



Speciale:

Dal 5G al 6G: Standard & Ricerca 3/2021



notiziario tecnico



Il Notiziario Tecnico è un webzine, con taglio tecnico-divulgativo che presenta in modo ragionato l'evoluzione del settore delle tecnologie dell'informazione, dando particolare attenzione alle sinergie tra innovazione digitale e scenari di business. È possibile contattare gli autori in merito ai 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
Gabriele Elia
Daniele Franceschini

Web Director
Enrico Gallo

Photo
123RF Archivio Fotografico
Archivio Fotografico TIM
factorytim.assetsdelivery.com

Segreteria di redazione
Roberta Bonavita

Contatti
Via G. Reiss Romoli, 274
10148 Torino
notiziariotecnico.redazione@telecomitalia.it

E

ditoriale

Cari Lettori,
in questo numero del Notiziario Tecnico TIM, vogliamo condividere con voi alcune riflessioni, in particolare legate alla “staffetta” 5G-6G. Il 2021 è stato l'anno in cui lo sviluppo commerciale del 5G è iniziato in modo sistemico sia in Italia che nel mondo, ma è anche l'anno in cui si sono avviate le attività di ricerca per la prossima generazione del mobile, il così detto 6G.

È ormai noto che il 5G sta entrando nella sua maturità tecnologica; nel 2021, infatti, è stato lanciato nel mondo in oltre 72 Paesi da quasi 200 operatori ed ha oltre 500 milioni di utenti a livello mondiale. Ci fa piacere dire come la rete 5G TIM, a novembre 2021, sia stata certificata da enti indipendenti (es. Ookla) come la più veloce d'Italia e tra le prime 30 al mondo con una velocità media che sfiora i 300 Mbps.

Tuttavia, le evoluzioni tecniche del 5G non sono terminate e in questo numero del Notiziario Tecnico TIM vogliamo ricordare in particolare gli sviluppi a livello di standardizzazione (come l'arrivo delle release 17 e 18 del 3GPP) che miglioreranno ulteriormente le possibilità per i clienti 5G e focalizzarci sulle soluzioni (come lo sviluppo delle specifiche Open RAN) che aumenteranno ancora di più la flessibilità della rete.

Tutto ciò ha spinto alcuni analisti a parlare esplicitamente del prossimo “5.5G”. L'ente di standardiz-

zazione 3GPP con il 4G e il 5G è stato inoltre capace di definire una soluzione di rete globale dopo le frammentazioni di vario tipo del 2G e del 3G. Oggi si stanno “scaldando i motori” per la messa a punto del 6G, la nuova generazione mobile che ci accompagnerà nei prossimi anni. La ricerca sul 6G sta ponendo le basi tecniche e anche brevettuali per poter poi iniziare lo sviluppo sistemico, anche con i trial in campo, del nuovo standard.

In questo numero della nostra rivista spieghiamo non solo le basi tecniche del 6G, ma anche come, in questo momento, questa tecnologia sia polarizzata attorno a grandi ecosistemi geopolitici: l'Europa ha iniziato i primi programmi, tra cui il “Progetto Flagship Hexa-X”, a cui TIM partecipa attivamente; in USA è stata definita una “Next G Alliance”, con molti costruttori ed operatori impegnati nella definizione di una vision statunitense sul 6G; ed ancora, USA e Giappone hanno anche annunciato un'alleanza strategica per il 6G, forse per fronteggiare le mosse della stessa Korea, che sul 6G sta facendo proposizioni interessanti ed in particolare della Cina, che ha un programma strutturato sul 6G, in cui sono coinvolte decine di aziende insieme agli operatori.

Di certo, nei prossimi mesi il 6G sarà il nuovo protagonista dell'innovazione tecnologica del mondo delle telecomunicazioni, in cui TIM è pronta a giocare il suo ruolo in modo proattivo. ■

Buona lettura
Michela Billotti

Indice



Enrico Buracchini, Maria Pia Galante, Mario Madella, Giovanni Romano

3GPP: l'evoluzione del 5G verso il 6G

Il 3GPP ha specificato le tecnologie cellulari commercializzate negli ultimi 20 anni: UMTS, LTE e 5G. Questo articolo evidenzia cosa "bolle in pentola" nell'ente di standardizzazione per quanto riguarda le evoluzioni del 5G: Release 17 o 5G fase 3, Release 18 che sarà nota con il brand 5G Advanced.



Andrea Buldorini, Marco Caretti, Giovanni Romano

O-RAN ALLIANCE: l'evoluzione dell'accesso radio

O-RAN ALLIANCE si pone l'obiettivo di definire una nuova architettura dell'accesso radio, passando da una soluzione monolitica (single vendor) ad un'architettura aperta, virtualizzata e realmente interoperabile (multi-vendor). Questo articolo descrive le attività in corso e i principali rilasci tecnici, riferiti alla versione più recente delle specifiche (July 2021 train).



Luca Pesando, Enrico Scarrone

ETSI per AI, IoT e Digital Twin

I segmenti Verticali nei quali il 5G si pone come abilitatore tecnologico, sono eterogenei e in molti casi sono caratterizzati da tecnologie e/o device specifici di questi ambiti, come per esempio l'automazione industriale o il gaming. L'introduzione del 5G in questi domini va fatta, a maggior ragione, in sincrono con l'evoluzione dei device e delle tecnologie.



Massimo Banzi

L'evoluzione del TMForum verso un'architettura integrata e aperta

L'evoluzione degli operatori da semplici fornitori di connettività a fornitori di servizi digitali ha spinto il TMF a ridefinire tutti i propri asset all'interno di una cornice molto più formalizzata ed allineata con modelli architetturali condivisi (TOGAF e NGOSS).



Rosaria Persico

Come cambia la core fissa con la Wireless Wireline Convergence

L'esigenza di paradigmi Beyond Connectivity per destreggiarsi in un contesto di mercato Telco profondamente mutato per l'entrata degli Hyper Cloud Providers sta dando impulso alla ricerca di soluzioni di rete che permettano di valorizzare la prossimità al cliente delle piattaforme di servizio e una modalità più dinamica per accedervi.



Manuela Bargis, Flavio Buscaglia,
Antonella Napolitano, Damiano Rapone

5GAA e mobilità

Il 5G si pone l'obiettivo non solo di connettere le persone, ma anche di aiutare le industrie verticali. In quest'ottica, 5GAA (5G Automotive Association) ha l'obiettivo di assicurare una "mobilità connessa" tra le persone, i veicoli e l'infrastruttura stradale. 5GAA riunisce il mondo telco e quello automotive per rispondere ai bisogni di mobilità abilitando soluzioni di guida autonoma, viabilità intelligente e gestione del traffico stradale.



Enrico Buracchini, Mauro Boldi, Damiano Rapone

The worldwide path towards 6G

At a recent conference, tech managers asked about at which level 5G potential is already exploited, answered indicating 3 to 5 in a scale of 10.



Mauro Boldi, Raffaele de Peppe

Il programma Horizon Europe, 6GIA e altre iniziative

La Commissione Europea finanzia la ricerca in tutti i settori e anche in quello delle telecomunicazioni con programmi quadro di notevole importanza per l'azienda, garantendo finanziamenti a attività di innovazione che introducono soluzioni per lo sviluppo del business dei prossimi anni. Il programma "Horizon Europe" coprirà il periodo 2021-2027.

3GPP: L'EVOLUZIONE DEL 5G VERSO IL 6G

Enrico Buracchini, Maria Pia Galante, Mario Madella, Giovanni Romano



Il 3GPP ha specificato le tecnologie cellulari commercializzate negli ultimi 20 anni: UMTS, LTE e 5G.

Questo articolo evidenzia cosa "bolle in pentola" nell'ente di standardizzazione per quanto riguarda le evoluzioni del 5G: Release 17 o 5G fase 3, Release 18 che sarà nota con il brand 5G Advanced.

Secondo stime recenti, le reti 5G arriveranno a coprire un terzo della popolazione mondiale nel 2025, segnando un impatto sempre più profondo sull'industria della telefonia mobile e sui suoi clienti. Perché, come ormai sappiamo, il 5G non è solo una nuova generazione di tecnologie radiomobili ma l'inizio di una nuova era in cui connessioni digitali pervasive saranno il propulsore della cosiddetta "quarta rivoluzione industriale" destinata a trasformare in tutti i settori dell'attività umana il modo di produrre, di lavorare, di muoversi, di curarsi, di vivere. Il cuore della tecnologia 5G è frutto di un processo di standardizzazione guidato dal 3GPP, un progetto di sette diverse organizzazioni internazionali costituitosi a fine anni '90

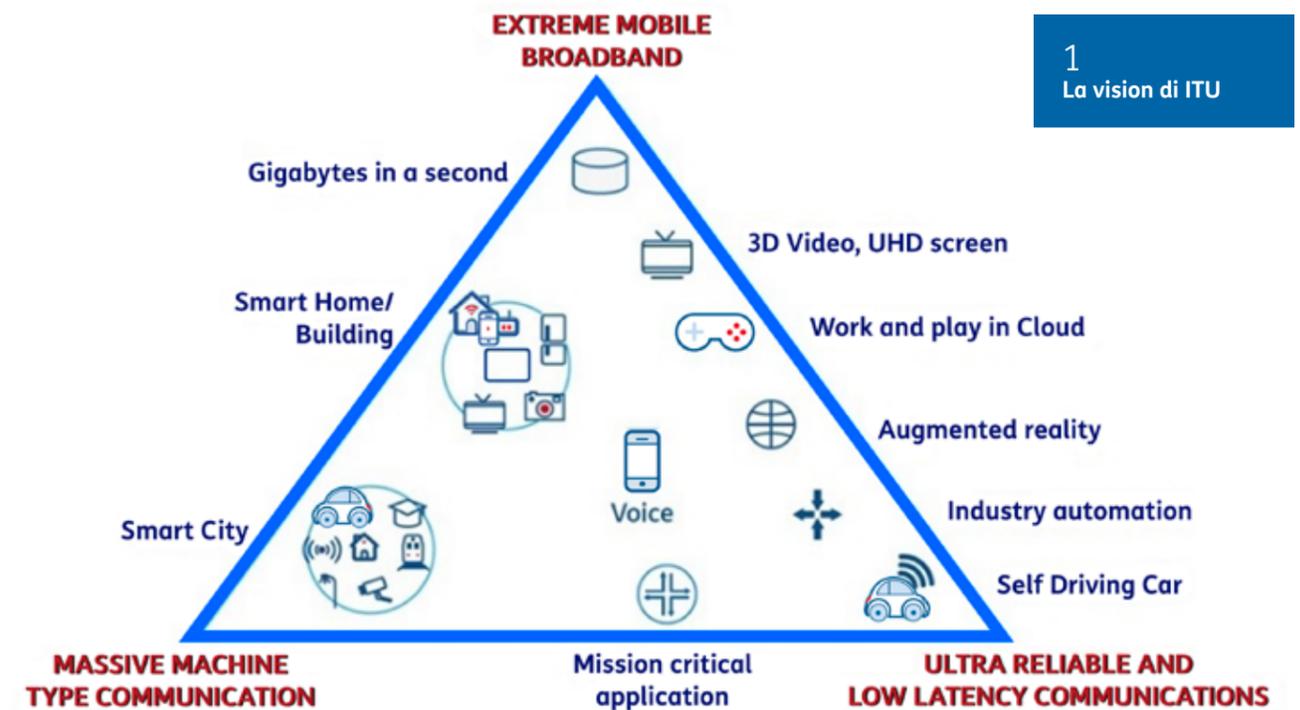
(erano i tempi del GSM...) per lo sviluppo di standard globali di telecomunicazioni, a garanzia di roaming, interoperabilità, economie di scala [1].

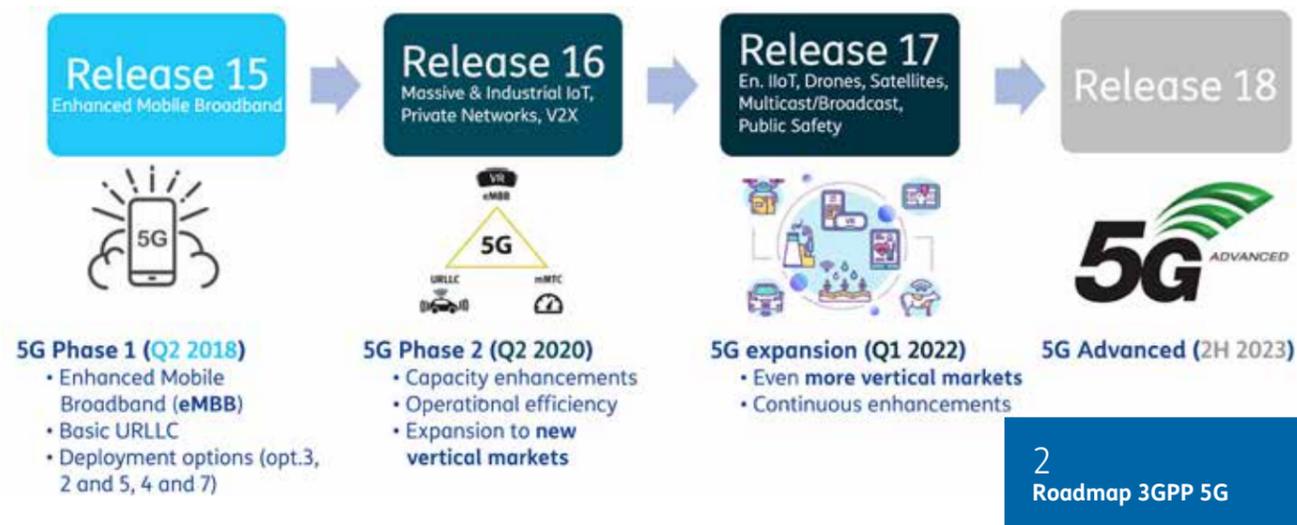
Il 5G in 3GPP: evoluzione in più fasi

Le prime attività 3GPP sul 5G hanno visto a dicembre 2017, dopo una lunga fase di studi, il primo rilascio della specifica del nuovo accesso radio NR in grado di connettersi alla rete in accoppiata con accessi LTE (modalità Non-Stand-Alone, NSA). Successivamente, a giugno 2018, è stata formalmente rilasciata nell'ambito della Release 15 la

specifica dell'accesso radio 5G NR in grado di operare in modo indipendente da reti LTE (modalità Stand-Alone, SA) e la specifica dell'architettura della nuova 5G Core Network (5GC) dove il paradigma di interazione tra le sue componenti (Network Function) è basato sull'esposizione di servizi (per questo anche denominata Service Based Architecture, SBA) in modo simile a quanto accade per i Web Services.

La nuova 5G Core è stata quindi disegnata sin dall'inizio come cloud native e questo ha permesso di introdurre nuove capacità di orchestrazione e nuove funzionalità come lo *slicing*, il supporto per *edge computing* e l'exposure verso terze parti.





Questi primi rilasci sono spesso anche indicati come “fase 1” del 5G, in quanto prevalentemente focalizzati ad abilitare i tradizionali servizi di connettività mobile (eMBB, *enhanced mobile broadband*). È su tali premesse tecnologiche che si innestano i successivi sviluppi orientati a migliorare le prestazioni di NR e della 5G Core in termini di bassissima latenza, altissima affidabilità (URLLC, Ultra Reliability Low Latency Communication) e di elevata densità di connessioni (massive IoT) per abilitare nuove applicazioni industriali.

La “fase 2”, ovvero la Release 16 completata a giugno 2020, porta dunque a compimento il disegno iniziale prefigurato da ITU a supporto della triade di servizi eMBB, URLLC e massive IoT (Fig.1), predisponendo nativamente la nuova rete dell’Operatore all’offerta di servizi digitali

per la clientela consumer e per le aziende. Un’overview dei contenuti delle prime due Release 5G è disponibile in [2].

Alcune funzionalità sono già nella roadmap commerciale di manifatturiera di rete e di terminali, altre attendono di essere sviluppate in base alla domanda effettiva del mercato, ai volumi e ai potenziali ritorni economici.

L’avvento dell’emergenza sanitaria COVID-19 ad inizio 2020 non ha frenato lo slancio dell’industria al continuo miglioramento degli standard LTE e NR ma ha inevitabilmente comportato dei ritardi dovuti alle modalità di lavoro remoto adottate da 3GPP.

Al momento della scrittura di questo articolo, la “fase 3” del 5G o Release 17 è prevista in completamente a marzo 2022 (Fig.2).

Release 17: il 5G di “fase 3”

La “fase 3” del 5G si pone l’obiettivo di abilitare nuovi mercati verticali, oltre a potenziare le capacità di supporto di quelli già indirizzati, lavorando nelle seguenti tre direttrici (Fig.3): l’ampliamento dell’ecosistema, cioè il supporto di nuovi mercati verticali; l’incremento delle prestazioni e dell’efficienza dell’accesso radio; la definizione di nuovi abilitatori architetturali.

Supporto di nuovi mercati verticali

Rispetto alla filiera applicativa dell’IoT, la Release 17 lavora su due fronti: uno caratterizzato da KPI sempre più estremi in termini di latenza, affidabilità e precisione/velocità di localizzazione a supporto di use case di automa-

zione industriale (IIoT, Industrial IoT); l’altro contraddistinto da densità sempre maggiori di oggetti connessi alla rete (Massive IoT). In particolare, IIoT prevede nuove soluzioni per localizzazione fino all’ordine di decine di cm e l’estensione dei meccanismi URLLC e dei protocolli di Time Sensitive Networking per comunicazioni di tipo deterministico e isocrone su protocolli Ethernet [3].

In ambito Massive IoT, la specifica di device NR con complessità ridotta (REDCAP, REDuced CAPabilities UEs) ha l’obiettivo di abilitare il segmento di mercato M2M che richiede prestazioni maggiori rispetto a NB-IoT, ma dove non sono richieste tutte le funzionalità eMBB. Un esempio è costituito da

videocamere con velocità di upload di pochi Mbps. Altra applicazione sono i dispositivi wearables (smartwatches).

Si definisce, per la prima volta, l’integrazione in rete mobile di accessi satellitari (NTN, Non Terrestrial Networks) sia di tipo NR/5GC sia NB-IoT/EPC. Questa funzionalità garantirà ad una stessa PLMN di fornire servizio sia broadband dati sia IoT laddove la realizzazione di accessi terrestri sarebbe economicamente non sostenibile o in aree remote e difficilmente raggiungibili (si pensi per esempio ai sensori per monitorare i ghiacciai nelle Alpi o le piattaforme petrolifere nell’oceano).

Dopo l’abilitazione dei servizi V2X per smart road e auto connesse,

che vengono in ogni caso evoluti anche in questa fase, è la volta dei droni (veicoli aerei senza equipaggio), per i quali la Release 17 prevede meccanismi di controllo, identificazione e tracciamento, incluso l’accesso al servizio a terze parti autorizzate, basati su rete mobile.

Infine, anche la nuova 5G Core e l’accesso NR vengono estesi con funzioni di multicast/broadcast cercando di superare i limiti del multicast 4G [4] grazie ad una più netta separazione tra componenti di servizio ed elementi di puro trasporto del traffico, in modo da poter utilizzare ciascuna componente in modo flessibile e solo quando necessario. I servizi multicast/broadcast sono pensati per applicazioni di varia

Rel 17 contents - Three pillars

Industrial IoT

- NR positioning enh
- NR operation up to 71 GHz
- URLLC enh, Time Sensitive Communication
- Focus on Video, Imaging and Audio for Professional Applications

Massive IoT

- Low Complexity NR devices
- NB-IoT and LTE-M enh

Satellite

- Satellite (NTN) NR
- NTN NB-IoT/LTE-M

Drones

- Remote identification & tracking

Broadcast over 5G

- Far Mission Critical, V2X ... (no Receiver-Only Mode)
- NR Multicast & Broadcast

Enlarge the ecosystem



Improve performance and efficiency

- MIMO enhancements
- Dynamic spectrum sharing enh
- NR coverage enh
- UE Power Saving enh
- Option 3 improvements
- Multi SIM support
- Integrated Access and Backhaul enh
- SON and MDT enh
- CA, DC/ new bands



New System Enablers

3

I tre pilastri della Release 17

•5G Prose (Proximity Services)

- NR d2d discovery and communication

•Edge Computing enh.

- Network and Application layer support (discovery, registration, AS relocation, ...)
- Management and Security

•Non-Public-Networks enh.

- Neutral Host support
- NPN Management

•Network Slicing enh.

- support for GSMA Generic Slice Templates (GST) enforcement
- e.g. max# of UEs per Slice, UL/DL data rate per UE in a Slice, ...

•Network automation enh.

- support new use cases (e.g. slice SLA assurance, ...) and architecture (e.g. distributed NWDAF) by enhanced NWDAF (in CN) and Management Data Analytics Service (in OAM)

•5G Vertical Application and Network APIs

- New middleware between the vertical applications and the underlying infrastructure
- simplify the deployment of vertical systems at large scale
- Eg. Common API Framework (CAPIF), Edge Application, Factories of the Future app, Drones app, ...

natura (upgrade massivo di device IoT, eventi video sportivi o musicali, Push-to-X per Public Safety, ...) con la possibilità di switch dinamico tra comunicazione tradizionale unicast e comunicazione multicast.

Miglioramenti della componente radio

Questa è un'attività di "routine" del 3GPP, ovvero l'ottimizzazione di funzionalità definite in Release precedenti. Tra le migliorie di maggior interesse per l'operatore mobile si segnalano le soluzioni per garantire un miglior funzionamento della tecnica MIMO, caratteristica chiave dell'accesso NR e per rendere più efficiente la tecnica di dynamic spectrum sharing, che permette di suddividere in modo dinamico le risorse di cella tra LTE e NR.

Altre funzionalità di rilievo sono la specifica di nuove funzionalità SON (in aggiunta a quelle già specificate in Rel 16), tecniche per migliorare la mobilità in reti 5G NSA (option 3) e nuove combinazioni di carrier aggregation/dual connectivity per incrementare il throughput, il broadcast/multicast già citato, oltre alla localizzazione suddetta.

Nuovi abilitatori di sistema

Contestualmente a prestazioni specifiche per i Vertical, la Release 17 ha introdotto anche un insieme

di abilitatori a supporto di diversi modelli di servizio. Tra questi vi è il 5G ProSe (Proximity Service) per la comunicazione diretta su accesso NR tra due device o, tramite Relay, tra un device fuori copertura e la rete, come richiesto principalmente dalle applicazioni di Public Safety.

Il supporto per Reti Private (Non-Public Network, NPN), definito già in Release 16, viene esteso indirizzando ulteriori requisiti di servizio come il supporto ad applicazioni audiovideo professionali, a voce e servizi di emergenza in reti *Standalone* NPN (SNPN), a scenari di "neutral hosting" dove l'accesso a SNPN può avvenire anche con credenziali detenute da un'entità terza. Infine, sia per reti di tipo SNPN che per reti PNI-NPN (Public Network Integrated NPN) viene abilitato l'*onboarding* di UE senza credenziali, per poterne effettuare il provisioning da remoto.

Per quanto riguarda il "network slicing", ovvero la capacità nativa del sistema 5G di configurare end-to-end reti logiche virtualizzate con determinate caratteristiche di traffico e destinazioni d'uso, sono definiti i meccanismi per rendere controllabili da Operatore e dunque monetizzabili, i valori degli attributi previsti dal Generic Network Slice Template di GSMA in modo che questi possano essere oggetto di SLA tra Operatore e cliente Vertical [5].

Ad esempio, è stata introdotta una quota relativa al numero massimo di terminali connessi e di PDU Session attivate per singola slice. Si stabiliscono anche vincoli sull'uso simultaneo di particolari slice e meccanismi per la selezione assistita dalla Core Network delle frequenze radio da utilizzare per certe slice.

In tema di Network Automation sono apportati miglioramenti significativi al framework NWDAF (Network Data Analytics Function). Definita in forma embrionale dalla Release 15, questa Network Function consente all'Operatore di generare, mediante tecniche di Artificial Intelligence/Machine Learning e a partire dai dati raccolti dalle altre funzioni della 5G Core, una serie di statistiche e predizioni sullo stato di varie risorse (slice, rete, terminali, ...) abilitando procedure automatiche di risoluzione, prevenzione e mitigazione di anomalie o fault di rete.

Le estensioni di Release 17 riguardano la definizione di nuovi analytics (Session Management Congestion Control Experience, ecc.), la decomposizione logica delle NWDAF, l'interazione e coordinamento tra più NWDAF, la raccolta e la distribuzione più efficiente di dati con l'ausilio di una Data Collection Coordination Function ed un Messaging Framework. Sono anche considerati gli aspetti relativi al consenso dell'utente du-

rante la gestione dei dati raccolti dai terminali.

È infine migliorato il supporto per Edge Computing con l'introduzione di meccanismi per ottimizzare lo scambio di traffico tra terminali d'utente e server applicativi dispiegati all'Edge.

Ad esempio, sono specificate procedure basate sul protocollo DNS per scoprire il server applicativo più vicino all'utente e per scegliere un server migliore quando l'utente si muove, in modo da garantire sempre transazioni a bassissima latenza.

In aggiunta a queste procedure che riguardano la Core Network, il 3GPP definisce anche un'architettura complementare di livello applicativo (EdgeApp), dispiegabile nel dominio dell'Operatore o di una terza parte, che facilita la

fruizione all'edge delle applicazioni che lo richiedano [6].

L'architettura EdgeApp è solo uno dei componenti di un nuovo middleware a cui 3GPP ha iniziato a lavorare negli ultimi anni per favorire lo sviluppo di un ecosistema integrato, dai client alla 5G Core ai server applicativi e per diversi Vertical (smart factory, V2X, droni...) [7].

Il 5G-Advanced: la prima fase di evoluzione verso il 6G

Mentre la Release 17 segna il raggiungimento della maturità tecnologica del 5G così come era stato inizialmente concepito, il mondo della ricerca (e non solo) sta incominciando a discutere il 6G con l'aspettativa di ve-

derne le prime specifiche entro il 2030.

Per caratterizzare la prossima fase, che si preannuncia dunque di evoluzione verso il 6G, il 3GPP ha deciso di definire il nuovo brand "5G Advanced" (Fig.4), in modo del tutto analogo a quanto già si fece per il 4G.

Al momento della scrittura di questo articolo, il 3GPP non ha ancora stabilito cosa sarà incluso nella Release 18.

Una decisione in merito è prevista solo a fine 2021 per cui nel seguito si illustreranno alcune proposte di particolare rilievo seguendo una lettura simile a quella utilizzata per la Release 17.

Supporto di nuovi mercati verticali

È plausibile che la ricetta per la Release 18 sarà un mix bilanciato di



4
Il logo 5G Advanced che sarà utilizzato a partire dalla Rel18

tecnologie innovative a supporto di ulteriori mercati Verticali, anticipatorie di use case/trend che vedranno piena maturità solo nel 6G e di tecnologie in continuità le fasi precedenti per offrire risposta ad esigenze emerse dai deployment 5G.

Tra i nuovi settori che potranno beneficiare di comunicazioni ancora più performanti in termini di latenza e affidabilità vi è il settore delle Smart Grid, per la distribuzione efficiente ed intelligente dell'energia specie in contesti di crescente diffusione delle fonti rinnovabili (solare, eolico, ...) [8].

Il Timing Resiliency, inoltre, consentirà al sistema 5G di offrire il "Time as a Service", ovvero un riferimento temporale accurato a supporto di un ampio ambito di applicazioni (dalle stesse smart grid alla finanza, logistica,...) come integrazione o in sostituzione del sistema GNSS (Global Navigation Satellite Systems) [9].

Proseguirà poi l'evoluzione del supporto di accessi satellitari, o più in generale Non-Terrestri es. nodi radio a bordo di piattaforme in quota, di droni connessi e gestiti via rete, del massive IoT verso device senza batteria per superare le limitazioni degli attuali RFID es. per sensori a bassissimo consumo (Passive IoT), e del 5G

broadcast per la trasmissione Free-To-Air di contenuti televisivi verso terminali senza USIM (ROM, Receiver-Only-mode).

Miglioramenti della componente radio

Tra i miglioramenti della radio si stanno discutendo soluzioni per incrementare le prestazioni in uplink per rispondere agli use case con elevato throughput e basse latenze. Alcune soluzioni al vaglio prevedono nel device la presenza simultanea di più di quattro catene di trasmissione e/o tecniche MIMO evolute.

Si prevede inoltre lo studio di nuove tecniche di multiplexing come la trasmissione full duplex.

Questa consiste nella trasmissione contemporanea in uplink e downlink nello stesso slot della trama radio Time Division Duplex, TDD. Si noti che la tecnica TDD "tradizionale" prevede la trasmissione nei due link in diversi istanti temporali (slot).

Essendo questa un'attività di studio, è però prevedibile che eventuali soluzioni saranno specificate in Rel 19.

Altro tema è lo studio e la specifica di soluzioni tecniche per minimizzare il consumo energetico complessivo in tutta la catena radiomobile.

Nuovi abilitatori di sistema

Tra le novità architetturali al vaglio della Release 18, quelle che verosimilmente potranno caratterizzare il sistema 5G-Advanced sono riassumibili in:

- nuove capacità di comunicazione immersiva/eXtended Reality: il sistema 5G sarà in grado di garantire una migliore QoS per il traffico applicativo grazie ad una maggiore conoscenza della struttura del suo flusso dati. Nuove esperienze di interazione saranno rese possibili grazie alla Multimodalità, ovvero al trasferimento, in sincrono al flusso audiovisivo, di dati da sensori ambientali (luminosità, temperatura, ...), tattili (pressione, consistenza, vibrazione, temperatura) e cinestetici (gravità, forze di trazione, ...) per applicazioni turistiche, industriali, biomedicali, ... [10];
- Intelligenza Artificiale: le capacità di trasmissione favoriranno un uso estensivo di applicazioni basate su tecniche di AI/ML (es. riconoscimento video, controllo robot, remote driving, ...) [11]. Allo stesso tempo le tecniche di AI/ML forniranno maggiore assistenza e supporto all'Operatore per l'automazione e l'orchestrazione della rete stessa, sia in Core sia nell'accesso radio. Infine, è prevista una fase di

studio per applicare le tecniche AI/ML alla trasmissione dei dati per esempio per adattarla al variare delle condizioni radio;

- convergenza: si prevede un nuovo impulso ai temi che riguardano la capacità della rete 5G di servire anche i Residential Gateway attestati ad accessi fissi a banda larga, in fibra per esempio. La proposta è quella di abilitare servizi differenziati ai terminali posti dietro tali Residential Gateway e di consentire la creazione di reti wireless residenziali e reti personali di sensori IoT controllati dall'operatore [12] [13].

Anche se lo stato dei primi deployment delle reti 5G core è ad un livello di maturità tale da non consentire una raccolta significativa di problematiche e di indicazioni correttive, non mancano proposte di miglioramenti in diversi ambiti.

Per l'Edge si pensa ad esempio di abilitare l'esposizione in tempo reale di informazioni inerenti ai terminali (es. latenze, data rate, ...) e di coordinare l'uso dello stesso nodo edge per interi gruppi di device, ad esempio per applicazioni di gaming.

La Service Based Architecture potrebbe vedere una maggiore modularità e capacità di expo-

sure delle funzioni di user plane (UPF), oltre che una completa programmabilità del Service Function Chaining per servire meglio le esigenze di diversi vertical.

Infine, per le reti private NPN si prevede un'ulteriore disaggregazione dei ruoli di fornitura del servizio all'utente finale, con possibilità di accedere a servizi forniti da una rete "hosting" di terza parte anche solo in modalità temporanea [14].

I lavori della Release 18 sono previsti iniziare nella prima metà del 2022 e al momento il completamento (il cosiddetto "functional freeze") è atteso per dicembre 2023.

Considerando che di norma sono richiesti 12-18 mesi tra il completamento della Release e la disponibilità dei prodotti commerciali, ci si può aspettare di vedere il lancio di soluzioni basate sulla Release 18 non prima della metà del 2025.

Conclusioni

La pandemia non ha arrestato i lavori del 3GPP sugli standard LTE e NR. La Release 17 conclude un primo ciclo di sviluppo del sistema 5G, perfezionandone la versatilità d'uso, la configurabilità e la robustezza a beneficio

di una molteplicità di filiere industriali.

Il ciclo successivo in procinto di aprirsi con la Release 18 (5G-Advanced) sarà caratterizzato da un mix di elementi evolutivi e innovativi, integrando i miglioramenti continui delle prestazioni di rete con soluzioni e componenti tecnologiche in evoluzione verso il 6G.

Mentre le prime reti 5G a standard Release 16 sono in corso di dispiegamento in varie parti del mondo, le specifiche di Release 17 saranno concluse entro marzo 2022 e i prodotti potenzialmente disponibili al mercato nel 2023.

I lavori del 5G-Advanced, pur gravati ancora dall'incertezza dovuta al Covid e alla conseguente difficoltà di ripristinare riunioni internazionali in presenza, dovrebbero concludersi per dicembre 2023. ■

3GPP

Il 3GPP, 3rd Generation Partnership Project, è un progetto di sviluppo di specifiche tecniche per il settore radiomobile a cui partecipano 7 diversi Enti di standardizzazione regionale: ETSI (per l'Europa), ATIS (USA), ARIB e TTC (Giappone), TTA (Corea), CCSA (Cina) e TSDSI (India).

Il 3GPP nacque nel 1998 quando, sull'onda del successo del GSM, i maggiori enti di standardizzazione mondiali decisero di definire uno standard unico per i sistemi di terza generazione basato su tecnologia W-CDMA. Fino a quel momento, infatti, esistevano solo standard regionali come il GSM, nato in Europa con ETSI, o addirittura nazionali come il PDC giapponese. L'idea di un Partnership Project doveva appunto servire a creare un nuovo standard tecnologico adottabile in tutti i principali mercati di riferimento mondiali.

Tutte le aziende iscritte ai vari Enti regionali (denominati anche OP, Organizational Partners) hanno quindi automaticamente diritto a partecipare ai lavori del 3GPP. La rappresentanza dell'ecosistema mobile è pressoché completa, spaziando dai costruttori di apparati di rete e terminali, chipset e SIM card vendor, agli operatori di rete e recentemente anche ad esponenti del mondo OTT, dei Vertical (Public Safety, Media Broadcaster, Industry 4.0, Automotive) e di varie agenzie governative (USA, UK, Francia, ...).

L'ente è organizzato in WG (Working Groups) e TSG (Technical Specification Groups), come schematizzato nella figura che evidenzia anche le competenze assegnate a ciascun gruppo.

Ogni WG fa riferimento ad un TSG (plenaria) e si riunisce regolarmente (in media cinque - sei volte all'anno)

per portare avanti le attività tecniche di sua competenza. Ogni plenaria, trimestralmente, ratifica gli avanzamenti tecnici prodotti dai propri WG e costituisce un momento di discussione e risoluzione di tutte le questioni tecnico-politiche su cui i gruppi di lavoro non riescono a trovare consenso al loro interno.

Il PCG (Project Coordination Group) ratifica semestralmente gli avanzamenti delle attività dei TSG e mantiene i rapporti formali verso ITU ed altre associazioni rappresentative del mercato (es. GSM Association, NGMN, 5GAA, ...).

Il lavoro in 3GPP si basa sui contributi tecnici delle singole compagnie facenti parte di un OP (Individual Members); le attività sono strutturate in progetti denominati SID (Study Item), ovvero studi di fattibilità per valutare vantaggi/svantaggi di una nuova funzionalità,

ed in WID (Work Item), ovvero lavori di tipo normativo che prevedono la produzione di specifiche tecniche. I singoli progetti (SID/WID) e i corrispondenti deliverable sono a loro volta cadenzati in raccolte denominate Release, ovvero insiemi autoconsistenti e coerenti di funzionalità che abilitano nuovi servizi, nuove prestazioni o semplicemente ottimizzazioni di quelle esistenti.

Le Release sono rilasciate mediamente ogni 18-21 mesi per permettere di reagire a nuove esigenze di mercato e al contempo dare tempo a sufficienza ai gruppi di lavoro di completare le specifiche tecniche delle nuove funzionalità. Di norma, ovvero se la domanda è sufficiente a motivare gli sviluppi di implementazione e testing, i prodotti commerciali appaiono sul mercato 12-18 mesi dopo il rilascio di una Release.

Project Co-ordination Group (PCG)

TSG RAN Radio Access Network	TSG SA Service & System Aspects	TSG CT Core Network & Terminals
RAN WG1 Radio Layer 1 (Physical Layer)	SA WG1 Services	CT WG1 User Equipment - Core Network protocols
RAN WG2 Radio Layer 2 and Radio Layer 3 Radio Resource Control	SA WG2 System Architecture and Services	CT WG3 Interworking with External Networks & Policy and Charging Control
RAN WG3 UTRAN/E-UTRAN/NG-RAN architecture and related network interfaces	SA WG3 Security and Privacy	CT WG4 Core Network Protocols
RAN WG4 Radio Performance and Protocol Aspect	SA WG4 Multimedia Codecs, System and Services	CT WG6 Smart Card Application Aspects
RAN WG5 Mobile Terminal Conformance Testing	SA WG5 Management, Orchestration and Charging	
	SA WG6 Application Enablement and Critical Communication Applications	
RAN AH1 RAN ad hoc group on ITU-R		

ITU, “COMMITTED TO CONNECTING THE WORLD”

L'ITU (Unione Internazionale delle Telecomunicazioni, www.itu.int) è l'Agenzia delle Nazioni Unite per l'Information and Communication Technologies il cui obiettivo è quello di coordinare l'attività mondiale delle Telecomunicazioni. Esso è organizzato in tre settori: ITU-R (Radiocomunicazioni), ITU-T (Standardizzazione) e ITU-D (Development). In particolare, il settore Radiocomunicazioni (ITU-R) è responsabile per la gestione dello spettro radio e delle orbite satellitari con l'obiettivo di assicurarne un utilizzo efficiente. Sviluppa anche Raccomandazioni e Report sulle caratteristiche tecniche e operative di una molteplicità di sistemi di radiocomunicazione.

Le attività di ITU-R sono organizzate in sette Study Groups che preparano i lavori della World Radio Conference (WRC) che ogni quattro anni aggiorna il Regolamento delle Radiocomunicazioni (ITU-R Radio Regulations), che regola le allocazioni dello spettro ai diversi servizi di radiocomunicazione e che ha natura di Accordo internazionale di carattere cogente per i paesi membri dell'ITU.

Lo Study Group 5 è responsabile per i Servizi Terrestri ed è organizzato in quattro Working Party fra cui il WP5D che si occupa della componente terrestre dei sistemi IMT (International Mobile Telecommunications).

A partire dai primi anni '90 ITU-R è stato il promotore della definizione dei sistemi IMT (originariamente chiamati FPLMTC - Future Public Land Mobile Telecommunication Systems), che includono IMT-2000, IMT-

Advanced e IMT-2020: ha specificato un dettagliato processo che vede una fase preparatoria di definizione dei requisiti delle tecnologie per la loro eventuale inclusione nella famiglia IMT, la sottomissione della candidatura di dette tecnologie da parte dei proponenti, tipicamente enti esterni all'ITU-R, la loro valutazione con il supporto di Gruppi di Valutazione, anch'essi esterni, e quindi la pubblicazione di una raccomandazione sulle caratteristiche tecniche dei sistemi che hanno superato con successo l'intero processo. Si è arrivati così all'inizio del 2000 all'approvazione della Racc. ITU-R M.1457 sui sistemi IMT-2000 (fra cui UMTS), seguita nel 2012 dalla Racc. ITU-R M.2012 su IMT-Advanced (fra cui LTE-Advanced) e all'inizio del 2021 dalla Racc. ITU-R M.2150 sui sistemi IMT-2020 (fra cui il “5G” come definito dal 3GPP). Queste raccomandazioni sono poi aggiornate nel tempo per riflettere i successivi sviluppi tecnologici.

Per quanto riguarda IMT-2020, il processo è iniziato nel 2012 ed ha visto nel 2015 la definizione della “Vision” (Racc. ITU-R M.2083), nel 2017 la specifica dei requisiti tecnici e delle metodologie di valutazione (Report ITU-R M.2410, M.2411 ed M.2412), e a metà 2019 la scadenza per la sottomissione della candidatura delle tecnologie. Al termine del processo di valutazione completato a inizio del 2020, l'ITU-R WP5D ha accettato per l'inclusione in IMT-2020 le tecnologie che avevano dimostrato di soddisfare i requisiti di IMT-2020 precedentemente fissati: oltre al “5G” del 3GPP (sia “3GPP 5G-SRIT”, ossia il set NR + LTE a partire dalla Release

15, sia “3GPP 5G-RIT”, ossia NR standalone) anche la soluzione “5Gi” sviluppata dall'ente di standardizzazione indiano (TSDSI) sulla base delle specifiche 3GPP. La prima Revisione della Racc. ITU-R M.2150, attesa per la fine di quest'anno, vedrà l'ulteriore inclusione del set proposto da ETSI “DECT-2020 NR” + il NR del 3GPP. ITU-R WP5D ha poi già iniziato i lavori per l'evoluzione di IMT in ottica 2030 e oltre e ha già avviato le attività di studio per individuare le principali tendenze evolutive della tecnologia e per definire una Vision per le future evoluzioni di IMT, anche per quanto riguarda lo spettro radio.

ITU-R WP5D è infatti anche responsabile di tutte le tematiche frequenziali relative ai sistemi IMT, in particolare per quanto riguarda gli studi in preparazione delle Conferenze Mondiali delle radiocomunicazioni (WRC) e le successive attività di implementazione, nelle raccomandazioni interessate, delle risoluzioni ivi formulate. In particolare, ITU-R WP5D ha il compito, relativamente ai sistemi IMT, di condurre gli studi di coesistenza e di sviluppare i piani frequenziali e le canalizzazioni.

Per quanto concerne la preparazione della prossima WRC-23, l'ITU-R WP5D è responsabile dei lavori in preparazione di due punti (agenda item, a.i.) all'ordine del giorno della WRC-23. Il primo, l'a.i. 1.2, riguarda l'identificazione di nuove bande di frequenza IMT nel range

tra 3 GHz e 10 GHz circa, tra cui la banda 6 425-7 025 MHz, di particolare interesse per lo sviluppo dei sistemi IMT in Europa. Il secondo, l'a.i. 1.4, riguarda l'uso di piattaforme aeree come sedi di stazioni radio base IMT in bande da individuare nel range fino a 2.7 GHz. Inoltre, in quanto responsabile delle questioni relative alla componente terrestre dei sistemi IMT, l'ITU-R WP5D concorre anche a tutte le altre attività preparatorie che coinvolgono i sistemi IMT, innanzitutto fornendone le caratteristiche tecniche ed operative e gli scenari implementativi di riferimento per le varie applicazioni, nonché le esigenze spettrali.

Proprio la determinazione della quantità di spettro richiesta dai sistemi IMT rappresenta uno dei risultati più rilevanti per un altro importante punto all'ordine del giorno della WRC-23: l'a.i. 1.5, che riguarda la revisione dell'uso della banda di frequenze 470-960 MHz e delle esigenze spettrali dei diversi servizi di radiocomunicazione cui la banda è allocata, in vista di eventuali successive azioni regolatorie.

Collegata alle WRC, è importante anche citare l'attività di aggiornamento della Racc. M.1036 che contiene tutti i piani frequenziali nelle bande identificate IMT nelle Radio Regulations e che è riconosciuta come guida essenziale a supporto delle Amministrazioni che vogliono implementare e utilizzare la componente terrestre dei sistemi IMT nelle bande identificate.

giovanna.dario@telecomitalia.it

nicola.magnani@telecomitalia.it

Bibliografia

1. Why 3GPP Just Works– Multiple Generations Of Global Cellular Standards And Solid Execution, <https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2021/09/09/why-3gpp-just-works-multiple-generations-of-global-cellular-standards-and-solid-execution/?sh=9431dde73ec7>.
2. La roadmap di standardizzazione del 5G, <https://www.gruppotim.it/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2019/n-1-2019/N4-La-roadmap-standardizzazione-5G.html>.
3. Enhanced support of Industrial IoT in the 5G System (Rel-17), https://www.3gpp.org/news-events/2225-ind_5g.
4. Il Mobile Broadcast, <https://www.gruppotim.it/tit/it/notiziariotecnico/numeri/2014-21/capitolo-5.html>.
5. NG.116 Generic Network Slice Template, <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/NG.116-v5.0-7.pdf>.
6. Enabling Edge Computing Applications in 3GPP, https://www.3gpp.org/news-events/2152-edge_sa6.
7. 3GPP SA6 accelerates work on new verticals, https://www.3gpp.org/news-events/2045-sa6_verticals.
8. Study on 5G smart energy and infrastructure, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.867/22867-i10.zip.
9. Study on 5G timing resiliency system, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.878/22878-i10.zip.
10. Study on supporting tactile and multi-modality communication services, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.847/22847-i00.zip.
11. Study on traffic characteristics and performance requirements for AI/ML model transfer, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.874/22874-i10.zip.
12. Study on enhancements for residential 5G, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.858/22858-i10.zip.
13. Study on Personal Internet of Things (PIoT) networks, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.859/22859-i10.zip.
14. Study on 5G Networks Providing Access to Localized Services, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.844/22844-i10.zip.

Acronimi

3GPP	3rd Generation Partnership Project	NWDAF	Network Data Analytics Function
5GC	5G Core Network	PLMN	Public Land Mobile Network
AI/ML	Artificial Intelligence/Machine Learning	PNI-NPN	Public Network Integrated Non-Public Network
DNS	Domain Name System	QoS	Quality of Service
eMBB	enhanced Mobile BroadBand	RG	Residential Gateway
EPC	Evolved Packet Core	ROM	Receiver-Only-Mode
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	SA	Stand-Alone
IoT	Internet of Things	SBA	Service Based Architecture
IIoT	Industrial Internet of Things	SLA	Service-Level Agreement
ITU	International Telecommunication Union	SNPN	Stand-alone Non-Public Network
LTE	Long Term Evolution	SON	Self-Organizing Network
M2M	Machine-to-Machine	TDD	Time Division Duplex
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communication
MiIoT	Massive Internet of Things	UPF	User Plane Function
NB-IoT	Narrow Band Internet of Things	USIM	Universal Subscriber Identity Module
NPN	Non-Public Network	V2X	Vehicle-to-everything
NR	New Radio		
NSA	Non-Stand-Alone		



Enrico Buracchini enrico.buracchini@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico entra in Azienda nel 1994 per occuparsi di innovazione radio in Italia, Austria, Grecia e Spagna.

Oggi, come senior project manager, coordina le attività dell'evoluzione del 5G, dopo averne gestito il progetto e alcuni trial come quello a San Marino. Inoltre, come expert speaker, è al fianco della Direzione Business di TIM negli incontri con i Clienti interessati alle soluzioni 5G. Attualmente è il candidato di TIM nei gruppi internazionali di standardizzazione 3GPP RAN1 ed in ITU R 5D. ■



Maria Pia Galante mariapia.galante@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico, attualmente si occupa del coordinamento delle attività di standardizzazione tecnica su servizi e architetture di rete mobile. Entra in Azienda nel 1998 e si occupa di tecnologie per il controllo delle reti di terza generazione nell'ambito di diversi progetti internazionali. Rappresenta Telecom Italia /TIM 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/TIM ai gruppi del 3GPP. Dal 2008 rappresenta TIM in 3GPP SA (Services and Systems Aspects). ■



Mario Madella mario.madella@telecomitalia.it

Laureato in Fisica, nel 1993 è entrato in Azienda con il compito di preparare strutture quantistiche per laser a semiconduttore e sviluppare misure di affidabilità per componenti opto-elettronici. Nel 1999 è passato all'area radiomobile contribuendo all'innovazione architetture della rete TIM, supportando il marketing business, ecc. Ha contribuito agli standard internazionali, in GSMA (servizi IMS, modelli di roaming, Edge Cloud Computing) ed in 3GPP (Voce over IMS, Proximity Services, Cellular Internet of Things, Core Network 5G). ■



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. ■

O-RAN ALLIANCE: L'EVOLUZIONE DELL'ACCESSO RADIO

Andrea Buldorini, Marco Caretti, Giovanni Romano

O-RAN ALLIANCE si pone l'obiettivo di definire una nuova architettura dell'accesso radio, passando da una soluzione monolitica (single vendor) ad un'architettura aperta, virtualizzata e realmente interoperabile (multi-vendor). Questo articolo descrive le attività in corso e i principali rilasci tecnici, riferiti alla versione più recente delle specifiche (July 2021 train).

O-RAN ALLIANCE è stata fondata nel febbraio 2018 da cinque operatori (AT&T, China Mobile, Deutsche Telekom, NTT DOCOMO ed Orange a cui si sono aggiunte successivamente TIM ed i maggiori operatori mondiali) con l'obiettivo di definire una nuova architettura dell'accesso radio.

L'associazione è ben presto cresciuta ed ora conta 30 operatori mobili e quasi 300 contributori tra fornitori di apparati, istituti di ricerca ed università.

L'ALLIANCE ha come obiettivo la definizione di un'architettura dell'accesso radio più intelligente, aperta, virtualizzata e completamente interoperabile

Ognuno di questi punti è declinato nelle attività dell'ente ed è tradotto in specifiche tecniche. L'approccio rappresenta una vera e propria rivoluzione, in quanto mira al superamento delle soluzioni monolitiche in cui il vendor integra e gestisce tutte le componenti della rete di accesso radio (RAN). In questo modo è quindi possibile "disaggregare" le varie componenti, aprendo l'ecosistema a nuovi fornitori.

I lavori dell'alleanza si focalizzano su tre fronti:

- specifiche tecniche: gli standard che definiscono le componenti della nuova RAN e le relative interfacce (alcune delle quali sono già introdotte in 3GPP);
- O-RAN Software Community: attività in collaborazione con

la Linux Foundation per sviluppare Software Open Source per implementare le specifiche tecniche;

- Testing and integrazione: creazione di laboratori dove verificare il corretto funzionamento e l'interoperabilità delle implementazioni O-RAN.

Nel seguito sarà, introdotta l'architettura O-RAN, seguita da una descrizione dei principali risultati pubblicati nelle specifiche tenendo conto anche di quanto introdotto nel "train" di luglio e delle principali attività in corso.

Infine, sarà fornita una breve descrizione delle attività di test previste all'interno dell'O-RAN e a cui TIM partecipa attivamente con i suoi laboratori.

L'architettura O-RAN

L'architettura O-RAN è descritta in [1], [2] e [3], una serie di White Paper prodotti dall'ALLIANCE per descrivere i principali risultati ottenuti. In particolare, in Fig.1 è riportata l'architettura descritta in [3].

Da essa si può evincere che la stazione radio base (eNB per LTE e gNB per NR) non è più un blocco unico, ma è disaggregata in tre componenti fisiche più una componente di gestione:

- O-CU (ORAN Central Unit), a sua volta separata in O-CU-CP (Control Plane) ed O-CU-UP

(User Plane), come già previsto in 3GPP. In questo nodo è concentrata l'intelligenza di rete. Di fatto si tratta di un mini data center con elevata capacità elaborativa, in grado di gestire più antenne dispiegate in un raggio di alcune decine di km. In questo nodo è anche possibile integrare le funzionalità ed i servizi di edge cloud e MEC (Multi-access Edge Computing).

- O-DU (ORAN Distributed Unit) è il nodo in cui sono gestite le operazioni di trasmissione e ricezione delle informazioni. Anche in tal caso il nodo può essere virtualizzato e ospitato in un data center centralizzato per la gestione e coordinamento di più siti radio, oppure risiedere direttamente vicino alle antenne.
- O-RU (ORAN Remote Unit) è il nodo fisicamente montato assieme all'antenna e può comprendere le componenti a radio frequenza e di gestione delle antenne intelligenti.
- RIC (RAN Intelligent Controller), a sua volta suddiviso in Non-Real Time RIC e Near-Real Time RIC. Questa funzionalità esercita la gestione delle risorse radio e il controllo delle tre componenti O-CU, O-DU ed O-RU.

Soluzioni che realizzano la disaggregazione delle stazioni radio base esistono già in commercio, ma sono basate su interfacce non standard, che forzano l'operatore ad affidarsi ad un unico fornitore.

La novità introdotta dall'ALLIANCE è la specifica di nuove interfacce aperte tra i vari nodi e insieme alle specifiche di interoperabilità che favoriscono l'acquisizione da parte dell'operatore delle diverse componenti da più fornitori.

Altro obiettivo importante è la separazione, sempre mediante interfacce interoperabili, tra la rete di gestione e gli apparati.

In questo modo le applicazioni e gli algoritmi di gestione non sono più ad appannaggio del fornitore monolitico, ma possono essere sviluppate da terze parti o direttamente dall'operatore.

Le specifiche tecniche O-RAN

L'attività di scrittura delle specifiche tecniche è in continua evoluzione e prevede più rilasci nel corso dell'anno sia per inserire nuove funzionalità sia per aggiornare le specifiche esistenti.

Ognuno di questi rilasci è definito "train" e rappresenta la fotografia di quanto prodotto dai vari gruppi al momento della pubblicazione. I "train" previsti sono tre all'anno: marzo, luglio e novembre, fissati in prossimità del Mobile World Congress in Europa, Asia e America.

L'ultimo "train" pubblicato al momento della scrittura di questo articolo è quello di luglio 2021, ma sono previsti dei meccanismi di pubblicazione asincroni, nel caso di aggiornamenti di alcune specifiche.

Poiché O-RAN ALLIANCE non è un ente di standardizzazione de iure, è stato deciso che le specifiche tecniche siano riconosciute formalmente in ETSI tramite una procedura denominata PAS (Publicly Available Specification).

Il processo è attualmente in corso e l'attività è prevista essere presa in carico dal gruppo ETSI MSG (Mobile Standards Group).

Principali temi

Questa sezione riporta alcuni dei principali risultati pubblicati dall'O-RAN ALLIANCE, tenendo conto anche di quanto introdotto nel "train" di luglio. L'elenco completo delle specifiche è reperibile sul sito dell'ALLIANCE [4];

- **O-RAN Near-RT RIC:** architettura funzionale e requisiti del nodo e delle interfacce verso O-CU e O-DU. A luglio è stata prodotta la prima versione completa e interoperabile dell'interfaccia E2, che permette il controllo centralizzato di numerose funzionalità di Radio Resource Management (mobilità, carrier aggregation, Quality of Service/Experience);
- **evoluzione dell'architettura e definizione use cases:** descrizione dell'architettura generale e degli use case supportati. Quanto pubblicato a luglio è focalizzato su Non-RT RIC e O-RAN slicing. Introdotto lo use case Massive MIMO Beam Forming;
- **O-RAN Non-RT RIC:** procedure di intelligenza artificiale e machine learning (AI/ML), architettura funzionale, interfacce verso gli altri nodi O-RAN e servizi offerti (incluso verso application layer). Il "train" di luglio introduce sull'interfaccia A1 nuove regole di gestione dei device e dei Service Level Agreement

(SLA) in caso di slicing. È stata inoltre prodotta una prima versione dell'architettura interna del Non RT RIC;

- **Open Fronthaul Interfaces:** descrizione dell'interfaccia tra O-DU ed O-RU e delle relative procedure di gestione e test di interoperabilità. Queste sono le specifiche inviate per prime per recepimento in ETSI;
- **profilatura interfacce specificate in 3GPP:** sebbene il 3GPP abbia specificato alcune interfacce (vedi Fig.1), questi documenti forniscono una loro profilatura per facilitare ulteriormente l'interoperabilità;
- **O-RAN Cloud e Orchestrazione:** descrizione dell'architettura cloud, relativi requisiti e procedure di gestione ed orchestrazione. La versione di luglio aggiunge nuovi use case e migliorie per la gestione dello slicing;
- **White-box Hardware e Open Source SW:** reference design per stazioni radio base utilizzando hardware "general purpose"; sviluppo di SW Open Source per la gestione dei nodi e relativi test di interoperabilità;
- **rete di trasporto:** best practice per la definizione della rete di trasporto e gestione e testing relativi;
- **rete di gestione:** architettura e interfacce della rete di configurazione, gestione e

raccolta dati sullo stato della rete;

- **sicurezza:** specifica di protocolli di sicurezza e gestione dei rischi e vulnerabilità

Principali attività in corso

R1 Interface Specification

L'attività prevede la definizione dell'interfaccia R1 che, tramite API aperte, metterà le funzionalità di management e di orchestrazione a disposizione delle applicazioni di automazione basate su AI/ML. Questo permetterà di disaccoppiare le applicazioni dalle piattaforme di supporto, favorendo un marketplace aperto, in cui più attori, incluso l'operatore, possono contribuire allo sviluppo di algoritmi intelligenti.

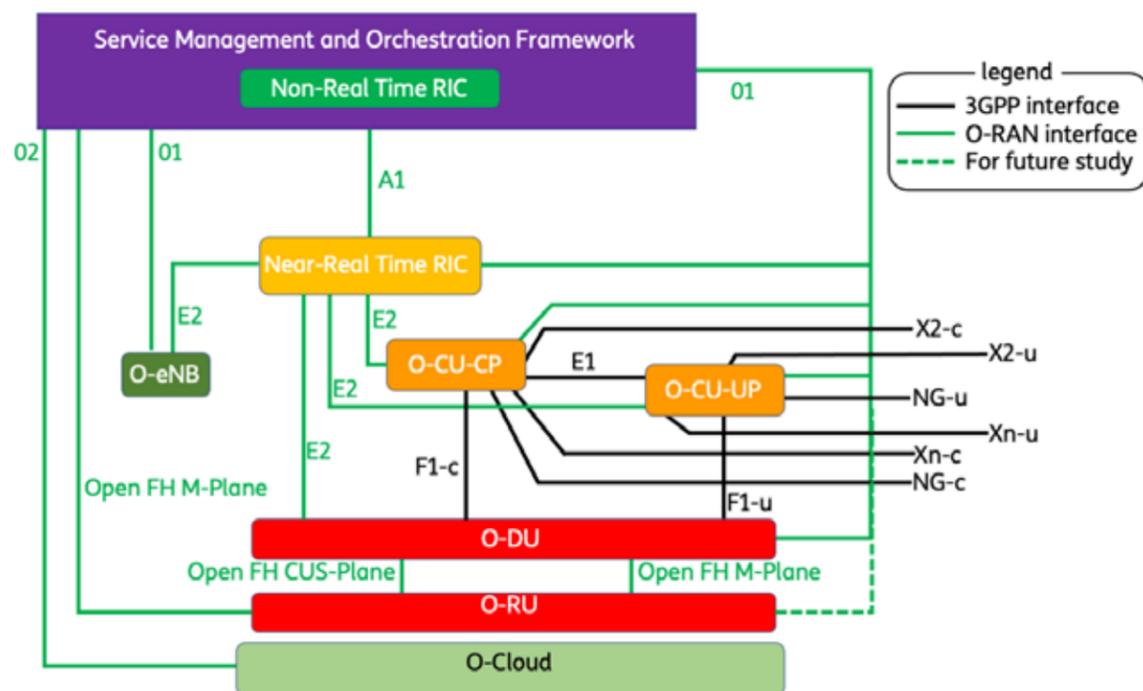
RAN Slice SLA Management and Assurance

Il network slicing costituisce una delle funzionalità più importanti del 5G. Per poter efficacemente supportare l'allocatione delle risorse e l'assurance della qualità del servizio su base slice anche nel segmento RAN, è necessario potenziare i meccanismi definiti dal 3GPP (largamente basati su implementazioni proprietarie) introducendo funzionalità sulle interfacce di controllo del Near RT RIC (E2) e di Policy Management (interfacce A1 e O1).

O-Cloud Orchestration

O-RAN si è posta l'obiettivo di definire dei profili di implementazione delle piattaforme cloud per poter supportare il dispiegamento dei nodi RAN in ambiente virtualizzato secondo carat-

1 Architettura O-RAN illustrata in [3]



teristiche comuni sulle diverse piattaforme cloud in commercio. Come passo successivo è in corso la definizione di API standard per poter orchestrare in modalità automatica tali piattaforme durante il ciclo di vita delle funzionalità di rete.

Acceleration Abstraction Layer (AAL)

Alcune funzionalità radio, tradizionalmente realizzate con hardware dedicato, richiedono l'uso di acceleratori per poter soddisfare gli stessi requisiti prestazionali anche in ambiente cloud.

Questi possono essere realizzati mediante diverse architetture (es. GPU, FPGA, etc.). Perché le funzionalità radio sviluppate via software siano

portabili sulle diverse piattaforme, O-RAN sta definendo dei profili e le API relative, che supportano direttamente le funzionalità radio di interesse, tipicamente quelle di livello fisico, rendendo quindi trasparente la tecnologia di accelerazione utilizzata.

O-RAN Software Community (SC)

O-RAN Software Community (SC, o-ran-sc.org) è una collaborazione tra O-RAN ALLIANCE e Linux Foundation, che ha l'obiettivo di sviluppare il software open source dei nodi della rete di accesso radio nel rispetto

dell'architettura e delle specifiche O-RAN.

In particolare, la comunità si concentra sui seguenti temi: Near-real-time RAN intelligent controller, non-real-time RAN intelligent controller, piattaforme per la virtualizzazione ed il cloud, O-CU, O-DU e testing ed integrazione del Software.

Le sfide di questo approccio sono legate allo sviluppo di SW altamente performante per poter operare in real time e collaborare con altre comunità in modo da "non reinventare la ruota", ma sfruttare quanto già prodotto. L'attività è organizzata in Release seguendo i principi dell'Agile Software Development.



Nel corso dell'anno è stata completata la Release D (Dawn) che include:

- nuove xApp che realizzano funzionalità di accesso all'interfaccia E2 e algoritmi di Load Prediction, Traffic Steering, Anomaly Detection per il Near RT RIC;
- funzionalità di configurazione e gestione delle policy di A1 all'interno del Non RT RIC;
- implementazione dei modelli dati per la gestione dei nodi RAN da parte dell'OAM su interfaccia O1;
- realizzazione di una O-DU con interfaccia radio NR TDD e una prima versione semplificata dello scheduler radio;
- sviluppo di nuove funzionalità dei simulatori utilizzati per il testing e in sostituzione dei nodi RAN non ancora disponibili in open source.

Open Testing and Integration Centre (OTIC)

L'O-RAN ALLIANCE, al fine di facilitare e stimolare lo sviluppo di soluzioni secondo l'architettura e le interfacce definite nei vari gruppi tecnici, ha promosso la costituzione di laboratori per il test e l'integrazione, denominati OTIC (Open Testing and Integration Centre). I laboratori OTIC forniscono un ambiente aperto, collaborativo e imparziale (cioè indipendente da vendor di soluzioni

O-RAN) al fine di perseguire diversi obiettivi:

- supporto dell'adozione delle specifiche O-RAN e lo sviluppo dell'ecosistema O-RAN attraverso l'organizzazione di demo, trial di laboratorio o in campo ed eventi quali workshop;
- organizzazione di Plugfest, all'interno dei quali ospitare dimostrazioni di soluzioni e Proof of Concept basate sulle specifiche O-RAN;
- test e verifica dell'aderenza delle implementazioni di apparati RAN alle specifiche O-RAN attraverso test di conformità e test di interoperabilità basati sulle specifiche di test sviluppate nei gruppi tecnici. L'obiettivo in tal caso è il rilascio di certificati e badge da parte del laboratorio OTIC per le soluzioni rispondenti alle specifiche in base ai test effettuati;
- prove funzionali e di performance di setup End-to-End. Anche per queste tipologie di prove O-RAN ha sviluppato specifiche di test all'interno del gruppo Testing and Integration Focus Group (TIFG);
- Feedback ad O-RAN ALLIANCE sulla base delle attività e esperienza di test, al fine di supportare lo sviluppo delle specifiche tecniche.

TIM, insieme a Deutsche Telekom in Germania, è stata la prima a costituire un OTIC nei laboratori della sede di Torino. Ad oggi (Novembre 2021), oltre all'OTIC di Torino e quello di Berlino, sono stati approvati un OTIC lab anche a Madrid (Telefonica), Parigi (Orange) e in Taiwan (Auray). In par-

ticolare, TIM partecipa ad un tavolo di coordinamento insieme a Deutsche Telekom, British Telecom, Telefonica e Orange al fine di condividere esperienze e lesson learned provenienti dalle attività di test svolte nei rispettivi laboratori che si riflette anche nella denominazione dei vari lab ("European OTIC in Torino/Berlin/Madrid/Paris"). I laboratori coinvolti nell'OTIC in Europa sono anche Community Lab del TIP (Telecom Infra Project, iniziativa sponsorizzata da Facebook) e questo ha permesso di organizzare nel 2020 un plugfest congiunto O-RAN/TIP massimizzando la sinergia tra le attività dei due enti (Fig.2). Anche nel 2021 è stato organizzato un Plugfest congiunto che vede gli stessi laboratori coinvolti.

Conclusioni

O-RAN ALLIANCE si è posta la sfida di creare un nuovo ecosistema in contrapposizione a quello monolitico/monovendor a cui siamo abituati per le implementazioni della rete di accesso radio. La definizione di un'architettura distribuita ed aperta apre nuove opportunità di innovazione e di miglioramento delle prestazioni.

La sfida è tutt'altro che conclusa, ma il lavoro di specifica tecnica è il primo passo necessario per raggiungere l'obiettivo. Il "train" di specifiche pubblicato a luglio è un ulteriore passo avanti, assieme all'impegno di TIM nella verifica delle implementazioni nel laboratorio OTIC di Torino. ■

Struttura di O-RAN

L'attività tecnica della O-RAN Alliance è organizzata in Work Group (WG), Focus Groups (FG) e Task Group (TG).

TSC - Technical Steering Group: ha lo scopo di coordinare l'attività dei gruppi tecnici, definire il Release Plan, approvare formalmente le specifiche prima della sottomissione al Board. Nell'ambito del TSC sono operativi: **MVP-C (Minimum Viable Plan Committee)**, incaricato di elaborare ed aggiornare il release plan, coordinare la definizione dei work items e monitorarne l'avanzamento nei WGs; **ACOP (Ad-hoc Committee for O-RAN Procedures)**, che definisce le Working Procedures, e **DTF (Drafting Rules Task Force)**, che ha il compito di definire le regole di stesura delle specifiche tecniche e assicurarne l'adozione da parte dei WGs.

WG1 - Use Cases and Overall Architecture: ha il compito di definire gli use case di riferimento per i diversi work item ed indentificare i requisiti architetturali e funzionali che da questi derivano.

WG2 - Non-real-time RAN Intelligent Controller and A1 Interface: è responsabile delle specifiche relative al Non Real Time RIC, componente nell'ambito del Management and Orchestration che determina, attraverso l'interfaccia A1 le policy di controllo e ottimizzazione utilizzate dalla RAN, e al framework che supporta tramite API aperte (interfaccia R1), le applicazioni di automazione basate su Machine Learning.

WG3 - Near-Real-time RAN Intelligent Controller and E2 Interface: definisce l'architettura del Near

RT RIC e le specifiche dell'interfaccia E2, che abilita il controllo centralizzato e multi-vendor delle network function RAN.

WG4 - Open Fronthaul Interfaces: definisce le specifiche dell'Open Fronthaul interface secondo l'opzione lower layer split (O-DU/O-RU): protocolli di Control, User, Synchronization e Management plane. Specifiche di test di interoperabilità.

WG5 - Open F1/W1/E1/X2/Xn Interfaces: definisce profili di interoperabilità sulle interfacce RAN definite dallo standard 3GPP e le relative specifiche di test. Definisce inoltre i parametri delle funzionalità di management (configuration, performance, fault, ecc.) dei nodi O-DU e O-CU.

WG6 - Cloudification and Orchestration: specifica i requisiti per il dispiegamento delle funzionalità RAN sulle piattaforme Cloud. Elabora inoltre le specifiche dell'interfaccia O2 per l'orchestrazione e la gestione della piattaforma cloud, del ciclo di vita delle applicazioni RAN e il supporto di funzionalità di accelerazione hardware.

WG7- White-box Hardware: il reference design dell'hardware per l'implementazione delle stazioni radio O-RAN.

WG8 - Stack Architecture and Design: definisce l'architettura software e il design per l'implementazione delle funzionalità del protocol stack in tecnologia NR per i nodi O-CU e O-DU.

WG9 - Open X-haul Transport: definisce le specifiche, con requisiti tecnici, architettura e componenti

funzionali, del trasporto a supporto delle varie interfacce O-RAN.

WG10 - OAM for O-RAN: è responsabile dell'architettura di OAM e della specifica dell'interfaccia O1 di management delle network function O-RAN, inclusa la definizione degli information model di riferimento e il coordinamento della specifica dei data model dei vari nodi O-RAN da parte dei rispettivi gruppi.

SFG - Security Focus Group: è il Gruppo trasversale che specifica l'architettura di security e fornisce i requisiti funzionali relativi alla sicurezza e alla privacy ai workgroup responsabili delle varie interfacce O-RAN. Definisce inoltre test case per l'interoperabilità in relazione alle funzionalità di sicurezza.

TIFG - Test and Integration Focus Group: è responsabile della definizione di una metodologia di test e integrazione comune a tutti i work group.

Produce specifiche di *test and integration*, profili per la definizione delle caratteristiche dei prodotti, la loro implementazione e commercializzazione. Fornisce inoltre linee guida per la creazione e la gestione degli Open Test and Integration Centre (OTIC).

OSFG - Open Source Focus Group: è responsabile della formazione e del coordinamento delle attività della O-RAN Software Community (OSC), lo sviluppo delle strategie di promozione dell'open source e delle relazioni con altre comunità Open Source.



Trial O-RAN in corso in TIM

Il ruolo degli standard è propedeutico all'utilizzo delle tecnologie in rete.

Nel caso di O-RAN ALLIANCE, l'interesse nel validare la tecnologia in campo si è fin da subito dimostrato alto, portando TIM, primi in Italia, a dispiegare soluzioni Open RAN nella rete commerciale. Finora tre sono le esperienze: Faenza, Matera e Saluzzo. Piccole/medie città che permettono di verificare il comportamento in situazioni di traffico reale.

Queste iniziative di TIM (unico operatore in Italia) costituiscono un primo passo verso la realizzazione di un modello di 'rete aperta' a beneficio di cittadini e imprese, con lo scopo di rendere maggiormente flessibile la rete mobile anche in ottica 5G e fornire servizi digitali sempre più evoluti.

Il 16 aprile 2021 Faenza è stata la prima città in Italia ad adottare il modello di rete aperta definito nel programma di sviluppo Open RAN.

La soluzione implementata ha visto il disaccoppiamento delle componenti (hardware e software) della rete di accesso radio 4G ottenuta combinando la banda base software di *JMA Wireless* con le unità radio fornite da *Microelectronics Technology* (MTI) operanti in banda B7 (2,5 GHz), layer frequenziale al tempo non presente in quell'area.

Successivamente, una volta appurata la corretta funzionalità e stabilità della soluzione, peraltro accuratamente provata in precedenza presso il TIM Innovation Lab di Torino, il 27 luglio 2021 si è pro-

ceduto alla sostituzione del layer frequenziale in banda B3 (1800 MHz) sino a quel momento servito da apparati Nokia. Attualmente due dei layer frequenziali del sito sono in tecnologia O-RAN.

Come passo successivo, nel mese di Settembre 2021 è stato attivato il primo sito in tecnologia Open RAN a Matera, grazie alla collaborazione con Mavenir per le componenti RAN e con MTI per la Radio Unit 4G.

Questa soluzione è stata messa a punto anche con Dell Technologies, Intel e VMware. Inoltre, è in corso il deployment nella banda 3,7 GHz dei primi siti Open RAN 5G stand alone.

Tale risultato segue la validazione presso il TIM Innovation Lab a Torino, dove è stato effettuato il primo collegamento 5G SA. Presso la centrale di Matera è stato installato anche un nodo UPF (User Plane Function) per l'abilitazione di servizi all'edge.

Nel mese di ottobre 2021 si è concluso il dispiegamento della rete Open RAN a Saluzzo permettendo a TIM di raggiungere una delle coperture con rete di accesso aperta più estese d'Europa.

Questo risultato è stato possibile grazie alla collaborazione con *JMA Wireless* per le componenti software RAN, con *Microelectronics Technology* (MTI) per gli apparati a radio-frequenza 4G, con Dell Technologies per la parte hardware e con Cisco per gli elementi di trasporto al sito; per la re-

alizzazione di questa soluzione Italtel ha operato come system integrator a supporto di TIM.

La rete sfrutta l'esperienza acquisita a Faenza ed i test effettuati nei laboratori di Torino.

L'intero dispiegamento di Saluzzo è stato inserito in uno scenario complesso, con traffico live e con una copertura radio su più bande di frequenza trasmesse da più siti; in scenari di questo tipo, l'utilizzo dei sistemi SON (Self Organizing Network) "made in TIM", consentirà di accelerare la diffusione e l'inserimento delle soluzioni Open RAN nella rete TIM, favorendo così la coesistenza tra le funzionalità Open RAN e le altre componenti della rete.

mauro.agus@telecomitalia.it
maurizio.crozzoli@telecomitalia.it
francesco.mauro@telecomitalia.it

Bibliografia

1. O-RAN ALLIANCE, O-RAN: Towards an Open and Smart RAN, White Paper, October 2018, <https://www.o-ran.org/s/O-RAN-WP-Final-181017.pdf>
2. O-RAN ALLIANCE, O-RAN Use Cases and Deployment Scenarios Towards Open and Smart RAN, White Paper, February 2020, <https://www.o-ran.org/s/O-RAN-Use-Cases-and-Deployment-Scenarios-Whitepaper-February-2020.pdf>
3. O-RAN ALLIANCE, O-RAN Minimum Viable Plan and Acceleration towards Commercialization, White Paper, June 2021, <https://www.o-ran.org/s/O-RAN-Minimum-Viable-Plan-and-Acceleration-towards-Commercialization-White-Paper-29-June-2021.pdf>
4. <https://www.o-ran.org/specifications>



Andrea Buldorini andrea.buldorini@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, indirizzo telecomunicazioni, entra in Azienda nel 1997 e partecipa ad attività di ricerca sui sistemi radiomobili. Attualmente è nella funzione Technology Innovation. Si è occupato di tematiche relative alle tecnologie radio, rappresentando Telecom Italia in vari enti di normativa internazionale (3GPP, O-RAN, NGMN, ETSI) - È delegato TIM in O-RAN Alliance e in 3GPP RAN WG3, il gruppo tecnico responsabile della standardizzazione dei protocolli di rete di accesso radio 4G e 5G. Si occupa di aspetti di ottimizzazione di rete, Self-Organizing Networks, RAN Management and Orchestration. ■



Marco Caretti marco.caretti@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, è entrato nel 2000 in Azienda per occuparsi di analisi delle prestazioni tramite simulazione e di tematiche di dimensionamento e pianificazione di sistemi radiomobili 2G/3G/4G. In ambito standard ha seguito i lavori del gruppo TSG RAN WG1 e successivamente del WG4 del 3GPP. Attualmente lavora all'analisi di prestazioni del sistema 4G/5G e segue le attività di sperimentazione e prototipazione di sistemi di accesso radio in architettura Cloud e Virtual RAN. In quest'ambito segue le attività in O-RAN Alliance (principalmente WG4 e WG6) e il progetto vRAN Fronthaul nel Telecom Infra Project (TIP). ■



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. ■

ETSI PER AI, IOT E DIGITAL TWIN

Luca Pesando, Enrico Scarrone



I segmenti Verticali nei quali il 5G si pone come abilitatore tecnologico, sono eterogenei e in molti casi sono caratterizzati da tecnologie e/o device specifici di questi ambiti, come per esempio l'automazione industriale o il gaming. L'introduzione del 5G in questi domini va fatta, a maggior ragione, in sincrono con l'evoluzione dei device e delle tecnologie. TIM sta quindi indirizzando il mercato con soluzioni scalabili di offerte semplici in logica di partnership di dominio, il tutto per agevolare l'adozione e l'integrazione tecnologica nei vari contesti.

AI e standard, un percorso in fase di definizione

L'intelligenza artificiale (AI) sta via via diventando un elemento della nostra vita quotidiana, in diverse forme ed ambiti di applicazione.

A partire dalla pubblicazione di "Computing Machinery and Intelligence" di Alan Turing nel 1950, l'evoluzione di questa tecnologia ha avuto dapprima un ritmo abbastanza lento, essenzialmente per la necessità di un'evoluzione della tecnologia di base per la raccolta, l'elaborazione e lo scambio di dati, per poi letteralmente decollare negli ultimi decenni a seguito di tale evoluzione.

Guardando all'impiego dell'intelligenza artificiale (o del Machine Learning, ML) per l'ICT, si comprende infatti bene come si sia in presenza di un circolo virtuoso, dove se da un lato l'ICT è fondamentale per raccogliere e gestire i volumi enormi di dati alla base dell'impiego dell'AI e ML, dall'altra l'evoluzione delle tecnologie di rete si basa ormai fortemente sull'impiego di queste. Basti pensare all'applicazione di AI engines come orchestratori e controller distribuiti per la gestione delle funzioni virtualizzate nel paradigma NFV (Network Function Virtualization) ed in quello SDN (Software Defined Networking), oppure

alla gestione dello slicing e delle antenne nel 5G.

Accanto agli esempi citati, che si riferiscono alla ridefinizione delle reti nella loro essenza più profonda, si osserva che grazie all'impiego di AI su quantitativi enormi di dati raccolti afferenti alla gestione delle reti, gli operatori possono iniziare a migliorare le reti attuali, ad esempio per la prevenzione di guasti o la gestione delle chiamate per assistenza, o altro ancora, con un forte efficientamento.

In sostanza, la crescente complessità raggiunta dai sistemi ICT nella loro evoluzione è un fattore determinante che rende l'uso di tecniche di AI indispensabile.

A questo si collega un'applicazione dell'AI che sta raccogliendo un grandissimo interesse, cioè la possibilità, combinando le tecnologie dell'Internet of Things (IoT) con quelle dell'AI, di realizzare dei Digital Twins (DT): repliche funzionali virtuali di sistemi anche molto complessi (come veicoli o intere reti di comunicazione, o catene di produzione industriale) che ne riproducano il comportamento in real time, permettendo di analizzarlo e anche prevederne l'evoluzione, per esempio a fronte di situazioni critiche in corso di sviluppo.

Il grande interesse per l'applicazione dell'AI nelle reti passa anche attraverso il processo di standar-

dizzazione, che, anzi, potremmo dire ne è alla base. Infatti il primo grande impulso è derivato dall'introduzione, come detto abilitata dalla maturità delle tecnologie di base, della virtualizzazione o "softwarizzazione" delle reti definita da due gruppi di standard, uno un forum industriale, ONF (Open Network Foundation, fondato nel 2011), che ha avviato il lavoro sull'SDN (Software Defined Networking), l'altro all'interno di ETSI, European Telecommunications Standard Institute - ente normativo de jure europeo, nel ISG NFV, formatosi nel 2013.

Se le tecniche basate su AI per i servizi ebbero origine immediatamente dopo la creazione del web, queste due iniziative possono essere considerate la causa scatenante del processo di introduzione dell'AI nelle reti e della relativa standardizzazione.

ONF ha via via definito una piattaforma di virtualizzazione (SEBA) ed un'architettura (VOLTHA) per l'accesso e l'edge della rete, incluso il backhauling; per la parte mobile AETHER, una piattaforma di virtualizzazione che include RAN (SD-RAN) e core network (SD-CORE).

La Fig.1 riporta l'architettura di riferimento NFV (Network Function Virtualization), sulla cui base si sono successivamente definite le Network Functions e le relative

funzioni di gestione ed orchestrazione, basate su AI.

I gruppi di ETSI che attualmente sono interessati a diverso titolo al tema AI sono più di 15, di cui almeno 6 guardano all'impiego di AI come strumento per l'evoluzione e il miglioramento delle reti ICT mentre i rimanenti si occupano di aspetti etici (per il settore eHealth), di testing e affidabilità, sicurezza, gestione dei dati.

Uno dei gruppi, ISG ENI (Experiential Network Intelligence) ha come obiettivo principale la definizione dell'architettura di un engine di AI

per applicazione di networking, individuandone i blocchi funzionali e la modalità di gestione dei dati in diverse applicazioni, con l'ambizione di definire le caratteristiche di un sistema che può essere integrato con la rete in modo flessibile, assumendo completamente il controllo di uno o più sottosistemi o di tutta la rete, a supporto di OSS/BSS.

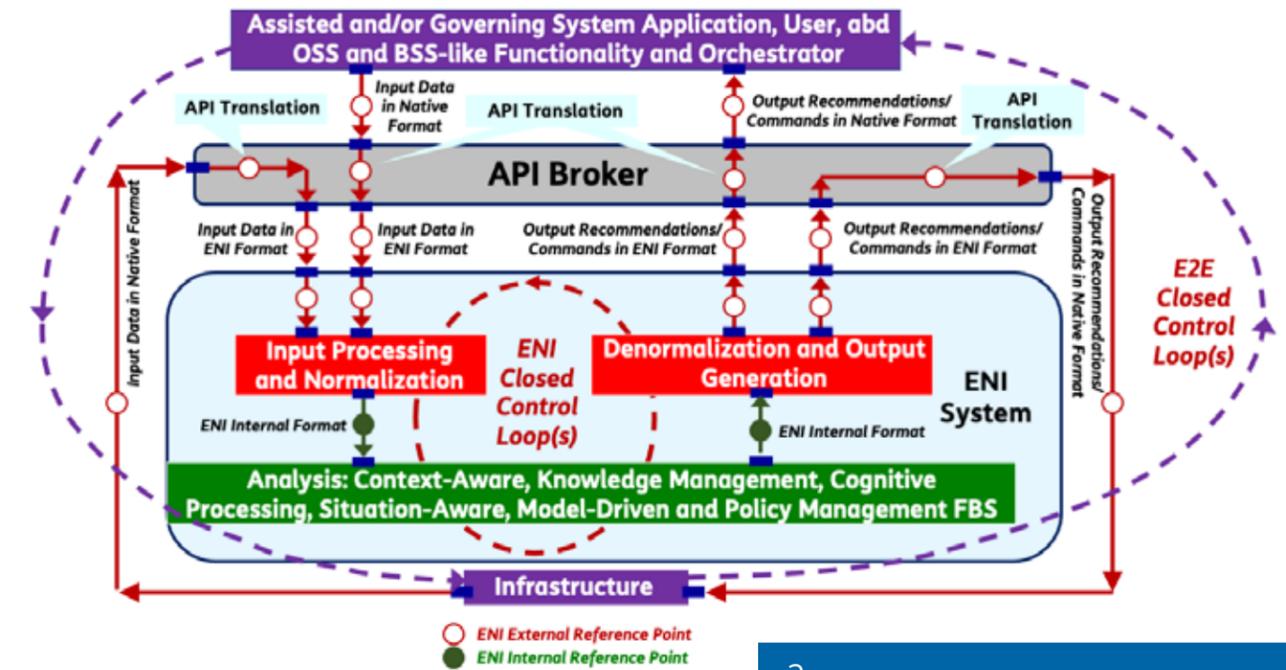
La scelta di diversi schemi di 'closed control loop' permette l'adattamento alle diverse esigenze dell'operatore e ai sistemi che abbiano già o meno funzioni di AI. In Fig.2 è riportato uno schema ad alto livello dell'architettura ENI

(Experiential Networked Intelligence).

Un API broker nell'engine ENI permette di interfacciarlo a sistemi diversi senza dover effettuare l'adattamento sui dati, flessibilità che rende il lavoro di ENI particolarmente interessante.

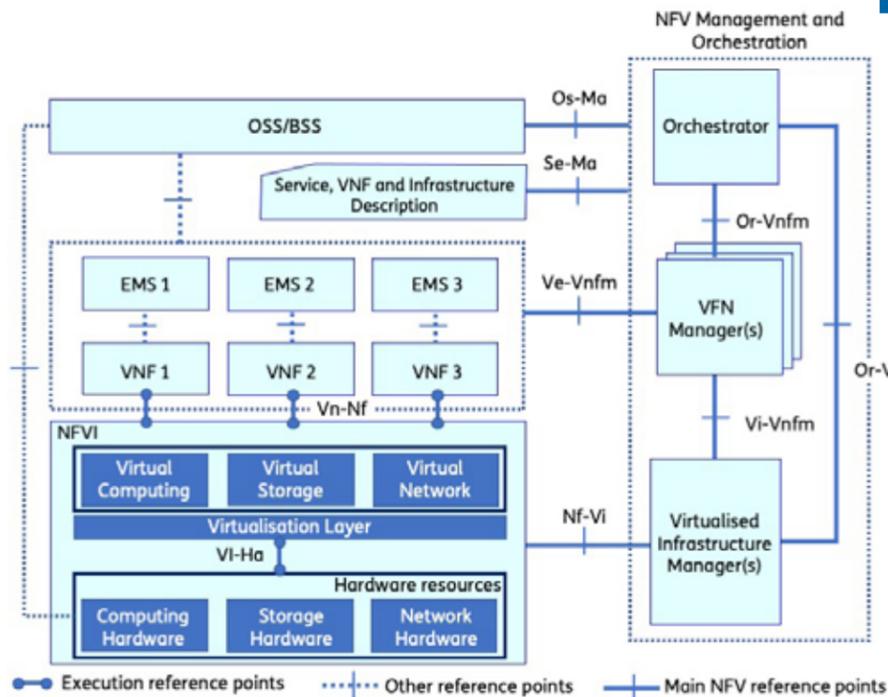
Di rilievo anche l'ISG ZSM, Zero touch network and Service Management, che è in un certo senso complementare a ENI e si concentra sul management end-to-end delle reti, automatizzato grazie all'uso di closed control loop e di tecniche AI.

Di fatto ENI definisce lo strumento base per le applicazioni specificate in ZSM.



2 Architettura ETSI ENI ad alto livello con reference point per l'interfacciamento con il sistema assistito (GS ENI 005v2.1.1)

NFV architecture ETSI GS NFV 002 V1.1.1 (2013-10)



1 Architettura ETSI NFV per la virtualizzazione della rete

Con un approccio end-to-end, ZSM si preoccupa comunque di definire anche le API per i vari domini di rete che standardizzino (lato rete) l'interazione con engine di AI. ZSM è partito da una architettura di base per poi dettagliare i meccanismi di controllo e di gestione dei vari domini.

Un altro modello di applicazione dell'AI per le reti è definito in ETSI dal WG AFI di TC INT. AFI ha un'architettura gerarchica basata su Decision Elements che gestiscono elementi di rete singoli o sistemi complessi e variano nel livello di autonomia decisionale fino a gestire una rete end to end. Il model-

lo, battezzato GANA, fornisce un riferimento per Autonomic Networking, Cognitive Networking e Self Management.

Il lavoro di ETSI INT-AFI è stato adottato anche in ITU-T SG 11 (e.g. raccomandazione Y.3324), che ha iniziato delle attività a riguardo in coordinamento con il gruppo ETSI. Anche in SG13 di ITU si sta sviluppando del lavoro su AI, definendone l'uso in rete attraverso modelli basati su engines di Machine Learning (Y.3172).

Un aspetto fondamentale per l'utilizzo di AI è la disponibilità di risorse di computing e, in linea con l'e-

voluzione delle reti in atto, queste sono rese disponibili da cloud, con particolare attenzione a soluzioni EDGE.

Questo è il modello adottato anche in ETSI ISG F5G, che ha l'obiettivo di definire, in coordinazione con gli altri enti di riferimento per quest'area tecnologica, l'evoluzione delle reti in fibra, accesso in primis, estendendo la penetrazione fino ai dispositivi utente ed introducendo funzionalità di autogestione tramite AI su configurazione di rete e servizi, che permetterà il supporto di nuovi servizi.

Al di fuori di ETSI, i modelli per la virtualizzazione della rete di

accesso definiti da ONF e citati in apertura sono ripresi nel BroadBand Forum con la OB-BAA (Open Broadband-Broadband Access Abstraction), che si inserisce nel contesto del progetto CloudCO del BBF.

Quelli riportati sono tra i più significativi esempi di attività su AI negli standard, in particolare mirati all'evoluzione verso Autonomous Networks, in cui l'operatore esprime delle policy per il management e la rete è in grado di gestire il funzionamento e l'adattamento alle condizioni di servizio.

Come già accennato una delle applicazioni di AI più rilevanti, non

solo nel contesto delle telecomunicazioni, è quella relativa ai Digital Twin, tecnologia che coniuga AI, rete e IoT.

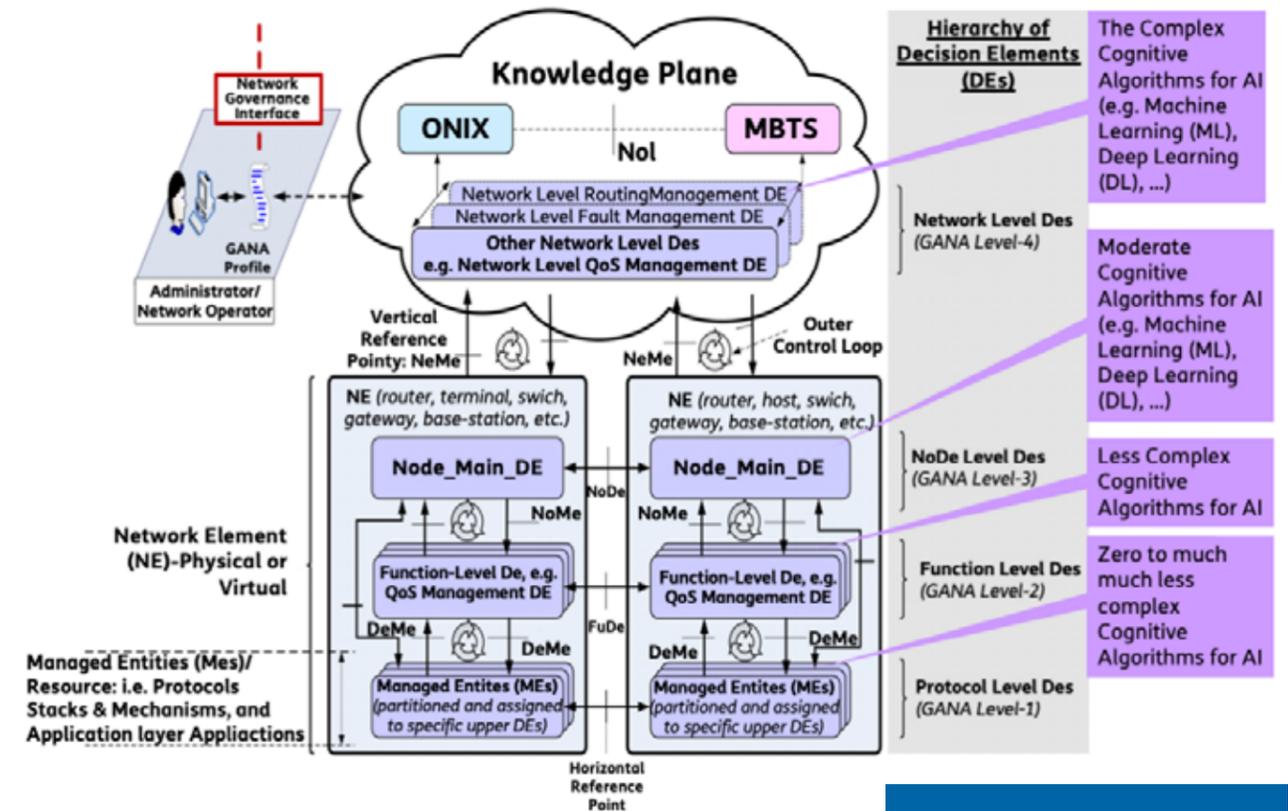
Ad esempio, il Digital Twin è proposto da ETSI F5G per migliorare la gestione della rete in fibra. Nel seguito viene data una descrizione degli aspetti essenziali per la realizzazione di Digital Twin.

IoT e Digital Twin: innovazione negli standard

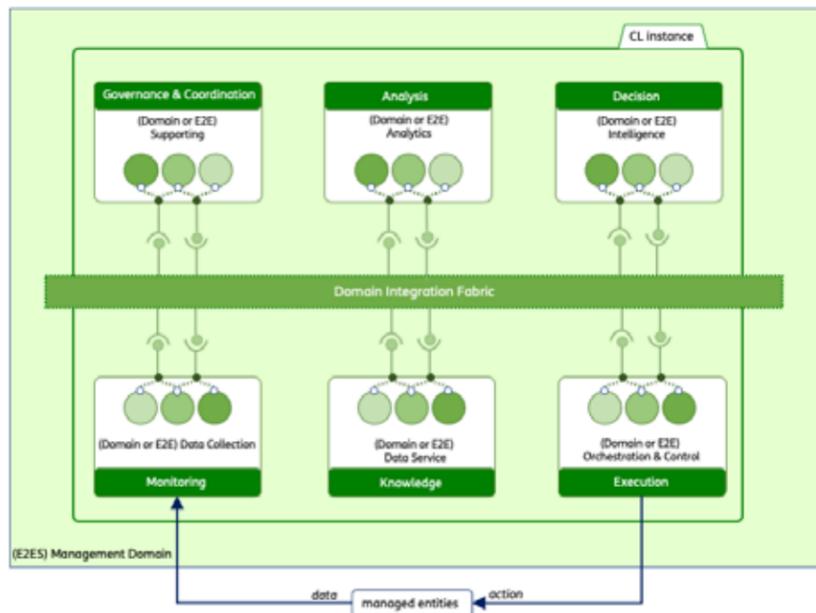
In ritardo rispetto alle previsioni fatte dagli analisti, si sta assistendo ad una costante diffusione

dell'Internet of Things (IoT) con il numero di device connessi in costante crescita. Quasi tutti i sistemi per IoT sono in qualche modo basati sull'uso piattaforme cloud, che in moltissimi casi (e.g. le soluzioni industriali IoT e automotive) fungono da componenti centralizzate di soluzioni distribuite, ripartendo l'intelligenza dei servizi fra cloud ed edge, e spesso includendo livelli intermedi di aggregazione ed elaborazione delle informazioni, avvicinandosi quindi alle architetture di fog computing.

L'Internet of Things significa fusione tra il mondo fisico e quello digitale in tempo reale o quasi



4 Reference model GANA (ETSI TS 103 195-2v010101p)

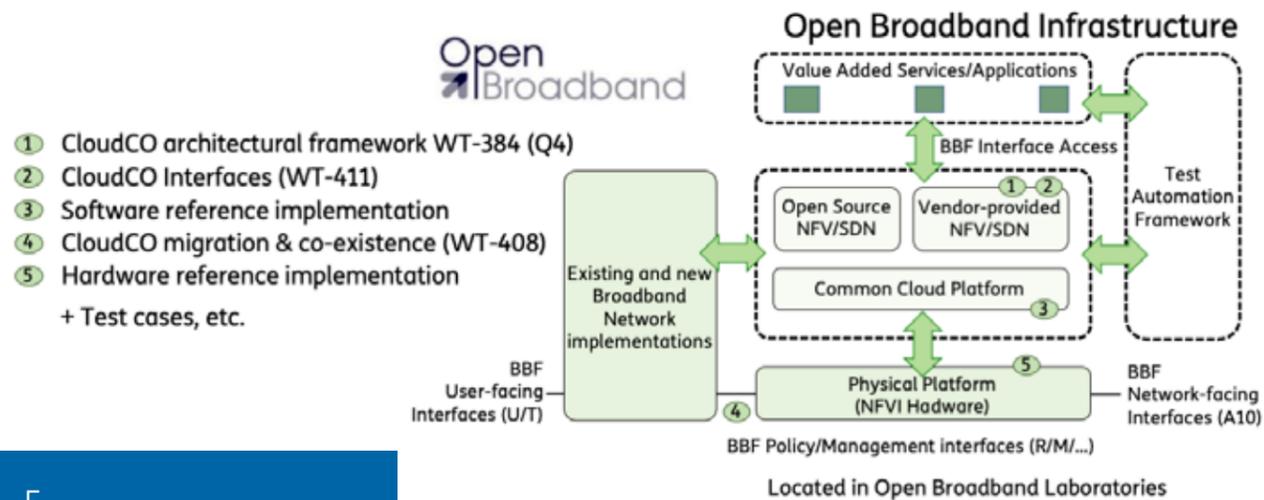


3 Realizzazione di un closed loop nel framework ZSM con i diversi stadi di elaborazione evidenziati, in un singolo dominio di management (GS ETSI ZSM00901v010101p)

reale, e richiede una rappresentazione nel sistema digitale delle varie componenti fisiche degli oggetti connessi, cioè una rappresentazione virtualizzata del mondo reale su cui si possa operare ed elaborare, che da un lato rifletta i cambiamenti che avvengono nel mondo fisico nella sua rappresentazione digitale (e.g. una variazione del livello di Co2 rilevata da un sensore riportata nella dashboard di sistema), e dall'altro permetta di trasferire azioni effettuate sugli oggetti vir-

tuali nella realtà (e.g. un comando di apertura/chiusura di una porta deve effettivamente aprire/chiedere la porta fisica). Questo ha di fatto portato negli ultimi anni a rivitalizzare una metodologia per rappresentare questa commistione fra mondo reale e digitale, presente da tempo nei sistemi di automazione (e.g. i vecchi SCADA), e formalizzato nel concetto di Digital Twin (DT) originariamente introdotto a fine anni '90. Un DT fornisce una copia digitale di un oggetto fisico

che rispecchia tutti i suoi sensori, attuatori, dati e comportamenti in tempo reale attraverso un'efficiente comunicazione bidirezionale. Gartner ha classificato DT come una delle 10 principali tendenze strategiche degli ultimi anni con una previsione di mercato di 35 miliardi di dollari entro il 2025. I DT permettono non solo di acquisire rilevazioni e di riflettere operazioni da e sul mondo fisico (reflexion), ma permettono anche di integrare (augmentation) le funzionalità dell'oggetto fisico e di



5
modello CloudCO, da
"Introducing BBF CloudCO",
White Paper di BBF

combinare (composability) più oggetti semplici in un oggetto complesso, spesso fornendo più viste dell'oggetto (replication).

Questo sia per creare viste di oggetti complessi, sia per creare rappresentazioni e funzionalità che vanno oltre il mondo reale, di fatto creando nuovi oggetti virtuali composti da un misto di oggetti fisici e funzionalità digitali.

Esempi molto spettacolari sono le operazioni in realtà aumentata con visori e caschetti multimediali che iniziano a diffondersi in alcuni contesti (e.g. l'industriale di riparazione e manutenzione e quello medico), spesso integrandosi con tecnologia di Intelligenza artificiale. Più comuni e ormai spessissimo in campo sono principi di DT più basilari. Il semplice comandare

un attuttore in un contesto dove tecnologie multiple sono state installate (ad esempio i sistemi di controllo stradale, stratificati in decenni di tecnologie e che ora devono essere integrati nelle Smart Cities), può richiedere di convertire i protocolli e le semantiche della comunicazione, o di gestirli con logiche di comando e rappresentazione diverse. l'interworking è di fatto un esempio basilare e diffuso di "augmentation".

Il sommario qui di seguito indicato elenca le funzionalità dei Digital Twin, così come derivabili dalla letteratura, dagli studi e dalle implementazioni correnti:

- Representativeness & Contextualization
- Reflection

- Replication
- Entanglement
- Persistency
- Memorization
- Composability
- Accountability/Manageability
- Augmentation
- Ownership
- Servitization
- Predictability

Attualmente IoT e gemelli digitali sono spesso approcciati attraverso architetture guidate dal cloud, evidenziando problemi di latenza e affidabilità in molte applicazioni.

I DT non possono essere delegati solo al cloud ma dovrebbero invece essere gestiti attraverso una visione multilivello con una ripartizione dei compiti fra edge e core, man-

tenendo all'edge una intelligenza "attuativa" capace di rispondere al contesto in real time, e al core una intelligenza profonda in grado di imparare dalle esperienze dei vari device connessi e di trasferire questa conoscenza come affinamento dei comportamenti all'edge.

Se aggiungiamo il fatto che queste soluzioni sono verticali e specifiche dei domini di applicazione, il risultato è una massiccia frammentazione, una ridotta interoperabilità e una limitata modularità delle soluzioni. Questo determina una difficoltà di integrare sistemi IoT complessi con componenti provenienti da domini applicativi diversi (vedasi l'esempio delle smart cities, dove le tecnologie, i sistemi e i domini sono molteplici).

Nel mondo IoT il problema dell'integrazione orizzontale è stato poco affrontato nel mondo delle soluzioni industriali, tese a creare ecosistemi applicativi chiusi o quasi chiusi. Nello standard "de jure" il problema è stato studiato e risolto tecnicamente specificando un framework di interlavoro per IoT denominato oneM2M (www.oneM2M.org), capace di far leva sugli ecosistemi esistenti e farli evolvere in modo integrato, permettendo di spostare il focus degli investimenti per IoT dai servizi di integrazione allo sviluppo avanzato dei servizi. TIM utilizza lo standard oneM2M nella piattaforma ICON usate nell'open LAB di Torino (basato su open source Ocean <http://www.iotocean.org/>

[main/](#)) e commercialmente per i servizi NB-IoT.

Analizzando nello specifico i Digital Twins, i servizi esistenti sono ancora altamente frammentati e focalizzati su implementazioni a silos incapaci di parlare nativamente tra loro, e richiedono uno sforzo rilevante per una loro integrazione all'interno di applicazioni e servizi.

Al tempo stesso all'interno delle piattaforme industriali proprietarie IoT si iniziano a vedere proposte che integrano aspetti di DT vale la pena di citare GE Digital, Siemens, Amazon, Google, Bosch e l'Azure Digital Twin. Quest'ultima, in particolare, approccia anche la progettazione e lo sviluppo cross-domain, includendo un linguaggio denominato DTDL (Digital Twin Definition Language) che rende possibile descrivere grafici di gemelli digitali, rappresentando le loro proprietà e relazioni (<https://docs.microsoft.com/it-it/azure/digital-twins/concepts-models>).

Non è comunque ragionevole che per ogni azienda e ogni servizio si progettino un nuovo e diverso DT creando una pletora di implementazioni eterogenee.

Esiste la necessità concreta di supportare un'interoperabilità DT cross-domain e cross-vendor per evitare soluzioni a silos chiusi che penalizzino lo sviluppo del mercato IoT e DT.

Tuttavia, il potenziale di interoperabilità del DT è ancora poco

esplorato e c'è la necessità di definire un approccio comune per governare la frammentazione delle soluzioni.

La standardizzazione dei DT potrebbe dare una risposta in tal senso, ma le attività in tale ambito sono appena iniziate, trovando riscontro in ETSI sia in TC SmartM2M (<https://portal.etsi.org/tb.aspx?tbid=726&SubTB=726#/>), sia nel citato oneM2M.

Da segnalare anche le attività in ISO JTC 1 (<https://www.iso.org/committee/6483279.html>), anche queste appena iniziate.

Rimane da rilevare che soluzioni standard IoT come la citata oneM2M presenta embedded già oggi molte delle le funzionalità caratteristiche dei DT.

In particolare, le funzionali core di Reflection, Replication, Persistency, Memorization, Composability, Accountability/Manageability, Ownership sono ben consolidate nello standard oneM2M e quelle di augmentation e servitization sono già in qualche modo presenti, costruite su una architettura distribuita fra nodi Edge e core.

Questo apre la strada ad una fast track di standardizzazione che potrebbe portare ad integrare rapidamente l'esistente, che è attualmente in fase di valutazione e che potrebbe portare ad uno standard completo entro l'anno prossimo.■

ETSI

ETSI, European Telecommunication Standards Institute, è l'ESO (European Standards Organizations) competente in materia di telecomunicazione; per alcune tematiche collabora con le altre ESO: CEN e CENELEC. I membri, circa mille aziende, sono comunque di provenienza globale e sono presenti tutti i maggiori player del mondo delle comunicazioni anche se mancano ancora le aziende simbolo dei servizi digitali come Google, Amazon o Facebook.

Apparati e dispositivi TLC, inclusi i terminali utente, e in generale dispositivi dotati di interfacce di comunicazione, per essere commercializzati in Europa devono essere rispondenti alle norme ETSI, e ad ETSI la Commissione Europea si rivolge per lo sviluppo delle specifiche tecniche alla base della regolamentazione nel settore.

ETSI è una delle organizzazioni fondatrici e partner dei Partnership Project di standardizzazione a livello mondiale 3GPP (per le comunicazioni mobili) e OneM2M (per l'IoT).

ETSI include a questo momento 46 gruppi tecnici riferentisi a tematiche e tecnologie diverse, spaziando dall'accesso fisso e mobile alla sicurezza di reti e terminali, da virtualizzazione e edge cloud alla tecnologia per le antenne, passando per reti in fibra, intercettazione legale, intelligenza artificiale e supporto dei servizi di emergenza.

Se la creazione del 3GPP come promotore e fondatore, con ormai 17 release di tecnologia per le tre generazioni di sistemi mobili in esso definite, è il più importante dei risultati di ETSI. Altri lavori fondamentali sono stati sviluppati dai vari gruppi dell'ente, tra cui la virtualizzazione della rete, definita dal gruppo NFV (Network Function Virtualization), metodi e indici di performance per l'efficienza energetica delle stazioni radio, definiti da EE (Environmental Engineering), e i metodi di test per assicurare l'interoperabilità delle reti nel gruppo INT. ETSI è inoltre dotato di una struttura dedicata al supporto dei gruppi tecnici nello sviluppo di procedure di test che verifichino l'interlavoro dei prodotti di diversi costruttori.

TIM fa parte di ETSI ed è rappresentata al Board (organismo di governance dell'ente) sin dalla fondazione nel 1988 ed occupa ruoli di leadership in vari gruppi tecnici.



Luca Pesando luca.pesando@telecomitalia.it

PhD in fisica, lavora nel gruppo di standard management TIM da 15 anni, con esperienza in particolare su aspetti di accesso fisso e relativi servizi. A livello internazionale segue ETSI, dove è membro del Board e chair dell'ISG Fixed 5G, e ITU-T, dove è co-chair del Working Party 1/13, con focus su virtualizzazione e automazione delle reti. A livello nazionale segue le tematiche dell'applicazione di IoT alla gestione dei meter per le utilities elettriche, è nel CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e rappresenta TIM al Consiglio dell'ente. ■



Enrico Scarrone enrico.scarrone@telecomitalia.it

In Azienda dal 1992, dove fin da subito ha seguito progetti di ricerca in ambito fisso e mobile, oltre che diverse attività di standardizzazione. Ha anche lavorato al dispiegamento di nuove soluzioni di reti, in particolare Broadband, in Austria, Spagna, Grecia, Turchia, Brasile, Perù, Indonesia, fornendo consulenza tecnica in ambito radiomobile e sulla convergenza fisso-mobile-IP in Venezuela, Vietnam, Paesi Bassi, Egitto e Arabia Saudita. Dal 2006 al 2011 è stato chairman del 3GPP SA1, responsabile dei requisiti per gli aspetti di servizio e di rete dei sistemi mobili, oggi arrivati alla quinta generazione. Dal 2008 ha contribuito alla definizione dei sistemi M2M e Internet of Things, partecipando anche alla fondazione del gruppo ETSI TC smartM2M (di cui è stato Chairman dal 2011 e al 2012) e al Partnership Project oneM2M. Attualmente è Vice Chairman dello Steering Committee di oneM2M e Vice-Chairman di ETSI TC smartM2M. ■

L'EVOLUZIONE DEL TMFORUM VERSO UN'ARCHITETTURA INTEGRATA E APERTA

Massimo Banzi

L'evoluzione degli operatori da semplici fornitori di connettività a fornitori di servizi digitali ha spinto il TMF a ridefinire tutti i propri asset all'interno di una cornice molto più formalizzata ed allineata con modelli architetturali condivisi (TOGAF e NGOSS). L'insieme di tutti gli asset sono stati raggruppati in quello che è stato ridenominato Open Digital Framework (ODF) che ingloba la Open Digital Architecture (ODA) che comprende ed estende gli asset tradizionali, e la integra con strumenti, modelli e dati che guidano nella sua implementazione. L'obiettivo è quello di rendere i processi aziendali più agili e portare il concept-to-cash "da 18 mesi a 18 giorni", abilitando soluzioni IT più semplici, più facili ed economiche da implementare, integrare e aggiornare, promuovendo contemporaneamente un modello e un mercato software standardizzati a vantaggio di tutte le parti coinvolte: gli operatori, i loro fornitori di soluzioni HW e SW ed i System Integrator. Il tutto viene attuato sfruttando la collaborazione tra tutti gli stakeholder del mondo telco abilitata da modelli di lavoro ereditati dalle Open Communities e dai progetti Open Source e cercando di ottimizzare l'effort valorizzando al massimo tutte le attività svolte dagli altri SDO e Fora con un'iniziativa, il Multi SDO, promossa dal TMForum.

Uno dei principali problemi che ci si trovava ad affrontare nell'approciare gli asset tradizionali del TMForum (eTOM, SID, TAM, API, ...) era la difficoltà di capire come questi si integrassero tra loro.

In TIM abbiamo usato eTOM come riferimento per il Cantiere Processi e TAM (la mappa dei sistemi a supporto dei processi) è sempre stato un riferimento per le nostre RFP nelle campagne di Procurement.

Tuttavia non c'è mai stata una perfetta integrazione tra loro nonostante gli sforzi dei vari progetti coinvolti nel TMF.

Allo stesso modo i vari modelli di maturità sviluppati, Digital Maturity Model, CEM Maturity Model, ... sebbene utilizzabili per un assessment del livello di maturità dell'azienda, non si integravano completamente nel contesto globale del vecchio framework.

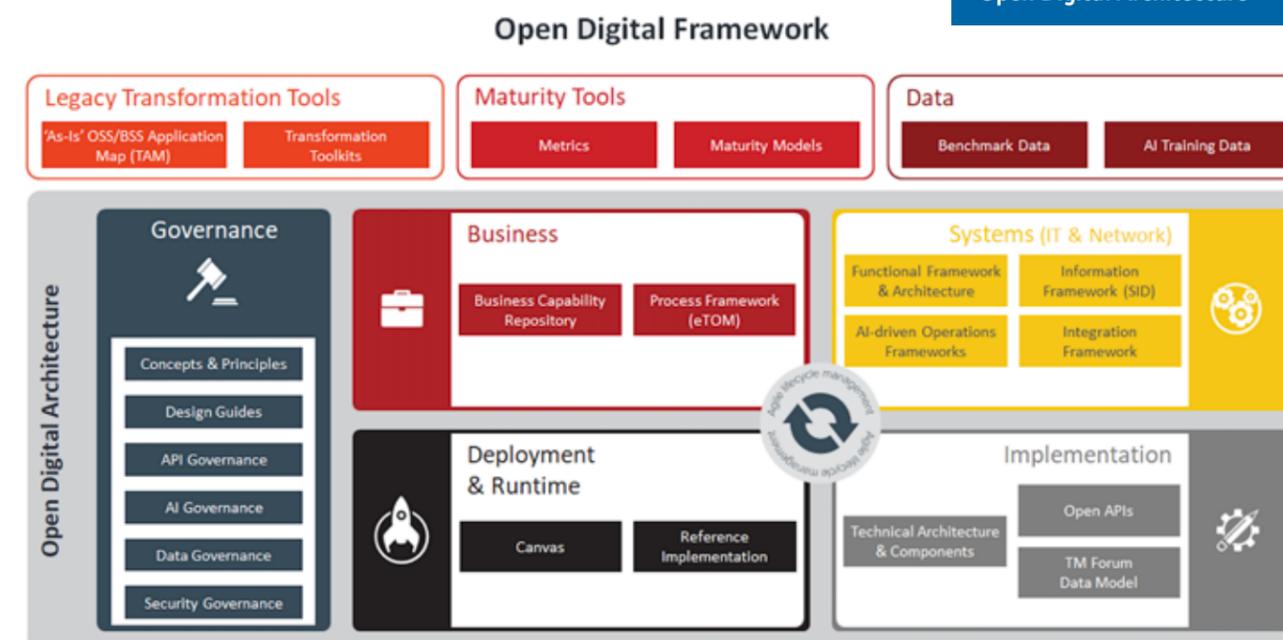
La pandemia ha avuto anche lei un suo ruolo: l'impossibilità di vedersi fisicamente ha spinto a formalizzare al meglio gli strumenti ed i processi di collaborazione già presenti, definendo processi estremamente agili di rilascio degli asset. Per ogni progetto c'è un piano con "sprint" bimestrali ed una gerarchia di ticket che tracciano le azioni sui deliverable.

La Open Digital Architecture

Ma veniamo alla forma attuale del Open Digital Framework. Come si vede da Fig.1, accanto alla Open Digital Architecture ci sono i "Transformation Tools" (in cui tra l'altro è stata fatta confluire il tradizionale TAM), i vari "Maturity Tools" ed i Dati che fanno da cappello alla ODA e ai vari processi interni.

ODA è modellata su quattro quadranti (Fig.1): la "Business Architecture", al cui interno converge eTOM; la "Systems Architecture" con la Functional Architecture e la parte di modellazione (il SID).

1
Open Digital Framework e
Open Digital Architecture



Il "Functional Framework" è la rivisitazione del TAM che rimane tale, ma che è stato decomposto in tutte le "functions" già identificate nell'originale.

Lo scopo è quello di eliminare le ridondanze tra le funzionalità nelle "Applicazioni" ed impostarne la modellazione nelle "ODA Components".

Queste sono formalizzate nella "Implementation Architecture" insieme alle OpenAPI. Si tratta di un lavoro molto capillare (Fig.2) che vuole creare dei modelli di componente che poi possono essere tradotti in linguaggio di alto livello (YAML), i me-

todi codificati ed il tutto distribuito come microservizi, ad esempio, con Kubernetes.

Tutto questo avviene nel blocco "Deployment & RunTime" dove trovano sede attività di generazione di canvas e di Reference Implementation.

Chiaramente il TMF non vuole creare le componenti sostituendosi ai vendor tradizionali, seppure esista un progetto di "Reference Implementation" sotto ODA (l'evoluzione di un Catalyst) che vuole dare un esempio di come si possa procedere.

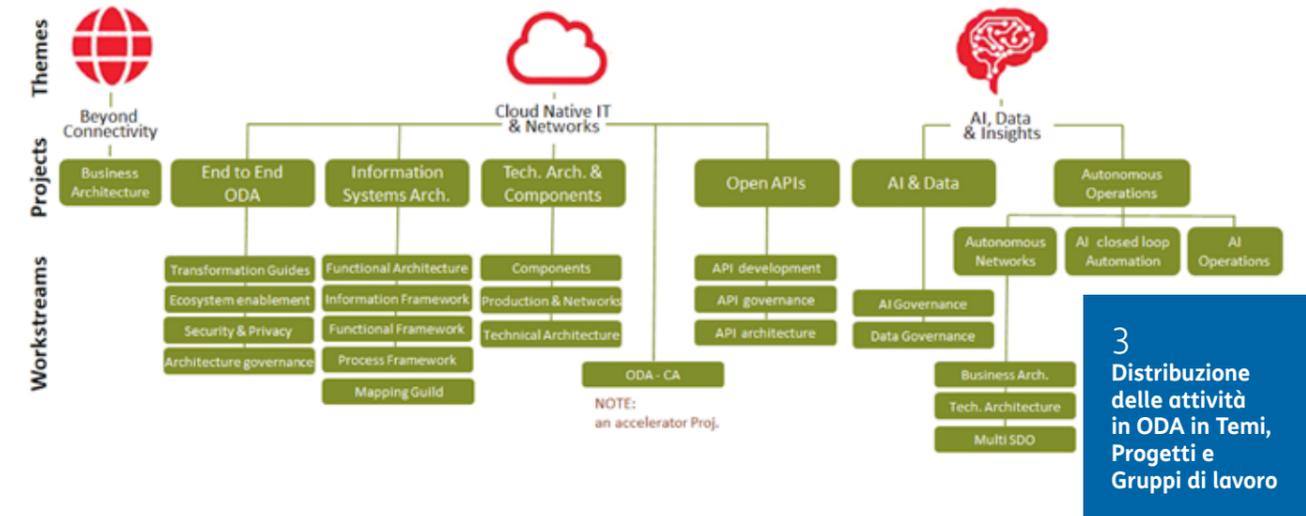
L'auspicio è che spingendo verso la conformità a questo modello le

componenti possano essere distribuite a microservizi in modalità "Lego Like" garantendone la facile integrazione attraverso interfacce aperte e standardizzate.

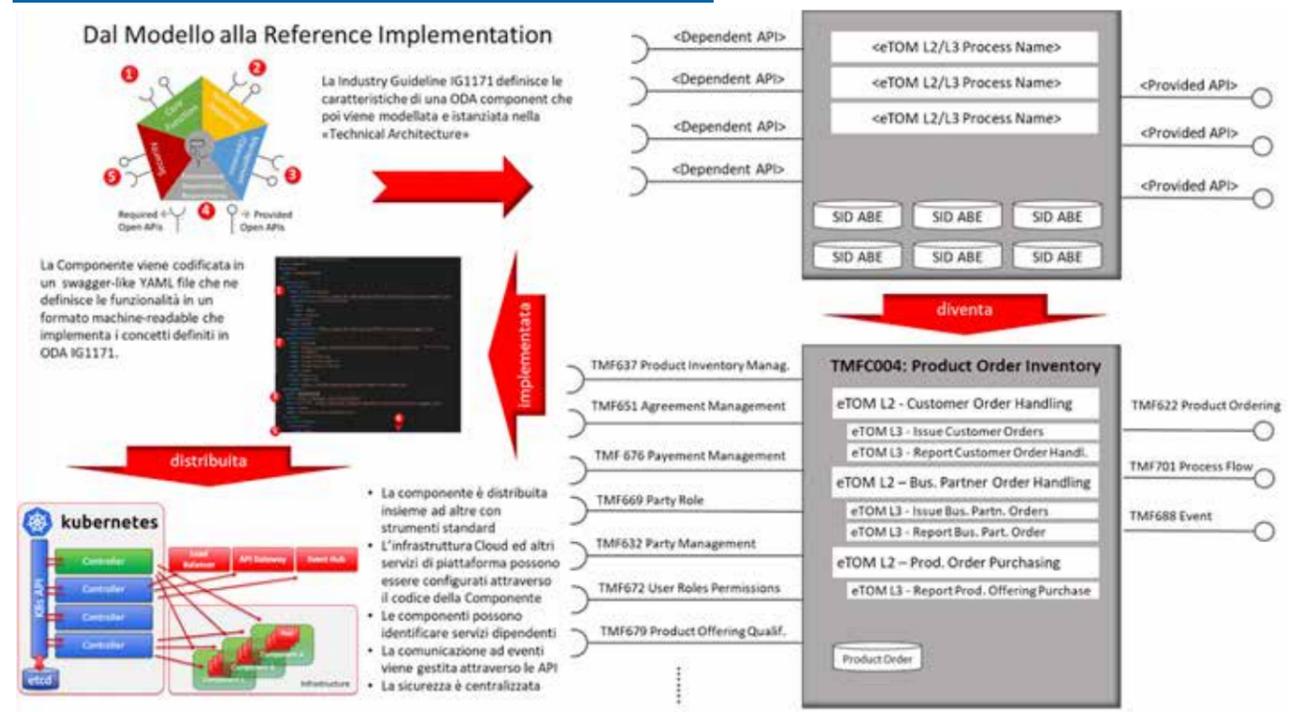
Questo favorirebbe la gestione dei sistemi per gli operatori senza togliere ai vendor il loro ruolo di fornitori di "funzionalità", dal momento che le componenti così rilasciate possono essere delle "black box" che proteggono le specifiche peculiarità, ma ne abilitano l'integrazione.

Questo almeno è l'auspicio del TMForum.

TMForum Open Digital Architecture (ODA):
delivering operational transformation and new services for DSP
 Simplification, automation and intelligence the key principles driving the change



2 ODA Component dal modello alla sua implementazione



Tutto questo si traduce in una organizzazione dei gruppi di lavoro rappresentato in Fig.3 in cui trovano spazio quasi tutte le attività condotte all'interno del TMForum.

Qui ha il suo spazio anche un'iniziativa di collaborazione Cross SDO il "MultiSDO".

Generatosi da un Programma di Liaison del TMForum, ha come obiettivo di radunare attorno ad un tavolo comune i vari organismi di standardizzazione operanti sui settori specifici, condividere informazioni, idee e "vision" ciascuno sulla base dei propri mandati ed il proprio perimetro. In workshop organizzati periodicamente, si discutono gli aspetti controversi per trovare un con-

senso e creare un ecosistema di collaborazione per arrivare a proposte comuni su temi critici del nostro business.

I catalyst: un programma di collaborazione che implementa un'esigenza REALE

I catalyst sono un'espressione della volontà di concretezza espressa dal TMForum in questi ultimi anni.

Le attività condotte all'interno del Forum devono tradursi in risultati operativi per tutti i partecipanti che devono potersi giovare dell'ecosistema DA SUBITO.

Integrando ciascuno i propri asset con quelli degli altri partner e facendo leva su quanto prodotto nell'ente, si devono potere creare le basi per implementare Use Case espressi dagli operatori sulla base di loro specifiche esigenze.

Il tema della collaborazione nella definizione delle basi per il business è uno dei punti di forza del TMForum che con i suoi oltre 850 membri in tutti i settori e sparsi in tutto il mondo e che si giova dei contributi di centinaia di esperti messi a disposizione dai membri, viene visto come un punto di riferimento per i sistemi di supporto al business nel nostro settore.

Stephane Richard CEO di Orange e Chairman di GSMA ha sostenuto: "The TM Forum is for IT, data, and AI what the GSMA is for the network."

We need to see how they can work closer together. ... I am convinced the GSMA and TM Forum could benefit from stronger collaboration, the GSMA would benefit from the fast and flexible model and large IT experience of the TM Forum and the TM Forum could benefit from the size and experience of the GSMA”.

La metodologia di collaborazione dei catalyst inizia dunque da un'esigenza, un caso d'uso espresso da uno o più operatori che poi diventano i "Champion" del catalyst.

Attorno a questa esigenza si aggrega un team di membri che si sentono in grado, integrando i loro prodotti e sfruttando le risorse sviluppate nel Forum, di dare una soluzione a questa esigenza.

I risultati di un Catalyst sono in genere una soluzione prototipale, spesso riutilizzabile, che può esse-

re inserita nelle attività di ricerca e sviluppo collaborativa di TM Forum dove possono essere estesi e resi più robusti.

È capitato che sulla base dei risultati del catalyst i vendor partecipanti abbiano tradotto in soluzioni commerciali la bozza di idea iniziale.

In quest'anno in cui la pandemia ha ancora impedito una presentazione fisica delle soluzioni, sono oltre 40 i catalyst presentati. TIM ha sponsorizzato tre di questi, su temi di interesse per l'azienda:

- il Cloud Gaming: 5G next-gen performance with cloud gaming (<https://myaccount.tmforum.org/networks/21-0-176/index.html>).

Questo Catalyst vuole usare lo slicing di rete on demand per garantire bassa latenza e maggiore ampiezza di banda a clien-

ti che scelgano di vivere un'esperienza più coinvolgente con giochi inizialmente free. La partecipazione di GameCloud nel team, costituito anche da Telia, At&T, Ericsson, Aria Networks e AWS, dimostra l'interesse per questo modello di business. Lato CSP, introduce opportunità di reddito innovative e nuovi modelli di business come il miglioramento dinamico della qualità del servizio on demand. Il Catalyst utilizzerà uno scenario di gioco per dimostrare la soluzione, ma il modello può essere esteso a diversi altri verticali;

- l'ehealth: Ecosoft eHealth (<https://myaccount.tmforum.org/networks/21-0-224/index.html>).

La sfida in questo caso è l'aggregazione di servizi di tipo medicale, quindi con forti requisiti



di confidenzialità, di sicurezza e la necessità di poterne verificare costantemente la qualità. Il progetto si avvale di tecnologie DLT per questo scopo, oltre ad usare tecnologie 5G di network slicing e di EDGE computing per i singoli servizi. Si è voluto anche lavorare sul tema della aggregazione di "intenti", inteso come la rappresentazione formale di un requisito con tanto di vincoli e parametri di valutazione. Trattandosi di aggregazione di servizi semplici in altri più complessi, distribuiti su una rete con forti vincoli di qualità e sicurezza e su cui si innestano dei requisiti di business è stata una grande sfida. Il progetto sfrutta anche l'intelligenza artificiale (AI), la realtà virtuale (VR) e agenti di consulenza intelligenti virtuali (VICA). Al catalyst oltre a TIM e Sparkle hanno partecipato Orange, NTT, l'università Meji di Tokyo, l'università di Milano, Mavenir e IOTA;

- l'automotive: Intent-driven autonomous networks for smart mobility (<https://myaccount.tmforum.org/networks/21-0-211/index.html>).

Questo Catalyst ha creato un ecosistema davvero completo per affrontare il tema del controllo del traffico e dell'inquinamento, unendo agli operatori (TIM; Sparkle, Orange e BT) e ai vendor (Huawei, Netcracker, Teoco, Incognito) anche enti di ricerca (Imperial College), di standardizzazione (IAMTS - International

Alliance for Mobility Testing and Standardization) e gli operatori del settore (Autobrennero ha partecipato con noi). Si vogliono applicare al tema automotive, nuove metodologie e tecniche innovative di gestione intent-based per le operazioni autonome della rete 5G aziendale e dell'infrastruttura applicativa su bande licenziate. Ci si è concentrati su alcune misure per contribuire a ridurre la congestione del traffico e l'inquinamento, sfruttando allo scopo la tecnologia "V2X", ma anche ragionando su sistemi di incentivazione del comportamento virtuoso che si appoggino a tecnologie di Distributed Ledger.

Il Digital Transformation Word Series

<https://dtw.tmforum.org/event-home/>

Anche quest'anno l'evento è stato solamente virtuale, confidando nel 2022 di incontrarsi nuovamente dal vivo a Copenhagen, come pianificato prima della pandemia.

Su un arco temporale di tre settimane (dal 22 settembre al 14 ottobre) si sono distribuiti oltre 130 speakers con interventi sui temi cari al TMForum di AI Data & Insights, Autonomous Operations, Beyond Connectivity, Cloud Native IT & Networks,

Customers Experience & Trust, e the Human Factor.

Lungo e forse un po' dispersivo difficile decidere se e cosa seguire, ma gli interventi sono stati tutti registrati ed è possibile seguirli offline dal sito dell'evento, scorrendo l'agenda al link <https://dtw.tmforum.org/agenda/>

Alcuni dei punti chiave emersi nella conferenza: affinché i CSP possano capitalizzare le opportunità di crescita, **sarà probabilmente cruciale evolvere le loro partnership e i loro modelli di business.**

Ad esempio, le relazioni dei CSP con i fornitori di servizi cloud hyperscale stanno maturando, ma in molti casi rimangono accordi di approvvigionamento cliente-fornitore, piuttosto che vere partnership collaborative che esplorano lo sviluppo di servizi innovativi.

Durante il DTWS, sia i leader di CSP che quelli di hyperscaler hanno espresso interesse a formare partnership più solide.

Emerge sempre più la necessità di evolvere da ecosistemi di fornitori incentrati sui CSP, in cui le telecomunicazioni curano, aggregano e vendono servizi ai propri clienti di connettività, a modelli più aperti e collaborativi con una vasta gamma di partner, da hyperscaler a sviluppatori di software indipendenti.

Le **architetture digitali aperte e le API** saranno al centro di queste iniziative, non solo perché possono aiutare a semplificare la tecnologia CSP legacy, ma anche per consenti-

re un più rapido co-sviluppo di prodotti e servizi all'avanguardia.

L'analisi dei dati e l'intelligenza artificiale stanno diventando **essenziali per la pianificazione e il funzionamento della rete di telecomunicazioni**. Le reti mobili e fisse sono diventate più complicate e i CSP sentono una crescente pressione per ridurre i costi e mirare a nuove opportunità di guadagno. Un processo decisionale più automatizzato sta iniziando a fare la differenza su tutti questi fronti, che si basi sulla comprensione delle loro aree geografiche, dei clienti e delle prestazioni storiche della rete, ottenuta attraverso modelli di apprendimento automatico predittivo che sfruttano le nuove tecnologie di acquisizione ed elaborazione di queste enormi moli di dati.

Ma l'accesso a queste tecnologie e ai dati non si traduce automaticamente in successo.

I CSP stanno scoprendo che devono ancora affinare le capacità organizzative, le competenze, la cultura, la governance e il modello operativo necessari per sfruttare appieno questi strumenti:

il talento delle persone rimane una delle principali sfide delle loro organizzazioni.

I leader delle telecomunicazioni riconoscono quanto sia fondamentale una forza lavoro diversificata e di talento per raggiungere le proprie ambizioni: si è parlato di DEI (Diversity, Equity & Inclusion) e di società di telecomunicazioni che costruiscano team più inclusivi e implementino cambia-

menti per attirare talenti più giovani e più diversificati, come consentire accordi di lavoro più flessibili e lasciare che i team stabiliscano le proprie norme di lavoro. Ma c'è molto lavoro da fare. Su questo tema il TMForum ha lanciato l'iniziativa dell'Inclusion and Diversity Score per definire una metrica per misurare sia la diversità che l'inclusione culturale, fornendo un punto di riferimento per un reale cambiamento nel settore delle telecomunicazioni.

La connettività è vista oggi da molti come un diritto umano e un pilastro fondamentale della società. I CSP sono focalizzati sulla fornitura dei servizi di connettività, andando sempre più verso le nuove tecnologie: 5G, edge computing, intelligenza artificiale, e sull'abilitazione di aziende, comunità e individui a divenire sempre più digitali e questa chiarezza di intenti li sta aiutando a motivare i loro team, accelerare il cambiamento, a semplificare i loro portafogli di prodotti e ad affinare le loro strategie.

Durante la conferenza di quest'anno, è stato chiaro che le trasformazioni aziendali di molte società di telecomunicazioni stanno dando i loro frutti. Sono più audaci, più snelli e più agili.

Stanno diventando più pronti e in grado di stringere partnership sempre più aperte e collaborative che stimoleranno la crescita e stanno sfruttando architetture tecnologiche moderne e più aperte abbattendo i tradizionali silos operativi.

Conclusioni

Il TMForum è una costante fonte di suggerimenti su come un operatore possa evolvere, poiché con la sua ampia platea di partecipanti e di voci da tutti gli stakeholder del settore è un vero e proprio specchio del nostro mercato.

Le conclusioni del DTWs ci danno indicazioni a cui tuttavia TIM non è estranea.

Ad esempio anche TIM sta guardando agli hyperscalers con interesse e volontà di cooperazione: un esempio concreto il recente accordo strategico tra TIM, Google e Noovle.

Allo stesso modo l'Azienda è impegnata proattivamente nella messa a fuoco dell'evoluzione "culturale" dei dipendenti per affinare certe competenze digitali che le nuove tecnologie e l'evoluzione del business richiedono. I corsi di TIM Academy, infatti, non sono solo "tecnologici" ma mirano a far conoscere anche nuove modalità di lavorare in team o di avvicinare il cliente.

Inoltre anche in TIM blue print architetture riflettono molto quanto si sta facendo in ODA con l'introduzione di una maggiore modularità e l'uso intensivo di API aperte, tra cui quelle proposte proprio dal TMF.

Certo i cambiamenti non sono mai istantanei, ma rimane l'auspicio che si possa far tesoro dell'esperienza e del lavoro espresso da enti come il TMForum, che promuove una collaborazione su tutto ciò che oggi sta diventando una commodity. ■



Massimo Banzi massimo.banzi@telecomitalia.it

Laureato in Fisica, è entrato in azienda nel 1994. Dal 2011 si occupa di standardizzazione per "Cloud Computing", "Big Data Analytics" e "Management Support Systems evolution" all'interno di vari enti di normativa.

Precedentemente è stato responsabile della realizzazione di linee guida per l'utilizzo di software open source in sistemi Business critical in Telecom Italia IT e fino al 2007 responsabile del Configuration Management Competence Center nella Software Factory di Telecom Italia dove si occupava di tutte le attività inerenti l'identificazione, il build ed il rilascio del software.

Ha svolto anche attività accademica presso l'Università di Bolzano nella Facoltà di Computer Sciences fino al 2012. ■

COME CAMBIA LA CORE FISSA CON LA WIRELESS WIRELINE CONVERGENCE

Rosaria Persico

L'esigenza di paradigmi *Beyond Connectivity* per destreggiarsi in un contesto di mercato Telco profondamente mutato per l'entrata degli Hyper Cloud Providers sta dando impulso alla ricerca di soluzioni di rete che permettano di valorizzare la prossimità al cliente delle piattaforme di servizio e una modalità più dinamica per accedervi. In questo senso, la rivoluzione del 5G e l'Edge Computing hanno innescato idee di forte trasformazione che stanno pervadendo campi tradizionalmente fuori dal perimetro 3GPP, come quello della rete fissa.

L'idea di una core convergente

A fine 2016, una decina di Operatori attivi in BBF iniziano ad interrogarsi sulle implicazioni del 5G nel contesto delle reti fisse e a considerare l'idea di una rete core unica.

Nel febbraio 2017 a Dubrovnik viene organizzato da BBF e 3GPP un workshop congiunto per esaminare alcuni "use case convergenti" e in quella occasione vengono fissati gli obiettivi della collaborazione tra i due enti di standardizzazione sulla «Wireless Wireline Convergence (WWC)».

Viene volutamente scelto un termine diverso da «Fixed Mobile Convergence», già utilizzato per indicare la convergenza in termini di offerte commerciali e soluzioni per il trasporto.

La WWC riguarda infatti principalmente la convergenza di core network e indirizza l'idea di servire con la 5GC tutti i tipi di accesso, non solo quelli 3GPP, ma anche quelli fissi. La WWC include anche il concetto di unificazione del Data Layer, in quanto concepisce il provisioning dei subscriber fissi a livello di UDM (la funzione dell'architettura 5GC preposta allo User Data Management) e non più su una piattaforma AAA separata.

La suite di specifiche per la WWC comprende alcuni documenti 3GPP della Release 16 ([1], [2], [3], [4]), rilasciati a giugno 2020, e alcuni documenti BBF ([5], [6], [7], [8], [9]), emessi a luglio 2020. Il lavoro tuttavia è in continua evoluzione: il BBF è attualmente in fase di Straw Ballot delle nuove versioni di [5] e [6], che ampliano il set di use case coperti; la pubblicazione avverrà a fine 2021. Il 3GPP, dal canto suo, ha iniziato a discutere se la Release 18 possa riprendere temi WWC non esauriti nella precedente Release 16 (es. visibilità in core dei device dietro al RG).

Il rilascio della Release 18 è pianificato per fine 2023.

Quali driver per la WWC

L'Industria ha proposto la WWC come opportunità per estendere alla core fissa i benefici derivanti dai principi-cardine del 5G: la cloudification e la CUPS [10]. Al di là di cogliere l'occasione per innovare la core fissa sinergicamente con la core mobile, la WWC viene proposta come:

a strumento per realizzare ottimizzazioni di rete e di sistemi - primariamente con il collasso di componenti di rete e piattaforme IT altrimenti duplicate (DB utenti, AAA,

Lawful Interception, Presence, Policy Manager, OSS);
b enabler di nuovi servizi.

Una rivisitazione critica del punto a. porta alle seguenti osservazioni:

1. con la WWC, i nodi di servizio della core fissa (BNG) non spariscono: semplicemente si trasformano per svolgere la funzione di "Access Gateway Function (AGF)", ovvero quella di adattare protocolli e procedure tipici della rete di accesso fissa (e supportati quindi su DSLAM, OLT, MSAN) a protocolli e procedure tipici della core 3GPP;
2. per ovvie ragioni, i saving prospettati dall'unificazione dei sistemi IT accessori alla core sono ottenibili sì, ma solo a trasformazione completata, cioè quando tutti i BNG saranno diventati AGF e le piattaforme IT di core fissa spente;
3. finora, l'Industria, pur proponendo soluzioni unificate di Control Plane e Data Layer, non si è dimostrata propensa a far collassare lo user plane per clienti fissi e mobili. Ma siccome, allo stato attuale della tecnologia, lo UP è una funzione difficilmente cloudficabile, questo è un punto critico per gli investimenti, perché impedisce di realizzare delle economie di scala. È anche vero che la natura de-

gli user plane di core mobile e fissa è oggettivamente diversa:

- per il mobile, l'UPF deve supportare un grandissimo numero di sessioni (uno stesso terminale può aprirne fino ad 8) e la mobilità dell'utente comporta anche un notevole turnover, con conseguente intenso signaling da e verso la funzione di controllo. D'altra parte, la sessione mobile ha una banda media relativamente bassa.
- per il fisso, l'UPF, pur non dovendo supportare la mobilità, deve garantire una banda media per sessione di almeno un ordine di grandezza superiore a quella delle sessioni mobili.

In sintesi, se da una parte la presagita compattazione di nodi associata alla WWC è da considerare con occhio critico, d'altra parte l'orientamento industriale che si registra a riguardo degli user plane ha delle fondate ragioni tecnologiche.

Riguardo il punto b., l'opportunità di nuovi servizi per la clientela fissa appare indubbiamente interessante ed è in totale sintonia con una visione strategica *Beyond Connectivity*.

La prospettiva è quella di beneficiare della *convergenza in termini di piattaforme di servizio*, in quanto questa si può nativamente ottenere servendo tutti i clienti con un'unica core: dietro¹ questa infatti si può dispiegare la pletera di piattaforme di servizio, evitando le attuali duplicazioni. Per chi progetta l'*Edge Computing* e vuole mantenersi pronto a delle opportunità di partnership con terze parti spaziando nei campi del gaming online, del video, dei servizi di home-working (vedi box di approfondimento) e dell'IoT, la possibilità di offrire certe esperienze di servizio anche a clienti fissi è quanto meno intrigante.

E questo non solo e non tanto per gli Operatori che già hanno un mercato fisso e mobile e sono a caccia di economie di scala e sinergie, ma soprattutto per quelli che, operando solo nel contesto mobile, vedono farsi più concreta la possibilità di ampliare il potenziale mercato servendo con la propria (unica) core anche clienti wireline, raccolti tramite accessi wholesale.

L'architettura della core network unica

In Fig.1 è riportata l'architettura della rete fissa "as is" e della rete mobile come diventerà con il 5G. Per quest'ultima, sono eviden-

ziate in particolare le interfacce 3GPP specificate in [2]:

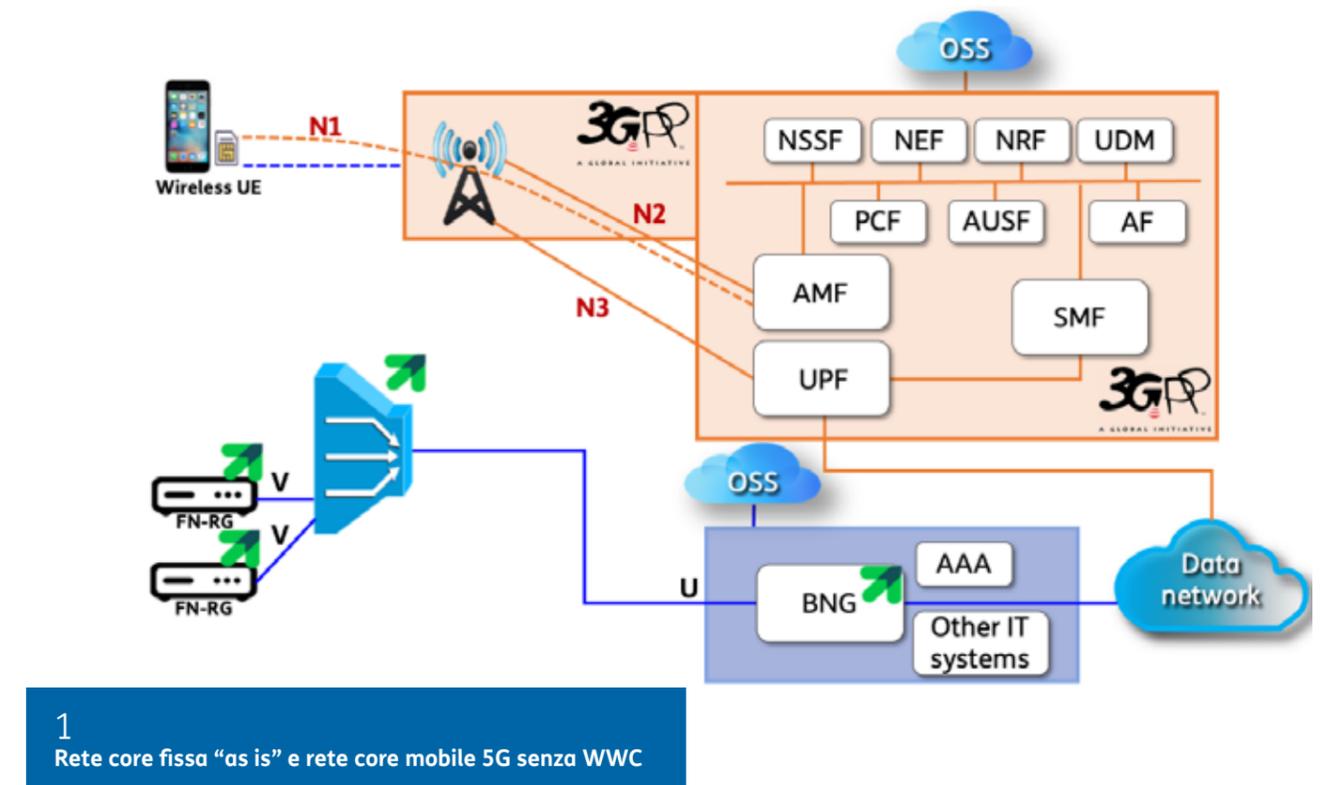
- N1, interfaccia di controllo tra terminale mobile (UE) e AMF – Su questa interfaccia è trasportata la segnalazione NAS, tramite cui registrarsi e chiedere servizi;
- N2, interfaccia di controllo tra RAN e AMF – Su questa interfaccia è trasportato il protocollo di rete NGAP, per gestire le comunicazioni tra accesso radio e core network;
- N3, interfaccia di user plane tra RAN e UPF – Questa interfaccia usa tunnel GTP-U per il trasporto del traffico di utente tra accesso radio e il nodo UPF della core che fa da gate verso il dominio dei servizi (Data Network).

Per la rete fissa, in Fig.1 sono evidenziate le interfacce BBF specificate in [12] e [13]:

- V tra terminale fisso tradizionale (FN-RG) e nodo di accesso fisso;
- U tra nodo di accesso fisso e BNG.

La Fig.2 mostra in giallo cosa cambia nell'architettura con la WWC. Vengono introdotte due nuove entità funzionali:

- all'edge della rete, il già citato AGF (rappresentato nella versione CUPS), che rimpiazza il BNG e permette agli accessi fissi di accedere alla rete core 5G;



- in casa cliente, il 5G-RG, una nuova generazione di RG, che, alla core 5G appare a tutti gli effetti come un UE 3GPP. Nella figura, lo vediamo rappresentato in tre flavour diversi: con la sola interfaccia wireless FWA; con entrambe le interfacce wireless e wireline (hybrid); con la sola interfaccia wireline.

Vedremo meglio il ruolo di queste due nuove funzioni di rete nelle sezioni dedicate. Qui ci basti osservare che le specifiche 3GPP di Release 16 richiedono

che la rete fissa e i suoi terminali si innestino esattamente nelle interfacce N1, N2 e N3 già definite per la rete di accesso radio e i terminali 3GPP.

Per adattarsi a questo requisito, l'AGF è stato definito in modo che, agli occhi della 5GC, appaia come un nodo di accesso radio, supportando verso l'AMF l'interfaccia di controllo N2, e verso l'UPF l'interfaccia di user plane N3; mentre il terminale 5G-RG è concepito per essere visto dall'AMF come un UE con interfaccia N1.

L'unico aspetto che non si applica, né all'AGF né al 5G-RG, è quello della mobilità.

Di conseguenza, gran parte del lavoro di specifica dell'AGF e del 5G-RG svolto in BBF è stato incentrato sull'adattamento dei protocolli e delle procedure tipiche della rete di accesso fissa al requisito di esporre le interfacce N1, N2 ed N3 verso 5GC, tenendo conto dei vincoli imposti dai nodi di accesso fisso: questi di fatto continueranno a lavorare principalmente come L2 switch, a riconoscere e garantire il forwarding dei proto-

colli PPPoE e IPoE, e ad inserire nei messaggi di iniziazione delle sessioni quella preziosissima informazione nota come “Line-Id”, che rappresenta a tutti gli effetti l’identificativo *trustable* e univoco del cliente fisso e ne permette la geolocalizzazione.

L’Access Gateway Function (AGF)

Sebbene la specifica CUPS per l’AGF [9] non sia ancora stata rilasciata², le funzioni dell’AGF sono già state definite distintamente per il control plane e lo user pla-

ne. Di seguito un breve excursus su quelle principali.

- Per il control plane, l’AGF termina una sessione PPPoE iniziata dal 5G-RG e dedicata solo al trasporto della segnalazione NAS e della segnalazione AS (Access Statum). La NAS viene trasparentemente trasmessa dall’AGF da e verso l’interfaccia N2: solo 5G-RG e AMF interpretano i messaggi NAS, tramite i quali vengono effettuate operazioni come la registrazione del terminale, la richiesta e il rilascio delle PDU session, la modifica delle PDU session in essere, etc.

La segnalazione AS invece origina dall’AGF ed è scambiata tra AGF e 5G-RG.

- Parte di essa si basa su dei parametri ricevuti su interfaccia N2 dalla 5G-RG durante la registrazione del 5G-RG, i cosiddetti RG-LWAC (RG-Level Wireline Access Characteristics), che sono memorizzati nell’UDM all’atto della subscription. Tali parametri indicano all’AGF quali policy di QoS applicare all’aggregato di traffico delle sessioni, e quali regole di QoS l’AGF deve comunicare al terminale

affinché questo tratti correttamente il traffico aggregato upstream. Questi aspetti di QoS agiscono in aggiunta alle policy applicate alle singole sessioni, che restano invece in capo alla 5G-RG.

- La segnalazione AS assolve inoltre ad un altro ruolo importante: predisporre lo user plane tra AGF e 5G-RG per il trasporto del traffico delle PDU session.
- Per lo user plane, l’AGF termina tanti tunnel simil-PPP³ quante sono le PDU session che il terminale richiede alla 5G-RG; ognuno di questi tunnel viene “cucito” dall’AGF con il rispettivo tunnel GTP-U che la 5G-RG predispose tra UPF e AGF. Per instaurare i tunnel simil-PPP tra AGF e 5G-RG, come detto poc’anzi, è usata la segnalazione AS.

Nonostante la complessità, il compito dell’AGF è relativamente limitato, come si addice a quello di un gateway. Le vere e proprie funzionalità di servizio, necessarie per autenticare l’utente, assegnare un indirizzo alle sue PDU session, eseguirne l’accounting, eventualmente intercettare il traffico per fini legali, esporne caratteristiche sulla NEF, etc., sono delegate alle apposite funzioni della 5G-RG.

In questo modo, sono nativamente applicabili i meccanismi per il ses-

sion placement, lo slicing, la network exposure, etc. previsti dalle specifiche 3GPP.

Il terminale 5G-RG

Il 5G-RG è un terminale di rete dotato di USIM, che supporta la segnalazione NAS e si autentica quindi con metodi basati sui protocolli della rete 5G; può aprire fino a 8 PDU session per accedere simultaneamente a diverse Data Network (DNN) tramite diverse slice; gestisce la QoS delle singole PDU secondo i paradigmi della rete 5G; riceve policy dal PCF tramite il protocollo URSP; insomma, a parte la mobilità, è a tutti gli effetti un UE 3GPP.

Un aspetto nuovo, invece, è che il 5G-RG può essere dotato di doppia connettività: wireline (con fibra/rame) e wireless FWA (LTE e/o NR):

- può usare una connettività come backup dell’altra (non contemporaneamente e previa nuova registrazione), abilitando alcuni servizi di interesse per il cliente finale o utili all’Operatore per semplificare le Operations (vedi fast provisioning);
- in alternativa, se supporta il protocollo 3GPP ATSSS [11], può usare la doppia connettività sotto un’unica registrazione, anche contemporaneamente,

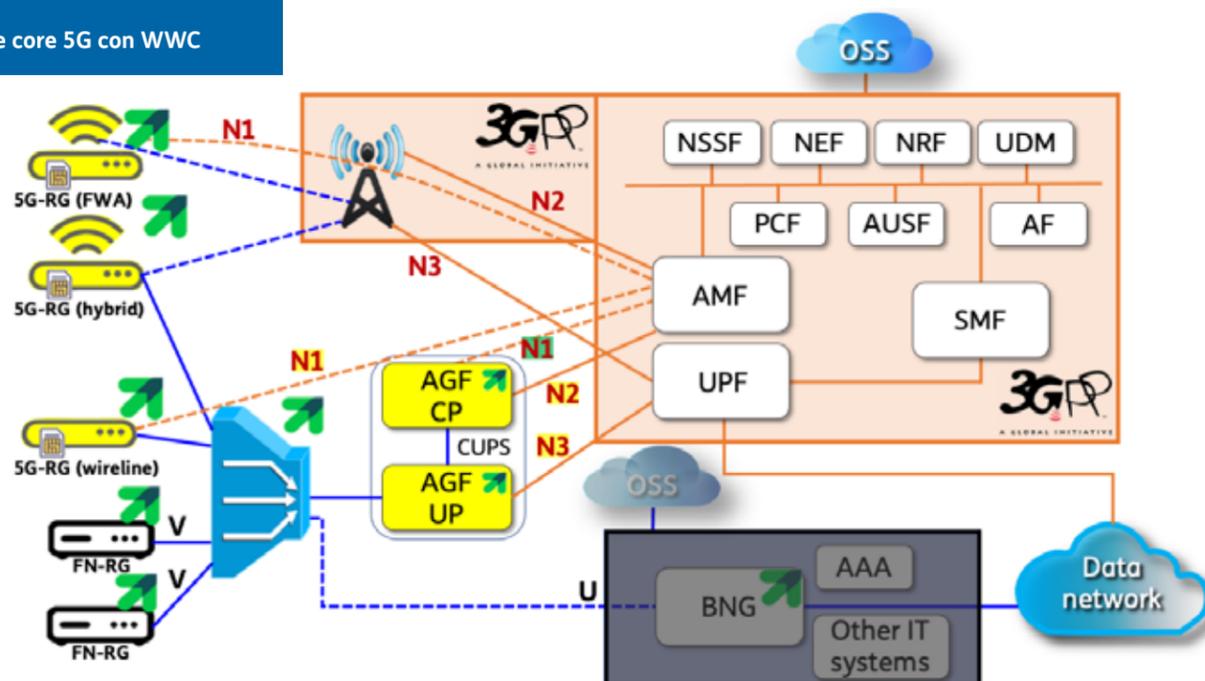
diventando di fatto un terminale di enorme versatilità e di notevole interesse per clienti alto spendenti. Un 5G-RG con funzionalità ATSSS gestisce di fatto le cosiddette “multi-access PDU session”, le quali richiedono l’ancoraggio su UPF che supportano anch’essi la stessa funzionalità. Si tratta di un enhancement dal quale deriva una notevole complessità tecnica, che, lato rete, l’Industria conta di rendere disponibile solo in una fase avanzata degli sviluppi.

L’ecosistema industriale dei terminali 5G-RG al momento è focalizzato su soluzioni che supportano solo l’accesso FWA (il che conferma che la convergenza di core sta già accadendo): queste ovviamente sono in grado di connettersi nativamente alla rete core 3GPP.

Mancano purtroppo implementazioni, anche solo prototipali, di 5G-RG con interfaccia wireline. Ciò sta avendo degli impatti negativi anche sugli sviluppi dell’AGF, perché rende difficile il testing delle funzionalità di rete.

Per superare questo problema, DT, TIM, BT, Telstra e Verizon hanno recentemente lanciato in BBF il progetto OB-5WWC (Open Broadband – WWC Reference Implementation for 5G-RG), per attirare Implementers e creare del

2 Rete core 5G con WWC



software di base open source che aiuti a dare un'accelerazione agli sviluppi del 5G-RG.

L'AGF in adaptive mode

Finora abbiamo parlato della capacità dell'AGF di connettere alla 5GC i terminali fissi di nuova generazione: quando l'AGF agisce in questo ruolo si dice che opera in "direct mode".

Tuttavia, su richiesta degli Operatori, il BBF ha specificato per l'AGF anche l'"adaptive mode", che consente anche agli RG di vecchia generazione (FN-RG) di essere serviti dalla rete core unica tramite l'AGF. Questo renderà possibile il decommissioning dei BNG.

In Fig.2 l'interfaccia N1 in verde tra AGF e AMF è indicativa del supporto dell'adaptive mode da parte dell'AGF.

In questa modalità, l'AGF agisce come proxy UE agendo verso la core per conto di ciascun terminale fisso legacy e mantenendo uno stato indipendente per ognuno di essi.

La differenza principale tra AGF in direct mode e AGF in adaptive mode è che nel primo caso la segnalazione NAS è scambiata tra il terminale e l'AMF, traspa-

rentemente all'AGF, mentre nel secondo la segnalazione NAS è terminata proprio sull'AGF, che fa da traduttore della segnalazione PPPoE o DHCP in messaggistica tipica della 5GC.

Un altro punto di differenza tra AGF in direct mode e AGF in adaptive mode è la modalità di autenticazione del terminale: nel primo caso, essa è USIM-based ed è direttamente il 5G-RG ad autenticarsi sulla rete core; nel secondo caso è invece l'AGF che prima costruisce, a partire dal Line-Id dell'utente⁴, un identificativo SUCI trustable e globalmente univoco, e poi utilizza tale SUCI per autenticarsi sulla 5GC per conto del terminale, con mimiche simili a quelle di un UE 3GPP. Agli occhi della 5GC, un FN-RG e un 5G-RG sono indistinti e indistinguibili, se non fosse per il provisioning del parametro di subscription identification definito a livello di UDM.

Adesso che abbiamo visto come anche i terminali fissi legacy possano accedere alla 5GC, verrebbe da pensare che la mancanza di implementazioni di 5G-RG non sia un ostacolo per l'adozione della WWC. In realtà, se il cliente accede alla 5GC con un terminale FN-RG, ha delle limitazioni importanti, soprattutto per la realizzazione del Local Break-Out. Infatti,

non può accedere contemporaneamente a Data Network diverse, a meno che l'FN-RG non sia in grado di aprire più sessioni PPP simultaneamente⁵; inoltre l'FN-RG non può accedere a una Data Network tramite due Slice diverse. Infine, un terminale FN-RG, non supportando la NAS, non è adatto all'offerta di servizi a doppia connettività basata su ATSSS.

Se gli sviluppi dell'AGF in direct mode soffrono della mancanza di terminali 5G-RG, sono invece in fase di rilascio i primi prototipi dell'AGF in adaptive mode.

L'integrazione di questi con la 5GC, eventualmente di terza parte, è in alcuni casi già cominciata, ma gli use case supportati sono ancora basilari.

Al momento, l'adozione dell'AGF per servire i soli terminali FN-RG, tanto più a sessione unica, pone interrogativi sull'opportunità in termini di ricavi rispetto all'uso della core fissa.

Conclusioni

BBF e 3GPP hanno messo a punto una suite di specifiche che estendono alle reti fisse i paradigmi della core mobile, rendendo possibili sinergie e intro-

ducendo flessibilità per creare nuovi modelli di servizio.

L'adozione della Wireless Wireline Convergence rimane un tema complesso, con implicazioni pervasive sull'organizzazione aziendale. Richiederà

analisi architettoniche, valutazioni delle proposizioni dell'Industria, aggregazione di skill, studi delle opportunità di business.

Si tratta tuttavia di una trasformazione nella quale molte Telco, con l'adozione dell'FWA,

sono già ineluttabilmente coinvolte e che ha perciò senso guardare con maggiore consapevolezza nella prospettiva dei prossimi 3-4 anni, in concomitanza con gli investimenti per la core 5G.■

WORKING FROM HOME: UNO USE CASE PER LA WWC

Una delle conseguenze più evidenti della pandemia che stiamo vivendo è la crescente tendenza a lavorare da casa (Working From Home), che sta spingendo molto l'innovazione negli strumenti per supportarla. Si registra anche una forte propensione al dispiegamento di risorse aziendali per facilitarla. Gli aspetti per migliorare il lavoro da casa spaziano dalla QoE, ad una connettività affidabile, fino all'introduzione di pratiche di sicurezza aziendale come ZTNA, autenticazione a più fattori e SASE. Un punto fondamentale da assicurare in questo contesto è che la postazione di lavoro abbia una gestione differenziata rispetto agli altri dispositivi Internet dell'ambiente domestico.

In questo panorama, si aprono delle opportunità di business per il datore di lavoro e per il Provider 5G. Vediamone un esempio.

- Anna lavora spesso da casa.
- Ha un servizio Internet basato su 5G WWC, utilizzato da tutta la famiglia.
- Il suo datore di lavoro vuole assicurarsi che la connettività di Anna sia adatta ad applicazioni particolarmente demanding, e sia affidabile, in quanto Anna svolge delle mansioni molto delicate ed è in contatto continuo con i clienti.
- Il datore di lavoro di Anna è disposto a pagare per una connettività potenziata, ma vuole che sia separata dal servizio Internet.
- Inoltre, vuole che tutto il traffico della postazione di lavoro di Anna passi attraverso la rete aziendale, dove possono essere applicate politiche di sicurezza ad hoc. Allo stesso tempo, né Anna né il suo datore di lavoro vogliono che il traffico degli altri membri della famiglia transiti per la rete aziendale.



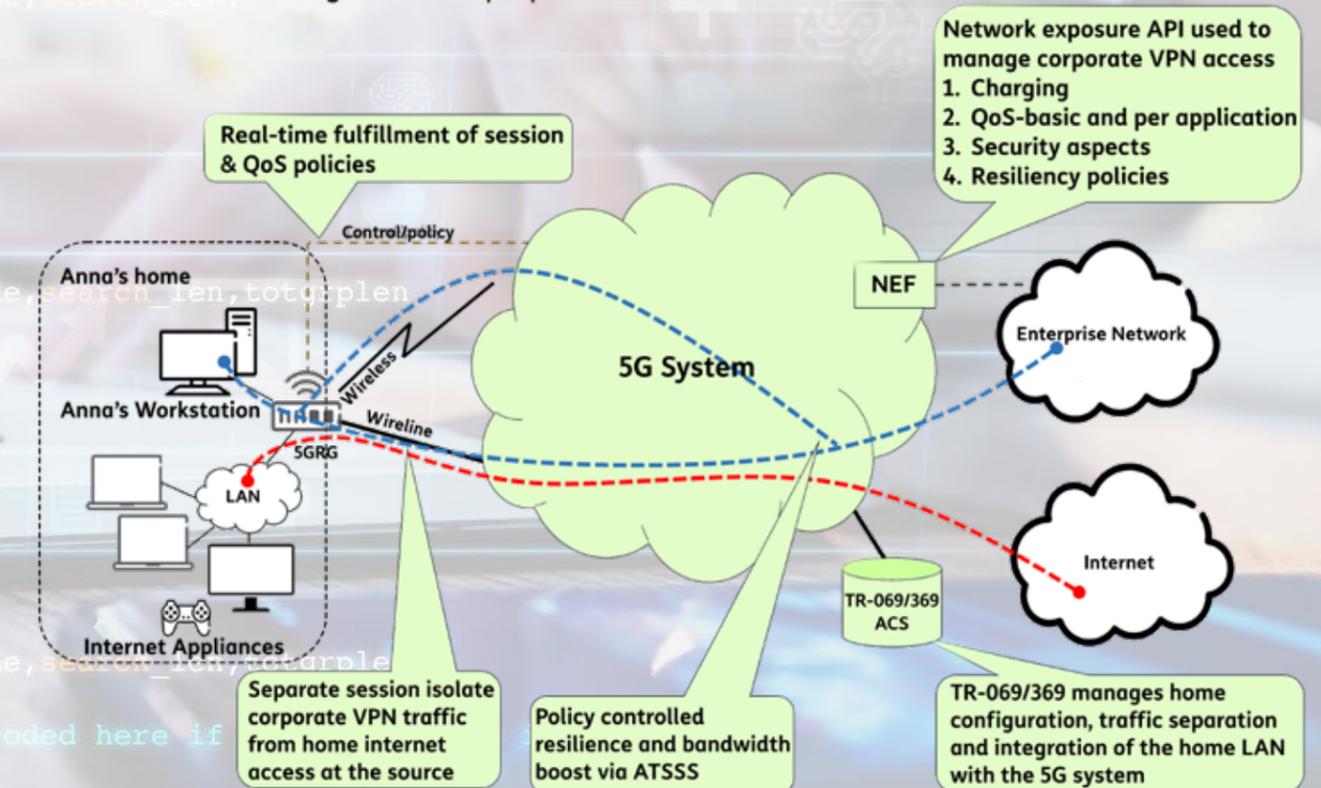
La combinazione di feature del 5G-RG e del sistema 5G possono rendere tutto questo possibile. Infatti:

- La capacità del 5G-RG di aprire più sessioni simultaneamente può essere utilizzata per permettere l'accesso in VPN e la gestione differenziata del traffico di Anna.
- La separazione del traffico in ambito domestico può essere gestita tramite configurazioni da remoto sul 5G-RG (via TR-069) e consente di isolare la postazione di lavoro di Anna dagli altri dispositivi domestici (tramite porta fisica, SSID o VLAN).
- Le funzioni di controllo della rete 5G permettono di implementare modifiche in tempo reale alla connettività e alla QoS di Anna, senza impattare sui flussi di traffico del resto della famiglia.
- L'accesso ibrido del 5G-RG basato su ATSSS può aggiungere affidabilità alla connettività di Anna e la possibilità di un incremento di banda su richiesta.

- La funzione 5G di Network Exposure consente all'Azienda di controllare la QoS del traffico correlato al lavoro di Anna, di trasferire la tariffazione di quel traffico all'Azienda, e di estrarre informazioni utili per la sicurezza, come la localizzazione dell'accesso.

Value proposition

- Anna può lavorare in condizioni migliori e non a sue spese (il datore di lavoro potrebbe pagarle il 5G-RG con doppia connettività e coprire la quota parte delle spese per il servizio premium).
- Il Provider 5G può rafforzare la customer retention e monetizzare le migliorie che apporta al servizio di Anna.
- L'Azienda può assicurare ad Anna un ambiente di lavoro più affidabile e sicuro, pagando solo per le parti del servizio che riguardano la propria lavoratrice.



```
message("INFORMATION : Switch to report based data transformation from memory based")
rprt_send()
```

```
endif
```

```
else
```

```
rprt_send()
```

BBF: ORIGINI E PRINCIPALI ATTIVITÀ

Inquadramento e membri

Il Broadband Forum (BBF, www.broadband-forum.org), è un consorzio no profit fondato nel 1994 che conta più di 150 membri. Vi partecipano aziende leader fra Telco e Cable Operator, costruttori di apparati, sviluppatori di soluzioni sw, costruttori di apparati di misura, laboratori di test, università ed enti di ricerca.

Negli ultimi anni la platea dei membri si è arricchita di player industriali emersi dalle nuove dinamiche di ecosistema scatenate dalla così detta Digital Transformation, dagli sviluppi Open Source, dalla disaggregazione degli apparati di rete. Questi nuovi membri ricadono principalmente nelle categorie degli hyperscaler (come Microsoft e Google), degli integratori di sistemi e dei costruttori new comer.

Open Source - Open Standards

Il BBF rappresenta il riferimento per le architetture e le specifiche per il broadband fisso e le reti IP ed ha per l'accesso fisso il ruolo che 3GPP svolge nel mondo mobile. Il BBF intrattiene una proficua liaison con 3GPP come del resto con altri enti di standardizzazione (ITU-T, ETSI, ecc.), fora (TMForum, MEF, WFA, HGF) e collaborazioni con organizzazioni open source (ONAP, OPNFV, ONF, PrplFoundation).

Dai secondi anni '10, il BBF ha seguito l'evolversi del mercato e delle esigenze dei propri stakeholder e ha introdotto nei propri standard tecnologie come SDN, NFV, Cloud e use case

quali Connected Home, IoT, infrastruttura 5G convergente, ultra-fast broadband. Per dare impulso all'apertura di ecosistemi tradizionalmente chiusi sono state definite interfacce standard per gestione e controllo di apparati e funzioni virtualizzate e sviluppato i necessari Data Model YANG.

I Technical Report (TR, <https://www.broadband-forum.org/technical-reports>) coprono diverse tipologie di utenti (residenziali, business, enterprise), servizi (voce, dati, video, servizi convergenti, content delivery, ecc.) e segmenti di rete (core, edge, trasporto, accesso, rete domestica).

Al filone tradizionale dello sviluppo di specifiche, peraltro reso più agile e partecipato con l'adozione di nuovi strumenti di collaborazione (<https://wiki.broadband-forum.org>), si è affiancato lo sviluppo di soluzioni software nell'ambito di progetti Open Source interni, aperti anche ai non-membri, o di collaborazioni con altre comunità Open Source.

Le soluzioni rilasciate da questi progetti, raccolti nel filone chiamato Open Broadband, rappresentano delle reference implementation di alcuni dei componenti chiave definiti negli standard BBF.

Principali deliverable

Ci sono tre famiglie di specifiche che hanno visto una vasta adozione da parte dell'industria

e che hanno rappresentato degli standard de facto nel dispiegamento ed evoluzioni delle reti larga banda nel mondo:

- Specifiche su requisiti di apparato e architetture di tipo multi-service e multi-edge adottate nella maggioranza delle reti per accesso fisso nel mondo (TR-101, TR-144, TR-145, TR-178, TR-348, TR-378)
- Test Plan funzionali e prestazionali per tecnologie xDSL (TR-114, TR-115), Gfast (ID-337), PON (TR-247), G.hn (WT-476), WiFi (TR-398), MPLS (TR-248), spesso associati ad attività di miglioramento dell'interoperabilità fra vendor, quali plugfest e programmi di certificazione
- Protocollo e Data Model CWMP (noto anche come TR-069). Questa suite di specifiche è la soluzione adottata globalmente per l'autoconfigurazione e telegestione dei Residential Gateway (TR-069, TR-106, TR-124, TR-140, TR-181). Nel 2018 si è superato il miliardo di RG gestiti.

Progetti evolutivi/innovativi

- CloudCO: specifiche dell'architettura, interfacce standard ed Application Notes per soluzioni broadband basate su tecnologie SDN-NFV e realizzate su infrastruttura cloud (TR-384, TR-408, TR-411, TR-413, TR-435)
- Automated Intelligent Management (AIM): specifiche dell'architettura e interfacce per sistemi Closed Loop basati su AI/ML per il potenziamento dell'automazione di delivery e assurance dei servizi (TR-436)
- Universal Services Platform (USP): nuovo protocollo di gestione e monitoraggio del Residential Gateway e dispositivi in-premises (inclusi quelli IoT e per la Smart Home) che migliora la sicurezza nella gestione remota, abilita modelli di business verticali ed

è retrocompatibile con il TR-069 (TR-369, TR-469)

- Distributed BNG e Session Steering: specifica l'architettura con edge distribuito e gli elementi funzionali per lo steering automatico di sessioni singole o in modalità bulk abilitando l'evoluzione verso il cloud computing
- 5G WWC: specifica i blocchi funzionali e le interfacce per il leg fisso di reti 5G convergenti, rispettando rigorosamente i vincoli di compatibilità con i nodi legacy di accesso fisso.

Progetti Open Broadband

- *OB-MAP - Multi Access Point (Multi-AP): implementazione open source della specifica Easy Mesh della WiFi Alliance, sviluppata in collaborazione con la PrplFoundation.*
- *OB-USP-Agent: implementazione open source di un USP agent secondo il BBF TR-369.*
- *OB-BAA: implementazione open source che specifica di un Broadband Access Abstraction (BAA) per apparati di accesso*
- *OB-5WWC: implementazione open source di un 5G-capable Residential Gateways (5G-RG) secondo le specifiche BBF per la Wireless-Wireline Convergence*
- *OB-UDPST: implementazione open source di un tool per eseguire UDP Speed Test secondo le metriche definite nel TR-471*

I programmi di Certificazione esistenti sono:

- BBF.069: relativa all'interoperabilità di apparati domestici rispetto alla loro gestione tramite protocollo TR-069 da parte di un Auto Configuration Server (quello che per Telecom Italia è REGMAN)
- BBF.247: relativa all'interoperabilità di ONU GPON rispetto alla loro gestione

tramite protocollo OMCI da parte di un apparato OLT

- BBF.337: G.fast
- BBF.369: USP
- BBF.398: Carrier grade WiFi

Per dettagli su questi programmi ed altre iniziative a supporto dell'interoperabilità fare riferimento a:

<https://www.broadband-forum.org/certification-and-certification-programs>

Motivazioni e partecipazione

TIM presidia ed influenza diversi filoni di attività chiave per l'innovazione ed il business dell'azienda. In particolare, i delegati TIM contribuiscono in modo sostanziale, anche in qualità di editor, alle

specifiche delle Work Area Wireline Wireless Convergence (WWC), Access and Transport Architecture (ATA), SDN-NFV e Broadband User Services (BUS).

TIM partecipa al progetto Open Broadband – Broadband Access Abstraction (OB-BAA) ed è Lead dello Story Team che definisce i requisiti del codice.

Recentemente TIM ha lanciato il progetto OB-5WWC per promuovere lo sviluppo dei 5G-RG. TIM è inoltre chair del gruppo dei Service Provider (SPAC), membro del Board of Directors e dello Steering Committee.

rosaria.persico@telecomitalia.it
mauro.tilocca@telecomitalia.it

Note

1. Tecnicamente, per “dietro la core” si intende a livello di interfaccia N6 dell'architettura 5GC (ex Gi dell'architettura LTE).
2. La specifica è in ritardo, ma è ragionevole pensare che possa beneficiare delle specifiche, in parte già rilasciate, per la CUPS del BNG (suite TR-459).
3. L'espressione simil-PPP si riferisce al fatto che l'incapsulamento è simile a quello PPP, e perciò viene gestito normalmente dai nodi di accesso tradizionali, ma i campi dell'header sono usati in maniera ad hoc per gli scopi della WWC, in conformità all'RFC 8822 (5G Wireless Wireline Convergence User Plane Encapsulation (5WE)): su questa RFC Ericsson possiede un importante brevetto.
4. Si ricorda che il Line-Id è inserito dal nodo di accesso nel primo messaggio inviato dall'RG per iniziare la sessione.
5. Questa è una novità introdotta dei rilasci in corso di [5] e [6]. Nel primo rilascio, l'FN-RG poteva avere una sola PDU session e quindi accedere a una sola DNN tramite un'unica slice.

Bibliografia

Tutti i documenti sotto elencati sono pubblici. Il loro URL è trovabile tramite qualsiasi motore di ricerca.

- | | | | |
|-----|--|------|---|
| [1] | TS 23.316, Wireless and wireline convergence access support for the 5G System, 3GPP R16 | [8] | TR-181 Issue 2 Amendment 14, Device Data Model for TR-069, BBF, 2020 |
| [2] | TS 23.501, System architecture for the 5G System (5GS), 3GPP R16 | [9] | WT-458, Wireless and Wireline Convergence with Control and User Plane Separation. Reference Architecture, Interface, and Protocol Specification, BBF, In progress |
| [3] | TS 23.502, Procedures for the 5G System (5GS), 3GPP R16 | [10] | TS 29.244, Interface between the control plane and the user plane nodes, 3GPP R16 |
| [4] | TS 24.502, Access to the 3GPP 5G Core Network (5GCN) via non-3GPP access networks, 3GPP R16 | [11] | TR 23.793, Study on access traffic steering, switch and splitting support in the 5G System (5GS) architecture, 3GPP R16 |
| [5] | TR-456 Issue 1, AGF functional requirements, BBF, 2020 | [12] | TR-101 Issue 2, Migration to Ethernet-Based Broadband Aggregation, BBF, 2001 |
| [6] | TR-470 Issue 2, 5G Wireless Wireline Convergence Architecture, BBF, 2020 | [13] | TR-178 Issue 2, Multi-service Broadband Network Architecture and Nodal Requirements, BBF, 2017 |
| [7] | TR-124 Issue 6, Functional Requirements for Broadband Residential Gateway Devices, BBF, 2020 | | |

Acronimi

5GC	5G Core	NAS	Non Access Stratum
5G-RG	5G Residential Gateway	NR	New Radio
AAA	Authentication, Authorization and Accounting	OLT	Optical Line Terminal
AF	Application Function	OSS	Operational Support System
AGF	Access Gateway Function	PCF	Policy Control Function
AGF-CP	AGF-Control Plane	PDU	Packet Data Unit
AGF-UP	AGF-User Plane	PPP	Point to Point Protocol
AMF	Access and Mobility Management Function	PPPoE	PPP over Ethernet
AS	Access Stratum	QoE	Quality of Experience
ATSSS	Access Traffic Steering Switching Splitting	QoS	Quality of Service
BBF	Broadband Forum	RAN	Radio Access Network
BNG	Broadband Network Gateway	RG	Residential Gateway
CUPS	Control User Plane Separation	RG-LWAC	RG-Level Wireline Access Characteristics
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	SASE	Secure Access Service Edge
DNN	Data Network Name	SMF	Session Management Function
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	SSID	Service Set Identifier
FN-RG	Fixed Residential Gateway (without NAS)	SUCI	Subscription Concealed Identifier
FWA	Fixed Wireless Access	UDM	Unified Data Management
GTP-U	GPRS Tunneling Protocol User Plane	UE	User Equipment
IoT	Internet of Things	UPF	User Plane Function
IT	Information Technology	URSP	UE Route Selection Policy
LTE	Long Term Evolution	USIM	Universal Subscriber Identity Module
MSAN	Multi-Service Access Node	VLAN	Virtual Local Area Network
NEF	Network Exposure Function	VPN	Virtual Private Network
NRF	Network Repository Function	WWC	Wireless Wireline Convergence
NSSF	Network Slicing Selection Function	ZTNA	Zero Trust Network Access
NGAP	NG Application Protocol		

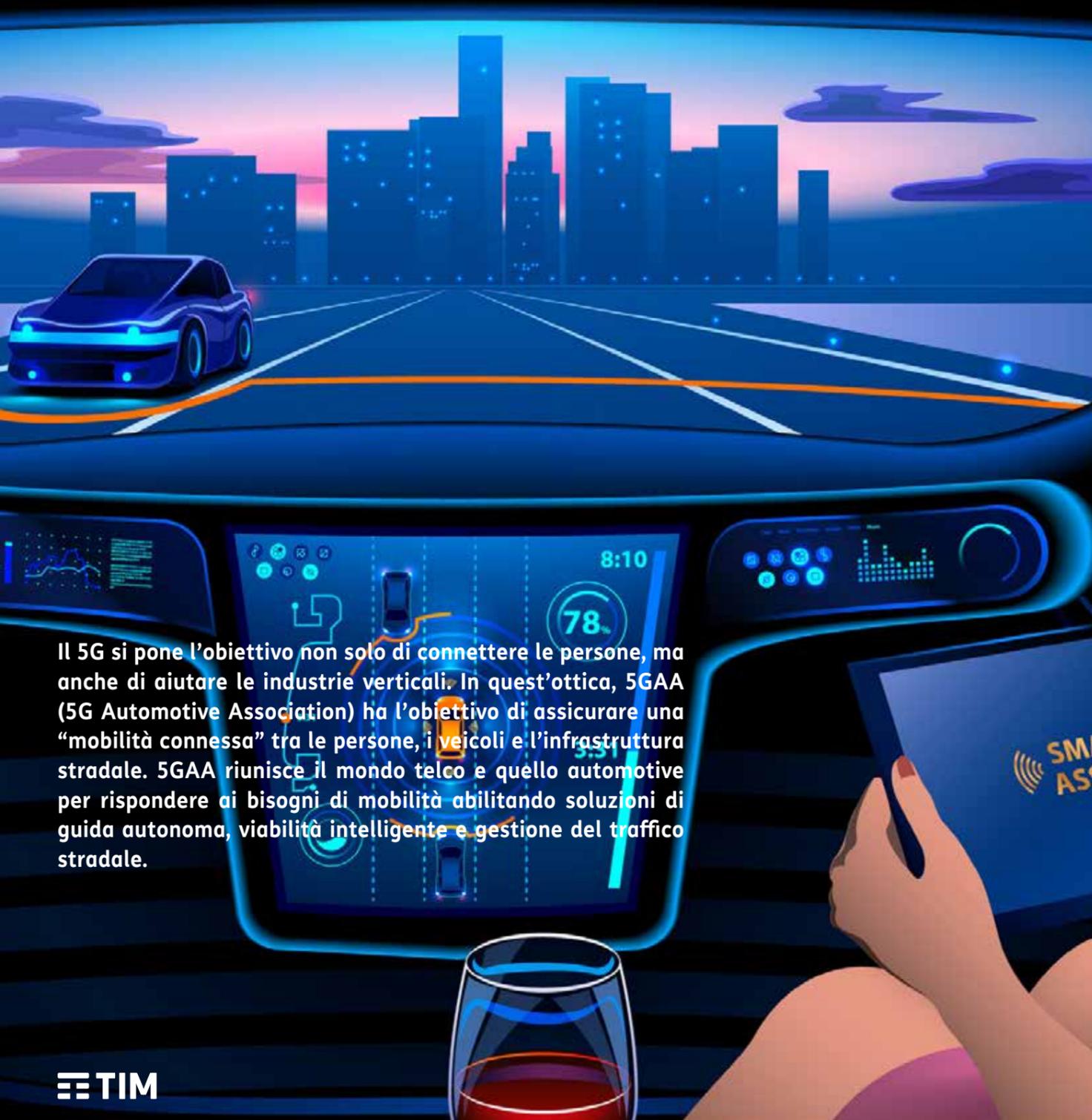


Rosaria Persico rosaria.persico@telecomitalia.it

Ingegnere in Telecomunicazioni con doppia laurea in Economia e Gestione delle Imprese, entra in Azienda nel 1997 e lavora per oltre 10 anni sulla standardizzazione e l'introduzione in rete dei sistemi xDSL. A questa esperienza, segue quella sulle tecnologie di Edge IP, in particolare i BNG, condotta anche per le consociate. Dal 2016 opera in ambito TIM Innovation, dove si occupa di disaggregazione e cloudification delle funzioni di rete IP. È delegata TIM presso il BBF e partecipa alla community "Open BNG" di TIP. ■

5GAA E MOBILITÀ

Manuela Bargis, Flavio Buscaglia, Antonella Napolitano, Damiano Rapone



Il 5G si pone l'obiettivo non solo di connettere le persone, ma anche di aiutare le industrie verticali. In quest'ottica, 5GAA (5G Automotive Association) ha l'obiettivo di assicurare una "mobilità connessa" tra le persone, i veicoli e l'infrastruttura stradale. 5GAA riunisce il mondo telco e quello automotive per rispondere ai bisogni di mobilità abilitando soluzioni di guida autonoma, viabilità intelligente e gestione del traffico stradale.

È una fresca mattina di ottobre 2023, la dottoressa Maria Rossi si accinge a uscire di casa per andare al lavoro in centro; lungo la strada lascerà come al solito il figlio maggiore Paolo alla fermata del bus per il liceo.

Maria apre il suo account di SmartCity e preme il pulsante per richiedere l'auto a guida autonoma in car sharing. Dopo pochi minuti, l'auto arriva davanti a casa e sblocca le portiere appena si collega allo smartphone di Maria.

Maria si siede, conferma il solito percorso e preme il pulsante di avvio.

Mentre l'auto si inserisce nel traffico, Maria si collega al registro elettronico del Liceo e controlla le verifiche in programma quel giorno per Paolo... siamo in piena discussione sulla preparazione per il test di matematica quando l'auto rallenta e si accende un cicalino: "accidenti, un altro di quegli incoscienti che sbucano coi loro monopattini elettrici senza guardare! Per fortuna che il suo smartphone ha segnalato al sistema che stava arrivando, altrimenti avremmo rischiato di tirarlo sotto!"

Poco oltre un grosso camion ostruisce la visuale ma il sistema di Connected Car invia sullo schermo il video ripreso dal camion della strada libera davanti, così Maria può verificare di persona che il sorpasso non presenta pericoli.

Alla fermata del 34 Paolo sta per spalancare la portiera, ma questa si blocca, il sistema ha ricevuto l'avviso di arrivo di un ciclista: per un pelo! Dopo aver lasciato Paolo, finalmente l'auto arriva a destinazione in centro,

Maria scende dall'auto e dà l'ok per rendere l'auto disponibile per altri.

Questa storiella è chiaramente inventata, ma riflette in modo abbastanza verosimile un possibile scenario di mobilità connessa ed automatizzata, con evidenti benefici in termini di riduzione dei tempi di spostamento e diminuzione dello stress collegato ai tempi di attesa nel traffico, diminuzione del numero di incidenti, riduzione dei consumi energetici e diminuzione delle emissioni inquinanti.

Insomma: se sapremo cogliere la sfida della trasformazione digitale potremo godere di grandi benefici in termini di benessere sociale e di sviluppo economico intelligente e sostenibile anche in termini di mobilità!

Il contributo del 5G alla mobilità intelligente

Le reti TLC possono avvalersi della tecnologia 5G che mira a rispondere alle esigenze di una molteplicità di settori industriali, compreso il settore dei trasporti, contribuendo allo sviluppo della mobilità connessa ed automatizzata ed a rafforzare gli ecosistemi digitali innovativi coinvolti.

Il 5G supporta gli scenari di mobilità connessa ed automatizzata utilizzando la tecnologia di comunicazione C-V2X (Cellular-V2X) che supporta due schemi complementari (V. Fig.1):

- la comunicazione diretta che avviene senza passare dalla rete per lo scambio di messaggi tra due o più veicoli (V2V), tra veicoli e pedoni (V2P) e tra veicoli ed infrastruttura stradale (V2I). In questo caso si parla di comunicazione tramite interfaccia 3GPP PC5. Questo tipo di comunicazione funziona su brevi distanze (qualche centinaio di metri) e presenta latenze molto contenute;
- la comunicazione via rete (V2N), per lo scambio di messaggi tra veicoli (o anche pedoni ed infrastruttura stradale) e server applicativi, supportata sull'interfaccia di comunicazione 3GPP Uu già in uso oggi su tutti i dispositivi mobili. La comunicazione via rete permette anche la comunicazione fra veicoli senza richiedere una comunicazione diretta (ossia in modalità V2N2V e analogamente V2N2P). Questo tipo di comunicazione può coprire lunghe distanze e tipicamente presenta latenze superiori ma maggiore affidabilità rispetto al caso di comunicazione diretta.

Un ecosistema complesso multi-stakeholder

Dall'esempio presentato all'inizio dell'articolo appare evidente che gli scenari di mobilità connessa ed automatizzata sono variegati e complessi e coinvolgono nume-

rosi attori quali gli operatori mobili, i costruttori di automobili, gli operatori stradali, le aziende dei trasporti, le amministrazioni pubbliche, gli enti locali ed i fornitori di terminali.

Le sfide per rendere gli scenari futuri di mobilità una realtà sono molteplici e riguardano gli aspetti tecnici, strategici, di servizio e di business, fra cui:

- la gestione di frequenze radio, requisiti prestazionali, interoperabilità, condivisione dei dati,

sicurezza, affidabilità e privacy, continuità del servizio oltre i confini nazionali;

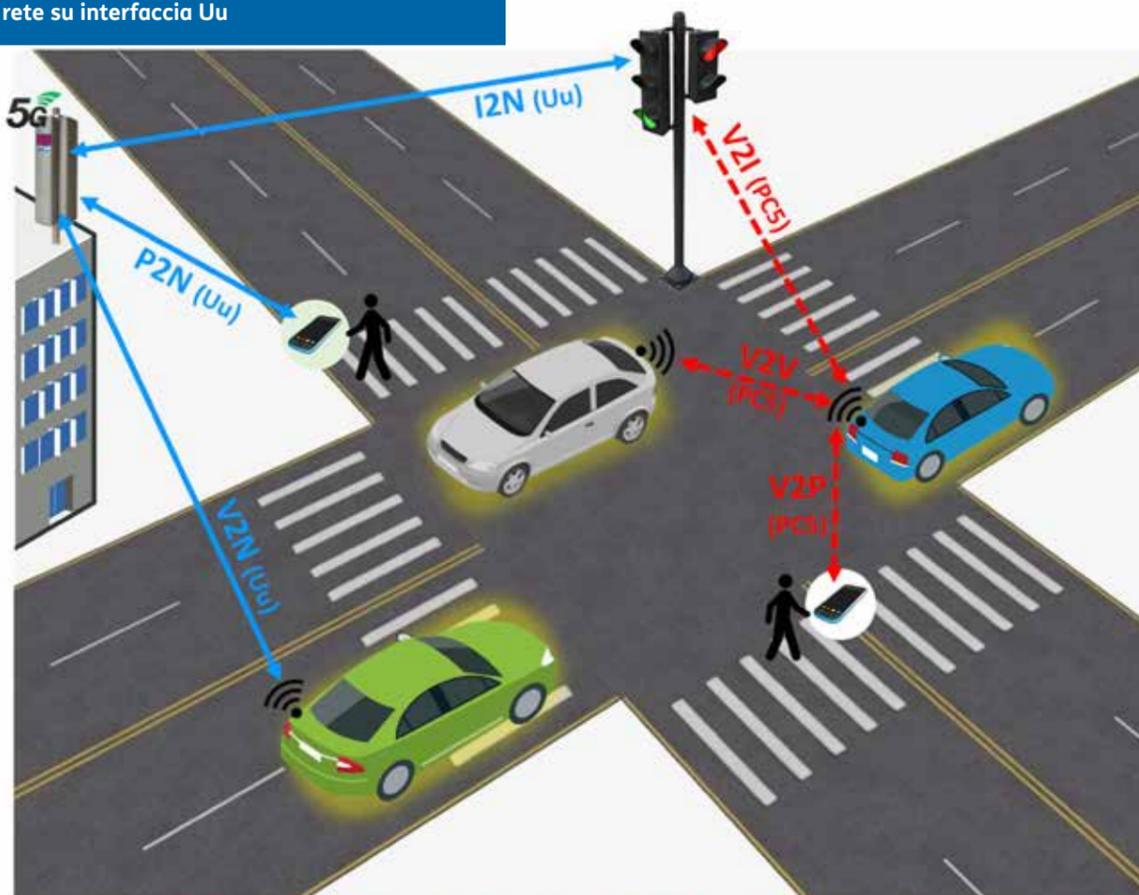
- la sottoscrizione dei servizi: il cliente con chi (tra i diversi player dell'ecosistema: costruttori automotive, aziende trasporti, operatori TLC, altro) e come sottoscrive i servizi? Come vengono ripartiti costi e ricavi?

Solo una forte collaborazione e un lavoro congiunto tra tutti gli stake-

holder in gioco (pubblici e privati) saranno in grado di elaborare le risposte necessarie per lo sviluppo dei futuri servizi legati alla mobilità autonoma e connessa ed alla gestione intelligente delle città.

Occorre inoltre tenere conto di altre tecnologie, ad esempio ITS-G5 basata su tecnologia WiFi [1], garantendone la coesistenza con le soluzioni C-V2X e delineando un percorso evolutivo.

1 Comunicazioni veicolari: dirette su interfaccia PC5 e via rete su interfaccia Uu



← - - - → Comunicazioni dirette (V2V/V2I/V2P) su interfaccia PC5 in bande ITS non licenziate (es. ITS 5.9GHz)
 ← - - - → Comunicazioni via rete (V2N/I2N/P2N) su interfaccia Uu in bande assegnate alla rete mobile

L'incontro tra il mondo Telco e quello Automotive

Nel 2016 è stata fondata l'associazione industriale 5GAA che mira a facilitare lo sviluppo e l'adozione di soluzioni end-to-end per servizi di mobilità e trasporto intelligente affrontando in maniera intersettoriale le diverse sfide tecniche, regolamentari e di commercializzazione dei servizi automotive.

L'ente EATA (European Automotive and Telecoms Alliance), creato negli stessi anni, ha un focus principalmente politico e regolamentare e dialoga con le istituzioni con l'obiettivo di superare gli ostacoli normativi e legislativi.

Nel seguito si affrontano alcuni temi all'attenzione del 5GAA su cui TIM è coinvolta.

5GAA e le sfide verso la mobilità connessa ed automatizzata

Il 5GAA prevede che nei prossimi anni ci sarà una diffusione di massa di casi d'uso C-V2X orientati al miglioramento dell'efficienza del traffico e della sicurezza stradale in tutto il mondo [2].

In tale ottica 5GAA offre una piattaforma per favorire la collaborazione tra aziende automobilistiche, tecnologiche e di telecomunicazioni, nell'analisi delle problematiche poste dallo sviluppo di soluzioni di connettività end-to-end per i futuri servizi di mobilità e trasporto. Tali

problematiche includono aspetti architetturali, di test e trial e di policy che vengono illustrati nel seguito.

Gli elementi architetturali

Lo schema architetturale, illustrato in Fig.2, mostra i principali elementi dei sistemi V2X coinvolti in scenari di mobilità connessa ed automatizzata. Tali elementi sono i seguenti:

- utenti stradali, ossia veicoli, VRU (Vulnerable Road User);
- applicazioni d'utente, che risiedono in veicoli e VRU e colloquiano col relativo server;
- Road Side Unit (RSU), ovvero l'infrastruttura stradale;
- server dei vari domini (OEM, V2X, etc.) centralizzati e all'Edge;
- rete cellulare, eventualmente integrata da domini Edge;
- collegamenti in rete fissa tra RSU e server e tra server e server.

Dallo schema di Fig.2 si possono riconoscere le tipologie di comunicazione precedentemente descritte: diretta e verso la rete dell'operatore che può essere quella centralizzata, eventualmente in Cloud, o con una sua istanza all'Edge.

Per avere una vista più focalizzata sulle applicazioni, in Fig.3 si riporta lo schema architetturale a livello applicativo, basato sulla visione 5GAA, in cui appare chiara una delle problematiche principali dei sistemi V2X, ovvero che non esiste un unico server, ma che in generale ogni stakeholder ha i propri. Tutti questi

server devono colloquiare tra loro, per questo esiste un'entità di interscambio.

Le problematiche di test e le sperimentazioni

Per garantire che i dispositivi C-V2X siano in grado di operare correttamente all'interno delle reti cellulari ci si affida ad un programma di certificazione che assicura la conformità alle specifiche tecniche 3GPP e garantisce il livello di performance richiesto. Il *Global Certification Forum* (GCF) è un ente di certificazione dei device mobili gestito da operatori che, tramite un processo su base volontaria ed all'interno di un ecosistema multi-vendor, consente di raggiungere elevati standard di qualità dei dispositivi.

Considerando che il dispositivo C-V2X sarà integrato all'interno di un prodotto finale (il veicolo) che non appartiene al dominio dell'operatore, è necessario ripensare tale schema di certificazione: l'onere di definire procedure di testing e di certificazione dei device C-V2X ricade quindi sui produttori di veicoli. Ciò è necessario per i device C-V2X che sfruttano la comunicazione diretta su interfaccia PC5, mentre per i dispositivi che comunicano tramite la rete su interfaccia Uu è possibile sfruttare lo schema di certificazione dei device mobili già esistente.

Il 5GAA ha avviato una collaborazione con il GCF [3] così da garan-

tire la conformità dei device C-V2X agli standard globali.

Le attività di sperimentazione rivestono un ruolo importante per valutare e dimostrare le potenzialità della tecnologia e sono promosse in 5GAA.

TIM si è resa protagonista in diverse iniziative tra cui la sperimentazione svoltasi a Torino in occasione del meeting di Novembre 2019 del 5GAA [4] dove sono stati realizzati, su rete commerciale TIM, use case di *Vulnerable Road Users, Urban Geo-referenced Alerting, "5G-enhanced Advanced Driver Assistance System (ADAS) services"*.

TIM contribuisce inoltre all'attività 5GAA di NRI (Network Reselection Improvements) [5] dove sono state presentate le soluzioni di connettività ininterrotta applicabili in scenari cross-border definite e testate tramite trial all'interno del progetto finanziato "5G for Connected and Automated Road Mobility in the European Union (5G-CAR-MEN)" [6] nel quale TIM partecipa attivamente.

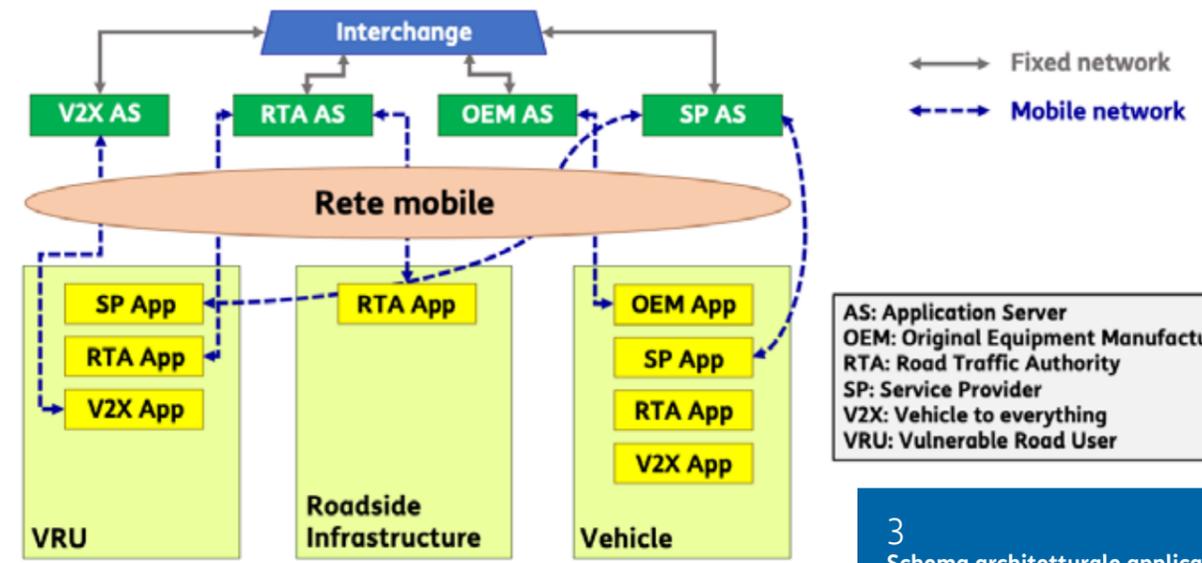
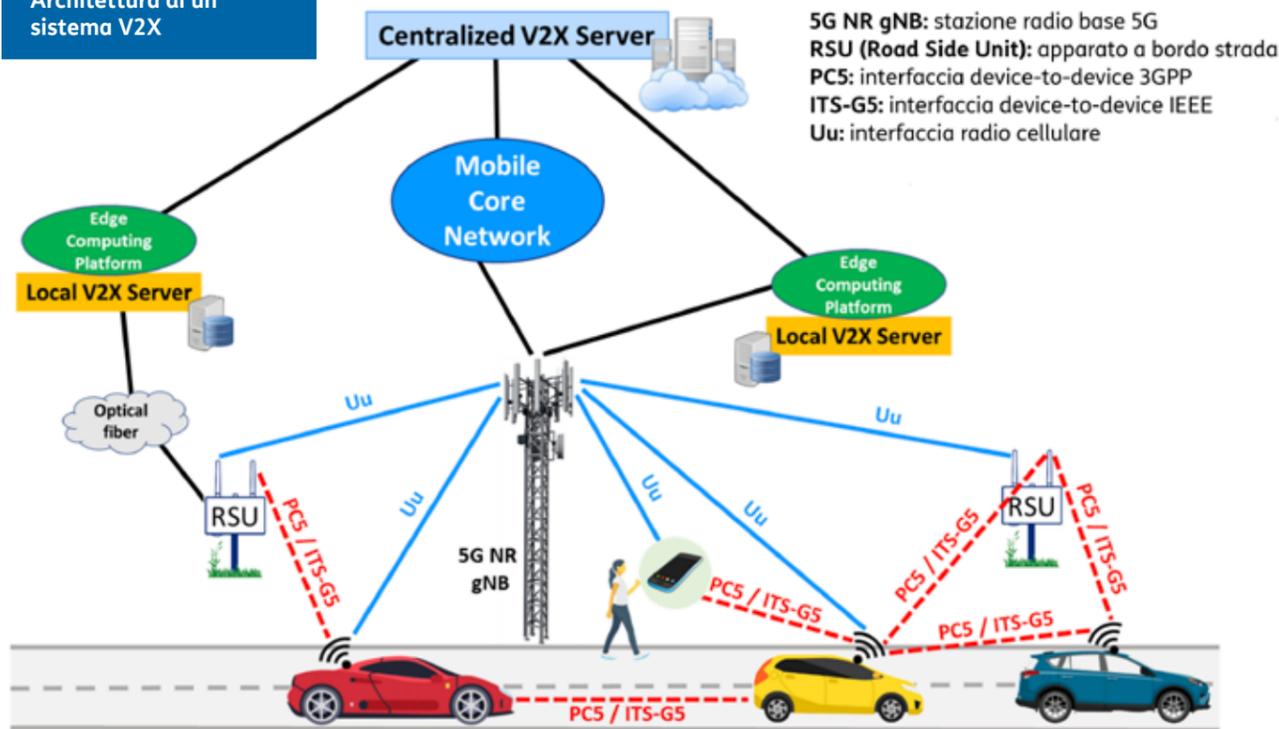
Il complesso quadro regolamentare e di policy

Il quadro regolamentare è estremamente complesso occupandosi di numerose questioni che impattano

sui diversi attori dell'ecosistema, tra le quali:

- sicurezza stradale e definizione della responsabilità dei vari attori coinvolti;
- condivisione dei dati tutelando al contempo la privacy e garantendo una appropriata cybersecurity;
- tecnologie e standard tecnici per le comunicazioni C-V2X, chiamate di emergenza, interoperabilità tra i diversi servizi;
- allocazione ed uso dello spettro radio;
- supporto alla sostenibilità ambientale;
- disponibilità del servizio lungo le principali tratte di trasporto

2 Architettura di un sistema V2X



terrestri incluse le tratte trans-europee (TEN-T Trans European Networks Transport) comprensive di segmenti stradali transfrontalieri.

Il 5GAA mira ad avere un quadro di policy a livello globale ed a favorire un allineamento fra tutti gli attori coinvolti per promuovere l'innovazione tecnologica, i necessari investimenti ed il dispiegamento commerciale delle soluzioni di mobilità.

A livello europeo è promosso il dialogo con le istituzioni per definire policy che favoriscano la diffusione dei servizi di mobilità intelligente e sostenibile a beneficio di industria e società dell'Unione Europea.

Un tema dibattuto in Europa ed in alcuni paesi extraeuropei è quello dello spettro per i servizi ITS a corto

raggio di cui si riporta un approfondimento nel box.

Conclusioni

L'evoluzione verso la mobilità connessa ed automatizzata e verso la gestione intelligente delle città rappresenta un'opportunità da cogliere in sinergia con lo sviluppo della tecnologia 5G e soprattutto mettendo a fattor comune il lavoro di tutti gli stakeholder dell'ecosistema, come si sta promuovendo in alcune associazioni, in particolare in 5GAA.

Solo attraverso una forte collaborazione intersettoriale si potrà realizzare la mobilità connessa ed autonoma e godere dei relativi benefici mirando agli obiettivi di:

- maggiore sicurezza riducendo gli incidenti causati dagli errori umani e mirando all'obiettivo di "Zero vittime" [12] sulla strada al 2050;
- maggiore sostenibilità ambientale [13] riducendo situazioni di congestione del traffico e favorendo un traffico più fluido e continuo contribuendo all'obiettivo di "Impatto zero sul clima" al 2050;
- maggiore automazione [14] [15], efficienza del sistema dei trasporti, miglioramento della logistica, promozione della multimodalità nel trasporto di merci e persone;
- migliore accessibilità ed inclusione sociale per consentire accesso e mobilità anche alle persone più anziane e con disabilità. ■

TECNOLOGIE C-V2X E ITS-G5: IL DIBATTITO SULL'UTILIZZO DELLA BANDA 5.9 GHz

Il tema relativo allo standard da adottare per le comunicazioni dirette a corto raggio è oggetto di dibattito in diversi paesi, considerata la possibilità di utilizzo:

- della tecnologia C-V2X (in particolare l'interfaccia PC5) basata sulle tecnologie cellulari 3GPP;
- della tecnologia legacy ITS-G5 basata sullo standard IEEE 802.11p.

In Europa per i servizi di Intelligent Transport System a corto raggio è stata dedicata la banda 5.9 GHz adottando un approccio tecnologicamente neutrale¹ [7] che demanda l'analisi sulla coesistenza delle due tecnologie esistenti ITS-G5 e C-V2X a studi condotti da ETSI.

A settembre 2021 ETSI ha pubblicato primi studi [8] [9] a riguardo avanzando differenti soluzioni con accesso allo spettro a divisione di tempo o a contesa oppure con separazione in frequenza identificando dei canali preferenziali per tecnologia. In coerenza con la normativa vigente in Europa, 5GAA sta sostenendo un approccio tecnologicamente neutrale e future proof con particolare enfasi sul percorso evolutivo delle tecnologie.

Allo scopo di garantire un dispiegamento omogeneo ed interoperabile, 5GAA sta mirando ad un accordo industriale sull'uso dello spettro sulla banda 5.9 GHz che privilegi l'uso di specifiche tecnologie sui diversi canali frequenziali [10].

Un consenso dell'industry consentirebbe un uso ottimale delle frequenze nella banda 5.9 GHz ed una configurazione delle apparecchiature omogenea in tutti i veicoli, facilitando la gestione dei servizi ITS in tutta Europa.

Le modalità di utilizzo della banda 5.9 GHz sono state dibattute anche in USA e Cina dove è stato deciso di prevedere l'utilizzo della sola tecnologia future proof C-V2X/PC5 sulla banda 5.9 GHz dedicata ai servizi ITS. Tali decisioni influenzano il mercato e rappresentano un driver importante verso l'adozione della tecnologia C-V2X semplificando in questo modo l'intero ecosistema [11].

1) Si tenga presente che nel 2019 la Commissione Europea propose un regolamento (Atto Delegato) che prevedeva l'utilizzo dello standard ITS G5 basato sul WiFi a discapito della tecnologia C-V2X, ma tale proposta fu respinta dal Consiglio dell'Unione Europea proprio in quanto non coerente con il principio di neutralità tecnologica.

NGMN

NGMN (Next Generation Mobile Networks Alliance, <https://www.ngmn.org>) è un ente fondato da alcuni fra i principali operatori mobili europei con l'obiettivo di fornire linee guida per assicurare un'evoluzione innovativa e sostenibile delle reti radiomobili, delle piattaforme di servizio e dei terminali per rispondere adeguatamente alle aspettative di operatori e clienti finali. Oltre agli operatori, che costituiscono i principali membri, è aperto agli altri attori dell'industria Telco come manifatturiere, sviluppatori di soluzioni SW e enti di ricerca.

Ad inizio del 2021 NGMN, nel ribadire il proprio impegno nel supportare la piena realizzazione del 5G, ha deciso di focalizzarsi in particolare su tre sfide ritenute fondamentali per il futuro: disaggregazione delle reti, sostenibilità e evoluzioni verso il 6G. La tendenza già in atto verso una sempre crescente disaggregazione delle reti richiede lo sviluppo di nuove competenze e nuovi modelli operativi che permettano di beneficiare pienamente dei nuovi attori nell'ecosistema Telco in termini di flessibilità ed efficienza operativa.

In questo ambito TIM coordina il progetto "Future Networks Cloud Native Platform" sull'adozione di tecnologie cloud in ambito Telco. Il progetto fornisce una panoramica delle tecnologie innovative a supporto di componenti Telco disaggregati con una evoluzione verso il cloud native. Sono identificati i riferimenti normativi, open source e le evoluzioni tecnologiche alla base delle nuove network functions cloudified e della loro gestione. Vengono anche analizzati nuovi possibili scenari di collaborazione fra Telco Operator, sviluppatori ed Hyperscale Cloud Provider che questo processo tecnologico abilita ad esempio all'Edge.

Relativamente alla sostenibilità, l'obiettivo di una sempre migliore efficienza energetica è fondamentale per gli operatori che devono rispondere alla continua crescita del traffico e degli apparati connessi. NGMN sta affrontando queste tematiche promuovendo un approccio end-to-end che consideri l'intero ciclo di vita degli apparati nell'ottica di raggiungere i Sustainable Development Goals (SDGs) definiti dalle Nazioni Unite.

La sostenibilità è anche uno dei principali drivers individuati da NGMN in ottica 6G. In ambito di ricerca sono numerose le iniziative che guardano alle evoluzioni oltre il 5G traguardando il 2030 e oltre. NGMN ha pubblicato un primo White Paper su "6G Vision and Drivers" in cui evidenzia i principali bisogni a cui il 6G dovrà rispondere: in primo luogo i bisogni della società, in linea con gli obiettivi di sostenibilità definiti dalla Nazioni Unite (Sustainable Development Goals - SDGs) fra cui sostenibilità ambientale, riduzione delle disuguaglianze e della povertà, consumi e produzione responsabile, città e comunità sostenibili.

Gli altri obiettivi evidenziati da NGMN sono le aspettative del mercato in termini di nuovi servizi e funzionalità, oltre alle esigenze operative di un dispiegamento ed esercizio delle reti radiomobili che devono essere sempre più efficienti per garantire la sostenibilità sia in termini di risorse che di business. L'attività di NGMN in questo ambito proseguirà indirizzando diversi scenari di servizio su cui declinare poi prestazioni e requisiti.

In NGMN TIM è anche responsabile del progetto "5G Devices & Chipsets", che ha definito una categorizzazione degli attuali 5G Devices, prioritizzando differenti requisiti tecnici per diverse categorie di Terminali 5G, come Smartphone, CPE FWA, Moduli IoT. Il progetto ha lo scopo di valutare, congiuntamente con altre organizzazioni come GCF (Global Certification Forum) e PTCRB (PCS Type Certification Review Board), la diffusione nella industry di 5G Devices opportunamente allineati ai requisiti tecnici espressi dalla Community NGMN, anche in termini di prestazioni 5G Over the Air e funzionalità per una progressiva migrazione verso deployment 5G SA (Stand Alone). Sono poi stati avviati altri progetti focalizzati sui Terminali 5G, come "Slicing for Device OS", che ha l'obiettivo di standardizzare gli abilitatori tecnici lato Device per un pieno supporto delle capabilities end to end del sistema 5G SA.

camillo.carlini@telecomitalia.it
fabrizio.moggio@telecomitalia.it

5GAA

Il 5GAA (5G Automotive Association, <https://5gaa.org>) è un ente a carattere globale ed inter-settoriale che riunisce in un unico tavolo aziende che operano negli ambiti automobilistico, tecnologico e delle telecomunicazioni, allo scopo di sviluppare in maniera congiunta soluzioni end-to-end sia per la mobilità connessa ed automatizzata che i servizi di trasporto del prossimo futuro. Creato nel 2016 dall'iniziativa congiunta di 8 compagnie - AUDI AG, BMW Group, Daimler AG, Ericsson, Huawei, Intel, Nokia e Qualcomm Incorporated - il 5GAA si è rapidamente espanso per includere nuovi attori chiave nei settori sopracitati: produttori automobilistici, fornitori di chipset / sistemi di comunicazione, operatori mobili e fornitori di infrastrutture.

Ad oggi più di 130 aziende fanno parte del 5GAA, differenziati sia in termini geografici che di competenze.

Il 5GAA basa le sue attività sull'idea che il 5G sarà la piattaforma abilitante per i sistemi noti come C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems), nei quali i veicoli condividono informazioni tra di loro e con l'ambiente circostante per rendere i trasporti più sicuri, ecologici ed anche più piacevoli.

La tecnologia che consente tutto ciò e che è fortemente sponsorizzata dal 5GAA è il C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything), sviluppata e standardizzata dal 3GPP. È ferma convinzione del 5GAA che il 5G sarà in grado di migliorare il supporto delle comunicazioni

mission-critical necessarie ad assicurare una guida più sicura nonché delle comunicazioni V2X alla base dei casi d'uso che richiedono soluzioni di mobilità connessa.

L'operatività del 5GAA è definita sulla base delle attività svolte nell'ambito di ciascuno dei 7 WG (Working Group) che trattano i diversi temi di interesse della mobilità connessa: dalla definizione dei casi d'uso e conseguenti requisiti tecnici, indicatori di performance e problematiche di interoperabilità rispetto alle altre tecnologie (WG1, Use Cases and Technical Requirements), alla definizione di architetture di sistema e soluzioni end-to-end interoperabili che indirizzino i casi d'uso ed i servizi di interesse (WG2, System Architecture and Solution Development).

Particolare attenzione è poi dedicata alla definizione di testbed che supportino la validazione di soluzioni end-to-end, alla conformità dei prodotti C-V2X agli standard esistenti ed alla loro interoperabilità, alle collaborazioni con altri enti che operano a livello regionale ed alla commercializzazione delle soluzioni V2X incentivata tramite progetti pilota ed attività di testing su larga scala (WG3, Evaluation, Testbeds, and Pilots).

Il WG4 (Standards and Spectrum), oltre ad analizzare i requisiti di spettro, rappresenta il punto di contatto da e verso l'esterno per quanto riguarda i contributi ed i posizionamenti del 5GAA verso gli enti di standardizzazione.

I modelli di business in ambito V2X, gli attori coinvolti ed i piani di go-to-market sono oggetto dell'attività in WG5 (Business Models and Go-To-Market Strategies), mentre il WG6 (Regulatory and Public Affairs) determina il posizionamento del 5GAA in materia regolatoria sviluppando una strategia comune a tutti gli attori coinvolti per garantire l'accesso al mercato, promuovere l'innovazione tecnologica e sostenere il dispiegamento commerciale delle soluzioni V2X. L'analisi delle soluzioni per garantire i requisiti di sicurezza e riservatezza è invece oggetto del WG7 (Security and Privacy).

TIM, membro dal 2019, segue le attività di diretto interesse nell'ambito dei vari WG e le discussioni che si sviluppano nelle attività trasversali a più WG definite come cross working group work item; tra queste, di sicuro interesse per TIM risultano essere:

- V2X Network Reselection Improvements (NRI), che affronta la tematica di garantire la continuità di connettività e di servizio nei casi d'uso V2X anche quando il veicolo attraversa il confine geografico tra due Paesi adiacenti (scenario cross-border), proponendo quindi soluzioni tecniche che consentano di minimizzare le interruzioni di connettività che si verificano al cambio di rete servente;

- MEC technology to support automotive services (MEC4AUTO), che fornisce indicazioni circa l'utilità di dispiegare soluzioni MEC (Multi-access Edge Computing) in ambito automotive ed in un contesto multi-operatore, multi-vendor e multi-3rd party service provider, anche considerando scenari cross-border;
- Predictive QoS and V2X Service Adaptation (PRESA), che definisce il framework necessario alle applicazioni ed ai servizi V2X di adattarsi opportunamente ai possibili cambiamenti della QoS (Quality-of-Service) con un certo anticipo rispetto a quando tali cambiamenti della QoS si dovessero verificare, basando quindi questa funzionalità sul concetto di QoS predittiva;
- Bridging Commercial & Societal Transport Digitisation Strategies (BRIDGE), attività che prevede la creazione di profili di servizio, l'identificazione di requisiti e di obiettivi di business necessari a creare sinergie tra il mondo automotive, quello degli operatori di rete e quello (variegato) degli operatori stradali, in modo da favorire il dispiegamento di sistemi e infrastrutture a supporto dei servizi di mobilità connessa ed automatizzata.

giovanni.romano@telecomitalia.it

Bibliografia

1. Notiziario Tecnico TIM, "SISTEMA ETSI ITS-G5", M. Boldi, anno 37, n.3, 2018, <https://www.gruppotim.it/content/portal/it/notiziariotecnico/edizioni-2018/n-3-2018/N6-Evoluzione-dello-Standard-3GPP-C-V2X/approfondimenti-1.html>
2. Accelerating Development and Ensuring Future-Proof Investments: mission possible? 5GAA at ITS World Congress - October 2021.
3. "5GAA and GCF Announce New Agreement on C-V2X Certification Programme", 30.06.2021, <https://5gaa.org/news/5gaa-and-gcf-announce-new-agreement-on-c-v2x-certification-programme/>
4. "5GAA live demos show C-V2X as a market reality", 14.11.2019, <https://5gaa.org/news/5gaa-live-demos-show-c-v2x-as-a-market-reality/>
5. "Cross-Working Group Work Item Network Reselection Improvements (NRI)", 01.06.2021, https://5gaa.org/wp-content/uploads/2021/06/5GAA_TR-XW7-200012_compressed.pdf
6. "5G for Connected and Automated Road Mobility in the European Union (5G-CARMEN)", <https://5gcarmen.eu/about/>
7. Decisione (UE) 2020/1426 del 7 ottobre 2020 relativa all'uso armonizzato dello spettro radio nella banda di frequenze 5 875-5 935 MHz per le applicazioni legate alla sicurezza dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) e che abroga la decisione 2008/671/CE.
8. ETSI TR 103 766 V1.1.1 (2021-09) - Intelligent Transport Systems (ITS); Pre-standardization study on co-channel co-existence between IEEE- and 3GPP- based ITS technologies in the 5 855 MHz - 5 925 MHz frequency band.
9. ETSI TR 103 667 V1.1.1 (2021-09) Intelligent Transport Systems (ITS); Study on Spectrum Sharing between ITS-G5 and LTE-V2X technologies in the 5 855 MHz - 5 925 MHz band.
10. Position Paper 5GAA di giugno 2021 "Deployment band configuration for C-V2X at 5.9 GHz in Europe".
11. Strategy Analytics' view of market adoption for C-V2X and V2X technologies - October 2021.
12. Comunicazione della Commissione COM(2018) 293 final del 17.5.2018 "L'Europa in movimento - Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita".
13. Comunicazione della Commissione COM (2020) 789 final del 9.12.2020 "Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro".
14. Comunicazione della Commissione COM(2018) 283 final del 17.5.2018 "Verso la mobilità automatizzata: una strategia dell'UE per la mobilità del futuro".
15. Comunicazione CE COM(2021) 118 final del 9.3.2021 "Bussola per il digitale 2030: il modello europeo per il decennio digitale".



Manuela Bargas manuela.bargas@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico e in Telecomunicazioni, dopo un periodo di consulenza presso Alenia Aeronautica, nel 1999 entra a far parte dell'Azienda e consegue nel 2001 il master ICT organizzato da Telecom Italia in collaborazione con COREP/SSGRR. Ha partecipato e contribuito a progetti finanziati a livello europeo e ad attività su architetture di rete e protocolli di segnalazione presso enti di standardizzazione internazionali (ETSI ed ITU) e si è occupata fin dal 2002 di aspetti tecnici della regolamentazione nell'ambito di attività che fanno capo ad enti istituzionali e regolamentari a livello europeo e nazionale. Attualmente si occupa della coerenza tecnico-normativa su alcuni temi innovativi legati all'evoluzione delle reti ed allo sviluppo del 5G e dal 2019 è delegata in 5GAA su aspetti normativi e di policy legati a scenari di mobilità connessa; è inoltre il riferimento di progetti svolti in collaborazione con il Politecnico di Torino inerenti l'etica e la governance di tecnologie innovative. ■



Flavio Buscaglia flavio.buscaglia@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico, entra in Azienda nel 1994 come progettista RF nei nascenti sistemi UMTS e come esperto di misure radio, dal 1995 al 2016 costituisce, sviluppa e gestisce i progetti di testing sulle tecnologie radio di TIM/Telecom: sia in Italia che in Grecia. Segue gli enti di normativa internazionale ETSI e 3GPP. Autore di diversi brevetti e pubblicazioni, dal 2007 passa a occuparsi di rete fissa per realizzare la catena di test e2e fissa e internalizzare i collaudi dei servizi multimediali. Dal 2017 si occupa di progettare le architetture di rete d'accesso 5G e dal 2020 segue il gruppo 5GAA per il WG 2 "Architetture". ■



Antonella Napolitano antonina.napolitano@telecomitalia.it

Inizia la sua esperienza in Azienda nell'allora CSELT (Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni) come coordinatore dei progetti di ricerca delle tecnologie innovative e degli standard mobili, ricoprendo ruoli di leadership in alcuni gruppi internazionali tra cui il gruppo sui servizi del 3GPP. Nel 2000-2002 ha lavorato per una start-up di telecomunicazioni dove è stata Responsabile di "Architetture e Standard". Nel 2002 passa in TIM dove nell'ambito di Business Innovation è stata Responsabile prima delle "Iniziativa R&D", successivamente di "Architettura e Piattaforme" e infine di "International Fora e IPR". Recentemente ha coordinato le attività con le Università sulle sperimentazioni 5G relative ai servizi innovativi in settori industriali tra cui Smart Cities, Industry 4.0 e Automotive. Attualmente segue i progetti 5G (Edge Cloud) e IoT in GSMA, partecipa alle attività 5GAA e EATA con particolare attenzione agli aspetti di regolamentazione e radio. ■

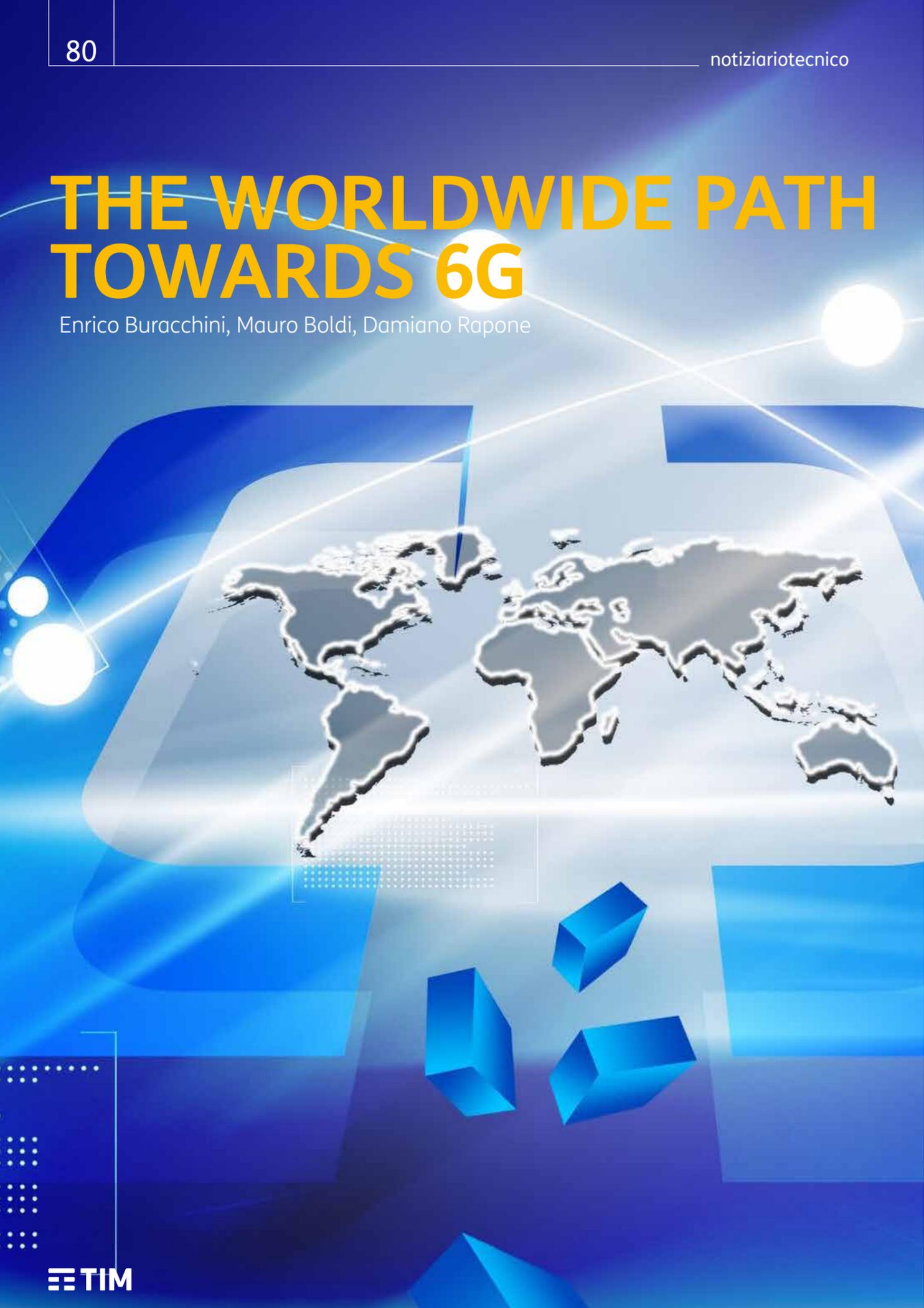


Damiano Rapone damiano.rapone@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico con Master in "Innovazione di reti e servizi nel settore dell'ICT", nel 2013 entra in Azienda per occuparsi di analisi di prestazioni dei sistemi LTE/LTE-A. Dal 2016 è delegato Telecom Italia/TIM nel 3GPP RAN2 che standardizza i protocolli Layer 2 e Layer 3 delle tecnologie radio 5G (NR ed evoluzione di LTE). Dal 2019 è delegato in 5G Automotive Association (5GAA), nel WG3, dove segue tematiche di interoperabilità e di conformance testing dei dispositivi C-V2X. Dal 2020 è delegato nel WG5 di O-RAN Alliance che definisce i profili di interoperabilità delle interfacce di rete (X2, Xn, F1, W1, E1) in ottica multi-vendor. È coinvolto attivamente in vari progetti finanziati dall'Unione Europea. ■

THE WORLDWIDE PATH TOWARDS 6G

Enrico Buracchini, Mauro Boldi, Damiano Rapone



At a recent conference, tech managers asked about at which level 5G potential is already exploited, answered indicating 3 to 5 in a scale of 10¹. Yet it is well known that preparation for the next generation of wireless networks always happens in parallel with a continuous development of the current one. This is also the case of 6G. 5G potential in terms of spectral efficiency, power efficiency, security, service support will reach the maximum in the following years, but the first 6G research projects are already coming. In this article a view on the current worldwide initiatives towards the

introduction of the new 6G system is given, jointly with an insight on the TIM involvement.

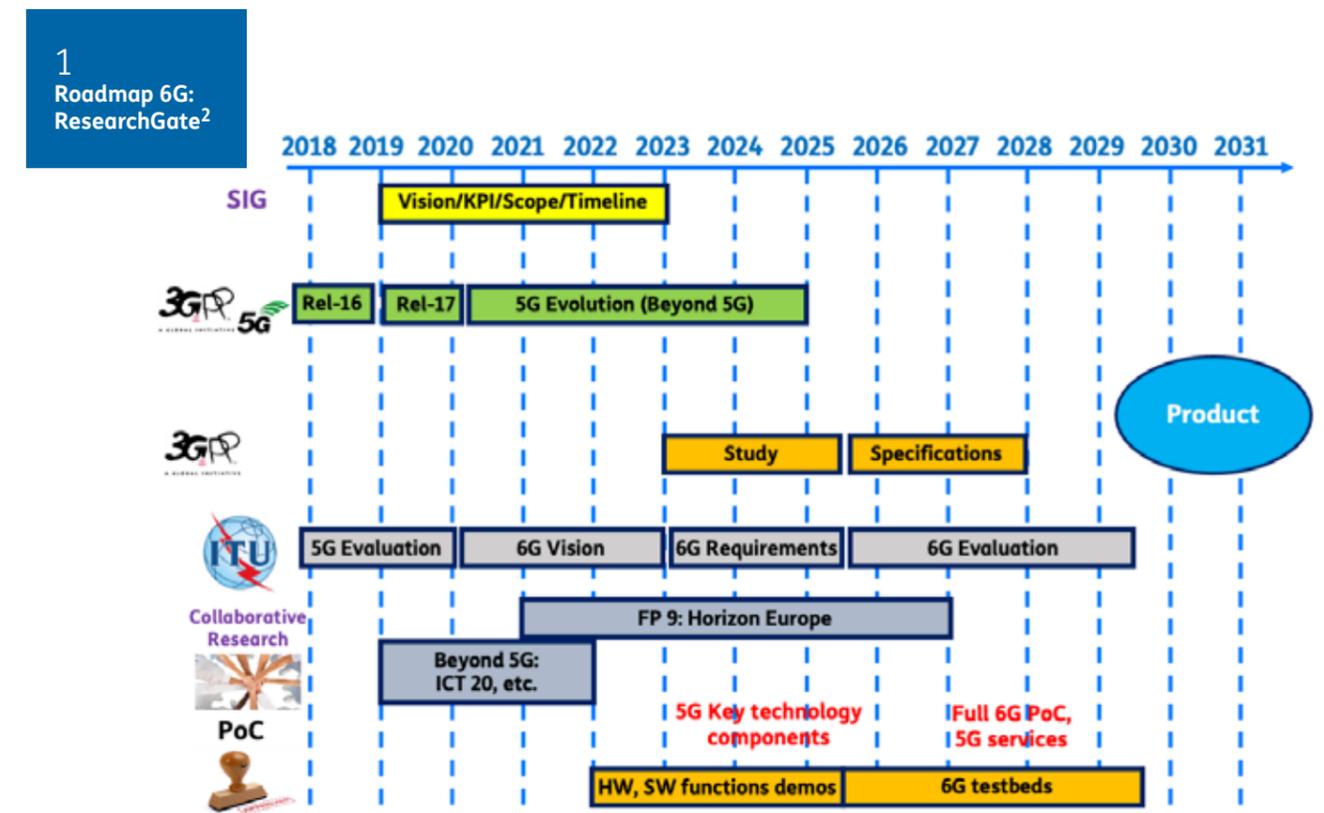
Context, 6G in a nutshell and related timeline

As happened in previous generations and recently for 5G, prior a mobile generation experiences the real commercial launch, the world of research and of the main stakeholders spends efforts to study and then to deploy new solutions that converge, either in an evolutionary

or revolutionary way towards the definition of a new generation, being able to offer new services and new network performance.

In this context, in the last two to three years, R&D initiatives have flourished in Europe, USA and Asia (see the paragraph later in this article), dedicated to the study of the new mobile generation, which is already identified as the sixth generation (6G) and whose very first deployments are currently expected around 2030.

In Fig.1 a potential time frame is reported.



This process cannot actually be stopped, but it should be guided correctly. From the first research projects, some “visions” in common with main European operators, e.g. TIM and Orange, emerged, while the Asians think above all of “performance” being at least 10 times the current ones.

Europeans in fact believe that 6G activity should not be technology-driven only (yet another radio interface with “10x” performance); it should rather address the needs of society in the time scale of 2030, according to the so-called criteria of sustainability, digital inclusion, resilience, security and protection.

Anglo-Saxons - who love acronyms-speak of “Sustainable Development Goals (SDGs): sustainability, digital inclusion, resiliency, safety & security”.

From the requirements perspective, there are some indicators, in particular:

- flexibility and scalability: the 5G approach to verticals must be extended towards increasingly customized solutions, taking into account that the physical and digital worlds will be intertwined;
- network automation: 6G will have to guarantee superior network management efficiency, also to cope with growing complexity.

Along this line, and while keeping in mind that we are still in its infancy, 6G can be defined as a “multi-purpose” system being able to offer integrated services of Communication, Computing, Control, Localization and Sensors (the so-called 3CLS), considered necessary for applications such as very high definition XR (eXtended Reality), Connected Robotics & Autonomous Systems (CRAS), advanced sensors integrated with a human component (the so-called haptics sensors).

In particular, 6G is seen as an enabling factor for some of the parameters of sustainability and energy efficiency, as well as to reduce the digital divide, thanks to the increasingly capillary and widespread service coverage. This set of services today seems to imply, compared to 5G, even more extreme requirements of bandwidth of the order of Tbit/s and latency around or even less than 0.1ms, aiming meantime to lower or reduce electromagnetic emissions, a very felt problem, although already present with previous generations, especially in some EU countries such as France and Italy (on this issue Orange and TIM are very much aligned).

It is also believed that, in the coming years, Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) will be pervasive in all areas and will be essential in 6G. As for

the new transmission technologies, research to date is oriented towards the so-called TeraHertz communications (the TeraHertz are frequencies ranging from 300GHz up to 1000GHz, much higher than those of millimeter waves currently adopted for 5G or other networks that reach 70GHz) and/or to Optical Wireless Communications (OWC), optical communications without the guidance of the fibers but on air. For some, the use of TeraHertz frequencies will be the main technological innovation of 6G.

TIM, traditionally keen to long-term research trends thanks to its TIM Innovation Labs, has been actively following the development of 6G for more than 2 years, within a dedicated internal project.

On the 6G theme, the first technical reports were produced, describing the evolutionary trends and worldwide activities on the subject (including the vision of two large operators such as NTT DOCOMO and Orange), the potential new 6G use cases, the emerging technologies that enable it in the transmission part, such as THz communications and OWC, in the network components and in the AI considered pervasive in all areas.

TIM 6G activity also continues thanks to the project funded by the European Commission under

the Work Program Horizon 2020 and called “Hexa-X”, considered the “flagship” 6G project in the European context. This project involves the major European players, being coordinated by Nokia-Bell Labs and directed by Ericsson as technical manager.

Another European project dedicated to 6G, and in particular to Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS), is “RISE-6G”, led by CEA LETI and TIM also actively participates in this project.

Still in this area, TIM is also involved in the “AI@EDGE” project which specifically studies the evolutionary aspects of Artificial Intelligence in view of 6G, espe-

cially for distributed network architectures.

Worldwide initiatives

The following Fig.2 summarizes the main worldwide activities on 6G, some of them briefly described in the next paragraphs.

Europe R&D EUu flagship project: Hexa-X

Europe, through the Horizon 2020 R&D funding program, launched the Hexa-X project on 1st January 2021, considered as the “flagship”

project on 6G, lasting three years and financed with €12 million; the consortium is made up of 25 partners from 9 countries: Finland, Sweden, Germany, France, Italy, Spain, Greece, Turkey and Hungary.

The project is coordinated by Nokia Finland, assisted by Nokia Germany & France.

The Technical Manager is an expression of Kista's Ericsson headquarter. The 25 partners belong to different business sectors (Fig.3):

- industry: Nokia (Finland, Germany, France), Ericsson (Sweden, Turkey, Hungary), TIM (Italy), Telefonica (Spain), Orange (France), Intel (Ger-



many), B-COM (France), Atos (Spain), Siemens (Germany);

- universities and research centers: Polytechnic of Turin (Italy), Universidad Carlos III de Madrid (Spain), Dresden University (Germany), University of Kaiserslautern (Germany), University of Oulu (Finland), University of Pisa (Italy), SZTAKI (Hungary), Aalto University (Finland), Chalmers University of Technology (Sweden), CEA-Leti (France);
- Small Medium Enterprises (SME): WINGS (Greece), Nextworks (Italy), Qamcom (Sweden).

Unlike previous generations, a paradigm shift was deemed appropriate by the project: the development of 6G, in fact, should not only be driven by technology, i.e. create a new radio interface capable of guaranteeing "10x" performance compared to 5G, but should rather address the needs of society between now and 2030, taking into account, in a significant way, the criteria of sustainability, digital inclusion, resilience, security and protection that are part of the SDGs defined by the United Nations (UN).

A future, imagined by Hexa-X, in which the daily experience of the single person will be enriched by the perfect unification of the physical, digital and human worlds, through new network technologies and devices developed by the consortium.

To achieve this vision, the Hexa-X consortium has defined six priority research areas (Fig.3, right):

- **connection intelligence:** i.e. the use of Artificial Intelligence and Machine Learning as essential elements for both network operation and for service creation;
- **network of networks:** meaning a homogeneous aggregation of different ecosystems in order to define a network architecture that represents the excellence in each operational area;
- **sustainability:** a broad concept that is not limited to the energy efficiency of the network only (e.g. optimization of energy consumption, reduction of harmful CO2 emission levels, etc.) but which also attributes to 6G an enabling role in making sustainable the society ecosystems in which it is applied (e.g. agriculture, smart cities, Industry 5.0, etc.), meanwhile aiming at reducing the exposure to electromagnetic radiations;
- **global service coverage:** with the aim of further reducing digital divide by making the technology quickly accessible to as many people as possible by efficient and cost-effective global coverage solutions;
- **extreme experience:** related to network performance in terms of very high data rates, imperceptible latencies, very

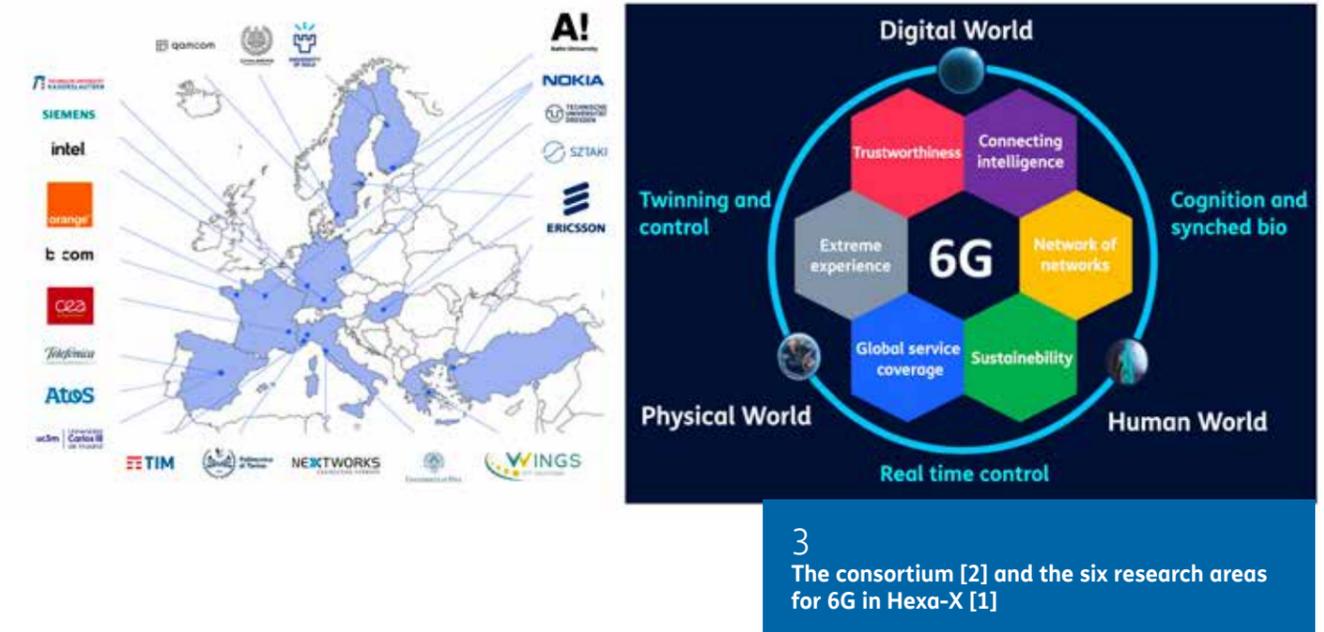
precise localization as well as ubiquitous and distributed sensing;

- **trustworthiness:** partially addressed by 5G, in 6G it will play a pivotal role to ensure the confidentiality and integrity of communications and provide privacy, operational resilience and data security.

The Hexa-X project is structured in 9 Work Packages (WP) - see Fig.4: the WP1 "End-to-End Vision, Architecture and System aspects" interacts with all the so-called technical WPs numbered from WP2 to WP7, influencing their technical work and summarizing the results in order to define an end-to-end vision of 6G, common and coherent within the entire project.

The technical WPs are responsible for designing and validating the technological enablers and system components of the 6G, while the remaining WP8 and WP9 cover the activities transversal to all WPs relating to impact creation, dissemination and project management, respectively.

TIM's commitment to this project is significant: in addition to the leadership of WP8, TIM is also the leader of spectrum activities within WP1 and actively contributes to other WPs. Finally, TIM collaborates with Intel and the University of Pisa to define the Federated Explainable Artificial Intelligence (FED-XAI) demo within WP5.



The value for TIM, deriving from the participation in the Hexa-X project, consists in the intrinsic relevance of the collaboration with all the major European players active in 6G research, also creating synergy on the various aspects of business, service and technology, exploiting the multiplicative effect of the know-how that can be acquired in these consortia especially in new contexts and not always manageable with internal resources and know-how only.

To date, Hexa-X has already produced a certain number of deliverables [3]; in particular two deliverables of WP1 with TIM contributions on spectrum, sustainability and use cases for 6G

and a deliverable of WP2 on the technologies enabling the use cases identified by WP1, where TIM mainly contributed in the field of OWC. By the end of 2021, the first deliverable of WP5 will be submitted containing a prodrome of what will be the architecture of the future 6G system: TIM has contributed to the gap analysis with respect to 5G, preparatory to the identification of the requirements of the new system, reiterating in particular the need to have a modular architecture capable of ensuring multi-vendor interoperability and finally providing first indications about the methodology for the definition of the Total Cost of Ownership (TCO) of a network 6G.

Other EU activities on 6G

The European Commission has also undertaken an initiative called the Joint Undertaking on Smart Networks and Services (SNS) towards 6G that will have €900 million in funding (to be matched by industry investments), as already described in the paper "Il programma Horizon Europe, 6GIA e altre iniziative".

Even if not fully dedicated to the 6G, the Important Projects of Common European Interest (IP-CEI) Microelectronics II program from the European Commission supported by various States³, and also from Italy, would have the objective, still to be fully de-

efined and verified, to increase the safety and sustainability of micro-electronic components in Europe by promoting the integration and production of solutions to support the European industry through new 5G technologies and 6G, new telecommunication systems security algorithms and new high quality equipment and processes to be manufactured in Europe. The funding amount has not yet been defined.

“6Genesis Flagship Program (6GFP⁴)” is a national 6G program funded by the Academy of

Finland and led by the University of Oulu, formed by Finnish academic and industrial consortia. 6GFP is an eight-year large-scale research initiative set to ultimately develop, implement and test key enabling technologies for 6G. In this context, The university of Oulu has attracted, since 2019, more than €250 million in funding.

Germany is also putting significant funds behind its own 6G research efforts. The country's Federal Ministry of Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung,

or BMBF) has allocated €700 million towards 6G R&D during the next five years, with an initial aim (backed with an initial €200 million injection) of creating “the basis for an innovation ecosystem for future communication technologies around 6G.”

As part of the economic stimulus package of the federal government – Combating the Consequences of the Covid-19 Pandemic, Securing Prosperity, Strengthening Future Competitiveness – the BMBF is seeking to support technology hubs for

research and development in the area of communication technology. The aim of the initiative is to position Germany as a leading technology provider. In total, four research hubs have been approved. The research activities of 6GEM⁵, funded with €43 million, will be coordinated by Aachen University. Under this initiative, the Fraunhofer Heinrich Hertz Institute (HHI) will be coordinating the “6G Research and Innovation Cluster (6G-RIC)⁶” research hub, a “6G-life⁷” research hub has been created in Dresden and Munich through a partnership between Technische Universität Dresden and the Technical University of Munich.

A total of around 50 research partners from science and industry are involved in the four hubs, which aim to bundle national research activities in order to lay the technological foundations for future mobile communications generations. The main focus lies on technologies and key components that are developed and manufactured in Germany and Europe in order to achieve technological sovereignty and to ensure data security. The 6G-life hub led by Dresden and Munich will focus on human-machine collaboration, combining their preliminary work on areas like tactile internet, 5G communications networks, Quantum communications, post-Shannon

theory, AI, as well as adaptive and flexible hardware and software platforms. It will look at providing new concepts for security (Quantum communications, post-quantum security), and latencies in communications networks. Another aspect of the 6G-life hub is to stimulate the startup landscape in Germany. The goal is to create at least 10 new startups through 6G-life in the first four years as well as involve at least 30 startups in the objectives of the hub.

A virtual research center, called 6G Futures, has been recently launched in the U.K. by the University of Bristol and King's College. The project will involve more than 400 experts in telecommunications networks, cyber, AI, digital humanities, social sciences and arts, they said. The budget of the two universities is about £200 million combined.

The University of Surrey has announced in 2020 the launch of its “6th Generation Innovation Centre (6GIC⁸)”. The new centre will be a leading global research hub focused on advanced telecommunications engineering that brings together the physical and virtual worlds, enabling teleoperation.

In its white paper⁹, the University of Surrey reveals the two

research themes that the 6GIC will pursue:

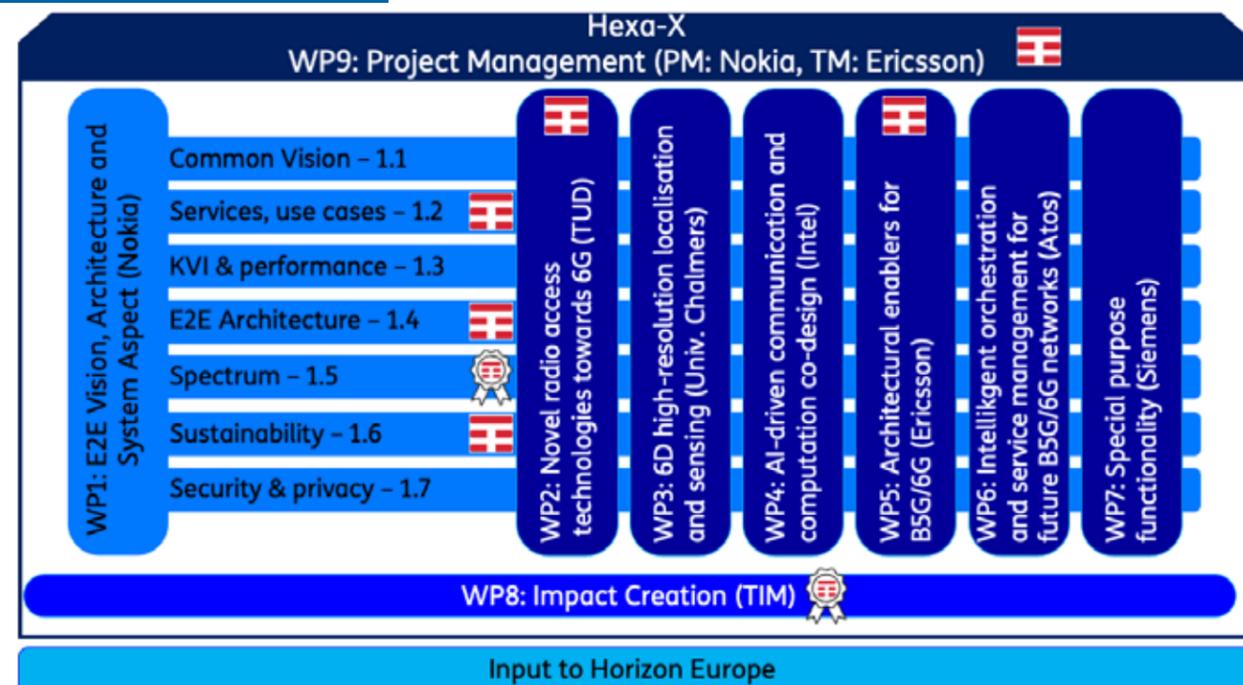
- **ambient information:** a fusion of the physical and virtual worlds, powered by the integration of high-resolution sensing, geolocation and wireless technologies to enable a new level of digital services that link human senses with ambient and remote data;
- **ubiquitous coverage:** making the digital divide a thing of the past by significantly improving coverage indoors, and using intelligent surfaces and researching satellite technology that makes exciting 6G services available everywhere.

North America & Canada Next G Alliance

This group¹⁰ is an alliance launched by the Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) with the aim of promoting North America's global leadership in 5G evolution and 6G development.

The goal is to create a development roadmap that favors the creation of a dynamic market for the introduction, adoption and commercialization of the 6G network, also determining the national priorities that will influence research funding.

4 Hexa-X project structure



Unlike other programs that foster 6G, the Next G Alliance was born from a market initiative, not from governments' efforts to set up a policy or vision.

Besides funding and research, the Next G Alliance will look at manufacturing developments and standards from a high-level strategic perspective. The idea is to engage the international community in discussions about standards and how government and industry can work together.

The main participating companies are: AT&T, Bell Canada, US Cellular, Verizon, Ciena, Ericsson, Facebook, InterDigital, JMA Wireless, Microsoft, Nokia, Qualcomm Technologies Inc., Samsung, T-Mobile, TELUS, Telnix, Apple, Charter, Cisco, Google, Hewlett Packard Enterprise, Intel, Keysight Technologies, LG Electronics, Mavenir, MITER and VMware.

Next G Alliance will initially focus on three strategic actions:

- develop a 6G national roadmap that addresses the changing competitive landscape and positions North America as the global leader in R&D, standardization, manufacturing and adoption of Next G technologies;
- align the North American technology industry on a core set of priorities that will

steer leadership for 6G and beyond to influence government policies and funding;

- identify and define the early steps and strategies that will facilitate and lead to rapid commercialization of Next G technologies across new markets and business sectors and promote widescale adoption, both domestically and globally.

NSF RINGS

The Resilient & Intelligent NextG Systems (RINGS)¹¹ program, led by the National Science Foundation (NSF) and the US Department of Defence (DoD), seeks to accelerate research in areas that will potentially have significant impact on emerging Next Generation (NextG) wireless and mobile communication, networking, sensing, and computing systems, along with global-scale services, with a focus on greatly improving the resiliency of such networked systems among other performance metrics.

ASIA South Korea

South Korea is certain to play a significant role in 6G, with Samsung having already laid out its vision in a white paper¹² published in July 2020 and the South

Korean government aiming to have a pre-standard 6G network up and running in the country by 2026 backed by more than \$180 million in funding¹³.

China

China has officially launched research and development work for 6G mobile networks at the end of 2019. The Ministry of Science and Technology has created two working groups to carry out the task¹⁴. One group consists of relevant government departments responsible for promoting how 6G research and development will be carried out. The other team is made up of 37 universities, research institutes and enterprises, which will lay out the technical side of 6G and offer advice. ZTE has recently published its own white paper on 6G, while Huawei declared since 2019 to exploit R&D effort in China, Canada and EU.

Japan

In Japan, in 2019 the government announced a program for supporting the 6G R&D¹⁵ and is allocating significant funding (\$2 billion plan) towards the country's efforts. The Japanese government expects to boost public-private cooperation on 6G research and development to secure a leading position over other countries in the field of

telecommunications. Part of the funds will be used for supporting research and development in the 6G field. The government expects to commission such work to private companies and universities through the National Institute of Information and Communications Technology, which has ties with the country's communications ministry. Almost \$200 million will be used to build a facility to be used by companies and other parties for testing their developed technologies. Japan also expects to develop the core technologies for the 6G system by 2025¹⁶, with the aim of commercially launching the technology in 2030.

In this context, NTT DOCOMO issued its 6G white paper¹⁷ in January 2020 and Softbank also presented its "6G Concept"¹⁸ in August 2021.

Japan established a partnership with USA on 6G¹⁹. U.S. President Joe Biden and Japanese Prime Minister Yoshihide Suga have recently agreed to jointly invest \$4.5 billion for the development of next-generation communication known as 6G, or "beyond 5G." In particular, United States and Japan will jointly:

- advance secure and open 5G networks, including Open Radio Access Networks ("Open-RAN"), by fostering innovation and by promot-

ing trustworthy vendors and diverse markets;

- strengthen competitiveness in the digital field by investing in research, development, testing, and deployment of secure networks and advanced ICT including 5G and next-generation mobile networks ("6G" or "Beyond 5G"). The United States has committed \$2.5 billion to this effort, and Japan has committed \$2 billion.

Besides of the above, Japan established partnerships with Finnish²⁰ and Singapore²¹ 6G programs.

Conclusions

Initial 6G studies address new strategies to transform current business models.

The radio access that uses the TeraHertz band (THz), the network as a sensor, the edge centric and "flow based" architecture (perhaps surpassing the current "packed based" networks, based on Internet Protocol-IP), and more artificial intelligence and the automated and secure "network of networks" provide new drivers.

These scenarios, which we could define "beyond the Internet", substantially go be-

yond the current Internet model and represent an interesting possibility for operators because they imagine the connection of networks of different actors (regional operators, global operators, service providers, content providers, etc.) even outside the current Internet. Anyway, this is pretty much suiting with the "beyond connectivity" model of TIM.

In the 6G research, standardization and deployment choices the aim is to protect 5G investments as much as possible, directing the future choices in an evolutionary perspective, where possible, and in affirming that 5G is not already a technology "vetusta" only for the fact that, as natural, next generation is in the R&D hype phase.

TeraHertz frequencies, or the optical ones, imply a future network composed of very small or even tiny cells, even smaller than those with millimeter waves, with not negligible implications both on their deployment and on the related necessary investments.

On the other hand, 6G is obviously a remarkable opportunity to introduce a further level of innovation in communications and with an explicit focus on the "social" vision or sustainability for the benefit of all population. ■

Bibliography

- [1] Hexa-X project, <https://hexa-x.eu/about/>
 [2] Hexa-X consortium, <https://hexa-x.eu/consortium/>
 [3] Hexa-X deliverables, <https://hexa-x.eu/deliverables/>

Note

- <https://www.rcrwireless.com/20211020/5g/not-waiting-on-6g-carriers-talk-5g-evolution-and-beyond>
- https://www.researchgate.net/publication/330304609_6G_The_Next_Frontier
- <https://www.ipcei-me.eu/what-is/project-structure/>
- <https://www oulu.fi/6gflagship/>
- <http://www.6gem.de/en/>
- <https://6g-ric.de/>
- <https://6g-life.de/>
- <https://www.surrey.ac.uk/news/university-surrey-unveils-its-6g-innovation-centre-and-distinctive-6g-vision>
- <https://www.surrey.ac.uk/sites/default/files/2020-11/6g-wireless-a-new-strategic-vision-paper.pdf>
- <https://nextgalliance.org/>
- <https://www.nsf.gov/pubs/2021/nsf21581/nsf21581.htm>
- https://cdn.codeground.org/nsr/downloads/researchareas/20201201_6G_Vision_web.pdf
- <https://www.rcrwireless.com/20200810/business/south-korea-launch-6g-pilot-project-2026-report>
- <https://www.cnn.com/2019/11/07/china-starts-6g-development-having-just-turned-on-its-5g-mobile-network.html>
- <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Japan-readies-2bn-to-support-industry-research-on-6G-tech>
- <https://www.rcrwireless.com/20210107/5g/japanese-government-earmarks-482-million-6g-rd>
- https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperEN_v3.0.pdf
- <https://www.thefastmode.com/technology-solutions/20584-softbank-unveils-6g-technology-concept>
- <https://asia.nikkei.com/Business/Telecommunication/US-and-Japan-to-invest-4.5bn-in-next-gen-6G-race-with-China>
- <https://www.rcrwireless.com/20211109/carriers/japan-finland-carry-out-joint-research-6g>
- <https://echalliance.com/finnish-led-international-6g-technology-cooperation-expands-to-singapore/>



Enrico Buracchini enrico.buracchini@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico entra in Azienda nel 1994 per occuparsi di Innovazione radio sia in Italia che in Austria, Grecia e Spagna.

Oggi, come senior project manager, coordina le attività dell'evoluzione del 5G, dopo averne gestito il progetto e alcuni trial come quello a San Marino. Inoltre, come expert speaker, è al fianco della Direzione Business di TIM negli incontri con i Clienti interessati alle soluzioni 5G. Attualmente è il candidato di TIM nei gruppi internazionali di standardizzazione 3GPP RAN1 ed in ITU R 5D. ■



Mauro Boldi mauro.boldi@telecomitalia.it

Ingegnere, entra in Azienda nel 1998 e si occupa subito di ricerca su temi innovativi dell'accesso radio, collaborando con numerosi progetti europei, fondativi del 4G prima e del 5G/6G. Attualmente è responsabile dei Progetti Europei Beyond 5G per TIM Technology Innovation. ■



Damiano Rapone damiano.rapone@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico con Master in "Innovazione di reti e servizi nel settore dell'ICT", nel 2013 entra in Azienda per occuparsi di analisi di prestazioni dei sistemi LTE/LTE-A. Dal 2016 è delegato Telecom Italia/TIM nel 3GPP RAN2 che standardizza i protocolli Layer 2 e Layer 3 delle tecnologie radio 5G (NR ed evoluzione di LTE). Dal 2019 è delegato in 5G Automotive Association (5GAA), nel WG3, dove segue tematiche di interoperabilità e di conformance testing dei dispositivi C-V2X. Dal 2020 è delegato nel WG5 di O-RAN Alliance che definisce i profili di interoperabilità delle interfacce di rete (X2, Xn, F1, W1, E1) in ottica multi-vendor. È coinvolto attivamente in vari progetti finanziati dall'Unione Europea. ■

IL PROGRAMMA HORIZON EUROPE, 6G E ALTRE INIZIATIVE

Mauro Boldi, Raffaele de Peppe

La Commissione Europea finanzia la ricerca in tutti i settori e anche in quello delle telecomunicazioni con programmi quadro di notevole importanza per l'azienda, garantendo finanziamenti a attività di innovazione che introducono soluzioni per lo sviluppo del business dei prossimi anni. Il programma "Horizon Europe" coprirà il periodo 2021-2027. Nell'ambito specifico del "Beyond 5G" e successivamente del 6G è prevista una nuova forma di collaborazione pubblico-privata sotto forma di Joint Undertaking per garantire la massima efficacia dei finanziamenti. Altre iniziative sono previste per Automotive, Cloud, microelettronica.

I finanziamenti della Commissione Europea per la ricerca e lo sviluppo continentali sono organizzati in programmi quadro.

Quello che ha finanziato molti dei progetti attualmente in corso si chiamava "Horizon 2020" e si è concluso lo scorso anno, con le ultime "call" di interesse.

Nel 2021 la Commissione ha quindi introdotto un nuovo programma, che si chiama "Horizon Europe", e copre i finanziamenti per gli anni

2021-2027, in tutti i settori e chiaramente anche in quello delle telecomunicazioni.

Il programma Horizon Europe

Il programma Horizon Europe prende il posto di Horizon 2020, che è stato ampiamente positivo per TIM: si veda a proposito la Fig.1.

Nel 2021 il Consiglio Europeo ha approvato il nuovo programma Horizon Europe (Fig.2), che

si compone di diversi pilastri per un budget complessivo nei 7 anni di 95,5 miliardi di euro. I tre pilastri ("Excellent Science", "Global challenges and European Industrial Competitiveness", "Innovative Europe") finanziano rispettivamente la ricerca scientifica, le borse di studio e le infrastrutture di ricerca accademiche, la ricerca industriale precompetitiva con il fine di aumentare la competitività dell'Europa e lo sviluppo di start ups e scale up per favorire il passaggio al mercato delle innovazioni incubate dal programma tramite l'EIC.

1 Partecipazione di TIM a Horizon 2020



ITALIA

Dati di Partecipazione

545 M€ di finanziamenti ricevuti

Success Rate | **12,05%** vs **12,03%**
della media UE

Presentati **95,6k** proposte pari al 10%
del totale delle proposte UE

1752 Enti coinvolti

Significativa la partecipazione dell'ITALIA



Alcune aree di interesse

Il Pilastro II del finanziamento Horizon Europe è quello che offre le maggiori opportunità per le attività di ricerca e innovazione di TIM e in esso si collocano i “cluster” relativi alle diverse tematiche del settore per i quali è previsto un finanziamento da parte della Commissione Europea, con i vari direttorati coinvolti a seconda del tema.

Il testo completo del Work Programme per gli anni 2021 e 2022 del Pilastro II è disponibili

le da giugno sui siti della Commissione Europea.

TIM sta valutando proposte per aderire a progetti che sono in tale Work Programme, alcune delle quali di tipo RIA (“Research and Industry Action”) con un finanziamento del 100% sui costi sostenuti, più un 25% di overhead, altre di tipo IA (“Industry Action”) con un finanziamento al 70% (ma sempre con l’overhead al 25%). Nell’ambito del cluster 4 “Digital, Industry and Space” si trovano proposte nelle direttrici della “Twin Green and Digital Transition”, “Digitised In-

dustry”, “Data and computing technologies” e “Digital and Emerging Technologies”, include il settore delle Telecomunicazioni compreso il settore satellitare.

Anche il cluster 5 propone alcune forme di finanziamento di interesse in particolare nelle direttrici “Sustainable, secure and competitive energy supply” e “Clean and competitive solutions for all transport modes”; quest’ultima direttrice è di particolare interesse per possibili finanziamenti nel settore delle infrastrutture radio per le applicazioni automotive.

In molti cluster Horizon Europe prevede forme di collaborazione tra il settore pubblico (la Commissione Europea) e quello privato, rappresentato dalle aziende europee interessate allo specifico e rappresentate da associazioni industriali.

I Trattati di Funzionamento dell’Unione Europea prevedono diverse forme di partenariato pubblico privato come le “Public Private Partnership (PPP)” utilizzate in Horizon 2020.

Nel nuovo programma quadro Horizon Europe la Commissione Europea ha privilegiato invece la forma “Joint Undertakings”, caratterizzati da una governance paritaria tra industria e Commissione (pari voti nel Board), una struttura fissa a Bruxelles con uffici e personale proprio e la partecipazione degli Stati Membri come osservatori.

La “joint-undertaking” SNS e il 6G IA

Tra le forme di collaborazione pubblica privata di Horizon Europe si presentano in questa sezione quelle di particolare interesse per TIM, che sono le Joint Undertaking Smart Networks & Services (SNS) e Key Digital

Technologies (KDT) e alcune partnership.

Joint Undertakings

Le Joint Undertaking che prevedono forme di cofinanziamento anche chiamate “Institutionalised Partnership” nelle quali il budget è appositamente separato rispetto a quello complessivo di Horizon Europe.

Queste entità gestiscono in autonomia il budget ricevuto e finanziano le proposte di progetto direttamente elaborate al loro interno, permettendo una maggior capacità di indirizzo industriale delle proposte anche tramite delle calls riservate ai membri delle associazioni industriali.

In questo tipo di partnership si suppone quindi che la parte industriale privata, avendo un budget fisso e stabile per tutto il periodo, e gestendolo in prima persona, abbia degli evidenti vantaggi.

Queste partnership prevedono delle quote di iscrizione (“fee”) che permettono un maggior ritorno per i membri grazie ad un meccanismo di “closed calls” e dei meccanismi di valutazione nelle calls aperte basate su cosiddetti In-kind contributions to operational costs (IKOP) e In-kind contributions to additional activities (IKAA) che vedranno favorire i players industriali.

Per le attuali Joint Undertaking i dettagli sui finanziamenti ed i costi sono ancora in fase di definizione, la governance è stata definita nel Service Basic Act approvato dal Consiglio Europeo, Daily News 19/11/2021 (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/mex_21_6169), mentre i meccanismi di valutazione tesi a garantire un maggior ritorno ai membri evitando il fenomeno dei “free riders” è in fase di approvazione da parte della Commissione Europea.

La Joint Undertaking di maggiore interesse per TIM è quella chiamata “Smart Network & Services” la cui struttura è nella Fig.3.

E’ chiara la doppia amministrazione pubblica e privata.

Come si vede dalla Fig.3, e in continuità con quanto accadeva in Horizon 2020 con la collaborazione denominata 5GPPP (Public Private Partnership) che aveva la 5G Industry Association come partner privato, nella Joint Undertaking SNS si parlerà di 6G IA (“6G Smart Networks and Services Industry Association”).

CEF, CCAM, Digital Europe e Photonic Partnership

Oltre alle forme più strutturate di collaborazione già presentate,

2

Il programma di finanziamento Horizon Europe



in Horizon Europe sono molte le Partnership che presiedono ad alcune proposte di progetto, o gruppi di proposte.

Queste partnership sono meno invasive di una Joint Undertaking e solitamente prevedono forme di iscrizione più agili.

Non offrono, d'altro canto, alcun vantaggio specifico sull'allocazione del budget e privilegi particolari ai sottoscrittori, anche se sono menzionate nel testo del Work Pro-

gramme e quindi è verosimile che la Commissione guardi soprattutto ai partner di quelle associazioni per i progetti in cui esse sono richiamate.

Si segnalano in particolare la CCAM (Connected, Cooperative and Automated Mobility) Partnership, <https://www.ccam.eu/>, che presiede alle call relative al settore automotive e la partnership sulla fotonica <https://www.photonics21.org/> per alcune call di indirizzo ottico.

Inoltre, anche se non sono parte di Horizon Europe, avendo un budget a sé, sono da segnalare anche le call sulla cosiddetta tematica della "Connecting European Facilities" che prevede finanziamenti sia per gli aspetti legati ai trasporti multimodali in tutta Europa (CEF Transport) che finanziamenti per aspetti più legati alla digitalizzazione e alla connettività (CEF Digital).

CEF Digital in particolare prevede una Fase 2 in cui sono

previsti 2 miliardi di finanziamenti pubblici per progetti cross border.

CEF2 avrà un primo Work Programme che coprirà il periodo 2021-2023 in cui sono previste calls specifiche per coprire i "5G Corridors" europei, in particolare nelle zone a fallimento di mercato, e quindi un secondo Work Programme per il periodo rimanente 2024-2027 ancora in fase di definizione (per entrambi i programmi sono previste forme di sinergia con i fondi del recovery).

Per il Work Program 1 sono previste due waves di calls di progetto, la prima per fine anno e la seconda per Marzo 2022 (date da confermare).

Infine, il Programma Digital Europe si focalizzerà sul processo di digitalizzazione dell'economia e della società europea finanziando con 7,5 miliardi progetti nel campo dell'Intelligenza Artificiale, il Supercomputing, la Cybersecurity ed i Digital Skills con il fine di accelerare la ripresa economica post pandemia.

Nel suo ambito si collocano anche i Digital Innovation Hubs per cortocircuitare la ricerca con le imprese in particolare le PMI. Digital Europe prevede un WorkProgram

per il biennio 2021-2022 e dei Workprogram specifici per le aree di interesse.

Work Programme 6G IA

Nella Joint Undertaking SNS il 6G IA sta definendo il Work Programme per le call specifiche del settore che ha come obiettivo la definizione del futuro sistema Beyond 5G/6G.

Questo Work Programme è diviso in alcuni "Stream", come si vede nella Fig.4, dove si articola anche la roadmap dei prossimi anni.

Gli Stream sono i seguenti: Stream A "Smart Communication Components, Systems and Networks for 5G Evolution Systems", circa 50 milioni di euro di budget, su tematiche prettamente "beyond 5g" piuttosto che 6G tout-court; Stream B "Continuous Research for Radical Technology Advancement", circa 125 milioni, per applicazioni fortemente orientate al 6G, ivi compresa una proposta di Progetto "flagship" che continuerà le attività iniziate nel 2021 dal progetto Hexa-X; Stream C "Smart Network & Services End to End facility", 25 milioni di euro, che finanzia piattaforme di testing pan-europee; Stream D "SNS Large Scale Trials and Pilots", con circa 50

milioni di euro, per progetti di validazione di use case innovativi in ottica 6G.

Questi Stream si intendono validi per i primi due anni, 2021-2, ma successivi Work Programme regoleranno i finanziamenti per gli anni successivi, come indicato in roadmap nella Fig.4.

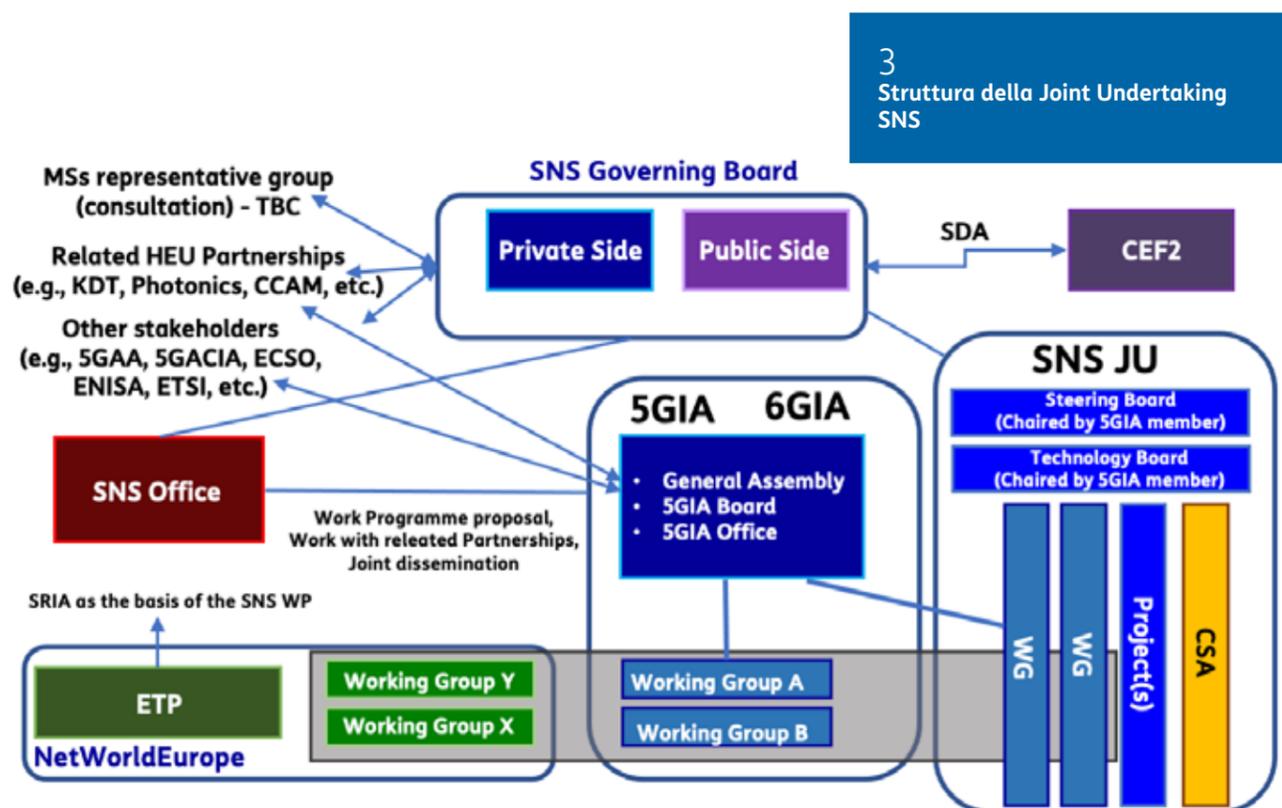
Working Groups

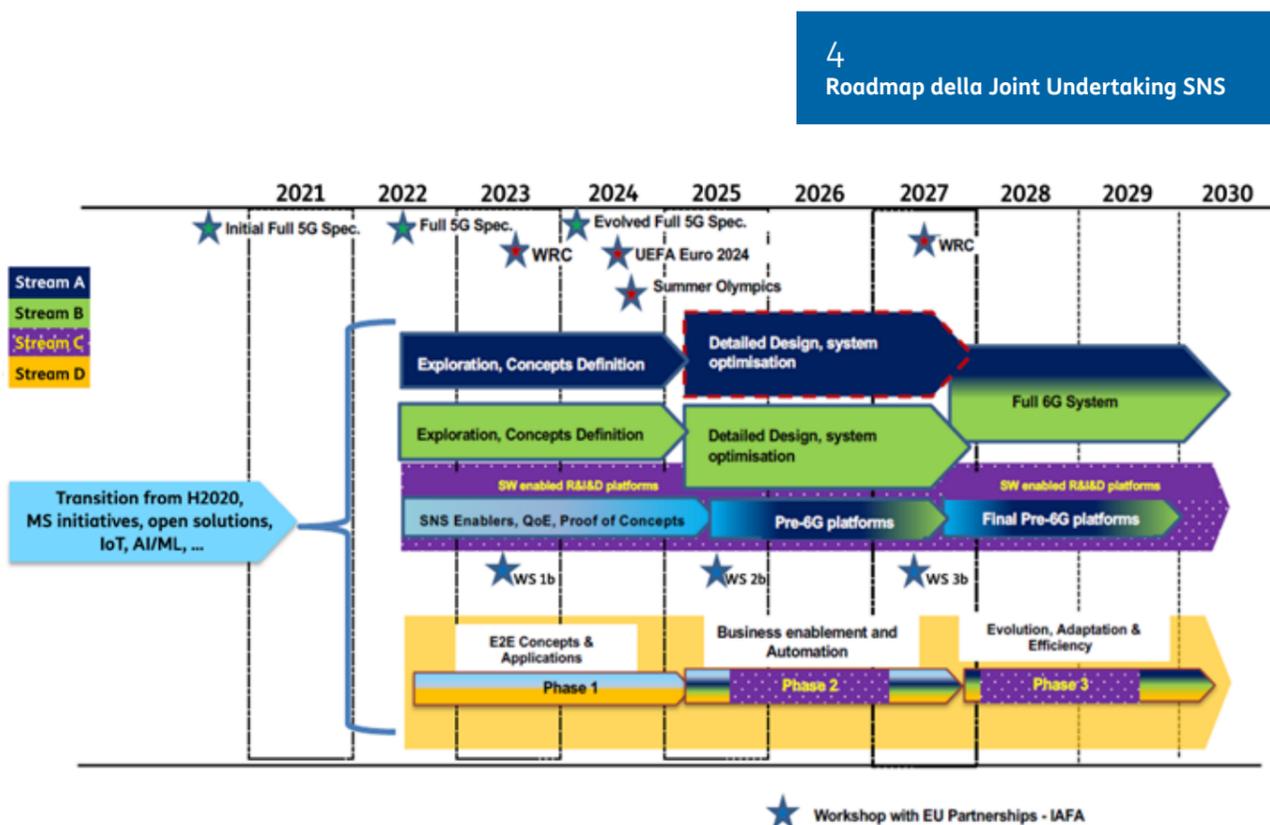
I Working Group rappresentano una ulteriore forma di attività nell'ambito del 5GPPP/5G IA e in futuro nella JU SNS/6G IA.

Si tratta di attività non finanziate che sono stimulate dall'associazione (5G IA e futuri sviluppi) per approfondire alcuni temi per i quali una vista Europea è ritenuta di particolare rilevanza.

Tra questi si notano in particolare lo "Steering Board" e il "Technical Board" che sono luoghi istituzionali dove si incontrano i coordinatori e i manager tecnici, rispettivamente, dei progetti finanziati nell'ambito del 5G PPP e future evoluzioni.

Questi Board presiedono alla gestione amministrativa trasversale tra i progetti e a te-





matiche tecniche di ambito generale sui temi del 5G e in futuro del 6G. TIM è presente in entrambi i consessi grazie all'attività di coordinamento svolta in alcuni progetti come 5G EVE o 5G SOLUTIONS.

Altri Working Group in cui TIM è stata coinvolta negli ultimi anni sono quello sulle architetture 5G, diretto da Nokia, quello sui "trials", che cerca di creare una sintesi tra varie attività sperimentali in Europa,

e quello sull'automotive, che è di particolare interesse per le applicazioni C-V2X.

Conclusioni

I finanziamenti delle attività di Innovazione sono un importante obiettivo per molteplici ragioni. Intanto, perché consentono di mantenere un'attività specifica Europea e nazionale su temi per i quali la

concorrenza asiatica o americana è sempre più forte.

In assenza di questi finanziamenti la voce dell'Europa sarebbe sempre più flebile, e molte filiere aziendali rischierebbero di scomparire.

Inoltre, a livello aziendale, i finanziamenti consentono di introdurre nuove soluzioni che poi sono validamente processate dai reparti più orientati all'ingegnerizzazione delle soluzioni e al tempo stesso per-

mettono la formazione e l'aggiornamento del personale, in linea con le ultime risultanze a livello internazionale.

Nello specifico, la Commissione Europea intende so-

stenere e rafforzare un ruolo che in passato è stato anche frequentemente di leadership nell'introduzione di soluzioni innovative nel mondo dei sistemi radio, e più recentemente, anche del cloud,

dell'automotive e della microelettronica. Horizon Europe e le sue declinazioni descritte in questo articolo sono il veicolo attraverso il quale questi piani ambiziosi si intendono realizzare.■

TIM E I PROGETTI EUROPEI SUL 5G

Negli ultimi anni TIM ha partecipato o coordinato numerosi progetti sul tema 5G, sia in termini di definizione di architetture e sistemi, che in termini di validazione delle prestazioni ed esecuzione di Use Case applicativi.

L'impegno di TIM parte già diversi anni fa, con la serie di progetti METIS e METIS-II, che dal 2011 al 2015 hanno gettato le basi a livello europeo e anche in parte internazionale, di quello che sarebbe diventato il futuro sistema 5G. Le attività di ricerca di questi due progetti hanno costituito le basi per la successiva fase di standardizzazione facilitandone lo sviluppo in ambiti quali il 3GPP prima e ITU poi.

Negli anni successivi, i progetti sul 5G in cui TIM ha giocato un ruolo di primo piano sono stati 5G-MoNArch, per le sperimentazioni dei primi "proof-of-concept" e 5G-CARMEN, per lo specifico settore delle applicazioni legate al mondo dell'automotive.

Una svolta si è avuta nel 2018, quando il progetto 5G EVE, impostato e coordinato da TIM, è stato approvato dalla Commissione Europea per tre anni di attività, recentemente conclusasi a giugno 2021.

In 5G EVE TIM ha predisposto una piattaforma trans-nazionale, estesa dalla Spagna alla Francia e alla Grecia, per la validazione delle soluzioni applicative del 5G, in ottica "end-to-end". Nel progetto si è anche predisposto un apposito portale dove con logica "intent-based" i cosiddetti "verticals" (ovvero le aziende non appartenenti direttamente alla filie-

ra delle telecomunicazioni, ma con interesse nelle soluzioni prospettate nei loro ambiti dall'utilizzo del 5G) possono richiedere che vengano eseguite apposite campagne di sperimentazione, valutazione e misura delle applicazioni più innovative di loro competenza.

A Torino, che ha svolto il ruolo di "centro stella" delle reti interconnesse di laboratorio e dispiegate in campo di 5G EVE, si è strutturato anche il cosiddetto "inter-working layer", ovvero una soluzione costituita da un insieme di server e connessioni in grado di collegare tra loro i siti di test negli altri Paesi europei.

Ciò ha consentito di svolgere test di validazione di alcuni Use Case in ottica "multi-site", ovvero utilizzando infrastrutture dislocate in luoghi diversi per lo stesso test e nello stesso momento.

Successivamente alla nascita di 5G EVE la Commissione ha finanziato anche una serie di progetti che faranno utilizzo dell'infrastruttura di 5G EVE per svolgere le proprie sperimentazioni. Tra questi, si segnala 5G-Solutions, coordinato sempre da TIM, che prevede dei test in ambito *smart-energy* e 5GROWTH, dove TIM ha efficacemente portato avanti la collaborazione con Comau sui temi della Smart Industry.

Inoltre, di particolare rilevanza per TIM è il progetto 5G-TOURS, che prevede la collaborazione stretta con il Comune di Torino, e il supporto di partner

come Ericsson e RAI per condurre delle sperimentazioni a Torino nell'ambito dello smart-tourism.

Tali sperimentazioni si svilupperanno nel contesto di cinque casi di utilizzo innovativi basati su applicazioni pre-commerciali su rete 5G e coinvolgendo in prima persona i visitatori di Palazzo Madama e la Galleria d'Arte Moderna (GAM). I casi di utilizzo, definiti con la collaborazione di Fondazione Torino Musei e RAI, ricopriranno i temi delle visite museali a valore aggiunto grazie alle tecnologie di Realtà Aumentata e Virtuale, visite guidate con l'ausilio di robot umanoidi, telepresenza e videosorveglianza, broadcasting e produzione TV remota e distribuita.

L'implementazione dei casi di utilizzo sarà possibile grazie alle soluzioni di rete 5G outdoor ed indoor re-

alizzate da TIM con tecnologia Ericsson in grado di rispettare i requisiti di elevata capacità e bassa latenza richiesti dalle varie applicazioni. Nel mese di ottobre sono stati ultimati i lavori di installazione a Palazzo Madama: la soluzione implementata, conforme allo standard 3GPP, è estremamente flessibile sia in termini di utilizzo (supportando i vari casi di utilizzo descritti) sia in termini di realizzazione. Essendo il museo patrimonio UNESCO, sono state infatti progettate installazioni ad-hoc utilizzando apparati e soluzioni che si sono integrati alla perfezione all'interno dell'area museale (nella Fig. A una foto dell'installazione in Sala Quattro Stagioni) garantendo allo stesso tempo le prestazioni richieste.

Il 9 novembre si è tenuta a Palazzo Madama la prima sperimentazione della cosiddetta "orchestra itine-

A
Installazione in Sala Quattro Stagioni della soluzione di rete 5G a Palazzo Madama



5G

rante”, il caso di utilizzo legato alla produzione TV remota e distribuita. Oltre 100 spettatori presenti nel Gran Salone dei Ricevimenti hanno assistito all’opera musicale “The Garden of Forking Paths” di Andrea Molino in cui un gruppo di musicisti ed attori itineranti per le vie del centro città hanno suonato in sintonia con un ensemble strumentale presente in sala nonostante la separazione fisica gli uni dagli altri (nella Fig. B una foto tratta dall’evento).

Tutto questo è stato reso possibile dalla rete 5G di TIM che ha garantito in modo costante alte velocità e bassissime latenze al fine di assicurare la trasmissione contemporanea dei diversi flussi video in alta definizione dalle videocamere alla regia centrale.

Ulteriori eventi avranno luogo in seguito anche presso la Galleria d’Arte Moderna a Torino in cui i casi di utilizzo si focalizzeranno sulla componente educativa delle scolaresche attraverso la gamification. In questo caso, le prestazioni fornite dalla rete 5G permetteranno a classi di studenti connesse da remoto di effettuare una caccia al tesoro all’interno dell’esposizione permanente tramite un robot di telepresenza; in alternativa, nell’area didattica del museo, gruppi di “aspiranti pittori” potranno collaborare nel dipingere un quadro virtuale basato sulle opere dell’artista De Maria.

alessandro.trogolo@telecomitalia.it

B
Un momento del concerto dell’orchestra itinerante tenutosi il 9 novembre (foto di Daniele Solavaggione)



Mauro Boldi mauro.boldi@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, entra nel 1998 in Azienda per occuparsi di ricerca su temi innovativi dell’accesso radio, collaborando con numerosi progetti europei, fondativi del 4G prima e del 5G/6G. Attualmente è responsabile dei Progetti Europei Beyond 5G per TIM Innovation. ■



Raffaele de Pepe raffaele.depeppe@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, nel 1996 entra in TIM, dove ha ricoperto diversi incarichi presso le consociate estere in Serbia (Telekom Serbia), Brasile (TIM Brasil) e Spagna (Amena). Dal 2003 al 2018 è stato responsabile dell’accordo di collaborazione industriale con il MIT di Boston. Dal 2003 è stato eletto ininterrottamente nei Board nelle associazioni industriali di settore nei programmi finanziati europei in rappresentanza della industry. Ha quindi coordinato la partecipazione TIM alla GSMA. Attualmente opera presso il Centro Studi TIM nelle valutazioni di impatto economico delle tecnologie TIM e nella valutazione dei mercati digitali di altri settori. ■

Notiziario Tecnico

Anno 30 - Numero 3, Dicembre 2021
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.*

