



5G
La rete di domani

1/2017



notiziario tecnico



Il **Notiziario Tecnico** è un **social webzine**, in cui è possibile discutere in realtime con gli autori i vari temi trattati negli articoli, restando in contatto su:

www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

Proprietario ed editore
Gruppo Telecom Italia

Direttore responsabile
Michela Billotti

Comitato di direzione
Enrico Maria Bagnasco
Sandro Dionisi
Giovanni Ferigo
Daniele Franceschini
Gabriele Elia

Art Director
Marco Nebiolo

Photo
123RF Archivio Fotografico
Archivio Fotografico TIM

Segreteria di redazione
Roberta Bonavita

Contatti
Via Reiss Romoli, 274
10148 Torino
Tel. 011 2285549
Fax 011 2285685
notiziariotecnico.redazione@telecomitalia.it

A questo numero hanno collaborato

Allasia Amdrea
Barani Bernard
Barberis Sergio
Bini Graziano
Boggio Dario
Boldi Mauro
Buldorini Andrea
Buracchini Enrico
Buscaglia Flavio
Califfano Nello
Calvi Andrea
Caretti Marco
Catalano Giuseppe
Chowdhury Kuntal
Corbi Maria Cecilia
Crozzoli Maurizio
D'Aria Giovanna
Di Mino Stefano
Elia Gabriele
Fadini Fabio
Fantini Roberto
Franceschini Daniele
Gaggini Marco
Galante Maria Pia
Gatti Fabrizio
Gianola Paolo
Guo Zhenhua
Lanzo Roberto
Lombardi Lucy
Ludovico Michele
Madella Mario
Manzolini Antonio
Marcelli Maurizio
Marchese Pierpaolo
Mazzarella Giuseppe
Moresi Fabio
Muratore Flavio
Paolucci Emilio
Piccinelli Luca
Pinnola Andrea
Pisano Paola
Procopio Roberto
Romano Giovanni
Santinelli Nicola
Vecci Lorenzo
Vercellone Vinicio
Zerbini Ezio

Editoriale

Il 5G è una trasformazione dirompente della rete fissa e mobile, che introduce prestazioni 10 volte superiori a quelle attuali, rappresentando una delle prossime architravi per la digitalizzazione del Sistema Paese, per la competitività delle industrie e per il cambiamento del nostro modo di comunicare e di vivere.

Questo numero del Notiziario Tecnico analizza il 5G, presentandolo come il propulsore tecnologico per innovare tutta la Rete, non solo nella sua componente di accesso radio, ma anche nella rete core e nelle piattaforme di gestione per i nuovi Digital Services.

Ovviamente il 5G è frutto di uno sforzo di ricerca, innovazione e standardizzazione che si svolge su scala mondiale. Nuove frequenze saranno messe in gioco, la rete evolverà

per gestire sia larghissima banda e bassissima latenza che comunicazioni critiche e un numero sempre più elevato di oggetti iperconnessi; inoltre Qualità di servizio e sicurezza saranno progettate "nativamente" in rete, anche attraverso i meccanismi del "network slicing".

In questo grande fermento mi preme sottolineare che TIM affronta le sfide del 5G partendo proprio dall'evoluzione della sua rete in fibra e di quella mobile 4G, solide basi per l'introduzione e la diffusione di tutti quegli scenari di servizio, come l'industria 4.0, le self driving cars, la public safety ...abilitati dal 5G stesso. Pertanto l'approccio scelto da TIM per costruire l'infrastruttura per la Gigabit Society è quello di dar luogo a nuove partnership industriali,

siglando accordi con i leader tecnologici, i rappresentanti della Pubblica Amministrazione e del mondo accademico, oltre che continuare a fornire contributi agli Enti di Standardizzazione, come la GSMA e il 3GPPP.

Sono convinto che TIM, partecipando e anticipando per quanto possibile gli obiettivi dell'Agenda Digitale Europea e del 5G Action Plan, stia lavorando al 5G da leader europeo, come del resto sta dimostrando di fare a Torino prima città a sperimentare la rete e i servizi di nuova generazione ■

Giovanni Ferigo

Indice



Antonio Manzalini

5G: una rivoluzione sistemica

Il 5G sarà molto più di un'evoluzione lineare della rete mobile LTE con nuovi sistemi di accesso e core, maggiore banda, migliori prestazioni e ridotti consumi. In una frase, il 5G si preannuncia come un'innovativa piattaforma di rete e servizi end-to-end capace di soddisfare le future richieste dei mercati consumer e business della Società Digitale.

Gabriele Elia, Pierpaolo Marchese

I driver globali sul 5G

Nell'evoluzione della Industry TLC ed Informatica il 5G è sicuramente l'Hype del momento. Qualsiasi ricerca su Google su "5G" restituisce migliaia di riferimenti, ogni bollettino tecnico che quotidianamente riceviamo comprende almeno un approfondimento 5G.



Graziano Bini

TIM a grandi passi verso il 5G

In campo con 4.5G a 700Mbps, l'architettura Virtual Radio Access Network e NB-IoT



Giuseppe Catalano, Daniele Franceschini, Lucy Lombardi

Obiettivo 5G: le attività TIM

Il 5G è la nuova generazione dei sistemi mobili, ma il suo campo di applicazione è molto più ampio rispetto al passato, rappresentando di fatto l'abilitatore tecnologico della società connessa e della Digital Life. I paradigmi di innovazione a cui si ispira sono basati su tecnologie e modelli di business in continua evoluzione, che richiedono agli Operatori Telco un percorso di profonda trasformazione. L'articolo analizza i principi di evoluzione dell'era digitale, le tecnologie caratterizzanti il 5G e la visione TIM, oltre a ipotizzare un percorso di dispiegamento che metta a valore i benefici congiunti delle tecnologie 5G e LTE.





Andrea Calvi, Paolo Gianola, Michele Ludovico, Maurizio Marcelli

Il nuovo scenario dell'accesso radio

Il nuovo standard 5G per reti radiomobili in corso di definizione rappresenta per TIM e per il Paese un'opportunità per lo sviluppo di nuovi segmenti di mercato abilitati da infrastrutture di rete tecnologicamente molto avanzate. Gli investimenti TIM dedicati all'evoluzione del 4G sono un fattore chiave per la guida di tale sviluppo tecnologico, dal momento che l'evoluzione del sistema LTE-Advanced sarà una componente fondamentale della futura rete 5G (per approfondimenti vedasi l'articolo "A grandi passi verso il 5G" di questo stesso numero del Notiziario Tecnico).

Stefano Di Mino, Mario Madella, Giuseppe Mazzarella, Roberto Procopio

Evoluzione della Core Network verso il 5G

Con le nuove reti 5G stiamo creando l'ecosistema per un mondo connesso dove le persone, le applicazioni, gli oggetti di uso quotidiano, i sistemi di trasporto, le città comunicano tra di loro e condividono informazioni per migliorare la qualità della vita. In questo contesto "flessibilità" diventa la nuova parola d'ordine (flessibilità nella progettazione, realizzazione e gestione dei servizi di comunicazione) e questo comporta la necessità di ripensare il modo di progettare la Core Network, aprendosi a nuove tecnologie mutate dall'Information Technology.



Bernard Barani

5G & Future Net

The European Commission has been a very early supporter of 5G with visionary research sponsored already in 2012 [Ref 1]. At the Mobile World Congress 2013, Commissioner Kroes challenged the industry to come up with a structuring European approach for 5G R&D. This has led to the setup of the European 5G Public Private Partnership (5G PPP). The 5G PPP is implemented under the Horizon 2020 programme with about 700 M€ of public support over the 2014-2020 time frame, with a private sector contribution expected to match that amount by a factor of at least 5. Altogether, this represents the largest 5G R&D initiative in the world.



a cura di Michela Billotti

TORINO 5G

La forza "rivoluzionaria" del 5G come abilitatore di nuove sfide tecnologiche ma anche asset fondamentale per la creazione di un nuovo ecosistema industriale.

Quattro chiacchiere con Paola Pisano, Assessore all'Innovazione del Comune di Torino ed Emilio Paolucci, Professore ordinario e Vice Rettore per il Trasferimento Tecnologico presso il Politecnico di Torino.



5G: UNA RIVOLUZIONE SISTEMICA

Antonio Manzalini



Il 5G come Ecosistema

Il 5G sarà molto più di un'evoluzione lineare della rete mobile LTE con nuovi sistemi di accesso e core, maggiore banda, migliori prestazioni e ridotti consumi. In una frase, il 5G si preannuncia come un'innovativa piattaforma di rete e servizi end-to-end capace di soddisfare le future richieste dei mercati consumer e business della Società Digitale. Dunque il 5G come "rivoluzione sistemica", espressione della maturazione e della convergenza di una serie di trend tecnico-economici, quali: la diffusione e "trasparenza" dell'accesso ultra-broadband fisso-mobile, lo straordinario aumento delle prestazioni dei sistemi hardware (accompagnato dal contemporaneo abbattimento dei costi), la diffusione di soluzioni e piattaforme software in open source, l'evoluzione del Cloud Computing verso Edge e Fog Computing, i progressi dell'Intelligenza Artificiale e lo sviluppo di terminali, e smart thing, sempre più potenti in termini di capacità di comunicazione, elaborazione e memorizzazione.

Questo è infatti quanto emerge dai progetti internazionali di innovazione (e.g., H2020 5GPPP), dalle attività nei vari enti e forum di Standardizzazione (e.g., 3GPP, ITU-T, ONF, GSMA, ETSI, IETF, IEEE ecc) e dai movimenti di mer-

1
Il cambio di paradigma portato dall'introduzione di tecnologie come SDN ed NFV
(fonte: GSMA "Unlocking Commercial Opportunities: From 4G Evolution to 5G", 2016)

cato (ad es., creazione ed acquisizione di start-up).
È convinzione diffusa che SDN ed NFV saranno due delle principali tecnologie del 5G, abilitanti rispettivamente il disaccoppiamento del software dai sistemi hardware e con la virtualizzazione di buona parte delle funzionalità di rete (figura 1). Queste tecnologie conferiranno al 5G alti livelli di flessibilità e programmabilità (ad es., attraverso API).

L'infrastruttura di rete acquisterà così una nuova "plasticità" tale da renderla capace di adattarsi rapidamente ed in maniera efficace alle richieste del mercato: infatti, da un'architettura di rete relativamente statica e chiusa si passa ad un modello con due livelli di definizione, quello hardware e quello software. Il software, inoltre, tende a diventare open source e l'hardware di tipo standard, quindi a costi sempre più

bassi. Dunque, in futuro, l'Operatore di rete quindi passerà dal dover gestire apparati e sistemi chiusi (con software proprietario ed l'hardware specializzato), ad una crescente moltitudine di processi e funzionalità software, dinamicamente allocabili su hardware distribuito (dal Cloud Computing nei Data Centre centralizzati, ai mini-Data Centre nei PoP all'edge della rete).

Infatti è ormai opinione diffusa che le traiettorie tecnologiche di SDN ed NFV intercetteranno la contemporanea evoluzione del Cloud Computing verso l'Edge e Fog Computing: un trend, quest'ultimo, che contribuirà ad alimentare spostamento delle risorse fisiche, logiche e quindi dell'intelligenza di rete e servizio, verso le zone più periferiche della rete, più vicine agli Utenti, addirittura fino ai terminali. È dimostrato infatti che l'integrazione dei sistemi di Edge e Fog Computing [1], [2] nell'infrastruttura 5G costituirà un fattore essenziale per abbassare i tempi di latenza richiesti dai servizi digitali del futuro.

In questo scenario di trasformazione digitale, il *Data Analytics* assume un ruolo chiave. La figura 2 illustra un esempio di utilizzo di un'applicazione RAN *Data Analytics*, eseguita da sistemi di Edge Computing, per ottimizzare le prestazioni di servizi video. In particolare, la RAN *Data Analytics* fornisce al video content server una stima in tempo reale del *throughput* effettivamente disponibile verso l'Utente: questa informazione viene quindi usata per ottimizzare le prestazioni del TCP e per assicurare che la codifica video si adatti alla capacità *downlink* istantanea. Migliora la qualità del servizio percepita e contemporaneamente si garantisce un'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse della rete radio.

La nuova "plasticità" infrastrutturale del 5G, acquisibile dall'introduzione di SDN ed NFV con sistemi di

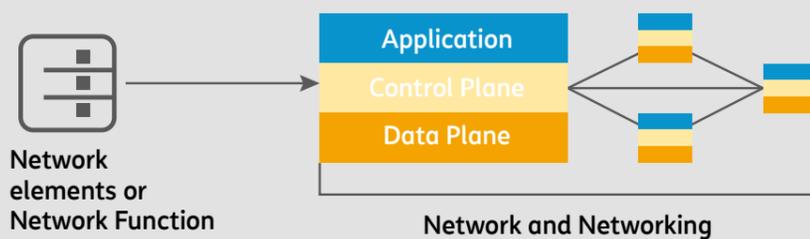
Data Analytics, ha tuttavia un rovescio della medaglia: infatti, se la virtualizzazione delle funzionalità di rete e servizio, da un parte aumentano flessibilità e programmabilità, dall'altra aprono una nuova forma di "complessità" nella gestione delle risorse e dei processi di rete. Si pensi, ad esempio, l'allocazione e l'orchestrazione dinamica delle funzioni virtuali, in risorse logiche distribuite, la gestione del loro ciclo di vita, l'ottimizzazione dei percorsi del traffico (ad es., *traffic steering*) nella costruzione delle *service chain*.

In altre parole, se le centrali diventeranno dei Data Centre [4] ed il computing sarà sia centralizzato sia distribuito fino all'edge dell'infrastruttura, è evidente che sarà necessario un elevato livello di autoconfigurazione ed automazione nei processi di accounting, monitoring delle prestazioni, sicurezza, provisioning ovvero, in tutte le funzionalità di Operations del 5G.

A tal fine, oggi c'è un forte interesse sull'estensione ed utilizzo del paradigma *DevOps* per le reti di domani [5]; inoltre si sta già guardando a come integrare in *DevOps* metodi di *Machine Learning* ed Intelligenza Artificiale. L'enorme disponibilità di dati di rete, dal numero dei possibili allarmi, agli eventi, ai log al minuto, rende infatti impossibile ai soli operatori umani un'analisi efficace, secondo le molteplici metriche disponibili di utilizzo a disposizione, e soprattutto un'attuazione decisionale rapida. Stanno così nascendo le soluzioni dette A.I.² (*Artificial In-*

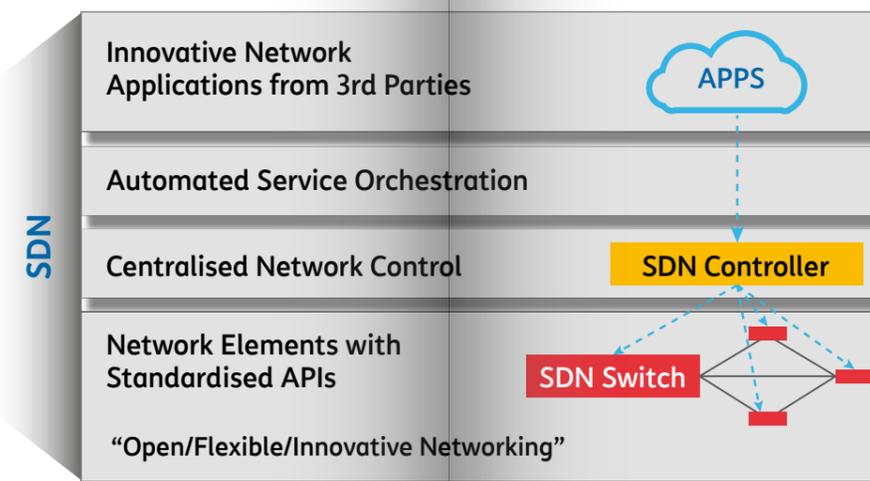
Traditional Networks

Networks elements with proprietary interfaces



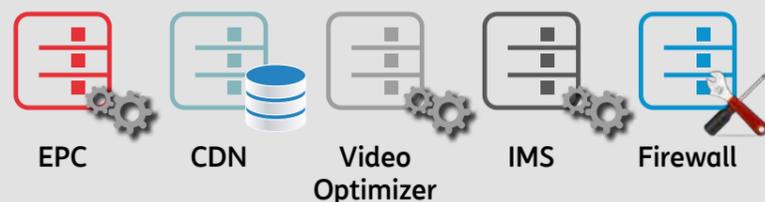
"Closed/Monolithic Networking"

Networks with SDN



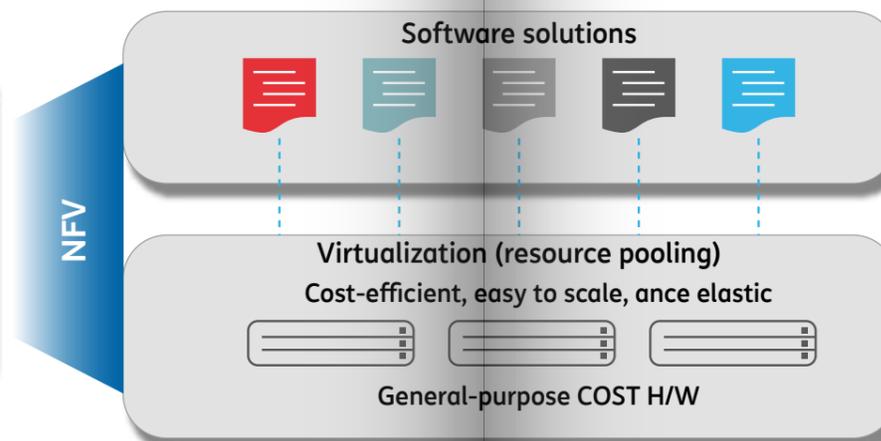
Traditional Networks

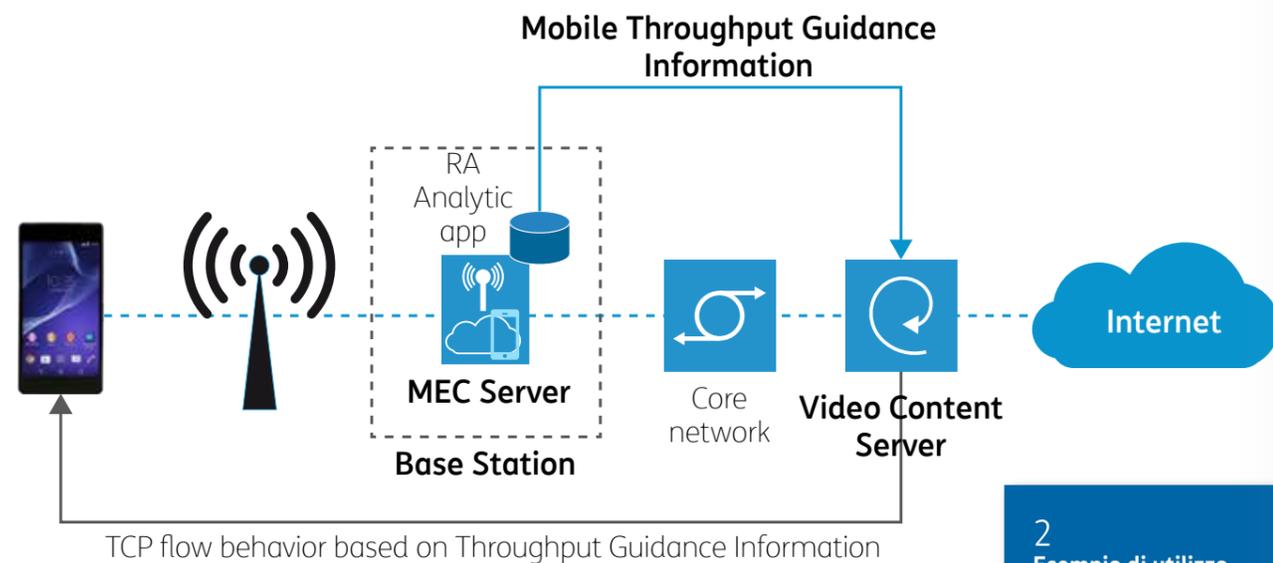
Networks functions on dedicated H/W



Vendor-specific/Special-purpose/Hard-to-scale

Networks with NFV



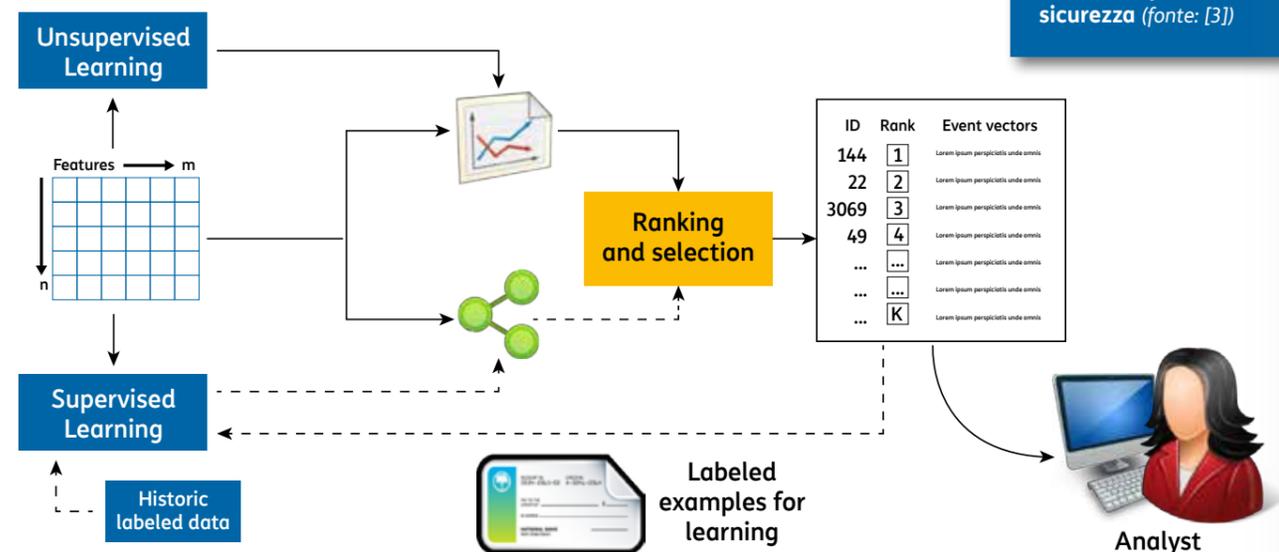


telligence al quadrato) dove l'analisi dell'operatore umano è supportata, in fase decisionale, da sistemi di Intelligenza Artificiale.

I sistemi Intelligenza Artificiale troveranno applicazione anche per gestire la sicurezza di rete, aspetto che dovrà essere affrontato *by-design*. La figura 3 riporta un esempio: in particolare il sistema

integra le capacità di un operatore esperto nel rilevare le situazioni a rischio con una piattaforma di *data analytics* in grado progressivamente di apprendere (*supervised e unsupervised learning*) [6] ed agire autonomamente.

Ma Intelligenza Artificiale sarà presente nel 5G anche secondo un'altra prospettiva: lo sviluppo di



2
Esempio di utilizzo di Edge Computing per ottimizzare le prestazioni di servizi video (fonte: [3])

3
A.I.2: esempio di utilizzo dell'Intelligenza Artificiale per sicurezza (fonte: [3])

terminali sempre più potenti, per capacità di comunicazione, processing e storage, sta aprendo la concreta possibilità di dotare i terminali con euristiche e metodi di Intelligenza Artificiale¹ eseguiti anche localmente. Non si tratta solo di agenti virtuali e chatbots capaci di rispondere (anche verbalmente) alle persone nella loro lingua madre, ma anche di sistemi di robotica distribuita, o guida automatica. In effetti, si prevede [7] che al 2025 il numero di Utenti non-human del 5G, (ad es., macchine o processi software) saranno uno/due ordini di grandezza più numerosi degli Utenti umani. È facile immaginare che questi Utenti non-human, dotati di una loro Intelligenza Artificiale, saranno in grado di richiedere autonomamente connettività e servizi 5G, secondo velocità dinamiche.

In sintesi, il 5G si preannuncia come una trasformazione profonda delle reti di telecomunicazioni, abilitata dall'integrazione di tecnologie quali SDN, NFV, Cloud-Edge-Fog Computing anche con Data Analytics ed Intelligenza Artificiale. Tutto questo porterà ad una profonda trasformazione digitale del business di molte industrie, non solo di telecomunicazioni. Ha senso dunque parlare del 5G secondo una prospettiva sistemica, come un nuovo ed emergente ecosistema che coinvolge non solo Operatori di Rete, Fornitori di Servizi ed Applicazioni, Fornitori di tecnologie, ma anche comunità sempre più estese di sviluppatori software in Open

Source, Università, Piccole Medie Imprese, reti sociali ecc.

Architetture "a prova" di traffico video

Si stima che al 2020 i contenuti video costituiranno circa l'80% del traffico trasportato dalle reti degli Operatori. Infatti alla crescita dei servizi video lineari (ad es., la tradizionale televisione analogica) si affiancano sempre più i cosiddetti servizi video non lineari, ovvero fruibili su richiesta dinamica dell'utente (ad es., contenuti di tipo VoD), per lo più offerti da un numero limitato di OTT, un'altra variabile, quest'ultima, di particolare importanza.

Questo scenario costituisce senza dubbio un'opportunità ma anche un rischio per la sostenibilità e lo sviluppo del *business* degli Operatori di rete. Si pongono infatti domande chiave, quali: come sfruttare al meglio le leve tecnologiche come SDN ed NFV per fronteggiare efficacemente questa forte crescita del traffico video? come individuare le contromisure strategiche da adottare, visto che il limitato numero di fornitori di contenuti servizi video potrebbe creare delle condizioni di potenziale svantaggio competitivo per gli Operatori?

In effetti, la "plasticità" di rete offerta da tecnologie come SDN ed NFV potrebbe permettere di sviluppare

delle architetture virtuali con multicasting on-demand e caching dinamico (pre-positioning, client-assisted delivery) orientate a migliorare le prestazioni percepite dall'Utente, garantendo al tempo stesso l'ottimizzazione delle risorse di rete utilizzate. In tal senso, il concetto di "network slice" (figura 4) aiuterebbe a creare delle "partizioni" dinamiche delle risorse virtualizzate di rete, processing e caching dedicate al traffico video. Si ricorda che una "network slice" potrebbe essere vista come un insieme di risorse virtualizzate che condividono la stessa un'infrastruttura fisica: in altre parole, fare lo "slicing" dell'infrastruttura permette di allocare e gestire dinamicamente multiple istanze di rete, secondo i requisiti richiesti dai diversi contesti applicativi.

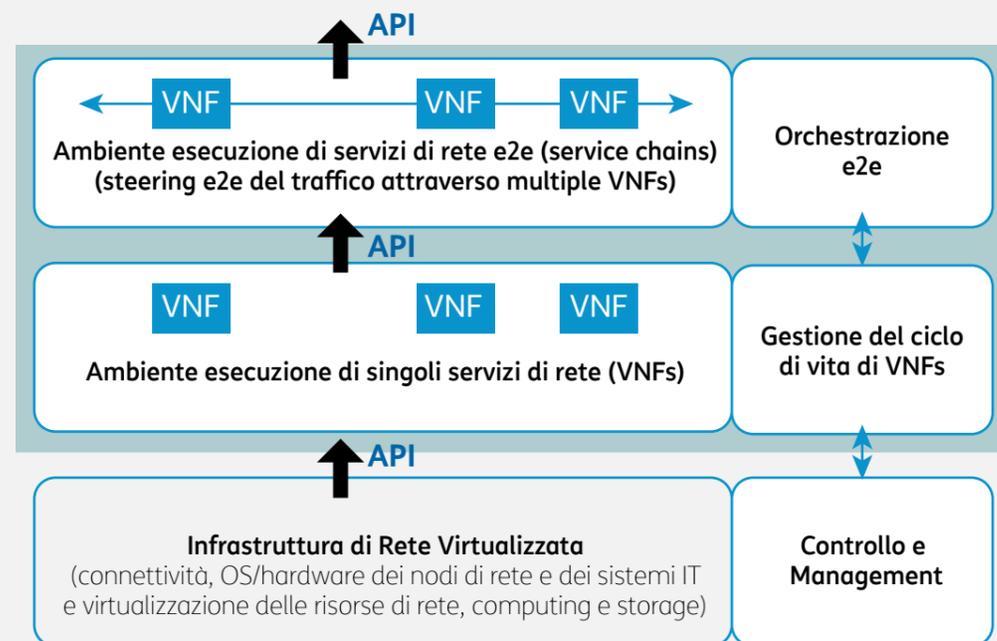
Sebbene si osservi, in generale, una tendenza generale a convergere verso un comune modello architetturale, oggi ci sono ancora diversi approcci tecnologici e di sistema, in corso di esplorazione e sviluppo.

Tra questi si ricordano gli approcci di ETSI NFV, OpenMANO, CORD di ONF-ON.Lab, ONAP (emerso dalla recente fusione di ECOMP con Open O (Figure 5 e 6). Non è possibile, nell'ambito di questo articolo, entrare nel dettaglio tecnico su come questi approcci si differenziano: gli aspetti chiave restano da una parte la comunanza del modello architetturale di alto livello e dall'altra la fluidità con la quale Operatori e Fornitori di tecnologie si stanno posizionando.

VERSO COMUNE MODELLO ARCHITETTURALE

SDN ed NFV, integrate con Cloud Edge Computing, e sistemi di Intelligenza Artificiale sono ritenute le principali tecnologie abilitanti per il 5G, capaci di conferirgli flessibilità e programmabilità (ad es., attraverso API). L'infrastruttura di rete acquisterà così una nuova

“plasticità”: da un'architettura relativamente statica e chiusa si passerà ad un'architettura con due livelli di definizione, quello hardware e quello software. In tale direzione, i progetti internazionali di innovazione (e.g., H2020 5GPPP), le attività nei vari enti e forum

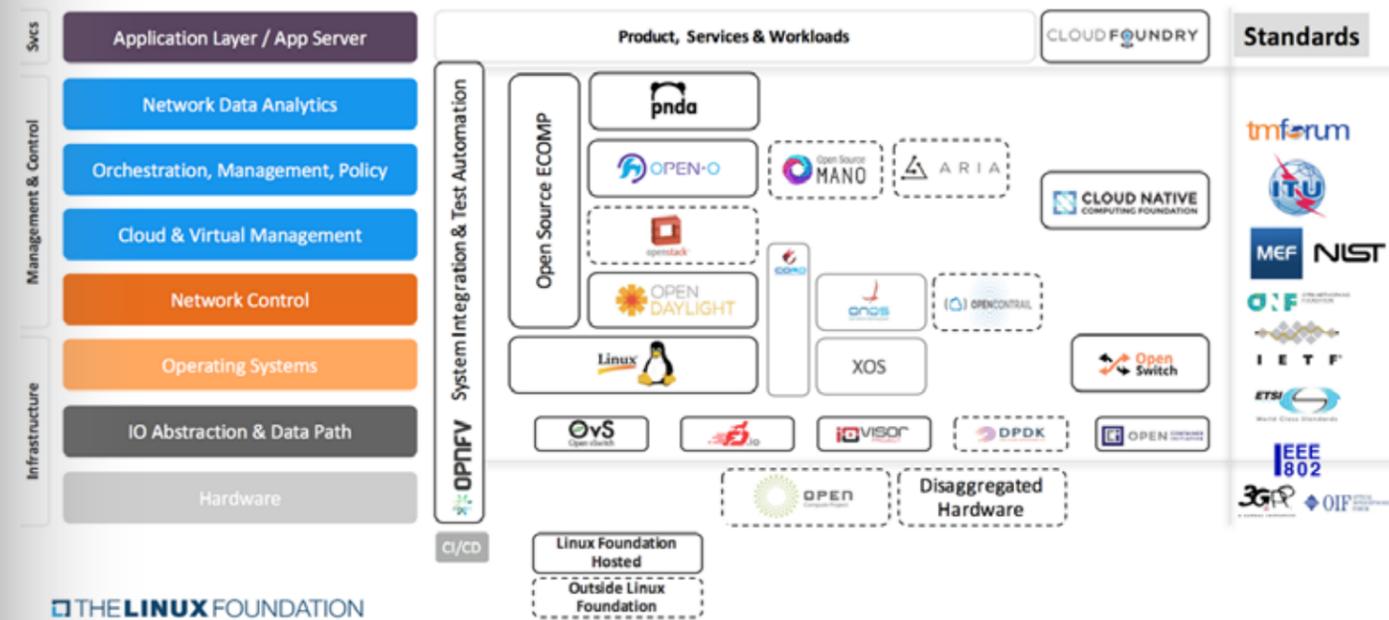


A1
Visione semplificata del modello architetturale

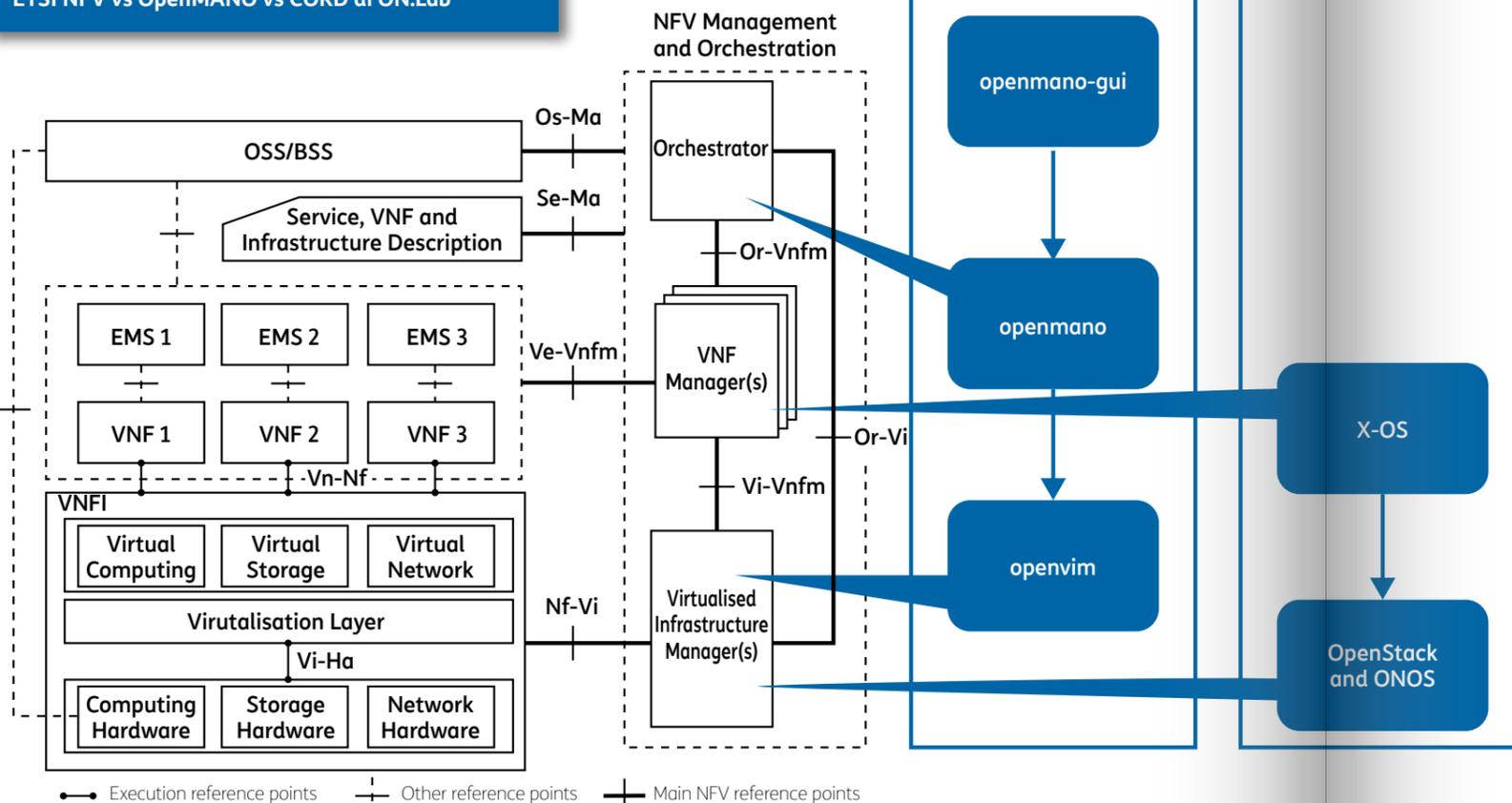
di Standardizzazione (e.g., 3GPP, ITU-T, ONF, GSMA, ETSI, IETF, IEEE ecc) ed i movimenti di mercato (ad es., creazione ed acquisizione di start-up) lasciano intravedere una tendenza generale a convergere verso un unico modello architetturale di alto livello. Infatti, comune ai vari approcci, ad esempio di ETSI NFV, OpenMANO, ONF-ON.Lab, ONAP, è il disaccoppiamento tra l'infrastruttura virtualizzata (hardware) e le piattaforme (software) di esecuzione ed orchestrazione dei servizi di rete (Figura A1).

Anche la Linux Foundation ha posizionato i diversi componenti software open source, in corso di sviluppo, secondo una prospettiva unificante (Figura A2) che mira a creare una massa critica internazionale ■

A2
L'ecosistema Open Source secondo la Linux Foundation



5
Esempi di approcci tecnologici in via di sviluppo:
ETSI NFV vs OpenMANO vs CORD di ON.Lab

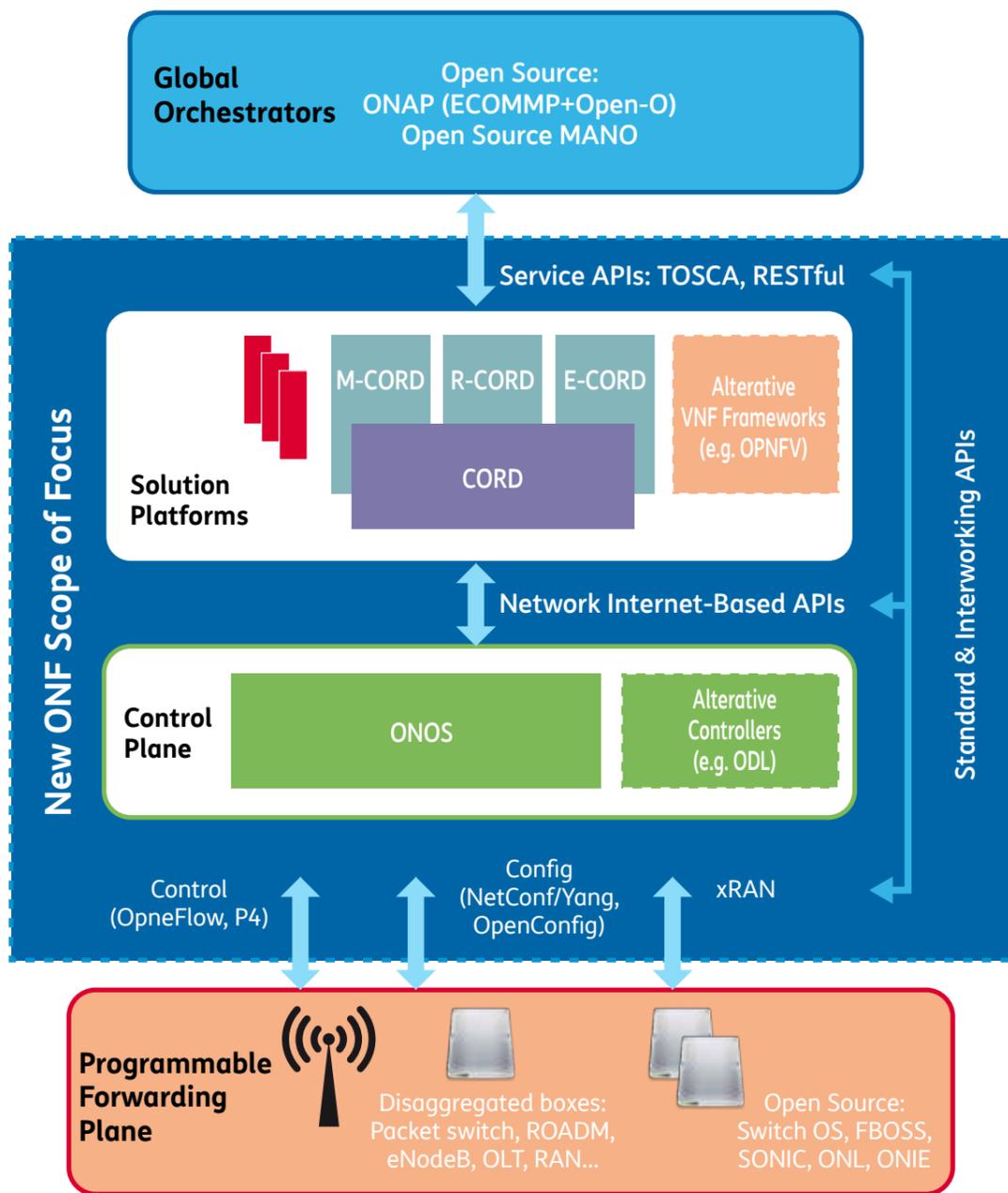


La sostenibilità nel nuovo ecosistema

In definitiva, il 5G si preannuncia come un “game changer”, espressione di una profonda trasformazione tecnico-economica dettata da maturità e convergenza tecnologica di SDN, NFV, Cloud-Edge Computing, Data Analytics ed Intelligenza Artificiale. L’innovazione sarà sempre più “open” ed assumerà carattere sistemico, a superamento defi-

nitivo passato approccio “waterfall” (ricerca, standardizzazione, sviluppo dei sistemi e messa in campo) che ha caratterizzato lo sviluppo delle reti legacy. È dunque ragionevole aspettarsi che questa congiuntura, condurrà ad una sempre più profonda diffusione e penetrazione delle telecomunicazioni nel tessuto sociale, culturale ed economico della Società Digitale, che a sua volta detterà le linee evolutive future.

Non si tratta quindi solo di connettività pervasiva di alte prestazioni, e di servizi di rete a supporto di contenuti video, ipermediali, ma anche di nuove forme di comunicazione e nuovi modelli industriali che influenzeranno profondamente l’evoluzione della nostra realtà, anche dal punto di vista culturale e politico. È già successo in passato: si pensi come la radio e la TV hanno influenzato la nostra società rispettivamente durante e dopo la Seconda



6
Esempi di approcci tecnologici in via di sviluppo: ONAP vs ONF
(Fonte: ONF-ON.Lab)

Guerra Mondiale. Occorre osservare tuttavia che, mentre in passato, l’innovazione nelle comunicazioni hanno manifestato uno sviluppo pressoché graduale e continuo, in

linea con l’evoluzione inerziale della società, l’attuale trasformazione tecnologica, che pur sempre è parte integrante della nostra società, sta accelerando, e procede esponen-

Come la Softwarizzazione cambierà l'ecosistema?

Il 5G si preannuncia come una “rivoluzione sistemica”, espressione della maturazione e della convergenza di una serie di trend tecnico-economici, in grado di trasformare profondamente l'attuale catena del valore. Non solo SDN ed NFV ma anche Cloud, Edge Computing, sistemi di Big Data Analytics e Intelligenza Ar-

tificiale che permetteranno una ridefinizione dei modelli architetturali di rete, disaccoppiando le piattaforme hardware da quelle software.

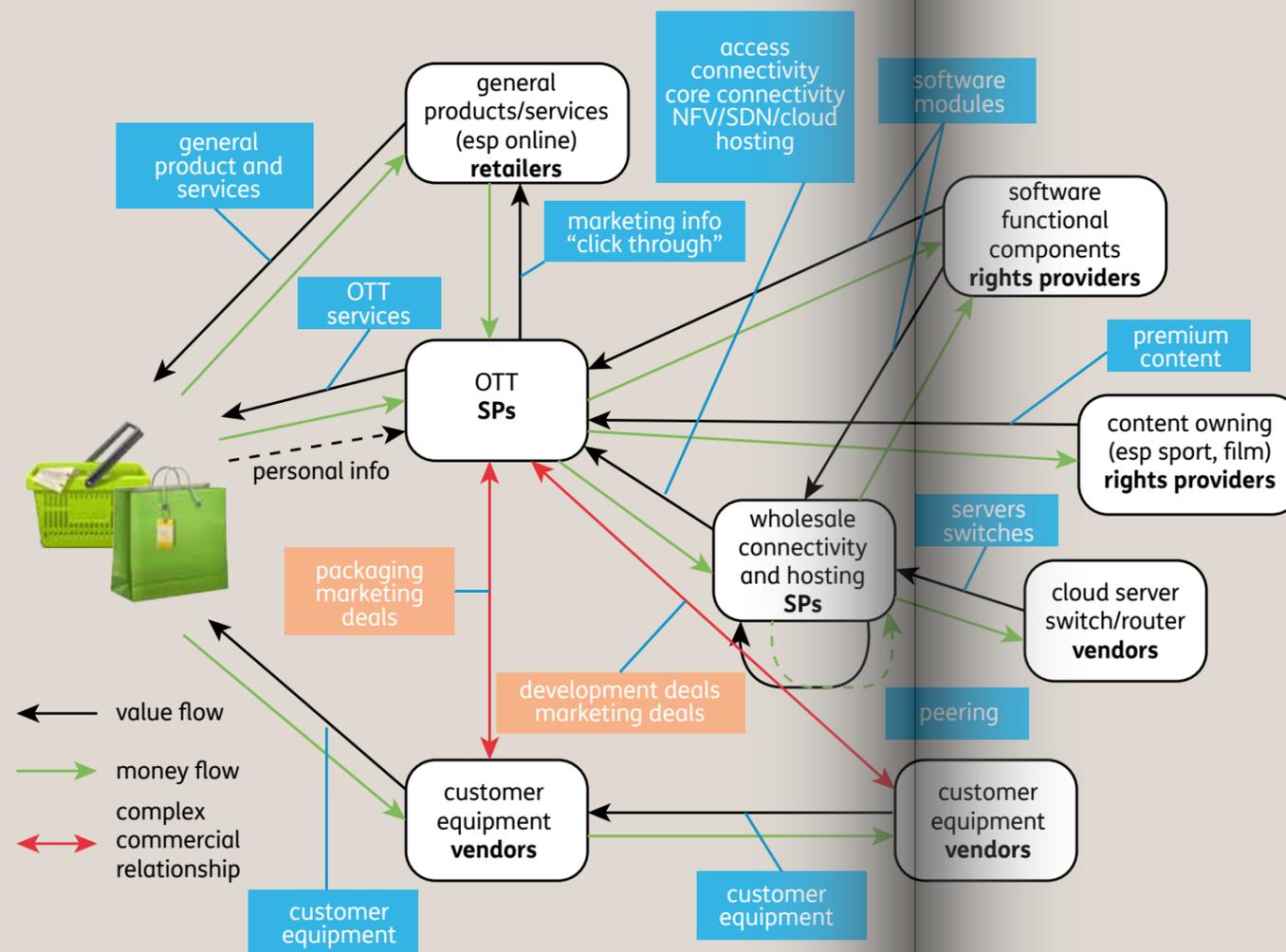
La seguente figura illustra una possibile evoluzione dell'ecosistema dove la “Softwarizzazione” determinerà l'emergere di una nuova distinzione di ruoli tra Fornitori di apparati e si-

stemi hardware globali (cloud server, router, switch, nodi di trasporto) e Fornitori di componenti funzionali software (ad es., sistemi operativi di rete, framework di orchestrazione). Dal punto di vista dei Service Provider/Operatori di Rete, la trasformazione tecnologica offrirà la possibilità fornire sia una connettività

pervasiva di altissima qualità, sia un'ampia gamma di servizi di rete programmabili, orientati ai mercati business e Consumer. In tal senso, assumeranno valore strategico le partnership con Fornitori di contenuti (ad es., sport, film, ecc) ■

Come la Softwarizzazione trasformerà l'attuale ecosistema

(fonte: D. Lopez, A. Manzalini, A. Reid “Softwarization: how and when?” EC, Bruxelles, 11 luglio 2014)



zialmente. Questo scostamento inevitabilmente porterà ad una discontinuità, difficilmente gestibile con un approccio inerziale.

Ci si aspetta una profonda trasformazione non solo degli Operatori di rete e Fornitori di servizi, ma di tutto l'attuale ecosistema: si pensi ad esempio la possibilità di role splitting e merging tra i Fornitori di apparati Telecom e Fornitori di sistemi per Cloud/Data Centre. Questo nasce infatti dal fatto che sia i nodi di switching/routing sia le altre funzionalità di rete (ad es., “middlebox”) si trasformano in processi software, disaccoppiabili dall'hardware e quindi allocabili dinamicamente ed eseguibili in risorse logiche (come Virtual Machine o Container) nel Cloud-Edge Computing. I Fornitori di apparati Telecom potrebbero orientarsi verso un disaccoppiamento del ruolo di Fornitori di piattaforme hardware globali (per datacentre/infrastructure) dal ruolo di Fornitori di soluzioni di rete ed orchestrazione puramente software; ma questo potrebbe essere vero anche per i Fornitori di sistemi per Cloud/Data Centre che intravedono la possibilità di fornire piattaforme software non solo per il mondo Cloud ma anche per la cosiddetta “softwarizzazione” delle reti Telecom.

Dal punto di vista degli Operatori di Rete, la trasformazione tecnologica offrirà la possibilità fornire sia una connettività pervasiva, con la massima qualità possibile, sia un'ampia gamma di servizi di rete programmabili, orientati ai mercati business

e Consumer. In tal senso, assumeranno valore strategico le partnership con Fornitori di contenuti. La sostenibilità futura degli Operatori di Rete sarà raggiungibile attraverso un percorso strategico di sviluppo, messa in campo ed operation di un'infrastruttura “softwarizzata”, altamente flessibile e programmabile, capace di adattarsi rapidamente alle dinamiche di mercato, minimizzando al tempo stesso i costi per bit elaborato e trasmesso.

Conclusioni

In conclusione, si osserva una convinzione sempre più diffusa che 5G sarà una “rivoluzione sistemica”: le infrastrutture legacy verranno superate da un'innovativa piattaforma virtualizzata di rete e servizi end-to-end capace di rispondere efficacemente alle esigenze di un mercato che vede il rapido aumento della richiesta dei servizi e dei contenuti video, la diffusione di massa di prodotti-servizi digitali, ma anche la personalizzazione della pubblicità come nuovo driver di business.

L'accelerazione tecno-economica di questa trasformazione pone tuttavia importanti sfide sulla sostenibilità industriale che richiedono l'adozione di un approccio sistemico.

Gli operatori di Rete stanno adottando diverse strategie per affrontare questa profonda trasformazione. Ad esempio alcuni Operatori si stanno orientando verso una strate-

gia “inerziale”, che prevede una graduale introduzione di SDN ed NFV nelle infrastrutture legacy; la strategia più diffusa (in quanto ritenuta di attuazione più veloce ed efficace) tuttavia, è quella “dedicata”, ovvero orientata allo sviluppo e messa in campo di un primo nucleo di infrastruttura “softwarizzata” parallela, da far crescere gradualmente e verso cui migrare i servizi futuri, quando l’infrastruttura legacy non sarà più economicamente sostenibile. Si pensi agli esempi di trasformazione di rete come Terastream (Deutsche Telekom) ed Indigo 3.0 (AT&T), dove il modello di “sistema operativo di

rete” appare in grado di cambiare la prospettiva delle reti nello stesso modo in cui i sistemi operativi hanno cambiato il nostro approccio a PC e smartphone.

È evidente l’importanza strategica per l’Operatore di acquisire, sviluppare delle competenze sul “software”. Inoltre le competenze dovranno essere di carattere più sistemico, capaci di integrare delle conoscenze di rete con delle conoscenze informatiche trasversali riguardanti ad es. DevOps, Machine Learning, Sicurezza ed Intelligenza Artificiale. L’aspetto più critico in questa trasformazione resta tuttavia il cam-

bio di “cultura aziendale” richiesto all’Operatore. I cambiamenti non riguarderanno solamente lo sviluppo di nuove competenze, ma anche l’adozione di processi lean, tipici degli Over The Top. Insomma, una trasformazione che consentirà agli Operatori, che sapranno affrontarla adeguatamente, risparmi, aumento di efficienza e flessibilità ed offerta di nuovi servizi digitali. Non c’è dubbio che il 5G sarà presente nella vita digitale di

ognuno di noi e di ogni impresa nel mondo, in maniera ancora più pervasiva ed efficace di quanto siano oggi le reti ■

Bibliografia

- [1] ETSI MEC - <http://www.etsi.org/index.php/news-events/news/1078-2016-04-etsi-mobile-edge-computing-publishes-foundation-specifications>
- [2] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, “Fog computing and its role in the internet of things,” in workshop on Mobile Cloud Computing. ACM, 2012;
- [3] R. Schuster, “Boosting User Experience by Innovating at the Mobile Network Edge”, 1st ed. Sophia Antipolis: ETSI, 2015;
- [4] From CORD to the 5G Era. Available Online at: <http://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2016/n-1-2016/capitolo-2.html>
- [5] <https://tools.ietf.org/html/draft-unify-nfvrg-devops-00>
- [6] Veeramachaneni, Kalyan, et al. “AI²: Training a Big Data Machine to Defend.” Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE International Conference on High Performance and Smart Computing (HPSC), and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS), 2016 IEEE 2nd International Conference on. IEEE, 2016;
- [7] Network architecture for the 5G era, Nokia Solutions and Networks. Available Online at: http://networks.nokia.com/sites/default/files/document/nokia_5g_architecture_white_paper.pdf.



Antonio Manzalini antonio.manzalini@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, Ph.D è entrato in Telecom Italia nel 1990 ed ha partecipato a diversi progetti di ricerca internazionali riguardanti reti di trasporto SDH ed ottico (WDM), occupando varie posizioni di responsabilità. Ha inoltre partecipato a molte attività di standardizzazione, guidando alcuni gruppi di lavoro in ITU-T ed IEEE. Attualmente si occupa di tecnologie ed architetture di reti evolutive in ottica 5G, basate sull’integrazione di SDN, NFV con Cloud-Edge Computing e sistemi di Intelligenza Artificiale. È autore un centinaio di pubblicazioni internazionali e di sei brevetti ■

I DRIVER GLOBALI SUL 5G

Gabriele Elia, Pierpaolo Marchese

Introduzione

Nell'evoluzione della Industry TLC ed Informatica il 5G è sicuramente l'Hype del momento. Qualsiasi ricerca su Google su "5G" restituisce migliaia di riferimenti, ogni bollettino tecnico che quotidianamente riceviamo comprende almeno un approfondimento 5G. Eppure le specifiche 3GPP del 5G, nella migliore dell'ipotesi saranno completate solo nel 2018, a parte un anticipo sulla componente radio e le prime soluzioni 5G "end to end" dif-

ficilmente appariranno sul mercato prima del 2020. Si sta addirittura verificando anche una "competizione" tra macroregioni economiche, gli USA, l'Asia e l'Europa. In Nord America AT&T e Verizon hanno deciso di anticipare al massimo i tempi, anche nei gruppi di standardizzazione, almeno per poter lanciare servizi di accesso fisso con tecnologie radio "5G" entro il 2018. In South Korea ai Giochi Olimpici Invernali di Pyeong Chang sarà mostrato un servizio mobile vero e proprio, forse in parte pre-standard,

con contenuti ultra broadband, e lo stesso avverrà con le Olimpiadi di Tokio del 2020 che saranno sicuramente trasmesse a qualità video 8K su reti 5G.

La Commissione Europea ha lanciato un piano chiamato 5G Action Plan [nota 1] per stimolare, facilitare e armonizzare le iniziative in ambito europeo, piano che prevede un dispiegamento su larga scala nel 2025 ed alcuni governi (es UK) indicano benefici socio-economici di forte rilevanza attorno al 2030. In un'epoca caratterizzata da visioni strategiche di breve termine, ossessionata dal ROI e dalla

volatilità del mercato finanziario, perché dunque attorno al 5G vi è così tanto interesse e discussione? Come per tutti i libri di maggiore successo e fortuna nel tempo, il 5G si presta a letture molto diverse ed ogni stakeholder può trovare nel 5G ragioni differenti e profonde di necessità e di sviluppo di questa nuova tecnologia che per le sue varie implicazioni ed aspettative trascende il puro fatto tecnico. Di qui anche la varietà dei percorsi che, partendo anche da punti di vista e aspettative differenti, convergono verso il 5G.

A nostro parere vari sono i drivers che guidano questi percorsi, ma alcuni si impongono più di altri:

- 1) Nuovi service concepts e opportunità nello sviluppo del Mobile ultrabroadband, lo sviluppo massivo dell'Internet delle Cose - IoT, sia nel settore privato, che



in quello pubblico (smart city e Digital Agenda in Europa e Italia) che nella trasformazione del settore industriale (Industry 4.0);

- 2) Il 5G come fattore tecnologico abilitante per un nuovo ciclo di sviluppo macro economico;
- 3) Il processo di trasformazione degli operatori di telecomunicazione e delle loro piattaforme tecnologiche all'interno delle nuove catene del valore;
- 4) Il "technology push", la disponibilità di nuove tecnologie, in particolare nel Radio e nella softwareizzazione della Rete;
- 5) La sostenibilità economica della Rete 5G.

Questi drivers delineano percorsi anche differenti per i vari stakehol-

ders, in cui variabili economiche, maturità tecnologica, situazioni di mercato e ed aspettative di sviluppo si mescolano in un quadro che si definirà via via nei prossimi anni e che quindi oggi può essere solo brevemente schematizzato.

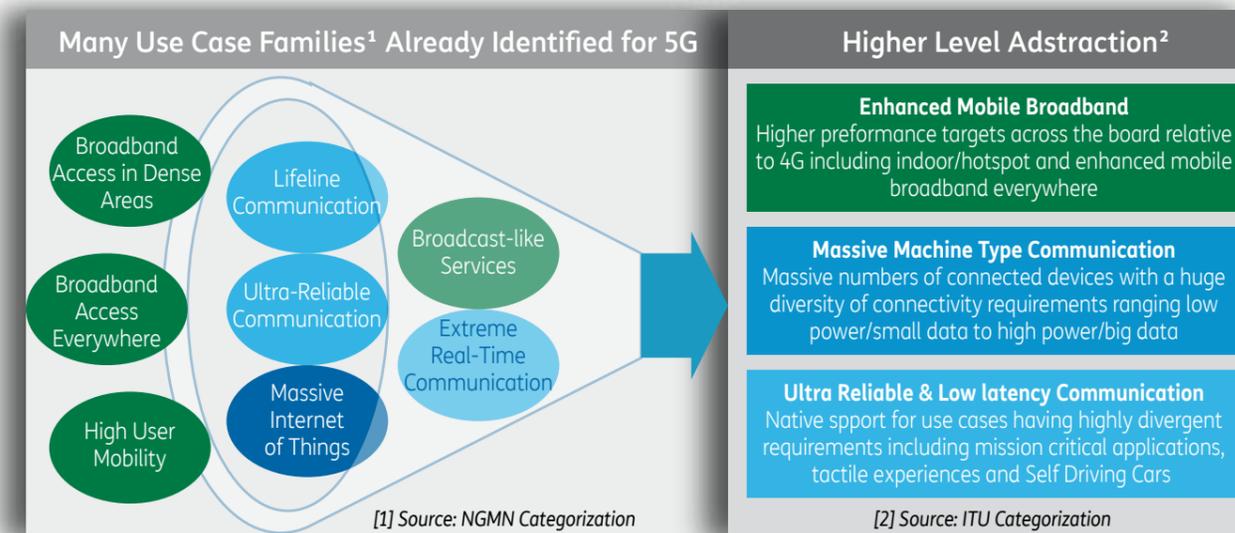
Le promesse del 5G

Prima di addentrarci nell'analisi dei drivers può essere opportuno, nella babele linguistica e mediatica che caratterizza il 5G, definire con maggiore precisione le aspettative tecnologiche legate al 5G. A tale riguardo può essere utile la schematizzazione operata recentemente

da ITU che definisce l'ambito delle aspettative 5G.

Rispetto ad altre fasi tecnologiche recenti, come il 3G oppure il 4G, il 5G ha dunque l'ambizione di coprire classi di servizio estremamente eterogenee, dall'enhanced Mobile Ultra broadband, ottimizzato per la trasmissione video e throughput dell'ordine del Gbps (abilitando scenari di Augmented/Virtual reality), alla comunicazione UltraReliable ed a bassissima latenza, tipica di molte necessità della Industria e dei mercati Verticali più esigenti (Autonomous Driving, Energy Management, Robotica) al Massive Machine Type Communication abilitante per gli scenari di connettività degli oggetti (Smart Cities).

The minimum requirements for downlink peak data rate is 20Gbit/s	
The minimum requirements for uplink peak data rate is 10Gbit/s	
Target downlink "user experienced data rate" is 100Mbit/s	
Target uplink "user experienced data rate" is 50Mbit/s	
Downlink peak spectral efficiency is 30bit/s/Hz	
Uplink peak spectral efficiency is 15bit/s/Hz	
Minimum requirement for user plane latency for eMBB is 4ms	
Minimum requirement for user plane latency for URLLC is 1ms	
Minimum requirement for control plane latency is 20ms	
A lower control plane latency of around 10ms is encouraged though	
Minimum requirement for connection density is 1,000,000 devices per km ²	
Requirement for bandwidth is at least 100MHz	
Bandwidths up to 1GHz are required for higher frequencies (above 6GHz)	
Four classes of mobility are defined:	Stationary: 0km/h
	Pedestrian: 0km/h to 10km/h
	Vehicular: 10km/h to 120km/h
	High speed vehicular: 120km/h to 500km/h



Nuovi service concepts e opportunità nello sviluppo del Mobile ultrabroadband, L'IoT massivo, Industry 4.0 e la Digital Agenda

Come detto, la tecnologia 5G si troverà ad essere la tecnologia di rete in introduzione pressappoco dalla fine di questo decennio diventando dominante per un periodo di 10 o 15 anni, al 2030 o oltre. In base alla nostra esperienza recente, possiamo immaginare quanto il cambierà in un periodo simile il contesto sociale e geopolitico ed economici - basti pensare che la popolazione mondiale supererà i 7 miliardi di persone, che saranno tutte connesse; lo stato delle tecnologie di base (si pensi alle nanotecnologie, alla medicina genetica, lo sviluppo della robotica e dell'Intelligenza

Artificiale...); probabilmente avremo i primi effetti del cambiamento climatico globale (le calotte polari hanno fenomeni di scioglimento relativamente rapido e probabilmente assisteremo a fenomeni di innalzamento del mare e di inondazioni o siccità in aree più estese che in passato); la NASA avrà probabilmente portato il primo uomo su Marte (sicuramente usando il 5G come rete terrestre per il lavoro necessario).

È difficile prevedere lo scenario di "servizi" in cui ci troveremo, ma probabilmente alcune caratteristiche del 5G saranno importanti per lo sviluppo degli stessi, in particolare:

- a grande quantità di banda che metterà a disposizione, almeno 10 volte quelle attuali; questo permetterà di sviluppare ulteriormente i servizi basati su video e i servizi informatici basati su elaborazione distribuita e il trasfe-

rimento dati, come quelli cloud-based;

- la possibilità di costruire reti con bassissima latenza, dieci volte inferiore alle reti attuale: questo sarà importante per classi di servizi di massa, p.es. sistemi di controllo industriale o il futuro dei trasporti e auto a guida autonoma;

- la possibilità di gestire a costi e consumi energetici convenienti un numero molto maggiore di connessioni, compresi sensori e attuatori che costituiranno la "massive internet of things";

- la flessibilità e rapidità di configurazione e riconfigurazione delle reti, definita dalla applicazione di nuovi meccanismi principalmente dovuti alle architetture software.

In questo senso, i servizi abilitati o impattati dal 5G sono spesso rappresentati in tre grandi macrocategorie:

- i servizi del mobile ultrabroadband evoluto ("Enhanced Mobile Broadband" - eMBB"); L'accesso a Internet a banda ultralarga è sicuramente uno degli scenari possibili. In alcuni mercati, il 5G sarà usato, in sinergia con reti in fibra per il collegamento delle stazioni radio, per soluzioni di "fixed wireless access" sostituendo il cavo nell'ultimo segmento di rete per gli utenti fissi. In questa categoria appartengono sicuramente l'evoluzione del video verso dalle reti classiche di broadcasting alle reti "IP", e la tendenza a offrire formati e qualità sempre maggiori (il 4K o UHD, in futuro prossimo l'8K a risoluzioni 16 volte superiore all'attuale HD, i formati video a grande dinamica di colore e luminosità dell'immagine chiamata HDR. Il gaming online sarà un altro settore che trarrà grandi opportunità dalle caratteristiche di grande banda e bassa latenza della rete 5G. Grandi aspettative ci sono anche nel settore della educazione e formazione
- i servizi dell'IoT "massivo" cioè con un gran numero di oggetti, sensori, attuatori da collegare anche presenti in un'area ristretta. Il numero di oggetti connessi supererà di ordini di grandezza il numero di esseri umani, e il 5G continua l'evoluzione del 4G offrendo una tecnologia che permette non solo di gestire il numero ma anche di collegare oggetti che devono avere bassissimo consumo, riducen-

do i costi operativi p.es. con sistemi che permettono alle batterie di durare anni senza sostituzione. I settori della trasformazione della cosiddetta industria 4.0, con un'automazione delle fasi di produzione e con una integrazione molto maggiore del ciclo di progettazione anche con i subfornitori; dell'agricoltura di precisione e dello smart farming, p.es. modulando in maniera precisa sementi, irrigazione, concimazione, lotta ai parassiti; in molti altri settori quali Asset tracking, le Smart cities, le smart home, i sistemi di assistenza sanitaria domestica assistita, il monitoraggio energetico e delle utility in generale; l'evoluzione dei negozi, il cosiddetto "smart retail". Questi settori, in parte già in sviluppo con una frammentazione di tecnologie, sperimenteranno forse più del segmento "ultrabroadband massivo" una trasformazione dovuta alla introduzione delle tecnologie digitali e al 5G specificatamente.

- I servizi "mission critical", dal controllo delle smart grid al futuro delle auto connesse e a guida autonoma. Esistono una serie di aree applicative che richiedono alta affidabilità, latenza ridotta, hanno elevati requisiti di sicurezza e disponibilità di servizio. Ne citiamo alcuni:
 - I veicoli a guida autonoma, che trasformeranno non solo il settore industriale dell'auto ma tutta l'economia dei trasporti e della mobilità; anche pri-

ma degli scenari di autonomia che non sono così lontani, la connettività cosiddetta "Vehicle to Vehicle" e "Vehicle to Infrastructure" (V2X) permetterà di trasportare al guidatore e al veicolo informazioni (e comandi) decisive per ridurre l'incidentalità e vittime ma anche risparmiare tempo e ridurre l'inquinamento.

- I droni autonomi e connessi in rete, e non semplicemente "teleguidati" come quelli attuali, che avranno innumerevoli applicazioni nel campo del monitoraggio, delle smart city ma persino della logistica:

- Industrial automation e Industry 4.0, quando sono coinvolti processi real time di produzione (p.es. nell'automazione robotica), in cui la radio "sicura" e con latenze basse e garantite sarà indispensabile;
- Il settore energetico al di là del metering e verso il mondo delle Smart grid in cui domanda e offerta sono controllate dinamicamente.

Molti di questi settori saranno impattati ancora più profondamente dal 5G e dalle tecnologie di comunicazione, anche se i tempi saranno forse più lunghi.

Una delle caratteristiche originali dello sviluppo e finalizzazione del 5G è che il lavoro viene molto svolto cercando di coinvolgere come requisiti e use cases le industrie verticali citate in questa carrellata di servizi, modificando un processo tradizionale del mondo delle telecomunicazioni.

Il 5G come fattore tecnologico abilitante per un nuovo ciclo di sviluppo macro economico

Grazie alla sua capacità di indirizzare differenti requisiti, molti analisti economici collocano oggi, con qualche obiettivo rischio, il 5G tra le cosiddette GPT (General Purpose Technologies) [nota 3], alla pari di tecnologie che hanno condizionato lo sviluppo economico worldwide

(la stampa, le ferrovie, l'elettricità, Internet). Uno studio IHS in collaborazione con Università americana prevede un contributo medio dell'ordine di 200 B\$ all'anno alla crescita globale dell'economia nel periodo 2020-2035, pari a circa lo 0,2% della crescita annuale del PIL. Il valore cumulato è paragonabile al valore attuale del PIL della settimana di potenza industriale attuale (India). Ancora più impressionanti, nello studio citato, i dati sui volumi complessivi di transazioni economiche

(global sales activities) che si presume, nel 2035, saranno associate a tecnologie 5G, e pari a circa 12300 B\$ (circa il 4% delle transazioni economiche mondiali previste), distribuite in tutti i settori merceologici.

Da "5G Economy Impact"

online <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/ihs-5g-economic-impact-study.pdf>

Source: IHS

5G will enable \$12 trillion of global economic activity in 2035 2016 US\$ billions

Industry	Enhanced mobile broadband	Massive Internet of Things	Mission Critical Services	5G-enabled output (2018\$, M)	Percent of Industry output
Ag., forestry & fishing	High impact	High impact	High impact	510	6.4%
Arts & entertainment	High impact	No impact	High impact	65	3.5%
Construction	High impact	High impact	High impact	742	4.7%
Education	High impact	No impact	No impact	277	3.5%
Financial & insurance	High impact	High impact	High impact	676	4.6%
Health & social work	High impact	High impact	High impact	119	2.3%
Hospitality	High impact	High impact	No impact	562	4.8%
Info & communications	High impact	High impact	High impact	1421	11.5%
Manufacturing	High impact	High impact	High impact	3364	4.2%
Mining & quarrying	High impact	High impact	High impact	249	4.1%
Professional services	High impact	No impact	No impact	623	3.7%
Public service	High impact	High impact	High impact	1066	6.5%
Real estate activities	High impact	High impact	High impact	400	2.4%
Transport & storage	High impact	High impact	High impact	659	5.6%
Utilities	High impact	High impact	High impact	273	4.5%
Wholesale & retail	High impact	High impact	High impact	1295	3.4%
All industry sectors	\$4,400	\$3,600	\$4,300	\$12,300	Average: 4.6%

No impact     High impact

Se queste sono le aspettative, è naturale che attorno al 5G si stiano catalizzando risorse finanziarie ingenti di R&D, guidate da Venture Capitalists e altri soggetti finanziari. USA e Cina, sempre facendo riferimento al medesimo periodo 2020-2035 ed al medesimo studio, dovrebbero rappresentare insieme oltre il 50% dell'investimento in R&D per le tecnologie 5G stimato a livello mondiale di oltre 200 B\$.

Discorso a parte merita l'Europa. Con l'EC 5G Action Plan dello scorso Novembre 2016 sono state delineate le linee guida per lo sviluppo del 5G in Europa, come tecnologia necessaria alla piena realizzazione dell'ambizioso piano di Digital Single Market (DSM) continentale. Il piano ipotizza un calendario molto

fitto per l'introduzione del 5G ipotizzando:

- Per il 2020 il lancio commerciale di servizi 5G in almeno una città di ciascuno stato membro.
- Per il 2025, il completo dispiegamento del 5G in tutti gli Stati Membri.

Questo piano prevede investimenti coordinati da parte di soggetti pubblici e privati per la R&D e la costruzione e sviluppo di Reti 5G, politiche armonizzate a livello Europeo nella gestione dello spettro e degli aspetti Regulatori ed identifica nell'Industry 4.0, nell'Internet delle cose, nella piena digitalizzazione dei mercati verticali una via Europea al 5G, in grado di incidere su tutti i settori del commercio elettronico e della industria manifatturiera.

Uno studio (4) del 2016 commissionato dalla EC sull'impatto del 5G identifica in 4 settori, in maniera quasi paritetica (Automotive, Healthcare, Transports, Utilities) i

Impatto del 5G in Italia
Stime EC su dati OECD

5G investment 2020 (€m)

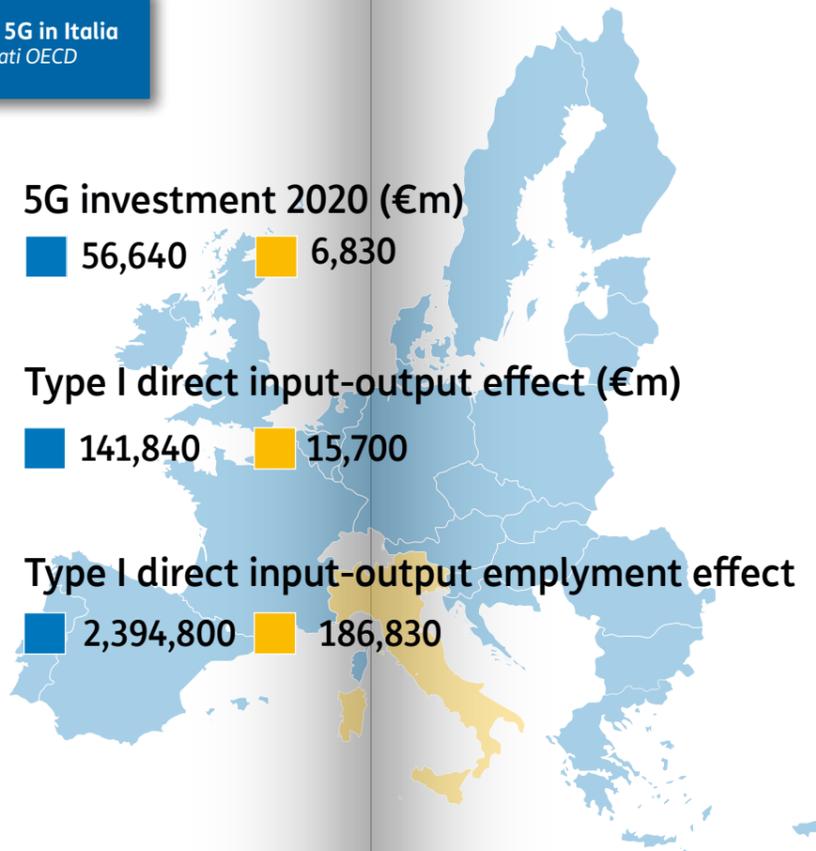
■ 56,640 ■ 6,830

Type I direct input-output effect (€m)

■ 141,840 ■ 15,700

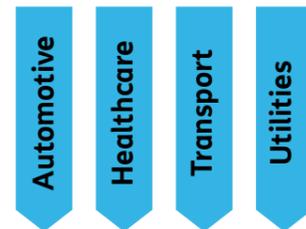
Type I direct input-output employment effect

■ 2,394,800 ■ 186,830



principali benefici del 5G, ma anche benefici indotti su tutti i settori della vita sociale ed economica.

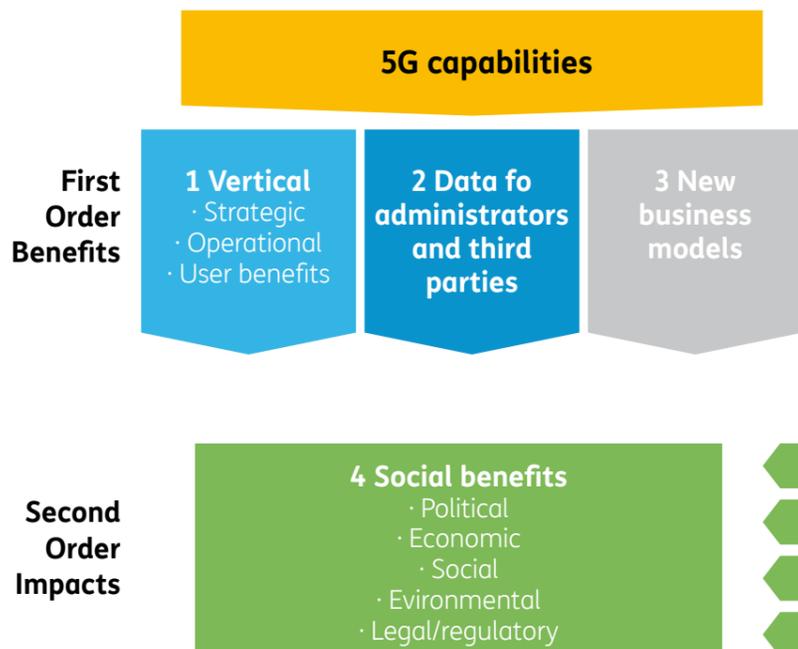
5G capabilities will produce benefits in verticals



Enhanced products and services will provide benefits in environments



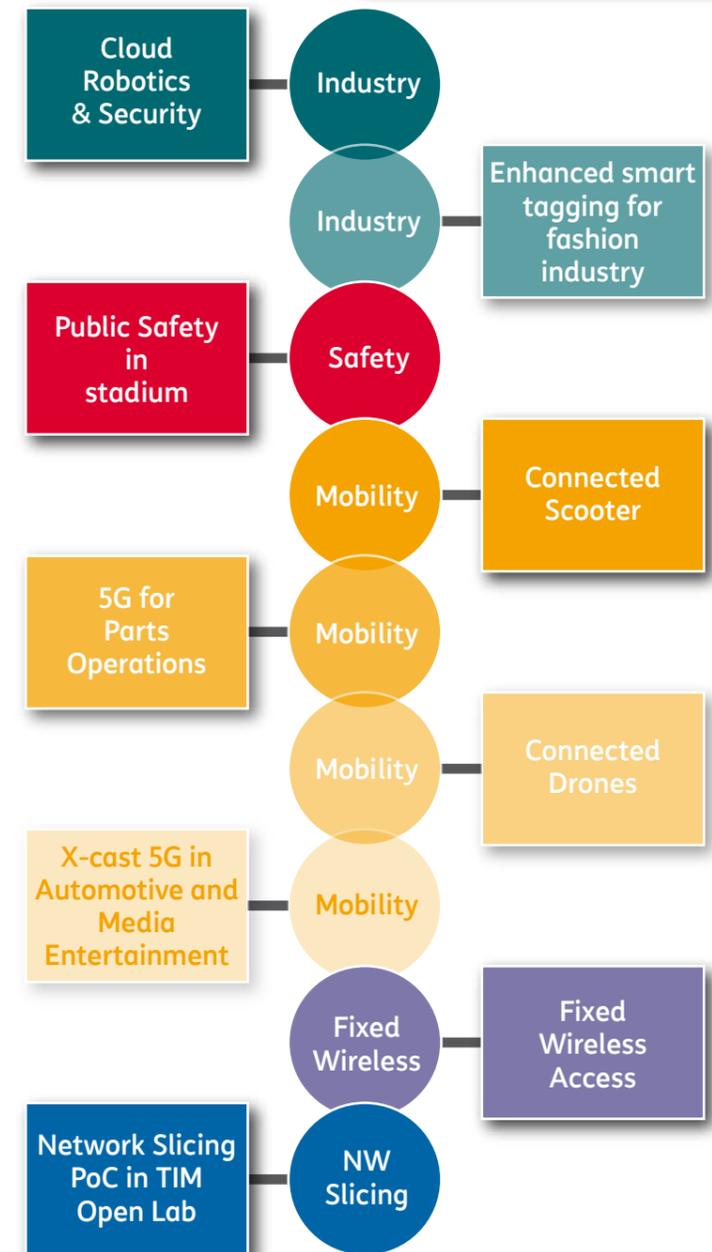
Aree di Impatto Economico del 5G in Europa - Fonte EC



Per indirizzare questi benefici TIM ed Ericsson sin dal 2016 hanno impostato un programma di sviluppo del 5G che possa indirizzare le opportunità delle principali Vertical Industries della penisola. In particolare il programma identifica le aree più

promettenti e, attraverso trials di laboratorio prima ed impiego delle tecnologie 5G man mano che si renderanno disponibili, tende a contribuire alla completa digitalizzazione di tutti i comparti indirizzabili.

Aree di sviluppo nel programma
5GxItaly TIM-Ericsson



In termini economici, si prevedono costi di sviluppo e deployment dell'ordine di circa 57 miliardi di €, ma anche un effetto moltiplicativo di 3x sui benefici attesi. Per circa 2/3 i benefici attesi riguardano il settore Business ed 1/3 per il mondo consumer.

Da questi dati, per quanto ancora basati su stime, emerge chiaramente il ruolo del 5G come fattore abilitante per un nuovo ciclo di sviluppo economico che trascende la specifica tecnologia. Anche l'Italia si ritiene possa beneficiare, pur in un contesto più complesso, di questi sviluppi, con uno sviluppo occupazionale di circa 200.000 addetti.

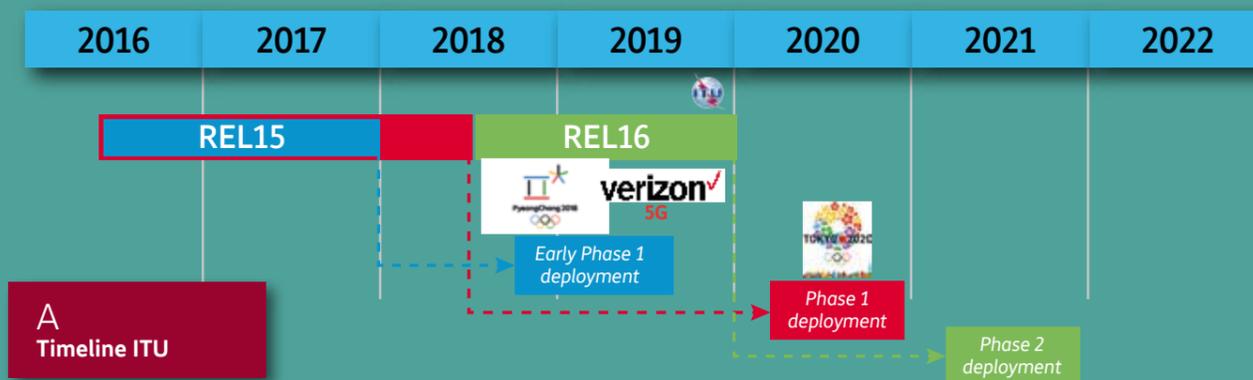
La roadmap degli standard 5G

Lo standard 5G, oggi in fase di definizione, non sarà frutto del lavoro di un singolo ente, ma il risultato della collaborazione di una pluralità di attori. In particolare, l'ecosistema 5G si è allargato notevolmente rispetto al tradizionale ambito Telco, grazie al crescente interesse di nuovi settori di business verso questa nuova tecnologia e alla creazione delle comunità che sviluppano sw open source.

L'attività di standardizzazione si può dividere in tre macro fasi: creazione della vision, definizione delle specifiche tecniche, regolamentazione tecnica e definizione dei profili di servizio.

Il risultato della prima fase è la definizione dei requisiti del nuovo sistema (sia tecnici sia di servizio); in questo ambito, negli anni scorsi TIM ha con-

tribuito attivamente alla stesura del White Paper NGMN <http://ngmn.org/5g-white-paper.html> ed ai lavori dei progetti finanziati dalla Comunità Europea nell'ambito del framework 5G-PPP 5g-ppp.eu. Gli aspetti tecnici sono definiti in enti diversi, a seconda degli aspetti trattati. Il 3GPP definisce il sistema complessivo, producendo le specifiche dell'accesso radio e della Core Network; ITU definisce i requisiti tecnici e identifica lo spettro da utilizzare per il nuovo sistema; ETSI NFV sviluppa soluzioni per la virtualizzazione; IETF definisce i protocolli IP che saranno i componenti fondamentali del nuovo sistema; ETSI SCP definisce l'evoluzione dei chipset a supporto dell'autenticazione dei nuovi device. Infine, 3GPP ha da poco iniziato a collaborare con il BBF per la specifica di una Core Network convergente fisso/mobile secondo il requisito di numerosi operatori europei e nordamericani. La terza fase vede maggiormente coinvolti i regolatori per l'assegnazione dello spettro (CEPT in Europa) e associazioni di Operatori come la GSMA per la profilatura dei servizi e la definizione di accordi, quali ad esempio quelli di roaming e di interconnessione.

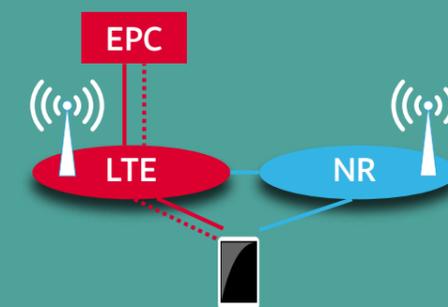


Mentre ITU-R ha richiesto la formalizzazione delle specifiche dei sistemi che soddisfano i requisiti IMT-2020 entro il 2020, da più parti nel mondo è sorta l'esigenza di permettere il lancio commerciale del 5G già al 2020, (es. in occasione dei giochi olimpici a Tokyo) e per soddisfare il desiderio della Comunità Europea di fare del 5G un volano dell'economia del vecchio Continente (es. "creando" una città 5G per nazione già entro tale data). Ciò ha comportato la definizione di una roadmap di lavori da parte di 3GPP (v. figura A), per il rispetto delle tempistiche ITU da un alto e per soddisfare i requisiti espressi dai diversi mercati a livello mondiale dall'altro. La prima scadenza del piano lavori prevede un rilascio parziale delle funzionalità del nuovo sistema a giugno 2018 (Release 15), ma comunque sufficiente a permetterne la produzione e la messa in campo al 2020. Questo rilascio includerà la definizione di una nuova Core Network, in grado di supportare nativamente funzionalità quali lo slicing e la virtualizzazione, abilitatori fondamentali per l'utilizzo delle nuove infrastrutture anche da parte di nuovi settori industriali, non-Telco. Inoltre la Release 15 conterrà, assieme alle evoluzioni dell'accesso radio LTE, una nuova interfaccia radio, denominata NR, in grado di soddisfare gli use cases del 5G. Una delle principali caratteristiche di NR sarà la capacità di operare a frequenze molto elevate (ad esempio nell'intorno di 30 GHz), permettendo velocità di trasmissione dell'ordine della decina di Gbps in microcelle. La fase 2 è rappresentata dalla Release 16 e terminerà a dicembre 2019. Le funzionalità specificate in questa Release saranno in grado di soddisfare formalmente tutti i requisiti ITU, sia in termini di ambito che di tempistiche. Per far fronte ad ulteriori accelerazioni nel frattempo impresse dai mercati mondiali, 3GPP ha deciso di anteporre alla scadenza della fase 1, un'ulteriore scadenza intermedia (cosidetto "Early drop"),

pianificata per dicembre 2017. La soluzione di tale rilascio si focalizzerà esclusivamente sul nuovo accesso radio, mentre lato rete si prevede il riuso della core network EPC esistente. In particolare, l'accesso radio prevede micro celle NR operanti in sinergia con celle LTE e controllate da queste ultime. In questo modo NR permette di incrementare la velocità del servizio, mentre il controllo, per esempio della mobilità, è effettuato tramite macro celle LTE e soluzioni di rete tradizionali. Questa architettura è esemplificata in Figura B ■

B
Architettura con micro celle NR operanti in sinergia con celle LTE

Non standalone "LTEAssisted",
EPC Connected



mariapia.galante@telecomitalia.it
giovanni.romano@telecomitalia.it

Il processo di trasformazione delle Telco e delle loro piattaforme tecnologiche all'interno delle nuove catene del valore

Negli ultimi anni tutte le Telco hanno dovuto confrontarsi con un profondo cambiamento dei modelli di Business, principalmente indotto dalla liberalizzazione del mercato e la privatizzazione, a partire dagli anni 80/90, dallo sviluppo di Internet negli anni 90 e dall'avvento di nuovi soggetti, quali gli OTT, nel primo decennio del nuovo secolo, che hanno completamente cambiato il concetto di "servizio".

In parallelo, come noto, ricavi dai clienti ed investimenti richiesti nelle reti per la enorme crescita del traffico dati e la copertura pervasiva del territorio non sono più proseguiti in modo proporzionale, anzi con un gap crescente, avviando per tutte le Telco una stagione, ancor in corso, di cost-cutting, razionalizzazione dei processi interni e profonda trasformazione delle piattaforme di rete. In parallelo è stato necessario individuare nuove aree di sviluppo, sia in termini di nuove opportunità di servizio in mercati adiacenti grazie al progresso tecnologico, sia indirizzando la scalabilità delle piattaforme e la loro replicabilità in un mercato sempre più globalizzato.

Il 5G, da parte sua, per come si sta delineando negli Enti di standardiz-

zazione 3GPP ed i primi sviluppi può essere il collante ed il driver globale di questo percorso di trasformazione soprattutto grazie a 3 caratteristiche determinanti ed essenziali per le Telco:

- La capacità di indirizzare nuovi obiettivi di Throughput, Latenza ed Affidabilità delle Reti di accesso (3GPP Rel 15) espandendo quanto già in corso con LTE e promuovendo nel contempo una Rete "Access Agnostic" (Rel 16/7) per servizi eterogenei (eMBB, URLLC, mMTC)
- La capacità di incorporare, nello sviluppo della Rete Core, i principi di Virtualizzazione, Softwarizzazione ed Orchestrazione E2E delle risorse di rete (3GPP Rel 15/6) che hanno già rivoluzionato le piattaforme dei Data Centre e consentito agli OTT di diventare player globali
- La capacità di indirizzare in modo flessibile le necessità operative oggi realizzate da più reti frammentate e sovrapposte (Fisso, Mobile, Trasporto, Public safety...) tramite i nuovi concetti di Network Slicing, Edge Computing e lo sviluppo di interfacce informatiche (API), abilitando nel contempo nuovi modelli di business (es. Wholesale), nuove relazioni con i service providers OTT

Queste caratteristiche della rete 5G, per inciso, sono anche di estremo interesse per altri stakeholders. È impensabile che lo sviluppo di nuovi servizi di parte di OTT e content providers, in particolare video, possa

basarsi sulla competizione di reti IP best effort e senza capacità distribuite di controllo della QoE, garantendo nel contempo sviluppo massivo, protezione e sicurezza dei dati e dei contenuti.

L'interesse per il 5G da parte delle Telco è dunque cresciuto proporzionalmente con queste sfide, arricchendosi di coloriture differenti da Operatore ad Operatore, con significati anche diversi e spesso non omogenei attribuiti al "5G", in base anche a requisiti di mercato ed alla previsione di disponibilità di risorse spettrali aggiuntive. Più che una tecnologia, il 5G è una opportunità di indirizzare un percorso di trasformazione in corso con priorità e tempistiche differenti da operatore ad operatore.

Le prime discussioni sul 5G sono nate, nelle Telco, attorno al 2013, quando DOCOMO annunciò la possibilità di introdurre in rete sistemi radio nuovi, ad altissimo bit rate (1Gbps) in occasione delle Olimpiadi di Tokio 2020. Poco dopo, SK Telecom annunciò sperimentazioni "verso il 5G" per le Olimpiadi invernali del 2018, sempre con i medesimi obiettivi di Mobile Ultra-broadband, seguita da KT Telecom la quale ha annunciato piani di introduzione commerciale nel 2019. Questi obiettivi di sviluppo 5G prevalentemente associato a scenari eMBB (immersive video, augmented reality, HD content distribution) restano gli Use Cases di riferimento ancora oggi per gli operatori asiatici. Nel 2016 Verizon ha reso di dominio

pubblico i suoi piani di impiego di soluzioni "pre5G" a partire dal 2017 per Fixed Wireless Access, come sostituto della fibra in aree residenziali e per clienti Business, grazie anche alla disponibilità di spettro a 28GHz garantita dall'FCC. L'impiego del 5G come soluzione FWA, almeno in prima fase, rappresenta un driver pur con accenti differenti, per tutti gli Operatori Nordamericani. Da allora, quasi ogni Operatore ha reso pubblico il proprio percorso "verso il 5G" e si annoverano ad oggi (5) circa 25 trials di laboratorio ed in campo, con una corsa anche mediatica a dichiarare prestazioni di punta (sino a 35 Gbps), sperimentazioni in ampie porzioni di spettro (sino a 70 GHz) e con risultati di latenza ottimale (anche inferiore a 5ms).

Al di là degli annunci, in base anche ai contributi ed agli orientamenti espressi negli Enti di Standardizzazione si possono identificare due categorie di approccio:

- **Evolutivo:** il 5G rappresenta una estensione delle Reti 4G, dovrà essere backward compatibile con tutte le tecnologie 3GPP
- **Disruptive:** il 5G richiede nuovi sistemi Radio e architetture di rete e di accesso, rappresentando una discontinuità nei servizi e nell'uso dello spettro radio,

Il secondo approccio tende a favorire soluzioni proprietarie, specie indotte da Use Cases quali eMBB e FWA anticipando "defacto" la disponibilità di specifiche 3GPP e di soluzioni armonizzate sull'impiego delle risorse spettrali, di prevista definizione in

ITU-R nel 2019. È l'approccio perseguito da alcuni Operatori, come KT (che guida il 5G Special Interest Group) e Verizon (che guida la 5G Task Force).

Il primo approccio è ad oggi largamente maggioritario e colloca il 5G nell'alveo dello sviluppo di soluzioni standardizzate in 3GPP, evitando il rischio di una frammentazione tecnologica e di mercato, specie nei dispositivi cliente, indotta da soluzioni proprietarie ed indirizzando tutti gli Use Cases e le evoluzioni di rete oggi previsti. Soprattutto, colloca il 5G in un percorso di trasformazione economicamente sostenibile e graduale delle reti.

Tuttavia, proprio per poter indirizzare al più presto la trasformazione di rete e le nuove opportunità di servizio a larghissima banda, è opportuno accelerare la disponibilità di specifiche tecniche condivise, specie all'accesso Radio, confidando sull'uso della rete 4G attuale per supportare sia il piano di controllo e autenticazione del "New Radio" in scenari di Mobile Ultrabroadband e FWA (Fixed Wireless) sia gli scenari di servizio "machine Type" e LLC ed anche V2X per i quali la richiesta di un NR, nuovo spettro e nuovi apparati risulta meno impellente in quanto già parzialmente coperte dalle evoluzioni di LTE ed il NB-IoT. In tale ottica TIM ha recentemente aderito al cosiddetto "Early Drop manifesto" (per i dettagli si veda il box associato) siglato a Febbraio 2017 da 22 players della Industry (riportare il link alla PR) con l'obietti-

vo di fornire "their collective support for the acceleration of the 5G New Radio (NR) standardization schedule to enable large-scale trials and deployments as early as 2019".

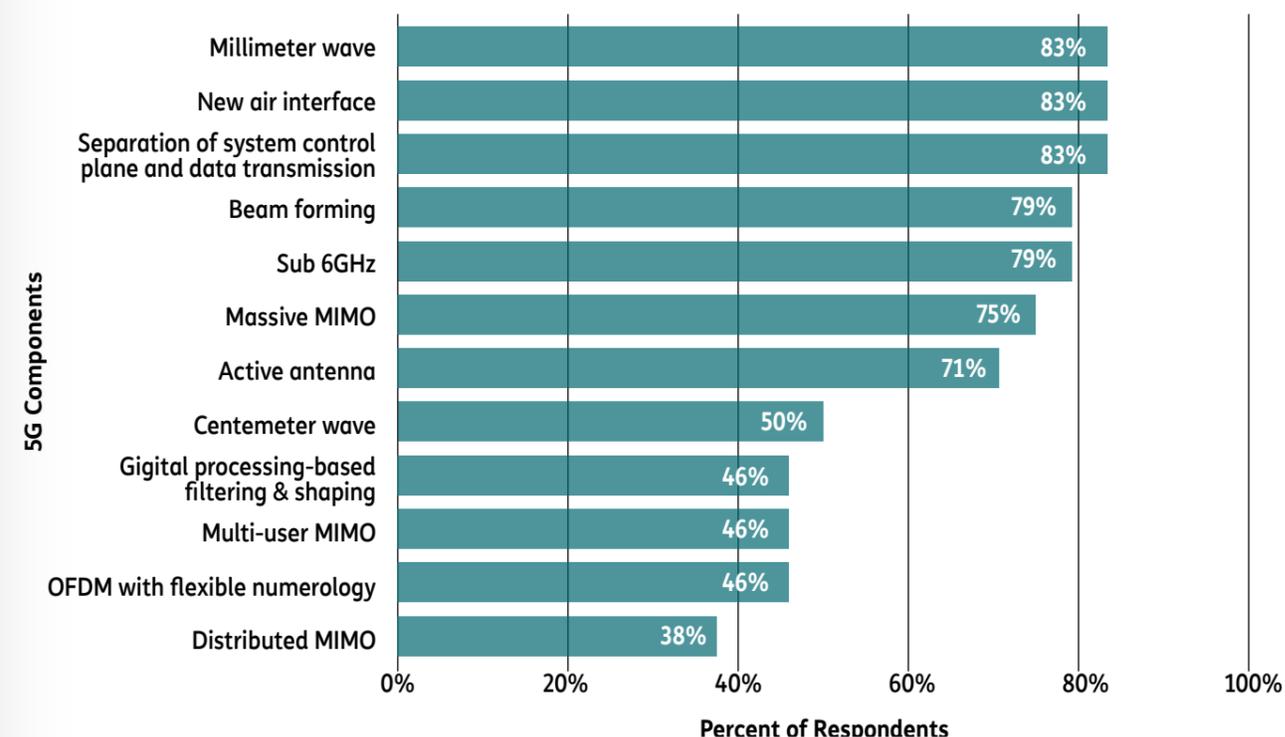
Questo obiettivo non esclude affatto la necessità a medio termine di una standardizzazione coerente e completa del 5G (The proposal is consistent with 3GPP's commitment to enable a flexible evolution and inter-working of the radio access network towards 5G NR and the evolution of the core network towards the 5G System) ma nei fatti garantisce una gradualità nell'introduzione in rete delle nuove capability NR e New Core, confidando per quest'ultima sulla maggiore rapidità di delivery garantita, a specifiche completate, dalla Virtualizzazione e softwarizzazione della piattaforma di rete già avviata da molti Operatori, inclusa TIM.

La disponibilità di nuove tecnologie, in particolare nel Radio e nella softwarizzazione della Rete

Un altro driver di cambiamento e di sviluppo del 5G è certamente anche di natura più tipicamente tecnologica. Negli ultimi anni si sono registrati significativi progressi in alcuni settori chiave, come le tecnologie Radio e di Rete, rese disponibili da un ulteriore miglioramento delle ca-

Telco	Highlights	5G MK
AT&T	http://about.att.com/story/att_details_5g_evolution.html <ul style="list-style-type: none"> • Lab e Field Trials nel 2017 di servizi eMBB e Low Latency (<5ms) • Trials mmW per clientela Business a 15 GHz • Trials FWA e Video Straming (Minneapolis, Austin) ed altri attesi nel 2017 con Qualcomm/ERI 	2019/20 (STD)
KT	https://www.mobileworldlive.com/featured-content/top-three/kt-to-roll-out-trial-5g-network-by-next-september/ <ul style="list-style-type: none"> • Trials eMBB (2.4 Gbps) basati su specifiche 5G SIG • Winter Olympics Games 2018 Target 	2019 (PROP/ STD)
SK Tel.	http://www.fiercewireless.com/devices/qualcomm-ericsson-sk-telecom-plan-5g-nr-trials-2h-2017 <ul style="list-style-type: none"> • Lab/field Trials 2H17 di componenti NR (mMIMO, Beamforming) • Winter Olympics Games 2018 Target • Network Slicing Lab Trial (AR/VR slice) 	2019 (STD)
VZ	http://www.reuters.com/article/us-verizon-5g-idUSKBN161159 <ul style="list-style-type: none"> • Field Trials FWA in 11 città nel 2017, su specifiche proprietarie • Utilizzo spettro mmW a 28MHz e prime versioni chip Qualcomm X50 	2018 (PROP)
China Mobile	http://www.chinapost.com.tw/china/business/2016/12/15/486689/China-Mobile.htm <ul style="list-style-type: none"> • Field trials (eMBB, Low Latency) in 2018 in 5 città • 5G Open Innovation Centre in Beijing (>40 partners, incl Car Makers) 	2020 (STD)
Orange	https://www.orange.com/fr/content/download/38314/1162326/version/2/file/Orange%205G%20vision%20(en%20anglais,%20septembre%202016).pdf <ul style="list-style-type: none"> • Trials di componenti Radio con ERI e Nokia (10Gbps) • Focus su Vertical Markets e EC Action Plan Support • Attesa di un piano completo 3GPP NR+NC, e decisioni WRC2019 	2020/1 (STD)
TEF	http://www.lightrading.com/mobile/5g/telefonicas-blanco-5g-nr-acceleration-is-big-mistake/d/d-id/730652 <ul style="list-style-type: none"> • Trials di 5G Backhauling (XGS-PON) con Nokia • Focus su Vertical Markets e EC Action Plan Support • Attesa di un piano completo 3GPP NR+NC, e decisioni WRC2019 	2020/1 (STD)
VF	https://5g.co.uk/coverage/ <ul style="list-style-type: none"> • Field Trials eMBB (up to 20Gbps) con Huawei in banda E a Newbury • Field trials eMBB in VF Australia (target Commonwealth Games 2018) 	2020 (STD)
DOCOMO	https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/technology/rd/docomo5g/ <ul style="list-style-type: none"> • Tokyo Olympics Games 2020 target - trials a partire dal 2017 • Focus su eMBB (HD Video, Augmented Reality) • Disaccoppiamento NR da NC (ipotizzata non prima del 2021/2) 	2020 (STD)
DT	http://www.lightrading.com/mobile/5g/dt-plots-5g-across-entire-footprint-/d/d-id/730629 <ul style="list-style-type: none"> • Lab/field Trials 2H17 di componenti NR (mMIMO, Beamforming) • Focus su Verticals e supporto all'EC Action Plan • Network Slicing Lab Trial (AR/VR slice) 	2020/1 (STD)

T
Sintesi del posizionamento 5G delle principali Telco



Principali elementi chiave 5G nella percezione della Industry

capacità computazionali dei chipset a parità di dimensioni e dalla più ampia adozione di nuove tecnologie IT e modalità di sviluppo del SW di rete, sia in accesso che a livello di rete core, accorciando in parte i tempi di predisposizione di nuovi apparati e garantendo maggiore scalabilità

Nel settore del Radio, le prestazioni dei chipset LTE sono passate in 7 anni (2010-2017) da circa 100 Mbps ad 1Gbps (dati di targa Qualcomm Snapdragon X16) aprendo la strada ad uno sviluppo che convergerà nei nuovi sistemi NR 5G ed ad un uso di

una maggiore ampiezza di banda. La figura (tratta da uno studio IHS già citato) riporta le componenti chiave 5G riconosciute tali da un insieme significativo di responsabili del mondo Telco ed industriale. Si nota la grande importanza attribuita alle tecnologie mmW ed alla evoluzione dei sistemi d'antenna (MIMO, beamforming, active Antennas) che a frequenze così alte (oltre i 30 GHz) possono garantire grandi vantaggi prestazionali con ridotte e poco invasive dimensioni geometriche. Questo è possibile grazie alla progressiva maturità industriale di nuove tecniche radio, che caratterizzeranno il New Radio 5G e che stanno tra l'altro al centro di una

nuova ondata di produzione brevettuale. Tra le principali novità si segnalano

- La possibilità di impiego di nuove tecniche di codifica di canale e modulazione non ortogonale (NOMA. Non orthogonal Multiple access), LPDC e Polar codes, con una cosiddetta nuova numerologia a bassa latenza e scalabile
- L'utilizzo di nuove tecniche trasmissive tempo/frequenza
- La possibilità di usare in modo massivo tecniche MIMO e nuove antenne direzionali con beamforming 3D
- Nuove tecniche di costruzione del "frame" radio (Ultra Lean Design), con diminuzione dell'interferen-

Open Source nel Telco Cloud e 5G

Dopo anni di crescita nell'ambito IT e del Cloud Internet (Figura C) le Comunità Open Source si stanno diffondendo anche nel settore delle Telecomunicazioni. Diversi fattori fanno assumere al software open source un ruolo importante in ambito Telco, tra cui:

- il *progresso tecnologico*: lo sviluppo delle tecnologie come NFV (Network Function Virtualization) e SDN (Software Defined Networking) è strettamente associato con diverse iniziative open source sui controller SDN e sulle piattaforme NFV; inoltre è accettato che

il software Open Source sarà un elemento fondamentale nello sviluppo ed accelerazione del dispiegamento della rete 5G; molti operatori stanno partecipando attivamente a diverse iniziative, con un cambiamento radicale rispetto al tradizionale modello di acquisizione del software;

- la *pressione finanziaria*: le condizioni macroeconomiche sfavorevoli ed una previsione di crescita dei dati senza un corrispondente aumento dei ricavi portano alla necessità di esplorare opportunità di acquisire soluzioni a costi complessivi inferiori;
- la *necessità di Agilità*: per avere successo in un mondo in continua e rapida evoluzione, gli operatori devono diventare più 'agili' e responsivi; un maggiore uso del software open source è un abilitatore, consentendo la condivisione degli sviluppi su ambiti di

base e la focalizzazione interna sugli aspetti e servizi differenzianti.

Gli Open Source provenienti da piattaforme IT e Cloud come Linux, OpenStack e KVM sono quindi diventati la base delle Piattaforme per il Telco Cloud basato sulla Virtualizzazione di Rete (NFV) ed il SDN (Software Defined Networking). Partendo dal lancio nel 2013 di ODL (Open DayLight), il primo SDN Controller Open Source, le Open Communities hanno fatto il loro ingresso nel mondo Telco. A questa prima iniziativa hanno fatto seguito le iniziative OpenContrail (2013) e Onos (2015), sempre sui controller SDN, e l'avvio nel 2014 di OPNFV (Open Platform for NFV), la prima piattaforma aperta per NFV, seguita nel 2016 da altre piattaforme per NFV come Open Source Mano (OSM) e, per le componenti di Orchestrazione, Open-O e Open Baton.

Queste piattaforme Telco Cloud sono poi la base per le tecnologie e open source di dispiegamento delle reti Mobili e 5G; in particolare in ambito Core con il progetto CORD (<http://opencord.org/>) e la sua declinazione mobile Mobile-CORD basato su SDN e Virtualizzazione, e per l'accesso Radio xRAN (<http://www.xrans.org/>) per un 'extensible RAN' e openAirInterface (<http://www.openairinterface.org/>) che sta sviluppando le nuove funzioni di split dell'accesso assieme ad elementi della Core Network per la esecuzione end to end dei servizi. Per le aree a bassa e bassissima densità di popolazione (zone rurali e desertiche) la comunità Open Cellular, sviluppatasi da un progetto interno Facebook, vuole realizzare una stazione radio base a bassi Capex ed Opex. Dal 2014-2015 si registra una forte attenzione verso le Open Communities anche da parte degli enti di standard, per primo ETSI, nel cui ambito confluisce il progetto OSM citato, ed a seguire l' ONF (Open Networking Foundation), l'ente fondato nel 2011 per avviare la 'rivoluzione' SDN. Proprio l' ONF, alla fine del 2016, con l'ON.Lab (Open Networking Lab), organizzazione anche lei no-profit dedicata alla diffusa adozione di SDN ed

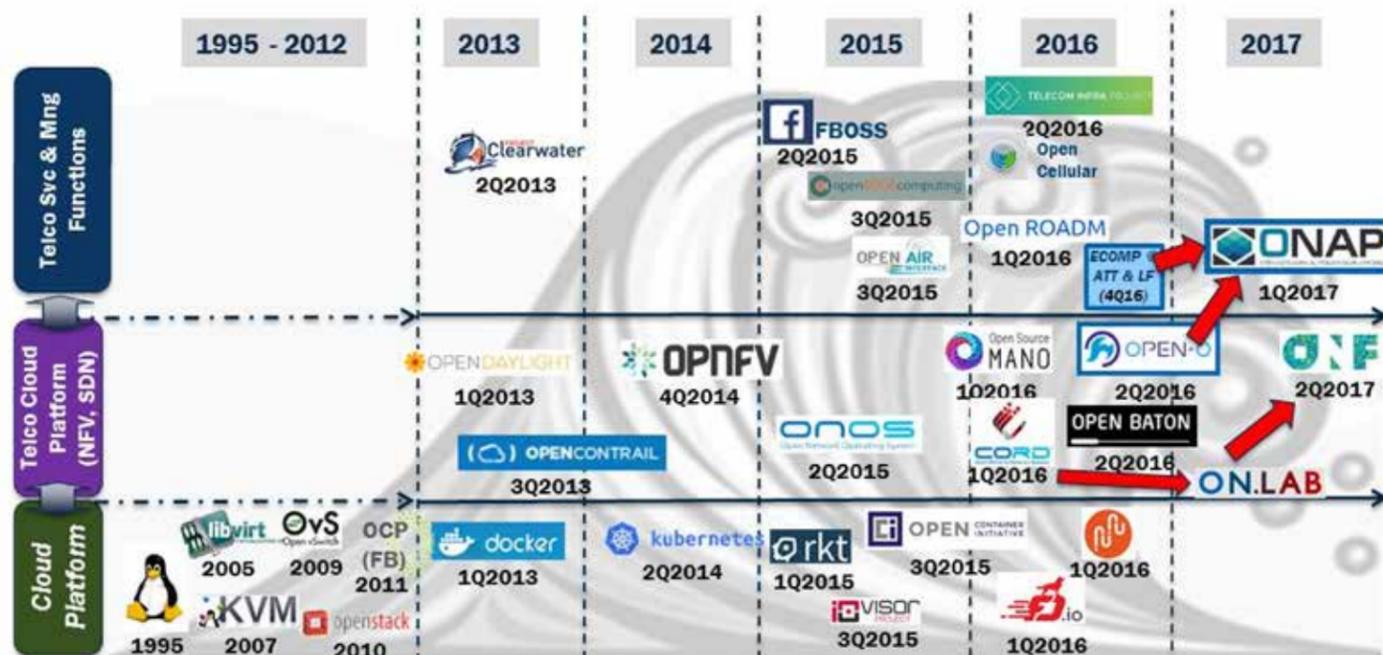
NFV, hanno annunciato un accordo per diventare un singola organizzazione, dato che 'l'open source si sta muovendo molto più rapidamente rispetto alla tradizionale standardizzazione'.

Gli operatori hanno dimostrato a loro volta forte sensibilità a questi mutamenti, primi tra tutti AT&T, tra gli operatori maggiormente attivi; AT&T ha dichiarato che entro il 2020 la maggior parte del software che verrà eseguito sulla propria rete, l'AT&T Integrated Cloud (AIC), sarà open source, potenziando in questi ultimi 2 anni di molto la propria capacità di contribuzione ed impiego del software delle comunità. AT&T infatti partecipa alle principali comunità Open Source (OpenStack, OPNFV, ODL, ...) e sta per rilasciare, nell'ambito della recente iniziativa ONAP (Open Network Automation Platform) circa 5 milioni di linee di codice ECOMP, la sua piattaforma di 'Enhanced Control, Orchestration, Management and Policy' del Telco Cloud.

TIM dal 2013, con la partecipazione allo User Group di ODL e il 2014 con OPNFV ha avviato la partecipazione alle Open Communities con l'intento di comprendere meglio come le comunità si comportano e di aumentare la consapevolezza su queste nuove evoluzioni.

A tale proposito TIM, proprio nell'ambito delle attività di Innovazione, sta usando componenti open source CORD per costruire il suo laboratorio di innovazione di rete, openAir Interface per la sperimentazione di nuove architetture di wireless access e ha recentemente aderito al TIP (Telecom Infra Project), iniziativa guidata da Facebook e altri operatori (e.g. DT e SK Telecom), per indagare approcci innovativi e sostenibili per l'evoluzione delle infrastrutture. Queste partecipazioni e sperimentazioni permetteranno a TIM di evidenziare nuove opportunità per affrontare le prossime sfide della nuova era 'Open' ■

C
Lo sviluppo delle Open Communities in ambito Telco



za intercella e maggiore efficienza energetica e trasmissiva. Con maggiori capacità computazionali nei nodi radio e miglioramento delle capacità trasmissive e di trasporto offerte dai gestori di rete è stato anche possibile sfruttare meglio le opportunità indotte dalla separazione del controllo rispetto all'utente plane, aprendo la strada ad evoluzioni significative quali il Virtual RAN, il SON (Self Organizing Network), il coordinamento "cloud based" delle risorse all'accesso, consentendo nuove strategie di dispiegamento in rete che sarà possi-

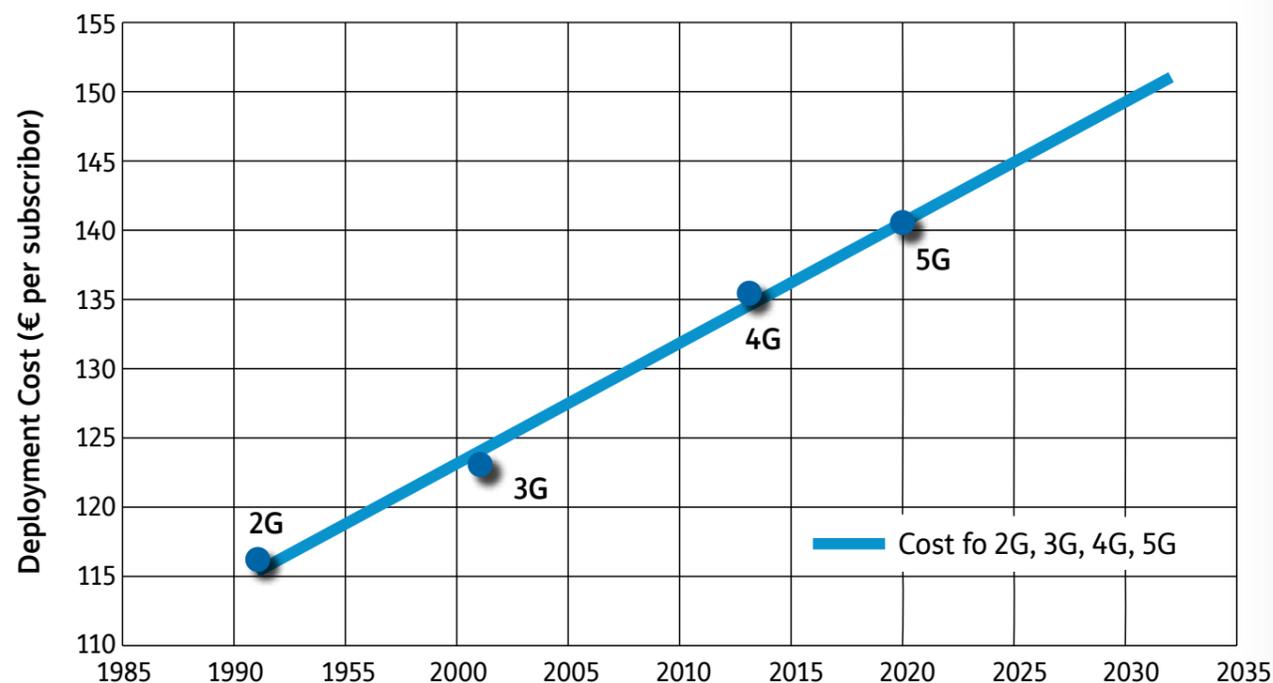
bile impiegare una volta disponibili i nuovi standards. Tutto questo dovrà essere tuttavia compatibile con una nuova generazione di terminali e dispositivi d'utente, al momento ancora in definizione.

Un driver fondamentale: la sostenibilità di Rete

Come tratteggiato in precedenza le aspettative ed i drivers tecnici e di mercato che guidano lo sviluppo del 5G sono di prima grandezza. Tuttavia, al di là dei benefici addotti, si potrà passare dai trials ad un de-

ployment massivo solo nel momento in cui il dispiegamento delle reti sarà economicamente sostenibile, sia in termini di OPEX che di CAPEX. Per quanto riguarda gli OPEX, essi saranno fortemente condizionati dai costi del personale, il costo degli spazi e dell'energia consumata dagli apparati. Sono 3 "Key Performance Indicators" non nuovi, su cui poggia ormai da anni il percorso di trasformazione di tutte le Telco e che anche il dispiegamento 5G deve considerare come prioritari. Per questo le specifiche internazionali di riferimento (3GPP, ma anche ETSI, BBF, ITU per le parti di competenza) e la Industry stanno indirizzando i principali requisiti tecnici per una rete 5G "low OPEX":

Stime del costo di sviluppo delle reti Mobili - Source: EC



- Network Automation e SON, con l'obiettivo di limitare l'intervento degli Operatori nelle fasi di configurazione, gestione e troubleshooting di Rete
 - Separazione Control Plane da User Plane, con la possibilità di accentrare le funzionalità di Intelligenza della Rete di accesso semplificando gli apparati periferici e favorendo la densificazione della rete
 - Beamforming adattativo, in grado di regolare la potenza irradiata nelle direzioni di traffico opportuno
 - "Ultra lean design" delle stazioni Radio, riducendo il duty cycle trasmissivo anche di un fattore 100 rispetto ad LTE modificando le tecniche di occupazione dello spettro (una strada già intrapresa con il NB-IOT)
 - Virtualizzazione delle Risorse di rete (NFV) e di accesso (V-RAN), con l'obiettivo di creare una infrastruttura comune su cui configurare le funzionalità di rete 5G e variane dinamicamente le risorse computazionali e di storage al variare del traffico
 - Virtualizzazione delle Reti (5G Network Slicing) per minimizzare l'uso di reti dedicate ed in prospettiva, favorire opportunità di Network Sharing tra service Provider differenti
- Le stime ai CAPEX necessari per il dispiegamento di una rete 5G sono ancora molto incerte. Alcuni studi (4) anche autorevoli indicano che il costo per sottoscrittore delle rete

5G risulterebbe poco superiore a quello del 4G. Da uno studio Barclays (6) risulterebbe invece un costo per GB di circa 13 volte inferiore su 5G rispetto all'attuale costo su LTE ma l'impiego per i previsti casi eMBB richiederebbe la disponibilità di un throughput 30-50 volte superiore. Tuttavia queste stime sono ampiamente diverse se si considerano i costi differenti, da operatore ad operatore, per lo spettro impiegato, il trasporto/backhauling, le aree di copertura ipotizzate, nonché lo sviluppo, anche prima della disponibilità del 5G, di un percorso di progressiva Virtualizzazione delle risorse di Rete di cui sicuramente beneficerà la Nuova Core 5G. Questo impone da un lato privilegiare Use Cases che siano più facilmente valorizzabili in termini di maggiore ARPU (tenendo conto anche di situazioni completamente differenti tra Europa, Nord America e Asia) oppure con ipotizzati forti margini di crescita per le Telco (ad esempio Industrial Internet ed Industry 4.0 come suggerito dall'EC Action Plan) dall'altro percorsi di deployment diversificato, sfruttando gli asset esistenti ed usando le prestazioni della rete 5G solo nelle aree di effettiva necessità (es. aree ad intenso traffico come boost capacitivo, autostrade e tratti urbani per la comunicazione V2X). In parallelo occorreranno politiche armonizzate a livello almeno Europeo o nazionale e costi sostenibili per la disponibilità di adeguate risorse spettrali nelle tre porzioni di spettro

ad oggi identificate da parte RSPG (Radio Spectrum Policy Group) come di interesse a livello RSPG:

- Sotto 1GHz, in particolare nella banda a 700MHz
 - Tra i 2.5 GHz ed i 6 GHz, in particolare nella banda attorno a 3.4 GHz
 - Oltre i 6 GHz, in particolare nelle bande mmW tra i 24 ed i 34 GHz.
- Per indirizzare queste problematiche recentemente in Italia l'Autorità Garante ha avviato una indagine conoscitiva (6) riguardo alle prospettive di sviluppo dei sistemi wireless e mobili verso la quinta generazione (5G) e l'utilizzo di nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz (delibera n. 557/16/CONS), che certamente aiuterà a definire il percorso delle Reti 5G nel nostro Paese.

Conclusioni

Il 5G è una evoluzione forte della rete di telecomunicazioni, del 4G e delle reti in fibra, che riguarderà sia le prestazioni tecniche offerte agli utilizzatori che, attraverso una profonda evoluzione dell'utilizzo strategico del software nelle reti, la flessibilità e agilità del funzionamento delle reti, in particolare nella rapidità di sviluppo delle soluzioni per i clienti. Molti settori industriali saranno impattati dalla supporto alla costruzione di modelli di business

dell'era digitali permessi dalle caratteristiche tecniche della nuova tecnologia. Gli operatori si trovano a dover gestire quindi una trasformazione ed evoluzione importante della loro rete insieme allo sviluppo di nuove filiere ed ecosistemi di servizio che la nuova rete agevolerà o abiliterà, e forse in maniera ancora maggiore che passato c'è la coscienza negli operatori ma anche nel contesto regolatorio, economico, politico del ruolo chiave che le infrastrutture digitali hanno nella competitività e capacità di creare valore a livello di sistemi nazionali e macroregionali ■

Note

- [1] "5G for Europa – an Action Plan" <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5g-europe-action-plan>
- [2] Congress passed the NASA Authorization Act of 2017 10 march 2017. With this transformative development, the space agency got a lot more than just \$19.508 billion in funding. They also got a very clear mandate: Get humanity to Mars <http://futurism.us8.list-manage1.com/track/click?u=aa1f459b1dc368b292f0587f2&id=70225bdbca&e=d22eb106d4>
- [3] "The 5G Economy: How 5G technology will contribute to the global economy", IHS, Qualcomm and others, <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/ihs-5g-economic-impact-study.pdf>

Urlografia

- (1) <https://www.itu.int/md/R15-SG05-C-0040/en>
- (2) <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/ihs-5g-economic-impact-study.pdf>
- (3) <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/5g-deployment-could-bring-millions-jobs-and-billions-euros-benefits-study-finds>
- (4) <https://www.siliconrepublic.com/comms/5g-trials>
- (5) Barclays Equity Research "5G – A new Dawn", Sept 2016
- (6) https://www.agcom.it/documentazione/documento?p_p_auth=fLw7zRht&p_p_id=101_INSTANCE_kidx9GUnlodu&p_p_lifecycle=0&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_INSTANCE_kidx9GUnlodu_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_INSTANCE_kidx9GUnlodu_assetEntryId=6616667&_101_INSTANCE_kidx9GUnlodu_type=document



Gabriele Elia gabriele.elia@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico e Dottore di Ricerca al Politecnico di Torino, in Azienda dal 1994. Lavora presso la divisione Technology Innovation di TIM, guida il gruppo Technological Scouting, Trend Analysis & Future Center dove si portano in evidenza i trend di medio termine di reti e softwarizzazione; vita digitale; digitalizzazione delle industrie; bigdata, robotica e AI; trend provenienti dal mondo scientifico e di processi di innovazione.

Si è sempre occupato di innovazione nei settori tecnologici sui temi servizi IP, media, applicazioni del broadband fisso e mobile, sia più recentemente di iniziative di Open Innovation, startup acceleration e costruzione di collaborazioni innovative di ricerca, formazione e imprenditorialità con il tessuto universitario.

Ha iniziato il suo lavoro negli anni '90 nel primo gruppo di progetto sui temi Internet in Telecom Italia, che sviluppò le fasi iniziali di Interbusiness, TOL - Telecom On Line e poi TIN.IT, occupandosi dell'architettura della rete di accesso e del centro servizi.

Autore di vari brevetti, è Ingegnere elettronico e Dottore di Ricerca al Politecnico di Torino, è stato assunto in CSELT, il Centro Studi e Ricerche di Telecom Italia a Torino nel novembre 1994. ■



Pierpaolo Marchese pierpaolo.marchese@telecomitalia.it

Ingegnere, in Azienda si è sempre occupato con diversi incarichi di responsabilità, di servizi innovativi di rete e del portfolio management. Attualmente è responsabile "Standard Coordination and Industry Influencing" in Technology, con il mandato di assicurare il coordinamento della standardizzazione tecnica e dei progetti finanziari, la valorizzazione IPR, le relazioni con la Industry. ■

TIM A GRANDI PASSI VERSO IL 5G

Graziano Bini

In campo con 4.5G a 700Mbps, Virtual Radio Access Network e Narrowband-Internet of Things

A dicembre 2016 TIM ha raggiunto due primati a livello europeo che costituiscono importanti passi nel percorso verso il 5G. Il primo è il lancio commerciale della connessione mobile fino a 500Mbps tramite rete 4.5G, il secondo la sperimentazione su rete live della tecnologia Virtual Radio Access Network (vRAN), che permette di migliorare la qualità dell'attuale rete mobile e di aumentarne l'efficienza.

Anche il 2017 è iniziato con ulteriori due importanti primati che riguardano la dimostrazione su rete live 4.5G della connessione mobile fino

a 700Mbps in download e 75Mbps in upload durante il 5G day organizzato da TIM il 4 aprile a Torino e l'introduzione in campo del primo contatore dell'acqua connesso alla rete LTE/5G tramite la nuova tecnologia NB-IoT (Narrow Band - Internet of Things).

Se consideriamo il 2020 come data di riferimento globalmente riconosciuta per la disponibilità commerciale del 5G e consideriamo che, dopo le prime sperimentazioni di cui TIM è stata leader mondiale a partire dal 2009, il lancio commerciale di LTE è avvenuto in Italia nel 2012, siamo temporalmente oltre alla

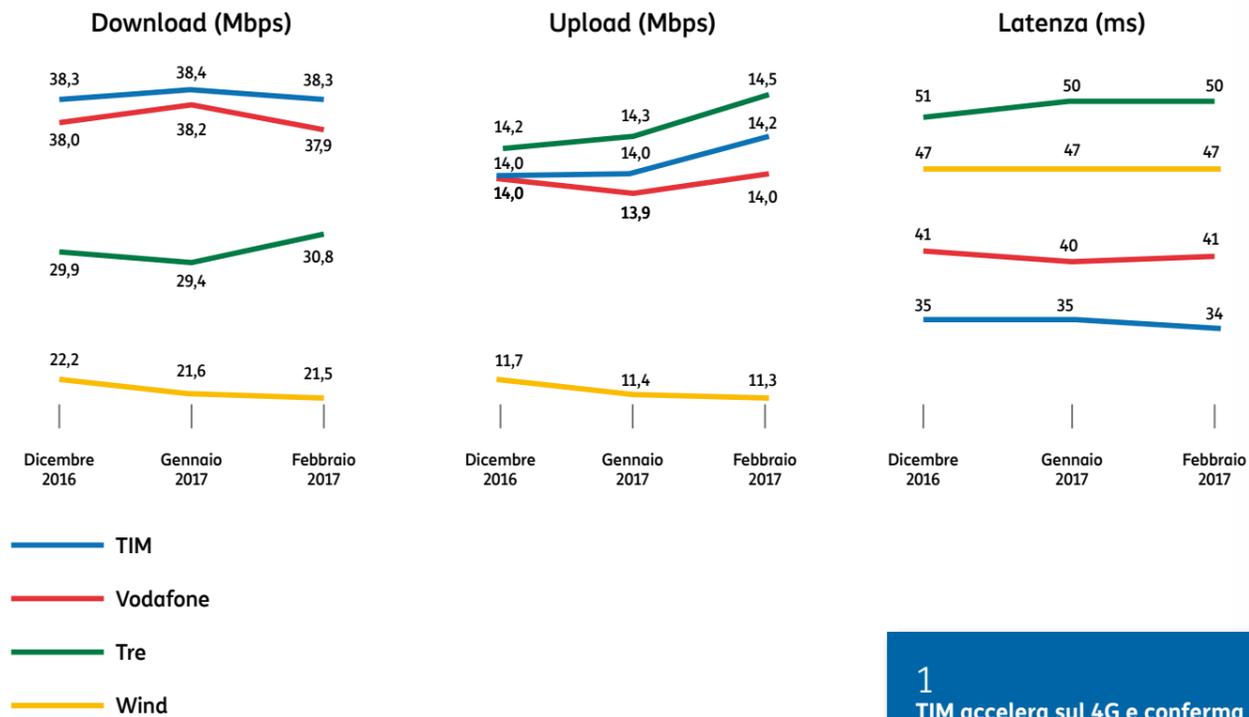
metà del cammino, ma le novità introdotte anticipano molto e preparano già la rete al 5G: dal punto di vista della velocità i 75Mbps iniziali di LTE sono arrivati agli attuali 500Mbps del 4.5G già resi disponibili ai clienti TIM ed ai 700Mbps recentemente dimostrati su rete live che saranno presto disponibili commer-

cialmente, verso la Gigabit Network e le velocità superiori ad 1Gbps del 5G, mentre dal punto di vista architetturale la sperimentazione del vRAN consente la trasformazione delle rete che sarà alla base 5G e dal punto di vista dei servizi l'introduzione in campo del NB-IoT consente di

indirizzare sulla rete mobile LTE/5G l'evoluzione del mondo dell'Internet of Things.

Questi importanti risultati confermano la leadership di TIM nell'innovazione della rete mobile al fine di offrire ai propri clienti la migliore qualità del servizio sempre ed in ogni luogo, come dimostra il primato delle rete 4G di TIM in termini di migliori prestazioni del mercato italiano in base ai test spontanei effettuati dai clienti usando lo SpeedTest Ookla da dicembre 2016, poi confermata a gennaio e febbraio 2017.

Dopo aver introdotto a novembre 2014, primi in Italia, la rete 4Gplus (LTE Advanced) con il lancio dell'offerta fino a 225Mbps con la Dual Carrier Aggregation (device di categoria 6) [1] e nel novembre 2015 con il 4Gplus fino a 300Mbps con la Three Carrier Aggregation (device di categoria 9), in occasione del Giubileo [2], a dicembre 2016 TIM ha lanciato commercialmente, con un primato in Europa, la connessione dati in download fino a 500Mbps (device di categoria 11) [3]. Il 4 aprile scorso, infine, in occasione del 5G day organizzato da TIM a Torino è sta-



Elaborazioni Ookla di 1.5 mln di Speedtest su reti 4G relativi a velocità in download, effettuati dai clienti di tutti gli operatori mobili dal 1.12.2016 al 28.02.2017

to dimostrato al pubblico l'ulteriore primato di 700 Mbps in download e 75Mbps in upload su rete live 4.5G con device di categoria 16 che sarà presto reso disponibile ai clienti TIM con l'arrivo di smartphone abilitati e con l'upgrade della rete 4.5G in corso nelle principali città [4]. Questo ulteriore step tecnologico del 4.5G, oltre alla Carrier Aggregation, utilizza la nuova banda di frequenza LTE1500, la cosiddetta banda L, e nuove tecniche di modulazione (256QAM) ed evoluzione dei sistemi di antenna (MIMO4x4) in grado di incrementare l'efficienza

spetttrale, cioè la velocità di trasmissione a parità di frequenze disponibili. Come per i precedenti lanci commerciali del 4Gplus a 225Mbps ed a 300Mbps, anche quello del 500Mbps è stato preceduto da un'intensa attività di test prima nei laboratori TIM a Torino e poi in campo in collaborazione con partner del settore che hanno messo a disposizione le soluzioni di rete e i primi device prototipali. A questa attività ha fatto seguito lo scorso dicembre il lancio commerciale del servizio 500Mbps rendendo disponibile ai clienti TIM consumer e business a

Roma, Palermo e Sanremo, la possibilità di navigare in Internet sulla rete mobile 4.5G fino alla velocità massima di 500Mbps in download con il nuovo smartphone Sony Xperia XZ, in esclusiva per TIM, primo device compatibile (categoria 11) in grado di supportare 3CA con banda L e 256QAM. Come per i precedenti step di evoluzione tecnologica, il servizio si sta estendendo rapidamente ad altre città ed ad ulteriori terminali (il servizio 300Mbps lanciato a novembre 2015 su Roma con il solo Samsung Galaxy S6 edge plus è attualmente disponibile in 27 grandi

1
TIM accelera sul 4G e conferma anche a febbraio le migliori prestazioni di velocità downlink del mercato italiano (fonte Ookla)

città italiane e diffuso su tutti i nuovi smartphone di fascia alta quali Samsung Galaxy ed iPhone, mentre il servizio 4Gplus fino a 225Mbps è disponibile in 740 città e in più di 20 modelli nel portafoglio TIM). La città di Sanremo è stata particolare vetrina del servizio 500Mbps in occasione del Festival cui TIM è stato sponsor unico ed ha garantito la miglior tecnologia disponibile per un servizio di eccellenza [5]. Oltre all'incremento delle prestazioni in downlink, TIM lavora anche all'incremento di quelle in uplink, necessarie a rendere sempre più veloce non solo lo scaricamento dei dati da Internet al proprio termina-

le, ma anche le trasmissioni dagli smartphone e dagli altri dispositivi dei clienti verso la rete, particolarmente importanti per l'invio - anche in diretta - di immagini e video ai social ed aggiornamento del proprio cloud, ma anche per servizi professionali come riprese televisive (ad es diretta della Turin Marathon [6]) o i droni connessi, videoconferenza HD per lo smart working, videosorveglianza e servizi di pubblica sicurezza. In quest'ottica TIM ha sperimentato prima in Europa a marzo 2016 a Palermo la Carrier Aggregation uplink [7] che insieme alla nuo-

va modulazione in uplink (64QAM) abilita la rete 4.5G di TIM al raggiungimento della velocità di 130Mbps rispetto agli attuali 50Mbps in tutte le oltre 740 città 4Gplus, velocità che sarà disponibile con l'arrivo di terminali compatibili. La velocità di 75Mbps raggiunta con la 64QAM uplink è stata dimostrata su rete live 4.5G al 5G day di Torino insieme a 700Mbps in download. La rete mobile di nuova generazione non è soltanto super velocità per i servizi ultrabroadband, ma anche evoluzione dei servizi di comunicazione interpersonale, a partire dal

2
Dimostrazione speedtest 4,5G fino a 700Mbps al 5G day di Torino

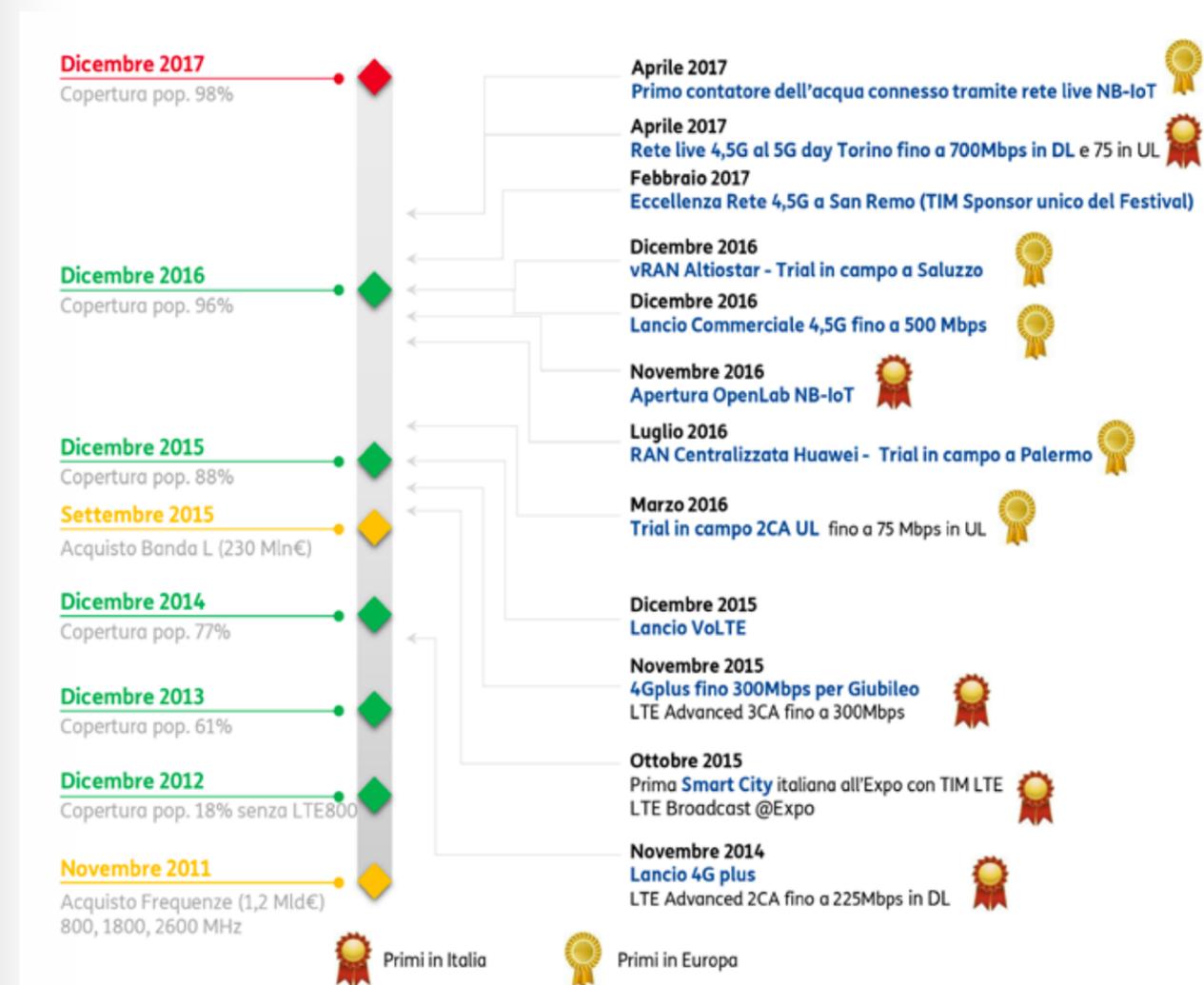


VoLTE (Voice over LTE) che consente di effettuare chiamate in HD e collegarsi ad Internet contemporaneamente tramite rete LTE (servizio che a dicembre 2015 TIM ha aperto a tutti i suoi clienti consumer con offerta prepagata e sta in queste settimane provvedendo ad attivare gratuitamente ai clienti con smartphone abilitato) e l'evoluzione del mondo dell'Internet of Things (IoT) destinato ad "esplosione" sulla rete mobile tramite la nuova tecnologia NB-IoT (Narrow Band - Internet of Things), evoluzione dello standard LTE pensata ad hoc per le connessioni IoT per la quale TIM ha inaugurato a novembre 2016 il NB-IoT Open Lab per consentire a tutti gli attori del settore di contribuire ad un rapido sviluppo dell'ecosistema [8]. Lo scorso 12 aprile è stata annunciata la partnership tra Olivetti e SMAT, Società Metropolitana Acque Torino S.p.A, che ha già portato ai primi contatori dell'acqua (water meter) connessi alla rete LTE/5G tramite la nuova tecnologia NB-IoT, prima applicazione in campo in Italia e tra le prime in Europa [9]. Tutto questo fa della rete LTE e del 5G una unica rete future proof in grado di indirizzare tutti i servizi mobili esistenti e futuri dalla voce, al video, dalle connessioni dati ultraveloci alla comunicazione machine to machine, andando progressivamente a sostituire le reti 2G e 3G (decommissioning per l'ottimizzazione dei costi operativi) e riutilizzando le frequenze (refarming per il riutilizzo efficiente dello spettro radio).

Per portare avanti questo obiettivo è fondamentale l'introduzione di una nuova architettura Virtual/Cloud Radio Access Network che, anticipando i concetti di gestione cloud delle risorse di rete e di virtualizzazione tipiche del 5G, applica da subito i vantaggi su LTE, predisponendo la rete ad una progressiva trasformazione che consente da un lato di proteggere e riutilizzare tutti gli investimenti che gli operatori stanno facendo e faranno sulla rete ultrabroadband prima dell'arrivo del 5G e dall'altro di incrementare le prestazioni e la qualità del servizio ottimizzando i costi. La nuova architettura si basa su una separazione funzionale della capacità elaborativa dei siti radiomobili (banda base): il cosiddetto functional split. Tale tecnologia separa le funzionalità real time da quelle non real time: le prime più critiche sono gestite nel sito dove sono presenti le antenne più prossime all'utilizzatore, le seconde sono centralizzate e virtualizzate a livelli di rete superiori. Il collegamento tra le due parti dello split avviene tramite un'interfaccia efficiente di ethernet fronthauling. Così facendo la banda base è in grado di controllare migliaia di celle, incrementando sia l'efficienza di rete tramite la gestione dinamica delle risorse per rispondere ai rapidi cambiamenti del traffico, sia l'efficacia delle funzionalità di LTE Advanced tramite il coordinamento di segnali provenienti da siti radiobase diversi (inter-site Carrier Aggregation ed inter-site CoMP).

Inoltre la virtualizzazione della banda base tramite Network Functions Virtualization (NFV) introduce agilità, flessibilità, apertura, affidabilità e sicurezza nello sviluppo software che non è più associato ad hardware dedicato, ma general purpose. Tali requisiti sono fondamentali per supportare l'evoluzione rapida dei servizi digitali e l'incremento di traffico della rete mobile e i suoi cambiamenti attraverso l'introduzione di nuove funzionalità SON (Self Organizing Network) per la gestione automatica della rete. La disponibilità di API (Application Programming Interfaces) aperte, in questo contesto, consente un interlavoro efficace tra gli apparati di rete forniti dai vendors e gli strumenti di progettazione ed ottimizzazione sviluppati internamente da TIM, che abilitano il percorso di evoluzione della rete di accesso radio [10].

Fino a poco tempo fa, le caratteristiche dell'accesso mobile portavano a considerare questo segmento di rete come uno degli ultimi che avrebbe vissuto tale processo di virtualizzazione, ma le recenti accelerazioni hanno sfatato questo mito e si affacciano sul mercato molte soluzioni di virtualizzazione e cloudificazione dell'accesso radio. TIM è pioniera delle soluzioni Virtual/Cloud RAN. Da oltre un anno analizza nei suoi laboratori le soluzioni prototipali dei principali partner come Ericsson, Huawei e Nokia, ma sta anche valutando soluzioni di altre aziende del settore che si dimostrano particolarmente innovati-



3

Il percorso di TIM da leader dello sviluppo e dell'innovazione delle reti mobile ultrabroadband

ve su tale ambito come Amarisoft, Asocs, Altiostar ed altri. In particolare, il percorso di TIM con Altiostar, azienda USA con centro direzionale a Boston, è iniziato circa 2 anni fa al Mobile World Congress di Barcellona

del 2015 ed ha portato alla validazione della soluzione nei laboratori di Torino annunciata al MWC2016 ed alla successiva sperimentazione in campo della soluzione, primi in Europa e tra i primi operatori al

mondo, nella città di Saluzzo [11]. In parallelo è stato svolto nella prima parte del 2016 un trial di centralizzazione della banda base su rete live con Huawei in un cluster di siti radio nel centro di Palermo che ha con-

fermato tramite l' "intelligenza" del coordinamento tutti i benefici attesi e che è attualmente in estensione [12]. Oltre a confermare questi benefici le prove in campo su rete live con Altiostar hanno confermato la maturità della soluzione ed hanno consentito di toccare con mano l'utilizzo della nuova architettura con l'installazione a Torino di un'infrastruttura virtualizzata di banda base in grado di controllare i nodi radio distribuiti a Saluzzo a più di 60km di distanza. Al MWC 2017 dello scorso febbraio la tecnologia vRAN di Altiostar ha ricevuto il Best Mobile Technology Breakthrough Award ed è stata anche riconosciuta da un panel di CTO come Overall Outstanding Mobile Technology.

Un ulteriore passo, nella strategia di TIM di offrire il miglior servizio mobile, è l'introduzione di small cell 4G e 4.5G sia per la copertura di aree outdoor (piazze, strade pedonali, ecc.) sia per la copertura di hot spot indoor (aeroporti, stadi, centri commerciali, stazioni, ospedali, campus

universitari, ecc.). Già nel 2017 TIM sta sviluppando un piano di dispiegamento di small cell che, tramite la densificazione della rete macro, consentono di avvicinare le antenne al cliente incrementando la capacità e le performance nelle aree ad alto traffico e migliorando la qualità del servizio. La rete, cosiddetta eterogenea, che si viene a determinare dalla sovrapposizione nella stessa area di copertura di siti macro e small cell richiede coordinamento, sia per poter aggregare le risorse dei diversi layer, sia per poter gestire al meglio l'interferenza reciproca. Tale coordinamento sarà sviluppato al meglio grazie all'architettura vRAN, ma è già in essere nella rete TIM. Il dispiegamento delle small cell prepara la rete agli sviluppi del 5G e particolari attività sono in corso nella città di Torino dove si sta già predisponendo l'infrastruttura, tra cui oltre 100 small cell nella principali vie del centro, che farà del capoluogo piemontese la prima città 5G d'Italia [13].

Nel corso del 2017 altre importanti innovazioni saranno introdotte da TIM sulla rete mobile come - solo a titolo di esempio - l'estensione della vRAN, la diffusione commerciale del servizio NB-IoT a molti altri use case e l'incremento della velocità massima verso 1 Gbps, al fine di continuare il percorso verso il 5G e confermare il ruolo di leadership a livello mondiale. Tali innovazioni, unite a grandi investimenti già effettuati e ulteriormente previsti sull'innovazione delle rete mobile, consentono di sviluppare una rete al massimo livello di sviluppo tecnologico, sia in termini di funzionalità, sia in termini di architettura, in grado di gestire al meglio la forte crescita del traffico dati in mobilità ed incrementare la qualità dei servizi digitali in mobilità al fine di offrire ai nostri clienti la possibilità di essere connessi ovunque, sempre e nel modo migliore ■

Urlografia

- | | |
|--|--|
| [1] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2014/07-24.html | [3] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-500-Mbps.html |
| www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2014/4g-plus-coperte-120-citta.html | www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-500-Mbps-15-12-2016.html |
| [2] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2015/tim-lte-three-carrier-aggregation.html | [4] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2017/PN-TIM-Turin-5G-Day.html |
| www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2015/tim-roma-giubileo-4g-plus.html | [5] www.telecomitalia.com/tit/it/innovazione/rete/Sanremo-fiori-e-5G.html |
| | www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/corporate/2017/Innovazione-tecnologica-di-TIM-protagonista-del-Festival-di-Sanremo-2017.html |

- | | |
|--|--|
| [6] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2012/11-17.html | [10] www.telecomitalia.com/tit/it/innovazione/rete/self-organizing-network.html |
| [7] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-Dual-Carrier-Aggregation-Palermo.html | [11] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-Sperimenta-Tecnologia-VRAN.html |
| [8] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-Huawei-MoU-21-02-2016.html | www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-Altiostar-VRAN.html |
| www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/corporate/2016/TIM-Torino-Internet-of-Things.html | [12] www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-launches-the-intelligent-4G-in-Palermo.html |
| www.telecomitalia.com/tit/it/innovazione/i-luoghi-della-ricerca/lot-Lab.html | [13] http://www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/comunicati-stampa/telecom-italia/mercato/business/2017/10-03-17CS-TIM-Comune-di-Torino-5G.html |
| [9] http://www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/olivetti/2017/OLIVETTI-e-SMAT-12-04-17.html | |



Graziano Bini graziano.bini@telecomitalia.it

Laureato all'università di Pisa in Ingegneria delle TLC nel 2000, inizia l'anno successivo la sua esperienza lavorativa in Tilab a Torino nelle attività di supporto alle consociate estere del Gruppo. Dopo varie esperienze internazionali sulle reti mobili di TIM Brasil, Entel PCS (Cile), Telecom Argentina, Avea (Turchia) ed altre, passa nel 2005 a lavorare per TIM Italia nel coordinamento dei progetti di sviluppo degli strumenti e delle metodologie di pianificazione, dimensionamento e ottimizzazione della rete mobile. Nel 2013 si trasferisce a Roma dove l'anno successiva diventa responsabile dell'Ingegneria dell'accesso mobile e dei device. Nell'ambito della rete di accesso mobile di TIM, si occupa dell'ingegnerizzazione delle componenti HW e SW relative alle nuove funzionalità o tecnologie (ad es. VoLTE, NB-IoT, 4,5G fino a 700Mbps), della specifica dei parametri che controllano la rete, delle definizioni delle linee guida e delle metodologie di progettazione radio, nonché dell'evoluzione di device, della loro piattaforma di management, delle sim e delle relative app. ■

Il 5G è la nuova generazione dei sistemi mobili, ma il suo campo di applicazione è molto più ampio rispetto al passato, rappresentando di fatto l'abilitatore tecnologico della società connessa e della Digital Life. I paradigmi di innovazione a cui si ispira sono basati su tecnologie e modelli di business in continua evoluzione, che richiedono agli Operatori Telco un percorso di profonda trasformazione. L'articolo analizza i principi di evoluzione dell'era digitale, le tecnologie caratterizzanti il 5G e la visione TIM, oltre a ipotizzare un percorso di dispiegamento che metta a valore i benefici congiunti delle tecnologie 5G e LTE.

Le "onde" di innovazione digitale

Digitali e connessi. Le ondate di innovazione che si sono succedute negli ultimi decenni hanno progressivamente trasformato la nostra vita in una vita "always on". Sin dalla sua nascita nella metà degli anni 90, la telefonia cellulare GSM ci ha messi effettivamente in contatto continuo con il mondo degli affetti e del lavoro, e le sue evoluzioni verso il 3G con quello delle informazioni, tanto che la dizione "telefono cellulare" è stata progressivamente sostituita da "telefono personale" e poi

OBIETTIVO 5G: LE ATTIVITÀ TIM

Giuseppe Catalano, Daniele Franceschini, Lucy Lombardi



“telefono smart”. E nel 2006, con la nascita degli smartphone, prima l’iPhone e poi la democratizzazione economica portata da Android, abbiamo assistito all’esplosione della “app economy” e delle “social networks”, e il nostro livello di connessione è diventato ancora maggiore. Un’intera nuova filiera di business è nata attorno alle piattaforme di applicazioni mobili e dei relativi sviluppatori. Connessi e “virtuali”, si diceva, per indicare quanto in realtà queste ondate toccavano la parte “immateriale”, “liquida” e meno quella fisica della nostra vita. Progressivamente si è poi preferito il termine “digitale”.

La nuova onda: Cyber Physical Revolution

Analisti, sociologi e futuristi hanno intanto incominciato a riflettere sui prossimi cambiamenti prodotti dalla tecnologia. Uno scenario è cominciato ad emergere: quello in cui il mondo del “digitale” si estende dal virtuale al mondo fisico, il mondo del software si estende al mondo degli “oggetti” che ci circondano, dei “sensori”, della robotica, impattando sugli “ambienti” quali la casa, la città, l’automobile.

Così progressivamente ci stiamo avviando verso quella nuova ondata di cambiamento che il WEF (World Economic Forum) definisce cyber physical revolution.

Gli abilitatori di questa nuova wave sono vari:

a) la disponibilità a costi competitivi di sensori, che possono tradurre l’informazione fisica in digitale, trasformando quindi gli oggetti che ci circondano in dati digitali. Come conseguenza, in base alla proprietà tipica dell’informazione digitale, gli oggetti, o

meglio i loro dati, sono diventati facilmente copiabili, trasferibili ovunque nel mondo ed elaborabili [1];

- b) la connettività sempre più diffusa e disponibile in abbondanza, connettività che permette a qualunque oggetto di trasferire e ricevere informazioni e dati in qualunque istante;
- c) le cognitive technologies e le tecnologie di intelligenza artificiale in generale, che permettono di elaborare in maniera sofisticata grandi moli di dati, rendendo possibile quanto con gli algoritmi classici era o impossibile o troppo lento;
- d) la robotica che permette di eseguire azioni anche comandate da remoto e diventa un sistema di “attuazione” di quanto viene colto dai sensori, trasportato e rielaborato in decisioni e azioni.
- e) le stampanti 3D con la loro abilità di trasformare informazioni digitali in oggetti fisici, abilitando nuovi business e opportunità di innovazione.

Contrariamente alla precedente fase guidata dagli smartphones e dalle applicazioni, che ha impattato fortemente il mondo “consumer”, questa ondata tecnologica sta determinando un percorso di profonda innovazione a partire dal contesto industriale, dai sistemi di produzione, e quindi in un certo senso dai servizi B2B, per poi arrivare, progressivamente, a cambiare l’esperienza

“consumer”, nella vita quotidiana delle persone.

Cercando un paragone un po’ immaginifico, ma non troppo, con lo sviluppo di un futuro organismo vivente, possiamo infatti pensare alla robotica come al sistema motorio e muscolare, i sistemi di sensori ai sensi, il sistema cognitivo al cervello. In questa metafora, la connettività è il sistema nervoso che deve collegare e rendere funzionante tutto l’organismo. Un “sistema nervoso” che dovrà essere molto più sofisticato di quanto ci hanno offerto i sistemi di connettività finora sviluppati, poiché dovrà gestire comunicazioni human e non-human, rendendo le prime più appaganti (per esempio permettendo qualità video ancora superiori, migliore mobilità etc) e le seconde realizzabili attraverso il supporto di un ampio spettro di requisiti senza precedenti in termini di banda, latenza, consumo batterie, mobilità, costi, access independence, etc.

Il 5G è, in questo contesto, una trasformazione dirompente della rete, che introduce prestazioni 10 volte superiori a quelle attuali, grazie alla evoluzione della radio e dell’architettura e all’agilità e flessibilità dell’uso innovativo del software e della virtualizzazione delle funzioni di rete.

In questo macro scenario, la visione di TIM è quella di essere la miglior infrastruttura del paese e di guidare le evoluzioni infrastrutturali decisive per la competitività e il futuro digitale del paese.

Il 5G in logica di circular innovation

L’attività di standardizzazione è in pieno fermento, con tempi che traggono il 2018, e TIM è l’unico player italiano che contribuisce e influenza la definizione dello standard 5G. La definizione dello standard è importantissima, ma nel 5G come mai in passato nel contesto delle telecomunicazioni, i tempi tra standardizzazione, sviluppo e mercato si sono ridotti. In questo scenario, occorre un approccio a 360 gradi dove, oltre al presidio tradizionale negli enti di standardizzazione, è importante lavorare direttamente con il mercato, con le industrie, con la domanda, per svilupparne e recepirne i requisiti fondamentali per assicurare un successo di mercato alle evoluzioni dello standard.

Il nuovo approccio all’innovazione che stiamo adottando è quello della “circular innovation”, che favorisce un nuovo ecosistema di business per lo sviluppo di soluzioni 5G, siglando accordi con i leader tecnologici, del mondo accademico e dell’industria e con i rappresentanti della Pubblica Amministrazione.

I casi d’uso che si prevedono sono molti e probabilmente ci sorprenderanno - chi pensava allo smartphone quando fu lanciato il 3G, 15 anni fa? - alcuni appaiono molto concreti e rilevanti per un operatore, in particolare:

- il settore automotive e trasporti: il tema della connettività tra vei-

1 ondate di cambiamento nella vita digitale

...non solo OTT ma nuovi player industriali...

Il wireless e la fibra hanno diffusione capillare

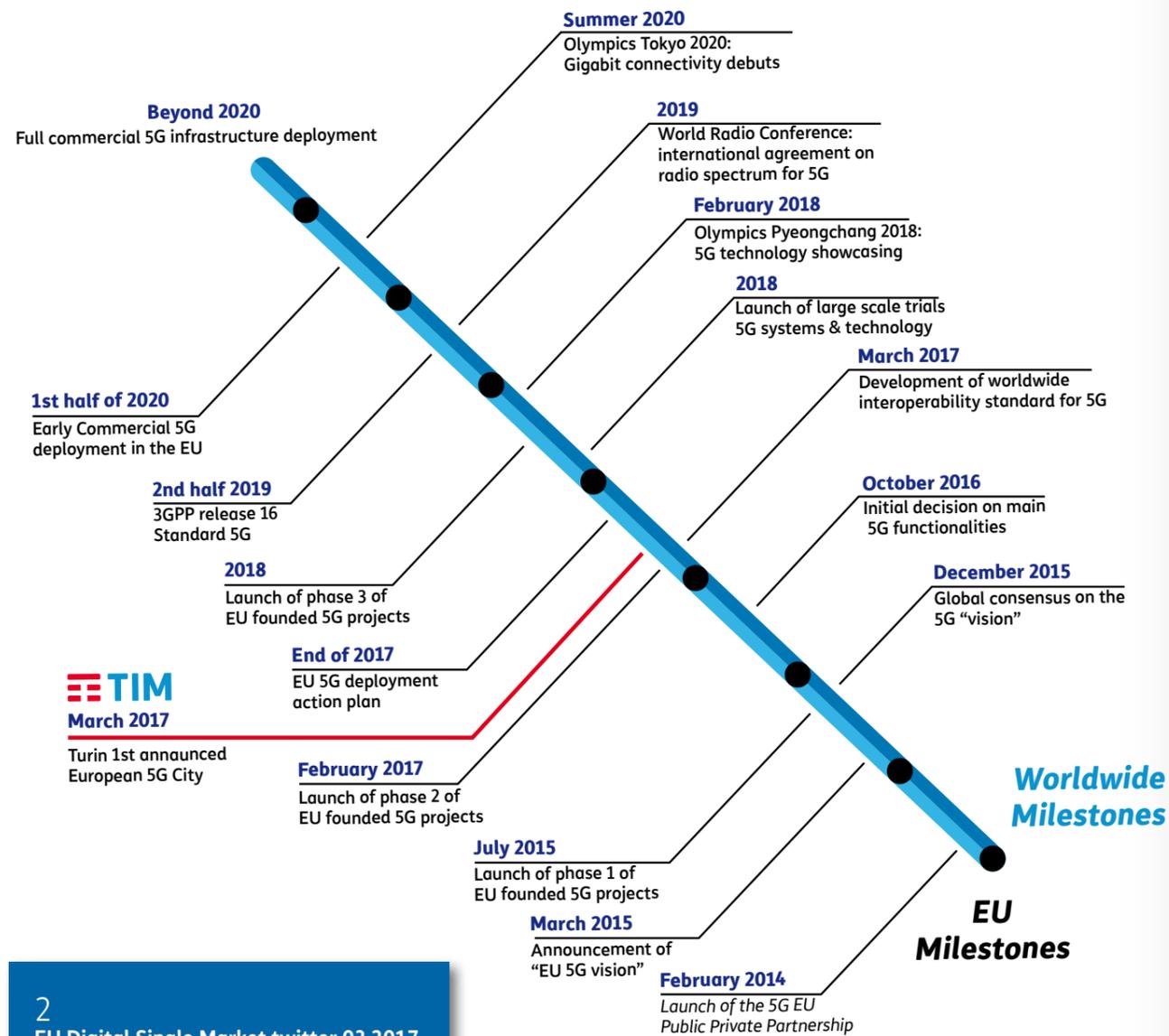
5G TELCO

OPPORTUNITÀ DALLE INDUSTRY ADIACENTI E DAI SERVIZI DIGITALI

L’innovazione è un percorso circolare e continuo

Le reti sono programmabili e aperte

Ogni oggetto è connesso



coli e tra veicoli e infrastrutture, orientata ad incrementare la sicurezza e anche il risparmio energetico, alla connettività per l'infotainment, che comporta grandi volumi di dati trasmessi in mobilità, e poi, in prospettiva, i veicoli a guida autonoma, le "self driving

car, sono realtà che scopriremo rapidamente nei prossimi anni e necessitano sia di banda larga in mobilità che di reti con bassissima latenza ed alta affidabilità;

- la cosiddetta Industria 4.0 ovvero la trasformazione digitale in fase di avvio del mondo dell'industria.

Si tratta di un processo complesso che riguarda la trasformazione delle fabbriche con l'adozione di robot, 3D printing e altri strumenti complessi; la trasformazione dei prodotti a cui saranno associati in modo sistematico sensori dai cui dati si lavorerà per migliorare la

produzione e i processi; l'evoluzione della filiera per gestire in tempo reale la relazione con fornitori da un lato e con il cliente finale dall'altro. La specificità italiana, vista la numerosità di piccole e medie imprese e le diverse esigenze di ognuna, richiederà partner tecnologici che conoscano le tecnologie, il territorio e le esigenze dei clienti, caratteristiche che ben posizionano gli operatori per accompagnare le PMI in questo processo di digitalizzazione.

- Il mondo dei "nuovi" media, con il cambio di abitudine d'uso e nuovi formati tra cui le soluzioni di Virtual e Augmented Reality, che richiedono nuove capacità di trasmissione; qui l'innovazione sarà guidata da aziende specializzate nel SW, e dovrà essere supportata adeguatamente dall'evoluzione dell'HW e dalla connettività delle reti.

Un grande tema sottostante alla cyber-physical revolution è quello della sicurezza, dove saranno messe in gioco le capacità native di sicurezza della rete radiomobili, ad esempio dovute alla autenticazione forte, insieme alle evoluzioni come il Network Slicing, che permetterà di segregare il traffico per clienti o servizi quando necessario per motivi di security oltre che di qualità. Molti altri settori saranno toccati, basti pensare alla sanità digitale, alle smart city, alle utilities fino al tema delle smart grid. Un gran numero di servizi, dunque, che utilizzeranno in maniera opportuna

i miglioramenti di banda, latenza, flessibilità della nuova rete, che dovrà quindi essere organizzata e seguire un piano di dispiegamento opportuno.

I requisiti funzionali per il dispiegamento del 5G

Il 5G non è semplicemente un nuovo sistema costituito da una nuova interfaccia radio ed una nuova rete core, come avvenuto in passato per le precedenti generazioni dei sistemi radiomobili, ma rappresenta il punto di aggregazione di un insieme di stream di evoluzione tecnologica e driver di mercato, e si prefigge di divenire la piattaforma Telco su cui sviluppare l'ecosistema dei nuovi servizi digitali. Il percorso dell'UMTS, che ambiva ad essere un sistema universale per il supporto di un ampio ventaglio di servizi, ha già mostrato come le architetture dei sistemi convenzionali non forniscono la flessibilità richiesta dai molti use case e modelli di business della Digital Life. Analogamente, la convergenza delle piattaforme sul paradigma ALL IP da sola non si è rilevata un abilitatore sufficiente ad evitare la frammentazione delle tecnologie e dei dispiegamenti in corrispondenza di servizi diversi. Infine, la velocità dell'innovazione tecnologica e gli approcci open source e proprietari rappresentano una sfida continua alla capacità degli enti

di standardizzazione di indirizzare all'interno di un filone condiviso tutte le iniziative della Industry. Pertanto diviene cruciale per gli Operatori Telco essere in grado di comporre in fase di pianificazione e dispiegamento un quadro di insieme che includa le migliori soluzioni tecnologiche, in modalità future proof ed organica agli investimenti, flessibile alla realizzazione di nuovi servizi e che minimizzi la frammentazione delle piattaforme. È, inoltre, sempre più importante disporre di tecnologie che consentano Time To Market e costi ridotti e, in modo corrispondente, decommissioning altrettanto semplificati con la possibilità di riutilizzare con successo le stesse piattaforme per nuovi servizi.

In questa prospettiva, un primo elemento essenziale è rappresentato dall'inclusione nel framework 5G delle future evoluzioni di LTE-A (specifiche dello standard 3GPP dalla Release 15 in poi). Tale approccio, già recepito dagli standard 3GPP e che dovrà essere ratificato dall'ITU attraverso l'inclusione di tali evoluzioni nella famiglia "IMT for 2020 and beyond", deriva in primo luogo dalla capacità dei sistemi LTE-A di supportare performance di picco ormai prossime al Gb/s, ed in secondo luogo dal fatto che le evoluzioni di LTE-A già includono nelle release esistenti dello standard 3GPP il supporto di un numero elevato di servizi verticali (NB-IoT, Proximity Services, Vehicular, Public Safety, etc.), che pertanto possono essere dispiegati in prima battuta su tale accesso. Ne

ARCHITETTURA END TO END DEL 5G

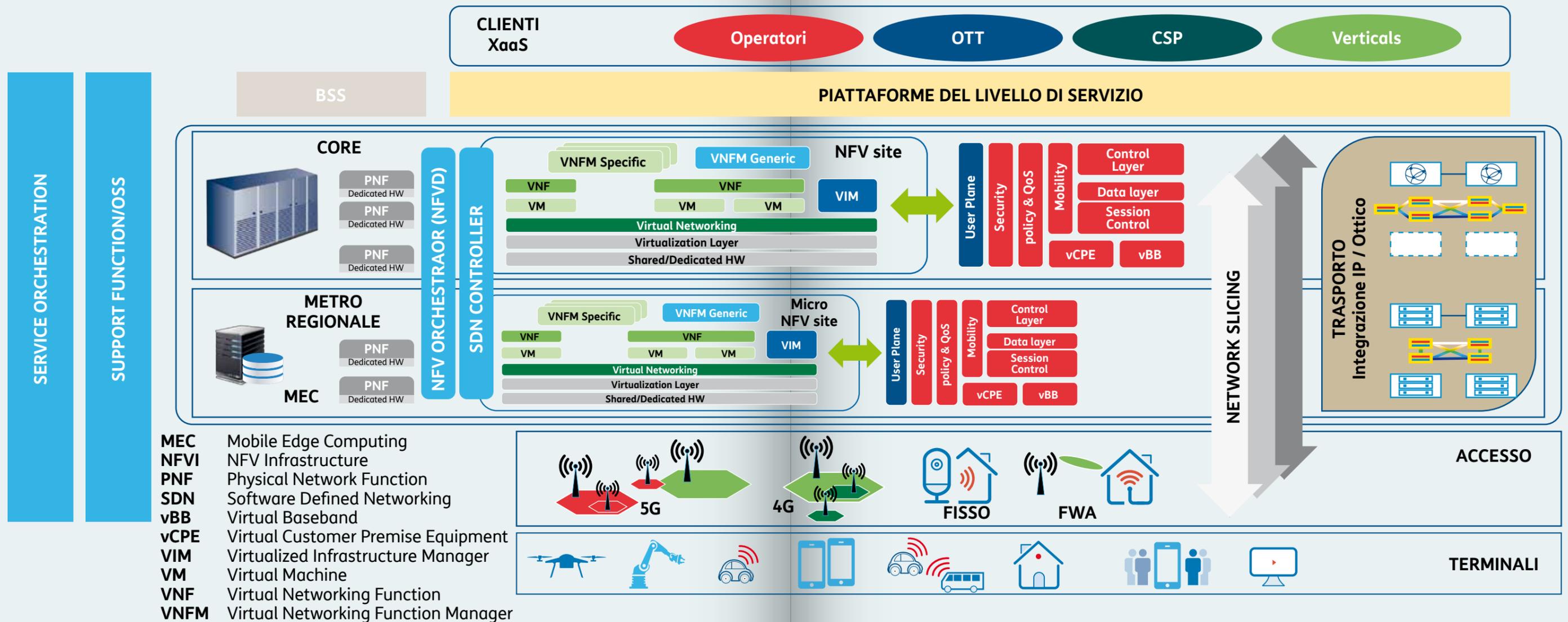
L'architettura end to end del 5G si pone come obiettivo quello di fornire un'estrema flessibilità in termini di supporto e configurazione di funzionalità e servizi ed integrazione di accessi. Partendo dai building blocks della virtualizzazione (NFV), della programmabilità (SDN) e dell'automazione dei processi (SON), l'obiettivo è quello di realizzare una rete multi-tecnologia integrata sugli accessi wireless e wired (evoluzione di LTE, NR, WiFi,

FWA). Tale flessibilità deriva, oltre che dagli abilitatori citati, da nuovi paradigmi architetturali quali la service based architecture, il dataless e la cloudification, che forniscono capability di modularità e flessibilità per i dispiegamenti dell'Operatore e nell'ottica di abilitare un approccio "Platform as a Service" multi-tenancy. Un ulteriore componente è fornito dalle funzionalità di orchestrazione, per la gestione automatizzata delle

capability di rete, delle applicazioni e dei servizi, ma anche per le attività di provisionig, administration e maintenance, per la riduzione della complessità di rete, dei costi di operation e del time to market dei servizi. Per supportare questi cambiamenti architetturali le reti di trasporto ottica e IP devono evolvere di pari passo, integrandosi all'interno di un framework unico di gestione e configurazione, grazie alle capability dell'SDN, fornendo connettività dove richiesto e "on-demand", secondo un networking orientato ai servizi e ai contenuti. Infine, è essenziale associare le capability della rete in fibra (banda, consumo di energia, gestione) con i requisiti sempre più stringenti del nuovo accesso radio

(throughput, latenza, affidabilità). Questo comporta sia il ricorso ad architetture virtualizzate in rete di accesso (V-RAN), sia alla sempre maggiore remotizzazione al bordo della rete dei contenuti per applicazioni real time, secondo l'approccio MEC. Il design architetturale non dovrà limitarsi ai nuovi sistemi 5G, ma dovrà abbracciare l'evoluzione dei sistemi legacy, in modo da consentire un processo di sviluppo continuo dei servizi, evitando i fenomeni di decommissioning e frammentazione tipici delle architetture tradizionali.

A Architettura logica end to end del 5G



- MEC Mobile Edge Computing
- NFVI NFV Infrastructure
- PNF Physical Network Function
- SDN Software Defined Networking
- vBB Virtual Baseband
- vCPE Virtual Customer Premise Equipment
- VIM Virtualized Infrastructure Manager
- VM Virtual Machine
- VNF Virtual Networking Function
- VNFM Virtual Networking Function Manager

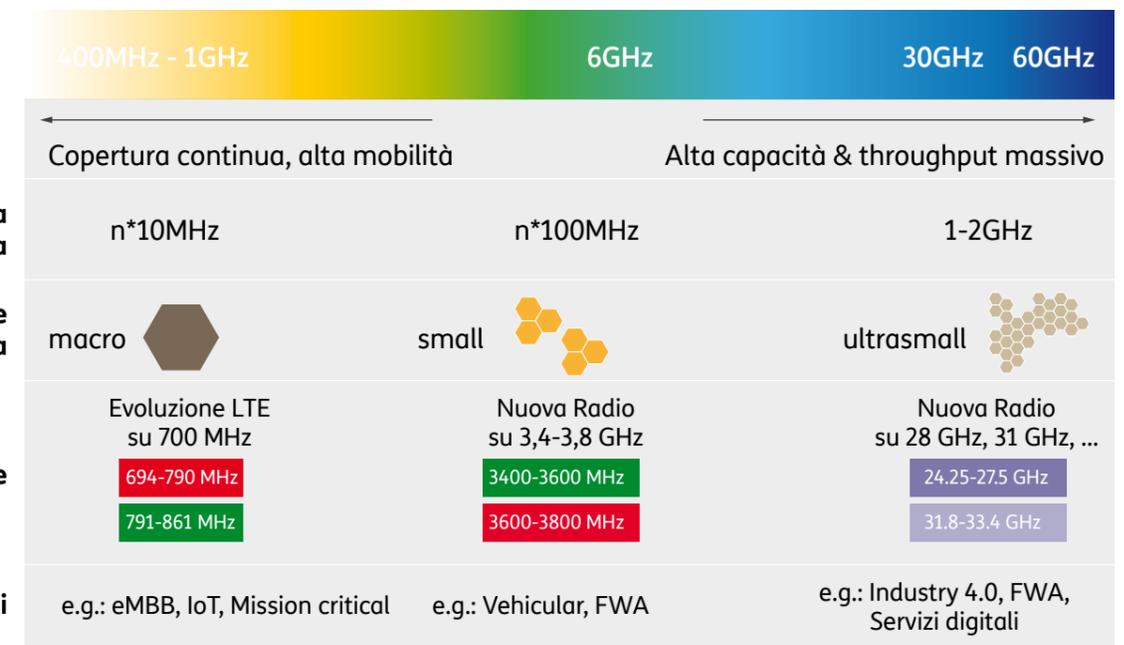
deriva che un percorso di dispiegamento organico debba prevedere lo sviluppo della tecnologia LTE-A per le coperture macro sulle opportune bande di frequenza, in modo da garantire la disponibilità pervasiva del Mobile Broadband sia per i terminali legacy LTE, sia per quelli di nuova generazione, e lo sviluppo della nuova tecnologia radio (NR, New Radio) su frequenze a larghissima banda ed elevata frequenza (onde millimetriche) per dispiegamenti ad altissime prestazioni orientati, dove e quando richiesto, allo sviluppo dei nuovi servizi verticali, dal massive IoT, alle Smart Cities, all'Industry 4.0 e a tutti i servizi classificabili all'interno delle tre famiglie (eMBB, mMTC, URLLC) individuate dal 3GPP all'interno del framework 5G. Un secondo elemento rilevante è rappresentato dalla realizzazione di un'unica core network (Next Generation Core - NGC), alla quale attestare, attraverso la stessa interfaccia logica, tutti gli accessi 5G (quindi evoluzione di LTE-A e NR, ed in futuro altri accessi, quali accessi fissi broadband), allo scopo non solo di garantire la necessaria continuità di servizio in termini di QoS e mobilità, ma soprattutto per focalizzare su una sola piattaforma tecnologica evoluta lo sviluppo dei nuovi servizi, senza dover ricorrere a dispiegamenti dedicati per tecnologia o servizio. In una prospettiva di lungo termine l'EPC diverrà una piattaforma per il supporto di terminali LTE legacy e di clienti roamers, mentre la NGC fornirà i sistemi convergenti

per il supporto dei servizi con clientela massiva. Tuttavia, affinché tali architetture risultino adeguatamente flessibili ed efficienti, è necessario che esse siano definite secondo un paradigma di virtualizzazione end-to-end (inclusi i sistemi di accesso in architettura Virtual RAN), che consenta il dispiegamento di funzioni di rete virtuali multi-vendor e di catene di servizio e2e indipendenti grazie al network slicing su una piattaforma HW comune, che possa essere condivisa anche con le funzioni IT, realizzando, dunque, un nuovo scenario di convergenza, non più solo fisso-mobile, ma anche tra le entità funzionali di rete e quelle dell'Information Technology. L'uso ottimizzato dello spettro (Figura 3) rappresenta un elemento fondamentale per un dispiegamento efficace, in grado di raggiungere le performance (copertura, capacità, throughput, latenza) richieste dai diversi servizi. Le bande LTE (da 800 MHz a 2600 MHz e in prospettiva la banda 700 MHz), consentono coperture continue e capillari, che supportano i servizi in mobilità e con pervasività tale da abilitare tanto il MBB quanto l'ecosistema dell'IoT e delle Smart Cities. Le bande intermedie (ad es. 3.5 GHz), in funzione delle modalità di dispiegamento e delle tecnologie radio adottate, possono adattarsi tanto a dispiegamenti micro, in grado di incrementare capacità e prestazioni in aree ad alta densità, quanto a dispiegamenti orientati a nuovi servizi, ad esempio in ambito vehicular o FWA.

Le bande ad altissima frequenza (bande millimetriche, e.g. 28 GHz), infine, grazie a larghezze di banda di centinaia di MHz e unite a dispiegamenti di rete core alla periferia della rete, raggiungono prestazioni di bitrate e latenza di decine di Gbps e alcuni ms, rispettivamente, che abilitano nuovi ecosistemi di servizi, dalla robotica, alle applicazioni industriali, ai servizi automotive, fino ad applicazioni eHealth, remote surgery e Public Safety ad altissimi requisiti prestazionali. Mentre le bande sotto i 3 GHz saranno efficacemente implementabili con le evoluzioni di LTE, le bande millimetriche richiederanno l'adozione della Nuova Radio. Le bande intermedie potranno essere dispiegate su LTE o sulla Nuova Radio, in funzione dei requisiti di servizio.

Piani di dispiegamento

Gli annunci di trial e lanci pre-commerciali 5G si susseguono, coinvolgendo player di tutti i mercati avanzati: negli Stati Uniti Verizon ha fondato il Verizon 5G Technical Forum (V5GTF) ed ha annunciato per aprile di quest'anno il dispiegamento di un pilot on field in 11 città orientato a servizi FWA a 28 GHz. Nell'area Asia-Pacifico i primi pilot e lanci pre-commerciali saranno legati agli eventi vetrina delle Olimpiadi invernali in Corea del Sud nel 2018 e dei Giochi Olimpici in Giappone



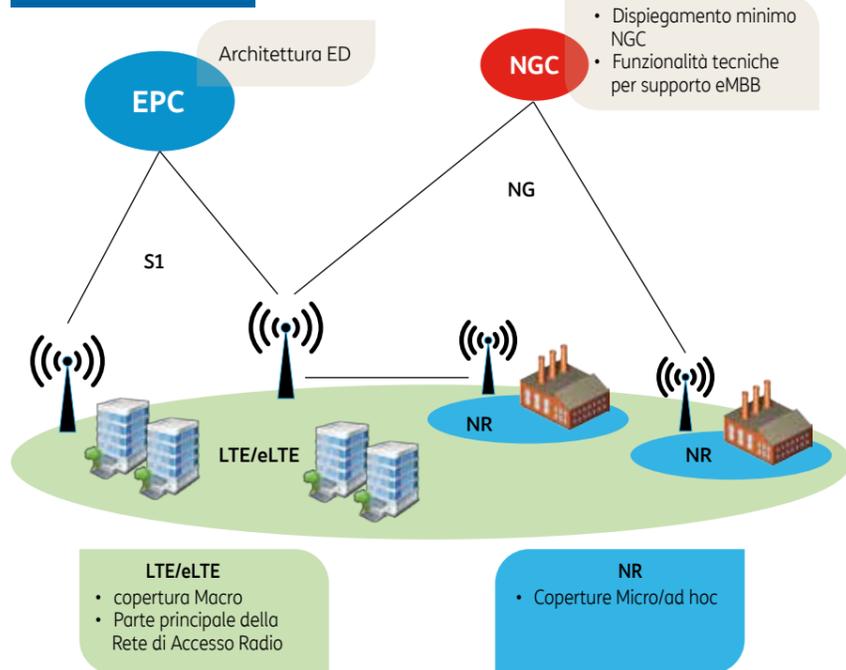
3 Spettro 5G e relative applicazioni

nel 2020, con focus su servizi MBB. In Europa, la Commissione Europea ha lanciato il 5G Action Plan per il lancio coordinato del 5G negli Stati Membri a partire dal 2020, con un piano di trial pan-europei a partire dal 2018, finalizzati all'evento vetrina dei Campionati Europei UEFA nel 2020. In tale scenario, un piano di dispiegamento del 5G coerente sia con le attività della Commissione Europea ed i requisiti dell'Agenda Digitale Europea, sia con la roadmap degli standard 3GPP e la disponibilità tecnologica, si può articolare in due Fasi (rappresentate in Figura 4). A valle di una attività preliminare (approssimativamente dal '17 al '19) dedicata a trial e PoC sia in laboratorio sia on field, si prevede una prima fase di dispiegamento commerciale (approssimati-

vamente dal '19 al '20/'21) in cui il 5G sarà lanciato in aree specifiche in funzione di determinati requisiti di servizio, su bande intermedie (ad esempio 3.5 GHz) o, se compatibile con i requisiti Regulatori, anche millimetriche, dove LTE-A rimane la tecnologia per i dispiegamenti macro, a cui si appoggiano coperture ad hoc NR, principalmente in dual connectivity secondo lo standard early drop del 3GPP. Una seconda Fase di dispiegamento commerciale (approssimativamente dal '20/'21 al '25) vedrà un'espansione della copertura sia sulla Nuova Radio sia sulle evoluzioni di LTE-A, oltre all'utilizzo più esteso di bande millimetriche (ad es. 24,25 - 27,5 GHz, 27,5-29,5 GHz e 31,8-33,4 GHz), per una piena espansione dei servizi verticali del mondo business in comparteci-

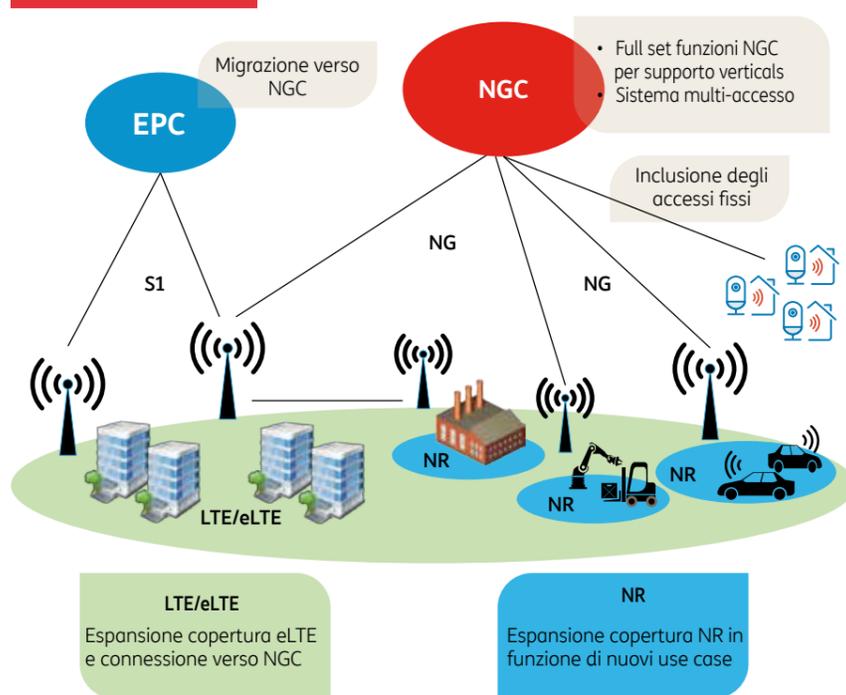
pazione con molteplici player industriali. Contestualmente l'evoluzione della tecnologia LTE già oggi consente agli Operatori Telco di aprirsi ai nuovi servizi e mercati adiacenti, sia grazie alle maggiori performance dell'LTE-A, sia grazie a nuove capability tecnologiche. In questo senso TIM ha già lanciato in campo, prima in Europa, nelle città di Roma, Palermo e San Remo il 4.5G che raggiunge la velocità di picco di 500 Mb/s, dopo aver lanciato in 11 città il servizio a 300 Mb/s. TIM continua ad ampliare su scala nazionale la copertura LTE superando, a fine 2016, i 6700

Prima fase



ED - Early Drop in definizione da parte dello standard 3GPP
 NGC - Next Generation Core
 EPC - Enhanced Packet Core
 NR - New Radio
 eLTE-LTE evolution (R15 e successive)

Seconda fase



4

Fasi del dispiegamento 5G

comuni e raggiungendo oltre il 96% della popolazione, mentre a breve la rete 4.5G sarà estesa alle città di Napoli, Milano e Torino, proseguendo poi su altre grandi città attualmente già raggiunte dal servizio 300 Mbps, con l'obiettivo di sperimentare e lanciare nel 2017 nuove feature tecnologiche che permetteranno di raggiungere la soglia del Gb/s.

Conclusioni

Il 5G rappresenta per gli Operatori Telco l'opportunità di guardare a nuovi mercati, sfruttando la transizione tecnologica che porta alla connessione pervasiva ed alla digitalizzazione del mondo fisico. Per affrontare con successo tale transizione è necessario per gli Operatori Telco sapere guidare il processo di trasformazione secondo una mission chiara sia dal punto di vista del business sia da quello della evoluzione tecnologica. Infatti, in un contesto tecnico e regolatorio sempre più orientato alla apertura e condivisione degli asset, i soli servizi di connessione, anche evoluti, rappresenteranno un elemento parziale del business. Al contrario la creazione di partnership tecnologiche e di business, la definizione di

TRIALS E POC 5G

La futura rete 5G nasce con aspettative diverse nei vari Paesi: in Europa gli Operatori mirano a fornire servizi di valore maggiore rispetto alla semplice connettività; negli USA e nel Far East, le aspettative sono più rivolte verso una maggiore disponibilità di banda. Anche altri attori sono interessati al 5G: le municipalità (smart metering, smart wasting, smart parking, ecc.), i Governi (Public Safety), le industrie e il settore agricolo (Automotive, Industry 4.0 e smart agriculture), la sanità (E-Health). Nel periodo che precede il lancio del 5G ci si aspetta l'ingresso di un circolo virtuoso in cui le sperimentazioni 5G consentiranno all'intero ecosistema (Operatori, Fornitori, Verticals, Amministrazioni) di cominciare a familiarizzare con le nuove tecnologie osservando le potenzialità delle nuove architetture e delle nuove funzionalità: slicing, alta densità di dispositivi, ridotte latenze, alta affidabilità, maggiore disponibilità complessiva del sistema. Però l'obiettivo dei trial e dei PoC (Proof of Concept) non è solo tecnologico. Ciascun trial consentirà di misurare le reali disponibilità di nuove applicazioni e di nuovi spazi di mercato che potranno essere abilitati. Inoltre le aziende e gli enti che coopereranno all'esecuzione dei trial, cominceranno a sperimentare modelli di business innovativi rispetto a quelli finora propri delle telecomunicazioni. A questo contesto è particolarmente interessata la Commissione Europea che intende dare un impulso

deciso con il 5GAP (5G Action Plan). Il 5GAP coinvolge Amministrazioni, Università, Verticals, Operatori e Fornitori ed ha l'obiettivo di definire un piano di Large Scale Trials che nel corso del 2019 raggiungeranno un'estensione paneuropea.

Nel triennio 2017-2019 saranno quindi molte le attività che vedranno coinvolta TIM nella realizzazione di trial che, partendo dall'attuale disponibilità tecnologica, porteranno ciascun segmento di mercato alle porte di un reale dispiegamento.

Alcune attività prevedono l'applicazione al settore della robotica, per la produzione automotive e per telecontrollo e telegestione di robot per l'agricoltura. In questo ambito oltre al monitoraggio degli impianti che prevedono un'alta densità di sensori, una delle sfide più importanti è legata al controllo dei robot, per il quale è richiesta bassa latenza ed alta affidabilità della comunicazione. Un altro settore di rilievo è legato all'interazione intelligente con i veicoli. Ciò richiede un alto livello di affidabilità della rete e la capacità di coordinare molteplici fonti di informazioni provenienti da altri veicoli, da dispositivi fissi stradali e dai device degli utenti. Tra le attività che saranno intraprese nel breve termine vi è sicuramente anche una serie di trial finalizzati ad abilitare il concetto di "Smart City", che in tecnologia 5G usufruirà di molti abilitatori come ad esempio il massive IoT.

Infine si stanno progettando trial sulla Public Safety, che abiliteranno nuovi scenari di utilizzo della rete da parte delle forze di Polizia e delle amministrazioni ■

flavia.buscaglia@telecomitalia.it
 roberto.procoppio@telecomitalia.it



una nuova relazione con i fornitori di tecnologia, che metta a valore la disponibilità di soluzioni virtualizzate aperte e gli approcci open source, e, infine, la realizzazione di una rete programmabile che permetta di dispiegare, evolvere e dismettere, in modo continuo e a costi contenuti, nuovi servizi, rappresentano le direttrici del percorso di evoluzione degli Operatori, come player rilevanti della società connessa e digitale.

Il percorso di Tim verso il 5G è in linea con le milestone individuate dagli enti di standard e dalle istituzioni politiche Europee. L'accor-

do siglato per realizzare la prima rete 5G in Italia nella città di Torino, dove entro il 2018 partirà la prima sperimentazione, le numerose attività di trial nei laboratori TIM e on field, preparano la disponibilità dei servizi commerciali a partire dal 2019-2020, grazie ad un dispiegamento dapprima in aree mirate, in funzione di partnership ed opportunità di business, e progressivamente in aree più estese, grazie anche alla evoluzione di LTE, che farà parte della famiglia delle tecnologie 5G. In questa prospettiva, TIM è già leader dell'innovazione di LTE, avendo dispiegato, prima in Europa, la rete

4.5G nelle città di Roma, Palermo e San Remo, raggiungendo i valori di bitrate di picco di 500 Mb/s. Ma l'evoluzione riguarda tutti i settori di rete, dall'introduzione delle tecnologie NFV ed SDN, alla integrazione delle tecnologie IP e ottiche nelle reti di trasporto, allo sviluppo della Network Automation e delle soluzioni Cloud, dei nuovi accessi FWA e NB-IoT, oltre al dispiegamento sempre più pervasivo della infrastruttura in fibra, come portante fondamentale della evoluzione delle reti e dei servizi ■

Note

[1] Vuole e Brynjolfsson

[2] Enhanced Mobile BroadBand (eMBB), massive Machine Type Communication, Ultra Reliable Low Latency Communication

[3] Come indicato dall'RSPG nell'Opinione del 9 Novembre

2016 (RSPG16-032 "Strategic Roadmap towards 5G for Europe - Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)), la banda 3400 - 3800 MHz è considerata la banda primaria per l'introduzione dei servizi 5G in Europa anche prima del 2020



Giuseppe Catalano giuseppe.catalano@telecomitalia.it

ingegnere delle Telecomunicazioni, è in Telecom Italia dal 1998, dove si è occupato di tecnologie radiomobili, dapprima nella Direzione Cliente Finale (modelli di QoE) e successivamente in TILAB nelle funzioni di Innovazione Mobile sia Core sia Accesso. Ha successivamente fatto parte della funzione Strategy, per approdare, infine, nel gruppo Planning&Architecture. Si è occupato di progetti di ricerca, di progetti di dispiegamento in rete di tecnologie innovative, sia in Italia sia per le consociate estere, di testing (presso i Testing Lab e on field) e di standard, con una partecipazione decennale in 3GPP (RAN WG3). Ha svolto un'ampia attività di disseminazione come docente presso la Scuola Superiore Guglielmo Reiss Romoli e nell'ambito di Master coordinati con le Università (Politecnico di Torino, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa) e nel processo di diffusione del Piano Tecnologico ■



Daniele Franceschini daniele.franceschini@telecomitalia.it

ingegnere delle Telecomunicazioni, è in azienda dal 1998, dove si è occupato principalmente di tecnologie radiomobili.

Ha fatto parte della Direzione Strategy e ricopre attualmente il ruolo di responsabile del gruppo Planning & Architectures in Technology. Si è occupato di progetti di ricerca e sviluppo, di attività di supporto al dispiegamento di nuove tecnologie, sia in Italia sia in ambito internazionale, di testing e di standard, con una partecipazione decennale in 3GPP (RAN WG3). Ha svolto una lunga attività di disseminazione come docente presso la Scuola Superiore Guglielmo Reiss Romoli e nell'ambito di Master coordinati con le Università (Politecnico di Torino, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa) e nel processo di diffusione del Piano Tecnologico ■



Lucy Lombardi lucy.lombardi@telecomitalia.it

laureata in fisica, è oggi responsabile dell'area Technological Scouting, Industry & Innovation Management in Technology, dove si occupa della crescita delle relazioni industriali e dello sviluppo delle opportunità di partnership per incrementare l'innovazione di TIM. Ha iniziato la sua attività lavorativa nel settore delle telecomunicazioni mobili nel 1996, dove ha assunto ruoli di responsabilità in diverse aree tra cui il Technical Roaming, la pianificazione di rete e lo sviluppo di servizi.

Nel 2000-2002 ha lavorato per una società telco start-up, dove è stata responsabile del progetto GPRS e per la preparazione dell'offerta per l'asta delle licenze 3G. È stata confermata per 3 mandati consecutivi come presidente della GSMA / IREG (Gruppo di Esperti di Interworking e roaming) dal 1999 al 2006 e dal 1996 rappresenta TIM nel Comitato Esecutivo di Gestione della GSMA (PMSC) ■



IL NUOVO SCENARIO DELL'ACCESSO RADIO

Andrea Calvi, Paolo Gianola, Michele Ludovico, Maurizio Marcelli

Introduzione

Il nuovo standard 5G per reti radiomobili in corso di definizione rappresenta per TIM e per il Paese un'opportunità per lo sviluppo di nuovi segmenti di mercato abilitati da infrastrutture di rete tecnologicamente molto avanzate. Gli inve-

stimenti TIM dedicati all'evoluzione del 4G sono un fattore chiave per la guida di tale sviluppo tecnologico, dal momento che l'evoluzione del sistema LTE-Advanced sarà una componente fondamentale della futura rete 5G (per approfondimenti vedasi

l'articolo "A grandi passi verso il 5G" di questo stesso numero del Notiziario Tecnico).

La tecnologia 5G, inizialmente concepita come obiettivo per l'anno 2020, è attualmente al centro di un crescente interesse da parte dell'in-

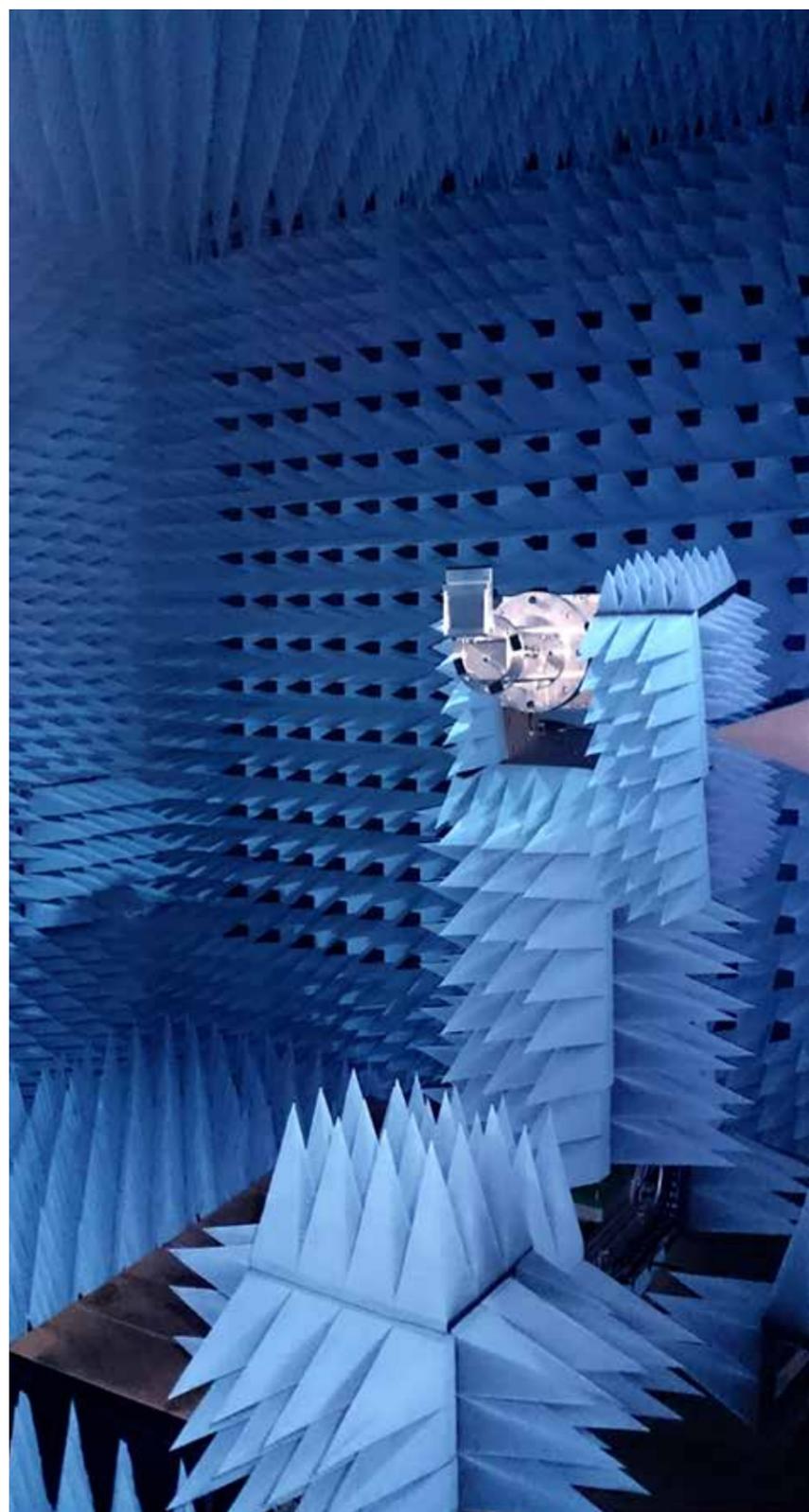
dustria internazionale, con Stati Uniti, Giappone e Corea del Sud che spingono per una disponibilità dei primi sistemi 5G già nel 2018.

In Italia, TIM ha l'obiettivo di rendere la tecnologia e l'ecosistema 5G una realtà nazionale non solo fornendo benefici alla clientela dei servizi a banda larga più tradizionali, con bit-rate wireless di picco fino a 20 Gbit/s, ma anche rendendo possibile l'introduzione di nuovi servizi nei settori di mercato "Vertical" (automotive, l'Internet of Things, robotica, industry 4.0...), superando la frammentazione di tecnologie e di sistemi "ad hoc" per ciascun settore e introducendo allo stesso tempo livelli di capillarità e affidabilità di ordini di grandezza superiori.

A tal fine, a livello internazionale, TIM partecipa con il presidio attivo nei principali organismi normativi e di standardizzazione e nei maggiori progetti di ricerca finanziati dalla Commissione Europea. In particolare ha contribuito al progetto internazionale METIS (Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society) e la sua prosecuzione METIS-II, con la stesura di deliverable tecnici ([1][2][3][4]). In Europa, lo sviluppo dell'eco-sistema per la definizione degli scenari e delle tecnologie abilitanti il 5G è avvenuta prevalentemente nel contesto dell'organizzazione 5GPPP, fondata dalla 5G Infrastructure Association di cui TIM ha fatto parte sin dalle prime fasi, attraverso un insieme di pro-

getti europei: oltre a METIS, TIM ha contribuito anche ai progetti Fantastic-5G, MiWaves e Flex5GWare nel settore dell'accesso per il 5G, con il ruolo di fissare gli obiettivi legati alla definizione del livello fisico secondo i requisiti di banda, spettro e capacità condivisi con i partner dei consorzi. La partecipazione a queste iniziative pone anche le basi per l'identificazione, secondo i requisiti identificabili nel 5G Manifesto, di possibili sperimentazioni europee transnazionali per la realizzazione delle prime reti 5G.

A livello nazionale, TIM ha firmato un protocollo d'intesa con l'amministrazione comunale di Torino, per rendere la città "prima città 5G in Italia" e nel contempo renderla laboratorio a cielo aperto, anch'esso primo in Italia, per la reale dimostrazione dell'efficacia e utilità per i cittadini dei servizi abilitati dal 5G. In questo contesto, TIM valuterà in laboratorio la maturità delle nuove tecnologie 5G (nuova interfaccia radio, sistemi di antenne intelligenti, ecc.) e contribuirà alla definizione delle soluzioni tecniche pre-commerciali in cooperazione con i principali fornitori. A questo scopo, per esempio, TIM ha recentemente inaugurato un innovativo laboratorio (Figura 1) per analizzare e verificare antenne e sistemi che utilizzano frequenze superiori a 6 GHz che costituiranno un fattore chiave per il raggiungimento delle prestazioni di picco previste per il 5G.

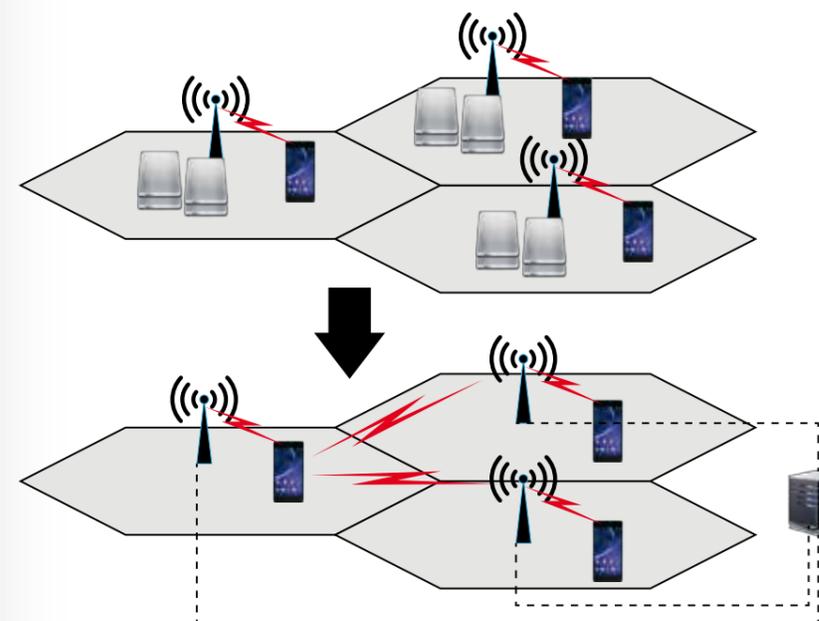


1 Il nuovo mmWave lab

Evoluzione Virtual RAN in ottica 5G

La continua evoluzione della capacità elaborativa delle tecnologie al silicio, spinge gli Operatori a ripensare l'architettura della rete di accesso radio verso una soluzione virtualizzata dove porzioni sempre maggiori delle funzionalità di elaborazione dei protocolli radio vengono centralizzate e ospitate in data centre. La "virtualizzazione" di buona parte dei livelli protocollari e degli algoritmi di elaborazione del segnale su hardware "general purpose" consentirà un'estrema versatilità nelle operazioni di riconfigurazione e di implementazione di nuove funzionalità in modalità flessibile e sostenibile (Figura 2).

Dal punto di vista delle prestazioni, la centralizzazione dello stack protocollare aumenta i benefici di algoritmi di coordinamento quali il CoMP (Coordinated Multi Point transmission/reception) e della Carrier Aggregation. Nel primo caso i differenti punti in trasmissione o ricezione che utilizzano la stessa frequenza sono coordinati per ridurre l'interferenza e combinare il segnale ricevuto, mentre nel secondo caso il terminale può ricevere segnali trasmessi su differenti portanti, ottenendo un conseguente aumento



2 Architettura vRAN

del throughput percepito dall'utente. Grazie alla centralizzazione, gli algoritmi di coordinamento possono coinvolgere non solo le antenne di uno stesso sito, ma anche quelle di siti adiacenti, controllate appunto dagli algoritmi di banda base su piattaforma virtualizzata. In parallelo allo sviluppo di architetture di rete vRAN, le attività di ricerca hanno evidenziato l'importanza di muovere all'edge della rete alcune applicazioni al fine di migliorare le prestazioni e la qualità percepita dall'utente. Pensando ai sistemi 5G, questa scelta rappresenta una necessità nel caso di applicazioni che hanno requisiti di latenza molto

stringenti. Il Multiaccess Edge Computing (MEC), introdotto dal gruppo di standardizzazione ETSI IEG MEC, permette di estendere il cloud delle applicazioni all'edge della rete (ovvero all'accesso radio), grazie alla definizione di opportune API per la comunicazione tra le applicazioni e la rete; in tal modo si crea un ambiente caratterizzato da bassa latenza e banda elevata a disposizione per lo sviluppo di applicazioni che possono fare utilizzo di informazioni accessibili in real time e provenienti dalla rete dell'Operatore. La presenza di una piattaforma virtualizzata, realizzata per ospitare la vRAN permette poi di massimizzare le sinergie riutilizzando la stessa infrastruttura anche per la piattaforma MEC. L'evoluzione dell'architettura della rete radio verso il vRAN richiede an-

che un'evoluzione del fronthauling, ovvero dell'interfaccia di connessione tra la banda base virtualizzata e i moduli radio posti in prossimità delle antenne. Le tecnologie utilizzate a partire dal 3G, CPRI ed OBSAI, nate per collegamenti locali, non sono adeguate per una connessione geografica su larga scala: per un settore LTE 2x2 con larghezza di banda di 20 MHz, la banda richiesta sul fronthauling è pari a circa 2,5 Gbit/s, indipendentemente dal carico effettivo smaltito dal sistema, con requisiti di latenza molto stringenti (dell'ordine dei 150-200 μ s) [5]. Se si pensa ai sistemi 5G, caratterizzati da una larghezza di banda del singolo canale di 100 MHz e oltre, alla possibilità di avere differenti canali trasmessi da un singolo sito, i requisiti che ne derivano richiederebbero forti investimenti per adeguare il trasporto. In tal senso in vari progetti di ricerca (ad es. iJOIN, METIS-II, FLEX5GWARE) e anche in enti di standardizzazione, quali 3GPP/RAN3, sono in discussione diverse soluzioni di fronthauling più efficienti, basate sul principio di una differente separazione funzionale (*functional split*) dei livelli protocollari tra il data centre e l'antenna. Alcune caratteristiche comuni a molte di queste soluzioni sono la dinamicità della banda occupata (funzione del carico effettivo smaltito sull'interfaccia radio), i requisiti di latenza funzionali alle esigenze di servizio e non deterministici come quelli adottati nelle soluzioni di fronthauling attuali e la possibilità di utilizzare un

trasporto a pacchetto; tutte caratteristiche che rendono più sostenibile l'introduzione graduale dell'architettura vRAN nelle reti di trasporto attualmente progettate per i requisiti di connettività tra Stazione Base e Rete Core (backhuling) nella rete mobile attuale.

Il supporto di nuovi modelli di business per l'Operatore, tra i quali l'offerta di servizi di rete per applicazioni "Verticals", richiede un progressivo grado di automazione in alcune fasi dell'operatività di rete, tale da favorire l'inserimento della rete di accesso nel cosiddetto *end-to-end service and network management*.

L'evoluzione dal modello di SON (*Self-Organizing Network*) nato con il 4G, con le prime funzionalità autonome introdotte nei nodi di rete o negli elementi di Network Management, prevede l'introduzione del concetto di *Orchestration*, secondo il quale la configurazione e l'adattamento delle funzionalità di rete è strettamente coordinato con gli altri domini di rete (core network e trasporto) e con la gestione delle piattaforme di servizio.

Questo approccio sarà facilitato dall'introduzione di tecnologie di virtualizzazione in accesso radio, ma soprattutto da interfacce / API aperte messe a disposizione da parte dei diversi livelli funzionali dell'accesso radio, secondo il principio che TIM definisce *Open SON*: non solo i nodi di rete, ma anche le funzionalità di gestione (incluse quelle che in 4G implementano il cosiddetto SON centralizzato - C-SON) e applicazio-

ni sviluppate dall'Operatore a supporto della progettazione e ottimizzazione di rete (in TIM realizzate da tool sviluppati internamente, quali TIMPLAN e TIMQUAL) si interfacceranno con le nuove funzionalità di orchestrazione della RAN contribuendo al processo end-to-end.

5G New Radio (NR)

L'ecosistema 5G include un numero di settori di mercato e relativi abilitatori tecnologici che possono essere raggruppati in tre macro-categorie: eMBB (*enhanced Mobile BroadBand*), mMTC (*massive Machine Type Communication*), URLLC (*Ultra-Reliable & Low Latency services*), ciascuno di essi caratterizzato da diversi requisiti. Inoltre il 5G è nativamente basato sulla virtualizzazione sia in accesso sia in core network, al fine di abilitare il rapido dispiegamento di un'ampia gamma di servizi con diversi requisiti e relative tecnologie; è previsto che il sistema 5G lavori in gamme di frequenza sia al di sotto, sia al di sopra di 6 GHz, in dipendenza della disponibilità e regolamentazione dello spettro, come trattato nel seguito. È comunque molto importante notare che le evoluzioni di LTE-Advanced saranno parte integrante della tecnologia radio 5G e ciò permetterà di garantire la copertura macro su larga scala.

Un punto chiave è che l'aumento delle prestazioni di data-rate non

saranno più considerate come unico "driver" evolutivo, ma lo diventerà la disponibilità di un framework complessivo nuovo, flessibile ed agile in grado di soddisfare diversi requisiti di servizio derivanti dalle tre macro-categorie sopra citate.

In tale ottica, il sistema ed in particolare modo l'accesso radio 5G, integrante nuove componenti radio e le evoluzioni di LTE, dovrà abilitare i differenti use case relativi alle suddette macro-categorie: bit rate sensibilmente più elevate (e.g. 20 Gbit/s di picco in condizioni ideali in downlink) in caso di servizi eMBB, latenze radio dell'ordine di 1 ms per i servizi URLLC e densità di sensori a basso costo dell'ordine del milione per km².

Le principali caratteristiche della nuova componente radio, detta appunto "New Radio", in fase di studio in 3GPP sono:

- adozione delle onde/tecnologie centi/millimetriche che implica a sua volta:
 - UDN: "Ultra Network Densification";
 - Nuovo design delle forme d'onda ed "ultra-lean signalling";
- massive/Full Dimensional MIMO (>> 8x8 antenne) & Beamforming;
- Virtual - RAN: Virtualized Radio Access Network di cui si è già parlato nel paragrafo precedente.

I potenziali vantaggi derivanti dall'uso delle onde centimetriche/millimetriche sono riassumibili in:

- disponibilità di ampie porzioni di spettro dell'ordine di centinaia di MHz;

- data rate estremamente elevati, e.g. i già citati 20 Gbit/s teorici di picco in ambiente indoor in downlink;
- ultra-densificazione della rete (da cui il citato acronimo UDN) e riuso spaziale molto elevato grazie alle tecniche di beamforming;
- "flexible deployment": possibilità di integrare backhuling e accesso sulla stessa banda.

Le principali sfide derivanti dall'uso delle onde centimetriche/millimetriche invece sono riassumibili in:

- soluzioni mai usate per le reti radiomobili;
- costi potenzialmente elevati della tecnologia e problematiche legate alle componenti RF, in particolare modo lato terminale;
- alte attenuazioni di tratta con elevata sensibilità a fenomeni di blocking ed assorbimento, oltre alle difficoltà legate alla penetrazione indoor, attenuabili dai guadagni di beamforming;
- necessità di algoritmi robusti ed efficienti per il track/search dei fasci e complessa gestione del sistema che prevede numerose connessioni "direzionali".

Le principali caratteristiche del nuovo design delle forme d'onda sono progettate per consentire l'implementazione di slicing su servizi con

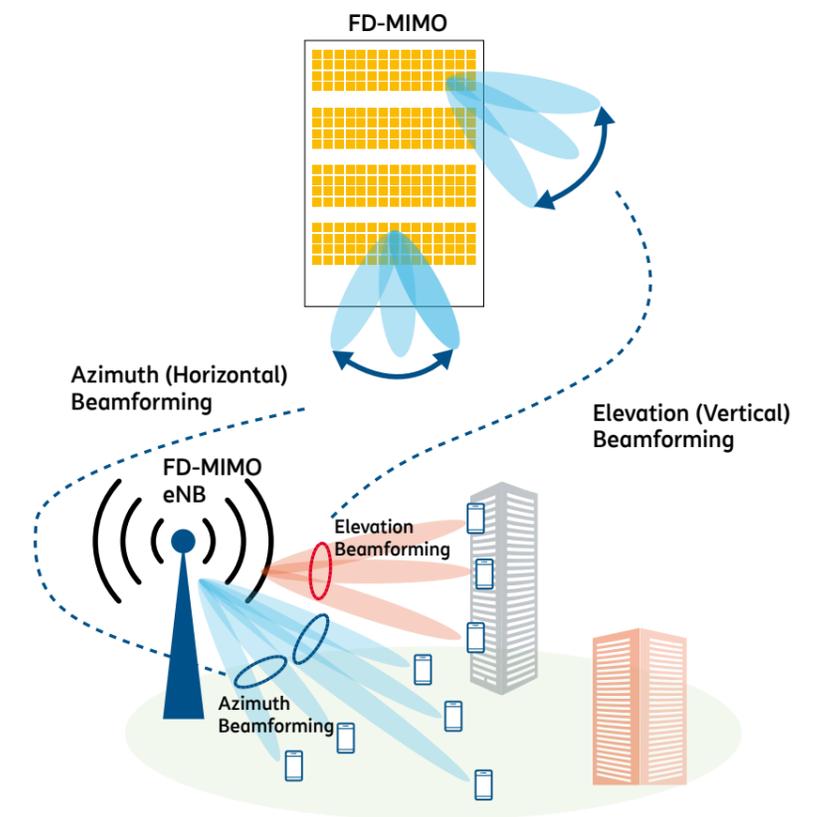
requisiti di banda, latenza o affidabilità diversi, ecc e sono riassumibili in:

- uso della tecnica di accesso OFDM come in LTE, ma incrementando l'uso dello banda disponibile (da 90% di LTE a 95% - 98%);
- variazione dei simboli pilota (RS) per gestire modelli di canale al di sopra dei 6 GHz diversi da quelli tradizionali, cercando anche di ridurre OverHead (OH) ed interferenza generata;
- adozione di diversi valori di spaziatura tra le portanti (15 (come LTE), 30, 60, 120, 240, 480 kHz) per gestire diverse larghezze di banda e diversi use case, anche in maniera dinamica;

- adozione di diversi valori di prefisso ciclico per gestire diversi range di copertura al variare della gamma di frequenza;
- "ultra lean signalling": tentativo di riduzione di overhead dei canali di controllo, sia comuni sia dedicati, adozione di "grant free operation" per use cases a bassa latenza e "self contained signalling" in caso di "Stand Alone Operation" (i.e. non in dual connectivity con macro-celle LTE).

I principi fondamentali del Massive MIMO, riassunti graficamente nella Figura 3 adottati nel 5G sono:

- elevato numero (fino ad alcune migliaia al salire della frequenza)



Fixed Wireless Access verso il 5G: la visione di Ericsson

La porta che aprirà ai “servizi broadband per tutti”, SME (*Small Medium-size Enterprise*) e Residenziali, è rappresentata dal FWA (*Fixed Wireless Access*), che utilizza la tecnologia radio per portare la banda larga lì dove la fibra non si ritiene un investimento percorribile.

Infatti, l'FWA sta diventando un'alternativa sostenibile in alcune aree svantaggiate al Broadband Access fisso tradizionale grazie alla progressiva disponibilità di maggiore spettro, all'avanza-

mento tecnologico nel campo dei terminali, alle avanzate tecniche di compressione Radio e alla virtualizzazione sia della Core che della Radio stessa.

Già oggi gli Operatori possono offrire servizi FWA alla clientela utilizzando la tecnologia LTE attuale eventualmente anche in banda 3,4-3,6 GHz o soluzioni di accesso Microwave PTMP sia in banda licenziata (come le bande 26 e 28 GHz) sia in banda non licenziata (HiperLAN a 5 GHz) per connettere abitazioni o uffici non raggiunti da fibra.

La tecnologia 5G, avendo l'obiettivo di fornire capacità 10-100 volte superiori all'LTE, ha il potenziale di abilitare soluzioni FWA

più efficaci, grazie all'adozione di opzioni tecnologiche che rendono possibile utilizzare blocchi più ampi di spettro e fornire ai Clienti importanti benefici in termini di bassa latenza e maggiore capacità.

Il successo dell'FWA dipenderà dalle tecniche di “beamforming” e MU-MIMO (Multi User MIMO). Il beamforming renderà più facile fornire copertura alle alte frequenze creando fasci stretti che possono essere rediretti facilmente secondo la necessità, mentre il MU-MIMO (Multi-User Multiple-Input, Multiple-Output) consentirà ai segnali provenienti da terminali utente di essere multiplexati sulla stessa risorsa frequenziale in fasci differenti. L'impiego di antenne intelligenti ad alto guadagno lato Terminale (sia Indoor che Outdoor) consentirà la possibilità di utilizzare frequenze più alte abilitando capacità 10 volte superiori alle massime capacità attualmente possibili con LTE.

Con l'FWA in tecnologia 5G a 28 GHz possiamo ad esempio immaginare uno scenario di applicazione in area sub-urbana con circa 1000 nuclei familiari da servire per km² e servizio video 4K UHD on demand. Ebbene in questo scenario, utilizzando antenne array 8x12 (costituite quindi da una matrice di 96 elementi) si può offrire un data rate di 100 Mbp/s (per il 60% delle famiglie) ed un volume di traffico che può raggiungere i 5200 Gbytes/mese per utente.

Nella figura B sono riportati degli esempi di performance di FWA 5G sia a 3,5 GHz che a frequenze superiori.

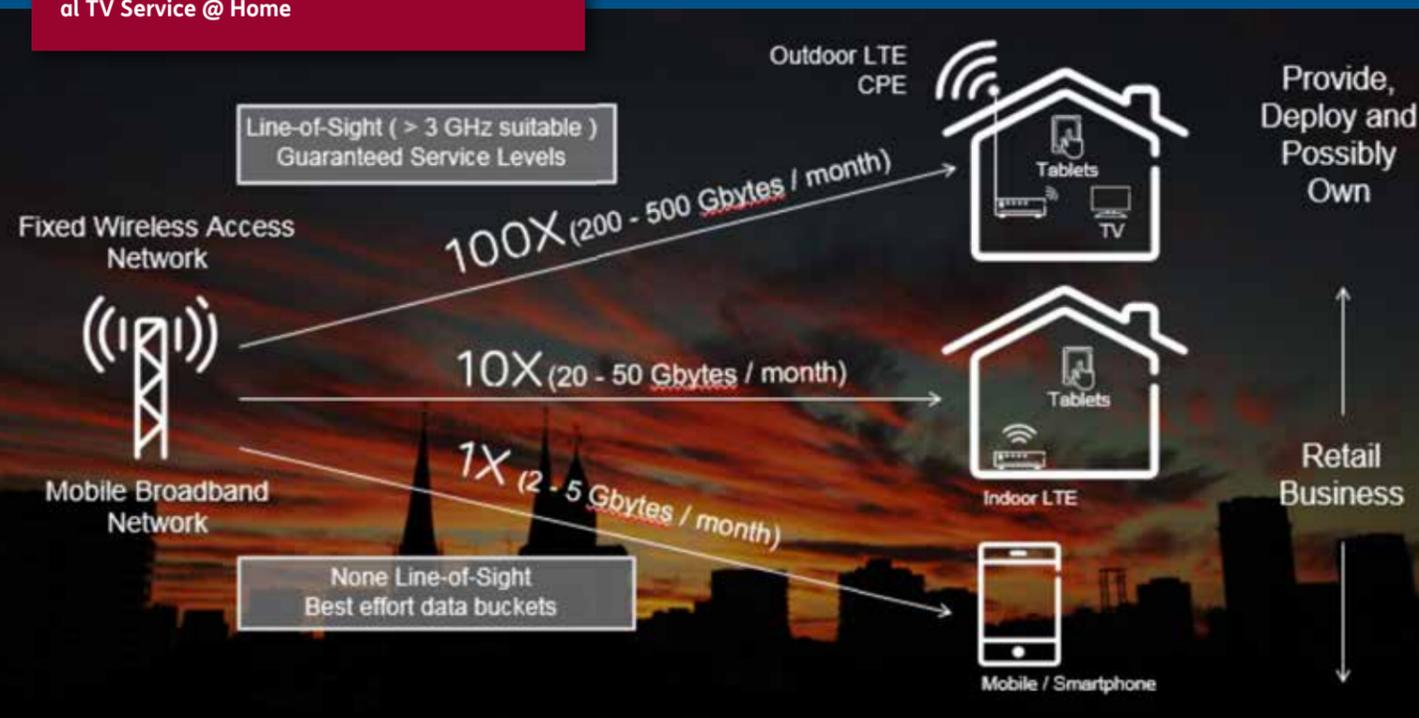
Inoltre, dalle nostre sperimentazioni si evince chiaramente che la soluzione ottimale potrà avere diverse tipologie di installazioni terminali: gli utenti più distanti necessiteranno di antenne sul tetto mentre avvicinandosi alla base station si potranno avere installazioni in esterno a parete e in un raggio più corto anche alternative “indoor”.

Queste due bande non sono le uniche opzioni quando si parla di 5G ma offrono un buon esempio per valutare la complementarietà di basse e alte frequenze per le applicazioni FWA.

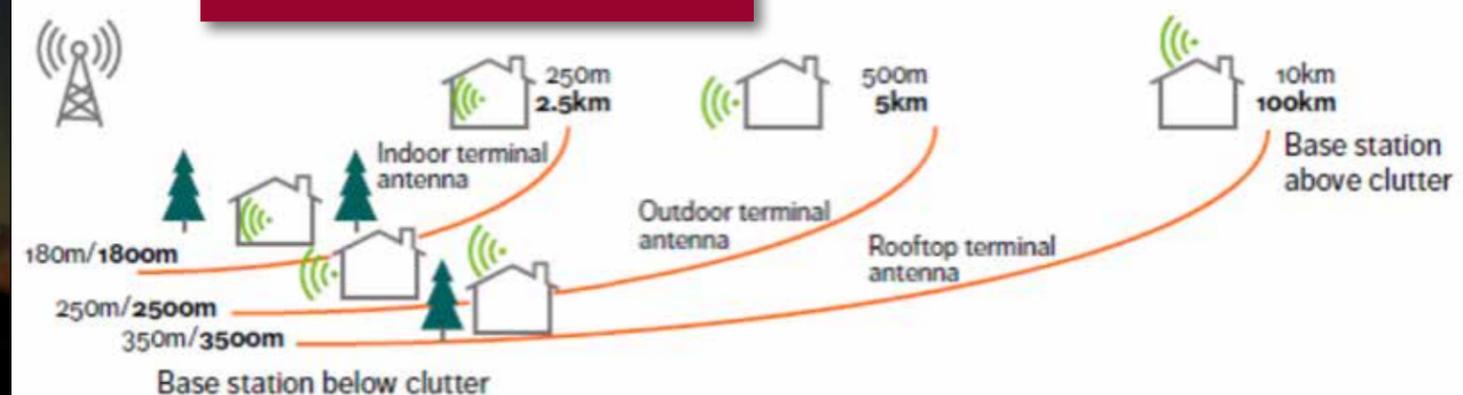
Negli Stati Uniti, Verizon ha già iniziato sperimentazioni FWA 5G nella banda 27,5 - 28,5 GHz (con 800 MHz di banda utilizzata) utilizzando la tecnica di “Analog beam-forming” con 2 active beams per Phased Array Antenna Module (Dual Polarized) e terminali sperimentali (CPE) Intel con l'obiettivo di fornire ai clienti Gbit/s e latenze di 1-2 ms. Obiettivo di Verizon, Ericsson e Intel è un lancio pre-commerciale entro fine 2017.

In conclusione l'FWA con il 5G fornirà performance comparabili alle connessioni in fibra garantendo servizi ultra-broadband anche nelle aree suburbane e rurali, grazie non solo alla più avanzata tecnologia radio ma anche a un più efficiente utilizzo della maggiore risorsa spettrale disponibile nelle bande al di sopra di 3 GHz. Una possibilità aggiuntiva per archiviare il Digital Divide come storia passata ■

A
Fixed Wireless Access come evoluzione dal MBB al TV Service @ Home



B
Fattibilità FWA per diversi scenari e frequenze a 3.5 GHz (in bold) e 28GHz



Nello Califano
nello.califano@ericsson.com

di elementi di antenna alla Base Station;

- decine di utenti serviti in contemporanea grazie al beamforming “orizzontale” e “verticale”.

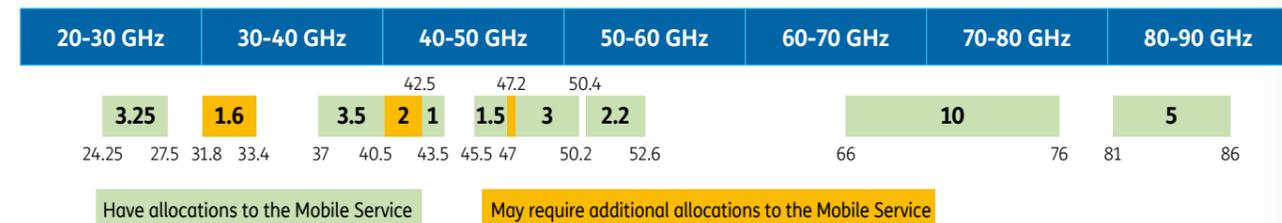
All'evoluzione dei sistemi di antenna necessaria per supportare tecniche di trasmissione FD/Massive MIMO è dedicata la sezione “T Le tecnologie dei sistemi di antenna per il 5G”.

Nuovi layer frequenziali per il 5G

Durante l'ultima Conferenza Mondiale delle Comunicazioni dell'ITU a novembre 2015 (WRC-15) è stato deciso l'avvio delle attività di studio necessarie per poter giungere all'identificazione per il 5G di bande di frequenza comprese tra 24 e 86 GHz (c.d. “above 6 GHz”), allo scopo di soddisfare i requisiti prestazionali previsti per il 5G, in particolare quello di poter utilizzare blocchi di frequenza di grandi ampiezze, dell'ordine del GHz. Le bande oggetto di studio, undici in tutto, sono le

4

Bande di frequenza WRC-19



seguenti : 24,25 - 27,5 GHz; 31,8 - 33,4 GHz; 37 - 40,5 GHz; 40,5 - 42,5 GHz; 42,5 - 43,5 GHz; 45,5 - 47 GHz; 47 - 47,2 GHz; 47,2 - 50,2 GHz; 50,4 - 52,6 GHz; 66 - 76 GHz; 81 - 86 GHz (v. Figura 4). Le identificazioni avranno luogo nel 2019, a conclusione del periodo di studio in corso (2015 - 2019) e durante la prossima Conferenza ITU WRC che avrà luogo a fine 2019 (WRC-19).

A commento delle decisioni intraprese in sede WRC-15, è opportuno evidenziare due “assenze”: la prima, l'assenza, tra quelle allo studio, delle bande comprese nella porzione di spettro tra 6 GHz e 24,25 GHz; la seconda, l'assenza della banda “28 GHz”, sulla quale stanno invece puntando i Paesi che prima di tutti si sono lanciati verso il 5G, in particolare Corea del Sud e USA.

La tempestiva disponibilità di spettro per il 5G, è fondamentale per poter garantirne le aspettative.

In Europa, a settembre 2016, la Commissione ha lanciato il programma “5G for Europe: An Action Plan”, nel quale sono individuate le azioni per giungere con la massima efficienza possibile all'identificazione delle bande 5G, focalizzandosi inizialmente sull'identificazione di un numero limitato di bande cosiddette pionie-

re (*pioneer spectrum bands*) per poi giungere all'identificazione di un ulteriore insieme (*additional spectrum bands*), senza tuttavia tralasciare l'obiettivo di massimizzare le opportunità di armonizzazione globale. A seguito della pubblicazione dell'Action Plan, il Radio Spectrum Policy Group (RSPG), gruppo consultivo della Commissione, ha pubblicato a novembre 2016 l'“Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)” in cui le bande pioniere sono chiaramente identificate. L'Opinion, che contiene la roadmap strategica europea sullo spettro nei tre range frequenziali al di sotto di 1 GHz, tra 1 e 6 GHz e al di sopra di 6 GHz, individua una banda pioniera in ciascun range, ovvero le bande 700 MHz, 3,4 - 3,8 GHz e 26 GHz. In aggiunta, e bande 31,8 - 33,4 GHz e 40,5 - 43,5 GHz sono identificate come bande “prioritarie”. Di queste ultime, la banda 31,8 - 33,4 GHz è quella più interessante, in quanto potrebbe essere facilmente resa disponibile per il 5G in molti Stati, compresa l'Italia, dato il suo attuale scarso utilizzo; la banda a 40 GHz, invece, è indicata come un'opportunità più nel lungo termine.

In aggiunta, l'Opinion fornisce l'indicazione di rendere disponibili per il

5G anche le bande già identificate e in uso per i sistemi 2G, 3G e 4G, anche in considerazione delle caratteristiche delle frequenze al di sotto di 1 GHz, le sole in grado di fornire coperture ampie e buona penetrazione indoor. Sul piano tecnologico, ciò implicherà che nel caso delle frequenze oggi utilizzate per il 4G sia attuato un approccio evolutivo, con la coesistenza di terminali 4G e 5G sulle stesse bande di frequenza.

Per quanto riguarda le tre bande pioniere, mentre le bande 700 MHz e 3,4 - 3,8 GHz sono già armonizzate e identificate per i sistemi IMT a livello CEPT, la banda 26 GHz è attualmente allocata al servizio fisso per applicazioni Fixed Wireless Access (FWA) ed è tra le bande allo studio per le eventuali nuove allocazioni frequenziali per il 5G che saranno decise alla prossima WRC-19. Iniziative sulle bande pioniere simili a quelle della Commissione sono, naturalmente, in corso a livello internazionale ed extraeuropeo, in particolare in USA, Corea del Sud e Giappone, dove, come già ricordato, la banda pioniera nel range di frequenze al di sopra di 6 GHz è la banda 28 GHz, che tuttavia non rientra nelle bande allo studio per le nuove allocazioni della WRC-19.

Le tecnologie dei sistemi di antenna per il 5G

Sin dai tempi in cui iniziarono i lavori per arrivare a specificare il 5G

era chiaro che un ruolo importante nella definizione del nuovo sistema di comunicazioni lo avrebbero giocato le antenne. Due gli ambiti nei quali ci si aspetta un contributo rilevante da parte dei sistemi di antenna per il raggiungimento degli sfidanti obiettivi che ci si prefigge di raggiungere: da un lato l'implementazione di algoritmi avanzati di beamforming, dall'altro la possibilità di operare efficacemente a frequenze di decine di GHz (a cui corrispondono lunghezza d'onda dell'ordine dei millimetri - da qui il termine di onde millimetriche o *mmWaves*).

Le tecniche di beamforming

Le tecniche di *beamforming* (o sagomatura del fascio irradiato dall'antenna) a cui si fa riferimento, tutte mirate a far crescere l'efficienza spettrale del sistema, sono tipicamente le seguenti:

- *Single User - MIMO*: sin dalla prima release delle specifiche LTE (Release 8) è stata prevista la possibilità di trasmettere con più antenne sia lato eNB, sia lato terminale, per aumentare il throughput del singolo utente (inviando più flussi informativi sulle stesse risorse radio) o concentrare il segnale trasmesso verso il singolo utente.
- *Multi User - MIMO*: la tecnica *Single User - MIMO* è stata affiancata, sin dalla Release 9, da formati di trasmissione (transmission mo-

des) che permettono di trasmettere simultaneamente sulle stesse risorse radio verso due o più utenti;

- *Full Dimensional / 3D - MIMO*: per estendere ulteriormente la possibilità di dirigere il fascio irradiato dall'antenna in maniera quanto più possibile mirata (almeno idealmente) sul singolo utente lo standard ha introdotto (dalla release 13) dei meccanismi per ottimizzare il puntamento del fascio, sia nel piano orizzontale (azimuth), sia in quello verticale (elevation), attraverso una schiera bi-dimensionale (considerati fino a 64 elementi in standard);

- *Very large / Massive MIMO*: per dirigere il fascio irradiato dall'antenna in maniera quanto più possibile mirata (almeno idealmente) sul singolo utente l'antenna a schiera richiede un elevato (“very large”, “massive”) numero di elementi radianti (da alcune centinaia a migliaia, distribuiti nelle due dimensioni). Evoluzioni dello standard in tal senso sono previste per la 5G *New Radio*.

Al di là delle specificità di ciascuna delle tecniche citate, nella sostanza si tratta di soluzioni che sfruttano la capacità delle antenne a schiera di sagomare il proprio diagramma d'irradiazione agendo su ampiezza e fase dei segnali che transitano per ciascuno degli elementi radianti che le compongono, con l'obiettivo di operare “su base utente”. Infatti, grazie a tecniche di elaborazione in banda-base del segnale relativo

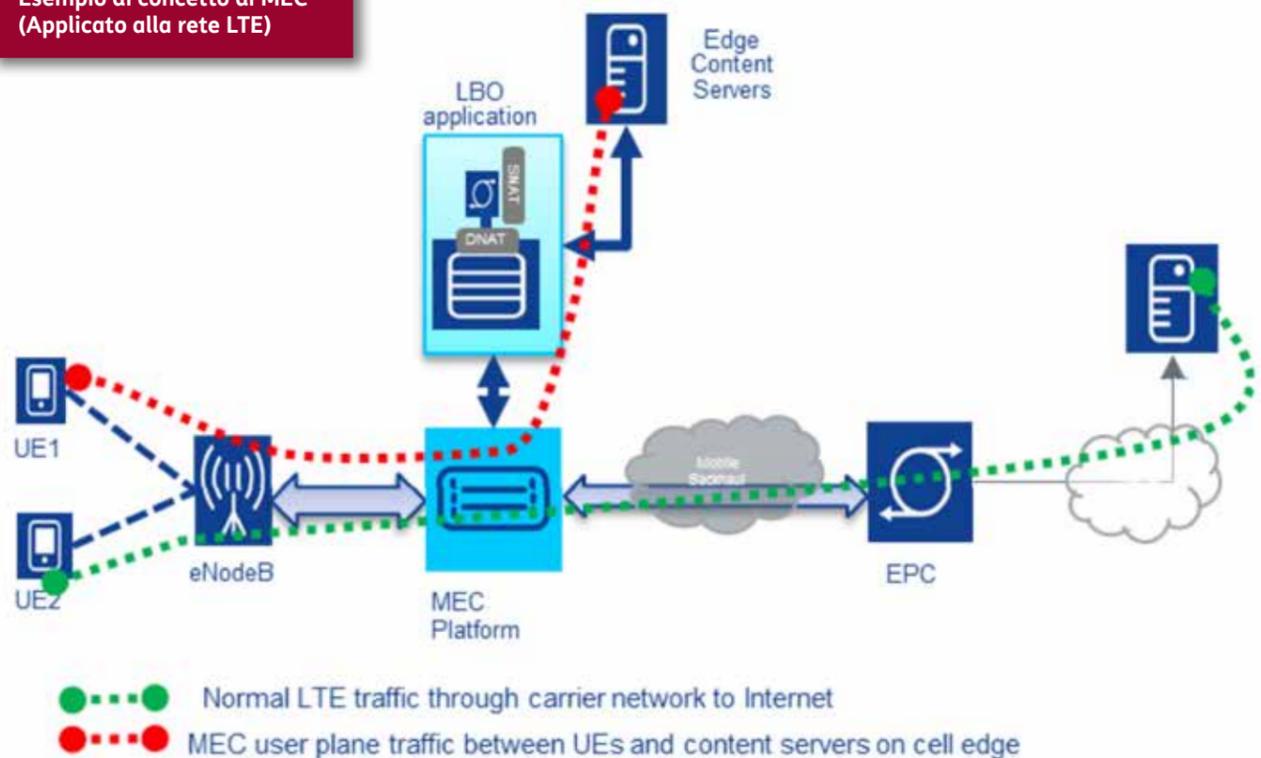
Multiaccess Edge Computing: la visione di Nokia

Un elemento evolutivo introdotto dal 5G è la capacità di supportare servizi che richiedono bassa latenza, anche in condizioni di piena mobilità. A tal fine l'elaborazione dei dati relativi a queste applicazioni deve avvenire all'edge della rete, secondo il paradigma del MEC (Multi-access Edge Computing). La soluzione MEC di Nokia permette di fare evolvere il sistema LTE verso l'architettura del sistema 5G: l'introduzione di micro data centre disposti all'edge della rete (cloudlet), dove

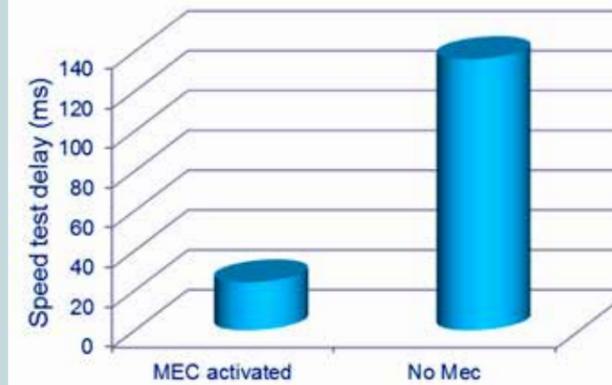
la tecnologia MEC può coesistere con altre funzioni di rete virtualizzate, permette di spostare il processing più vicino all'utente, riducendo la latenza. Si migliora in questo modo la qualità sperimentata dall'utente finale e l'interattività dei servizi. Un altro vantaggio di questa soluzione è dato dal fatto che mantenendo il traffico relativo all'applicazione a livello locale, il MEC permette di ridurre i requisiti di banda nella rete di trasporto e aumentare la sicurezza delle comunicazioni.

Sin dalla fine del 2014 più di 60 aziende partecipano all' Industry Specification Group for MEC [Formerly in-

C Esempio di concetto di MEC (Applicato alla rete LTE)



Speed test PK in main stand during peak hour (Shanghai F1 race)



Application experience (4 TV feeds available on intuitive app in real time)

Delay between original TV feed and MEC-enabled race app

<500ms

Same content, same network but pulled from different app from the Internet

min. 30s

69% of survey respondents stated that they would pay extra for a real time video experience on race day

D Alcuni risultati sperimentazione MEC effettuata durante il Gran Premio F1 di Shanghai

dicated as "Mobile Edge Computing"] dell'ETSI: Nokia è tra i membri fondatori con l'obiettivo di guidare la standardizzazione e stimolare, tramite la definizione di un'architettura aperta con interfacce standardizzate, lo sviluppo di nuove applicazioni e la creazione di nuovi servizi.

Il MEC può trovare applicazione a diversi scenari: aree di particolare interesse come un centro commerciale o uno stadio, in reti private LTE per realizzare reti ultraveloci per clienti enterprise, ma anche una città intera (ad esempio per applicazioni IoT all'interno di iniziative per Smart City), o dispiegamenti più estesi.

Diversi use case possono trarre beneficio dall'impiego della tecnologia MEC, ad esempio Augmented/Virtual Reality, Edge Video analytics, distribuzione di contenuti unicast o broadcast, applicazioni con elevata interattività (gaming).

Una sperimentazione MEC effettuata durante il Gran Premio F1 di Shanghai ha mostrato significativi miglio-

ramenti di latenza, anche in condizioni di carico delle celle coinvolte (riduzione della latenza nella "peak hour" dell'ordine del 75%), con effetti sulla user experience di applicazioni "real time". (La figura è riferita ad una applicazione per la fruizione di contenuti televisivi in diretta durante il Gran Premio).

Miglioramenti significativi nella user experience si sono verificati anche con applicazioni di "realtà aumentata" che hanno mostrato un tempo di disponibilità del contenuto fino a 4 volte più ridotto rispetto ad una tradizionale rete LTE.

a ciascun utente, si ottiene che ad esso corrisponda, in modo puntuale, un fascio irradiato/ricevuto dalla stazione radio base per il tramite di una schiera di antenne (*beamforming* in elevazione/verticale e azimuth/orizzontale), al fine di limitare l'interferenza causata ad altri utenti e ridurre gli effetti di quella da essi generata.

Si tratta di tecniche che richiedono l'introduzione di sistemi di antenne attivi (AAS), che integrino le funzioni di conversione da e verso la Radio Frequenza (con opportuni filtri e amplificazioni) dei segnali relativi a ciascun elemento radiante (o loro raggruppamenti) con l'elevata capacità computazionale necessaria per elaborarli efficacemente su base utente.

Tra le implicazioni pratiche di questa impostazione vi sono le seguenti.

- Un AAS deve poter operare in un punto della catena rice-trasmissiva in cui siano disponibili i segnali relativi ai singoli utenti, dunque all'interno del Layer 1. Un motivo in più per modificare l'attuale implementazione del *fronthaul*, introducendo un diverso *functional split* (v. Evoluzione virtual RUN in ottica 5G) che sposti almeno parte delle operazioni di L1 all'interno dell'antenna (se non fosse così il *fronthaul* dovrebbe disporre di una capacità di decine di Gbit/s per trasferire i dati da elaborare verso l'apparato di banda-base, v. paragrafo 2).
- Il sistema deve preferibilmente operare in modalità TDD per ap-

profittare dei benefici offerti da tali tecniche grazie alla reciprocità del canale trasmissivo (condizione che non si verifica in modalità FDD, dove le bande di frequenza per la trasmissione e la ricezione dei segnali sono diverse).

- Limiti pratici legati alla complessità di un AAS fanno immaginare che il *beamforming* "su base utente" legato ad algoritmi di processamento in banda-base possa essere più facilmente realizzato per frequenze non troppo elevate (indicativamente "sub-6 GHz"). Per frequenze superiori si può comunque parlare di *beamforming* ma, con maggiore probabilità, potrebbe essere riferito a un tipo di elaborazione a RF (v. il riferimento alle tecniche di "fascio multiplo" e *beam steering* della sezione seguente).

Operare a decine di GHz

L'impiego di sistemi operanti a mmWaves non è nuovo nel mondo delle comunicazioni. Attualmente, infatti, le bande V (60 GHz) ed E (80 GHz) sono già utilizzate per servizi di trasporto fisso infrastrutturali. Parallelamente l'incremento di banda richiesto in ambito domestico ha visto lo sviluppo del WiGig sempre alla frequenza di 60 GHz.

Peraltro negli anni scorsi molti esperimenti e trial sono stati eseguiti e molte indicazioni di funzionamento sono state raccolte e catalogate per

tali sistemi. Tutti i dati hanno confermato le previsioni di funzionamento pubblicate in ambito ITU-R, nonché la robustezza per applicazioni outdoor entro i 2 km di lunghezza del collegamento.

Con il 5G, l'esigenza di realizzare le prestazioni promesse in termini di elevate velocità trasmissive richiede di poter disporre di segnali con larghezze di banda quanto più possibile grandi. Tenuto conto che la larghezza di banda disponibile per un sistema di comunicazioni è tipicamente tanto più ampia quanto più alta è la frequenza a cui opera, risulta evidente l'interesse a lavorare a frequenze di decine di GHz (anche superiori agli 80 GHz e fino ai 170 GHz della banda D) dove l'ampia disponibilità di spettro permette di ottenere velocità trasmissive dell'ordine di diversi gigabit al secondo (non a caso approfondimenti in questa direzione sono da tempo in corso anche nell'ambito dei progetti finanziati dalla UE in ottica 5G, fra i quali ricordiamo *MiWaveS* a cui anche TIM ha contribuito).

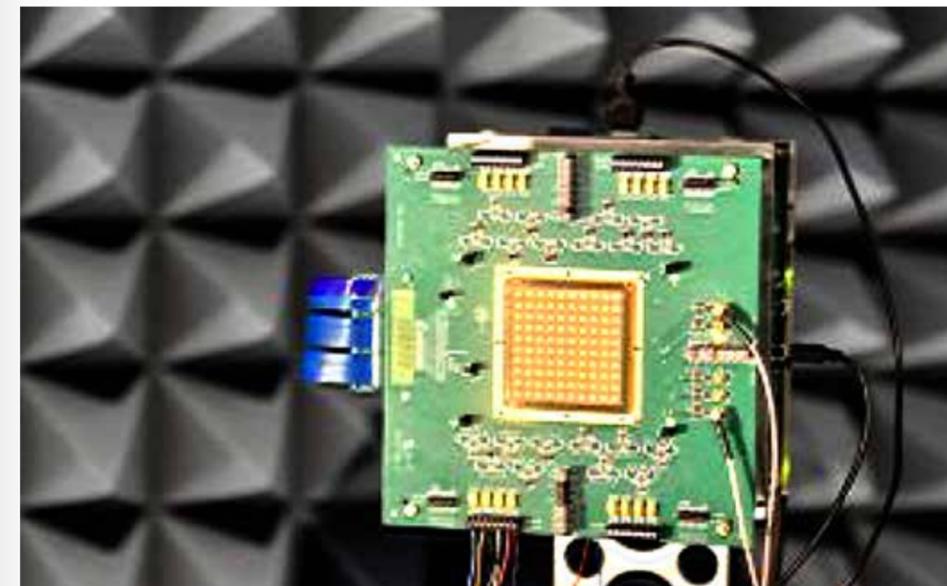
Una caratteristica propria dell'operare a decine di GHz è l'aumento dell'attenuazione subita del segnale a seguito della sua propagazione in aria (eventualmente accentuata dal fenomeno del picco di assorbimento dell'ossigeno nella banda dei 60 GHz). Si tratta di un effetto certamente negativo dal punto di vista del *link budget*, che però può essere compensato facendo ricorso ad antenne a elevato guadagno. Fra queste, benché una soluzione possibile

sia certamente rappresentata dalle antenne a riflettore, sempre maggiore interesse stanno rivestendo le antenne a schiera (o *array*) che, pur se costituite da alcune centinaia/migliaia di elementi radianti, occupano una superficie non eccessivamente grande, pari indicativamente a $W \times H$ cm², dove W e H sono dell'ordine di pochi/alcuni centimetri (si veda per esempio il caso di *Figura 5*). Tali *array* eventualmente permettono anche di realizzare soluzioni a fascio multiplo (basate su tecnologie quali la matrice di Butler oppure la lente di Rotman) o abilitare funzionalità di *beam steering* grazie all'impiego di elementi attivi (sfasatori e amplificatori a RF) integrati nell'antenna. Peraltro lo stesso fenomeno dell'aumento dell'attenuazione, letta come possibilità di mantenere il segnale ben confinato nello spazio, ha almeno due risvolti positivi. Da un

lato, infatti, dovrebbe consentire il contenimento dei fenomeni interferenziali. Dall'altro, grazie all'impiego di antenne che permettono di generare fasci altamente direzionali (con i benefici in termini di link budget di cui si è detto), favoriscono l'aumento del riuso spaziale delle frequenze, con un significativo incremento dell'efficienza di sfruttamento del canale hertziano.

Un aspetto chiave per ottenere un utilizzo efficace dei sistemi di trasmissione è dato dalla possibilità di prevedere la copertura radio in fase di progetto della rete. A tal fine, è necessario disporre di modelli propagativi accurati e di strumenti di progettazione che ne possano beneficiare. Tale aspetto è ancora più rilevante quando si opera a frequenze di decine di GHz, perché più la frequenza è elevata, più limitata è la copertura. Il segnale radio, infatti, è

un'onda elettromagnetica la cui propagazione è influenzata dagli elementi ambientali le cui dimensioni sono confrontabili con la lunghezza d'onda. Nel caso delle mmWaves, dunque, la propagazione del segnale radio risente in particolare degli ostacoli più piccoli, quali scrivanie, sedie, automobili, cartelli stradali e le stesse persone. Da qui la scelta di TIM di investire nello sviluppo di modelli di propagazione dettagliati ma computazionalmente efficienti da integrare all'interno di TIMPLAN (lo strumento di progettazione radio sviluppato internamente a supporto delle attività di progetto ed evoluzione della rete), al fine di simulare le coperture radio dandone una rappresentazione tridimensionale, con l'onda elettromagnetica che, come un raggio, si riflette sulle pareti, penetra negli edifici attraverso porte e finestre e si attenua (v. *Figura 6*).



5
L'antenna (il quadrato al centro di 2,8 pollici di lato), realizzata da IBM ed Ericsson a inizio 2017, è progettata per operare a 28 GHz ed è basata su circuiti integrati in Silicio [6].

Dal backhauling al fronthauling verso il 5G: la visione di AltioStar

L'eNB in LTE e il gNB per il 5G NR (New Radio) possono essere progettati separando il protocol stack radio a diversi livelli. Una parte del protocol stack può quindi risiedere nella DU (Distributed Unit) vicino all'antenna e la parte rimanente può essere installata nella CU (Centralized Unit). Le varie opzioni di split discusse in 3GPP sono riportate nella Figura E.

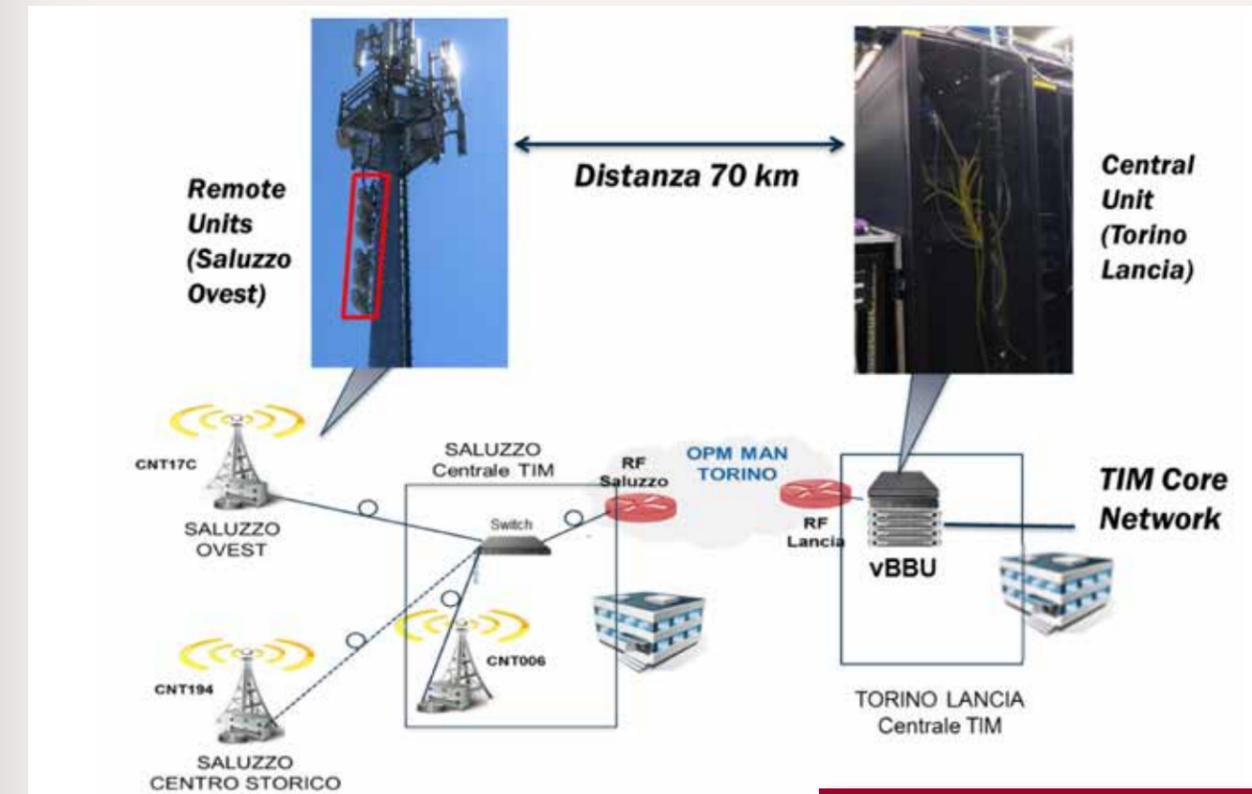
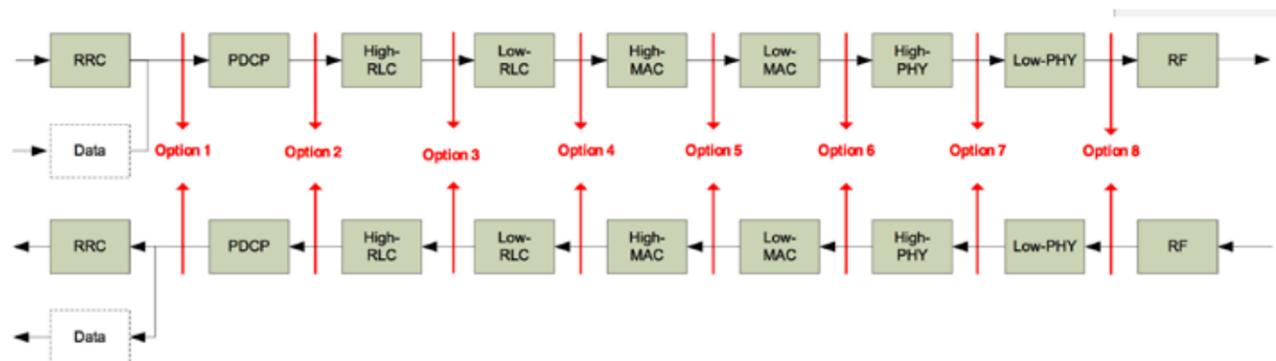
Tra le varie opzioni la 2 è stata selezionata in 3GPP, indicata come HLS (Higher-Layer Split). L'option 7, anche indicata come LLS (Lower-Layer Split) è in fase di studio in 3GPP. L'opzione 2 è molto simile all'architettura vRAN progettata da AltioStar e permette di rilassare i requisiti sul trasporto pur mantenendo il supporto delle funzionalità previste da LTE-Advanced. In particolare AltioStar ha progettato una soluzione che permette all'operatore di realizzare il trasporto del fronthaul su connessioni ethernet o IP, riutilizzando la rete di trasporto del backhauling, sperimentata anche da TIM nell'ambito del trial in campo a Saluzzo (Figura F).

E
Opzioni discusse in 3GPP per lo split funzionale tra Distributed Unit e Centralized Unit

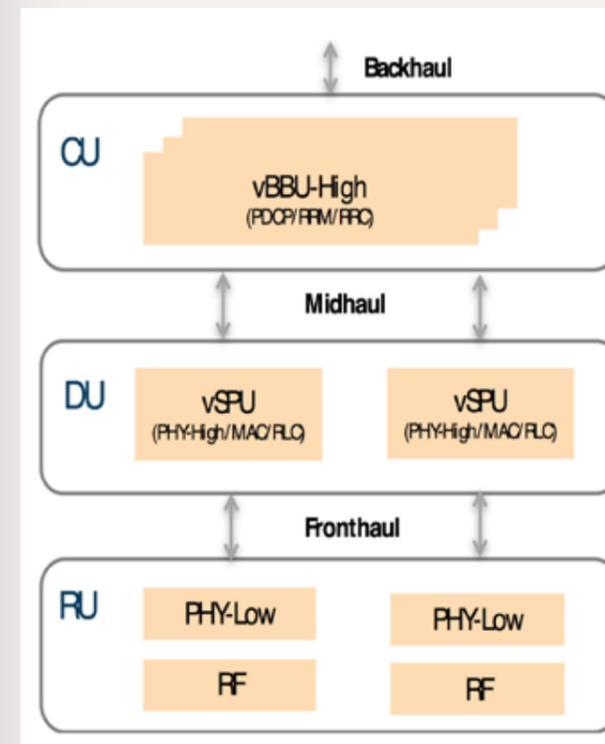
Questa opzione sarà possibile anche per il sistema 5G NR.

La capacità di processing dei livelli più bassi del protocol stack aumenta notevolmente nel caso del 5G NR, soprattutto per le frequenze elevate (mmWave) a causa dell'elevata occupazione di banda del segnale generato in questa gamma di frequenza (si pensa a valori da 800MHz fino a 2 GHz nelle gamme 28 GHz e 39 GHz). A tal fine si pensa che l'aggregazione dell'hardware relativo a tali livelli può essere vantaggioso nei prodotti 5G NR che supportano tali frequenze. Per tale ragione AltioStar sta considerando anche l'opzione 7 per l'evoluzione del sistema verso il 5G. Una possibile architettura 5G che fa utilizzo di entrambi gli split in discussione in 3GPP (l'opzione 2 e l'opzione 7) è riportata nella Figura F. L'utilizzo di entrambi gli split permette di virtualizzare gran parte del protocol stack previsto per la nuova interfaccia 5G.

Da un lato l'opzione HLS ha come vantaggi un'elevata scalabilità, affidabilità e requisiti del trasporto del cosiddetto midhaul rilassati. L'opzione LLS, che permette l'aggregazione dei livelli più bassi utilizzando connessioni Ethernet o IP per il fronthaul, permette di ridurre i requisiti di banda tramite la compressione del segnale nel dominio della frequenza, un'implementazione semplificata della RU e della DU e il pooling del livello fisico nella



F
Il collegamento via OPM (Optical Packet Metro di Telecom Italia) tra unità remote (posizionate in prossimità delle antenne nei siti di Saluzzo) ed unità centrale virtualizzata (vBBU: virtual Base Band Unit), installata a Torino Lancia - Fonte TIM



DU in cui possono essere implementati algoritmi di processing evoluti.

È auspicabile che l'evoluzione della RAN per LTE-A e per il 5G si basi su interfacce aperte tra la CU e la DU per aumentare la flessibilità nel dispiegamento e la disponibilità di soluzioni sul mercato. Il lavoro svolto dal 3GPP si sta muovendo in questa direzione e TIM e AltioStar sono attivamente coinvolte in queste attività ■

Kuntal Chowdhury
kc@altioStar.com
Marco Gaggini
mgaggini@altioStar.com

Internet of Things 5G: le attività di Huawei

Le reti 2G, 3G e 4G sono state incentrate principalmente su servizi dedicati alle persone, ma l'avvento di 5G renderà necessario progettare la rete mobile considerando protagonisti sia le persone, sia le 'cose'. Per questo motivo, è importante definire i principali fattori che caratterizzano le comunicazioni fra gli oggetti che, secondo la visione di Huawei, sono: disponibilità, larghezza di banda, copertura, sensibilità al ritardo (latenza) e risparmio

energetico. Questo modello di valutazione può essere utilizzato per definire gli scenari tipici dell'IoT (*Internet of Things*). Ad esempio, i contatori intelligenti hanno requisiti stringenti per

H Confronto della robustezza radio tra le diverse tecnologie di telemisura (NB-IOT, GSM, WMBus), eseguito con un banco di prova TIM. Gli schermi verdi corrispondono a contatori ancora funzionanti, mentre quelli rossi corrispondono a contatori fuori copertura. (Fonte: TIM)

NB-IoT live coverage demo

- Le misure di laboratorio hanno verificato per NB-IoT un guadagno di copertura radio pari a circa +20 dB, in linea con i target 3GPP



copertura (a causa delle sfavorevoli condizioni radio dei luoghi in cui possono essere installati) e per efficienza energetica (in modo da garantire una lunga durata di esercizio senza necessità di intervento), ma hanno un basso requisito di ritardo (le misure possono essere trasmesse ogni tanto). Invece, veicoli collegati alla rete sono molto sensibili al ritardo in quanto devono acquisire dati in tempo reale durante il loro movimento, ma non richiedono un'elevata efficienza energetica potendo sfruttare l'energia disponibile sul mezzo. Infine, sistemi di produzione robotizzati hanno bassi requisiti di efficienza energetica, ma richiedono un'elevata affidabilità e bassissimi ritardi.

Huawei ha identificato l'opportunità del mercato IoT già nel 2014 e, da allora, ha contribuito alla definizione del primo standard specifico per IoT, denominato NB-IoT (*Narrow Band IoT*), che è stato finalizzato nel 2016 dal 3GPP. In parallelo, Huawei ha lanciato diverse iniziative per creare un "ecosistema delle cose". Nel 2014 Huawei ha acquisito una società, Neul, con core business nel M2M (*Machine-to-Machine*) che ha sviluppato i primi chipset NB-IoT; tra il 2015 e il 2016 sono stati poi creati sette Open Labs in collaborazione con operatori leader globali in diverse aree e, contestualmente, sono state siglate più di 100 partnership con aziende non appartenenti al settore telecomunicazioni ma interessate ad una convergenza con il mondo mobile. Alcune di queste azioni hanno anche coinvolto direttamente l'Italia: ad esempio Huawei ha supportato TIM nel lancio del NB-IoT Open Lab di Torino (novembre 2016).

Le principali caratteristiche introdotte con NB-IoT sono: estensione della copertura per una profonda copertura indoor, maggiore durata della batteria del dispositivo, alta densità di collegamenti (da intendersi come numero di dispositivi collegati per km^2). La seguente figura mostra, a titolo di esempio, il miglioramento di copertura (sia rispetto al GSM che al WM-bus attualmente usate per applicazioni M2M) che consente il collegamento di dispositivi situati in situazioni radio sfavorevoli (ad esempio per contatori intelligenti posizionati nei piani interrati di un edificio). I miglioramenti prestazionali introdotti dalla tecnologia NB-IoT sono in linea con lo scenario identificato da ITU-R come Massive Machine Type Communication. In questo scenario, serve un'alta densità di collegamenti per supportare un enorme numero di dispositivi in rete che deve trasmettere solo occasionalmente, a basso bit rate e con mobilità assente o molto limitata. Un dispositivo a basso costo con lunga durata di vita operativa è di

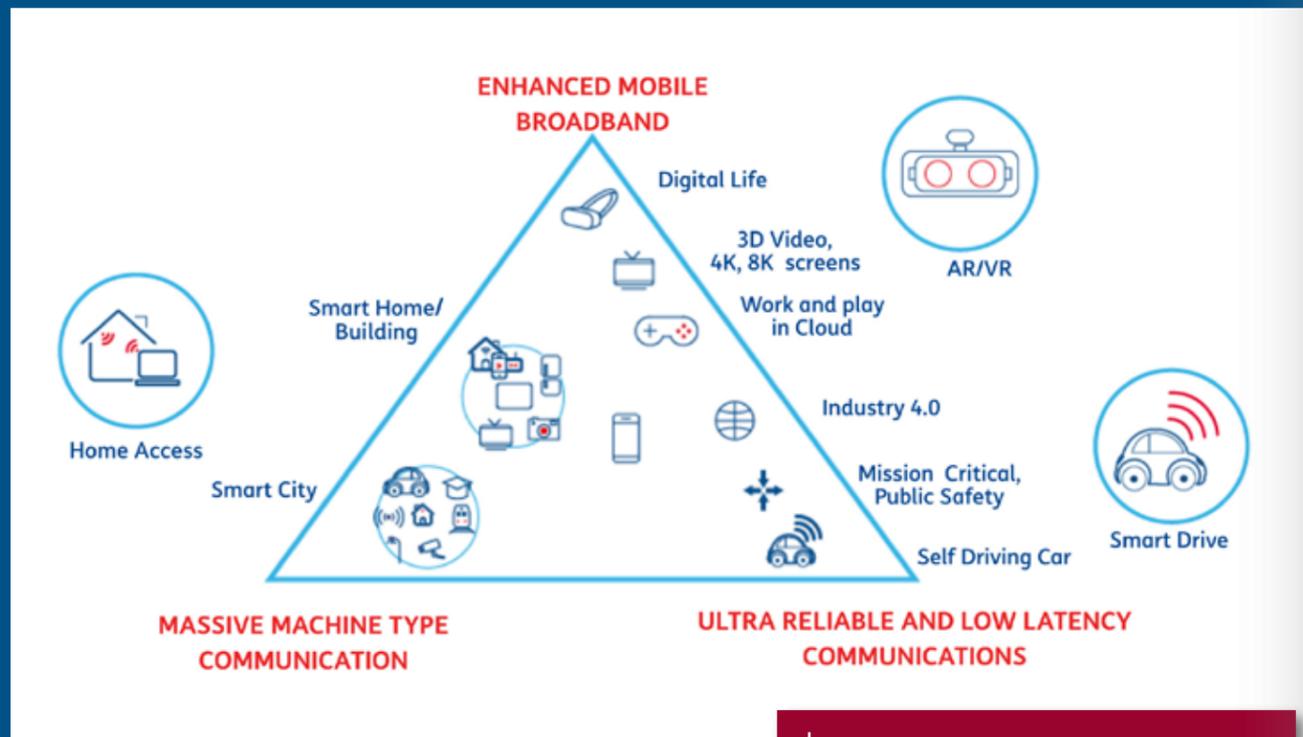
vitale importanza per questo scenario¹. ITU-R ha individuato tre scenari d'uso: mMTC (*Massive Machine Type Communication*), eMBB (*Enhanced Mobile Broadband*), uRLLC (*Ultra Reliable Low Latency Communication*). Due di questi in particolare sono i pilastri fondamentali per l'IoT: mMTC, che sostanzialmente corrisponde alle tipiche applicazioni NB-IoT, e uRLLC, che può indirizzare, ad esempio, applicazioni incentrate sull'uso di robot, droni e veicoli.

Nell'ambito uRLLC l'Internet delle cose coinvolgerà funzionalità chiave relative a scenari dove la bassa latenza è di massima importanza, ad esempio applicazioni ad alto rischio dove i robot potranno sostituire l'uomo. Tale funzionalità sarà necessaria anche in alcuni scenari ad alta mobilità, come ad esempio per la sicurezza del trasporto. I miglioramenti delle prestazioni di affidabilità e latenza consentiranno infatti applicazioni come la guida a distanza: fondamentale in tale contesto una connessione sufficientemente veloce per ricevere tempestivamente e in modo altamente affidabile informazioni dalla rete, che si traducano in comandi da attuare molto rapidamente. Per altre applicazioni, invece, come ad esempio il "see-through" tra veicoli o la realtà aumentata, si richiederà anche un'elevato throughput associato a funzionalità di mobilità. Siamo nell'ambito dello scenario eMBB².

Per rendere tangibili le potenzialità dell'IoT in un contesto interessante per un ampio pubblico, durante l'ultimo Mobile World Congress, sulla pista del circuito di Barcellona, è stata svolta da Huawei una dimostrazione dal vivo delle tecnologie cellulari sviluppate nell'ambito dell'iniziativa 5GVIA: passeggeri in un veicolo, dotato di tecnologia C-V2X, hanno potuto sperimentare come il collegamento in rete fra veicoli migliori la sicurezza e l'esperienza di guida. Le funzionalità dimostrate comprendevano meccanismi di allarme attivati quando altri veicoli improvvisamente frenano o cambiano corsia, o quando pedoni attraversano inaspettatamente la strada, o, ancora, quando i semafori stanno per cambiare di stato. Un video "see-through" da altri veicoli forniva visibilità su quanto stesse accadendo a diverse macchine di distanza. Il trial con tali funzionalità ha dimostrato come una

Continua →

← Segue



scenari di utilizzo di IMT per il 2020 e oltre

connessione affidabile e a bassissima latenza, basata su 5G V2X tra veicoli e rete, riduca al minimo il rischio di collisioni. In ultimo, è importante ricordare l'iniziativa "X-Labs", lanciata da Huawei con l'obiettivo di favorire la creazione di un ecosiste-

ma 5G in cui indagare le future applicazioni dell'internet delle cose insieme a operatori e imprese operanti in segmenti di mercato verticali. Nell'ambito di tale iniziativa ogni partner è invitato a partecipare al co-design di servizi 5G ■

Fabio Moresi
fabio.moresi@huawei.com

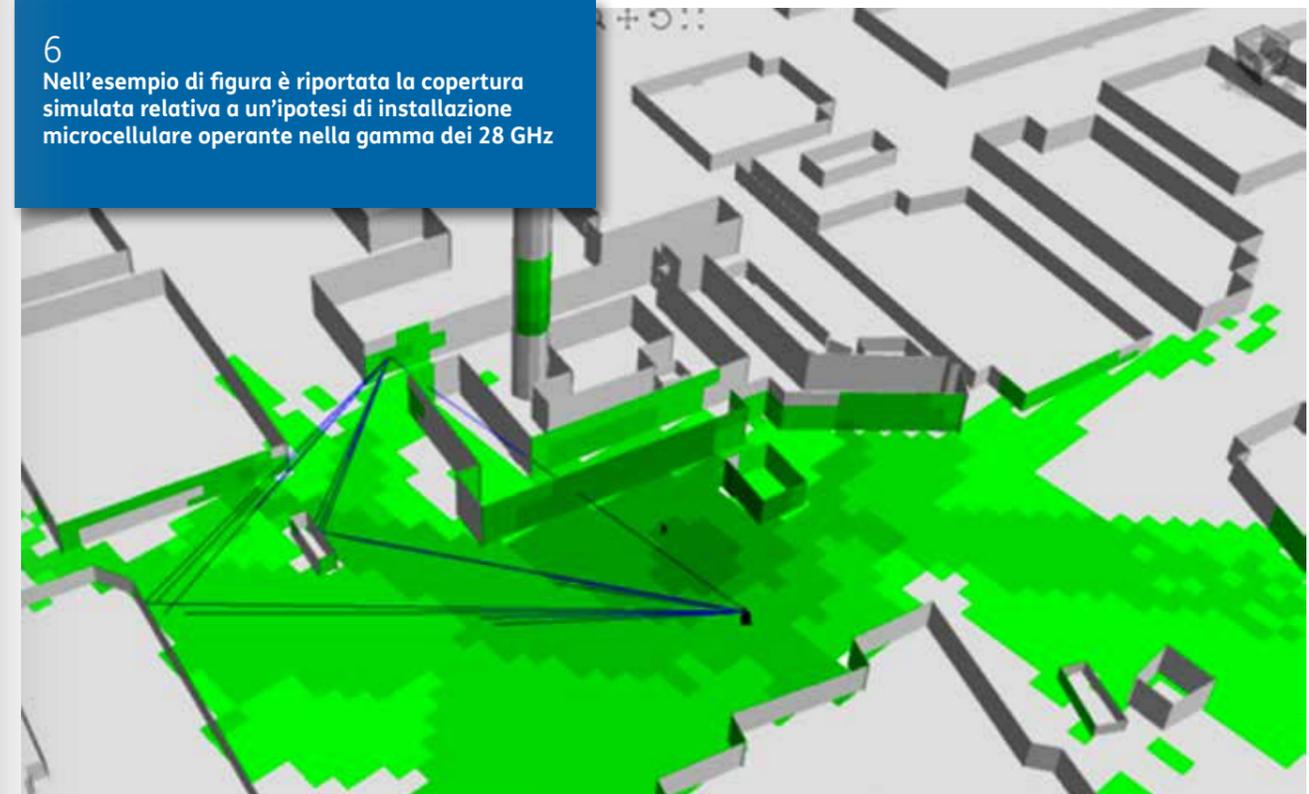
Note

[1] Si veda Rec. ITU-R M.2083, "IMT Vision".

[2] Ulteriori informazioni sulle applicazioni di veicoli connessi sono disponibili sul white paper: <http://www.huawei.com/minisite/hwmbbf16/insights/HUAWEI-WHITEPAPER-CONNECTION-CARS-Final.pdf>

6

Nell'esempio di figura è riportata la copertura simulata relativa a un'ipotesi di installazione microcellulare operante nella gamma dei 28 GHz



L'impiego di tali modelli permetterà di progettare al meglio il sistema, in relazione alle tecnologie abilitanti 5G, controllando ad esempio la generazione dei fasci di antenna in funzione del traffico.

Conclusioni

La trasformazione dell'accesso radio verso il 5G, in TIM, è già iniziata. Tale trasformazione non corrisponde solo ad un aumento della velocità di connessione, verso il Gbit/s ed oltre, ma costruisce, già nel presente, le basi per nuovo eco-sistema di servizi in gra-

do di migliorare la digital life dei cittadini e contribuire allo sviluppo economico complessivo della società. L'estensione all'"internet delle cose" determinerà un'eterogeneità di requisiti in termini di velocità di connessione, latenza, affidabilità, richiedendo un'interfaccia radio flessibile, dinamicamente riconfigurabile, gestita con elevati livelli di automazione, aperta al continuo sviluppo di applicazioni e moduli software, all'interno del paradigma NFV (Network Function Virtualization), costituita dall'evoluzione di LTE-Advanced e dall'introduzione della New Radio, anche nell'ottica dell'utilizzo di nuove gamme frequenziali ■

Bibliografia

- [1] METIS Deliverable D1.1., "Scenarios, requirements and KPIs for 5G mobile and wireless system"
https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS_D1.1_v1.pdf
- [2] METIS Deliverable D6.6, "Final report on the METIS system concept and technology roadmap"
https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS_D6.6_v1.pdf
- [3] METIS-II D2.1 deliverable, "Performance evaluation framework",
https://metis-ii.5g-ppp.eu/wp-content/uploads/deliverables/METIS-II_D2.1_v1.0.pdf
- [4] NGMN 5G White Paper, https://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/downloads/Technical/2015/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf
- [5] iJOIN deliverable D2.2, "PHY layer approaches applicable to RANaaS and holistic design of backhaul and access network" <http://www.ict-ijoin.eu/wp-content/uploads/2012/10/D2.2.pdf>
- [6] <https://www.ibm.com/blogs/research/2017/02/presented-today-at-ieee-conference-making-5g-a-reality/>



Andrea Calvi andrea.calvi@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, in Azienda dal 1994 è attualmente responsabile della funzione di Fixed & Wireless Innovation Network all'interno di Technology.

La responsabilità del team gestito è quella di assicurare la disponibilità nel medio termine delle reti ottiche, in ponte radio e delle reti IP per i servizi fissi e mobili attuali e per l'evoluzione ultrabroadband NGAN ed LTE.

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



Paolo Gianola paolo.gianola@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, in Azienda dal 1992 è attualmente responsabile della funzione di Wireless Innovation Network all'interno di Technology. Negli anni precedenti 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 ■



Michele Ludovico michele.ludovico@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, in Azienda dal 1999, dal 2014 è responsabile della funzione di Technology denominata Radio Propagation and Self Organizing Network. Dal 2001 si occupa di strumenti e metodologie di progettazione ed ottimizzazione dell'accesso radio, che TIM sviluppa "in house" a supporto dell'evoluzione della rete mobile. Ha svolto, inoltre, attività di formazione e consulenza in Italia ed all'estero ed è co-inventore di diversi brevetti nel campo della progettazione wireless e della gestione delle risorse radio ■



Maurizio Marcelli maurizio.marcelli@telecomitalia.it

lauree in Ingegneria Elettronica ed in Economia e Gestione di Impresa, in Azienda dal 1994 è attualmente responsabile della funzione di Mobile Access all'interno di Technology.

La responsabilità attuale è quella di assicurare il presidio delle tecnologie mobili a supporto del business di TIM, ed il loro dispiegamento articolato in linea con gli obiettivi strategici aziendali.

Il percorso professionale in TIM, oltre ad una ampia esperienza in ambito Technology, focalizzata sia sul mondo dell'accesso che su quello delle piattaforme a supporto dei servizi, come ad esempio nel caso del lancio della prima Mobile Tv di TIM, lo ha anche visto ricoprire ruoli di responsabilità in area Mercato Consumer con la responsabilità dello sviluppo VAS, successivamente in area Strategy ed in area Business Innovation, partecipando anche al kick off dei servizi video in ambito Broadband Content, oggi ridenominata Multimedia Entertainment ■

EVOLUZIONE DELLA CORE NETWORK VERSO IL 5G

Stefano Di Mino, Mario Madella, Giuseppe Mazzarella, Roberto Procopio

Con le nuove reti 5G stiamo creando l'ecosistema per un mondo connesso dove le persone, le applicazioni, gli oggetti di uso quotidiano, i sistemi di trasporto, le città comunicano tra di loro e condividono informazioni per migliorare la qualità della vita. In questo contesto "flessibilità" diventa la nuova parola d'ordine (flessibilità nella progettazione, realizzazione e gestione dei servizi di comunicazione) e questo comporta la necessità di ripensare il modo di progettare la Core Network, aprendosi a nuove tecnologie mutate dall'Information Technology.

Introduzione

L'articolo si propone di descrivere le principali caratteristiche della CN (Core Network) 5G e come possa evolvere in generale la CN nella prospettiva di un operatore che voglia dispiegare il 5G. Già nelle strategie attuali di molti operatori esistono tecnologie che precorrono alcune specificità del 5G. Ciò sarà descritto nella parte iniziale dell'articolo. Nel resto dell'articolo si chiarirà come partendo da queste tecnologie, la standardizzazione stia definendo un approccio a fasi per l'introduzione della CN 5G.

Principali driver evolutivi della Core Network

In questi anni abbiamo assistito ad una crescita esponenziale del traffico dati trasportato sulla rete mobile di TIM. Stante le attuali previsioni, il trend di crescita del traffico dati sulla rete mobile TIM nei prossimi anni sarà ancora maggiore. L'aumento del traffico dati è stato guidato in questi anni dalla proliferazione degli smartphone che permettono il trasferimento dei dati con bit rate elevati e dall'incremento della domanda per applicazioni multimediali: il



5G

traffico video rappresenta all'incirca il 50% del traffico dati sulla rete mobile e tale tipologia di traffico è destinata ad aumentare con l'avvento dei video 3D.

Inoltre bisogna anche considerare la crescita esponenziale del traffico dati e la complessità di rete dovute al fenomeno che sta letteralmente esplodendo in questi ultimi anni, ovvero la connessione ad Internet di dispositivi prima isolati che danno vita all' IoT (*Internet of Things*). L'Internet of Things si occupa di comunicazione M2M (*Machine-to-Machine*) ed è definita MTC (*Machine-Type Communications*) in ambito 3GPP. La gamma delle applicazioni IoT è molto ampia: smart grids, smart cities, smart automotive driving, solo per citarne alcune. Le reti di nuova generazione devono affrontare la coesistenza del traffico Human-Type Traffic (HTC), che richiede sempre più capacità, con l'emergere di traffico MTC, che è fondamentalmente diverso da quello HTC. Ciò

implica che la progettazione della rete deve prendere queste differenze in considerazione.

Il traffico MTC ha caratteristiche estremamente eterogenee, ma in molti casi è caratterizzato da trasmissioni sporadiche di piccole quantità da parte di una miriade di dispositivi a bassa mobilità che, disposti sul territorio, devono assicurare anni di funzionamento senza la necessità di sostituire la batteria. Al fine di supportare tali requisiti le tecnologie radio che risultano di maggiore interesse sono NB-IoT (*Narrowband IoT*), a banda stretta per applicazioni a bassa mobilità, e LTE-M (*LTE - Machine Type Communications*), anche nota come e-MTC (*enhanced MTC*) per applicazioni M2M con maggiori requisiti di banda e supporto della mobilità.

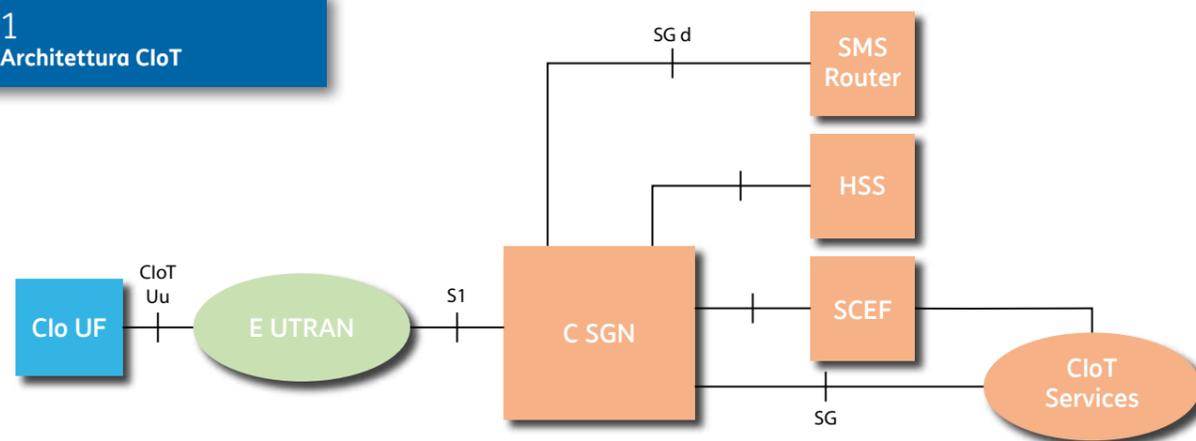
Nel caso dell' eMTC il servizio IoT co-esisterà con quello mobile broadband sulla medesima rete radio LTE, mentre nel caso del NB-IoT sarà dispiegato un nuovo accesso

radio narrow band e low power specifico per l'IoT.

Il supporto in rete di queste nuove tecnologie radio richiederà l'introduzione nella CN a pacchetto di nuove funzionalità, definite nella Release 13 3GPP, note come C-IoT (*Cellular IoT*) EPS optimizations: in una prima fase mediante l'aggiornamento di nodi SGSN-MME e SGW-PGW esistenti, in seguito con il dispiegamento di una CN dedicata in grado di scalare con dispiegamenti IoT massivi, basata su un unico nodo combinato chiamato C-SGN (*C-IoT Servig Gateway Node*). L'architettura di riferimento è riportata nella *Figura 1*.

L'architettura C-IoT comprende inoltre la SCEF (*Service Capability Exposure Function*) che viene utilizzata per esporre servizi di rete verso terze parti, tipicamente di aziende clienti, attraverso API (*Application Programming Interface*) definite da OMA, GSMA e altri forum. Nel contesto IoT le funzioni da essa svolte

1 Architettura C-IoT



sono il trasferimento di NIDD (*Non-IP-Data*) tra il terminale e le piattaforme di servizio e la notifica alle applicazioni IoT dello stato del terminale (ad es. raggiungibilità). L'utilizzo di una CN dedicata richiede alla rete di accesso radio la capacità di instradare verso di essa il traffico dei terminali di tipo NB-IoT o e-MTC, continuando a servire gli utenti mobile broadband tramite la EPC legacy. Sono possibili differenti soluzioni:

- La soluzione più semplice, ma con importanti impatti in rete e di servizio, si basa sulla definizione di un identificativo di rete (PLMN Id) differenziato, specifico per gli accessi radio NB-IoT, e l'utilizzo della funzionalità di MOCN (*Multi Operator Core Network*).
- Una soluzione alternativa utilizza la funzionalità DeCOR (*Dedicated Core Network*) a standard 3GPP Release 13 che, sulla base di un parametro di sottoscrizione nel profilo HSS (*UE-Usage-Type*), permette di indirizzare la procedura di registrazione in rete verso la CN dedicata C-IoT. In questo caso è richiesta una profilatura ad-hoc dell'utenza IoT.
- Infine può essere utilizzata la funzionalità eDeCOR (*enhanced DeCOR*), definita nella Release 14 3GPP, che si basa su una indicazione da parte del terminale all'e-NodeB per assistere l'instradamento del traffico verso la CN dedicata C-IoT.

Sulla base di quanto indicato, possiamo affermare che il Mobile Inter-

net e l'IoT sono i due driver più importanti per l'evoluzione dell'attuale CN PS di TIM verso il 5G. A questi si aggiungono altre innovazioni tecnologiche già ampiamente descritte in numeri precedenti di questo notiziario tecnico.

Una delle innovazioni tecnologiche da introdurre in rete a breve termine in vista dell'avvento del 5G è rappresentata dall'inserimento del protocollo IPv6 al fine di poter gestire l'aumento esponenziale di terminali mobili contemporaneamente attivi. L'analisi per l'inserimento in rete del protocollo IPv6 dovrà essere estesa anche a tutti gli elementi a contorno ovvero i sistemi di tariffazione e lawful interception e supervisione.

Al fine di poter gestire la crescita del traffico prevista per i prossimi anni e tenendo in considerazione l'avvento del 5G, la tecnologia NFV rappresenta un potente abilitatore per adeguare opportunamente l'infrastruttura della CN TIM. L'NFV viene considerata un elemento cardine dell'evoluzione della rete verso il 5G e fa parte di un percorso di trasformazione più ampio che interessa tutto il mondo delle telecomunicazioni e dei servizi. Tra i principali benefici attesi dall'utilizzo della tecnologia NFV sono:

- accelerazione del "Time to Market" per l'inserimento in rete di nuove funzionalità;
- maggiore agilità nella progettazione e gestione della rete, grazie alla possibilità di rimodulare e riassegnare dinamicamente le

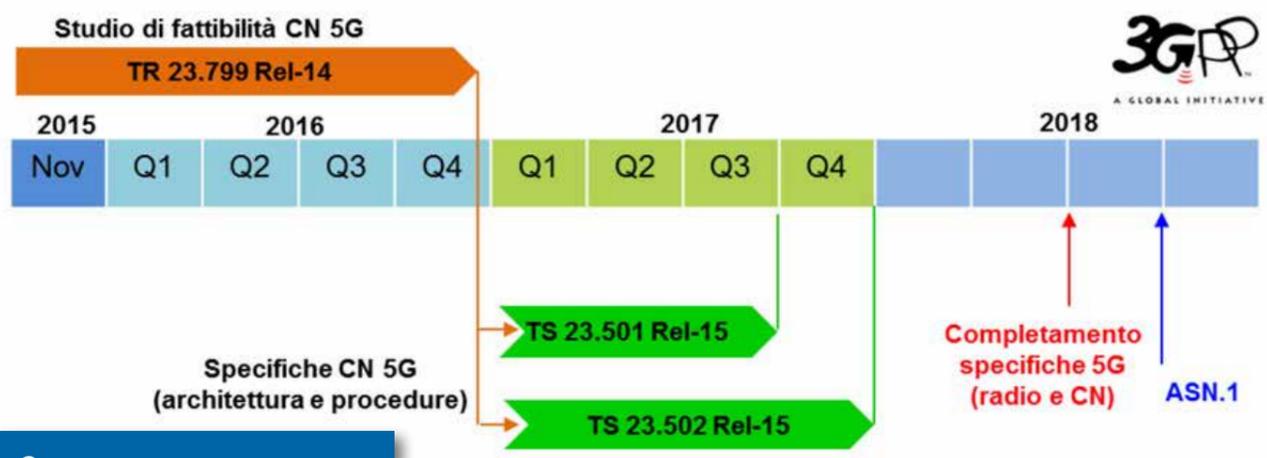
risorse dedicate alle diverse funzionalità.

L'introduzione delle tecnologie NFV nella CN TIM ad oggi è pianificata per il 2018.

La Core Network 5G

Il 3GPP ha completato a fine 2016 lo studio di fattibilità per la nuova 5GC (*Core Network 5G*) ed i risultati sono stati documentati nel Technical Report 23.799 [1]. Nel 2017, nella sua Release 15, il 3GPP ha iniziato l'attività normativa di specifica dell'architettura e delle procedure per la 5GC documentata rispettivamente nelle Technical Specification 23.501 [2] e 23.502 [3]; parallelamente è iniziata la definizione degli aspetti protocollari e dell'accesso radio 5G e si prevede che nel giugno 2018 sarà disponibile un set completo di specifiche implementabile da parte dei costruttori di apparati (*Figura 2*). L'architettura della nuova rete 5G è rappresentata in *Figura 3*.

La 5GC di Release 15 supporta la connettività dei terminali via 5G-RAN (*5G Radio Access Network*), e via accessi non-3GPP untrusted (ad es. WLAN). Il requisito di supportare anche accessi non-3GPP trusted e di rete fissa verrà presumibilmente soddisfatto in Release 16. Nell'architettura della nuova rete 5G la Core AMF (*Access and Mobility Management Function*) costituisce il punto di accesso alla 5GC per la segnalazione da e per il terminale



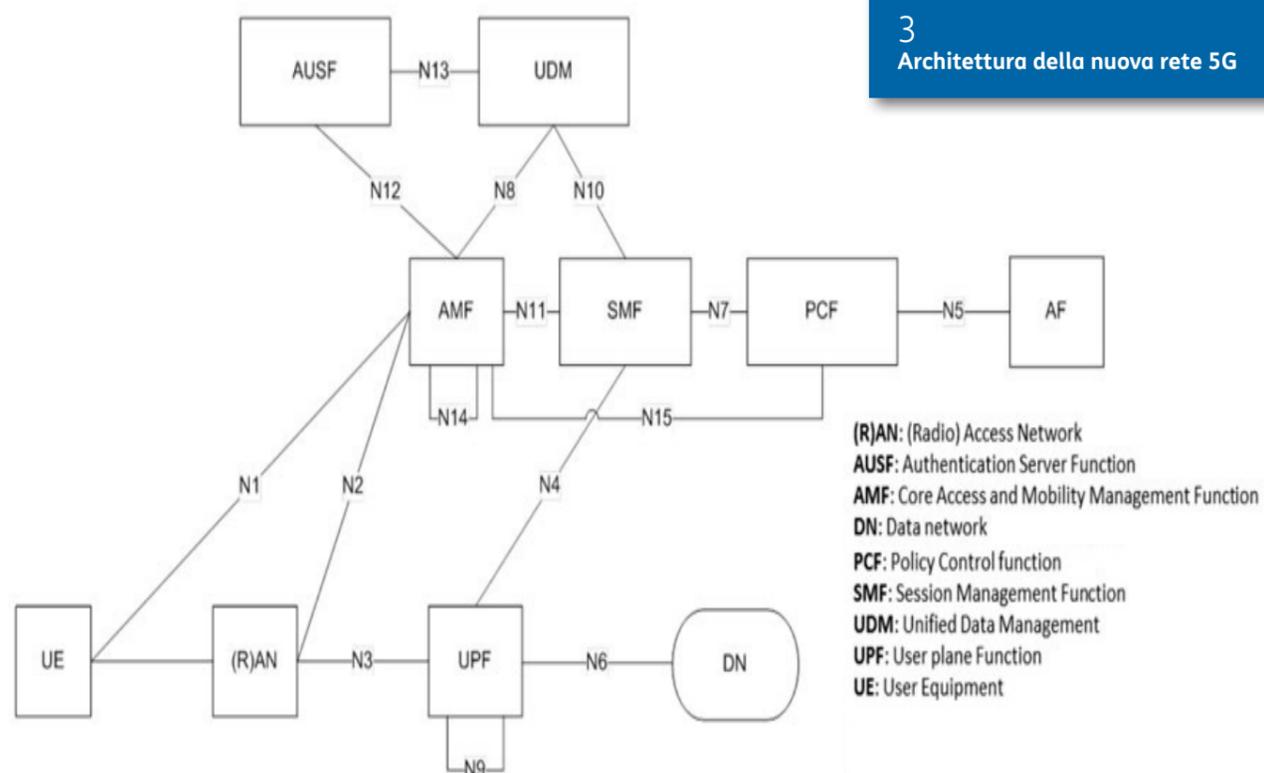
2 Piano delle attività 3GPP per il 5G

analogamente all'MME delle reti 4G. Tuttavia, a differenza dell'MME, l'AMF gestisce solo la registrazione

e la mobilità del terminale, poiché la segnalazione relativa alla creazione ed alla gestione delle sessioni dati d'utente viene inoltrata trasparentemente alla SMF (*Session Manage-*

ment Function). Un primo elemento di novità nella nuova architettura di rete è rappresentato quindi dalla separazione del controllo della mobilità da quello delle sessioni dati

3 Architettura della nuova rete 5G



d'utente. Questa modularizzazione delle funzionalità consente di aumentare la flessibilità con la quale esse possono essere composte per realizzare catene di servizio e gioca un ruolo importante in una delle caratteristiche distintive delle reti 5G, ovvero il Network Slicing di cui si parlerà più avanti.

Un altro elemento di flessibilità nell'architettura è rappresentato dalla separazione del piano di controllo delle sessioni dati da quello dei dati d'utente. La separazione tra SMF e UPF (*User Plane Function*) consente all'Operatore di dispiegare le UPF nel modo più efficace, in funzione della tipologia di servizi che esse sono deputate a veicolare; ad esempio, per servizi ove è richiesta bassissima latenza, le UPF e le piattaforme di servizio verranno dispiegate quanto più possibile vicino ai dispositivi da controllare. La separazione del piano di controllo da quello d'utente è stata introdotta anche nella EPC in Release 14 [4] per Serving e PDN Gateway. Tuttavia, nel disegnare SMF e UPF nella 5GC sono stati aggiunti concetti completamente nuovi. Infatti, a differenza di quanto accade nelle reti 4G dove lo SGW rappresenta un'ancora per tutte le sessioni dati d'utente, nella 5GC sessioni dati d'utente diverse possono essere ancorate ad UPF diverse. Inoltre una UPF, mediante le funzionalità di Uplink Classifier, può selezionare determinati flussi di traffico nell'ambito di una sessione dati d'utente e ridirigerli verso una rete locale dove, ad esempio, pos-

sono essere collocate piattaforme di MEC (*Mobile Edge Computing*). Una UPF, mediante le funzionalità di Branching Point, può anche distribuire una sessione dati IPv6 multi-homed verso altre UPF, tutte agganciate alla stessa rete dati, e abilitare uno dei nuovi schemi di gestione della mobilità (*make-before-break*) introdotti nella rete 5G. Riguardo alla mobilità si è considerato che i progressi nello sviluppo delle applicazioni hanno consentito a molte di esse di tollerare cambiamenti di indirizzo IP senza pregiudicare il servizio percepito dall'utente. Per questa ragione, accanto allo schema tradizionale di gestione della mobilità che si applica a servizi come la VoIMS (*Voice over IMS*), in cui la connessione dati viene spostata da un punto di aggancio alla rete ad un altro preservando l'indirizzo IP, si sono introdotti nuovi meccanismi meno onerosi in termini di risorse dove si ammette che l'indirizzo IP possa variare al cambiare del punto di aggancio alla rete della connessione dati, secondo i paradigmi *make-before-break* e *break-before-make*.

La complessità introdotta da queste innovazioni hanno però un prezzo: in Release 15 le sessioni dati dual-stack IPv4v6 non sono supportate e la nuova 5GC supporta terminali dual-stack usando sessioni dati separate per IPv4 e IPv6. Ricordiamo che accanto alle sessioni dati di tipo IP la nuova 5GC supporta anche connessioni dati di tipo non-IP e di tipo ethernet per indirizzare scenari

d'uso come quelli connessi al mondo della IoT (*Internet of Things*). A questo riguardo la nuova 5GC supporta nativamente alcune delle funzionalità/ottimizzazioni che erano state aggiunte alla EPC in Release 13, come le già citate connessioni dati di tipo non-IP e la possibilità di registrarsi alla rete senza la necessità di attivare una connessione dati. Tuttavia in Release 15 il traffico generato da dispositivi IoT potrà essere gestito solo mediante l'attivazione di sessioni dati; non verranno cioè sviluppate in questa Release ottimizzazioni per il trasferimento di "small and infrequent data" mediante i pacchetti di segnalazione sul piano di controllo.

Una funzionalità nuova rispetto al 4G, pensata per il mondo dei sensori che devono poter funzionare per anni senza sostituzione della batteria, è quella che va sotto il nome di MICO (*Mobile Initiated Connection only*). Un terminale che chiede alla rete di operare il modalità MICO non deve monitorare il canale radio di paging fintanto che si trova nello stato CM-IDLE. La rete (AMF) lo considera irraggiungibile e differisce la consegna di SMS e di altro traffico terminato fino a quando quando transisce dallo stato CM-IDLE a quello CM-CONNECTED perché trasmettere, ad esempio, dei dati o della segnalazione.

Quanto descritto sino ad ora ci fa capire come la nuova 5GC debba supportare in modo agile e flessibile una offerta di servizi estremamente eterogenea (mobile broadband, IoT,

Evoluzione dell'automazione in ottica 5G

L'introduzione della *Network Automation* – intesa come la possibilità di programmare la rete in modo da reagire tempestivamente a variazioni di requisiti cliente e operativi, pattern di traffico, topologia, ecc. – è un'esigenza ben nota ad operatori e service providers in virtù dei benefici che ne deriverebbero, quali la semplificazione e accelerazione dei processi di network creation, la riduzione del time to market (TTM), il raggiungimento di economie di scala, una maggiore efficienza operativa e l'ottimizzazione del total cost of ownership (TCO). A tal fine, non è pensabile prescindere da tecnologie emergenti quali SDN e NFV, universalmente riconosciute come abilitatori indispensabili per l'implementazione di un'infrastruttura multi-vendor automatizzata.

In ottica 5G, un tipico use case di automazione è rappresentato dal *Network Slicing*, ovvero la creazione e conseguente gestione di molteplici istanze logiche di rete, ottenute come partizionamenti auto-consistenti di una stessa infrastruttura fisica condivisa. Stando alle definizioni prodotte dagli enti di standardizzazione preposti, risultano evidenti i punti di contatto con l'entità Network Service definita in ambito ETSI NFV ISG [1]. Risulterà cruciale dunque il dispiegamento di

un NFV orchestrator (NFVO) che sarà responsabile di automatizzare il ciclo di vita – *instantiation, scaling, migration, update e termination* – delle VNF che compongono la porzione virtualizzata di una Network Slice, opportunamente modellate tramite descrittori precaricati sull'NFVO stesso.

Dal punto di vista del supporto dell'automatizzazione nella creazione e gestione delle Network Slice poi SDN complementa il ruolo di NFV. SDN si focalizza sul controllo e sull'orchestrazione delle risorse, indipendentemente dal loro tipo e collocazione nell'architettura end-to-end della slice. Un sottoinsieme di queste potranno tipicamente essere fornite sotto forma di VNF. L'architettura SDN definita da ONF [2] interpreta il ruolo di controllore proprio come entità la cui funzione principale è quella di supportare l'astrazione e l'orchestrazione di opportune partizioni delle risorse dell'infrastruttura, offerte ai clienti, ovvero le applicazioni a cui sono associate le slice, abilitandone il controllo dinamico ■

Nicola Santinelli

nicola.santinelli@telecomitalia.it

Vinicio Vercellone

vinicio.vercellone@telecomitalia.it

Note

[1] https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper_5G.pdf

[2] ONF Open Networking Foundation, TR-526 Applying SDN Architecture to 5G Slicing, Issue 1, Aprile 2016

Public Safety, vehicular, ecc.) con requisiti spesso contrastanti. Per accomodarli a meglio la strada scelta è quella della segregazioni mediante il network slicing. Il concetto non è nuovo e già a partire dalla Release 13 il 3GPP ha definito in la funzionalità DECOR (*Dedicated Core Networks*) che, basandosi sul parametro di sottoscrizione "UE Usage Type", consente di connettere il terminale ad una istanza di DCN (*Core Network dedicata*). Tale concetto è stato ulteriormente sviluppato in Release 14 con eDECOR dove è previsto che il terminale assista la RAN nella selezione della DCN mediante un parametro specifico inserito nella segnalazione di AS (*Access Stratum*) verso l'eNB (*evolved NodeB*), duran-

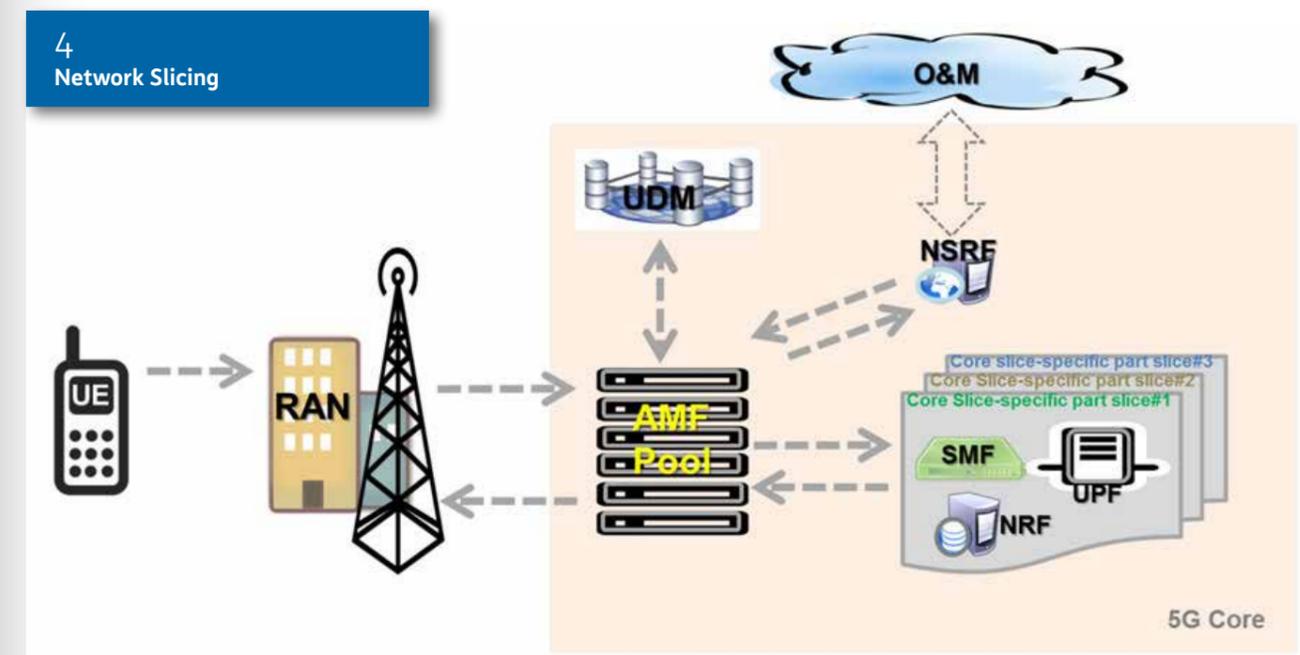
te la procedura di registrazione alla EPC.

Tuttavia il limite di queste soluzioni è rappresentato dal fatto che in una rete 4G un terminale può connettersi ad una sola DCN per volta, che pertanto non può essere specializzata e ottimizzata per una molteplicità di servizi. Nella nuova rete 5G il terminale può invece connettersi contemporaneamente a più Network Slice, ciascuna delle quali può quindi essere ottimizzata per offrire un servizio specifico: una Network Slice infatti è una rete logica che comprende un insieme di funzioni di rete composte in modo tale da fornire certe caratteristiche e servizi di rete. Si tratta di un concetto end-to-end; tuttavia poiché lo Slicing della RAN è ancora in discus-

sione in 3GPP nel seguito ci focalizzeremo sulla parte di Core Network delle Network Slice.

Data la capacità del terminale di accedere contemporaneamente a più Network Slice, si è deciso di mettere la gestione della mobilità a fattore comunque di gruppi di Network Slice, come indicato in *Figura 4*. Ciò introduce un'azione di coordinamento dell'AMF che evita l'invio al terminale di comandi contrastanti.

Nella 5GC possono essere dispiegati gruppi di AMF (AMF Pool) diversi ciascuno dei quali può gestire un proprio gruppo di Network Slice. Un punto non ancora definito è la modalità di selezione del Network Slice da parte del terminale. E' stato stabilito che il terminale, in funzione del servizio o dei servizi di cui



5G New Generation Core

L'evoluzione della Core Mobile sta seguendo alcune direttrici ben chiare che sono oggetto di dibattito sui tavoli di standardizzazione del 3GPP e dell'NGMN. La rete mobile attuale pertanto sta evolvendo, aggiungendo domini distribuiti su piattaforme virtualizzate "in pool" con gli attuali apparati e collocati nelle vicinanze (in termini di latenza) degli utilizzatori 5G. Ericsson supporta già in campo Reti Mobili a Pacchetto Ibride costituite sia da Funzioni di rete virtualizzate che monolitiche (Figura A). Questo consente di assorbire rapidamente gli incrementi capacitivi nei POP di rete più critici e di realizzare protezioni di rete efficaci con "pools" di nodi sia centralizzati che distribuiti. Come ulteriore step la migrazione delle catene OSS su architetture di Orchestrazione sia di Rete che di Servizio permetterà di cominciare a gestire la realizzazione di slices virtuali di Core sulla medesima infrastruttura fisica. Si realizzeranno sulla stessa rete fisica Network "slices" virtuali partizionando le risorse per: servizio, cliente, capacità, latenza, disponibilità del servizio etc... ed

usando i meccanismi previsti in fase di standardizzazione (Figura A).

Questo in attesa della release 15 del 3GPP e della NG-Core 5G. Pensiamo che la nuova rete 5G Core (chiamata provvisoriamente NG-Core in 3GPP) sarà inizialmente affiancata alle reti Core attuali, mantenendo la compatibilità a livello di interfacce di accesso ma consentendo da subito Use Cases molto più impegnativi sia in termini di capacità che di latenza, quale il supporto di reti di accesso convergenti Fisso-Mobile.

La capacità della NG-Core sarà talmente elevata da inglobare facilmente le reti Mobili a Pacchetto attuali la cui migrazione sarà gestita automaticamente all'interno di slices dedicate sulla NG-Core, mediante l'uso di procedure automatizzate, in fase di sviluppo.

Si possono intravedere le slices come reti virtuali che possono migrare o federarsi all'interno di reti di più operatori (trials in questo senso sono in corso) ■

Ezio Zerbini
ezio.zerbini@ericsson.com

vuole usufruire, invii alla rete delle informazioni che verranno utilizzate per effettuare la selezione. Queste informazioni prendono il nome di NSSAI (Network Slice Selection Assistance information). A sua volta il NSSAI risulta costituito da più S-NSSAI (Single Network Slice Selection Assistance information) e ciascuno S-NSSAI da due parametri: un SST (Slice/Service type) che indica la tipologia di Network Slice in termini di caratteristiche e servizi offerti; uno SD (Slice Differentiator) che è una informazione opzionale che può indicare, ad esempio, il tenant della Network Slice. La RAN in base al NSSAI, inviato dal terminale nella segnalazione di AS, sceglie lo AMF Pool. Il punto ancora controverso è come lo AMF Pool poi sceglie la slice: la Figura 4 mostra una delle proposte in discussione, dove una AMF (appartenente all'AMF Pool selezionato dalla RAN) interroga (usando come keyword l'NSSAI ricevuto dal

terminale nella segnalazione di NAS (Non Access Stratum)) una Network Slice Repository Function che interagisce con i sistemi di O&M e che conosce la topologia di tutta la rete e quindi ha traccia di tutte le slice attive.

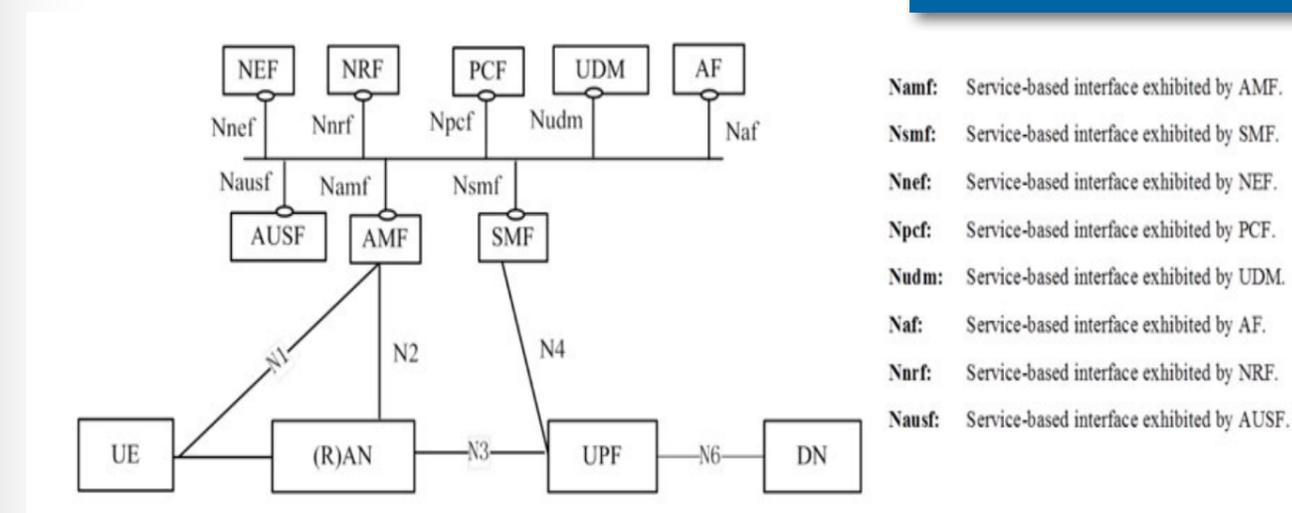
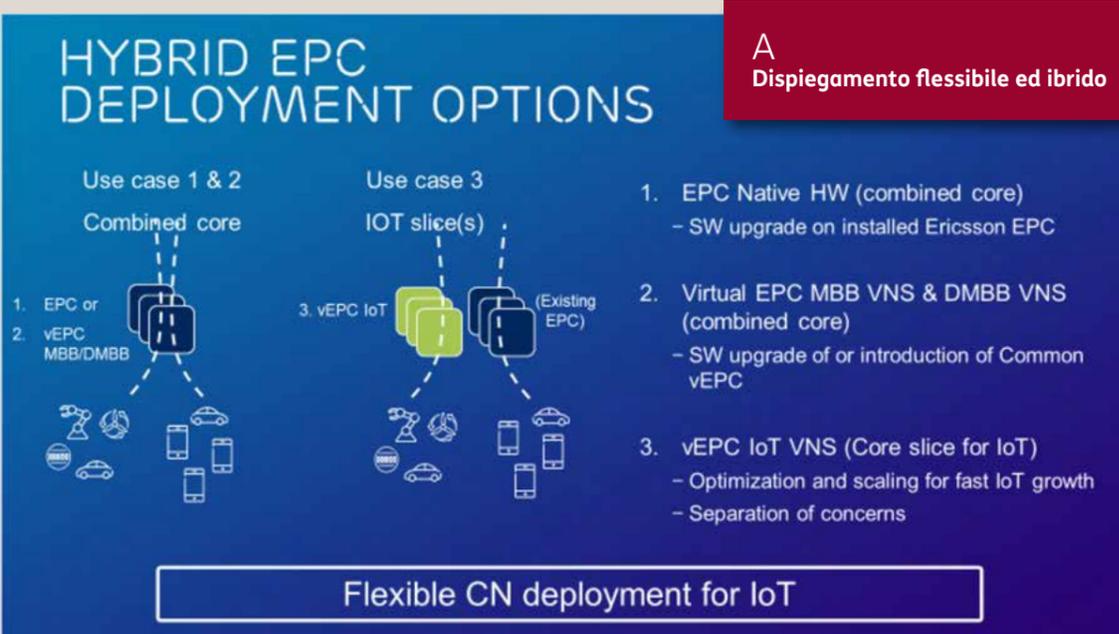
Come anticipato nella descrizione dello Slice Differentiator la gestione e il controllo di una Network Slice può essere in larga parte affidata ad una terza parte (ad esempio, una utility, la polizia, ecc.) che abbia un accordo commerciale in tal senso con l'Operatore.

La flessibilità e l'agilità nel dispiegamento e la gestione delle Network Slice deriva dal fatto che l'infrastruttura di rete 5G sfrutterà tecnologie quali NFV (Network Function Virtualization) e SDN (Software Defined Networking) e che le funzioni di rete virtualizzate (VNF) verranno distribuite nei Data Center degli Operatori di Telecomunicazioni. Questo porta ad un altro modo di

rappresentare l'architettura della 5GC: accanto ad una rappresentazione tradizionale, con interfacce punto-punto tra gli elementi di rete (Figura 3), ve ne è anche una nuova che va sotto il nome di SBA (Service Based Architecture), presentata in Figura 5.

Onde sgombrare il campo da ogni fraintendimento è bene precisare che si tratta di due rappresentazioni della stessa architettura, non di due architetture diverse. La SBA rende semplicemente conto del fatto che rispetto alle generazioni precedenti le funzioni di rete 5G vengono progettate fin dall'inizio facendo riferimento alle tecnologie IT: ove possibile e vantaggioso ogni elemento della rete 5G offre le proprie funzionalità ad altri elementi di rete sotto forma di micro-servizi; i flussi di

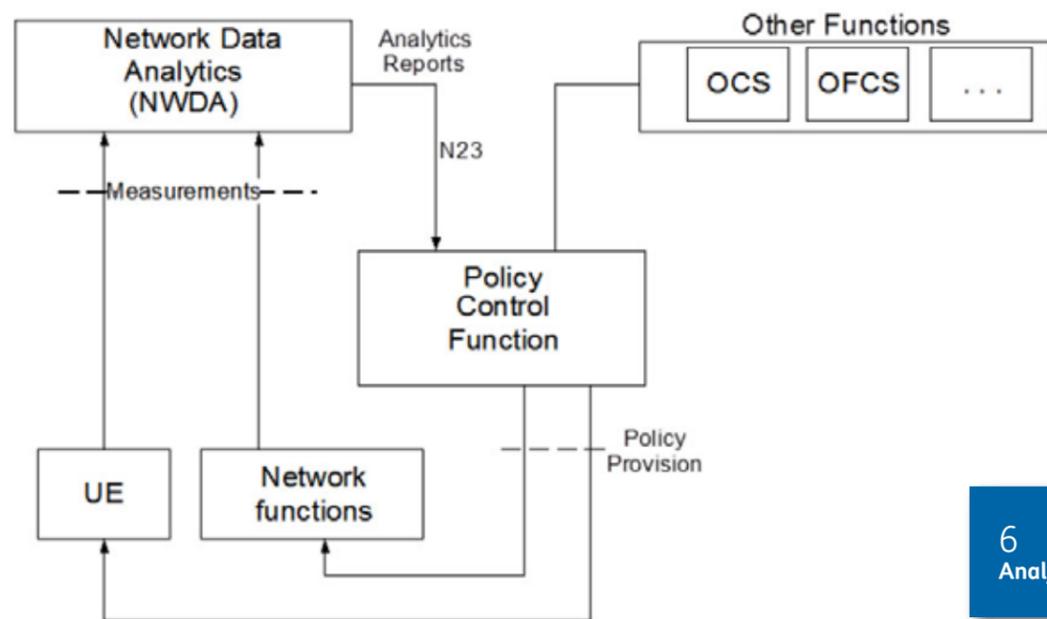
5 5G System Service-based architecture



segnalazione vengono realizzati da una sequenza di servizi scambiati tra gli elementi della rete. Il vantaggio di questo approccio risiede nella flessibilità: infatti, anziché dover definire interfacce punto-punto e protocolli specifici per ciascuna interazione tra elementi di rete, vengono definiti servizi che potenzialmente possono essere consumati da qualsiasi elemento di rete e che, pertanto, possono essere facilmente riutilizzati in flussi di segnalazione diversi. Ad esempio, un AMF offre lo stesso servizio "Get UE Context" a qualsiasi altro elemento di rete abbia bisogno di ottenere il contesto di uno specifico terminale d'utente, a prescindere dal flusso di segnalazione in cui questo scambio di informazioni è inserito. Come si è detto la 5GC nasce per essere dispiegata nella Cloud. In questo ambiente le VNF hanno un loro ciclo di vita (ven-

gono istanziate e terminate in funzione delle esigenze operative della rete) e per questa ragione è stato introdotto nell'architettura un nuovo elemento funzionale che va sotto il nome di NRF (*Network Repository Function*). Il ruolo del NRF è quello di tenere traccia di tutte le VNF up and running nella rete: quando una VNF (ad es. un AMF) ha necessità di interagire con un'altra VNF con certe caratteristiche (ad es. un SMF) interroga il NRF per scoprire quali sono le istanze della VNF target attive in quel momento. Anche se non mostrato esplicitamente in *Figura 5* ad ogni VNF o gruppo di VNF è associato una UDSF (*Unstructured Data Storage network Function*) dove le VNF dopo ogni transazione o gruppo di transazioni possono scaricare i dati relativi allo stato del terminale per poi recuperarli alla transa-

zione successiva. Sebbene in Release 15 i dati relativi allo stato del terminale vengano memorizzati come dati opachi, cioè specifici di ciascun costruttore di apparati di rete, ugualmente si realizza la separazione tra la parte di compute e la parte di storage delle VNF. Il vantaggio di questo approccio risiede nel rendere le VNF stateless tra una transazione e la successiva e pertanto resilienti a possibili guasti: se una VNF dovesse smettere di funzionare una qualsiasi altra VNF dello stesso tipo potrebbe rimpiazzarla semplicemente recuperando i dati relativi allo stato del terminale dalla UDSF. Inoltre, in un ambiente virtualizzato la separazione tra compute e storage agevola lo scale in/out delle VNF. Esiste inoltre un altro elemento di storage che prende il nome di SDSF (*Structured Data Storage*



6 Analytics-based policy

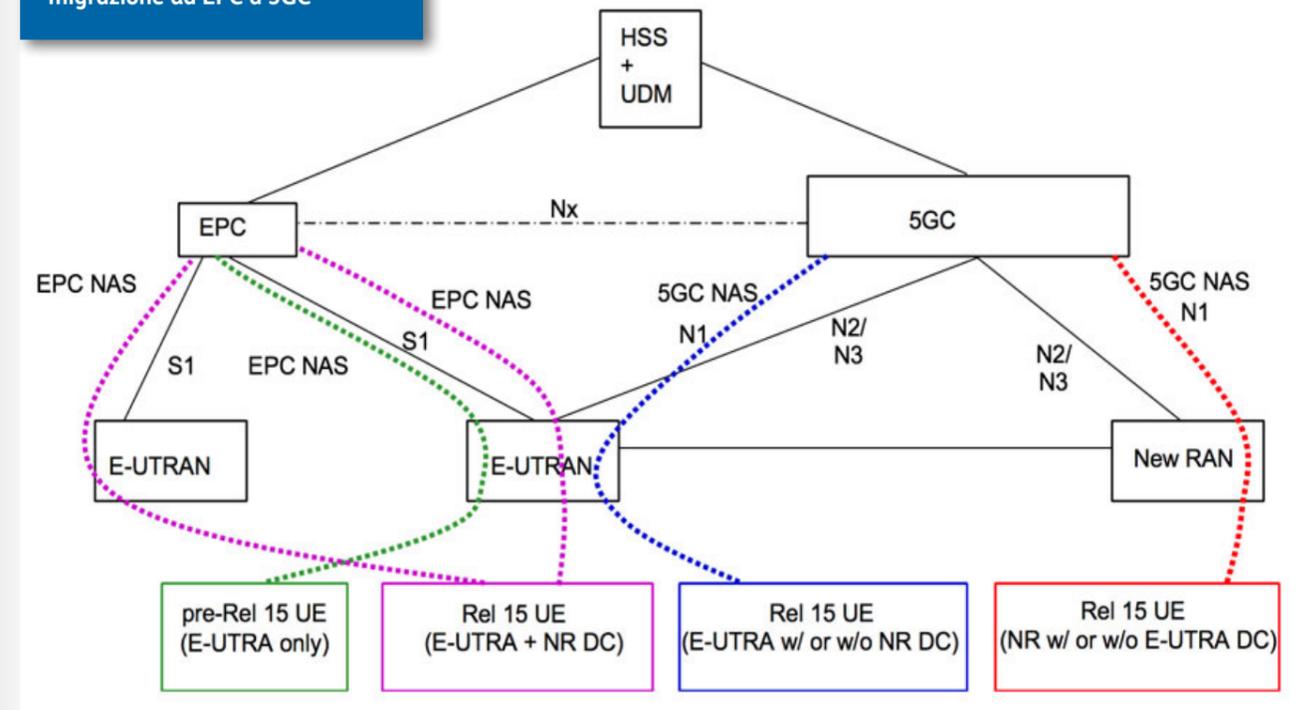
network function) dove le VNF possono memorizzare dati strutturati (secondo un data model da definire in 3GPP) che la NEF (*Network Exposure Function*) può esporre ad altre VFN, a delle Application Function oppure che possono essere utilizzati per alimentare i NWDA (*Network Data Analytics*). Quest'ultimo punto rappresenta una ulteriore innovazione rispetto alle reti delle precedenti generazioni. Infatti nella 5GC le policy che sovrintendono l'allocazione delle risorse e lo steering del traffico possono essere influenzate dai Big Data raccolti nella rete secondo lo schema rappresentato in *Figura 6*.

Scenari di migrazione e interlavoro tra EPC e 5GC

Alcuni Operatori in Corea e Giappone si sono posti come obiettivo di presentare servizi branded 5G già in occasione dei giochi olimpici del 2018 e del 2020. Questo ha prodotto una forte pressione sul 3GPP che ha deciso di specificare nel 2017, cioè l'utilizzo della 5G New Radio (NR) in Dual Connectivity (DC) come dispiegamento ancillare ad un nodo LTE collegato all'EPC. Ne consegue che nei prossimi anni gli Operatori potranno scegliere percorsi diversi per dispiegare la nuova rete 5G e, quasi sicuramente, per molto tempo potremo assistere alla presenza contemporanea di varie opzioni di dispiegamento di cui bisogna assi-

curare la coesistenza. La *Figura 7* illustra con le linee tratteggiate il comportamento atteso dei terminali e della rete in uno di questi dispiegamenti eterogenei dove sono presenti sia la EPC sia la 5GC, una RAN pre-Release 15 (in grado di connettersi alla sola EPC) e una RAN di Release 15 (in grado di connettersi alla sola 5GC, oppure sia alla 5GC sia alla EPC), terminali pre-Release 15 che supportano solo segnalazione EPC NAS (in grado di connettersi alla sola EPC), terminali Release 15 che supportano solo segnalazione EPC NAS (in grado di connettersi alla sola EPC), terminali Release 15 che supportano segnalazione 5GC NAS (in grado di connettersi alla 5GC). Bisogna comunque ricordare che i terminali Release 15 che supportano

7 Architettura per uno scenario di migrazione da EPC a 5GC



The road to 5G

5G will be a key enabler in transforming our economy and society by providing connectivity in three broad areas: Extreme mobile broadband, Massive machine communication (IoT), Critical machine communication and Ultra-reliable low latency communication.

5G core will need to run in heterogeneous environments, interacting with multiple types of access network and serving a wide ecosystem of applications and players. This is a radical change compared the existing 3G/LTE networks which has been designed to carry on mainly voice and mobile broadband data traffic.

The current existing model of “one big pipe network” does not fit all the variety of uses cases that the 5G eco-system will make possible.

End-to-end network slicing will be a key enabler for efficiently manage the diversity of the uses cases in the operator network and it should be a relevant factor to be taken into account when designing the 5G core network. Indeed the overall network architecture should be designed with the right capabilities to able to deliver the right level of scalability, flexibility and TCO efficiency.

A cloud native core network which is modular and programmable is key pillar of the 5G core network. Moreover, software techniques like micro services, digital delivery, Open API can be leveraged to give the expected level of business agility. All these aspects should be on top of the agenda for 5G core network design.

Core networks of the 5G era will be subject to major architectural transformations to enable new business models (e.g. for vertical markets) as well as the need for extreme operational agility and automation.

While the normative phase of the 3GPP Release 15 is ongoing, Nokia envisaged the following architectural characteristics for Next Generation Core (5G core):

- A layered architecture with User Plane/Control Plane/Data Layer;
- The UP/CP split enables independent scaling, possibility to geographically allocate UP function based on the use

case requirements (e.g. latency, reliability) and develop the functionalities in separated entities;

- A data layer introduction to store subscription, session data, policy data enhances the resiliency model, facilitate the VNF introduction, reduce operational costs and it improves analytics and automation capabilities;
- Control plan functional decomposition to enable more agile delivery models with smaller modules of orthogonal functions each covering a specific domain, e.g. session management, access mobility management, policy, charging, ...;
- Core control plane functions should provide their functionality via service interfaces, realized as APIs and defined in a service reference architecture. Any function can use the services of any other function if that results in a useful feature and is allowed by the operator defined API usage policy;
- Network slicing;
- Interface to MEC.

Though there are several other features which has to be considered in the core network design (*flow base QoS, connection less services, UP relocation with service continuity, mobility/session on demand, PDU session types, new mobility management framework*, ...) the above listed key architectural principles combined with cloud native core, micro services, Open API characteristics should be considered as key pillars of the next generation 5G core.

Today's mobile core networks will need to evolve in key areas to deliver on the promise of an innovation engine for business and society transformation in the 5G eco-system. Some of these changes have already started to be implemented in today's networks as we move beyond 4G (e.g. SDN, Telco Cloud).

A 5G core will make use of and improve these new capabilities, driving them to the next level.

As presented in this paper, solutions to make core networks more flexible, more efficient and more open exist, and are being developed as 5G standards firm up. They will transform the way the core networks are designed and managed, and the way operators, application providers, enterprises, public sector and subscribers work together. The journey toward 5G has already begun ■

Fabio Fadini
fabio.fadini@nokia.com

la segnalazione 5GC NAS devono, in generale, supportare anche la segnalazione EPC NAS per potersi connettere alla EPC laddove la connettività alla 5GC non sia disponibile ad esempio per mancanza di copertura radio 5G oppure in scenari di roaming.

La coesistenza di EPC e 5GC determina l'opportunità di prevedere un interlavoro tra le due Core Network per terminali che supportano sia 5GC NAS ed EPC NAS. A tale proposito sono in corso di definizione in 3GPP delle procedure opzionali di mobilità tra EPC e 5GC che si basano su:

- un database comune per i dati di sottoscrizione e profilo degli utenti (HSS + UDM in Figura 7);
 - una interfaccia Nx tra MME e AMF per la sincronizzazione dei contesti di Mobility Management (MM) e Session Management (SM) tra le due Core Network;
 - un gateway condiviso (PGW + SMF + UPF) che rappresenta l'ancora per le sessioni dati d'utente (non rappresentato in Figura 7).
- L'interfaccia Nx, quando presente, garantisce una mobilità seamless tra EPC e 5GC in entrambe le direzioni.

Evoluzione della Core Network 5G

La prima fase (Relelase 15 3GPP) della standardizzazione della 5GC garantisce la definizione di un ambiente cloud ready, automatizzato

e nel quale differenti applicazioni di rete possono essere segregate in aree dedicate della rete grazie allo slicing. Alcune applicazioni verticali saranno già dispiegabili nella prima fase come alcune applicazioni di Public Safety (ad es. Mission Critical Push To Talk), il monitoring ed il controllo di apparati industriali, applicazioni basate su IMS, ecc.. La seconda fase della standardizzazione (Release 16 3GPP) estenderà notevolmente le capacità del sistema ampliando l'applicabilità della tecnologia 5G a molteplici settori industriali. Di seguito saranno indicate le estensioni di funzionalità attualmente previste per la seconda fase della standardizzazione.

I sistemi mobili che precedono il 5G forniscono già un supporto iniziale ai paradigmi di servizio dell'IoT con tecnologie come il NB-IoT. Nella seconda fase di standardizzazione degli abilitatori tecnologici per il 5G, il supporto dell'IoT sarà esteso fino ad utilizzi massivi della rete. Il mIoT (*massive IoT*) sarà capace di supportare alcune centinaia di migliaia di dispositivi IoT per chilometro quadrato. I dispositivi IoT, inoltre, saranno capaci di comunicare tra di loro e con la rete con modalità molto differenti ed utilizzando i media più variegati.

E' evidente quindi che gli impatti attesi in CN per l'estensione al mIoT siano significativi. La 5GC che supporterà mIoT dovrà supportare modelli di segnalazione estremamente semplificati, per ridurre i consumi delle batterie dei dispositivi IoT, ed

allo stesso tempo comunicazioni con consumo intensivo di banda, come ad esempio flussi video.

In un ambiente che prevede l'esistenza di un così alto numero di dispositivi IoT è necessario abilitare modelli cosiddetti di “bulk operation” grazie ai quali la rete può controllare contemporaneamente un gruppo di dispositivi limitando al massimo l'utilizzo di risorse come ad esempio risorse di comunicazione e d'indirizzamento (identificatori di rete). Inoltre dovrà essere possibile configurare in modalità “bulk” gruppi interi di dispositivi IoT.

Nell'ambito più esteso dell'mIoT sarà necessario prevedere anche una gestione differenziata della mobilità. Per dispositivi stazionari dovrà essere possibile disabilitare quasi completamente la mobilità, mentre potranno esistere dispositivi per i quali sarà consentita solo una mobilità ristretta (ad esempio nel caso di dispositivi IoT in ambito domestico). Esisteranno invece dispositivi montati a bordo di mezzi in movimento che potrebbero avere bisogno di una gestione della mobilità discreta o addirittura continua. Ciò evidenzia la necessità di implementare nella 5GC dei modelli di abilitazione e controllo selettivo degli schemi di mobilità consentiti per un dispositivo o un gruppo di dispositivi IoT.

Un'altra caratteristica saliente del mIoT è rappresentata dai modelli di comunicazione che saranno utilizzati. Infatti a differenza degli attuali abilitatori IoT (NB-IoT), dove la comunicazione avviene prevalen-

Service Oriented 5G Core Network, Huawei vision

In the 5G era, telecom networks will not only provide users with communication services, but also with information connectivity and services for various industries, such as autonomous driving, industrial controlling and AR/VR. With the growing variety of access modes and diverse and complicated scenarios, core network supporting all access and all services is required.

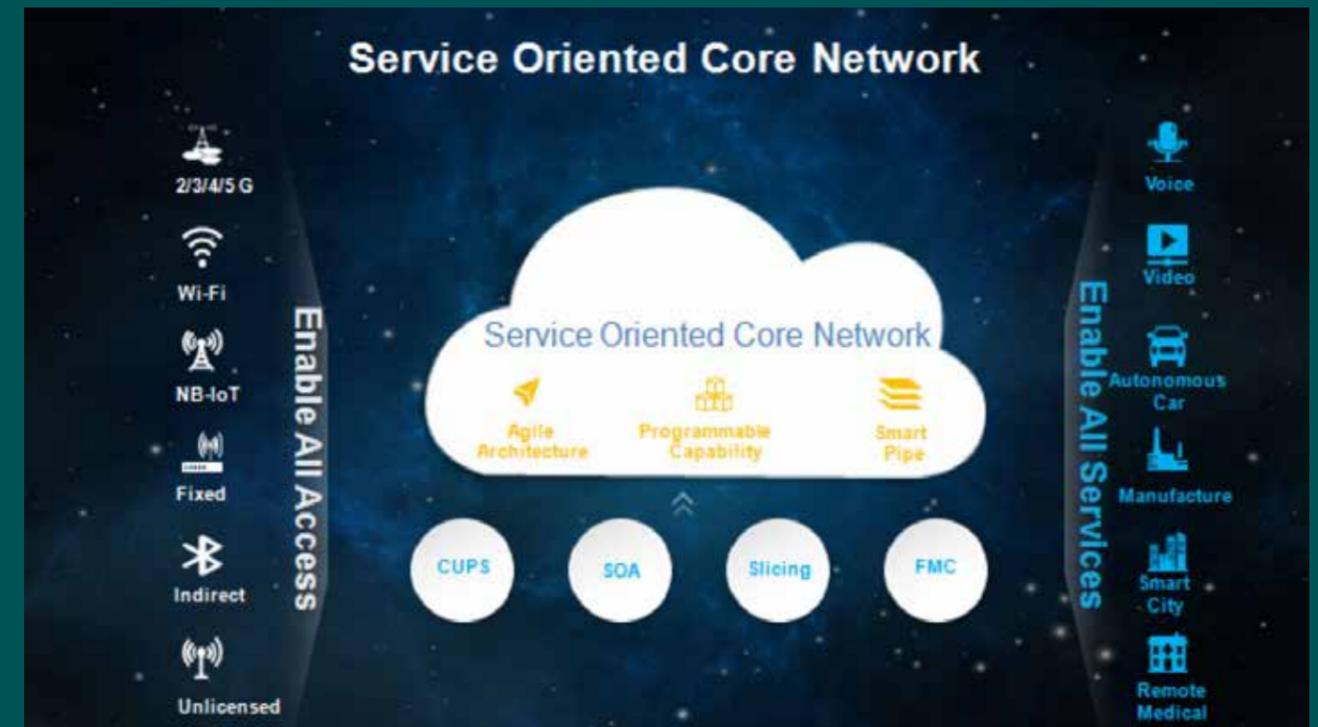
Service Oriented Core Network will help operators enable all access and all services and obtain 5G commercial success.

Service Oriented Core Network solution drives the transformation of telecom networks in the following ways:

- Enable access agnostic networks. Access agnostic enables service continuity between different access modes and ensures seamless user experience.
- Drive the network to the transformation of distributed architectures. 5G network functions will be distributed on demand. Through Control/User separation, network user planes can be deployed to the network edge to fulfill inspired user experience.

ration, network user planes can be deployed to the network edge to fulfill inspired user experience.

- Drive network functions to the transformation of on-demand services. Service Oriented Core Network will decouple network elements according to several micro-services. Each service can be deployed and updated independently, orchestrated to meet new requirements quickly. The different slices of service-oriented core will guarantee different performances to different services, e.g. high connection density for mMTC, high throughput for eMBB, low latency (also through the distribution of the user plane to the edge) for mission critical applications.
- Intelligently distribute network resources and capabilities. Service Oriented Core Network will build separated slices according to the business requirements for vertical industry. Not all capabilities will be required in every slice (e.g. mobility management).



In Huawei concept, different slices do not interfere with each other (slice isolation); the capacity of each slice can be scaled out/in independently from other slices and upgrades with new software release (e.g. new features) can be performed separately on each slice ■

Zhenhua Guo
guozhenhua@huawei.com

Luca Piccinelli
luca.piccinelli@huawei.com

Lorenzo Vecci
lorenzo.vecci@huawei.com

temente tra il dispositivo e la rete, il 5G abiliterà modelli sempre più estensivi. Infatti un dispositivo IoT potrà raggiungere la rete da più reti d'accesso contemporaneamente. Inoltre sarà possibile comunicare tra dispositivi IoT utilizzando il transito su altri dispositivi (denominati Re-

lay), concatenando nella stessa comunicazione più reti d'accesso allo stesso tempo. Sarà anche possibile una comunicazione diretta tra dispositivi IoT previa l'autorizzazione da parte della rete. La 5GC quindi non potrà più essere considerata una semplice rete di controllo de-

gli accessi a pacchetto mobili, ma dovrà interagire con gli accessi più disparati, implementando anche le funzionalità di autorizzazione necessarie per abilitare tutte le forme di comunicazione richieste.

Uno degli abilitatori tecnologici più significativi del 5G è costituito dal

supporto di URLLC (*Ultra Reliable Low Latency Communication*) ovvero la possibilità di garantire la comunicazione tra due dispositivi con ritardi di pochissimi millisecondi e con un'affidabilità che garantisca livelli di error rate nella comunicazione pari a 10⁻⁹.

Tale modello di comunicazione può trovare applicazione in una molteplicità di applicazioni come ad esempio: 3D video rendering e realtà aumentata, controllo remoto (robotica remota, chirurgia remota, internet tattile), automazione wireless delle catene produttive, support-

to all'efficienza e sicurezza del traffico veicolare, mobile gaming, ecc. L'implementazione in rete di queste applicazioni richiederà una serie di prestazioni che impattano prevalentemente la rete d'accesso, ma anche la 5GC è impattata sia in termini funzionali che architetturali. Le

principali innovazioni attese nella CN per supportare le URLLC sono:

- Un Session Management rinnovato che contenga le ottimizzazioni necessarie a favorire tempi di commutazione estremamente ridotti all'ordine delle centinaia di microsecondi;
- Una connettività multi-punto tra le funzionalità di rete che aumenti il livello di affidabilità della comunicazione;
- L'applicazione di criteri di edge computing per il dispiegamento in rete delle funzionalità di CN per ridurre i ritardi indotti dall'attraversamento della rete.
- Ricorso significativo alla comunicazione device-to-device e conseguente abilitazione delle necessarie funzionalità di CN.

Tra i segmenti verticali che sarà indirizzato maggiormente dalle tecnologie 5G vi è sicuramente il settore veicolare, la cui standardizzazione è già iniziata con le reti 4G. L'estensione delle prestazioni di V2X (*Vehicle-to-Everything*) nel 5G comprenderà un insieme di funzionalità che avranno un impatto anche sulla 5GC.

Le principali innovazioni introdotte sono finalizzate al controllo parziale o totale di veicoli in movimento, al miglioramento dell'infotainment a bordo del veicolo ed alla definizione di hot spot a bordo dei veicoli per finalità consumer e business. In particolare le innovazioni per il controllo veicolare abilitano il platooning (ovvero la guida di un gruppo di veicoli che si muovono insieme),

l'advanced ed il remote driving (ovvero la guida parziale o completa del veicolo con controllo locale o remoto) e la possibilità di coordinare sensori di differente natura (ad esempio Road Side Unit, flussi video, dispositivi a bordo di altri veicoli o di altri pedoni) per garantire un insieme più ricco di informazioni.

Tra gli impatti più rilevanti che sono previsti per la 5GC, vi è il supporto di prestazioni che riducano al minimo i tempi di ritardo della trasmissione nella rete. Infatti scenari come il platooning richiedono una stima precisa delle distanze tra i veicoli, mentre scenari di remote driving richiedono ritardi massimi di 5 ms tra l'Application Server ed il veicolo. Ciò comporta necessariamente che la CN sia alleggerita di funzionalità e dislocata nella periferia della rete per favorire ritardi minimi di trasmissione. Inoltre per le stesse ragioni anche la correlazione dei sensori locali dovrà essere effettuata nella periferia della rete. Come per alcune applicazioni ULLRC, anche le applicazioni V2X evidenziano non solo impatti funzionali sulla 5GC, ma anche una nuova filosofia di dispiegamento della CN che non sarà più centralizzata, ma in molti casi avrà delle funzionalità UPF e di controllo del servizio dispiegate molto vicino all'accesso.

Tra le applicazioni che troveranno maggiore applicazione in ambito 5G vi sono sicuramente quelle di PS (*Public Safety*). I sistemi che anticipano il 5G hanno già previsto l'adozione di architetture e funzionalità

specifiche per le comunicazioni Mission Critical di voce, video e dati. In un ambiente nativo 5G tutti gli abilitatori previsti possono concorrere alla realizzazione di modelli di servizio sempre più complessi.

Infatti lo slicing potrà garantire una segregazione delle componenti di CN che dovranno essere dedicate a servizi di PS. L'utilizzo di reti molto dense potrà estendere le comunicazioni per applicazioni di tipo Mission Critical (per esempio in caso di mobilità e di riservazione delle risorse). La presenza di molti sensori che potranno interagire con gli operatori di pubblica sicurezza sul campo richiederanno in CN il controllo e la correlazione di tutte le forme di comunicazione.

I sistemi mobili che precedono il 5G prevedono già alcune prestazioni di broadcast e multicast come ad esempio PWS (*Public Warning System*), eMBMS (*evolved Multimedia Broadcast Multicast Service*) e GCSE (*Group Communication System Enablers*). Tali prestazioni possono supportare nella EPC applicazioni consumer, business e Mission Critical. Nella 5GC si prevede un'evoluzione di queste prestazioni che potranno supportare comunicazione 1 a N non solo grazie a meccanismi di broadcast e multicast implementati nella CN, ma anche grazie a soluzioni native delle reti d'accesso.

I concetti già esistenti all'interno delle prestazioni di broadcast e multicast della EPC saranno estesi. Ad esempio la definizione dei gruppi sarà arricchita con la possibilità di

considerare anche la distribuzione geografica dei gruppi stessi abilitando nuovi modelli di servizio.

Inoltre le prestazioni di broadcast e multicast dovranno essere in grado di interagire con i servizi di rete specifici del 5G come ad esempio Mission Critical (PTT, Video e Dati), Critical Communications e massive IoT. L'estensione della copertura del 5G al maggior numero di casi possibili tocca il suo estremo con l'ipotesi di includere nella fase due della standardizzazione l'attestazione di accessi satellitari alla 5GC. La principale finalità di un accesso satellitare al sistema 5G è l'estensione dei servizi 5G anche ad utenti e dispositivi in movimento su aerei, navi e treni. In questo contesto le principali sfide tecniche che dovranno essere affrontate sono associate al disegno di una procedura efficiente di rilesione della rete che possa garantire quanto più possibile, ad un gruppo di dispositivi, la continuità tra un accesso terrestre ed uno satellitare. Inoltre nel tentativo di garantire l'accesso ad utenti e dispositivi che viaggiano a bordo di un aereo, dovranno essere definite specializzazioni delle procedure di Mobility Management per garantire il tracciamento ed il paging.

Quando descritto finora evidenzia che la 5GC non potrà più esercitare il controllo di una sola parte della rete d'accesso (ovvero degli accessi mobili), ma dovrà essere disegnata in modo Access Neutral. Ciò pone delle sfide molto severe alla nuova 5GC in quanto sarà necessario

definire interfacce e procedure che tengano conto delle specificità di ciascun accesso. Esistono infatti accessi trusted (ovvero gestiti dall'operatore) ed untrusted sui quali dovranno essere garantiti requisiti di comunicazione contemporanea, di nomadicità o mobilità e di continuità del servizio.

Nella nuova 5GC tali requisiti di Access Neutrality richiederanno:

- L'adozione di meccanismi di discovery da parte del dispositivo delle reti d'accesso utili per l'erogazione di una categoria di servizi;
- La conseguente configurazione dei dispositivi d'utente curando la possibile coesistenza tra differenti configurazioni per ciascun accesso usato dal dispositivo;
- L'armonizzazione di differenti modelli di riconoscimento (autenticazione) del terminale in rete;
- L'omogeneizzazione delle soluzioni di indirizzamento dei dispositivi. Partendo dall'indirizzamento IP fino all'indirizzamento dell'utente che utilizza lo specifico dispositivo.
- La distribuzione efficace delle policy che i dispositivi dovranno rispettare per l'erogazione dei servizi. Sarà infatti possibile che alcune famiglie di servizi siano erogabili solo sotto alcune reti d'accesso o per ragioni di prestazioni o per volontà dell'operatore di rete.
- Il controllo della qualità considerando che vi sono accessi che definiscono esplicitamente il concetto di "bearer" ed altri che non lo prevedono.

- Uniformazione dei modelli di documentazione delle componenti di traffico sui singoli accessi.
- Ridefinizione del controllo della mobilità abilitando restrizioni totali, parziali (solo in alcune zone) o sulla tipologia della mobilità (discreta o continua).
- Rivisitazione delle funzionalità che abilitano la continuità del servizio laddove sarà richiesto.

Conclusioni

Le esigenze di introdurre nel mondo telco di tecnologie già consolidate in altri ambiti tecnologici di natura IT (ad esempio virtualizzazione, cloud) e quelle di servire su un'unica piattaforma di CN quanti più servizi con requisiti molto differenti (Verticals) trovano la massima sintesi nella tecnologia 5G. La 5GC parte infatti dall'adozione di tecnologie virtualizzate e cloud per fornire supporto ad una miriade di potenziali applicazioni.

La complessità della suddetta sintesi è affrontata negli enti di standardizzazione mediante un approccio a fasi che garantisce in due rilasci di specifiche una piattaforma potenzialmente capace di ospitare tutti i Verticals che finora appaiono di interesse. La complessità si rifletterà anche nelle fasi di dispiegamento dove, a differenza da oggi, saranno necessarie istanze della 5GC anche nella estrema periferia della rete e dove differenti "slice" della CN po-

tranno avere cicli di vita differenti. Ne consegue che anche l'orchestrazione e la gestione della complessità di queste reti virtualizzate rappresenterà una sfida che dovrà essere affrontata.

L'estrema flessibilità di questa piattaforma apre infatti la porta a nuove opportunità e modelli di servizio. Infatti l'approccio nativamente IT implicherà una naturale esposizione di servizi e dati che potranno essere

utilizzate dall'operatore o da terzi per la creazione di nuovi servizi ■

Bibliografia

- [1] 3GPP TR 23.799: "Study on Architecture for Next Generation System" Rel-14
 [2] 3GPP TS 23.501: "System Architecture for the 5G System" Rel-15
 [3] 3GPP TS 23.502: "Procedures for the 5G System" Rel-15
 [4] 3GPP TS 23.214: "Architecture enhancements for control and user plane separation of EPC nodes" Rel-14



Stefano Di Mino stefano.dimino@telecomitalia.it

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



Mario Madella mario.madella@telecomitalia.it

laureato in Fisica, nel 1993 è entrato in azienda con il compito di preparare strutture quantistiche per laser a semiconduttore mediante deposizione epitassiale. In seguito si è occupato della caratterizzazione mediante Thermal Resistance Analysis by Induced Transient di componenti opto-elettronici e della misura della loro affidabilità. A partire dal 1999 ha partecipato in vari ruoli, tra i quali quello di project manager, al dispiegamento e all'evoluzione della rete mobile di TIM, alla fornitura di connettività alla clientela business ed alla definizione di nuovi modelli di roaming e servizi IMS. Negli anni ha contribuito attivamente negli enti di standardizzazione, in particolare in 3GPP e GSMA ■



Giuseppe Mazzarella giuseppe.mazzarella@telecomitalia.it

Ingegnere, in Azienda dal 1998. Dal 1998 al 2001 ha seguito le attività di verifica in laboratorio degli apparati di Core Network e dei Servizi. Dal 2001 si occupa di ingegneria della Core Network Mobile del dominio a pacchetto gestendo gli aspetti di progettazione, industrializzazione e il coordinamento delle attività di verifica in laboratorio e in rete. Dal 2002 al 2005 ha seguito il 3GPP Working Group CN4/CT4 concernente lo sviluppo dei protocolli e delle interfacce della Core Network.

Tra i principali progetti attualmente seguiti ci sono l'inserimento dell'IPv6 nella core Network mobile PS, i servizi M2M e la Virtual EPC ■



Roberto Procopio roberto.procopio@telecomitalia.it

Ingegnere delle Telecomunicazioni, è entrato in Azienda nel 1998 inizialmente come ricercatore su aspetti di qualificazione degli apparati di commutazione mobile e poi nel campo delle soluzioni di rete per servizi dati su rete mobile (GPRS). Dal 2001 partecipa alle attività di standardizzazione ed in particolare oggi segue il 3GPP CT1. Dal 2001 ha collaborato alle attività di supporto alle partecipate estere su tematiche di UMTS ed IMS. Nel 2004 ha coordinato le attività di innovazione della core network mobile correlate ad UMTS ed IMS. Dal 2008 ha coordinato, come project manager, le attività di innovazione della core network fissa e mobile di TIM su aspetti relativi ad IMS, data layer, segnalazione Diameter ed interconnessione IP. Oggi lavora come team leader su tematiche di innovazione della Core Network Mobile verso il 5G ■

5G & FUTURE NET

Bernard Barani

Introduction

The European Commission has been a very early supporter of 5G with visionary research sponsored already in 2012 [Ref 1]. At the Mobile World Congress 2013, Commissioner Kroes challenged the industry to come up with a structuring European approach for 5G R&D. This has led to the setup of the European 5G Public Private Partnership (5G PPP). The 5G PPP is implemented under the Horizon 2020 programme with about 700 M€ of public support over the 2014-2020 time frame, with a private sector contribution expected to match that amount by a factor of at least 5. Altogether, this represents the largest 5G R&D initiative in the world.

Piggybacking on these intense technological efforts, and taking stock of fast international developments, Commissioner Oettinger at the MWC 2016 urged the Euro-



pean industry to develop a 5G deployment roadmap. This has led to the 5G Action Plan (5G AP) presented by the Commission on 14 September 2016.

The European Commission considers that the emergence of 5G in Europe will be a strategic asset to support the digital transformation of the industry and of the economy and both the 5G PPP and the 5G AP testify of this bold ambition.

5G, R&D and Vision

Through a set of 19 core projects under Horizon 2020, the 5G PPP has been instrumental in researching and evaluating multiple technologies related to the main 5G scenarios contemplated by industry, namely i) the "enhanced Mobile Broadband (eMBB) scenario targeting carrier data rates larger than 10 Gb/s whilst the most sophisticated version of LTE (LTE-A-PRO) will reach about 3,2 Gb/s with spectrum aggregation; ii) the massive M2M telecommunication scenario (mMTC) targeting connectivity of millions of devices per km² whilst current scenarios are in the order of thousands of devices/km²; iii) the Ultra reliable Low Latency Communications (URLLC) scenarios, targeting latencies in the order of 1ms, whilst current LTE versions exhibit in the order of 10 ms or more latency figures.

These scenarios are in line with the socio economic evolutions driving the telecom and the wider ICT sector. Broadband access has become the norm and the advent of ever more feature rich content located in remote clouds coupled with ever more powerful end user devices like tablets and smartphones call for very high capacity and speed networks. The advent of the Internet of things, with massive deployment of connected objects in cities or in dense location areas calls for new approaches to efficiently address huge collections of devices with minimum power consumption whilst the advent of very low latency systems opens the door to new mission critical applications where response time is of the essence, such as in factories environments, healthcare, or automated driving. The 5G PPP has also developed a European 5G vision, where vertical use cases are leading 5G developments. This was outlined in a White Paper [Ref] released at the Mobile World Congress 2016. This paper describes a European approach with 5G seen as a more holistic and radical network transformation to serve vertical industries, with connectivity solutions tailored "ad-hoc" to the specific digital business case of diverse industries (e.g. automotive, health care, smart factories, energy, media). In this case, the role of connectivity shifts from a "cost factor" to an intrinsic asset of a full digital product or service. This strategy relies on the development of cross

sectors ecosystems, in addition to providing short term super high rate access, It is directly in line with the wider policy ambitions of "Digitisation of the European Industry" (DEI) [Ref].

Within this perspective, 5G has two main aspects:

First an evolutionary aspect, where 5G brings more of the same". That means that through the normal stream of technology evolution, 5G will allow the same applications as we have today, but with much better performances. Faster Internet access, faster video downloads, better access in crowded places are typical examples. Users may not see a new category of applications, but they will enjoy a much better quality of experience. This is what may be seen as the "evolutionary" 5G path, extending beyond the current 4G capabilities.

Second, 5G is expected to make possible, new classes of application and business models that are not possible with today existing technologies. This may be seen as the revolutionary aspect of 5G. Applications with very low latency and extreme reliability, will become possible whilst they may be limited today. Tele-surgery, critical communication for energy grids where reactions time needs to be very short in case of failure, robotic application in factories,

connected cars with instant reactivity between automated cars are application that may be unleashed by 5G. And this will in turn create new business models and ecosystems whose advent may be limited with existing technologies.

New Business Models

Telecom operators are currently facing several challenges with flat revenues, decreasing ARPU's and open questions with respect to business model evolution, multi-stakeholder coordination, alignment of incentives, regulation and competition [1]. The evolution of business models integrating in win-win partnerships the requirements of multiple vertical industries offer opportunities to NSP's that 5G is being designed to satisfy. The major challenge is to deliver the needed level of service to a vertical (SSLA: Service and Security Level Agreement), while keeping a sufficient control of its own and whole infrastructure. Changes are induced in the relationships between different actors of the value chain. Service requirements from different vertical industries may be aggregated from different 5G infrastructure providers, in view of satisfying pre-established end to end service level agreements. This is a completely new paradigm compared to earlier network systems. It directly expands the service portfolio marketable by

network operators towards flexible and "tailor made" service provision to vertical markets and B2B operations. Stakeholders from vertical industries such as automotive, energy, factories, health, media, public transportation aeronautics and other sectors, can take the role of SPs providing services directly to end-customers on top of the infrastructure and connectivity services of infrastructure providers. These opportunities are conditioned by the ability of 5G technologies to provide the targeted performance levels of vertical stakeholders and allow the creation of this new dynamic ecosystem around 5G networks.

Economic opportunities

From a market perspective, it is predicted that 5G revenues may reach US\$250 billion in 2025 with North America, Asia-Pacific, and Western Europe being the top markets [2], with critical and massive Machine to Machine communications potentially generating high revenues in addition to enhanced Mobile Broadband services. A study carried out for the Commission indicates that yearly the benefits of 5G introduction over 4 industrial sectors may reach €113 billion per annum will arise from the introduction of 5G capabilities. In year 2025 it is expected that €62.5 billion will arise from first order benefits in the four key industrial sectors exa-

mined in the study [3] (automotive, healthcare, transport, utilities). Lead industry actors also predict that 5G will already represent more than 150 million connections in 2021 [4] globally, more than the current LTE subscriptions in Europe (147 million). Other available studies [Ref IHS] taking a longer term approach also indicate that 5G will contribute to a \$12 Trillion output in 2035, i.e. about 4,5% of the global economic output, the contributed output in the ICT sector being of \$ 1,4 trillion (11%). These figures have been established using models based on observation of the economic impacts deriving from the introduction of earlier generations of network technologies.

Technological approach

The implementation of the 5G PPP vision addresses a wide ranging set of technologies. The Commission has recognised the need to move towards the "Gigabit society" [Ref]. This can be supported by wireless technologies, taking as a target the ITU objectives [ref] of moving beyond 10 Gb/s on the radio access. Carrier aggregation has eventually some limitations, considering the growing complexity of devices integrating several bands and the fact that multi band combinations may come at a loss of 20% of spectrum efficiency. This

has prompted industry to consider the use of higher frequency bands at mmwave frequency ranges, where large chunks of contiguous spectrum is available. Over the last two years, several industrial trials have demonstrated the capability of higher frequency bands, (e.g. 15, 28, 73 Ghz) to support data rates above 10 Gb/s either in fixed or mobility conditions.

On the other hand, the realisation of 5G capabilities go much beyond the availability of a new high speed radio interface. Multiple technologies are called upon to support:

- a flexible radio access network that allows operators to manage an heterogeneous set of access technologies and to optimise the access according to the required service capabilities and to manage multiple radio accesses as a seamless access continuum across multiple frequency bands ranging from UHF to mmwave;
- a large range of deployment scenarios, including a variety of static or moving nodes, with much denser deployment of access points, integrated backhaul/fronthaul operations, and optimised locations of Centralised Units (CU) and Distributed Units (DU) in the context of C-RAN implementations;
- very low latency services, with optimisation at several levels, e.g. at air interface level with MAC design enabling fast access and low TTI, and at architectural

level using Mobile Edge Computing and in network caching techniques;

- massive connectivity services, with redesign of access protocols enabling to drastically reduce the signalling load over the air interface, whose overhead tend to grow very fast as large amounts of devices with small bursty traffic try to access a resource pool;
- high performance in high mobility scenarios, with control of Doppler effects at higher frequency ranges and optimisation of handover overhead in high density deployments.

The above issues may be considered as a non-exhaustive set of issues where 5G R&D is today concentrating. A White Paper presented by the 5G PPP in the context of the MWC 2017 [Ref] details the contribution of European R&D to these issues.

Beyond these “classical” aspects mostly related to Radio Access Network architectures and technologies, the full transformative value of 5G will however require the adoption of NFV and SDN technologies at large scale to support a redesigned core network. This is required to make 5G a holistic orchestration platform that integrates networking, computing and storage resources into one programmable and unified infrastructure. It supports the vision that requires a flexible multi-tenant architecture where computing resources are distributed within the network in-

cluding sites of the vertical industry stakeholders, within the base stations, in edge clouds at central offices, in regional and central clouds, and managed by different stakeholders.

The full realisation of 5G hence calls for a next generation Core Network architecture based on SDN/NFV paradigms to address an Access Agnostic Converged Core Network, enabling next generation services regardless of access network and integrating next generation devices. It feature fully flexible, programmable separate Control and Data planes, unified connectivity, security, mobility and routing [5] management, as well as a unified physical infrastructure and corresponding abstractions (virtual resources, functions, etc.) control and orchestration. Eventually, it may require a Network Operating System to manage and orchestrate a unified access to computing, storage, memory and networking resources across wired networks, wireless (cellular and satellite, access and fronthaul/backhaul) networks, which requires the identification of abstractions of primitives, functions and corresponding states, in the control and data planes for a unified connection, security, mobility and routing management. These aspects are currently subject of intensive research work worldwide. The 5G PPP has released an Architecture White Paper addressing these issues [Ref Arch WP]

Towards Trials and Deployment

Whilst a “full capability” 5G system is still in the research domain, several operators have announced 5G early deployments for customer trials already in 2017, taking advantage of the relative maturity of new access technologies at mmwave frequencies with capability to move access rate level up by one order of magnitude. This is primarily the case in the US, where eMBB applications are contemplated as priority deployment, and pushed by Verizon and AT&T. South Korea has also an aggressive deployment plan with 5G showcasing planned for the

Pyun Cheong winter Olympic games in 2018. These early 5G versions target primarily Fixed Wireless Access at 28 GHz, as a solution to rapidly provide very high rate access capabilities as an alternative to fiber access. Mobile application scenarios target high speed trains in the first place, with a 28 GHz demonstrator being built along the rail tracks between Seoul Airport and the location of the Olympic games.

These deployments have been largely facilitated by the availability of the required spectrum. In the US notably, the publication of the “Spectrum Frontier” rulemaking in July 2014, laying down a set of applicable 5G frequency bands to-

gether with their conditions of use has been a decisive factor to initiate industry initiatives and investments. In Europe, the Commission considers that 5G is a strategic infrastructure and that we should avoid to replicate with 5G the uncoordinated and late deployment that prevailed for 4G deployment. From that perspective, it is considered that it is now time to define an ambitious deployment plan of 5G, with a coordinated European approach. These considerations have led the Commission to present the “5G Action Plan” on 14 September 2016, together with a consistent “connectivity package” [Ref] including the proposal for a revised regula-



tory package, a Communication of the “Gigabit Society” with proposals to move towards availability of access in the GB/s range by 2025, and an initiative aiming at supporting WiFi availability in public places (WiFi4EU).

The 5G Action plan draws on the pro investments measures of the proposed new regulatory package to facilitate early deployment in Europe. It builds on the “5G manifesto” developed by industry [Ref] in the context of the 5G industrial Roundtable put in place by Commissioner Oettinger early 2016 to prepare a common industrial roadmap for 5G deployment in Europe. Main target objectives of the 5G Action Plan include:

- introduction of early trials in Europe in 2018;
- deployment in 2020, with at least one “5G city” in every Member State;
- availability of 5G along main transport paths in 2025;
- coordinated approach by Member States towards 5G deployment, with 5G deployment issues addressed in the National Broadband Plans of the Member States;
- identification of pioneer frequency bands and availability for early trials and commercial introduction in 2020;
- support to development of “holistic” standards (not eMBB limited);
- availability of a venture fund to catalyse a 5G ecosystem of smaller players.

From a Commission perspective, it is key that European industry moves forward to deploy and trial 5G capabilities in Europe in view of staying a credible actor in this global race. To convince vertical sectors and stimulate investments, new business discovery requires demonstrators and large scale 5G trials also with vertical sectors, beyond industry-customer trials. Member States role is crucial, considering the public nature of key verticals (mobility, health, energy...) whose cross border operations will require from Member States better coordination of spectrum allocations.

The 5G PPP phase 2 (operations starting mid 2017) expands significantly the stakeholder base of 5G PPP phase 1, launched in 2015, focused on 5G core technologies. Phase 2 already includes early trials and proof of concepts for key verticals like automotive, media, healthcare. These projects will initiate concrete 5G demonstrations with key verticals in Europe already in 2017 in line with the 5G Action Plan. The 5G PPP phase 3, currently under definition and covering the 2018-20 time frame, will support large scale demonstration and trials with a support of about € 400 million from the European Horizon 2020 R87 programma. In response to the 5G Action plan, the industry also announced at the last Mobile World Congress the preparation of a coordinated approach towards a European trial roadmap [Ref]. This roadmap is expected to be presented at the 3rd 5G Global

event taking place in Japan on 24 and 25 May [ref]. In that context, the declaration of under state secretary Giacomelli at the second 5G Global event in Rome last November [Ref] announcing 5G pilots in 3 Italian cities to be started in 2017 is a very welcome support to the Commission strategy.

Connected and Automated Driving (CAD) aspects

As part of the 5G for verticals vision, CAD is an important use case. The creation in July 2016, with Commission support, of the “European Alliance between Telecom & Automotive” (EATA) to promote CAD deployment has led to a pre-deployment cross-border project being prepared for testing CAD in real-world settings and with the direct support of the Member States involved. 5G is a core technology to be tested in the context of connected cars. The Alliance targets CEF Transport funding in the context of hybrid systems. Plans are being developed to trial 5G cellular technology in cross border CAD corridors, which is essential to support the broader context of mobility attracting also private investors beyond public investments contemplated for safety related services. At the last Mobile World Congress, the EATA signed a MoU with the 5G Automotive Alliance (5G AA) to jointly study deployment scenarios and

co-existence/complementarity of a portfolio of technologies including 802.11.P, cellular V2X developed as an LTE evolution and 5G. This is considered crucial to best identify the business models and corresponding infrastructure scenarios in the context of public private partnerships.

Spectrum and Standards

Early availability of spectrum is to enable 5G deployment in Europe. The identification of 5G spectrum above 24 GHz (i.e. in the millimeter wave range) is framed by the ITU preparatory process, which has identified a number of candidate bands between 24.25 and 86 GHz to be studied until the next World Radiocommunication Conference in 2019 (WRC-19).

Whilst the 28 GHz band was not part of the bands to study by the last WRC, several nations (US, South Korea, Japan) have decided to already allocate this band for early 5G introduction, in view of driving the international spectrum policy agenda. Amongst the other heavyweight ITU members, China is pushing for the 26 GHz band.

In the European context, the RSPG concluded in its Opinion on 5G Spectrum, adopted in November 2016 and supported by the European industry, that there was a need to pick a set of pioneer bands for early 5G trials and pilots, in order to ensure appro-

appropriate early commercial deployment in 2020. The 26 GHz band is one of these pioneer bands, together with the 700 MHz and 3.6 GHz bands. It was deemed essential for obtaining the very high data speeds targeted by 5G, thanks to the considerably larger bandwidth it can offer compared to the lower spectrum bands. Its compatibility for the use by 5G is to be studied swiftly by the CEPT, as tasked in the EC Mandate on 5G spectrum that was adopted by the RSC in December 2016. These positive developments should support the ambitious deployment objectives of the 5G AP.

Similarly, global standards are needed to support the ambitious use cases that are targeted by 5G. The recent 3G PP meeting of TSG RAN and SA that took place in Dubrovnik from the 6 to the 10 of March have allowed significant progress on this issue. The meeting has decided to start a new Work Item (WI) under release 15 aiming at the standardisation of the New Radio (NR) of 5G. It indicates that:

The work item should specify the NR functionalities for enhanced mobile broadband (eMBB) and ultra-reliable low-latency-communication (URLLC) as defined in [TR38.913]. The NR under this work item should consider frequency ranges up to 52.6 GHz. The NR functionalities shall be forward compatible and allow for smooth introduction of additional technology components and support for new use cases. Backward compatibility of the NR to LTE is not required.

Several connectivity options as defined in TR38.801 and corresponding to either non standalone or standalone options are considered for this normative work. However, the agreed schedule indicate that:

- Complete Stage-3 Layer 1 and Layer 2 user plane specifications common to all supported architecture options to be finalised until December 2017. It takes into consideration the fact that for some aspects, Layer 1 and Layer 2 user plane specifications are different between single connectivity and Dual Connectivity options.
 - Complete Stage-3 specifications on eMBB including support of low latency for E-UTRA-NR DC via EPC where the E-UTRA is the master to be finalised until December 2017.
 - Complete all the core specifications for the other supported architecture options until June 2018.
- a) and b) above indicate that the early drop that will be finalised by December 2017 is related to the non standalone option, i.e. NR operated through a classical EPC. Standalone options operated by an NG Core network are delayed by 6 months. The decision reached at that meeting may be considered as satisfactory from a European perspective. On the one hand, it allows the fast movers to quickly progress towards early eMBB implementations of 5G compatible with a 3G PP standard, at least from the lower layers per-

spectives. On the other hand, it does not exclude other use cases, as the URLLC option is clearly indicated as part of the priority of the normative work.

In addition, a number of Release 15 Study Items have been decided by the meeting, paving the way towards further evolutions of the standards for other use cases such as V2X, NOMA access, non terrestrial networks..From that perspective, it will be key to ensure that future 5G PPP work clearly contribute to the

evolutions of the more complete version of the standard expected to be available by 2019.

Conclusion

The European Commission has identified 5G as a key infrastructure in the context of the wider policy objectives aiming at a modernised digital industry and economy. Bold support

has been provided to industry through structure and targeted research programme and through policy initiatives aiming at accelerating the availability of 5G in Europe. Moving towards early trials is of the essence and the framework conditions to make it happen (availability of technology, frequency bands, standards, regulation) are rapidly developing. It is now up to the industry to seize the opportunities and to develop ambitious plans to make Europe a lead market of the 5G era ■



Bernard Barani

Bernard.Barani@ec.europa.eu

joined the European Commission in 1994 as responsible for implementation of research and policy in wireless communication. He is currently Acting head of unit in charge of research and innovation on Future Connectivity Systems in the CONNECT Directorate General of the EC, where he leads the definition and implementation of the research strategy and related policy issues in the context of the 5G Public Private Partnership launched in 2013, and of the 5G Action Plan launched in 2016. He has an engineering degree of the French ENSTB ■

TORINO 5G

a cura di Michela Billotti

La forza “rivoluzionaria” del 5G come abilitatore di nuove sfide tecnologiche ma anche asset fondamentale per la creazione di un nuovo ecosistema industriale.

Quattro chiacchiere con Paola Pisano, Assessore all’Innovazione del Comune di Torino ed Emilio Paolucci, Professore ordinario e Vice Rettore per il Trasferimento Tecnologico presso il Politecnico di Torino.

Premesso che il 5G è una tecnologia dirompente, secondo voi, quali le sfide e le opportunità che in particolare pone alla Pubblica Amministrazione e al mondo Accademico?

Paola Pisano La principale sfida è di riuscire a utilizzare questa tecnologia come volano per la crescita del territorio in termini di sviluppo economico, creazione di competenze e collaborazioni con altri enti quali università, centri di ricerca e aziende stesse. L’obiettivo è utilizzare questa tecnologia per far cadere le barriere di fruizione spazio temporale dei servizi e far nascere sul nostro territorio più sperimentazioni possibili legate a differenti ambiti in

Emilio Paolucci La tecnologia 5G sarà un fattore abilitante, grazie alle sue prestazioni tecnologiche. I gigabit di trasmissione al secondo che saranno disponibili permetteranno la nascita e lo sviluppo di nuovi servizi e processi innovativi, ad esempio quelli basati su migliaia di connessioni real time per reti di dispositivi dotati di sensori in grado di dialogare con l’ambiente. Si tratta di aspetti che nel nostro campus potremo testare: quotidianamente



cui il Comune sta investendo sia esternamente quali le scuole, il turismo e la cultura, sia internamente quali lo sviluppo di un Comune smart. Si immagina l'utilizzo del 5G nell'educazione attraverso la fruizione di contenuti didattici in realtà virtuale aumentata, le visite di musei o della città in modo immersivo; si pensi anche ad attività del Comune, oggi si chiama smart work, ma questa tecnologia potrà rendere questa esperienza di lavoro a distanza ancora più immersiva.

circa 30 mila persone lo frequentano, tra studenti, docenti, personale interno e imprese che vi svolgono attività di ricerca. La grande opportunità risiede nel fatto che saremo i primi a mettere a disposizione spazi e situazioni reali dove le imprese potranno venire a sviluppare e verificare le loro ricerche. Un grande patrimonio di esperienza e competenze che potremo poi estendere alla comunità e alla città di Torino, che è il primo comune italiano che sperimenterà la rete 5G grazie all'accordo stipulato con TIM.

Come vi state organizzando per favorire lo sviluppo del 5G?

Paola Pisano Prima di tutto a marzo abbiamo firmato, con TIM, l'accordo che vede Torino prima Città d'Italia per la sperimentazione del 5G. La sperimentazione inizierà in collaborazione con l'Università degli Studi di Torino e con il Politecnico. Con altri partner del territorio stiamo già ipotizzando l'utilizzo dei 5G all'interno di alcuni servizi per cui la nostra linea è quella di passare, non appena sarà possibile, all'utilizzo massiccio della tecnologia.

Emilio Paolucci L'Ateneo sta lavorando con attenzione per individuare gli spazi dove dovranno confluire le competenze più varie per svolgere le ricerche. Vogliamo che il nostro campus sia dotato di maggiori infrastrutture e di una varietà di luoghi che lo rendano ancora più attrattivo per i ricercatori e le imprese, un ambiente attrattivo per i talenti e per la ricerca all'avanguardia, dove possano godere dei vantaggi di un lavoro multidisciplinare.

Quale il valore della partnership con TIM per la realizzazione di nuove soluzioni 5G?

Paola Pisano La forte presenza sul territorio dei laboratori di ricerca, l'esperienza e il know-how di TIM sono i valori principali della partnership. Poter essere i primi ad avere l'infrastruttura tecnologica per la rete IoT (Internet of Things) permetterà sia a noi sia a TIM di avere un vantaggio in termini di competenze e nuovi progetti da scalare anche in altre realtà.

Emilio Paolucci Il Politecnico è una università tecnica basata sulle ricerche. Il nostro punto di vista si basa su un approccio scientifico e questo aspetto, associato alla lunga esperienza di TIM nel creare le infrastrutture, genererà processi virtuosi sia sul piano dei risultati di una ricerca congiunta, sia sul piano della reciproca crescita delle competenze finali: sviluppare nuove idee, pensare a nuovi usi della tecnologia, creare forme innovative di business, originare ricadute concrete e positive per le imprese e per la collettività.

Torino si è impegnata ad essere la prima città italiana Gigabit Society; il 5G che ruolo può avere per la creazione dei nuovi servizi digitali utili al cittadino di una Smart City?

Paola Pisano Il 5G può facilitare la realizzazione di nuovi servizi per i cittadini della Smart City. Ad esempio, essendo molto legato al tema dei Big Data, può consentire di ottenere numerose informazioni e fornire alla P.A. strumenti tecnologici per il monitoraggio e il miglioramento dei servizi.

Il Politecnico è attento allo scenario di innovazione industriale nazionale e in particolare piemontese; il 5G che ruolo può avere per lo sviluppo dell'Industry 4.0?

Emilio Paolucci Il Politecnico ospiterà uno dei Competence Center previsti dal piano di Industria 4.0 ed è quindi nostra intenzione condurre sperimentazioni all'interno delle fabbriche. In questa direzione l'Ateneo impegna già molte risorse nel valorizzare la qualità delle proprie ri-



Il lancio delle “small cells” e dei Sistemi Distribuiti d’Antenna (DAS) nelle pensiline degli autobus, negli arredi urbani e nella cartellonistica pubblicitaria potenzierà la capacità delle reti per il traffico dati in città e risponderà al continuo aumento del traffico dati.

Grazie al 5G, in futuro, ci potranno essere applicazioni di servizi in modo remoto, dallo smart working alla telemedicina, con cui si effettueranno operazioni chirurgiche a distanza.

Secondo Lei, in che modo il 5G sarà una opportunità concreta di rilancio economico per il nostro Paese?

Paola Pisano Il 5G racchiude in sé un potenziale enorme per rilanciare i settori coinvolti. L’innovazione tecnologica crea nuovi mercati: se Torino e l’Italia riusciranno ad essere tra i precursori e con servizi di qualità, questo sarà un punto a favore del rilancio economico e favorirà la creazione di un nuovo ecosistema industriale. Si pensi che oggi in Italia ci sono 1,7 milioni di utenti di video on demand e le stime indicano che cresceranno rapidamente; a fine 2019 saranno più di 4 milioni. Questa è solo una delle potenzialità di questa nuova tecnologia.

Il 5G porterà un cambiamento significativo nelle vite di tutti e favorirà la diffusione definitiva dell’IoT. I chip verranno installati direttamente in fabbrica su ogni dispositivo e attivati a distanza dai vari operatori, in questo modo l’IoT sprigionerà tutto il suo potenziale, rendendo connessi tutti gli oggetti di uso quotidiano, dai frigoriferi, ai contatori dell’acqua, dai tostapane, alle caffettiere fino ai cassonetti. Tutto ciò consentirà una rivoluzione che potrà essere sfruttata dai vari attori economici e che migliorerà le vite dei cittadini ■

cerche e metterle a disposizione del tessuto industriale e imprenditoriale. Quest’ultimo deve essere pronto ad accogliere i cambiamenti in atto: l’attuale fase industriale è caratterizzata, e lo sarà sempre di più, da una maggiore interconnessione tra i processi produttivi e le tecnologie digitali. Gli scenari attuali ci mostrano chiaramente che una enorme quantità di dati ed informazioni sta sempre più entrando nelle fabbriche e che le aziende dovranno essere in grado di gestirla ed analizzarla. La tecnologia 5G diventa strategica in questa partita, perché mette a disposizione delle aziende una tale capacità di calcolo e trasmissione dati, da diventare una componente essenziale nel rilancio della competitività del sistema produttivo, non solo regionale, ma anche nazionale ■



Paola Pisano, PhD in innovazione, master in finanza e laureata in Economia e Commercio, è docente di Gestione dell’Innovazione presso l’Università degli Studi di Torino. Fino al 2016 ha diretto il Centro di Innovazione Tecnologica Multidisciplinare ICxT dell’Università di Torino. Dal 2016 dirige il Laboratorio di Smart Factory all’interno dell’ICxT. Numerosi anche i suoi incarichi all’estero: dal 2012 è visiting lecturer presso la Glasgow Caledonia University di Londra e dal 2011 presso la Westminster University. È responsabile di progetti nazionali e internazionali. Da giugno 2016 ricopre l’incarico di Assessore all’Innovazione, Sistemi Informativi e Smart City presso la Città di Torino.



Emilio Paolucci, professore ordinario e Vice Rettore per il Trasferimento Tecnologico presso il Politecnico di Torino. È docente di Imprenditorialità e Strategia dell’Organizzazione e membro del board dell’Istituto Superiore Mario Boella e del Collegio Carlo Alberto. Svolge attività di ricerca nell’ambito degli impatti delle innovazioni tecnologiche sulle pratiche e performance delle imprese, sull’imprenditorialità e sul trasferimento tecnologico. È autore di oltre 100 pubblicazioni in ambito nazionale e internazionale su riviste quali Information & Management, Industrial and Corporate Change, New Technology Work and Employment, e International Journal of Information Management

Notiziario Tecnico

Anno 26 - Numero 1, Aprile 2017

www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

ISSN 2038-1921

Registrazione

Periodico iscritto al n. 00322/92 del Registro della Stampa Presso il Tribunale di Roma, in data 20 maggio 1992

Gli articoli possono essere pubblicati solo se autorizzati dalla Redazione del Notiziario Tecnico.

Gli autori sono responsabili del rispetto dei diritti di riproduzione relativi alle fonti utilizzate.

Le foto utilizzate sul Notiziario Tecnico sono concesse solo per essere pubblicate su questo numero; nessuna foto può essere riprodotta o pubblicata senza previa autorizzazione della Redazione della rivista.

