

The background features a glowing blue hexagonal grid with white nodes, representing a network. Below this grid is a white line-art illustration of a cityscape with various buildings and a church spire. A bright blue horizontal streak with a white glow passes through the middle of the image, curving slightly. The overall color scheme is dark blue and black with bright blue and white highlights.

La Rete di Accesso



Il **Notiziario Tecnico** è un webmagazine, 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.

Notiziario Tecnico

Anno 32 - Numero 1, Aprile 2023

www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

Proprietario ed editore

TIM S.p.a.

Direttore responsabile

Michela Billotti

Comitato di direzione

Gabriele Elia

Daniele Franceschini

Elisabetta Romano

Federica Romano

Web Director

Enrico Gallo

Photo

123RF Archivio Fotografico

Archivio Fotografico TIM

Redazione

Roberta Bonavita

Giampiero Rossi

Contatti

Via G. Reiss Romoli, 274, 10148 Torino

notiziariotecnico.redazione@telecomitalia.it

Registrazione

Presso il Tribunale di Torino n. 60 del 03/11/2021 - ISSN 2038-1921

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.

La forza di TIM risiede nella “forza delle connessioni” ed è per ciò che abbiamo dedicato questo Notiziario Tecnico alla rete di accesso, uno dei nostri principali asset.

Abbiamo voluto creare una visione olistica della Rete TIM, Fissa e Mobile, attuale e prospettica, perché si possa cogliere quanto la nostra rete sia da sempre pervasiva e muscolare.

Vi condivido qualche dato: a fine 2022, abbiamo raggiunto 5.826 comuni italiani con la nostra tecnologia FTTC, realizzando una copertura pari all'89,4% delle unità immobiliari e ad oltre il 94% delle famiglie italiane con linea fissa attiva; entro il 2025, abbiamo l'obiettivo di raggiungere il 48% delle unità immobiliari del Paese con tecnologia FTTH. Dati pienamente in linea con l'Europa, come rilevato dal Report di FTTH Council Europe di maggio 2022, dove si prevede una costante crescita del deployment in fibra che porterà nel 2027 a circa 190 milioni di sottoscrizioni di connessioni FTTH/B ed a 309 milioni di abitazioni raggiunte dalla fibra.

Anche con la nostra rete mobile LTE, abbiamo raggiunto oltre il 99% della popolazione nazionale. A fine dicembre scorso, infatti, i comuni raggiunti dal 4G (fino a 150 Mbps) sono stati 7.814 (pari al 98,9% del totale), dei quali 5.232 sfruttano la tecnologia 4G plus (>150 Mbps); ci proponiamo però, entro il 2025, di raggiungere il 90% della popolazione del Paese con tecnologia 5G.

Ma la realtà non è fatta solo di numeri, abbiamo voluto in questo numero della nostra Rivista, cogliere con l'intervista a Fabrizio Silvestri l'impegno della mia squadra per ottemperare agli impegni presi da TIM nei bandi PNRR ed il “cambio di pelle” che questi hanno indotto nei processi aziendali.

Con uno sguardo alle innovative sperimentazioni sull'accesso ottico, siamo anche fortemente impegnati con le soluzioni a 25 XGS-PON e 50G-PON che abbiamo testato, tra i primi a livello europeo, su rete live nelle centrali di Roma Nord, Bologna Pallone, Vicenza Borgo Padova e di Ancona Montagnola.

“La forza delle connessioni” è parte del nostro DNA anche sull'accesso radio, come dimostrano le nostre 5G Private Network, che rappresentano la soluzione di rete più adatta per supportare le aziende nella Trasformazione Digitale. Indaghiamo anche i nuovi trend tecnologici legati al 5G; al riguardo mi preme sottolineare il nostro ruolo proattivo negli standard, come il 3GPP, la GSMA e nei molti progetti internazionali e nazionali, tra i quali quello dedicato a studiare il 5G via satellite per permettere di utilizzare lo smartphone anche in aree non coperte dalla rete cellulare “terrestre”.

Su questo numero del Notiziario Tecnico, trattiamo anche della gestione automatizzata delle reti con la piattaforma Open Service Management & Orchestration, per gestire ed ottimizzare le prestazioni delle reti mobili fino al prossimo 6G, piuttosto che dello strategico binomio che c'è tra i volumi di traffico in Exabyte, che la nostra rete ogni anno deve gestire, e le soluzioni tecnologiche che implementiamo per garantire un'alta qualità a tutti i nostri servizi con piena soddisfazione dei nostri clienti ed ancora, facendo benchmarking, indaghiamo di come stia evolvendo il mondo dell'accesso fisso, che vede TIM essere il primo operatore italiano per numero di sottoscrizioni FTTH a dimostrazione del nostro instancabile impegno nell'infrastrutturazione dell'intero Paese.

Un Notiziario Tecnico all'insegna delle nostre competenze e della nostra forza che è “la forza delle connessioni” di TIM.

Vi auguro una buona lettura



Elisabetta Romano

Chief Network, Operations & Wholesale Office, TIM

La forza delle connessioni TIM Ultrabroadband fisso

dati a dicembre 2022

FIBRA posata	copertura FTTC (fibra + rame)
21,9 mln km	89,4%
ARMADI FTTC	case
127.698	
CENTRALI con OLT	COMUNI raggiunti
3.464	5.826

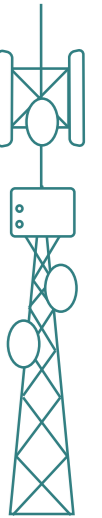
A dicembre 2022 sono 5.826 i comuni italiani raggiunti con tecnologia FTTC (fibra+rame), realizzando una copertura pari all'89,4% delle unità immobiliari e ad oltre il 94% delle famiglie con linea fissa attiva. La copertura FTTH ha registrato una crescita pari a 8 punti percentuali rispetto al 2021.

La forza delle connessioni TIM Ultrabroadband mobile

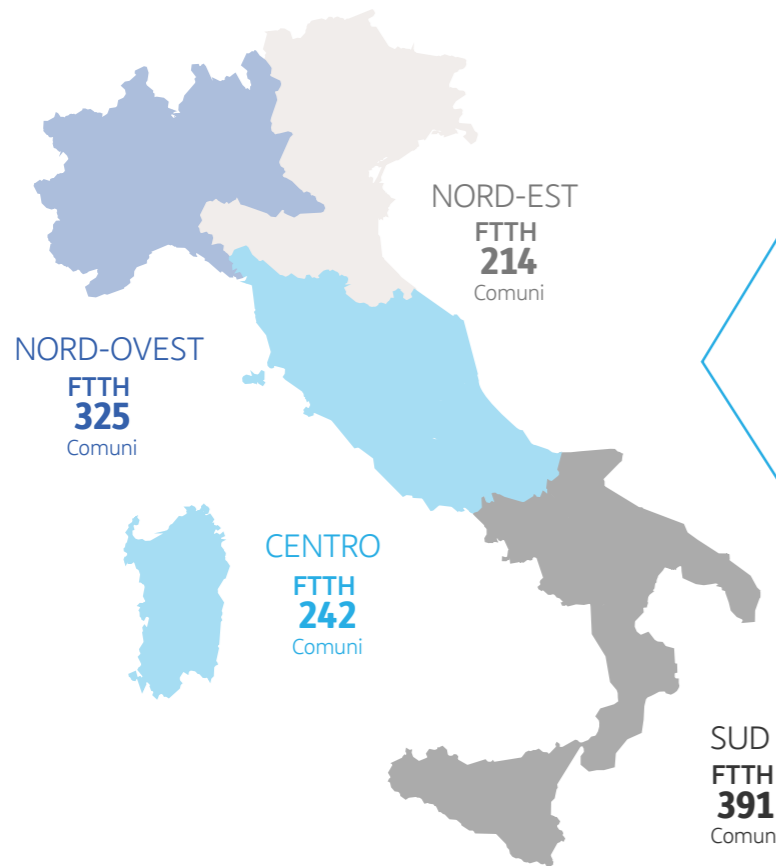
dati a dicembre 2022

SITI di RETE MOBILE utilizzati	copertura 4G/4.5G
23.000	>99%
	popolazione
ANTENNE	COMUNI raggiunti
83.800	7.814

La rete mobile LTE di TIM ha raggiunto oltre il 99% della popolazione nazionale. I comuni raggiunti dal 4G (fino a 150 Mbps) sono 7.814 (pari al 98,9% del totale), dei quali 5.232 sfruttano la tecnologia 4G plus (>150 Mbps). La copertura con tecnologia 5G fino a 2Gbps è presente nelle principali città italiane e in molte località turistiche.



focus FTTH



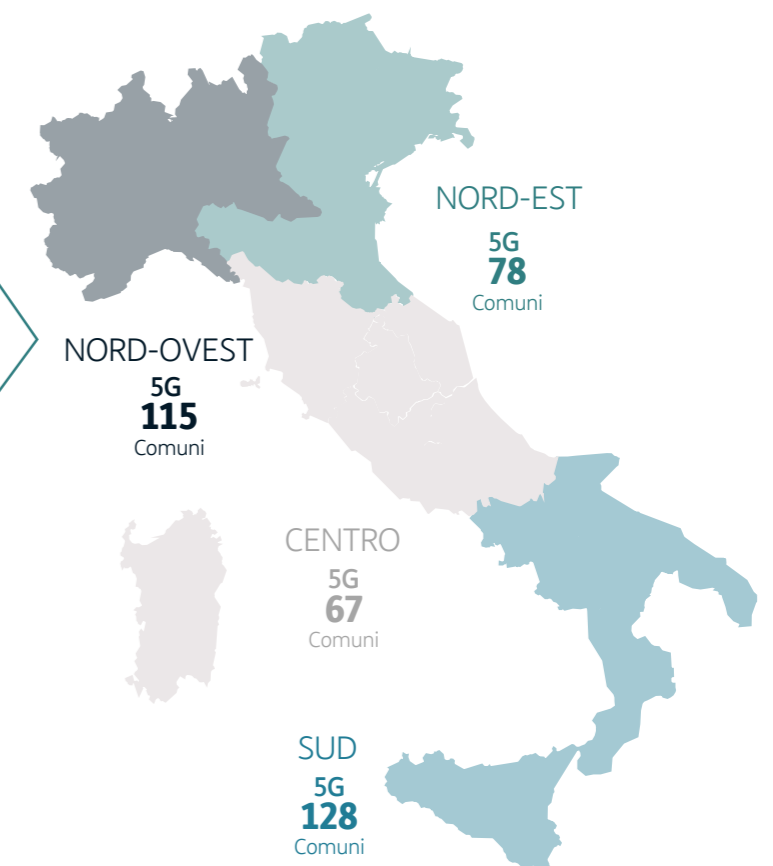
COMUNI raggiunti	1.172
CASE raggiunte	7,8 mln
copertura FTTH (fibra) case	32,3%

entro il **2025** TIM ha l'obiettivo di raggiungere il **48% delle unità immobiliari** del Paese con tecnologia FTTH

focus 5G

388 COMUNI raggiunti
>90% COPERTURA città di MILANO

entro il **2025** TIM ha l'obiettivo di raggiungere il **90% della popolazione** del Paese con tecnologia 5G. Molti comuni potranno beneficiare del 5G avvalendosi anche di soluzioni FWA (Fixed Wireless Access)



TIM per il PNRR

Sanità Connessa

Aggiudicati da TIM 2 lotti su 8 messi a bando per la fornitura di connettività in banda ultralarga alle strutture sanitarie pubbliche, per un totale di 3.103 strutture connesse entro il 2026.

Bando Italia 1 Giga

TIM e Fibercop si sono aggiudicate 7 dei 15 lotti messi a bando da Infratel, per la

copertura di 2.937.156 numeri civici entro il 2026

Bando Scuole Connesse

Tim e Fibercop si sono aggiudicate 4 degli 8 lotti messi a bando da Infratel per fornitura dei servizi di connettività in banda ultralarga negli edifici scolastici italiani, per un totale di 5.873 scuole connesse entro il 2026.

Italia 5G "Backhauling"

TIM si è aggiudicata i 6 lotti messi a bando (equivalenti all'intero territorio nazionale) per la realizzazione di rilegamenti con connessione in fibra ottica di 11.000 siti radiomobili esistenti entro giugno 2026.

Italia 5G "Densificazione"

TIM, attraverso un raggruppamento di imprese insieme con Inwit e Vodafone, si è aggiudicata i 6 lotti per il potenziamento della tecnologia 5G in Italia, che prevede la realizzazione di siti radiomobili 5G su almeno 1200 aree entro il 2026.

TIM per il PNRR

Indice

▶ L'impegno di TIM nei Bandi PNRR	10
▶ L'impegno di TIM per la Digitalizzazione delle Regioni Italiane	16
▶ Lo sviluppo della fibra nella rete d'accesso	38
▶ Traffico e qualità nella rete di accesso	50
▶ Sperimentazioni 25GS-PON e 50G-PON	62
▶ 5G Private Network: casi d'uso	80
▶ 5G from space	98
▶ Open Service Management & Orchestration: un nuovo paradigma per la gestione automatizzata delle reti mobili	112
▶ News dai Laboratori: Disaggregazione e automazione della rete di accesso fisso	128

L'impegno di TIM nei Bandi PNRR

Quattro chiacchiere con Fabrizio Silvestri, responsabile Network Operations di TIM

A cura di Michela Billotti

TIM è fortemente impegnata su vari Bandi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR): da quello "Italia 1 Giga", a quelli sul 5G sia per la parte di Backhauling che per le coperture. Nello specifico nel bando "Italia 1 Giga", all'interno del raggruppamento temporaneo di imprese (RTI) composto da TIM e Fibercop, l'Azienda si è aggiudicata 7 dei 15 lotti messi a bando da Infratel Italia, per un valore di oltre 1,6 miliardi di euro di finanziamento (fondi PNRR), ai quali si aggiungono circa 700 milioni di euro di investimento diretto a carico del Gruppo TIM. Inoltre, TIM si è aggiudicata tutti i 6 lotti di gara previsti nel Bando 5G Backhaul che prevede, entro il 2026, la realizzazione dei rilegamenti in fibra ottica per 11.098 siti radiomobili per consentire la diffusione delle reti 5G nelle aree a fallimento di mercato per tutti gli operatori di telefonia mobile. Infine, tramite il bando 5G Coperture del PNRR, che prevede la predisposizione di reti mobili 5G volte a garantire servizi radiomobili aventi velocità di trasmissione di almeno 150 Mbit/s in downlink e 30 Mbit/s in uplink, il RTI tra TIM, INWIT e Vodafone si è aggiudicato tutti i 6 Lotti messi a bando.

Con Fabrizio Silvestri, responsabile Network Operations di TIM, vediamo più nel dettaglio le attività realizzate da TIM nei singoli Bandi.

A gennaio TIM ha chiuso la prima fase dei Piani relativi ai Bandi "Italia 1 Giga" e "5G Backhaul". In particolare, Fabrizio, cosa abbiamo realizzato in questa prima milestone?

Il Gruppo TIM, nella prima milestone del Piano di interventi infrastrutturali del bando Italia 1 Giga, ha realizzato collegamenti ultrabroadband per oltre 14.100 civici in 90 Comuni italiani previsti nei lotti vinti, in particolare in Piemonte, Val d'Aosta, Liguria, Abruzzo, Molise, Sardegna, Umbria, Marche, Calabria e Basilicata, più le Province Autonome di Trento e Bolzano.

L'obiettivo è collegare entro il 2026 circa 3 milioni di civici con nuove infrastrutture di telecomunicazioni e relativi apparati di accesso in grado di erogare servizi con capacità di almeno 1 Gbit/s in download e 200 Mbit/s in upload.

Questo, tra i bandi che TIM si è aggiudicata, è sicuramente quello che in termini di effort è più impegnativo: per volumi, per estensione e per capillarità territoriale.

Mi preme sottolineare che se i numeri sembrano piccoli, in realtà sono stati realizzati nell'arco di appena un mese e mezzo, ovvero tra novembre e dicembre 2022, e sono a valle di una serie di articolate attività preparatorie: in primis il walk-in, ovvero la verifica sul campo civico per civico del reale stato dei luoghi propedeutica all'appalto dell'attività realizzativa vera e propria, piuttosto che le singole attività tecniche di progettazione e sviluppo, le quali portano via parecchio tempo, oltre che impiegano varie professionalità.

Per quanto riguarda il bando "5G Backhaul", invece, nei 95 Comuni del territorio nazionale facenti parte dei lotti che TIM si è aggiudicata, sono state già realizzate tutte le opere necessarie ad attivare in fibra le infrastrutture di rete mobile 5G per la fornitura di servizi evoluti in oltre 150 siti. Per questo bando il finanziamento pubblico corrisponde a 700 milioni di euro, ma TIM ha previsto altri 100 milioni di euro di investimento diretto.

Infine, relativamente al bando 5G Coperture, TIM in particolare, oltre alla gestione delle attività di progettazione e realizzazione inerenti ai propri nuovi impianti, ha anche la responsabilità della gestione delle attività relative ai rilegamenti di Backhauling in fibra ottica dei nuovi siti radiomobili.

Come primo step, il bando prevede entro il 30/06/2023 la copertura del 5% delle aree oggetto di aggiudicazione per ciascun Lotto, ovvero si tratta di 70 aree geografiche da coprire.

L'impegno che i vari Bandi comportano di fatto ha messo in moto una macchina organizzativa, in parte nuova per TIM. Ci chiarisci meglio se si tratti per lo più di una sfida solo sui tempi di realizzazione, oppure se ha riguardato anche i nostri processi di Creation, Delivery ed Assurance?

Vorrei premettere che il principale sforzo che TIM fino ad ora ha fatto è stato quello di adeguare tutto il nostro mondo dei processi, delle procedure e dei sistemi, oltre che il nostro modus operandi a rispettare i requisiti tecnici e finanziari che un bando pubblico comporta. Certo non è la prima volta che, come TIM, rispondiamo ad un Bando ministeriale, per esempio lo abbiamo già fatto con il bando BULL nel Sud Italia, ma questi nuovi bandi PNRR comportano la pianificazione, la gestione e la rendicontazione di un lavoro enorme che coinvolge numeri importanti: parliamo di oltre 2.900.000 civici, 11.100 siti di Backhauling e la realizzazione di siti radiomobili 5G su almeno 1200 aree.

E questo significa non solo un cambio di passo, ma anche un ammodernamento delle varie procedure; basti pensare a quanto abbiamo dovuto fare per adeguare la contrattualistica dei nostri fornitori di prodotti e prestazioni in modo che sia conforme ai requisiti del bando. Ne va da sé, però che revisionare tutte le norme, partendo dagli studi di fattibilità, per passare poi alla progettazione, alla realizzazione e al collaudo, significa non solo rispettare tutti i requisiti tecnici e prestazionali, ma anche rispettare i vari requisiti documentali e finanziari che impongono una tracciabilità congrua di tutti gli interventi necessaria per ottenere la copertura finanziaria prevista dal Bando.

Per altro, in alcuni casi non ci siamo limitati a rinnovare solo i nostri processi, ma abbiamo proposto anche delle migliorie ai servizi rispetto ai requisiti minimi richiesti dal Bando: ad esempio, TIM ha previsto di offrire nel bando "Italia 1 Giga", velocità aggiuntive, fino a 10 Giga, rispetto a quelle richieste da Infratel che richiedeva come requisito minimo la velocità fino a 1 Giga.

Oltre a questi bandi a finanziamento, non dimentichiamo che TIM lavora attivamente anche ai suoi Piani di roll out fibra con FiberCop, che prevede di realizzare entro il 2026 reti FTTH in 2.579 comuni italiani, coprendo così circa l'80% delle unità immobiliari "tecniche" delle aree nere e grigie.

E non ci fermiamo qui; siamo infatti anche impegnati nei bandi ad appalto del PNRR legati alla digitalizzazione delle strutture sanitarie e delle scuole, delle quali già 5.380 sono connesse alla rete a larga banda su fibra ottica degli oltre 9.500 istituti previsti dal bando. Siamo orgogliosi dell'importante lavoro che stiamo facendo in Azienda, per altro con una spasmodica attenzione da un lato ad identificare le sinergie tecniche tra i vari bandi, in modo che ogni sviluppo di rete sia plurifunzionale, dall'altro ad evitare il double counting, perché ci sia sempre una corretta attribuzione dei costi e trasparente tracciabilità finanziaria delle nostre singole attività.

Quanto facciamo nel PNRR e nei piani di roll-out FTTH e 5G rappresenta per TIM anche un'opportunità per sostenere la diffusione di nuove competenze digitali. Secondo te, Fabrizio, quali le nuove professionalità necessarie al mercato del lavoro di domani?

Per rispondere all'avvio dei cantieri funzionali alle attività dei Bandi del PNRR, il Gruppo TIM oltre a contare su una manodopera interna già ampiamente formata e costantemente aggiornata, coinvolge anche l'eco-sistema delle Imprese. In questo contesto così sfidante, è il personale di TIM a tenere i corsi di formazione sia per le imprese operanti sui cantieri sia per i vari studi di Professionisti chiamati a progettare i collegamenti dei Bandi PNRR.

Vi riporto alcuni dati sul piano della formazione: al personale tecnico TIM nel 2022 sono state erogate 3.000 ore di formazione e ne sono previste circa 2.300 nel primo semestre 2023; mentre circa 1.000 sono le ore di formazione per 144 risorse appartenenti a 34 imprese erogate tra gennaio e febbraio 2023. Per favorire l'ecosistema, ci tengo a ricordare che TIM ha sviluppato una Web APP che consente a tutti gli operatori di registrare in real time su cloud dati multimediali, come foto georeferenziate, utili per le fasi di walk-in e progettazione.

Va però ricordato che il panorama della manodopera, ad oggi, costituisce la vera svolta del sistema produttivo che, dopo un periodo di flessione della domanda, sta vivendo un momento di strategica centralità. Infatti, prima i Bonus per le ristrutturazioni edilizie, poi i vari ambiti del PNRR tra cui le Telco, l'Energia ed i Trasporti, hanno generato una forte richiesta di maestranze che oggi sono chiamate a confrontarsi con un panorama sempre più complesso da un punto di vista tecnologico.

Condivido alcuni esempi: fare la giunzione delle fibre ottiche, eseguire dei sopralluoghi in situ coadiuvati da strumenti digitali, oltre che usare sistemi di progettazione basati anche su IA, sono attività che richiedono una formazione specifica mirata e sempre aggiornata. Tutto ciò evidenzia che il mercato del lavoro ricerca competenze sempre più trasversali, sulle quali lavorano le Academy di Development, sia di TIM che delle Imprese di rete, per creare nuovi professionisti che da qui ai prossimi anni saranno gli artefici della trasformazione digitale del nostro Paese.

Come TIM Academy su questo fronte siamo al fianco dei giovani organizzando con le scuole con gli appuntamenti "Digital Media" e "Innovation Tour", volti a formare i giovani sulle nuove competenze digitali: un'ulteriore prova concreta di quanto contribuiamo per la trasformazione digitale dell'Italia.

Un'ultima domanda, Fabrizio: il nostro impegno è quello di costruire piattaforme di rete per abilitare i nuovi servizi digitali. Quali le principali caratteristiche della Digital Life che avremo a nostra disposizione?

Noi stiamo costruendo l'infrastruttura tecnologica per abilitare la Digitalizzazione del nostro Paese e dar modo alle persone e alle imprese, grandi e piccole, di usufruire di tutti i Vertical di nuova generazione: ovviamente mi riferisco agli use case per le Smart City, dove l'IoT massivo e la Smart Mobility, oltre che la sanità digitale e i sistemi di e-learning arricchito con tecnologie di AR/VR e avatar saranno parte della nostra quotidianità.

Ma penso anche agli scenari di Industry 4.0 per innovare le nostre PMI, ai Digital Harbour che possono rappresentare la svolta per il mondo dei trasporti commerciali via mare, o alle soluzioni di Smart Agricolture, sulle quali TIM anni fa è stata apripista con sperimentazioni di droni connessi in 5G nei campi di grano della Basilicata e nelle vigne di barolo in Piemonte.

Certo non è sufficiente dispiegare piattaforme di rete basate sul 5G e sulla fibra per dar luogo alla Digital Life, dove mi preme ricordare che sempre più l'AI svolge un ruolo importante per i nuovi servizi B2B2C.

Se vogliamo semplificare, l'ultrabroadband è di fatto "un bocchettone" che permette sì la rivoluzione digitale, ma da solo non basta. Perché ci sia la Digital Trasformation, serve attivare un ecosistema di partnership con le industrie, gli stakeholder tecnologici, gli OTT, la Pubblica Amministrazione, le Università ed il mondo delle start-up in modo da sviluppare tutti quei nuovi servizi digitali, che ognuno di noi potrà utilizzare.

Il Gruppo TIM è impegnato su tutti questi fronti: nel deployment delle reti FTTx e della nuova Core Network 5G, e, in particolare come TIM Enterprise, nello stringere accordi con attori di primo piano, come Google ad esempio, per sviluppare in ottica time to market tutti i nuovi smart services che caratterizzeranno l'Italia digitale di domani. ■

Autori



Michela Billotti

michela.billotti@telecomitalia.it

Giornalista, direttore responsabile del Notiziario Tecnico TIM, è passata dal mondo delle lettere classiche, in cui si è laureata nel 1993, al settore delle telecomunicazioni. Da oltre vent'anni in Azienda ha dapprima collaborato all'organizzazione di eventi nazionali e internazionali, poi gestito i rapporti con i media interessati all'evoluzione dell'ICT; in ambito COO coordina i vari aspetti della comunicazione tecnica. È autrice di articoli e di libri sull'evoluzione del mondo delle telecomunicazioni destinati anche ad un pubblico di "non addetti ai lavori". ■



Fabrizio Silvestri

fabrizio.silvestri@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, dal 1996 in Azienda, ha occupato varie posizioni di responsabilità in ambito Esercizio, Sviluppo di Rete, e sulla Commutazione dati. Dal 2003 al 2008 ha operato in Customer Services e nel 2011 si è occupato di piattaforme di servizio e multimediali, diversificando così le sue esperienze. Nel 2016 assume la responsabilità della funzione Service & Network Management. Nel 2017 ha anche la responsabilità di tutti i Data Center di TIM, iniziando così l'integrazione della gestione delle infrastrutture IT e Network di TIM. Dalla fine del 2019 ad oggi, in ambito COO, è responsabile della Network Operations di TIM. ■

L'impegno di TIM per la Digitalizzazione delle Regioni Italiane

Paolo Ajolfi, Egidio Carlesso, Stefano Panattoni, Massimo Zaffiro



Da sempre TIM è impegnata nello sviluppo massivo delle nuove architetture di rete in fibra per servizi fissi (FTTX) e mobili (5G). La messa a terra di questi piani impatta fortemente le strutture operative interne e l'ecosistema imprese a supporto, ma non è l'unico elemento di complessità; le caratteristiche e la varietà dei nostri territori rendono spesso necessario l'utilizzo di strumenti e modalità peculiari da adattare ai singoli contesti. In questo articolo vedremo alcuni esempi che caratterizzano le 4 aree geografiche del nostro Paese.

Area Nord-Ovest

Nel Nord-Ovest TIM ha investito molto per lo sviluppo di reti di nuova generazione, in modo da consentire a cittadini e imprese di usufruire di performance di connettività all'avanguardia.

Nello specifico, a fine 2022 la copertura FTTX (FTTC/E + FTTH) ha raggiunto oltre l'87% delle unità immobiliari, di queste ben il 33,5% in FTTH con piani di sviluppo importanti entro il 2026 anche grazie al contributo dei progetti PNRR.

Sempre a fine 2022, sulla rete mobile TIM ha portato il 5G in 115 Comuni del territorio (Tab.1).

Nel corso del 2023 i piani di copertura continueranno con il piano autonomo Fibercop e i Bandi a gara PNRR vinti:

- Italia 1 Giga nelle regioni Liguria, Piemonte e Val d'Aosta;
- 5G Backhauling;
- 5G Densificazione;
- Scuole e Sanità.

L'area Nord-Ovest è caratterizzata da una forte varietà morfologica che in alcune aree rende tutt'altro che semplice lo sviluppo e la manutenzione della rete con strumenti e metodologie ordinarie, dovendo quindi ricorrere a soluzioni peculiari per far fronte alle necessità.

In particolare, nel territorio lombardo, specie al confine con la Svizzera, le realizzazioni di

Tabella 1: Principali indicatori di copertura tecnica di rete fissa e mobile nel territorio Area Nord-Ovest aggiornati al 31/12/2022

Regione	Copertura FTTx % UIT Passed	Copertura FTTH % UIT Connected	Comuni 5G #
Piemonte	75,5	32,0	28
Valle d'Aosta	56,6	3,4	10
Liguria	89,7	43,1	13
Lombardia	92,9	32,7	64
OA Nord-Ovest	87,4	33,5	115

Figura 1: Interventi con mezzi straordinari in Località Sasso Alto



rete e gli interventi sono molto complessi per la morfologia e la prolungata presenza della neve. Pertanto, i piani di sviluppo sono tendenzialmente pianificati tenendo conto delle stagionalità, in maniera tale da limitare le complessità realizzative; talvolta, però, si rendono necessari interventi di manutenzione/calibrazione (in particolare per la rete mobile) in periodi dell'anno caratterizzati da forte presenza di neve, che coincidono poi con il maggior afflusso di clienti in quelle aree. Per raggiungere queste infrastrutture dislocate TIM si avvale di mezzi straordinari quali Defender, elicotteri o gatto delle nevi.

Manutenzione e Installazione dei ponti radio monocanali nel Nord Ovest

Questa tipologia di apparati è presente sul territorio sin dagli anni '70 e sono utilizzati per servire rifugi alpini del CAI in alta quota e/o dighe per la distribuzione di energia elettrica. Il funzionamento è basato su un collegamento radio punto punto (Valle - Monte) con frequenza VHF - UHF in concessione TIM su tutto il territorio nazionale. L'apparato può essere alimentato con rete 220v oppure da impianto fotovoltaico composto da pannello solare abbinato a batteria. Il collegamento gestisce unicamente un ser-

vizio di fonia, importante perché garantisce il servizio telefonico in aree prive di segnale mobile. Ad oggi i collegamenti presenti in Lombardia sono oltre 50 distribuiti su un territorio molto vasto posti a una quota che varia dai 2.000 m. s.l.m. ai 3.700 m. s.l.m. Per gli interventi su questi siti, data la loro dislocazione, ci si avvale dell'utilizzo dell'elicottero.

Area Nord-Est

Il territorio del Nord-Est, con circa 11,5 milioni di abitanti, è tra le aree più industrializzate d'Europa e contribuisce significativamente al PIL italiano. TIM ha, da sempre, portato avanti diversi piani di sviluppo arrivando ad una copertura significativa UBB del territorio, ancorché non sempre semplice per la morfologia territoriale (arco alpino e centri abitati di medie dimensioni).

Nello specifico, a fine 2022 la copertura FTTX (FTTC/E + FTTH) ha raggiunto oltre l'86% delle unità immobiliari, di queste ben il 28,2% in FTTH con piani di sviluppo importanti entro il 2026.

Sempre a fine 2022, sulla rete mobile TIM ha portato il 5G in 78 Comuni del territorio (Tab.2).

Nel corso del 2023 i piani di copertura continueranno con il piano autonomo FiberCop e i Bandi a gara PNRR vinti.

Nell'area Nord Est TIM è impegnata sui seguenti bandi di copertura:

- 5G Backhauling nelle Regioni Trentino Adige, Friuli Venezia Giulia, Veneto ed Emilia Romagna;
- 5G Densificazione nelle Regioni Trentino Adige, Friuli Venezia Giulia, Veneto ed Emilia Romagna;

- 1 Giga per la copertura delle aree grigie della Regione Trentino Alto Adige;
- Sanità nella Regione Emilia Romagna. Oltreché al completamento del bando di copertura delle Scuole nella Regione Veneto.

Nella realizzazione di piani infrastrutturali così importanti risulta fondamentale il positivo rapporto con le Amministrazioni per la concessione delle autorizzazioni (scavi e installazioni apparati di rete mobile) che solo con il presidio territoriale e l'organizzazione

Tabella 2: Principali indicatori di copertura tecnica di rete fissa e mobile nel territorio Area Nord-Est aggiornati al 31/12/2022

Regione	Copertura FTTx % UIT Passed	Copertura FTTH % UIT Connected	Comuni 5G #
Trentino-Alto Adige	67,4	21,7	13
Friuli-Venezia Giulia	95,6	26,0	10
Veneto	84,9	24,0	38
Emilia-Romagna	89,3	34,6	17
OA Nord-Est	86,3	28,2	78

Figura 3: Area Nord-Est



Figura 2: Collegamento Rifugio "Marco Rosa" Ghiacciaio del Bernina 3.615 m. s.l.m.



di TIM è possibile gestire con risultati importanti.

Area Centro

La copertura di rete fissa in FTTX (FTTC/E + FTTH) dell'Area Centro ha raggiunto nel

2022 quasi il 90% delle Unità Immobiliari, di queste oltre il 30% in FTTH con Roma e Firenze che hanno superato il 65% e Pescara e Siena l'80%.

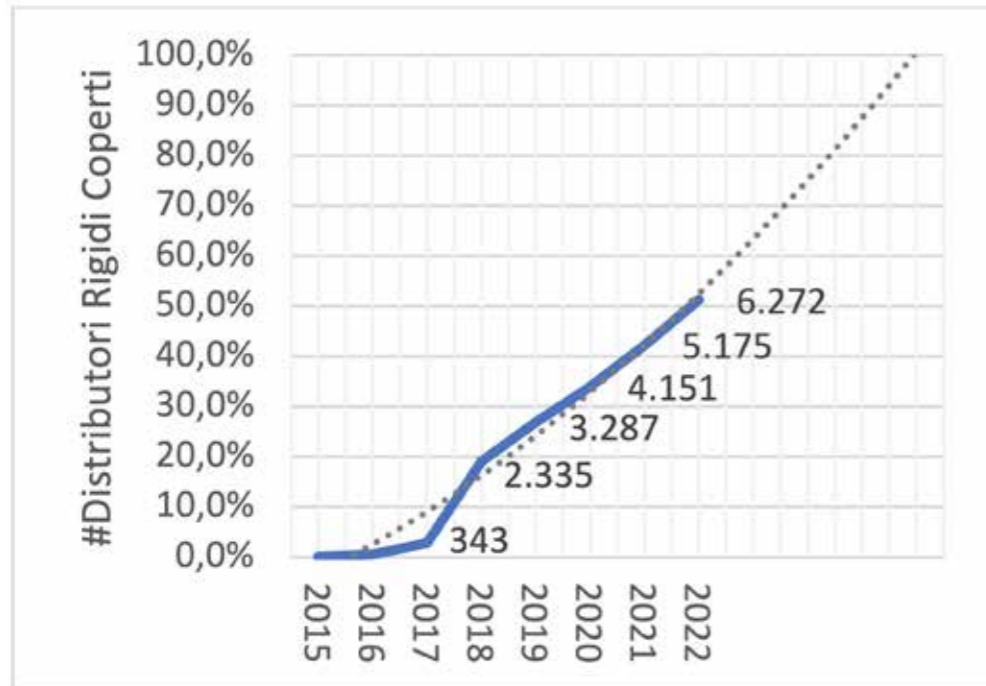
Gli sviluppi del PNRR riguardano i seguenti bandi di copertura:

- 5G Backhauling e Densificazione;
- 1 Giga nelle aree grigie delle regioni Sardegna, Abruzzo, Molise, Marche e

Tabella 3: Principali indicatori di copertura tecnica di rete fissa e mobile nel territorio Area Centro aggiornati al 31/12/2022

Regione	Copertura FTTx % UIT Passed	Copertura FTTH % UIT Connected	Comuni 5G #
Toscana	92,5	27,1	5
Sardegna	87,4	12,6	18
Marche	84,4	22,2	5
Umbria	82,0	21,2	5
Lazio	92,3	43,1	30
Abruzzo	82,8	27,4	4
Molise	74,5	26,4	-
OA Centro	89,3	30,7	67

Figura 4: La copertura delle reti rigide a Roma



Umbria, con ulteriori 1,2 milioni di civici da cablare nell'arco di piano;

- Sanità nelle regioni Umbria e Marche;
- Scuole nelle regioni Lazio, Sardegna e Toscana.

I Comuni con copertura 5G, a fine 2022, sono 67 a conferma di un costante sviluppo innovativo anche sulla rete mobile (Tab.3). Nell'Area Centro lo sviluppo della rete si confronta con realtà di altissimo pregio architettonico come Roma e Firenze o di forte impatto turistico come la Sardegna, la costa tirrenica dalla Toscana al Lazio, la costa adriatica dalle Marche all'Abruzzo. Roma, da sempre, ha offerto sfide realizzative importanti. Oggi la sua peculiarità è lo sviluppo delle aree cosiddette in rete rigida, ovvero senza la presenza di un armadio rame di flessibilità tra le centrali di attestazione e le abitazioni.

Le reti rigide sono nate principalmente per ragione tecniche, ovvero l'impossibilità di posare armadi fuori terra in aree pregiate, o per ragioni di sicurezza per il collegamento di clienti di alto pregio.

Queste aree, molto presenti nel Centro di Roma, non hanno avuto la possibilità di usufruire della tecnologia FTTC e quindi necessitano più di altre di FTTH. Le stesse difficoltà realizzative incontrate nello sviluppo rame si sono però ripresentate con lo sviluppo in FTTH; la loro collocazione in aree centrali e di pregio richiede tempi di ottenimento permessi tipicamente più lunghi; le modalità realizzative necessitano maggiore cautela e rapidità, alla perfetta regola dell'arte.

Per le motivazioni di cui sopra la velocità di copertura di queste aree ha risentito delle difficoltà realizzative, ma nell'arco degli ultimi tre anni si è passati comunque a cablarne più della metà (vedi numeriche in Fig.4 e grafico di Fig.5).

Nel 2022 Roma è cresciuta enormemente anche nella copertura della rete 5G arrivando a superare il 60% e i 300 siti con 5G a 3,7 GHz. Si è affrontato un difficile equilibrio tra sviluppi infrastrutturali e congestione del fondo elettromagnetico.

Figura 5: La presenza di rete rigida a Roma



Se da una parte, infatti, i limiti normativi sulle emissioni elettromagnetiche e la condivisione dello spazio con altri operatori imporrebbero il rialzo delle infrastrutture porta antenne, dall'altra le regolamentazioni urbanistiche portano numerosi vincoli realizzativi che non rendono facile lo sviluppo.

Alzare le antenne in una città storica non sempre è possibile e realizzabile. In tal senso il raggiungimento in così breve tempo di alte percentuali di copertura rappresenta un grande successo aziendale.

In conclusione, lo sviluppo in area Centro tempera l'applicazione delle norme tecniche con il contesto urbanistico di pregio: non solo architettura delle reti ma architetti delle reti!

Area Sud

Grazie alla precedente realizzazione del "Progetto EuroSud" finanziato dalla UE, al termine del 2022 il territorio Sud ha raggiunto un buon grado d'infrastrutturazione sulle reti UBB fisso-mobile, che è oggetto d'incremento entro il 2026 come fissato anche dal Bando 1Giga del PNRR per il quale TIM ha avuto in assegnazione i Lotti Basilicata e Calabria (Tab.4).

Nello specifico, a fine 2022 la copertura FTTX (FTTC/E + FTTH) ha raggiunto oltre il 94% delle unità immobiliari, di queste ben il 35,6% in FTTH. Sempre a fine 2022, sulla rete mobile TIM ha portato il 5G in 128 comuni del territorio Sud (Tab.5).

Nel corso del 2023 i piani di copertura continueranno con il piano autonomo FiberCop

e i Bandi PNRR aggiudicati a TIM. Nell'area Sud l'impegno di TIM è focalizzato sui seguenti Bandi PNRR:

- Italia 1 Giga nelle regioni Basilicata e Calabria;
- 5G Backhauling nelle regioni Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Sicilia;
- 5G Densificazione nelle regioni Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Sicilia;
- Scuole nelle regioni Campania, Basilicata, Calabria, Sicilia.

Inoltre, continua nel 2023 l'impegno di potenziamento sulla copertura della rete mobile 5G, anche con coperture di tipo dedicato per Grandi Eventi e Industry 4.0 (vedi schede: Il progetto "POMPEI 5G" e "Realizzazione di una rete privata 5G per applicazioni Industry 4.0").

Come noto, la realizzazione dei piani infrastrutturali delle reti UBB fisse e mobili richiede diversi fattori abilitanti, essenziali per il raggiungimento dei target.

Al riguardo rivestono un ruolo chiave:

- fornitura dei materiali tecnici necessari, dalla cablatura agli apparati elettronici;
- disponibilità della forza lavoro qualificata per le attività di progettazione, realizzazione, configurazione;
- competenze specifiche per il rilascio delle autorizzazioni dagli Enti preposti (vedi scheda: "Autorizzazioni per l'installazione degli impianti TLC").

Conclusioni

In conclusione, sebbene le logiche industriali propendano per approcci standardizzati e condivisi a livello nazionale, le peculiarità dei singoli territori stimolano la necessità di adottare soluzioni tecniche specifiche.

La forza delle Operations TIM risiede nella conoscenza approfondita dei vari territori e di mantenere consolidate relazioni locali con il comune obiettivo di procedere alla Digitalizzazione del Paese.■

Tabella 4: Numero dei civici previsti in copertura per il PNRR Bando 1 Giga sui lotti Basilicata e Calabria ricadenti nel territorio Area Sud

Regione	Numero comuni a bando PNRR	Numero Civici Totali nei comuni a Bando PNRR	Numero Civici a Bando PNRR	di cui Aggiudicati TIM
Basilicata	122	496.466	162.956	162.956
Calabria	404	2.263.809	967.411	967.411

Tabella 5: Principali indicatori di copertura tecnica di rete fissa e mobile nel territorio Area Sud aggiornati al 31/12/2022

Regione	Copertura FTTx % UIT Passed	Copertura FTTH % UIT Connected	Comuni 5G #
Campania	91,0	36,3	62
Puglia	98,5	34,4	23
Basilicata	83,3	20,8	11
Calabria	95,8	23,8	24
Sicilia	94,7	42,0	8
OA Sud	94,1	35,6	128

Manutenzione al Rifugio “V° Alpini” del Parco Nazionale dello Stelvio

Gli interventi su ponti radio monocanali sono attività uniche ed ognuna di loro ha una sua storia e particolarità dovuta alla tipologia tecnica, alla stagionalità di intervento e l'ambiente/condizioni climatiche di lavoro.

L'intervento al rifugio “V° Alpini” in val Zebrù, che si trova nel Parco Nazionale dello Stelvio ad una quota di 2.900 m., si è reso necessario per risolvere un disservizio alle batterie del fotovoltaico che alimentavano il ponte radio. Visto il luogo ed

il peso delle batterie (circa 50kg), si è organizzato il tutto prevedendo il trasporto in elicottero del personale tecnico.

Il collegamento del rifugio è un Ponte SIAE RT45T che è collegato via radio con la stazione in valle ed alimentato da pannello solare. I Tecnici TIM hanno quindi sostituito le batterie ed effettuato i controlli di funzionamento con la regolazione di livelli radio per rendere ottimale la qualità del segnale trasmesso.

massimo.nesa@telecomitalia.it

Figura A: Sorvolo in elicottero del Parco dello Stelvio



Lo sviluppo della rete di TIM in contesti straordinari del Nord Est

La realizzazione delle reti di TLC nei Centri storici delle città della laguna Veneta e nell'arco Alpino è talvolta molto sfidante.

A Venezia, ad esempio dove la Rete FTTH ha raggiunto una copertura del 65% (dato al 31/12/2022), è possibile operare solo con mezzi non convenzionali e nel totale rispetto del contesto artistico.

A Riccione, su richiesta dell'Amministrazione Comunale, TIM ha verniciato l'Armadio Ottico, rendendolo coerente con il resto dell'arredo urbano

(color “acciaio corten”), e ridurre l'impatto visivo. Sempre in collaborazione con le Amministrazioni Locali, TIM ha affinato le attività di scavo con soluzioni di MicroTrincea, puntando al minimo disagio per la circolazione (sia in fase di scavo che di ripristino del manto stradale) ed aumentando, in alcuni casi, la profondità di posa (particolarmente attenzionata dai Comuni, attenti alle potenziali future interferenze con manutenzioni straordinarie delle strade). In contesti di elevato pregio come il centro storico di Venezia anche

Figura A: Distributore Ottico (PTE) in laguna



Figura B: Il nuovo Armadio Ottico in Viale Ceccarini a Riccione

l'evoluzione della rete radiomobile pone continue sfide. Particolarmente ardua è la sfida del 5G che richiede l'aggiunta di antenne attive, mentre gli Enti (Comune e Soprintendenza) difficilmente concedono agli operatori nuovi spazi.

Una soluzione che si sta percorrendo consiste nell'integrare le nuove antenne in manufatti che appartengono al patrimonio storico e artistico della città in modo da non snaturarli. L'obiettivo è di rendere le antenne una presenza discreta che non alteri i profili architettonici esistenti.

Un esempio di installazione 5G integrata nel contesto architettonico di Venezia è dato dalla Basilica di San Giorgio Maggiore, che si affaccia sul Bacino di San Marco di fronte a Palazzo Ducale e a Piazza San Marco.

Qui l'installazione non ha riguardato il campanile bensì i torrini che sporgono dal corpo principale

della Basilica. Qui sono state impiegate antenne 5G attive di Nokia (m-MIMO 64T64R) inserendole all'interno della cornice delle finestre (Fig. D). Un ulteriore esempio è dato dalle installazioni nei campanili. Le antenne vengono posizionate all'interno della cella campanaria; sulle aperture delle finestre vengono posizionate delle reti semitrasparenti in modo da offuscare la sagoma dell'antenna. È il caso del campanile di Santo Stefano nel cuore del centro cittadino (Fig. E).

Qui, al fine di minimizzare l'impatto estetico e sfruttare al meglio gli spazi esistenti, si sta sperimentando una soluzione con un'unica antenna passiva da 1,5 metri che supporta sia i sistemi legacy che il 5G, mentre i moduli attivi 5G che garantiscono la feature "Beamforming" sono posizionati dietro all'antenna.

Figura C: Taglio minimale MicroTrincea, abbinato ad una profondità di 40/45 cm (superiore ai canonici 30cm)



Figura D: Dettaglio torrino con antenne

È interessante notare che il riutilizzo di questi antichi manufatti in un certo senso ne preserva l'originaria funzione di mezzo di comunicazione: alle campane si affianca la telefonia mobile. Infine, gli interventi 5G in quest'area di straordinario afflusso turistico e ineguagliabile valore artistico si sono rivelati decisivi nella gestione di

Sigla	Sito	Volumi [TByte]
VEDB	VE SANTO STEFANO	1,92
VY60	VE CIPRIANI	1,40
VE15	VE PIAZZALE ROMA	1,51
VE30	PALAZZO LABIA	0,78
VE37	VE ARSENALE	0,41

un evento di eccezionale richiamo, il Carnevale di Venezia. La tabella sotto mostra come i due impianti descritti (VEDB e VY60) abbiano gestito la massima quota di traffico 5G nell'ultima domenica di Carnevale, 19 febbraio 2023, sviluppando congiuntamente oltre 3 TByte di dati nella fascia tra le ore 8 e le ore 22.

luca.cacciari@telecomitalia.it
 massimo.guidi@telecomitalia.it
 lorenzo.guidotti@telecomitalia.it
 antonio.janna@telecomitalia.it
 stefano.zin@telecomitalia.it

Figura E: Dettaglio cella campanaria con antenna al centro della trifora



Il 5G TIM al Bi-Rex

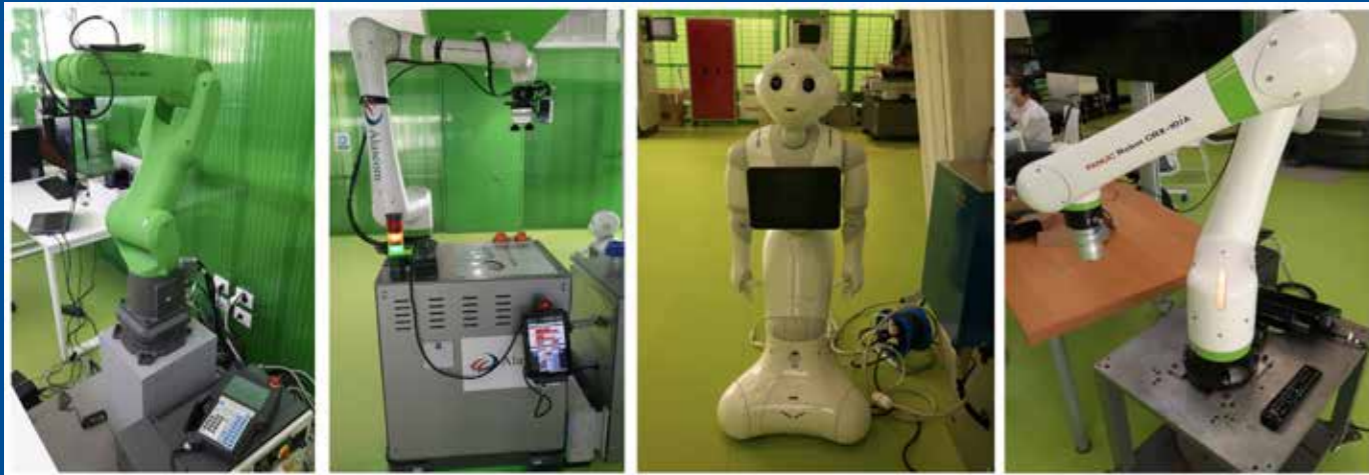
Per favorire la diffusione di tecnologie innovative basate sul 5G si sono creati degli incubatori, cioè dei consorzi pubblici-privati che operano da pilota nei confronti delle piccole e medie imprese. Con questa logica è nato l'Hub 5G all'interno del Bi-Rex di Bologna, il Competence Center finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico per la formazione, la consulenza e l'orientamento in progetti di innovazione e ricerca industriale. Nel 2021 si è realizzata in Bi-Rex una rete PoC (Proof of Concept) per consentire a potenziali clienti di sperimentare la tecnologia 5G. Per il dispiegamento iniziale si è scelta una rete 5G NSA (Non Standalone) con core network privata. Il nodo 5G, ancorato a una cella LTE 2600 MHz,

è stato oggetto di test e misure per verificare le prestazioni in termini di throughput e latenza. Ad oggi presso il Bi-Rex si sta sperimentando una rete di accesso 5G a 3.7 GHz su rete privata ed è in previsione anche una sperimentazione 5G a 26 GHz su core network pubblica, in modo da coprire tutti i casi d'interesse.

Il Competence Center Bi-Rex, come incubatore che offre un modello "try before invest", può quindi efficacemente promuovere l'adozione di soluzioni industriali basate sul 5G per la gestione dei processi produttivi e di maintenance: un ottimo esempio di strategia win-win per TIM e i suoi clienti.

piergio.faraon@telecomitalia.it
francesco.monteverde@telecomitalia.it
alessandro.pace@telecomitalia.it

Figura A: Dispositivi utilizzati per testare le funzionalità



Arte di fare reti al Centro

La realizzazione di reti di telecomunicazione in un contesto artistico come quello di Roma apre a degli scenari molto interessanti.

Piazza San Pietro è uno dei più alti capolavori urbanistici del mondo. Lo spettacolare Colonnato del Bernini rappresenta l'immagine universale della Chiesa che abbraccia l'umanità.

La sfida che TIM ha dovuto affrontare è stata quella di coniugare gli sviluppi tecnologici necessari alla copertura radiomobile di uno dei siti più noti e frequentati al mondo con le peculiarità architettoniche del luogo. Le antenne installate, proprio per far fronte all'alta concentrazione di traffico, sono di tipo multibeam (Fig.A), ad elevata capacità e di notevoli dimensioni.

Per ottenere un risultato il cui impatto visivo non alteri il pregio delle sculture del Bernini, è stato implementato un "camuffamento" delle antenne poste nel colonnato (Fig.B e Fig.C). In una prima fase le antenne sono state coperte con una serigrafia che riprendeva lo stile del colonnato, ma la resa del camuffamento non era adatta in quanto non rispecchiava il riflesso della luce nel travertino al modificarsi dell'intensità della luce solare. La soluzione a regime è stata quella di ingaggiare un artista che dipingesse a mano le antenne. La pittura è stata realizzata in modo tale da riprendere le venature del travertino, così che l'effetto finale fosse coerente con i riflessi della luce solare sul resto del monumento. La necessità di camuffamento dei manufatti tecnologici utilizzati per lo sviluppo delle reti è

Figura A: Tipologia Antenne Colonnato

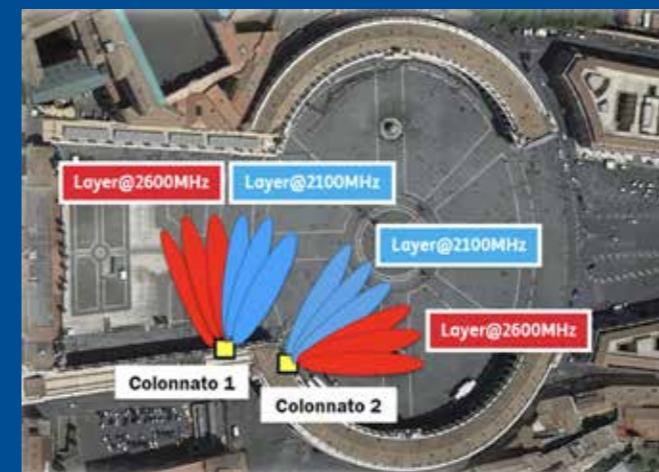


Figura B: Lavoro di installazione Antenne



stata utilizzata anche in altri contesti, in linea con le prescrizioni degli Enti o dei privati.

A titolo di esempio, durante lo sviluppo delle infrastrutture di rete fissa, la posa verticale

Figura C: Dettaglio Antenne



Figura D: Via Cassia - Posa Verticale di Fibra in condotta effetto muro

della fibra ottica può avvenire in delle condotte perfettamente abbinata all'edificio (Fig.D), e i pali possono essere mascherati con "effetto legno" in funzione delle disposizioni dell'ente parco (Fig.E). In ambito mobile, le antenne possono essere camuffate attraverso la realizzazione di

strutture in linea con il paesaggio circostante (Fig.F). In conclusione, le peculiarità artistiche della città di Roma hanno visto TIM impegnata in un'opera di "trasformismo" creativo, in cui le competenze ingegneristiche si fondono con quelle artistiche al servizio della comunità.

giovanni.accongiagioco@telecomitalia.it
paolo.manara@telecomitalia.it

Figura E: Parco dell'Appia Antica - Pali in VTR "effetto legno"



Figura F: Santa Maria in Trastevere
 Antenna camuffata in torretta appositamente realizzata

Il progetto “POMPEI 5G”

Nell'Anfiteatro Romano di Pompei, nell'ottobre 2022, TIM è stata protagonista di un'esperienza sfidante di progettazione, installazione e attivazione della soluzione di accesso radio 5G Millimeter Wave a 26 GHz, ovvero della messa in campo di una nuova piattaforma tecnologica abilitante per l'evento interattivo “Echoes”, il concerto in AR/VR tributo ai Pink Floyd da parte del musicista Max Gazzè. Durante il concerto, in-

fatti, gli spettatori dotati di device abilitati per la Extended Reality hanno vissuto una esperienza immersiva di realtà aumentata, grazie alla bassa latenza e alla elevatissima capacità di banda del 5G mmw.

La soluzione tecnica implementata, frutto della stretta collaborazione con la Soprintendenza del Parco Archeologico, si è basata su

un g-NodeB 5G di Ericsson, con coesistenza delle bande 3,7 e 26 GHz, supportate dalla rete anchor 4G in banda 1,8 GHz. La componente di accesso radio è stata integrata,

con fronthauling ottico cablato in posa sotterranea e con antenne micro, particolarmente indicate, per il basso impatto visivo, al contesto d'intervento vincolato.

matteo.aiello@telecomitalia.it
vincenzo.ruggiero@telecomitalia.it

Figura A: “Echoes” il concerto tributo ai Pink Floyd di Max Gazzè



Figura B: Installazione antenne micro per soluzione di accesso radio 5G Millimeter Wave 26 GHz presso l'Anfiteatro Romano di Pompei



Autorizzazioni per l'installazione degli impianti TLC

La posa degli impianti TLC è disciplinata dal Codice delle Comunicazioni Elettroniche (Dlgs 1° agosto 2003, n. 259 "CCE"). "Lex specialis", dettata dal Legislatore per regolamentare la realizzazione di impianti che hanno evidente carattere di pubblica utilità.

Da anni, il Legislatore nazionale ha avviato una progressiva semplificazione delle norme che regolano l'installazione degli impianti di comunicazione elettronica, con l'obiettivo di assicurare il completo dispiegamento del Piano Strategico Nazionale per la Banda Ultra Larga, la diffusione della tecnologia 5G e tutte le opportunità di crescita connesse allo sviluppo digitale del Paese. Tale processo si è sostanziato nella riduzione dei tempi dei procedimenti autorizzatori e in normative semplificate in funzione di tecnologie e apparati sempre meno invasivi sotto il profilo realizzativo ed edilizio.

SEMPLIFICAZIONI NORMATIVE

Il Governo, con il "decreto Semplificazione e Semplificazione Bis" ha ridotto i tempi massimi di ottenimento delle autorizzazioni a seconda del tipo di intervento e della necessità o meno di convocare una Conferenza di Servizi, che può essere di due tipologie:

1. Conferenza dei servizi non necessaria: Tempi ottenimento autorizzazione (art. 49 c. 7)
 - 10 giorni per attraversamenti di strade e comunque di lavori di scavo di lunghezza inferiore ai duecento metri;

- 8 giorni nel caso di apertura buche, aperture chiusini per infilaggio cavi o tubi, posa di cavi o tubi aerei o altri elementi di rete su infrastrutture e siti esistenti, allacciamento utenti;
 - 30 giorni in tutti gli altri casi.
2. Conferenza dei servizi necessaria e convocata o necessaria ma non convocata entro 5 giorni dall'istanza: Tempi ottenimento autorizzazione
 - 90 giorni se viene convocata una Conferenza di servizi; (art. 49 c. 9);
 - 30 giorni nei casi in cui avrebbe dovuto essere convocata una Conferenza di Servizi e non è stata convocata nei termini previsti (art. 49 c. 7).

SOPRINTENDENZE: ACCORDI E PROTOCOLLI

La semplificazione normativa ha interessato anche la disciplina in materia di tutela dei beni paesaggistici, culturali e archeologici¹.

La costituzione di Tavoli Tecnici presso le Soprintendenze del Sud Italia ha dato vita a soluzioni condivise con l'ente per superare problematiche operative e gestionali che rallentano i procedimenti autorizzatori. La stipula di verbali di accordo e protocolli d'intesa ha consentito il superamento della VPIA con la nomina preventiva dell'archeologo al pari della presentazione di istanze cumulative con istruttoria unica e rilascio di parere unico cumulativo.

angela.desimone@telecomitalia.it

Note

- (1) L'articolo 21, comma 4 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (CBCP) prevede che "l'esecuzione di opere e lavori di qualunque genere su beni culturali è subordinata ad autorizzazione del soprintendente". Il successivo art. 22 precisa che tale autorizzazione è rilasciata nel termine di 120 giorni dal ricevimento della richiesta da parte della Sovrintendenza medesima. A norma dell'articolo 10, comma 1, del CBCP, sono beni culturali "le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle Regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, ivi compresi gli enti ecclesiastici civilmente riconosciuti, che presentano interesse artistico, storico, archeologico". Sulla base di quanto previsto dall'articolo 10, comma 4, lettera g del CBCP, per "spazi aperti" sono da intendersi le pubbliche piazze, i giardini, le vie, le strade e gli altri spazi aperti urbani

Realizzazione di una rete privata 5G per applicazioni Industry 4.0

Nell'area Sud la prima 5G private network di TIM è stata attivata nel dicembre 2022, in un'azienda metalmeccanica del Salento, che si occupa di metallurgia in ambito nautico. Si tratta di una rete 5G interamente realizzata a casa cliente, una "bolla 5G" completamente isolata dalla rete pubblica operante nell'area.

Questa soluzione è costituita da una rete core, composta da diversi server ed una terminazione di rete, alla quale è attestato il nodo 5G con Anchor 4G. Mediante l'unità di banda base, il nodo gestisce le unità radio micro che provvedono a fornire i segnali alla master unit di un impianto di tipologia DAS che, con il cablaggio in fibra ottica realizzato nello stabilimento, distribuisce alle unità remote il segnale radio 5G. Il sistema DAS progettato consente la copertura 5G, garantita uniformemente in tutta l'azienda con performance stabilmente comprese tra 600Mbit/s e 800Mbit/s in ogni capannone industriale, rese possibili dall'architettura di rete privata, immune dalle problematiche di congestione possibili nei contesti di copertura mobile pubblica. Ulteriori fattori abilitanti introdotti dalle architetture di private network sono la disponibilità di risorse a supporto delle esigenze di Edge Computing in sede cliente e la possibilità di configurare reti personalizzate in

funzione dei diversi livelli di sicurezza e priorità QoS, definite dal cliente sulla base delle specifiche necessità. Una rete 5G privata così realizzata per l'Industry 4.0 consente pertanto di avere diversi benefici quali bassissima latenza, altissime performance e standard di sicurezza elevati, in quanto solo i device dotati di SIM abilitate possono accedere alle applicazioni e ai servizi di questa rete 5G. Un altro significativo vantaggio della soluzione 5G privata è l'assenza di cablaggi in fibra ottica per interconnettere i macchinari, pur mantenendo performance elevate analoghe ad una soluzione cablata. Questo porta notevoli benefici anche in caso di aggiornamenti e riconfigurazioni delle linee di produzione, riducendo i tempi di fermo impianti a poche ore rispetto ai giorni di interruzione in caso di cablaggio. Gli ulteriori sviluppi che la tecnologia 5G abilita sono le notevoli possibilità di interconnessione tra le macchine, sicure e a bassissima latenza, il tracking avanzato degli oggetti in movimento nello stabilimento, il monitoraggio real time delle fasi di produzione industriale e la rapida gestione di eventuali allarmi, supportata sia da strumenti per l'uso di realtà aumentata, sia da funzionalità di manutenzione predittiva implementate sulla base di analisi statistiche della qualità.

giancarlo.giannottisantoro@telecomitalia.it
vincenzo.ruggiero@telecomitalia.it

Figura A: Particolari della soluzione di accesso radio 5G installata presso l'Azienda metalmeccanica salentina



Acronimi

AR	Augmented Reality	gNB	g-Node B
CCE	Codice delle Comunicazioni Elettroniche	PNRR	Piano Nazionale di Recovery e Resilienza
DAS	Distributed Antenna System	QoS	Quality of Service
FTTB	Fiber to the Building	UBB	Ultra Broad Band
FTTC	Fiber to the Cabinet	VPIA	Valutazione Preventiva dell'Impatto Archeologico
FTTH	Fiber to the Home	VR	Virtual Reality
FTTX	Fiber to the X (Cabinet, Building, Home)		

Autori



Paolo Ajolfi

paolo.ajolfi@telecomitalia.it

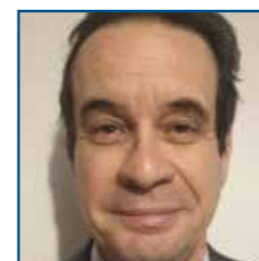
Paolo Ajolfi è in Azienda dal 1988. Ha iniziato il suo percorso professionale occupandosi di Progettazione di Rete di Accesso e Trasporto. Nel 2000 è stato responsabile dello sviluppo della Fibra Ottica e degli apparati di accesso del territorio Centro Nord. Nel 2005 è nominato responsabile del Network Operations Unit Emilia Ovest; nel 2008 ha diverse responsabilità in ambito Delivery e Assurance. Dal 2013 a fine 2019 è stato Responsabile FOL, prima in Umbria e successivamente in Emilia Ovest. Da Gennaio 2020 è Responsabile dello Sviluppo della Rete Fissa e Mobile dell'Area Nord Est. ■



Egidio Carlesso

egidio.carlesso@telecomitalia.it

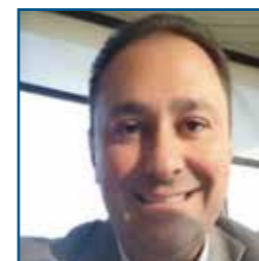
Laurea in Scienze della Comunicazione, in Azienda dal 1990 ha ricoperto diversi ruoli e maturato una significativa esperienza in ambiti professionali, come progettista di rete, pianificazione, progettazione, e realizzazione delle reti TLC. Dal 2016 è responsabile in ambito Operations Area Nord Ovest della FOL LNO con sede Varese con responsabilità sulle provincie di Varese, Como, Lecco, Monza Brianza, Sondrio e parte dell'Alto Milanese. ■



Stefano Panattoni

stefano.panattoni@telecomitalia.it

Stefano Panattoni si è laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università La Sapienza di Roma. Nel 1996 è entrato in Azienda ed ha cominciato ad occuparsi di progetti inerenti la rete di accesso in cavo. Ha seguito i criteri di sviluppo della rete in rame e in fibra ottica, con particolare riferimento alla rete HFC, ai sistemi xDSL e alle soluzioni FTTx. Dal 2006 al 2018 è stato Responsabile in HQ dell'Ingegneria e dello sviluppo della rete di accesso, con una importante parentesi nella gestione tecnica dei Contratti con le Imprese di Rete. Dal 2018 è Responsabile dello sviluppo fisso e mobile dell'Area Centro. ■



Massimo Zaffiro

massimo.zaffiro@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, dopo numerose esperienze lavorative in ambito ricerca e sviluppo, entra in Azienda nel 1996, per ricoprire diversi ruoli in ambito customer service, work force management, manutenzione, pianificazione, progettazione e realizzazione di reti. Ha collaborato anche come professore esterno per il corso di "Impianti e Sicurezza ICT" presso Università Federico II di Napoli, ed è coautore di due brevetti TIM per la certificazione di reti FTTH. Attualmente è responsabile della struttura di progettazione e costruzione della rete fissa e mobile nella Operation Area Sud di TIM. ■

Lo sviluppo della fibra nella rete d'accesso

Manuela Bargis, Gabriele Elia, Giovanni Picciano

La disponibilità di infrastrutture di rete affidabili, sicure e ad alta velocità sta diventando un fattore imprescindibile per la sostenibilità economica delle imprese, l'efficienza della pubblica amministrazione ed il benessere dei cittadini. Tali infrastrutture di rete abilitano infatti la fruizione di servizi online a cui accediamo ogni giorno per lo svolgimento di numerose attività a distanza che includono lavoro, istruzione, assistenza medica, logistica e trasporti, vita sociale, gioco, svago ed intrattenimento. La vita senza una adeguata connessione alla rete è diventata ormai inimmaginabile.

L'importanza della connettività è ben nota anche alle istituzioni europee che la ritengono un elemento fondamentale per cogliere i benefici della digitalizzazione e garantire all'Europa leadership tecnologica, crescita industriale ed inclusione sociale [1].

Lo stato di sviluppo delle reti di accesso in fibra ottica

In tutto il mondo si sta assistendo ad un crescente deployment di reti in fibra da parte degli operatori di comunicazione elettronica spinto principalmente dai seguenti fattori:

- una domanda sempre più elevata di accessi ad alta velocità ed un numero crescente di apparati domestici connessi;
- la continua crescita nel consumo dei dati;
- requisiti sfidanti richiesti dalla rete da applicazioni quali piattaforme collaborative per il lavoro e l'istruzione a distanza, il gaming, il video e future applicazioni basate su virtual

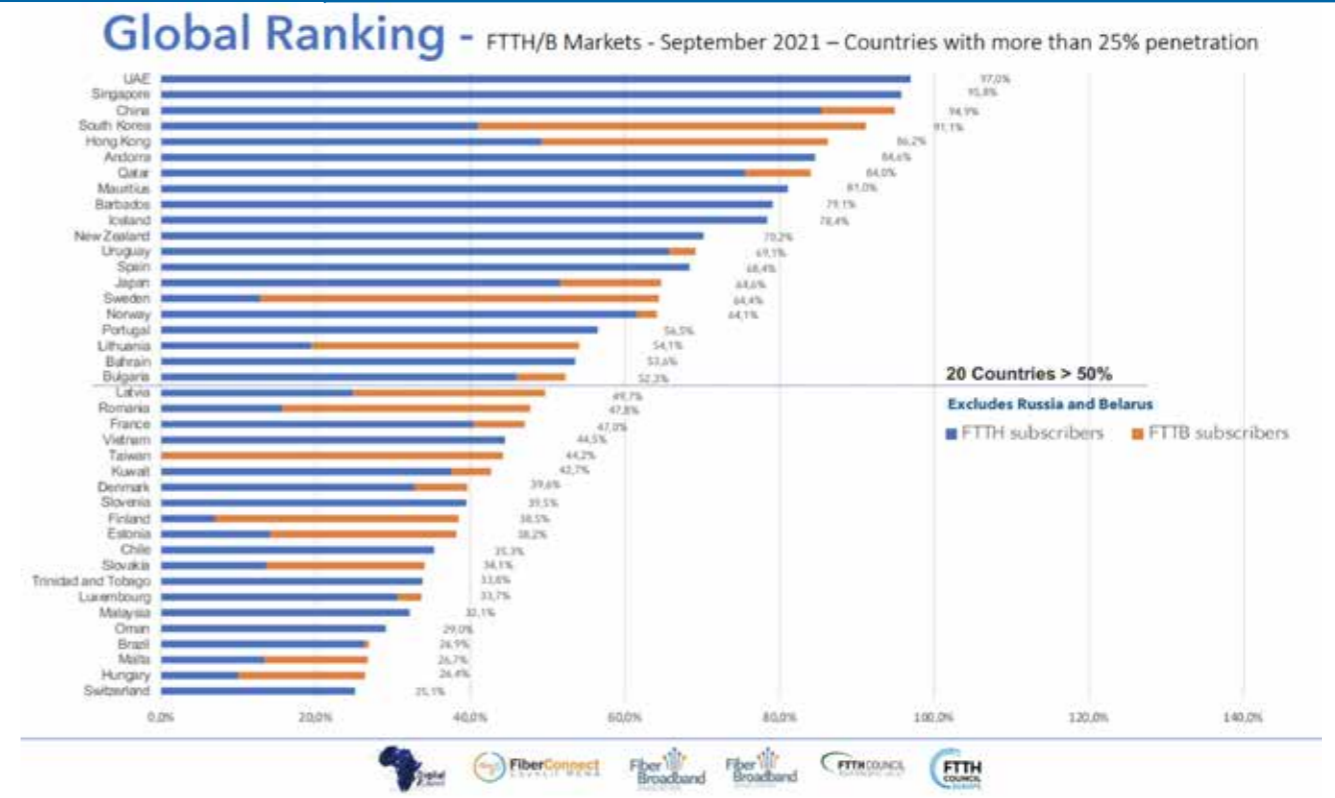
reality, augmented reality e meta-verso;

- la spinta ad accelerare, anche tramite opportuni finanziamenti, lo sviluppo di reti in fibra per andare incontro agli obiettivi europei e nazionali di dispiegamento delle reti ad alta capacità alla base delle transizioni digitale e verde;
- l'inclusione sociale che tenga conto anche della tendenza allo spostamento delle persone verso aree rurali con necessità di connessioni ad elevate velocità.

Lo stato di sviluppo delle reti FTTH e soprattutto la penetrazione di FTTH/B è molto diversa tra le macroaree geografiche.



Figura 1: Global Ranking penetrazione FTTH/B a settembre 2021 secondo FTTH Council



A livello globale il Report della FTTH Council Global Alliance (FCGA) di maggio 2022 [2] mostra che nel mondo 20 paesi hanno raggiunto un tasso di penetrazione di sottoscrizioni FTTH/B superiore al 50% a settembre 2021.

Come si evince dalla Fig.1, l'Asia spicca con Singapore (95,8%), Cina (94,9%), Corea del Sud (91,1%) e Hong Kong (86,2%). Gli Stati Uniti presentano un tasso di penetrazione del 21,5% mentre in Italia è di poco al di sotto del 10%.

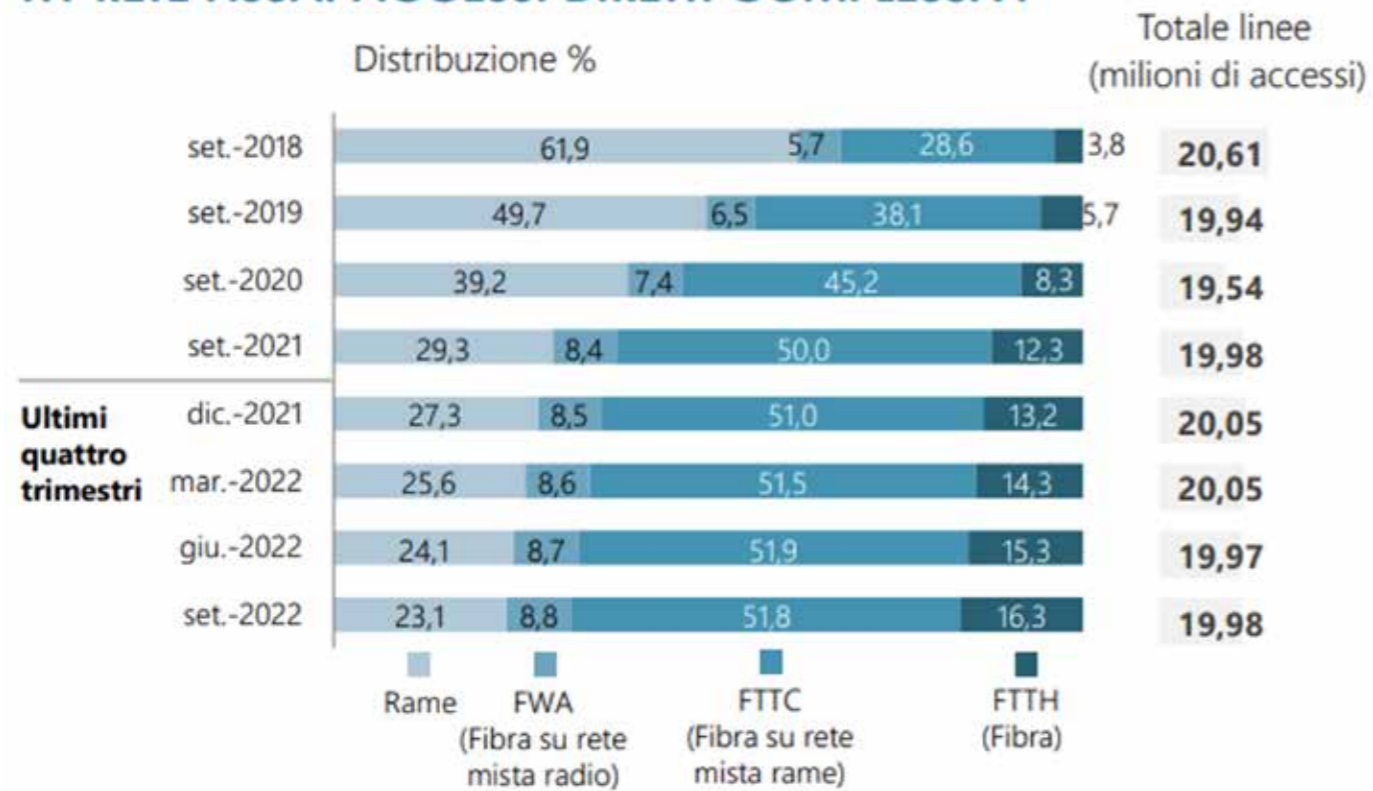
In Europa, dal Report di FTTH Council Europe di maggio 2022 [3] si prevede una conti-

nuova costante crescita del deployment in fibra che porterà nel 2027 a circa 190 milioni di sottoscrizioni di connessioni FTTH/B ed a 309 milioni di abitazioni raggiunte dalla fibra in UE39¹.

In relazione all'Italia, la continua crescita nell'adozione di tecnologie FTTH si riscontra anche nei dati dell'Osservatorio AGCom sulle comunicazioni [4] da cui si evince una forte accelerazione nelle sottoscrizioni FTTH che si attestano a settembre 2022 a 3,26 milioni e rappresentano il 16,3% degli accessi diretti complessivi (vedi Fig.2).

Figura 2: Accessi diretti di rete fissa in Italia ripartiti per tecnologia – fonte: Osservatorio AGCom sulle comunicazioni [4]

1.1 RETE FISSA: ACCESSI DIRETTI COMPLESSIVI



Note

(1) L'indicazione UE39 fa riferimento a 39 paesi che corrispondono a: 27 Stati Membri dell'UE, UK, Islanda, Israele, Macedonia del Nord, Norvegia, Serbia, Svizzera, Turchia e 4 paesi indipendenti del commonwealth (CIS)

I dati Agcom [4] mostrano che il mercato delle linee di accesso FTTH è guidato da TIM (con il 23,1% degli accessi) a dimostrazione del forte impegno dell'azienda nell'infrastrutturazione in fibra per portare connettività ad elevata velocità a beneficio dell'intero paese.

La diffusione delle soluzioni XGS-PON

Le soluzioni FTTH sono disponibili da vari anni e la maggioranza dei dispiegamenti in campo segue lo standard cosiddetto GPON (Gigabit Passive Optical Network ITU G.984).

Sempre più però si stanno diffondendo evoluzioni verso XGS-PON (10 Gigabit Symmetrical Passive Optical Network), standard che permette velocità fino a 10Gbps sulla rete di accesso in modalità simmetrica; mentre la tecnologia GPON

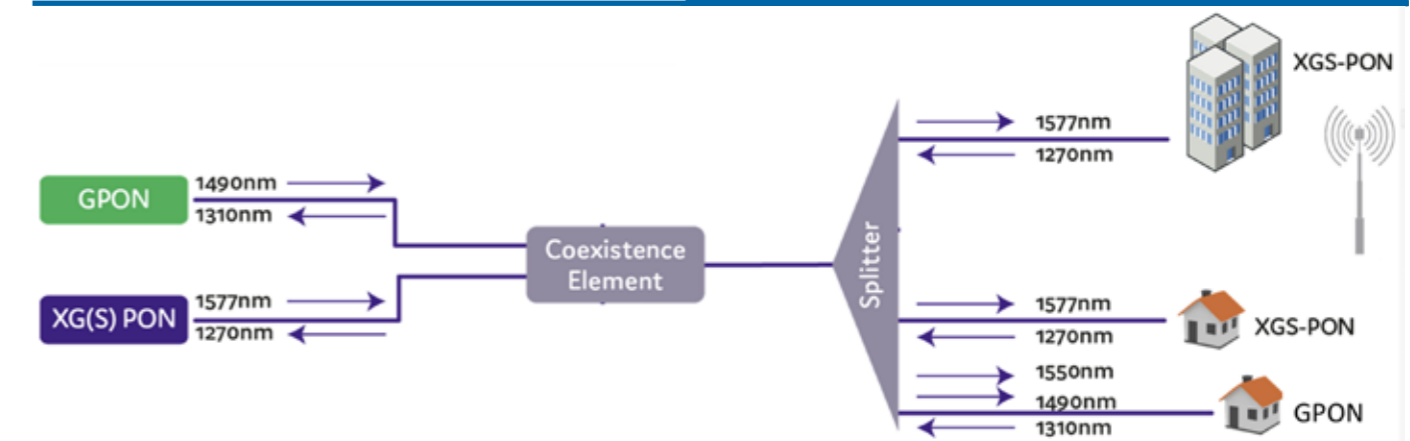
consente una velocità di 2.4-2.5 Gbps in down e 1.25 Gbps in up. Approfondimenti sull'evoluzione della tecnologia PON sono disponibili in [5] e [6].

Come tutte le evoluzioni del mondo PON, la tecnologia XGS-PON, il cui standard internazionale ITU è stato finalizzato nel 2016, può essere dispiegata utilizzando la stessa rete in fibra ottica utilizzata dalla attuale tecnologia GPON, installando soltanto delle nuove componenti ottiche in centrale (OLT – Optical Line Terminal) e a casa cliente (ONT – Optical Network Terminal).

Le trasmissioni GPON e XGS-PON possono infatti convivere sulle stesse fibre ottiche e la stessa Optical Distribution Network (ODN) in quanto utilizzano frequenze diverse (vedi Fig.3).

In ragione della banda e della simmetria, vi sono aspettative per l'utilizzo di 10G PON anche per servizi business o servizi di

Figura 3: Lunghezze d'onda e coesistenza GPON e XGS-PON



Note

(2) Fonte: <https://www.fiercetelecom.com/telecom/xgs-pon-now-north-americas-go-technology-heyne>

rete, come la raccolta delle smallcell della rete di accesso mobile 5G.

Lo sviluppo di XGS-PON può essere quindi visto in ottica complessiva di sviluppo della rete di accesso in fibra ottica.

Diffusione dell'XGS-PON

La tecnologia XGS-PON è ormai matura e si sta rapidamente diffondendo nelle reti dei principali operatori in tutto il mondo. In Nord America la maggioranza degli OLT di nuova installazione è a standard XGS-PON, e tra il 2019 e il 2022, le porte XGS-PON OLT sono aumentate di oltre 20 volte, passando da 32.000 nel 2019 a 748.000 previste nel 2022².

Secondo le società di ricerca Omnia, Dell'Oro e Broadband Forum, a inizio

2022 il 30% dei fornitori GPON offriva anche il servizio a 10 Gbps e la quota di mercato supererà il 55% nel 2026.

È da notare comunque che i costi degli apparati XGS-PON seppur si stiano avvicinando a quelli GPON risultano ancora superiori.

La Fig.4, ricavata da dati pubblici, mostra operatori e paesi in cui il servizio è già commerciale.

In altri paesi dove il servizio non è ancora commerciale come Germania e UK, sono in corso trial da parte degli operatori.

Da notare che i prezzi al cliente finale delle offerte XGS-PON degli operatori europei, applicati nella primavera

2022, sono allineati tipicamente su valori di 40-50€ al mese, in qualche caso con 5-10€ di differenza rispetto alle offerte GPON ad 1Gbps; anche se molte reti sono predisposte e gli investimenti in apparati FTTH degli operatori sono ormai sempre più focalizzati sulla tecnologia XGS-PON, i clienti effettivi con accessi a 10Gbps nel mondo sono però ancora pochi in percentuale.

In Italia TIM ha attivato il servizio a 10 Gbps a partire dal 2021 in un numero crescente di città; una descrizione dell'evoluzione della rete di accesso TIM è riportata nell'articolo [7] del Notiziario tecnico.

La user experience: XGS-PON vs GPON

Sebbene un servizio FTTH a 10Gbps consenta di offrire ai clienti una velocità di accesso superiore in downstream e upstream rispetto ai servizi FTTH, la maggioranza dei clienti consumer non riesce attualmente a percepire un reale miglioramento prestazionale nel normale uso quotidiano della connessione.

Le applicazioni attualmente disponibili per un mercato consumer richiedono infatti velocità in accesso ampiamente compatibili con un accesso FTTH a 1Gbps downstream e 300 Mbps upstream previsti dall'offerta FTTH 1Gbps di TIM.

I vantaggi offerti dalla tecnologia XGS-PON per i clienti finali sono percepibili nel caso di condivisione in rete di file di grandi dimensioni, nel caso di accesso contemporaneo di diversi device con applicazioni che necessitano di bitrate elevati ed in prospettiva nel caso di fruizione di servizi video ad altissima de-

finizione (8K o superiori) con visori che abilitano la visione immersiva a 360°.

Man mano che questi servizi che richiedono bitrate elevati si diffonderanno in rete la tecnologia XGS-PON garantirà una maggiore disponibilità di risorse condivise tra tutti i clienti che condividono lo stesso albero PON (tipicamente fino a 64 clienti) garantendo un adeguato bitrate anche nel caso di fruizione con alto grado di contemporaneità.

Appendice: Gli standard per GPON a 10, 25 e 50 Gbps

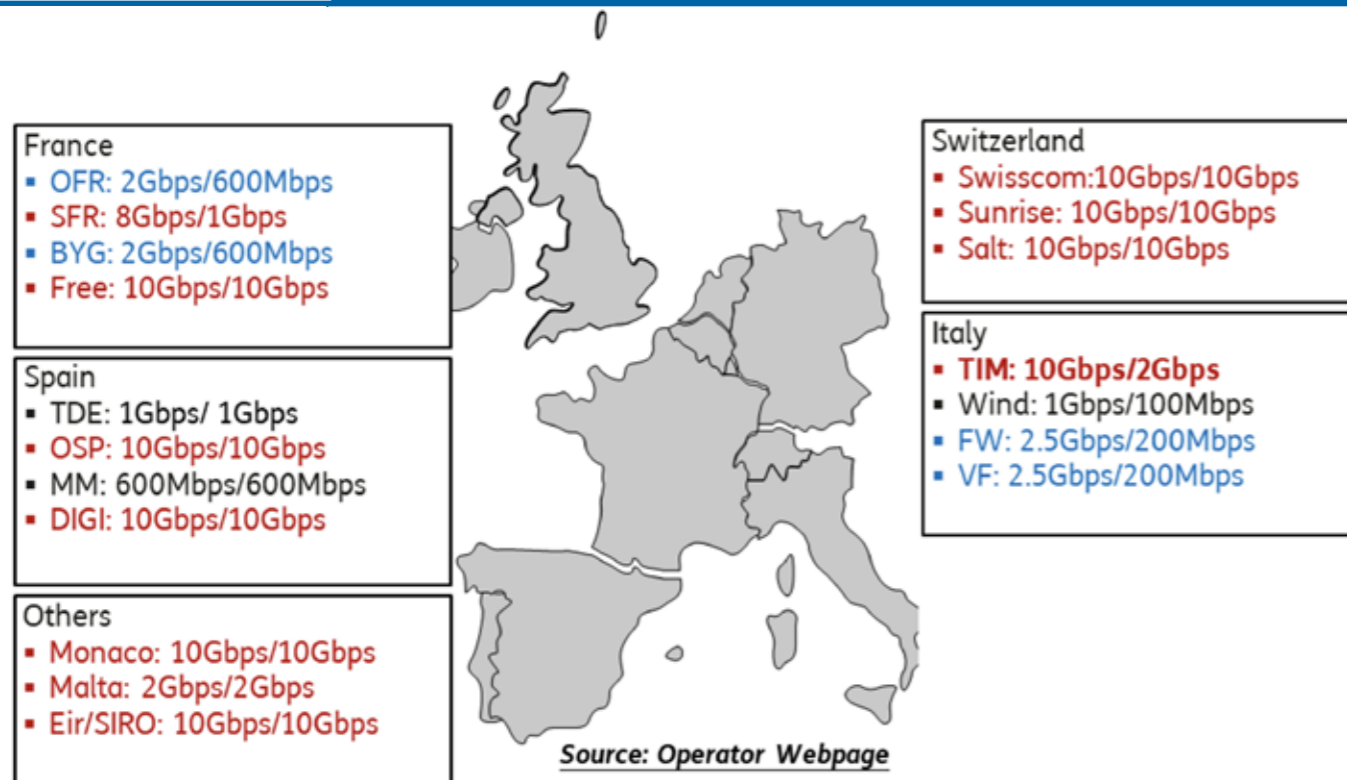
L'evoluzione delle tecnologie GPON, iniziata all'inizio del secolo con i primi standard GPON del 2004, è ancora in pieno sviluppo.

Lo standard XGS-PON, finalizzato nel 2016, costituisce la tecnologia del prossimo decennio.

L'evoluzione degli standard per le reti di accesso, rappresentata in Fig.5, è normata in ITU: le raccomandazioni per sistemi di accesso ottico punto-punto e punto-multipunto, come G-PON (serie G.984) e XGS-PON (serie G.9807) hanno consentito ai produttori di telecomunicazioni di sviluppare un accesso ottico interoperabile a livello mondiale.

In ITU lo sviluppo di Higher Speed PON è iniziato nel 2018. Rilasciato nel 2019, il primo standard ITU della nuova serie G.9804, ITU G.9804.1, è servito da guida per lo sviluppo di sistemi PON ad alta velocità definendo i requisiti delle applicazioni previste. ITU G.9804.2 specifica il livello di convergenza di trasmissione

Figura 4: Velocità delle offerte FTTH in Europa - fonte : elaborazione TIM dai siti degli operatori



comune per i sistemi a 50 Gbit/s a canale singolo e multicanale e ITU G.9804.3 definisce i requisiti ottici e le specifiche dei supporti fisici a canale singolo a 50 Gbit/s.

Su tale base sono stati sviluppati trial per testare future tecnologie di trasmissione in fibra PON che includono 25G PON e 50G PON ed alcuni vendor hanno finalizzato prime soluzioni commerciali: in particolare Nokia ha realizzato soluzioni a 25 Gbps e Huawei e ZTE hanno realizzato prime soluzioni prototipali a 50 Gbps.

L'articolo [8] in questo numero descrive nel dettaglio queste soluzioni.

Su orizzonti ancora più lunghi, l'evoluzione segue due direzioni. Alcuni operatori come Google negli USA hanno inte-

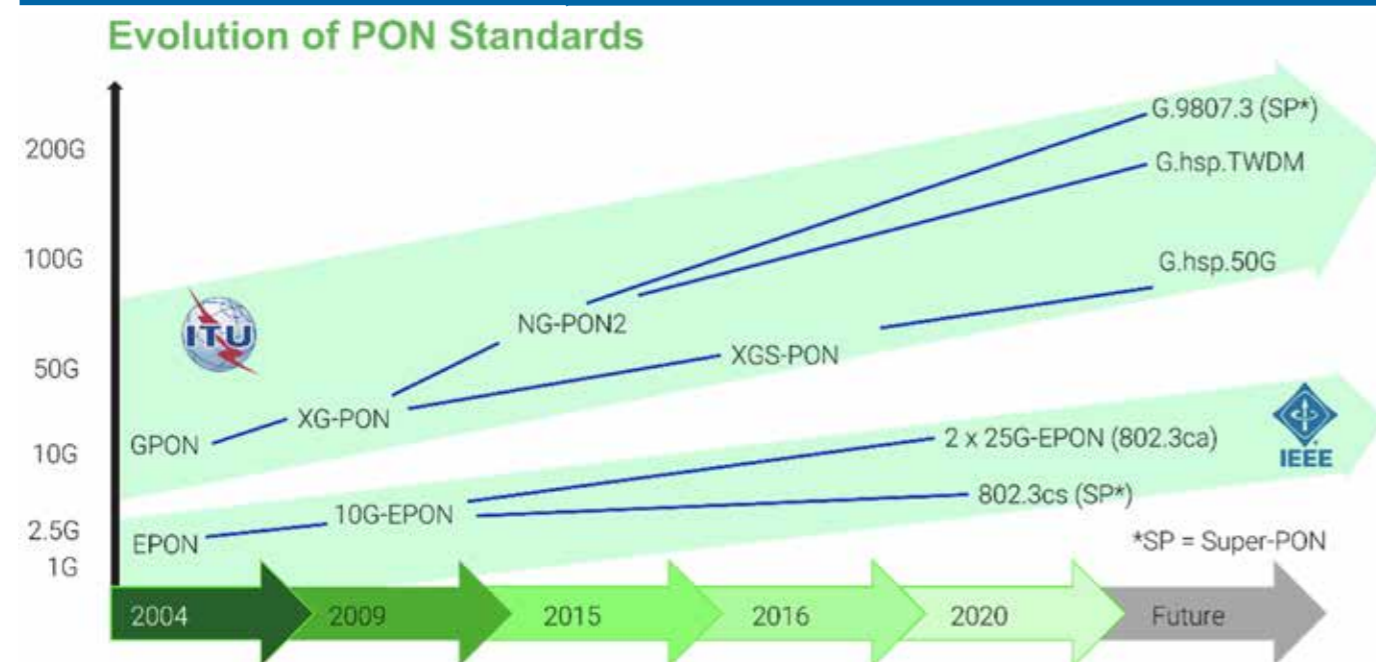
resse alle cosiddette "Super-PON": uno strato ottico PON in grado di supportare una maggiore portata ottica fino a 50 km e una maggiore copertura clienti fino a 1024 clienti per fibra su un ODN passivo.

L'obiettivo delle Super-PON riguarda più il ridimensionamento delle proprietà spaziali PON piuttosto che la velocità. Super-PON supporta velocità di 10 Gbps ed estensione della portata da 20 a 50 km consentendo il consolidamento dei Central Office e quindi la riduzione del numero di siti alimentati necessari per servire una vasta area. Il costo di questa evoluzione potrebbe essere importante sugli apparati ottici molto più complessi.

Altri studi riguardano invece maggiori velocità. Sono già in corso analisi pre-

liminari sulle tecnologie ottiche per supportare le future GPON anche a 200 Gbps. Si veda per esempio l'articolo MDPI [9].■

Figura 5: Evoluzione degli standard PON – fonte Broadband World Forum



Obiettivi di sviluppo delle Reti a Banda Larga in Europa e Italia

Obiettivi di sviluppo delle reti a banda larga in Unione Europea erano stati stabiliti già nel 2010 con l'Agenda Digitale Europea [10] che definiva le strategie di crescita digitale per un periodo di 10 anni. Tali obiettivi, inizialmente relativi a connessioni a larga banda di base (con velocità fino a 30 Mbps) si sono evoluti nel tempo tenendo conto dell'evoluzione tecnologica, dei cambiamenti del settore e dei requisiti sulle reti sempre più esigenti.

Nel 2015 la strategia per il mercato unico digitale in Europa [11] ha integrato l'agenda digitale portando alla definizione nel 2016 di obiettivi di connettività per il 2025 verso velocità del Gigabit/s [12].

Nel 2020 la strategia della Commissione Europea (CE) intitolata "Plasmare il futuro digitale dell'Europa" [1] ha individuato la connettività tra le componenti fondamentali per la trasformazione digitale e la transizione verde ed ha guidato l'approccio europeo definito nel 2021 con la "Bussola per il digitale 2030" [13] che è stato integrato a fine 2022 dal "Programma strategico per il decennio digitale 2030" [14]: le ambizioni digitali dell'UE sono tradotte in termini concreti con obiettivi volti ad assicurare entro il 2030 infrastrutture digitali sicure, resilienti, performanti e sostenibili per tutti e ovunque sul territorio europeo.

La Tab.A mostra gli obiettivi di connettività definiti a livello europeo per gli anni 2013, 2020, 2025 e 2030.

A livello italiano, in coerenza con le indicazioni comunitarie, è stata approvata a maggio 2021 la "Strategia italiana per la Banda Ultralarga" [15] che ha l'obiettivo di portare la connettività a 1 Gbps su tutto il territorio nazionale entro il 2026, in anticipo rispetto agli obiettivi europei fissati al 2030.

Tale obiettivo in modo allineato è alla base del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) [16] ed indirizza le misure ed i finanziamenti previsti in tale ambizioso piano.

Tabella A: Evoluzione degli obiettivi europei di connettività

	Principali riferimenti	Obiettivi europei di connettività
Per il 2013 Per il 2020	Agenda Digitale Europea del 2010 [10]	Banda larga di base per tutti i cittadini europei <ul style="list-style-type: none"> • Accesso per tutti gli europei a connessioni veloci, superiori a 30 Mbps • Sottoscrizioni a internet con connessioni al di sopra di 100 Mbps per il 50% delle famiglie europee
Per il 2025	Comunicazione CE sulla "Società dei Gigabit" del 2016 [12]	<ul style="list-style-type: none"> • Connettività del Gigabit per i principali motori socioeconomici (quali scuole, stazioni ferroviarie, porti, aeroporti, edifici di enti pubblici locali, centri di ricerca, ambulatori, ospedali e stadi) e per le imprese ad alta intensità digitale • Copertura 5G ininterrotta in tutte le aree urbane e su tutti i principali assi di trasporto terrestre • Per tutte le famiglie europee, in aree rurali e urbane, accesso a connettività Internet che offra un downlink di almeno 100 Mbps, potenziabile a velocità Gigabit
Per il 2030	Comunicazione CE "Bussola per il digitale 2030" del 2021 [13] e Decisione UE del 2022 sul programma strategico per il decennio digitale 2030 [14]	<ul style="list-style-type: none"> • Rete gigabit fino al punto terminale per tutti gli utenti finali di rete fissa • Tutte le zone abitate coperte da reti wireless di prossima generazione ad alta velocità con prestazioni almeno equivalenti al 5G, conformemente al principio della neutralità tecnologica

Bibliografia/Urlografia

1. Comunicazione COM(2020) 67 final della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni del 19.2.2020 "Plasmare il futuro digitale dell'Europa", disponibile al link <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0067&from=IT>
2. Report FTTH/B Global Ranking della Fibre-to-the-home Global Alliance di Maggio 2022 disponibile al link FTTH/B Global Ranking 2022 (ftthcouncil.eu)
3. Report FTTH Forecast for EUROPE - Market forecast 2022-2027 di FTTH Council Europe di Maggio 2022 disponibile al link FTTH Market Forecasts 2022-2027 (ftthcouncil.eu)
4. Osservatorio AGCom sulle comunicazioni n. 4 del 2022 disponibile al link Documento generico 22-12-2022 - Documento - AGCOM
5. Blog Broadband Forum "The emerging PON technologies accelerating worldwide gigabit deployment" disponibile al link The emerging PON technologies accelerating worldwide gigabit deployment - Broadband Forum (broadband-forum.org)
6. Panoramica Dgtl Infra su "XGS-PON: Fiber-based Technology Delivering 10 Gbps" di Jonathan Kim del 23 November 2022 disponibile al link XGS-PON: Fiber-based Technology Delivering 10 Gbps - Dgtl Infra
7. Stefania Lisa, Massimo Monacelli, Giovanni Picciano, Ivo Sconfienza La nuova Evoluzione dell'Accesso Fisso - Notiziario Tecnico TIM - Numero 3 dic 2020 - <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/notiziario-tecnico/pdf/Notiziario-Tecnico-TIM-2020-n3.pdf>
8. Notiziario Tecnico TIM - 1-2023 - Sperimentazioni 25GS-PON e 50G-PON; G. S. Fanelli, S. Lisa, A. Maiolica, P. Mastronuzzi
9. Articolo MDPI "200 Gbps/λ. PON Downstream C-Band Direct-Detection Links with ≥29 dB Power Budget" a firma Haoyi Wang, Pablo Torres-Ferrera, Giuseppe Rizzelli, Roberto Mercinelli, Valter Ferrero, Roberto Gaudino pubblicato il 30 marzo 2022 disponibile al link Applied Sciences | Free Full-Text | 200 Gbps/λ; PON Downstream C-Band Direct-Detection Links with ≥29 dB Power Budget (mdpi.com)
10. Comunicazione COM(2010)245 definitivo della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni del 19.5.2010 "Un'agenda digitale europea" - disponibile al link EN (europa.eu).
11. Comunicazione COM(2015) 192 final della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni del 6.5.2015 "Strategia per il mercato unico digitale in Europa", disponibile al link <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015DC0192&from=IT>
12. Comunicazione COM(2016) 587 final della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni del 14.9.2016 "Connettività per un mercato unico digitale competitivo: verso una società dei Gigabit europea", disponibile al link <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0587&from=it>
13. Comunicazione COM(2021) 118 final della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni del 9.3.2021 "Bussola per il digitale 2030: il modello europeo per il decennio digitale" disponibile al link Digital decade (europa.eu)
14. Decisione UE 2022/2481 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 che istituisce il programma strategico per il decennio digitale 2030, disponibile al link Publications Office (europa.eu)
15. Strategia italiana per la Banda Ultralarga - "Verso la Gigabit Society", approvata il 25 maggio 2021 dal Comitato interministeriale per la transizione digitale (CITD) disponibile al link Strategia BUL.docx (innovazione.gov.it)
16. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza approvato dal Governo italiano in data 29 aprile 2021 disponibile al link 1620284306-pnrr.pdf (innovazione.gov.it)

Autori



Manuela Bargis

manuela.bargis@telecomitalia.it

Laureata in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino ed in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso la Universidad Politecnica di Madrid, nel 1999 entra a far parte dell'azienda conseguendo nel 2001 il master ICT organizzato da Telecom Italia in collaborazione con COREP/SSGRR. Ha svolto attività su architetture di rete e protocolli di segnalazione nell'ambito di enti di standardizzazione internazionali (ETSI ed ITU) e di progetti internazionali e si è occupata fin dal 2002 di aspetti tecnici della regolamentazione. Attualmente si occupa della coerenza tecnico-normativa di aspetti innovativi legati all'evoluzione delle reti, è il riferimento di progetti svolti in collaborazione con il Politecnico di Torino inerenti l'etica e la governance di tecnologie innovative ed è delegata in 5GAA su aspetti normativi legati a scenari di mobilità connessa. ■



Gabriele Elia

gabriele.elia@telecomitalia.it

Lavora presso la divisione Technology Innovation di TIM e guida il gruppo Technology Transformation, Standardization & IPR, che comprende anche le collaborazioni con l'ecosistema delle Università e dei Centri di Ricerca.

Entrato nel 1994 in CSELT, il Centro Studi e Laboratori di Telecomunicazioni del gruppo Telecom ai tempi della nascita di Internet in Italia, si è sempre occupato della innovazione tecnologica, anche negli enti di standardizzazione e attraverso progetti di ricerca nazionali e internazionali, per le reti, i servizi, i media e le applicazioni del broadband fisso e mobile.

È Ingegnere elettronico e Dottore di Ricerca al Politecnico di Torino. ■



Giovanni Picciano

giovanni.picciano@telecomitalia.it

Giovanni Picciano si è laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università La Sapienza di Roma, dal 1996 opera in Telecom Italia dove ha assunto diverse responsabilità relative all'ingegneria e allo sviluppo di soluzioni rete e sistemi di gestione: dalla rete di trasporto SDH e WDM, alla rete metro-regionale OPM, ai sistemi microwave, alla rete di accesso broadband fino alle nuove soluzioni ultrabroadband FTTC, FTTH e FTTB, ai terminali cliente access gateway e router IP. Dal 2020 è responsabile della funzione di innovazione delle reti di accesso fisse e mobili di TIM. ■

Traffico e qualità nella rete di accesso

Giampiero Ensoli, Clelia Lorenza Ghibaudo, Maurizio Siviero, Massimo Rivelli

QUALITY CONTROL

Il traffico che si registra nella rete di accesso TIM è in costante aumento sia in rete fissa che in rete mobile e ha raggiunto ormai volumi annuali della dimensione degli Exabyte (miliardi di Gigabyte - per consumare un exabyte di dati, ci vorrebbe una videochiamata di 237.823 anni).

Monitorarne l'andamento e comprenderne le motivazioni e le dinamiche è fondamentale per adottare le opportune azioni di adeguamento capacitivo e di miglioramento tecnologico necessarie per garantire la qualità della rete di accesso, tassello fondamentale nell'offerta dei servizi di connettività al cliente finale.

La continua crescita del traffico sia fisso che mobile

Considerando il traffico sia dei clienti retail che dei clienti wholesale, nel 2022 la rete di accesso fisso di TIM ha gestito un volume di traffico dell'ordine di decine di Exabyte (downstream + upstream) in crescita dell'11% rispetto al 2021 e più del doppio rispetto al traffico gestito nel 2019 prima della pandemia.

Nella prima metà del 2020 a seguito dell'emergenza causata dalla diffusione del virus COVID-19, si è assistito ad una enorme crescita del traffico in tempi molto ristretti. Il grafico che segue (Fig.1) mostra che a marzo 2020 sulla rete fissa i volumi di traffico dati sono cresciuti drammaticamente nel giro di pochi giorni.

L'incremento è stato inizialmente causato dall'aumento della fruizione di contenuti, dell'utilizzo intenso di strumenti di comunicazione e collaborazione. Inoltre, nei primi giorni del lock-down, sono state osservate intense attività di aggiornamento e download di applicazioni software e sistemi operativi (ad esempio PC e console di gioco). Per limitare l'impatto dell'aumento della

fruizione di contenuti video-streaming, le autorità hanno richiesto agli OTT ed ai fornitori di contenuti la riduzione della qualità delle codifiche, al fine di ridurre i requisiti di banda nelle reti Internet.

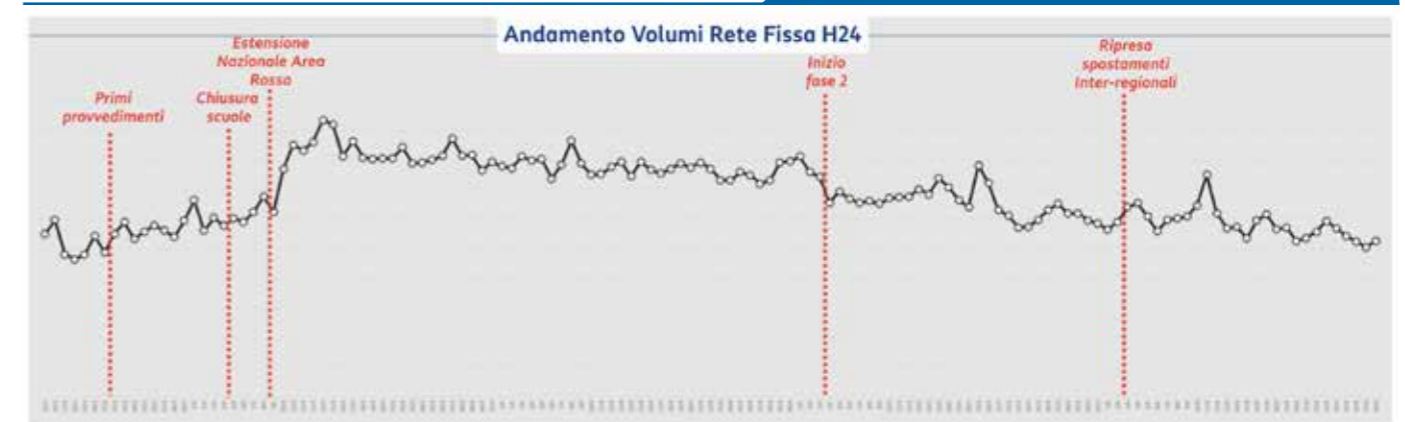
La tabella seguente mostra i rapporti di crescita del volume di traffico di alcune tipologie di protocolli ed applicazioni dopo più di un mese di lock-down (Aprile 2020).

Instant Messaging	x 2,6
Online Games	x 2
Software Update	x 1,6
Streaming	=
VoIP, Smartworking	x 6,2
Browsing	x 1,3

Anche dopo il boom di crescita registrato nel 2020 (+55% rispetto al 2019) strettamente legato alla pandemia, i volumi hanno tuttavia continuato a crescere, seppur con andamento meno ripido.

Segnale che le abitudini degli italiani si sono modificate in modo strutturale e sempre più marcata è la propensione ad utilizzare la connessione di rete fissa per motivi professionali (si pensi alla diffusione attuale dello smartworking) ma soprattutto per

Figura 1: Crescita traffico su rete fissa a marzo 2020



lo svago. Analizzando infatti l'intensità di traffico, vediamo che l'ora di picco si concentra nella fascia serale sia nei feriali che nei festivi: il profilo del traffico della rete fissa presenta un incremento molto pronunciato in orario serale (20:30 - 22:30), mentre il profilo del traffico della rete mobile presenta un andamento più uniforme durante tutta la giornata.

Si può notare inoltre che l'intensità cresce notevolmente in occasione di eventi, quali ad esempio le partite di calcio in streaming, anche fino al 50% in più rispetto all'andamento medio nella stessa fascia oraria.

Si pensi che nella prima giornata del girone di ritorno del Campionato Italiano calcistico, il 6 gennaio 2022 si sono registrati nella rete di accesso TIM quasi il doppio dei volumi giornalieri medi e pari alla metà del volume totale mensile della rete mobile.

Impatto sul traffico della trasformazione nel tempo dello usage dei clienti

Va osservato che la crescita del traffico è dovuta in gran parte al contributo delle applicazioni video-streaming. Sulla rete fissa il volume di traffico di queste applicazioni è raddoppiato negli ultimi cinque anni. Lo streaming di contenuti video e audio rappresenta attualmente circa il 50% dei volumi di traffico della rete fissa e circa il 40% dei volumi di traffico della rete mobile, in questo caso confrontabile con le Web Application. Nei diagrammi seguenti (Fig.2) è mostrata la distribuzione dei volumi di traffico nel mese di gennaio 2023 delle tipologie di applicazioni utilizzate dai clienti di rete fissa e di rete mobile. È evidente la differenza di utilizzo delle due reti: la rete mobile è utilizzata per comunicazione e consultazione di informazioni, in partico-

lare attraverso social network e browsing, mentre nella rete fissa prevale la fruizione di contenuti e l'intrattenimento. Per quanto riguarda la fruizione di video e streaming, sulla rete fissa prevalgono film e serie, mentre sulla rete mobile video di breve durata.

cio, F1, MotoGP), anche in esclusiva, ha comportato un cambiamento delle metodologie di presidio per l'analisi e la predizione del traffico, dovendo considerare anche i picchi di traffico generati durante i live, soprattutto per il calcolo degli incrementi dimensionali, ancorchè non troppo frequenti.

Da notare anche che gli adeguamenti capacitivi realizzati per l'erogazione dei contenuti legati alle partite del campionato di calcio di Serie A hanno dovuto tenere in considerazione anche la distribuzione delle tifoserie a livello nazionale.

Eventi live

Negli ultimi due anni, il fenomeno della trasmissione su rete Internet di eventi live (cal-

Figura 2: Ripartizione per tipo di applicazione dei volumi di traffico

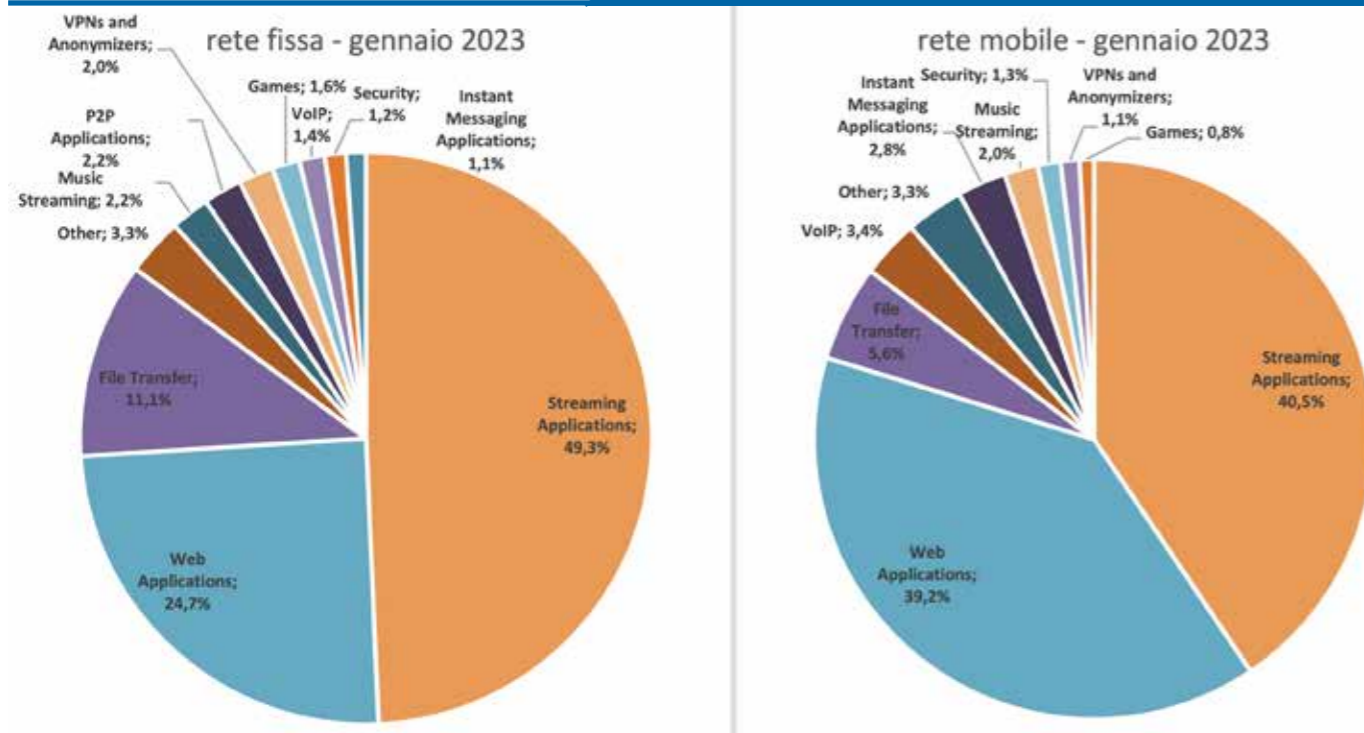
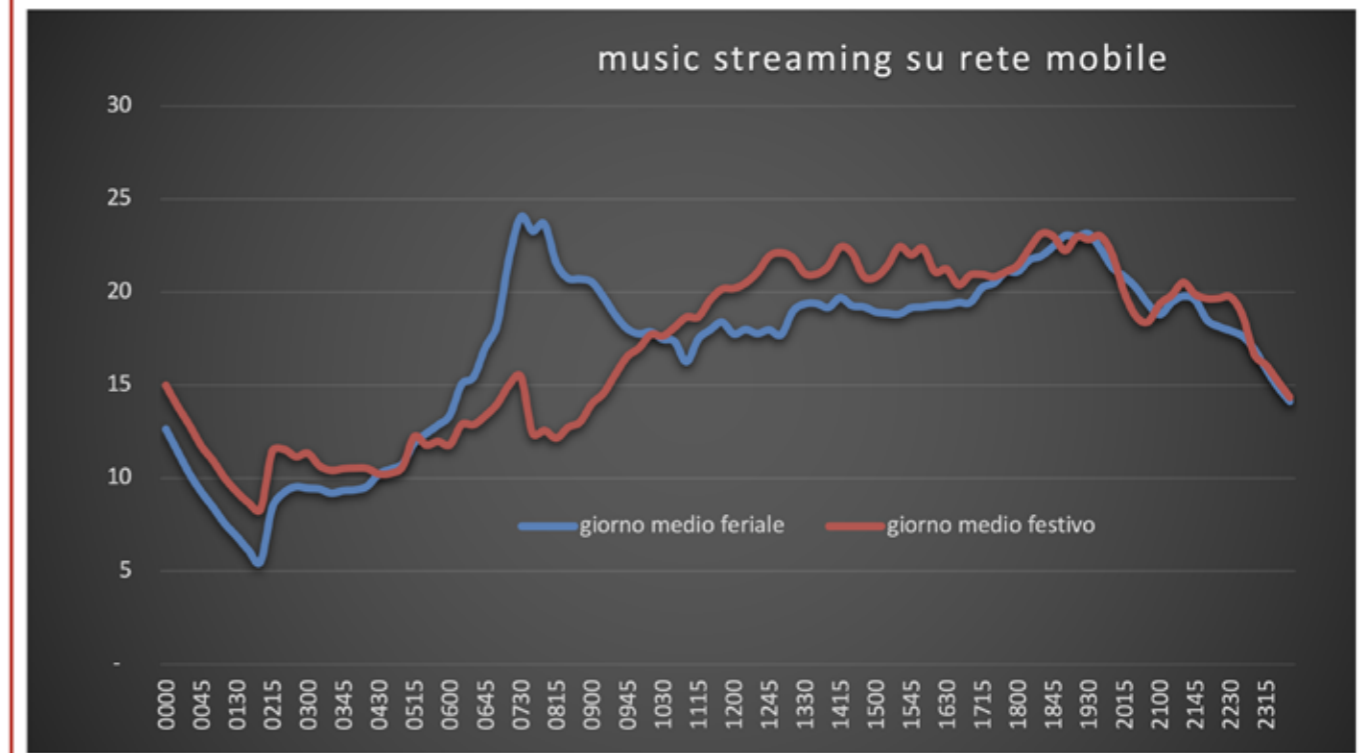


Figura 3: Profilo orario traffico di music streaming

Curiosità

Dai profili di traffico giornalieri emerge anche una curiosità legata a 2 "picchi" di traffico intorno alle 15 ed alle 19 di ogni giorno feriale che sono legati all'utilizzo di applicazioni di "social networking", evidentemente da parte di studenti e lavoratori alla fine dell'attività. Inoltre, si può osservare che nei giorni feriali, negli orari di trasferimento di studenti e pendolari, cresce l'utilizzo di applicazioni di streaming di musica, in particolare su rete mobile.



È risultato evidente che mentre i tifosi di Juventus, Inter e Milan sono distribuiti a livello nazionale, per altre squadre (ad esempio Napoli, Roma, Lazio, Fiorentina) la tifoseria risulta concentrata nell'area di provenienza della squadra, comportando a volte forti incrementi localizzati del traffico.

Incremento delle velocità e del consumo per cliente conseguenti agli upgrade tecnologici

Oltre ad un aumento del traffico in generale, negli ultimi 5 anni abbiamo assistito ad una crescita notevole dello usage specifico per cliente (volume di traffico nel mese), pari ad un CAGR di 24% per la rete fissa e

40% per la rete mobile. Attualmente lo usage specifico sulla rete fissa è circa 12 volte quello della rete mobile.

Il consumo di traffico da parte dei clienti è cresciuto sia per l'aumento della disponibilità di contenuti associato all'incremento continuo della qualità del video come visto nel paragrafo precedente, sia a seguito della disponibilità di connessioni a più alta capacità e di dispositivi più performanti.

Oltre al comportamento del cliente, uno dei fattori che influenzano maggiormente il traffico dalle singole linee è la potenzialità della linea in termini di banda in accesso: una linea di accesso di tipo NGAN (in tecnologia FTTC o FTTH) sviluppa mediamente oltre 3 volte il volume medio di una linea di tipo Broadband.

Ne va da sé quindi che i consumi più elevati vengono sviluppati nelle stesse aree geogra-

fiche dove l'adesione dei servizi NGAN è più elevata. Come evidente dalla Fig.4, il traffico medio per linea è più alta nelle regioni meridionali (in ordine Campania, Lazio, Sicilia, Calabria e Puglia) dove è anche più alta la penetrazione dei servizi NGAN e la percentuale di Unità Immobiliari coperte dalla tecnologia FTTx.

Andando a livello più granulare, la provincia italiana in cui si sviluppa un maggior volume di traffico è la provincia di Napoli che risulta in prima posizione anche per la percentuale di linee FTTx rispetto alle linee dati BB e UBB e risulta nella top 10 anche per quanto riguarda la copertura NGAN che si avvicina al 98%. Tutte le province della top ten, ad eccezione di Salerno, hanno inoltre una percentuale di penetrazione dell'UBB attorno o superiore all'80% e una copertura NGAN superiore al 90%.

A dicembre 2022 circa il 72% dei circa 16,0 milioni di accessi fissi gestiti dalla rete di accesso TIM è in tecnologia FTTx, le unità tecniche raggiunte con tecnologia FTTH erano 7,7 milioni FTTH, pari a una copertura di circa il 32%, in crescita di 7 punti percentuali rispetto a fine 2021.

Le priorità strategiche di Tim sono una forte spinta alla migrazione delle linee su tecnologia FTTH, associata a un ambizioso piano di copertura delle reti fissa e mobile. Entro il 2025 il Gruppo ha l'obiettivo di raggiungere in FTTH il 48% delle unità immobiliari del Paese.

Questo piano di sviluppo porterà inevitabilmente ad una crescita ancora maggiore del traffico, fino ad avvicinarsi a quanto è successo negli altri paesi EU (si rimanda al box per approfondimenti). Questo piano non potrà che comportare ulteriore crescita del traffico fornito in rete di accesso fisso.

Qualità nelle reti di accesso

Al fine di assicurare l'adeguata erogazione dei servizi tipici delle reti fisse e mobili è necessario garantire livelli di qualità adeguati.

In particolare, nell'accesso radiomobile quando si parla di qualità ci si riferisce fattori come la copertura radio, la capacità disponibile, throughput dei dati, la latenza, l'intelligibilità delle conversazioni e naturalmente la disponibilità di rete. Allo stesso modo nell'accesso fisso i fattori fondamentali sono la copertura con le tecnologie più performanti, la velocità di download e upload delle linee fisiche e la stabilità delle stesse.

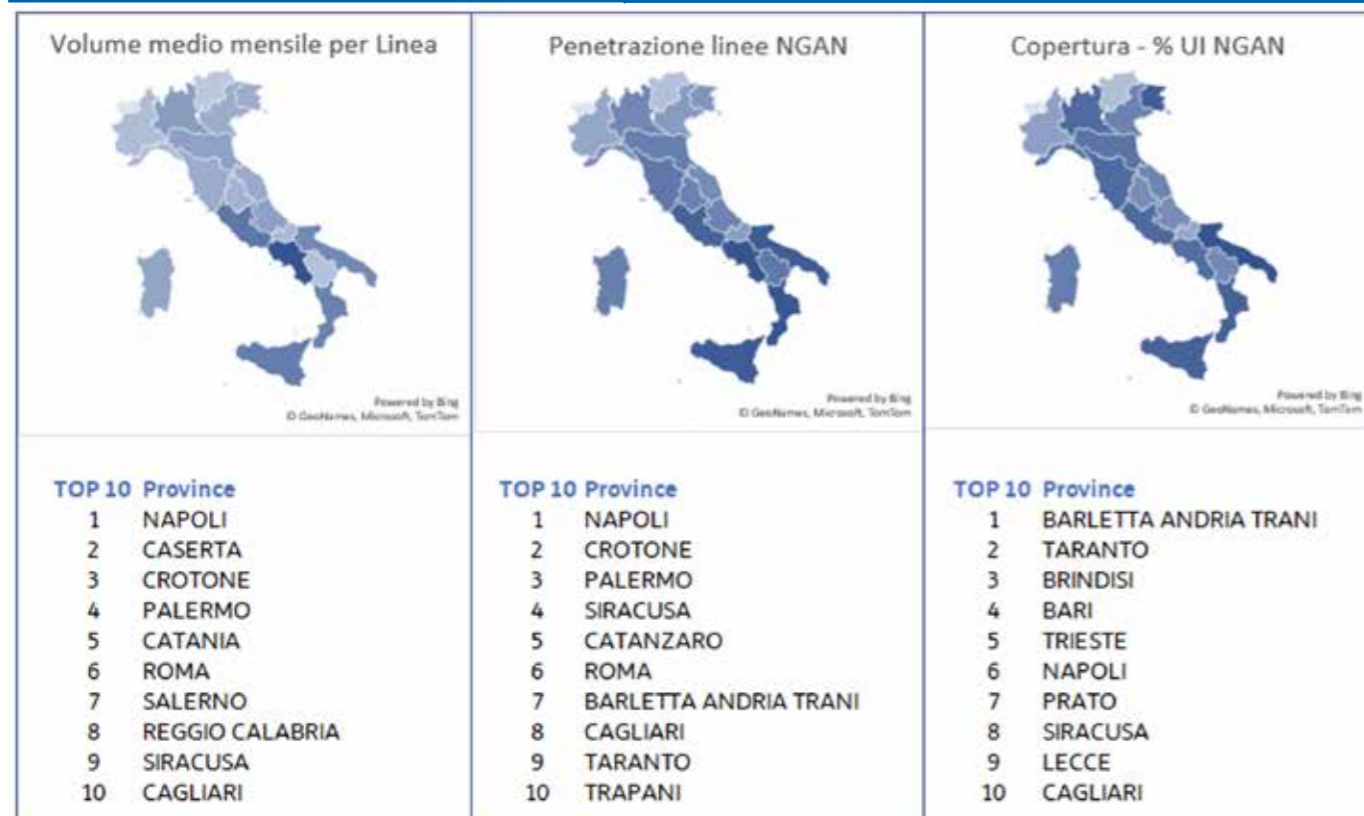
Storicamente gli operatori di rete adottano sistemi di monitoraggio e effettuano azioni di miglioramento continui per fornire i massimi livelli possibili di qualità tecnica al fine di attrarre e fidelizzare i clienti; queste azioni possono essere di un maggior sviluppo capacitivo e innovativo delle reti, ma anche di ottimizzazione delle configurazioni di rete associate ad un presidio costante sul funzionamento.

TIM nel corso degli anni ha sempre avuto un ruolo da protagonista nel mercato per le direttrici che sottendono la Qualità:

1. Capacità;
2. Ottimizzazione;
3. Presidio.

Negli ultimi anni gli aspetti sulla qualità del servizio, a seguito anche ipercompetitività del mercato in italiano (abbiamo le tariffe tra le più basse in Europa), hanno dovuto evidentemente confrontarsi con i vincoli di economicità e di ritorno degli investimenti che possono essere un limite, ma anche ad

Figura 4: Caratterizzazioni geografiche di utilizzo delle linee NGAN



Confronto internazionale sul traffico

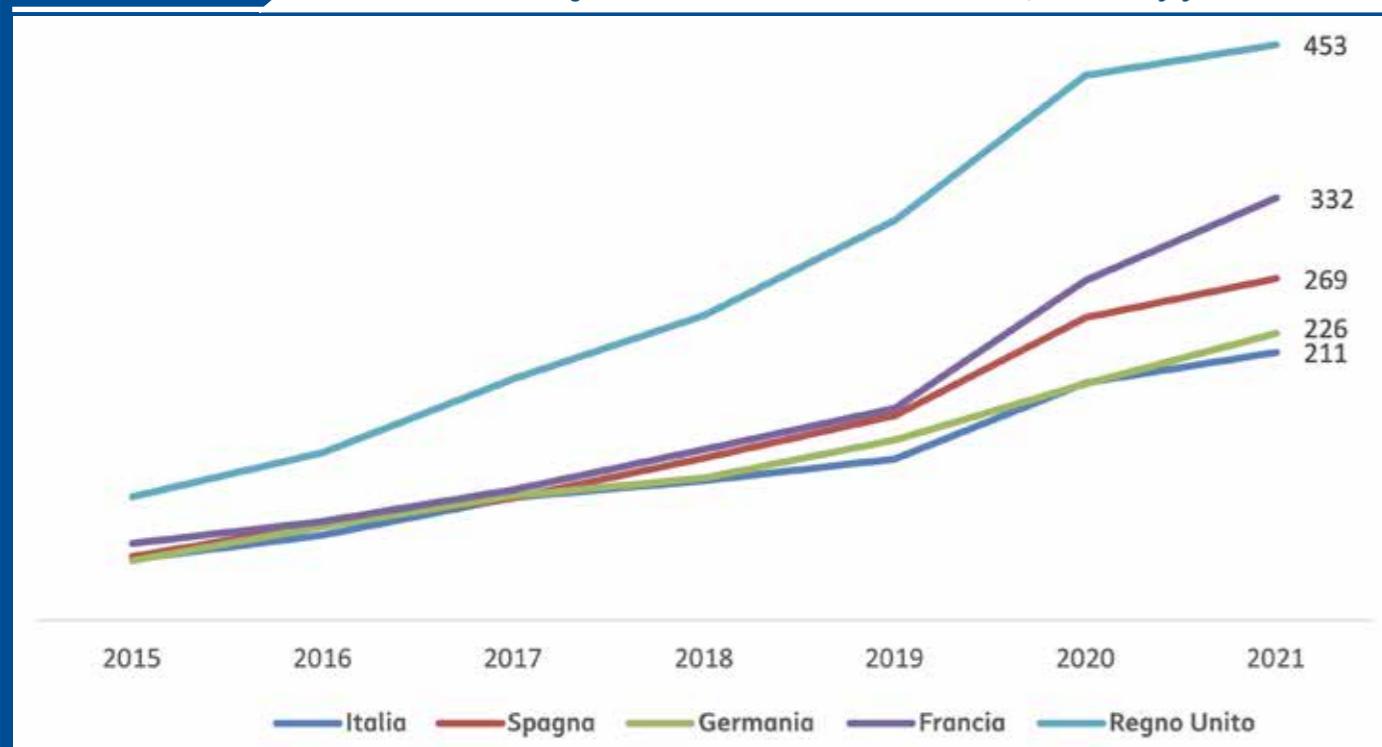
Il crescente utilizzo di sistemi e servizi digitali si riflette in una crescita dei dati trasportati dalle reti di telecomunicazioni, sia fisse, sia mobili.

In Italia, il traffico dati medio per linea a banda larga è stato di circa 210 Gigabyte al mese nel 2015, un valore oltre 4 volte superiore alla media 2015 (Fig.A). Secondo le Autorità di Regolamentazione nazionali, il volume medio per linea del Regno Unito è intorno ai 450 Gbyte/mese, mentre Spagna (270 Gigabyte/mese) e Germania (poco meno di 230 Gigabyte/mese) si situano più vicino al consumo medio italiano. Analysys Mason stima

che il consumo medio francese sia intorno ai 330 Gigabyte/mese, in una posizione intermedia tra il Regno Unito e gli altri grandi Paesi europei.

La serie storica dei consumi mostra ovunque un'accelerazione nel 2020, l'anno della pandemia e dei lockdown, in cui cittadini ed imprese meno digitali sono dovuti ricorrere alle soluzioni online per superare i limiti delle restrizioni (lavoro, scuola, acquisti, entertainment). La crescita del 2021, in un anno in cui sono progressivamente venute meno le limitazioni agli spostamenti, segnala che il digitale sembra esse-

Figura A: Traffico dati medio annuo per linea a banda larga fissa 2015-2021 (Gbyte per mese) - Fonte: Autorità di Regolamentazione Nazionale. Per la Francia, stima Analysys Mason



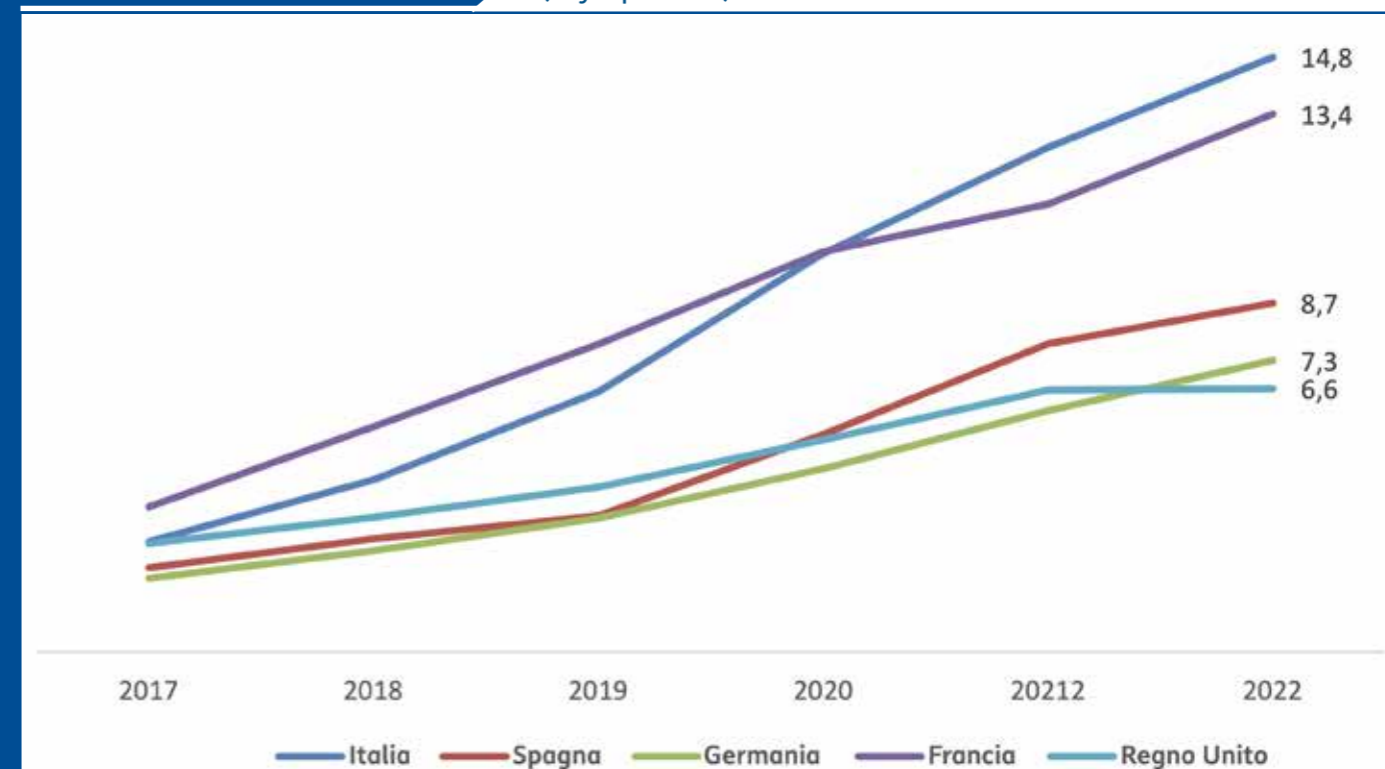
re ormai penetrato negli stili di vita e di consumo delle persone. Nel Regno Unito si intravedono segnali di rallentamento, forse dovuti anche all'inflazione crescente, che può aver spinto le famiglie a tagliare alcuni consumi, in particolare quelli di entertainment a pagamento.

A questo proposito, si osserva che secondo le stime di Sandvine¹, oltre il 55% del traffico internet a livello globale è originato da 6 grandi piattaforme internazionali, che generano volumi molto significativi di traffico video.

Mentre nell'intensità d'uso delle linee a banda larga fisse l'Italia sta recuperando terreno, nel mobile precede gli altri grandi Paesi europei. Secondo i dati OCSE riferiti al 2022², con quasi 15 Gigabyte/mese, il nostro Paese si posiziona davanti alla Francia (circa 13 Gigabyte/mese), mentre più staccati seguono Spagna, Germania e Regno Unito con volumi medi tra i 7 ed i 9 Gigabyte/mese (Fig.B). È interessante notare che il rallentamento già osservato nel Regno Unito nei servizi a banda larga fissa per il 2021, si evidenzia nei servizi a banda larga mobile nell'anno successivo.

guidogiacomo.ponte@telecomitalia.it,
enrico.barella@telecomitalia.it

Figura B: Traffico dati medio annuo per linea a banda larga mobile 2017-2022 (Gbyte per mese) - Fonte: OCSE - Broadband Portal



Note

- (1) Sandvine Phenomena - The Global Internet Phenomena Report. January 2022
- (2) OECD Broadband Portal - Mobile data usage per mobile broadband subscription. June 2022

Evoluzione della diffusione di programmi TV e Soluzioni per l'erogazione di contenuti video

È importante notare che, per quanto riguarda la crescita dei contenuti streaming, si assiste ad un fenomeno di progressivo trasferimento della fruizione di contenuti televisivi attraverso le reti broadband. Si pensi ai fenomeni Sky Q senza parabola, RaiPlay, Discovery+, che hanno integrato o trasferito su la rete BB l'offerta del satellite o del digitale terrestre.

Tale fenomeno sarà ancora più evidente quando la soluzione HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) avrà raggiunto un'ampia diffusione, ancor più se associata a trasmissioni ad alta qualità (es. 4K o 8K). HbbTV (Fig.A) è un protocollo che permette ad un normale TV di ultima generazione connesso alla rete Internet di integrare le normali trasmissioni del digitale terrestre con contenuti aggiuntivi fruibili attraverso la rete, ad esempio rivedere un programma

dall'inizio oppure un programma trasmesso nei giorni precedenti (catch-up TV).

Di recente è stata rilasciata la versione 2 del protocollo che abilita anche la visione di canali che non sarebbero altrimenti disponibili: ad esempio, durante gli ultimi mondiali di calcio in Qatar (fine 2022), la Rai ha abilitato il canale Rai 4K (canale 101) che ha trasmesso le partite in Ultra HD, senza necessità di parabola, ma solamente con una connessione del TV alla rete Internet.

Al fine di garantire la qualità percepita dai clienti (in particolare per la fruizione dei contenuti streaming) ed allo stesso tempo migliorare l'utilizzo delle risorse della rete, sono state realizzate diverse soluzioni per la distribuzione del traffico video e dei contenuti di

alcuni OTT (soprattutto i grandi generatori di traffico) nella gran parte dei nodi nazionali della rete.

Ad esempio, i contenuti VoD (Video on Demand) di alcuni fornitori di contenuti e una gran parte del traffico degli eventi live sono erogati attraverso la CDN di TIM. Il traffico di alcuni grandi OTT (VoD e altro tipo di contenuti) sono erogati principalmente da cache proprietarie o di terze parti, sempre collocate nei nodi nazionali della rete.

I contenuti non presenti nelle cache vengono erogati da server esterni alla rete TIM mediante interconnessione con altri operatori (ad oggi Sparkle) o collegamenti diretti (peering) con i fornitori di contenuti.

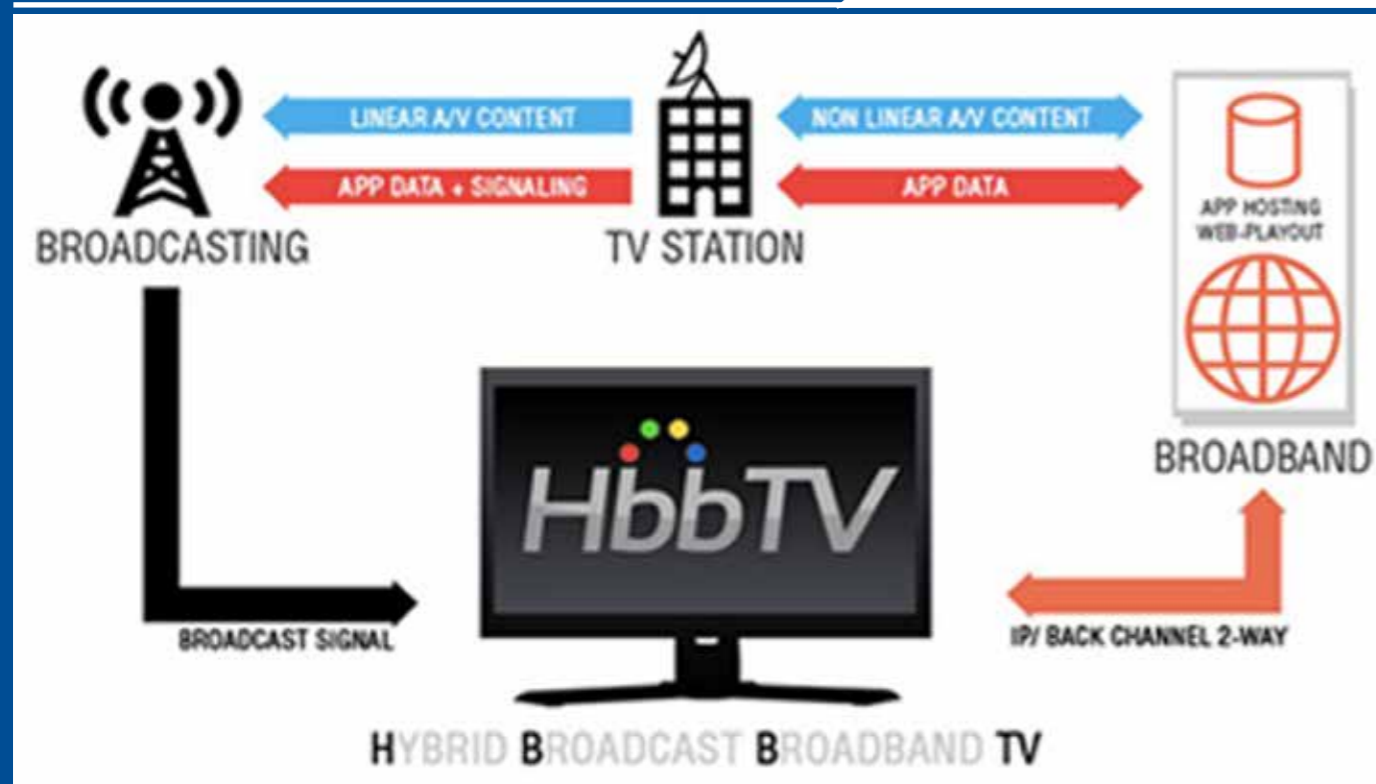
Le soluzioni CDN e cache permettono quindi di evitare ampliamenti capacitivi della rete alta e dell'intercon-

nessione internazionale, mentre i segmenti periferici e la rete di accesso sono sempre impegnati da tutto il traffico che viene erogato verso i clienti.

Un'ulteriore modalità di gestione del traffico live nella rete TIM prevede l'utilizzo del protocollo Multicast, che permette la distribuzione dei contenuti live in maniera molto efficiente: viene trasmessa una sola copia del contenuto live su ciascun segmento di rete indipendentemente dalla quantità di clienti che ne fruiscono.

L'impiego di tale protocollo risulta per il momento ancora marginale e limitato, per la non completa conformità di tutta la catena impiantistica end-to-end, che comprende, oltre a tutti gli apparati della rete TIM, anche gli elementi gestiti dal fornitore del contenuto (client/APP, server di erogazione).

Figura A: Architettura della soluzione HbbTV



uno stimolo di trasformazione; per le dinamiche di mercato in gioco utilizzare prevalentemente la leva dell'overcapacity per il miglioramento della qualità non è più sostenibile, ma vanno applicati sempre più criteri associati al Ritorno sull'Investimento e all'effettiva esigenza del cliente, ovvero potenziamento delle azioni di ottimizzazione e di presidio tramite anche l'ausilio dell'automazione e del machine learning.

In questo contesto è pertanto utile agire con azioni di capacity planning per i nodi di rete che non soddisfano i requisiti minimi di servizi attesi dai clienti (azioni mirate su worst case), piuttosto che azioni dispersive volte a migliorare le performance di picco overall.

A titolo di esempio, nella Fig.5 si riporta distribuzione di carico dei nodi radio nello stato ipotetico stato di partenza (curva blu) e la distribuzione di carico post possibili delle strategie di ampliamento capacitivo: curva rossa in un'azione massiva su tutti i nodi (esempio evoluzione tecnologica) ovvero curva verde nel caso di azioni mirate su nodi radio a più basse performance.

Conclusioni

Anche dopo il boom di crescita registrato nel 2020 dovuto alla pandemia, i volumi nella rete di accesso TIM hanno continuato a crescere, raggiungendo volumi annuali dell'ordine di decine di Exabyte. Segnale che le abitudini degli italiani si sono modificate in modo strutturale e sempre più marcata è la propensione ad utilizzare la connessione sia fissa che mobile per svariate applicazioni e soprattutto per il video-streaming di gli eventi live.

Abbiamo infatti assistito ad una crescita notevole del traffico specifico per cliente anche grazie alla disponibilità di connessioni a più alta capacità (reti NGAN nell'accesso fisso e tecnologie 5G nella rete mobile) e di dispositivi più performanti.

Negli ultimi anni, questi fenomeni hanno messo a dura prova la capacità di rete di smaltire picchi di traffico richiedendo sulla rete interventi sia capacitivi sia di ottimizzazione delle configurazioni, il tutto associato ad un presidio costante sul funzionamento e sulla qualità erogata. ■

Autori



Giampiero Ensoli

giampiero.ensoli@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica nel 1994, in Azienda dal 1997, con oltre 20 anni di esperienza nel campo delle TLC, ha ricoperto diversi ruoli manageriali nel campo delle Operations, della Qualità e del Dimensionamento delle reti. Attualmente è responsabile della Qualità, del Traffico e della User Experience per le reti fisse e mobili in TIM. ■



Clelia Lorenza Ghibaudo

clelialorenza.ghibaudo@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico con master in Telecomunicazioni, è dal 1994 in TIM dove attualmente ricopre il ruolo di responsabile della funzione Traffic&Quality della rete fissa con l'obiettivo di garantirne l'analisi del traffico, il capacity planning e la qualità dei servizi erogati nonché l'indirizzo dei piani di continuous improvement. Precedentemente è stata coinvolta nell'attività di innovazione della rete di accesso NGAN ricoprendo il ruolo di responsabilità di sviluppo progetti e partnership nell'area Strategy ed è stata responsabile di numerosi progetti trasversali su temi di innovazione quali Bari Matera 5G, Marketing Wholesale e Number Portability. ■



Massimo Rivelli

massimo.rivelli@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle TLC nel 1999 e dopo una breve esperienza di Dottorato di Ricerca entra nel 2000 in Blu S.p.a. e successivamente nel 2002 nel gruppo Telecom Italia. Nel suo percorso professionale ha svolto attività con crescente responsabilità nell'ambito della Pianificazione Tecnico/Economica, del Traffico e dal Capacity Planning, della Governance della Qualità dei servizi sia per la rete Mobile che Fissa. Dal 2018 è Responsabile della Struttura Quality in ambito Ingegneria di Rete. ■

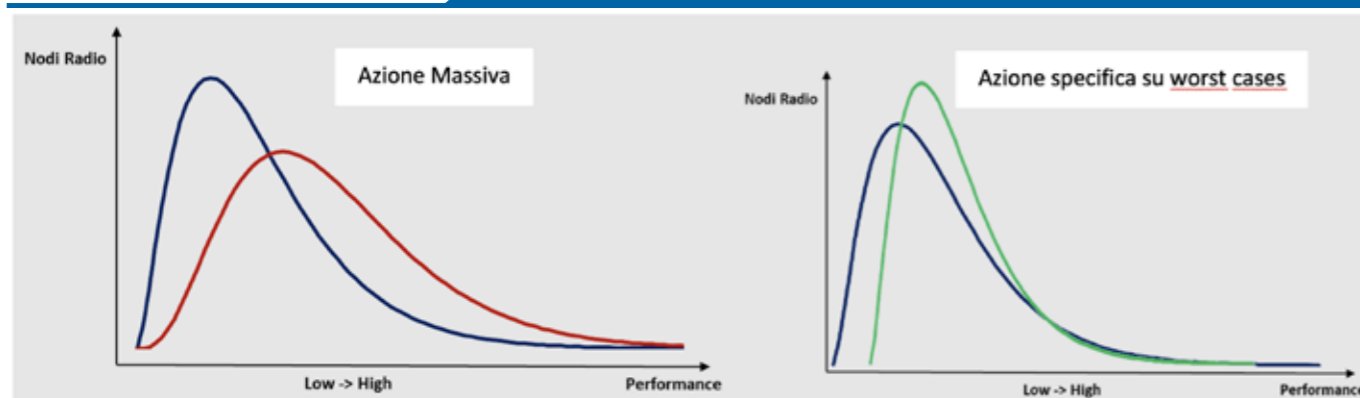


Maurizio Siviero

maurizio.siviero@telecomitalia.it

Ingegnere Elettronico, in TIM ricopre attualmente il ruolo di responsabile della funzione Traffic, con l'obiettivo di assicurare per le reti e le piattaforme mobili e la rete core fissa l'analisi, il reporting e le previsioni di traffico nonché il capacity planning. Nel 1991 ha iniziato presso CSELT (in seguito Telecom Italia LAB) contribuendo alle attività di ricerca e di standardizzazione per le architetture ed i sistemi di controllo delle reti fissa e mobile, partecipando attivamente a gruppi di normativa ed a progetti di ricerca internazionali. Successivamente ha contribuito alle attività di innovazione e realizzazione di soluzioni VoIP e di controllo della QoS nelle reti broadband. ■

Figura 5: Distribuzione carico di rete - differenti strategie di upgrade capacitivo



Sperimentazioni 25GS-PON e 50G-PON

Gaetano Saverio Fanelli, Stefania Lisa, Antonio Maiolica, Paolo Mastronuzzi

L'evoluzione dei servizi e delle applicazioni che necessitano di connettività con prestazioni sempre più elevate, come la realtà virtuale, il cloud computing, il gaming, sta spingendo gli operatori di TLC a sviluppare reti sempre più veloci.

Nel comparto della rete di accesso fisso, grazie al progresso tecnologico raggiunto negli ultimi anni, è possibile già oggi mettere a punto soluzioni innovative con prestazioni oltre i 10 Gbps.

In quest'ottica, TIM ha avviato importanti sperimentazioni sulle nuovissime tecnologie 25GS-PON e 50G-PON di accesso fisso in fibra ottica, soluzioni "future proof" in quanto naturale evoluzione delle attuali reti GPON e XGS-PON.

Architettura FTTH

L'architettura FTTH, scelta fin dall'inizio da TIM per il deployment dei servizi UBB (Ultra BroadBand), rappresenta la principale soluzione per poter fornire servizi con velocità di connessione maggiore od uguale al Gbit/s e permettere lo sviluppo delle reti NGA-VHCN (Next Generation Access-Very High Capacity Networks).

L'architettura FTTH (Fiber To The Home) è caratterizzata dal dispiegamento di fibra ottica dalle centrali dell'operatore fino all'interno dell'abitazione dei clienti fruitori del servizio. TIM è uno dei maggiori operatori di TLC che da differenti anni sta investendo sullo sviluppo di questa architettura.

Le due componenti principali che abilitano servizi ad altissime prestazioni su architetture FTTH basate su soluzioni PON (Passive Optical Network), sono:

- Componente Passiva;
- Componente Attiva.

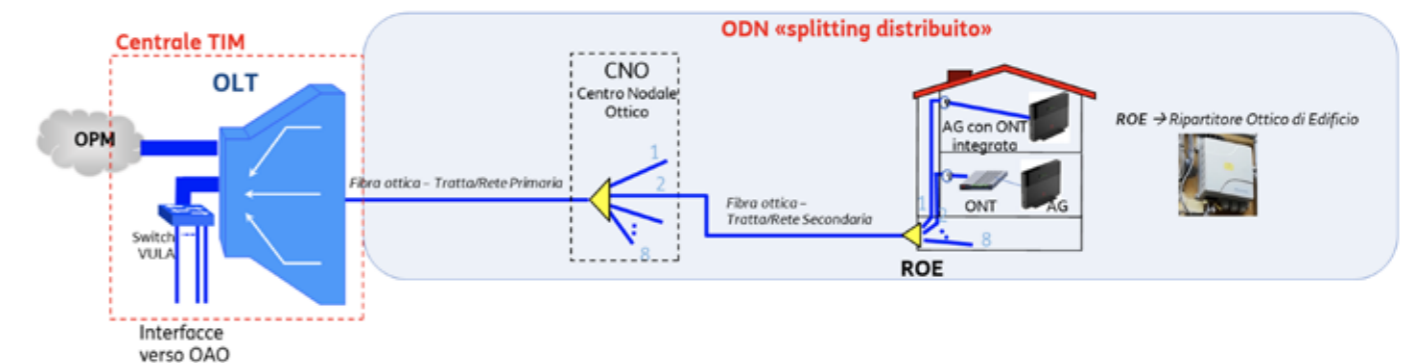
La Componente Passiva è rappresentata dall'infrastruttura fisica denominata ODN (Optical Distribution Network), distribuita tra la centrale dell'operatore e la casa del

cliente. Essa è costituita da fibra ottica (in tratta primaria, secondaria e nella risalita verticale, vedi Fig.1 e Fig.2), box stradali, muffole, terminazioni, diramatori ottici passivi (splitter), connettori, ... e rappresenta la struttura portante dell'architettura FTTH. La Componente Passiva è quella che richiede i più alti investimenti in termini di costi e tempi di realizzazione. In Fig.3 è rappresentato il dettaglio di copertura totale della rete in fibra di TIM ed in particolare della rete secondaria ad oggi gestita dalla società FiberCop.

La Componente Attiva è rappresentata dagli apparati localizzati in centrale (OLT - Optical Line Termination) ed in casa cliente (ONT - Optical Network Termination¹). È questa la componente che genera il segnale ottico, ovvero "illumina" la fibra ottica e caratterizza la tecnologia PON impiegata sulla rete FTTH (es. GPON, XGS-PON, ...).

Le evoluzioni verso tecnologie PON a più alte prestazioni hanno impatto solo sulla componente attiva (es. cambio hardware e/o software) e richiedono eventuali minimi adeguamenti sulla componente passiva

Figura 1: ODN a splitting distribuito



Note

- (1) La terminazione in casa cliente viene anche denominata ONU - Optical Network Unit

(es. introduzione filtri di coesistenza, come dettagliato nel Box “Approfondimento tecnologico 25GS-PON e 50G-PON”).

La rete FTTH di TIM è quindi composta innanzitutto dall'apparato di aggregazione OLT in centrale a cui sono attestate le fibre ottiche; ciascuna fibra ottica, proseguendo lungo il percorso di avvicinamento all'abitazione dei clienti finali, subisce due livelli di diramazione ottica passiva (splitting), realizzando una struttura punto-multipunto che permette di attivare fino a 64 clienti (64 è definito come fattore di splitting). In ciascuna abitazione la fibra ottica termina il percorso di rete sulla borchia ottica passiva, attestandosi infine sulla terminazione ottica attiva ONT.

L'ONT può essere esterna od integrata nel router, ovvero l'Access Gateway del cliente finale.

Nella rete di TIM sono presenti due diverse tipologie di ODN:

1. architettura FTTH a splitter “distribuiti”: basata su due livelli di splitting separati e contenuti all'interno di due punti di flessibilità, denominati rispettivamente CNO (Centro Nodale Ottico) e ROE (Ripartitore Ottico di Edificio). Il ROE è tipicamente installato in prossimità dell'abitazione dei clienti finali, mentre il CNO

è posizionato in pozzetti stradali lungo il percorso della fibra tra la centrale ed i ROE;

2. architettura FTTH a splitter “concentrati”: basata su due livelli di splitting, entrambi posizionati all'interno di un armadio ottico denominato CRO (Cabinet Ripartilinee Ottico), posto tipicamente in corrispondenza dell'armadio ripartilinea della rete in rame. I collegamenti tra il CRO ed i clienti finali sono costituiti da connessioni in fibra ottica punto-punto e l'ultimo punto di flessibilità della fibra ottica denominato PTE (Punto Terminazione di Edificio) è posizionato in prossimità delle sedi cliente (es. alla base del palazzo). La possibilità di ottimizzare l'occupazione degli alberi PON offerta dal CRO mediante la realizzazione di permutte offre una soluzione più flessibile rispetto alla ODN a splitter “distribuiti”.

Tecnologia PON corrente: GPON e XGS-PON

La tecnologia PON introdotta per prima sulla rete FTTH di TIM è di tipo GPON (a stan-

dard ITU-T G.984) con velocità nominale di circa 2,5Gbps in downstream e 1,25Gbps in upstream.

A partire dal 2021 è stata affiancata la nuova tecnologia FTTH di tipo XGS-PON (a standard ITU-T G.9807) con velocità nominale simmetrica di circa 10Gbps.

La velocità nominale indicata per i sistemi GPON pari a 2,5Gbps/1,25Gbps in DS/US e XGS-PON pari a 10Gbps simmetrica è condivisa tra tutti i clienti attestati all'albero PON (sino a 64 clienti nel caso di rete TIM). I clienti costituiscono le foglie dell'albero PON la cui radice è rappresentata dalla singola porta ottica sulla OLT, secondo l'architettura punto-multipunto.

Le due tecnologie GPON e XGS-PON utilizzano due coppie di canali ottici, per la trasmissione dei dati nei due versi DS e US, centrati su lunghezze d'onda differenti. Ciò rende possibile la coesistenza delle due tecnologie sullo stesso albero PON tramite un filtro

passivo denominato WDM1r, detto anche elemento di coesistenza (CEX). TIM utilizza, nella realizzazione della rete FTTH, sia filtri di coesistenza esterni, sia moduli ottici che integrano i transceiver GPON e XGS-PON ed il filtro di coesistenza stesso. Tali moduli, denominati MPM (o Combo), sono equipaggiati sugli apparati di aggregazione OLT in centrale.

Tutte le offerte Retail/Wholesale di TIM su rete di accesso fissa, a più elevate prestazioni, sono basate su tecnologia FTTH GPON e XGS-PON.

Evoluzione della tecnologia PON: 25GS-PON e 50G-PON

Le tecnologie 25GS-PON e 50G-PON rappresentano l'evoluzione delle attuali GPON e XGS-PON.

La tecnologia 25GS-PON è stata sviluppata nell'ambito del gruppo definito “25GS-PON

Figura 2: ODN a splitting concentrato

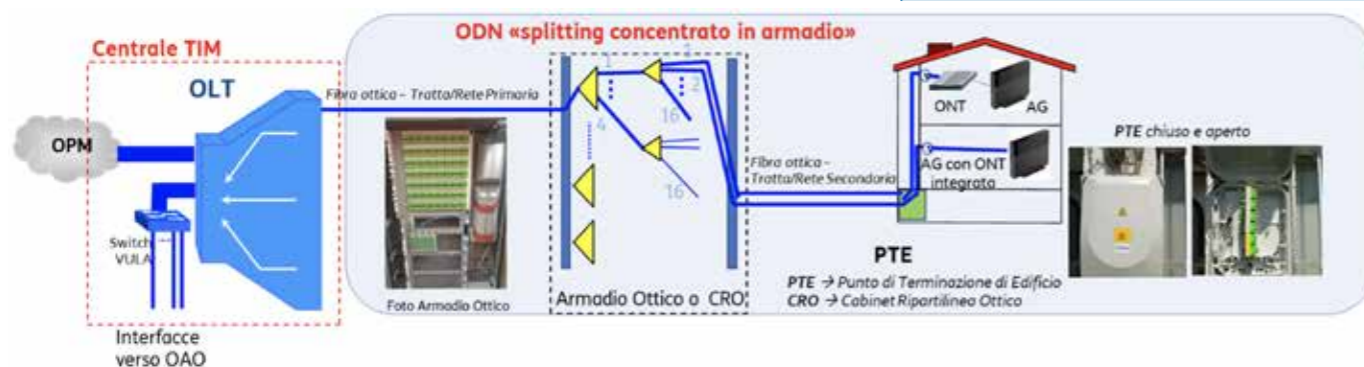


Figura 3: Copertura nazionale FTTH



FiberCop nasce ad aprile 2021 da un'iniziativa di TIM, KKR e Fastweb con l'obiettivo di accelerare lo sviluppo delle infrastrutture di fibra in Italia e la migrazione dei clienti dalle reti in rame alle reti di nuova generazione, contribuendo alla digitalizzazione del Paese.

Sono circa **22 Milioni i chilometri di fibra ottica** dispiegati in totale da TIM in Italia, di cui circa **4,5 Milioni** solo sulla rete di accesso ottica secondaria. In totale i comuni italiani coperti da architettura FTTH sono circa **1.300** con l'obiettivo di raggiungere il numero di **2.579** comuni entro il 30 aprile 2026.

MSA (Multi-Source Agreement)”, del quale fanno parte ad oggi 55 membri, in cui figurano sia costruttori (es. Nokia, Viavi, Zyxel, Cortina) sia operatori (es. OpenReach, AT&T, Proximus). I requisiti concordati nel MSA Group prevedono velocità nominali fino a 25Gbps simmetrici.

La tecnologia 50G-PON è, invece, sviluppata nell'ambito dell'ente di standardizzazione ITU-T. La famiglia di standard della serie G.9804 prevede velocità nominali fino a 50Gbps simmetrici.

Tra le caratteristiche più interessanti delle due tecnologie, oltre alle elevate velocità nominali, si evidenzia la possibilità di condividere, attraverso opportuni elementi di coesistenza, lo stesso albero PON con una o entrambe le tecnologie GPON e/o XGS-PON; ciò è possibile attraverso l'utilizzo di una nuova coppia di canali ottici centrati su lunghezze d'onda non sovrapposte a quelle utilizzate per i due sistemi PON attualmente in rete (ottenendo quindi fino a tre sistemi PON coesistenti sullo stesso albero).

TIM, al fine di presidiare costantemente l'evoluzione tecnologica, ha eseguito dei test sia in laboratorio sia in rete di esercizio sulle nuove tecnologie PON proposte dai costruttori più rappresentativi, e di seguito elencati, continuando a sperimentare le nuove soluzioni presenti negli scenari tecnologici evolutivi:

- tecnologia 25GS-PON proposta da Nokia;
- tecnologia 50G-PON asimmetrica proposta da ZTE;
- tecnologia 50G-PON asimmetrica proposta da Huawei.

I test hanno evidenziato ottimi risultati sia in termini di velocità, sia in termini di coesistenza delle differenti tecnologie sullo stesso albero PON. Le piattaforme dei tre vendor hanno quindi permesso di evidenziare

le potenzialità delle tecnologie 25GS-PON e 50G-PON.

In TIM si stanno portando avanti analisi a 360° sulle future evoluzioni delle nuove tecnologie, con particolare attenzione a:

- dimensione e consumi delle ONT nell'ottica di semplificarne l'installazione e renderle “appetibili” a qualsiasi tipo di clientela;
- performance dei moduli ricetrasmittitori ottici relativamente al Power Budget, ovvero al bilancio di potenza ottica che consente di superare l'attenuazione e gli altri effetti di deterioramento del segnale ottico nell'attraversamento della ODN. Al momento i moduli ottici per 25GS-PON e 50G-PON hanno Power Budget inferiori rispetto ai moduli utilizzati sulle tecnologie GPON o XGS-PON. Un Power Budget limitato potrebbe implicare la riduzione del fattore di splitting utilizzato sugli alberi PON (ad esempio da 64 a 32 o 16);
- consolidamento delle specifiche internazionali;
- analisi dell'orientamento del mercato e dei possibili “use case” che necessitano di velocità superiori a quelle ottenibili dalle attuali tecnologie FTTH per la diffusione su larga scala delle nuove tecnologie.

Conclusioni

Le prestazioni offerte dalle attuali reti FTTH GPON e XGS-PON riescono a soddisfare con successo tutti i servizi attualmente richiesti dai nostri clienti: gaming online, video ad alta definizione, ...

Nuovi servizi si apprestano ad emergere nei prossimi anni, come il metaverso, tramite il

quale si potranno abilitare nuove applicazioni (es.: ambienti di simulazione controllati, nuove modalità di insegnamento, human augmentation, nuove esperienze più coinvolgenti di gaming online, ...).

Questi servizi innovativi richiederanno prestazioni sempre più elevate sulle nostre reti.

Le nuove generazioni di tecnologie PON saranno in grado di migliorare le prestazioni delle attuali reti permettendo lo sviluppo di tali servizi, prestando particolare attenzione anche agli aspetti di saving energetico che tali tecnologie potranno apportare.

Le nuove tecnologie PON potranno inoltre essere utilizzate anche a supporto dell'infrastruttura della rete di accesso mobile: le celle radio, dovendo raccogliere sempre maggiori quantità di traffico, dovranno essere sempre più piccole e più capillarmente diffuse sul territorio.

La tecnologia punto-multipunto alla base delle PON potrà assicurare prestazioni simili alle soluzioni punto-punto attuali, garantendo costi più contenuti, in quanto su un'unica fibra, e quindi anche su una stessa interfaccia ottica della OLT, è possibile aggregare il traffico proveniente da più celle.■

Approfondimento tecnologico 25GS-PON e 50G-PON

Le tecnologie 25GS-PON e 50G-PON sono state definite rispettivamente dai seguenti due gruppi:

- 25GS-PON Multi-Source Agreement Group;
- ITU-T Study Group 15, Question 2.

Il primo rappresenta un gruppo composto ad oggi da 55 membri di cui fanno parte aziende che operano nel settore TLC su differenti mercati. Il secondo fa parte dell'ente di standardizzazione internazionale ITU-T che ha emanato gli standard di tutte le precedenti generazioni di sistemi PON (GPON, XG-PON, XGS-PON, NG-PON2). Analizziamo nel dettaglio le principali caratteristiche delle due tecnologie.

Velocità Nominale:

La tecnologia 25GS-PON definisce le seguenti velocità downstream/upstream:

- 25Gbps simmetrica;
- 25Gbps/10Gbps.

La tecnologia 50G-PON definisce le seguenti velocità downstream/upstream:

- 50Gbps simmetrica;
- 50Gbps/25Gbps;
- 50Gbps/12,5Gbps.

L'opzione simmetrica della tecnologia 50G-PON risulta ancora in fase di standardizzazione.

Classi ottiche

Le caratteristiche dei ricetrasmittitori ottici del sistema PON includono anche il Power Budget disponibile per contrastare gli effetti di deterioramento del segnale causati dalla trasmissione sulla rete passiva ODN. Più alto è il Power Budget e più estesa può essere la rete ODN sia in

termini di elementi passivi di cui è costituita (es. lunghezza fibra ottica, connettori, ecc.) sia in termini di fattore di splitting (numero massimo di clienti associabili al singolo albero).

La specifica della tecnologia 25GS-PON definisce due classi ottiche N1 e N2 con Power Budget rispettivamente di 29 dB e 31 dB.

La specifica della tecnologia 50G-PON definisce invece due tipologie di moduli ottici:

- moduli MPM con filtro di coesistenza integrato, di classe N1 e C+ con Power Budget rispettivamente di 29 dB e 32 dB;
- moduli non-MPM di classe N1, N2, E1 ed E2 con Power Budget rispettivamente di 29, 31, 33 e 35 dB.

Coesistenza

Una caratteristica fondamentale dell'evoluzione delle tecnologie PON è garantire la coesistenza di una nuova tecnologia con quelle già presenti in campo sullo stesso albero, attraverso l'ausilio di un dispositivo passivo chiamato "Elemento di Coesistenza" (vedi esempio indicato in Fig.A). Condizione affinché ciò accada è che la coppia dei canali ottici utilizzata dalla nuova tecnologia non si sovrapponga alle bande di lunghezze d'onda previste per le

tecnologie esistenti. Nel senso upstream, il CEx demultiplifica i canali ottici instradandoli su più fibre; nel senso downstream il CEx moltiplica i canali ottici verso un'unica fibra. La tecnologia XGS-PON, ad esempio, è stata standardizzata su una coppia di canali ottici distinta (1577/1270nm) rispetto a quella della GPON (1490/1310nm).

Nella Fig.B sottostante sono riportate le allocazioni spettrali, sia per il verso upstream che downstream, per i sistemi PON qui analizzati.

Mentre le bande downstream dei vari sistemi non si sovrappongono mai, per l'upstream dei sistemi di nuova generazione sono possibili diverse opzioni di coesistenza:

- con uno solo dei due sistemi (GPON o XGS-PON), utilizzando la banda upstream disponibile;
- con entrambi se si utilizza la ristretta banda upstream centrata intorno a 1286 nm.

Si osservi tuttavia che la banda upstream che consente la coesistenza del sistema 50G-PON contemporaneamente con GPON e con XGS-PON è tuttora in fase di standardizzazione in ITU-T.

laura.greborio@telecomitalia.it
maurizio.valvo@telecomitalia.it

Figura A: Elemento di coesistenza

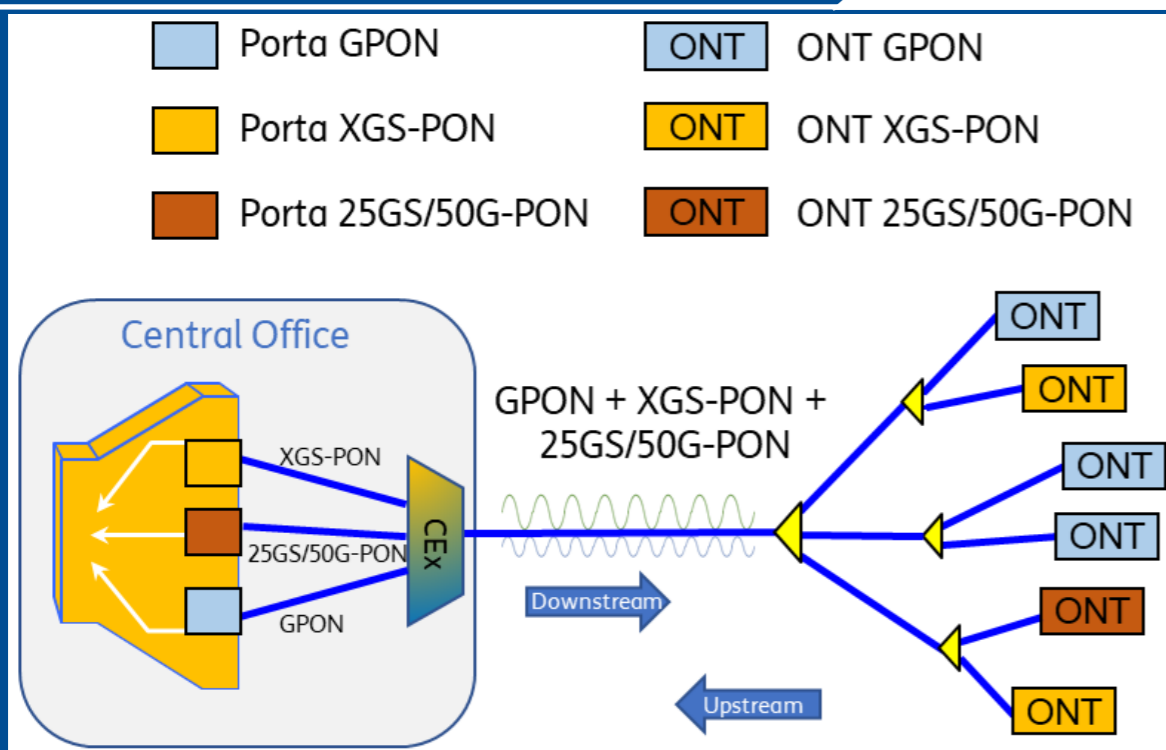
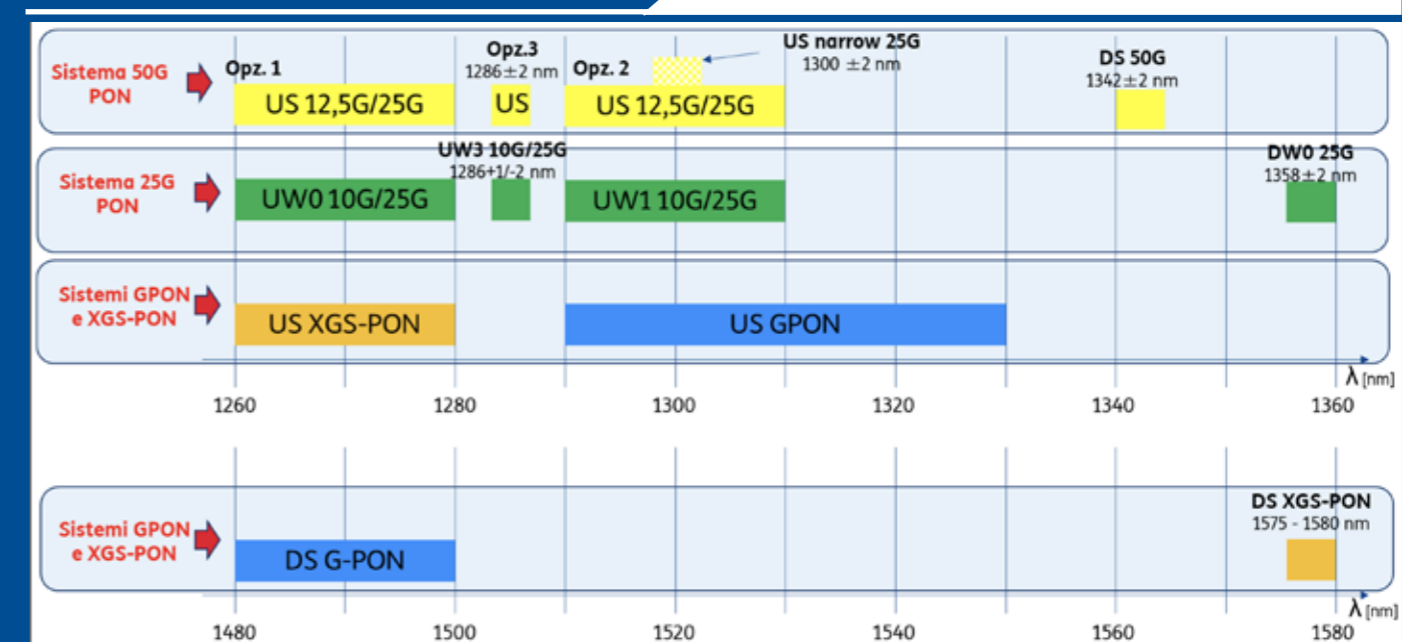


Figura B: Canali upstream e downstream delle tecnologie PON



Test di laboratorio

Le tecnologie 25GS-PON e 50G-PON sono state testate approfonditamente nei laboratori di TIM a Torino. I test sono stati eseguiti utilizzando uno strumento di misura equipaggiato con le seguenti interfacce:

- 1x100GbE o nx10GbE connesse alle porte di rete delle OLT;
- 1x100GbE o nx10GbE connesse alle porte LAN delle ONT.

Le OLT sono state equipaggiate con schede in tecnologia 25GS-PON (OLT Nokia) e 50G-PON (OLT ZTE e Huawei) con moduli ottici asimmetrici 25/10 Gbps e 50/25 Gbps; su ciascuna di queste porte è stato creato un albero PON inserendo opportuni attenuatori ottici.

Si riporta in Fig.A uno schema del banco di misura adoperato nei test su entrambi i sistemi.

Sono stati eseguiti test di performance sul livello fisico (Power Budget, sensitivity, overload) e test sul livello Ethernet (throughput) con apposita strumentazione di misura.

In particolare, è stato generato traffico con lo strumento sia nel verso downstream, inviando pacchetti dati verso le porte di rete delle OLT, che traffico upstream, inviando pacchetti dati verso le porte LAN delle ONT.

Si evidenzia che, a causa della presenza dell'overhead, le massime velocità apprezzabili dal cliente finale a livello Ethernet o a livello IP sono inferiori alla velocità nominale come indicato nella tabella (Tab.1).

Figura A: Banco di misura per il test di throughput



Tabella 1: Confronto velocità di linea e throughput teorici L2/L3

Tecnologia	Velocità nominale	Velocità a livello Ethernet	Velocità a livello IP
GPON	2,5 / 1,25 Gbps	2,3 / 1,2 Gbps	2,2 / 1,1 Gbps
XGS-PON	10 / 10 Gbps	8,6 / 8,6 Gbps	8,5 / 8,5 Gbps
25GS-PON	25 / 25 Gbps 25 / 10 Gbps	21,1 / 21,1 Gbps 21,1 / 8,6 Gbps	20,7 / 20,7 Gbps 20,7 / 8,5 Gbps
50G-PON	50 / 50 Gbps 50 / 25 Gbps	41,8 / 41,8 Gbps 41,8 / 20,8 Gbps	41,2 / 41,2 Gbps 41,2 / 20,6 Gbps

Attraverso lo strumento di misura è stato così possibile verificare le massime velocità raggiungibili senza perdite di pacchetti in entrambi i versi di trasmissione.

In base alle tecnologie testate, si sono raggiunti i seguenti risultati a livello ethernet (a titolo di esempio, in Fig.B sono riportati i risultati dei test sul sistema 50G-PON):

- tecnologia 25GS-PON: circa 20 Gb/s in downstream e circa 8,6 Gb/s in upstream¹;
- tecnologia 50G-PON: 41,4 Gb/s in downstream e 20,2 Gb/s in upstream.

Inoltre, mediante le misure sul livello ottico, è stato verificato un Power Budget compatibile con la classe N1

(pari a 29dB) per la tecnologia 25GS-PON ed inferiore alla classe N1 per la tecnologia 50G-PON, quest'ultima ancora allo stadio prototipale.

Tali risultati, relativamente alla tecnologia 50G-PON, sono dovuti principalmente alle limitate performance degli attuali ricetrasmittitori ottici.

La disponibilità di nuovi moduli ottici che integrano anche amplificatori SOA (Semiconductor Optical Amplifier) è prevista a partire dalla seconda metà del 2023 e dovrebbe consentire di recuperare il gap per la conformità alla classe N1.

agostino.galleni@telecomitalia.it
franco.sottile@telecomitalia.it

Figura B: Risultati test throughput L2 - 50G-PON

Massimi valori di throughput L2 downstream



Massimi valori di throughput L2 upstream



Note

(1) I risultati sono stati ottenuti con 2 ONT 25GS-PON con interfacce utente a 10G

L'evoluzione delle reti fisse: ETSI ISG F5G

A fine 2019 un gruppo di 10 aziende (tra cui TIM, Portugal Telecom, Post Luxemburg, Fraunhofer HHI) propose di costituire un nuovo Industry Specification Group in ETSI, per cercare di rendere la standardizzazione di nuove tecnologie per le reti ottiche più efficiente e coordinata: ISG F5G (Industry Specification Group Fixed 5G).

Tale ambizione di rendere il processo di standardizzazione per la rete fissa più coordinato e omogeneo, richiede di agire in sinergia con i molteplici enti che tradizionalmente si occupano delle tecnologie per le reti ottiche, quali ITU, IEEE, IEC e il BBF. Il tutto adottando un approccio simile a quello per le tecnologie di rete mobile, in cui pochi enti agiscono in modo cadenzato con periodiche *Releases* che o definiscono nuove *Generazioni* della tecnologia, o le arricchiscono con ulteriori funzionalità e/o caratteristiche migliorative. Gli enti detengono la guida della produzione degli standard per le comunicazioni mobili e lavorano in modo sincronizzato definendo appunto le diverse *generazioni*. Gli enti sono:

- GSMA per i requisiti di mercato;
- il 3GPP per le tecnologie di rete e del terminale;
- ITU-T per lo spettro delle frequenze radio.

Oltre l'esigenza di migliorare le tempistiche per lo sviluppo della rete fissa, vi è anche quella di assicurare, con backhauling e fronthauling, un adeguato supporto alle reti mobili, in modo ragionevolmente sincrono con l'evoluzione di queste, che il 5G ha reso sempre più performanti e capillari e per le quali le connessioni alle antenne richiedono l'elevata capacità della fibra.

Per via dello scenario descritto, con una frammentazione di attività e interessi su molteplici ed affermati gruppi di standard, il mandato che ISG F5G si diede fin dall'inizio fu quello di agire come collante e per favorire la coerenza del lavoro svolto nei diversi enti. L'obiettivo è quello di rendere più rapida la disponibilità di tecnologie standard per rete fissa tra loro coerenti che forniscano delle Releases integrate attraverso il lavoro di tutti gli enti rilevanti menzionati (e riferenziate dai documenti di ISG F5G).

Tali intenzioni sono state dichiarate nei *Terms of Reference* dal gruppo all'inizio dell'attività avviata nel 2020. Si partì con un'analisi della tecnologia per le reti ottiche che ne individuava le diverse generazioni attraverso servizi e performance offerti agli utenti in ciascuna di queste. Le caratteristiche della quinta generazione, F5G, rappresentavano l'obiettivo da conseguire con il lavoro che si stava iniziando.

Da allora, nonostante un difficile esordio dovuto all'esplosione della pandemia, che per più di due anni ha impedito che si tenessero riunioni in presenza, il gruppo ha lavorato per ottenere l'evoluzione voluta, e definita secondo le tre direzioni di innovazione riportate in Fig.A.

Tali direzioni sono essenzialmente date dall'aumento della banda/velocità sulla connessione eFBB (enhanced Fixed BroadBand), dalla accessibilità di servizi ad alta qualità GRE (Guaranteed Reliable Experience) permessa da una riduzione della latenza e dall'aumento della penetrazione/densità delle connessioni in fibra verso l'utente FCC (Full Fibre Connection), con

un obiettivo di un fattore 10 di miglioramento su ciascuna rispetto alla generazione precedente (tecnologia disponibile al momento).

Lo standard è stato sviluppato attraverso il consueto processo di definizione use case d'interesse, la successiva individuazione di requisiti di sistema (su base servizio) e dei gap tecnologici esistenti, ed infine della architettura che permette di supportare tali requisiti.

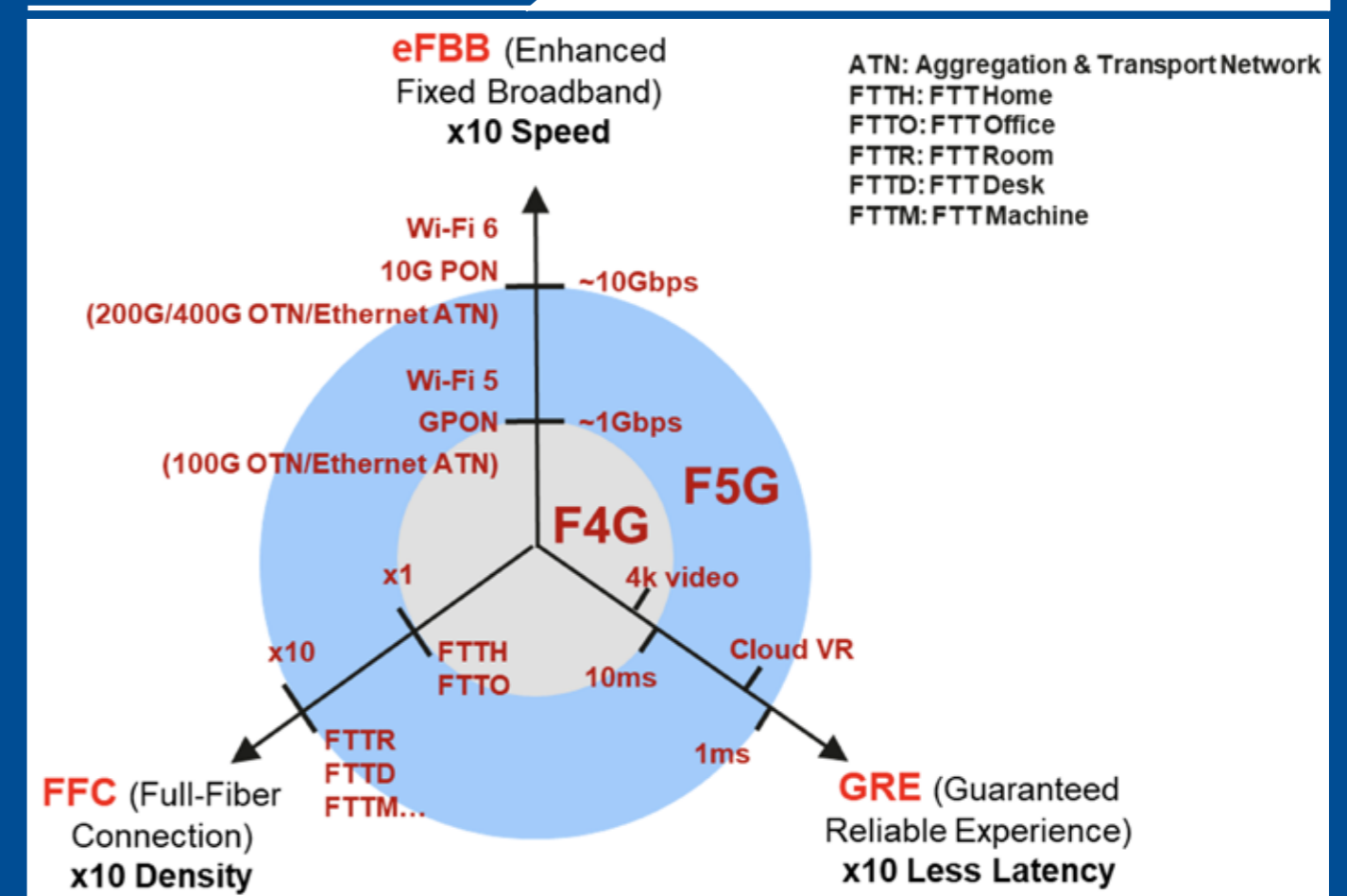
L'architettura sviluppata in Release1 (ETSI GS F5G_004 V1.1.1) e poi perfezionata in Release2 (disponibile dal prossimo mese come ETSI GS

F5G_014 V1.1.1), è rappresentata in Fig.B, che ne dà la topologia completa. Essa integra diverse configurazioni per la connessione dell'utente e per la tecnologia di rete di accesso.

La soluzione di accesso 1 (alto a sinistra) abilita la Fiber To The Room (FTTR). Questa soluzione permette di raggiungere i terminali utente con la fibra grazie a:

- uno splitting funzionale della ONU in E-ONU (una verso verso ciascun terminale) e P-ONU (che dialoga con l'OLT della GPON/XGPON);
- il cablaggio delle user premises con fibra con rivestimento adatto a garantire robustezza e

Figura A: Direzioni di evoluzione della rete ottica definite al momento della sua costituzione da ETSI ISG F5G nei suoi Terms of Reference



flessibilità con impatto estetico minimo anche con deployment non canalizzato;

- l'integrazione con Wi-Fi (Wi-Fi 6-IEEE 802.11 ax o, in prospettiva, Wi-Fi 7-IEEE 802.11 be) dove necessario per consentire maggiore connettività.

La soluzione FTTR è descritta schematicamente in Fig.C.

I primi prodotti per FTTR cominciano ad essere disponibili da alcuni costruttori.

Le soluzioni basate su PON sono affiancate dalla soluzione "OTN" based [7], dove la rete di trasporto OTN raggiunge, attraverso un nodo di commutazione, direttamente la rete utente, a cui si interfaccia mediante la terminazione di Rete d'Accesso E-O-CPE (Enterprise-OTN-Customer Premises Equipment) verso la funzione di adattamento del Customer Equipment (CE).

Basandosi su questa architettura il gruppo ha sviluppato le specifiche per la gestione della

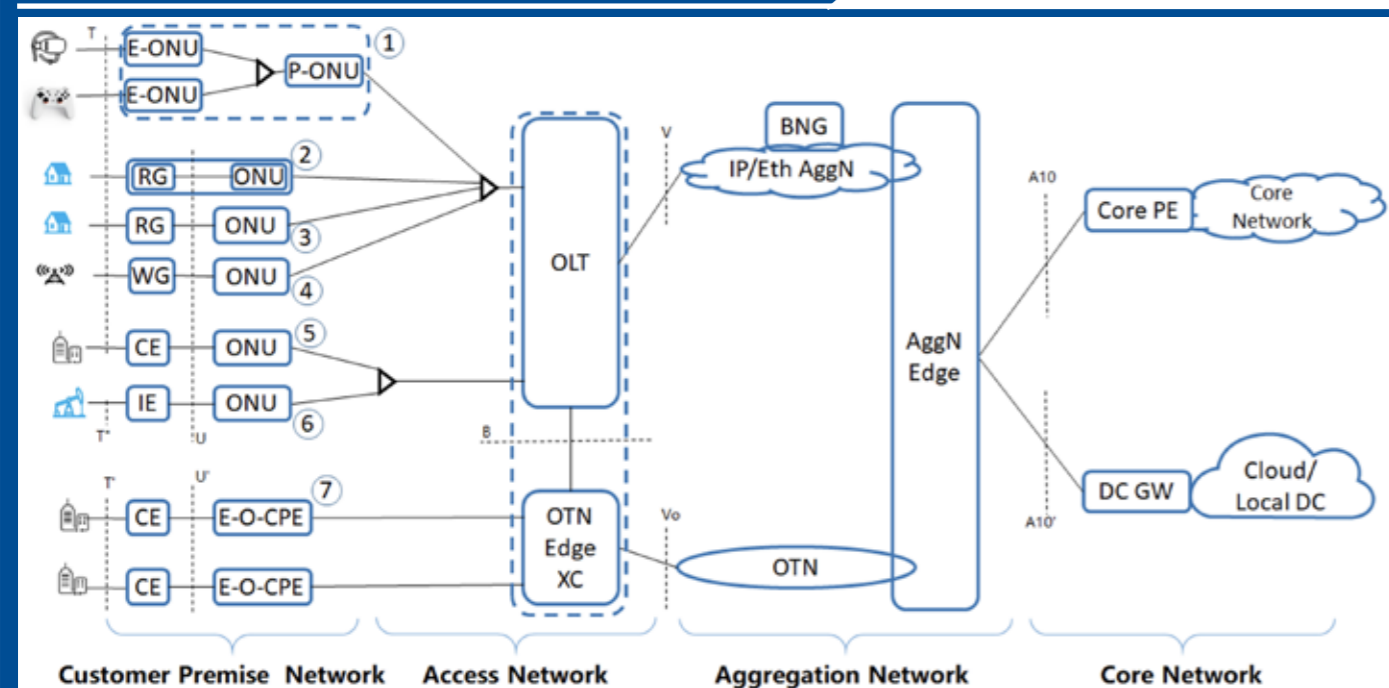
rete end-to-end nel documento (ETSI GS F5G 006 V1.1.1).

La sicurezza è stata considerata prima in un Group Report (ETSI GR F5G 010 V1.1.1) e poi in una specifica che definisce le misure necessarie in una rete F5G (ETSI GS F5G 012 V1.1.1).

Successivamente, ISG F5G ha considerato i principali servizi high-end che la rete F5G deve supportare, analizzando gli aspetti della Quality of Experience (QoE), che tenga conto di tutti i componenti che influiscono sull'esperienza dell'utente. Il lavoro è focalizzato in particolare su servizi video, di gaming e videoconferenza (ETSI GS F5G 005 V1.1.1). Un secondo documento è focalizzato sul definire le specifiche per la valutazione della QoE.

Aspetti di automazione del controllo vengono considerati nei documenti focalizzati sulla "Telemetry" e sui relativi modelli YANG (in fase di sviluppo).

Figura B: Topologia della F5G (Architettura R2)



Aspetti di accesso in fibra per applicazioni industriali sono considerati in un report preliminare ed ora in un documento di specifiche allo stadio iniziale.

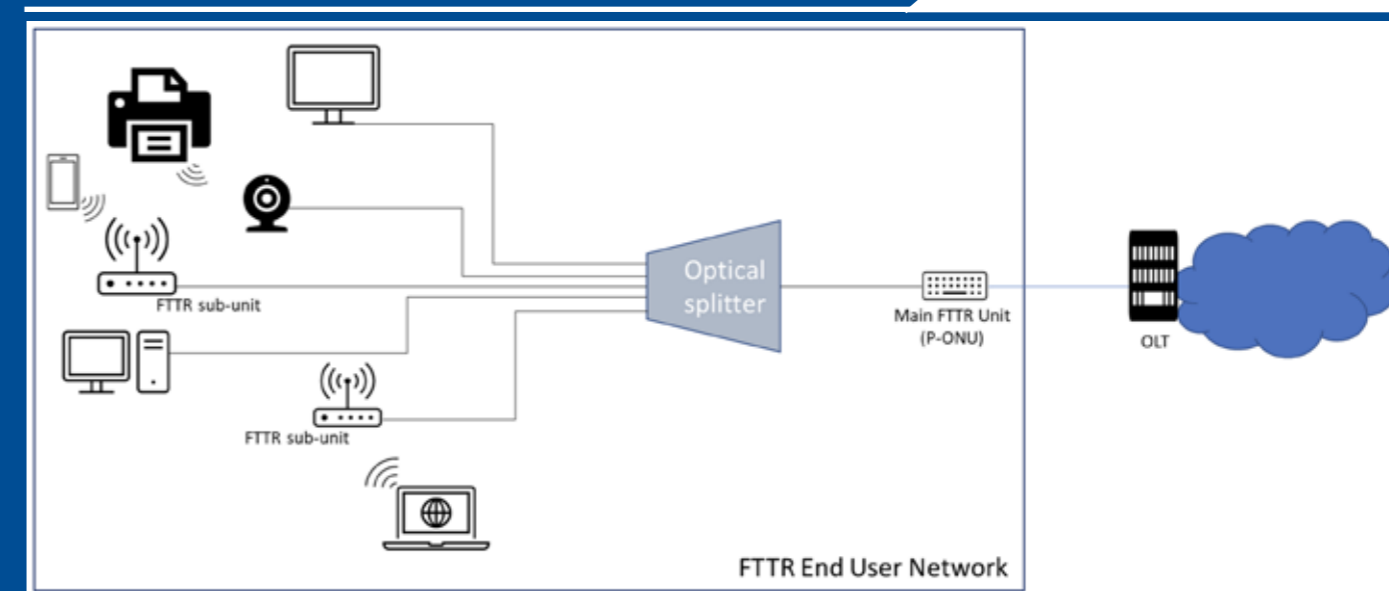
Nello scenario di praticamente tutte le applicazioni previste per le reti F5G i servizi Cloud hanno un ruolo fondamentale. Un documento specifico in sviluppo da parte dell'ISG ne definisce l'architettura.

ISG F5G ha recentemente pubblicato un White Paper "Fixed 5th Generation Advanced and Beyond", che definisce l'interesse e l'orientamento delle attività di ETSI ISG F5G per la fase successiva al completamento delle specifiche di R2, che dovrebbe avvenire entro l'autunno.

Il gruppo ha già cominciato a lavorare agli Use Cases per questo nuovo obiettivo.

luca.pesando@telecomitalia.it

Figura C: schema dell'architettura FTTR



Evoluzione dell'architettura di riferimento per la rete passiva

TIM ha previsto un'evoluzione dell'architettura di rete passiva (Fig.A), ODN (Optical Distribution Network), in particolare con l'introduzione e l'ingegnerizzazione di un nuovo elemento di nome PTE (Punto di Terminazione di Edificio) "light" e l'adozione di cavi multifibra ad estrazione da esterno.

L'architettura impiegata è di tipo ad albero con un livello di splitting complessivo massimo 1:64 per singola xPON, conseguibile mediante due

splitter in cascata (1:4 e 1:16) posizionati entrambi all'interno dell'armadio ottico. La rete viene realizzata con minicavi di potenzialità variabile da 24 a 144 fibre ottiche a standard ITU-T G.652.D e G.657.A.

Le fibre ottiche distribuite dall'armadio in rete secondaria e terminate in corrispondenza dei PTE, sono dimensionate per garantire i collegamenti verso tutte le unità immobiliari/sedi sottese all'area di raccolta dell'armadio ottico.

I PTE vengono collocati in corrispondenza di una significativa concentrazione di unità immobiliari, generalmente in prossimità della terminazione esistente della rete in rame.

Per lo sviluppo della parte più capillare di rete sono stati concepiti **nuovi materiali: cavi multifibra ad estrazione e PTE "light"**.

I **cavi multifibra** realizzano una dorsale di distribuzione a valle dei PTE dalla quale è possibile derivare e/o terminare le fibre presso i civici tramite piccoli box denominati PTE light.

Diverse potenzialità e tipologie di cavo (Fig. B) consentono di soddisfare i requisiti installativi nelle diverse condizioni di posa (palifica, facciata, sotterranea) e la connettorizzazione in campo.

ettore.augelli@telecomitalia.it
paola.regio@telecomitalia.it

Figura A: Evoluzione architettura di rete passiva

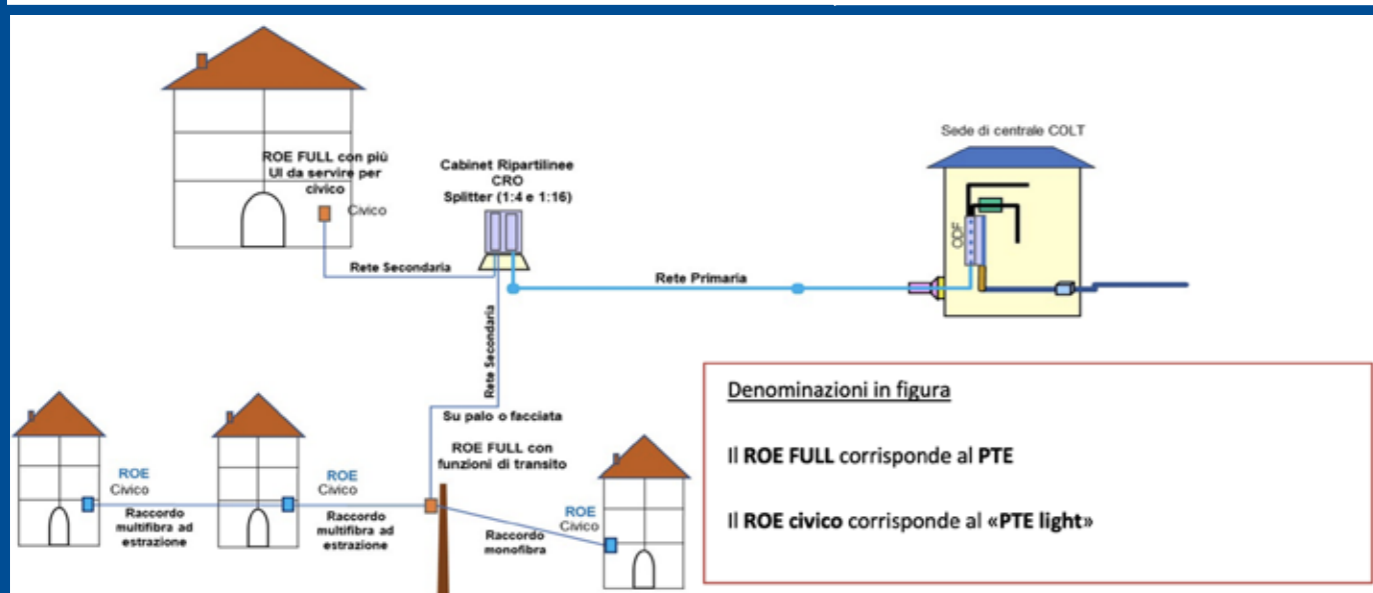
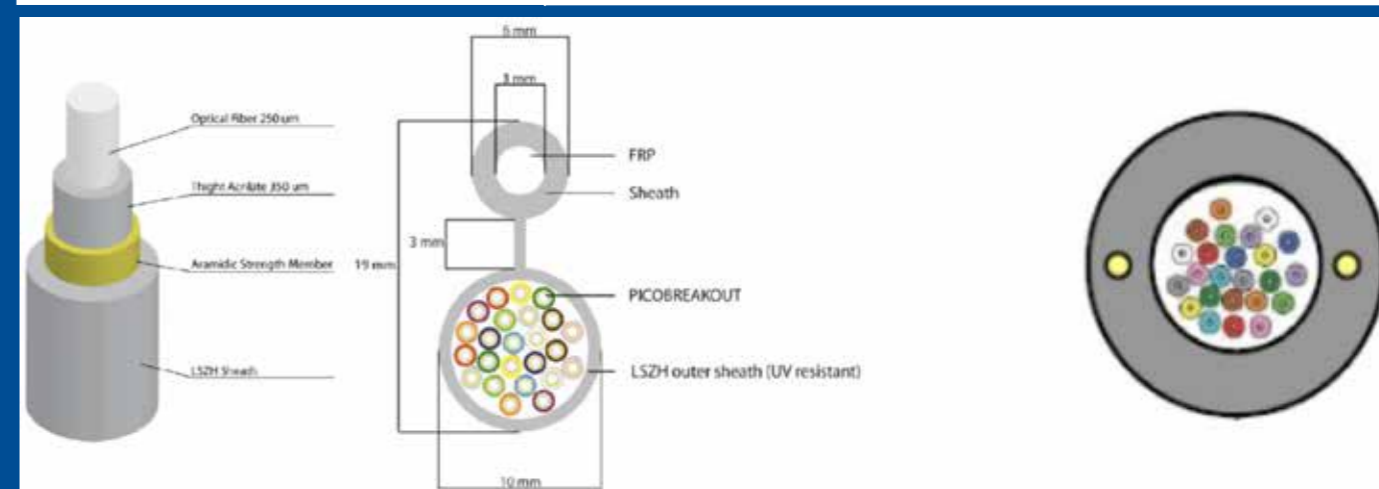


Figura B: Esempi di cavo multifibra ad estrazione per posa aerea (sx) e in facciata-sotterranea (dx)



Bibliografia/Urlografia

1. Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics, ITU-T G.984.1, Marzo 2008
2. Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Physical media dependent (PMD) layer specification, ITU-T G.984.2, Agosto 2019
3. Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification, ITU-T G.984.3, Gennaio 2014
4. 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON), ITU-T G.9807.1, Giugno 2016
5. 25GS-PON Specification 25 Gigabit Symmetric Passive Optical Network Version 2.0 Corrigendum 1, MSA Group, Febbraio 2022
6. 50-Gigabit-capable passive optical networks (50G-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification, ITU-T G.9804.3, Settembre 2021
7. Homepage - FiberCop, <https://www.fibercop.it/>
8. Wholesale (telecomitalia.it), <https://wdc.wholesale.telecomitalia.it/>
9. Offerta Fibra per internet a casa WiFi Power Smart | TIM, <https://www.tim.it/fisso-e-mobile/fibra-e-adsl/fibra-internet-casa>
10. Rete gruppo TIM, <https://rete.gruppotim.it/>

Acronimi

25GS-PON	25 Gigabit Symmetric Passive Optical Network	ODN	Optical Distribution Network
50G-PON	50-Gigabit-capable Passive Optical Network	OLT	Optical Line Termination
CEx	Coexistence Element	ONT	Optical Network Termination
CNO	Centro Nodale Ottico	ONU	Optical Network Unit
CRO	Cabinet Ripartilinee Ottico	PON	Passive Optical Network
FTTH	Fiber To The Home	PTE	Punto di Terminazione Edificio
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network	ROE	Ripartitore Ottico di Edificio
MPM	Multi Pon Module	WDM	Wavelength Division Multiplexing
MSA	Multi-Source Agreement	XGS-PON	10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network
NGA-VHCN	Next Generation Access-Very High Capacity Networks		

Autori



Gaetano Saverio Fanelli gaetanosaverio.fanelli@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica con specializzazione in Telecomunicazioni presso il Politecnico di Bari, è entrato in azienda nel 2000 nell'ambito del gruppo di Ingegneria della rete di Accesso Fisso. Ha contribuito alla validazione e successivo rilascio in esercizio dei primi apparati Broadband basati su tecnologia xDSL (DSLAM ADSL). Ha successivamente seguito l'evoluzione tecnologica occupandosi del processo di ingegnerizzazione degli apparati NGAN che implementano gli standard trasmissivi VDSL e xPON, tramite i quali si costruiscono le architetture FTTH. Ultimamente si è occupato dell'ingegnerizzazione degli apparati che abilitano la tecnologia XGS-PON (e le sue evoluzioni a 50G-PON e 25GS-PON), contribuendo al lancio dell'offerta commerciale dei servizi a 10Gbps su accessi FTTH. ■



Stefania Lisa stefania.lisa@telecomitalia.it

Laureata in Scienze dell'Informazione con Master in Ergonomia e TLC, è in azienda dal 1994. Ha seguito la progettazione e l'ingegnerizzazione di piattaforme e servizi multimediali (eLearning, Video Comunicazione, IPTV, DVB-T, DVB-H, OTT) bilanciando le esigenze degli utenti con le tecnologie abilitanti e le reti. Ha partecipato a vari progetti IST e gruppi di standardizzazione OMA. Ha coordinato molteplici gruppi di lavoro per le analisi e2e nel settore dei servizi video e della QoS/QoE correlata a reti e piattaforme. Dal 2015 è stata il riferimento di diversi progetti verticali, in ambito video e multimedia, per clientela consumer e business, per poi assumere da settembre 2020 la responsabilità dell'ingegneria dell'accesso fisso. In questo ambito i temi principali di cui si sta occupando sono le infrastrutture attive di centrale per soluzioni FTTH (fino alle soluzioni più evolute XGS-PON, 25GS-PON e 50G-PON), i prodotti per la realizzazione di optical distribution network e di collegamenti trasmissivi in ponte radio. ■



Antonio Maiolica antonio.maiolica@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica presso la Seconda Università degli Studi di Napoli, inizia l'esperienza in TIM nel 2001 nell'ambito della funzione di Esercizio e Manutenzione degli apparati trasmissivi della rete di Trasporto SDH, WDM e della rete di Sincronizzazione. Nel 2004 entra a far parte del gruppo di Ingegneria della rete di Trasporto e dal 2008 svolge la propria attività nella funzione di Ingegneria degli apparati di rete di Accesso Fisso, seguendo la validazione degli apparati Broadband DSLAM, Narrowband MSAN ed Ultrabroadband della rete NGAN. Di recente si è occupato di sperimentazioni di nuove tecnologie di servizi Ultrabroadband su rete fissa (G.fast, FWA 28GHz/60GHz). È ora impegnato nella ingegnerizzazione degli apparati XGS-PON della rete FTTH e delle tecnologie evolutive 25GS-PON e 50G-PON. ■



Paolo Mastronuzzi paolo.mastronuzzi@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica, con specializzazione in sensori e rilevatori, presso l'Università di Roma Tor Vergata, dopo alcuni anni di esperienza in consulenza nel settore IT, è entrato in azienda nel 2015 nel gruppo di Ingegneria della rete di Accesso Fisso. Si occupa della validazione degli apparati broadband e ultrabroadband e segue il processo di ingegnerizzazione ed industrializzazione degli apparati NGAN che implementano gli standard trasmissivi xPON, tramite i quali si costruiscono le architetture FTTH. Negli scorsi anni ha seguito attivamente la sperimentazione della tecnologia G.fast, ed, ultimamente, ha iniziato ad occuparsi dell'ingegnerizzazione degli apparati che abilitano la tecnologia XGS-PON (e le sue evoluzioni a 25GS-PON e 50G-PON). ■

5G Private Network: casi d'uso

Cristian Coccozza, Giuseppe Parlati, Antonio Simone, Riccardo Zanini



Le Reti Private Mobili 5G (MPN) sono quelle reti mobili il cui accesso è dedicato ad uso esclusivo del Cliente. I trend di mercato delle MPN, divulgati dalle principali aziende di analisi, sono molto promettenti e non lasciano dubbi sul fatto che questo sia un mercato che gli operatori devono presidiare. Inoltre, l'interesse non si ferma alla pura connettività, ma si estende verso i nuovi spazi riguardanti servizi innovativi per la trasformazione digitale, la Industry 4.0 e le piattaforme intelligenti.

Per questa ragione le Reti Private Mobili 5G rappresentano uno degli elementi fondamentali sui quali TIM punta per supportare le aziende nella Trasformazione Digitale e nella connettività evoluta. Si possono realizzare molteplici soluzioni architetturali MPN: si parte dalle tecniche di segregazione del traffico (es. slicing) applicato alle infrastrutture di rete pubblica, fino alle soluzioni completamente installate in casa del cliente (on-prem). TIM, tra queste, ha identificato un portfolio di soluzioni architetturali che possono essere di interesse per le aziende e che incontrano le diverse possibili esigenze concrete di mercato in termini di prestazioni, sicurezza, estensione geografica e - non ultimo - di budget.

Le Reti Private Mobili

Una Rete Privata Mobile (MPN) è una rete cellulare con accesso dedicato ad uso esclusivo del Cliente, abilitando la connessione unicamente alle SIM "private", ossia le SIM non pubbliche ma appartenenti al cliente della MPN (es. dipendenti, collaboratori, fornitori, partner, ...).

Trattandosi di reti protette dall'accesso di utenti "pubblici" ed essendo, tipicamente, non interconnesse né con la rete pubblica, né direttamente con Internet, le reti private garantiscono le performance massime in termini di **velocità di trasmissione**, di **latenza** (ritardo con cui viene trasmesso il dato), di **affidabilità** della rete e di **sicurezza** del dato.

In Bibliografia/Urlografia è possibile trovare diverse topologie architetturali per realizzare una MPN, come descritto in [1].

In particolare, tra le Reti Pubbliche e le Reti Private esistono molteplici architetture ibride che possono essere realizzate a seconda dei requisiti funzionali, prestazionali, organizzativi e non ultimo di budget:

- Public Network;
- Public Network con SLAs;
- Network Slicing (su Public Network)
- Public Network con una Infrastruttura Locale;
- Stand Alone Public Network con Frequenze dell'Operatore;
- Stand Alone Public Network con Frequenze non licenziate oppure Private.

In TIM un primo passo fondamentale è stato quello di identificare quattro possibili scenari architetturali per soddisfare le diverse esigenze di mercato. La Fig.1 rappresenta la tassonomia delle soluzioni rispet-

to al Livello di Accessibilità ed al Livello di Prossimità del Dato verso l'azienda cliente.

Di seguito descriviamo i 4 modelli architetturali e con il termine "**rete dedicata**" intendiamo quei modelli in cui delle risorse della rete pubblica vengono riservate all'uso esclusivo dell'impresa, ad esempio mediante l'uso dello Slicing.

1. Reti Private On-Net: questo scenario realizza una MPN attraverso una **rete mobile dedicata** su cui possono attestarsi diversi clienti, naturalmente con connettività separata e sicura. Questa architettura prevede un modulo di **Local-Breakout in sede del cliente**, permettendo quindi di segregare il traffico dati unicamente in sede del cliente, dove viene installato anche il **nodo Radio dedicato**. Le componenti installate dal cliente dialogano con la rete TIM per il traffico di controllo, oltre che per il monitoraggio del servizio (assurance).

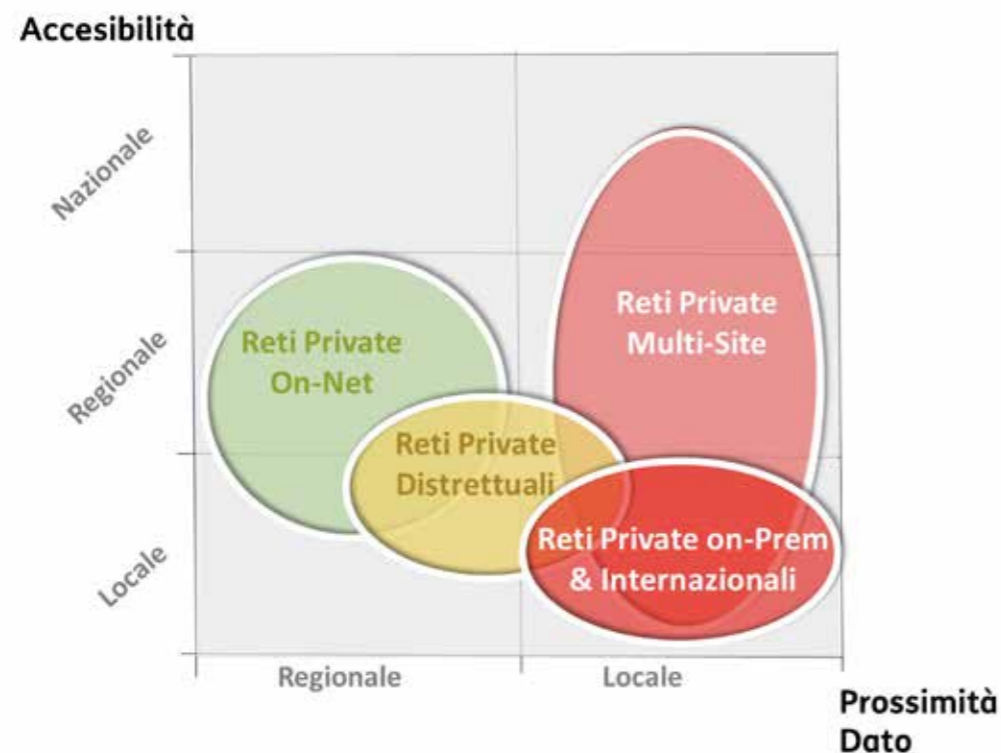
2. Reti Private Distrettuali: anche questo modello architetturale viene realizzato attraverso una rete mobile dedicata, ma i dati trasmessi sulla rete non vengono segregati nella sede di un singolo cliente, ma arrivano fino alla core network dedicata nel feeder più vicino al distretto industriale di cui il cliente fa parte. L'obiettivo è dare accesso a diversi clienti geograficamente vicini al distretto, così da beneficiare della bassa latenza, dato che il traffico dati si chiude nella core network del distretto.

3. Reti Private on-Premise & Internazionali: Queste sono le realizzazioni che vengono implementate interamente in sede del cliente (on-premise) e quindi, oltre al nodo radio, anche la core net-

work è dispiegata completamente on-prem. Naturalmente i dati sono totalmente segregati all'interno della sede del cliente. In questo scenario, l'unica tipologia di traffico che esce dalla sede cliente è quello di assurance per il monitoraggio del servizio da parte di TIM (o di un partner nel caso internazionale). Questo modello è esportabile potenzialmente anche all'estero. Le richieste potrebbero riguardare location estere soggette a digital-divide, dove non c'è disponibilità di connettività fissa verso l'esterno, fondamentale in ottica Assurance. In questo caso, a valle della MPN, occorre optare per connessioni satellitari per garantire al sito del cliente anche una connettività WAN per scopi di monitoraggio.

4. Reti Private Multi-Site: questa architettura è identica a quella on-prem precedentemente illustrata, ma con l'estensione per poter coprire più sedi di uno stesso cliente. In questo caso uno di questi siti (ragionevolmente l'Headquarter) dovrà includere la componente HSS, dove sono registrate le SIM aziendali dedicate al progetto. Le procedure di autenticazioni SIM ed il Control Plane passeranno quindi per questo sito. I dati, invece, saranno segregati nelle singole sedi quando è richiesto l'accesso al Data Center locale, dato che ognuna di esse include la componente di local-breakout. In ogni caso, da una sede periferica sarebbe possibile accedere al DC dispiegato presso l'HQ e viceversa.

Figura 1: Architetture di reti private potenzialmente implementabili secondo TIM



L'offerta commerciale TIM al momento riguarda l'architettura on-prem ([TIM 5G Private Network | TIM ENTERPRISE](#)). Di seguito (Fig.2) illustriamo un quadro sinottico dove per ognuno di questi modelli rappresentiamo dove vengono localizzate (in sede Cliente oppure in sede TIM) le principali componenti/servizi: Nodo Radio, Core Network, segregazione Dati, servizio di Assurance.

Questi elementi sono anche i fattori principali che concorrono alla identificazione della migliore architettura da realizzare rispetto alle esigenze del cliente.

Ad esempio, con la segregazione dei Dati all'interno della sede del cliente diminuisce la latenza ed aumenta la sicurezza del dato, che rimane confinato nell'ambiente di lavoro aziendale.

Altro elemento architetture che aggiunge grande valore alle MPN nell'ambito dei

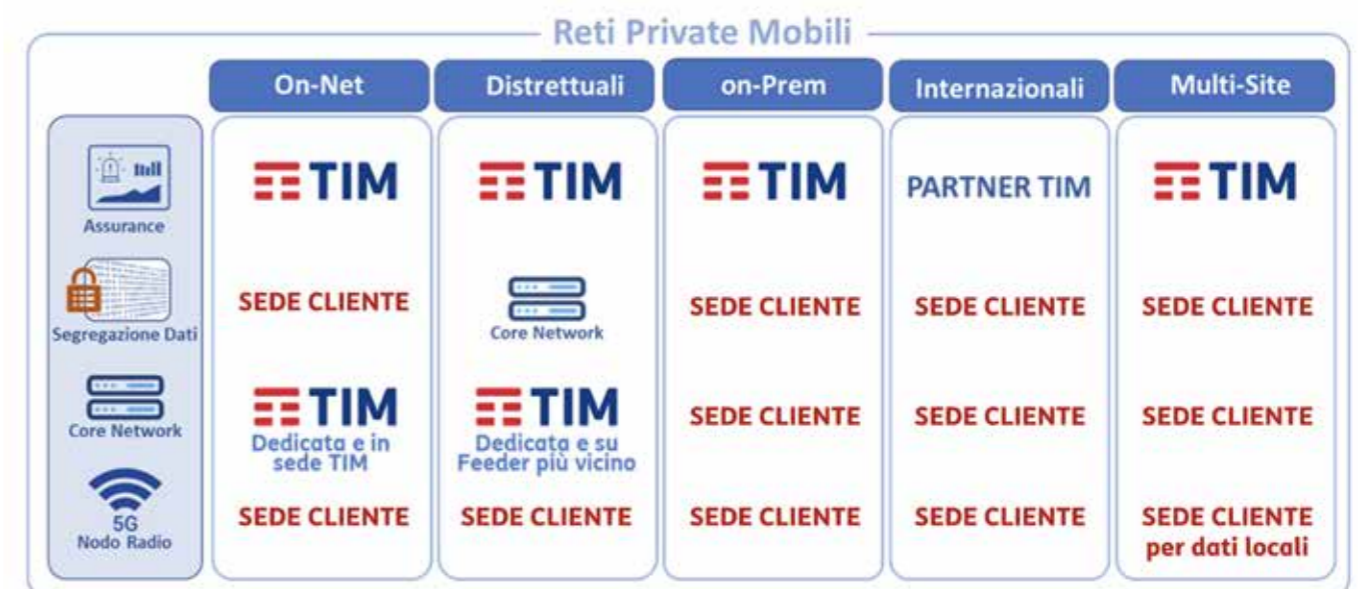
mercati verticali sono le Open RAN. In particolare, TIM, con la piattaforma Open SMO Framework (Progetto Restart: Open RAN e AI - a cura di M. Ludovico), permette di gestire soluzioni MPN ancora più flessibili e maggiormente aderenti ai requisiti di copertura specifici del Cliente.

Il mercato delle Reti Private

Anche se il mercato delle Reti Private è ancora agli inizi, le prime tendenze indicano che il mercato crescerà molto rapidamente, superando le **20.000 reti entro il 2026** con una spesa delle imprese che raggiungerà i **5 miliardi di dollari** [2].

In una ricerca più recente (2022), International Data Corporation (IDC) prevede che i ricavi delle infrastrutture wireless private in tutto il mondo raggiungeranno **8,3 miliardi di dollari entro il 2026**, con un

Figura 2: Confronto caratteristiche delle diverse architetture MPN



aumento significativo rispetto ai ricavi del 2021 pari a 1,7 miliardi di dollari. Inoltre, IDC prevede che, nel periodo 2022-2026, il mercato raggiungerà un “tasso di crescita annuale composto” di cinque anni (CAGR) del 35,7% [3].

Anche se la spesa prevista per le reti private nei prossimi 5 anni riguarda circa il 10% della spesa totale per le reti pubbliche, per gli operatori telco conquistare una quota di questo mercato è fondamentale per svariate ragioni:

- **Le MPN rappresentano una fonte di ricavi aggiuntivi** che, per i principali, operatori potrebbero corrispondere a **decine di milioni di dollari**;
- Le MPN abilitano la **crescita di nuovi mercati**: Digital Transformation, IoT, In-

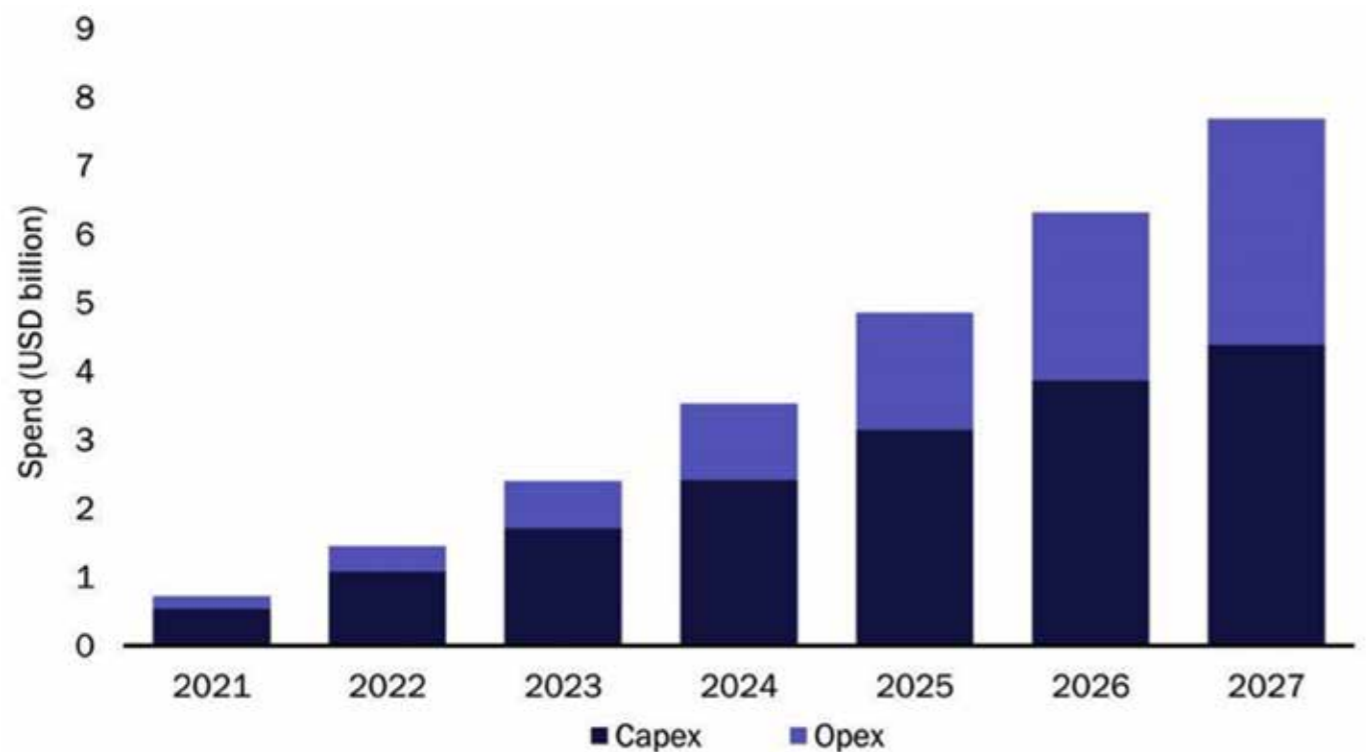
dustry 4.0, Manifatturiera, Edge Computing, ...

La Fig.3 rappresenta la previsione della spesa delle reti private in tutto il mondo pari a **7,7 miliardi di dollari nel 2027**, suddivisa per CapEx ed OpEx.

Secondo queste ricerche, le reti private avranno la forza di cambiare il paradigma della connettività nelle aziende e gli operatori avranno davanti a loro opportunità di business che andranno oltre la pura connettività, fornendo servizi e soluzioni applicative che genereranno **valore aggiunto**.

Ad esempio, la fornitura dedicata della rete e dello spettro diventa un punto di ingresso per la vendita di soluzioni come l'edge computing mobile, i servizi cloud, i servizi professionali e l'analisi dei dati.

Figura 3: Spesa delle reti private LTE/5G per tipo, in tutto il mondo, 2019-2026 [2]



Source: Analysys Mason

Molte organizzazioni, di diverse tipologie, stanno combinando i sistemi di connettività con sistemi di Big Data e Analytics per trasformare il loro modo di fare Operation, aumentare l'automazione e l'efficienza o fornire nuovi servizi ai propri utenti.

La connettività wireless su rete 5G consente di effettuare queste trasformazioni anche in ambienti dinamici, remoti o con stringenti requisiti di sicurezza, offrendo al contempo i vantaggi di scala di una tecnologia già implementata in tutto il mondo.

Infine, non è da trascurare la trasformazione digitale di grande interesse per quelle aziende che attualmente gestiscono reti private LMR/PMR basate su tecnologie “legacy” come TETRA, P25 e DMR. Questi clienti richiedono servizi critici a banda larga che non sono disponibili su tecnologie alternative e, di conseguenza, le reti mobili private basate su 5G hanno il potenziale per sostituire ed innovare gran parte di questo mercato.

Alcune delle Reti Private Mobili realizzate da TIM

Di seguito i principali progetti di reti private mobili che TIM ha realizzato.

La MPN 5G per la Smart Factory di Exor

Exor International, leader mondiale nello sviluppo di SOM (Systems on Module) e HMI, è la prima fabbrica italiana connessa in 5G grazie alla rete privata realizzata da TIM in collaborazione con Intel [5].

La fabbrica tradizionale si evolve in fabbrica connessa (Smart Factory), dove gli elementi caratterizzanti – macchinari, impianti e strutture – sono interconnessi e co-

municanti e dove l'operatività è intelligente grazie alle informazioni che, scorrendo real-time nella rete privata 5G, diventano protagoniste. L'intreccio di automazione, interazione e connessione realizza di fatto una fabbrica intelligente.

La soluzione implementata in Exor è una **private network “5G On-Premise”**, che include una componente di **core network completa** (“Core-in-a-Box”) e una componente di **accesso radio** in architettura NSA (Non Stand Alone), dispiegati presso la sede del cliente. La soluzione è completata da dispositivi utente 5G (smartphone, CPE), tramite i quali è possibile sfruttare la latenza estremamente bassa e l'implicita sicurezza dell'ambiente privato.

La rete privata 5G utilizza infatti un PLMN-ID dedicato e separato dal PLMN-ID della rete pubblica, garantendo la segregazione e la sicurezza del traffico di rete privata, che resta confinato alla sede del cliente: il traffico utente (user plane) è cifrato e sicuro dato che è totalmente confinato all'interno della rete aziendale (i dispositivi 5G si interfacciano esclusivamente con il Data Center in sede cliente).

Soltanto il traffico di management plane è gestito dai sistemi TIM, allo scopo di garantire il monitoring remoto e costante di KPI ed allarmi della rete privata (Fig.4).

Grazie a queste caratteristiche è possibile interconnettere le diverse macchine industriali garantendo una maggiore efficienza, affidabilità e sicurezza, migliorando in modo significativo il ciclo produttivo. Una rete privata e dedicata 5G garantisce infatti le migliori performance dal punto di vista del throughput, della latenza e sicurezza del dato.

La rete privata 5G è stata realizzata su frequenze sub 6GHz e mmWave. In particolare, sono state usate le frequenze a 1800

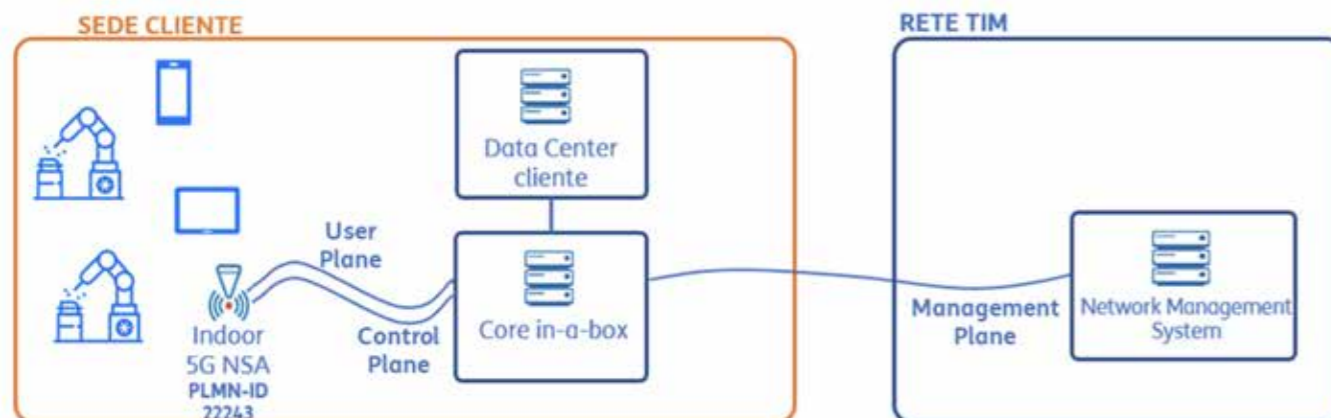
MHz e 2600 MHz per la componente di rete LTE e 3.7 GHz e 26 GHz per la componente di rete 5G. Nello specifico, le attività di laboratorio all'interno della Smart Factory consentono di sperimentare l'efficacia del 5G nel favorire la comunicazione di robot industriali connessi e il dispiegamento di soluzioni industriali edge-IoT che spostano l'elaborazione presso la linea produttiva del cliente.

Tra le prime applicazioni delle tecnologie 5G e di intelligenza artificiale rese disponibili da TIM e da Intel, è prevista l'implementazione di un progetto pilota per la realizzazione di una macchina di ispezione visiva della qualità. La macchina rileva automaticamente la presenza di imperfezioni con tempi near-real-time. Oltre a identificare i difetti, la soluzione è anche in grado di classificarli prima di inviare le informazioni agli operatori in fabbrica per una loro valutazione. Sarà possibile intervenire in tempo reale sui macchinari della linea di produzione per osservarne il funzionamento e per fare "Predictive Maintenance", in modo da prevenire eventuali guasti e fermi macchina.

La smart factory di Exor, avvalendosi della tecnologia 5G, mira ad aumentare la produttività e l'efficienza, eliminando i cavi all'interno delle linee di produzione e mantenendo l'affidabilità e la rapidità di trasmissione all'interno di un mercato che richiede sempre più risposte nel minor tempo possibile. Il 5G può offrire molteplici vantaggi ad un impianto di produzione come quello sperimentato in Exor, tra i quali:

- **Automazione dei sistemi:** alla base dell'Industry 4.0 vi sono i processi automatizzati e la digitalizzazione, fattori che contribuiranno ad ottimizzare la produzione industriale. Come mostrano alcuni degli scenari evidenziati sopra, il 5G fornisce l'affidabilità e la capacità trasmissiva necessarie per garantire che i sistemi industriali lavorino con la massima precisione e automazione;
- **Crescita dei ricavi:** il 5G fornirà alle aziende un percorso più agile per automatizzare i processi di produzione industriali: questo porterà ad una maggiore produttività e a una crescita dei ricavi;

Figura 4: Architettura semplificata della rete privata 5G



- **Nuovi business case:** l'introduzione del 5G nella Smart Factory fornisce una base tecnologica importante per gli sviluppatori di software e hardware e per costruire nuovi casi d'uso, che vanno dalla robotica fino all'edge computing o all'automazione. Gli use case di successo porteranno ad un aumento della produttività e abilitano nuove opportunità di generazione di ricavi.

La MPN 5G per l'Industry 4.0 di Bi-Rex

Bi-Rex è uno degli 8 Competence Center nazionali istituiti dal Ministero dello Sviluppo Economico nel quadro del piano governativo Industria 4.0, con focus specializzato sul tema Big Data.

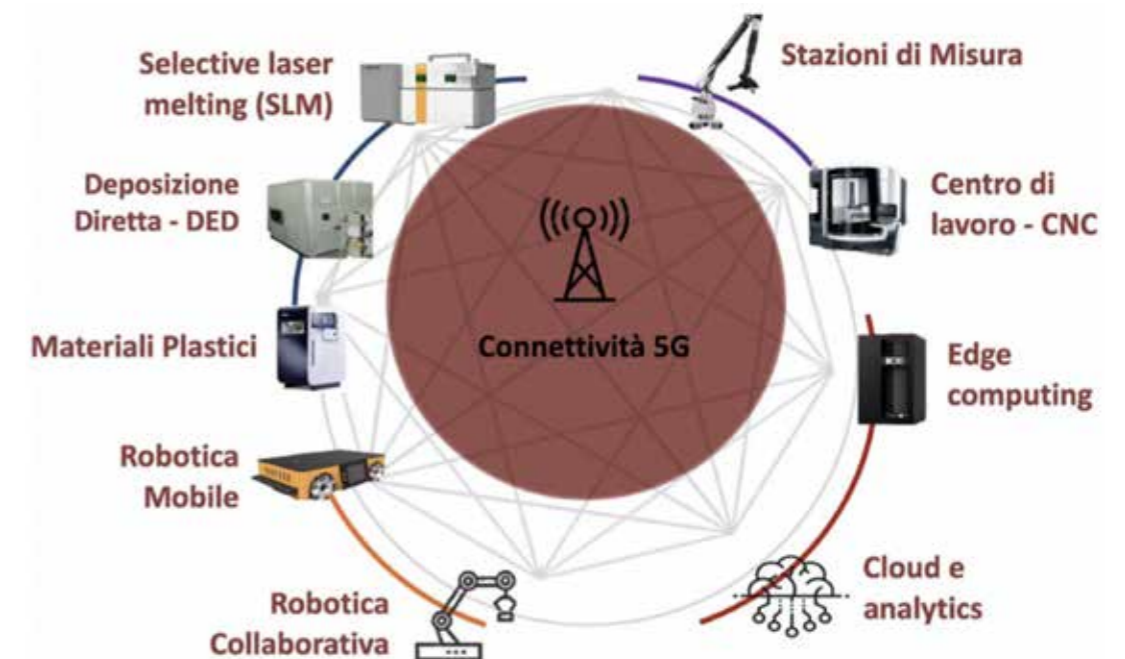
Nell'ambito di un accordo di partenariato [6], TIM ha messo a disposizione una rete dedicata 5G Non Stand Alone con accesso radio alle frequenze mmWave (26 GHz),

dispiegata presso la sede del Competence Center.

Passare dalla meccanizzazione all'Industria 4.0 - Smart Manufacturing - significa che tutta la produzione e non solo l'operatività diventa intelligente: la fabbrica, i prodotti, i dipendenti, i collaboratori, i partner e i clienti. Smart Manufacturing significa ottimizzare tutte le fasi della catena produttiva, grazie alla condivisione delle informazioni provenienti da ogni divisione aziendale: Operatività, Controllo e Governance.

Come nel caso Exor, il traffico della rete privata realizzata si chiude sul Data Center del cliente, garantendo la sicurezza del dato e le migliori performance di throughput e latenza erogate dalla rete privata 5G. Ciò consente di abilitare lo sviluppo di applicativi in ambito Industry 4.0 da integrare nella **linea pilota** di Bi-Rex (Fig.5).

Figura 5: Linea pilota Bi-Rex (6)



La linea pilota di Bi-Rex è un sistema produttivo completo a disposizione delle aziende su cui è possibile implementare e ottimizzare l'adozione di tecnologie abilitanti dell'Industria 4.0 per l'innovazione, attività di "test before invest" e formazione. La linea pilota è un esempio di fabbrica digitale del futuro, che sfrutta la connettività 5G per:

- Anticipare i processi di trasformazione digitale;
- Supportare l'innovazione tecnologica delle imprese;
- Aumentare il valore aggiunto dei prodotti aziendale.

La rete privata 5G TIM rappresenta l'abilitatore tecnologico per sfruttare le opportunità commerciali in ambito Industry 4.0, sperimentando use case e progetti ad hoc nell'ambito dello Smart Manufacturing. In particolare, la collaborazione fra TIM e Bi-Rex prevede lo sviluppo di use case quali:

- Quality control con robot mobile che raccoglie dati dal plant inviandoli al Data Center;
- Applicazioni Push-to-Talk per servizi di sicurezza sul lavoro (man down);
- Applicativi di realtà aumentata e virtuale per sfruttare le potenzialità di "edge computing" messe a disposizione dalla rete privata.

La Rete Privata 5G per la Carpenteria Meccanica di Ilmea

Ilmea, una azienda del Salento particolarmente attenta all'innovazione, produce carpenteria meccanica pesante e leggera e ha deciso di puntare sulla rete privata del 5G per fare un salto decisivo verso il paradigma "Industria 4.0".

L'obiettivo principale è quello di raggiungere gli alti standard di ottimizzazione dei

processi e di monitoraggio dei sistemi industriali interni.

La Private Network 5G di TIM è risultata la migliore soluzione per abilitare l'interconnessione delle macchine e la produzione di dati funzionale agli obiettivi di business, basandosi sui molteplici punti di forza della rete privata 5G: un perimetro privato in alta sicurezza grazie all'utilizzo di frequenze radio licenziate, alta velocità, bassa latenza e la possibilità di non prevedere cablaggio. In particolare, quest'ultimo aspetto permette il cambio di linee di produzione con cablaggi tradizionali che comporta un notevole abbassamento dei tempi di fermo; si passa infatti dai trenta giorni del passato alle poche ore di fermo attuali.

L'adozione della rete privata avrà una estensione molto ampia sulle attività di Ilmea ed impatterà molteplici processi come: le operazioni di gestione e monitoraggio della produzione, il monitoraggio delle prestazioni delle macchine, la manutenzione condizionale e predittiva, l'analisi statistica della qualità e la visualizzazione degli allarmi ed il loro invio tramite mail o messaggi istantanei.

Non ultimo, la possibilità di essere connesso con un mondo dinamico e che possa rispondere alle esigenze dell'attuale mercato con tempi di risposta immediati.

Da un punto di vista implementativo, TIM ha installato presso la sede cliente una Rete di Accesso Radio indoor in tecnologia 5G NSA su frequenze licenziate e PLMN-ID dedicato e separato dalla rete pubblica, connessa ad una Core Network locale dedicata al cliente. La rete privata TIM è connessa direttamente all'Application Server locale del cliente dove sono dispiegate le applicazioni di gestione e monitoraggio della produzione.

Conclusioni

I trend positivi degli analisti relativi al mercato delle Reti Private Mobili trovano al momento un evidente riscontro nelle numerose richieste, da parte sia di grandi aziende, sia di PMI, per la realizzazione di attività di sperimentazione e di realizzazione di reti private 5G come abilitatori di trasformazioni digitali, che rendono le aziende "Smart" attraverso una gestione e un controllo dei processi, dei macchinari e delle persone completamente automatizzato e real-time. Occorre avere soluzioni ad architetture

diversificate che riescano ad ottimizzare le risposte tecnologiche ai requisiti specifici che ogni azienda richiede. Questo grado di flessibilità permette di coprire numerosi scenari di business e di use case.

Le reti private 5G sono un primo tassello verso la connettività evoluta; sono già disponibili altre tecnologie innovative di rete, come ad esempio l'Edge Computing, che in sinergia con le reti private possono spingere i limiti delle prestazioni e della sicurezza dei dati ancora più là, ampliando e perfezionando tutti gli scenari realizzativi. ■

Connected Ports & Ships

Tra i mercati verticali che hanno mostrato maggiore interesse nelle Reti Private Mobili 5G (MPN) c'è sicuramente quello dei porti. Esistono circa 2.000 porti in tutto il mondo e la Commissione Europea prevede che la quantità di merci movimentate dai porti della sola Unione Europea aumenterà del 50% entro il 2030 [7].

L'aumento del traffico merci, inoltre, richiede navi più grandi e maggiori spazi nei porti, cosa che rende fondamentale ottimizzare l'uso dei piazzali. Per supportare queste crescite, le MPN 5G sono un elemento dal quale non si può prescindere, sia per assicurare una connettività evoluta ad alte prestazioni, sia per abilitare una trasformazione digitale basata su automatismi, monitoraggio re-

moto e più in generale servizi innovativi, che aumentino l'efficienza dei processi attuali.

L'interesse per le MPN si estende ovviamente anche alle navi mercantili e passeggeri, che fanno parte dell'ecosistema portuale e che quindi possono beneficiare dei vantaggi che queste introducono per migliorare le attività operative ed introdurre nuovi servizi.

Smart Port

Rendere i porti intelligenti significa realizzare servizi avanzati che coprano molteplici ambiti: le operazioni di arrivo e partenza delle navi, il carico

e scarico di container, la logistica, i magazzini, il trasporto interno dei container, l'arrivo dei container via terra, la videosorveglianza, la sicurezza delle persone e degli asset fisici e molto altro.

Il tutto deve essere corredato da centrali operative digitali per la gestione ed il controllo dell'intero porto.

Come TIM, nell'ambito del progetto europeo Horizon 2020 "Corealis - The Port of the Future", assieme ad Ericsson, Autorità Portuale di Livorno, CNIT e Fondazione Eni Enrico Mattei, abbiamo partecipato ad una implementazione realizzando un progetto di MPN 5G Non-Standalone con l'obiettivo di aumentare la produttività del porto e velocizzare le operazioni di carico/scarico delle merci, riducendo i tempi di transito dei beni e di

inattività delle navi, continuando a garantire livelli alti di sicurezza sul lavoro [8, 9].

Il filo conduttore del progetto è stato quello di porto connesso digitalmente, abilitati da applicazioni di AI, IoT, AR/VR e Digital Twin, dove macchine, telecamere, sensori, dispositivi ed esseri umani sono in grado di connettersi ad un'infrastruttura di rete per poter condividere informazioni istantaneamente, migliorando i processi logistici (Fig.A).

Smart Ship

Anche per le navi c'è un forte interesse come ulteriore scenario di applicazione delle Reti Private 5G. La Digital Transformation nel mondo marittimo riguarda le varie tipologie di imbarcazioni e le

Figura A: Schema dei componenti principali della sperimentazione - Ericsson (3)

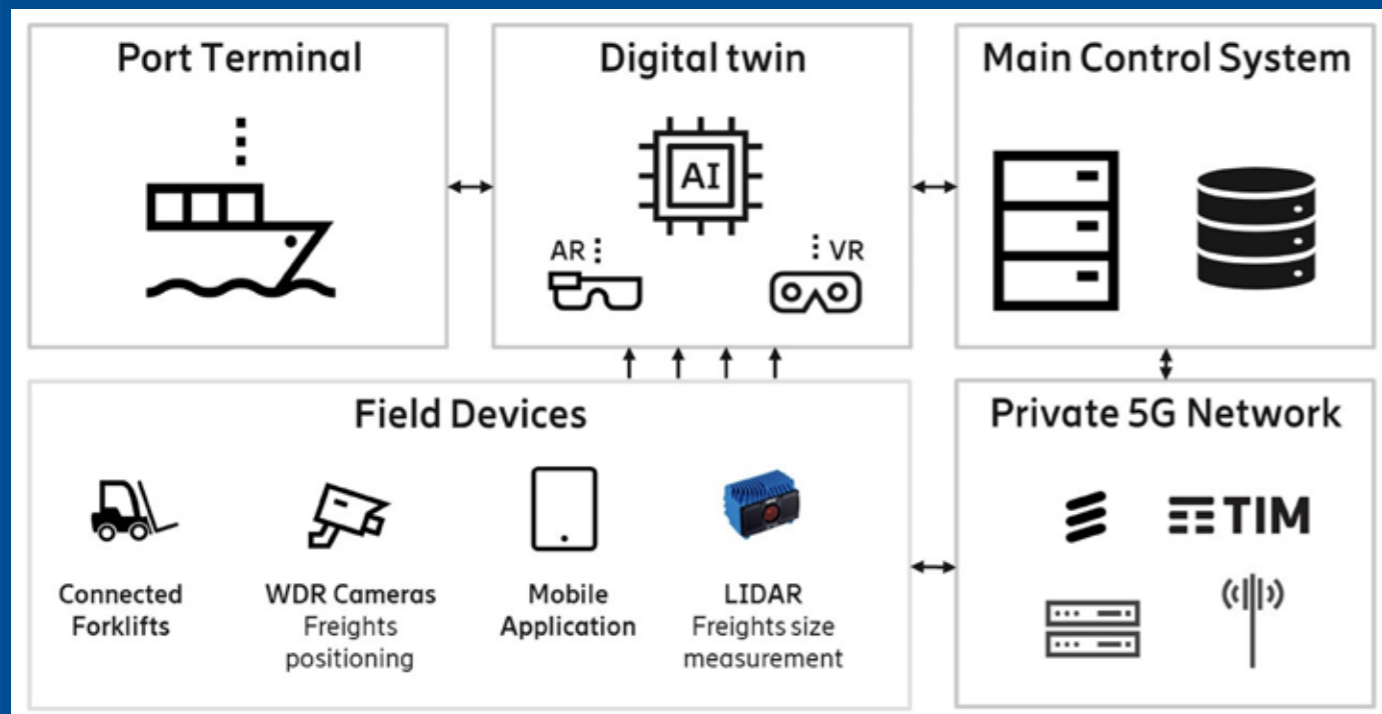
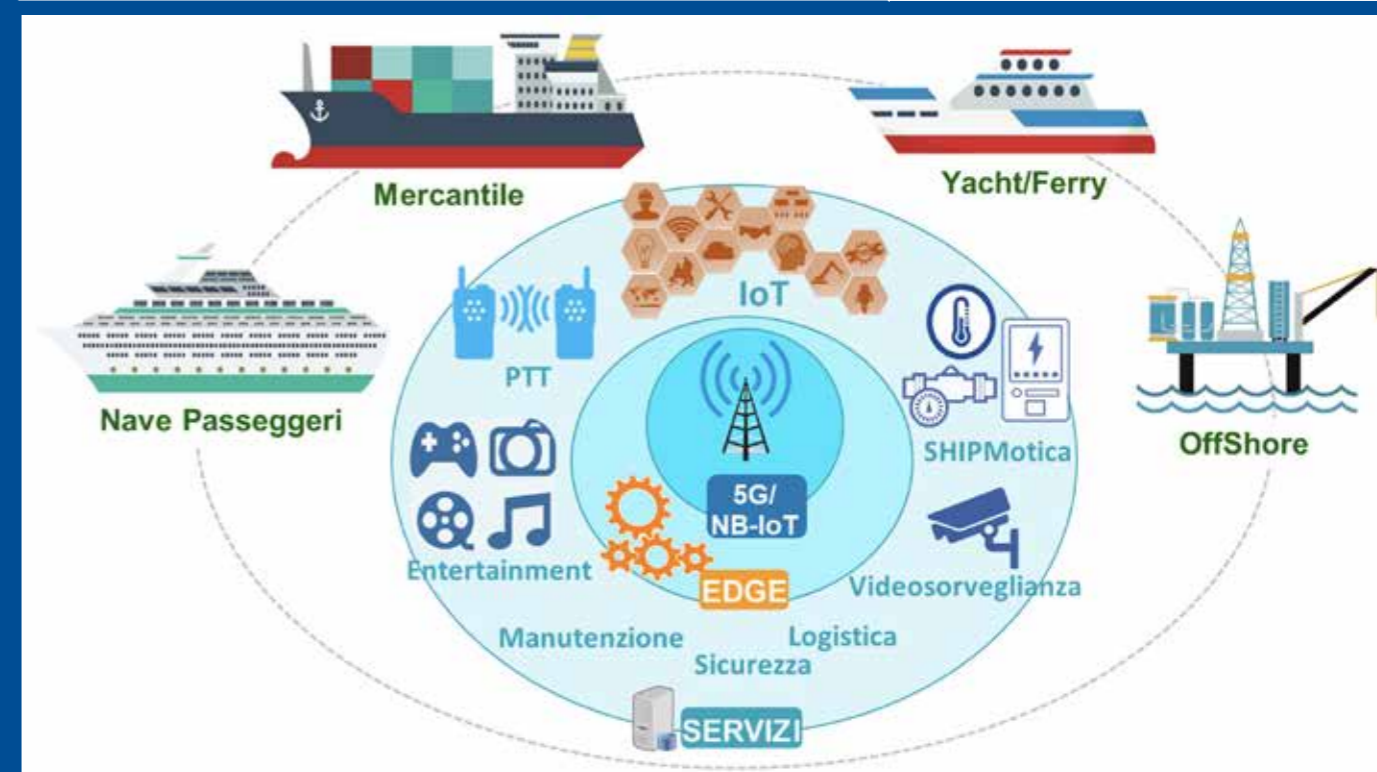


Figura B: Casi d'uso per le "Smart Ship"



piattaforme offshore, sia in termini di connettività che servizi ad elevato valore aggiunto.

Fra questi citiamo l'intrattenimento sulla nave, la sensoristica IoT coi servizi di monitoraggio delle funzioni degli apparati a bordo ("SHIPmotica"), il Push-to-Talk per la comunicazione avanzata fra i membri dell'equipaggio, la manutenzione predittiva ed assistita, videosorveglianza, sicurezza e logistica. Per i servizi che non richiedono la connettività con le reti terrestri, si può prevedere il dispiegamento di un nodo edge a bordo, che eviti il ricorso alla costosa connettività satellitare per il traffico dati solo locale (Fig.B).

Le "Smart Ship" possono usufruire nella fase di attracco dei vantaggi che offrono gli "Smart Port". In quest'ottica di intersezione fra la connettività portuale e della nave, TIM sta lavorando al progetto bandito dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e denominato "5G-assisted Maritime Autonomous Surface Ship" (5G MASS). Il consorzio, che include anche CNIT, Fly Sight, Cetena-Fincantieri e Grimaldi Lines, ha l'obiettivo di realizzare una infrastruttura che possa assistere il pilota di una nave durante la fase di attracco nel Porto di Livorno, grazie allo scambio di informazioni fra i dispositivi a bordo nave e i sistemi digitali del porto, abilitati dalla rete 5G [10, 11].

pasquale.lorusso@telecomitalia.it
giuseppe.parlati@telecomitalia.it

Reti Private 5G e Use Case innovativi Le esigenze delle aziende in ambito manufacturing

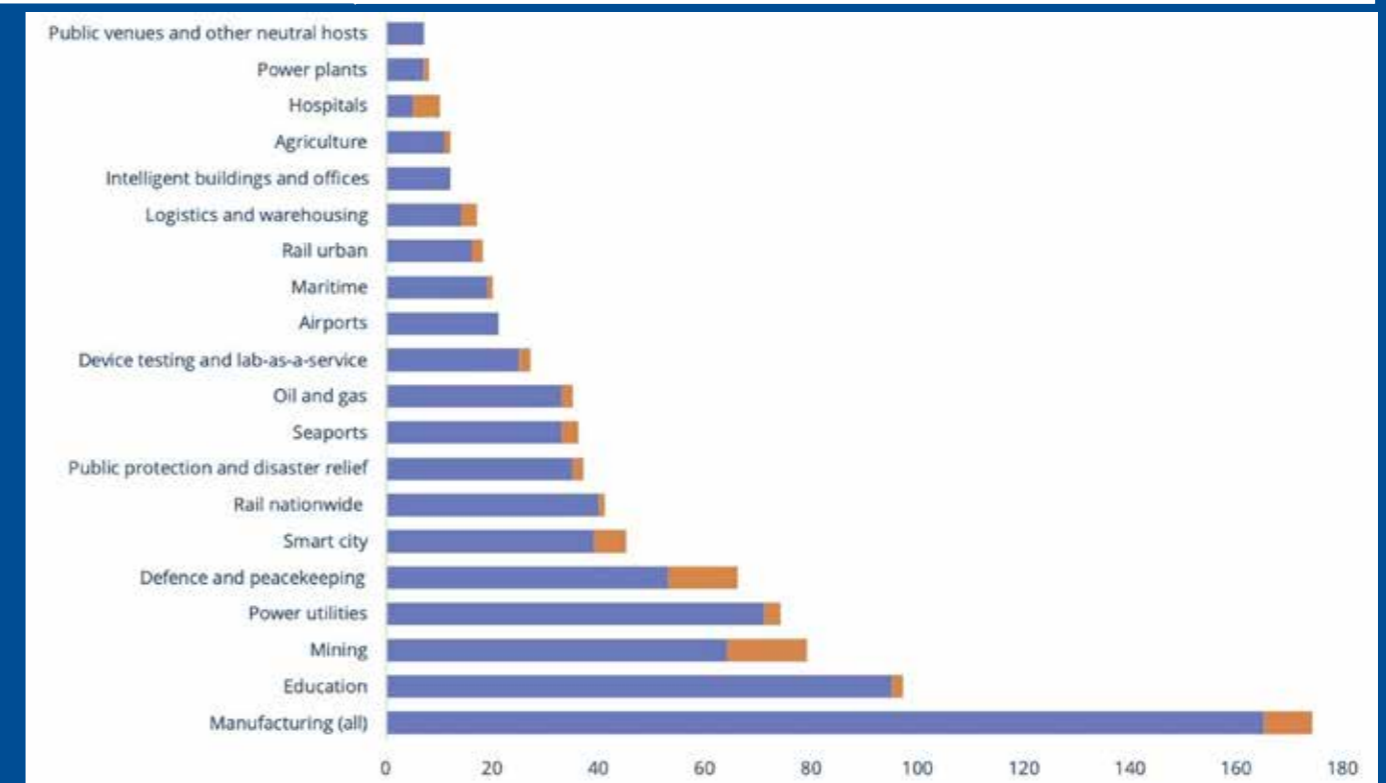
L'industria manifatturiera risulta uno degli ambiti verticali più rilevanti e al momento più attivi per le Mobile Private Network (MPN), dove le tre caratteristiche fondamentali delle reti 5G (banda, latenza, elevato numero di dispositivi), unite al dispiegamento di reti private dedicate al singolo cliente, possono e potranno fare progressivamente sempre più la differenza.

Secondo un recente report di Analysys Mason [12], la spesa per la realizzazione di MPN salirà fino a 7,7 miliardi di dollari nel 2027, di cui è previsto che il 35% sia coperto dal solo settore manifatturiero. Altro elemento di interesse che rafforza

il ruolo chiave dell'ambito manufacturing viene dal report della Global mobile Suppliers Association (GSA) sulle reti private [13, 14], dal quale emerge che questo sia il verticale dominante, con più di 160 clienti che hanno realizzato MPN commerciali o stanno effettuando trial, pari al 17% dei 955 dispiegamenti registrati da GSA a livello mondiale (Fig.A).

Fra le esigenze principali, per cui abbiamo rilevato interesse del mercato in ambito manufacturing, la flessibilità nei processi produttivi è sicuramente uno dei punti cardine. In ambi-

Figura A: Numero di implementazioni di Mobile Private Network per settore – GSA (3)



to automazione industriale, abbiamo registrato l'interesse di diverse aziende con sedi dislocate sul territorio nazionale, che hanno la necessità di raccogliere ed aggregare centralmente dati da un numero elevato di sensori IoT, trasmettere i flussi video di telecamere e termocamere per scopi di sicurezza, garantire la connettività voce e dati fra i dipendenti (Push-To-Talk), oltre ad abilitare use case di realtà aumentata e virtuale (AR/VR), anche per la "smart maintenance".

Oltre alla connettività fra diversi stabilimenti, nei casi di aziende manifatturiere con un singolo impianto industriale, la flessibilità della connettività wireless, unita all'affidabilità dei servizi gestiti dall'operatore mobile su frequenze licenziate, si traduce nello scenario di "cable replacement".

In questo contesto la connettività senza fili può aumentare in modo consistente l'efficienza nella riconversione degli impianti industriali, storicamente cablati, accelerando l'adattamento periodico delle linee ai rinnovati processi produttivi, riducendo i periodi di fermo macchina. Nel contesto industriale la presenza dei robot diventa fondamentale per ridurre il rischio del personale, ad esempio nelle zone soggette ad elevate temperature.

In questo contesto un robot antropomorfo può essere programmato e pilotato dall'esterno della zona a rischio tramite connettività di rete mobile, che garantisce libertà di movimento e tempi di controllo ridotti, grazie al dispiegamento dell'intera rete "on-premise". Questi sono solo

alcuni esempi degli scenari più ricorrenti che registriamo in ambito manufacturing, dove le reti private giocheranno progressivamente un ruolo chiave per abilitare nuovi use case innovativi (Fig.B), proponendosi come abilitatore tecnologico, che sostituisca le altre reti di accesso già dispiegate, diventando una "rete unica" pronta per le evoluzioni future dei processi produttivi. Il 5G avrà un ruolo di primo piano nel supportare la digitalizzazione delle imprese anche gra-

zie alle evoluzioni previste dalla tecnologia, che mirano a facilitare l'integrazione del mondo IT (Information Technology) ed OT (Operational Technology).

Ad esempio, l'introduzione del 5G Time Sensitive Communication consentirà una comunicazione deterministica tra i dispositivi degli impianti industriali, garantendo il mantenimento del sincronismo degli stessi ed un trasporto dell'informazione veloce e affidabile.

pasquale.lorusso@telecomitalia.it

Figura B: Casi d'uso in ambito manufacturing



Bibliografia/Urlografia

1. GSMA, "5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0", <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-GSMA-5G-IoT-Private-and-Dedicated-Networks-for-Industry-4.0.pdf>, ottobre 2020
2. Analysys Mason. "Private LTE/5G networks: worldwide trends and forecasts", <https://www.analysismason.com/research/content/regional-forecasts-/private-5g-networks-forecast-rma17/>, Settembre 2022
3. IDC, "Worldwide Private LTE/5G Wireless Infrastructure Market Set to Reach \$8.3 Billion by 2026", <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48948422>, 14 marzo 2022
4. TIM, "TIM with EXOR International for the first 5g-connected factory", <https://www.gruppotim.it/en/press-archive/market/2021/PR-TIM-EXOR-Intel-25062021-EN.html>
5. TIM/Bi-Rex, "TIM E BI-REX INAUGURANO LA RETE 5G PER L'INDUSTRIA 4.0", https://bi-rex.it/wp-content/uploads/2022/01/Comunicato-Stampa-TIM-BI-REX_DEF.pdf
6. TIM, "TIM, Ilmea è tra le prime aziende a dotarsi di una rete privata 5G", <https://www.affaritaliani.it/economia/notizie-aziende/tim-la-prima-azienda-a-dotarsi-di-una-rete-privata-5g-e-nel-salento-835473.html#:~:text=Ilmea%2C%20storica%20azienda%20metalmeccanica%20del,servizio%20della%20competitivit%C3%A0%20delle%20imprese>
7. Ericsson, "Connected Ports – A guide to making ports smarter with private cellular technology", <https://www.ericsson.com/en/enterprise/forms/connected-ports>, February 2021
8. Ericsson, TIM, Authority Port of Livorno, CNIT, EU Commission, "5G Port of the Future", <https://www.ericsson.com/4acfd1/assets/local/cases/customer-cases/2019/5g-port-of-the-future-2019.pdf>
9. Ericsson, "Uno sguardo ai gemelli digitali nelle operazioni portuali", <https://www.ericsson.com/it/blog/2020/12/digital-twins-port-operations>, Marzo 2021
10. Guardia Costiera, Al Comando generale il 1° incontro per lo sviluppo del progetto "5G Maritime Autonomous Surface Ships", Giugno 2022, <https://www.guardiacostiera.gov.it/stampa/Pages/Maritime-Autonomous-Surface-Ships.aspx>
11. CNIT, JointLab Seaports – Activity <https://jlab-ports.cnit.it/activity/>
12. Analysys Mason. "Private LTE/5G networks: worldwide trends and forecasts", <https://www.analysismason.com/research/content/regional-forecasts-/private-5g-networks-forecast-rma17/>, Settembre 2022
13. Reports GSA | TelecomTV, "Private mobile deployments near 1,000 mark", <https://www.telecomtv.com/content/private-networks/private-mobile-deployments-near-1-000-mark-reports-gsa-46219/>, Dicembre 2022
14. GSA, Private-Mobile-Networks December-2022 Summary, <https://qsacom.com/paper/private-mobile-networks-december-2022-summary-report/>, Dicembre 2022

Acronimi

CaPex	Capital Expenditures	NSA	Non-Standalone
CPE	Customer Premises Equipment	OpEx	Operational Expenditures
DC	Data Center	P25	Project 25
DMR	Digital Mobile Radio	PA	Pubblica Amministrazione
HMI	Human-Machine Interface	PLMN	Public Land Mobile Network
HQ	Head Quarter	PMR	Private Mobile Radio
IDC	International Data Corporation	RAN	Radio Access Network
IoT	Internet of Things	SLA	Service Level Agreement
LAN	Local Area Network	SOM	Systems on Module
LMR	Land Mobile Radio	TETRA	Terrestrial Trunked Radio
MPN	Mobile Private Network	WAN	Wide Area Network

Autori



Cristian Cocozza cristian.cocozza@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni, dopo una breve parentesi in Marina Militare è entrato in Telecom Italia nel 2001. Nei primi anni lavorativi ha approfondito gli aspetti di business development per progetti di innovazione, occupandosi in particolare degli aspetti di exploitation verso i canali commerciali. Ha sviluppato esperienze di pianificazione tecnologica, contribuendo al lancio e allo sviluppo del Piano Tecnologico di Gruppo. Conseguita la certificazione PMP® è passato ad occuparsi di Project & Portfolio management gestendo in prima persona progetti di sviluppo in ambito tecnologico. Attualmente, è responsabile della funzione Portfolio Management all'interno di Technology and IT Planning, Engineering & Innovation con l'obiettivo di gestire il portfolio di prodotti/soluzioni tecnologiche a supporto delle operations e delle funzioni commerciali nell'ambito dei vertical 5G, IoT ed edge cloud. ■



Giuseppe Parlati giuseppe.parlati@telecomitalia.it

Laureato in Scienze dell'Informazione, si è occupato di ricerca scientifica in ambito Algoritmi Paralleli e Distribuiti Fault-Tolerant presso l'Università di Salerno e la Columbia University (NY), pubblicando diversi articoli scientifici su riviste e conferenze internazionali. Entrato nel Gruppo TIM nel 1997, si è unito al gruppo di innovazione VAS e successivamente ai principali progetti di Digital Transformation e di Innovazione, occupandosi principalmente dei Portali Consumer, Customer Care e Dealer. Attualmente lavora in ambito Product Portfolio Management di TIM e si occupa di promuovere servizi innovativi verso il Marketing. Ha conseguito le certificazioni PMP e SCRUM MASTER I. ■



Antonio Simone antonio.simone@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni, è in TIM dal 2020. Attualmente opera, in ambito Network Engineering & Innovation, nella funzione di Portfolio Management, dove è coinvolto nelle attività di definizione ed evoluzione delle offerte di reti private 5G. Si occupa inoltre del supporto verso le linee pre-sale nell'ambito della progettazione di soluzioni verticali 5G & IoT. In passato ha lavorato sui temi di evoluzione e ottimizzazione delle reti mobili 4G & 5G, coordinando in particolare la gestione di progetti in ambito SON (Self Organizing Network). ■



Riccardo Zanini riccardo.zanini@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni, con esperienza di oltre 20 anni nel settore della telefonia dove ha ricoperto ruoli di responsabilità in ambito radio system engineering, ottimizzazione end-to-end di rete e certificazione device mobili e fissi. Per oltre 10 anni ha collaborato con Politecnico di Torino come docente di corsi di laurea del dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni. In TIM dal 2020 in qualità di Project manager nella funzione Portfolio Management all'interno di Technology and IT Planning dove gestisce il ciclo di vita di prodotti e soluzioni di rete per il mercato Business. ■

5G from space

Giovanni Romano, Lorenzo Santilli



Il 3GPP ha completato a marzo 2022 le specifiche tecniche della tecnologia 5G via satellite. Questo è il prossimo passo nell'evoluzione delle comunicazioni mobili via satellite per utilizzare il proprio smartphone ovunque, anche in aree non coperte da alcuna rete cellulare "terrestre". Già oggi sono disponibili soluzioni di comunicazione broadband da satellite in ambito residenziale o business e alcune soluzioni proprietarie per inviare messaggi di emergenza da telefonini commerciali.

La specifica del 5G via satellite apre un nuovo ecosistema che sfrutta le economie di scala dei sistemi cellulari terrestri. TIM, che già offre una soluzione di connettività residenziale via satellite a clienti in aree remote, è fortemente attiva nell'ambito di progetti finanziati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per sperimentare soluzioni pre-commerciali e quindi mettere a portafoglio questi servizi.

Spesso nei film di avventura si vede l'agente segreto utilizzare un telefono satellitare per comunicare dai posti più remoti del mondo. Questo potrebbe non essere più un privilegio per pochi con l'avvento del 5G via satellite. Infatti, anche in Europa una copertura totale del territorio mediante tecnologia radiomobile non può essere garantita e spesso la vita degli escursionisti in aree remote è a rischio per l'assenza di comunicazioni. Per esempio, il Soccorso Alpino ha indicato che il numero di interventi nel 2019 ha superato quota 10.000 ed è cresciuto del 7% rispetto al 2018 [1]. La possibilità di comunicare tempestivamente e ovunque potrebbe quindi salvare molte vite.

Questa esigenza ha spinto molti produttori di smartphone a fare annunci relativi alla possibilità di comunicare almeno in modo limitato via satellite utilizzando soluzioni pre-5G, come quanto dichiarato da Apple sulla possibilità di alcuni modelli di inviare messaggi utilizzando la rete satellitare Globalstar [2].

Chiaramente, le applicazioni del 5G via satellite non si limitano ai servizi di emergenza ma permettono di offrire una molteplicità di servizi sia per clienti consumer sia business, come ad esempio in ambito agricoltura, operazioni minerarie, logistica, tracciamento delle merci ma anche intrattenimento a bordo di navi ed imbarcazioni.

Il vantaggio del 5G rispetto alle soluzioni già esistenti è la disponibilità di uno standard comune, che permette di comunicare utilizzando costellazioni diverse e terminali di fornitori diversi, sfruttando quindi le economie di scala dei sistemi cellulari terrestri. Inoltre, uno degli obiettivi del 5G via satellite è quello di permettere comunicazioni voce e dati con terminali di piccole dimen-

sioni, idealmente i nostri smartphone senza necessità di adattamenti ad-hoc.

Questo articolo riassume alcune delle ultime tendenze relative alle comunicazioni via satellite e fornisce lo stato della standardizzazione del 5G NTN (Non-Terrestrial Networks). Infine, sono illustrate alcune delle attività di ricerca che TIM effettua in collaborazione con altri partner industriali.

Soluzioni pre-5G

TIM già offre una soluzione di connettività residenziale via satellite [3], sfruttando la capacità messa a disposizione dal satellite Konnect di Eutelsat (Fig.1). Negli ultimi mesi sono stati molti gli annunci di lanci di satelliti per comunicazioni personali in ambito broadband fisso e di supporto di comunicazioni via satellite, seppur limitate, da parte di smartphone commerciali.

Queste soluzioni sono tipicamente basate sull'impiego di infrastrutture satellitari realizzate in orbite più basse di quella geostazionaria (GEO, Geostationary-Earth Orbit), a circa 36.000 Km dalla Terra), denominate Medium-Earth Orbit (MEO, a circa 8.000 Km) e Low-Earth Orbit (LEO, tra i 500 e i 1.200 Km). La realizzazione di queste costellazioni è stata sostenuta dalla convergenza di una serie di fattori incentivanti, come la riduzione dei costi di produzione, lancio di satelliti e la massiccia mole di investimenti pubblici e privati confluiti in questo settore, considerato ad alto potenziale.

L'impiego di tecnologie trasmissive sempre più in linea con quelle utilizzate nei sistemi radiomobili di ultima generazione come massive MIMO e beamforming, unite all'uso di orbite non-GEO, ha creato le condizioni

per applicazioni broadband fisso via satelliti o per comunicazioni a basso throughput dirette verso smartphone.

Infatti, le prestazioni per il cliente in ambito fisso sono assimilabili a quelle di una connessione broadband grazie alla minore latenza e all'utilizzo di frequenze millimetriche (bande V e Ka), in grado di incrementare notevolmente la banda disponibile rispetto alle connessioni satellitari GEO. Inoltre, l'impiego di tecniche trasmissive di nuova generazione permette di ridurre la dimensione del terminale utente, fino ad arrivare a quella di uno smartphone, abilitando comunicazioni a basso throughput, ideali per servizi di emergenza.

Le stesse funzionalità tecniche sono utilizzate anche per realizzare soluzioni di connettività di tipo Internet of Things, utilizzando sia tecnologie standard come NB-IoT o proprietarie come Sigfox e LoRa, con apparati radio molto contenuti a bordo di satelliti di dimensioni ridotte (pico/nano satelliti), denominati cubesat per la loro caratteristi-

ca composizione modulare a cubetti di 10 centimetri di lato e peso inferiore ai 2 Kg. I servizi di comunicazione possono essere realizzati su un'unica o su più costellazioni, ad esempio LEO e GEO che si interfacciano tramite link laser, per capitalizzare le potenzialità di ciascuna infrastruttura, tipicamente capacità e latenza dei satelliti LEO e la copertura dei GEO.

In ambito fixed-broadband le iniziative più concrete le stanno realizzando SES Networks in orbita MEO e SpaceX e Oneweb su LEO. Si tratta di costellazioni di satelliti che offrono copertura globale e prestazioni single-user di almeno decine di Mbps e che hanno raggiunto o quasi la copertura globale, siglando anche i primi contratti commerciali di fornitura del servizio.

In orbita MEO sono sufficienti decine di satelliti, mentre avvicinandosi alla superficie terrestre il numero di satelliti aumenta a centinaia come nel caso di Oneweb, che si posiziona a 1.200 Km, e migliaia o addirittura decine di migliaia nel caso di SpaceX

che dispiega i suoi satelliti sempre più vicino alla Terra.

Proprio la riduzione della distanza dagli utenti finali ha permesso a SpaceX di realizzare una soluzione di connettività diretta verso smartphone commerciali 5G per servizi di emergenza (messaggistica), che testerà nel corso del 2023 sulla rete a 1.900 MHz di T-Mobile [4].

Anche Apple ha indicato che il modello iPhone 14 supporterà comunicazioni di emergenza utilizzando un protocollo radio proprietario [5] e riservando l'85% della capacità messa a disposizione dal sistema Globalstar.

TIM Brasil ha annunciato un accordo con AST Spacemobile, società supportata tra gli altri da Vodafone e Rakuten, per la fornitura di connettività 4G su smartphone in aree rurali del Brasile attraverso il proprio satellite pre-commerciale BlueWalker 3 in orbita dal 2022 [6]. Sebbene la tecnologia sviluppata da AST sia proprietaria, non è richiesta alcuna modifica agli smartphone in commercio, così come previsto dalla soluzione realizzata dalla società Lynk, che prevede di utilizzare una rete di circa 30 minisatelliti LEO da dispiegare in questi anni per fornire in vari paesi, in partnership con le telco locali, servizi di messaggistica agli smartphone [7].

Lo scenario è in rapida evoluzione con nuovi attori, anche di rilievo come Amazon, che vogliono entrare in questo mercato, e possibili integrazioni tra di essi con lo scopo di realizzare servizi più evoluti basati su infrastrutture multi-orbita o di presidiare sia il mercato broadband sia quello IoT.

Lo standard 5G via satellite

L'integrazione della connettività via satellite nelle reti 5G è stata studiata dal 3GPP sot-

to il nome Non-Terrestrial Networks (NTN) nell'ambito delle Release 15 e 16 a partire dal 2017 [8, 9, 10, 11]. Questi studi hanno portato al completamento delle specifiche tecniche nell'ambito della Release 17, formalmente completata a marzo 2022 (functional freeze), con disponibilità di prodotti a standard verosimilmente a partire da fine 2023.

In particolare, il 3GPP in aggiunta ai terminali V-SAT ha specificato il supporto di device di tipo handheld e IoT (NB-IoT e eMTC) per abilitare use case quali agricoltura, trasporti, logistica, ecc. Lo standard supporta tutte le tipologie di costellazioni satellitari (LEO, MEO, GEO), anche se molto lavoro è stato dedicato per supportare le costellazioni non GEO, in quanto più sfidanti dal punto di vista tecnico.

Nell'ambito degli studi di fattibilità, sono state analizzate le necessarie modifiche dei protocolli radio NR (New Radio) per tenere conto delle peculiarità del sistema. Per esempio, occorre tener conto del fatto che la cella può essere di larghe dimensioni (anche centinaia di km.) e può "muoversi" a causa del movimento del satellite.

Questo comporta un significativo effetto doppler ed una latenza che può variare di molto tra User Equipment (UE) a bordo cella e UE a centro cella.

Questi fattori devono essere compensati per garantire il corretto funzionamento del sistema. Inoltre, la latenza può essere significativamente maggiore rispetto alle reti terrestri: 272.4 ms one way per GEO e maggiore di 14.2 ms per non GEO. Altro fattore caratterizzante è la potenza limitata sia nel device (specie se handheld) sia a bordo satellite.

Figura 1: Soluzione TIM Premium SAT



L'analisi delle diverse architetture (per esempio, l'utilizzo di satelliti di tipo trasparente o rigenerativo) ha portato alle seguenti conclusioni per la Release 17:

- utilizzo di satelliti di tipo trasparente;
 - accesso radio di tipo Frequency Division Duplex (FDD) nelle bande FR1 (410 MHz - 7125 MHz);
 - tutti i terminali devono supportare i sistemi di localizzazione GNSS (Global Navigation Satellite System).
- Le seguenti bande FDD per reti NTN sono supportate in Release 17:
- N256: UL 1980 MHz - 2010 MHz; DL 2170 MHz - 2200 MHz;
 - N255: UL 1626.5 MHz - 1660.5 MHz; DL 1525 MHz - 1559 MHz.

Fig.2 riporta l'architettura della rete 5G via satellite, in caso di utilizzo di satellite di tipo trasparente. Come si può osservare dalla figura, l'architettura specificata aggiunge alla rete terrestre due nuove componenti, che agiscono come un'estensione della stazione radio base (gNB): Gateway e satellite.

Il satellite agisce come un puro amplificatore del segnale ricevuto da UE o dal ga-

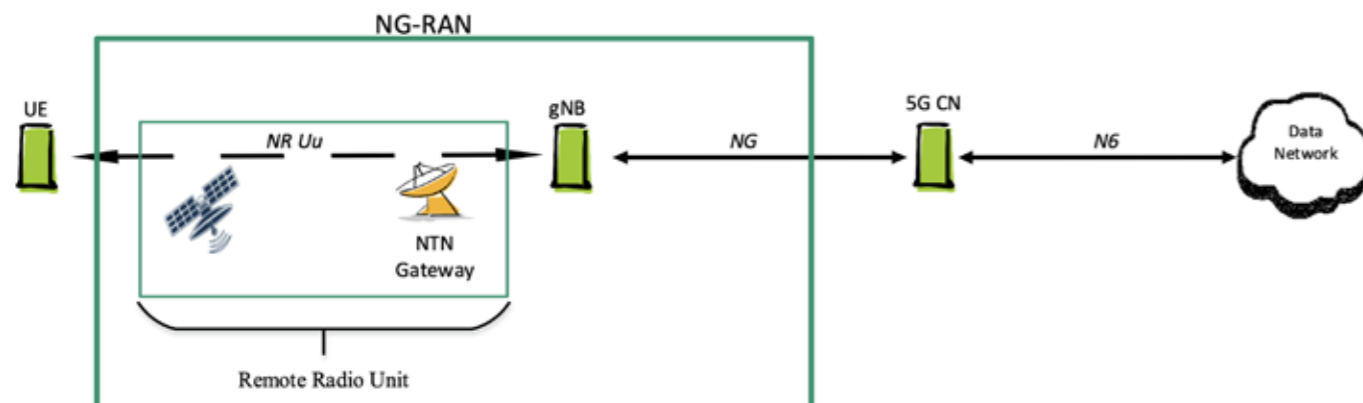
teway, senza operare alcuna operazione di demodulazione o decodifica. Il gateway è la stazione di terra che trasmette/riceve il segnale al/dal satellite da/verso il gNB. Il gateway è normalmente una stazione di terra operante con antenne a larga apertura (anche alcuni metri).

La Fig.3 illustra come i diversi elementi comunicano con il satellite. Sono previsti due link: service link (tra UE e satellite) e feeder link (tra gateway e satellite). Ciascuno di questi link utilizza frequenze diverse in modalità FDD per uplink e downlink.

Il supporto di sistemi di localizzazione GNSS permette ai device di relazionarsi rispetto al satellite e quindi di puntare il segnale nella direzione corretta in caso di antenne direttive. Infatti, i parametri orbitali delle costellazioni (effemeridi) sono noti e possono essere forniti allo UE.

Questo è particolarmente utile nel caso di handover tra due satelliti LEO, come illustrato in Fig.4. Infatti, nel caso di satelliti non GEO, il satellite sorge e tramonta rispetto ad un device (anche stazionario)

Figura 2: Architettura della rete 5G via satellite – satellite di tipo trasparente [11]



nell'arco a volte di pochi minuti. Più è bassa l'orbita e più sarà veloce il passaggio.

Nell'ambito della Release 18 (functional freeze previsto per dicembre 2023) sono previste attività per la gestione di scenari con copertura non continua nel tempo (ovvero in caso in cui la costellazione non GEO non sia stata completata e quindi i satelliti siano visibili solo per una percentuale del tempo), l'ottimizzazione di procedure di mobilità (inclusa la mobilità tra reti terrestri e NTN) e l'utilizzo di frequenze maggiori di 10 GHz.

Progetti di ricerca

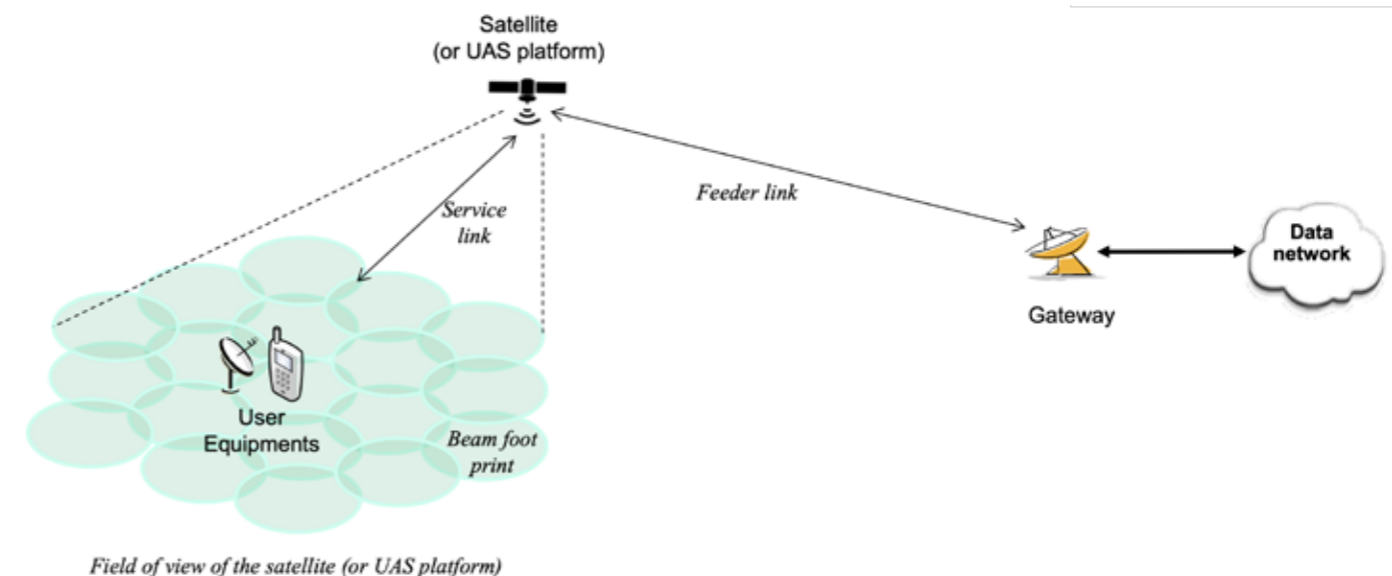
Il processo di innovazione tecnologica legato alla convergenza di reti 5G e satellitari è stato portato avanti attraverso una serie di progetti di ricerca internazionali, tipicamente sviluppati da partenariati pub-

blici e privati, sia di carattere innovativo che per lo sviluppo di soluzioni orientate al mercato.

TIM già da anni è attiva su questo fronte, presidiando entrambe le tipologie di progetto nella convinzione che sia fondamentale realizzare sinergia tra le due infrastrutture nell'ottica di fornire nuovi servizi e di migliorare la qualità e l'affidabilità di quelli esistenti.

In ambito innovativo, TIM riveste un ruolo di rilievo nel progetto DInoS5G, un progetto co-finanziato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) finalizzato alla prototipazione e testing di una piattaforma di comunicazione basata su infrastruttura ibrida 5G e satellitare per il trasporto efficiente ed affidabile del traffico di diagnostica delle ferrovie di RFI (prime contractor del progetto), a supporto di un applicativo di predictive maintenance dell'infrastruttura ferroviaria. Il progetto prevede che per ogni richiesta di invio di dati diagnostici verso il server, ci

Figura 3: Connettività con il satellite – satellite di tipo trasparente [11]



sia un'entità, denominata Edge Node, che decida se affidare il traffico alla rete 5G o al satellite incrociando i requisiti applicativi ricevuti dall'endpoint applicativo e la disponibilità di risorse di rete su 5G e satellite, ricavate dai rispettivi sistemi di management di rete (NMS).

Per abilitare queste interazioni è stata realizzata una catena di integrazione con alcuni sistemi NMS 5G e satellitare per mezzo di apparati di rete messi a disposizione e customizzati allo scopo da TIM. A questo importante progetto è dedicato una scheda di approfondimento, curato da RFI.

Un altro progetto che vede il coinvolgimento TIM è "Cubesat for 5G applications - Demonstration mission". Il progetto, finanziato interamente da ESA, vede il coinvolgimento di piccole e medie imprese italiane sotto la guida di Tyvak International [13] e prevede l'assemblaggio e la messa

in orbita di un cubesat e la realizzazione di un gateway e di un terminale d'utente per dimostrare le funzionalità del protocollo standard 5G via satellite (Vedi scheda di approfondimento: ARTES 5G "CUBESAT FOR 5G APPLICATIONS-DEMONSTRATION MISSION").

TIM è attiva anche in alcuni progetti co-finanziati da ESA ed orientati al mercato (WISE, 5G Sensor@sea e 5G MASS), dove si sviluppano soluzioni di connettività basate su infrastruttura satellitare e radiomobile per use case di interesse del Cliente, tipicamente Partner principale del progetto.

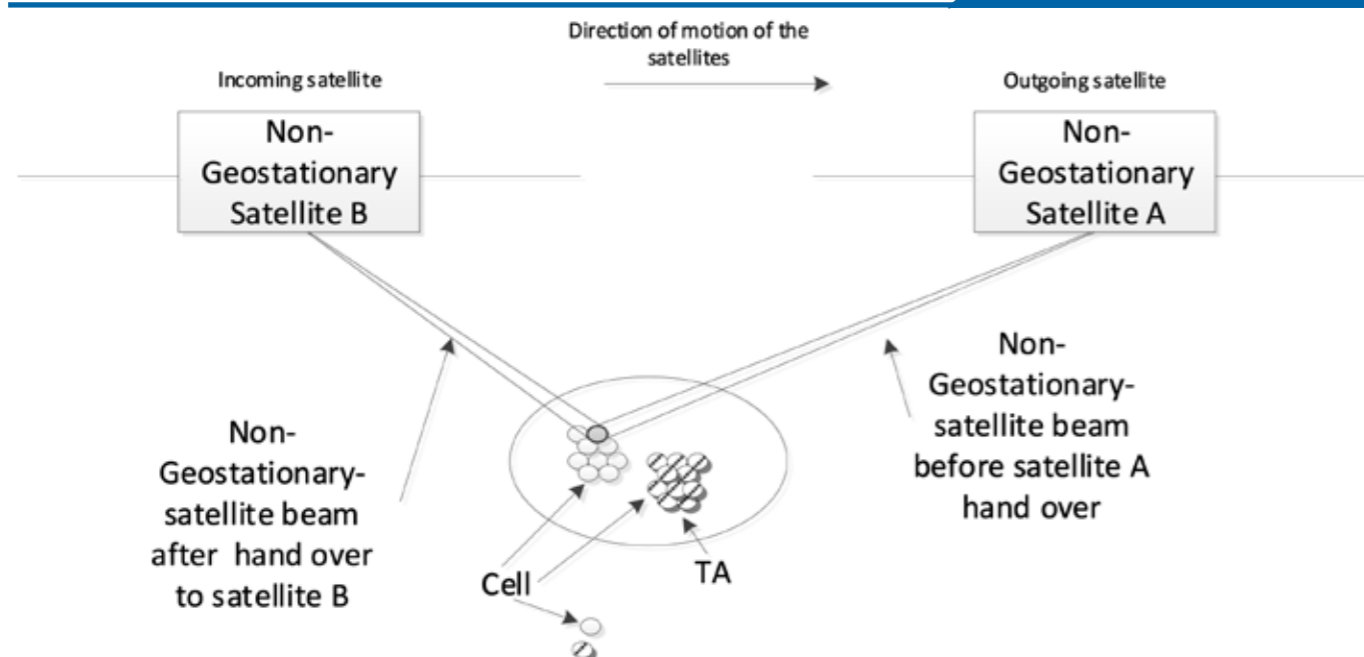
Conclusioni

La possibilità di connettersi da qualunque località sulla Terra, persino con il proprio smartphone, è ormai vicina alla realtà grazie

a soluzioni proprietarie, ma soprattutto allo standard 5G via satellite. Questo apre nuove opportunità di mercato sia per servizi di emergenza, ma anche per intrattenimento e per applicazioni di tipo IoT ed industriali.

Si tratta dunque di un nuovo mercato che TIM sta presidiando attivamente grazie a numerosi progetti di ricerca co-finanziati da ESA, con l'obiettivo di investigare le opportunità e le sue sfide tecniche.■

Figura 4: Mobilità tra satelliti [12]



DINOS5G “DIAGNOSTIC INTEGRATED NETWORKS OF SATELLITE AND 5G”

DINoS5G (Diagnostic Integrated Networks of Satellite and 5G) è un progetto di ricerca di Rete Ferroviaria Italiana (RFI), società capofila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS Italiane nonché gestore dell'Infrastruttura ferroviaria nazionale, sviluppato con lo scopo di studiare una piattaforma avanzata di comunicazione dati al servizio dei sistemi di monitoraggio e diagnostica della rete ferroviaria.

DINoS5G è una soluzione end-to-end, basata sull'integrazione di sistemi di comunicazione satellitari e dell'infrastruttura terrestre 5G. La piattaforma DINoS5G consente di gestire una crescente mole di informazioni sullo stato dell'infrastruttura ferroviaria che possono essere raccolte e centralizzate su scala territoriale e nazionale. L'integrazione delle comunicazioni terrestri 5G e delle comunicazioni satellitari consente di rafforzare

e migliorare la resilienza, la disponibilità e la copertura dei servizi di connettività a supporto della diagnostica dell'infrastruttura ferroviaria italiana.

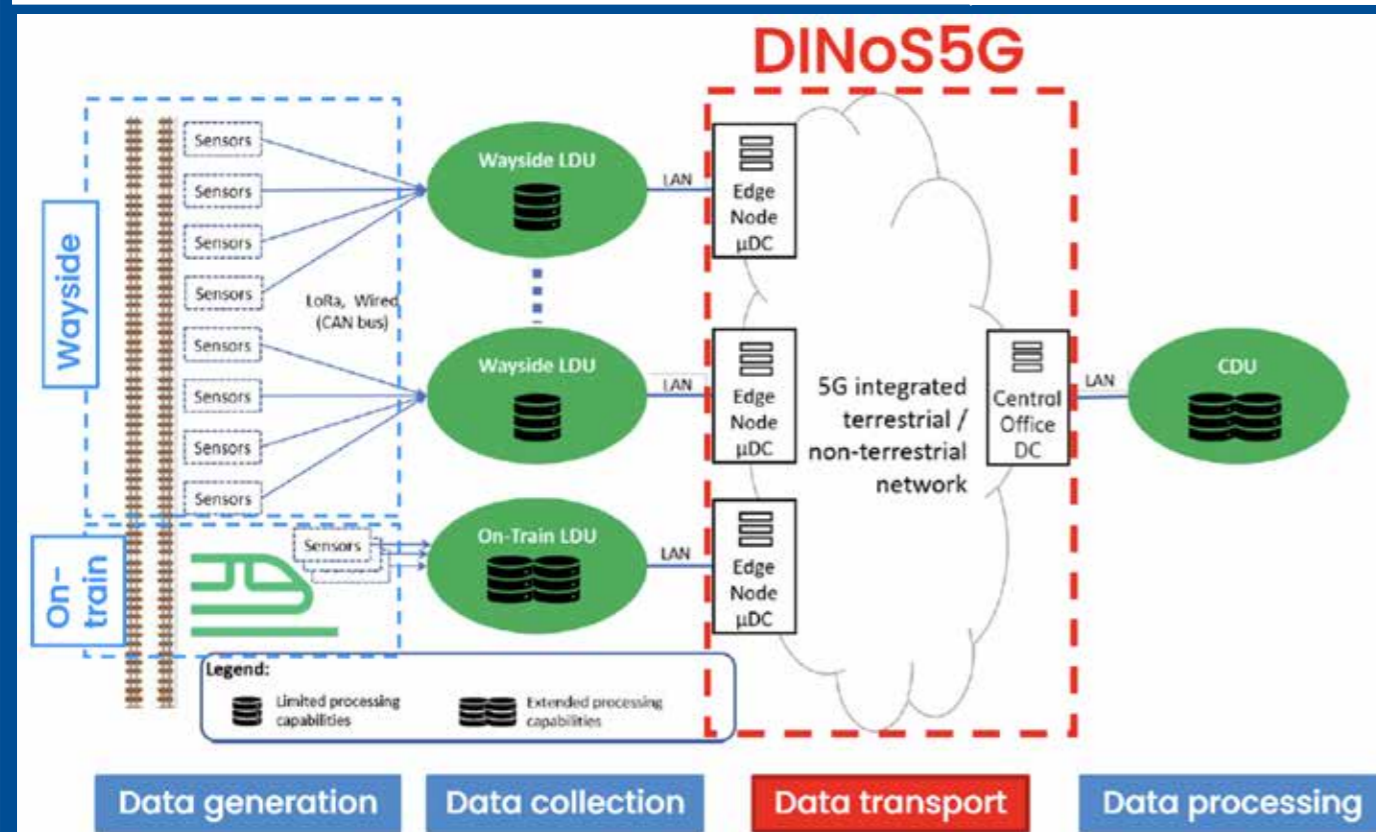
In DINoS5G le unità applicative (LDU periferiche e CDU centrali) che compongono il sistema di diagnostica comunicano fra loro in modo agnostico rispetto alla tecnologia utilizzata per accedere alla rete integrata. La consapevolezza della tecnologia di accesso è incapsulata all'interno di nuove entità (Edge Node), che rappresen-

tano la frontiera tra il dominio dell'applicazione/infrastruttura RFI e la rete pubblica 5G/Sat.

La rete 5G viene configurata dinamicamente attraverso funzioni di orchestrazione e virtualizzazione, integrando in maniera trasparente la rete di accesso 5G terrestre, la rete di accesso satellitare e la rete core 5G. In questo modo, l'interconnessione di diverse classi di nodi applicativi si basa sull'utilizzo del percorso migliore, in modo trasparente ai nodi stessi e deciso dinamicamente dalle informazioni di priorità espresse dai nodi.

mi.ermini@rfi.it

Figura A: Architettura DINoS5G



ARTES 5G “CUBESAT FOR 5G APPLICATIONS- DEMONSTRATION MISSION”

Il completamento, da parte del 3GPP, del primo standard globale sullo standard 5G New Radio, ed un crescente interessamento nei confronti della fornitura di connettività dallo spazio, mediante l'utilizzo di grandi costellazioni di satelliti in orbita bassa terrestre (LEO), hanno permesso di considerare il 5G come una nuova possibilità tecnologica da integrare alle tradizionali comunicazioni satellitari, che faciliterà il paradigma della connettività “anything, anytime, anywhere”.

In particolare, lo scenario di integrazione attualmente più interessante e innovativo è l'accesso diretto alla banda larga 5G da parte di terminali ad apertura molto piccola, come ad esempio, i terminali portatili, veicolari e palmari.

In tale ambito si inserisce il programma ARTES 5G, dell'Agenzia Spaziale Europea, con il progetto “DEMONSTRATION OF DIRECT 5G BROADBAND ACCESS FROM LEO TO SMALL APERTURE TERMINALS”, le cui solu-

zioni sono sviluppate dalle aziende Tyvak International S.R.L. (<https://www.tyvak.eu>), leader italiana ed europea nell'innovazione e nella realizzazione di piccoli satelliti, PICOSATS (<https://picosats.eu/>), impegnata nella ricerca e sviluppo di sistemi di telecomunicazione mediante l'uso di nano-satelliti, Radio Analog Micro Electronics (RAME) S.R.L. (<http://ramesrl.it>), azienda specializzata nel campo della microelettronica e nell'implementazione sperimentale di tecnologie 5G NR, e TIM S.p.A., leader nella fornitura di servizi di telecomunicazione mobile e fissa, voce, messaggistica e dati, internet e banda larga.

Il progetto si compone di due missioni, la prima chiamata “Direct Access 5G Satcom Reference Mission” (REMI), che consiste in uno studio di fattibilità sulla fornitura dell'accesso a banda larga 5G NTN verso terminali di terra, nelle aree rurali e suburbane, utilizzando una costellazione di satelliti, e la seconda denominata “Direct Access Live Demonstration” (LIDE), versione semplificata e ridimensionata dello scenario REMI, che servirà a sperimentare l'uso di servizi a banda larga 5G

da orbita LEO, mediante l'uso di una piattaforma nano-satellitare dimostrativa.

Per la missione LIDE sarà adoperato un transponder bidirezionale, capace di operare in banda K/Ka, di tipo bent-pipe, e che verrà impiegato per effettuare test di accesso diretto a due terminali di terra, un gateway e un terminale per utente finale, in grado di supportare l'ultima versione dello standard Non-Terrestrial Network (NTN) del 3GPP (Release 17). Nello specifico, il transponder in orbita permetterà l'attivazione di un link di comunicazione a banda larga con le due stazioni di terra, con una velocità di trasmissione di almeno 1 Mbps in aree suburbane e rurali.

È doveroso precisare che la missione LIDE punterà a raggiungere valori di throughput ben superiori rispetto a quelli misurati finora dalle precedenti missioni 5G dimostrative, divenendo in tal modo una rampa di lancio per eventuali future piattaforme operative, dotate di adeguati sottosistemi e antenne, che consentiranno di raggiungere velocità di trasmissione dell'ordine delle centinaia di Mbps.

giuseppe.dinolfo@tyvak.eu
riccardo.diroberto@tyvak.eu

Figura A: Centro di controllo missione Tyvak



Figura B: Struttura di un cubesat



Bibliografia/Urlografia

1. <https://www.sasc.it/statistiche-CNSAS-Corpo-Nazionale-Soccorso-Alpino-Speleologico.html>
2. <https://support.apple.com/en-us/HT213426>
3. <https://www.tim.it/fisso-e-mobile/fibra-e-adsl/premium-sat>
4. <https://www.t-mobile.com/news/un-carrier/t-mobile-takes-coverage-above-and-beyond-with-spacex>
5. <https://www.tantraanalyst.com/ta/is-apples-iphone-satellite-communications-a-game-changer-or-a-dud/>
6. <https://www.telcotitans.com/vodafonewatch/ast-spacemobile-to-boost-4g-in-brazil-with-tim/6109.article>
7. <https://www.satellitetoday.com/innovation/2020/03/30/lynk-co-founder-says-satellite-to-cell-tech-will-be-bigger-than-5g/>
8. 3GPP TS 22.261 Service requirements for the 5G system <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3107>
9. 3GPP TR 22.822 Study on using satellite access in 5G <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3372>
10. 3GPP TR 38.811 Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3234>
11. 3GPP TR 38.821 Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks (NTN) <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3525>
12. 3GPP TR 23.737 Study on architecture aspects for using satellite access in 5G <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3485>
13. <https://www.tyvak.eu/>

Acronimi

CDU	Central Data Unit	LEO	Low-Earth Orbit
eMTC	enhanced machine-type communication	MEO	Medium-Earth Orbit
FDD	Frequency Division Duplex	MIMO	Multiple Input Multiple Output
FR1	Frequency Range 1	NB-IoT	NarrowBand IoT
GEO	Geostationary-Earth Orbit	NMS	Network Management System
gNB	gNodeB (stazione radio base NR)	NR	New Radio
GNSS	Global navigation satellite system	NTN	Non-Terrestrial Networks
IoT	Internet of Things	UE	User Equipment
LDU	Local Data Unit		

Autori



Giovanni Romano

giovanni.romano@telecomitalia.it

Giovanni Romano coordina in TIM le attività di standardizzazione tecnica relative all'accesso radio e all'uso dello spettro.

Nell'ottobre 2016 è stato nominato Alternate Board Director, rappresentando TIM in NGMN e dal 2020 partecipa all'Executive Committee di O-RAN ALLIANCE. Dal 1996 è stato delegato TIM nell'ambito di enti di standardizzazione e attualmente partecipa ai lavori di 3GPP RAN, NGMN ed O-RAN ALLIANCE. In ambito 3GPP è coordinatore delle attività verso ITU-R.

Nel periodo 2013-2017 ha ricoperto il ruolo di vice-presidente del comitato 3GPP RAN.

Fino al 2005 Giovanni ha ricoperto il ruolo di responsabile di progetto di attività di ricerca relative ad analisi di prestazioni del sistema UMTS, verifica della qualità del servizio, standardizzazione, trial in campo e testing.

Giovanni è entrato nel gruppo TIM nel 1992. ■



Lorenzo Santilli

lorenzo.santilli@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni nel 2006 ed entrato in Azienda dopo aver partecipato al Master in "Innovazione di reti e servizi in ambito ICT" organizzato da TIM e Politecnico di Torino, si è occupato di attività di innovazione della Core Network della rete mobile di TIM, svolgendo scouting e testing di apparati e funzionalità evolute. Ha poi presidiato attività di evoluzione della rete mobile in ambito Strategy, partecipando a progetti su vari temi quali Machine-to-machine, Reti eterogenee e integrazione di accessi Wi-Fi in rete mobile. Dopo essersi occupato dello scouting di servizi e soluzioni di player di significativa rilevanza nell'industry, come altri Operatori di rete o Tech company, individuando e declinando i principali trend evolutivi del settore, ha intrapreso l'attività di gestione di progetti finanziati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA), mirati a sviluppare un'interazione sempre più stretta tra reti satellitari e radiomobili. ■

Open Service Management & Orchestration: un nuovo paradigma per la gestione automatizzata delle reti mobili

Simone Bizzarri, Maurizio Fodrini, Francesco Mauro, Alessandro Verdolini



La sfida evolutiva della rete di accesso radio-mobili è garantire l'elevata flessibilità richiesta dall'evoluzione dei servizi, anche associati a prestazioni elevate in termini di velocità e latenza, in un contesto di traffico crescente e di complessità di rete dovuta sia alle differenti tecnologie dispiegate, sia alla presenza di più vendor di rete. L'evoluzione delle reti verso il 5G ha fatto emergere nuovi modelli architetturali dei sistemi di gestione che sono sempre più orientati all'automazione delle prestazioni (SON) ed alla orchestrazione automatica dei processi, proposti sia negli enti di standardizzazione (3GPP ed O-RAN), sia in vari progetti di ricerca. In tale contesto la standardizzazione e l'automazione dei processi di gestione costituiscono un elemento chiave per affrontare e vincere tale sfida.

Da questo punto di vista, TIM è attiva nel contesto internazionale per promuovere lo sviluppo di un eco-sistema aperto che ha denominato Open Service Management and Orchestration Framework (Open SMO Framework), che trae spunto dalla definizione di SMO in ambito O-RAN, per l'automazione e l'orchestrazione dei processi di gestione e l'ottimizzazione della rete di accesso radio-mobili. In quest'ambito, TIM ha aderito da inizio 2021 all'iniziativa Europea per lo sviluppo di un ecosistema per soluzioni Open RAN, siglando un Memorandum of Understanding (MoU) con i principali operatori europei (MoU

G5 [10] con Deutsche Telekom, Orange, Telefónica e Vodafone, vedi url sotto).

Si tratta di una piattaforma software aperta, modulare e nativamente cloud-ready che nasce dal connubio tra una esperienza pluri-decennale nello sviluppo di sistemi a supporto del network management¹ [2, 3] e dalla profonda conoscenza delle tecnologie software abilitanti all'introduzione dell'orchestrazione automatica dei processi di gestione, degli aspetti di ottimizzazione delle prestazioni di rete tramite algoritmi (ad es. basati su AI/ML) e degli standard, in cui TIM partecipa attivamente da anni [11]. In questo contesto, TIM dispone di un patrimonio brevettuale di oltre 50 brevetti su Self Organizing Network (SON) e Radio Resource Management (RRM).

La piattaforma Open SMO è sviluppata, inoltre, secondo le stringenti policies di cyber-security previste dalla normativa di riferimento e necessarie per operare nell'attuale contesto di minacce globali. Tale piattaforma ha lo scopo sia di gestire ed ottimizzare le prestazioni delle reti attualmente in campo, per le diverse tecnologie 2G, 4G e 5G², e quelle che si aggiungeranno a breve termine (trasformazione verso Open-RAN) e a medio/lungo termine (6G).

L'Open SMO Framework sfrutta paradigmi open source (quali ad es. ONAP³, <https://www.onap.org>) con l'utilizzo e l'integrazione di moduli e tecnologie disponibili, con una Architettura "Service Based" (SBA)⁴ e lo sviluppo di

Note

- (1) Alcuni esempi sono: Configuration Management, Performance Management, Network Design and Network provisioning
- (2) TIM nel 2022 ha completato in tutta Italia lo spegnimento della tecnologia 3G sulla rete mobile (3G witch-off, [dismissione rete mobile](#)), riducendo la complessità di rete e focalizzandosi sulle tecnologie più efficienti e performanti in termini energetici e di qualità del servizio
- (3) ONAP è un framework software open source che fornisce una piattaforma completa per l'orchestrazione, la gestione e l'automazione in tempo reale basata su policy delle funzioni di rete fisiche e virtuali per una rapida automazione di nuovi servizi e una gestione completa del loro ciclo di vita
- (4) Nell'ambito dei sistemi di gestione, la Service Based Architecture (SBA) è un paradigma basato sulla sola definizione di componenti del servizio di gestione (MnS - Management Service) per abilitare interazioni di tipo consumatore/produttore attraverso interfacce standard, superando l'architettura basate su reference point costituita da Element Manager (EM) and Network Manager (NM) monolitici

algoritmi innovativi, al fine di consentire la gestione end-to-end e l'orchestrazione automatizzata delle reti esistenti e future. Il tutto allo scopo di rispondere ai requisiti di flessibilità, legato alla necessità di dover gestire processi di network management molto diversi tra loro e l'integrazione di nuovi moduli funzionali di rete (ad es. di Open RAN), di robustezza, soprattutto per quanto concerne i cambiamenti lato rete, di scalabilità e automazione spinta, sia a livello di orchestrazione, sia di algoritmi di ottimizzazione.

In un mercato ormai maturo come quello italiano, caratterizzato da un gran numero di competitor, oltre agli aspetti già analizzati, l'approccio consente anche un cambio di paradigma nella gestione delle reti di accesso mobile, trasformando l'approccio puramente competitivo, caratterizzato da investimenti difficilmente sostenibili per progetti di medio-lungo termine come l'estensione del 5G e l'evoluzione O-RAN e 6G, in uno basato anche sulla cooperazione (si parla di *coopetition*). Le strategie di *coopetition* sfruttano una collaborazione di intenti/obiettivi/risorse tra aziende normalmente concorrenti, al fine di ottenere vantaggi comuni (ad es. condividendo costi comuni o garantendo economie di scala), mantenendo la competizione su parti specifiche e differenzianti.

Si tratta di fatto di un'estensione di collaborazioni in realtà già in essere da anni tra operatori (ad es. sullo sharing passivo dell'infrastruttura), ma che necessita di essere estesa anche sul piano innovativo e degli investimenti (come ad es. nei piani infrastrutturali

del PNRR che richiedono la collaborazione tra soggetti diversi). In questo paradigma la realizzazione di "Software as a Service" (SaaS), sviluppato secondo logiche di multi-tenancy⁵, può mettere a disposizione dello sviluppo sostenibile dell'ecosistema nazionale processi automatizzati di gestione cooperativi e sistemi software di supporto.

In particolare l'Open SMO Framework consente un accesso alla rete, controllato e supervisionato, sia all'operatore (in particolare TIM, con la sua articolazione interna che evolve verso funzioni di Rete, funzioni Enterprise e funzioni Consumer e prevede anche la presenza nel mercato brasiliano), ma anche ad enti/compagnie esterne (università, fornitori, ...), mettendo a disposizione informazioni di rete e consentendo lo sviluppo di specifiche funzionalità di gestione e/o algoritmi di ottimizzazione (ad es. basate su AI/ML) garantendo una gestione flessibile, un miglior utilizzo e riuso delle risorse computazionali, e micro-servizi condivisi tra tutte le applicazioni, favorendone una alta integrabilità. Tale approccio, basato su framework open-source e non su prodotti chiusi, può essere esteso anche alla collaborazione con altri operatori, pur nel mantenimento dei processi, delle particolarità operative e della separazione dei dati finalizzati alla competizione commerciale.

L'ambizione dell'Open SMO Framework è quella di assicurare non solo tali aspetti funzionali e architetturali dei sistemi di gestione, ma anche di creare un polo di competenza aperto, che possa diventare un riferimento per il con-

trollo, la gestione e l'orchestrazione delle reti radio, al livello nazionale ed europeo.

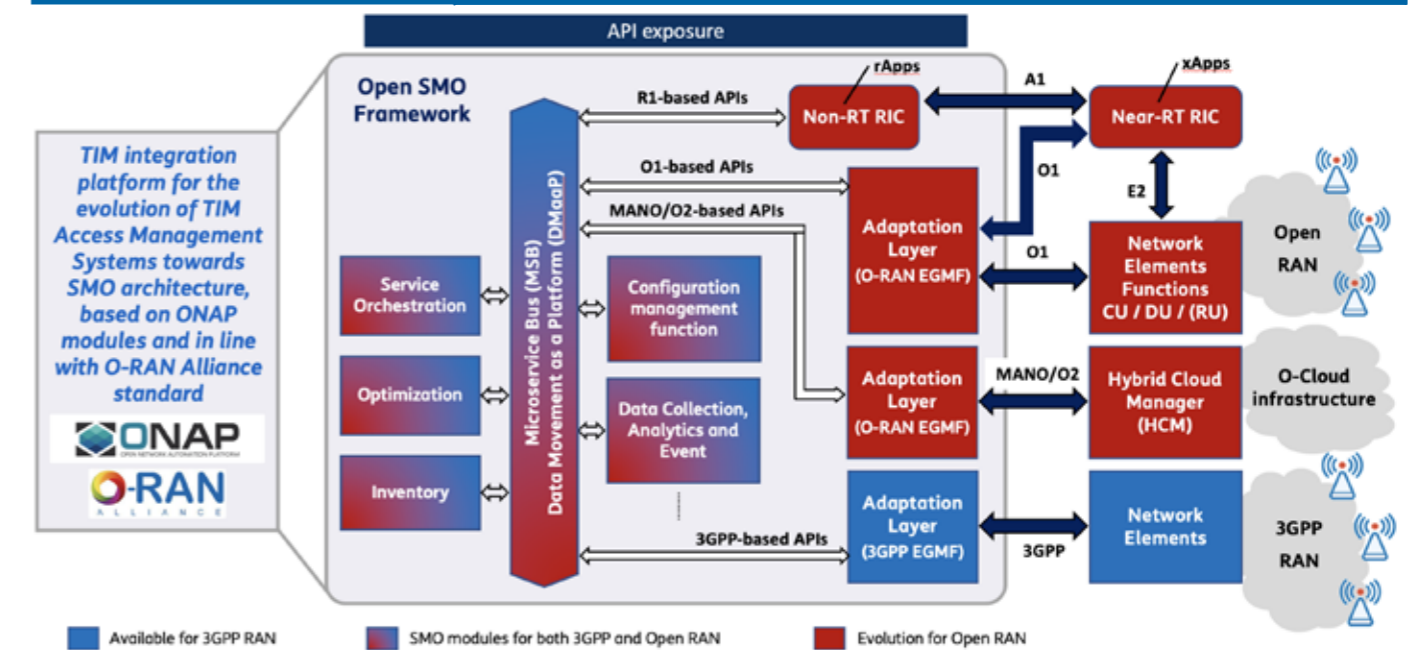
tecnologia AI/ML) sono sviluppate direttamente dall'operatore all'interno del Framework, oggi valorizzando gli asset "unici" esistenti in TIM relativamente alla gestione dell'accesso mobile.

TIMatom è una piattaforma cloud nel dominio e sotto il controllo dell'operatore, in grado di ospitare applicazioni a micro-servizi⁶, a partire dalle misure di Performance Management e dati di Configuration Management, e che garantisce un approccio unificato alla cybersecurity, un'unica gestione flessibile e snella, un miglior utilizzo e riuso delle risorse computazionali e micro-servizi disponibili a tutte le applicazioni, favorendo una alta integrabilità.

Architettura di gestione nel Framework Open SMO

L'Open SMO Framework è realizzato come insieme di moduli funzionali basati su tecnologia open source a partire da una piattaforma cloud di sviluppo e integrazione sviluppata internamente, detta *TIMatom*. Le principali funzionalità di SMO (ad es. Service Orchestrator, Analytics, Network Data Model, ecc.) e le funzionalità di ottimizzazione (ad es. basate su

Figura 1: Architettura dell'Open SMO Framework con "API exposure" verso l'esterno



Note

- (6) La piattaforma *TIMatom* è basata su Kubernetes (<https://kubernetes.io/it/>), talvolta abbreviato con K8s, un sistema open-source per la gestione e l'orchestrazione di container che fornisce un'ampia gamma di funzionalità per la gestione dei container, tra cui la distribuzione, la scalabilità automatica, il bilanciamento del carico, il ripristino da guasti, la gestione delle risorse e la gestione dei volumi di storage. Kubernetes è stato originariamente sviluppato da Google, ma ora è ospitato e gestito dalla Cloud Native Computing Foundation (CNCF). Questa piattaforma si sposa perfettamente con un'architettura a micro-servizi, composta da un insieme di servizi indipendenti e autonomi che collaborano tra loro per fornire funzionalità complete all'utente finale. In questo tipo di architettura ogni servizio è progettato per svolgere una funzione specifica e limitata, ed è sviluppato, distribuito e gestito in modo indipendente dagli altri servizi del sistema

Note

- (5) Multi-tenancy è il concetto che definisce un'architettura multi-tenant, in cui una singola istanza di un'applicazione software serve più utenti o, più precisamente, viene usata da più fruitori (chiamati appunto tenant). I prodotti Software-as-a-Service (SaaS) sono un esempio di architettura multi-tenant

L'approccio architetturale dell'Open SMO, rappresentato in Fig.1, abilita la gestione dei dispiegamenti 3GPP RAN attuali, richiedendo sempre più ai fornitori di rete la massima aderenza con le interfacce e i servizi standard, e le successive estensioni previste dall'architettura O-RAN, sia in termini di elementi di rete che di interfacce di gestione. In particolare, prevede:

- uno strato di disaccoppiamento tra le Network Functions (NFs), che si trovano nel dominio del vendor, e le funzionalità di gestione e orchestrazione, che si trovano invece nel dominio dell'operatore. Si basa su moduli EGMF (Exposure Governance Management Function), che implementano funzionalità di autenticazione/autorizzazione, filtraggio, aggregazione e in generale mascherano la complessità e i comportamenti vendor-specific delle NF;
- uso di interfacce di gestione basate sugli standard (3GPP-based, O1-based, R1-based e MANO/O2-based), con i relativi servizi offerti e i loro data model;
- una serie di moduli funzionali che consentono di gestire ed orchestrare dispiegamenti di rete basati sia sulle norme 3GPP sia su quelle O-RAN, con particolare riferimento alle interfacce di gestione e alle funzionalità specifiche, come quelle di RIC, nelle sue componenti Non-RT RIC e Near-RT RIC.

Le funzionalità di SMO si compongono di tutti i sistemi di gestione e orchestrazione attualmente disponibili per i processi di Network provisioning, Performance Analysis, Network Design and Creation.

Note

- (7) *TIMqual* è il sistema attuale a supporto dell'orchestrazione dei processi di network creation, radio design e ottimizzazione della rete di accesso mobile di TIM. I principali servizi offerti dalla piattaforma sono il Data Management, l'Optimization e il Provisioning. *TIMqual* interagisce sia con i sistemi del dominio RAN Automation, sia con gli altri domini TIM al fine di garantire allineamento dei dati e automazione dei processi
- (8) Il "digital twin" della rete d'accesso implementa una replica virtuale della rete stessa che permette di monitorare, simulare e governare il suo comportamento in real time, dalla fase di progettazione a quella della gestione ottimizzata (basata su AI/ML) prevedendone l'evoluzione realistica

L'approccio a micro-servizi permette, in ambito SMO, di valorizzare le funzionalità a supporto dei processi di gestione sviluppate in TIM nel corso degli anni, integrandole in un framework basato su SW open source.

Tra i principali moduli funzionali dell'architettura troviamo:

- **Orchestratore:** è il cuore del sistema, che consente di coordinare i processi di network creation e radio design (sulla base del sistema PEV di workflow management) e quelli di configurazione e ottimizzazione (oggi realizzate attraverso il sistema *TIMqual*⁷ [2, 5]), automatizzando le sequenze di attività, regole e policy necessarie per la creazione, la modifica o la rimozione su richiesta di servizi e risorse di rete, applicativi o infrastrutturali;
- **Ottimizzatore:** a supporto delle funzionalità di orchestrazione, le funzionalità automatiche di ottimizzazione, come quelle oggi disponibili a livello di algoritmi SON gestiti dal sistema *TIMqual*, quali CCO (vedi approfondimento ERIS), MLB, HOO, ..., sono basate sulle moderne tecniche di AI/ML e sfruttano i dati di rete e le capacità simulate maturate negli anni in ottica "digital twin"⁸ della rete di accesso radio. Questo è reso possibile anche mediante il modulo *TIMplan* [1], una piattaforma di radio design e radio planning, utilizzata per la progettazione e la pianificazione della copertura cellulare e per la valutazione delle prestazioni della rete di accesso radio mediante simulazioni in un contesto 2D e 3D.

Il tutto nel rispetto delle stringenti norme sulle emissioni⁹;

- **Configuratore:** modulo che si occupa delle funzionalità di configurazioni dei nodi di rete, sulla base dei processi definiti dall'orchestratore e implementando le opportune ottimizzazioni individuate, oggi immesse in rete tramite i moduli di ACM;
- **Inventory:** sistema che rende disponibili i dati relativi alla rete (ad es. di progettazione radio, di configurazione, misurazioni delle prestazioni, ...), garantisce allineamento ed efficienza nello scambio dei dati necessari ai vari processi di gestione del ciclo di vita dei siti, a partire dalla definizione del piano lavori (comprese le fasi di network creation e radio design coordinate con PEV). Sfrutta un data model unificato definito da TIM (*UTDM* - Unified TIM Data Model) basato sulle specifiche 3GPP, in grado di tenere conto delle necessità operative dell'operatore e di specifici aspetti dei vendor, e può essere "federato" con i sistemi di inventory che gestiscono gli altri domini di rete;
- **Performance e Analytics:** modulo per la raccolta di tutte le informazioni di prestazione e gli eventi di rete, nonché le

relative funzionalità di analytics, disponibili sulla piattaforma *TIMatom*, per un utilizzo sia da parte di personale TIM sia da parte di personale non TIM. Questo è possibile mediante la realizzazione di una "Sandbox"¹⁰ interna a *TIMatom* e basata su Jupiter Lab (<https://jupyter.org>) tramite la quale è possibile fornire l'accesso supervisionato ai dati della rete mobile (ad es. topologici, di copertura radioelettrica, di configurazione, di performance e relativi contatori, traces MDT¹¹, ...), sia internamente a TIM a tutte le strutture interessate (ad es. per l'integrazione di funzionalità innovative tipiche dell'Open RAN), sia verso terze parti come le università che intendono sviluppare algoritmi che necessitano delle informazioni reali sulla rete mobile (per il training ad esempio), sia verso partner industriali che collaborano nello sviluppo di funzionalità all'interno della piattaforma;

- **Bus di comunicazione e API gateway:** questi moduli gestiscono la comunicazione tra i vari moduli dello SMO, in modo efficiente, per lo scambio di messaggi e dati in modalità sincrona e asincrona e sono basati su tecnologia ONAP;

Note

- (9) TIM è attiva nell'evoluzione delle metodologie di controllo dell'esposizione ai campi elettromagnetici e negli anni ha sviluppato opportuni strumenti per le relative valutazioni, sia interne in fase simulativa (applicativo *GUARDIAN*), sia per le analisi di conformità (applicativo *ARPIE*) utilizzate anche verso l'esterno (ad es. verso le ARPA regionali)
- (10) In informatica, la "Sandbox" è un ambiente di esecuzione isolato e controllato all'interno del quale le applicazioni possono essere eseguite senza poter accedere alle risorse del sistema operativo ospite. Definisce pertanto un meccanismo di sicurezza che limita l'accesso dell'applicazione ai file, alle cartelle, alle librerie e ai database, proteggendo così il sistema operativo ospite dalle applicazioni potenzialmente dannose o non attendibili. Abilita quindi un ambiente di test in cui gli utilizzatori possono provare le caratteristiche di un software o di un'applicazione in modo veloce e sicuro
- (11) La funzionalità MDT, definita a livello di standard 3GPP per le differenti tecnologie di accesso radio [8, 9], è basata sul servizio di tracing management e prevede la registrazione ed il successivo invio delle misure radio effettuate dal terminale mobile ai nodi di rete secondo una modalità a campagna con l'impostazione della durata della raccolta e dell'area geografica interessata; insieme alle misure vengano riportate anche le coordinate, se disponibili. Queste funzionalità, attualmente in campo sia per i dispiegamenti Ericsson che quelli Nokia, forniscono indicazioni sulla qualità della rete (evitando le costose misurazioni dei drive test tradizionali) e sono utilizzate per l'evoluzione delle metodologie di progettazione ed ottimizzazione (mediante applicazioni di tecniche AI/ML) della rete di accesso mobile [6, 7]

- **Gestione delle funzionalità Radio Intelligent Controllers di O-RAN:** tra le funzionalità peculiari dell'Open RAN troviamo quelle legate ai moduli RIC (Radio Intelligent Controller). In particolare, è presente la componente Non-RT RIC, basata su applicazioni note come rApps che agiscono con tempistiche comparabili a quelle degli algoritmi SON, dell'ordine dei minuti e oltre. Altra componente del RIC, ma strettamente legata alle NFs nel dominio di rete dei vendor, è quella di Near-RT RIC, basata su applicazioni note come xApps per funzionalità di tipo RRM (che hanno delle tempistiche che variano da 10 ms a 1 s). Sia le rApps che le xApps devono poter essere gestite ed orchestrate dall'operatore, in modo coordinato con le funzionalità di SMO;
- **Interazione con il dominio dell'infrastruttura Cloud:** avviene mediante interfacce standard attraverso il modulo Hybrid Cloud Manager (HCM), volto alla gestione efficiente delle NFs nell'infrastruttura cloud (provisioning, scale in/out, ...), trasversale ai differenti domini di rete (ad es. Core Network, Trasporto), con i quali interagisce attraverso un modulo gerarchico superiore di end-to-end resource orchestration.

in grado cioè di gestire i continui feedback da parte delle operations e di automatizzare la gestione di tutte le fasi del ciclo di vita di tali algoritmi quali, ad esempio: lo sviluppo, il test, il rilascio, il deployment, ... (vedi approfondimento Operations). L'automazione di tali operazioni facilita l'apertura del Framework alle collaborazioni esterne (ad es. su tematiche di ottimizzazione) mediante l'utilizzo della Sandbox, garantendo così lo sviluppo orchestrato di soluzioni innovative che potranno essere direttamente integrate nei processi di gestione.

Le funzionalità dello SMO sono esposte mediante API ("API exposure") verso sistemi esterni ed in particolare verso soluzioni di orchestrazione end-to-end che abilitano il coordinamento con i domini di Core Network e Trasporto, anche per la definizione di istanze di "Network Slicing" dedicate a specifici servizi.

Applicazioni e collaborazioni

L'utilizzo dell'Open SMO Framework garantisce il miglioramento dei processi di automazione, il disaccoppiamento dal layer di rete e la gestione dei workflow, assicurando un'elevata configurabilità e abilitando modalità di intervento semi-automatico, automatico o autonomo. Questo approccio è abilitato dall'integrazione di nuove funzionalità e algoritmi che sfruttano soluzioni AI/ML [4]. L'applicazione di tecnologie di Quantum Computing [5] abiliteranno un incre-

mento dell'efficienza e della velocità computazionale a supporto della realizzazione di un efficace "digital twin" della rete per il controllo e la configurazione in real-time. L'Open SMO Framework può essere utilizzato per soluzioni di efficientamento energetico e di garantire il controllo della rete per tutte le applicazioni basate su tecnologia 5G, quali smart cities, industry, health, ...

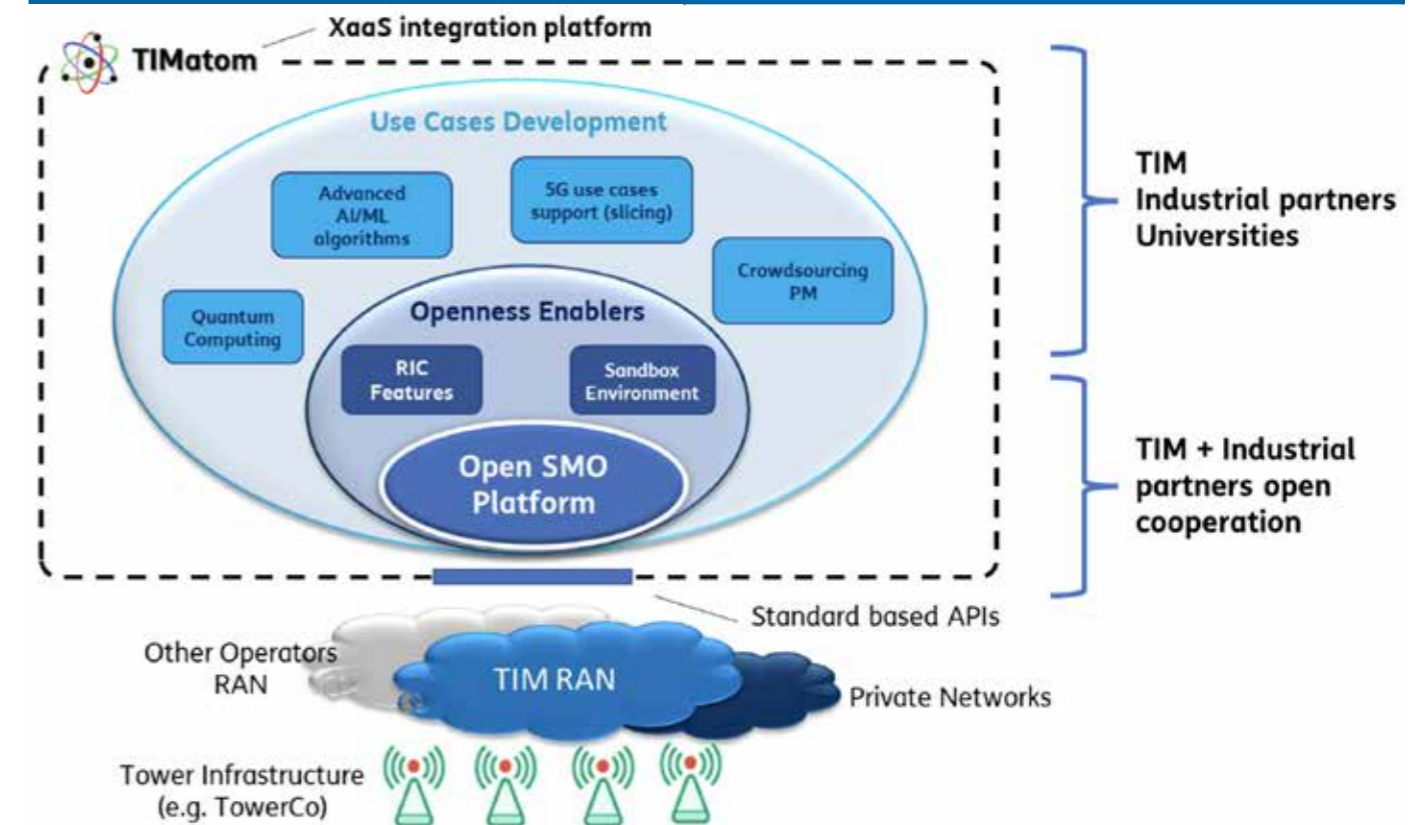
Come descritto in precedenza, uno degli obiettivi dell'Open SMO Framework è quello di consentire l'accesso anche nell'ambito di collaborazioni esterne a TIM. In quest'ottica, il Framework, mostrato in Fig.2, è utilizzato:

- nelle collaborazioni con le università su tematiche relative all'ottimizzazione delle reti di accesso mobile (realizzazione di algoritmi AI/ML per migliorare le prestazioni o per ridurre il consumo energeti-

co), dove risulta essenziale la disponibilità dei dati di rete;

- all'interno di progetti finanziati nazionali, ad es. RESTART (vedi url sotto) ed europei, ad es. 6Greaan (vedi url sotto) come abilitatore per la programmabilità della rete sia in ambito di rete pubblica sia per reti private;
- come acceleratore di innovazione in ambito reti private, sempre più importanti all'interno dei mercati dei verticals abilitati dalla tecnologia 5G (NT 1-2023 - 5G Private Network: casi d'uso). In questi scenari sono tipicamente presenti differenti tipologie di coperture (macro, micro, small), sia di rete pubblica che per dispiegamenti privati e dedicati (ad es. in impianti industriali, porti, campus, ...) e possono coesistere soluzioni di differenti vendor (scenario, tra l'altro, sempre

Figura 2: Approccio collaborativo del Framework Open SMO



Note

(12) MLOps è una pratica di ingegneria del ML che mira a unificare lo sviluppo e il funzionamento del sistema di ML, supportando l'automazione e il monitoraggio in tutte le fasi della creazione dei sistemi ML, inclusi l'integrazione, i test, il rilascio, il deployment e la gestione dell'infrastruttura

più probabile in ottica O-RAN con la disaggregazione delle funzionalità radio). Open SMO abilita la gestione efficiente di tale complessità mediante soluzioni avanzate di Performance Management e Monitoring, nonché lo sviluppo e l'integrazione di algoritmi evoluti basati su AI/ML che, attraverso la conoscenza dei dati di rete e di contesto, consentono di ottimizzare il funzionamento della rete (ad es. per migliorare le prestazioni aggiornando le configurazioni dei parametri di cella, oppure per ridurre i consumi energetici mediante opportune funzionalità di accensione/spegnimento).

Conclusioni

TIM utilizza la piattaforma Open SMO Framework per la gestione e orchestrazione della rete di accesso mobile (RAN), una piattaforma aperta e modulare sviluppata nativamente in cloud considerando stringenti policy di cyber security, che fonda le sue radici su un'esperienza pluri-decennale nello sviluppo di sistemi software dedicati all'accesso radio, in grado di gestire sia le reti di accesso mobile attualmente dispiegate che le future reti Open RAN.

Tale piattaforma garantisce il miglioramento dei processi di automazione, il disaccoppiamento dal layer di rete e la gestione dei workflow, assicurando un'elevata configurabilità e abilitando modalità di intervento semi-automatico, automatico o autonomo. Questo approccio integra nuove funzionalità e algoritmi che sfruttano soluzioni AI/ML e di Quantum Computing a supporto dello sviluppo di un efficace "digital twin" della rete per il controllo e la configurazione in real-time.

Open SMO Framework abilita inoltre soluzioni di efficientamento energetico e garantisce il controllo della rete per tutte le applicazioni basate su tecnologia 5G, quali smart cities, industry, health, ecc.

Infine, per le sue caratteristiche di apertura e flessibilità tale Framework, potenzialmente aperto all'ecosistema nazionale, è utilizzato come soluzione trasversale all'interno di TIM, e supporta progetti di ricerca innovativi in collaborazione con università italiane ed altri partner industriali. ■

Bibliografia

1. Managing complexity: augmented intelligence for 5G radio access design and optimization, Simone Bizzarri, Paolo Goria, Roberto Lanzo, Andrea Schiavoni, <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/notiziario-tecnico/pdf/Notiziario-Tecnico-TIM-2019-n2.pdf>
2. Open Self-Organizing Network: a continuous development for Radio Access Network performance optimization, Paola Bertotto, Francesco Epifani, Michele Ludovico, Giovanna Zarba, <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/notiziario-tecnico/pdf/Notiziario-Tecnico-TIM-2019-n3.pdf>
3. DIGIRAN: Il valore dell'automazione nell'accesso radio. Graziano Bini, Fabrizio Gatti, Paolo Goria, Michele Ludovico, <https://www.gruppotim.it/content/dam/telecomitalia/it/archivio/documenti/Innovazione/MnisisitoNotiziario/2018/1-2018/capitolo6/capitolo%2006.pdf>
4. LA FORZA DELL'ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Roberto Chiappini, Marina Geymonat, Fabrizio Silvestri, <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/notiziario-tecnico/pdf/Notiziario-Tecnico-TIM-2021-n1.pdf>
5. Quantum Computing per l'ottimizzazione delle reti mobili (4.5G e 5G). Andrea Boella, Michele Ludovico, Giuseppe Minerva, Mauro Alberto Rossotto, <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/notiziario-tecnico/pdf/Notiziario-Tecnico-TIM-2020-n1.pdf>
6. La mobilità di breve e lungo raggio con le innovative misure radiomobili e l'Intelligenza Artificiale. Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli. Notiziario-Tecnico-TIM-2018-n3.pdf (gruppotim.it)
7. Big Data georeferenziati MDT per servizi digitali nelle Smart Cities. Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli, <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/notiziario-tecnico/pdf/Notiziario-Tecnico-TIM-2018-n1.pdf>
8. 3GPP TS 37.320 Radio measurement collection for Minimization of Drive Tests (MDT); Overall description; Stage 2
9. 3GPP TS 32.422 "Trace Control and Configuration Management"
10. Gruppo TIM | TIM aderisce all'iniziativa Europea per lo sviluppo di soluzioni Open RAN, febbraio 2021
11. Speciale: Dal 5G al 6G: Standard & Ricerca, Notiziario-Tecnico-TIM-2021-n3.pdf (gruppotim.it)

ERIS: algoritmo ERIS per l'ottimizzazione della copertura e della capacità di rete con un approccio basato su Reinforcement Learning

L'algoritmo ERIS (Enhanced Reinforcement learning for Innovating Self organizing networks) nasce dalla collaborazione tra i gruppi di Ingegneria Network Management System & SON e di Data Network Learning in ambito Strategy con lo scopo di sviluppare un sistema automatico e basato su metodologie di Machine Learning (ML) per l'ottimizzazione della copertura e della capacità di un sistema LTE al variare del tilt elettrico delle antenne, nell'ambito degli algoritmi SON di CCO.

L'obiettivo consiste nel determinare la combinazione di tilt elettrici ottimale, per un dato insieme di celle LTE, tale da eliminare o ridurre problemi di celle sovraccariche (dette "over target" in quanto caratterizzate da traffico superiore ai livelli target).

Un tale problema, in generale, presenta uno spazio delle configurazioni possibili che cresce esponenzialmente al crescere del numero di celle e del numero di tilt elettrici per cella. Infatti, nel caso in cui si consideri uno scenario di sole 14 celle con 5 valori di tilt elettrico per cella il numero di configurazioni possibili è 5¹⁴, pari a circa 6 miliardi di combinazioni, mentre se il numero di celle salisse a 18 allora il numero delle configurazioni diventerebbe superiore a 3800 miliardi. Un approccio che preveda di valutare tutte tali configurazioni per poi scegliere la migliore è chiaramente inattuabile in quanto ogni singola simulazione necessita di molti calcoli e richiede alcuni minuti.

Il problema è stato affrontato applicando e sviluppando un algoritmo di Reinforcement Learning (RL) denominato MonteCarlo Tree Search (MCTS) che sceglie la prossima configurazione da valutare usando il concetto di Upper Confidence Bound che soddisfa l'esigenza di esplorare nuove configurazioni nell'intorno delle configurazioni fino-

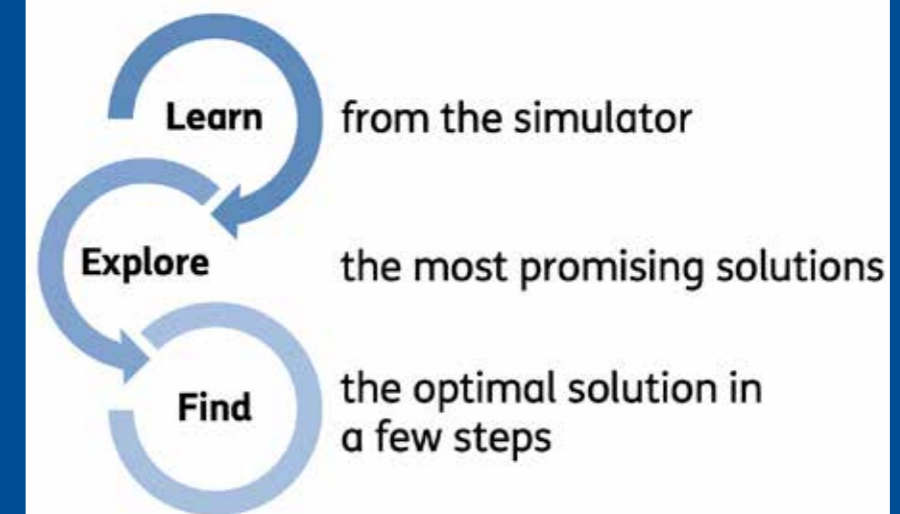
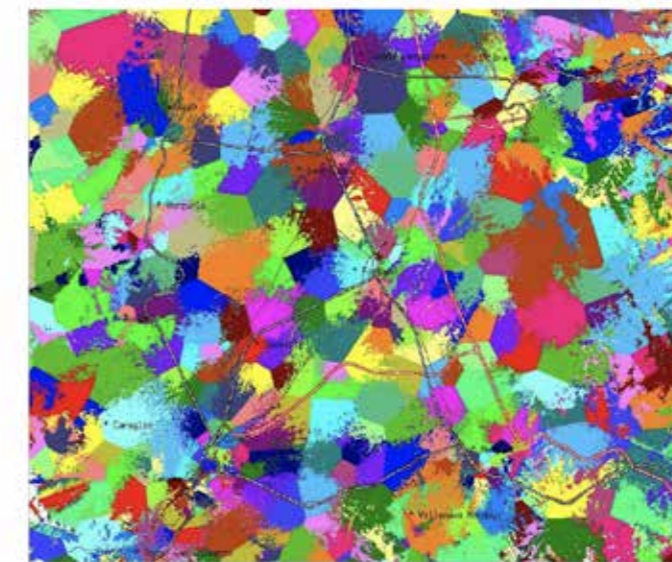
ra risultate migliori. Inoltre, per aumentare ulteriormente l'efficienza dell'esplorazione, il MCTS è stato accoppiato ad un algoritmo di ML per predire il risultato della simulazione prima ancora che questa venga eseguita. Questo permette di eliminare velocemente tutte le configurazioni la cui predizione di valore è bassa, lasciando il calcolo della simulazione alle sole configurazioni più promettenti, velocizzando ulteriormente la ricerca della configurazione migliore.

Il SW implementato è in grado, tramite l'uso di TIMplan usato come simulatore di sistema, di navigare in modo efficiente nello spazio delle possibili soluzioni andando ad individuare, nel numero minore di passi possibili, la combinazione di tilt elettrici in grado di ottimizzare la funzione obiettivo definita dal sistema stesso.

È stata fatta una sperimentazione in campo di tale algoritmo nell'area di Fossano. Lo scenario considerato ha coinvolto circa 130 celle (vedi Fig.A) alcune delle quali con problemi di congestione (celle "over target"). La configurazione dei tilt elettrici trovata da ERIS è stata configurata in rete ed è stato evidenziato un miglioramento in termini di throughput medio per cella dell'ordine di +10% fino a +20% avendo, inoltre, risolto i problemi di celle "over target" presenti prima della riconfigurazione.

roberta.giannantonio@telecomitalia.it
ennio.grasso@telecomitalia.it
giorgio.ghinamo@telecomitalia.it
daniela.mirra@telecomitalia.it

Figura A: Le coperture TIMplan (con elevata risoluzione di calcolo su aree di territorio 10x10 m) nell'area coinvolta dalla sperimentazione e l'approccio utilizzato per l'applicazione del Reinforcement Learning



Operations: Esperienze di sviluppo DevOps nell'ambito dell'accesso mobile

La piattaforma Open SMO è un abilitatore per la diffusione di processi DevOps per distribuire le capabilities di programmazione, permettendo anche a sviluppatori delle Operations di creare il codice homemade pienamente esercibile e compliant con le policies di cybersecurity.

Più in particolare, l'utilizzo di GitLab consente agli sviluppatori di sviluppare e rilasciare in modo rapido e affidabile i micro-servizi gestendo in modo efficiente la messa in esercizio. L'automazione di molte attività di gestione della produzione consente di ridurre i tempi di fermo e aumentare la produttività complessiva del team. La condivisione delle attività consente inoltre di valorizzare e successivamente diffondere le "best practices" operative che emergono dall'esperienza pluriennale di TIM nella gestione delle reti mobili.

Questo processo ha consentito di implementare diversi micro-servizi attualmente utilizzati da centinaia di utenti: tra questi, i due esempi descritti di seguito (Fig.A).

Una prima attività ha riguardato lo sviluppo di funzionalità di analisi e visualizzazione near real-time di KPI e contatori sulla rete di accesso radio 2G, 3G, 4G e 5G a supporto dei processi di monitoring della rete radio mobile TIM e di automazione dell'assurance mediante procedure SON. Il modulo raccoglie i contatori (circa 30K) della rete TIM per tutte le tecnologie radio in campo, comprese le prime esperienze in ambito O-RAN, storicizzando il dato in un database NoSQL MongoDB. Le WUI (Web User Interface) permettono l'analisi e il monitoring dei KPI con la possi-

bilità di personalizzare KPI, Cluster di celle/nodi e viste su base utente.

Una seconda esperienza DevOps è stata lo sviluppo di TIMaw (TIM Monitor Access Wireless), finalizzato alla gestione e all'automazione delle Schede Radio ed ARPA nella fase di progettazione, utilizzando tecnologie dello stack DevOps basato su GitLab, per il repository e il versioning che ha abilitato uno sviluppo distribuito cross-dipartimentale, e su Kubernetes e Docker, per la gestione dei containers. L'abilitazione di TIMaw sulla "Toolchain DevOps", la piattaforma aziendale di DevOps, consentirà di applicare la metodologia CI/CD (Continuous Integration, Continuous Deployment) per l'automazione ed il monitoraggio continuo per tutto il ciclo di vita del software.

Si basa su pattern SOA (Service Oriented Architecture) orientato ai micro-servizi per garantire elevate performance, scalabilità e facilità di integrazione con altri sistemi legacy, sviluppata in modalità agile, e risulta pertanto flessibile consentendo lo sviluppo di un set di API (Application Programming Interface) per l'esposizione dei dati disponibili a tutti i sistemi richiedenti, senza impattare sugli applicativi esterni, facilitandone, in ottica futura, il mantenimento e il potenziamento del software.

L'applicativo, nato dall'evoluzione di un sistema dipartimentale utilizzato dall'Operation Area Centro, consente di unificare in un DB Nazionale i Progetti Radio ed ARPA di tutte le Operation Area, di centralizzare e digitalizzare il processo del piano lavori Mobile, ed è diventato parte integrante del processo di RAN Automation.

maurizio.montevicchi@telecomitalia.it

fabrizio.pisani@telecomitalia.it

mariangela.rossino@telecomitalia.it

armando.vitale@telecomitalia.it

Figura A: Il processo DevOps ed i due primi esempi di sviluppo congiunto con Operations (modulo di analisi dei contatori ed automazione della scheda radio)



Sitografia

- [OpenRAN MoU Group - Telecom Infra Project](#)
- [Dismissione della rete mobile 3G | TIM](#)
- [Kubernetes](#)
- [Project Jupyter | Home](#)
- [ONAP](#)
- [O-RAN ALLIANCE](#)
- [RESTART](#)
- [European Commission - Shaping Europe's digital future](#)

Acronimi

2G	2nd Generation Cellular Network	MCTS	MonteCarlo Tree Search
3GPP	3rd Generation Partnership Project	MDT	Minimization of Drive Tests
5G	5th Generation Cellular Network	ML	Machine Learning
6G	6th Generation Cellular Network	MLB	Mobile Load Balancing
ACM	Automatic Configuration Management	MLOps	Machine Learning Operations
AI	Artificial Intelligence	MnS	Management Service
API	Application Programming Interface	MoU	Memorandum of Understanding
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale	NF	Network Functions
ARPIE	Average Radiated Power In the Environment	NM	Network Manager
CCO	Coverage and Capacity Optimization	PEV	Plans EVolution
CI/CD	Continuous Integration/Continuous Deployment	RAN	Radio Access Network
CNCF	Cloud Native Computing Foundation	RESTART	RESearch and innovation on future Telecommunications systems and network, to make Italy more smart
CU	Central Unit	RIC	Radio Intelligent Controller
DU	Distributed Unit	RL	Reinforcement Learning
EGMF	Exposure Governance Management Function	RRM	Radio Resource Management
EM	Element Manager	RT	Real Time
ERIS	Enhanced Reinforcement learning for Innovating Self organizing networks	RU	Remote Unit
GUARDIAN	Graphical User Application for the RaDiation Intensity	SaaS	Software as a Service
HCM	Hybrid Cloud Manager	SMO	Service Management and Orchestration
HOO	Hand Over Optimization	SON	Self Organizing Network
HW	Hardware	SUPER	A SUstainable Edge for Highly Demanding, HyPER-distributed Servi
IN	Industrial Network	SW	Software
K8s	Kubernetes	TIMatom	TIM AuTOMation Measurement
LTE	Long Term Evolution	UTDM	Unified TIM Data model

Autori



Simone Bizzarri

simone.bizzarri@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico e laureato in psicologia (triennale) entra in Azienda nel 1993 occupandosi di comunicazioni via satellite. In questo ambito partecipa, nel 1995, al progetto Iridium. Dal 2001 fa parte dell'area di Radio Planning Innovation della funzione Wireless Network. In questo contesto si è occupato degli aspetti di QoS in ambito radiomobile collaborando alla realizzazione di un sistema per il monitoring della QoS di utente tramite l'uso di agent installati sui terminali radiomobili. Sempre in ambito QoS ha seguito l'attività finalizzata alla definizione dei modelli di correlazione tra QoS di utente e prestazioni di rete di accesso radiomobile. Dal 2007 si occupa delle problematiche relative alle Self Organizing Networks in ambito radiomobile e partecipa alle attività del working group 3GPP SA5 (gruppo di lavoro che, in ambito 3GPP, è responsabile della definizione dei servizi di gestione di rete, di orchestrazione e dei modelli dati relativi). Attualmente è impegnato nella definizione della reference architecture per i sistemi di orchestrazione e gestione della rete di accesso e, in questo ambito, gestisce le relazioni con i vendor e fornisce contributi in alcuni progetti sia nel framework RESTART (attività finanziata nell'ambito PNRR) sia in ambito europeo. È autore di oltre 15 brevetti. ■



Maurizio Fodrini

maurizio.fodrini@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni, entra in Telecom Italia nel 2001. Attualmente si occupa, all'interno della funzione di "Network Management Systems & SON", dell'evoluzione architetturale dei sistemi di gestione e orchestrazione della rete di accesso mobile, tematiche cui contribuisce come delegato in O-RAN Alliance. Nella sua carriera si è occupato dello sviluppo di piattaforme di simulazione per la valutazione delle prestazioni di sistemi radiomobili, di tecnologie multimodali per la realizzazione di interfacce evolute uomo-macchina, di tematiche di scouting, benchmarking e sperimentazione di nuove tecnologie di accesso radio, nonché di architetture di rete mobile, contribuendo alla definizione del Piano Tecnologico di Gruppo. È stato delegato 3GPP dove ha contribuito alla definizione dell'interfaccia radio dei sistemi 3G/4G/5G e Network Leader della community "TIM Open Knowledge". Nel corso degli anni ha contribuito alla realizzazione di diversi brevetti, alla redazione di RFI/RFQ, ha partecipato a conferenze internazionali, ad attività inerenti progetti europei e di docenza nell'ambito delle consociate del Gruppo in Sudamerica. ■



Francesco Mauro

francesco.mauro@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni alla Federico II di Napoli ha poi conseguito un master in "Innovazione delle Reti e Dei servizi nel settore ICT" effettuato da TIM e dal Politecnico di Torino nel 2012; entra in Telecom Italia nel 2014. Attualmente si occupa, all'interno della funzione di "Network Management Systems & SON", di architetture e sistemi del dominio RAN Automation (gestione, ottimizzazione e orchestrazione). Nella sua carriera si è occupato dello sviluppo di piattaforme di simulazione per la valutazione delle prestazioni di sistemi radiomobili, di test di apparati radio in lab e field in architettura 3GPP/vRAN/ORAN, di Element Manager ed architetture per la gestione FCAPS della rete radiomobile. Nel corso degli anni ha contribuito alla realizzazione di diversi brevetti, alla redazione di RFI/RFQ, ha partecipato a conferenze internazionali e ad attività inerenti progetti europei. ■



Alessandro Verdolini

alessandro.verdolini@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni, entra in Telecom Italia nel 1996. Attualmente si occupa, all'interno della funzione di "Network Management Systems & SON", di architetture software cloud native a partire dalla progettazione e realizzazione di PaaS a microservizi basate su Kubernetes. Nella sua carriera si è occupato della progettazione e sviluppo di tool per l'automation, analisi dei dati, algoritmi di ML con TensorFlow. Ha progettato e implementato APP per device commerciali per la correlazione tra misure QoS (Quality of Service) e QoE (Quality of Experience) e benchmark di misure e2e tra operatori radio mobili. Nel corso degli anni ha prevalentemente gestito gruppi di sviluppo software applicando metodologie Agile con impronta sul DevOps. Ha partecipato alla progettazione, messa in esercizio, testing e know-how transfer nell'ambito della rete radio mobile per le consociate del Gruppo in Sudamerica. ■

Disaggregazione e automazione della rete di accesso fisso

Negli ultimi anni nei laboratori di TIM è stato intrapreso un percorso di sperimentazione e sviluppo di soluzioni prototipali che sta dimostrando come sia possibile arrivare ad un elevato livello di automazione e semplificazione nella gestione e nella realizzazione di una rete di accesso, oltre che nel provisioning dei servizi che su di essa vengono implementati. Il percorso porta verso la realizzazione di una rete di accesso fisso software defined (SDAN: Software Defined Access Network) che si possa calare adeguatamente in un futuro contesto di rete Edge Cloud e si basa in particolare su tre concetti innovativi:

- la disaggregazione degli apparati di accesso;

- l'introduzione di una logica a intenti nella configurazione degli apparati;
- l'esistenza di un'unica sorgente di verità per le configurazioni e il software degli apparati.

La disaggregazione degli apparati di accesso (Fig.1)

Un apparato di accesso tradizionale, cosiddetto OLT (Optical Line Termination), è composto da uno chassis che contiene al suo interno delle schede con le interfacce ottiche, sia per il lato rete che quello utente, una matrice di

switching e delle CPU per il software di controllo e gestione di tipo proprietario.

Un primo livello di disaggregazione che possiamo definire "hardware" si ottiene eliminando lo chassis che rappresenta una forte legacy per gli sviluppi successivi della rete.

Esso viene sostituito da apparati più compatti in formato "pizzabox" (Fig.3) con un numero limitato di porte xPON (16, 32 o 48) e interfacce di uplink ad alta capacità. Apparati di questo tipo garantiscono scalabilità e flessibilità permettendo di scegliere di volta in volta l'architettura di nodo migliore che, qualora necessario, può prevedere anche degli switch di aggregazione. Il livello massimo di disaggregazione "hardware" (e di flessibilità di utilizzo che ne deriva) è rappresentato dalle cosiddette micro-OLT, moduli con una singola interfaccia xPON utilizzabili in uno switch generico per specializzare ciascuna porta in base alle proprie esigenze.

Un secondo livello di disaggregazione definito "software", il più importante ai fini dell'automazione, prevede di disaccoppiare l'apparato hardware dal software utilizzato per realizzare le funzionalità di controllo e gestione, che in questo modo può essere unificato. In questo caso gli apparati sono programmabili e il software è quasi del tutto indipendente dal costruttore sfruttando interfacce aperte e standard (ad es. i modelli Yang proposti dal Broadband Forum) invece delle interfacce proprietarie utilizzate al momento dalle soluzioni in campo. Al massimo livello di disaggregazione le funzionalità normalmente implementate a bordo

dell'apparato vengono trasportate in modo univoco nel cloud, riducendo al minimo la legacy software dei costruttori e quindi la complessità degli apparati stessi (ad es. la soluzione VOLTHA proposta da ONF).

La logica a intenti nella configurazione degli apparati

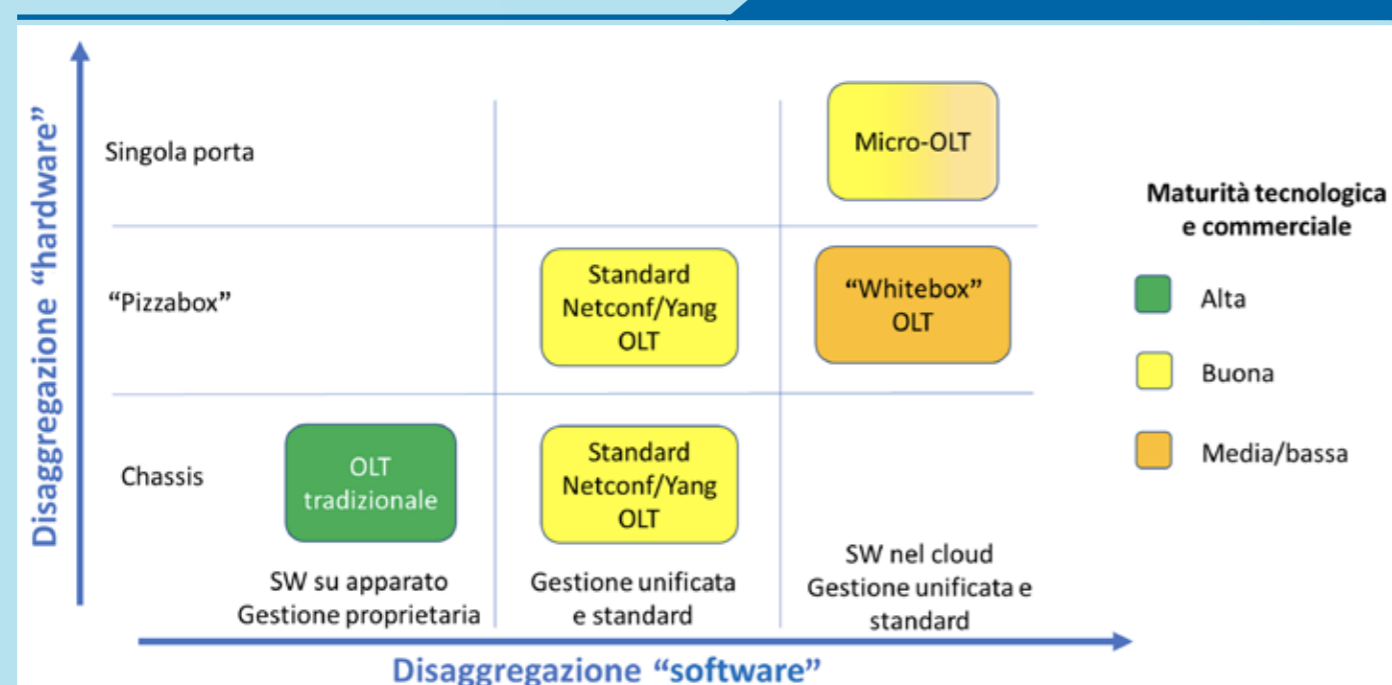
Il software unificato di controllo e gestione della OLT può essere eseguito su server commerciali standard, ed è realizzato con un'architettura a micro-servizi per beneficiare di una elevata flessibilità gestionale, scalabilità e capacità di sviluppo evolutivo.

La piattaforma software di esecuzione dei micro-servizi, considerata oramai come standard "de-facto", è Kubernetes (K8s) con container di tipo Docker.

In un simile contesto cloud è possibile semplificare l'interfaccia di controllo di una OLT mediante una northbound API che sia un'estensione delle API di K8s; la OLT viene configurata e gestita con le stesse modalità con cui si gestiscono le risorse del cloud che la ospita e cioè applicando un approccio dichiarativo «intent based», invece di quello imperativo comunemente utilizzato nella gestione degli apparati.

I sistemi di gestione dichiarano lo stato desiderato dei servizi e degli apparati ad un opportuno controllore specializzato detto "OLT operator" che si occupa di mantenere automaticamente allineato l'apparato OLT.

Figura 1: I diversi livelli di disaggregazione per una OLT



La sorgente unica di verità

Con un approccio disaggregato e a micro-servizi è possibile applicare la metodologia DevOps, tipica dello sviluppo software, anche allo sviluppo e alla gestione di una OLT con i relativi benefici.

Questa metodologia può essere applicata ed estesa mediante la creazione di un'unica sorgente di verità per il SW degli apparati, le configurazioni di rete e quelle di servizio. La sorgente di verità mantiene lo stato corrente desiderato per tutte le OLT dispiegate in campo e lo storico di tutte le operazioni di creazione, modifica e cancellazione, mentre ciascuna

OLT si sincronizza automaticamente con la sorgente di verità in modo autonomo.

I tre concetti innovativi sono stati utilizzati per sviluppare in laboratorio dei nodi di accesso secondo l'architettura descritta in Fig.2 e alcuni casi d'uso che dimostrano le potenzialità dell'approccio descritto. In particolare, è stato possibile automatizzare completamente la procedura di provisioning di una nuova OLT (Zero Touch Provisioning) fino ad arrivare a sostituire un apparato di un costruttore con quello di un altro, ripristinando automaticamente tutta la configurazione e i servizi attivi nel giro di pochi minuti. La sostituzione è stata dimo-

Figura 2: Operare su una OLT in modalità DevOps con logica ad intenti

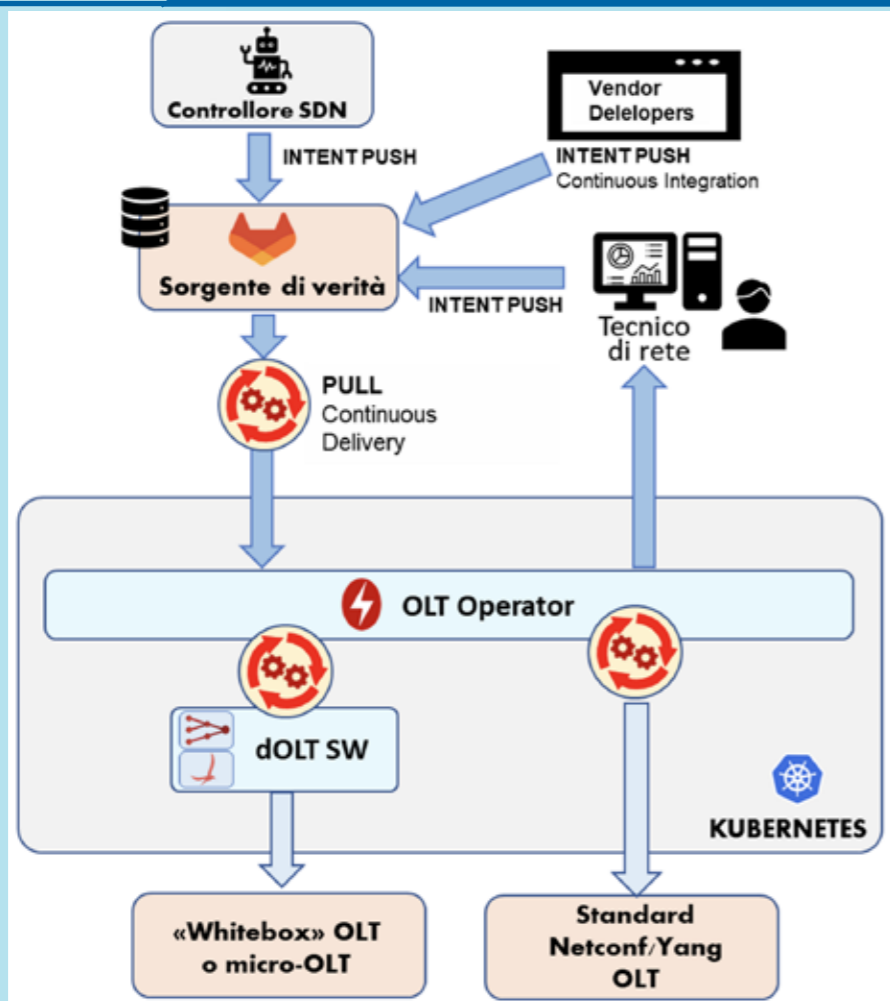
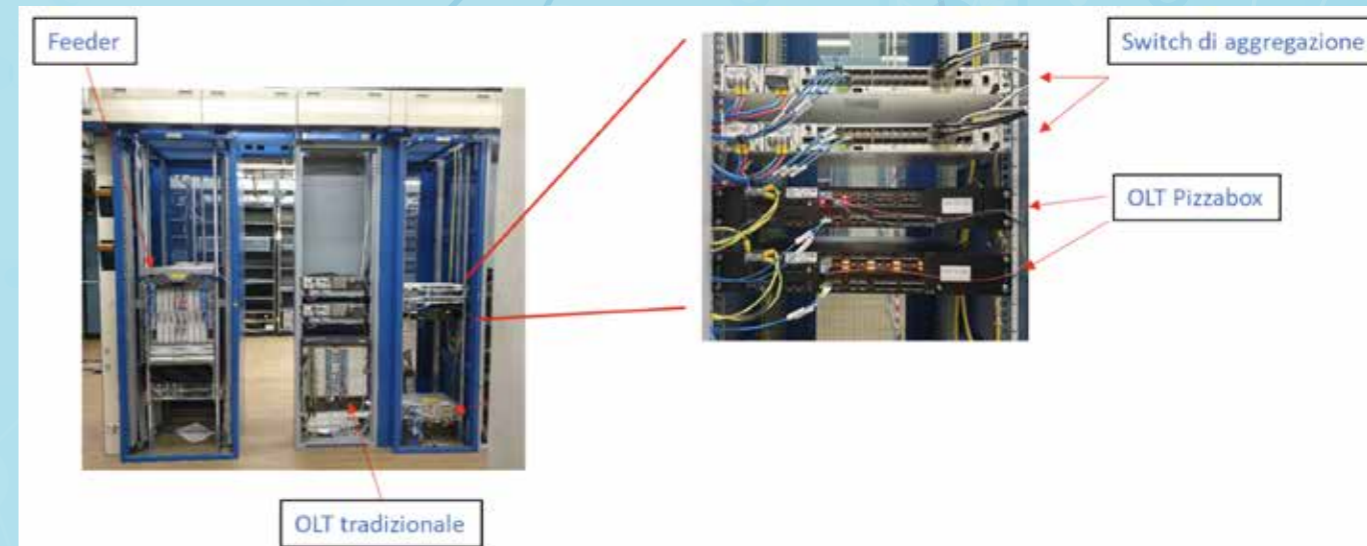


Figura 3: Il trial in campo nella centrale di Nichelino



strata utilizzando 2 OLT con lo stesso numero di porte xPON e non ha richiesto alcun intervento manuale di configurazione, se non per l'aggiornamento del serial number dell'apparato sul sistema di controllo.

La maturità tecnologica degli apparati OLT disaggregati varia da costruttore a costruttore, e decresce aumentando il livello di disaggregazione.

Le soluzioni dimostrate più mature in laboratorio sono state utilizzate per un primo trial nella centrale di Nichelino (Fig.3) con l'attivazione di alcuni clienti amici, a cui sono stati forniti dei servizi di connessione dati di tipo "consumer", simili a quelli delle offerte TIM a 10G.

Le attività svolte e i prototipi realizzati hanno finora dimostrato i vantaggi in termini di automazione e semplificazione che si possono ottenere disaccoppiando in modo netto l'hardware da un software unificato, sviluppato secondo paradigmi cloud native.

La maturità di queste nuove soluzioni sta crescendo ed esse continueranno ad essere oggetto di studio e sviluppo da parte di TIM, con l'obiettivo di definire i futuri requisiti per la rete di accesso creando nuove opportunità per l'ottimizzazione dei processi di ingegnerizzazione/maintenance e per la creazione di nuovi servizi per la rete.

umberto.eula@telecomitalia.it
paolo.pellegrino@telecomitalia.it
marco.polano@telecomitalia.it



