personal si è distinta nel mercato per l'approccio pionieristico ed innovatore sempre avuto sui VAS, ponendo particolare attenzione alle Social Network. La crescita del traffico internet, assieme alla rapida diffusione degli smartphone in rete

(Personal detiene la quota maggiore di vendita di Smartphone/Terminali Android), ha reso importante la scelta di una strategia di sviluppo della rete coerente con i trend di mercato.

Una forte sfida imposta dallo scenario regolatorio Argentino è il CAP frequenziale a 50 MHz (per le frequenze complessivamente detenute in uplink e downlink nelle bande utilizzate per il 2G e 3G, ovvero 850 MHz e 1900 MHz). Questo valore è, infatti, decisamente minore di quello normalmente applicato in Europa. In attesa del superamento di tale CAP, grazie all'asta delle frequenze per il 4G prevista per il 2012, Personal sta perseguendo la duplice strategia di aggiornare la propria rete, seguendo l'evoluzione tecnologica dell'HSPA e del GSM/EDGE e introducendo opportune soluzioni di dispiegamento ad elevata capacità e/o offloading della rete che permettano di aumentare la capacità a beneficio della qualità finale percepita dai clienti.

4.2 TIM Brasil

TIM Brasil è un operatore dinamico che sta consolidando fortemente la sua posizione nel mercato brasiliano passando dal terzo al secondo posto nella Market Share Mobile e più che raddoppiando la crescita di minuti fonia rispetto al 2009. L'integrazione con Intelig e la recente acquisizione degli asset in fibra di AES a Rio de Janeiro e San Paolo, costituiscono importanti passi verso la creazione di una propria infrastruttura di trasporto.

Nei prossimi anni TIM Brasil continuerà a rafforzare la propria rete 2G e a consolidare la rete 3G sia in termini qualitativi che di copertura, seguendo lo sviluppo tecnologico dell'HSPA+ e prevedendo soluzioni tecnologiche per l'aumento della capacità di rete come, ad esempio, il network offloading.

TIM Brasil è percepito dai propri clienti come un'azienda innovatrice, specialmente nelle offerte commerciali molto competitive sia per la fonia sia per l'accesso ad internet. Raggiungendo il potere di spesa, non solo delle classi sociali abbienti, ma anche della nuova lower-middle class brasiliana, TIM Brasil è stata in grado di costituire uno dei suoi punti di forza ovvero la formazione di una grande community in continua espansione. Quest'ultima costituisce uno strumento molto efficace per la fidelizzazione dei clienti e la creazione di servizi a valore aggiunto, che beneficiano di un contesto sociale in forte mutamento e che, quindi, offre interessanti opportunità di crescita.

4.3 Italia: LTE come ulteriore booster del MBB di TIM

La disponibilità di spettro rappresenta un elemento chiave per supportare in modo efficiente l'elevata crescita del traffico mobile (crescita del traffico anno su anno (CAGR) pari a più del 100% nel periodo 2009-2014, [2]) e nel contempo fornire servizi mobili di nuova generazione ad elevata qualità. Da questo punto di vista è importante non solo la quantità di banda, ma anche la porzione di spettro in cui tale capacità viene resa disponibile.

Infatti, il dispiegamento LTE sarà un dispiegamento multifrequenza e questo avrà un impatto sia in rete sia sui terminali, che dovranno essere capaci di supportare in modo trasparente le bande 800, 1800 MHz e 2600 MHz, sfruttando al meglio le complementarità delle varie frequenze.

La banda a 800 MHz è sicuramente quella più pregiata, in quanto consente di associare le prestazioni di LTE ad un'ottima copertura anche in indoor. La banda a 1800 MHz presenta buone caratteristiche di propagazione, anche se inferiori rispetto alla 800 MHz, e una buona disponibilità di larghezza di banda (fino a 20 MHz con il refarming del GSM), consentendo di raggiungere le prestazioni di picco teoriche della tecnologia LTE. Infine, la banda a 2,6 GHz, avendo a disposizione larghezze di banda superiori a 10 MHz, consente di effettuare dispiegamenti ad elevata capacità e prestazioni, ma ha capacità di propagazione limitate soprattutto in ambiente indoor; pertanto, tale frequenza è meno adatta per dispiegamenti macro con estensione geografica ed è più indicata per lo sviluppo di reti eterogenee con micro outdoor e pico indoor.

Da questo punto di vista l'acquisizione di 10 MHz a 800 MHz rappresenta un elemento chiave per Telecom Italia, in quanto il MBB diverrà sempre più per-

vasivo e molti clienti fruiranno di tali servizi in ambiente indoor; quindi, la banda a 800 MHz rappresenta la garanzia di una copertura di eccellenza non solo per le aree suburbane e rurali, ma anche per quelle cittadine.

Altrettanto importante è stata l'acquisizione di ulteriori 5 MHz a 1800 MHz. In questo modo il portafoglio frequenze di Telecom Italia ha raggiunto in questa banda una larghezza pari a 20 MHz, permettendo di coniugare caratteristiche di propagazione molto buone con la possibilità di raggiungere le prestazioni e la capacità di picco della tecnologia. Questi due elementi rappresentano il punto chiave per la costruzione di un MBB di qualità.

La rete LTE rappresenta il target evolutivo di Telecom Italia, che già oggi è capace di offrire un MBB di eccellenza con una copertura superiore all'80% della popolazione. In particolare, la rete LTE sarà costruita e integrata in modo trasparente con quelle HSPA+ e GSM esistenti e la rete Telecom Italia diverrà ancor di più multifrequenza (900, 1800, 2100 e 2600 MHz), multi tecnologia (GSM per voce e SMS, HSPA+ e LTE per MBB e le sue evoluzioni).

Come mostrato in Figura 6 la tecnologia LTE consentirà di rafforzare ancor di più nelle aree cittadine l'attuale MBB di Telecom Italia, che con l'HSPA+ è in grado di offrire sino a 42

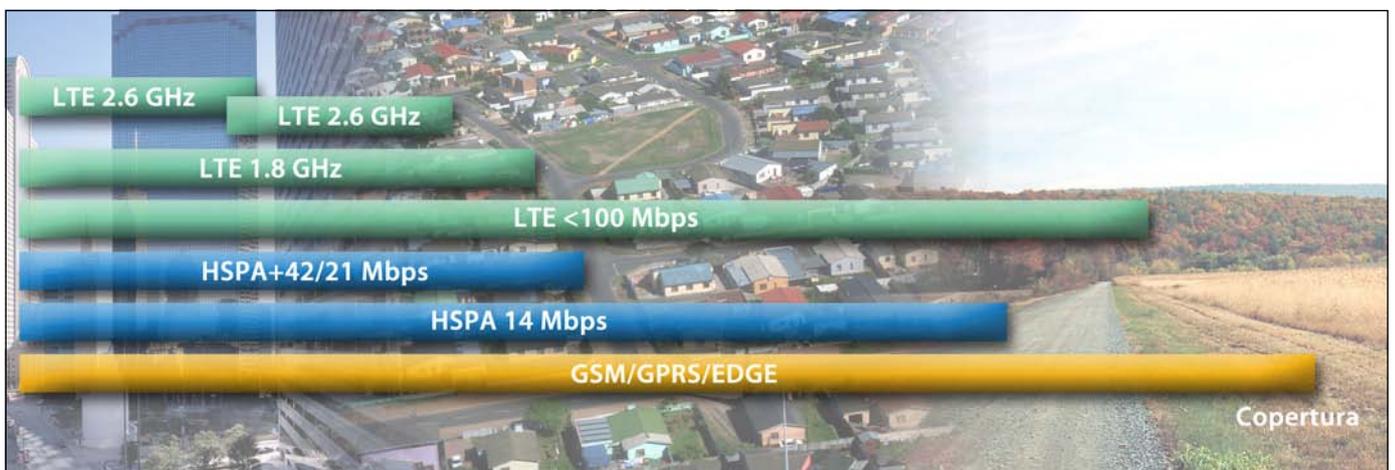


Figura 6 - Una rete mobile multifrequenza e multi tecnologia

Mbit/s di picco, aumentando la capacità, le prestazioni e la copertura in ambiente indoor, in modo da offrire al Cliente una qualità di servizio ancora più distintiva. Inoltre, la disponibilità di LTE a 800 MHz consentirà di portare e rafforzare il servizio MBB nelle aree rurali e suburbane, estendendone la copertura geografica.

Per poter supportare un MBB di elevata qualità, è necessaria una rete di backhauling a larghissima banda, capace di raccogliere gli elevatissimi throughput supportati dalle celle radio. Per questo diviene un pre-requisito il dispiegamento di una rete capillare in fibra o, in alternativa, dove non economicamente vantaggioso, di sistemi in ponte radio a larga banda. Per l'LTE la fibra diviene ancor più fondamentale se si considera che, per poter supportare prestazioni di eccellenza, sarà necessario in alcune aree avvicinare l'antenna al cliente. Su celle macro questo è possibile mediante antenne attive,

ma nelle aree pedonabili ed indoor è ottenibile piuttosto mediante l'introduzione di micro celle outdoor e indoor all'interno dei punti di maggiore interesse. Questo tipo di dispiegamento viene definito in gergo rete eterogenea ovvero una rete che non solo si manifesta sotto forma di diverse tecnologie e frequenze, ma anche di differenti livelli gerarchici e dimensioni cellulari (macro, micro, pico).

La complessità di una rete eterogenea nelle tecnologie, nelle frequenze e nei livelli gerarchici dovrà essere trasparente al Cliente. Essa sarà racchiusa in rete e nei device e, grazie a sofisticati algoritmi di gestione della mobilità e della qualità radio, la connessione Cliente sarà supportata dalla tecnologia e dal livello gerarchico più opportuni, in funzione delle condizioni radio e di traffico delle singole celle. Si comprende subito come vi sia la necessità di una serie di algoritmi che agiscano in tempo reale e che richiedono una tecnologia estre-

mamente complessa, che si chiude sul terminale cliente come un elemento chiave per la fornitura di servizi 4G.

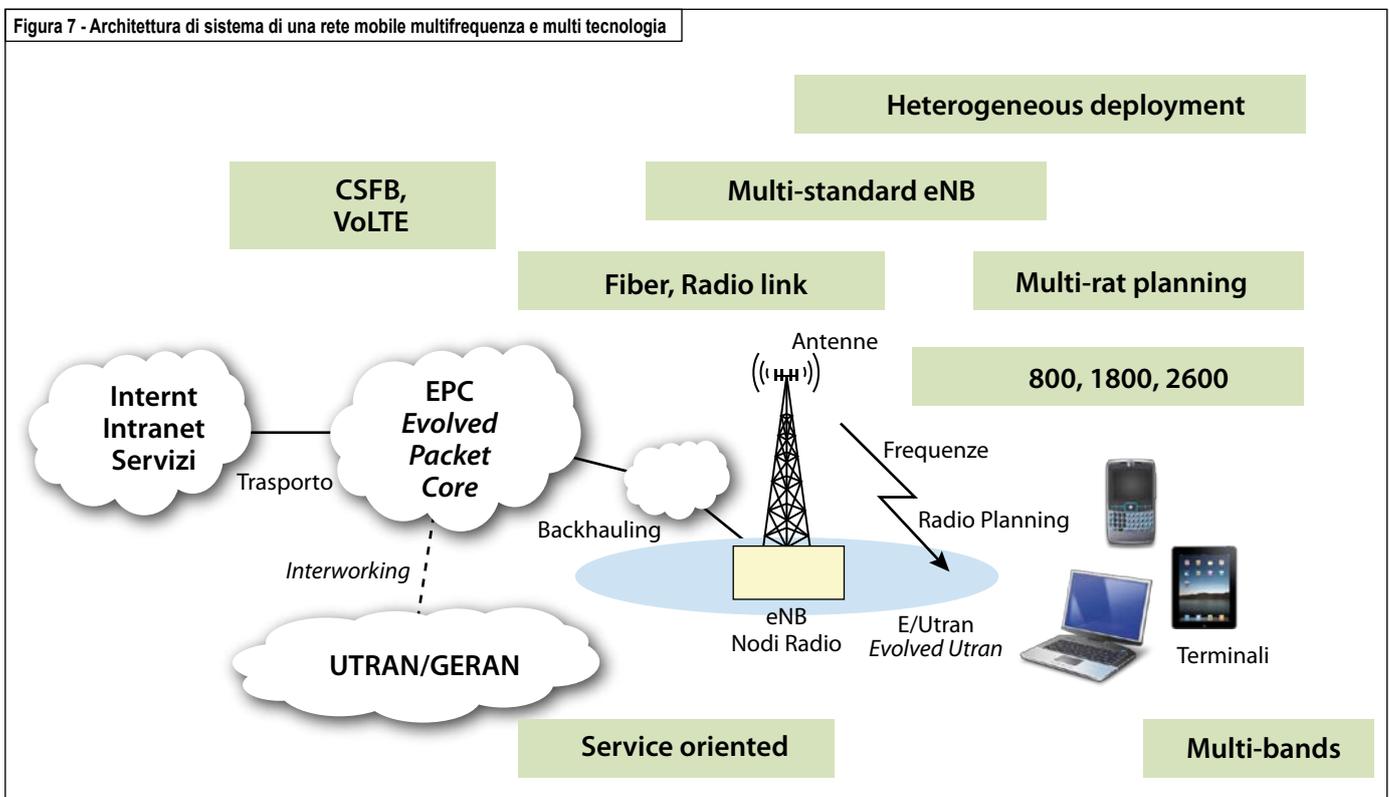
La Figura 7 sintetizza gli elementi principali della rete MBB di nuova generazione, dall'architettura completa di sistema alla molteplicità di layer tecnologici, frequenziali e gerarchici ed alle relative soluzioni di controllo (supporto della voce, nodi multistandard, backhauling avanzato).

4.4 Interferenza a 800 MHz e Spazio Elettromagnetico

Diversi studi ([3], [4], [5]) hanno portato alla luce due possibili fenomeni che potrebbero rappresentare una sfida per la realizzazione della rete LTE:

- interferenza verso i canali televisivi trasmessi nella parte alta della banda TV (fino a 790 MHz);
- interferenza verso gli impianti televisivi che utilizzano amplificatori, per potenziare il segnale o per di-

Figura 7 - Architettura di sistema di una rete mobile multifrequenza e multi tecnologia



Gli altri lanci di LTE nel mondo

L'organizzazione mondiale GSA (*Global Mobile Suppliers Association*) ha confermato che LTE è la tecnologia mobile con lo sviluppo più veloce di sempre a livello globale: attualmente 285 Operatori stanno investendo in LTE in 93 Paesi. A gennaio 2012 il totale dei lanci commerciali a livello globale ha raggiunto quota 49 ed ha coinvolto 29 Paesi in 4 continenti: 21 lanci sono avvenuti in Europa, 17 in Asia e Middle East, 10 in America ed uno in Australia. Juniper Research ha stimato che LTE avrà una forte espansione nei prossimi 5 anni e che il numero di clienti LTE al 2015 sarà pari a circa 428 milioni (il 6% dei clienti mondiali).

Per quanto riguarda l'Europa, finora la Svezia e la Germania rappresentano i casi più significativi legati al lancio dei servizi LTE. TeliaSonera è stato il primo Operatore mobile al mondo a lanciare il servizio LTE a 2.6 GHz, rendendolo disponibile nelle città di Stoccolma e Oslo a dicembre 2009. Gli altri competitors hanno reagito molto rapidamente: Tele2 e Telenor hanno effettuato il dispiegamento congiunto della rete LTE, con l'obiettivo di contrastare il pericolo di perdita di market share sui segmenti di clientela ad alto valore, e la competizione sul pricing LTE è cominciata subito dopo il lancio delle prime offerte. Sebbene LTE offra agli operatori la possibilità di sviluppare nuove strategie di posizionamento dell'offerta, si è assistito, di fatto, ad una replica delle strategie 2/3G sul mondo 4G.

Vodafone è stato il primo Operatore a lanciare LTE in Germania, offrendo un servizio commerciale a Dicembre del 2010. Al momento Vodafone sta sviluppando soprattutto un'offerta di sostituzione fisso-mobile, offrendo un servizio DSL-like su rete LTE a 800 MHz. Deutsche Telekom ha invece lanciato il suo servizio commerciale LTE ad 800 MHz ad aprile 2011: la chiavetta "Speedstick LTE" viene offer-

ta a partire da settembre 2011 e supporta LTE a 800, 1800 e 2600 MHz.

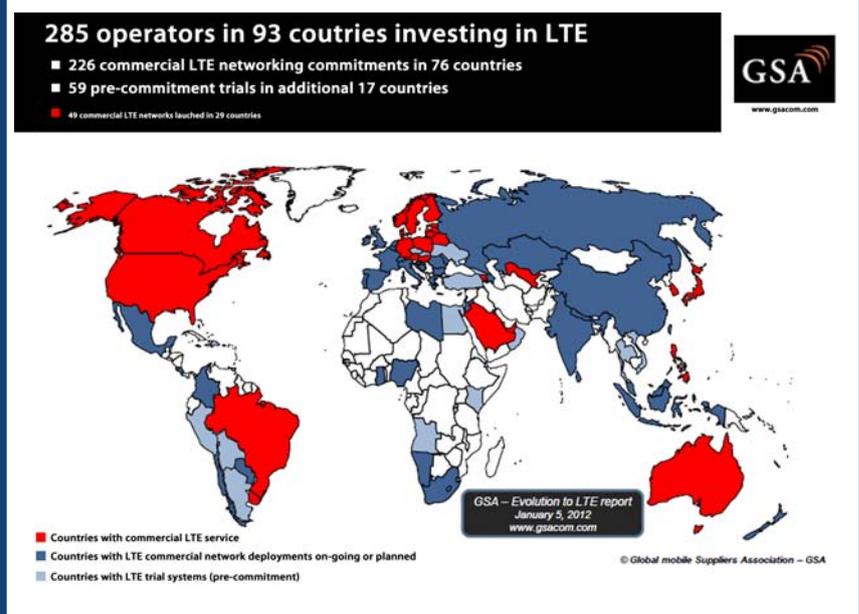
Per quanto riguarda il Nord America, Metro PCS è stato il primo operatore USA a lanciare LTE nel dicembre 2010 ed il primo operatore mondiale a promuovere un handset 4G LTE. Il servizio è stato inizialmente fornito solo a Las Vegas e successivamente a Dallas, Fort Worth, Detroit, Boston, Sacramento e New York; il deployment 4G sta continuando nelle restanti aree. Verizon Wireless ha lanciato su larga scala il servizio LTE a 700 MHz (dicembre 2010), fornito inizialmente con chiavette LG, puntando su una strategia aggressiva sia per copertura (con una popolazione coperta pari a 200 milioni a fine 2011) sia per offerta (nessun premium price per LTE). Questo approccio ha lo scopo di trasferire il più rapidamente possibile il traffico dati dalla rete 3G al 4G e raggiungere in tempi rapidi significative economie di scala sui volumi dei device LTE. Attualmente l'offerta LTE di Verizon si avvale di diverse tipologie

di device LTE (chiavette, smartphone, tablet e Mi-Fi Router). AT&T ha iniziato il roll out di LTE a partire dall'estate 2011, con l'obiettivo di raggiungere una copertura di livello nazionale per la fine del 2013.

Con riferimento al continente asiatico, NTT-DoCoMo ha lanciato a dicembre del 2010 il primo servizio commerciale in Giappone (nome commerciale "Xi™" su banda 2,1GHz) nelle città di Tokyo, Nagoya e Osaka. La strategia di DoCoMo prevede la copertura del 98% della popolazione entro il 2014 (25% a fine 2011). L'offerta iniziale era di tipo large screen basata su internet dongles LTE; in seguito sono stati lanciati ulteriori prodotti quali wifi routers e tablet. Nel novembre 2011 sono stati lanciati il primo Tablet LTE e 4 smartphone (tra cui Samsung SII Galaxy) con tecnologia CS Fallback per il servizio voce ■

giuseppe.catalano@telecomitalia.it
claudia.maccario@telecomitalia.it

Figura A - Lanci commerciali e trial LTE nel mondo



stribuirlo in impianti condominiali centralizzati (saturazione degli amplificatori).

Il primo fenomeno è ben noto nelle comunicazioni radio ed è legato al problema dell'interferenza da canale adiacente e riguarda principalmente la banda LTE adiacente a quella TV (il cosiddetto "blocco specifico", separato solo di 1 MHz). In generale, i casi in cui questo fenomeno si può verificare sono limitati ad un'area ristretta nei pressi della stazione radio base.

Il fenomeno della saturazione degli amplificatori è più complesso e riguarda il segnale trasmesso da tutti gli operatori. Infatti, se il livello del segnale in ingresso all'amplificatore è superiore ad una data soglia, si verificano fenomeni di distorsione del segnale utile.

Il problema è legato agli impianti TV esistenti, in quanto gli amplificatori finora installati considerano come utili segnali radio fino a 862 MHz. L'Italia ha definito dei tavoli tecnici per affrontare il problema e le soluzioni che si prospettano, anche sulla base dell'esperienza europea, sono l'utilizzo di filtri per attenuare il segnale LTE all'ingresso dell'impianto TV oltre alla definizione di nuove norme per apparati TV ed impianti di antenna.

Il tema dello Spazio Elettromagnetico deriva dalle norme che regolano i livelli di campo elettromagnetico massimo a cui possono essere sottoposte le persone. La normativa di riferimento europea è specificata da ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) [6] ed i limiti europei definiscono dei valori massimi di campo (41 V/m @ 900 MHz, 58 V/m @ 1800 MHz, and 61 V/m @ 2000 MHz), che sono molto maggiori di quelli in vi-

gore in Italia (pari 6 V/m nelle aree dove le persone soggiornano più di quattro ore al giorno, indipendentemente dalla frequenza). Tali limiti si traducono in una distanza minima da rispettare tra l'antenna della stazione radio base e le abitazioni circostanti.

I vincoli molto conservativi imposti dalla regolamentazione nazionale (e soprattutto le procedure di misura adottate, che impongono che il valore massimo trasmesso non possa superare il limite indicato, anche se mediamente l'impianto trasmette a potenze inferiori) costituiscono un forte vincolo per la realizzazione della rete LTE, in quanto alcuni siti potrebbero già essere al limite della potenza massima consentita.

Conclusioni

La gara frequenze svoltasi a Settembre del 2011 ha rappresentato una tappa di un processo di scala mondiale, che vede l'assegnazione di nuove porzioni di spettro ad Operatori mobili tradizionali e nuovi entranti, in modo da rispondere all'esigenza sempre maggiore di servizi dati mobili a banda larga. Numerose gare si sono svolte in molti Paesi in diversi continenti (Stati Uniti, Italia, Germania, Spagna, Francia, Giappone, Australia) ed altre sono previste nel corso del 2012. L'acquisizione da parte di Telecom Italia di nuove frequenze a 800, 1800 e 2600 MHz in un contesto di gara competitivo (H3G, Vodafone e Wind gli altri partecipanti) e regolato allo scopo da evitare concentrazioni di spettro, rappresenta un elemento chiave per la realizzazione di

un'offerta Mobile BroadBand sempre più pervasiva e di eccellenza.

In questo scenario LTE rappresenta la tecnologia mobile con lo sviluppo più veloce di sempre a livello globale (attualmente 285 Operatori stanno investendo in LTE in 93 Paesi) ed ha dunque acquisito rapidamente lo status di tecnologia dal footprint globale ed in rapida espansione, sebbene l'elevata frammentazione dello spettro su cui può essere dispiegato renda le potenzialità di roaming universale di questa tecnologia un obiettivo da raggiungere progressivamente. ■



Bibliografia

- [1] 3GPP TS 36.101 - User Equipment (UE) radio transmission and reception
- [2] Cisco Visual Networking Index 2010
- [3] CEPT Report 30 "Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on the identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790-862 MHz for the digital dividend in the European Union"
- [4] CEPT Report 31 "Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on technical considerations regarding harmonisation options for the digital dividend in the European Union - Frequency (channelling) arrangements for the 790-862 MHz band"
- [5] <http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/coexistence-with-dtt/>
- [6] "Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)" <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlita.pdf>

sandro.dionisi@telecomitalia.it
daniele.franceschini@telecomitalia.it
fabio.santini@telecomitalia.it



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.



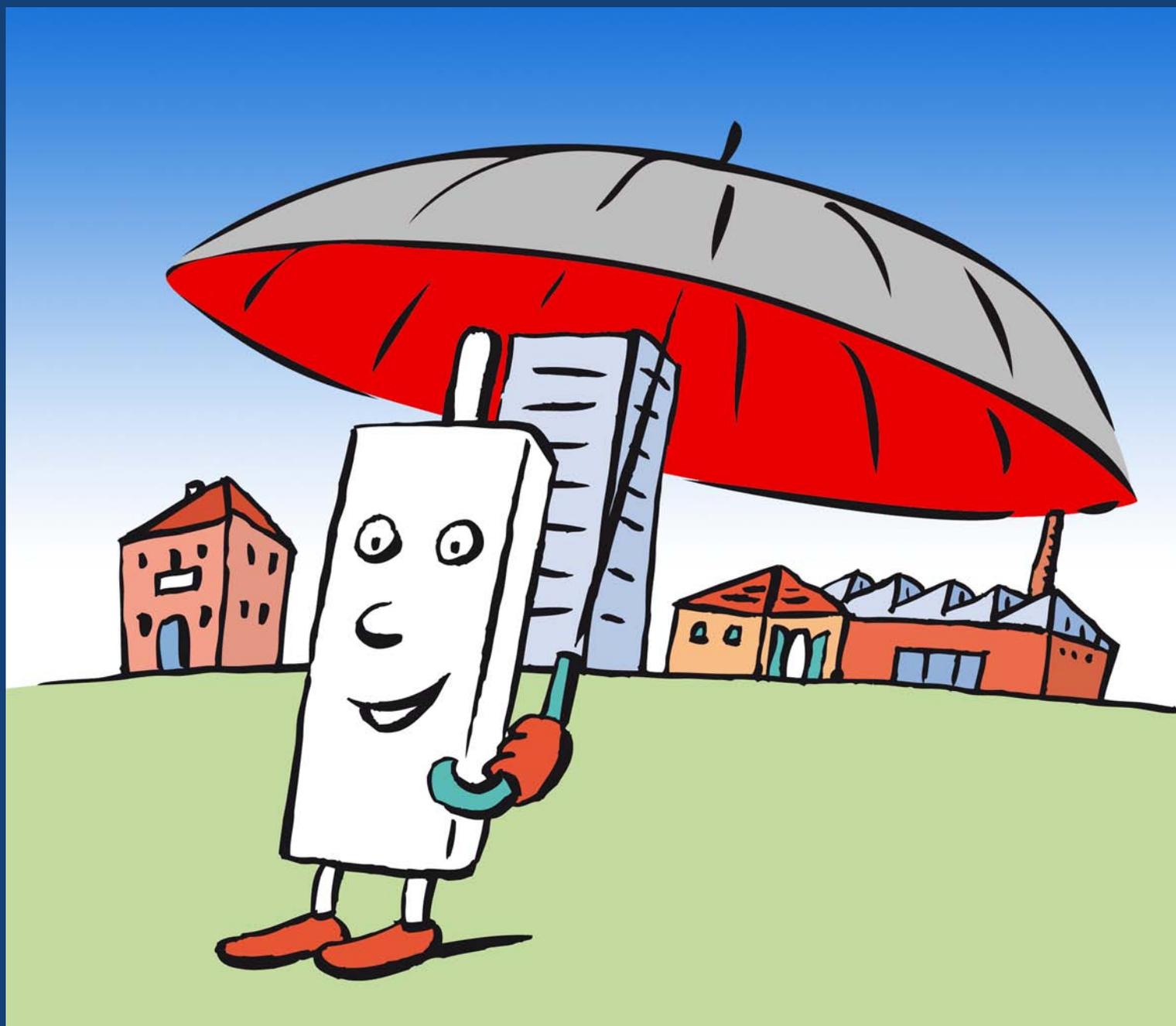
Fabio Santini

ingegnere elettronico, nel 1989 entra in Telespazio, dove ha gestito le attività di pianificazione dello spettro radioelettrico e di regolamentazione a livello nazionale ed internazionale. Dopo una parentesi significativa in Grapes S.p.A e in Blu S.p.A, dal 2003 al 2005 ha lavorato in TIM S.p.A, dove ha gestito i rapporti con gli Enti Regolatori nazionali e internazionali. Attualmente opera nella Direzione Public and Regulatory Affairs di Telecom Italia S.p.A, dove, dal 2006, assicura la gestione delle istruttorie e dei procedimenti avviati dagli Enti Regolatori nazionali e coordina i processi interni per la definizione dei posizionamenti aziendali per tutte le attività inerenti la pianificazione e la gestione dello spettro radio e l'introduzione di tecnologie innovative.

ANTENNE SEMPRE PIÙ INTELLIGENTI PER UN VERO "MOBILE BROADBAND"

Maurizio Crozzoli, Gian Michele Dell'Aera, Paolo Gianola

MOBILE



Con l'introduzione del sistema di comunicazioni mobili di quarta generazione denominato LTE (*Long Term Evolution*) è stata lanciata una nuova sfida tecnologica per portare la banda larga mobile ovunque.

È noto che il sistema LTE è visto come la tecnologia di riferimento per superare il divario digitale esistente tra aree geografiche e intere fasce di popolazione, tuttavia è altresì evidente che la competizione sulla larga banda mobile avverrà soprattutto nelle aree a maggiore densità di urbanizzazione. Le nuove reti LTE, infatti, opportunamente integrate e armonizzate con le reti di seconda e terza generazione, offriranno connettività ad elevata qualità e, in un mercato sempre più competitivo, sarà proprio su tale aspetto che gli operatori e le industrie del settore si misureranno, promuovendo offerte e servizi differenziati a seconda delle esigenze e delle capacità di spesa di singoli individui, società, pubbliche amministrazioni o gruppi industriali.

1 Introduzione

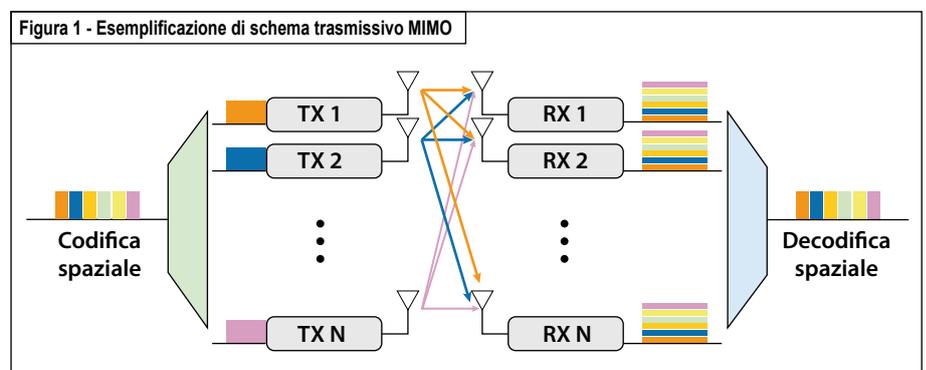
Il prossimo dispiegamento della rete LTE, secondo le specifiche tecniche emanate da parte dell'ente internazionale di standardizzazione 3GPP, dovrebbe teoricamente permettere di realizzare un accesso radio a banda larga in grado di fornire velocità nel trasferimento dati (throughput) sulla tratta "Down-Link" (trasmissione dalla stazione verso il terminale mobile) di 75 Mbit/s, su una banda di 20 MHz (vedi paragrafo successivo). In realtà, sfruttando la tecnologia MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) (Figura 1) secondo tecniche dette di "Spatial

Multiplexing", le antenne LTE saranno in grado da subito di trasmettere due flussi dati distinti, portando il throughput di picco a 150 Mbit/s. Se poi si sceglierà di utilizzare quattro antenne in trasmissione e quattro in ricezione

per inviare quattro flussi dati in parallelo, allora il "throughput" nominale in DL salirà ulteriormente raggiungendo i 300Mbit/s. Valori ancora più elevati del "data rate" percepito dal singolo utente potranno essere raggiunti per mezzo di ulteriori incrementi dell'efficienza spettrale¹ resi possibili da tecniche MIMO più avanzate e attraverso l'aggregazione di più portanti (carrier aggregation) ad esempio sfruttando lo spettro disponibile in Italia nelle bande a 1800 MHz (disponibili a partire già dal 2012) e a 800 MHz e a 2600 MHz (disponibili a partire dal 2013).

2 Le modulazioni ad elevata "cardinalità"

L'interfaccia radio impiegata dal sistema LTE è stata sviluppata pensando alla necessità di trasmettere un segnale radio su una larga banda con modulazioni anche ad elevata cardinalità, fino a 64 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Inoltre il sistema garantisce all'operatore un'elevata flessibilità



¹ L'efficienza spettrale è definita come velocità di trasmissione per unità di banda [bit/s/Hz]

nell'utilizzo dello spettro, supportando un gran numero di canalizzazioni possibili (1,4 Mhz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz). L'interfaccia radio del sistema LTE impiega la tecnica di accesso OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) sulla tratta DL e la tecnica di accesso "Single Carrier - Frequency Division Multiple Access" nella tratta "Up-Link" (trasmissione dal terminale mobile verso la stazione). La tecnica OFDMA divide lo spettro disponibile in sottobande o sottoportanti che possono essere modulate in maniera differente in funzione delle caratteristiche di qualità del canale trasmissivo. In questo modo si può sfruttare la selettività frequenziale di bande molto ampie, inoltre si facilita l'equalizzazione di canale così da poter usare con la maggiore frequenza possibile modulazioni ad elevata cardinalità. La tecnica SC-FDMA, invece, consiste nel precodificare il segnale in ingresso con un'operazione detta "Discrete Fourier Transform", in modo da limitare sulla tratta UL le variazioni di potenza del segnale, dunque migliorando le condizioni di lavoro dell'amplificatore del terminale che presenta una curva di risposta lineare in ingresso più limitata rispetto a quello della stazione radio base.

3 Dal MIMO al CoMP passando per il "BeamForming"

La tecnologia MIMO, per quanto già prevista dal sistema HSDPA (*High Speed Packet Ratio*), attuale riferimento tecnologico per la realizzazione della banda larga mobile, non è stata ancora implementata su rete commerciale. Lo sarà certamente con il sistema LTE, sin dalle sue prime fasi di dispiegamento, dove potrà essere implementata secondo diverse tecniche che possono coesistere sulla stessa piattaforma di rete e la cui fruizione può essere gestita dinamicamente dal-

la stazione radio base in funzione della qualità della singola connessione: il già citato MIMO-SM che parallelizza la trasmissione dati su varie antenne consentendo aumenti considerevoli del bit rate rispetto ai sistemi a singola antenna in trasmissione e fornisce prestazioni prossime a quelle attese qualora si sia in presenza di condizioni radio molto favorevoli (buona copertura e bassa interferenza); la tecnica MIMO "Space Time Frequency Coding" che, trasmettendo sulle antenne repliche dello stesso segnale opportunamente ritardate e codificate, consente di migliorare le prestazioni in condizioni di canale radio più sfavorevoli sfruttando il guadagno di diversità.

In vero, con l'introduzione del MIMO si è posto solo il primo mattone di quella costruzione che porterà alla realizzazione di una rete ad elevata efficienza spettrale. Esso, infatti, se da un lato consente di fare apprezzare velocità di trasmissione considerevoli agli utilizzatori che si trovino in condizioni di copertura radio favorevoli, dall'altro è bene essere consapevoli che, in una rete matura, i "throughput" di picco potranno essere raggiunti solo da pochi utilizzatori situati vicino alle antenne. Inoltre la banda gestita da un trasmettitore è generalmente condivisa nel tempo da più utilizzatori, che dunque vedranno degradare le loro prestazioni al crescere delle richieste di connettività.

Pertanto, come prevedibile, il 3GPP non si è fermato alla definizione dello standard LTE ma ha già emanato le prime versioni di specifica dello standard successivo: il sistema LTE-Advanced, il quale introduce una serie di nuove funzionalità che permetteranno di estendere le prestazioni offerte dal sistema LTE, sia in termini di copertura sia di capacità (fino a 3Gps!), mantenendone al contempo la "backward compatibility"³. Nell'ambito degli schemi MIMO avanzati si sta lavorando anche al miglioramento della

qualità radio sulle singole connessioni attraverso una maggiore concentrazione della potenza trasmessa e ad una riduzione media dell'interferenza che permetta un utilizzo più efficace dello spettro radio e degli schemi di modulazione a più alta cardinalità.

Allo scopo di consentire ad un maggior numero di utilizzatori di percepire velocità di trasmissione prossime ai valori di picco teorici, si potranno utilizzare tecniche trasmissive idealmente in grado di moltiplicare l'efficienza spettrale (e quindi la capacità esprimibile dalla rete) per un fattore che dipenderà dal compromesso che si sceglierà di raggiungere tra investimenti e fattibilità realizzativa da una parte e complessità tecnologica sul sistema di antenne dall'altra. Un esempio significativo, in tal senso, è costituito dalla tecnica "Multi-User MIMO". Si tratta di uno schema trasmissivo multi-antenna avanzato che, implementando funzionalità di tipo "Space Division Multiple Access" attraverso il beamforming in antenna, permette alla stazione radio base di trasmettere simultaneamente verso due o più utenti della stessa cella sulle stesse risorse fisiche, portando ad un aumento di capacità del sistema anche in termini di numero di utenti simultaneamente servibili (Figura 2). Tra le nuove funzionalità per LTE-Advanced che sono in corso di standardizzazione in 3GPP e che vedranno un'ulteriore rivisitazione degli schemi rice-trasmissivi delle antenne, vi è il "Coordinated Multi Point". Si tratta di una tecnica basata sull'idea secondo la quale il segnale destinato a un cliente è trasmesso, se possibile, da più punti trasmissivi tra loro *coordinati* (Figura 3), dove il coordinamento può essere implementato a livello di processamento del segnale in banda base (Joint Processing,) oppure a livello di decisioni coordinate di "scheduling" e/o di beamforming (Coordinated Scheduling / Coordinated Beamforming). In tal modo si ottiene il duplice effetto

² Con questo termine s'intende la caratteristica per la quale ai primi terminali LTE sarà consentito di continuare ad operare anche in futuro quando le nuove funzionalità saranno implementate e il mercato le renderà disponibili.

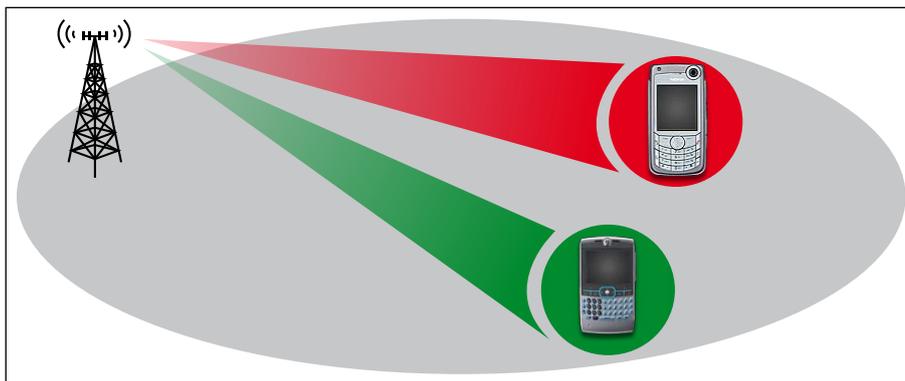


Figura 2 - Beamforming a servizio della tecnica MU-MIMO

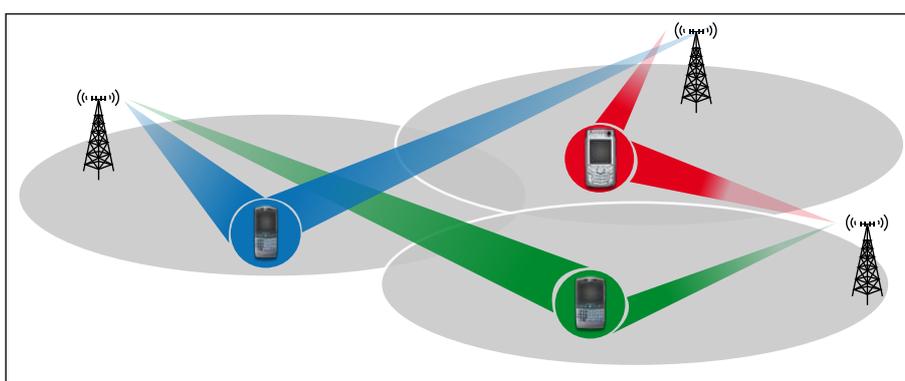


Figura 3 - Esempio di funzionamento della tecnica CoMP

di aumentare il livello del segnale utile verso ciascun utente e di ridurre il livello del segnale interferente distribuito sul territorio.

4 Le Antenne Attive

Le funzionalità avanzate di LTE prevedono prestazioni teoriche molto interessanti, ma è stato fatto notare quanto esse dipendano dalla presenza di condizioni radio ottimali verificabili solo dagli utenti che si trovano in una buona posizione rispetto alla stazione radio base. Le tecniche MIMO e di Beamforming a cui si è fatto cenno nei paragrafi precedenti assolvono proprio alla funzione di permettere ad un sempre maggior numero di utenti di sperimentare tali condizioni radio ottimali e dunque di ottenere le conseguenti

prestazioni di picco. Affinché tali tecniche possano essere efficacemente (e dunque effettivamente) implementate, non è difficile immaginare come le antenne della rete di accesso mobile siano chiamate a evolvere in una direzione che consenta loro di acquisire caratteristiche impensabili per antenne tradizionali. Infatti, se per il prossimo futuro è ragionevole prevedere un progressivo incremento di stazioni radio base a corto raggio di copertura con antenne posizionate al livello stradale (micro-celle) o direttamente in "indoor" (pico-celle) atte a garantire elevata capacità ad un ristretto numero di utenti, le antenne dei tradizionali siti macro-cellulari dovranno anch'esse avvicinarsi agli utenti. Non potendolo realizzare geometricamente (come nel caso micro e pico), l'avvicinamento delle antenne potrà essere realizzato virtualmente sfruttando le leggi fisi-

che dell'elettromagnetismo e le teorie classiche della propagazione radio, insieme ad un connubio tra sofisticate tecniche di Digital Signal Processing e architetture e tecnologie di antenne alle quali, a ragione, potrà essere assegnato l'appellativo di "Smart".

L'idea guida di questa evoluzione nel modo di intendere le antenne di una rete mobile si può riassumere nella parola chiave *ricongfigurabilità*, nel senso più ampio del termine, che si può immaginare di declinare sia su *base cella*, sia su *base utente*. Nel primo caso si tratta della capacità dell'antenna di adattare le proprie caratteristiche di trasmettere e ricevere segnali adattandole alle esigenze di capacità e di copertura di tutti gli utenti di un settore. Nel secondo caso s'intende la capacità dell'antenna di assegnare a ciascun utente i segnali a lui trasmessi e da lui ricevuti (magari in tempo reale) al fine di ottimizzarne le prestazioni.

Oggetto primario della riconfigurabilità è il *diagramma d'irradiazione* dell'antenna, che ne descrive il modo di distribuire e raccogliere il segnale da trasmettere e ricevere in funzione dell'angolo sotto cui l'antenna è vista da ciascun punto del territorio. Il diagramma d'irradiazione costituisce null'altro che una sezione del solido d'irradiazione (o fascio, "beam" in inglese) il quale rappresenta il comportamento radiativo dell'antenna in tutte le possibili direzioni dello spazio che la circonda³, nonché la distribuzione angolare dell'energia trasmessa o ricevuta dall'antenna. Ecco allora che la riconfigurabilità si traduce nella capacità di cambiare la forma del fascio irradiato dall'antenna, da cui i termini inglesi "beamforming" (BF) o "beamshaping". La tipologia di antenna che meglio si presta a realizzare il BF è data dalle *antenne a schiera*. Si tratta di antenne costituite a loro volta da un insieme di radiatori (antenne) elementari, distribuiti tipicamente lungo una linea verticale (Figura 4), orizzontale,

³ Nel caso di antenne per un tipico sito tri-settoriale della rete radiomobile il diagramma d'irradiazione dovrà essere tale da permettere all'antenna di coprire una porzione di territorio ampia 120° nel piano orizzontale e 7°±14° in quello verticale, opportunamente puntato verso il basso sul territorio in modo da raggiungere il raggio di cella richiesto dalle esigenze di copertura radio cellulare.



Figura 4 - Esempio di antenna a schiera con elementi radianti distribuiti verticalmente (per gentile concessione di KATHREIN-Werke KG)

oppure su un piano, in cui sia possibile controllare i segnali che transitano attraverso ciascuno di essi (o loro raggruppamenti) in ampiezza e fase in modo che la loro ricombinazione (che, in fase di trasmissione, avviene in aria mentre, in fase di ricezione, avviene nel circuito posto all'interno dell'antenna stessa) dia origine a fenomeni di interferenza costruttiva o distruttiva, in funzione dell'angolo di partenza o di arrivo del segnale che transita per l'antenna in trasmissione o in ricezione.

Le antenne *tradizionali* delle reti mobili sono generalmente costituite da una serie di dipoli elementari disposti verticalmente a uguale distanza uno dall'altro e implementano già una elementare tecnica di BF operata a Radio Frequenza. In esse l'operazione di controllo della fase dei segnali si ottiene per mezzo di sfasatori variabili controllati anche a distanza (Remote Electrical Tilt) che permettono di realizzare la variazione dell'angolo di puntamento

del massimo d'irradiazione (in inglese "tilt") dell'antenna. Poiché si agisce sull'intero segnale a RF che transita per l'antenna, qualunque variazione si scelga di effettuare su tale segnale, questa avrà impatto su tutta la quantità di "informazione" in esso contenuta, senza che sia possibile distinguere, ad esempio, tra differenti frequenze portanti all'interno della stessa banda di funzionamento dell'antenna.

Tutto cambia se si sceglie, come il mercato sta proponendo già al presente, di operare il controllo in ampiezza e fase (la cosiddetta *pesatura* o "weighting") dei segnali che transitano attraverso ciascuno degli elementi radianti (o loro raggruppamenti) agendo a livello *numerico* in BB (*banda-base*): in tal modo si ottiene di poter sagomare il fascio irradiato dall'antenna in maniera infinitamente più versatile di quanto avvenga con le antenne tradizionali e di iniziare un percorso che, partendo dal BF su *base cella*, potrà giungere sino al BF su *base utente*, pur a fronte di un solo apparato radiante.

Per conseguire tale ambizioso ma realistico risultato, l'architettura dell'antenna è chiamata ad evolvere divenendo *sistema* e inglobando funzionalità sin qui assegnate ad altri elementi della stazione radio base, quali la conversione di frequenza, il filtraggio e l'amplificazione dei segnali a RF, non più applicati all'intero segnale RF da e verso l'antenna ma replicate e assegnate a ciascuno degli elementi della schiera (o loro raggruppamenti). In questo modo l'antenna diviene *attiva*, da cui il termine inglese AAS (*Active Antenna System*) spesso usato per riferirsi a questo genere di apparati.

La stazione radio base ha visto negli ultimi anni una rapida evoluzione, passando da un'architettura concentrata e monolitica ad una più distribuita. In essa, i moduli detti "Central Unit" e "Remote Radio Head" sono collegati tra loro in fibra ottica attraverso protocolli definiti da consorzi quali il

CPRI (*Common Public Radio Interface*) e l'OBSAI (*Open Base Station Architecture Initiative*). I moduli CU sono dedicati al processamento del segnale in BB, ovvero all'assegnazione delle risorse radio agli utenti e alla loro aggregazione necessaria per il trasporto verso i nodi di concentrazione o verso la "core network", mentre i moduli RRH sono dedicati al campionamento, alla conversione di frequenza e all'amplificazione dei segnali, e possono essere collocati direttamente in prossimità delle antenne, riducendo così le perdite di collegamento e migliorando la sensibilità dei ricevitori.

In tale contesto la più semplice implementazione del concetto di AAS, può essere costituita da oggetti che realizzano l'integrazione in un unico contenitore dell'antenna *tradizionale* con apparati attivi quali i moduli RRH, senza tuttavia realizzare funzionalità di elaborazione numerica dei segnali in BB a fini di BF. Risulta evidente come da tali apparati, però, pur presentando caratteristiche che li possono rendere interessanti dal punto di vista installativo e della qualità del segnale sulla tratta radio, non ci si possa attendere i benefici propri del BF.

Al contrario, nelle sue implementazioni più avanzate, il AAS è realizzato attraverso un'architettura che vede i moduli di campionamento, conversione di frequenza, amplificazione e filtraggio replicati e distribuiti su ogni elemento radiante o gruppi di questi e dove il cuore è costituito da un'unità di elaborazione numerica dei segnali in BB che permette l'ottenimento del controllo sulla sagomatura del fascio irradiato dall'antenna a schiera: in inglese "Beam Forming Unit". In essa, è possibile implementare gli algoritmi che operano la *pesatura*, garantendo allo stesso tempo il collegamento al modulo di BB e trasporto (CU), sfruttando collegamenti in fibra ottica del tutto analoghi a quelli adibiti al collegamento CU-RRH (Figura 5).

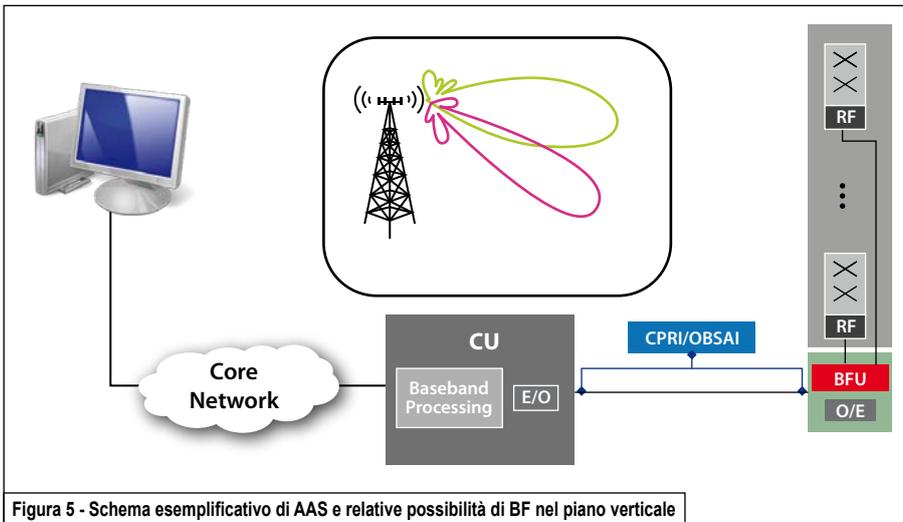


Figura 5 - Schema esemplificativo di AAS e relative possibilità di BF nel piano verticale

tualmente presenti nelle reti mobili⁴, anche lungo l'asse orizzontale arrivando a costituire una schiera planare; in tal modo le possibilità offerte dal BF su *base utente* potrebbero essere finalmente sfruttate appieno.

In tema di BF su *base cella*, un interessante caso di studio da cui ci si attendono effetti positivi in termini di aumento della capacità di smaltimento del traffico a livello di sito, è quello del "cell splitting".

5 Dalla teoria alla pratica

Le architetture di AAS descritte corrispondono alle soluzioni proposte dal mercato nell'immediato futuro, per consentire di operare il BF su base cella, distinguendo la pesatura dei segnali, e quindi il corrispondente diagramma di irradiazione, per ciascuna delle tratte di DL e di UL, delle differenti portanti o risorse radio all'interno della stessa banda di funzionamento dell'antenna, delle differenti tecnologie presenti a livello di stazione radio base. Poiché l'introduzione di questi nuovi sistemi consentirà un livello di flessibilità nella gestione dei diagrammi d'irradiazione delle antenne sino ad ora sconosciuto, al fine di sfruttarne appieno le potenzialità essa dovrà essere affiancata da modalità di pianificazione radio avanzate in cui, in prospettiva, la riconfigurabilità dei diagrammi di irradiazione potrà essere inserita all'interno di un processo di ottimizzazione della rete di accesso mobile, frutto di tecniche adattative tipiche dei sistemi detti di "Self Organising Network".

Per passare da un'ottimizzazione del diagramma di irradiazione su *base cella* ad una pesatura del segnale su *base utente* è necessario un ulteriore sforzo tecnologico dell'architettura dei AAS che preveda una diversa ripartizione delle funzionalità di livello fisico tra CU e antenna e, corrispondentemente,

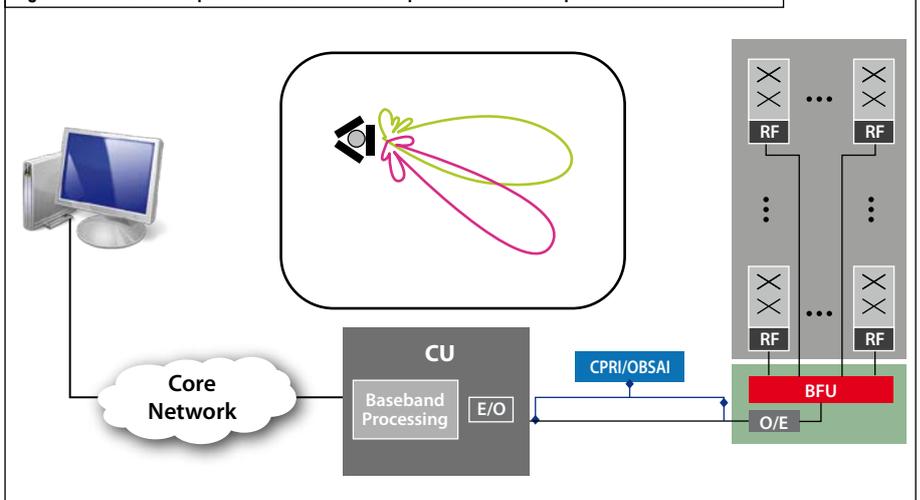
un adeguamento dei protocolli CPRI/OBSAI. In base agli studi sin qui condotti, in Telecom Italia vi è la convinzione che, per operare davvero una pesatura su *base utente*, sia necessario che essa avvenga prima che le risorse radio assegnate a ciascun utente siano mappate sulle sotto-portanti ad esse dedicate, operazione questa che potrà essere svolta direttamente in antenna all'interno della BFU del AAS.

Nel momento in cui si sceglie di introdurre AAS dotate di capacità elaborativa numerica dei segnali in BB, potrebbe essere di interesse replicare la schiera verticale, tipicamente impiegata nelle antenne tradizionali at-

Entrambe le scelte, BF su *base cella* o su *base utente*, sono teoricamente possibili e ampiamente studiate ma solo ora cominciano ad essere resi disponibili prodotti per la rete radiomobile che implementano la possibilità di agire su base cella.

Telecom Italia è da anni impegnata a studiare e ad analizzare i benefici attesi dalla tecnologia delle AAS dotate di BF digitale. Dai primi studi a fine anni '90 sul GSM allo sviluppo, alla realizzazione e alla sperimentazione in campo a Bologna del primo prototipo di AAS per il sistema 3G alla sperimentazione avviata anche con NSN per un utilizzo esteso sia in ambito 3G sia 4G.

Figura 6 - Schema esemplificativo di AAS e relative possibilità di BF nei piani verticale e orizzontale



⁴ Come detto, si tratta di schiere di antenne distribuite lungo una linea verticale, il cui diagramma d'irradiazione nel piano orizzontale è definito in maniera statica per coprire la cella assegnata (nel caso tipico di sito tri-settoriale ha un'apertura di 120°).

Cell Splitting

Il "cell splitting" è un'applicazione del Beamforming che consiste nel separare la singola cella in due celle pur usando una singola antenna attiva (AAS) in grado di gestire due diagrammi d'irradiazione con i lobi principali più stretti al posto di un solo diagramma più largo e assegnare a ciascuno di essi il proprio CELL ID (come si fa normalmente per distinguere i segnali afferenti a settori diversi di uno stesso sito o di siti differenti). La separazione può avvenire, come indicato in Figura A, sul piano verticale (*Vertical Beamforming*) o, come indicato in Figura B, sul piano orizzontale (*Horizontal Beamforming*) e deve essere operata, cercando il giusto compromesso tra il generare la minor interferenza possibile fra i due fasci e cercare di aumentare il più possibile la capacità del sito.

Nel caso di beamforming verticale, il lobo con tilt maggiore andrà a servire gli utenti più vicini alla stazione radio base, mentre il lobo con tilt minore raggiungerà meglio gli utenti più lontani dalla stazione radio base. Nel caso di beamforming orizzontale si intende trasformare il tradizionale sito tri-settoriale con 3 settori in un sito esa-settoriale con 6 settori. Questo si ottiene separando il singolo settore in due settori sul piano

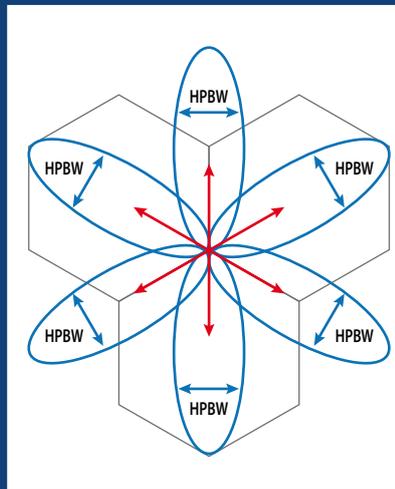


Figura B - La tecnica di Cell Splitting nel piano orizzontale

orizzontale. Il singolo settore di un sito tri-settoriale è ottenuto con diagramma di irradiazione caratterizzato da un lobo principale con un HPBW (*Half Power Bandwidth*) di 60-65° sul piano orizzontale, mentre nel caso di Beamforming Orizzontale il singolo lobo è diviso in 2 lobi, ognuno dei quali è caratterizzato da un HPBW più stretto pari a circa 35°. Le prestazioni delle differenti configurazioni di "cell splitting" sono state analizzate tramite un simulatore di sistema LTE dinamico il cui modello di propaga-

zione di canale segue le specifiche ITU presenti in [1]. Tra i differenti scenari è stato scelto il modello *Urban Macro* che rappresenta uno scenario fortemente interferito come quello cittadino. Lo scenario analizzato è composto da 19 siti a 500 m di distanza tra loro, ognuno dei quali genera 6 celle attraverso la tecnica di Beamforming Orizzontale o Beamforming Verticale. Vengono poi distribuiti in maniera uniforme 20 utenti all'interno di settori di 120° per sito così da avere 60 utenti uniformemente distribuiti intorno ad ogni sito. Nella figura c si osserva la distribuzione degli utenti nello scenario Urbano nel caso di beamforming verticale e beamforming orizzontale. Ogni cella genera un traffico full buffer verso gli utenti che serve, ovvero con connessione idealmente a continua richiesta di banda. Le statistiche raccolte riguardano il traffico smaltito mediamente dal sito e la distribuzione del throughput sperimentato dagli utenti.

I valori di capacità di sito ottenibili con il beamforming verticale dipendono fortemente dai valori di tilt dei due lobi. In tal senso è stata fatta un'analisi della capacità media di sito in funzione dei valori dei due tilt (quello *Near* e quello *Far*) come si vede nella Figura D. Nella stessa figura sono stati riportati per riferimento i valori relativi al caso trisetoriale e al caso di beamforming orizzontale. Si può notare che nel caso di beamforming verticale per ottenere una buona capacità di sito, anche superiore al caso di beamforming orizzontale (esa-settoriale), i due tilt devono essere sufficientemente separati per evitare che i due lobi si interferiscano troppo e le prestazioni degradino al punto di ridurre la capacità di sito anche al di sotto di quella dello scenario con siti trisetoriali. Contemporaneamente separare troppo i due tilt, oltre ad essere fisicamente difficile,

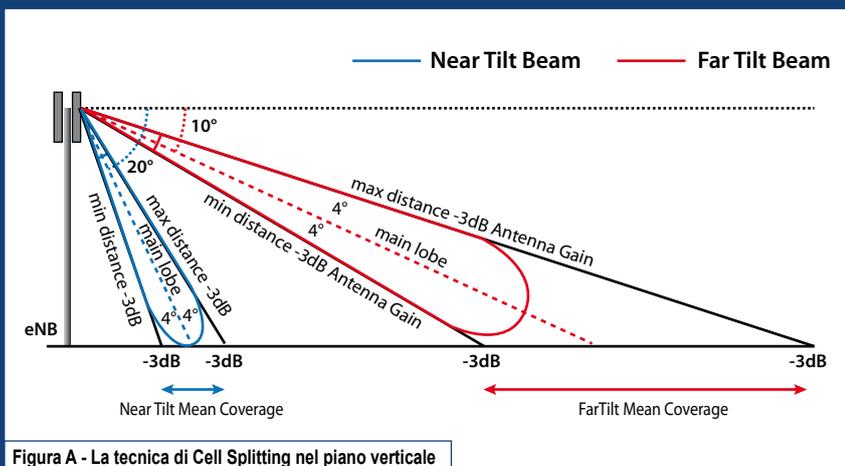


Figura A - La tecnica di Cell Splitting nel piano verticale

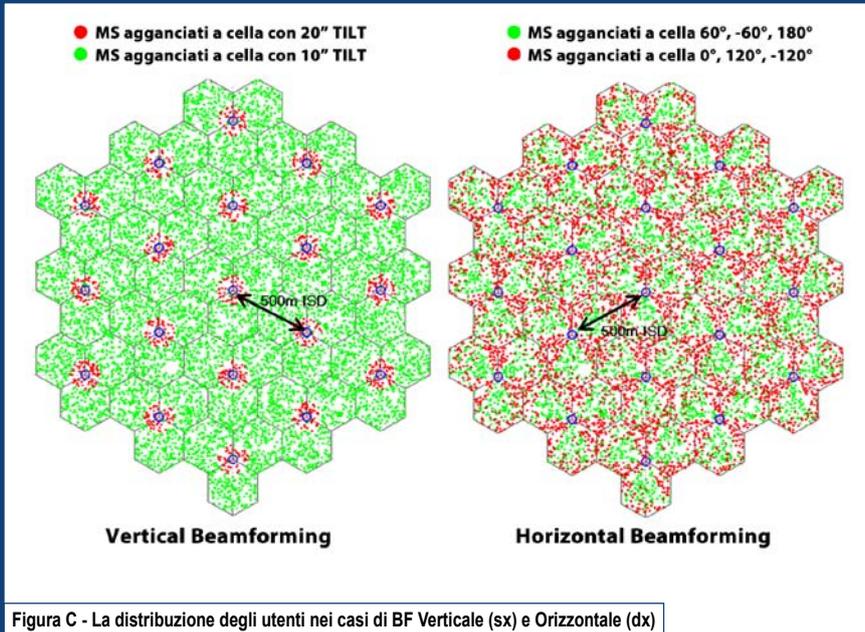


Figura C - La distribuzione degli utenti nei casi di BF Verticale (sx) e Orizzontale (dx)

non porta ad una crescita lineare delle capacità del sistema, perché o si riduce troppo l'area di copertura della cella con tilt più elevato o si estende troppo la copertura della cella ottenuta con un tilt basso, incrementando di conseguenza l'interferenza con i siti adiacenti. Una caratteristica del "cell splitting" ottenuto attraverso il beamforming verti-

cale è quello di incrementare molto le prestazioni degli utenti che si trovano vicino alla stazione radio base, ma allo stesso tempo raddoppiando il numero di celle nella stessa area aumenta in generale il numero di utenti che si trovano in situazioni di elevata interferenza. L'incremento di utenti in condizione di elevata interferenza è presente anche nel

beamforming orizzontale ed è tipico del "cell splitting", tuttavia il beamforming verticale ha uno sbilanciamento più forte tra utenti in buone condizioni radio e utenti a "bordo cella" perché, come si vede nella Figura C, le celle con tilt molto elevato servono pochi utenti vicini alla stazione radio base che sperimentano ottime prestazioni in termini di throughput, mentre le celle con un basso valore di tilt sono dedicate alla copertura del bordo cella e possono aumentare l'interferenza inter-sito negli scenari urbani in cui i siti sono molto vicini. Negli scenari considerati e con la parametrizzazione di antenna scelta, l'aver raddoppiato il numero di celle attraverso il "cell splitting", porta ad un aumento della capacità di cella fino al 60% nel caso di beamforming verticale⁵ e circa il 28% nel caso di beamforming orizzontale.

Come detto in precedenza le configurazioni di cell splitting portano ad un aumento di interferenza tra i settori e un peggioramento delle prestazioni a bordo cella. In tal senso soluzioni di scheduling che tengano in conto opportunamente dell'interferenza (*scheduler interference aware*) oppure tecniche di gestione dell'interferenza inter-cella o di coordinamento tra le varie celle trasmettenti (come tecniche CoMP) possono permettere di migliorare le prestazioni ottenibili a bordo cella. È quindi importante valutare l'utilizzo di tali tecniche in questi scenari al fine di trovare il giusto compromesso tra aumento di capacità del sistema e prestazioni di utenti posti a bordo cella ■

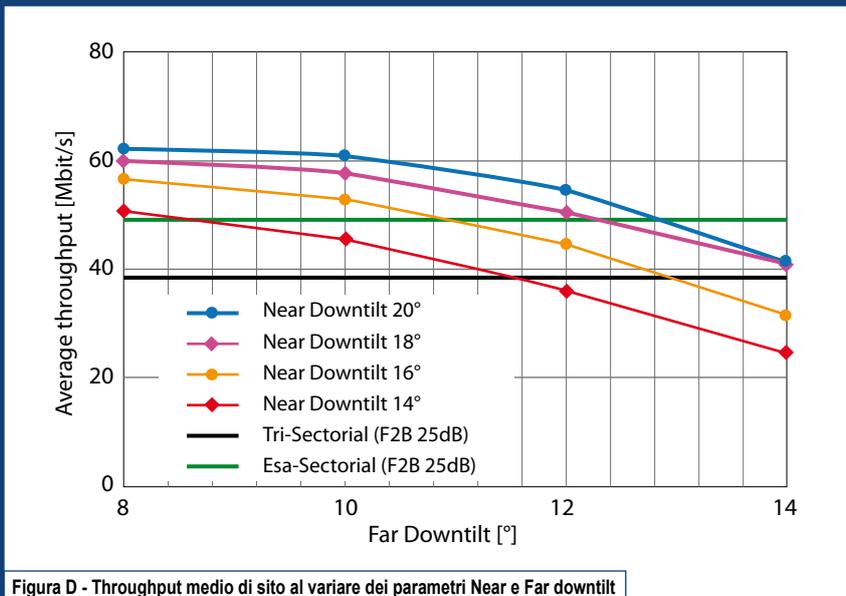


Figura D - Throughput medio di sito al variare dei parametri Near e Far down tilt

marco.caretti@telecomitalia.it

5 Nel caso sia possibile configurare il far e near down tilt a valori molto differenti tra loro.

6 Dal "Beamforming", alle Antenne Distribuite, al "Cloud RAN"

Tra operatori di rete e industrie di settore è ormai consolidata la convinzione secondo cui l'architettura della stazione radio base, o "Enhanced NodeB" o "eNodeB" nella terminologia 3GPP, assumerà sempre più una configurazione "distribuita" e "aperta", indubbiamente favorita dall'introduzione delle specifiche di remotizzazione tra BB e RF definite dai consorzi CPRI e OBSAI. Ecco allora che si dischiudono scenari di sviluppo delle nuove RAN (*Radio Access Network*) per LTE ma adattabili anche alle reti esistenti (GSM/EDGE, UMTS/HSPA). Secondo tali scenari, a fianco di configurazioni tradizionali in cui la CU assume il controllo delle tre antenne e dei tre settori di un comune sito macro-cellulare, si stanno delineando soluzioni ispirate ad una sempre più spinta flessibilità dove le CU potranno essere dislocate in modo da controllare un numero di punti radianti sensibilmente maggiore rispetto ai tre tradizionali dei siti macrocellulari e disposte sul territorio in maniera eterogenea. In tal modo i punti radianti collegati ad una medesima CU potranno essere configurati come settori di siti tradizionali o come appartenenti a strati gerarchici diversi equivalenti a micro o pico-celle. L'architettura fatta di punti radianti (o antenne) distribuiti e appartenenti ad un singolo eNodeB qui abbozzata e schematizzata in Figura 7 assume generalmente il nome di "Distributed Antenna System", mentre una rete di accesso costruita attraverso un utilizzo sistematico di architetture DAS in senso eterogeneo è spesso denominata "Cloud RAN".

Gli abilitatori tecnologici principali per consentire lo sviluppo della Cloud RAN sono la capillare disponibilità di fibra in accesso, che sta già cominciando a diventare realtà grazie ai piani di sviluppo NGAN e la tecnologia "Software Defined Radio", in grado di

Beamforming su base utente e supporto in LTE/LTE-Advanced

Il supporto delle tecniche di beamforming per-user in downlink è presente fin dalla prima release dello standard LTE. In generale, il calcolo dei pesi di beamforming in downlink è più complicato rispetto a quello in uplink, in quanto la base station non conosce direttamente le caratteristiche del canale downlink. Ne consegue che il processing richiesto dipende dal tipo di duplexing con cui opera il sistema.

Nella modalità TDD (*Time Division Duplexing*) la comunicazione utilizza le stesse risorse frequenziali in differenti istanti di tempo sia per il downlink che per l'uplink e, quindi, i rispettivi canali possono essere considerati reciproci, subendo cioè lo stesso comportamento di selettività in frequenza. In questo caso l'informazione di canale CSI (*Channel State Information*), relativa alla tratta uplink può essere utilizzata per la successiva trasmissione selettiva in downlink. In particolare, i pesi di beamforming possono essere calcolati in base al segnale ricevuto in uplink e utilizzati per la trasmissione downlink.

Al contrario, nella modalità FDD (*Frequency Division Duplexing*), il fading e altre caratteristiche di propagazione uplink e downlink possono essere considerate indipendenti. Infatti, poiché la differenza tra le frequenze utilizzate per le due tratte è tipicamente maggiore della banda di coerenza del canale, si deve assumere che i canali di trasmissione relativi a ciascun link evolvano in modo indipendente l'uno dall'altro. Pertanto, né la conoscenza del CSI uplink, né il riuso dei pesi uplink possono essere applicati direttamente in downlink, ma deve essere considerato un processing differente. Peraltro, anche se la distan-

za fisica degli elementi dell'antenna a schiera utilizzata per il beamforming è la stessa, una differente frequenza implica differenti distanze tra gli elementi in termini di lunghezze d'onda. Da cui ne consegue che, per sintetizzare lo stesso diagramma d'irradiazione, devono essere utilizzati differenti pesi per gli elementi della schiera.

Per applicare il beamforming in downlink in sistemi FDD è pertanto necessario stimare le caratteristiche del canale downlink. Questo può essere ottenuto fornendo in feedback, su un canale di controllo uplink, il vettore di beamforming ottimo da utilizzare per la trasmissione downlink. Le tecniche basate su tale approccio sono chiamate closed loop. In assenza di un anello di feedback dal terminale si parla di tecniche di beamforming open loop. In questo caso le caratteristiche spaziali del canale (matrice di covarianza) alla frequenza uplink possono essere mediate sul fast fading. La matrice di covarianza spaziale media contiene i valori medi di potenza e le corrispondenti direzioni di arrivo DoA (*Direction of Arrival*), del segnale, che sono caratteristiche invarianti rispetto allo spostamento della frequenza portante. Infatti, la covarianza del canale a larga banda sul lungo periodo varia molto più lentamente della banda e tempo di coerenza del canale e, quindi, una matrice di covarianza media calcolata in uplink può considerarsi valida anche per la frequenza downlink. La dipendenza dalla frequenza dell'array di antenne può, comunque, condurre ad errori di puntamento in downlink. Il lobo principale così come le posizioni dei nulli generati dal pattern d'antenna sono traslati angolarmente e pertanto l'interferenza prodotta

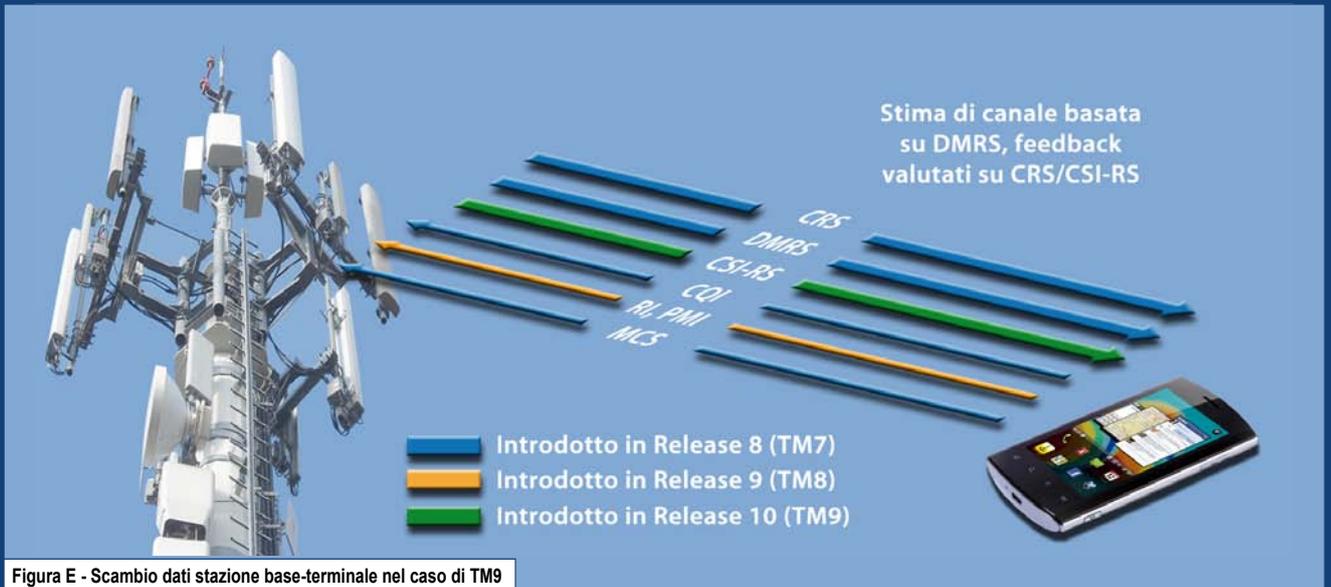


Figura E - Scambio dati stazione base-terminale nel caso di TM9

durante la trasmissione può aumentare sensibilmente. Questa distorsione del pattern d'antenna aumenta al diminuire della frequenza portante. In tali casi, per far fronte agli errori di puntamento e migliorare l'accuratezza del beamforming downlink è possibile applicare una tecnica di traslazione in frequenza, in grado di trasformare la matrice di covarianza spaziale dalla frequenza uplink a quella downlink.

Il sistema LTE prevede differenti modalità di trasmissione, denominate TM (*Transmission Mode*), che rappresentano i tipi di configurazioni relative alle trasmissioni multi-antenna che possono essere applicate. In particolare, sono previsti tre differenti *Transmission Mode* utilizzabili per abilitare il beamforming per-user: il TM7 basato sulla Release 8 delle specifiche 3GPP, il TM8 basato sulla Release 9, e il TM9 inserito in Release 10 (FigG). Per abilitare tali tecniche sono stati introdotti gli UE-Specific Reference Signals, noti anche come DMRS (*Demodulation Reference Signals*). A differenza dei CRS (*Cell-Specific Reference Signals*), sempre trasmessi per la demodolazione dei canali di controllo (PDCCH, Physical

Downlink Control Channel) e dei dati d'utente non beamformati, i DMRS sono trasmessi solo nelle risorse PRB (*Physical Resource Block*), allocate all'utente soggetto a beamforming. In questo caso il terminale utilizza i DMRS per la demodolazione dei dati, in quanto sia i dati d'utente che i segnali DMRS sono soggetti alla stessa codifica di beamforming, evitando così la necessità di segnalare al terminale.

Il TM7 abilita il single-layer beamforming con tecnica di tipo open loop. La modalità di reporting del TM7, infatti, non supporta il feedback dal terminale PMI (*Precoding Matrix Index*), necessario per abilitare le tecniche closed loop. Pertanto questa tecnica meglio si adatta a modalità TDD sfruttando la reciprocità del canale nel breve termine. Per utilizzo in tecnica FDD è necessario mediare sulle caratteristiche di lungo periodo del canale, ad esempio utilizzando le trasmissioni sul canale dati uplink PUSCH (*Physical Uplink Shared Channel*) e/o i SRS (*Sounding Reference Signals*) che sono periodicamente trasmessi dallo UE in altre porzioni dello spettro.

Il TM8 estende il TM7 supportando differenti schemi di trasmissione: in parti-

colare è stato introdotto il supporto del PMI per abilitare la tecnica closed loop. In tal caso la base station può sfruttare questa informazione insieme ad altre, ad es. RI (*Rank Indicator*), SRS, per scegliere la matrice migliore da applicare per calcolare i pesi di beamforming. Il TM9 abilita la trasmissione downlink fino ad otto layer trasmissivi. I reference signals per le misure di CSI e per la demodolazione dei dati sono stati disaccoppiati, introducendo un nuovo set indicato come CSI-RS per consentire il reporting di PMI, RI e CQI sull'intera banda. La valutazione dei feedback dal terminale attraverso i CSI-RS permette di applicare efficacemente il beamforming alla modalità FDD. Gli schemi di trasmissione supportati nel TM9 includono lo Spatial Multiplexing per singolo utente (SU-MIMO) o per utenti multipli (MU-MIMO). Da valutazioni effettuate in ambito 3GPP [2] tali *Transmission Mode* aggiuntivi permetterebbero di ottenere fino al 40% di guadagno sulla capacità del sistema in ambiente urbano ■

maurizio.fodrini@telecomitalia.it

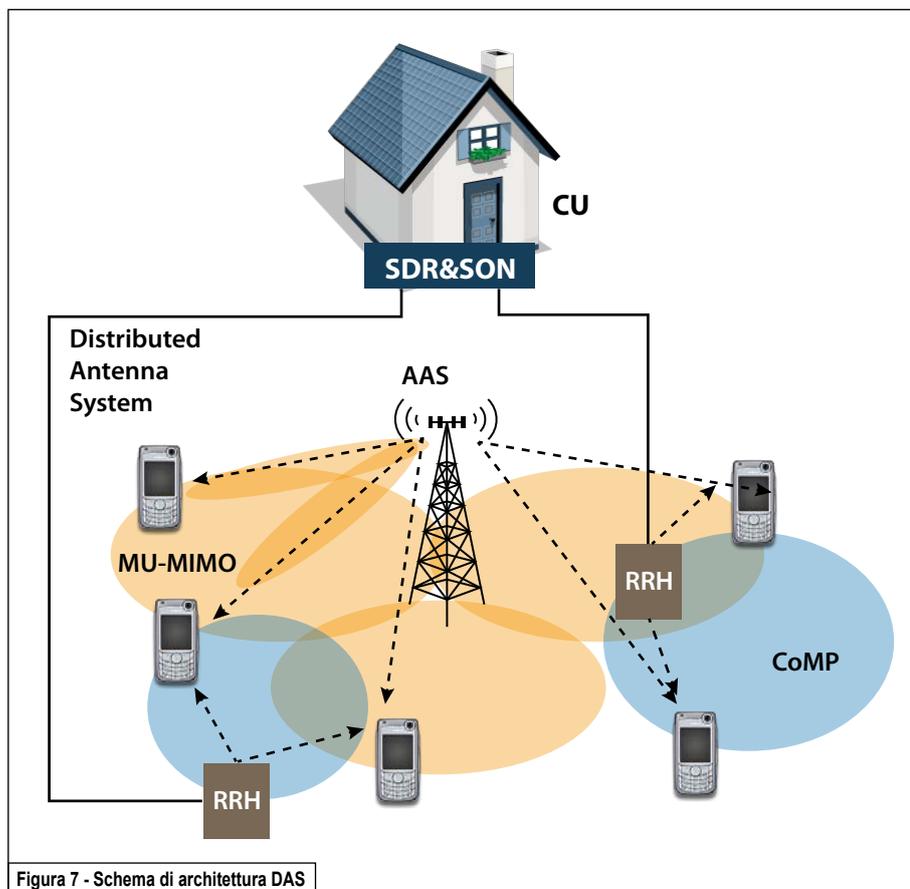


Figura 7 - Schema di architettura DAS

implementare in modo flessibile ed efficiente le tecniche di riconfigurabilità delle risorse radio secondo gli schemi previsti dallo standard, dal livello fisico fino ai livelli più alti, con le funzionalità abilitate dal SON.

Vi sono innumerevoli vantaggi che una Cloud RAN con nodi di rete distribuiti presenta rispetto ad una rete tradizionale con nodi concentrati. Tra i principali vale la pena ricordare i seguenti due:

- 1) risparmi sugli ingombri nei siti di antenna e sui consumi energetici: infatti, in prospettiva, poche CU potranno essere dislocate nelle sedi di centrale e di qui controllare un numero elevato di punti radianti costituiti da elementi attivi a RF installati sui pali in prossimità delle antenne distribuite sul territorio;
- 2) le più innovative tecniche di signal processing che prevedono il coordi-

namento tra diversi punti radianti, come il CoMP in LTE-Advanced, potranno essere più realisticamente impiegate se le antenne che le implementano risultano avere la banda base in comune come avviene con le architetture DAS e, in generale, nella Cloud RAN.

Grazie alla Cloud RAN si attuerà nel modo più esaustivo il principio di "avvicinare" le antenne agli utenti, colmando il divario esistente tra le prestazioni sperimentabili dagli utenti che si trovano geograficamente in prossimità delle antenne e quelli che si trovano in condizioni interferenziali critiche (cosiddetti "a bordo cella). In tal modo la Cloud RAN rappresenterà davvero la risposta più promettente per riuscire a far fronte ad una richiesta di banda mobile sempre più elevata e pervasiva, rendendo il "mobile Ultra Broad Band" davvero tale.

Conclusioni

L'evoluzione del mobile Ultra Broad Band vedrà la sua naturale realizzazione nel sistema LTE e, soprattutto, nella sua evoluzione LTE Advanced. Tuttavia la realizzazione di elevate velocità di trasferimento delle informazioni e l'introduzione di nuovi servizi con richiesta di banda sempre maggiore non passerà unicamente attraverso lo sviluppo e l'implementazione di apparati di rete e terminali d'utente con caratteristiche hardware e software sempre più efficienti e riconfigurabili. Si renderà infatti anche necessario portare l'innovazione tecnologica lungo tutta la catena rice-trasmittiva della rete mobile, a partire dallo stadio di accesso, in particolare nell'architettura della stazione radio base e nelle configurazioni d'antenna. Alle stazioni radio base sarà chiesto di impiegare modulazioni a cardinalità quanto più possibile alta e di sfruttare in modo vantaggioso la frammentazione dello spettro radio. Alle antenne, necessariamente attive, si chiederà invece di implementare le tecniche MIMO o, più in generale, le tecnologie basate sul principio cardine dell'SDMA, secondo il quale la possibilità di aumentare l'ortogonalità dei canali radio sarà affidata alla capacità dei sistemi di antenna di focalizzare spazialmente l'energia necessaria alla comunicazione e annullare i contributi interferenziali, portando così l'efficienza spettrale a valori sino ad ora impensabili.

La frontiera più avanzata del cammino verso la realizzazione del mobile Ultra Broad Band sarà costituita dalla generalizzazione del principio di nodo radio distribuito che, esteso a tutta la rete, diventa "Cloud" per consentire uno sviluppo della rete di accesso radio mobile economicamente sostenibile e all'altezza delle prestazioni attese ■



Bibliografia

- [1] ITU-Report M.2135, "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced".
- [2] 3GPP TR 36.814 "E-UTRA; Further advancements for E-UTRA physical layer aspects".



Maurizio Crozzoli

ingegnere elettronico, entra in Azienda nel 1992 per lavorare alla progettazione, realizzazione e misura di schiere di antenne in microstriscia per comunicazioni mobili e ponti radio. Nel 2006 è parte del progetto con NSN per la realizzazione di un prototipo di antenna riconfigurabile per UMTS. Attualmente è impegnato nella sperimentazione in campo di antenne attive.



Gian Michele Dell'Aera

ingegnere in telecomunicazioni con master in "Innovazione di Rete e Servizi in ambito ICT", entra in Telecom Italia 2007 per occupandosi dell'analisi dei ricevitori Multi Antenna e dello sviluppo di piattaforme di simulazione per la rete LTE. Attualmente segue l'evoluzione dello standard LTE come delegato 3GPP.



Paolo Gianola

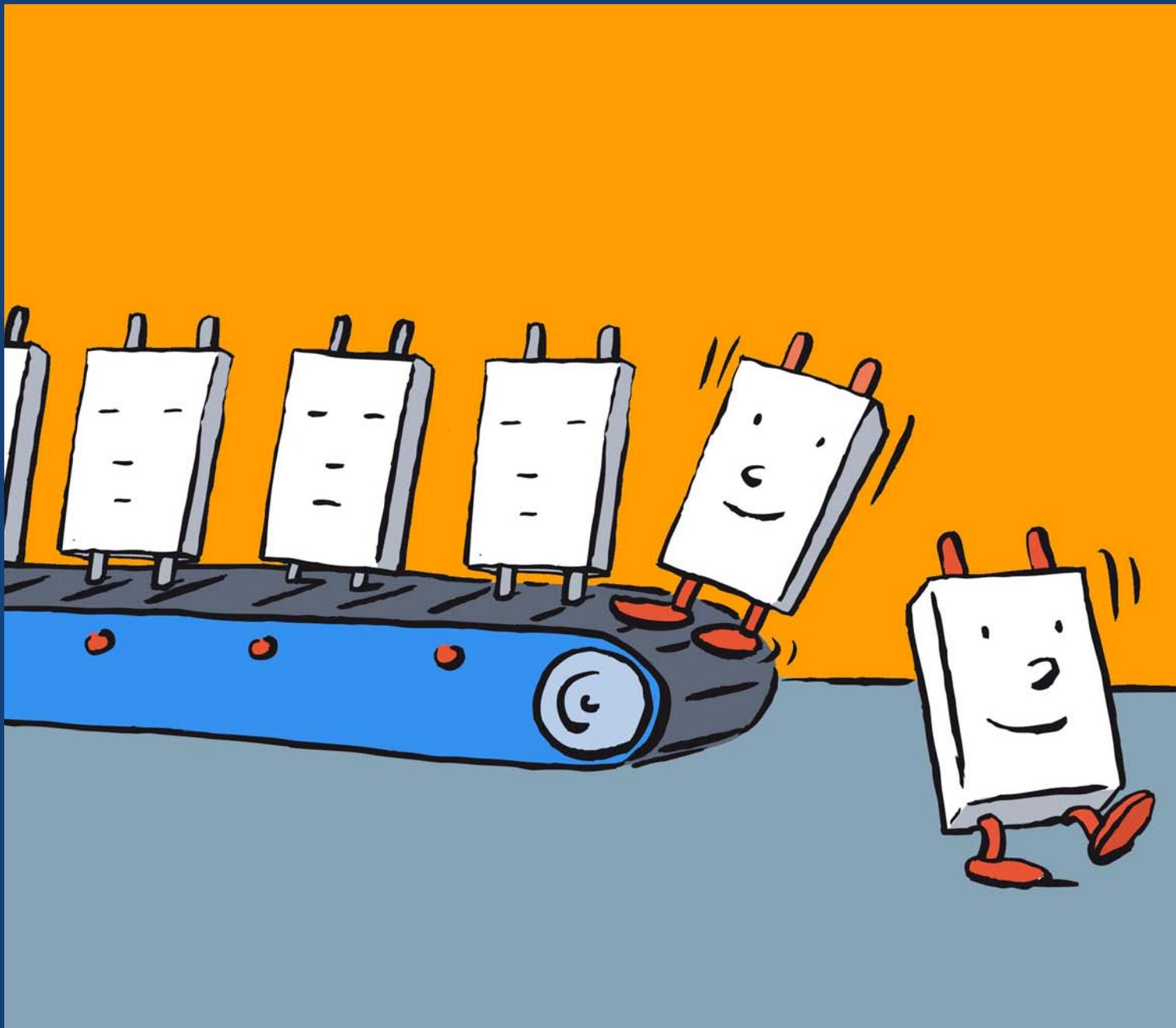
ingegnere elettronico, in Azienda dal 1992 dove si è occupato della progettazione e della qualificazione di antenne e di sistemi radio, è stato dal 1997 al 2002 responsabile delle attività di qualificazione tecnica dei sistemi radianti per le reti GSM/UMTS. Ha ricoperto il ruolo di responsabile anche 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.

maurizio.crozzoli@telecomitalia.it
 gianmichele.dellaera@telecomitalia.it
 paolo.gianola@telecomitalia.it

LA PAROLA A NOKIA SIEMENS NETWORKS

MOBILE

Dario Boggio Marzet



Nel corso degli ultimi anni le antenne impiegate nelle stazioni radio della rete mobile non hanno fatto significativi progressi, ma con le ultime innovazioni stanno emergendo soluzioni tecnologiche che potranno aiutare gli operatori a soddisfare le crescenti richieste di qualità del servizio in maniera sempre più flessibile ed efficace.

1 Introduzione

Fino a oggi soddisfare i crescenti volumi di traffico significava espandere la capacità di rete aggiungendo sempre più stazioni radio all'infrastruttura esistente. Questo approccio è però lento e costoso.

Inoltre gli operatori devono considerare che, mano a mano che espandono le loro reti, gli utenti non sono ugualmente distribuiti all'interno delle aree di copertura, né mostrano sempre una domanda costante. Questo, in termini di pianificazione radio, significa che alcune celle, o aree all'interno delle celle, tendono a non essere utilizzate appieno, mentre altre risultano congestionate. Pertanto, gli investimenti nella rete non vengono sempre sfruttati nella maniera ottimale.

L'osservazione di questa situazione ha fatto sì che la copertura delle macrocelle venisse integrata da celle più piccole, "micro", in modo da garantire un sistema più efficace per aumentare la capacità in aree ad alto traffico e per colmare i buchi di copertura, soprattutto in ambienti interni e urbani.

Tuttavia, l'impiego di micro celle richiede sempre un'attività di ricerca e preparazione siti e non sostituirà il livello macro quale principale elemento nella fornitura di capacità e copertura, ma sarà complementare.

Per rispondere con efficacia alla sempre crescente domanda di servizi in banda larga nelle moderne reti sarà quindi necessario intervenire anche sul macro layer per incrementarne ulteriormente l'efficienza superando anche lo schema classico di antenne passive e delle relative ottimizzazioni avvenute negli anni.

2 Antenne più intelligenti

In questo scenario trovano applicazione le antenne "intelligenti".

All'interno della partnership tecnologica tra Nokia Siemens Networks e Telecom Italia è stata infatti sviluppata la tecnologia delle di antenne attive che integra numerosi componenti RF (amplificatori di corrente e ricetrasmittitori) con gli elementi radianti dell'antenna. Questo consente di controllare

elettronicamente la fase e l'ampiezza dei segnali di ogni elemento radiante all'interno dell'antenna e di modulare il lobo di radiazione combinando in modo opportuno i diversi elementi; diviene così possibile avere contemporaneamente anche più segnali risultanti, quindi più settori per singola antenna. I vantaggi includono un utilizzo più flessibile dei siti radio, una migliore capacità e copertura, e, conseguentemente un minore consumo energetico sulla rete di accesso. Inoltre, non occorrono più le unità RF separate collegate mediante cavi alle antenne tradizionali in quanto queste sono ora integrate nell'antenna stessa.

2.1 Il beamforming migliora capacità e copertura

La principale caratteristica delle antenne attive è la loro capacità di creare e orientare i raggi all'interno di una cella ("beamforming"). Con il beamforming, le antenne attive utilizzano le risorse radio per aumentare in maniera efficace la capacità in una determinata area e incrementarne la.

Il beamforming è una tecnica potente, da decenni consolidata nei radar militari e in altre applicazioni, che apporta nuova flessibilità alle reti mobili. Il beamforming verticale può essere usato per creare due celle per settore di cella convenzionale. Inclinando separatamente i due segnali, è possibile di fatto ottenere un raddoppio delle risorse nell'area centrale del settore e sul

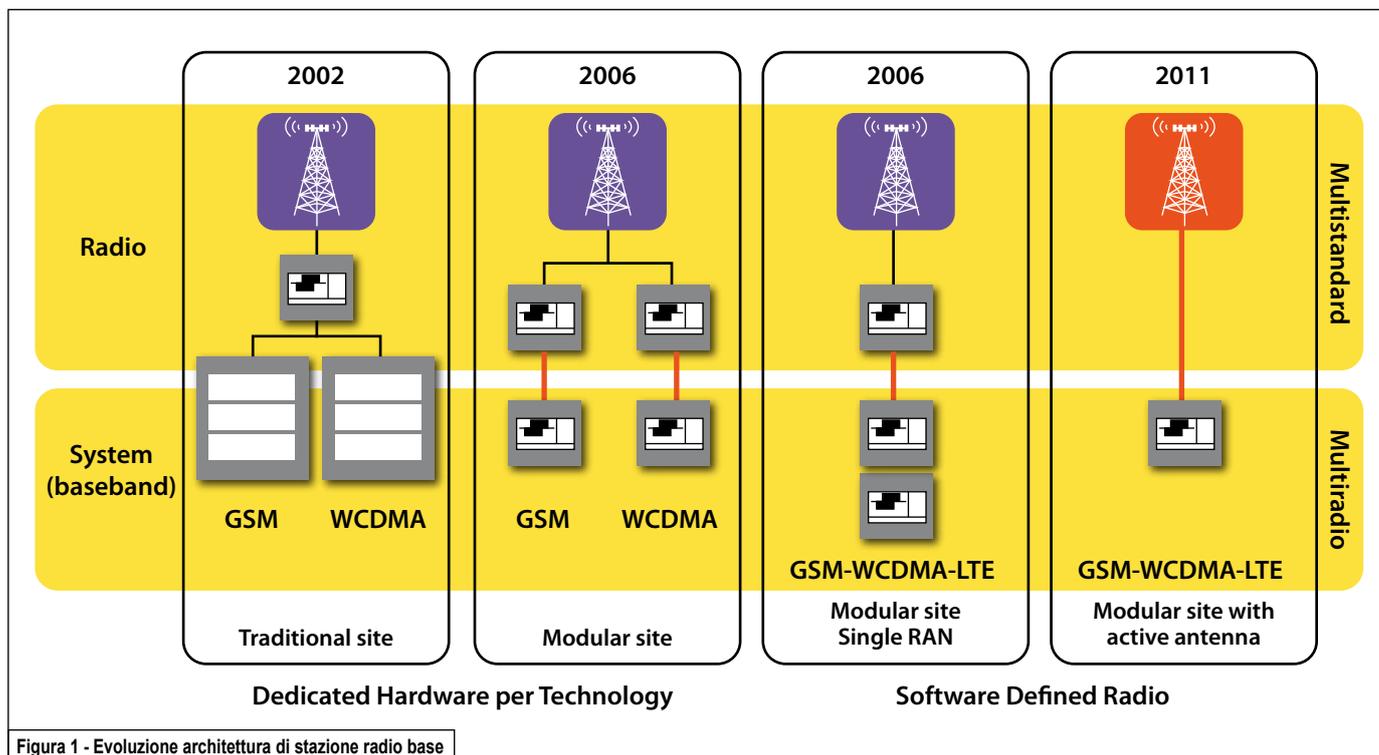


Figura 1 - Evoluzione architettura di stazione radio base

bordo. È stato dimostrato, attraverso simulazioni di sistema, che è possibile ottenere aumenti di capacità superiori al 65% e un aumento di copertura fino al 30% in più rispetto a un sito standard a 3 settori.

Questa tecnologia consente a un operatore di concentrare una parte delle risorse della cella su un'area selezionata fornendo allo stesso tempo una copertura globale sulla parte rimanente della cella. I sistemi con antenna attiva sono in grado di implementare le tecniche di beamforming descritte, soddisfacendo le esigenze di molti scenari e supportano crescenti complessità funzionali previste dallo standard (MIMO, MU-MIMO, ecc.).

2.2 Maggiore flessibilità

Un sistema Active Antenna ha tipicamente dimensioni simili a un'antenna passiva convenzionale, tuttavia offre prestazioni molto superiori in termini

radio e procura maggiori benefici all'operatore ottimizzando gli investimenti ed i costi d'esercizio necessari per soddisfare le sempre maggiori richieste di traffico e qualità del servizio. Infatti gli Active Antenna Systems, pur avendo una complessità interna elevata, permettono una maggiore compattezza del sito radio eliminando la necessità di dispositivi MHA (Mast Head Amplifier) e RET (Remote Electrical Tilt); inoltre avendo i trasmettitori radio integrati, eliminano la necessità di installare la parte radio attiva vicino all'antenna stessa per limitare le perdite introdotte dai cavi di collegamento.

2.3 Miglior utilizzo delle frequenze

Contrariamente al caso delle antenne convenzionali che possono solo inclinare allo stesso modo il lobo di trasmissione di tutte le frequenze trasmesse, un lobo specifico per frequenza può consentire un uso delle diverse frequenze

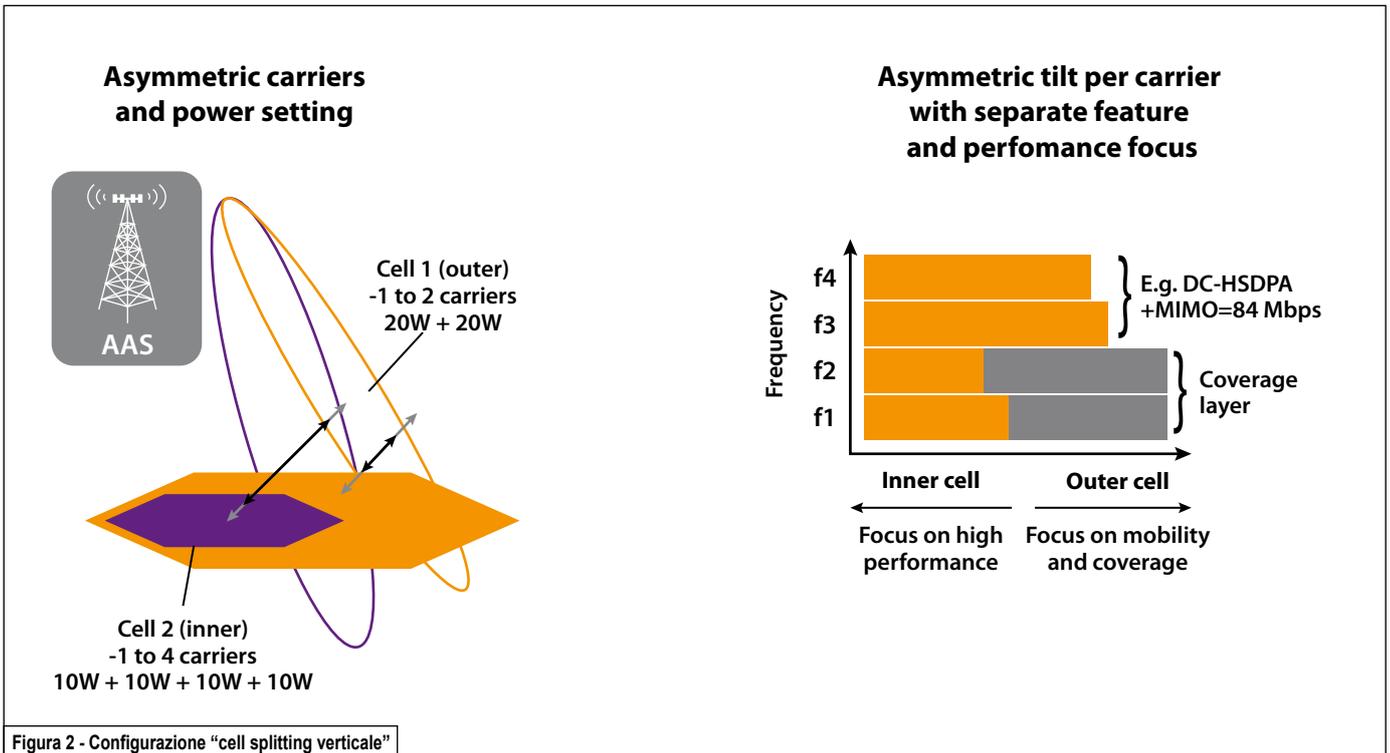
studiato per soddisfare al meglio le differenti richieste di servizi mobili.

Gli operatori che hanno a disposizione più frequenze, possono così beneficiare di un utilizzo migliorato delle risorse radio sintonizzando ogni portante separatamente.

Un primo esempio può essere dato da un operatore che voglia massimizzare le prestazioni UltraBroadband (HSPA+ o LTE) ottimizzando la qualità radio delle frequenze utilizzate da questo servizio.

In questo caso le frequenze "pregiate" possono essere allocate unicamente sul lobo di radiazione "inferiore" che ha un'area di copertura ridotta, riducendo così l'interferenza verso e da altre stazioni radiobase; le altre frequenze possono invece essere utilizzate su uno o più lobi di radiazione del sistema d'antenna.

Analogamente all'inclinazione specifica per portante, le antenne attive possono controllare in maniera indipendente l'inclinazione data a diverse tecnologie che utilizzano la mede-



sima frequenza, per esempio GSM e WCDMA a 900 MHz o GSM e LTE a 1800 MHz. Ancora una volta un'antenna attiva può essere usata per fornire un profilo di copertura e capacità differenti per ogni tecnologia, mantenendo al contempo la struttura a colonna singola.

Per esempio, il WCDMA a 900 MHz potrebbe essere sintonizzato per fornire una copertura più mirata del GSM a 900 MHz. Inclinando il lobo di irradiazione corrispondente al segnale WCDMA maggiormente rispetto al lobo del segnale GSM, sempre utilizzando la medesima antenna, è possibile ottenere un migliore controllo dell'interferenza e altri requisiti correlati alle prestazioni delle singole tecnologie.

Le elevate prestazioni delle antenne attive possono essere ulteriormente migliorate grazie dall'uso di soluzioni SON (Self-Organizing Networks).

La tecnologia SON consente l'ottimizzazione dei parametri dell'antenna attiva in base alle condizioni di traffico effettive, all'ubicazione del traffico e

alle esigenze dell'utente consentendo di distribuire con precisione la capacità laddove serve. Questo in prospettiva consentirà un beamforming dinamico che tenga conto della distribuzione del traffico nella cella con un'allocatione delle risorse radio ottimizzata a garantire la miglior customer experience a ogni utente in qualsiasi momento.

2.4 Miglior utilizzo delle frequenze

Le Antenne Attive sono dotate di maggiore ridondanza intrinseca rispetto ai sistemi convenzionali, infatti il guasto di uno o più ricetrasmittitori non crea disservizi. L'intelligenza all'interno dell'antenna riconosce gli eventuali guasti e regola automaticamente il modello di beamforming per mantenere il diagramma di radiazione e la massima potenza possibile consentendo di mantenere la disponibilità della rete anche se con un possibile degrado. Questo aiuta a ridurre i costi operativi,

eliminando molte chiamate di emergenza dei tecnici di manutenzione e permettendo una maggiore flessibilità nei tempi di riparazione.

L'integrazione della funzione RF all'interno dell'antenna significa anche che è necessario meno cablaggio coassiale, con un minor numero di componenti quali alimentatori e connettori. Questo riduce le perdite di potenza in modo significativo, consentendo aumenti di copertura fino al 30%. La ridotta perdita di potenza all'interno del sistema compensa la maggiore complessità hardware dell'antenna stessa e fa aumentare l'efficienza energetica complessiva della rete di accesso.

Aumentando la capacità esistente del layer macro-cellulare, il sistema di Antenne Attive riduce inoltre la necessità di nuovi siti, poiché grazie alle sue capacità di beamforming può essere utilizzato per coprire hot-spot, riducendo così la necessità di distribuzione di molte piccole celle aggiuntive.

Inoltre, fornendo la capacità multi-radio di supportare GSM / EDGE,

WCDMA / HSPA+, LTE e LTE-Advanced, il sistema di Antenne Attive contribuisce a minimizzare gli investimenti futuri di un Operatore in nuove tecnologie e consentirne l'introduzione senza la necessità di nuove unità radio.

3 La soluzione di Nokia Siemens Networks

Nokia Siemens Networks è stata un pioniere nel campo degli Active Antenna Systems e con Telecom Italia sta conducendo un trial per verificare l'efficacia della soluzione scelta. Il sistema Flexi Multiradio Antenna System di Nokia Siemens Networks è un vero sistema AAS che integra elementi di radiofrequenza della stazione radio-base nell'antenna. Questo obiettivo viene raggiunto utilizzando 8 amplificatori radio da 10 W per alimentare gli elementi passivi dell'antenna. Non solo questo apporta grandi vantaggi in termini di costi e prestazioni, ma permette il controllo dell'area di copertura in maniera regolabile per carrier/cella. Il sistema Flexi Multiradio Antenna System costituisce parte integrante del nuovo concetto Liquid Radio di Nokia Siemens Networks e della sua filosofia di rendere disponibile la capacità di

rete inutilizzata, e finora bloccata, per creare una riserva di capacità che possa essere spostata all'interno della rete per soddisfare la domanda diventata oggi sempre più imprevedibile e variabile. Questo sistema aumenta la capacità e la copertura del sito con funzioni avanzate come il beamforming verticale indipendente Tx ed Rx in base alla tecnologia radio o alla frequenza e il MIMO. Nokia Siemens Networks stima che il beamforming verticale offra un aumento di capacità fino al 65% rispetto ad un sito a 3 settori. Ulteriori sviluppi dell'antenna attiva supporteranno sistemi a colonne multiple per permettere anche il beamforming orizzontale.

Il sistema Flexi Multiradio Antenna System inoltre è concepito per aiutare l'Operatore a ridurre il costo necessario per migliorare la sua rete creando un Active Antenna System che può essere integrato nelle stazioni radio esistenti.

Conclusioni

Il gruppo RAN4 dell'organismo di standardizzazione 3GPP ha approvato un nuovo elemento di studio sui Sistemi di Antenne Attive, spinto dal-

la convinzione del potenziale di questa tecnologia.

I sistemi di antenne attive hanno un grande potenziale di sviluppo e l'uso della tecnologia SON per automatizzare la tracciabilità dinamica del segnale dell'utente è promettente.

Un'antenna a colonna singola inserita come parte di una rete eterogenea fornisce già oggi la capacità di beamforming adattativo verticale per rispondere al naturale flusso e riflusso della domanda in tempo reale da parte degli utenti.

Nel prossimo futuro, le antenne multi-colonna introdurranno il beamforming orizzontale ed un'ulteriore capacità di tracciabilità per ottimizzare la customer experience riducendo ulteriormente i consumi energetici e le emissioni.

La ricerca e sviluppo di Nokia Siemens Networks è molto attiva in questo settore, e la lunga collaborazione con un operatore all'avanguardia come Telecom Italia, permetterà questo ulteriore passo per l'ottimizzazione delle risorse radio e della user experience ■

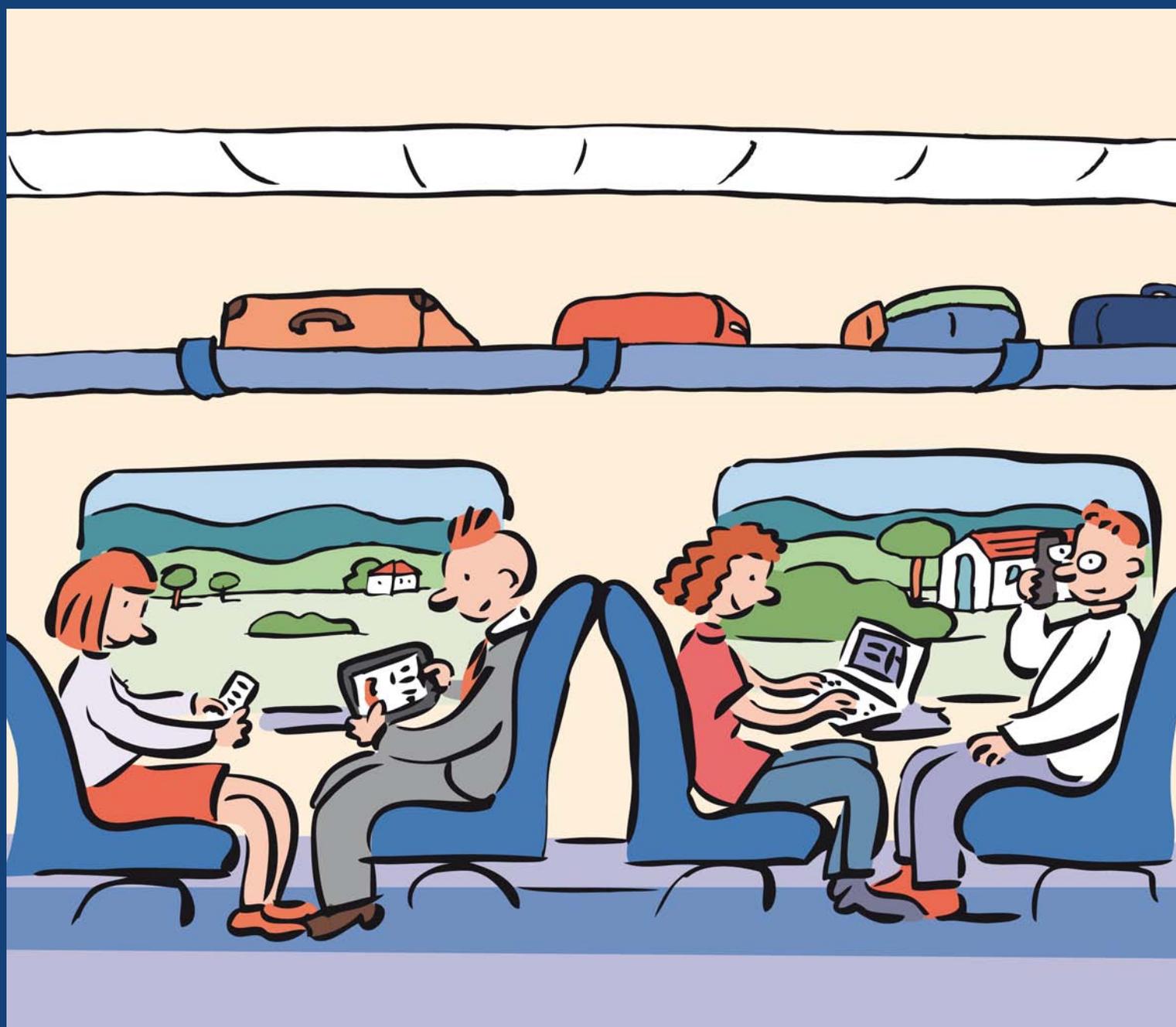
dario.boggio@nsn.com

**Dario Boggio Marzet**

ingegnere elettronico, nel 1989 entra in Italtel. Nell'ambito della Ricerca e Sviluppo delle Tecnologie di Accesso Radio gli vengono affidati diversi progetti: dall'HW e FW sulle stazioni Radio Base alla responsabilità architettonica del sistema BTS e BSC GSM. Successivamente viene chiamato al coordinamento del supporto tecnico alla vendita per la clientela internazionale e specificatamente in Cina, America Latina, Spagna. Con l'integrazione di Italtel e Siemens, assume la responsabilità del Product Planning del settore Radio, posizione che mantiene nell'ambito della Business Unit Radio Access anche alla creazione di Nokia Siemens Networks. In seguito, in Nokia Siemens Networks, assume la responsabilità del Product Planning per il portafoglio Radio Access per l'area europea. Attualmente ricopre l'incarico di Solution Consultant Manager per il cliente Telecom Italia seguendo l'intera offerta Nokia Siemens Network.

IL LABORATORIO SPECCHIO MOBILE DI TELECOM ITALIA

Loris Bollea, Giovanni Minissale, Simone Topazzi



Verso la metà del 1800, Dionysius Lardner, un professore all'University College di Londra, affermò: *“Rail travel at high speed is not possible because passengers, unable to breathe, would die of asphyxia”*. In tempi recenti probabilmente, prima dell'avvento delle moderne tecnologie radio, qualcuno avrà formulato concetti analoghi per le comunicazioni cellulari su mezzi in movimento... E invece oggi tutti noi vediamo sfilare velocissimo il paesaggio attraverso spaziosi finestrini mentre saturiamo l'etere di voce e dati ad “alte velocità”, ben superiori a quelle a cui pensava il Dr. Lardner. Tutto ciò è stato reso possibile dall'evoluzione delle tecnologie ferroviarie e degli strumenti di Telecomunicazione. Ma entrambe le scienze devono trattare problematiche mai affrontate in precedenza, sperimentando, ingegnerizzando, gestendo tecnologie sofisticate al servizio dei propri clienti, per offrire ambienti evoluti, efficienti a costi ragionevoli.

Per meglio affrontare queste sfide Telecom Italia ha realizzato un laboratorio “specchio” del servizio wireless a bordo treno, con particolare cura alla simulazione dell'ambiente radio, in modo da poter collaudare e sperimentare nuove soluzioni.

1 Le sfide del servizio wireless a bordo treno

Al fine di riprodurre in laboratorio gli effetti della propagazione in aria del segnale 3G trasmesso dai nodi che coprono le varie tratte dei treni italiani ad alta velocità e valutare in ambiente controllato le prestazioni di clienti attestati sotto tali celle, nel Test Plant Mobile di Telecom Italia LAB (approfondimenti nel BOX “Il Test Plant della rete mobile di Telecom Italia”) è stato allestito il Laboratorio Specchio Mobile che, utilizzando gli apparati presenti sui treni, riproduce in laboratorio tutte le funzionalità presenti su una o più carrozze. Mediante opportuna strumentazione è qui possibile simulare lo spostamento del treno lungo le tratte TAV sia per la mobilità tra le varie celle

di copertura (handover), sia per gli effetti di propagazione del segnale esterno in diversi ambienti: spazio aperto, gallerie, zone urbane.

Il segnale ricevuto dalla “chiavetta USB”, dallo smartphone o dal telefono di un cliente in viaggio sul treno TAV, che si muove a 300 km/h, sperimenta un passaggio veloce tra una cella e la successiva. Alla velocità massima di movimento del treno, la procedura di cambio di cella servente (handover) viene effettuata molto frequentemente (pochi secondi di permanenza sulla stessa cella) e in condizioni di segnale ricevuto estremamente variabile. Un ulteriore effetto dei numerosi handover effettuati contemporaneamente da tutti gli utenti a bordo treno è il carico di segnalazione (la mole di messaggi

che vengono scambiati tra la rete e il terminale) che deve essere processata dai vari nodi di rete (RNC e core network). Oltre agli handover, il movimento a 300 km/h in ambiente rurale o collinare, quale è quello ove si snoda la tratta TAV, ha come effetto finale la riduzione delle prestazioni degli apparati riceventi rispetto alla ricezione in condizioni ottimali di bassa velocità o di ricezione in posizione statica del cliente. Un apparato ricevente in movimento rispetto all'antenna trasmittente sperimenta l'effetto doppler che comporta un repentino offset di frequenza positivo o negativo secondo la direzione di avvicinamento o allontanamento dalla sorgente. Infine, il segnale ricevuto dall'antenna dell'apparato del cliente è una complessa

combinazione di quello ricevuto direttamente dall'antenna del sito e di un certo numero di repliche dello stesso segnale che hanno seguito traiettorie diverse a causa di riflessioni sugli ostacoli incontrati (per esempio abitazioni, vegetazione, colline). In Figura 1 sono schematizzati i vari fattori che in ultima analisi hanno un impatto sulle prestazioni dei ricevitori a bordo di treni ad alta velocità.

Nel Laboratorio Specchio Mobile tutti gli effetti della propagazione del segnale in aria, delle riflessioni dovute agli ostacoli, l'alta velocità di spostamento del treno e i ripetuti cambi di cella sono stati emulati per mezzo di un apposito strumento, il fading simulator, che opportunamente programmato permette di ricreare fedelmente la situazione propagativa delle tratte TAV Torino-Milano-Bologna-Firenze-Roma-Napoli: per raggiungere questo obiettivo, è stata simulata la copertura radio elettrica utilizzando il data base di tutta la rete TIM. In aggiunta alla propagazione del segnale in area rurale è possibile emulare ciò che succede all'interno delle gallerie con diverse configurazioni di antenne trasmissive.

I modelli di propagazione per le varie tratte sono stati realizzati ad hoc nell'ambito del progetto e maggiori dettagli si trovano nel relativo box "Modello di propagazione per simulazione tratta TAV".

Nella configurazione attuale dei treni ad alta velocità, in ogni carrozza è installato un ripetitore di bordo treno (In-Train Repeater), il cui compito è quello di ripetere all'interno il segnale presente all'esterno del treno e ricevuto con una antenna montata sulla parte superiore della carrozza stessa. In questo modo si tende ad annullare l'effetto di attenuazione del segnale indotto dalla carrozza e dai finestrini schermanti aumentando la qualità del servizio a bordo. Analogamente, per offrire il servizio WiFi di bordo treno, in ogni carrozza è installato un sistema WiFi composto da access point e router che sfrutta un collegamento radio UMTS/HSPA/EDGE. I ricevitori interessati dagli effetti di propagazione del segnale in aria sono il repeater, i terminali dei clienti 3G presenti nella carrozza attestati sotto la copertura del repeater stesso e lo stadio di ingresso del router 3G/WiFi. Questo ultimo in-

fluisce di conseguenza su tutti i dispositivi WiFi che sotto la copertura WiFi utilizzano la stessa per collegarsi verso internet attraverso la rete mobile.

Tutti questi apparati sono presenti nel Laboratorio e sono oggetto di verifiche e sperimentazioni, sia in ottica di funzioni e prestazioni del singolo apparato, sia in ottica end-to-end verificando il comportamento sulle applicazioni dei clienti.

2 Laboratorio Specchio Mobile

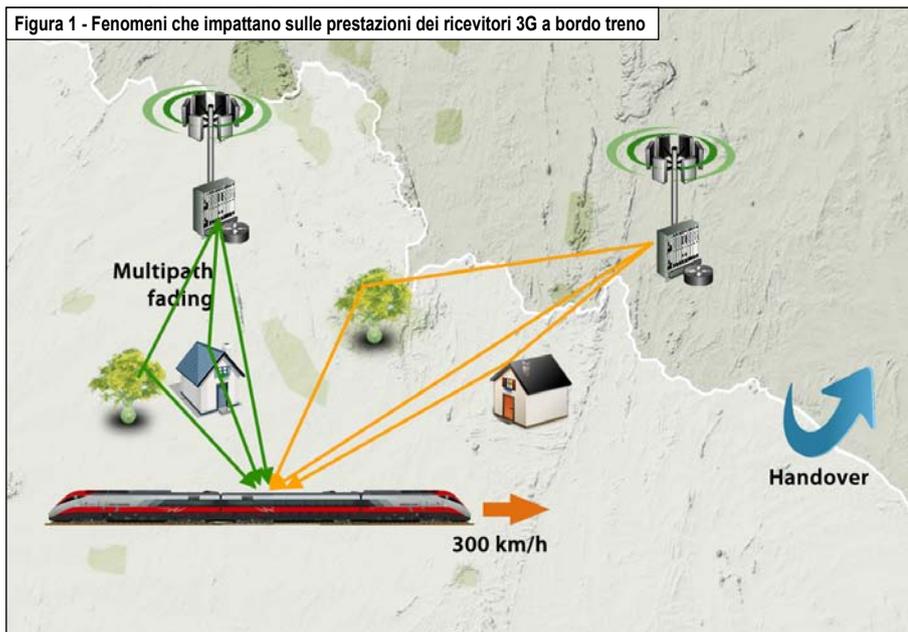
Il Laboratorio Specchio Mobile realizzato a Torino è costituito da tre parti principali: l'infrastruttura di rete, la rete propagativa e l'interno carrozza.

L'infrastruttura di rete è costituita dagli apparati di rete mobile presenti in test plant dedicati al progetto e che costituiscono una reale rete mobile comprensiva di nodi di accesso multi tecnica e multi fornitore, nodi di centrale e rete di trasporto. Tale scelta è stata effettuata per riprodurre nel modo più fedele possibile le reali strutture di rete in cui il Treno AV si trova durante il suo percorso. In tal modo, a seconda delle tratte TAV attraversate, possono essere usati dal Laboratorio Specchio mobile gli stessi elementi di rete che sono realmente presenti nella tratta, utilizzando le stesse parametrizzazioni che ne caratterizzano il funzionamento reale.

Il Laboratorio Specchio mobile utilizza una configurazione con un punto di accesso ad Internet (APN) dedicato ed è interconnesso sia a server di contenuti interni al laboratorio sia al centro servizi WiFi in esercizio di Telecom Italia che gestisce le connessioni WiFi allo stesso modo in cui vengono gestite a bordo treno.

L'utilizzo dei nodi di rete presenti in Test Plant consente anche di realizzare le differenti tipologie di mobilità presenti in rete. Infatti, nelle differen-

Figura 1 - Fenomeni che impattano sulle prestazioni dei ricevitori 3G a bordo treno



Modello di propagazione per simulazione tratta TAV

Il nuovo modello di propagazione per la previsione di copertura su tratte ferroviarie

È stato sviluppato un nuovo modello per le previsioni ad alta risoluzione del valore di segnale ricevuto lungo tratte ferroviarie che si snodano all'aperto, lontano dalle principali città. Questo nuovo modello coniuga l'approccio macrocellulare della stima di copertura elettromagnetica con un approccio raggistico ad alta risoluzione, derivato da una formulazione nota in letteratura come *modello di terra piana a due raggi*.

L'approccio macrocellulare è stato sviluppato e ampiamente calibrato con dati sperimentali ed è utilizzato da Telecom Italia per la stima di coperture nell'ambito della progettazione di reti radiomobili.

L'approccio raggistico ad alta risoluzione (modello di terra piana a due raggi) rappresenta il segnale complessivo come sovrapposizione del raggio diretto e del raggio riflesso nel punto P_R del terreno, nell'ipotesi che quest'ultimo sia costituito da un piano.

Il nuovo modello considera il segnale complessivo ricevuto puntualmente in UE come somma di un raggio diretto e di un raggio riflesso. Il livello medio del segnale complessivo è stimato con l'approccio macrocellulare, mentre il corrispondente livello puntuale è stimato con l'approccio raggistico ad alta risoluzione del modello di terra piana a due raggi, esteso a configurazioni geometriche in grado di trattare la presenza di ostacoli lungo la tratta. Più in dettaglio sono previste due configurazioni geometriche:

■ **Presenza di visibilità tra SRB e UE.**

L'approccio corrisponde all'applicazione standard del modello di terra piana a due raggi (Figura A) dove la riflessione avviene su di un piano orizzontale e

il punto di riflessione P_R è determinato con il metodo della sorgente immagine posizionata simmetricamente alla sorgente fisica SRB.

■ **Assenza di visibilità tra SRB e UE.**

L'approccio è un'applicazione del modello di terra piana a due raggi modificato mediante l'introduzione di una sorgente virtuale S (secondo la teoria della diffrazione di Fresnel), posta sulla sommità dell'ostacolo orografico più vicino al terminale UE (Figura B). Per questa configurazione il punto di riflessione P_R è determinato con il metodo

della sorgente immagine posta simmetricamente alla sorgente virtuale S. Inoltre, l'eventuale presenza lungo la tratta di ostacoli precedenti non interviene geometricamente in termini di riflessione, ma chiaramente interviene come effetto di diffrazione sul livello medio del segnale complessivo.

Nella Figura C è riportato un esempio di come si presenta il livello di potenza del segnale puntuale stimato con il nuovo modello lungo una porzione di tratta ferroviaria ■

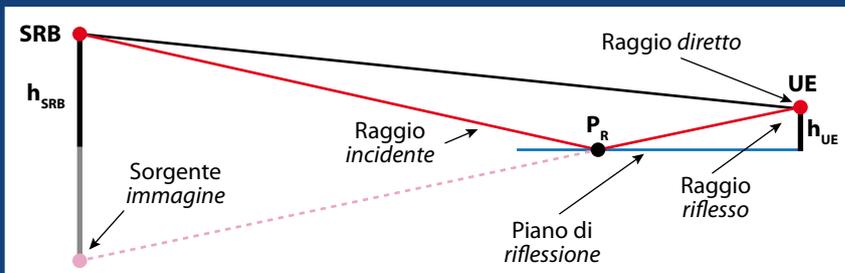


Figura A – Geometria della riflessione su terreno nel caso di visibilità tra SRB e UE

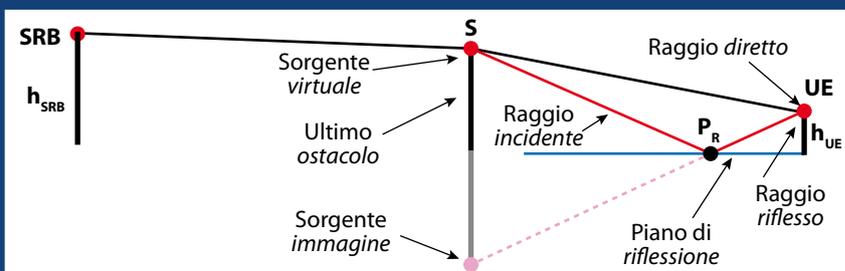


Figura B – Geometria della riflessione su terreno nel caso di assenza di visibilità tra SRB e UE



Figura C – Esempio di andamento del segnale previsto lungo la linea ferroviaria



Figura 2 - Banco di misura con rete propagativa ed interno carrozza

ti tratte del percorso TAV, un terminale presente a bordo si troverà ad essere servito da differenti celle. Esse possono appartenere a Nodi di accesso (Node-B) gestiti dallo stesso controllore (RNC) o da diversi controllori i quali, a loro volta, possono essere gestiti dagli stessi server (MSC/SGSN) di centrale o da server di diverse centrali, in una sorta di gerarchia di rete che via via aumenta la complessità e la tempistica di esecuzione del cambio di cella (handover). Da un punto di vista dell'architettura del laboratorio, questo aumento di complessità può essere semplicemente realizzato utilizzando fisicamente le celle appartenenti a NodiB/RNC/MSC/SGSN opportuni. Con la stessa modalità operativa può essere realizzata la mobilità inter-regionale e inter-tecnologia, caso tipico del passaggio tra regioni. Considerando l'attuale parametrizzazione di rete, durante la procedura di mobilità un terminale può essere attestato fino a tre celle contemporaneamente. Questo Laboratorio è stato dimensionato per gestire fino a quattro celle contemporaneamente, soluzione che

rappresenta il miglior compromesso per modellare la complessità del sistema, senza perdita di contenuto informativo significativo. I segnali RF provenienti dalle quattro celle vengono convogliati via cavo e opportunamente processati nella sala ospitante la parte di simulazione propagativa del laboratorio.

Il cuore del Laboratorio Specchio Mobile infatti è costituito dalla rete propagativa, che prevede l'utilizzo del simulatore di fading, strumento sul quale sono caricati gli scenari di propagazione studiati appositamente per riprodurre in laboratorio gli effetti di mobilità e riflessione sul segnale elettromagnetico ricevuto lungo la tratta TAV. Lo strumento utilizzato permette di manipolare in tempo reale fino a quattro segnali provenienti da altrettante celle e di combinare i quattro contributi in un unico segnale ricevuto dalle antenne della carrozza.

Il passaggio degli utenti da una cella all'altra tramite handover è realizzato implicitamente nel modello di propagazione emulando lo spostamento del treno all'interno dell'area di copertura

3G da una cella verso la successiva. Infatti, ad ogni istante di campionamento del modello¹ il segnale all'uscita dello strumento è costituito dai contributi delle celle che sarebbero ricevute nella realtà esattamente in quel punto. Il rapporto tra i vari segnali determina quale cella sia vista come servente e quali invece siano quelle adiacenti. L'idea innovativa alla base della creazione dei modelli propagativi delle tratte TAV consiste nel partire dalla configurazione e dalla dislocazione geografica delle celle lungo il percorso. Importando questi dati nell'apposito tool di pianificazione di TIM ed effettuando l'analisi di copertura lungo il percorso, è stato possibile identificare le 4 celle con segnale più forte presenti in ogni punto del percorso. Attraverso la modellizzazione matematica dello scenario di riferimento (galleria, spazio aperto, urbano) sono stati ricavati i parametri caratteristici della propagazione (potenza ricevuta, interferenza, frequenza doppler, numero di riflessioni, relativi ritardi e attenuazioni) per ognuno dei quattro segnali con altissima precisione².

Nella realtà, così come evidenziato anche dalle simulazioni di pianificazione e per questioni legate alla propagazione e alla dislocazione dei nodi, possono esserci dei tratti di percorso in cui sono presenti segnali provenienti da più di 4 celle. Da un punto di vista del terminale mobile, la ricezione di celle oltre la terza, è vista come un'interferenza in banda. Il simulatore di fading adottato nel banco di misura ha la possibilità di inserire un rumore bianco aggiuntivo sulle uscite, e quindi tale fenomeno interferenziale è stato modellizzato, introducendo un rumore gaussiano bianco (AWGN) espresso in termini di SNR (Rapporto Segnale-Rumore) rispetto ad uno dei segnali presenti al suo ingresso al fine di considerare l'interferenza aggiuntiva ricevuta dall'antenna di carrozza dovuta a tutte le celle eccedenti la quarta.

¹ Il campionamento del modello è di 100 millesimi di secondo

² A 300 km/h e con campionamento di 100 ms la tratta è caratterizzata con uno "spacing spaziale" di circa 8 metri

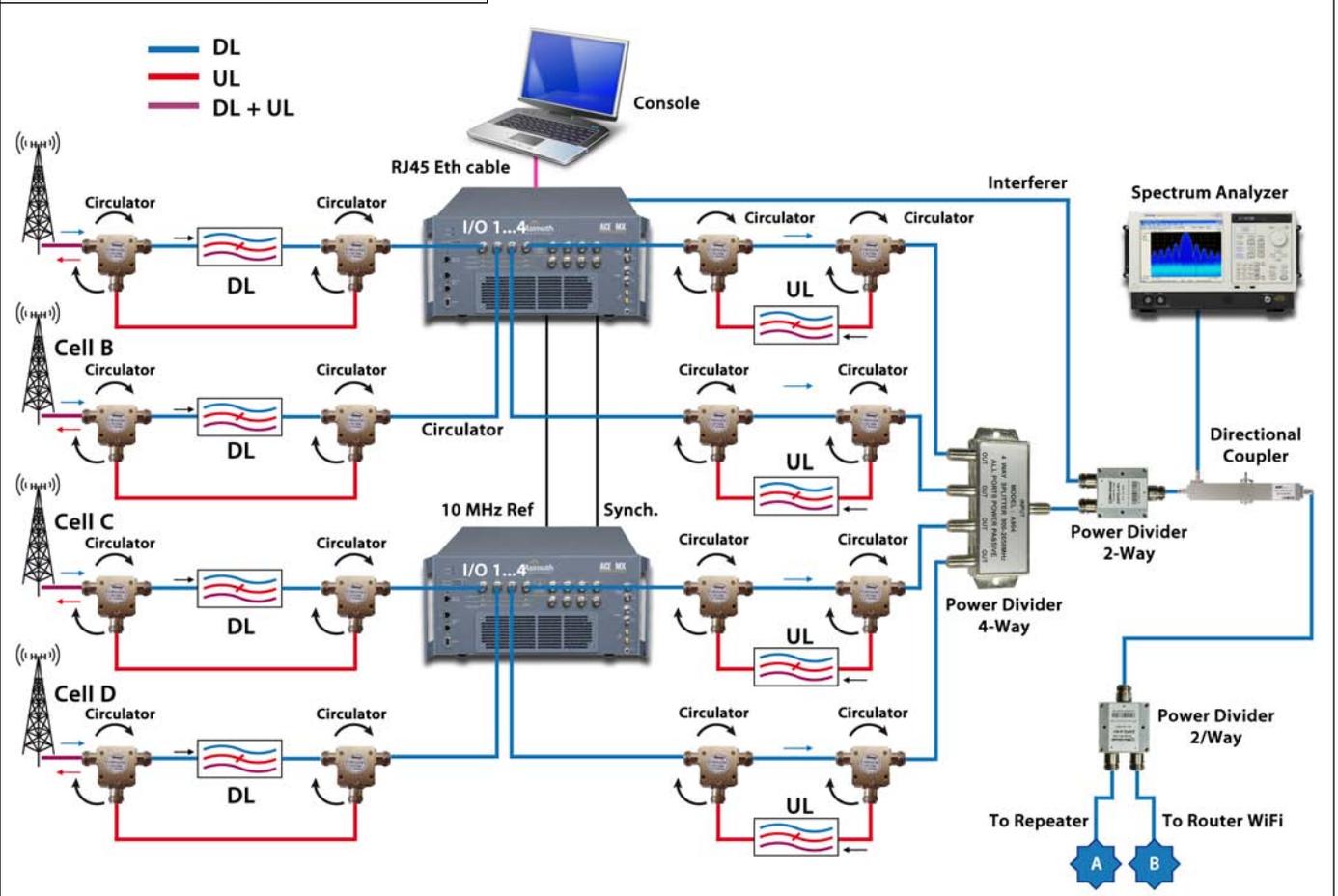
La realizzazione pratica della simulazione propagativa prevede l'utilizzo di due macchine specifiche ognuna delle quali ha due ingressi e due uscite. Le macchine sono bidirezionali, per cui è possibile introdurre dei modelli di fading di canale anche per la tratta di Uplink (dal terminale alla rete). Tutta la componentistica capace di realizzare la separazione tra le tratte di Downlink e Uplink, il filtraggio e l'attenuazione è inserita internamente alle macchine, come evidenziata in Figura 3. La separazione tra le tratte viene eseguita attraverso l'utilizzo di componenti RF come i circolatori, che permettono il passaggio del segnale solo in direzioni specifiche in modo da applicare filtri, attenuazioni e fading diversi per le due tratte.

Da un punto di vista visivo, gli strumenti permettono di collegarsi a google maps e indicare il punto del tracciato che si sta simulando, utilizzando le coordinate della tratta inserite nel file di configurazione. In alternativa e per avere ulteriori dettagli, è stato creato un file di misura ad hoc per il tool costituito da tutte le celle simulate con i relativi livelli ricevuti dall'antenna della carrozza e dalla posizione GPS. Inserendo nel tool il file di distribuzione delle BTS lungo il percorso, è stato possibile visualizzare il percorso di misura con le indicazioni grafiche della cella servente e delle celle monitorate in ogni punto e durante l'evoluzione della simulazione. In Figura 4 è riportato, a titolo di esempio una rappresentazione istantanea della cella

servente e di quelle adiacenti lungo un tratto del percorso.

L'architettura completa di una carrozza è stata replicata fedelmente nel Laboratorio Specchio secondo lo schema di Figura 5 utilizzando gli apparati commerciali installati sui treni e le relative parametrizzazioni. Il repeater è configurato (così come nella realtà) con un guadagno di tratta tale da recuperare l'attenuazione presente tra l'antenna interna alla carrozza e i terminali dei clienti viaggianti. In questo modo il segnale ricevuto dal terminale è equivalente a quello ricevuto dall'antenna esterna alla carrozza senza perdite di penetrazione dovute alla struttura della carrozza stessa. Il router WiFi comunica, con la rete mobile attraverso un modem HSPA interno e, con gli utenti,

Figura 3 - Schema banco rete propagativa Lab Specchio Mobile



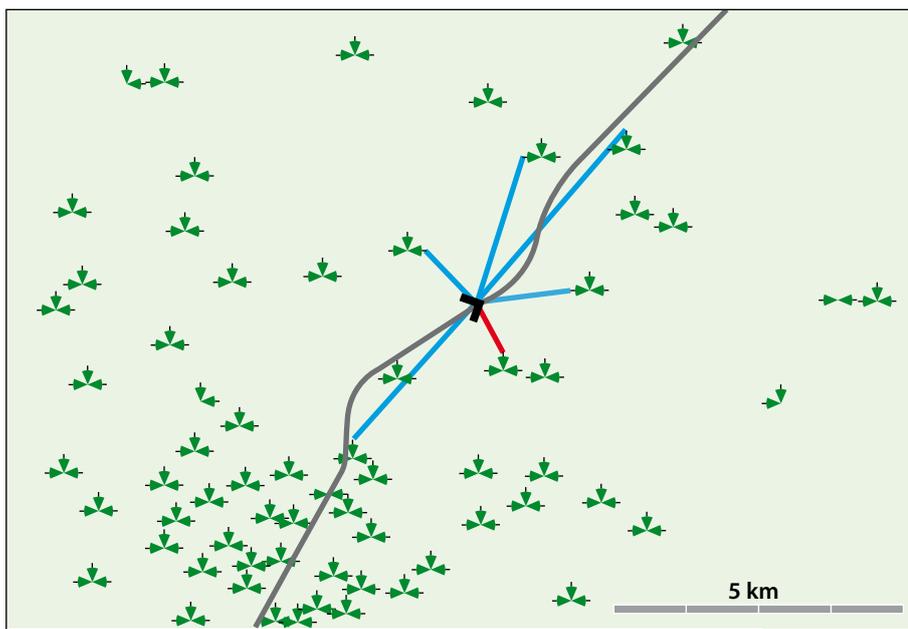


Figura 4 - Rappresentazione grafica della cella servente e di quelle adiacenti lungo un tratto TAV

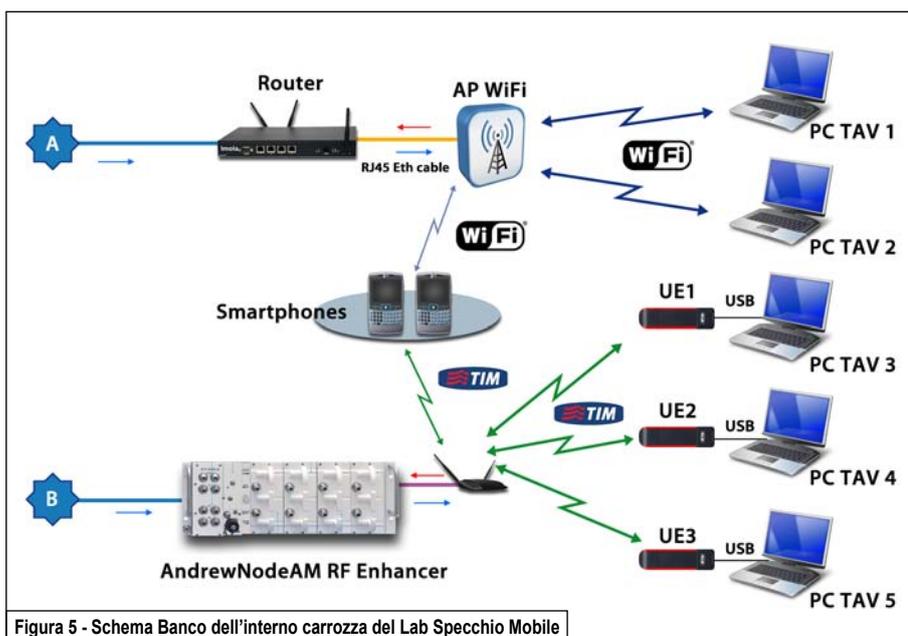


Figura 5 - Schema Banco dell'interno carrozza del Lab Specchio Mobile

in modalità WiFi utilizzando un AP wifi collegato ad una delle porte ETH disponibili.

Il banco di misura è costituito da vari PC alcuni dei quali sono collegati in WiFi con il router e altri con chiavette USB collegate al repeater. Inoltre si utilizzano anche smartphone e tablet che hanno entrambe le connettività 3G e WiFi.

3 La simulazione in laboratorio e la situazione in campo

La simulazione in Laboratorio è stata progressivamente affinata per garantire la massima verosimiglianza rispetto a quanto misurato nelle campagne di qualità e a quanto percepito nell'esperienza di utilizzo del servizio sulla rete live. La situazione in esercizio

è tipicamente molto variabile a causa di un numero elevatissimo di fattori che possono influenzare il servizio: fra questi elementi, oltre a quelli già citati, tipici dell'ambiente di propagazione ad alta velocità, sono presenti fattori legati alla disponibilità della rete, al carico dei nodi (intrinsecamente variabile durante la giornata) e al dimensionamento dell'infrastruttura radio e di trasmissione.

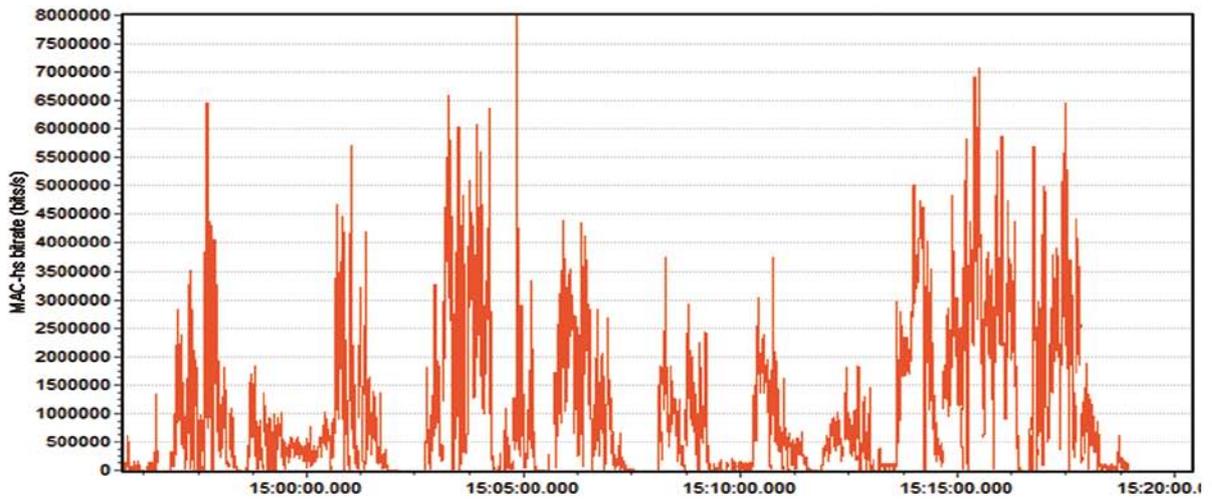
Lo sforzo per mettere a punto il Laboratorio Specchio Mobile è stato concentrato su differenti aspetti, che possono essere raggruppati nelle seguenti macro-categorie:

- Aspetti tecnici: allineamento su valor medio e varianza (simulata e misurata), per indicatori di prestazioni (throughput RLC/MAC/applicativo, tempo di scaricamento delle pagine web, latenza) e di funzionamento delle procedure di rete (gestione degli eventi di handover, cadute RRC,...);
- Aspetti propri del servizio: allineamento sui fenomeni percepiti dall'utente, che influenzano direttamente la percezione utente del servizio (buchi di copertura, blocco dell'applicativo, indisponibilità di copertura di rete).

Nella Figura 6 viene confrontato graficamente l'andamento del throughput ricavato da una misura in campo e da una simulazione in laboratorio. È piuttosto evidente un andamento analogo in termini di variabilità istantanea e di valor medio.

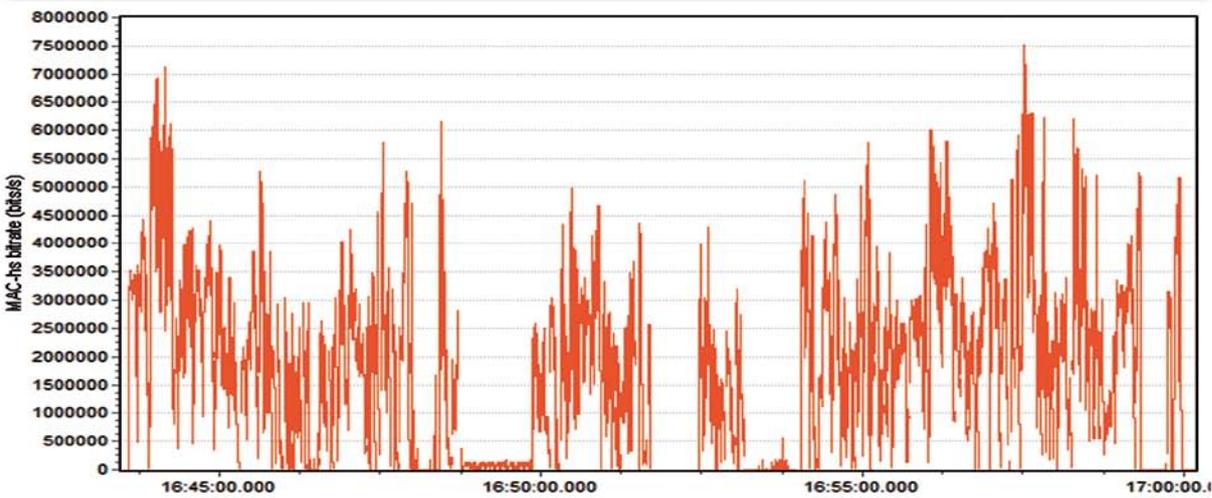
4 Metodologia di misura

Il Laboratorio Specchio Mobile così realizzato permette di eseguire diverse prove per valutare le prestazioni end-to-end utilizzando i differenti servizi che gli utenti usano tipicamente durante la permanenza a bordo. L'ambiente TAV è un sistema complesso, in



15.	RRD	RRC connection dropped	11Sep21 143058 TO MI.1	15:07:35.791	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
16.	RRD	RRC connection dropped	11Sep21 143058 TO MI.1	15:09:36.438	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
17.	RRD	RRC connection dropped	11Sep21 143058 TO MI.1	15:11:47.794	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
18.	RRD	RRC connection dropped	11Sep21 143058 TO MI.1	15:13:07.418	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
19.	RRD	RRC connection dropped	11Sep21 143058 TO MI.1	15:16:30.154	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
20.	RRD	RRC connection dropped	11Sep21 143058 TO MI.1	15:18:09.891	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
21.	RRF	RRC connection attempt failure	11Sep21 143058 TO MI.1	15:19:25.809	UMTS FDD	2100	undefined	undefined

Misura in campo



Event ID	Event	Measurement	Time	System	Serving band	Nemo status	Network cau	
1.	RRD	RRC connection dropped	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:29:08.505	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
2.	RRD	RRC connection dropped	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:31:30.931	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
3.	RRD	RRC connection dropped	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:32:25.538	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
4.	RRD	RRC connection dropped	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:32:37.103	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined
5.	RRF	RRC connection attempt failure	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:38:55.691	UMTS FDD	2100	undefined	undefined
6.	RRF	RRC connection attempt failure	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:39:07.369	UMTS FDD	2100	undefined	undefined
7.	RRD	RRC connection dropped	11Dec15 162634_provaSierra312_singola_OK.1	16:41:59.159	UMTS FDD	2100	Dropped RRC connection	undefined

Simulazione in laboratorio

Figura 6 - Misura in campo e simulazione in laboratorio

Il Test Plant della rete mobile di Telecom Italia

Il test plant della rete mobile di Telecom Italia è localizzato a Torino. L'ambiente riproduce l'architettura completa end-to-end di rete, integrata fisso-mobile, le cui principali caratteristiche tecnologiche sono:

- accesso radio Multi-Vendor e multi tecnologia GSM/UMTS/HSPA/LTE;
- core network a circuito / pacchetto Multi-Vendor ed EPC LTE;

• rete di trasporto/backhauling Multi-Vendor e multi tecnologia.

In totale sono presenti oltre 200 rack e oltre 400 apparati/sistemi.

L'infrastruttura include inoltre aree di test attrezzate con camere e tende schermate e matrici di distribuzione dei segnali radio, oltre a una sofisticata architettura di monitoraggio completa sulle varie interfacce di rete e sui nodi. Gli apparati e

la strumentazione sono tutti configurabili e gestibili attraverso la rete di laboratorio, rendendo così possibile un controllo remoto dell'ambiente. Collegamenti remoti verso la rete di Esercizio permettono inoltre la verifica di sistemi e servizi in Trial reali, così come link verso altri laboratori o nodi di accesso remotizzati forniscono la possibilità di usufruire delle potenzialità del laboratorio da parte del personale Telecom presente sul territorio.

Questo ecosistema complesso e dinamico viene sempre di più utilizzato per prove di verifiche e validazione software/hardware (PVV) in catena completa e per prove di servizio in ottica end-to-end. Dal GSM all'EDGE, dall'UMTS all'HSPA+ fino alle prove di LTE, il Test Plant ha dato il suo contributo all'introduzione e alla conoscenza di tali sistemi.

Le attività spaziano dalla certificazione energetica di prodotto e sperimentazioni di nuove fonti di energia per apparati di TLC, a trial tecnologici di servizi ad altissima innovatività, validazioni architetture di sistemi complessi, verifiche di interoperabilità (tra sistemi e sistemi e tra sistemi e terminali) rese possibili dalla presenza di sistemi Multi-Vendor, realizzazione di laboratori specifici per progetti speciali, rapida creazione di ambienti particolari come supporto al Troubleshooting di problemi emersi in campo e training on the job ■



Figura D – L'ambiente del Test Plant di Telecom Italia

paolo.vailati@telecomitalia.it

cui molteplici effetti e correlazioni tra diversi fattori influenzano le prestazioni e in generale i diversi servizi. La realizzazione del Laboratorio permette di avere un ambiente di test e di sviluppo "controllato" in cui tutte le variabili in gioco sono monitorate e attivabili a seconda del grado di complessità voluto per il sistema. Per tale motivo l'approccio che si sta utilizzando per le analisi sul sistema sono del tipo "a step": si parte con una configurazione di base e si incrementa via via la complessità, sia di banco sia di servizio, al fine di verificare gli effetti singoli e di interazione reciproca della nuova variabile inserita, valutandone le variazioni rispetto alla situazione precedente. Le variabili in gioco possono essere catalogate come appartenenti a diversi gruppi che sono stati individuati in: rete, servizio, utente, dispositivi.

Alla prima categoria appartengono ad esempio le variabili dovute al cambio parametrizzazione di cella o di rete, allo stress di nodo, alla mobilità intra-centrale, inter-centrale e inter-regionale, al carico di cella con più utenti, al carico su trasporto di nodo, all'affinamento della modellizzazione di propagazione. Alla seconda categoria si possono accomunare le variabili relative ai diversi servizi possibili (traffico WEB, trasferimento dati, traffico continuo unidirezionale, mail...).

Alla terza categoria, appartengono le varie combinazioni di utenti, che possono utilizzare le diverse connettività 3G e WiFi della carrozza.

Alla quarta categoria appartengono le variabili dovute ai dispositivi utilizzati che possono essere causa di migliori o peggiori prestazioni (diversi modelli di chiavette, router WiFi, HW PC, browser e sistemi operativi). La diversa combinazione di queste variabili viene via via tenuta in conto secondo il principio della sovrapposizione degli effetti. Da un punto di vista dell'esecuzione dei test, sono eseguite prove in modalità statica (nessuna simulazione di per-

corso, nessuna propagazione simulata con fading) e in modalità dinamica (simulazione percorso, fading, mobilità,...). Le prove statiche permettono di verificare le massime performance raggiungibili dalla catena senza effetti propagativi e di mobilità e costituiscono un "upper-bound" delle prestazioni in una particolare configurazione. La stessa configurazione provata in ambiente dinamico consente di misurare l'effetto di riduzione delle prestazioni in presenza dell'ambiente reale.

Da un punto di vista dei risultati e della caratterizzazione dei servizi e delle tratte, i parametri che vengono misurati dipendono dal tipo di effetto che si vuole verificare e dal tipo di servizio utilizzato. In particolare per verificare la continuità di servizio viene utilizzato il protocollo ICMP attraverso l'invio di treni di Ping per tutta la durata della simulazione di tratta. Attraverso la post-elaborazione dei risultati, vengono evidenziati quanti pacchetti sono andati persi e per quanto tempo continuativo e il Round Trip Time medio. Questi due risultati possono evidenziare eventuali buchi di collegamento (specialmente se protratto nel tempo) ed eventuali latenze elevate che possono influenzare le prestazioni degli altri servizi.

Per verificare se esistono eventuali strozzature di banda lungo tutta la catena, vengono eseguite prove con protocollo UDP³, trasferendo un flusso dati costante e non riscontrato da un server e misurando la banda istantanea ricevuta dal/dai client.

Per verificare problematiche a livello TCP viene utilizzato il servizio di trasferimento dati FTP, scaricando da un server un file di dimensioni note e misurando il throughput medio ed istantaneo.

Il traffico HTTP dei servizi web è tipicamente impulsivo con periodi di trasferimento dati (più o meno lunghi) per l'apertura delle pagine e periodi di traffico nullo caratterizzati dal reading time (periodo in cui l'utente legge il contenuto). I parametri misurati per

questo tipo di servizio sono quindi il tempo medio di apertura delle pagine, il numero totale di pagine aperte nell'intervallo di tempo considerato e il numero di oggetti, di immagini e di script scaricati per pagina in un intervallo di tempo. Le misure sono effettuate in automatico attraverso la creazione di script ad hoc. La post-elaborazione dei dati viene effettuata su base statistica nei casi di traffico misto dei vari utenti (WEB, FTP, mail,...). Infatti l'analisi statistica permette di mitigare gli effetti del diverso utilizzo del canale radio da parte degli utenti, nei casi in cui i client effettuano servizi molto diversi tra loro o per esempio si trovino in fase di lettura di pagine WEB rendendo quindi più complessa l'analisi se osservata in un periodo di misura limitato.

Le prime prove eseguite nel Laboratorio Specchio Mobile hanno misurato i valori di throughput medi, max e la deviazione standard per ogni client e il throughput aggregato di tutti i client per valutare la banda massima smaltita dal router. Da un punto di vista dei risultati ottenuti la banda totale del router viene ripartita in maniera proporzionale al numero di clienti attestati. Considerando invece una situazione più realistica con presenza contemporanea di utenti WiFi e 3G è stata scelta una configurazione di utenti composta da un utente 3G con chiavetta e tre utenti WiFi. statisticamente

In questa configurazione si è valutata quindi l'interazione tra utenti 3G e Wifi e gli impatti sulle prestazioni considerando che il router, nelle precedenti prove, non aveva concorrenti in rete (si ricorda che dal punto di vista della rete il router è visto come una chiavetta USB).

Effettuando le prime prove sulle varie tratte caratterizzanti il percorso TAV si può dire che le condizioni propagative nelle diverse tratte sono diverse e le prestazioni pertanto risultano migliori in alcuni tratti piuttosto che in altri.

³ UDP (*User Datagram Protocol*). A differenza del TCP, l'UDP è un protocollo di tipo connectionless inoltre non gestisce il riordinamento dei pacchetti né la ritrasmissione di quelli persi, ed è perciò generalmente considerato di minore affidabilità. È in compenso molto rapido ed efficiente per le applicazioni "leggere" o time-sensitive. Ad esempio, è usato spesso per la trasmissione di informazioni audio o video. Dato che le applicazioni in tempo reale spesso richiedono un ritmo minimo di spedizione, non vogliono ritardare eccessivamente la trasmissione dei pacchetti e possono tollerare qualche perdita di dati, il modello di servizio TCP può non essere particolarmente adatto alle loro caratteristiche.

Conclusioni

Le prime simulazioni dimostrano come il Laboratorio Specchio Mobile riesca a replicare in maniera controllata e ripetibile le complesse situazioni di campo. L'ambiente, con il controllo delle variabili in gioco, garantisce la flessibilità necessaria per indagare i fenomeni che comportano basse prestazioni per gli utenti: il Laboratorio Specchio Mobile rappresenta quindi un valido strumento per poter intervenire sul miglioramento della qualità del servizio e della soddisfazione della clientela.

I simulatori di fading, utilizzando la funzionalità di Virtual Drive Test, nelle successive e imminenti versioni software abilitano la possibilità di utilizzare misure reali per riprodurre

esattamente le stesse condizioni radio presenti in rete misurate da un terminale.

È allo studio la possibilità di pianificare, prevedere e ottimizzare le prestazioni ricevute in tratte TAV non ancora realizzate. Attraverso la pianificazione cellulare e la distribuzione prevista delle stazioni radio base, è possibile modellizzare la parte propagativa ed effettuare le simulazioni di prestazioni del nuovo percorso TAV preventivamente alla messa in esercizio.

Altra tipologia di analisi prevista è quella relativa alla distinzione di utenti presenti a terra in condizioni statiche e utenti presenti a bordo treno. Tale analisi è volta a verificare l'impatto delle condizioni di propagazione spinta a 300 Km/h, sperimentate dagli utenti a bordo treno, rispetto alla presenza di un carico di cella dovuto ad altri utenti

e di come e se lo scheduling di rete può aver impatto nel favorire gli altri utenti rispetto a quelli a bordo treno, influenzandone così le prestazioni.

Ulteriori evoluzioni sono previste per la verifica di robustezza delle soluzioni impiantistiche a bordo treno come la prova delle multi-link aggregation (MLA), in cui tutti i router di carrozza sono collegati tra loro in un pool di router che gestiscono in maniera condivisa i vari client presenti nelle diverse carrozze.

Da quanto descritto è evidente come il Laboratorio Specchio Mobile sia già una solida realtà a disposizione dell'Azienda per analizzare ed ottimizzare il servizio TAV, ma allo stesso tempo, molte prospettive di sviluppo ed evoluzione sono concretamente perseguibili, per consolidare questo laboratorio anche in ambito internazionale ■

loris.bollea@telecomitalia.it
giovanni.minissale@telecomitalia.it
simone.topazzi@telecomitalia.it



Loris Bollea

ingegnere elettronico, è entrato in Azienda nel 1995 occupandosi in più fasi dello sviluppo hardware e software di prototipi di terminali mobili UMTS e di test radio su apparati commerciali GSM, UMTS, DECT. In ambito internazionale è stato coinvolto nel gruppo di standardizzazione del testing per i terminali 3G e nel progetto europeo PASTORAL, dedicato alla tecnologia di Software Defined Radio. Dal 2006 opera nell'area di Wireless Innovation, dove si occupa dei trial di sistemi innovativi (femto celle, MBMS, HSPA+, LTE), seguendone tutte le fasi: dai test in laboratorio alla sperimentazione in campo. È autore di diversi brevetti di signal processing e di articoli pubblicati in conferenze e libri.



Giovanni Minissale

ingegnere Elettronico in azienda dal 2002, si è occupato di test HW/SW di sistemi di accesso radio GSM/UMTS e testing di nuove tecnologie a partire da HSPA+, femto e LTE. Ha partecipato a differenti campagne internazionali di test di apparati e ottimizzazione di rete in Grecia (2002/2003), Cile (2008), Cuba (2010) e di consulenza strategica (Jakarta 2010). Attualmente, all'interno dell'area Radio LAB, è responsabile del program "Supporto trial innovativi e diagnostica di rete" con lo scopo principale di gestire il testing di soluzioni innovative di accesso radio per reti di futura generazione (4G), trial e progetti speciali (es. TAV) e supporto aree territoriali.



Simone Topazzi

ingegnere in Telecomunicazioni, entra in Azienda nel 1998 per occuparsi di supporto consulenziale verso le Consociate estere del Gruppo, in vista dell'acquisizione di nuove licenze radiomobili, supporto degli start-up di rete e stesura dei piani di evoluzione/innovazione tecnologia della rete. Attualmente opera presso la funzione Testing Labs di Telecom Italia lab, dove dal 2008 è responsabile delle attività di testing, validazione ed accettazione delle tecnologie di accesso radio 2G/3G/4G per la rete mobile.

EVOLUZIONE DELLA RETE MOBILE DI TIM BRASIL

MOBILE

Catarina Bautista da Nova Reuter, Janilson Bezerra, Marco Di Costanzo



Nel presente articolo vengono presentate le principali sfide di TIM Brasil con l'obiettivo di descrivere in modo sintetico l'intero percorso dell'evoluzione tecnologica di Tim Brasil, evidenziando la necessità di un cambio di paradigma ed introducendo il concetto innovativo di crescita sostenibile in modo da garantire i requisiti di qualità attesi dal mercato. Viene descritta l'architettura della rete nelle sue componenti fondamentali, sottolineando la necessità di introdurre i due concetti fondamentali di "Infinity Network" e "Smartest Network" descritti in seguito. Infine, alla luce delle ultime disposizioni dell'Anatel (Agenzia che regola il mercato delle telecomunicazioni brasiliano), viene fornita una descrizione del bando di gara per la concessione della banda 2,5 GHz per l'introduzione della tecnologia LTE prevista nel corso del 2012.

1 Il contesto brasiliano

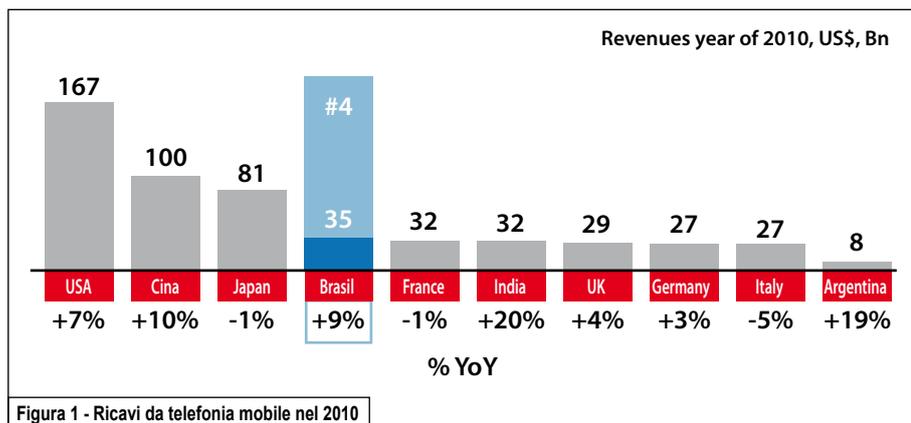
Il Brasile è il Paese del momento. Una sequenza di grandi eventi ha dimostrato la capacità di progresso e di attrazione dell'attenzione del resto del mondo. Le recenti scoperte di giacimenti petroliferi hanno collocato il Brasile tra i grandi produttori mondiali di petrolio, il Campionato del Mondo di calcio del 2014 e le Olimpiadi a Rio de Janeiro del 2016 dimostrano l'enorme potenziale di crescita del Paese. Paese di dimensioni continentali (più di 8.5 milioni di km²), oggi il Brasile è la quinta economia del Mondo. Nel 2011 il PIL ha raggiunto i 4,1 miliardi di Reais (la moneta locale brasiliana). La popolazione brasiliana dovrebbe passare dagli attuali 192 milioni a 206 milioni nel 2014, con un'aspettativa di vita dagli attuali 73,5 anni nel 2010 a 74,5 anni nel 2014. Il reddito pro-capite dovrebbe raggiungere più di 22.000 Reais nel 2014 rispetto ai 21.252 Reais

del 2011. Nel settore delle telecomunicazioni, nel 2010 vi erano 244 milioni di linee fisse e mobili e la previsione è che questo numero raggiunga i 300 milioni nel 2013.

1.1 Il mercato brasiliano delle telecomunicazioni

Il settore della telefonia fissa si sta riducendo in tutto il mondo, mentre le reti mobili, d'altro canto, tendono ad espandersi in linea con gli accessi in mobilità. Benché questa crescita stia cominciando a mostrare segni di saturazione nei Paesi sviluppati, c'è ancora un grande potenziale nei Paesi emergenti. Come alternativa alla decrescita del mercato, gli Operatori di telefonia fissa stanno investendo nell'accesso a Internet a larga banda, ma si stanno scontrando con la concorrenza degli Operatori TV. Contemporaneamente, gli Operatori di telefonia mobile stanno investendo in infrastrutture

e tecnologia per entrare nel mercato dell'accesso "broadband", in linea con il trend mondiale della convergenza. Gli Operatori mobili dei Paesi BRIC – Brasile, Russia, India e Cina – stanno registrando una fortissima crescita e sono avviati sul percorso che li porterà a superare i ricavi del mercato USA entro il 2012. Nel 2010 il Brasile era il quarto nella classifica dei ricavi da servizi di tecnologia mobile, come evidenziato in Figura 1. Secondo un'analisi di "Wireless Intelligence" intitolata "The Global Cellular Industry Balance Sheet", gli Operatori dei Paesi BRIC hanno registrato la più forte crescita dei ricavi negli ultimi anni, generando un volume complessivo di 170 miliardi di dollari nel 2010, con un incremento di 30 miliardi di dollari dal 2008. E prevedono di superare i 200 miliardi di dollari di ricavi nel 2012. Lo studio prevede che i ricavi totali generati dagli Operatori mobili a livello mondiale supereranno i 1.100 miliardi di dollari alla fine di quest'an-



no. I mercati emergenti saranno il primo motore della crescita, contribuendo per oltre il 40% dei ricavi totali – fino a 4 anni fa il contributo non superava il 33%.

1.2 Operatori mobili in Brasile

La privatizzazione del settore delle telecomunicazioni in Brasile è iniziata il 29 luglio del 1998 con un'asta alla Borsa di Rio de Janeiro. Il sistema statale delle telecomunicazioni Telebras, valutato per 13,47 miliardi di Reais, fu venduto per 22 miliardi di Reais, suddiviso in 12 Compagnie: tre dedicate alla telefonia fissa, una al trasporto di lunga distanza e otto all'attività di telefonia mobile.

A valle della privatizzazione, nuove Compagnie hanno acquisito i permessi per competere con gli assegnatari originali delle licenze di telefonia fissa e mobile, più che raddoppiando il numero degli attori. Le nuove concessioni di telefonia mobile ebbero più successo di quelle di telefonia fissa, ma il settore ha avuto in seguito una fase di consolidamento segnata da fusioni e acquisizioni in modo molto simile a quanto avvenuto a livello internazionale.

Il processo di consolidamento sta continuando ancora oggi, infatti molte Compagnie stanno verticalizzando la

catena del valore, offrendo pacchetti di servizi a valore aggiunto, come accesso Internet e TV.

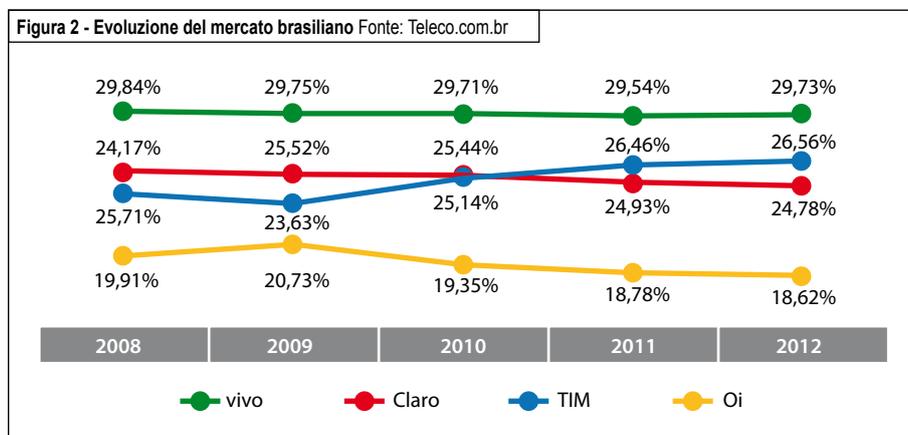
A dispetto dall'essere un'area fortemente dinamica, oggi il settore delle telecomunicazioni brasiliano è concentrato nelle mani di pochi attori. Quattro Compagnie controllano il settore mobile: Vivo, una società di Telefonica; Claro, controllata da America Movil; TIM, controllata da Telecom Italia; e Oi, impresa statale partecipata da Portugal Telecom. Il quinto Operatore nazionale, Nextel, ultimo entrante nel mercato, appartiene al gruppo NII, e dopo l'acquisizione della licenza nazionale 3G all'ultima asta, sta preparando per quest'anno il lancio del servizio a livello nazionale, in complemento alle attività regionali attualmente basate sulla tecnologia iDEN (*push to talk*).

Vivo ha ancora la maggiore quota di mercato, benché questa si sia progressivamente ridotta negli ultimi anni. La Figura 2 mostra l'evoluzione delle quote di mercato dei quattro principali Operatori dal 2008 al gennaio 2012, quando il Paese ha raggiunto un totale di 245 milioni di clienti secondo i dati di Anatel, l'agenzia regolatrice del mercato brasiliano.

TIM Brasil è presente nel mercato brasiliano dal 1998 con il lancio del servizio TDMA. Pochi anni dopo, nel 2002, TIM Brasil ha lanciato il servizio GSM, e nel 2008 ha lanciato il servizio 3G. TIM Brasil ora offre servizi di telefonia mobile 2G in almeno 3.300 e 3G in 502 città brasiliane, raggiungendo approssimativamente 65 milioni di clienti (dato riferito al mese di febbraio 2012).

La Figura 3 mostra il ritmo della crescita negli ultimi 3 anni.

In termini di copertura geografica, quasi 2126 Comuni sono serviti dai 4 Operatori mobili su un totale di 5565 città dell'intero Paese, equivalente al 38,2%: evidente risultato delle difficoltà derivanti dalle proporzioni continentali del Paese. Dall'altro lato, poiché la popolazione è concentrata nei grandi centri urbani (pari all'80% del Brasile), pochi Stati hanno tassi di copertura al di sotto del 90% della popolazione; ed il 99,98% è servito da almeno un Operatore.



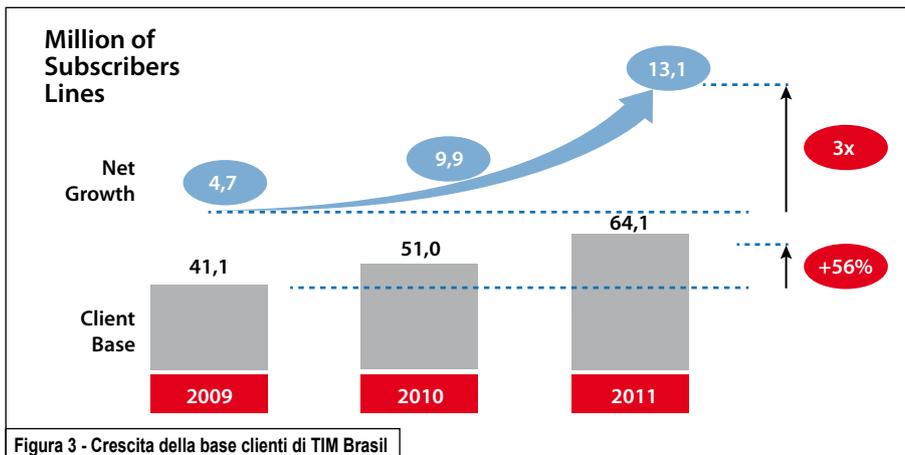


Figura 3 - Crescita della base clienti di TIM Brasil

Nelle sezioni precedenti abbiamo sottolineato come analogamente ad altri Paesi la rete mobile in Brasile è cresciuta in modo esplosivo dal 1995 al 2005, ed ha continuato a presentare significativi tassi di crescita negli anni successivi dal 2005 al 2008.

Questa è una caratteristica comune di tutti i Paesi in via di sviluppo, mentre i Paesi sviluppati stanno cominciando a mostrare segni di saturazione anche nel mercato della telefonia mobile. I Paesi sotto-sviluppati riescono a raggiungere alti livelli di tele-densità grazie a modelli di business innovativi come i servizi pre-pagati che permettono di superare barriere quali il basso potere d'acquisto.

Anche nel caso del Brasile, come si può vedere nella Figura 4, la crescita della penetrazione è stata agevolata dalla realizzazione del servizio pre-pagato.

Il mercato della telefonia mobile ha raggiunto 175,6 milioni di clienti a gennaio 2010, l'82,6% dei quali è pre-pagato e il 17,4% post-pagato. La Figura 5 mostra la crescita dei dispositivi mobili in uso nel Paese nel periodo 2002-2011. Da tempo il numero di clienti mobili ha superato il numero dei clienti fissi. E' importante osservare che nei Paesi in via di sviluppo con minori tassi di penetrazione della telefonia fissa, la telefonia mobile diventa un sostituto invece di un complemento come nei Paesi sviluppati.

Il servizio pre-pagato soddisfa la necessità di fornire accesso individuale universale ai servizi di telecomunicazione, e mostra l'importanza del prezzo nella loro evoluzione. I servizi mobili di terza generazione (3G) furono lanciati in Brasile alla fine del 2007. Le licenze per questa nuova tecnologia furono rilasciate nel dicembre 2007, e, come previsto, le offerte vincenti sono venute dagli attuali licenziatari di telefonia mobile.

La modalità con cui è stata costruita l'asta ha creato dei meccanismi per rendere possibile il servizio di telefonia mobile sull'intero territorio brasiliano. Anatel ha stabilito dei requisiti temporali per la copertura 3G collegandoli all'obiettivo di fare del 2G lo standard universale, in tal modo permettendo a più del 90% della popolazione di utilizzare il sistema GSM per comunicare. La Figura 6 illustra gli attuali numeri sulla distribuzione delle tecnologie mobili in attività in Brasile. Dopo un anno e mezzo dall'acquisizione della licenza 3G, c'erano già 7,5 milioni di terminali UMTS in utilizzo, pari al 4% del totale del mercato (escludendo i terminali dati per PC con velocità superiore a 256 kbps). Secondo i dati Anatel, nel mese di settembre 2009 erano già coperte 690 città brasiliane. Con riferimento al mese di gennaio 2012, 2.702 città del Brasile sono coperte mediante tecnologia UMTS (il 48,6% del totale) pari al 84% della popolazione.

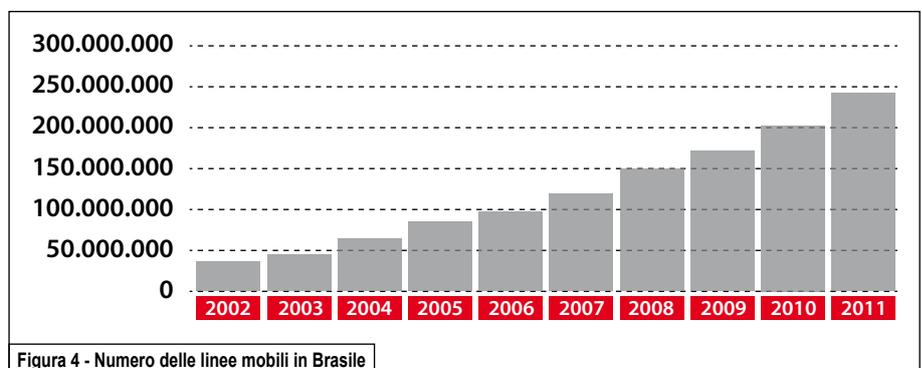


Figura 4 - Numero delle linee mobili in Brasile

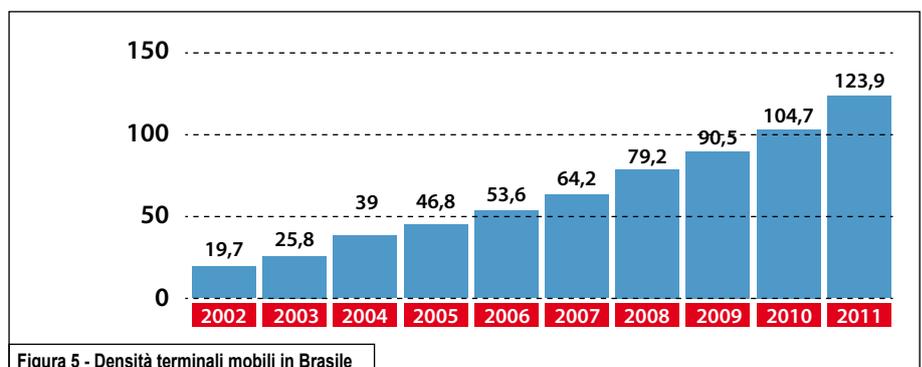
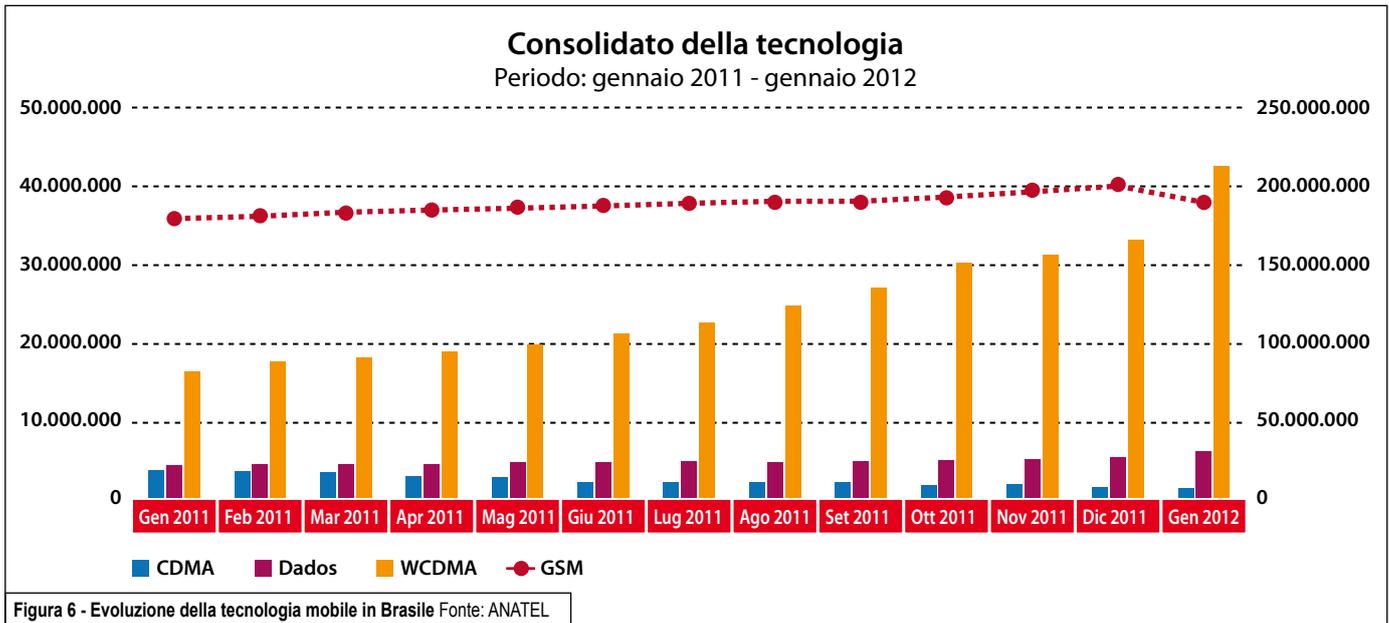


Figura 5 - Densità terminali mobili in Brasile



1.3 Trend del mercato brasiliano delle telecomunicazioni

Come per molte altre aree dell'economia brasiliana, il mercato delle telecomunicazioni presenta buone prospettive di crescita e di profittabilità per i prossimi anni (Figura 7). Alcuni degli elementi che sosterranno la domanda di servizi e contribuiranno allo sviluppo ulteriore della telefonia mobile nel prossimo futuro possono essere:

- Il processo di "inclusione sociale" delle classi più povere della popo-

lazione (indicate come D/E) che determinerà un consistente tasso di crescita della domanda, rendendo il mercato delle telecomunicazioni ancora molto attrattivo;

- La continua trasformazione del mercato delle telecomunicazioni (Sostituzione fisso-mobile - FMS- come trend evolutivo principale dei servizi voce e la forte accelerazione del traffico dati derivante dall'internet mobile) che tenderà a privilegiare la componente della mobilità;
- Il tasso di crescita continuo degli ul-

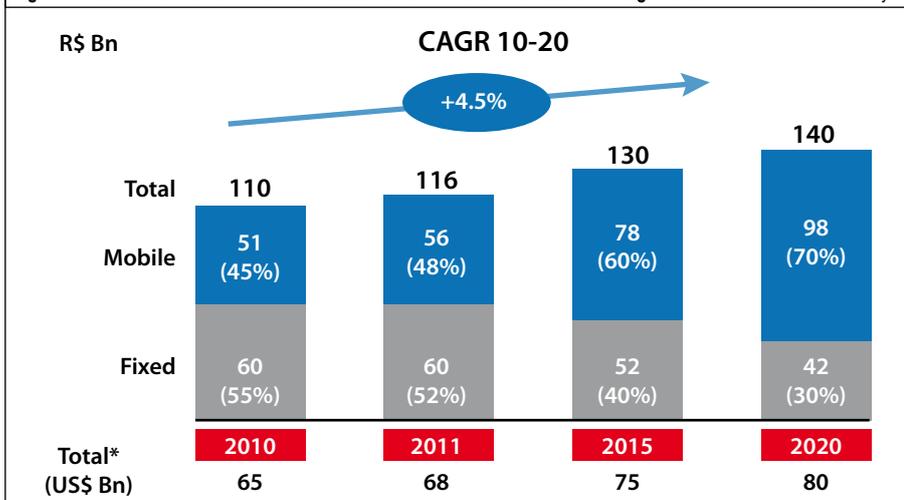
timi anni (base clienti, traffico voce e dati, ricavi e profittabilità) che non accenna a diminuire.

In tale sviluppo poi occupa un ruolo sempre più di primo piano la componente del traffico dati. È infatti previsto che il traffico dati mobile mondiale raggiunga 6,3 exabytes/mese entro il 2015¹, determinando un incremento di 26 volte rispetto al 2010, con un CAGR del 92% seppur i tassi di crescita annuali tenderanno ad assottigliarsi dal 131% del 2011 al 64% del 2015.

Sulla base dei trends e delle aspettative del mercato brasiliano per i prossimi anni, le previsioni sono:

- Il traffico dati mobile crescerà di 19 volte dal 2011 al 2016, un tasso annuale medio del 79%.
- Il traffico dati mobile raggiungerà 0,26 Exabytes/mese nel 2016 con un tasso di incremento annuale di 3 Exabytes.
- Il traffico dati mobile crescerà il doppio rispetto al traffico IP di rete fissa nel periodo 2011-2016 e sarà il 10% di tutto il traffico dati alla fine del periodo (nel 2011 era pari al 4%).
- Il traffico dati mobile nel 2016 sarà equivalente a 24 volte il volume dell'intero traffico internet brasiliano del 2005.

Figura 7 - Ricavi del mercato delle telecomunicazioni brasiliano: evoluzione a lungo termine Fonte: TIM Brasil Analysis



¹ Fonte Cisco Visual Network Index 2011-16

- Il consumo medio per cliente passerà dai 59 MB/mese del 2011 a 840 MB/mese del 2016, un incremento del 1322% sull'intero periodo.

2 Il percorso di trasformazione degli Operatori

Il mercato delle telecomunicazioni sta attualmente affrontando l'era del "All you can eat", il che significa che gli utenti intendono che il consumo dei dati non possa avere limiti, e la *user experience* debba sempre migliorare. La connessione senza soluzione di continuità, con tariffazione flat, insieme alla rapida diffusione di *smartphone* e *tablet*, caratterizza un mercato che ha sempre più bisogno di accedere alla nuvola globale, chiamata Internet. Da un lato i fornitori dei servizi di comunicazione hanno bisogno di incrementare sempre di più la capacità di connettività e di *throughput*, di con-

nettere sempre più utenti all'universo di Internet, ma allo stesso tempo hanno bisogno di trovare un'equazione che sostenga l'appetito dei clienti, il corretto dimensionamento della rete e la sua profittabilità. La vera sfida tesa a proteggere il valore della connettività cerca di non limitare l'Operatore ad essere un puro "trasportatore di bit", ma di scoprire nuovi modelli di business e nuove modalità di erogazione dei contenuti per valorizzare il ruolo della rete di fronte al cliente.

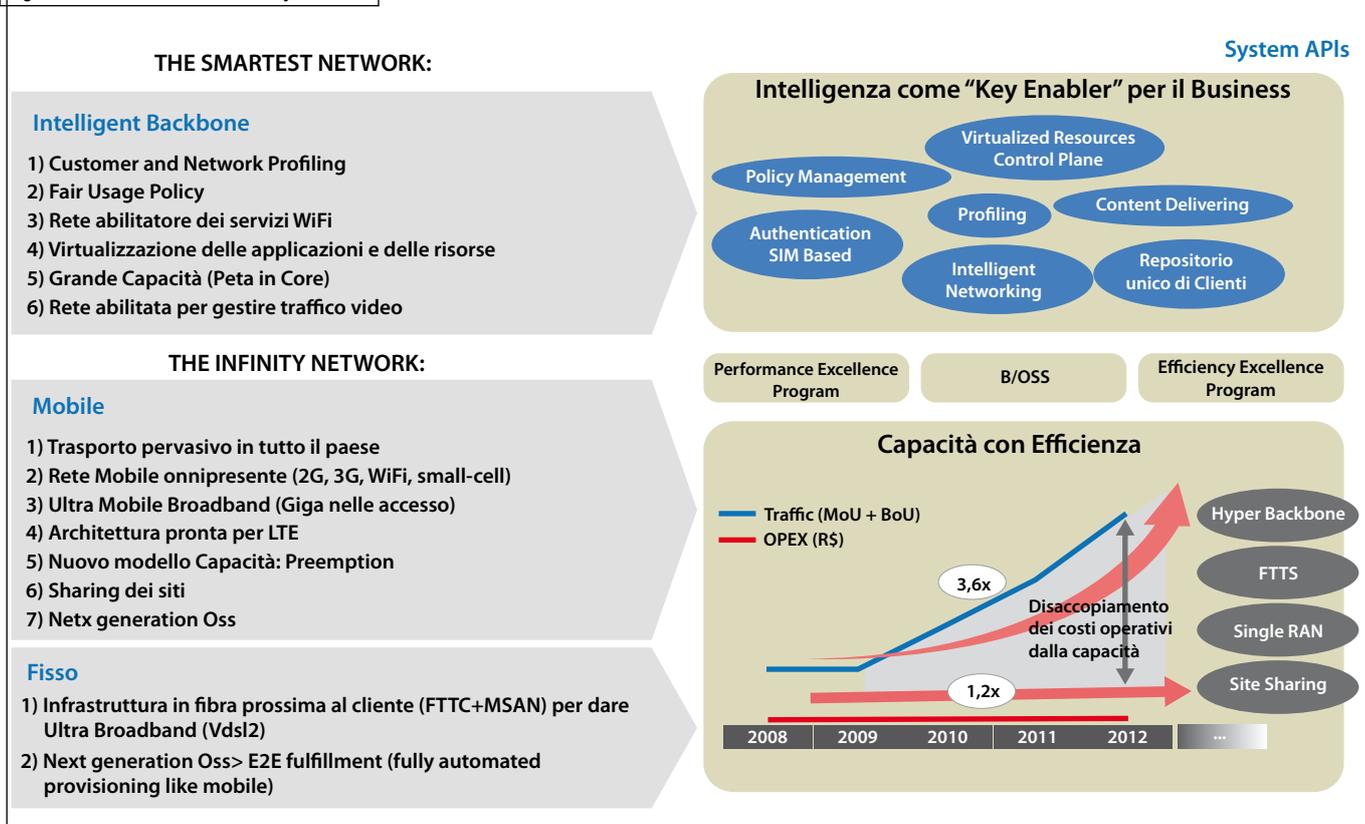
Pertanto gli Operatori sono sempre più attenti alla "user experience" e alla qualità percepita dal cliente, avendo compreso che rivestono una parte importante nella catena di erogazione del servizio, e pertanto devono sfruttare in maniera opportuna il vantaggio competitivo costituito dalla "conoscenza" dell'utente connesso alle proprie reti. Gli Operatori devono essere attenti ai desideri dei clienti e alle loro aspetta-

tive, il che richiede non solo una rete ben dimensionata, che possiamo definire "Infinity Network Layer", ma anche introdurre un'intelligenza nella rete in grado di fornire una connessione a valore aggiunto, sviluppando meccanismi capaci di gestire la domanda in modo efficiente e di garantire la profittabilità, che possiamo chiamare "Smartest Network Layer" (Figura 8).

2.1 "Infinity Network"

L'Infinity Network, come concetto, significa che l'architettura di rete deve avere tre caratteristiche fondamentali: robustezza, scalabilità ed essere "Future Proof". Le persone che progettano e gestiscono questa rete devono essere preparate a cambiare la loro mentalità, sostituendo i processi vecchi con altri più innovativi, evolvendo i modelli,

Figura 8 - Smartest Network e Infinity Network



introducendo nuove tecnologie che siano capaci di incrementare la capacità a step maggiori ed in minore tempo, valutando anche la modernizzazione degli apparati "legacy", sulla base dell'efficienza che ciò può produrre nel medio/lungo periodo.

Considerando che il Brasile è un mercato emergente, questo si riflette direttamente sui servizi di telecomunicazione determinando una crescita del traffico dati che continuerà ad essere significativa nei prossimi anni. Al di là del consumo individuale, ci sono ancora regioni che non sono servite e che possono rappresentare un incremento di traffico importante nel momento in cui saranno coperte. Gli Operatori devono essere consapevoli dell'opportunità di sfruttare il nuovo "roll out" per modernizzare i loro assets, sostituendo apparati meno efficienti con apparati più compatti, scalabili e a più basso consumo energetico.

La sostenibilità della rete si basa sull'incremento di efficienza che gli Operatori riescono ad ottenere dai loro investimenti, scegliendo attentamente le tecnologie ed evitando di mantenere soluzioni che incrementino i costi operativi in maniera proporzionale all'incremento del traffico.

Deve essere attentamente valutata l'introduzione di modelli innovativi, come la costruzione congiunta e la condivisione di asset ritenuti ormai "commodity", in modo da permettere la riduzione degli investimenti e dei costi operativi.

Connesso al concetto di "Infinity", c'è quello della copertura senza soluzione di continuità che permette al cliente di essere costantemente connesso alla rete. Ciò porta a generare un trend di investimenti nella rete tale da raddoppiare il numero di siti in 10 anni. Con una tale espansione della rete 3G e con la prospettiva di sviluppo della rete LTE, è assolutamente necessario definire nuovi modelli di *housing* e di *operation & maintenance*.

È inoltre necessaria una rete di trasporto robusta e pervasiva in grado di raccogliere tutto il traffico generato in accesso e preparata a rispondere ai requisiti dei nuovi servizi, come l'esplosione della domanda di contenuti video e la riduzione della latenza per streaming real time.

2.2 "Smartest Network"

Per gestire le risorse di rete, deve essere consolidato un *layer* "intelligente", che sia in grado di integrare il policy management, controllare la qualità di servizio erogata, introdurre la "service awareness" ed abilitare servizi innovativi. La Smartest Network dovrà essere in grado di migliorare la user experience del cliente, di ottimizzare l'utilizzo delle risorse e permettere un incremento dei ricavi dell'Operatore. Il "policy management" fornirà un controllo completo e ottimizzato delle risorse di rete, essendo responsabile di definire la QoS dell'intera catena di erogazione del servizio, dall'accesso alla nuvola Internet. Anche la CDN (Content Delivery Network) è parte del layer intelligente, assumendo la responsabilità di garantire la user experience, mediante il controllo della distribuzione del traffico video. La CDN può generare significativi benefici in termini di ottimizzazione di banda e costi di trasporto. Abilitare "l'individualizzazione" e la differenziazione dei servizi può incrementare i profitti dell'Operatore attraverso le "Smartest networks", anche considerando lo sviluppo di nuove applicazioni basate sulla profilatura dei clienti.

3 Evoluzione dell'architettura della rete

Il miglioramento del posizionamento di TIM Brasil nel mercato brasiliano (di

nuovo al secondo posto in termini di quota di mercato precedentemente occupato da Claro), guidato dalla strategia di incentivo al consumo, si sta consolidando con l'acquisizione di importanti asset. Nel 2009 è stata acquisita Intelig, permettendo di integrare una rete backbone nazionale di lunga distanza, e nel 2011 è stata incorporata AES Atimus, beneficiando di reti ottiche capillari in 21 città nelle aree metropolitane di Rio de Janeiro e San Paolo.

Questa accelerazione nella traiettoria di conquista del mercato sta determinando modifiche consistenti nell'architettura della rete. Sia la parte più prossima al cliente, come l'accesso e il trasporto, sia la parte di controllo e servizio, stanno assumendo caratteristiche di maggiore efficienza e robustezza avvicinandosi sempre di più ai concetti espressi precedentemente.

Qui di seguito una breve sintesi dei principali asset della rete di TIM e le sue prospettive di evoluzione.

3.1 Lo spettro

Le licenze per l'utilizzo dello spettro di TIM sono distribuite uniformemente su tutto il territorio brasiliano, seppur presentando differenze considerevoli in termini di quantità e allocazione di banda in ciascuna regione. In sintesi, nella Figura 9 sono riportate le principali bande utilizzate da TIM, le regioni, le quantità in cui sono disponibili e le tecnologie utilizzate.

Facendo un confronto con la situazione degli Operatori concorrenti, TIM è ben posizionata nell'area metropolitana di San Paolo, nella zona nord del Paese e nello Stato del Minas Gerais.

Nel primo semestre del 2012 è infine prevista l'asta per l'assegnazione delle bande a 450 MHz e 2,5 GHz, quest'ultima per la realizzazione della rete LTE. Il paragrafo 5 tratta in modo specifico di questo tema.

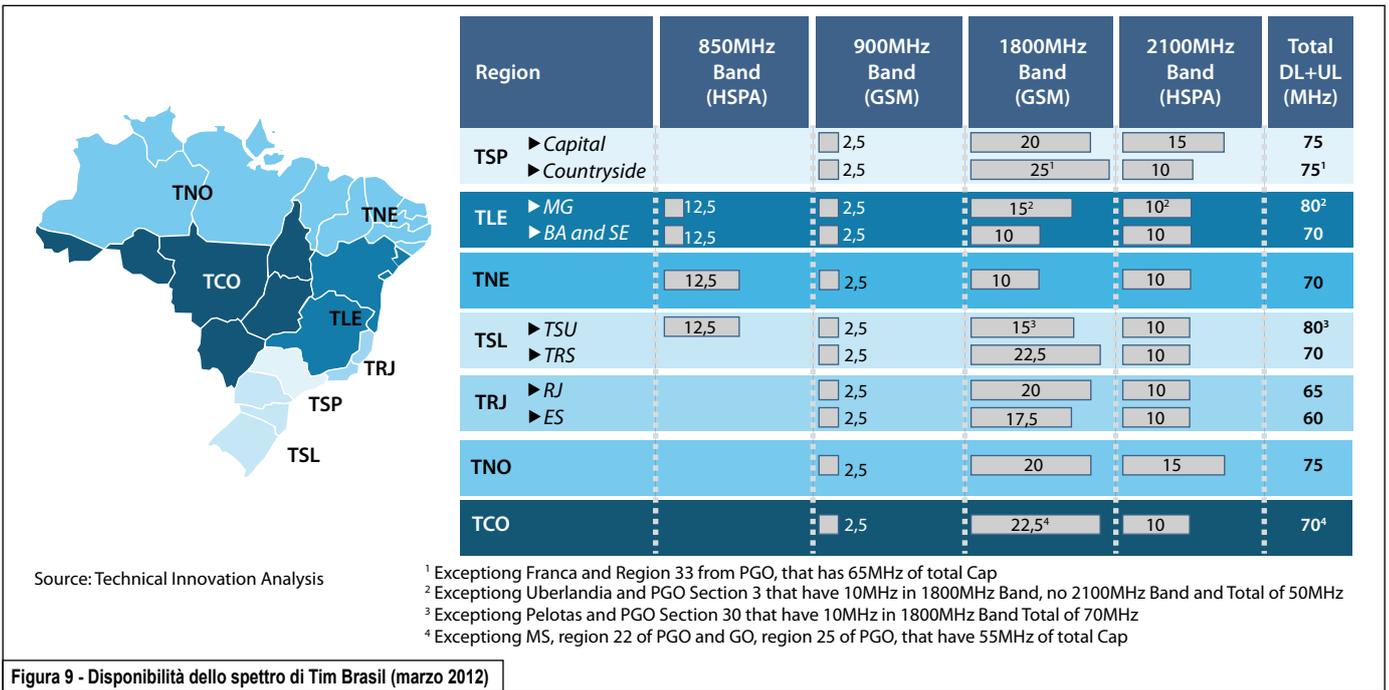


Figura 9 - Disponibilità dello spettro di Tim Brasil (marzo 2012)

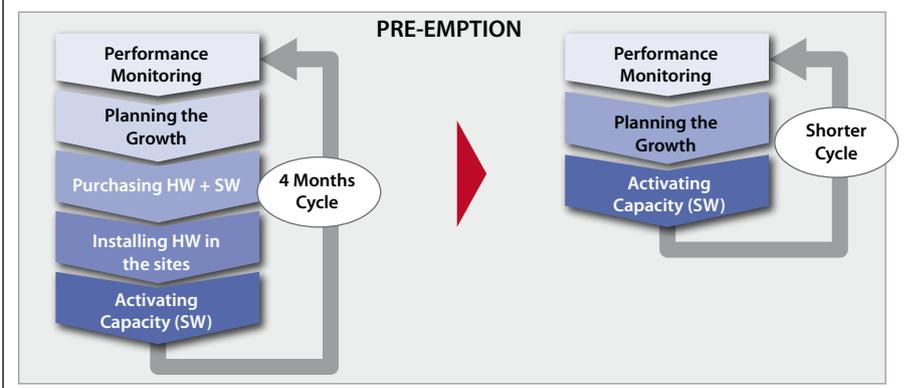
3.2 Rete d'accesso mobile

L'esplosione dei servizi voce, incentivata dalla politica della tariffa fissa per chiamata, (R\$0,25 per chiamata nazionale on-net - offerta Infinity), determina una modifica non solo nel tasso di incremento della capacità degli elementi di accesso, ma anche dei modelli di contrattazione con i fornitori e dei processi operativi. All'interno della visione di "Infinity Network", la soluzione per l'evoluzione dell'accesso mobile è stata la modernizzazione, avendo come leve principali il roll out della copertura 3G e della capacità. Cioè, comprando e installando un nuovo elemento 3G, viene installato simultaneamente un nuovo elemento GSM, sostituendo l'elemento precedente, in modo da promuovere il compattamento degli elementi, ed evitando ulteriori investimenti nella rete 2G legacy, la quale presenta maggiore occupazione di spazi, maggior consumo di energia e minore possibilità di espansione. Parallelamente alla modernizzazione della rete, è stato introdotto un nuovo

concetto di "Preemption" per rendere il processo di ampliamento di capacità più veloce ed efficiente (Figura 10). In base al nuovo processo, i nuovi apparati di accesso vengono acquisiti con la massima capacità hardware, dopodiché le licenze software vengono rilasciate in base alla domanda di traffico. In tal modo si evitano tutti i problemi che la logistica legata all'ampliamento dell'hardware comporta e l'ampliamento viene realizzato in un tempo più breve e con minori costi operativi.

In risposta alla crescita vertiginosa del traffico dati è prevista una roadmap evolutiva delle tecnologie mobili (GSM/3G), considerando anche l'introduzione della tecnologia LTE come evoluzione naturale degli standard attuali. Oggi TIM Brasil ha già una rete d'accesso compatibile con HSPA+ (64QAM, 21Mbps di throughput di cella), e tale funzionalità è in fase di attivazione nelle località in cui la rete di trasporto è adeguata a sostenere il traffico generato.

Figura 10 - Concetto della "Preemption"



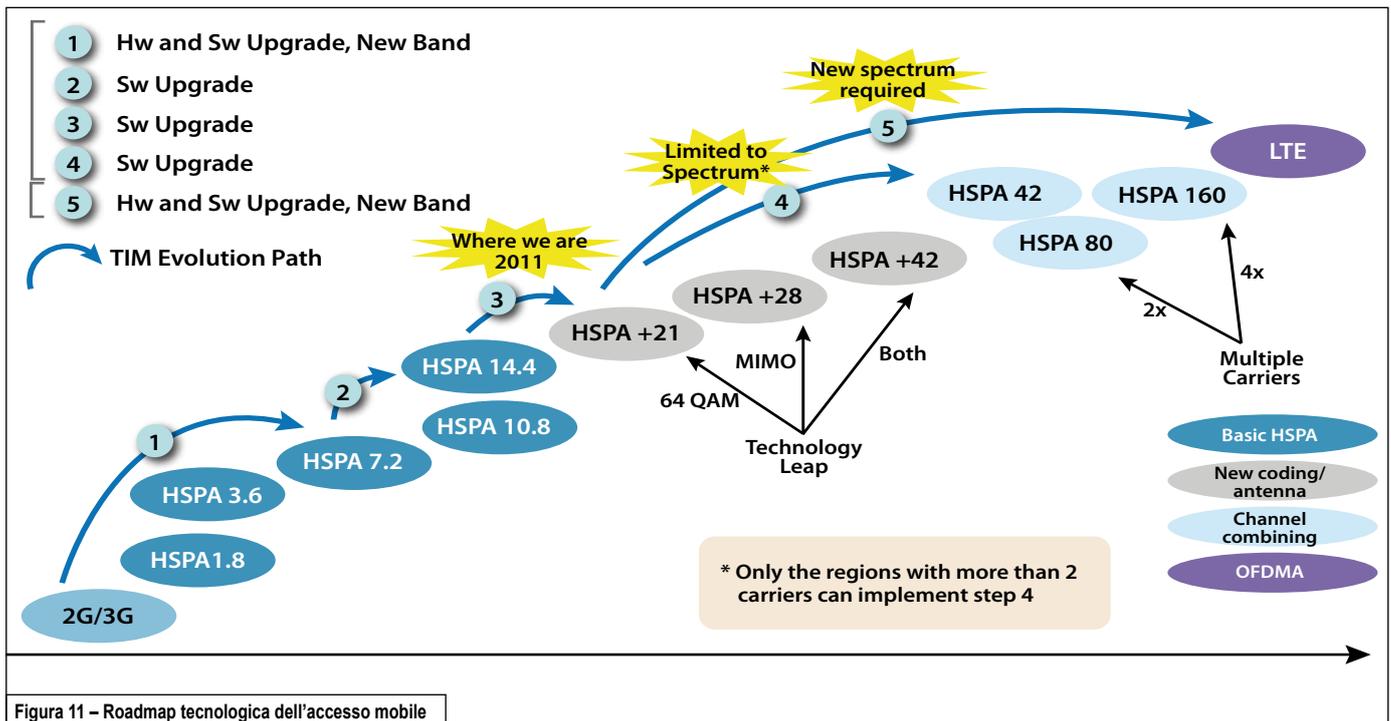


Figura 11 - Roadmap tecnologica dell'accesso mobile

Nella Figura 11, è presentata la roadmap evolutiva dell'accesso mobile di TIM Brasil in linea con lo standard 3GPP.

3.3 Rete di trasporto

A supporto della rete d'accesso, è in fase di sviluppo una rete di trasporto proprietaria, abbandonando sistematicamente il modello "leased lines" utilizzato precedentemente per connettere i siti.

Backhauling: negli ultimi 3 anni si è cominciato a costruire una rete magliata di ponti radio IP nei principali centri urbani brasiliani, in grado di supportare la domanda di traffico generata dall'introduzione della tecnologia 3G, e complementare allo sviluppo di anelli ottici metropolitani. Questi anelli ottici, che a loro volta utilizzano il concetto di PTN (*Packet Transport Network*), sono compatibili con i principi di scalabilità, robustezza e future proof precedentemente indicati come

fondamentali nel percorso evolutivo dell'infrastruttura di rete. Nell'ottica di previsione di ampliamento di capacità, queste reti ottiche dovranno essere sempre più capillari, arrivando direttamente ai siti, abilitando così l'introduzione della banda ultra-larga nella rete di TIM.

Entro il 2014, il 85% dei siti dovrà essere connesso mediante backhauling proprietario, con il 34% di tali connessioni basato su fibra ottica.

Backbone di Lunga Distanza: dopo l'acquisizione di Intelig, TIM ha integrato più di 15 mila km di tratte di lunga distanza in fibra ottica, connettendo le principali città del territorio brasiliano. Sulla base di tale asset è stato costruito un layer DWDM/40G/ROADM, modernizzando la rete esistente attraverso la sostituzione delle componenti legacy.

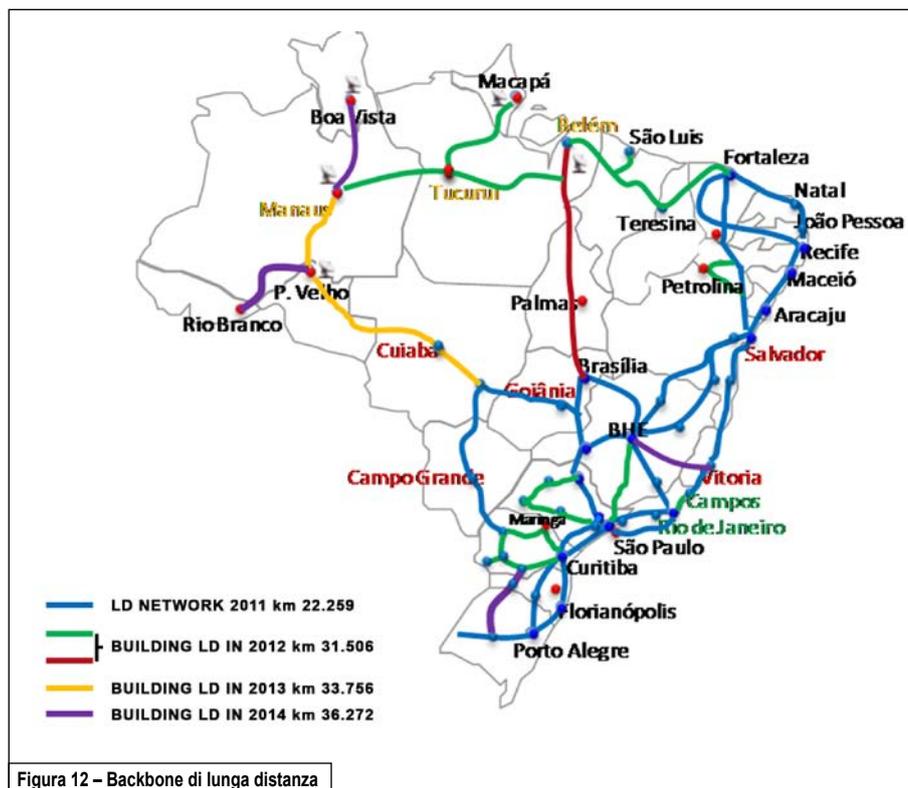
Oltre a ciò, sono stati realizzati nuovi contratti di costruzione congiunta, di realizzazione in partnership ed iniziative proprie, arrivando ad espandere quasi 10 mila km di rete di lunga distanza entro la fine del 2011. È stata

inoltre definita una partnership con un consorzio di aziende fornitrici di elettricità nella regione nord del Paese, in cui Tim ha acquisito il diritto di porre cavi OPGW, connettendo le città di Manaus, Tucuruí e Macapá entro l'inizio del 2013. Nei prossimi anni sono poi previsti ulteriori progetti per aumentare la capillarità della rete backbone di lunga distanza (Figura 12).

3.4 Core e IP Backbone

Basandosi su un programma di efficienza e trasformazione, l'infrastruttura Core e il backbone IP di TIM Brasil stanno evolvendo sulla base di tre pilastri: consolidamento, delayering e semplificazione. Questi principi si traducono nelle seguenti direttrici:

- Virtualizzazione della componente Core & Control, riutilizzando lo stesso hardware per scopi diversi;
- Investimento in architetture più efficienti e funzionalità in pool, sviluppando il concetto di loadsharig;



5 LTE

Nel mese di Gennaio 2012 Anatel ha emesso la consultazione pubblica n. 4 sul tema dell'emissione delle licenze relative alle bande a 450MHz e 2,5GHz, con l'intenzione di arrivare alla promulgazione dell'asta entro il primo semestre 2012.

La consultazione è caratterizzata da requisiti molto stringenti dal punto di vista regolatori, fortemente connessi agli eventi sportivi dei prossimi anni in Brasile e allo stato dell'industria tecnologica nazionale.

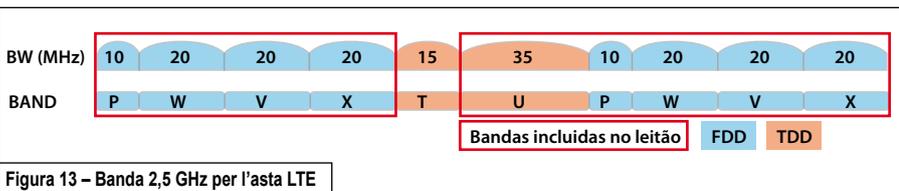
Nell'asta verranno messi in gara 3 blocchi FDD da 2x20 MHz (detti "W","V","X"), un blocco FDD da 2x10 MHz (detto "P") ed un blocco TDD da 35 MHz (detto "U"). Per i primi 3 blocchi sono previste licenze a livello nazionale, mentre per le bande "P" e "U" la licenza si applica a tutti i municipi brasiliani, in cui non vi siano già broadcaster televisivi che utilizzano quello spettro (e al quale non vogliono rinunciare).

La dinamica dell'asta è stata proposta nella consultazione e prevede che lo spettro a 2,5 GHz, dedicato allo sviluppo del sistema LTE a livello mondiale, sia vincolato all'acquisizione della banda a 450 MHz, dedicata al servizio universale per la telefonia in ambito rurale. La consultazione è ancora soggetta ad ulteriori contributi e modifiche prima di arrivare alla sua versione finale prevista per il mese di aprile 2012, ma l'impostazione generale e i requisiti di copertura dovrebbero restare sostanzialmente immutati.

In sintesi la consultazione prevede:

- Nell'ottica di stimolare la concorrenza nel mercato delle TLC è stato fissato per ciascun Operatore la possibilità di detenere nelle prime quattro fasi dell'asta fino a 40 MHz (UL+DL) della banda a 2,5 GHz, CAP che può essere esteso fino a 80 MHz nella fase finale);

- Accelerazione del consolidamento dei Data Base;
 - Nuovi apparati che permettano di ridurre il consumo energetico, in accordo con la strategia di riduzione dei consumi e degli spazi;
 - Preparare l'evoluzione della rete investendo in soluzioni future proof e scalabili;
 - Delaying del backbone IP
- Oltre a ciò, si stanno sviluppando nuove funzionalità di controllo e ottimizzazione sia nella rete Core che nella rete IP, creando un'infrastruttura future proof in grado di supportare l'offerta di nuovi servizi oltre a garantire la sostenibilità della rete e il miglioramento della user experience del cliente, determinando maggiore efficienza e velocità di realizzazione:
- Sviluppo di politiche di controllo di banda allineate con le regole tariffarie vigenti;
 - Sviluppo di un'architettura integrata e convergente con la funzionalità di PCC (*Policy Control and Charging*), sia per i servizi fissi che mobili;
 - Concentrando tutta la funzionalità di policy management in elementi "unificati" e decentrando alcune funzionalità specifiche su elementi specifici della rete;
 - Introdurre nuove applicazioni che possano determinare nuovi flussi di ricavi garantendo banda elevata per servizi premium e fornendo pacchetti di servizi personalizzati mediante tecniche di "traffic shaping";
 - Interoperabilità con soluzioni di Media Adaptation Content e Content Delivery Network;
 - Sviluppo di una strategia di caching in grado di evitare tentativi continui di delivery dei contenuti e consentendo risparmi nell'utilizzo di banda;
 - Sviluppo di un'infrastruttura CDN (*Content Delivery Network*), in modo da ottimizzare le risorse del trasporto e la gestione della banda migliorando la *user experience* dei clienti e abilitando l'offerta di nuovi servizi.



Coverage obligation (number of cities/% of total)							
	Cities (Qty)	2013	2014	2015	2017	2018	2019
1) Cities = Confederations Cup	6	6/100%					
2) Cities = World Cup 2014	6	6/100%					
3) Cities > 500.000 inhabitants	35		35/100%				
4) Cities > 100.000 inhabitants	235			235/100%			
5) Cities > 30.000 inhabitants	784				784/100%		
6) Cities < 30.000 inhabitants	4.499				90/2%	90/2%	90/2%

For cities <30.000 inhabitants without coverage and 5 years past step 3, Anatel may authorize other provider to purchase license in the same frequency band and the same authorized area

Figura 14 – Requisiti di copertura LTE

- Licenze nazionali per le bande a 450 MHz e 2,5 GHz (con limitazioni sulle bande "P" ed "U" nei municipi in cui siano già presenti MMDS);
- Requisiti di copertura nella banda 2,5 GHz molto stringenti prevedendo già per il mese di aprile 2013 la copertura delle 6 città che ospiteranno la "Confederation Cup" di calcio e per il mese di dicembre 2013 la copertura delle 12 città che ospiteranno la Coppa del Mondo di calcio (come riportato in Figura 14);
- Impegno ad utilizzare tecnologia prodotta in Brasile.

Conclusioni

Il Brasile è un mercato molto grande e in costante crescita e quindi molto attrattivo e con opportunità concrete di incremento della base clienti mobili, dei ricavi e della redditività.

È previsto un continuo processo di cambiamento e trasformazione del

mercato delle telecomunicazioni, guidato dal fenomeno della sostituzione fisso - mobile (FMS) e dallo sviluppo esplosivo dell'internet mobile.

Gli eventi sportivi che avranno luogo in Brasile nei prossimi anni determineranno un forte impatto sul sistema delle telecomunicazioni: compito degli operatori è quello di cogliere le opportunità di tale sviluppo. La rete di TIM deve essere quindi pronta a sostenere le sfide future caratterizzate dalla forte crescita di traffico e dall'offerta di nuovi servizi, incrementando al contempo l'efficienza in modo da rendere sostenibile lo sviluppo della domanda.

La trasformazione è guidata dallo sviluppo di due modelli di rete: *Infinity Network*, rafforzando le infrastrutture di accesso e di trasporto e *Smartest Network*, fornendo l'"intelligenza" per definire politiche e regole che potranno gestire e ottimizzare l'impiego delle risorse di rete mediante la differenziazione dei servizi e il controllo della QoS erogata ■

Acronimi

3GPP	3rd Generation Partnership Project
CDN	Content Delivery Network
DL	Down Link
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
FDD	Frequency Division Duplex
FMS	Fixed Mobile Substitution
GSM	Global System for Mobile Communications
iDEN	Integrated Digital Enhanced Network (Push to talk technology)
LTE	Long Term Evolution
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Services
PCC	Policy Control & Charging
PIL	Prodotto Interno Lordo
PTN	Packet Transport Network
ROADM	Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer
TCO	TIM Brasil area territoriale di Centro Oeste
TDD	Time Division Duplex
TLE	TIM Brasil area territoriale delle Leste
TNE	TIM Brasil area territoriale di Nordeste
TNO	TIM Brasil area territoriale di Norte
TRJ	TIM Brasil area territoriale di Rio de Janeiro
TSL	TIM Brasil area territoriale di Sul
TSP	TIM Brasil area territoriale di São Paulo
UL	Up Link
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

creuter@timbrasil.com.br
 janilsonj@timbrasil.com.br
 marco.dicostanzo@telecomitalia.it



**Catarina
Bautista
da Nova Reuter**

ingegnere elettronico, ha iniziato la sua attività professionale alla NEC in Salvador, occupandosi dello sviluppo delle tecnologie AMPS e CDMA. Nel 1997 ha partecipato allo start up di TIM (Maxitel), occupandosi della progettazione e ottimizzazione della rete. Nel 2001 ha conseguito il MBA in Telecomunicazioni. Nel 2006 è entrata nel dipartimento di Pianificazione di Rete nella Direzione Generale di TIM Brasil a Rio de Janeiro. Dal 2010 è responsabile del Piano di Evoluzione Tecnologica di TIM Brasil.



**Janilson
Bezerra**

ingegnere elettronico, è responsabile del settore di Innovazione Tecnologica di TIM Brasil dal 2010. E' entrato in Tele NordesteCelular nel 1999 in qualità di ingegnere RF. Nel 2001 è diventato responsabile del dipartimento di Cell Planning della start-up TIM São Paulo. Nel 2003 è diventato responsabile del settore Tecnologia di Accesso e Industrializzazione di TIM Brasil, spostandosi a Rio de Janeiro; ha assunto varie posizioni in diverse aree organizzative dell'azienda.



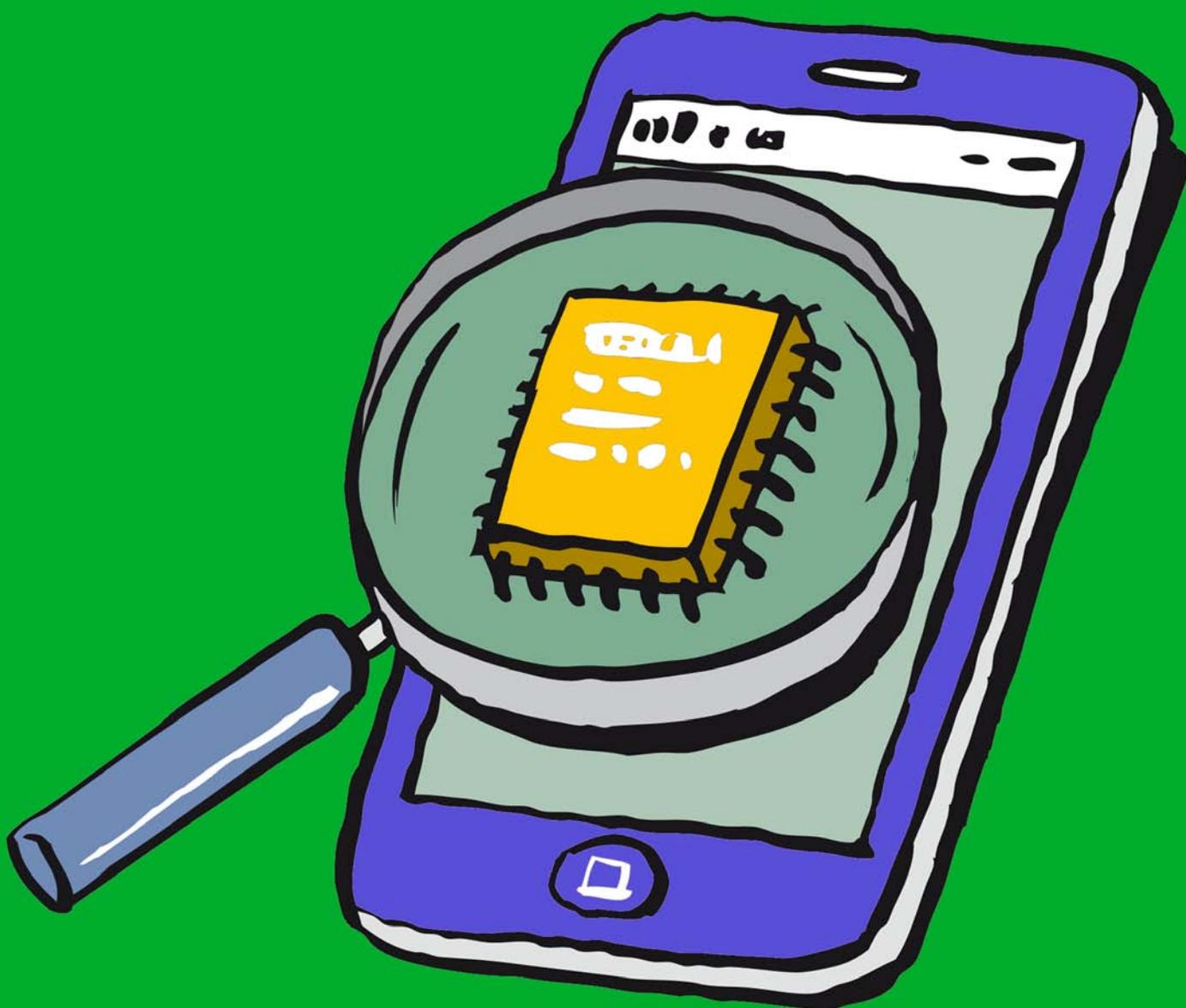
**Marco
Di Costanzo**

direttore della rete di TIM Brasil dal 2008. E' entrato nel Gruppo Telecom Italia nel 1996 per occuparsi di pianificazione di rete. Nel 1998 ha assunto l'incarico di direttore della rete di Tele Nordeste Celular in Brasile e nel 2001 è diventato direttore della start-up TIM São Paulo. Nel 2004 ha assunto il ruolo di CTO di Entel PCS in Cile e nel 2005 si è spostato in Argentina in qualità di Direttore di tecnologia del Gruppo Telecom Argentina. Oggi è responsabile dell'infrastruttura di rete di TIM Brasil.

LA "VISION" DI QUALCOMM SU LTE

MOBILE

Cristiano Amon



La crescita esponenziale del traffico dati impone un balzo in avanti delle performance delle reti di telecomunicazioni che dovranno supportare il miglioramento dell'esperienza utente in modo pervasivo ed efficiente dal punto di vista dei costi. Grazie all'impiego di un mix di stazioni base macro, pico, femto o relay, le hetnet permettono un'implementazione flessibile e a basso costo, offrendo una connessione a banda larga uniforme agli utenti che si collegano alla rete da qualunque luogo¹. L'obiettivo delle reti LTE è quello di garantire velocità di trasmissione dati più elevate e al tempo stesso utilizzare in modo più efficiente le scarse risorse di spettro. Vediamo come.

1 Evoluzione parallela all'HSPA+

Per quanto riguarda l'integrazione e le tecnologie avanzate, attualmente in Qualcomm si utilizzano geometrie del silicio all'avanguardia per realizzare i processori baseband e application. Inoltre, il numero crescente di bande di frequenza e il bisogno di capacità multi-mode, stanno spingendo i provider di soluzioni verso packaging dall'ingombro sempre più ridotto e dall'integrazione sempre più elevata. In Qualcomm si utilizzano pertanto varie tecniche di packaging per il portafoglio di chipsets, quali SoC, SiP, la tecnologia Wafer Scale packaging e stacking con il sistema PoP (*Package-On-Package*).

Mentre le reti evolvono per supportare tecnologie wireless sempre più veloci, le aziende produttrici di dispositivi devono poter sviluppare in modo rapido ed economico nuovi prodotti per la trasmissione dei dati in banda larga mobile wireless, che siano in grado di supportare queste tecnologie emer-

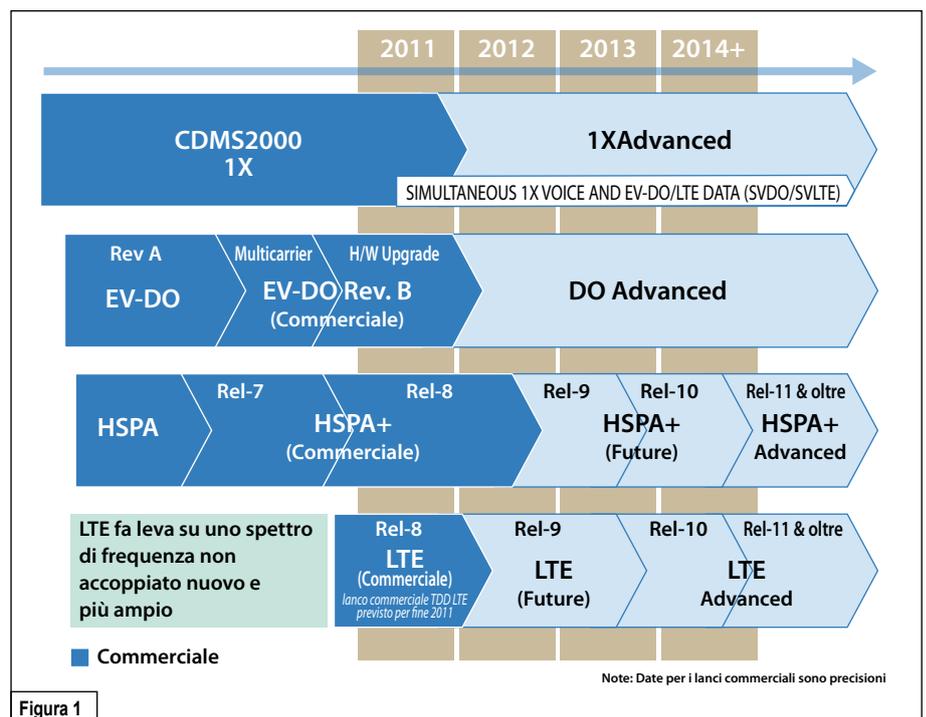


Figura 1

genti. Nel frattempo, la domanda crescente di velocità di trasmissione dati più elevate spinge gli operatori a pianificare integrazione della rete LTE alle esistenti reti 3G e 3G evolute.

2 Diffusione e prospettive di LTE

Qualcomm sta spingendo l'acceleratore sull'evoluzione della tecnologia LTE, tanto che ad oggi è l'unica azienda del

¹ Whitepaper "LTE Advanced: Heterogeneous Networks", Qualcomm, febbraio 2010

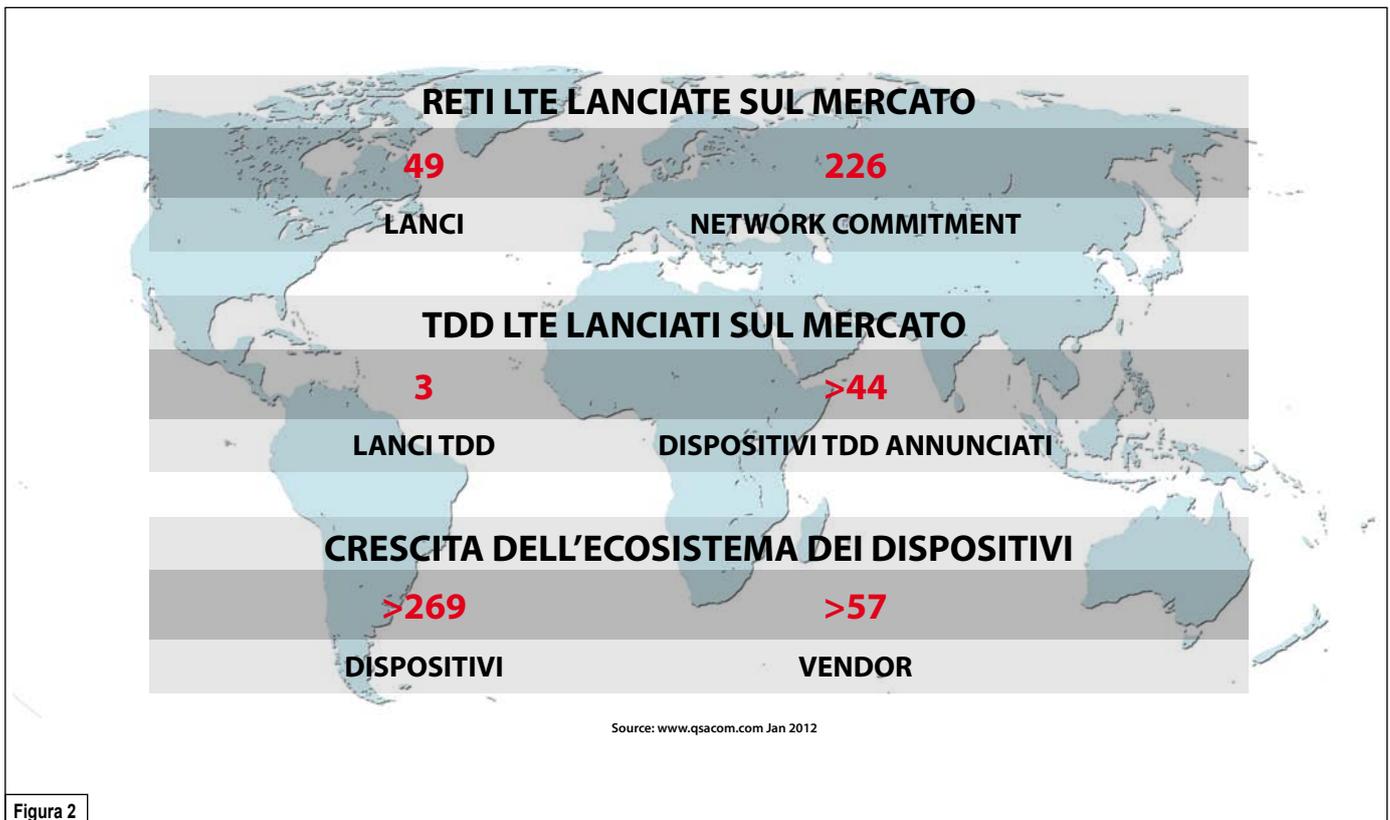


Figura 2

settore che offre una soluzione LTE integrata capace di supportare tutti i principali standard mondiali per la banda larga mobile. L'ampio portafoglio di processori LTE di Qualcomm, che comprende le famiglie MSM8930/MSM8960 e MDM9x00/MDM9x15/MDM9x25, è progettato per garantire un "handover seamless" da reti 4G a 3G, consentendo così agli Operatori di implementare le loro reti, contenendo i costi e di seguire in parallelo i percorsi evolutivi degli standard 3G e LTE al fine di fornire al mass-market tecnologie di rete con capacità dati superiori per i dispositivi mobili che garantiscano una migliore esperienza utente.

Il gran numero di bande di radiofrequenza (RF) utilizzate per la tecnologia LTE costituisce anche un nuovo elemento di complessità che il settore dovrà affrontare in relazione alle reti 3G. A questo proposito, per supportare le implementazioni LTE a livello globale, nell'ultimo anno sono state abi-

litate oltre 20 bande di radiofrequenza LTE. Risposta a ciò è il processore Qualcomm multimode LTE/3G RF.

3 Processori LTE Multimode

Qualcomm, con i suoi processori multimode, supporta i partner nella migrazione progressiva verso la tecnologia LTE e l'esperienza mobile di prossima generazione, tanto che le prossime tre generazioni di processori LTE, MSM8960, MDM9x15 e MDM9x25 – che supporteranno LTE TDD/FDD su un'unica piattaforma e che sono compatibili con gli standard di rete 3G esistenti – offriranno ai consumatori la connettività dati ininterrotta in banda larga su qualsiasi rete nel mondo.

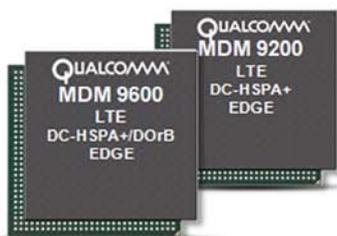
Più in dettaglio lo Snapdragon S4 MSM8960 è la prima soluzione dual-core che integra un modem multimode 3G/LTE per soddisfare le crescenti

esigenze di elaborazione multi-tasking degli smartphone e dei tablet.

Oltre alla connettività a banda larga mobile, Snapdragon S4 integra numerose altre tecnologie wireless di ampia diffusione, quali Bluetooth 4.0, GPS (per l'uso simultaneo su reti GPS e GLONASS) e WiFi, offrendo così il meglio della connettività possibile. Grazie all'integrazione di queste tecnologie di rete aggiuntive in un unico processore, il chipset MSM8960 è in grado anche di scegliere automaticamente e in tempo reale la rete migliore alla quale connettersi, sia essa 3G, 4G/LTE, WLAN o Bluetooth. Questa capacità è resa possibile da uno stack software presente nel modem che identifica attivamente i canali disponibili e sceglie quello migliore per qualsiasi comunicazione wireless.

Inoltre la piattaforma Snapdragon S4 supporterà anche i servizi eMBMs su LTE, abilitando così gli operatori a fornire servizi Media live su reti 4G con:

MODEM & SCHEDE DATI



- Più di 50 design da >25 OEMs
- Commerciale dal 4Q 2010
- 100 Mbps DL/50 Mbps UL



SMARTPHONE & TABLET



- Dual-Core CPU (28nm)
- Grafica & funzionalità multimediali superiori
- Connettività integrata (WLAN, GPS, Bluetooth, FM)
- Lancio MSM8960 nel 2012
- Smartphone & Tablet commerciali basati su MDM9x00+MSM integrato nel 2011



Figura 3 - I primi Chipset LTE/3G Multimode del settore

- una soluzione multicast efficiente e a basso costo;
- costi di distribuzione ridotti e offload dei dati dalle reti unicast;
- possibilità di raggiungere un numero illimitato di abbonati per eventi mediatici di massa (ad esempio, Olimpiadi);
- uso dello spettro LTE mondiale e dell'ecosistema 3GPP.

4 LTE Advanced

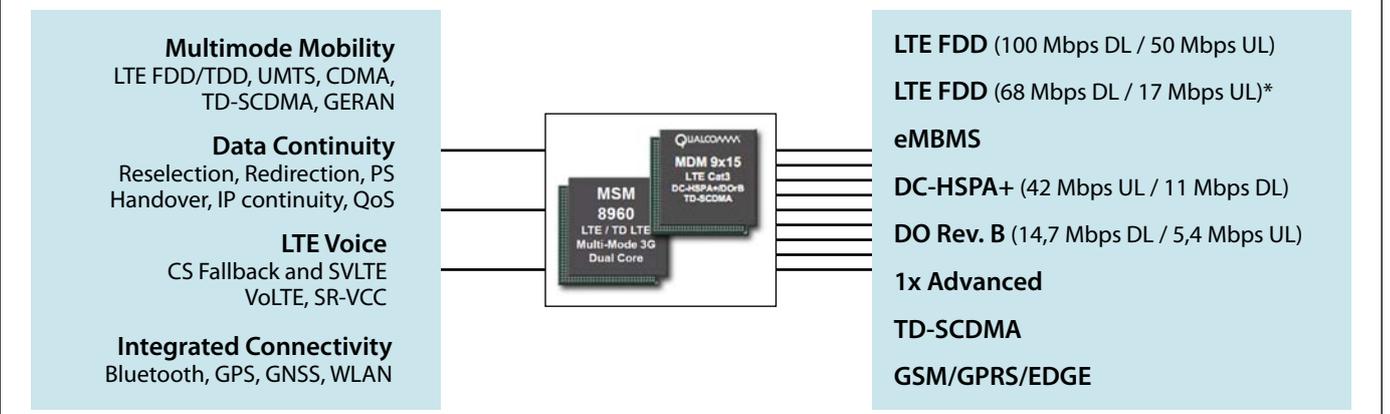
La tecnologia LTE Advanced ottimizzerà le reti, migliorandone ulteriormente le prestazioni e garantendo un utilizzo più imparziale delle risorse di banda fra gli utenti.

Inoltre, migliorerà l'esperienza mobile con velocità di trasmissione dati supe-

riori per più utenti e con l'aggregazione dei carrier per sfruttare larghezze di banda ancora più ampie a supporto di velocità dati estremamente elevate. L'aggregazione dei carrier permette infatti di sfruttare tutte le risorse di spettro attraverso:

- aggregazione delle spettro entro una banda per creare pipe di dati più larghe;

Figura 4 - Snapdragon S4 garantisce la piena integrazione del 3G/4G LTE Multimode



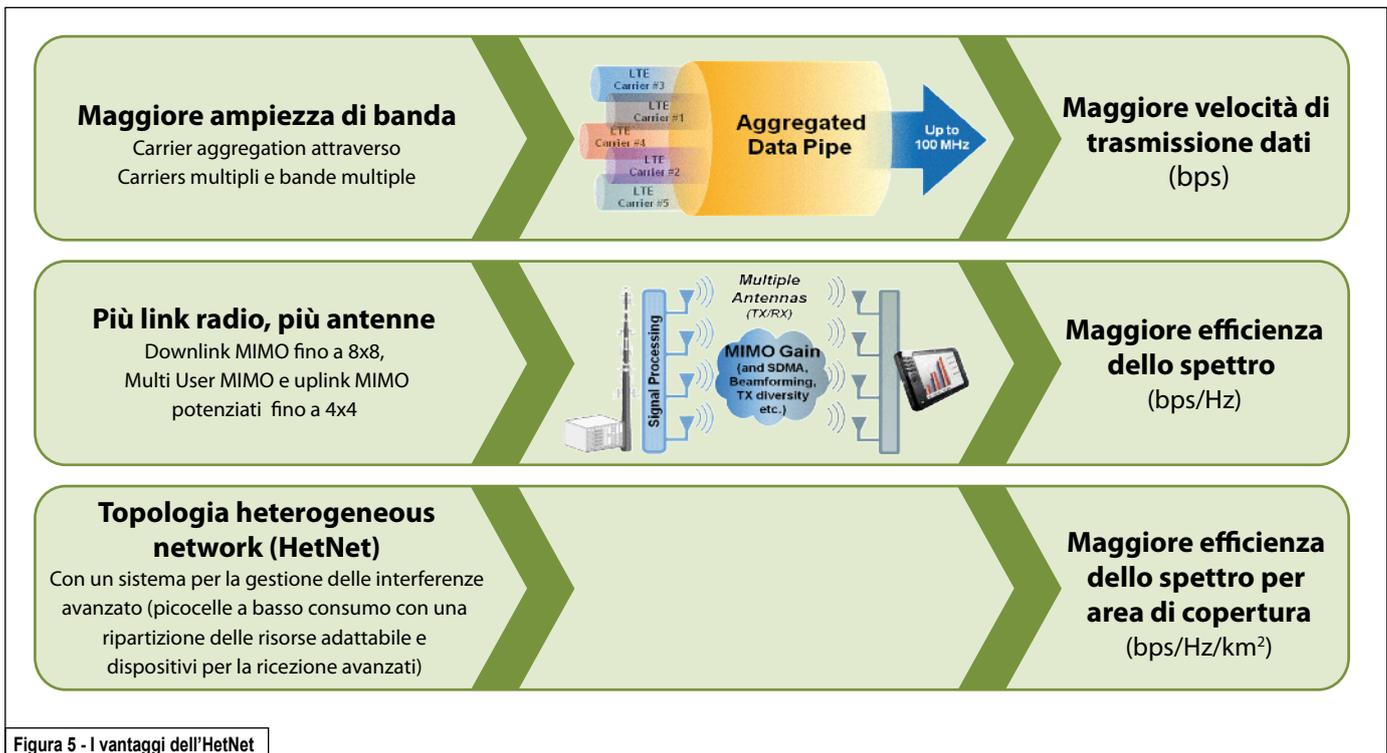


Figura 5 - I vantaggi dell'HetNet

- aggregazione attraverso gli spettri di banda;
- aggregazione di più capacità in downlink – downlink supplementare (spettro disaccoppiato);
- potenziamento delle hetnet (carriers multipli).

Qualcomm si trova al momento in una posizione favorevole per supportare i primi dispositivi LTE multimode su tutte le principali varianti 3G e relative evoluzioni (EV-DO Rev. B e HSPA+) ed è già impegnata nel supportare l'evoluzione della tecnologia LTE, tanto che ha già implementato una piattaforma sperimentale over-the-air all'avanguardia

per testare e sperimentare le funzionalità di Reti HetNet LTE Advanced.

Conclusioni

In conclusione, per far fronte alla crescita della domanda di dati del settore e per offrire agli utenti un'esperienza dei servizi per i dati decisamente migliore occorrerà:

- proseguire nell'evoluzione delle reti 3G e sfruttare i ricevitori sempre più avanzati;
- aumentare la capacità voce per libe-

rare risorse da destinare ai dati;

- liberare lo spettro 2G per un uso più efficiente delle reti 3G (ad esempio, UMTS900);
- potenziare la capacità dati ricorrendo alla tecnologia LTE per uno spettro nuovo e più ampio;
- portare la rete più vicino agli utenti con l'aggiunta di soluzioni Pico-cell e femtocelle;
- sfruttare gli spettri non licenziati, ad esempio con soluzioni di offload su WiFi ■

**Cristiano Amon**

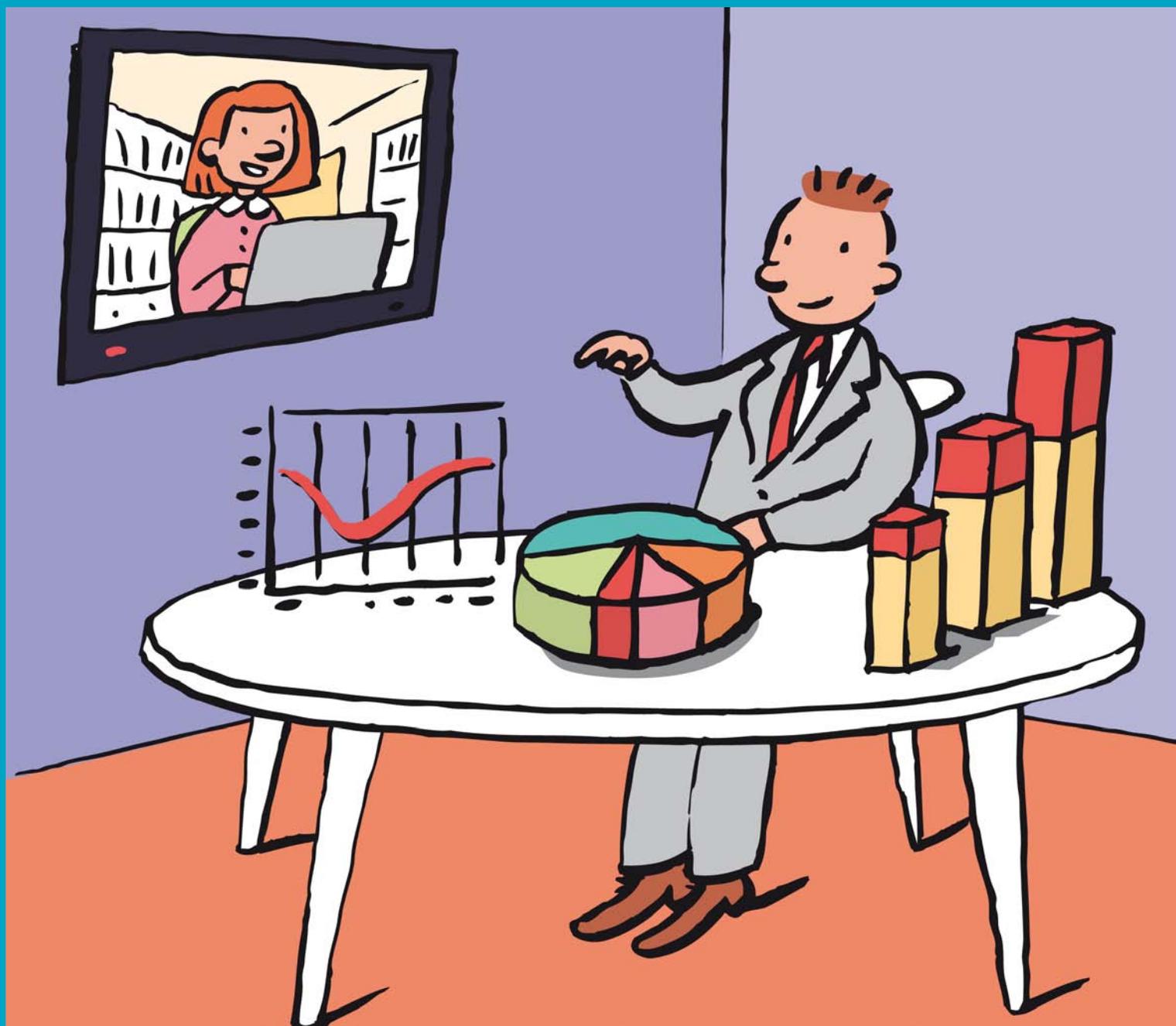
ingegnere elettronico, come Senior Vice President of Product Management del Cellular Products Group di QCT (*Qualcomm CDMA Technologies*), è oggi responsabile della definizione, pianificazione e marketing della linea di prodotti CDMA2000® e UMT; inoltre, gestisce i rapporti e i piani strategici con gli operatori CDMA a livello mondiale.

Dal 2001 al 2003 è stato Chief Technical Officer di Vésper, un operatore brasiliano, per cui ha curato la pianificazione tecnologica, la progettazione e la gestione delle reti; precedentemente ha ricoperto vari incarichi di responsabilità presso la sede Qualcomm di San Diego, tra cui quella di direttore degli sviluppi tecnologici, favorendo l'affermazione della tecnologia CDMA in America Latina.

LA PAROLA A MCKINSEY & COMPANY: "TOP GLI OVER THE TOP"

Alessio Ascari, Ferry Grijpink

SERVIZI



Una nuova serie di applicazioni OTT (*Over the Top*) molto semplici da utilizzare per gli utenti, sia per la Voce sia per la messaggistica, la sempre maggiore penetrazione degli smartphone e la crescente familiarità con il mondo IP di segmenti della popolazione sempre più ampi rappresentano tutti insieme una seria minaccia alla profittabilità degli operatori. Inoltre, la diffusione delle nuove tecnologie 4G, il continuo sviluppo del WiFi offloading e la crescente pervasività delle applicazioni OTT nella vita quotidiana concorrono ad accelerare questa tendenza. Vediamo quali nuove sfide attendono gli operatori.

1 Introduzione

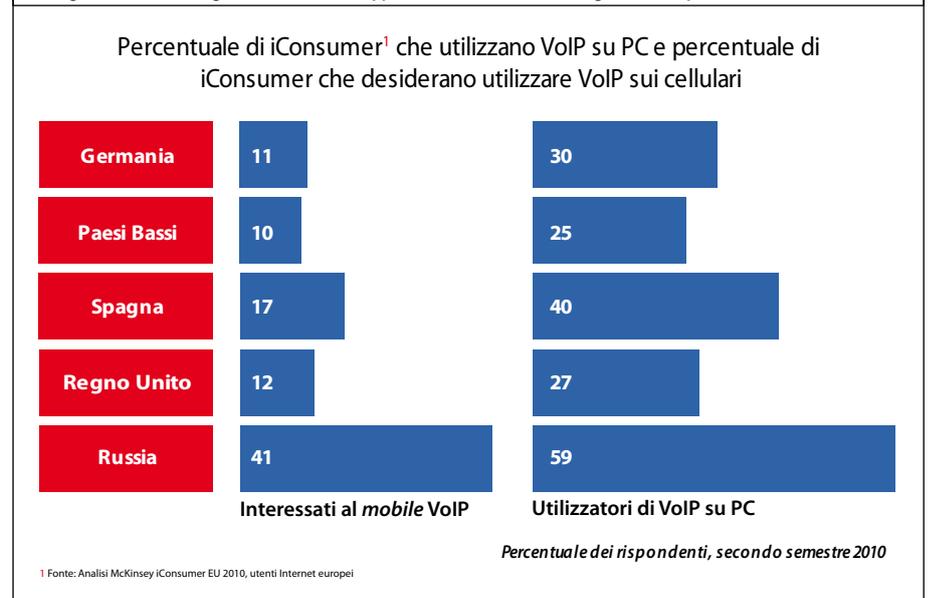
Mentre il servizio VoIP (*Voice over IP*) nell'ultimo decennio ha eroso i ricavi generati dai servizi Voce core per gli operatori di rete fissa, le applicazioni OTT fino a poco tempo fa sembravano rappresentare una minaccia meno problematica per gli operatori di rete mobile (MNO). Dopotutto, le chiamate VoIP mobili (m-VoIP) richiedevano reti ad alta velocità sufficientemente stabili e 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. Inoltre, l'approccio di prima generazione spesso faceva leva sulle notevoli opportunità di arbitraggio tra le tariffe retail e il costo di terminazione. L'impatto era di conseguenza limitato a un'esigua minoranza di clienti e al traffico mobile internazionale *outbound* (peraltro altamente profittevole). Anche in questo ambito apparentemente ristretto, tuttavia, gli utenti consideravano interessante l'opportunità di

sfruttare i servizi VoIP sia nel fisso sia nel mobile (Figura 1).

Oggi, le nuove *app* per smartphone estremamente semplici da utilizzare, come Whatsapp e Viber, hanno cominciato a sfruttare le nuove capacità di *multitasking* degli smartphone in presenza peraltro di tariffe dati mobili molto convenienti. La messaggistica

IP, in particolare, sta cannibalizzando rapidamente i ricavi dai tradizionali SMS. In alcuni mercati, come la Corea del Sud e i Paesi Bassi, i volumi di SMS hanno cominciato a ridursi, con un impatto significativo sui ricavi degli operatori, soprattutto perché nella maggior parte di questi mercati le tariffe sono a consumo. La diffusione di

Figura 1 - La tecnologia mobile VoIP era apprezzata dai consumatori digitali anche prima dell'avvento di Viber



iMessage per l'iPhone, che reindirizza i messaggi da iPhone a iPhone via IP (senza coinvolgere l'utente), determinerà un'ulteriore riduzione dei ricavi da SMS. Ovum ha calcolato che gli operatori mobili hanno perso in ricavi da messaggistica SMS 8,7 miliardi di dollari nel 2010 e 13,9 miliardi nel 2011, ovvero circa il 6% dei ricavi totali da SMS del 2010 e il 9% del 2011. La penetrazione sempre maggiore dei moderni smartphone e la rinnovata generale attenzione ai costi indotta dalla crisi economica accelereranno ulteriormente questa tendenza.

Le connessioni *seamless* m-VoIP potrebbero inoltre costituire un impulso per una nuova generazione di servizi gratuiti, seria minaccia per i ricavi *core* Voce degli operatori. Le *app* 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 servizi a valore aggiunto (VAS).

Per contrastare questa tendenza, gli operatori dovrebbero riformulare e segmentare accuratamente i loro portafogli di offerte per consentire una sufficiente distinzione tra clienti ad alto e a basso valore, facendo leva a questo fine sulla qualità del servizio (QoS) e sui VAS. Per questa ragione, numerosi operatori stanno sperimentando per i propri VAS partnership con selezionati player OTT, offrendo per esempio *bundle* con Spotify. La sfida strategica è tuttavia anche maggiore poiché gli operatori sono in concorrenza per i ricavi da VAS non solo con i player OTT, ma anche con i principali OEM e con le realtà globali che hanno sviluppato e offrono ai consumatori ecosistemi integrati come Apple, Microsoft e Google.

2 I driver di crescita dei nuovi OTT

È possibile identificare quattro fattori che daranno impulso alla rapida penetrazione degli OTT di nuova generazione e quindi accelereranno la riformulazione del modello di business degli operatori: esaminiamoli insieme.

2.1 Maggiore semplicità e migliore *user experience* delle applicazioni OTT

Nuove *app* come Viber, Whatsapp, XMS e Blink, che sfruttano le capacità di *multitasking* dei sistemi operativi degli smartphone, hanno riscontrato un grande successo poiché offrono all'utente un'esperienza significativamente migliore rispetto alle soluzioni OTT di prima generazione. 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 utenti 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. Future migliorie includeranno funzionalità di messaggistica di testo e servizi *location based*. Il valore offerto dalle *app* m-VoIP è già ben compreso dagli utenti degli smartphone: i download di Viber hanno superato il milione in soli tre giorni dal lancio, facendo di questa applicazione una delle più scaricate in mercati assai differenti come Spagna, Taiwan, Singapore e Paesi Bassi. E Viber rappresenta solo un esempio della nuova generazione di applicazioni OTT ricche di funzioni e *user friendly*.

2.2 Cambiamento delle abitudini dei consumatori

L'"appetito" per l'mVoIP, in particolare da parte degli utilizzatori di VoIP sul fisso, è evidente. Questo dato emergeva già con una chiarezza inequivocabile alla fine del 2010, come rilevato da alcune analisi che McKinsey & Company conduce regolarmente sulle abitudini dei consumatori attraverso la propria ricerca proprietaria *iConsumer*.

La riduzione dei costi non è l'unico fattore trainante. Nella messaggistica, per esempio, gli utenti segnalano la loro preferenza per le funzionalità sofisticate, la facilità d'uso e l'affidabilità dei servizi IP. 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. Anche gli utenti con pacchetti SMS *flat*, che quindi non hanno alcun incentivo eco-

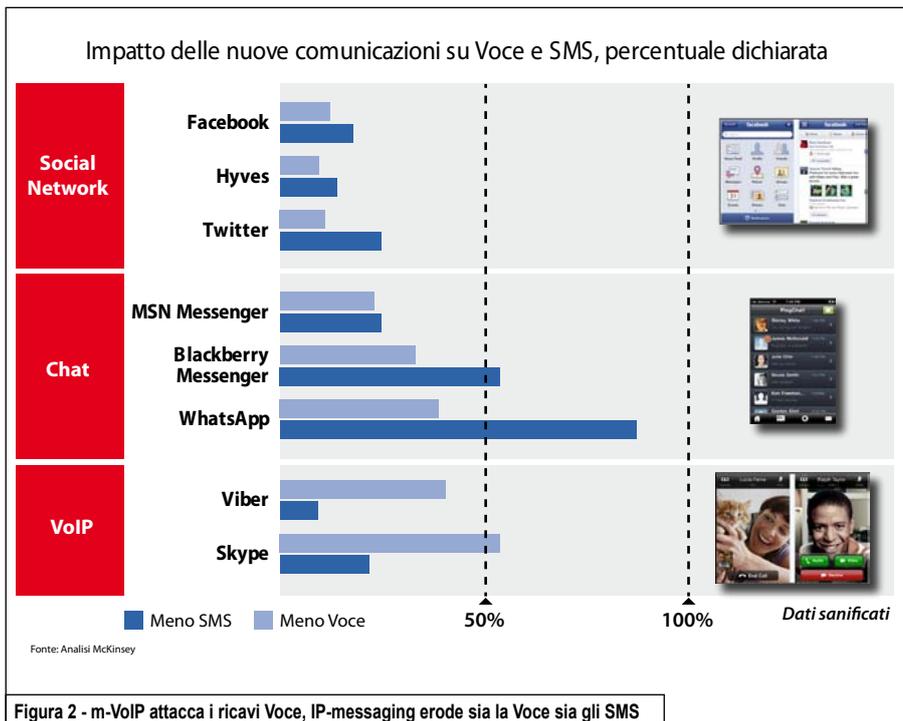


Figura 2 - m-VoIP attacca i ricavi Voce, IP-messaging erode sia la Voce sia gli SMS

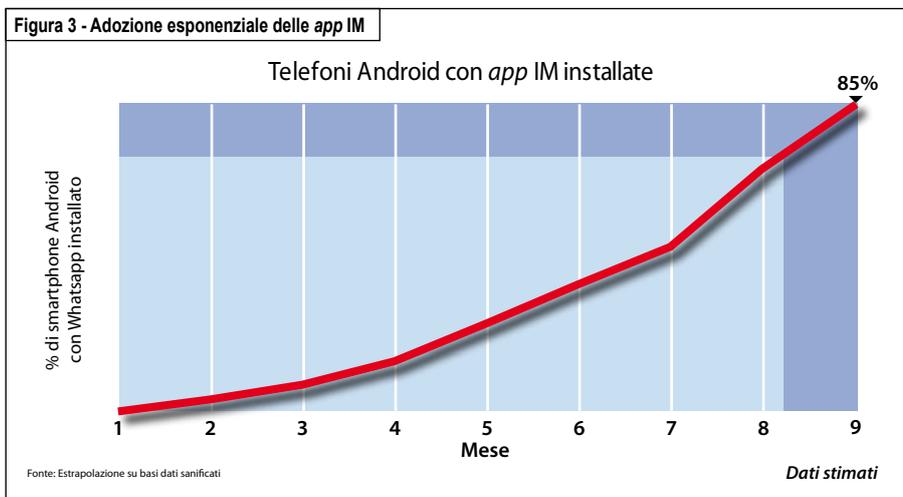
nomico immediato a cambiare, hanno indicato la loro chiara propensione a passare alla messaggistica IP per sfruttare queste funzionalità (Figura 2).

2.3 Proliferazione degli smartphone

Il rapido calo dei prezzi degli smartphone e la conseguente accelerazione della loro diffusione di massa e

dei relativi ecosistemi di sviluppo delle applicazioni stimoleranno in modo rilevante la diffusione massiva della tecnologia m-VoIP e dell'IP-messaging. In molti mercati europei, le vendite di smartphone superano quelle degli altri telefonini, generando un'ampia base di utenti a cui potranno facilmente rivolgersi i player OTT. Molti smartphone di ultima generazione, in realtà, sono già dotati di applicazioni di messaggistica IP preinstallate, rendendo ancora

Figura 3 - Adozione esponenziale delle app IM



più agevole per i consumatori il passaggio dai tradizionali SMS alla messaggistica IP (Figura 3).

2.4 Aumento delle opportunità di WiFi offloading

Numerosi operatori hanno perseguito strategie di WiFi offloading per ridurre la pressione sulle proprie reti 3G (e 4G), permettendo quindi agli utenti di disporre di banda larga a costi contenuti. Per esempio, un operatore indirizza automaticamente i suoi utenti iPhone alle reti WiFi tutte le volte che quest'ultime sono disponibili, come ad esempio negli hotspot pubblici o a casa. Alcuni operatori integrati, inoltre, stanno distribuendo ai propri clienti sul fisso (previo il loro esplicito consenso) router WiFi double-SSID, rendendo così disponibile ai clienti mobili una rete supplementare di hotspot WiFi e riuscendo così a sviluppare offerte anche molto aggressive.

Anche se si tratta di un sistema efficace per ridurre il carico sulle reti mobili, questo traffico WiFi gratuito rende ancora più difficile agli operatori recuperare valore dai loro minuti Voce migrati su m-VoIP. In Paesi con un'elevata proliferazione di hotspot WiFi, il WiFi offloading può addirittura arrivare a minacciare anche i ricavi da mobile data. E non solo nei mercati maturi, ma anche in quelli emergenti, con lo sviluppo di reti sponsorizzate dalle pubbliche amministrazioni, come i comuni, o le offerte di accessi gratuiti da parte di bar, ristoranti o addirittura taxi, come in alcune città nordamericane ed europee tra cui per esempio anche Roma.

Nella ricerca proprietaria di McKinsey, è emerso per esempio che numerosi studenti riuscivano a limitare il loro utilizzo delle reti mobili a meno di 10 MB al mese, poiché le università, i pub e i club offrivano convenienti accessi WiFi, e di conseguenza optavano per

un piano tariffario prepagato minimale e vivevano nel mondo OTT WiFi di Whatsapp, BBM, Skype e Viber.

3 La sfida dell'adattamento del modello di business vs gli OTT

Inizialmente, gli operatori hanno reagito alla minaccia del VoIP mobile e della messaggistica IP bloccandone i servizi, ma la rivolta dei consumatori, la pressione regolatoria, i vincoli normativi (talvolta perfino obblighi di legge espliciti in tema di neutralità della rete, come nei Paesi Bassi) e il WiFi off-loading hanno decretato l'insostenibilità di questo modello. Per sostenere la sfida degli OTT, è necessario quindi che gli operatori si adoperino per adattare le loro offerte di servizi.

In particolare, gli operatori dovrebbero valutare alcuni interventi essenziali; vediamoli brevemente.

3.1 Migrazione progressiva del portafoglio

Gli operatori che non hanno ancora provveduto dovrebbero migrare progressivamente il loro portafoglio in modo da renderlo più indipendente dal consumo misurato e dai ricavi *out of bundle*. Dovrebbero introdurre pacchetti di offerte (per i dati) e tariffe *flat* specifiche (per la messaggistica o per i servizi rete Voce *on-net*) per salvaguardare il valore di questi servizi prima che si verifichino migrazioni di massa ai servizi IP. Queste iniziative dovrebbero peraltro essere attuate in maniera controllata, bilanciando la minaccia degli OTT con i ricavi di servizi Voce e di messaggistica *legacy*.

In particolare, gli operatori che vantano una presenza significativa sul mercato business avranno anche bisogno di bilanciare la necessità di reagire sul mercato *consumer* con la protezione dei ricavi del mercato business.

Per definire la nuova strutturazione dell'offerta e soprattutto per decidere il momento più opportuno in cui avviare la migrazione, gli operatori avranno bisogno però di un monitoraggio approfondito e costante della base clienti e del relativo comportamento, con un adeguato livello di granularità della misurazione. Per esempio, un operatore aveva notato un calo notevole nell'utilizzo degli SMS da parte dei giovani dotati di iPhone, mentre altri utenti iPhone mostravano un significativo incremento. Se questo operatore non avesse guardato oltre la media della categoria generica degli utilizzatori di iPhone, non avrebbe rilevato il passaggio alla messaggistica OTT di un ampio segmento di clienti. I giovani dotati di iPhone erano infatti i primi utilizzatori delle nuove applicazioni di *IP-messaging*, seguiti poi nei fatti dopo solo 6-9 mesi dalle generazioni più mature.

3.2 Miglioramento del valore percepito delle offerte dati

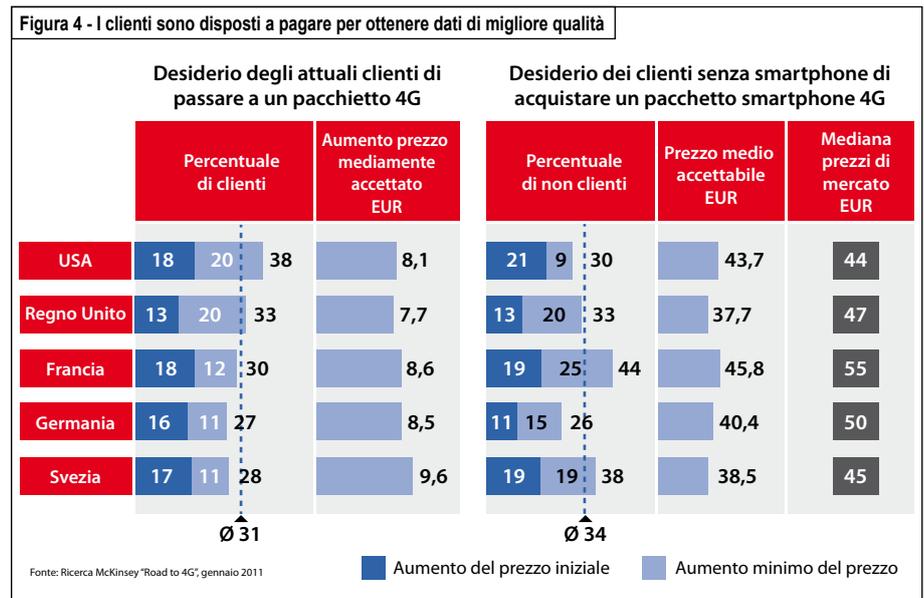
In diverse indagini proprietarie effettuate da McKinsey nel 2010-2011, i consumatori hanno regolarmente se-

gnalato un'elevata disponibilità a pagare per il traffico dati (Figura 4).

La monetizzazione di questa propensione richiede un migliore adattamento delle offerte dati alle varie esigenze, che dovrà essere realizzato in modo tale che i clienti possano facilmente percepirne il valore: il 20-30% dei consumatori, per esempio, si è dichiarato disposto a pagare dai 5 ai 10 euro aggiuntivi per una maggiore qualità del servizio (QoS), ma molti operatori hanno avuto difficoltà a gestire questa domanda, sviluppando offerte che potessero essere valutate facilmente dai consumatori.

L'effetto positivo dello sviluppo dell'LTE rappresenta una discontinuità che gli operatori potrebbero sfruttare per "resettare" la situazione e rivedere totalmente le proprie strutture tariffarie. In particolare, l'LTE offre una gamma più estesa di opzioni QoS, consentendo agli operatori di allineare maggiormente le esigenze dei vari segmenti di clientela alla struttura del loro portafoglio. Ci sono chiari segnali che questo potrebbe effettivamente rappresentare un cambiamento significativo nelle offerte dati (Figura 5).

Gli operatori dovrebbero inoltre rivalutare in maniera critica alcune delle



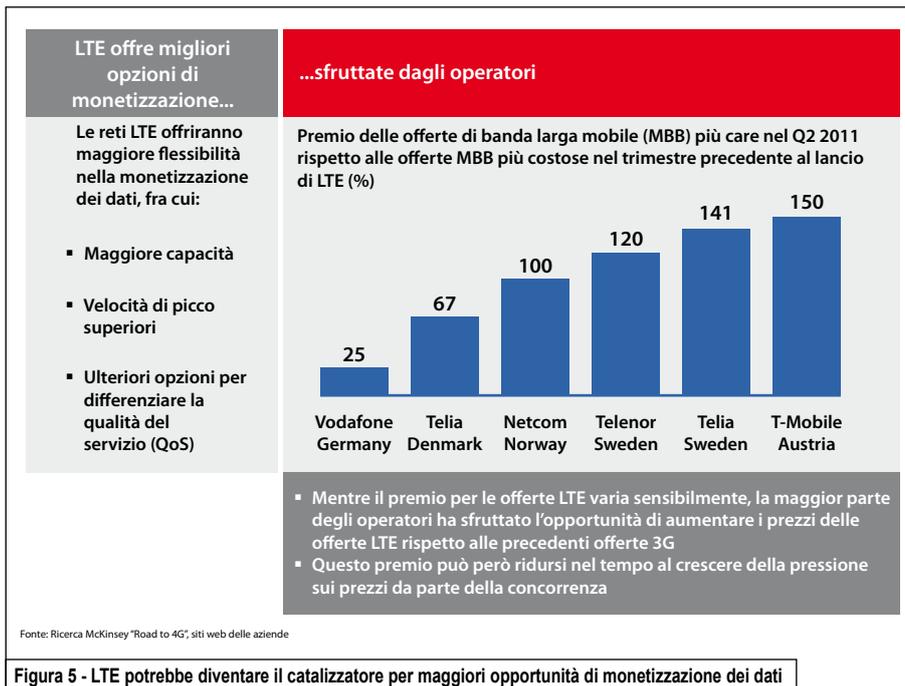


Figura 5 - LTE potrebbe diventare il catalizzatore per maggiori opportunità di monetizzazione dei dati

loro scelte commerciali sviluppate nei periodi in cui i pacchetti dati erano illimitati e si assisteva ancora a una crescita accelerata della clientela.

Il *tethering*, per esempio, che fornisce la possibilità di utilizzare lo smartphone come hot-spot WiFi e inizialmente non era consentito da molti operatori, potrebbe costituire un'opportunità interessante, considerando che la crescita nell'utilizzo dei dati in questo modo potrebbe accelerare il superamento della propria quota di dati e richiedere quindi *upgrade* a un pacchetto più ricco.

Anche l'aggiunta a prezzi convenienti di ulteriori schede SIM a quella principale sta diventando un modello di business interessante. Molti consumatori non sono disposti a sostenere abbonamenti distinti per ogni loro singolo dispositivo dotato o dotabile di SIM (iPad, smartphone, PC, navigatore, ecc.). Una ricerca McKinsey mostra infatti che il 30% degli utenti di iPad 3G non ha installato alcuna SIM. Ciononostante, un prezzo ragionevolmente basso per una SIM supplementare potrebbe convincere

questi utenti a collegare i loro dispositivi, incrementando così il traffico consumato e, potenzialmente, la necessità di aumentare la dimensione della propria quota dati.

3.3 Revisione strategica del ruolo nell'ambito dei servizi a valore aggiunto

Gli operatori dovrebbero anche rivedere strategicamente il ruolo che desiderano ricoprire nell'ambito dei VAS. Negli ultimi dieci anni, la maggior parte di essi, a eccezione di quelli operanti in Corea e Giappone, hanno avuto difficoltà a monetizzare applicazioni e servizi avanzati. Ciononostante, dal momento che attualmente vengono attaccati sul loro stesso terreno (Voce, messaggistica) e assistono a una riduzione del loro *core business* tradizionale, alcuni operatori stanno rivalutando la loro posizione per la necessità di ritagliarsi un proprio spazio nel mondo dei servizi. Occorre valutare i pro e i contro di alcune potenziali strategie in ambito VAS: l'offerta di accesso alle applicazioni OTT senza servizi

propri, la partnership con OTT selezionati per l'offerta di servizi specifici, la creazione di *app* proprie distribuite tramite *app store* propri.

3.3.1 Offerta di accesso alle applicazioni OTT senza servizi propri

In particolare gli *attackers* sono attratti da questa strategia, che garantisce agli utenti la massima libertà di accesso alle applicazioni OTT. Gli investimenti sono limitati e generalmente attraggono un gruppo di utenti avanzati interessati a questa libertà e a indicatori spesso caratterizzati da ARPU più elevati. D'altra parte, questa strategia potrebbe portare a una disintermediazione e commoditizzazione del ruolo dell'operatore, a meno che non sia combinata per esempio con una netta differenziazione della qualità del servizio.

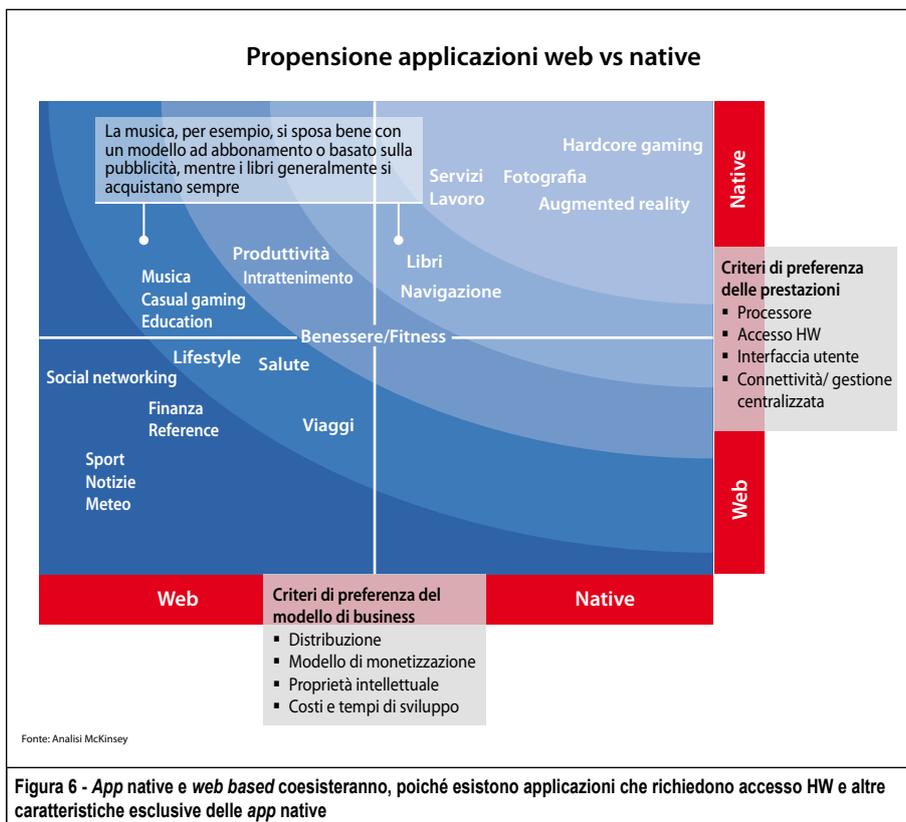
3.3.2 Partnership con OTT selezionati per l'offerta di servizi specifici

Lo scopo è quello di guidare l'acquisizione e/o la *retention* (per esempio 3 con Skype nel Regno Unito o Telia con Spotify). Generalmente, gli operatori possono aggiungere valore ai player OTT, garantendo loro un ingresso più rapido in un mercato più ampio, *billing* integrato e la possibilità di creare pacchetti che combinino offerte dati e servizi OTT con un unico prezzo. Due sono le categorie di servizi che sembrano particolarmente interessanti per la partnership degli operatori con player OTT:

- *App* correlate a Voce e rubrica. Diversi operatori stanno investendo in applicazioni che aggiungono valore alla Voce: HQvoice, per esempio, offre la possibilità di personalizzare l'istradamento delle chiamate e dei messaggi vocali. Questo è il naturale territorio di attività degli operatori e, dal momento che le piattaforme

sfruttano la rubrica per lanciare nuovi servizi OTT (per esempio iMessage di Apple), offre agli operatori la possibilità di riprendere in parte il controllo.

- Servizi *data-hungry* (o sensibili alla QoS) come lo streaming di musica e video. In questo campo, gli operatori possono creare pacchetti di servizi con un elevato QoS per garantire ai consumatori un'esperienza di livello superiore. Gli operatori, tuttavia, devono prestare particolare attenzione affinché la creazione di pacchetti non crei conflitti con le nuove normative riguardanti la "Net neutrality". Sebbene il quadro regolamentario della Commissione Europea sia ancora in corso di definizione, alcune legislazioni (per esempio nei Paesi Bassi) stanno introducendo vincoli rigidi che limitano drasticamente la flessibilità degli operatori.



3.3.3 Creazione di app proprie distribuite tramite app store propri

Considerando l'attuale "guerra delle piattaforme", il consumatore può essere riluttante a investire cifre significative in *app*, dal momento che queste diventano inutilizzabili se si cambia marca di telefono. Con modelli di "affitto" delle *app*, per esempio, gli operatori possono assumere per i clienti un interessante ruolo di fornitori di valore aggiunto. In quest'ottica, sono degni di particolare nota i più recenti sviluppi di HTML5, che consentono lo sviluppo di *app device independent* e quindi semplificano la "portabilità" delle *app*. L'adozione di HTML5 da parte di importanti player del settore, come ad esempio Facebook che ha lanciato un proprio ambiente HTML5, è peraltro crescente e rappresenta un forte impulso per l'intero ecosistema. Anche se non si verificherà mai una piena sostituzione delle *app native*, può essere un

percorso interessante per gli operatori al fine di ridurre il peso degli ecosistemi chiusi, magari aggiungendovi anche *app* in lingua locale o in grado di fornire servizi specifici per una determinata area geografica (Figura 6).

4 Dalla difesa all'attacco: la sfida della crescita

Al di là di queste iniziative a breve-medio termine tese a difendere il *core business* tradizionale riformulando la propria offerta e ottimizzando l'opportunità dei VAS, alcuni operatori stanno investendo sul lungo termine per alimentare la crescita, da un lato sviluppando l'opportunità del *cloud* (sia per le aziende sia per i consumatori) come la nuova frontiera dell'ICT, dall'altro aumentando la loro presenza e il loro ruolo nei cosiddetti "business adiacenti". E questo spesso cercando di anticipare in questi nuovi mercati

sviluppi di terzi, tra cui ovviamente i player OTT.

I business adiacenti, per esempio settori verticali quali la sanità, il *mobile money*, l'*education*, la mobilità intelligente, sono particolarmente interessanti in virtù della loro dimensione e dell'opportunità di reale espansione del mercato attuale che offrono, ma nello stesso tempo sono molto difficili da cogliere, a causa della presenza di player consolidati e della necessità di disporre di competenze complementari molto differenti da quelle tradizionali.

In particolare, per gli operatori integrati con una solida presenza nel mercato ICT e business, lo sviluppo di segmenti verticali rappresenta un'interessante opportunità per aggiungere valore al loro business tradizionale, ottenere ricavi da M2M mobile e consolidare la fedeltà di aziende e consumatori. Non sorprende quindi che vari operatori, sia in mercati maturi sia emergenti,

stiano sviluppando unità verticali globali, oppure organizzazioni focalizzate sui “servizi digitali”, per esplorare e cogliere queste opportunità, difendendo e ristrutturando al contempo il loro core business tradizionale ■



Alessio Ascari

Director di McKinsey & Company, in cui è entrato nel 1992, da oltre 15 anni si dedica ai settori delle telecomunicazioni e dell'high tech, con particolare attenzione ai programmi di trasformazione di operatori e di OEM, ai business della banda larga e della telefonia mobile e alle strategie *go-to-market* in mercati maturi ed emergenti, nonché alle implicazioni degli sviluppi tecnologici sui modelli di business. In quest'ultimo contesto, ha lanciato in passato l'iniziativa McKinsey sulle *Enabling Technologies* nell'ambito della *practice Telecom, Media & Technology*, di cui è uno dei leader europei, ed è oggi responsabile worldwide della *mHealth Initiative*.



Ferry C. Grijpink

Principal di McKinsey & Company, in cui è entrato nel 2004 dopo altre importanti esperienze nel mondo delle telecomunicazioni e di Internet, fa parte del *Business Technology Office* di Amsterdam. La sua attività di consulenza è focalizzata sul settore delle telecomunicazioni, sia a livello di strategia sia di *operations*. È inoltre co-leader dell'attività di ricerca di McKinsey relativa al posizionamento, all'impatto e alla commercializzazione delle tecnologie e delle infrastrutture di prossima generazione, come la fibra ottica, il *mobile broadband* e le tecnologie 4G.

alessio_ascari@mckinsey.com
ferry_grijpink@mckinsey.com

USER EXPERIENCE: NUOVE METODOLOGIE PER NUOVI SERVIZI

Monica Aricò, Silvia Bonaventura, Elena Guercio

SERVIZI



Nel 1992 nei laboratori del Gruppo a Torino si parlava di usabilità. Oggi nei laboratori Telecom Italia, non solo più a Torino, ma anche a Roma e a Napoli, l'orizzonte si è allargato e ci si occupa di *user experience*. Nuovi strumenti e metodologie per coinvolgere i clienti nella progettazione e valutazione dei servizi e prodotti Telecom Italia e TIM: forum online, web discussion, ricerche contestuali, sketching&storyboard, user journey ma anche le prime applicazioni di neuro ergonomia, come la risonanza magnetica funzionale. Vediamo come.

1 Introduzione... non più usability

Qual è la differenza tra *usabilità* e *user experience* e perché in questi ultimi anni la prima non può più fare a meno della seconda?

L'usabilità viene tradizionalmente definita come l'efficacia, l'efficienza e la soddisfazione con cui un utente interagisce con un servizio/prodotto in un determinato contesto d'uso (ISO, 9241-11). Negli anni passati la valutazione dell'usabilità si è così concentrata soprattutto sulla modalità con cui l'utente riesce a portare a termine il compito per il quale utilizza il prodotto (efficacia) e sui tempi e gli sforzi necessari (efficienza). Anche la soddisfazione d'uso costituiva un aspetto importante, ma era considerata meno prioritaria. Con la comparsa dell'emotional design e la grande diffusione di interfacce sempre più appealing, l'interazione con il prodotto è diventata un'esperienza globale, che coinvolge tutti i sensi. Il progettista di un nuovo oggetto tecnologico non si può accontentare di "far eseguire" un compito, di "far raggiungere" un obiettivo, ma deve emozionare, appassionare, stu-



Figura 1 - Il team della User Experience

pire. E così entra in gioco la user experience, di cui l'usabilità è solo una delle componenti costitutive. L'esperienza dell'utente scaturisce da pensieri e ragionamenti, apprendimento e memoria, ma anche da emozioni, sensazioni e comportamenti. Di fronte a uno scenario così articolato, il paradigma della semplicità spesso rappresenta in modo riduttivo la complessità dei sistemi uomo-macchina.

2 La metodologia di valutazione della user experience

Lo *User Centred Design* è la metodologia che colloca l'utente al centro del processo di progettazione e valutazione, per realizzare servizi e prodotti non solo semplici da usare, ma anche piacevoli ed appealing, coerenti con le sue esigenze ed aspettative, capaci di creare ed anticipare desideri.

Nella maggior parte dei casi l'utente viene chiamato in causa quando il servizio/prodotto è prossimo al rilascio ed alla commercializzazione o quando se ne vuole realizzare una nuova versione più usabile e accattivante.

In altri si interviene già a partire dalla fase di ideazione o di definizione dei requisiti e delle modalità di fruizione. Valutazione e progettazione, due "stazioni" da cui si dovrebbe sempre passare.

Partiamo dalla prima.

Per capire cosa l'utente pensi, voglia e come interagisca con il servizio/prodotto oggetto di analisi in Telecom Italia si utilizzano da 20 anni i *test di usabilità* e *focus group*¹.

I primi prevedono l'uso del servizio/prodotto da parte dell'utente, in laboratorio ma sempre più spesso anche in

campo, cioè nel contesto reale di utilizzo, sotto la guida di un esperto che lo osserva durante l'interazione e lo intervista per indagare le difficoltà eventualmente incontrate e i suggerimenti di ottimizzazione.

Non solo l'experience "istantanea" sperimentata durante i test costituisce l'oggetto di analisi, ma può anche essere considerato il ricordo di quella esperienza elaborata in modo personale ed esclusivo a partire dal momento in cui si torna nel proprio ambiente di vita. Ecco perché il dato raccolto "a caldo" viene talvolta integrato e confrontato con il *ricordo dell'esperienza*. L'emozione, il coinvolgimento, l'attrazione provata durante l'interazione possono infatti affievolire o accentuare le caratteristiche che hanno maggiormente colpito il singolo cliente.

I focus group invece possono essere condotti su un servizio/prodotto in fase di concept, mock-up o di futuro rilascio con lo scopo di valutare soprattutto l'interesse, il gradimento e la cosiddetta accettabilità, cioè la rispondenza ad un bisogno reale in relazione anche al costo. Durante l'intervista di gruppo è anche possibile prevedere una breve sessione di test in piccoli gruppi, in modo da far avere ai partecipanti un'idea più diretta dell'oggetto della discussione.

La valutazione della user experience di un servizio/prodotto può essere condotta anche senza coinvolgere direttamente l'utente cui questo è rivolto. È quanto accade nelle *valutazioni euristiche*, in cui uno o più esperti di usabilità interagiscono con l'oggetto di analisi, calandosi nei panni dell'u-



Figura 2 - Alcuni ambienti dello User Experience Lab (<http://userexperiencelab.telecomitalia.com/>)

¹ Per inoltrare nuove candidature per i test di usabilità ed i focus group condotti dallo User Experience Lab di Telecom Italia scrivere a uelab@telecomitalia.it

tente, grazie all'esperienza maturata in test e focus group precedenti ed alla conoscenza della letteratura sui Fattori Umani. Questa modalità consente in pochissimo tempo di individuare molte criticità sull'usabilità dell'interfaccia (efficacia ed efficienza) e può essere condotta anche su paper mock-up e prototipi.

Per conoscere le emozioni che questa suscita, il gradimento, la rispondenza ad effettivi bisogni e necessità non è però possibile prescindere da metodologie che coinvolgono effettivamente l'utente.

Oltre a quelle citate, è ora opportuno descrivere altre modalità di coinvolgimento. Innanzitutto i *trial in campo* che valorizzano il contesto d'uso. Essi consentono infatti agli utenti coinvolti di interagire direttamente con il servizio/prodotto all'interno della propria abitazione, con tutta la complessità che deriva da uno scenario di connettività domestica, device, logistica, abitudini familiari ampio, eterogeneo e non sempre conosciuto e controllato a priori, adottando inoltre motivazioni, percorsi e modalità personali, non indotte da task specifici come nei test di usabilità.

A seconda del tipo di servizio vengono coinvolti gruppi di sperimentatori opportunamente reclutati attraverso un'azione di ingaggio e di selezione oppure vengono costituiti dei veri e propri *panel* di sperimentatori più stabili per valutare nuove applicazioni ed offerte che introducono continue innovazioni: come si è verificato per i servizi IPTV e CuboVision.

Ma come si raccolgono scientificamente i commenti dai vari sperimentatori?

2.1 Gli strumenti di analisi

La possibilità di remotizzare la raccolta dei feedback da parte degli sperimentatori comporta la necessità di

utilizzare strumenti specifici. Vediamone alcuni.

I *questionari* possono essere somministrati in formato cartaceo, quando vi è un contatto vis a vis, oppure accessibili via web. Con essi è possibile quantificare i fenomeni misurati: criticità d'uso, anomalie e malfunzionamenti, gradimento del servizio.

Nei *forum online* gli sperimentatori possono invece condividere la propria esperienza, descrivere problematiche tecniche o difficoltà d'uso su cui spesso altri trialist portano il proprio contributo. E così accade frequentemente che a fronte di una segnalazione da parte di un trialist, altri provino ad utilizzare la funzionalità incriminata e condividano con la community la soluzione o la strategia individuata. O che la stessa applicazione venga sperimentata dai trialist con browser e setting diversi per coprire tutte le casistiche di utilizzo possibili. Lo spirito della community giova alla raccolta di feedback su cui si fonda il trial. Negli ultimi due anni infatti nei 30 forum aperti sono stati inseriti quasi 5000 post da parte di 780 utenti iscritti.

La *web discussion* deriva dalla commistione tra focus group e forum online. Quando i partecipanti da coinvolgere non sono molti e sono distribuiti sul territorio possono ritrovarsi in uno spazio virtuale per condividere il proprio vissuto di prodotto/servizio. Così la discussione si diluisce nel tempo (la sua durata può variare dai 3 a ai 5 giorni) e può essere ospitata da un forum ad hoc. Ogni giorno il conduttore pubblica un topic, annunciato ai partecipanti anche via mail, in modo da sviscerare un aspetto specifico dell'argomento, chiede chiarimenti sulle risposte fornite dai partecipanti, rilancia ed approfondisce, come in un'intervista vis a vis, ma in modo asincrono. I topic dei giorni precedenti rimangono aperti e disponibili per tutto il periodo della discussione, così da raccogliere ulteriori commenti. In questo modo è

possibile ottenere un gran numero di contributi in pochi giorni.

Come è avvenuto nella web discussion avente l'obiettivo di indagare la motivazione all'acquisto (o al non acquisto!) dei contenuti video on demand dell'offerta Cubo.

Il contesto d'uso ha costituito un elemento di stimolo e di valore anche in altre nuove metodologie di valutazione della user experience. Come è avvenuto nelle *interviste contestuali* condotte nell'ambito del progetto e-kitchen, finanziato dal ministero dell'Industria. Scopo dell'indagine era quello di descrivere la "cucina del futuro", connessa alla rete e ad elevata ergonomia, a partire dai bisogni e dalle abitudini d'uso dei potenziali fruitori nella "cucina di oggi". Gli intervistati hanno descritto il loro vissuto non in laboratorio, ma a casa propria, aprendo ante e cassetti per far vedere come avevano stivato cibi e pentole o mostrando come avevano personalizzato con memo e legenda i pannelli di controllo delle lavatrici e lavastoviglie o i bidoncini della spazzatura. Sono stati proposti così molti servizi innovativi, come la dispensa refrigerata all'interno dei mobili cucina per conservare formaggi, uova e bevande, in modo da liberare spazio nel frigorifero, il display che visualizza cosa è stivato nella dispensa e non è facilmente visibile e che ricordi cosa acquistare, le segnalazioni (via SMS e su display) che un prodotto è in scadenza/sta per "ammuffire" o che la bottiglia del latte è in "riserva" come avviene per la benzina.

Un'altra commistione di metodologie ed ambienti è quella realizzata nei test di usabilità condotti direttamente nell'ufficio del cliente. Abbiamo così tratto ispirazione da quelli che sono chiamati *home test* per proporre la variante "office". Quando il target di riferimento non è l'utente consumer, ma il manager di azienda è infatti necessario ridefinire la modalità di coinvolgimento per limitare l'impegno ri-

Partecipa anche tu!

Per condurre le valutazioni "User centered" ci avvaliamo di un *database di utenti consumer* di Torino, Roma e Napoli, profilati per età, dotazioni tecnologiche, abitudini d'uso.

I clienti coinvolti, che a fronte del loro impegno di un paio d'ore ricevono in cambio un omaggio, partecipano volentieri per migliorare i servizi/prodotti che poi utilizzeranno e per provare in anteprima nuove tecnologie. Questi database sono in continua evoluzione ed ampliamento, anche perché l'innovazione tecnologica avanza senza tregua, quindi cerchiamo sempre nuovi candidati per le nostre attività. Eventuali richieste possono quindi essere inoltrate alla caselle di posta: uelab@telecomitalia.it ■

chiesto e per riprodurre la situazione d'uso reale. Così l'utente ha potuto accedere per esempio al sito oggetto di valutazione utilizzando il proprio PC, browser ed impostazioni personali. In questo modo abbiamo scoperto per esempio che in ufficio spesso l'audio viene disattivato di default e quindi i video che partono in modo automatico quando si apre una pagina di un sito perdono una parte della loro efficacia.

3 Ideazione e progettazione

Ma occuparsi di user experience non vuol dire solo "valutare" la user experience. Anzi, il punto di partenza dovrebbe essere il coinvolgimento dell'utente fin dall'ideazione del nuovo servizio/prodotto, dalla definizione

del concept e dall'individuazione dei suoi requisiti.

Per completare il quadro quindi è doveroso citare qualche caso di progettazione in cui il cliente è posto al centro. Primo fra tutti la messa a punto del sistema FAS (*Field Assistant System*) utilizzato da tutti i tecnici Telecom Italia che intervengono presso le abitazioni o uffici del cliente.

Il sistema utilizzato precedentemente è stato rivisto tenendo conto non solo delle caratteristiche più performanti del terminale (sistema operativo Android, schermo touch screen capacitivo, batteria ad alta capacità, maggiori dimensione dello schermo, incremento delle prestazioni), ma soprattutto delle esigenze e delle modalità di lavoro e di interazione degli utilizzatori. A tale scopo si è adottata una *progettazione partecipata* che ha

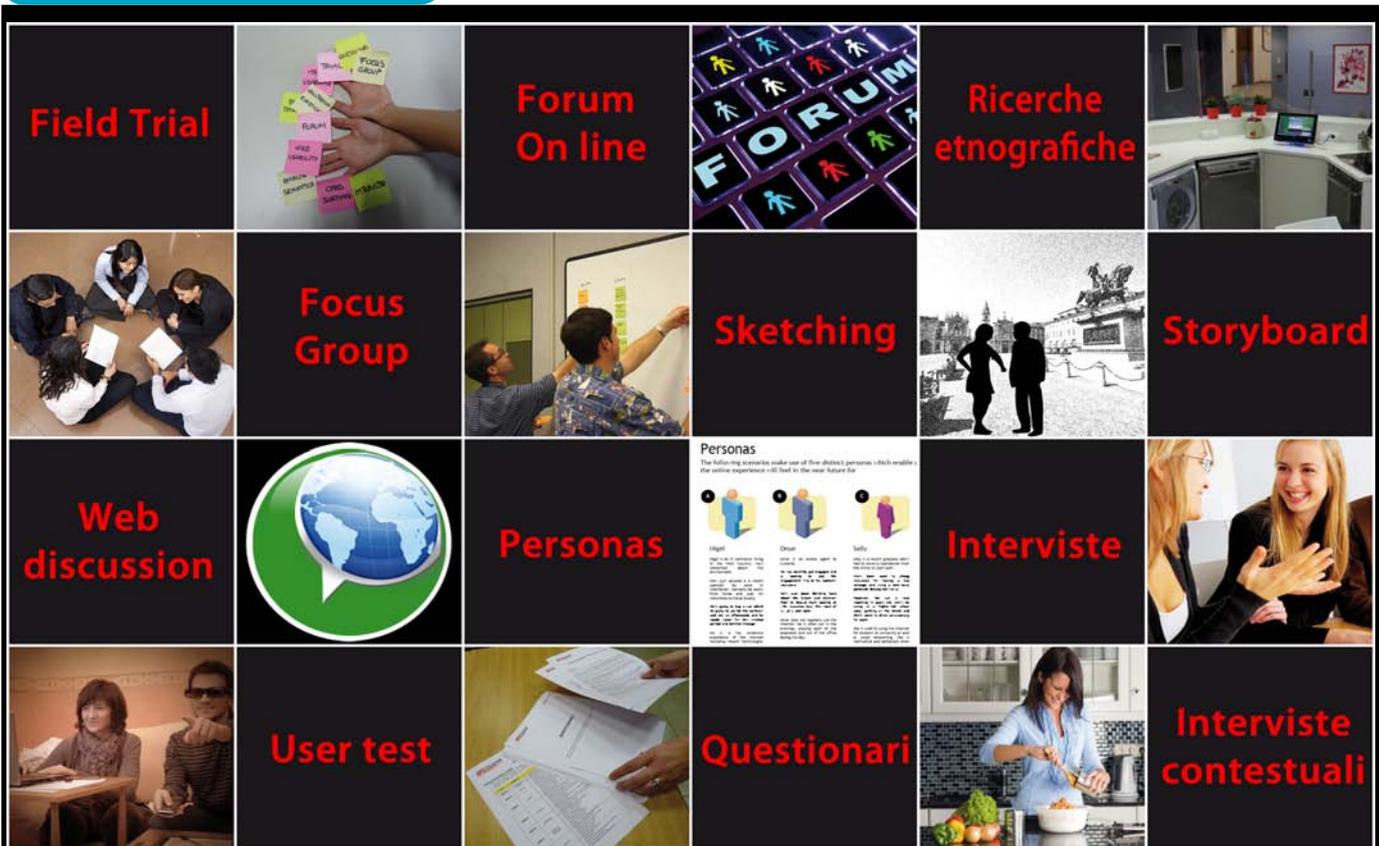


Figura 3 - Metodologie dello user centred design

coinvolto i tecnici sin dalla prime fasi di definizione dei requisiti dell'interfaccia utente. Le informazioni raccolte mediante l'osservazione sul campo degli operatori durante i loro interventi con la Panda hanno consentito di stilare le prime linee guida da seguire nel corso della progettazione della user interface; queste poi sono state validate e ulteriormente dettagliate in gruppi di discussione cui hanno preso parte tecnici rappresentanti delle 4 aree territoriali. Anche la revisione dei processi gestiti dal sistema FAS è stata effettuata da un gruppo di lavoro con competenze miste che non ha mai perso di vista le esigenze, competenze, conoscenze dell'utilizzatore finale.

Altro caso è quello del *widget SOS PC Self*, scaricabile dal portale di Assistenza Tecnica (<http://assistenza-tecnica.telecomitalia.it/at/portals/assistenza-tecnica.portal>) che consente al cliente di conoscere lo stato della propria connessione ADSL di casa, risolvere eventuali problemi di navigazione Internet, effettuare test di velocità della linea broadband, acquisire informazioni sui dispositivi collegati alla propria rete domestica, etc; senza chiedere l'intervento del tecnico Telecom Italia. Per mettere l'utente, anche poco "esperto" di tecnologia, nelle condizioni di utilizzare facilmente questo strumento sono stati coinvolti nel team di progettazione anche esperti di user experience ed il mock up realizzato è stato sottoposto ad un trial in campo da parte di un panel di sperimentatori i cui feedback sono stati raccolti con forum e questionari.

Infine *Social King* (Figura 4), applicazione che unisce il mondo della televisione con quello dei social network, realizzata in partnership con RAI, per la "votazione"/"check-in" da smartphone di ospiti, esibizioni e video, anche attraverso la lettura del Q-code che compare in sovraimpressione sullo schermo TV. La progettazione in parallelo su Iphone ed Android è stata seguita



Figura 4 - Social King: applicazione TI per smartphone in collaborazione con RAI

anche da esperti di user experience che hanno aiutato a mettere in piedi il processo di registrazione (passaggio obbligatorio per usare l'applicazione) e semplificato l'interazione utente.

4 Alle frontiere della user experience: la progettazione innovativa dei nuovi servizi

Quando la user experience riguarda servizi o prodotti non di prossimo rilascio, ma scenari più lontani nel tempo si pongono nuove sfide alla progettazione: utenti sempre più esigenti, contesti di fruizione più complessi e vari, nuove opportunità tecnologiche, ma anche metodologie di indagine più "complete" e variegate... Oggi sempre più si progettano "esperienze" e non solo prodotti ed applicazioni, come quella dell'ubiquità di servizio ed accesso, del contesto e della personalizzazione, della continuità e coerenza: e questo "perché quando si progetta un servizio, si progetta un sistema di vita, si progettano esperienze che non sopportano bruschi cambiamenti, passaggi immediati dall'immersione nel flusso

di vita alla riflessione obbligata o peggio al senso di smarrimento"².

Vediamo come in Telecom Italia abbiamo colto queste sfide.

Innanzitutto con i "Personas", un campionario di personaggi reali, definiti nei minimi dettagli, con tanto di foto, nome, cognome, età, descrizione fisica, lavoro, hobbies e soprattutto obiettivi ben specificati e durevoli nel tempo (diversamente dai task). Con questa metodologia è infatti possibile identificare alcuni scenari d'uso tipici del servizio in progettazione e descrivere in modo preciso come ciascun personaggio userà il servizio/prodotto per raggiungere i suoi obiettivi, soddisfare i suoi bisogni, ed anche provare emozioni. Sono nati così 11 Personas che in misura diversa rappresentano il mercato degli early adopters e quindi costituiscono il target privilegiato di molti dei servizi innovativi IT e TLC che nascono in Telecom Italia.

I Personas sono la stereotipizzazione di alcuni profili specifici di interesse, così vivi e reali da consentirci di avere davanti l'utente per cui vogliamo progettare ed i suoi reali bisogni e obiettivi sia quotidiani, che di medio e lungo periodo; sono molto "utili" a superare la sindrome di Malkovic, cioè la tendenza a credere che tutti interagiscono con un servizio come noi e ad aiutarci a capire che il progettista non è l'utente! Dai "Personas" siamo passati alla metodologia dei "Personas layering", che si fonda sul concetto di layer successivi, quello costituito da requisiti, caratteristiche, scenari di base (anagrafica, stile di vita, obiettivi pratici ed emozionali), più una serie di layer aggiuntivi customizzati e caratterizzati in base alla specificità del nuovo servizio da progettare (in ambito mobile, domestico, ecc...). Questo per risparmiare tempo e costi nella loro costruzione e definizione. Ad esempio, 3 degli 11 Personas definiti a suo tempo sono stati riutilizzati con successo nell'ambito del progetto Energy@home che si pro-

2 Donald Norman, Emotional Design, 2005.

pone di individuare soluzioni innovative per il monitoraggio ed il controllo dei consumi elettrici di casa.

Un altro strumento utile in progettazione è il *rapid prototyping associato alla validazione attraverso guerrilla test*: è importante lavorare nelle prime fasi progettuali “stando RAW, cioè grezzi”, prototipando, testando e reiterando il processo anche più volte per arrivare alla soluzione che “convince” che si andrà solo allora a prototipare con veri e propri tool di sviluppo, perché “non c'è niente di così inutile come fare scrupolosamente qualcosa che non andrebbe proprio fatto”³.

Un esempio applicativo di come sia possibile testare un'applicazione interattiva in modo veloce e allargato, attraverso una prototipazione su Iphone e Ipad così reale da sembrare un servizio in uso: “Guru”, un concept di servizio mirato a dare e ricevere consigli, acquistando punti, non solo virtuali, man mano che si “cresce” nel favore del pubblico. Il prototipo è stato sottoposto in 2 giorni a circa 70 utenti rappresentativi del potenziale target di riferimento con lo scopo di raccogliere in campo feedback di accettabilità, appeal e usabilità. Questa metodologia ha consentito così di validare l'idea di servizio prima della sua vera e propria implementazione, risparmiando costi e tempi di sviluppo.

Un altro strumento molto usato in progettazione di servizi innovativi è lo *sketching*, mutuato dal design, e la successiva definizione dello scenario d'u-

so di servizio attraverso le storyboards che consentono di trasferire nella progettazione la metafora della vignetta e del racconto, con lo scopo di facilitare l'interazione tra i progettisti, ma anche di veicolare al cliente/utente in modo chiaro e sintetico il concept di servizio che si sta progettando e/o valutando e tutti i suoi potenziali contesti d'uso.

È la metodologia utilizzata nella progettazione della “*realtà aumentata*”, servizio pensato inizialmente per il turismo outdoor e poi utilizzato anche come tecnologia indoor, cioè come “second screen” su cui visualizzare molte informazioni provenienti dagli elettrodomestici di casa, altrimenti “nascoste” all'utente. Per rendere realistico e comprensibile il concept, si è prima definito lo “sketch”, rappresentando in modo stilizzato (anche solo su carta) l'utente che interagisce con il servizio in tutti i possibili contesti (dal riconoscimento dell'elettrodomestico, alla visualizzazione dell'informazione sul costo del ciclo di lavaggio, all'informazione sulle istruzioni d'uso/garanzia dello stesso, etc...); quindi si è realizzata la storyboard animata con un tool di rapid prototyping, per poter condividere il concept con progettisti/designer/sviluppatori e poi sottoporlo a test di valutazione con gli utenti (Figura 5).

La stessa tecnica di sketching prima e storyboard dopo è stata usata per la definizione di vari scenari di “realtà aumentata” anche per “servizi ludici”, (es. rivisitazione di ambienti e luoghi storici, rivivendo situazioni del passato).

In fase di definizione di un nuovo servizio/prodotto è anche possibile utilizzare la tecnica dello user journey che consente di evidenziarne la mappa delle features (notifiche, interazione vocale, grafica, etc...), sotto forma di vantaggi e svantaggi percepiti dall'utente nei vari contesti d'uso, dall'acquisto, all'uso in un certo contesto, al customer care. Con questo strumento di analisi del modello mentale dell'utente è quindi possibile individuare ciascuna caratteristica del servizio/prodotto dal punto di vista della rispondenza ai bisogni dell'utente e creare la base per valutare con i progettisti lo sforzo implementativo; si può così stabilire ad inizio progetto quanto ciascuna feature sia necessaria e quanto invece appaia come secondaria o addirittura inutile e quindi capire quanto facilmente e/o difficilmente l'utente (Persona) riesca a raggiungere il proprio obiettivo.

E infine... perché accontentarsi di valutazioni qualitative e soggettive che ci aiutano a conoscere l'utente, quando le frontiere della neurologia sono così vicine e possiamo anche validare oggettivamente quanto emerso in fase conoscitiva? Nel 2012 abbiamo condotto un primo esperimento di *neuroergonomia applicata* presso un ospedale sardo ed in collaborazione con un team di esperti del settore, con l'obiettivo di monitorare il carico cognitivo, emozionale ed attentivo dell'utente utilizzando la *risonanza magnetica funzionale* ed evidenziare le aree ce-

Figura 5 - Un esempio di storyboard applicato a servizi di realtà aumentata in casa



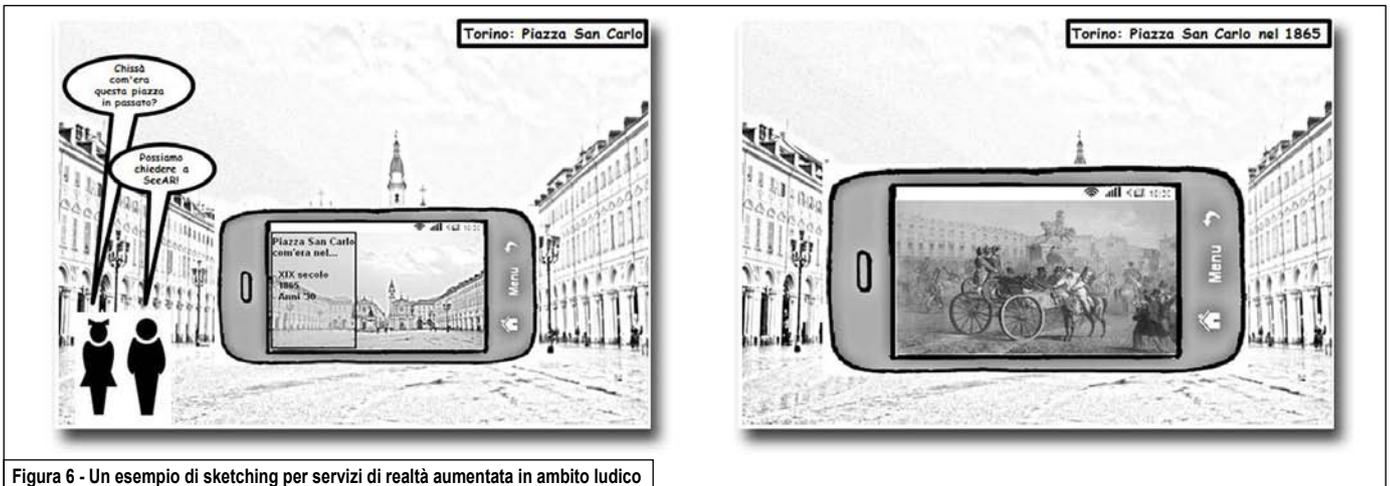


Figura 6 - Un esempio di sketching per servizi di realtà aumentata in ambito ludico

rebrali attivate durante la valutazione di un sito web. I risultati così ottenuti sono stati correlati con le valutazioni soggettive ricavate dall'osservazione dell'utente in laboratorio durante un test di usabilità. Questa metodologia ha anche consentito di constatare come stimoli diversi (messaggi promozionali, colori, informazioni, etc.) attivino aree cerebrali diverse per tempi diversamente prolungati e come questi effetti possano anche variare tra uomini e donne.

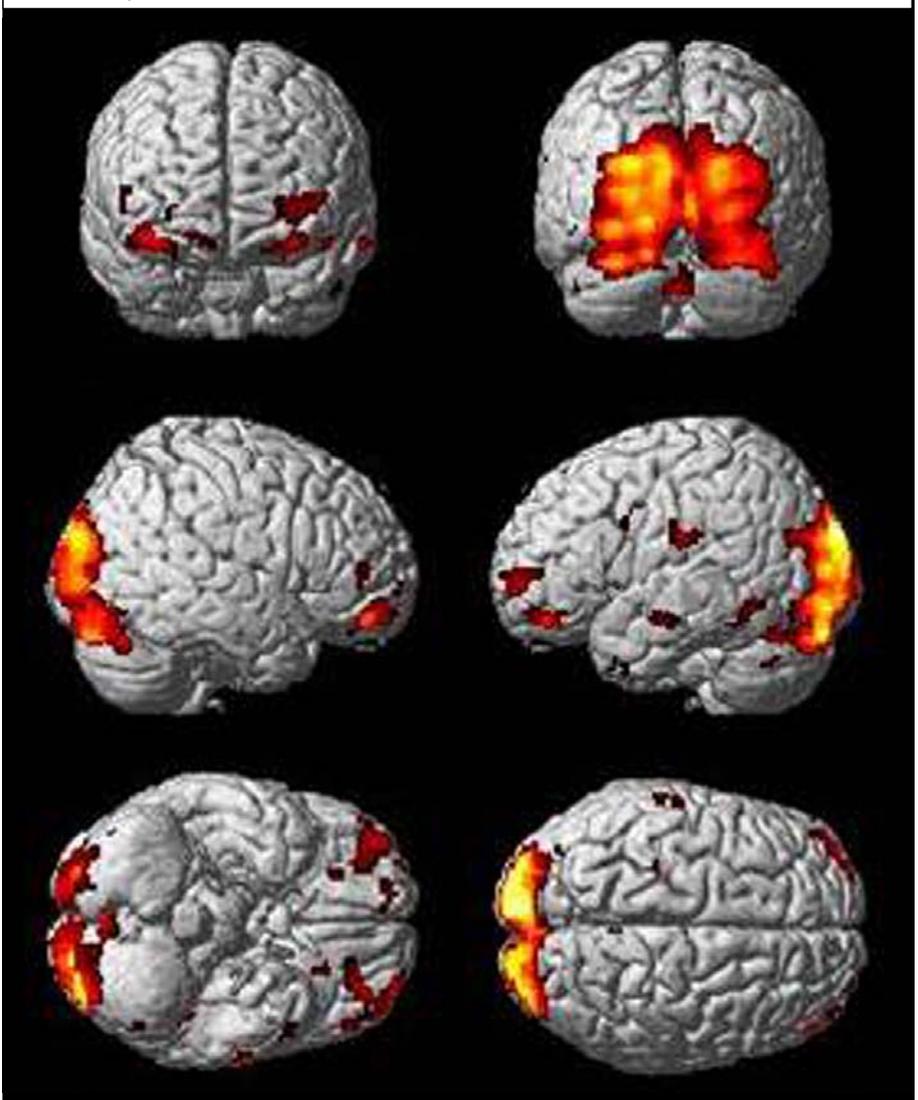
Una tecnica innovativa, quasi “una macchina della verità”, di cui si sta valutando l'efficacia e l'utilità nel campo della ricerca applicata.

5 “Dietro le quinte” di alcuni servizi... mobili

Molti sono i servizi del Gruppo che prima di essere definiti e messi in campo vengono analizzati dal punto di vista della user experience. In questo articolo ripercorriamo in sintesi cosa significhi applicare le metodologie e gli strumenti precedentemente illustrati in particolare ai prodotti e servizi mobili.

In questo contesto di applicazione la user experience richiede scenari sperimentali che vanno oltre i confini del laboratorio. La trasformazione del cel-

Figura 7 - l'attivazione del lobo occipitale (carico cognitivo) evidenziata con la risonanza magnetica funzionale durante la navigazione in un sito web



lulare, da device dedicato a scopi di comunicazione, a interfaccia di accesso ad Internet e ad applicazioni e servizi anche complessi chiama in causa necessariamente nuove modalità di verifica della user experience. Vediamole insieme.

5.1 Un panel stabile: il customer journey E2E

Nel 2011 è stato avviato il progetto "Benchmark Smartphone" con l'obiettivo di costituire un panel stabile e affidabile di sperimentatori, per monitorare in ottica E2E l'offerta Smartphone su prodotti/servizi, confrontabili per i quattro principali operatori mobili. Si è condotta così un'indagine qualitativa che ha coinvolto un centinaio di colleghi distribuiti sul territorio, a Milano, Torino, Bologna, Roma, Napoli e Palermo. La sperimentazione ancora in corso, ripercorre e analizza tutte le tappe proprie del *customer journey*: dalla scelta ed acquisto dei prodotti, all'utilizzo del terminale e dei servizi/appli-

cazioni, alla fatturazione e gestione credito/bundle, alla gestione del reclamo. Forum, casella mail dedicata al trial e questionario di gradimento hanno consentito finora di raccogliere molte informazioni utili. Emerge così come lo smartphone abbia parzialmente sostituito il PC per la fruizione di alcune applicazioni e siti e come il suo principale punto di forza rispetto al computer sia l'accesso immediato ad Internet praticamente ovunque ed una fruizione semplificata delle APPs.

5.2 Sondaggio ai 300 all'ora sul Frecciarossa

Grazie ad una collaborazione tra Trenitalia e Telecom Italia, a bordo dei treni Frecciarossa è presente una rete WiFi sperimentale per navigare in Internet col computer, collegandosi tramite chiavetta USB o qualsiasi altro dispositivo portatile dotato di scheda WiFi. Durante il periodo sperimentale del servizio, erogato gratuitamente nel corso del 2011, è stato possibile

raccogliere il percepito utente attraverso un sondaggio online accessibile proprio dal portale WiFi a bordo del treno. Scopo del questionario era quello di raccogliere i riscontri degli utilizzatori, con particolare attenzione agli aspetti di accessibilità e di stabilità della connessione. In un arco temporale di sei mesi (da giugno a dicembre 2011) sono state raccolte 8711 compilazioni, con una frequenza media giornaliera incrementale. Il monitoraggio longitudinale nel tempo ha permesso di attivare una correlazione tra la qualità del servizio erogata e il percepito utente. Tra le aspettative prioritarie per i viaggiatori sono emerse una procedura di accesso semplificata e una maggiore trasparenza nella comunicazione delle interruzioni del servizio in stazione.

5.3 Valutazione del prototipo TIM Cloud

Quando si lavora su servizi mobili innovativi in progettazione, capita che

Figura 8 - La pagina di accesso del portale Wi-Fi sui treni Frecciarossa

Benvenuto nel portale Wi-Fi di bordo Frecciarossa. In promozione a soli 2 € per 24 ore di navigazione!

Grazie alla collaborazione fra Ferrovie dello Stato e Telecom Italia, in questa area è possibile navigare in modalità Wi-Fi.

Se non hai ancora le credenziali scegli la soluzione Wi-Fi di:

- Telecom Italia con Carta di Credito
- TIM con SMS
- Vodafone

FAQ (Domande&Risposte)

Soddisfatto del servizio? VOTA

ACCESSO
WiFi

username

password

ENTRA

Customer Care Wi-Fi di Telecom Italia

Per informazioni sul funzionamento del servizio o se desideri assistenza **clicca qui** o contatta il Numero Verde **800.287.515**



Foto 9 - Gruppo di sperimentatori Young per TIM Cloud

non tutti gli utenti target siano già dotati di terminale compatibile per sperimentare in anteprima il prototipo. Così si è scelto di offrire in comodato d'uso gratuito per il periodo di prova ad un panel di potenziali clienti nuovi smartphone su cui valutare il prototipo del servizio "TIM Cloud" (citare l'altro articolo nel NT), un'applicazione per la gestione e la condivisione in rete di file multimediali su smartphone e PC. In questo caso l'obiettivo è stato valutare il concept del prototipo in corso di implementazione e individuare i requisiti utente del servizio, utili per orientare gli sviluppi successivi. Il gradimento overall è risultato positivo: Telecom Italia/TIM sono stati

ritenuti player affidabili ed innovativi anche se la maggior parte delle community dei partecipanti utilizzava altri operatori. È risultato, quindi, come rendere disponibile il servizio ai soli clienti TIM possa diminuirne molto l'appetibilità.

5.4 Al via il Trial NFC per i dipendenti

È partita a Gennaio 2012 la prima fase di sperimentazione della nuova tecnologia NFC (*Near Field Communication*) con 73 dipendenti distribuiti su più sedi a Torino, Milano e Roma, dotati di un terminale Galaxy SII NFC

e apposita SIM NFC su cui è stata attivata l'utenza aziendale. Smartphone e SIM NFC possono essere utilizzati per timbrare al tornello (al posto del badge) e per pagare nelle mense/bar e presso i distributori automatici aziendali convenzionati. Il Trial si pone l'obiettivo di verificare la user experience del servizio, consolidare i modelli di interazione tra terminali, SIM, piattaforme ed infrastrutture già allineati alle specifiche definite dalla GSMA.

6 Questione di... naming

In quest'ultimo anno il coinvolgimento dell'utente si è esteso anche a nuovi orizzonti: non si valutano solo beni fisici, prodotti o servizi, ma anche beni immateriali di estremo valore, che possono condizionare, rafforzare, o viceversa indebolire la credibilità di un marchio.

L'utente viene chiamato in causa anche per esaminare la brand awareness, per valutare la forza e l'appeal del nome di un'offerta commerciale e l'efficacia di una campagna pubblicitaria, oppure per valutare la percezione di Telecom Italia, nei termini di immagine reale e ideale, mediante focus group esplorativi

Nello specifico, attraverso la tecnica del *brainstorming creativo* si è svolta



Figura 10 - Momenti della sperimentazione NFC in Azienda

un'attività di *ideazione del nome* per il servizio di Assistenza a pagamento che prevede l'intervento via telefono o a casa di un tecnico specializzato per risolvere problemi relativi a connettività Wi-Fi ed a configurazioni di dispositivi (smartphone, tablet, PC, modem ed applicativi come la posta elettronica, browser, etc.).

Il nome da proporre doveva evocare i concetti di soluzione, aiuto, a casa tua, professionalità. I clienti coinvolti nei due gruppi creativi hanno così proposto nella fase creativa 164 nomi; a questa è seguita la selezione di quelli ritenuti più accattivanti ed in linea con il servizio offerto.

Conclusioni

Partecipazione, remotizzazione, contestualizzazione, multidisciplinarietà e ... gli utenti. Sono queste le 5 parole d'ordine della nuova era della user experience.

La partecipazione resa possibile da Internet e da tutti gli strumenti e le modalità Social che consentono di raccogliere spunti, idee, opinioni in poco tempo da un'ampia community sparpagliata sul territorio.

Proprio perché gli utenti da coinvolgere sono distribuiti, la remotizzazione con strumenti online quali questionari, forum, web discussion, videoconferenza, diventa fondamentale.

E poi la contestualizzazione, ovvero la grande importanza assunta dal contesto d'uso, la casa, l'ufficio, la strada. Non solo il laboratorio, in cui è più facile valutare efficienza ed efficacia, ma anche l'ambiente e l'interazione, che entrano in gioco quando si focalizza l'analisi anche sull'emozione che può derivare dall'uso del prodotto, sui bisogni, sui desideri.

Inoltre solo la presenza di un team multidisciplinare, può unire le conoscenze sull'hardware e software, con

quelle sullo userware, senza tralasciare gli input che arrivano dal design.

Gli utenti sono la costante di sempre, l'elemento chiave e continuativo del nostro percorso. Cambiano gli strumenti e le metodologie, cambia la tecnologia e il contesto di riferimento, cambia la modalità di coinvolgimento degli utenti, ma questi ultimi rimangono sempre al centro! ■



Bibliografia

- Steve Krug, Usabilità. Individuare e risolvere i problemi, Hops libri, Milano 2010
- Steve Krug, Don't make me think, Hops libri, Milano, 2001
- Donald Norman, Emotional design, Apogeo, Milano, 2005
- Donald Norman, La caffettiera del masochista, Giunti, Milano, 1990
- Jakob Nielsen, Web usability 2.0. L'usabilità che conta, vol. 1 e 2, Apogeo 2010
- Jakob Nielsen, Usability Engineering, Academic Press, 1993



Urlografia

- http://userexperiencelab.telecomitalia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=130 link ai materiali del convegno organizzato dallo User Experience Lab di Telecom Italia, User eXperience 2.0. Come semplificare la complessità, come valorizzare la partecipazione, Torino, 21 marzo 2011
- <http://www.sigchi.org/> link al sito della SIGCHI, Special Interest Group of Human Computer Interaction, società internazionale di professionisti, accademici e studenti che sono interessati ai temi dello Human Computer Interaction
- <http://www.upassoc.org/index.html> Usability Professionals' Association, sito dei professionisti che progettano e valutano la user experience di servizi e prodotti

- <http://www.societadiergonomia.it/> Sito della Società Italiana di Ergonomia, che organizza Master in ergonomia e riunisce i professionisti del settore
- <http://www.usabilitynet.org/home.htm> sito che nasce da un progetto finanziato dall'Unione Europea per promuovere l'usabilità e lo User Centred Design
- <http://www.nngroup.com/> sito della società di Don Norman e Jakob Nielsen, che organizza seminari e corsi d'aggiornamento (a pagamento) in tutto il mondo
- <http://www.useit.com/> sito di Jakob Nielsen, con i famosi Alertbox
- <http://www.jnd.org/> sito web di Donald Norman
- http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883 descrizione delle norme ISO sull'usabilità

monica.arico@telecomitalia.it
silvia.bonaventura@telecomitalia.it
elena.guercio@telecomitalia.it



Monica Aricò

psicologa, entra in Telecom Italia nel 2000 come esperta di Human Factor e User Centred Design nel campo dell'Information Technology. Si è inizialmente occupata della progettazione user centred di VAS mobili innovativi, come gli MMS e il Mobile Internet. Nel 2010 ha esplorato con gli utenti i terminali di ultima generazione, in particolare gli eBook Reader. Ha contribuito alla progettazione e valutazione della user experience dell'offerta TIM Cloud per la clientela Consumer e dei nuovi servizi di Mobile Payment tramite NFC. È attualmente responsabile del laboratorio User Experience Lab a Torino.



Silvia Bonaventura

psicologa con Master in Ergonomia e dal 1998 riconosciuta Ergonoma Europea, è in Azienda dal 1992.

In Telecom Italia ha sempre lavorato nell'ambito della user experience e dell'ergonomia cognitiva, spaziando in questi 20 anni dalla telefonia pubblica, alla telefonia fissa, ai siti e portali web ed alle applicazioni consumer. Recentemente, dopo aver lavorato sui servizi IPTV e Cubovision, sta conducendo nello User Experience Lab di Telecom Italia lab varie attività di progettazione e valutazione di interfacce utente di servizi innovativi, soluzioni di social networking, strumenti e sistemi a supporto del back office, portal web.



Elena Guercio

psicologa con Master al Corep e titolo di Ergonoma Europea, dal 1995 è in Azienda. In Telecom Italia ha iniziato ad occuparsi di vari progetti (telefonia pubblica, telefonia fissa e mobile, analisi della domanda di specifici mercati verticali come professionisti, alberghi, PA, supporto alla ri-progettazione di sistemi di WFM). Attualmente, nell'area Innovation & Prototyping/Research and Trends di Telecom Italia, si occupa di user experience, seguendo la progettazione di servizi innovativi e/o della loro GUI (es. Energy@home, Augmented Reality, Servizi per la didattica su e-book, Assisted Living, Social King, ecc...) e presidiando alcune nuove metodologie di indagine con gli utenti (Personas, user journey, sketching, storyboard, risonanza magnetica funzionale, ecc..).

MOBILE CLOUD COMPUTING: DAL PERSONAL ALL'UBIQUITOUS COMPUTING

Giovanni Lofrumento

SERVIZI



Gli smartphone e i tablet stanno avendo uno sviluppo esplosivo nel mercato consumer tanto da prevedere che nei prossimi anni la crescita del traffico internet dei dispositivi mobili supererà notevolmente quella dei computer fissi. La forte diffusione dei dispositivi mobili nel mercato consumer fa prospettare anche un loro utilizzo a livello corporate dove affiancheranno sempre più i computer portatili per richiedere servizi e per gestire dati aziendali. Il connubio dei dispositivi mobili con il Cloud Computing porta a una convergenza verso il “Mobile Cloud Computing” che, nel suo pieno sviluppo, confluirà nell’Ubiquitous Computing contribuendo in modo rilevante a ottimizzare l’interazione fra le persone e gli oggetti tecnologici e a migliorare lo stile di vita. L’articolo illustra gli scenari evolutivi dei dispositivi mobili e del Mobile Computing che, attraverso il potenziamento dell’infrastruttura di comunicazione mobile e l’utilizzo dei servizi cloud, condurranno verso l’Ubiquitous Computing.

1 Introduzione

Insieme a tante novità, al Consumer Electronic Show¹ (CES) 2012 è apparso “Il consumatore sempre connesso – *always on*”, un nuovo modello di business in cui il *Consumer*² è sempre più connesso in rete: in ufficio, nel salotto di casa, durante le diverse attività quotidiane, in mobilità. Con questo nuovo stile di comportamento l’essere collegati alla propria “nuvola”, o al proprio “Cloud” – la forma breve per “Cloud Computing” – è diventato un aspetto imprescindibile e non solo per

gli appassionati di tecnologia. In questo contesto due sono le parole chiave che stanno catturando l’attenzione dei Service Provider e degli Utenti/Clienti: “mobilità” e “cloud”.

La “mobilità”, che identifica la possibilità di fare in movimento tutto ciò che si fa con un computer fisso, è stata favorita dalla straordinaria diffusione degli smartphone e dei tablet e ha portato alla “consumerizzazione” dell’IT: un neologismo, dall’inglese *consumerization*, che indica la tendenza dell’IT a emergere prima nel mercato consumer e a diffondersi poi nell’ambiente aziendale dettandone lo stile lavorati-

vo. L’uso dei dispositivi mobili consente un’agevole amplificazione dell’attività lavorativa perché può essere svolta anche fuori del classico ufficio: in aeroporto, in hotel, presso la sede del cliente, a casa e anche in movimento.

Il “cloud” denota, invece, servizi forniti a richiesta sempre disponibili sulla rete e pertanto sposta la piattaforma di elaborazione dal computer locale alla piattaforma Internet. La *rete delle reti* che connette e fa comunicare milioni di computer nel tempo ha assunto la valenza di una piattaforma di elaborazione distribuita con capacità di *storage* e potenza computazionale pressoché infinite. Infatti, può sprigionare potenze computazionali enormi e nello stesso tempo è in grado di adattarsi a specifiche esigenze elaborative, ad esempio per riconoscere il parlato, per giocare in rete, per manipolare audio e video, per la finanza, per eseguire micropagamenti, per la produttività personale e, in generale, per fornire servizi di qualunque tipo sia consumer che *corporate*³.

Un altro fattore importante, elemento di molte discussioni, che sembrava intoccabile è che i personal computer, forse per la prima volta dalla loro introduzione, sono stati messi in discussione a favore dell’inarrestabile diffusione degli smartphone e soprattutto dei tablet. Questi fattori messi sinergicamente insieme stanno facendo emergere in modo massivo un nuovo stile di comunicazione e di elaborazione denominato “Mobile Computing” che con l’utilizzo di servizi cloud e di

1 Il Consumer Electronic Show è la fiera dell’elettronica di consumo più importante a livello mondiale che ogni anno si tiene in gennaio a Las Vegas. È il trampolino di lancio delle novità che le più importanti aziende del settore si apprestano a immettere sul mercato.

2 Un *Consumer* identifica un individuo, o in certi contesti un nucleo familiare, che usa i beni o i servizi prodotti nel sistema economico di un paese o nel sistema economico globale.

3 Il termine *corporate* riferito a un bene o a un servizio indica che quel bene o servizio appartiene a una corporation, ovvero a una organizzazione tipicamente di business.

un'infrastruttura mobile molto capillare si trasformerà prima in Mobile Cloud Computing e in seguito, con la piena maturità, in Ubiquitous Computing.

2 Evoluzione dei paradigmi computazionali

I paradigmi computazionali sono passati dall'elaborazione centralizzata con il Mainframe – un computer, molte persone – all'elaborazione personale con il Personal Computing – un computer, una persona – all'elaborazione in mobilità con il Mobile Computing – molti computer, una persona. In questi anni siamo nel periodo dei servizi cloud, utilizzabili anche da dispositivi mobili (mobile cloud) e quindi si può immaginare il passaggio all'elaborazione pervasiva con l'Ubiquitous Computing in cui super smartphone e tablet, dispositivi con hardware e software tecnologicamente molto più evoluti rispetto a quelli odierni, consentiranno davvero l'elaborazione in ogni luogo rimpiazzando completamente, per molte operazioni, le diverse tipologie di computer portatili, dai netbook agli ultrabook (Figura 1).

L'espressione "Ubiquitous Computing", nella sua accezione più ampia,

identifica diversi aspetti che hanno in comune la caratteristica da parte di qualunque dispositivo mobile (ad esempio ultrabook, netbook, feature phone⁴, smartphone, tablet, lettori di ebook, sensori, ecc.) di comunicare e di elaborare su richiesta informazioni potenzialmente in ogni luogo. In questo articolo con "dispositivi mobili" si farà riferimento solo a smartphone e a tablet e quindi non saranno volutamente considerati le caratteristiche, gli scenari e le potenzialità di tutti quegli oggetti tecnologici miniaturizzati o sensori di cui saremo attornati nei prossimi anni, o che addirittura "indosseremo", che quando sono interconnessi e comunicano fra loro si identificano con l'espressione "Internet delle cose" [1] o con le tecnologie M2M (*machine-to-machine*).

3 I dispositivi mobili

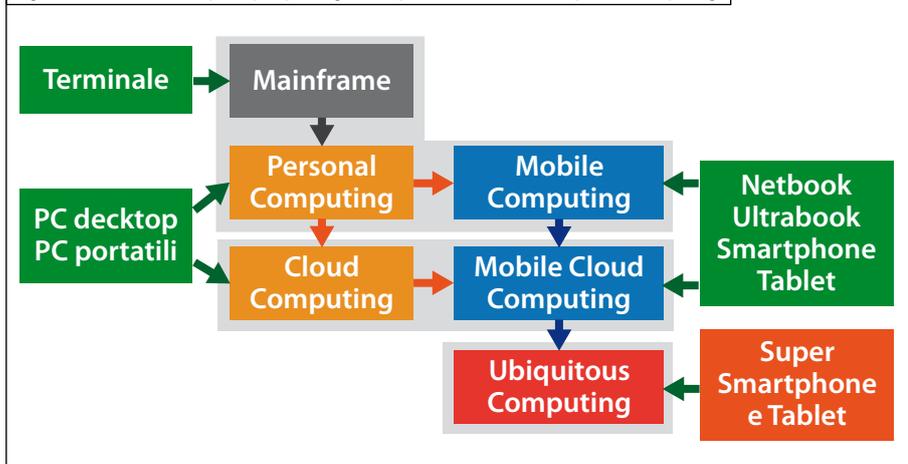
I dispositivi mobili esistono da oltre un decennio, ma quando Steve Jobs annunciò l'iPhone gli scenari di utilizzo delle comunicazioni e delle applicazioni mobili sono cambiati radicalmente [2]. Dopo pochi anni gli smartphone hanno raggiunto una buona maturità e nel Nord America e in Europa occi-

dentale⁵ la loro vendita ha ormai superato quella dei feature phone [3]. Ciò rende evidente una forte crescita del *mobile web* e del traffico dati perché, in un mondo in cui ormai è prevalente l'uso dei *social media* (Facebook, Twitter, Google+, ...) non solo da parte delle community di consumer, ma anche dalle organizzazioni di business, la comunicazione attraverso la sola telefonata è diventata alquanto limitativa nella forma e nei contenuti.

Ciò che ha contribuito al successo degli smartphone e dei tablet è stata la possibilità di avere contemporaneamente e scambiare diversi tipi di contenuti (audio, video, foto, ...) in aggiunta alla possibilità di scaricare ovunque gratis, o a prezzi molto bassi, applicazioni da *application store*⁶ virtuali rendendo ubiquo l'uso dei servizi disponibili sulla rete. Va da sé che milioni di utenti hanno decretato il successo delle piattaforme mobili di Apple e di Google che oggi come volumi globali sono i leader di mercato (Figura 2).

Considerando la vendita mondiale di smartphone per sistema operativo agli utenti finali, nel terzo trimestre (4Q) 2011 avevano rispettivamente uno share del 23,8% e del 50,9%. Gli altri produttori (Nokia, RIM, Samsung, Microsoft, ecc.) si dividevano il resto della torta con Nokia (Symbian) in forte calo al 11,7%, e Microsoft (Windows Phone) a un imbarazzante 1,9% [4]. Se i dati di crescita degli smartphone, e di conseguenza anche quelli dei tablet, confermeranno il loro *trend* di crescita [3], i dispositivi mobili realizzeranno, di fatto, una nuova piattaforma di elaborazione e di comunicazione in mobilità. L'utilizzo di applicazioni e di servizi da dispositivi mobili personali pertanto si diffonderà sempre più e si avranno sempre meno barriere nell'accesso a servizi e applicazioni anche in luoghi diversi dalle case o dagli uffici e questa sarà la prova tangibile del passaggio dal personal al Mobile Computing.

Figura 1 - Evoluzione dei principali paradigmi computazionali verso l'Ubiquitous Computing



⁴ Un *feature phone* è il tipico telefono cellulare che combina le caratteristiche di un telefono con quelle di gestione delle informazioni personali come la rubrica telefonica e il calendario. Ha un sistema operativo proprietario, limitate capacità di memoria e di calcolo e le applicazioni sono poco integrate con il software di terze parti e con le altre caratteristiche del telefono.

⁵ L'Italia capeggia la penetrazione degli smartphone fra i giovani con età compresa fra 15 e 24 anni con un valore del 47% rispetto al 31% degli adulti over 25 [5].

⁶ Un *application store* è un servizio disponibile su Internet che permette agli utenti di scaricare, gratis e a pagamento, applicazioni per smartphone, tablet e dispositivi mobili similari.



Figura 2 - Le piattaforme mobili più diffuse: Apple iOS e Google Android OS

4 Il Mobile Computing

Il Mobile Computing consente con estrema naturalezza, anche senza la necessità di essere specialisti, l'utilizzo in mobilità di applicazioni su smartphone e su tablet per richiedere servizi per gestire informazioni personali, per navigare sul web, per comunicare, per localizzare persone con cui si è in contatto e, in generale, per richiedere qualunque tipo di servizio di tipo *consumer* o *corporate*. Il Mobile Computing libera le persone dalla dipendenza di recarsi in uno specifico luogo e di utilizzare uno stesso computer per richiedere un servizio: in qualsiasi posto ci si trovi basta avere una connessione alla rete Internet e, con un qualunque dispositivo mobile, si possono richiedere i servizi che servono (Figura 3).

In questo scenario, in cui è abbastanza tipico avere gli stessi dati su computer e su dispositivi mobili eterogenei, la sincronizzazione e la consistenza dei dati diventano un aspetto molto importante che alla lunga non possono essere gestiti in maniera manuale. Diventa

anche necessaria una convergenza applicativa fisso-mobilità e una comunicazione unificata affinché computer e dispositivi mobili possano essere usati in maniera intercambiabile. Insieme a questi aspetti bisogna anche considerare che il corretto funzionamento di molti servizi è legato all'accesso di grandi quantità di dati alla necessità

di grandi potenze computazionali che normalmente non possono essere disponibili sui dispositivi mobili perché, pur considerando la veloce evoluzione tecnologica, le ridotte dimensioni porranno sempre dei limiti insormontabili. Questi problemi possono essere agevolmente risolti attraverso servizi cloud fruibili in mobilità e quindi dal "Mobile Cloud Computing".

5 Il Mobile Cloud Computing

Gli smartphone e i tablet hanno raggiunto una buona maturità e il loro processo di miglioramento è in continua evoluzione, tuttavia saranno comunque sempre caratterizzati da risorse limitate (cpu, memoria, energia) soprattutto per le ridotte dimensioni e per la discontinuità, a causa della mobilità, nell'accesso alle risorse di rete. Inoltre, avere dati sensibili permanentemente memorizzati su dispositivi mobili ne abbassa il livello di sicurezza, anche perché essendo dispositivi mobili potranno più facilmente essere soggetti a perdite accidentali o a furto.

Figura 3 - La capillarità dei dispositivi mobili rende ubiquo l'utilizzo di servizi



Queste limitazioni diventano penalizzanti per servizi sensibili o che richiedono elevate potenze computazionali e l'accesso a grandi quantità di dati (si pensi ad esempio all'utilizzo di servizi e dati corporate o al riconoscimento del parlato), ma possono essere facilmente superati spostando l'elaborazione e le risorse dal dispositivo nel Cloud. In questo caso è il Service Cloud Provider che si fa carico delle adeguate politiche di sicurezza e dell'infrastruttura computazionale necessaria, mentre sui dispositivi mobili sono installate solo le applicazioni per l'accesso ai servizi. Questa evoluzione detta "Mobile Cloud Computing" nasce dalla collisione degli ecosistemi dei servizi internet e delle comunicazioni mobili e sta creando un nuovo paradigma di interazione con contenuti remoti attraverso servizi e applicazioni, forniti in modo elastico da data center centralizzati secondo il modello e i principi del Mobile Cloud Computing (Figura 4). Infatti, in [6] il Mobile Cloud Computing è definito come:

"... un modello per aumentare in modo trasparente ed elastico le capacità dei dispositivi mobili tramite un accesso ubiquo a risorse computazionali e di storage poste nel Cloud, con l'adattamento contestuale della connessione in base ai cambiamenti delle condizioni operative dei dispositivi, preservandone le capacità di funzionamento e di interattività".

Il Mobile Cloud Computing consente un'enorme valorizzazione dei dispositivi mobili che diventano strumenti per effettuare elaborazione e storage nel Cloud con capacità quasi illimitate, con la massima efficienza e a costi ridotti. Gli smartphone e i tablet diventano quindi computer di "prima classe" a tutti gli effetti, capaci di attivare potenze computazionali spaventose potenzialmente in ogni luogo. I servizi basati sul Mobile Cloud sono richiesti picchiando con le dita sullo

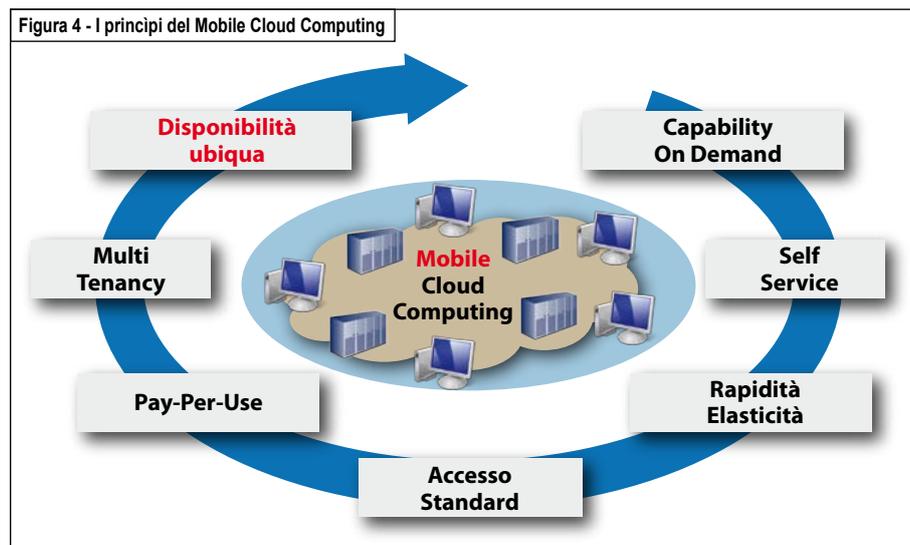
schermo multi-touch del dispositivo mobile, le attività elaborative e la memorizzazione dei dati avvengono nel Cloud e la visualizzazione dei risultati avviene sul dispositivo. La tecnologia per la comunicazione mobile ha dato un contributo significativo con la quarta generazione, detta LTE (*Long Term Evolution*), che, rispetto alle tecnologie precedenti, aumenta in modo rilevante la velocità di trasmissione riducendone la latenza, aspetti questi fondamentali per la comunicazione con i servizi cloud.

Ci sono tante modalità per l'utilizzo dei servizi cloud in mobilità, ma globalmente si possono classificare in due macro aree. La prima include i servizi di *cloud storage* e consente la sincronizzazione dei dati fra più dispositivi, fissi e mobili, e l'accesso ubiquo ai dati. La seconda raggruppa i servizi che sono nella nuvola accessibili attraverso le applicazioni installate sui dispositivi mobili. Ecco alcuni scenari tipici del Mobile Cloud Computing.

5.1 Come sincronizzare i dati e accedervi in modo ubiquo da qualunque dispositivo?

Il Mobile Cloud Computing rende semplice la sincronizzazione del dispositi-

vo mobile virtualmente con qualunque sistema o *data store* (reti sociali, email, computer, ecc.). In pochi anni sono stati creati molti servizi di *storage* posti nel cloud che possono essere condivisi fra più dispositivi, fissi e mobili, appartenenti anche a utenti diversi. In tal modo i dati sono sempre accessibili da qualunque dispositivo connesso al cloud evitando duplicazioni e inconsistenze (Figura 5). Servizi di questo tipo ormai abbastanza diffusi e utilizzati sono Dropbox, iCloud, Evernote, SugarSync, Gladinet, Wuala, UbuntuOne, Tonido, giusto per citarne alcuni. Tali servizi hanno la caratteristica di fornire un certo numero di gigabyte di storage gratis (solitamente da 1 a 5 Gigabyte) e un numero maggiore a pagamento con un abbonamento mensile o annuale. Sulla stessa stregua, in ambito nazionale, Telecom Italia ha creato "Tim Cloud", un servizio di mobile cloud storage che consente di salvare nel cloud raccolte musicali, foto e video, condividerle fra cerchie di amici e anche di pubblicare contenuti direttamente su Facebook o su Twitter utilizzando un'applicazione su smartphone o tablet oppure attraverso un'applicazione web da un PC fisso. Tim Cloud consente anche di ascoltare in streaming la musica e di guardare le foto e i video ovunque insieme ai propri amici.



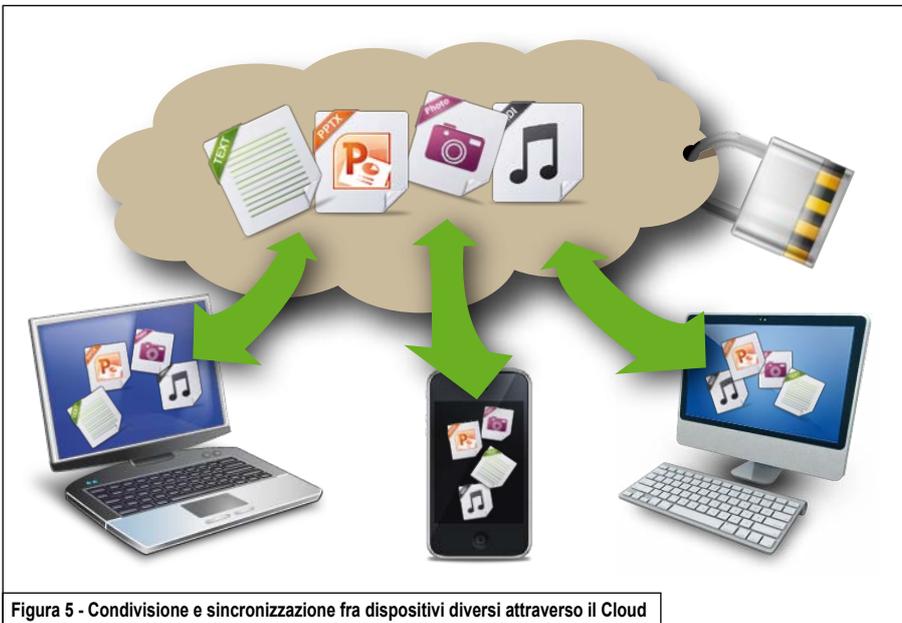


Figura 5 - Condivisione e sincronizzazione fra dispositivi diversi attraverso il Cloud

5.2 Come effettuare un'elaborazione da 20 GHz con un dispositivo da 600 MHz?

Il Mobile Cloud Computing consente lo spostamento dell'elaborazione dal dispositivo mobile nel Cloud dove può essere eseguita con la massima potenza e avere l'accesso a grandi quantità di dati difficilmente presenti su un dispositivo mobile. Pur tenendo presente l'evoluzione tecnologica dei dispositivi mobili, tali elaborazioni difficilmente saranno fattibili localmente, ma saranno servizi nel Cloud utilizzabili da dispositivi poco potenti che si limiteranno solo ad acquisire l'input, a inviarlo nel Cloud e, successivamente, a visualizzare o riprodurre i risultati ricevuti. Esempi di servizi cloud computazionali sono: traduzione da una lingua a un'altra, riconoscimento del parlato, "pattern-matching" (cioè la verifica della presenza di uno specifico "modello" in una sequenza di dati), cloud game, cloud print, localizzazione di ristoranti o di hotel limitrofi con le relative recensioni degli utenti, ecc. La Figura 6 mostra un'applicazione eseguita su uno smartphone che sfrutta la potenza computazionale del

Cloud per scoprire il titolo di una canzone, ricevendo come input un audio di pochi secondi della stessa.

5.3 Come accedere ai servizi nel Cloud?

Uno degli elementi di successo degli smartphone e dei tablet è l'enorme disponibilità di applicazioni, gratis e a pagamento, disponibili su Internet attraverso specifici servizi di scaricamento. Gli *application store* di Apple

e di Google hanno numeri sbalorditivi che hanno superato tutte le aspettative e sono in continua crescita. Sono numeri da capogiro che stanno superando il mezzo milione di applicazioni per entrambi gli application store, con quasi venti miliardi globali di download a livello mondiale in circa quattro anni. Gli utenti dei dispositivi mobili, in ogni luogo dove vi sia connettività e a volte in maniera inconsapevole, usano le applicazioni per accedere a migliaia di servizi remoti che sono nel Cloud che vanno dall'email, al *mobile commerce*, alle chat e a tutti i servizi di social networking, alla creazione di documenti, al telemonitoraggio, al *gaming* in rete, alle prenotazioni di biglietti, alla localizzazione di hotel, ristoranti, farmacie, sagre cittadine, all'ascolto di musica, alla visione di filmati e si potrebbe continuare quasi all'infinito. In questo scenario l'unico limite per un Service Provider per la proposizione di nuovi servizi è la fantasia, perché il Cloud è potenzialmente una risorsa infinita che può soddisfare qualunque esigenza. Naturalmente la realizzazione dei servizi cloud deve essere fatta in modo che siano soddisfatti i principi del Cloud Computing [7] affinché ne possano trarre benefici sia i Service Provider sia gli Utenti/Clienti.

Figura 6 - Scoprire il titolo di una canzone con un'applicazione che usa un servizio cloud



6 L'Ubiquitous Computing

L'Ubiquitous Computing, nell'accezione data in questo articolo, si prospetta come la piena maturità del Mobile Cloud Computing in cui l'elaborazione delle informazioni da parte di dispositivi mobili che usano servizi cloud diventa veramente integrata all'interno delle attività quotidiane, ovunque esse siano effettuate. Si evince quindi in modo molto chiaro che gli elementi tecnologici fondamentali sono i dispositivi mobili, le infrastrutture di comunicazione mobile e le infrastrutture e i servizi cloud. Se per i dispositivi mobili è stato fatto in pochissimi anni un balzo enorme tanto che sono già sul mercato dispositivi multi-core (infatti, sono già disponibili tablet quad-core a 2 GHz, cioè che hanno integrato in un singolo componente quattro processori indipendenti), non si può dire lo stesso per l'infrastruttura di rete (in molti paesi esiste ancora il *digital divide*⁷) e per l'infrastruttura e i servizi cloud.

Non è impossibile immaginare che fra pochi anni la connettività mobile a Internet avrà raggiunto una capillarità analoga a quella della rete elettrica anche fuori dei grossi centri cittadini, tutti saranno dotati almeno di un dispositivo mobile, i *Service Provider* avranno realizzato e resi disponibili migliaia di servizi cloud e allora l'Ubiquitous Computing sprigionerà tutto il suo potenziale. In questo scenario, la copertura globale delle reti mobili e l'uso di dispositivi mobili consentirà un "always on" quasi al 100% perché

la connessione a Internet diventerà anch'essa una *commodity* e abiliterà tutti quegli automatismi, che coinvolgeranno anche gli oggetti miniaturizzati integrati nei diversi dispositivi che si utilizzeranno quotidianamente in casa, in ufficio e ovunque, migliorando notevolmente lo stile di vita degli individui come Consumer e come dipendenti.

Conclusioni

La rapida e irrefrenabile diffusione dei dispositivi mobili ha fatto sì che il Mobile Computing diventasse una realtà in un tempo brevissimo. Affinché il Mobile Cloud Computing diventi anche pervasivo senza barriere di alcun tipo è necessario un analogo sforzo degli Operatori Mobili e dei Service Provider nel far evolvere con lo stesso passo da una parte l'infrastruttura di comunicazione mobile e dall'altra l'infrastruttura computazionale, di storage e dei servizi fornita secondo il modello del Cloud Computing. Questa evoluzione tecnologica trasformerà il Mobile Cloud Computing in Ubiquitous Computing e la maggiore sinergia fra individui e oggetti tecnologici mobili comporterà un più efficiente utilizzo delle risorse e un miglioramento dello stile di vita. Affinché ciò si concretizzi è fondamentale la conoscenza delle tecnologie, ma ancora più importante è avere la giusta visione e buone idee e questa sarà la vera sfida da affrontare ■



Bibliografia

- [1] R. Saracco, "ATOMI E BIT: L'Internet delle cose", Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 18, N. 1, 2009
- [2] comScore, "Digital Omnivores: How Tablets, Smartphones and Connected Devices are Changing U.S. Digital Media Consumption Habits", http://www.comscore.com/Press_Events/Presentations_Whitepapers/2011/Digital_Omnivores
- [3] Heidi Cohen, "Mobile Marketing Research You Need Now! [Charts]", <http://heidicohen.com/mobile-marketing-research-chart/>
- [4] Gartner, "Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Soared in Fourth Quarter of 2011 With 47 Percent Growth", <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1924314>
- [5] Digital Strategy Consultant, "Smartphone vs feature phone – global youth market", http://www.digitalstrategyconsulting.com/intelligence/2011/01/smartphone_vs_feature_phone_gl.php
- [6] D. Kovachev, Y. Cao, R. Klamka, "Mobile Cloud Computing: A Comparison of Application Models", <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1107/1107.4940.pdf>
- [7] Giovanni Lofrumento, "Le applicazioni nel cloud: opportunità e prospettive", Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 20, Num. 1, 2011

giovanni.lofrumento@hrs.telecomitalia.it

⁷ Il *digital divide* indica la disparità esistente tra chi ha accesso alle tecnologie dell'informazione, ad es. a personal computer, a dispositivi mobili, a Internet, e chi ne è escluso, in modo parziale o totale, a causa di qualità delle infrastrutture, condizioni economiche, livello d'istruzione, provenienza geografica, ecc.

**Giovanni Lofrumento**

Laureato in Scienze dell'informazione, entra in Azienda nel 1985 per partecipare ai progetti ESPRIT della Comunità Europea e allo sviluppo di servizi di telecomunicazioni. Nel 1989 entra a far parte del corpo docente della Scuola Superiore G. Reiss Romoli e dal 2000 al 2009 continua la sua attività nella formazione e nella consulenza per conto di Telecom Italia Learning Services e successivamente di TILS. Nel 2010 entra in Telecom Italia HR Services nella Business Unit Formazione. Durante la sua attività professionale ha acquisito una vasta esperienza nei settori dell'Information & Communication Technology, del mobile e del cloud computing, ha scritto articoli per riviste e ha presentato lavori a convegni nazionali e internazionali.

IL MOBILE CLOUD DI TELECOM ITALIA: TIM CLOUD

Luca Bruera, Rossella Mossotto, Giuseppe Piersantelli



TIM Cloud è un servizio che permette ai clienti TIM sia di avere a disposizione sempre e ovunque i loro contenuti multimediali, sia di condividerli con gli amici in modo semplice e immediato, nella perfetta osmosi di cloud e community.

Un primo vantaggio di questa soluzione è che tutte le proprie foto, video e canzoni sono sempre utilizzabili in mobilità, senza occupare spazio sul proprio telefonino. Inoltre, gli stessi contenuti sono disponibili su tutti i canali immediatamente: una foto scattata da telefonino e caricata su Cloud può essere immediatamente utilizzata su PC, senza bisogno di collegare il telefono e di scaricarla. Vediamo come.

1 Introduzione

La diffusione delle tecnologie cloud based si è manifestata negli ultimi anni anche in ambito consumer con il proliferare di servizi ed applicazioni over-the-top che consentono agli utenti, come funzionalità base, di memorizzare i propri contenuti (documenti ma anche file multimediali) su un'area di storage privata ed accedervi da più terminali connessi alla rete; una caratteristica apprezzata da un crescente numero di utenti, soprattutto nella fascia young ed utilizzatori di terminali mobili evoluti, che necessitano di accedere ai propri file da casa, scuola, lavoro e in mobilità, e di condividerli con altri utenti.

La disponibilità di un numero crescente di dispositivi connessi, come tablet, connected TV e game console, ha contribuito a rendere appetibile i servizi e

le applicazioni cloud. Sebbene la funzionalità di backup sicuro dei propri dati sia una caratteristica senz'altro importante dei servizi cloud, da alcune ricerche emerge che l'accesso in mobilità ai propri file e la condivisione con i propri amici siano considerate prioritarie dall'utenza consumer.

Nell'ambito dei *servizi di cloud storage* è possibile menzionare alcuni esempi rilevanti per caratteristiche e convenienza: *Amazon Cloud Drive* è un servizio di storage web based (5 GB gratuiti, spazio aggiuntivo a pagamento) che consente di archiviare file e di accedervi da qualunque PC; i file audio sono fruibili in streaming grazie ad un player per web e terminali Android; l'applicazione web è integrata con Amazon MP3 store ed è quindi possibile acquistare e archiviare musica. *Microsoft Live* ha consolidato la sua offerta di servizi cloud con *SkyDrive* che offre gratuitamente

25 GB di spazio sul web per archiviare foto e video digitali (si può scegliere tra più risoluzioni e fruirli in streaming) e documenti di tutti i formati, ma il servizio è accessibile da terminali mobili con OS Windows. *Adrive.com* offre 50 GB di storage gratuito (oltre ad alcuni profili premium a pagamento) e condivisione dei file, ma l'accesso è limitato al web, non ha funzionalità di presentazione né riproduzione in streaming di file audio e video.

Ad un livello più elevato di complessità funzionale si pongono i *servizi di sincronizzazione* e gli *ambienti desktop virtuali*. I primi consentono di allineare costantemente il contenuto del proprio PC (o di cartelle abilitate del proprio PC) con il contenuto sia della propria cloud che di quello di altri terminali connessi al servizio. Il più utilizzato e popolare è sicuramente *DropBox*, un'applicazione per PC e terminali mobili Android e iOS che sincronizza automaticamente il contenuto di una cartella di sistema con la cloud dell'utente rendendo disponibili i file su tutti i dispositivi associati; la grande facilità di utilizzo, l'integrazione con il sistema operativo ospite e la comodità di accedere alla propria cartella documenti ovunque ci si trovi hanno contribuito alla diffusione di questo servizio (con profilo free si hanno 2 GB, è possibile acquistare ulteriore spazio) che tuttavia non offre funzionalità di content adaptation o streaming video né di gestione di una lista di amici. Simile a DropBox per proposizione e caratteristiche, in

questo segmento di colloca anche il servizio *box*, che offre cloud storage e strumenti di collaborazione on line sia per individui (5 GB gratuiti, accesso remoto ai file, condivisione di file e cartelle, accesso da web e app per iOS e Android) che per aziende e dipartimenti IT (con particolare enfasi sull'integrazione con strumenti e sistemi esistenti). Servizi simili per caratteristiche e prezzi sono anche *Mozy* e *SugarSync*, che offrono archiviazione, accesso remoto, backup, sincronizzazione, e riproduzione di file multimediali su diverse piattaforme: web, PC, smartphone. Anche Microsoft offre un servizio di sincronizzazione, sebbene la sua genesi sia stata un po' complicata: concepito nei laboratori di Microsoft Research, è stato reso disponibile in beta, con il nome *Mesh*, tra i servizi web Live e infine è diventato parte della suite applicativa Windows Live Essentials: consente di sincronizzare file e cartelle tra due computer con un modello peer-to-peer e una connessione sicura, e di archivarli anche sul cloud storage personale SkyDrive; il servizio

è gratuito. Ma è probabilmente *Apple iCloud* il più noto servizio di sincronizzazione di file, contatti, applicazioni, musica e foto, grazie ad una base potenziale di 85 milioni di utenti, un ecosistema hardware e software consolidato, lo store di applicazioni e musica più diffuso e un brand planetario; i primi 5 GB sono gratuiti, ma si possono acquistare fino a 50 GB di storage; un altro punto di forza di iCloud è la completa integrazione con iTunes Store, una legacy che consente di installare le applicazioni scaricate da App Store su tutti i propri dispositivi Apple e anche di pagare un forfait per la musica archiviata in iCloud ma non acquistata su iTunes (Figura 1).

Nonostante l'indiscutibile successo di Apple e la diffusione dei suoi prodotti in tutto il mondo, un limite di iCloud è la sua disponibilità per i soli prodotti Apple (tra l'altro, per i più recenti) che consolida ulteriormente l'approccio ad ecosistema chiuso del costruttore di Cupertino.

Sul versante del *cloud desktop*, sistemi operativi virtuali completi di appli-

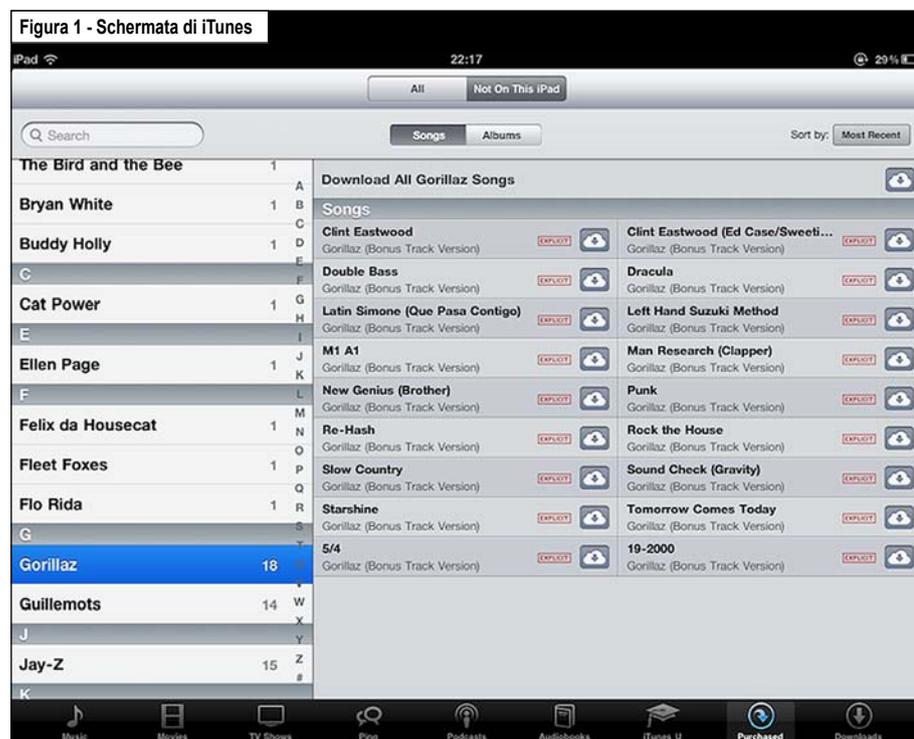
cativi e accessibili online via browser, qualche anno fa si sono registrate alcune iniziative interessanti, come *GoPC*, *Spiral Universe*, *MyGoya*, con modelli di business simili (solitamente account gratuiti di prova o con limitazioni e profili premium) e l'obiettivo di rendere disponibile a individui, enti no-profit, scuole e comunità a basso reddito (in particolare nei Paesi emergenti) un sistema operativo completo a costi contenuti, privo degli oneri di licenza delle applicazioni e accessibile anche da computer obsoleti. Tuttavia questo filone si è ridotto e molti dei servizi non sono più attivi o disponibili. Curiosamente, prima che Apple ne rilevasse il dominio per 4,5 mln \$, *iCloud* era un servizio cloud desktop, dotato di strumenti di produttività (suite office) e multimediali, accessibile via browser da qualunque PC e con uno storage gratuito di 3 GB per file e documenti; il servizio ora si chiama *CloudMe*.

2 Elementi chiave di TIM Cloud

Da questa breve disamina, senza pretesa di completezza, emergono alcune caratteristiche comuni alla maggior parte di servizi ed applicazioni cloud based per utenza consumer.

In primo luogo si tratta di modelli over-the-top, ovvero erogati ed accessibili con una connessione dati, fissa o mobile, che non richiedono un'infrastruttura gestita: una posizione vantaggiosa per i service provider che di fatto beneficiano a titolo gratuito delle infrastrutture di rete fissa e mobile realizzate e gestite dagli operatori.

La seconda osservazione, strettamente legata alla precedente, è che al momento non si sono riscontrate, né in Italia né in Europa, iniziative di servizi cloud consumer promosse da operatori di rete fissa e/o mobile, nonostante una posizione di vantaggio:



si pensi, ad esempio, alla gestione di una base utenti fidelizzata e di un'infrastruttura di rete, all'esperienza con sistemi di distribuzione dei contenuti e ai consolidati rapporti commerciali e tecnologici con i principali costruttori di terminali mobili e altri dispositivi connessi, contesto favorevole allo sviluppo e alla diffusione di applicazioni e servizi a valore aggiunto. Infine non si può non notare che, salvo alcune applicazioni di nicchia (quali Aviary per il fotoritocco), la maggior parte dei servizi cloud è limitata ad alcune funzionalità base, come l'archiviazione dati, o ad alcuni protocolli specifici, come la sincronizzazione di contatti ed email o, infine, ad alcune piattaforme di accesso, ad esempio solo web e mobile.

Non sembra pertanto facile reperire un modello di servizio per utenza consumer che applichi contemporaneamente una pluralità di metafore xAAS, ovvero sia in grado di fornire un set completo di funzionalità avanzate tipico degli scenari cloud. È in questo contesto che emerge il potenziale innovativo e competitivo dell'applicazione TIM Cloud (Figura 2).

TIM Cloud è *multiaccesso* in quanto può essere utilizzato da terminali mobili (Android, Symbian, iOS, WindowsPhone7), da web, da applicazione per sistemi Windows, da connected TV e game console; offre un ampio spazio *storage*, incrementabile sottoscrivendo un profilo Premium, per archiviare i propri dati e recuperarli; integra un sistema di

transcodifica e adattamento di foto e video che in tal modo sono fruibili su terminali diversi, anche in copertura di rete mobile; fa uso intenso della funzionalità di caching per una esperienza più immediata di fruizione e per limitare l'uso intensivo dei dati; ha inoltre la funzionalità social, perché consente di condividere contenuti con i propri amici che hanno sottoscritto il servizio.

3 Più in dettaglio

TIM Cloud ha un approccio molto social alla gestione dei propri contenuti. Nella sezione FRIENDS è infatti possibile accedere alla lista dei propri amici.

Figura 2 - La home page dell'applicazione web TIM Cloud

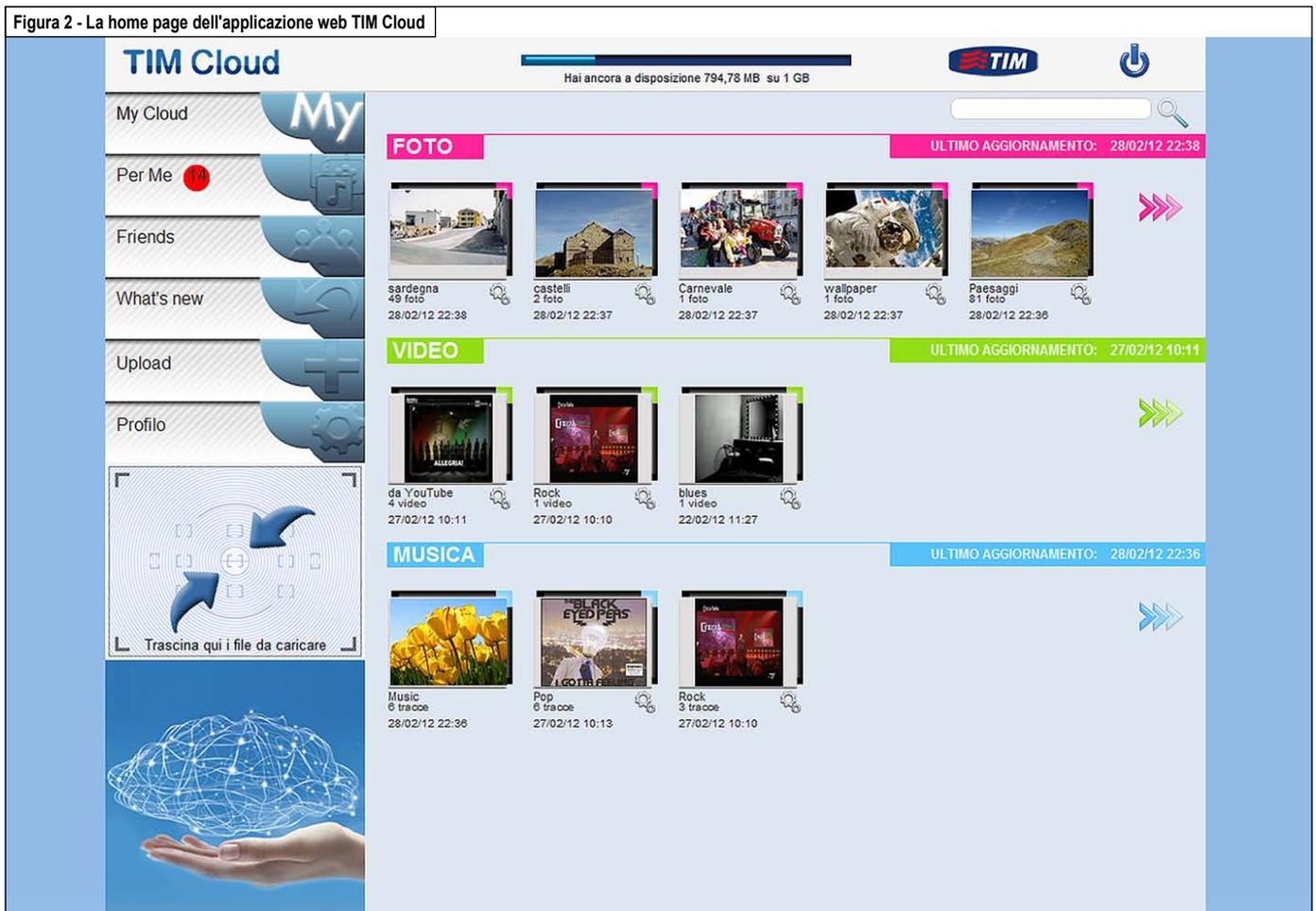




Figura 3 - TIM Cloud consente di inviare SMS per invitare gli amici a registrarsi al servizio



Figura 4 - TIM Cloud

Selezionando un contatto, viene visualizzata la sua nuvola, ovvero le foto, i video e la musica che questo amico ha impostato come pubblici.

E' così possibile navigare tra i contenuti pubblici degli amici in modo del tutto analogo a come si accede ai propri, sfogliando raccolte di foto e video, ascoltandone le canzoni, e indicando cosa piaccia e cosa no. Questi contenuti, tuttavia, sono disponibili per la sola fruizione: il cliente ad esempio può ascoltare in streaming la musica

degli amici, ma non può copiarla nella propria Cloud o condividerla a sua volta con altri.

Esemplificazione di ciò è la sezione WHAT'S NEW (Figura 3) che permette, mostrando i nuovi contenuti multimediali che i vari contatti hanno recentemente reso disponibili, di evidenziare tutte le attività effettuate dagli amici, rendere viva la community attraverso le interazioni e scoprire i contenuti più popolari in un determinato momento.

L'aspetto di condivisione dei propri contenuti con gli amici ha un ruolo importante per TIM Cloud, in cui, oltre a rendere pubblici parte dei propri media, è anche possibile consigliare o regalare contenuti o raccolte ad uno specifico amico e richiedere quelli pubblicati da amici (funzione LO VOGLIO).

3.1 Scoprire nuovi contenuti

Inoltre TIM Cloud consente di esplorare i contenuti pubblicati dai propri amici in molti modi. Il più immediato è quello di navigare tra le raccolte delle nuvole dei propri contatti, ma anche, ad esempio, cercando il nome di un gruppo musicale, è possibile creare dinamicamente una playlist con i brani di questo gruppo disponibili nelle varie nuvole.

Se invece quello che si vuole è semplicemente scoprire nuovi contenuti, ci si può affidare alla funzione RANDOMIZE: con un solo tocco è possibile cre-

Il lancio commerciale

TIM Cloud è stato presentato in anteprima su NEXT Innovation, il portale degli sperimentatori di TIM, il 16 dicembre 2011; è stato poi lanciato commercialmente, la settimana successiva con pubblicazione dell'App su Android Market e relativa comunicazione su Facebook e sito TIM.

La rete ha accolto subito con entusiasmo il prodotto e ha portato un incremento delle conversazioni sui servizi TIM del 3% (fonte Doxa 2.0). Le prime impressioni sono state subito positive, tanto che i vari blog hanno cominciato a parlarne in modo spontaneo e continuo.

Il servizio è comunicato su media innovativi, tra i quali Twitter, Facebook con Tab dedicato sulla Fan Page di TIM, in primis oltre a banner su portali WEB, Mobili, Android Market, Samsung Store, e ovviamente su TIM AppStore ■

are una raccolta casuale di foto o una playlist di canzoni con dei contenuti presi a caso tra quelli pubblicati dagli amici.

3.2 Accesso multicanale

La natura "Cloud" di questo servizio ha anche l'immediato vantaggio di ren-

dere disponibili tutti i media caricati attraverso una serie di canali e device. Una foto scattata in mobilità, ad esempio, può essere elaborata su PC e inviata per posta senza dover sincronizzare terminale e PC e tutta la musica caricata da web diventa immediatamente disponibile anche sui canali mobili.

Ogni canale ha delle caratteristiche specifiche. Ad esempio, i canali mobili sono molto adatti alla fruizione dei contenuti o al caricamento di contenuti autoprodotti, come ad esempio foto e video scattati in mobilità, mentre i canali PC sono la soluzione ideale per upload massivi di contenuti multimediale.

Al momento sono state rese disponibili le applicazioni per i vari terminali mobili (Android, Symbian, iPhone e WindowsPhone7) e l'interfaccia web; prossimamente sarà possibile anche accedere a TIM Cloud anche tramite altri canali, come le più popolari console di gioco o le connected TV.

4 Modalità di accesso alla rete: streaming e caching

Con TIM Cloud tutti i contenuti, anche se salvati in remoto, sono accessibili attraverso la rete come se fossero locali. È possibile sfogliare le proprie foto e quelle degli amici, o cercare una

canzone come se tutti questi contenuti fossero salvati sul device.

In realtà, l'applicazione normalmente scarica attraverso la rete solo l'elenco dei contenuti disponibili ed una serie di informazioni, come ad esempio le thumbnail, che servono per visualizzare un'anteprima dei contenuti. Quando si cerca di accedere ad uno specifico contenuto l'applicazione lo richiede dinamicamente al server, e ne effettua la riproduzione in streaming o scaricandolo in locale.

In mobilità le prestazioni di download e upload possono essere abbastanza variabili. TIM Cloud, per quanto possibile, cerca di ottimizzare la velocità percepita effettuando il pre-caching dei contenuti che vengono visualizzati. L'applicazione durante la riproduzione di una canzone inizia a precaricare il brano successivo, in modo da renderlo immediatamente disponibile quando dovrà essere riprodotto, evitando in questo modo le attese tipicamente legate alla fruizione in streaming di contenuti. Discorso analogo avviene per le foto: mentre si stanno sfogliando le foto di una raccolta, vengono precaricati i contenuti che dovranno essere visualizzati successivamente.

L'applicazione, inoltre, effettua delle politiche di caching dei contenuti fruiti, in modo da minimizzare il traffico di rete necessario alla fruizione. Ad



esempio, se un brano viene ascoltato frequentemente, questo rimarrà disponibile nella cache dell'applicazione e sarà immediatamente fruibile anche in assenza di rete.

5 Viralità

Alcune delle idee su cui è basato TIM Cloud lo rendono un servizio molto virale. Quando si utilizza un nuovo social network, la fase iniziale è sempre quella più delicata, perché al primo login tipicamente non sono presenti né amici, né contenuti, ed è difficile motivare il cliente ad utilizzare veramente il servizio.

TIM Cloud, utilizzando la contact list del telefono su cui è installato, consente di vedere nella sezione Friends quali dei propri contatti sia già un utilizzatore di questo servizio, permettendo di creare così rapidamente una rete di contatti "Cloud". Per consentire questo, l'applicazione al primo avvio

carica su server, in modo anonimo, la propria lista di contatti. Sarà il server stesso ad incrociare tutte queste informazioni e ad avvisare i client quando nuovi amici si renderanno disponibili. Anche se un amico non è ancora tra gli utenti del servizio, inoltre, il servizio consente di inviare gratuitamente dei messaggi di invito ai propri contatti, scegliendoli dalla propria rubrica.

Conclusioni

TIM Cloud, la nuvola personale per i clienti TIM risulta essere un buon connubio tra un servizio di storage ed un social network, ma unendo le potenzialità della cloud nella gestione dinamica e multicanale dei contenuti a funzionalità di condivisione e aspetti virali che vengono incontro alle esigenze di questa clientela.

Vuole quindi essere uno strumento con cui gestire il "consumo" quotidiano dei media digitali, garantendo la

possibilità di salvare i propri contenuti multimediali, di visualizzarli sempre ovunque sul proprio telefonino o sul PC e di farli conoscere a tutti gli amici TIM Cloud. Il cliente può anche pubblicare su Facebook e Twitter i contenuti presenti sulla propria nuvola.

TIM Cloud declina quindi la tecnologia cloud, spesso fino ad oggi legata al mondo business o a servizi base di backup/sincronizzazione, sul mercato Consumer traducendola in servizi e funzionalità di utilità quotidiana.

È un percorso su cui Telecom Italia continuerà a lavorare per proseguire questa trasformazione della tecnologia in beneficio tangibile per il cliente. TIM Cloud prevede infatti una continua evoluzione sia delle funzionalità core sia della loro fruizione dei diversi canali disponibili con un processo di release incrementali delle varie applicazioni sugli store e dando ascolto alla voce del cliente che a seguito dell'utilizzo suggerisce nuove idee evolutive. Per suggerimenti vi invitiamo a scrivere a: timcloud@telecomitalia.it ■

luca.bruera@telecomitalia.it
rossella.mossotto@telecomitalia.it
giuseppe.piersantelli@telecomitalia.it



Luca Bruera

laureato in ingegneria informatica presso il Politecnico di Torino. Lavora in Telecom Italia dal 2001, occupandosi di prototipazione, progettazione e sviluppo di servizi e applicazione in ambito mobile. Ha seguito diversi enti di standardizzazione relativi alle piattaforme software e sistemi operativi per terminali mobili, e dal 2006 si è occupato anche di tecnologie WEB/AJAX. Dal 2008 ha seguito la progettazione e lo sviluppo di applicazioni iPhone, iPad e Android, gestendo gli sviluppi per Matrix S.p.A. e Virgilio. Attualmente opera nell'area Mobile Application and Services, dove coordina i team di development mobile per TIM Cloud e si occupa della progettazione e della user experience di nuovi servizi.



Rossella Mossotto

ingegnere in telecomunicazioni con master in Media & Telco, dal 1998 è in Telecom Italia, dove si è occupata dello sviluppo dei servizi tra cui Mobile Internet, servizi di Community (TIMC@fè) e MMS. Lavora nel Marketing Mobile Consumer e, dopo essersi occupata delle offerte sugli SMS di TIM, attualmente segue l'offerta dei servizi rivolti ai clienti Young.



Giuseppe Piersantelli

è entrato in azienda nel 2001. Si è occupato di comunità virtuali, servizi broadband, distribuzione di contenuti su piattaforme digitali. Dal 2008 al 2010 ha lavorato al Future Centre di Venezia, coordinando un progetto di innovazione su nuovi scenari di business legati alle immagini digitali e alla realtà aumentata. Dal 2011 è impegnato nello sviluppo e nell'evoluzione di TIM Cloud.

Notiziario Tecnico di Telecom Italia

Anno 21 - Numero 1, Aprile 2012
www.telecomitalia.com/tit/it/innovation/notiziario-tecnico.html
ISSN 2038-1921

Proprietario ed editore

Gruppo Telecom Italia

Direttore responsabile

Michela Billotti

Direttore tecnico

Oscar Cicchetti

Comitato di direzione

Alessandro Bastoni
Francesco Cardamone
Gianfranco Ciccarella
Sandro Dionisi
Daniele Franceschini
Stefano Nocentini
Roberto Opilio
Roberto Saracco
Cesare Sironi

Segreteria di redazione

Carla Dulach

Contatti

Via di Val Cannuta, 250-00166 Roma
Tel. 0636885308
notiziario.redazione@telecomitalia.it

Progetto editoriale

Peliti Associati

Art Director

Mario Peliti

Grafica e impaginazione

Marco Nebiolo

Copertina e illustrazioni

Paolo Cardoni

Fotografie

Patrizia Valfrè

A questo numero hanno collaborato

Irma Maria Abbondanza
Cristiano Amon
Laura Ardessi
Monica Aricò
Alessio Ascari
Paolo Aureli
Massimo Barbiero
Catarina Bautista Da Nova Reuter
Janilson Bezzera
Dario Boggio Marzet
Loris Bollea
Bonaventura Silvia
Patrizia Bondi
Luca Bruera
Luciano Capanna
Francesco Cardamone
Marco Caretti
Giuseppe Catalano
Serena Cenatiempo
Maurizio Crozzoli
Gian Michele Dell'aera
Marco Di Costanzo
Sandro Dionisi
Gabriele Elia
Franco Enrico
Umberto Ferrero
Gianluca Foddìs

Maurizio Fodrini
Indro Francelanci
Daniele Franceschini
Paola Fumagalli
Fabio Furci
Paolo Gianola
Ferry Gripink
Elena Guercio
Gianluca Guglielmi
Fabio Iaione
Giovanni Lofrumento
Claudia Maccario
Antonio Manzalini
Roberto Minerva
Giovanni Minissale
Laura Moschetti
Rossella Mossotto
Giuliano Muratore
Piercarlo Paltro
Margherita Penza
Giuseppe Piersantelli
Maria Luisa Ragone
Damiano Raspollini
Serena Reali
Antonella Roella
Giorgio Romano
Gianni Romano
Beatriz Romanos
Lorenzo Santilli
Fabio Santini
Roberto Saracco
Emanuele Silio
Loris Stola
Simone Topazzi
Chiara Trotta
Paolo Vailati
Alessandro Vaillant
Marco Valli
Cinzia Vetrano

Stampa

Tipografia Facciotti
Vicolo Pian Due Torri, 74-00146
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

31 marzo 2012

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

www.telecomitalia.it/tit/it/corporate/about_us/corporate_magazine.html

Carta ecologica riciclata

Fedrigoni Symbol Freelifa Satin

Prodotto realizzato impiegando carta certificata

FSC Mixed Sources COC-000010.

Prodotto realizzato impiegando carta con marchio europeo di qualità ecologica Ecolabel - Rif. N° IT/011/04.



Con la **NUVOLA ITALIANA**
i cataloghi vanno nella nuvola,
gli ordini vanno sul tuo tablet
e tu lavori dove vuoi.

Seguici su

nuvola.it/italia.it
www.italia.it



Entra nella Nuvola Italiana con Nuvola It Mobile Apps
e scopri come ridurre i costi diventando più innovativi.

Nuvola It Mobile Apps è l'offerta di Telecom Italia composta da decine di Apps per le Aziende. Per esempio, con l'App Catalogo Digitale puoi virtualizzare tutti i cataloghi della tua azienda e trasferirli nella Nuvola. In questo modo li avrai sempre a disposizione su web, sul tuo tablet e ovunque tu sia. Oppure c'è l'App Sales Order che permette alle tue forze di vendita di scegliere il prodotto, ottimizzando gli ordini di acquisto e velocizzando i processi. Così la tua azienda potrà scoprire come avere una maggiore efficienza a costi contenuti.

La **Nuvola Italiana** di Telecom Italia. L'unico cloud con la rete dentro.

