



**Speciale:
5G Digital Business Platform**

1/2019



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
Daniele Franceschini
Gabriele Elia
Elisabetta Romano
Paolo Snidero

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

Banzi Massimo
Carosi Marco
Catalano Giuseppe
Corbi Cecilia
Demaria Elena
Galante Maria Pia
Gavazzi Roberto
Guardini Ivano
Madella Mario
Motta Luca
Pesando Luca
Procopio Roberto
Romano Giovanni
Ronco Enrico
Santoro Carmelo Francesco
Scoscina Andrea
Selvaggi Innocenzo
Snidero Paolo
Tilocca Mauro

Editoriale

La storia degli operatori di telecomunicazioni è ricca di grandi successi tecnologici e di mercato e di grandi innovazioni. La sfida dell'ultimo decennio ha alzato ulteriormente l'asticella della competizione, con attori globali che hanno cambiato in qualche modo il terreno di gioco e hanno saputo sfruttare le opportunità del passaggio verso il mondo del software. Questo mondo porta con sé una grande complessità che però, se gestita opportunamente, permette flessibilità che apre nuovi modelli di business. Questo numero del Notiziario Tecnico presenta la prospettiva del 5G come grande opportunità per la evoluzione degli operatori e di TIM in particolare verso alcuni di questi nuovi modelli di business, e in parti-

colare verso un modello di piattaforma che permetta domanda ed offerta di clienti e servizi di incontrarsi usando asset tecnologici distintivi degli operatori stessi. Questi asset, per permettere la creazione di servizi e del valore relativo necessitano per sviluppare il potenziale delle più moderne tecnologie software, in particolare le soluzioni che sono pensate in maniera nativa per sfruttare agilità del cloud e potenza dei dati e dell'intelligenza artificiale. Saranno queste che permetteranno di costruire quella componente abilitante di piattaforma ed di "esposizione" informatica delle funzionalità delle reti che il 5G ha in potenza e rappresenta il migliore futuro per l'ecosistema degli operatori ■

Buona lettura

Elisabetta Romano, CTO di TIM

Indice



Paolo Snidero

5G Digital Business Platform

This paper describes TIM technological effort and approach towards a platform based business model, based on state of the art microservices architecture, extensive API development for both internal and external developers and partners that will leverage the upcoming 5G deployment.



Carosi Marco, Catalano Giuseppe, Guardini Ivano, Ronco Enrico

5G New Stack: sfide ed opportunità

La velocità e l'ampiezza dell'evoluzione tecnologica e la competizione commerciale su un numero sempre maggiore di servizi sono tali che gli operatori Telco devono cambiare radicalmente il loro approccio all'adozione e al dispiegamento di nuovi sistemi e servizi. Il fattore che appare sempre più centrale è quello della agilità, per poter esplorare nuovi segmenti di business e offrire un numero maggiore di nuovi servizi in modo efficiente in termini di investimenti e risorse. Le tecnologie cloud native e l'uso dell'Intelligenza di rete appaiono un supporto rilevante al pieno sviluppo del 5G.



Roberto Gavazzi, Carmelo Francesco Santoro, Andrea Scoscina, Innocenzo Selvaggi

Gli scenari applicativi 5G abilitati in Italia da TIM

Il 5G rappresenta la nuova generazione dei sistemi mobili ed è caratterizzato da un campo di applicazione molto ampio. La possibilità di usufruire di velocità di trasmissione elevate (banda), di tempi di attraversamento della rete estremamente ridotti (latenza), di connessione di un numero elevatissimo di dispositivi, insieme ad altre funzionalità innovative, abilitano un insieme di servizi radicalmente nuovi che consentono di realizzare il paradigma della società connessa e della digitalizzazione pervasiva delle attività personali, professionali e civili.



Maria Pia Galante, Giovanni Romano

La roadmap di standardizzazione del 5G

A dicembre 2017 sono state finalizzate le prime specifiche tecniche 3GPP [1] per il nuovo accesso Radio (5G New Radio) compatibile con le attuali reti "core" 4G. Nel giugno 2018, si è [2] annunciato il rilascio della prima versione dello standard 5G (in gergo tecnico la Release 15 3GPP) completa anche degli aspetti principali di rete, aprendo la strada al lancio commerciale dei primi servizi probabilmente già nel 2019. Lo standard però è in evoluzione ed il 3GPP ha già in agenda una nuova versione dello standard (Release 16), il cui completamento è previsto per marzo 2020. L'articolo ne esplora i principali contenuti.



Massimo Banzi, Cecilia Corbi, Luca Pesando, Mauro Tilocca

5G Network Convergence and Orchestration Initiatives by BBF, ONF, LF EDGE, TM Forum and ETSI

The Broadband Forum (BBF) is a non-profit industry organization, is focused on engineering smarter and faster broadband networks. Many of its Technical Reports have become de-facto standards referenced by operators and manufacturers to build up the existing ultra-broadband networks in the last 25 years.

5G DIGITAL BUSINESS PLATFORM

Paolo Snidero

This paper describes TIM technological effort and approach towards a platform based business model, based on state of the art microservices architecture, extensive API development for both internal and external developers and partners that will leverage the upcoming 5G deployment.

Introduction

The telecom world is under continuous change. More and more data and voice connectivity services are becoming a commodity. Competition is increasing, and also several Cloud-based companies offer appealing communication services. In such an articulated market, a Telco Operator or better "Service Provider" needs to explore new business approaches and rethink how to stay relevant in its reference market.

There are several ways to shift gears and go beyond the status of a simple commodity, exploring more promising approaches and rising from a connectivity-based service to a full-fledged platform. The Telco Business Platform is a way to discover new business domains and increase opportunities in already covered ones, where the value is the ability to create, maintain and improve interactions among people, enterprises and society at large, generating value from those interactions.

In TIM we are convinced that Telco Operators are in the position to offer facilitation and innovate the interaction, through their unique capabilities such as latency control, capillary presence at the edge of the network, close to the customer, and on the territory, end2end performance monitoring of the network, differentiated quality and reliability provision, network-based analytics streaming, mobility and full geographical coverage, extensive consumer and business customer base

allowing the creation of a completely new business experience.

This is a radical change in the way Telcos look at market and induces a similarly radical change in the way the technology is used, implemented and managed.

Telecom Operators need to rethink their fundamental technical architecture, which capabilities and business functionalities to implement and how to foster a larger ecosystem. Good platform

business requires support for an open and heterogeneous ecosystem to create value for all participants.

The platform-oriented business moves the focus from "doing" to "enabling", from improving a prod-

uct with new features to adding new networks and communities to their ecosystem.

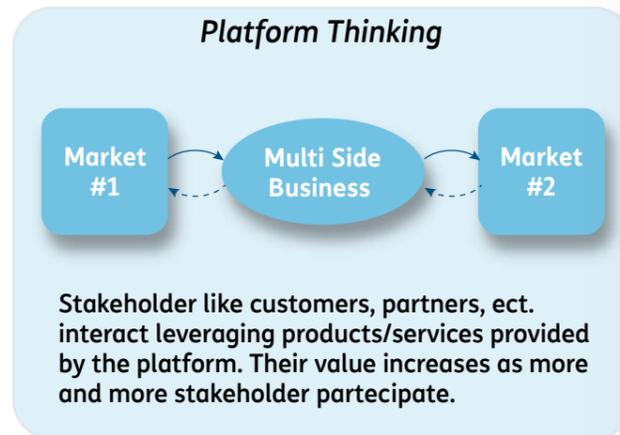
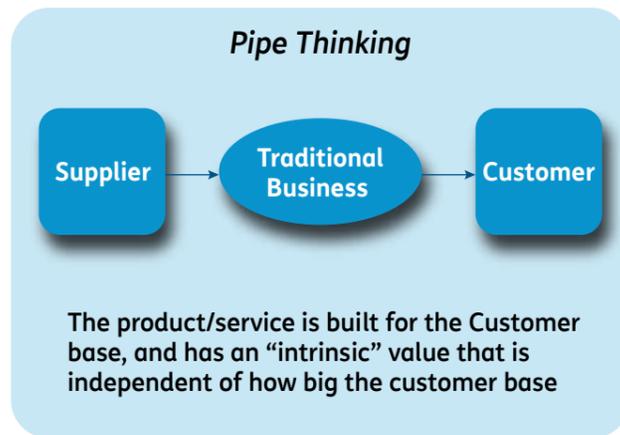
This evolution is strictly connected to the "digital" transformation of all business segments and cannot be accomplished without proper technological support: the use of correct technologies is one of the key enablers of the platform transformation of any company and Telcos are no exception.

Introduction of 5G technologies will strongly increase the power and possibilities of the business platforms, being the first network specifically designed to support also not-human interactions. 5G will bring new relevant capabilities perfectly aligned with the business platform approach.

What we are designing is the **5G Digital Business Platform** with the objectives to embrace platform thinking while adding new Telco-specific features, services and information to the traditional business platform.

5G Digital Business Platform is also targeted to the internal organization (e.g. Lines of Business) use the platform to create products and services for end customers. From this point of view the Telco's Line of Business are regarded as ecosystem participants, exactly as any other external entity.

Of course, there are challenges and risks associated to this approach, but the outcome will be very rewarding. Most probably, the major risks to manage are related to new



1 Pipeline vs Platform Thinking

technology (sometimes not fully proven at scale) and from the inability to see and size risks, to explore, to learn, to change and adapt. On the other side, “do nothing” is not a viable option and the approach described in the following is promising not only for the Telco but also for all involved entities like LoBs, end customers and partners.

5G Digital Business Platform

This section describes the approach we take to realize the 5G Digital Business Platform, what are the major component and what is the evolution path we are implementing.

Design Goals and Principles

Having a “good” architecture has been the dream of technical people for ages, e.g. Vitruvius, the Roman architect of the 1st century BC, indicated the three goals of architecture:

- **Utility:** It should be useful for the people using it; that is, it should solve today’s problems in an effective and efficient way;
- **Durability:** it should stand up robustly and remain in good condition; we could think to this as the need of being resilient to unexpected and be ready to answer to tomorrow’s requests as well;
- **Beauty:** it should delight people and raise their spirits. We can say that it should stimulate people around it to a “call to action”.

These goals, coming from civil constructions architecture, as still largely applicable to architectures in other technical fields.

The question today is how to reach the goals, finding the right balance among capabilities, time to realize them and needed investments. The principles to follow in this path are as follows:

- **Decouple** as much as possible business capabilities from all the rest and make this common to everybody. Use separation of concerns to realize loosely coupled functionalities so that each can evolve without impacting the overall solution.
- **Empower** the use autonomous systems. Automation is good but it is just the first step, while the ability to act in autonomy – abiding by policies and rules – is

the approach to inject intelligence in the system.

- **Leverage** Artificial Intelligence at scale and explore new technologies in their early stages, to quickly validate them and anticipate potential benefits.

Functional Model

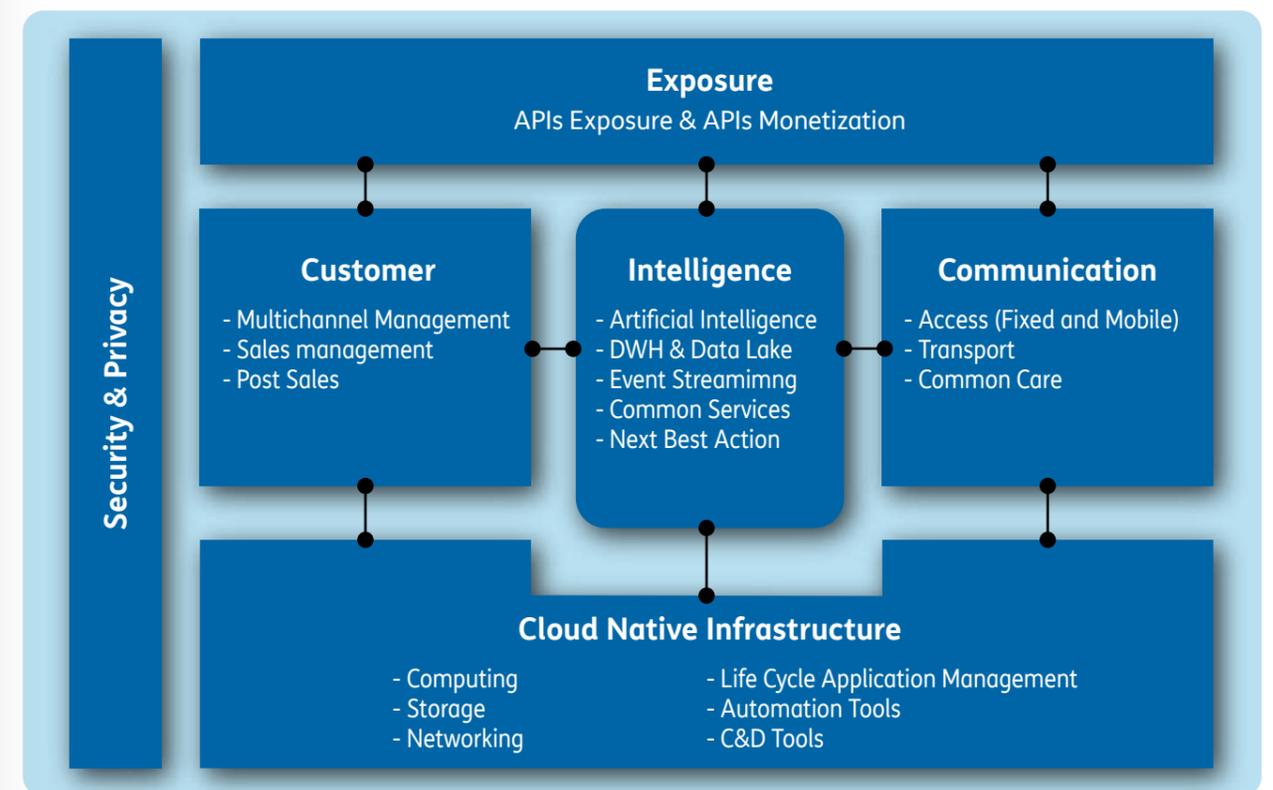
The picture below describes the main functional blocks of the 5G Digital Business Platform.

The heart of the platform is the **Intelligence** functional block. It merges capabilities to collect and retain data, transform it into useful information and take actions accordingly. The general approach is that information can be extracted and properly used leveraging on available data and

event. To stress the importance of this functionality, all the remain domain are linked to the Intelligent functional block: the same functional block implements features that can be used across the entire platform.

The second “common” functional block is the **Cloud Native Infrastructure**. It provides services and support to all other functionalities, so they can focus on their specific business value.

2 The 5G Digital Business Platform Functional Model



The **Communication** functional block represents the well-known domain for a Telco Operator where Access (both radio and fixed), Transport (ideally all-IP over DWDM) and well as Core (e.g. user authentication, charging, voice, data and video services) technologies are located. Correct management of the entire life cycle of a “Customer” (in a wider sense, not only end customer but also partner, supplier ...) is a differentiating factor for all Telco Operators. Having this relevant role requires specific capabilities for all customer touch points, from prospect to sales and post-sales. The **Customer** functional block in the picture underlies the importance of these systems.

The **Exposure** functional block is the abstraction layer that provides all needed products, services and information to external entities (the “Customers” in the wide sense discussed above). It shadows the internal complexity and also protects the platform from malicious and inappropriate utilization (based on rules and policies defined within Security & Privacy). The exposure is composed by different entities that will grow hand in hand with business, starting from simpler SDKs to ease integrations by developers to more complete solutions able to provide complex services. The external entities on the top of the picture collectively form the “ecosystem”; as such, they represent the main stakeholders of the **5G Digital Business Platform**.

As already outlined above, the Telco’s Line of Business are regarded as ecosystem participants, exactly as any other external entity, as they are able (and enabled) to create products and services for end user customer.

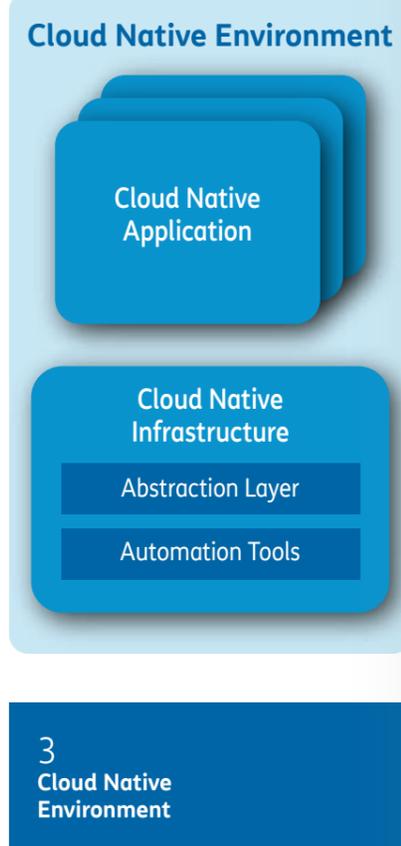
The idea of block **Data** (top-left, external to the platform) is to consider external data in combination with internally generated data (owned by the Telco Operator) whenever this makes sense to better understand the market, the customer base and in general the needs of all platform stakeholders.

The external **Cloud** is also a relevant component. 5G Digital Business Platform is hybrid by design and will use external cloud services (in its different varieties such as IaaS and SaaS) every time this creates, directly or indirectly, value for the stakeholder. What is important to underline is that the orchestration and balance between different public provider and internal cloud will strictly remain a platform mandate.

Deployment Model

The Deployment model is a more detailed view on how to implement the solution in practical terms. It is the “how”. We want to follow a Cloud Native paradigm to get all the benefits for faster time to market and increased flexibility.

The **Cloud Native Environment** is a system designed to provide applica-



tions with a dynamic software Infrastructure with useful abstraction layers, able to provide efficiency, scalability, operability, observability, resiliency so that applications can focus fully on functional and business capabilities.

The **Cloud Native Environment** has a high degree of autonomy, implying automation combined with intelligence: manual operations are required only in exceptional cases, when the environment can’t autonomously address and solve an issue. The Cloud Native Environment requires that all processes, e.g. Application Design & Development, are realized following the “zero human

touch” paradigm leveraging on Automation Tools.

The Cloud Native Environment is composed by single – at least logically – Cloud Native Infrastructure (CNI) and Cloud Native Applications (CNAs) running on it.

The Cloud Native Infrastructure is infrastructure that is hidden behind useful abstractions, autonomously managed by software, and has the purpose of managing and running applications leveraging on standardized and common way (to all application).

In the CNI, **Abstraction layers and Automation tools** allow exposing platform services in such a way that application can be designed independently from physical infrastructure, deployed and managed by the CNI autonomously through automation.

The CNI provides to all Cloud Native Application **Efficiency** (for scheduling different resources like compute, network, etc.), **Scalability** (elastic fine-grained scaling), **Operability** (Provisioning, Orchestration and Automation, Runtime and Isolation, Service Discovery), **Observability** (Monitoring and Logging, Metrics Aggregation), **Resiliency** (Load Balancing/Shedding, Circuit Breaking, Debugging).

As mentioned, a **Cloud Native Application** implements specific business or support functionalities needed to run the business. It is a workload designed to natively exploit and use services offered by the Cloud Native Infrastructure (be-

it from a private or public provider), expressing its needs in a declarative way. Following this paradigm, the developer can optimize coding time by focusing on service and business logic only, with a gain on application development and time to market.

Despite not mandatory **Microservices, Containerization**, and a **Declarative Interaction model** are “the facto” way to implement CNAs, to allow high service agility, scaling and automated management.

In the **Microservices-based Architecture** the Application is partitioned into smaller components called **Microservices**, balancing the advantages deriving from fine-grained decompositions (increased flexibility, parts that are singularly more manageable, increased chance of reuse, etc.) with the related drawbacks (increased complexity in interactions between software modules, increased overhead, coupling between parts).

A Microservice implements a clearly context bounded capability and, together with other microservices, participating in the composition of an application. Microservices have to be designed to allow a high degree of automation and to be independent from the infrastructure, so that they will be “at home” in the highly dynamic infrastructure environment provided by the CNI.

Several CNAs are present in the platform and collaborate following at a different level the same architecture paradigm, inspired by microservices: each CNA provides its

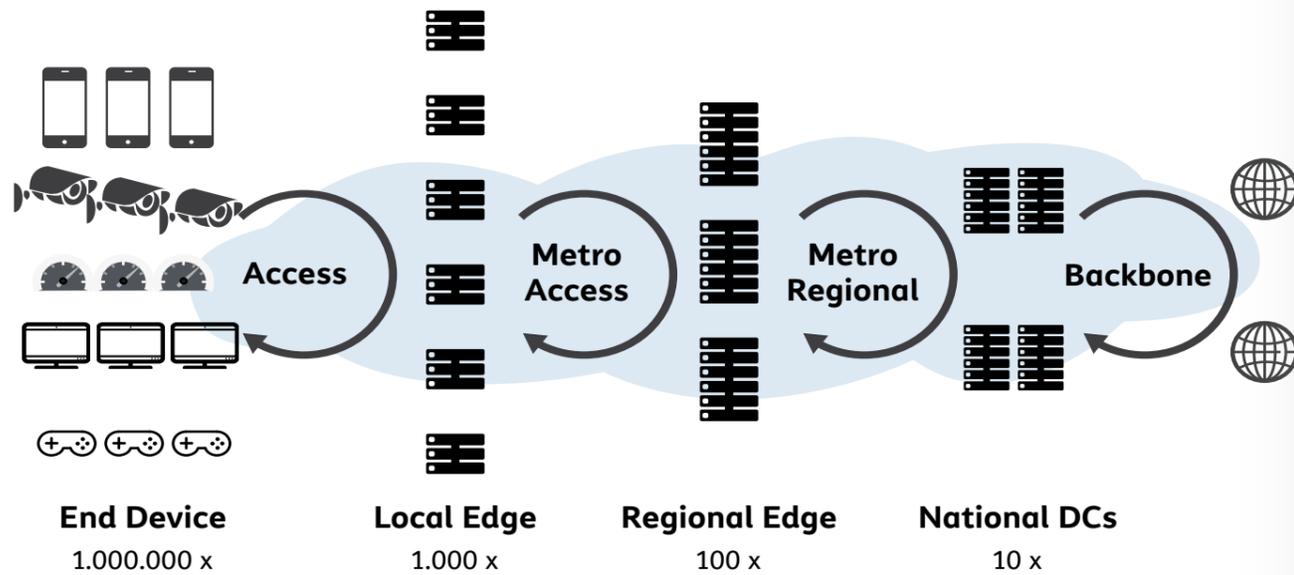
own services, exposed through a well-defined and publicly available interface that is kept stable in time (or at least evolved to avoid integration impacts), much like what a microservice does theoretically, but with a broader scope.

Before closing this section is important to notice that the **Cloud Native Environment** is a distributed system running as a logical unit entity, but physically deployed across a few large Data Center as well as into geographically distributed mini or micro Data Centers, as in the *Figure 4*. Cloud Native infrastructure should be:

- able to manage the geographically distributed solution including underlying communication entities like access, transport, etc.
- let Cloud Native Applications to run centrally or across several geographically distributed sites, abiding by specific policies based on criteria that are geographically sensitive (such as distance, latency, etc.)
- allow Cloud Native Applications to be moved among different sites in a seamless fashion, based on defined rules and specific, contingent needs.

Innovation and Existing Operational Systems

What described above is the main target deployment architecture. Be-



4
5G Digital Business Platform as Distributed Solution

cause we do not start from scratch, we need to include in the picture also the already existing solutions and technical artifacts.

In other words, the evolution path to the target architecture and deployment model should have also the goal of maximizing reuse of existing systems where they are still capable of bringing value.

To reach this goal, several options can be defined, as depicted below.

There is no single optimal choice, and the approach to take is strictly related to starting point, as well as what kind of services need to be provided to what customer segment. Just as example, for a very specific vertical service in a limited geographical area the full Greenfield approach can be easily selected; on the contrary, for large eMBB

services to all consumers the same solution is surely not the optimal one, at least because of the elapsed time needed to reach the whole customer base with good coverage. In our case we select the “Greenfield vs Brownfield” option leveraging on new available technology as primary choice (even if some existing system or component would do that functionality), more precisely we follow the golden rules below to define when to use the Greenfield way:

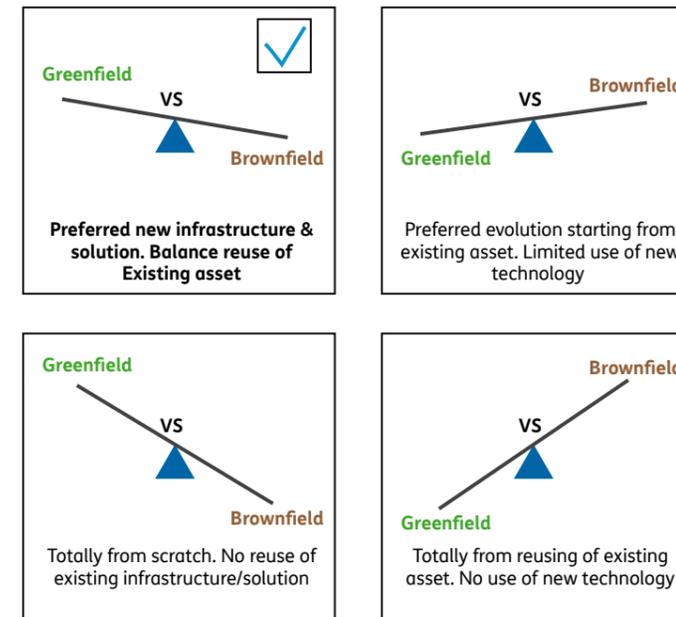
- **Use New Technology** if...
 - It provides savings in investments and/or recurrent costs
 - Does not introduce any Vendor lock-in
 - Supports hybrid, mixed solutions that include interaction with existing systems
- **Reuse Existing Assets** if...

- They can be integrated with new technology
- Can potentially evolve into a new solution based on the new technology

Approaching the realization of the 5G Digital Business Platform having also in mind to reuse existing technology asset (typically Operational Systems) put additional requirements on the architecture. The proposed architecture needs to be able to:

1. allow implementing new components (i.e. Services) that realize business function capabilities
2. integrate “by design” the Operational Systems we want to re-use and at the same time allow potential replacement with brand new services.

The picture below describes the architecture able to give right answer for both points. The software architecture is based on service-centric architecture paradigm extended to



also include the existing Operational System.

All external entities that need to interact with the **5G Digital Business Platform** do this through an abstraction layer realized by the “External API GW”. It is a single point of access where all external entities

(customer, partner ...) are authenticated and authorized and where specific policies are applied also to prevent unwanted use of the platform and protect it.

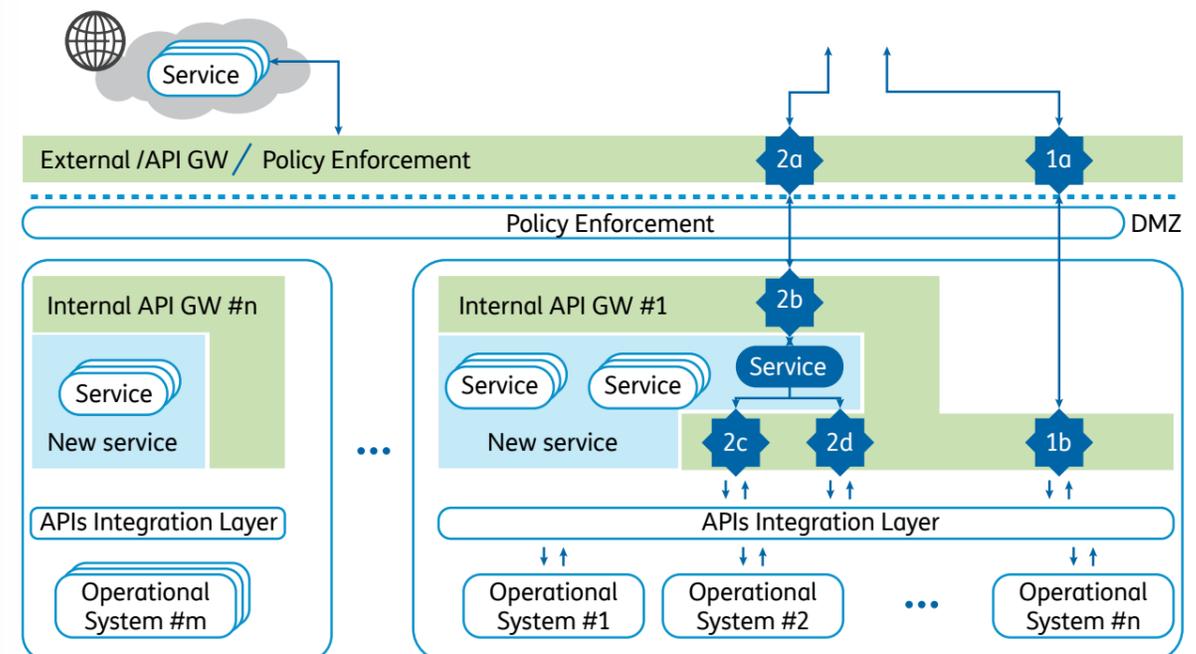
The Operational Systems are on the opposite side (i.e. at the bottom) and the interworking with each Op-

5
Deployment Models

erational system is realized by “Internal API GWs”. All Operational systems are clustered into separate sets and each set is exposed through a different GTW APIs. Typical Operational systems of the Telco’s environment include BSS (CRM, billing), OSS (alarm management, performance monitoring) as well as Network (HSS, EPC, IP, RAN).

This approach is well suited when some form of API GTWs are already present even if they do not control all the Operational System, which is usually the case for brownfield Telco Operators. It is also a way to apply separation of concerns, limiting

6
Operational Systems Integration



interaction when not needed and enabling its tracking to ease management.

Sometimes Operational system are not able to interact natively (i.e. they do not expose any form of APIs), and so some level of customization to realize a “wrapper” around Operational system is needed.

On top of the Operational system there could optionally be an “APIs Integration Layer”, that is basically a functional layer able to:

- Implement some form of logic to elaborate data coming from Operational systems, and expose as unique result to APIs consumer.
- Realize an “event driven” cache. In such a way the upper layer can access to fresh data without interrogating the Operational system. This of course requires careful selection of the technology to ensure good performance in case of high load and easy management of the cache life cycle.

In addition to allow integration with existing Operational system, the same architecture is also suited for innovation.

Rounded elements named **Service** are where the innovation takes place. Service is a software artifact made (or bought) ideally following the microservices pattern and realizes a well-defined “functionally” useful for one or more needs. The following example will hopefully help highlight

the importance of “Services” as innovation enablers:

- For a Video Service provider, the “recommendation engine” for movies to suggest to a specific customer
- For a Mobile Telco Operator, the capability to obtain a “personalized offer” to increment customer loyalty every time customer logs into the App
- For a Fixed Telco Operator, the ability to provide a set of connection points to an enterprise, let the enterprise manage the overlay.

So, a “Service” can be simple or complex, but in any case, is a logical component that can be usually reused for different customer services or products.

Every Service interacts only via APIs (either producing or consuming them) and lives behind a specific Internal API GTWs, so it is e.g. extremely easy to know and monitor all entities consuming its APIs; at the same time, each Service can leverage on data that are available in the Operation system like any other entity.

There are two different interaction models at the higher level.

In the first, external systems are looking for data placed in an Operational system and these do not need further elaboration: this is for example the path of API calls “1a”/”1b”. The external API GTW, after authentication, authorization and optionally protocol adaptation, passes the request to the API Inte-

gration layer where the requested data might be cached or, otherwise, directly to the Operational System involved. This is the simpler interaction model and is appropriate every time some data are needed without further elaboration.

The second interaction model (path involving the “2*” calls) happens when some services are available to perform a specific logic that could potentially be complex, for example an insight of the customer feeling leverages on some sentimental analysis. In this case the external entity (again through the External API GTW, to cater for authentication and authorization) reaches the specific Service(s) behind an Internal API GTW, so that the functionality can also be reused by other Services (e.g. future ones).

Services are software components, ideally compliant with most of the microservice-based architecture paradigms (as discussed before) and able to realize specific logic as part of wider business logic.

As such, Services are the way to foster innovation because it will be possible to introduce new functionalities without changing the software architecture and without requiring large system integration effort, thanks to the “contract” provided by the stability of the API they will expose. In other words, this means possibility to increase features offered by the platform, ability to test new capabilities and try out alternative solutions with an almost “plug & play” approach.

Summary

Data and voice services still represent a large part of a Telco Operator’s revenues, but are also increasingly becoming a commodity and so vulnerable to price erosion. Telco Operators need to rethink their approach to the market, exploring new opportunities in traditional domains as well as in new ones.

The introduction of 5G is the compelling event; combining 5G technology with platform thinking has the potential to create an exciting new way to interact with customers, partners, suppliers and society at large. In TIM we are building a 5G Digital Business Platform as the enabler to all the stakeholders for the creation of a completely new business experience. The internal Telco organization (e.g. Lines of Business) will greatly benefit from

the same Platform approach being able to create by themselves new products and services with short time to market and increased efficiency.

The 5G Digital Business Platform will be enriched by Telco specific capabilities (such as latency exposure, network slicing, massive device connection, ultra-reliability) that cannot be realized without 5G – at least not in a sustainable way. This is realized by adopting new market-proven technology paradigms and solutions, in particular we strongly enforce a cloud native approach in architectures and deployments, we put a big attention to microservice architectures and orchestration tools, we are designing with a strong focus on Artificial Intelligence that should be leveraged at scale to achieve the advantages of autonomous systems.

This journey has just started and the first evidences are very promising, with positive feedbacks from the many players (vendors, partners, key customers, peers) we have engaged in these early steps. TIM 5G trials already started in 2017 in the North of Italy in Torino and Genova, in the South in Bari and Matera, in the center of Italy in Repubblica di San Marino are involving both all the main technology providers from one side, and more than 70 partners on the service side. With the approaching commercial 5G launch, the ability to combine the digital opportunities in the traditional Telco space with the new capabilities brought by 5G opens the chance for the Telco Operator to play a transformative role in the ecosystem and to get its fair share of the digital value ■



Paolo SNIDERO

paolo.snidero@telecomitalia.it

Senior Manager with more than 20 years of experience in fast-paced Telecommunications and Media industry in Europe and U.S., creating market-leading products and profitable services.

Engineering and management background with a PhD in Telecommunications, and co-author of academic and research publications.

Join to TIM recently (July '18) with the responsibility of Architecture and Technology Innovation in the CTO organization

Previous working experience in Ericsson from 2005 till 2017 covering different roles including product owner (Ericsson Cloud Manager), responsible for service delivery at worldwide level. Last role covered was Head of Technology, Architecture and Portfolio Management for Packet Core Business Line for Ericsson Corporate.

From 2002 up to 2005 working in H3G as responsible of information system and participating of the first 3G Operator commercial launch in 2003. Part of start-up company with CTO role in 2001 with the objective to create fiber optic network for business customer. ■

5G NEW STACK: SFIDE ED OPPORTUNITÀ

Carosi Marco, Catalano Giuseppe, Guardini Ivano, Ronco Enrico

La velocità e l'ampiezza dell'evoluzione tecnologica e la competizione commerciale su un numero sempre maggiore di servizi sono tali che gli operatori Telco devono cambiare radicalmente il loro approccio all'adozione e al dispiegamento di nuovi sistemi e servizi. Il fattore che appare sempre più centrale è quello della agilità, per poter esplorare nuovi segmenti di business e offrire un numero maggiore di nuovi servizi in modo efficiente in termini di investimenti e risorse. Le tecnologie cloud native e l'uso dell'Intelligenza di rete appaiono un supporto rilevante al pieno sviluppo del 5G.

5G new stack: architettura end to end

Il 5G è riconosciuto come la tecnologia che permette la realizzazione dei nuovi servizi, grazie ai suoi abilitatori. Vediamoli insieme. In primo luogo le caratteristiche trasmissive, che permettono di supportare un numero elevatissimo di

device e bande più alte ed estese rispetto al passato, con conseguenti performance di throughput e latenza migliori. Queste caratteristiche portano a definire le tre famiglie note dei servizi 5G (eMTC, eMBB, URLLC), al cui interno sono collocabili i nuovi servizi digitali. Il secondo abilitatore caratterizzante il 5G è la flessibilità introdotta dal Network Slicing, che permette di

assegnare sistemi virtuali a servizi e utilizzatori specifici, liberando gli Operatori dal vincolo di dispiegare e integrare sistemi e piattaforme fisiche dedicate. Infine, la SBA (*Service Based Architecture*), basata su API web based per realizzare l'inter-lavoro tra funzioni di controllo di rete in forma di invocazione di servizi, permette una maggiore agilità di dispiegamento rispetto alle

architetture tradizionali basate su interfacce punto-punto.

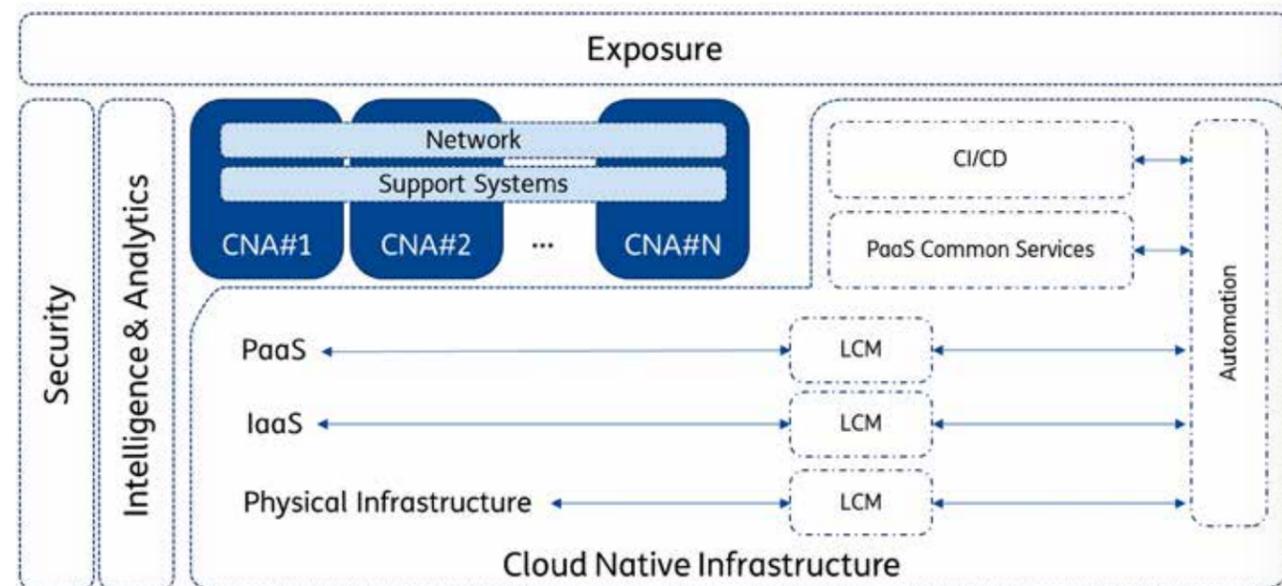
Tuttavia, le funzionalità standard del 5G rappresentano solo una parte degli abilitatori tecnologici necessari per raggiungere gli obiettivi di business dei Telco. L'obiettivo ultimo è duplice: da un lato dispiegare una grande varietà di servizi appartenenti ad Industry differenti, anche in collaborazione con partner di business e sviluppatori, dall'altro raggiungere questo obiettivo con time to market brevi e con efficienza di rete a tutti i livelli, dal dispiegamento, all'integrazione, alla gestione, allo scaling, ed in modo tale che l'introduzione di un servizio non comporti modifiche all'architettura di rete o catene verticali di sistemi. Per raggiungere questi obiettivi occorre definire una visione generale di sistema, in cui il 5G non sia solo un nuovo sistema mobile con le proprie entità logiche specifiche, ma è il sistema di riferimento che

integri gli accessi fissi e mobili ultra-broadband (LTE e New Radio) e si appoggi ad una piattaforma di rete agile ed intelligente, in grado di offrire le caratteristiche di flessibilità ed autonomia richieste. In questo scenario, le tecnologie cloud native diventano di grande interesse per gli operatori Telco, poiché forniscono queste capability essenziali.

Un **ambiente Cloud Native** è composto da due elementi logici: una CNI (*Infrastruttura Cloud Native - Cloud Native Infrastructure*) e l'insieme delle Applicazioni CNA (*Cloud Native Application*), che girano su di essa. La CNI è definita in modo tale che lo sviluppo della CNA possa essere centrato unicamente sulla logica funzionale ed essere svincolata dagli aspetti di dispiegamento e gestione, grazie al fatto che la CNI fornisce gli strumenti per la gestione dell'intero ciclo di vita delle Applicazioni. Inoltre, la CNI fornisce le risorse di rete in forma astratta a più livelli e

con soluzioni che migliorano la scalabilità del dispiegamento virtualizzato, fornendo un livello di efficienza maggiore rispetto alla semplice virtualizzazione dei sistemi. Infine, un ambiente Cloud Native è caratterizzato da un elevato livello di autonomia, sia nel prendere le decisioni (ad es. relative ad affidabilità, scalabilità, etc.), sia nell'attuarle grazie alla automazione dei sistemi, tendendo a quell'approccio zero human touch, che prevede l'intervento umano solo in casi eccezionali. Un aspetto peculiare dell'astrazione delle risorse di rete è la mancanza di vincoli di tipo geografico, purché siano rispettati i requisiti della CNA che utilizza quelle risorse, ragion per cui, ad esempio, un'entità di core network non sarà

1 Architettura e2e - Componenti logici



più dispiegata staticamente in un sito, ma attivata on demand dove e quando necessario. Considerato che le CNA sono composte da moduli atomici (microservizi) ed utilizzano servizi della CNI, un'applicazione di rete potrà essere composta da moduli ed utilizzare servizi dispiegati fisicamente in siti CNI distinti ed anche appartenenti ad una cloud ibrida, cioè in parte Pubblica, in parte on premises dell'Operatore.

Il dispiegamento del 5G avverrà dunque su due livelli, quello funzionale delle applicazioni e dei sistemi di controllo 5G e quello dell'infrastruttura Cloud Native, dove le applicazioni di core network e di controllo saranno sviluppate secondo tale paradigma. Lo sviluppo avverrà in fasi successive in funzione della maturità delle due architetture. La maturità dell'architettura funzionale 5G dipende sia dai rilasci 3GPP sia dalle release di prodotto dei vendor: se l'architettura Non Stand-alone appare disponibile già nel corso del 2019, resta da valutare la disponibilità di architetture più complesse, quali l'architettura, Stand Alone sia New Radio sia LTE, e l'architettura di interworking LTE-NR. Un piano di dispiegamento evoluto del 5G richiede inoltre che l'architettura infrastrutturale vada valutata rispetto ai complessi requisiti di un ambiente Telco (affidabilità, alto traffico, requisiti regolatori, intercetto delle comunicazioni ecc.) e rispetto alle roadmap di sviluppo per il pieno raggiungimento dei paradigmi plug & play e zero touch.

Core network mobile verso il paradigma cloud-native

TIM ha avviato da tempo un percorso di trasformazione della rete fissa e mobile basato sull'adozione del paradigma NFV (*Network Functions Virtualisation*), il cui scopo è quello di separare il software che implementa una data funzionalità di rete dall'hardware sui cui viene eseguito. Ad oggi, TIM dispone di un'infrastruttura cloud in tecnologia VMware ed OpenStack distribuita nei principali PoP di rete che ospita oltre 60 VNF (*Virtual Network Function*) a traffico.

I benefici di questa trasformazione sono molteplici ed includono:

- **risparmi sugli investimenti** derivanti dall'utilizzo di un'infrastruttura condivisa;
- **risparmi sui costi operativi** (manutenzione, energia e spazi) abilitati dalla separazione tra hardware e software;
- **incremento significativo della velocità di realizzazione** di nuovi servizi e prestazioni di rete attraverso l'automazione e l'impiego di soluzioni implementate integralmente in software.

E' chiaro che, per conseguire pienamente tutti questi benefici, l'Operatore si doti di funzioni di rete ridisegnate secondo un'architettura ottimizzata per il dispiegamento in ambiente cloud. Questo aspetto rappresenta il principale punto di attenzione, in quanto la maggior parte dei fornitori, anziché punta-

re in modo deciso sull'innovazione dei prodotti, ha cercato di rispondere velocemente alla forte spinta degli operatori sulla virtualizzazione di rete, realizzando un semplice porting del proprio software da ambienti fisici basati su hardware specializzato a macchine virtuali in esecuzione su hardware general-purpose.

L'obiettivo di TIM è sfruttare la discontinuità tecnologica introdotta dal 5G per realizzare un importante salto in avanti sul livello di automazione, agilità, efficienza e resilienza della rete e dei servizi erogati. Questo percorso inizierà dagli elementi della core network mobile, che saranno realizzati utilizzando applicazioni di rete specificamente progettate ed ottimizzate per il dispiegamento in ambiente cloud (CNA), eseguite su piattaforma Cloud (CNI).

Le caratteristiche distintive di una CNA sono le seguenti:

- **Astrazione delle risorse infrastrutturali.** Una CNA può avere requisiti prestazionali stringenti sui servizi offerti dalla CNI, ma non deve porre vincoli sulle risorse infrastrutturali utilizzate per eseguirla (e.g. richiesta di specifiche tipologie di hardware e/o hypervisor). In ultima analisi deve essere possibile dispiegare l'applicazione in qualunque punto della piattaforma senza impatti sulle funzionalità erogate.
- **Automazione e "zero touch configuration".** Tutte le carat-

CLOUD NATIVE DESIGN NELLO STANDARD

mario.madella@telecomitalia.it
roberto.procopio@telecomitalia.it

Le specifiche 3GPP di Release 15 per la Core Network 5G (5GC) sono state definite tenendo in considerazione sin dall'inizio i requisiti più rilevanti per ottenere una soluzione cloud native. Infatti una delle più importanti novità introdotte con la 5GC è rappresentata dalla Service Based Architecture. In questo nuovo approccio architetturale, specificato per il Control Layer della 5GC, le CNA sono definite come una composizione di microservizi per quanto possibile self-contained, riutilizzabili e gestibili in modo indipendente. I microservizi all'interno di una CNA godono di un lifecycle management autonomo che garantisce l'elasticità delle singole componenti della CNA. Ciò abilita scenari di dispiegamento sia in central data center che scenari di micro-dispiegamento all'edge della rete o addirittura a casa del Cliente.

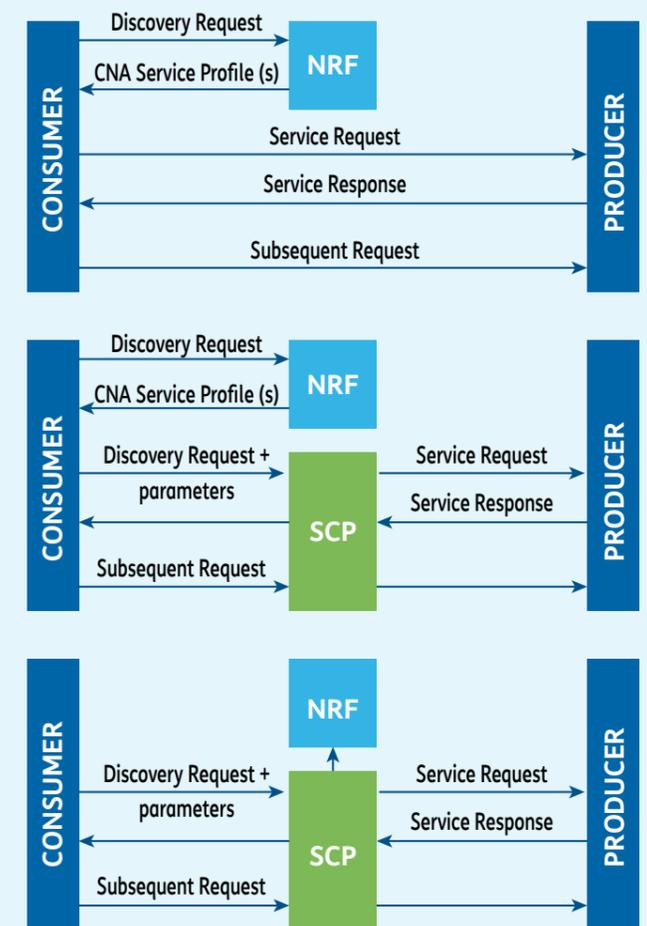
La comunicazione tra tali microservizi è realizzata attraverso delle API (*Application Programming Interface*) standardizzate sia dal punto di vista semantico che sintattico. A differenza delle precedenti generazioni della Core Network mobile, dove ciascuna interfaccia del Control Layer utilizzava un protocollo dedicato (ad esempio Diameter, GTP-C), le Service Based Interfacce sono tutte basate su HTTP/2 come protocollo applicativo, JSON come protocollo di serializzazione e Open API 3.0.0 come schema di definizione delle API REST. Le procedure che governano il funzionamento della 5GC sono realizzate come una sequenza di interazioni tra microservizi che sono stati standardizzati: un microservizio "producer" espone via API le proprie funzionalità che sono consumate da altri microservizi "consumer". Proprio l'adozione di API con sintassi

comune e semantica standardizzata consente potenzialmente ad un microservizio di interagire con qualunque altro microservizio, qualora ve ne sia la necessità nell'ambito di una procedura di 5GC; ne deriva la possibilità di riutilizzare quegli stessi microservizi anche per definire nuove procedure, riducendo il tempo di implementazione e, in ultima analisi, il time to market. Poiché le CNA e i microservizi sono dispiegati in modo ridondato, nasce la necessità di scoprire lo specifico microservizio da invocare nell'ambito di una data procedura. A tale scopo è stata introdotta la nuova funzionalità di NRF (*Network Repository Function*) dove i microservizi si registrano (o vengono registrati dall'O&M) nel momento in cui sono istanziati e che il microservizio "consumer", previa autorizzazione basata su protocollo OAuth 2.0, interroga per scoprire il microservizio "producer" da contattare.

Al fine di abilitare una maggiore elasticità e resilienza delle CNA, una volta completata la transazione, i microservizi possono depositare lo "stato" della CNA all'interno di un database esterno denominato UDSF (*Unstructured Data Storage Function*). Ciò consente un efficiente fault recovery, poiché qualsiasi altro microservizio dello stesso tipo può prendere in carico la transazione recuperandone lo "stato" dall'UDSF a valle del fault.

Anche nella comunicazione con le reti di altri Operatori sono utilizzate le Service Based Interface. In questo caso la comunicazione tra un "consumer" ed un "producer" continua ad essere una comunicazione diretta. Nel caso del roaming, tale comunicazione è protetta grazie ad una coppia di SEPP (*Security Edge Protection Proxies*) che criptano il traffico HTTP che transita sulla rete dei Carrier.

Nelle specifiche 3GPP di Release 16 è stato introdotto anche il modello di comunicazione indiretto tra microservizi basato sul SCP (*Service Communication Proxy*) che può essere dispiegato in maniera centralizzata oppure distribuita. Tale modello prevede che il processo di discovery dei microservizi e l'instradamento della comunicazione tra microservizi sia mediato dall'SCP garantendo un disaccoppiamento tra il "consumer" ed



Opzioni per discovery e comunicazione tra microservizi [3GPP TS 23.501 Rel-16]

il "producer" (ad esempio in caso di variazione degli indirizzi IP dovuti a scale-in o scale-out). Quanto descritto per la 5GC non prevede ad oggi un'analoga attività di standardizzazione per la EPC. Quindi l'eventuale implementazione di un modello cloud native dell'EPC, in termini di disaggregazione in microservizi, modelli di API adottate e loro comunicazione, sono lasciate all'implementazione dei singoli fornitori ■



teristiche di una CNA (e.g. topologia, modalità di istanziazione, terminazione, scaling, healing e upgrade, requisiti di monitoraggio, configurazioni applicative) devono essere descritte tramite template, utilizzabili dalle soluzioni di automazione disponibili nella piattaforma, per gestire senza l'ausilio di interventi manuali tutte le fasi del ciclo di vita dell'applicazione. A tal fine è essenziale che la CNA esponga un insieme completo di API utilizzabile per accedere in modo programmatico a tutte le funzionalità erogate dall'applicazione.

- **Riuso dei servizi offerti dalla piattaforma.** Per svolgere le proprie funzioni una CNA deve utilizzare i servizi a catalogo che la CNI mette a disposizione di tutte le applicazioni su di essa ospitate (e.g. Service Discovery, Identity and Access Management, "DB as a Service", "Load Balancer as a service", "Firewall as a Service").
- **Architettura modulare e decomposizione.** I moduli che compongono una CNA devono essere il più possibile disaccoppiati tra loro in termini di sviluppo, dispiegamento, testing e gestione del ciclo di vita. Le comunicazioni tra moduli devono essere basate su protocolli standard noti alla CNI (e.g. utilizzo di API REST e HTTP invece di Diameter o altri protocolli "telco"), in quanto questo è un fattore

abilitante per poter sfruttare i servizi a catalogo messi a disposizione dalla piattaforma.

- **Elasticità.** Al variare del carico smaltito deve essere possibile ridurre o ampliare automaticamente, sulla base di metriche di tipo infrastrutturale e/o applicativo, la capacità erogata da una CNA decrementando o incrementando il numero di moduli che implementano specifiche componenti dell'applicazione (scale in/out). Al fine di abilitare un'elevata granularità nello scaling, consentire l'impiego di hardware COTS a basso costo ed ottimizzare l'efficienza d'uso delle risorse infrastrutturali, i moduli che costituiscono una CNA dovrebbe essere molto piccoli in termini di quantità di CPU e RAM utilizzata.
- **Resilienza.** Una CNA dovrebbe essere progettata con caratteristiche di ridondanza e strategie di gestione dello stato, tali da poter continuare ad erogare il servizio (eventualmente con un degrado prestazionale graduale e controllato), anche al verificarsi di malfunzionamenti multipli nei moduli che realizzano l'applicazione e/o nella piattaforma sottostante.
- **Fault monitoring e failure detection.** Una CNA deve essere osservabile, ovvero deve offrire meccanismi di monitoraggio e notifica che permettano di verificarne lo stato di salute, rilevare prontamente eventua-

li problemi ed eventualmente innescare automaticamente meccanismi di healing mirati a ripristinare la piena operatività dell'applicazione.

La modalità raccomandata per realizzare una CNA con tali proprietà prevede di implementare i moduli che compongono l'applicazione sotto forma di microservizi in esecuzione su una piattaforma a container, come Kubernetes.

La core network 5G di TIM si presta bene ad essere realizzata secondo questo paradigma, in quanto è stata progettata fin dall'inizio privilegiando scelte tecniche espressamente pensate per il dispiegamento in cloud, considerato un fattore abilitante irrinunciabile per alcune funzionalità cardine del 5G come il network slicing, che richiede la capacità di creare rapidamente istanze di rete dedicate a specifici clienti e/o scenari di servizio. Un esempio importante di come questi principi siano stati recepiti dallo standard 3GPP è la SBA (*Service Based Architecture*), che raggruppa le funzionalità di controllo alla base del funzionamento della core network 5G ed introduce importanti innovazioni orientate al cloud-native.

La Cloudification dell'Infrastruttura

La virtualizzazione delle reti di TIM ha perseguito un modello d'infrastruttura che ha come primo

traguardo la netta divisione tra il software delle funzioni di rete e lo strato hardware che lo ospita. Il progetto 5G New Stack di TIM mira a realizzare con la CNI (*Cloud Native Infrastructure*) un ambiente infrastrutturale totalmente Cloud Native, affidabile, performante e scalabile, che ospiterà micro-servizi ed applicazioni realizzate secondo il paradigma PaaS oltre ai modelli definiti nell'ambito della Cloud Native Foundation.

Cloud Native Infrastructure

In un'infrastruttura Cloud Native, le applicazioni vengono create ed eseguite run-time in ambienti dove lo stesso sistema operativo, la sicurezza, la scalabilità, i backup e gli altri componenti sono astratti e gestiti dal fornitore dell'infrastruttura. Una delle caratteristiche chiave è che la configurazione dell'ambiente viene effettuata tramite API ed interfacce dichiarative dalle quali derivano opportunità di automazione e agilità. Inoltre, è necessario avere infrastrutture che possano ospitare congiuntamente applicazioni di molteplici funzionalità, dalle applicazioni di rete a quelle di OSS e BSS. Si è inoltre optato per l'adozione, sebbene non esclusiva, di un metodo di "Immutable Infrastructure", per migliorare la gestione del ciclo di vita dell'infrastruttura, e per un approccio "as a Code", per conseguire

un elevato livello di automazione sull'intera catena.

Platform as a Service

In una CNI, la PaaS espone servizi ad alto livello attraverso contenitori logici, chiamati Container, funzionalità di orchestrazione (es. Kubernetes), Common Services (API, Networking, Persistent Storage, ecc.) e Dedicated Services (istanze a catalogo che nascono e muoiono con l'Applicazione).

La PaaS introduce quindi un ulteriore livello di astrazione ed automatismo rispetto ai servizi offerti dalla sola virtualizzazione. L'High Level Architecture della CNI si compone di diversi layer e blocchi funzionali:

- **CaaS (Container as a Service)**, strato che offre il supporto per la creazione e la gestione di container. I container sono contenitori logici che vengono creati on demand con un sistema operativo minimale condiviso con la macchina ospitante su cui si effettua l'installazione, creando così un sistema rapido, efficace e scalabile dovuto anche al fatto che l'oggetto viene generato e lasciato risiedere in RAM.
- **CI/CD (Continuous Integration/Continuous Delivery)**, layer che coadiuva gli sviluppatori per l'integrazione, il testing e il delivery dell'applicazione.
- **Common Services**, tool messi a disposizione alle applicazioni

(Service Mesh, Persistent Storage, ecc.) dalla PaaS in maniera trasversale e agli utenti (Identity & Access Manager, Logging, Telemetry, ecc.) per rendere efficienti e flessibili i micro-servizi.

Una PaaS, per definirsi tale, dovrebbe disporre di funzioni architetturali predefinite e standardizzate che consentano di creare e gestire Contenitori logici, automatizzare il versioning del software e le pipeline di sviluppo, collaudo, deploy (Continuous Integration & Deployment), che garantiscano osservabilità e profondità di analisi, che orchestrino la scalabilità in funzione delle necessità di servizio (Autoscaling), che offrano capabilities di Networking evoluto, Database distribuito, messaggistica interna intra funzione.

L'elemento di maggiore innovazione rispetto ad una più classica architettura virtualizzata risiede nell'astrazione logica introdotta dai Container, che consente di poter distruggere ambienti applicativi senza dover disinstallare, reinstallare o effettuare tuning sul server ospitante, fisico o virtuale che sia. I container da soli offrono una grande flessibilità e scalabilità, ma non dispongono di una ridondanza intrinseca, ne deriva pertanto l'esigenza di clusterizzare questo tipo di risorse. Per ovviare al problema sono nati prodotti, attualmente utilizzati in TIM, che aggiungono la possibilità di orchestrare grossi volumi di container organizzandoli in maniera logica, in linea con i progetti sviluppati.

Immutable infrastructure: the world is enclosed in a code

Un'infrastruttura cosiddetta immutabile segue un paradigma fondato sulla regola secondo cui i server non vengono mai modificati dopo la distribuzione. Se qualcosa dev'essere aggiornato, i nuovi server creati da un'immagine comune con le modifiche appropriate sono predisposti per sostituire quelli vecchi. Dopo essere stati convalidati, vengono messi in uso e quelli precedenti vengono rimossi. I vantaggi d'una Immutable Infrastructure consistono in primis in un'affidabilità e integrità dei dati, oltre che in una semplificazione a livello di deployment dei processi. Per sua natura essa mitiga, se non elimina del tutto, i problemi intrinseci di un'infrastruttura di tipo mutevole,

ad esempio disallineamenti ed errori umani.

Questo nuovo approccio permette di effettuare dei provisioning più precisi e veloci e un disaster recovery più efficiente grazie alla possibilità di avere dei servizi atomici che non necessitano di altro al di fuori di quello che è stato installato e configurato nel proprio contenitore.

Per poter realizzare un'infrastruttura immutabile è necessario poterla programmare su tutti i livelli logici architetturali che la compongono: uno dei concetti principali diffusi dalla Cloud Native Foundation è che tutto possa essere "sviluppato", che tutto, dall'infrastruttura al software, sia racchiuso in file di configurazione o in template. Da qui prendono piede i concetti di IAC (*Infrastructure As a Code*) e IaaS (*Infrastructure as a Software*). Nello specifico, la IAC è la chiave per ottenere un sistema

di scaling efficiente: la possibilità di gestire un intero data center attraverso file di definizione, piuttosto che configurare i server manualmente, puntualmente e specificatamente ogni volta che se ne presenti la necessità.

La sfida della trasformazione dei Support Systems e gli impatti sulla gestione operativa

La trasformazione Digitale di TIM coinvolge anche i propri Support Systems, BSS (*Business Support Systems*) ed OSS (*Operations Support Systems*), per renderli sempre più flessibili, dinamici e abilitatori al cambiamento e all'innovazione di prodotto/servizio. Ciò consen-

tirà una maggiore ottimizzazione e semplificazione delle attività inerenti lo sviluppo del business (quali ad esempio l'interazione col cliente su molteplici canali), il miglioramento dell'operatività (tipo l'allocazione delle opportune risorse di rete per la fornitura di un servizio o il monitoraggio di parametri significativi per rilevare le performance di un servizio) ed il contenimento dei costi operativi. Per i BSS il programma di trasformazione più rilevante in essere in TIM è "Fly Together", che ha l'obiettivo di abilitare la trasformazione digitale dell'azienda ottimizzando la Customer Experience attraverso tutti i canali, assistiti e non assistiti, mentre per gli OSS il programma di riferimento è "OSS Transformation", che ha l'obiettivo di disaccoppiare la gestione dei servizi commerciali dalle tecnologie di rete migrando dall'attuale architettura "siloe" ad una layered, service-based, catalogue e data-driven.

I principi di "Cloud Nativeness" si applicano anche ai support systems evoluti, i quali, essendo anch'essi Cloud Native Application, potranno essere implementati sulla Cloud Native Infrastructure in via di predisposizione in TIM ed usufruiranno dei "servizi gestionali" messi a disposizione dall'infrastruttura (es. monitoraggio dei container su cui risiederanno i support systems). Un ulteriore beneficio di soluzioni B-OSS Cloud Native è che non necessariamente esse saranno "on-premise",

beni potranno essere rese disponibili (a valle di valutazioni su opportunità / rischi) anche su cloud pubblico con vantaggi quali lo scaling e con la garanzia di collegamenti ad altissima velocità alle reti e piattaforme informatiche dei gestori.

Sul percorso di cambiamento già avviato per i support systems in TIM, si innesta la "sfida" e opportunità, offerta dal 5G, che a livello di standardizzazione (3GPP) introduce l'approccio della Service Based Architecture come elemento di discontinuità rispetto alle generazioni precedenti, sia per quanto riguarda il "sistema rete" sia per gli aspetti di gestione. Il nuovo modello service based adottato dal 3GPP per il 5G, a livello di Network & Service Management implicherà la necessità di revisione del modello di riferimento per i support system, rendendo necessario il passaggio da un modello estremamente rigido e gerarchico, come quello posto in essere per il 4G e le generazioni precedenti, ad un modello più flessibile ed adattabile, anch'esso basato su microservizi, con evidenti vantaggi per l'Operatore.

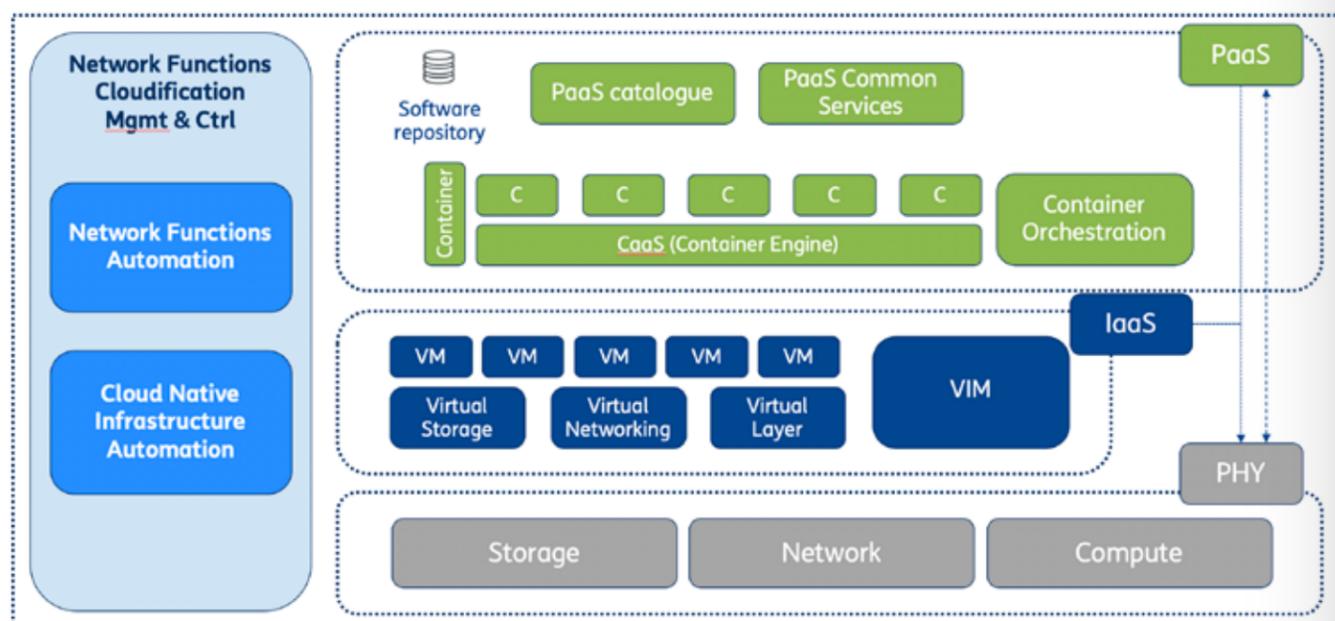
Il modello di management attuale prevede specifici Management Element (es. Element Manager, Network Manager) che, in una relazione gerarchica definita, gestiscono ed "operano" la rete. Tale modello, anche grazie alla mancata standardizzazione fra Element Manager e nodi di rete, tende a portare all'adozione di una soluzione verticale e "rigida" per gestire i nodi di rete,

in cui molti componenti gestionali vengono forniti dal vendor del nodo di rete. Il modello service based del 5G invece, per sua natura, non pone vincoli alla composizione di un sistema di management, in cui potranno essere integrati i "management services" forniti da vendor diversi, e consentirà la riduzione del lock-in operato dai vendor.

Infine, il modello gestionale per il 5G consentirà di enfatizzare e valorizzare il processo in atto di ammodernamento dei sistemi di gestione preposti verso la cloud nativeness, in termini di componibilità dei servizi gestionali, flessibilità delle logiche di orchestrazione, rapida adattabilità a cambiamenti di esigenze di business / operative.

Nel 5G le funzionalità di rete sono state specificate secondo l'approccio Service Based, abilitando la loro implementazione in modalità cloud native; ciò incrementa notevolmente la possibilità di controllare la rete via software introducendo livelli di agilità, flessibilità ed automatismi (zero-touch management) non proponibili per le generazioni precedenti. Saranno quindi rese disponibili in near real-time moli di dati e informazioni decisamente maggiori rispetto a quelli messi a disposizione da reti tradizionali; questi dati vista la loro numerosità e complessità saranno difficilmente gestibili da umani o da support systems tradizionali, imponendo la necessità di definire e implementare specifici sistemi di Advanced Analytics basati sull'in-

2 Architettura della Cloud Native Infrastructure





EVOLUZIONE DELL'EDGE COMPUTING

elena.demaria@telecomitalia.it

L'aumento continuo delle connessioni da dispositivi IoT dislocati localmente insieme alla crescente necessità di salvare dati in Cloud per elaborazioni successive, sta portando a rivedere il modello di Cloud Computing che prevede attualmente siti centralizzati con capacità di elaborazione e storage molto elevate.

Il paradigma che sta emergendo è l'Edge Computing il quale prevede uno spostamento dei siti all'Edge della rete quindi più in periferia e vicino alle sorgenti dei dati. Questo spostamento consente ai clienti di avere elaborazioni più veloci, perché realizzate in periferia e quin-

di una riduzione della latenza nella fruizione del servizio, e agli operatori di ridurre la sempre crescente richiesta di banda in upload per il caricamento dei dati in Cloud e di gestire in modo più efficiente sorgenti locali di traffico. Questo approccio è di particolare rilevanza per gli Operatori Telco, perché permette di valorizzare la capillarità della loro infrastruttura e la ricchezza dei dati raccolti. A livello di standard il MEC (Multi Access Edge Computing, gruppo attivo in ambito

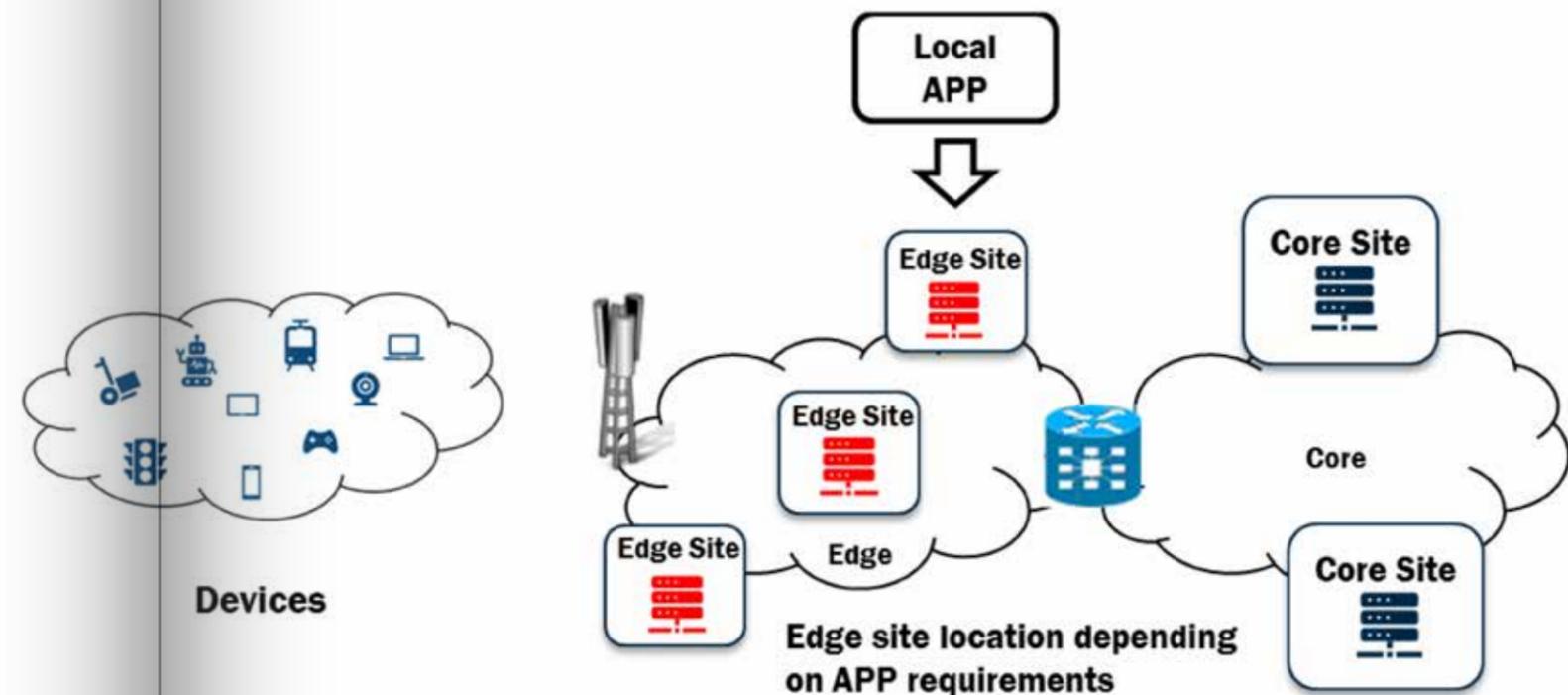
ETSI) ha definito un'architettura che fornisce capacità computazione ai bordi della rete. In particolare, sono definite una piattaforma per il dispiegamento delle applicazioni MEC, le API disponibili per gli sviluppatori e le funzionalità di orchestrazione necessarie al management dell'intera architettura.

Il 3GPP nello specificare il sistema 5G ha introdotto delle funzionalità a supporto degli scenari di Edge Computing in termini di flessibilità nel posizionamento dei nodi della rete core, di soluzioni per il breakout locale del traffico e di API esposte. Inoltre la possibilità di usufruire di informazioni come la posizione degli utenti o lo stato di congestione di una cella permette di arricchire l'offerta verso gli sviluppatori con API specifiche per la rete mobile.

L'ecosistema che si sta creando in termini di soluzioni disponibili è quindi molto vario ed include soluzioni open source, soluzioni proprietarie custom, e soluzioni per la federazione delle reti tra operatori.

La creazione di una rete di Edge Computing pone però agli operatori anche delle sfide tecnologiche che dovranno essere affrontate: innanzitutto i modelli Edge e Cloud dovranno effettivamente cooperare per arricchire in modo distintivo l'offerta di servizi di un operatore di telecomunicazioni. Il controllo dell'intera infrastruttura dovrà avvenire in modo coordinato, per poter selezionare il sito più opportuno sulla base dei requisiti delle varie applicazioni e sviluppare soluzioni di reazione dinamica ed automatica agli eventi di rete ed alle richieste dei clienti.

La sfida è quindi quella di coniugare semplicità nella definizione delle architetture, disponibilità di API utili agli sviluppatori a partire dai dati raccolti localmente, efficienza nei costi nel creare l'Edge cloud, ed, infine, flessibilità nel controllo, arrivando ad integrare i siti di Edge come elemento equivalente a quelli centralizzati nella rete dell'Operatore, in modo da favorire lo sviluppo di un nuovo ecosistema ■



telligenza artificiale e il machine learning (AI & ML). L'intelligenza artificiale consentirà di velocizzare le diagnosi sui problemi riscontrati sulla rete, di identificare e applicare le decisioni opportune per evitare il loro ripetersi. Alcuni moduli di tali sistemi di Advanced Analytics potranno essere essi stessi cloud native, e i support systems cloud native potranno facilmente reperire i dati elaborati dai sistemi di Advanced Analytics e resi disponibili via open API.

Una considerazione finale sui benefici ed impatti derivanti dallo sviluppo dei support systems con approccio cloud native e modello Service Based va fatta per le attività di esercizio delle reti e dei servizi di TIM (Operations), che subiranno nel tempo modifiche rilevanti in alcune "discipline", quali la Gestione Applicativa e delle Infrastrutture:

- la Semplificazione: le applicazioni cloud native che realizzeranno le funzioni di rete 5G saranno altamente automatizzate in molte fasi del loro ciclo di vita, dal design e progettazione attraverso blueprint di riferimento, allo scheduling delle risorse e alla loro orchestrazione, al monitoring del loro stato, all'aggiornamento delle politiche di controllo; meccanismi di feedback "closed-loop" sempre più raffinati e precisi consenti-

ranno un'autonomia gestionale elevata ed efficace.

- la Trasparenza: in un mondo cloud native le Operations progressivamente (asintoticamente) diventeranno "trasparenti": la gestione del ciclo di vita per le istanze delle applicazioni sarà fornita in automazione dietro le quinte dall'infrastruttura cloud native che porrà a disposizione degli operatori della Gestione Applicativa una serie di servizi di piattaforma, quali il monitoring, il self healing, ecc.
- la Specializzazione: con una gestione cloud-native, il personale di esercizio potrà essere liberato da attuali attività labor-intensive e ripetitive, e potrà concentrare il proprio impiego in task di maggiore complessità, contribuendo ad una generale riduzione dei costi operativi.

La sfida aziendale della trasformazione dei support systems per renderli abilitatori al cambiamento è stata intrapresa con decisione, e in questo senso l'approccio cloud native sarà uno dei fattori chiave; in aggiunta a questa dimensione, le opportunità di cambiamento introdotte dall'approccio innovativo e di discontinuità proprie del 5G potranno e dovranno contribuire al successo finale della trasformazione di TIM in una digital company.

Conclusioni

Il dispiegamento del 5G, se interpretato diversamente dal solo lancio di un nuovo sistema mobile più performante, rappresenta una fase di trasformazione degli Operatori Telco. Il suo sviluppo su una piattaforma basata su principi radicalmente diversi dal passato rappresenta l'opportunità di creare un modo nuovo di interagire con i clienti e con l'ecosistema delle Industrie, dei fornitori e dei partner. L'evoluzione delle tecnologie della cloudification fornisce quegli abilitatori di agilità di cui gli Operatori hanno bisogno sia per la gestione dei nuovi servizi sia per la gestione dei sistemi tecnologici. Un ruolo centrale è svolto dall'Intelligenza di rete, che, a partire da dati ed eventi, è in grado di gestire il ciclo di vita delle Applicazioni in modo autonomo e attraverso strumenti automatizzati, realizzando un paradigma zero human touch, che semplifica radicalmente i processi. Strumenti quali le Cloud Native Application e Cloud Native Infrastructure, unite a tecnologie specifiche del 5G, quali il Network Slicing e la Service Based Architecture, mostrano un potenziale rilevante per permettere agli Operatori Telco di fornire la varietà di servizi digitali del 5G con la flessibilità e l'efficienza necessarie ■



Marco Carosi marco.carosi@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico in telecomunicazioni, nel 2003 entra in Telecomitalia, dove attualmente ricopre il ruolo di Responsabile della funzione Delivery E2E di Infrastructures & Operations, con il compito di assicurare il dispiegamento infrastrutturale ed applicativo di progetti in ambito private Cloud.

Dal suo ingresso in azienda si è occupato di organizzazione e coordinamento tecnico/logistico nell'ambito di progetti destinati all'ampliamento, realizzazione e moving di ambienti data center, coordinamento di gruppi operanti sulla gestione di piattaforme Multimediali, servizi Vas in ambito mobile e fisso, Service & Project management, identificazione ed organizzazione di attività di improvement e consolidamento del servizio.

Dal 2015 al 2018 Responsabile di una struttura di Competence Center che si occupava della gestione applicativa e sistemistica di piattaforme OSS, della gestione infrastrutturale di Funzioni di Rete Virtualizzate NFV (Network Function Virtualization), nonché del data management e dell'operatività di sito di piccoli data center ■



Giuseppe Catalano giuseppe.catalano@telecomitalia.it

Si occupa di pianificazione tecnologica ed architetture di rete con particolare esperienza sui sistemi mobili, sviluppata nei diversi gruppi di cui ha fatto parte, dalla realizzazione di modelli e strumenti di misura della QoE, all'innovazione dell'accesso wireless e della core mobile, alle Strategie e, oggi, nel Planning TIM. Ha sviluppato un'esperienza trasversale occupandosi di progetti di ricerca, enti di standard (delegato al RAN WG3 del 3GPP dal 2006 al 2016, GSMA 2013-2014), brevetti, docenze sia interne al gruppo sia presso Università (Politecnico di Torino, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa), ed allo stesso tempo di attività di testing on field e in lab, di dispiegamento in rete di tecnologie innovative, di redazione di RFI/RFQ, attività svolte sia in ambito Domestico sia presso le consociate del Gruppo. Responsabile del programma di Piano Tecnologico di Gruppo e team leader del gruppo architetture nel progetto 5G New Stack, è ingegnere delle Telecomunicazioni (Università di Pisa) e vive e lavora a Torino ■



Ivano Guardini ivano.guardini@telecomitalia.it

ingegnere elettronico in Telecomunicazioni, nel 1995 entra in Telecom Italia, dove attualmente ricopre il ruolo di responsabile della funzione Network Function Cloudification and Automation. Dal suo ingresso in Telecom Italia si è occupato di networking IP ed innovazione della core network mobile a pacchetto, attività che lo ha portato ad approfondire temi quali IPv6, l'interlavoro con accessi Wi-Fi, le reti mobili ad-hoc e l'evoluzione verso i sistemi mobili di quarta e quinta generazione. Negli anni ha accumulato un'ampia esperienza negli enti di standardizzazione, in particolare IETF e 3GPP. Dal 2011 al 2015 è stato Vice Chair del gruppo 3GPP SA WG2, che standardizza l'architettura di sistema della rete mobile. Più recentemente si è occupato di ingegneria e sviluppo di soluzioni per la virtualizzazione, l'automazione e l'evoluzione verso il paradigma cloud-native delle funzioni di rete. Questi temi costituiscono ad oggi il suo principale ambito di attività ■



Enrico Ronco enrico.ronco@telecomitalia.it

laureato in Scienze dell'Informazione ed in azienda da più di 25 anni, ha prevalentemente approfondito tematiche quali la gestione dei processi operativi, gli OSS (Operations Support Systems) ed il cloud computing lavorando in progetti di innovazione e sulla standardizzazione. Nel TM Forum, di cui è Distinguished Fellow, ha coordinato la specifica del framework processivo eTOM (enhanced Telecom Operators Map), divenuto raccomandazione ITU-T e riferimento in materia; successivamente ha contribuito al Comitato Tecnico ETSI TISPAN con ruolo di Chairman del GdL sul Network Management. Ha seguito la standardizzazione di API "open & independent" per il cloud computing (ambito IaaS) nel DMTF, rappresentando TIM nel Board of Directors di questo Ente. Ha maturato sensibilità e competenze in ambito smart cities su aspetti di risparmio energetico e telelavoro, collaborando all'individuazione di opportunità per la costituzione di consorzi e predisposizione di proposte in risposta a bandi europei/nazionali. Le sue attività più recenti sono volte alla definizione delle architetture per gli OSS di TIM; è team leader del gruppo Support Systems, Security & Advanced Analytics nel progetto 5G New Stack ■

GLI SCENARI APPLICATIVI 5G ABILITATI IN ITALIA DA TIM

Roberto Gavazzi, Carmelo Francesco Santoro,
Andrea Scoscina, Innocenzo Selvaggi

Il 5G rappresenta la nuova generazione dei sistemi mobili ed è caratterizzato da un campo di applicazione molto ampio. La possibilità di usufruire di velocità di trasmissione elevate (banda), di tempi di attraversamento della rete estremamente ridotti (latenza), di connessione di un numero elevatissimo di dispositivi, insieme ad altre funzionalità innovative, abilitano un insieme di servizi radicalmente nuovi che consentono di realizzare il paradigma della società connessa e della digitalizzazione pervasiva delle attività personali, professionali e civili.

Scenario

La trasformazione derivante dall'introduzione del 5G rappresenterà un volano positivo per lo sviluppo della società e delle imprese, con ricadute positive a livello economico, occupazionale, sociale e culturale. Si svilupperanno nuovi modelli di impresa fortemente basati sul concetto di collaborazione tra aziende, con una forte integrazione tra

fornitori di tecnologie e servizi. Il settore della Pubblica Amministrazione potrà giovare di significative efficienze legate alla facilità di accesso digitale a servizi e prestazioni in tutti i settori, dalla Sanità, alla Pubblica sicurezza, ai servizi ai cittadini. Ugualmente, settori rilevanti quali turismo, cultura, industria manifatturiera (Industry 4.0) e agricoltura, potranno usufruire di tecnologie che porteranno un

beneficio rilevante in termini di efficienza e sviluppo di processi, servizi e prodotti, garantendo la necessaria competitività del Sistema Paese. La nuova rete 5G permetterà molteplici ambiti applicativi e scenari di utilizzo che coprono l'intera classificazione ITU:

- **eMBB** (*Enhanced Mobile Broadband*), ottimizzato per la trasmissione video e throughput dell'ordine del Gbps (abilitando,

ad esempio, scenari di Augmented/Virtual Reality).

- **URLLC** (*Ultra Reliable Low Latency Communication*), comunicazioni a bassissima latenza, tipica di molte necessità dell'Industria e dei mercati Verticali più esigenti (Autonomous Driving, Energy Management, Robotica, ...) e "Mission Critical".
- **mMTC** (*Massive Machine Type Communication*), abilitante scenari di connettività degli oggetti (IoT, Smart Cities, ...).

TIM, muovendosi in anticipo, ha avviato già dal 2017, 4 grandi Programmi per testare e sviluppare le tecnologie, i servizi e i business cases relativi al 5G in Italia con l'obiettivo di essere l'Operatore leader del mercato italiano del nuovo paradigma 5G.

I Programmi sono: "5G for Italy", "Torino 5G", "Trial MISE 5G" e "5G San Marino". Con il programma 5G for Italy, TIM è stato il primo Operatore in Italia a creare una piattaforma di business partnership per sviluppare ecosistemi verticali 5G e casi d'uso dei servizi: coinvolgendo 14 partner di eccellenza nei rispettivi mercati verticali. Per "Torino 5G", a Marzo 2017, il Presidente di TIM ed il Sindaco di Torino hanno firmato un MoU (*Memorandum of Understanding*) che prevede che Torino sia la prima città italiana '5G powered' con un focus specifico sugli use case di Smart City e di Automotive/Smart Roads. Il concetto di business platform del 5G for Italy è stato replicato a Bari e a Matera dove TIM sta

svolgendo un 5G pre-trial commerciale a 3.6 GHz come da bando MISE del 2017 coinvolgendo 55 partner del tessuto economico locale tra cui molte PMI. Con "5G San Marino" la Repubblica di San Marino è diventato il primo stato d'Europa, e uno dei primi al mondo, ad avere una rete mobile totalmente 5G. A San Marino, il Focus è sugli use cases di Smart City ed e-tourism.

Da questi Programmi, attualmente ancora in corso, sta emergendo che la Rete 5G permetterà la realizzazione di un'ampia gamma di soluzioni per i svariati ambiti applicativi, diventando fattore di innovazione incrementale in alcuni casi e disruptive in altri.

A dicembre 2018 TIM ha inaugurato a Roma - presso la sede di WCAP, il primo Innovation Hub dedicato al 5G, uno spazio che intende attrarre l'intero ecosistema di imprese, startup, centri R&D e altri attori interessati all'evoluzione digitale, proponendosi come riferimento di eccellenza in Italia per lo sviluppo e la sperimentazione di servizi e soluzioni innovative basate sulla nuova tecnologia 5G.

Il taglio del nastro di inaugurazione, alla presenza delle massime autorità cittadine, è stata anche l'occasione per un importante primato: la prima videochiamata in 5G su Banda Millimetrica, realizzata in collaborazione con Qualcomm, che correda i prototipi dei terminali con il suo nuovo modem 5G Snapdragon X50, e Ericsson, che ha messo a disposizione le componenti di rete.

L'evento di inaugurazione ha coinvolto anche altri partner di eccellenza, tra cui Nokia, che ha mostrato alcuni use cases di servizi innovativi, e produttori di terminali, come Samsung, LG, Sony, Xiaomi e ZTE alcuni dei quali hanno presentato prototipi di smartphone 5G e modem per servizi di Fixed Wireless Access 5G.

In particolare, durante l'evento sono stati anche mostrati i primi smartphone compatibili con il 5G, insieme alle prime soluzioni e servizi della nuova rete mobile ultraveloce come l'auto a guida remota, la visita a distanza di musei ed opere d'arte grazie alla realtà virtuale, il controllo a distanza di robot industriali, sistemi per il controllo tattile remotizzato, videogiochi interattivi multiplayer in realtà aumentata.

Principali settori ambiti di applicazione del 5G ("Verticali")

Nel seguito vengono descritti i principali ambiti "verticali" e i relativi UseCases realizzati e in campo nelle varie sperimentazioni WIFI 5G descritte in precedenza.

Smart City

Nell'ambito della strategia per il Digital Single Market, la Commissione Europea definisce le Smart City



come il luogo dove le infrastrutture e i servizi tradizionali diventano più efficienti tramite l'impiego delle tecnologie di informazione e comunicazione digitale. Nelle Smart City l'impiego pervasivo delle tecnologie digitali si traduce in un miglioramento dei servizi pubblici verso i cittadini, un utilizzo più efficiente delle risorse ed un minore impatto sull'ambiente. La digitalizzazione delle città Europee è promossa dalla Commissione all'interno del progetto Horizon 2020, anche attraverso l'istituzione dell' EIP-SCC (*European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities*) che aggrega le amministrazioni urbane, l'industria e i cittadini con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita urbana tramite lo sviluppo di soluzioni digitali integrate e sostenibili. Le innovazioni in ambito Smart City, di questa proposta progettuale, abbracceranno tutti gli aspetti della vita e delle infrastrutture urbane,

tra cui il monitoraggio del territorio e dell'ambiente, la gestione del trasporto pubblico, l'illuminazione stradale, le reti e gli impianti delle utility, la gestione dei rifiuti, la gestione dei parcheggi e la digitalizzazione delle abitazioni e degli uffici.

Ogni 'asset' della città potrà diventare digitale, dai parcheggi all'illuminazione pubblica, dai contenitori per i rifiuti ai tombini, dalle panchine ai semafori, e così via. Questo processo da una parte abiliterà specifici servizi verticali (monitoraggio degli allagamenti, dello stato dei parcheggi, ecc.) con un vantaggio diretto in termini di utilizzo delle risorse, protezione dagli abusi, e così via, dall'altro la capacità di gestire in modo unificato questa grande varietà di dati fornirà una 'cabina di regia' all'amministratore e decision maker per avere una vista olistica di quanto sta accadendo in città e progettare gli interventi urbanistici del futuro sulla base di indicatori e

correlazioni provenienti dall'utilizzo reale del territorio e dalle sue proiezioni future.

Industry 4.0

La "Industry 4.0", o Quarta Rivoluzione Industriale, prospetta la trasformazione dell'intera sfera produttiva attraverso la convergenza delle tecnologie digitali, e di Internet, con l'Industria tradizionale, fondendo l'OT (*Operational Technology*) e la IT (*Information Technology*) in un sistema comune che consenta la completa digitalizzazione dei processi aziendali e di produzione. In particolare, tale cambiamento coinvolgerà la progettazione, la produzione, la conduzione degli impianti e i processi di manutenzione degli stessi.

In ambito Industria 4.0, il 5G vuole porsi come tecnologia abilitante l'integrazione dei sistemi e l'intercon-



nessione su larga scala di macchine, robot, sensori, veicoli, prodotti e lavoratori. A tal scopo, in sede 5GPPP, sono state individuate le linee guida che tale tecnologia dovrà seguire al fine di supportare la Industry 4.0. Le reti di nuova generazione dovranno facilitare l'automazione, permettendo la condivisione massiva e real-time di informazioni critiche, supportando elevatissimi volumi di comunicazioni con lo scopo di monitorare la produzione e tracciare gli asset e garantendo affidabilità altissime e latenze bassissime. Le innovazioni, di questa proposta progettuale, abbracceranno tutti gli aspetti dell'Industry 4.0 con particolare focalizzazione sullo smart manufacturing andando a realizzare la

“fabbrica” wireless e completamente autonoma, dove vengono supportate sia la fase di “Monitoring” e raccolta dati con conseguenti analisi big data, che la fase di “Command and Control” delle assembly line e dei robot con intelligenza dalla Rete (Cloud e Mobile Edge Computing) grazie a latenze end to end della Rete 5G dell'ordine del millisecondo. Inoltre le Utilities (acqua, luce, gas) beneficeranno del 5G per realizzare le cosiddette smart grid ossia implementando delle di Reti di produzione, distribuzione e consumo analogiche a Reti Digitali e interconnesse con enormi vantaggi e risparmi nella gestione delle risorse preziose (acqua, gas, ecc.) e dell'energia.

Public Safety

Il settore PS (*Public Safety*) è certamente uno dei settori che possono maggiormente trarre beneficio dalla disponibilità del 5G a supporto delle forze dell'ordine e in generale per offrire maggiore sicurezza ai cittadini. Più in dettaglio, in ambito PS, i servizi di radiocomunicazione sono concepiti e sviluppati per fornire strumenti in grado di garantire comunicazioni sicure ed affidabili alle Forze dell'ordine, ai Corpi Militari, ai gestori di Servizi di Emergenza, nonché alle organizzazioni di sicurezza privata, senza tralasciare la comunicazione verso cittadini. I sistemi cellulari tradizionali, concepiti per offrire servizi voce e dati ad una utenza



Consumer e Business, non sono in grado di indirizzare i requisiti specifici dei servizi di sicurezza e di emergenza in modo efficiente. Per tale ragione, nel tempo si sono affermate soluzioni basate su tecnologie e standard dedicati, quali ad esempio TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*). Tali tecnologie, potranno essere rimpiazzate dalle prestazioni della Rete 5G che sarà in grado di garantire la stessa affidabilità e sicurezza, offrendo in più una maggiore pervasività e una notevole efficienza ed economie di scala. Inoltre, le tecnologie 5G congiuntamente a quelle di Intelligenza Artificiale, trasformeranno in modo radicale i sistemi di videosorveglianza, permettendo la realizzazione di:

1. una videosorveglianza Real Time, grazie all'invio in streaming di immagini ad altissima qualità al Cloud dove possono essere analizzate immediatamente da algoritmi di image recognition;
2. videosorveglianza pervasiva, capillare e mobile sul territorio grazie all'utilizzo di dash cam sulle auto, di body cam e di droni con videocamere a basso costo ed alta sicurezza, da parte delle forze dell'ordine
3. videosorveglianza ubiqua grazie alla disponibilità delle immagini in Cloud e quindi accessibili da Internet in real time, sempre con le dovute garanzie di sicurezza.

L'attuazione di scenari di Public Safety avrà una forte ricaduta in termini di maggiore sicurezza per i cittadini, disponibilità per le forze dell'ordine di strumenti efficaci per il controllo e la prevenzione di eventi criminali e di stampo terroristico. Si attende un incremento della sicurezza pubblica con una riduzione di episodi criminali grazie agli effetti deterrenti delle applicazioni proposte. Per questi motivi la percezione del livello di sicurezza dei cittadini aumenterà. Inoltre ci sarà un forte impatto sul lavoro delle forze dell'ordine, con conseguente riduzione di incidenti/ferimenti degli operatori per la sicurezza durante gli interventi. Rispetto ai servizi disponibili su rete 4.5G, con il 5G, sarà possibile supportare an-

che i video ad altissima risoluzione in 8K e ridurre le latenze a beneficio del real time.

Automotive

Il mondo dell'Automotive sarà oggetto nei prossimi anni di una rivoluzione in cui si identificano sin da ora alcune linee guida: mobilità sostenibile e non inquinante grazie a sistemi di propulsione ecologici, evoluzione del car sharing verso il "non possesso" dell'auto, veicoli a guida autonoma, Smart Road e

Smart Car o Connected Car che le percorreranno.

In particolare la forte accelerazione delle tecnologie di Assisted Driving sta sviluppando il settore della guida autonoma, facendo emergere come sia necessaria l'integrazione di tutte le informazioni disponibili sul territorio per arrivare ad una guida autonoma completa, in ogni scenario reale, e che possa diventare anche un tassello nello scenario più ampio della mobilità sostenibile per esempio nella Smart City. In questo ambito è ritenuta indispensabile la disponibilità di una rete di comunicazione pervasiva che consenta l'evoluzio-

ne delle strade verso il concetto di Smart Road, lo scambio informativo tra veicoli, infrastruttura e algoritmi intelligenti collaborativi, distribuiti tra cloud, Edge delle Rete e veicolo stesso, che abbia una affidabilità elevatissima e tempi di latenze molto bassi. Nel contempo le reti IoT del 5G e il Cloud permetteranno la realizzazione di Smart Road, in grado di fornire tutte le informazioni utili ai veicoli per l'ottimizzazione dei percorsi, dei consumi e della sicurezza stradale. Purtroppo ogni anno migliaia di persone perdono la vita sulle strade spesso per la distrazione di chi è alla guida. Si prevede che



l'introduzione di sistemi di assisted/ autonomous driving che ricevono le opportune informazioni dalle Smart Road che stanno percorrendo, possa ridurre drasticamente il numero di incidenti stradali. La pervasività, l'affidabilità e le prestazioni della Rete 5G saranno i fattori chiave per la realizzazione di questa rivoluzione dell'Automotive che porterà a una mobilità più efficiente e sostenibile con impatti positivi sulla qualità e l'organizzazione della vita di tutte le persone sia in città che fuori dalla città. L'utilizzo delle reti 5G lungo le direttrici automobilistiche è stato riconosciuto necessario nell'Action Plan 5G della Commissione Europea ove troviamo definite le seguenti Azioni:

Action 1: *Ensuring that... major terrestrial transport paths have uninterrupted 5G coverage by 2025.*

Action 2: *Set roll-out and quality objectives... to meet the target of... all major terrestrial transport paths, having uninterrupted 5G coverage by 2025.*

Queste Azioni sono state riflesse negli **onerosi obblighi di copertura** 5G posti a carico degli Aggiudicatari nel Disciplinare di Gara:

3.5.1.7. Entro 42 mesi dalla disponibilità nominale delle frequenze, gli aggiudicatari dei lotti di frequenza in banda 700 MHz FDD in maniera collettiva, mediante accordi reciproci nel rispetto delle norme sulla concorrenza, **sono tenuti a coprire** tutte le principali direttrici na-

zionali di trasporto stradale... da intendersi rispettivamente quali **le autostrade**, definite secondo la classificazione del Codice della strada,...., **nonché le linee di trasporto stradali nazionali** che fanno parte di corridoi identificati a livello comunitario, secondo quanto previsto dal regolamento (UE) n. 1316/2013. L'obbligo si intende soddisfatto qualora almeno uno degli aggiudicatari fornisca il segnale radioelettrico tale da soddisfare i requisiti operativi standard necessari a permettere agli utenti finali la corretta fruizione di servizi 5G, **tenendo conto anche degli scenari di mobilità del sistema ricevente, incluse le applicazioni rilevanti per i settori verticali coinvolti** e pertinenti alle specifiche frequenze.

Media ed Entertainment

La disponibilità delle reti 5G di elevate capacità di banda e basse latenze permetterà nuovi paradigmi di fruizione di contenuti multimediali basati su IP e WebTV, con la duplice funzionalità di supporto alla produzione Tv e di erogazione di servizi per l'utente finale. Si assisterà anche all'interconnessione alla rete 5G non solo di oggetti propri della produzione TV quali le telecamere e le camere di ripresa 360°, ma an-

che nuovi device che faciliteranno la produzione dei contenuti come ad esempio le videocamere wearable o montate su droni, e i device che saranno utilizzati dai fruitori dei servizi per vivere i contenuti in modalità sempre più immersive quali visori e device per la realtà aumentata. L'utilizzo della realtà aumentata permetterà anche la conservazione dell'enorme patrimonio storico, culturale e turistico italiano, abilitando la visita virtuale di un luogo turistico o di importanza storico - culturale. La visita può essere completa, ad esempio per scopi di apprendimento o per luoghi non accessibili al pubblico, oppure parziale per invogliare potenziali visitatori a programmare una visita del luogo. La visita può essere autonoma, magari con una guida artificiale oppure in multiplayer, in cui diversi visitatori si trovano virtualmente nel luogo di visita, magari insieme ad una vera guida del luogo. In questo caso anche la narrazione si arricchisce di strumenti nuovi, digitali espandendo di molto le possibilità di arricchire il contenuto. Analogamente l'utilizzo della realtà aumentata per i visitatori che si trovano realmente nel luogo di visita e indossando particolari occhiali possono ricevere una esperienza narrativa arricchita on top della visita 'fisica'. La ricostruzione degli ambienti, l'arricchimento degli stessi con contenuti digitali aggiunti costituiscono poi un patrimonio permanente in continua crescita disponibile a tutti e alle generazioni future.



PIAZZA NAVONA IN VIRTUAL REALITY E 360 LIVE VR STREAMING

Visitare luoghi lontani e vivere esperienze impossibili, incontrare persone con cui lavorare e divertirsi anche se si trovano dall'altra parte del mondo, fruire di nuovi media immersivi che ci racconteranno la realtà come non è mai stato possibile prima. Il tutto, volendo, senza neanche l'esigenza di muoversi da casa.

La Virtual Reality è una tecnologia che sta già cambiando le nostre vite, e che nei prossimi anni rappresenterà un

modo completamente nuovo di comunicare e di interagire con le persone.

È un mezzo di comunicazione così espressivo da consentirci non solo di vedere gli altri o di parlarci, ma anche di trovarsi virtualmente nello stesso luogo e di fare delle cose assieme. E se è vero che alcuni di questi scenari sono già possibili oggi, il 5G e le reti di prossima generazione costituiranno un incredibile abilitatore per molti nuovi use

case: ad esempio, una nuova Internet in cui invece di siti web avremo esperienze virtuali connesse tra loro in cui interagiranno con persone reali e avatar animati da intelligenza artificiale, e nuovi media immersivi che ci consentiranno di muoverci liberamente all'interno di video VR 360. Due delle esperienze recentemente presentate da TIM a Sanremo, durante il Festival della Canzone Italiana, raccontano proprio come questi scenari avranno un impatto sul nostro quotidiano. I visitatori del Festival, infatti, hanno avuto modo di provare presso alcune postazioni VR disponibili a Casa SIAE e al Forte di Santa Tecla una visita virtuale multiplayer di Piazza Navona e il Live Streaming in VR 360.

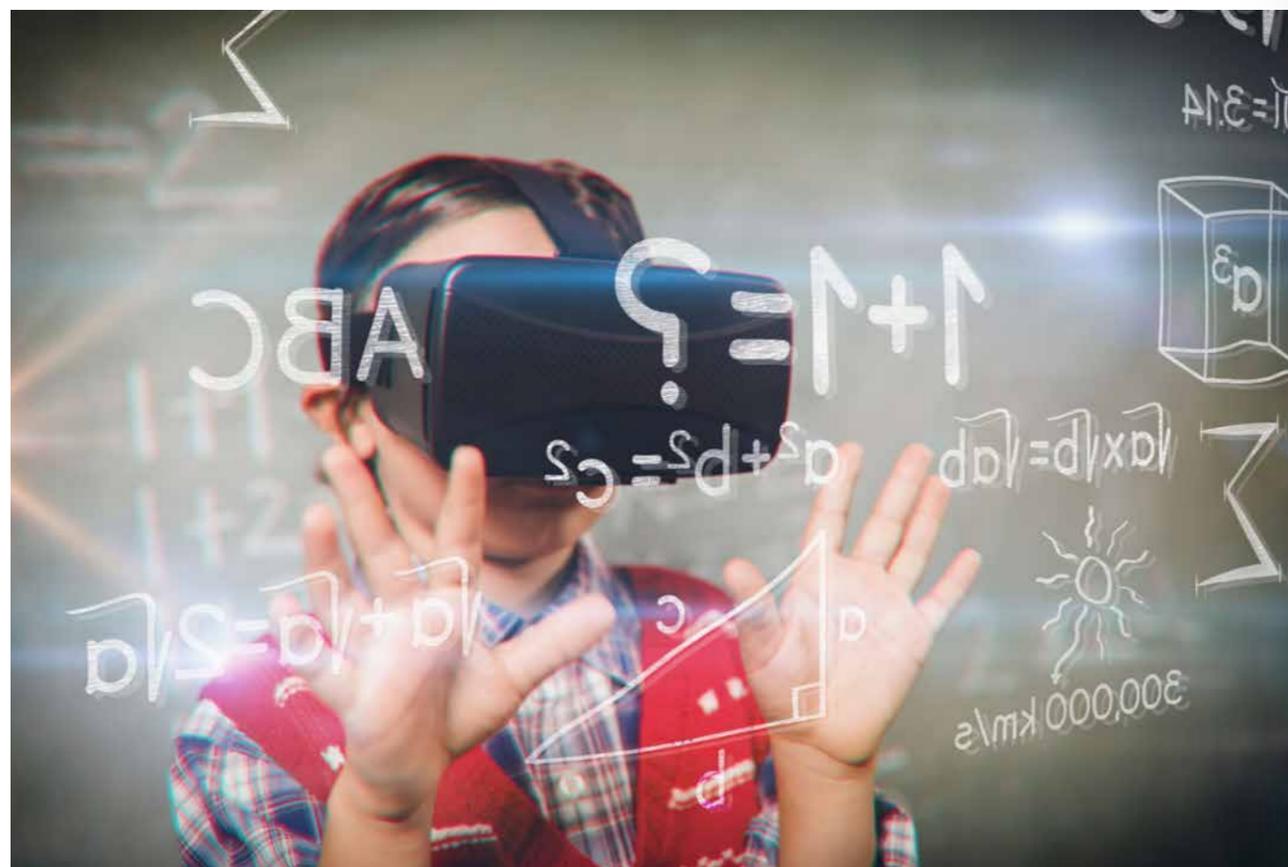
Nell'esperienza virtuale di Piazza Navona i visitatori, indossando un caschetto VR, si trovavano in una ricostruzione 3D della famosa piazza di Roma e potevano interagire tra di loro e con un guida turistica (anche lei in VR) che li accompagnava alla scoperta delle bellezze del po-

sto. Ognuno è rappresentato al momento da un avatar molto semplice, ma che in futuro diventerà indistinguibile da noi stessi, e sarà in grado di veicolare espressioni ed emozioni con grande naturalezza. Già adesso è possibile parlare con le altre persone come se si trovassero nello stesso luogo, vederle muoversi nello spazio ed usare le proprie mani per indicare, interagire con oggetti ed esprimersi. Grazie a latenze estremamente ridotte consentite dal 5G ogni interazione diventa immediata e spontanea. La ricostruzione della piazza è realistica e dettagliata; con poche semplici interazioni è possibile anche cambiare il momento del giorno in cui avviene la visita e vedere la piazza in una suggestiva atmosfera notturna.

La seconda demo presentata offriva invece un'anteprima di come i media e le trasmissioni video live cambieranno in futuro grazie alle tecnologie immersive e alle reti di prossima generazione. Una telecamera in grado di riprendere video a 360° era posizionata presso Casa SIAE e trasmetteva in diretta concerti e interviste fruibili in realtà virtuale. Presso il Forte di Santa Tecla in qualunque momento giornalisti, artisti e visitatori, indossando un caschetto VR Oculus GO, potevano vedere cosa stava succedendo a Casa SIAE, spostando liberamente lo sguardo all'interno della scena.

Ad oggi i video a 360° consentono allo spettatore unicamente di guardarsi attorno (si parla di "3 degree of freedom" o 3DOF, facendo riferimento alla rotazione sui tre assi del punto di osservazione). In futuro, saranno possibili video volumetrici veri e propri, all'interno dei quali lo spettatore potrà anche fisicamente spostarsi (6DOF, con cui sono possibili rotazioni e traslazioni del punto di vista). Questo tipo di media rivoluzionerà il mondo dello spettacolo e dell'informazione, consentendo allo spettatore di vivere gli eventi con un'immersività e un realismo senza precedenti. Il 5G e le reti di prossima generazione ne saranno un abilitatore fondamentale, perché i video volumetrici, per consentire questo tipo di interattività, richiederanno una quantità di dati ordini di grandezza superiori a quella dei media tradizionali ■

luca.motta@telecomitalia.it



L'alta velocità e la bassa latenza della rete permetteranno, inoltre, di offrire una nuova esperienza anche nell'ambito ludico: le applicazioni di GAMING, ad esempio, saranno sempre più immersive e reattive, rendendo i giochi più emozionanti e coinvolgenti anche grazie alla Virtual Reality.

E-Health

Obiettivo generale dei servizi sviluppati in ambito Sanità 5G è quello di interconnettere in maniera pervasiva le strutture sanitarie, i medici,

pazienti e il personale sanitario, allo scopo di incrementare l'efficienza e l'efficacia del sistema sanitario, abilitando nuovi servizi e innalzando complessivamente il livello di assistenza erogato.

In questo ambito tutte le caratteristiche del 5G saranno utili a portare innovazione, anche in servizi diversi fra di loro, dalla robotica per la realizzazione di interventi di chirurgia da remoto al monitoraggio remoto di parametri vitali dei pazienti in convalescenza o affetti da malattie croniche, dal teleconsulto in tempo reale con la condivisione di informazioni di dimensioni anche molto

elevate, alla gestione avanzata degli asset sanitari e smart planning degli interventi nelle strutture ospedaliere, fino alla Smarter Medication per l'applicazione di medicazioni e la somministrazione di farmaci tramite l'impiego di dispositivi interconnessi ed in grado di adattarsi alle condizioni fisiche e ambientali.

Il go-to-market del 5G verso il mercato Business

A partire dagli Use Case che progressivamente vengono realizzati



nell'ambito dei Progetti avviati sul territorio (Torino 5G, San Marino, BariMatera 5G, San Remo...) unitamente allo scouting - in collaborazione con Partner tecnologici selezionati - di ulteriori ambiti di applicazione, verranno individuati Clienti Business (Champions) con i quali avviare progetti (Proof-of-Concept) che sfruttino le abilitazioni tecnologiche rese via via disponibili in ambito 5G. l'opportuno packaging di componenti progettuali agevolerà la replicabilità dei singoli Use Case nei diversi ambiti/settori di mercato (es. Smart Manufacturing, Smart City, Public Safety, etc.).

In questa prima fase della costruzione della value proposition verso il mercato Business, l'attenzione verrà rivolta verso scenari d'uso già oggi abilitati da funzionalità di rete 5G (es. NB-IoT), quali ad esempio il monitoraggio strutturale statico di edifici, infrastrutture e condotte. Altro esempio, in ambito Smart Manufacturing riguarderà la possibilità di implementare Use Case a livello di area di produzione che prevedano il rilegamento dei device di campo (I/O device) agli elementi di controllo (I/O Controllers) Programmable Logic Control (PLC) tramite rete wireless 5G su spettro licenziato in

maniera sicura ed affidabile, in sostituzione della rete tradizionale in cavo Ethernet.

Il go-to-market del 5G verso il mercato Consumer

Il 5G costituirà un fattore di svolta anche nel mercato Consumer, dove le migliori prestazioni offerte dalla rete mobile cambieranno la percezione del servizio e l'experience del cliente.

La vision di TIM sul 5G è molto chiara: TIM intende consolidare ancora

una volta la propria leadership nel mercato delle comunicazioni mobili in Italia, sviluppando connettività e servizi 5G in grado di rivoluzionare la vita dei cittadini e consumatori, proiettando il Paese in un ambiente in cui tutto sarà più smart e connesso.

Oltre al posizionamento di leadership l'altra parola d'ordine per TIM è essere first mover. Oltre ai progetti di sperimentazione puntiamo ad essere i primi anche nella fase di pre-lancio/lancio commerciale, con un forte focus di comunicazione sul 5G come asset distintivo di posizionamento.

Siamo fortemente convinti che il 5G costituisca una fondamentale opportunità per creare valore sul mercato mobile invertendo l'attuale spirale negativa di competizione sul puro prezzo e "commoditizzazione"

dei servizi. Il 5G non dovrà garantire solamente più banda rispetto al 4G di oggi, ma soddisfare nuovi e più complessi scenari d'uso e dovrà quindi essere impostato come una nuova wave di sviluppo del settore delle telecomunicazioni e non solo. In questa direzione si inseriscono nuovi concept di "data monetization" con l'obiettivo di passare dal concetto di quantità di giga alla valorizzazione di performance e servizi innovativi, anche facendo leva su partnership strategiche.

Conclusioni

La disponibilità delle frequenze 5G consolida la posizione di leadership di TIM in Italia e consentirà di fornire un ulteriore impulso alla

crescita della digitalizzazione del Paese. Il 5G costituisce una vera e propria rivoluzione delle attuali reti di comunicazione, che non riguarda solo le prestazioni tecniche e relative performance offerte agli utilizzatori, ma che sarà 'guidata' nel suo sviluppo di business dagli ecosistemi e dagli Use Case dei 'Clienti' e dei "Verticali". La rete di quinta generazione non rivoluzionerà esclusivamente il mercato delle telecomunicazioni, ma impatterà a cascata tutti i settori che, sfruttando le nuove connessioni veloci, potranno offrire servizi sempre più innovativi. I principali attori di questi mercati non si limiteranno quindi ad acquistare i servizi offerti dalle Telco, ma influenzeranno attivamente lo sviluppo delle reti per renderle quanto più possibile compatibili con i loro bisogni ■



Roberto Gavazzi roberto.gavazzi@telecomitalia.it

Dopo aver completato gli studi di Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino, Roberto ha lavorato per tre anni nel settore aerospaziale dove ha trascorso un anno a Tolosa dedicandosi alla progettazione e lo sviluppo di SW per satelliti (manned and unmanned). Da allora, Roberto ha passato più di 25 anni prima in CSELT e poi in Telecom Italia Lab focalizzandosi inizialmente sulla gestione delle reti di telecomunicazione e svolgendo anche il ruolo di responsabile di Struttura. Altre attività svolte da Roberto in questi anni sono: editor del Piano tecnologico di Telecom Italia, membro dell'Architecture Board del programma della Commissione Europea denominato FI-PPP (Future Internet - Private Public Partnership), Smart City Exploitation Manager per il Progetto europeo XIFI. Attualmente Roberto, all'interno della Struttura Innovation, gestisce Progetti di servizi su Reti 5G, Smart City, Industrial Internet e Internet of Things. In tale ambito Roberto collabora anche con molte città italiane ed europee su progetti Smart City ed è Project Manager del laboratorio di IoT e Smart City a Torino (Open Air lab e Smart City Control Room). ■



Carmelo Francesco Santoro carmelofrancesc.santoro@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria elettronica (Università La Sapienza di Roma) e specializzato presso la Scuola Superiore in Telecomunicazioni del Ministero dello Sviluppo Economico. Ha iniziato la sua carriera in TIM nel 1999 occupandosi dei collaudi dei rilasci SW e HW dei device, nodi di accesso radio ed interlavoro verso la CN. Ha partecipato agli enti di standard 3GPP (RAN 4, T e T1), ETSI TFES e GCF. Dal 2006, si è occupato del project management dei servizi di rete mobile richiesti dalle funzioni commerciali tra cui HSPA, HSPA DC, 4G e relative evoluzioni (da 1.8 Mbps a 700 Mbps 4GPlus), eSIM, GSM on the Ship, Blackberry, differenziazione QoS offerte dati su rete 3G (Radio Priority, No VoIP), NB-IoT, Public Safety LTE e principali gare Business (es. Consip). Ha seguito anche il progetto infrastrutturale "Dream" per l'ammodernamento in esercizio dei nodi di accesso radio 2G e 3G. Attualmente, gestisce in ambito CTO, anche il progetto 5G. ■



Andrea Scoscina andrea.scoscina@telecomitalia.it

Dopo aver completato gli studi di Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di L'Aquila ed aver conseguito il diploma presso Scuola Superiore di Specializzazione in Telecomunicazioni dell'Istituto Superiore delle Poste e Telecomunicazioni (I.S.P.T.), ha lavorato per 4 anni in CSELT nell'ambito dei 'Servizi e Reti via satellite'. Dal 2000 lavora in TIM in ambito Marketing Consumer occupandosi dapprima della certificazione dei terminali, poi dello sviluppo dei servizi innovativi occupandosi tra l'altro della definizione dei requisiti per la commercializzazione del 4G e del VoLTE. Attualmente lavora nell'ambito Offerta Mobile Consumer. ■

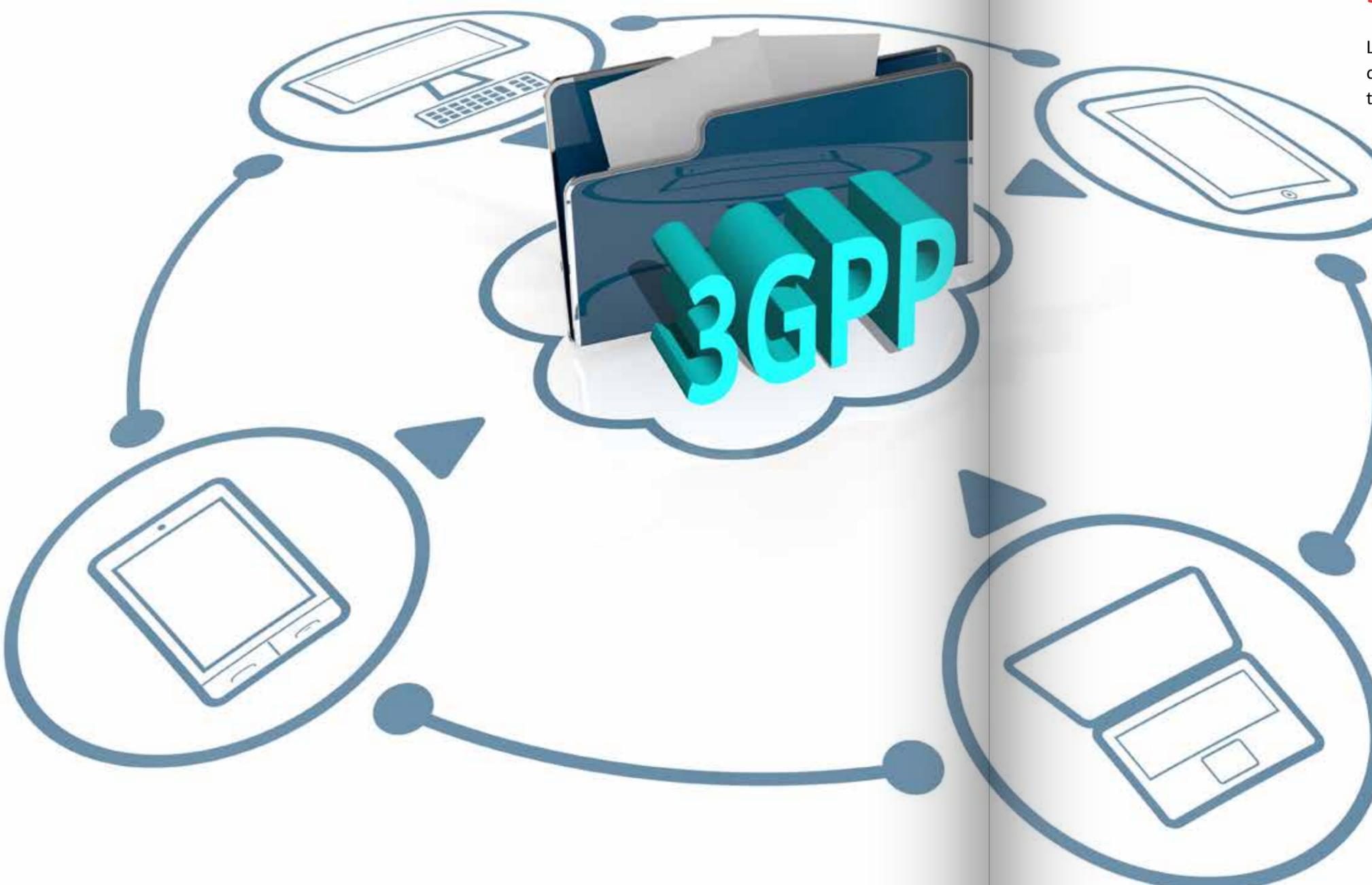


Innocenzo Selvaggi innocenzo.selvaggi@telecomitalia.it

In TIM (CSELT-TILab) dal 2001, attualmente opera in ambito Marketing Business nella funzione Segment Marketing verso la direzione Sales Top Client e PAC. Si è sempre occupato di supportare le funzioni di vendita/pe vendita nella proposizione verso i Clienti di Soluzioni/Servizi Innovativi (es. Cloud, BigData, IoT, Digital Signage, Enterprise Mobile). Dallo scorso anno fa parte del team Marketing che interfacciandosi con le strutture di Technology & Innovation si occuperà del primo Go-To-Market di iniziative legate al 5G verso il mercato Business. In precedenza, operando presso alcune tra le principali società di Consulenza Direzionale multinazionali e IT vendors (Americane, Inglesi e Tedesche) ha sviluppato le sue competenze operando presso le Aziende Clienti (in settori quali: Finance, Servizi, Industria) in molteplici progetti di change management ed evoluzione di modelli di business favoriti dalle nuove abilitazioni tecnologiche ■

LA ROADMAP DI STANDARDIZZAZIONE DEL 5G

Maria Pia Galante, Giovanni Romano

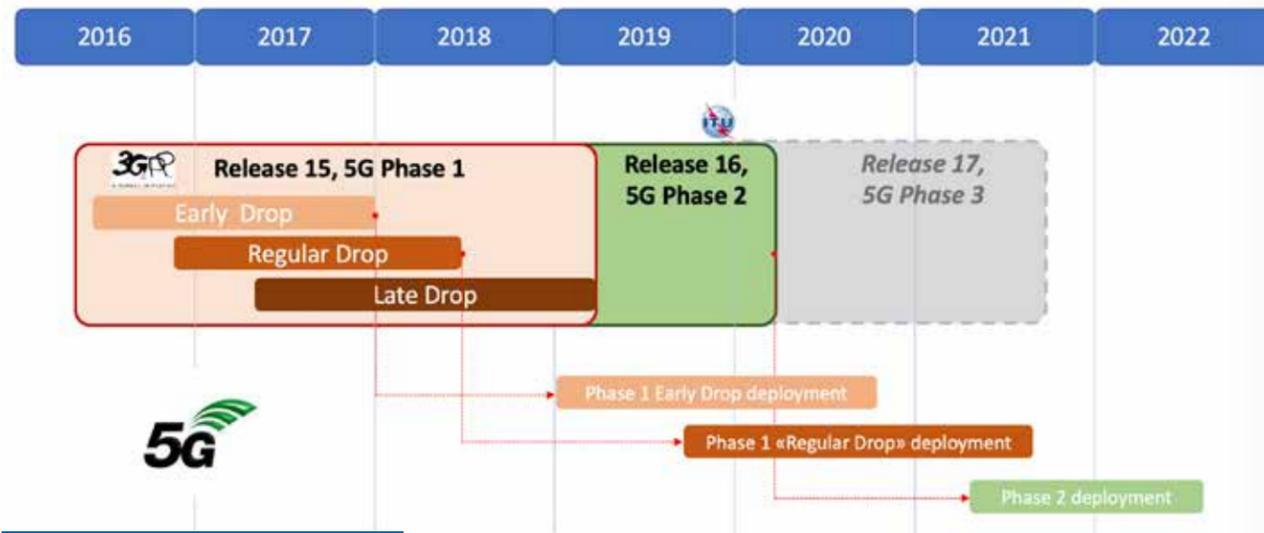


A dicembre 2017 sono state finalizzate le prime specifiche tecniche 3GPP [1] per il nuovo accesso Radio (5G New Radio) compatibile con le attuali reti “core” 4G. Nel giugno 2018, si è [2] annunciato il rilascio della prima versione dello standard 5G (in gergo tecnico la Release 15 3GPP) completa anche degli aspetti principali di rete, aprendo la strada al lancio commerciale dei primi servizi probabilmente già nel 2019. Lo standard però è in evoluzione ed il 3GPP ha già in agenda una nuova versione dello standard (Release 16), il cui completamento è previsto per marzo 2020. L'articolo ne esplora i principali contenuti.

La roadmap generale 3GPP per il 5G

Le tempistiche dei rilasci dello standard 5G, i cui lavori sono stati avviati in 3GPP già nel 2015, sono state condizionate principalmente da due fattori. Un fattore procedurale legato all'ambizione di portare in ITU-R le specifiche del nuovo sistema, affinché potessero rientrare nella famiglia dei sistemi “IMT-2020”, entro il 2020. Un fattore di mercato legato alla necessità di dispiegare già al 2020 soluzioni tecnologiche standard e globali, si pensi ad esempio all'esigenza degli operatori nordamericani di fornire i servizi ultrabroadband alla clientela residenziale in sostituzione della fibra, all'opportunità di vetrina rappresentata dai giochi olimpici 2020 a Tokyo, o all'agenda di rilancio dell'ICT europeo esplicitata nel 5G Action Plan dalla commissione europea. Il piano lavori ha conciliato le esigenze ITU-R e di mercato, prevedendo un primo rilascio

di specifiche (fase 1) per poter permettere lanci tattici e commerciali già tra il 2018 ed il 2019 ed un secondo rilascio (fase 2), incrementale rispetto al precedente, per il completamento di tutte le funzionalità 5G da includere nelle Raccomandazioni ITU-R IMT-2020 (Figura 1). Rispetto alle ormai note categorie di use case ITU-R (Figura 2), la fase 1 si è quindi concentrata prevalentemente sull'abilitazione di scenari di servizio di tipo eMBB, grazie alle evoluzioni dell'accesso radio LTE, all'introduzione della nuova interfaccia radio NR e alla nuova core network 5G. Obiettivo della fase 2 è invece quello di completare il sistema della fase 1 con tutti gli abilitatori mancanti per la realizzazione dei rimanenti use case URLLC e mMTC. La fase 1 del 5G, o Release 15, inizialmente pianificata per giugno 2018, è stata ulteriormente spaccettata in tre rilasci incrementali: Early Drop (finalizzato a dicembre 2017), Regular Drop (completato a giugno 2018) e Late Drop (previsto per marzo 2019). L'Early Drop è stato concepito per poter dispiegare velocemente il



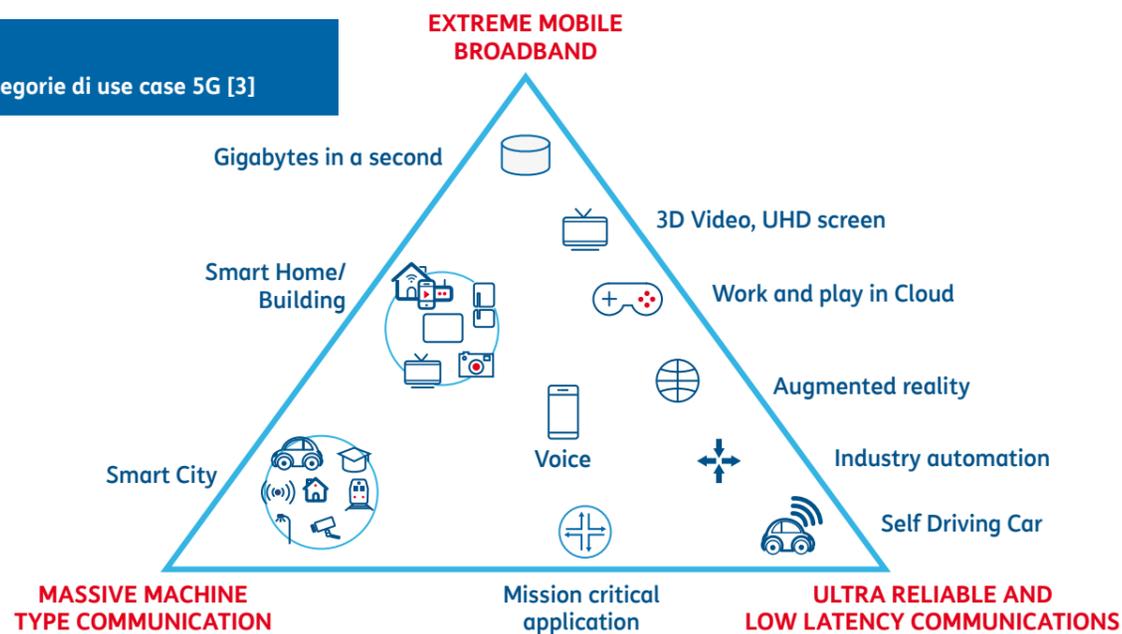
1 Roadmap dei lavori 5G in 3GPP

nuovo accesso radio (NR) senza dover dispiegare anche una nuova core network. In tale scenario, infatti, l'accesso NR, integrandosi nell'architettura esistente del sistema EPS, fornisce solo un incre-

mento capacitivo alla copertura LTE grazie a tecniche di dual-connectivity. Tale configurazione d'accesso è anche denominata LTE-assisted NSA (Non-StandAlone), in quanto NR non potrebbe operare senza

l'assistenza della radio LTE, il cui piano di controllo è connesso alla core EPC (in gergo 3GPP è comunemente riferita come "option 3" [4]). Sfruttando la capacità di NR di operare a frequenze molto elevate

2 Categorie di use case 5G [3]



(ad esempio nell'intorno di 30 GHz), questo scenario permette velocità di trasmissione di alcuni Gbps in microcelle.

Il Regular Drop definisce i fondamenti della nuova core network 5G (5GC), quali l'architettura Service-based con funzioni di rete interagenti tramite API, il supporto nativo del network slicing, l'allocazione flessibile dei gateway di user plane a supporto di schemi di comunicazione di tipo *edge computing*, l'integrazione nativa di accessi non-cellulari (es. hotspot WiFi). Gli scenari di accesso prevedono che sia i nodi radio NR ("option 2"), sia quelli LTE ("option 5") possano connettersi alla 5GC in modalità SA (*Stand-alone*).

Viene inoltre definito un nuovo sistema di management, che evolve in termini di funzionalità ed architettura per adeguarsi sia alle specificità applicative delle nuove risorse di rete 5G da gestire, sia ai nuovi modelli di virtualizzazione di rete dove le funzioni sono componenti software che girano su sistemi Cloud e non più su hardware dedicato.

Il Late Drop, infine, non comporta modifiche alla core network ma aggiunge solo, agli scenari precedenti, quelli di connettività degli accessi NR e LTE alla 5GC, in configurazione NSA. In particolare, è definito lo scenario in cui NR opera in dual connectivity con LTE (LTE-assisted NSA), con piano di controllo LTE connesso alla nuova Core 5G ("option 7").

È opportuno sottolineare come le date dei "Drop" della fase 1 sopra riportate corrispondano più ad un complemento formale che sostanziale delle attività di specifica. La portata estremamente innovativa dei contenuti della Release 15 ha infatti determinato alcuni ritardi significativi nella tabella di marcia inizialmente prevista, soprattutto per quanto riguarda la finalizzazione degli aspetti del nuovo accesso radio. È il caso ad esempio del Regular Drop della Release 15 che, dichiarato completo a giugno 2018 con tanto di press release a firma di tutte le maggiori aziende contributrici (inclusa TIM), ha comportato di fatto una coda di lavori almeno fino a dicembre 2018. Tali code hanno conseguentemente condizionato il piano lavori della fase 2 del 5G, o Release 16, che, inizialmente pianificata per completamento a dicembre 2019, molto probabilmente non sarà terminata prima di marzo 2020.

Al momento della scrittura di questo articolo sono in fase di studio i requisiti dei servizi (stage 1) che costituiranno il corpo della Release 17: entro fine 2019 tale fase di studio avrà individuato i contenuti della prossima Release a cui lavorare una volta esaurite le code della Release 16. Il completamento della Release 17, su pressione delle aziende manifatturiere tese a favorire cicli di rilasci più frequenti per meglio inseguire innovazione tecnologica e di mercato, potrebbe avvenire già entro settembre 2021.

La Release 16 e l'apertura verso nuovi verticals

La seconda fase di specifica del 5G (Release 16) è concentrata su due filoni di attività:

- Espansione verso nuovi settori applicativi in parte già indirizzati dal 4G con tecnologie quali il NB-IoT ed il C-V2X, rispettivamente per l'IoT e l'Automotive. La standardizzazione 5G indirizza questi scenari d'uso facendo leva sulle caratteristiche di programmabilità, automazione, ed apertura della nuova core ed espandendo, come vedremo di seguito, alcune funzionalità di rete. Abilitatore importante di tale processo di espansione del business risulta essere anche l'evoluzione dei sistemi di management, verso una gestione di rete sempre più automatizzata e proattiva, soprattutto per quanto riguarda il controllo degli SLA (*Service Level Agreement*) delle network slice offerte a Clienti di tipo Vertical.
- Miglioramento delle prestazioni ("enhancement") di quanto specificato in Release 15. Questo è un normale processo in 3GPP, in quanto, a valle della definizione di un nuovo set di funzionalità (in questo caso, l'interfaccia radio NR e la nuova core network 5G), si procede ad ulteriori ottimizzazioni per rendere il sistema sempre più efficiente e performante. Per quanto riguarda lo use case massive Machine Type Communi-

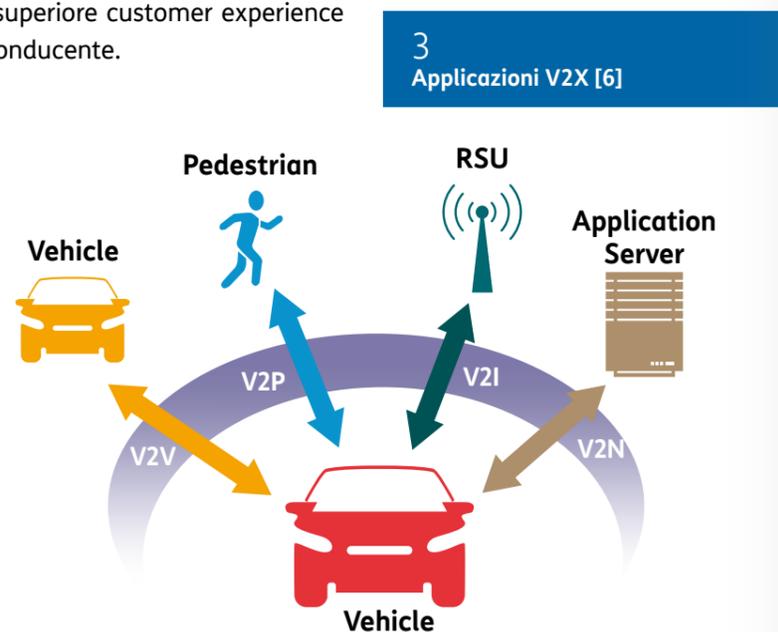
cations (mMTC), il 3GPP ha deciso di non sviluppare soluzioni su interfaccia NR per applicazioni "Low Power Wide Area". Questa tipologia di servizio è considerata soddisfatta dalle tecnologie NB-IoT ed LTE-M (entrambe dispiegate in rete TIM) già dalla Release 13. La Release 16 permetterà ai moduli NB-IoT di attestarsi alla nuova core, che è stata aggiornata per introdurre prestazioni di ottimizzazione della segnalazione, efficienza energetica, gestione "in bulk" di gruppi di moduli, esposizione controllata di capability ed eventi di interesse per i Clienti Business (es. localizzazione del modulo, perdita di connessione, ...) [5]. Altre tipologie di servizi IoT che richiedono elevati throughput (ad es. videosorveglianza) possono essere soddisfatte da terminali di tipo "eMBB", cioè con prestazioni simili a quelle delle comunicazioni broadband.

Anche il settore automotive è destinato ad essere profondamente rivoluzionato dal 5G, soprattutto per quanto attiene alla comunicazione fra il veicolo ed altri veicoli (V2V), pedoni (V2P), Road Side Unit (V2I) o elementi di rete (V2N), come rappresentato in *Figura 3*.

L'obiettivo dello standard 5G è arrivare a supportare tutti i livelli di autonomia di guida, passando progressivamente dalla guida assistita, abilitata già dal 4G (Release 14), alla guida remotizzata ed infine alla guida autonoma. A livello radio la Release 16 introduce la comunicazione diretta a supporto del V2V anche su

accesso NR. A livello architetturale di fatto replica nella nuova rete 5G il framework di controllo delle comunicazioni V2X già abilitato nel 4G. Ma la nuova rete 5G offrirà nuove opportunità di servizio a supporto di un costante miglioramento della sicurezza stradale e della user experience a bordo. Come approfondito in [7], le funzioni di "network analytics" proprie del 5G potranno offrire anche una predizione del livello di QoS a disposizione delle applicazioni V2X per permettere alle funzioni di guida di adattarsi per tempo alle condizioni di rete. Inoltre, sempre grazie ai network analytics sarà possibile valorizzazione i big data di connettività (es. log temporizzati delle trasmissioni/ricezioni, localizzazione, andamento delle performance...), per arricchire le offerte Business dei Telco (es. manutenzione predittiva, profilatura stili di guida, ...) nell'interesse di una superiore customer experience del conducente.

Tra le novità assolute della Release 16, vi sono le funzionalità a supporto di applicazioni Industrial IoT, che richiedono tipicamente elevata affidabilità, bassissima latenza e localizzazione e sincronizzazione molto accurate [8]. È il caso delle comunicazioni URLLC (*Ultra Reliable Low Latency Communication*), caratterizzate da ritardi molto ridotti (decine o unità di millisecondi) ed affidabilità fino al 99,999% (ovvero un solo pacchetto perso ogni 105 trasmessi), che trovano rispondenza in una molteplicità di applicazioni: fabbrica digitale (controllo remoto di bracci robotici, ...), smart grid (distribuzione dell'energia), Realtà Aumentata/Virtuale (diagnostica assistita, gaming, ecc.). Uno dei requisiti più comuni di tali applicazioni è la possibilità di trasmettere i dati in pochissimi millisecondi. Per abbattere la latenza complessiva occorre



dunque avvicinare il server applicativo al terminale. L'allocatione flessibile dei gateway di traffico della core 5G (UPF), caratteristica nativa della nuova architettura, permette al traffico generato dai terminali di essere instradato localmente verso le applicazioni URLLC residenti su data center all'edge o addirittura "on premise" (approccio Edge computing). Ulteriori ottimizzazioni sono allo studio in Release 16 per aumentare il livello di affidabilità, introducendo ridondanza nella connettività dati tra terminale e server e per contenere la latenza nei casi di mobilità ed handover.

La standardizzazione delle funzionalità URLLC è particolarmente rilevante per l'Industrial Internet. Nello specifico, la fase 2 del 5G prevede anche la realizzazione di reti comunicazione all'interno di impianti industriali ([9], [10]) a supporto della digitalizzazione di tutti i processi produttivi nella fabbrica. Oltre agli aspetti prestazionali visti poc'anzi, sono previsti miglioramenti operativi, quali il supporto di comunicazioni temporalmente sincronizzate (Time Sensitive Networking), di tipo Ethernet, di tipo LAN anche su scala geografica, la localizzazione con precisione molto elevata (dell'ordine di alcune decine di cm), la possibilità di monitoring di QoS (es. ritardo, packet error rate, ...) per la verifica dei Service Level Agreement e, in tema di sicurezza, il "plug-in" di soluzioni di autenticazione senza USIM già in uso in ambito industriale. Inoltre,

sono in definizione nuove soluzioni architetturali per dispiegamenti locali ed isolati di reti 5G (Stand-alone Non-Public Network, i.e. SA NPN) su accesso radio NR con logiche che favoriscono l'uso del 5G anche da parte di nuovi soggetti non-Telco tradizionali (ad esempio, tramite spettro licenziato allocato localmente al proprietario di uno stabilimento industriale [nota 1]). Tale modello di rete è alternativo a quello di rete privata offerta dall'Operatore ad una terza parte come "slice" della propria rete PLMN pubblica (Non Stand-alone Non-Public Network). La scelta del modello da dispiegare dipenderà delle specificità e dei requisiti di ciascun cliente Vertical. Per quanto riguarda gli aspetti di ottimizzazione delle prestazioni radio, il 3GPP prevede di specificare ottimizzazioni della tecnologia massivo MIMO, aspetto critico per permettere il funzionamento delle reti a frequenze molto elevate, ovvero a 26 GHz. Infine, in Release 16 è prevista la specifica di soluzioni SON (*Self Organising Networks*) in grado di automatizzare la gestione della rete e di misurare la qualità del servizio.

Dal punto di vista architetturale, la Release 16 aggiunge un ulteriore tassello al disegno target di rete convergente in grado di supportare diverse tipologie di accesso (fixed broadband, cellulare, wifi, ...). In Release 15 l'integrazione di accessi non cellulari si è limitata al WiFi di tipo untrusted (ovvero, accessi hotspot generici). In Release 16

l'integrazione si estende anche agli accessi di tipo trusted, ovvero gestiti da Provider con accordi commerciali con l'Operatore 5G [11]. Sono considerati tali, ad esempio, gli accessi WiFi di CPE/Residential Gateway (RG) connessi in fibra alla rete 5G. I RG possono supportare protocolli 3GPP (5G RG), oppure essere specificati in accordo agli standard di rete fissa BBF (FN-RG, Fixed Network RG). Per alcuni 5G RG è inoltre prevista la possibilità di connessione alla core 5G tramite uso simultaneo di accesso cellulare (NG RAN) e rete fissa (scenario cosiddetto Hybrid Access) [nota 2]. Complementa tali scenari la funzionalità di ATSSS (*Access Traffic Steering, Switch and Splitting*), che permette all'Operatore di influenzare l'instradamento dei dati sul tipo di accesso più opportuno per i terminali in grado di operare sia su accessi cellulari che WiFi.

La Release 17... ancora nuovi verticals

Attualmente le attività di specifica della fase 2 del 5G sono concentrate sul completamento dei lavori per marzo 2020 ed il pieno supporto dei requisiti IMT-2020, tuttavia già si delineano aspetti che caratterizzeranno le Release successive, in particolare la Release 17 andando così ad allargare l'orizzonte di impiego del 5G.

[1] Questo modello non è attualmente previsto in Italia, ma la Germania prevede di rilasciare 100 MHz con licenze locali per applicazioni tipo factory automation

[2] Si ricorda che la connessione di Residential GW alla core 5G via radio ed in sostituzione dell'accesso in fibra è un'opzione abilitata in Release 15 (Fixed Wireless Access).

La forte novità rispetto alle precedenti Release si preannuncia esser costituita dal fatto che sempre più attori diversi da quelli tradizionali (ovvero i Vertical) portano in 3GPP i loro requisiti richiedendo soluzioni basate su tecnologie 5G 3GPP per i loro use case. Nel seguito, un breve elenco degli studi già avviati o in avvio nei prossimi mesi:

- Integrazione dell'accesso radio via satellite con la rete 5G [12]
- Abilitazione del multicast/broadcast su LTE e NR, a supporto di diversi scenari applicativi (aggiornamenti software di moduli IoT, comunicazioni di gruppo nel contesto Public Safety, V2X, ...)
- Produzione audiovisiva: si prevede di complementare le capacità di broadcasting con soluzioni ot-

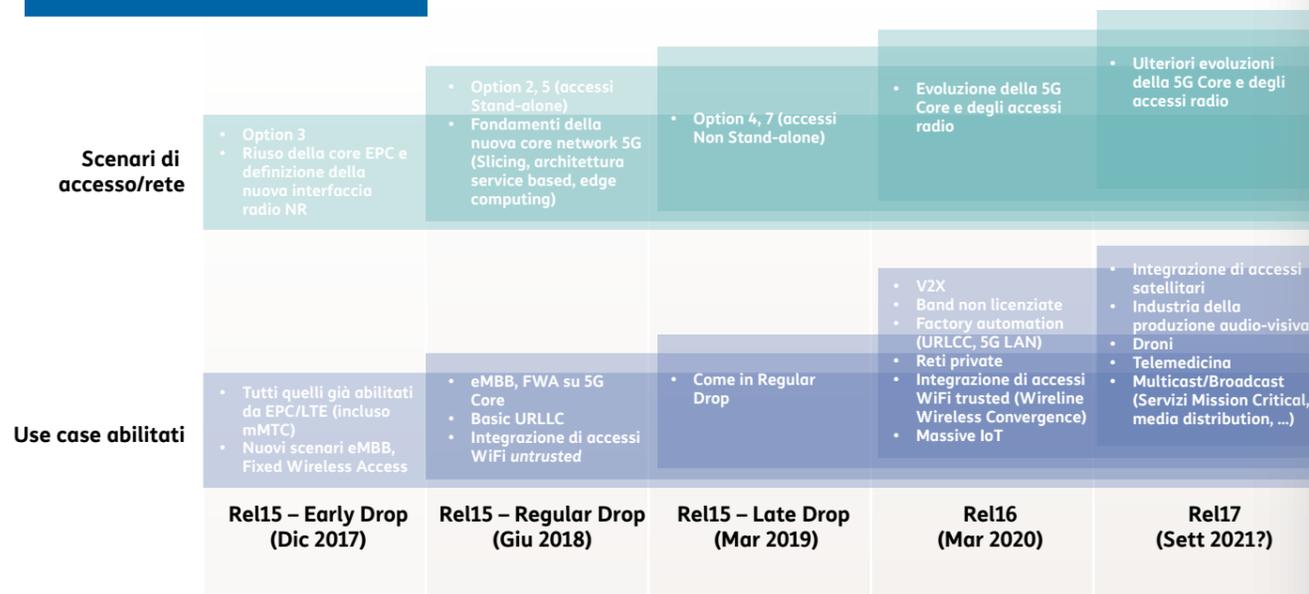
timizzate di latenza, affidabilità di rete, connettività e QoS per la produzione di contenuti multimediali professionali in mobilità od in studio (fabbrica audiovisiva), anche a supporto di eventi di massa e con un numero elevato di dispositivi connessi (microfoni, fotocamere, amplificatori, ...)

- Droni: ulteriori capacità di banda in uplink e di latenza ridotta permetteranno applicazioni estensive e sicure di droni telecomandati nei contesti più disparati (industria petrolifera, cinematografica, agricola, ...)
- Gaming: nuovi livelli di interattività diretta tra terminali ed ottimizzazioni URLLC potrebbero abilitare esperienze di gioco in VR sempre più coinvolgenti
- Telemedicina: saranno indirizzati i requisiti tecnici abilitanti gli use case tecnologicamente più sfidanti della sanità elettronica (es. possibilità di localizzazione fine di

strumenti inseriti all'interno del corpo umano), per abilitare operazioni chirurgiche assistite da Realtà aumentata o da robot...

Oltre a sviluppare nuove soluzioni per i Vertical, il 3GPP dovrà continuare i lavori di ottimizzazione delle prestazioni radio e di core definite nelle fasi precedenti, in un processo di continua evoluzione e aderenza alle esigenze del mercato **Figura 4**. Dal punto di vista delle tempistiche per la Release 17, il gruppo che si occupa della definizione dei requisiti di servizio ha già iniziato i suoi studi con l'obiettivo di derivarne specifiche normative entro dicembre 2019. A giugno 2019 è previsto un Workshop in cui le diverse compagnie (inclusi i Vertical) potranno presentare proposte di attività e illustrare le loro aspettative. I contorni della Release 17 saranno quindi delineati a dicembre 2019 anche sulla base degli interessi e delle esigenze che saranno espressi nel workshop.

4 Release, tempistiche e use case del 5G 3GPP



Conclusioni

L'articolo ha descritto la roadmap di standardizzazione del 5G e le principali innovazioni relative all'accesso radio ed alla rete attese nell'ambito

di quella che viene comunemente identificata come fase 2 del 5G, ovvero la Release 16. I prossimi mesi, caratterizzati dal dispiegamento delle prime reti 5G, saranno fondamentali per completare il lavoro in

corso ed indirizzare i successivi sviluppi nell'ottica di rendere il 5G una piattaforma abilitante per tutti i servizi della Gigabit Society ■

Bibliografia

- [1] http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1931-industry_pr_5g, [Online].
- [2] http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1965-rel-15_news, [Online].
- [3] Recommendation ITU-R M.2083 – “Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond” <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083/en>.
- [4] Architecture configuration options for NR, http://3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_72/joint_RAN_SA/RP-161266.zip.
- [5] 3GPP TR 23.724 Study on Cellular Internet of Things (IoT) support and evolution for the 5G System.
- [6] 3GPP TS 22.185 Service requirements for V2X services.
- [7] <https://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2018/n-3-2018.html>, [Online].
- [8] 3GPP TR 22.862 Feasibility study on new services and markets technology enablers for critical communications.
- [9] 3GPP TR 23.734 Study on enhancement of 5G System (5GS) for vertical and Local Area Network (LAN) services.
- [10] 3GPP TS 22.104 Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains.
- [11] 3GPP TS 23.316 Wireless and wireline convergence access support for the 5G System (5GS).
- [12] 3GPP TR 23.737 Study on architecture aspects for using satellite access in 5G.
- [13] 3GPP TR 22.886 Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services.
- [14] 3GPP TS 22.186 Service requirements for enhanced V2X scenarios.



Maria Pia Galante mariapia.galante@telecomitalia.it

laureata in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino, attualmente si occupa del coordinamento delle attività di standardizzazione tecnica su servizi e architetture di rete mobile. Entra in Telecom Italia nel 1998 nell'allora CSELT (Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni), dove si occupa di tecnologie per il controllo delle reti di terza generazione nell'ambito di diversi progetti internazionali. Rappresenta Telecom Italia in 3GPP SA WG2 (Architecture) dal 2000 al 2008, e tra il 2001 e il 2007 è responsabile del progetto che coordina le partecipazioni di Telecom Italia ai gruppi del 3GPP. Dal 2008 rappresenta TIM in 3GPP SA (Services and Systems Aspects) ■



Giovanni Romano giovanni.romano@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, si occupa del coordinamento delle attività di standardizzazione tecnica su accesso radio, terminali mobili e frequenze. Rappresenta Telecom Italia in 3GPP RAN, con incarico della gestione dei rapporti tra 3GPP ed ITU-R. Dal 2013 al 2017 ha inoltre rivestito la carica di vice presidente del 3GPP RAN; dal 2016 rappresenta TIM come Alternate Board Director in NGMN. Ha iniziato a lavorare nel mondo degli standard nel 1996, partecipato ai lavori di ETSI, 3GPP, ITU-R e NGMN. Fino al 2004 è stato project manager per le attività radio su UMTS e nel 1999-2001 è stato responsabile tecnico del trial UMTS a Torino ■

5G NETWORK CONVERGENCE AND ORCHESTRATION INITIATIVES BY BBF, ONF, LF EDGE, TM FORUM AND ETSI



Massimo Banzi, Cecilia Corbi, Luca Pesando, Mauro Tilocca

The Broadband Forum (BBF) is a non-profit industry organization, is focused on engineering smarter and faster broadband networks. Many of its Technical Reports have become de-facto standards referenced by operators and manufacturers to build up the existing ultra-broadband networks in the last 25 years.

In the 2008-10 timeframe the BBF engaged a coordination activity with 3GPP about Fixed Mobile Convergence looking at potential convergence architectures.

The advent of 5G, represents a inestimable opportunity to specify converged architectures and interfaces and connect any kind of access to a Unified 5G Core.

Since 2017, the BBF has launched the 5G Project within its Wireline Wireless Convergence (WWC) Work Area. The main deliverables of this project are:

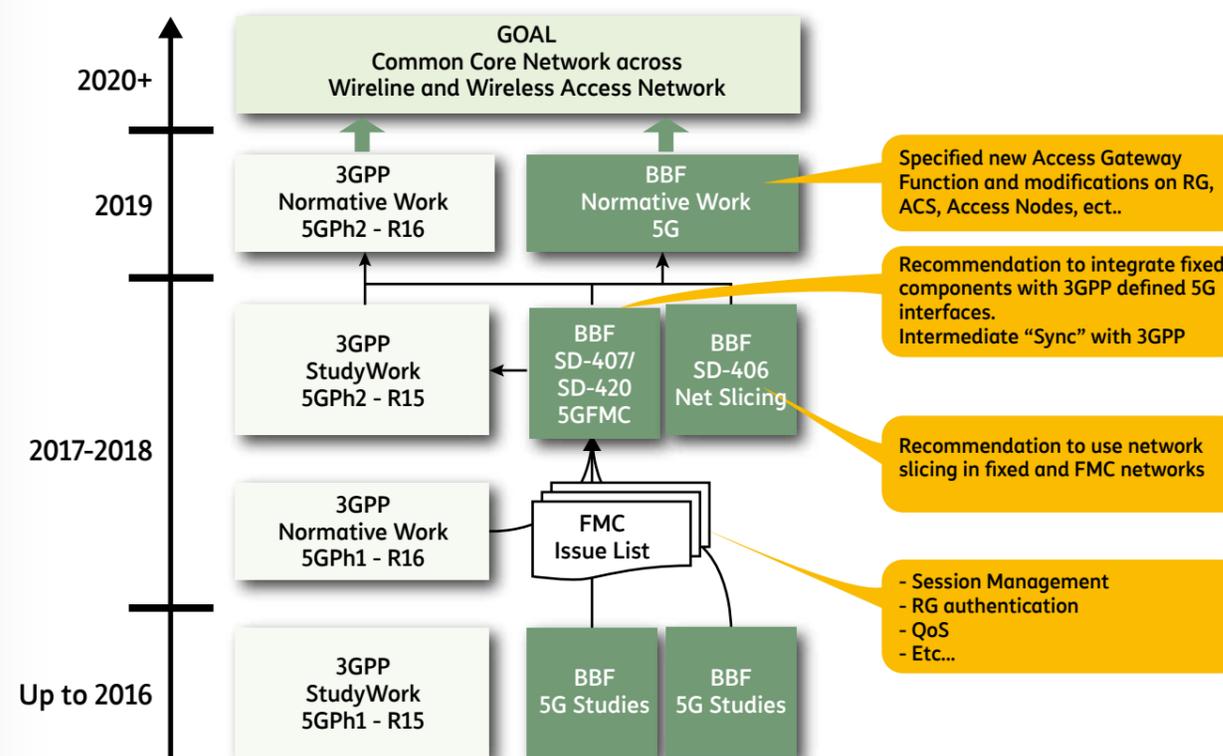
- Study Documents related with 5G topics applicable to broadband and back-/front-hauling networks to share with 3GPP. More specifically these are: SD-406 End-to-End Network Slicing, SD-407 5G Fixed Mobile Convergence Study and SD-420 R1bis 5G Fixed Mobile Convergence Study
- Normative specifications in the form of BBF TRs that define functions and requirements for devices compatible with the converged 5G network

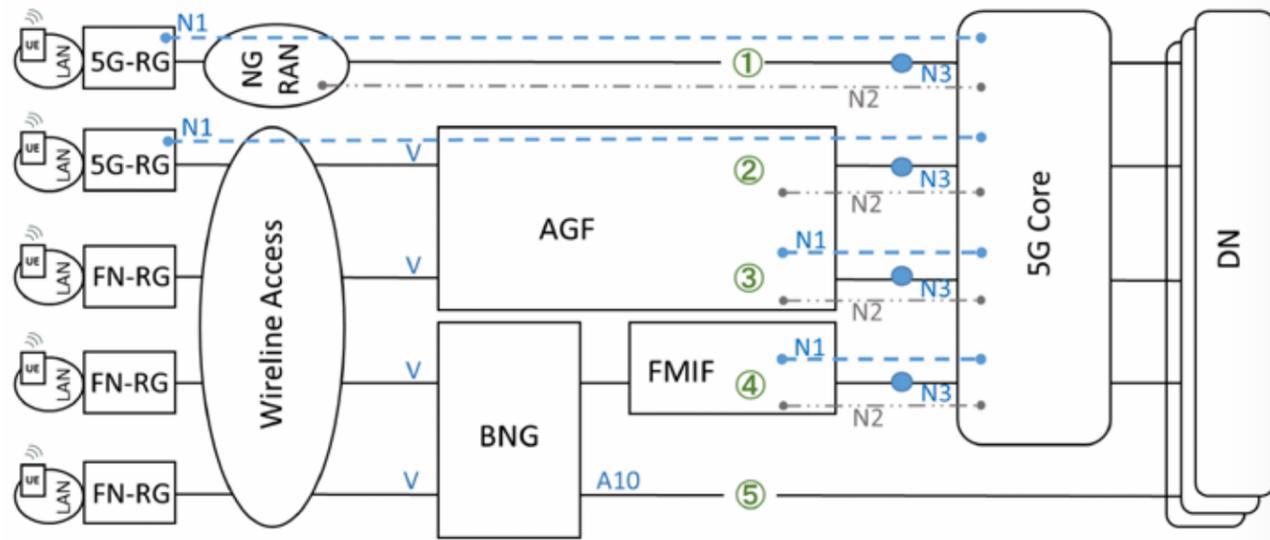
The workplan of this project, phased with 3GPP releases is shown in the picture Figure 1.

The current BBF work on 5G Fixed Mobile Convergence focuses on five scenarios described in the figure below, with different cases in terms of Residential Gateway (RG) type, access network and interfacing model with the 5G Core.

1. **Fixed Wireless Access (5G-RG)** – The 5G-RG is connected over the NG-RAN.
2. **Integration in Direct Mode (5G-RG)**– The RG is connected over the wireline access network. An Access Gateway Function (AGF) mediates between the wireline access network and the 5G core network, based on N2 and N3 interfaces.

5G FMC standardization timetable





5G Fixed Mobile Convergence scenarios

3. **Integration in Adaptive Mode** (FN-RG) – Similar to (2), but FN-RG does not support N1, so the AGF acts as end point of N1 on behalf of the FN-RG.
4. **Interworking** (FN-RG) – The session is managed by a BNG. Services that are based on 5G core network are passed to the 5G core via a Fixed Mobile Interworking Function (FMIF).
5. **Coexistence** (FN-RG) - This is not a converged session model, as these sessions are not part of the 5G core network. However, coexistence is required to allow services that are not supported by the 5G core network to be available in a converged service provider network.

The key goal in all this is to contribute to the specification of the 3GPP's Nx interfaces to the 5G Core

for wireline access concretely leading to a unified 5G architecture and interface specification.

Overall the following 5G activities are carried out by the BBF:

- **5G Fixed Mobile Convergence**
 - Common Core across Wireline and Wireless Access Networks
 - Direct access to 5G core – full operational integration
 - Enabler for seamless service delivery & operational efficiency
- **5G Fixed Access and Transport**
 - Backhaul & Fronthaul: Access
 - Routing & Transport: enhancements for 5G covering capacity, performance reliability & determinism
- **Other 5G Work**
 - Networking Slicing in User Plane and Control Plane and within the Transport Network

- Time Critical Applications: disaggregation policy, requirements, specifications of APIs.

ONF initiatives on network convergence

ONF (Open Networking Foundation – www.opennetworking.org) is a non-profit operator led consortium that hosts a consistent number of projects building solutions by leveraging network disaggregation, white box economics, open source software.

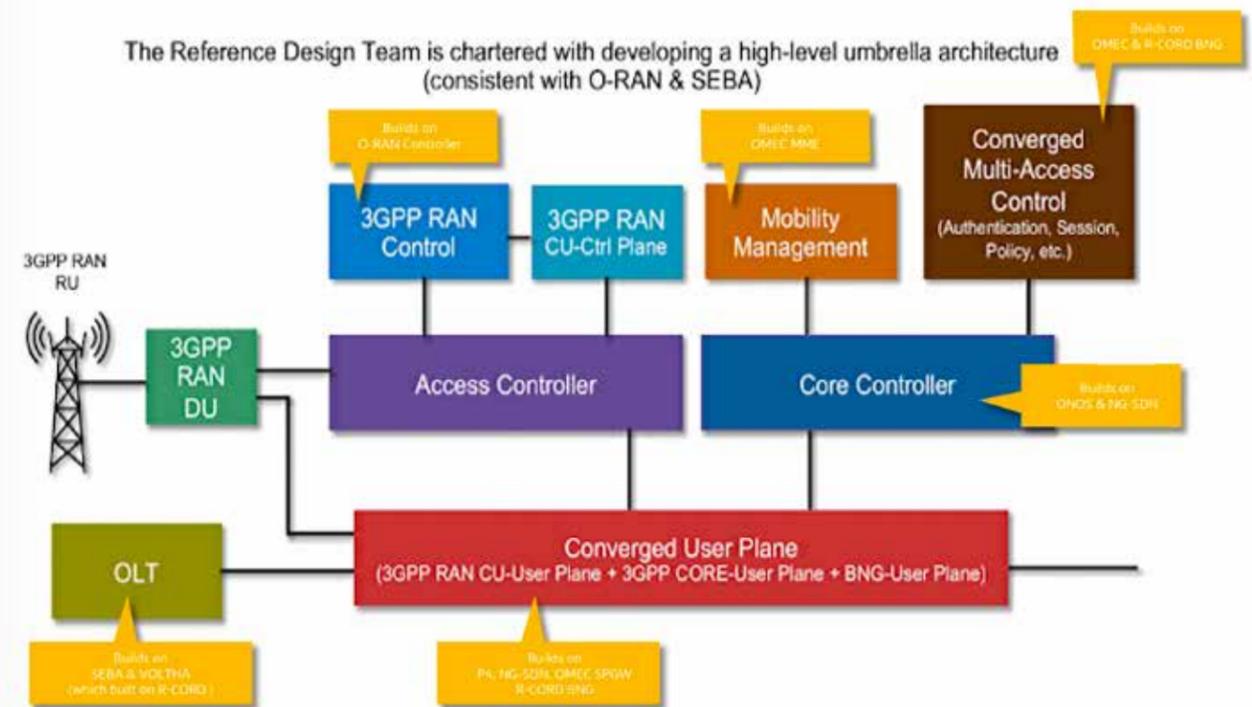
ONF has several initiatives running to build unified platforms by introducing hardware disaggregation and functional decomposition of mobile and broadband components. The **Converged Multi-Access and**

Core (COMAC) and Open Evolved Mobile Core (OMEC) are two key projects to enable this evolution: OMEC is a proposed commercial implementation of the Evolved Packet Core (EPC), while COMAC initiative is aimed at delivering next-generation services over both mobile and broadband networks, regardless of access technology. **COMAC** is an ONF **Reference Design (RD)** supported by carriers such as AT&T, China Unicom, Deutsche Telekom, Google and by a supply chain ecosystem including Adtran, Intel, Radisys, GSlab and HCL. The ONF RDs represent a particular assembly of components that are required to build a deployable

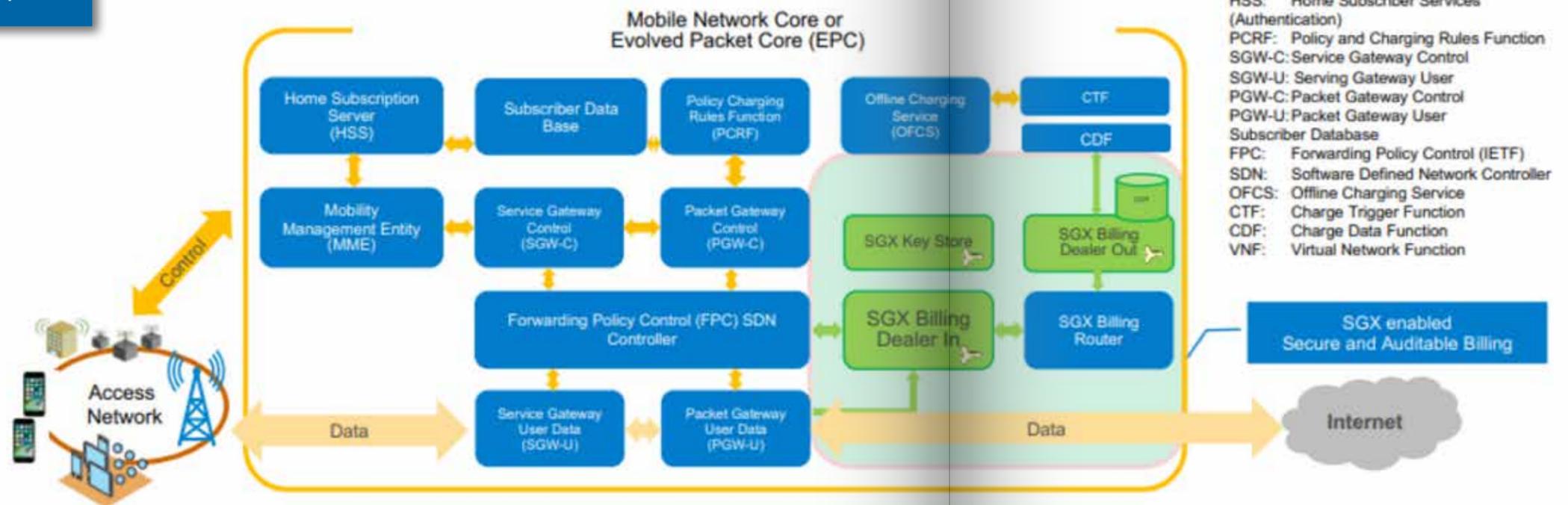
platform. They are “blueprints” developed by ONF’s Operator members to address specific use cases for the emerging edge cloud. Scope of COMAC is to program network slices combining various access and core technologies to support a wide variety of use cases, deployment options and service offerings. COMAC will leverage SDN and cloud techniques to create the necessary converged access and converged core capabilities on a single platform. Essentially COMAC is made by a **Converged Access Architecture**, built on disaggregated RAN (leveraging the O-RAN RU/DU/CU architecture), disaggregated mobile core, and

disaggregated Broadband Network Gateway (BNG) components. Elements from each are then redistributed and aggregated into a unified access layer, creating a SDN powered control plane and P4 powered user plane that each contain elements of the RAN CU, Mobile Core and BNG. About the **Converged Core**, COMAC integrates unified subscriber management, blending Mobile MME, HSS and BNG-Authentication and billing functions into a common platform. Following pictures Figure 3 (as from ONF site) represent COMAC Architecture and which are the components used to build it.

COMAC - High Lever RD Architecture



OMEC Components



OMEC is serving as an upstream project to COMAC RD and it is an open source Evolved Packet Core (EPC [note 1]), designed to be used as a stand-alone EPC, compliant with 3GPP Release 13 and built using an NFV (Network Function Virtualization) architecture optimized for Intel platforms. OMEC provides full connectivity, billing and charging capabilities. It is also designed for lightweight and cost-effective deployments, including IoT and edge applications. As in the picture below OMEC includes EPC components, operational tools including CLI, Logging and Statistics Interface APIs to VNFs, CI/CD tools for

deployment configuration and automation.

LF EDGE initiative

5G is not just a new radio access and core infrastructure, but it will integrate fixed-mobile networks with highly distributed Cloud-Edge Computing facilities composed by big-medium Data Centers (replacing current Operator's PoPs) and a large number of small-medium Data Centers at the edge of the current infrastruc-

ture (i.e. in the access / distribution segments).

Edge computing as an evolution of cloud computing brings application hosting from centralized data centers down to the network edge, closer to consumers and the data generated by applications. Edge computing then opens the network edge for applications and services and it is one of the key technologies required to support low latency together with mission critical and future IoT services.

5G networks are a key future target environment for Edge computing deployments and in this scenario a lot of initiatives have been

computing applications running in virtual machines and containers to support reliability and performance requirements.

- **EdgeX Foundry:** focused on developing a common platform for the IoT edge;
- **Open Glossary of Edge Computing:** dedicated to edge computing definitions, developing a glossary and ensuring that projects share a common vocabulary;
- **Home Edge Project:** focused on IoT for end-user devices;
- **Edge Virtualization Engine (EVE):** a framework, based on APIs, for edge application management in the enterprise.

TM Forum Digital Services

TM Forum (www.tmforum.org) is the global industry association that drives digital transformation of the communications industry through collaboration.

BOS (Business Operating System) is the answer of TMF to the need to create a common and fully interoperable software framework for CSPs' core and future business, their future digital services and the ecosystems behind them (<https://vimeo.com/317162198>).

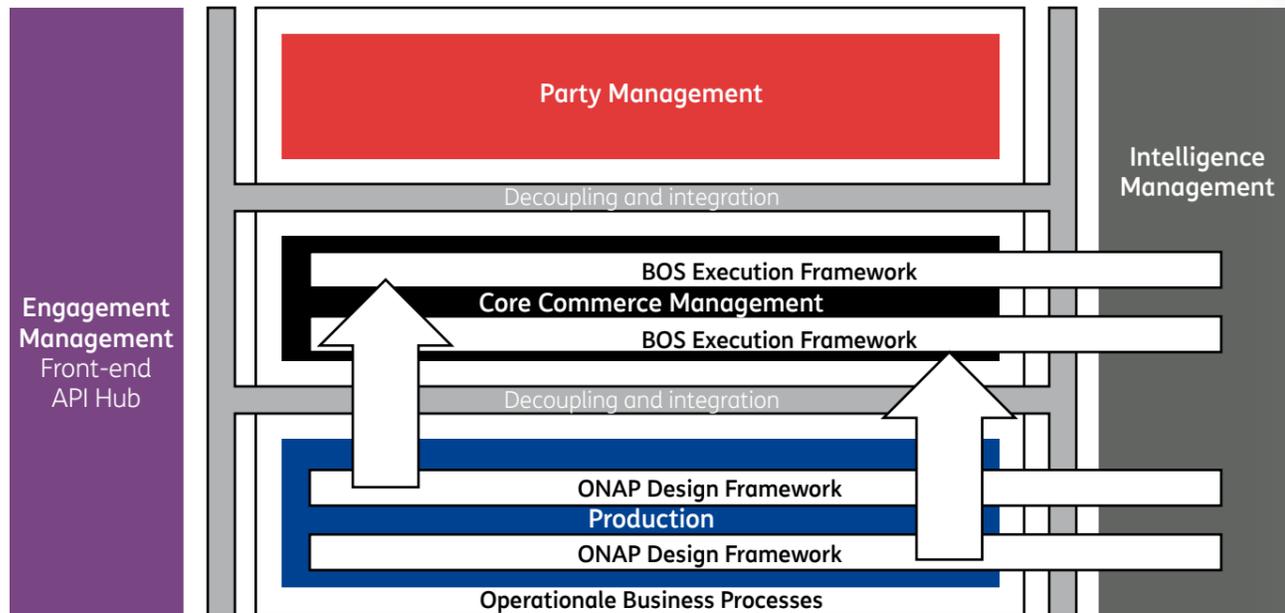
The core BOS kernel is composed of a Design Framework (implemented by the BOS Design Center) and an Execution Framework in charge of executing functions

started such as: MobileEdgeX the edge computing company founded by Deutsche Telekom (<https://mobilegex.com/>), ETSI ISG MEC (<https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>) to define standards specifications, Open Source Projects such as Akraino launched by ATT in 2018 and the new Kinetic Edge Alliance, an industry alliance of software, hardware and networking companies to accelerate the rollout of edge computing.

Just in February 2019, the Linux Foundation, a consortium that promotes and standardizes Linux Operating System and other open source

technologies, launched the LF Edge a new 'umbrella organisation' (www.lfedge.org) aimed to create an open and interoperable framework to address and solve the problem of the fragmentation of the edge market. This new organization, supported by more than 60 industry members, will initially take charge of these five projects:

- **Akraino Edge Stack:** founded by ATT it provides a collection of software tools that enable creation of edge-optimized cloud services and applications, based on either VMs on containers. To seed the project, AT&T provides code designed for carrier-scale edge



5

supporting the Core Commerce Management and the Intelligence Management blocks of ODA, to create an agile IT. ODA is the TM F reference architecture which sets a new vision for operational and business support systems (OSS/BSS), and a de facto standard for the design of open digital platforms (see picture where ODA blocks. A reference implementation of BOS is being developed in a DTW 2019 Catalyst to validate and showcase the ODA architecture and to check API + data models completeness and consistency, to federate energies towards the same ODA target, and to check compliance of vendors' solutions. It will expose public open APIs towards the Engagement Management and the Party

Management functional block and since it does not enforce any Engagement Management by default, it allows a total freedom to differentiate through a fully customized customer experience on all channels. One interesting aspect of the BOS Reference Implementation is the complementarity of its architecture to network Operating System, by natively interworking with ONAP (www.onap.org) based network factories. Starting from Beijing Release, ONAP used already TMF Open APIs exposing northbound the serviceCatalog, the serviceOrder, and the serviceInventory and in the future other Open APIs are expected. These APIs will be used by BOS to communicate with the Production Block. Having an architectural approach close to ONAP - BOS is expected to have the same clear distinction be-

tween design and execution frameworks - the same tools used for the development of ONAP can be reused and therefore making easier the BOS kernel development. According to TM F, there is a strong link with ONAP modules: ONAP SDC and DCAE modules could potentially be leveraged to develop BOS design center. The BOS orchestrator could also be implemented on Camunda BPM engine, the Active Inventory might be a good starting point for the Customer Products and Offers Installed Base. DMaaP is a generic powerful mechanism to collect data and implement event notifications. AAF (application authorization framework) is an interesting role based (and also attribute based) access control framework for all ONAP subsystems. In the short term (between now and 2020), an opensource reference im-

plementation will not replace a full commercial "commerce management" platform, but in the long run, commercial solutions are expected to leverage this reference implementation and add commercial innovative features.

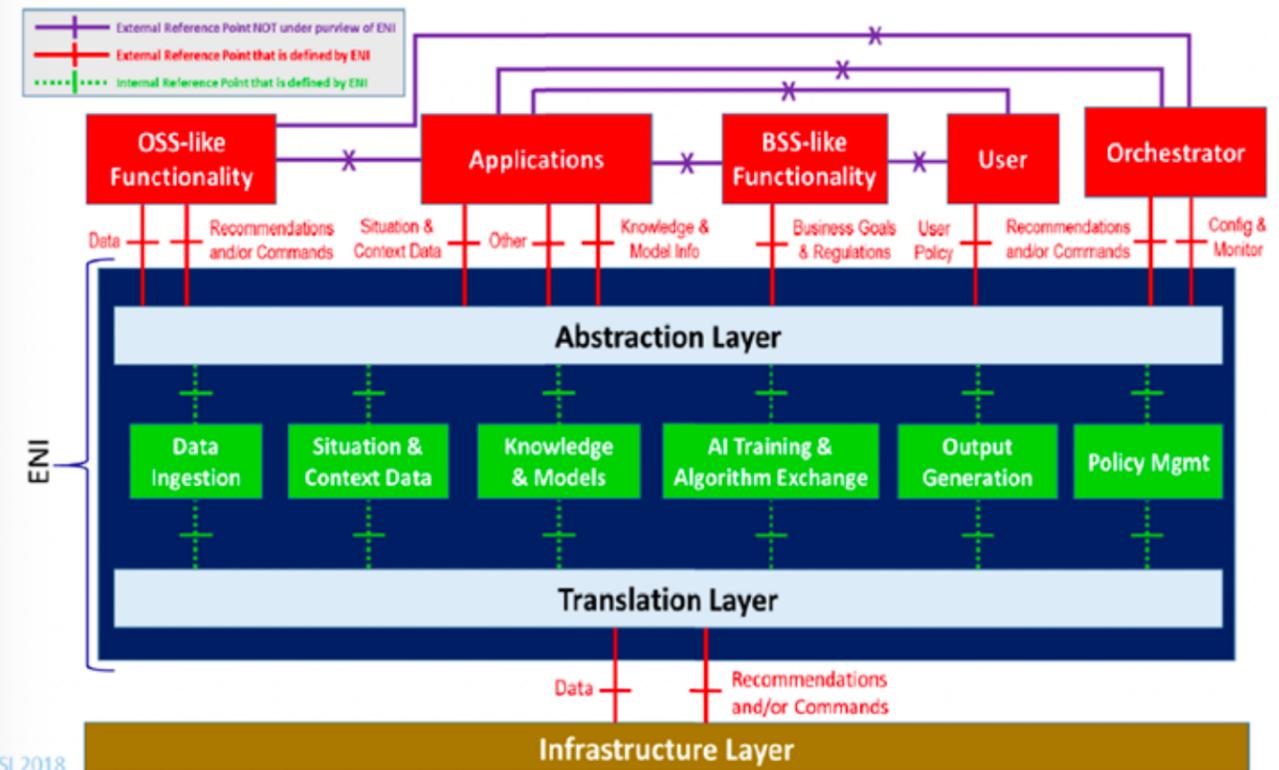
ETSI Artificial Intelligence to network management

ETSI-ISG ENI (Experiential Network Intelligence) is active since February 2017 to define a standard for the application of Artificial Intelligence (AI) to networking and, in particular, to

network management and operation, addressing increasing levels of automation and self-management (autonomicity, according to IEEE definition). The application of AI starts in fact from the assistance (to the network operator) for diagnostic and fault management purposes on traditional network systems (low or no automation), and is expected to become more and more penetrating and significative with the increasing level of virtualization. AI implementation will be essential in the final picture of the extensively virtualized and sliced network model proposed for 5G full exploitation, targeting full autonomicity, i.e. automation of the network adaptation to detected changes in the operation condi-

tions, new configurations, addition or removal of functionalities. The aim of ETSI ISG ENI is in fact to specify a Cognitive Network Management system incorporating a closed loop control approach, which is based on a "monitor-analyze-plan-execute" model and is enhanced by learning capabilities. ETSI ISG ENI has so far defined and published the Terminology, Use Cases and the Requirements for a Release 1 of the specifications together with a Gap-Analysis of Context-Aware Policy Management exploiting AI. The

ENI high level architecture with interconnecting interfaces



ETSI 2018

Notiziario Tecnico

Anno 28 - Numero 1, Aprile 2019

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.*