

Digital Horizons: Network & Systems

1/2018



notiziario tecnico



Il Notiziario Tecnico è un social webzine, in cui è possibile discutere in realtime con gli autori i vari temi trattati negli articoli, restando in contatto su:
www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

Proprietario ed editore
 Gruppo Telecom Italia

Direttore responsabile
 Michela Billotti

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

Art Director
 Marco Nebiolo

Photo
 123RF Archivio Fotografico
 Archivio Fotografico TIM

Segreteria di redazione
 Roberta Bonavita

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

A questo numero hanno collaborato

Luigi Artusio
 Massimo Banzi
 Emanuela Belmonte
 Paola Bertotto
 Graziano Bini
 Simone Bizzarri
 Pietro Bonato
 Andrea Buldorini

Giovanni Caire
 Gianni Canal
 Carlo Cavazzoni
 Domenico Colia
 Cecilia Corbi
 Marco Daccò
 Ernesto Damiani
 Mariagrazia Davi
 Marilena Di Bernardino
 Simone De Rose
 Gianluca Francini
 Francesco Fusco
 Fabrizio Gatti
 Marina Geymonat
 Giorgio Ghinamo
 Paolo Gorla
 Ennio Grasso
 Skjalg Lepsøy
 Michele Ludovico
 Pierpaolo Marchese
 Antonio Manzalini
 Davide Micheli
 Fabrizio Moggio
 Giuliano Muratore
 Vittorio Panariello
 Giuseppe Parlati
 Elisabetta Persello
 Armando Bazzani Pileri
 Patrizia Pisano
 Lorenzo Santilli
 Nicola Santinelli
 Salvatore Scarpina
 Andrea Schiavoni
 Fabrizio Silvestri
 Angelo Solari
 Aldo Vannelli
 Michele Vecchione
 Vinicio Vercellone
 Fabrizio Verroca
 Giovanna Zarba
 Raimondo Zizza

Editoriale

Sul Notiziario Tecnico TIM di dicembre 2017 abbiamo trattato della trasformazione che il “digitale” porta nella nostra vita sui posti di lavoro, nei momenti di svago e nelle relazioni interpersonali. Abbiamo anche discusso di come le tecnologie di comunicazione, sempre più pervasive, in associazione con i big data e l’intelligenza artificiale stiano trasformando l’ambiente in cui viviamo ed abbiamo evidenziato come le industrie, che non sappiano adeguarsi a questa trasformazione digitale, siano sistematicamente superate da quelle che, al contrario, sanno come cavalcarla.

Questi cambiamenti, che innovano così profondamente tanti settori, coinvolgono in profondità anche le aziende di telecomunicazioni, che di fatto hanno un doppio ruolo: essere piattaforma e infrastruttura abilitante per la trasformazione di diversi segmenti di mercato e, al contempo, essere al loro stesso interno impegnate ad attuare questa rivoluzione.

Ed è proprio su questa analisi che abbiamo scelto di impostare il nuovo numero del Notiziario Tecnico TIM; per meglio approfondire come lo scenario in cui si trovano a muovere i Telco sia un mondo nuovo che profondamente sta cambiando la struttura stessa delle soluzioni tecnologiche: reti, sistemi e processi.

Il microcosmo delle telecomunicazioni ripete infatti tutto lo spettro degli orizzonti tipici della “digital transformation”, sul lato “customer facing” e su quello delle piattaforme e dei sistemi interni. Se quindi gli operatori stanno attuando in profondità un cambiamento radicale nelle forme di interazione e costruzione di un percorso di relazione con i clienti, stanno anche attivando in maniera complementare una trasformazione delle proprie componenti più “core” come le piattaforme di rete e di servizio ed i sistemi informatici.

E ancora una volta, i big data e l’intelligenza artificiale sono alla base di molto di queste trasformazioni, che inevitabilmente dal piano infrastrutturale si spostano a quello dei processi di funzionamento.

Colgo l’occasione di questo “mio ultimo editoriale” per salutare tutti i lettori del Notiziario Tecnico TIM, invitandoli a continuare ad approfondire e commentare gli articoli, oltre che ad interagire con gli autori. Infine, ringrazio tutti i colleghi e il Comitato di Redazione con cui abbiamo realizzato gli ultimi numeri che ho avuto l’onore e il piacere di guidare: mi raccomando, tenetemi in lista per i prossimi numeri! ■

Giovanni Ferigo

Indice



10

Raimondo Zizza

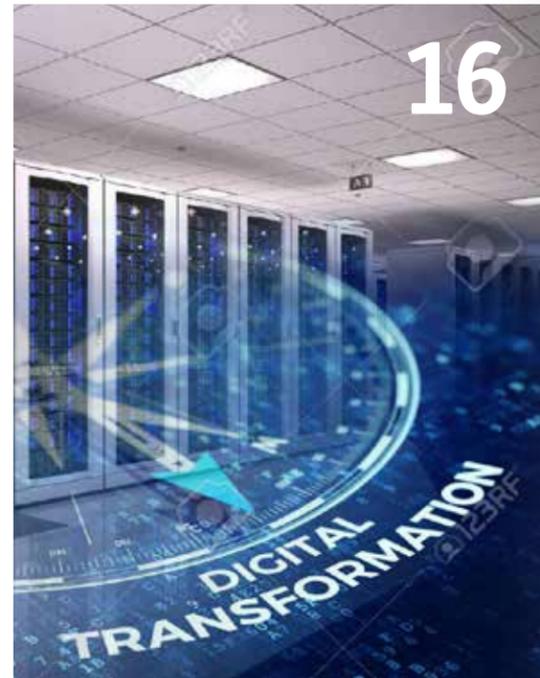
La trasformazione digitale: IT di TIM evolve verso IT as a Service

Nell'era dell'industria 4.0, TIM sta avviando la sua trasformazione verso la Digital Telco. L'IT supporta l'evoluzione dell'azienda passando da centro di costo a leva competitiva con una nuova piattaforma future proof che affianca l'architettura dei servizi core anche per garantire la scalabilità e l'apertura verso l'ecosistema digitale. Le Telco devono anche far fronte ai nuovi competitor (es. provider di servizi cloud e Over The Top) dotati di maggiore agilità e propensione al cambiamento.

Luigi Artusio, Antonio Manzalini, Lorenzo Santilli

La trasformazione digitale per gli Operatori di Telecomunicazioni

La trasformazione digitale porta con sé importanti sfide tecnico-economiche per l'intero ecosistema delle Telecomunicazioni. Lo scenario internazionale infatti sta vivendo la maturazione, e l'incrocio, di diverse tendenze tecnico-economiche, come ad esempio: la diffusione della banda ultra-larga fissa e mobile, l'aumento delle prestazioni hardware, accompagnata dalla contemporanea riduzione dei costi, la diffusione del software open source, e lo sviluppo di terminali sempre più potenti. In tale scenario, gli Operatori di Telecomunicazioni dovranno affrontare sfide non solo di carattere tecnologico, come ad esempio la necessità di gestire la complessità di un'infrastruttura sempre più eterogenea e pervasiva, ma anche, e soprattutto, di carattere economico, come ad esempio la sostenibilità del business attraverso il contenimento dei costi, nuovi modelli di servizio e ruoli di business.



16

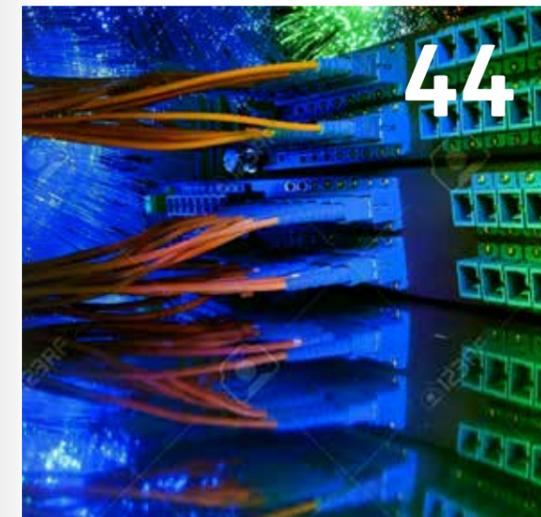
Carlo Cavazzoni, Nicola Santinelli, Vinicio Vercellone

Network Automation SDN/NFV

La trasformazione digitale che TIM sta intraprendendo richiede di cambiare il modo di fare business e passa attraverso una profonda revisione degli attuali processi e delle soluzioni architetturali e sistemistiche mediante cui vengono erogati i servizi. Intraprendere questa trasformazione, oggi, significa introdurre soluzioni in grado di semplificare ed automatizzare le attività di dispiegamento e gestione delle reti, delle infrastrutture e dei servizi. I principi cardine su cui poggia questa evoluzione, verso la Network Automation, sono semplificazione, standardizzazione, astrazione e modularità.



28



44

Marina Geymonat, Fabrizio Silvestri, Angelo Solar

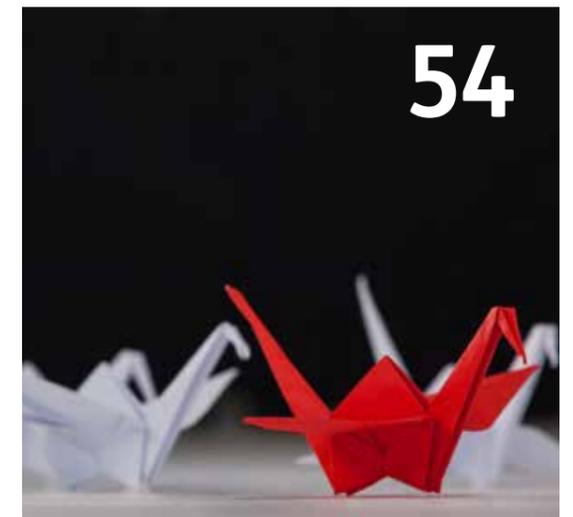
OSS Transformation

I sistemi di supporto alle Operations OSS (Operations Support Systems) costituiscono la struttura nevralgica che consente ad un Telco, tra le altre cose, di tenere sotto controllo il buon funzionamento della rete e dei servizi, di avere a disposizione le informazioni concernenti i clienti per rispondere alle loro domande o risolverne i problemi, oltre che di progettare, gestire e sincronizzare l'attuazione delle configurazioni sulla rete, necessarie ad attivare un servizio, allacciare un nuovo cliente o modificarne i profili di offerta. La trasformazione degli OSS costituisce quindi un tassello fondamentale per abilitare la transizione dell'azienda verso la completa digitalizzazione.

Gianni Canal, Marco Daccò, Simone De Rose, Giuseppe Parlati

IT Transformation Fly Together

La trasformazione digitale di TIM passa attraverso il ridisegno della Customer Experience ed una nuova architettura a microservizi. La prima rappresenta la finestra dalla quale i clienti percepiscono la trasformazione che sta avvenendo, la seconda rappresenta il cuore della trasformazione, il passaggio da un IT basato sui processi ad uno orientato ai dati, un nuovo IT future proof agile, flessibile, scalabile e "aperto" all'ecosistema digitale.



54

Graziano Bini, Fabrizio Gatti,
Paolo Goria, Michele Ludovico

DigiRAN: il valore dell'automazione nell'accesso radio

La sfida evolutiva dell'accesso radio richiede di garantire alta qualità all'aumentare del traffico e della complessità di rete con costi sostenibili per l'operatore di telecomunicazioni. L'automazione dei processi di gestione costituisce un elemento chiave per affrontare tale sfida. TIM è impegnata in un percorso di trasformazione che, applicato nel dominio dell'accesso radio, prevede l'introduzione di architetture software aperte e nativamente cloud che abilitano l'automazione delle funzionalità di rete.



Pietro Bonato, Simone De Rose, Michele Vecchione,
Fabrizio Verroca

Big Data come motore della TIM digital Transformation

La soluzione Big Data che TIM sta mettendo in campo è un pilastro fondamentale della strategia di trasformazione digitale di TIM. Le applicazioni del machine learning e, in generale, delle tecniche appartenenti all'ambito dell'artificial intelligence sono infatti abilitatori straordinari per la nuova strategia customer centric e per innovare l'interazione con i clienti migliorando esperienza di fruizione, qualità dei servizi e ricchezza informativa.



Giovanni Caire, Gianluca Francini, Ennio Grasso

Deep Learning per le Telco

Da qualche anno la tecnologia del Machine Learning sta portando una vera e propria rivoluzione nel mondo dell'ICT con impatti sempre più importanti nella vita di tutti i giorni. I primi utilizzi di questa tecnologia risalgono ormai agli anni '50, ma recentemente, grazie ad una concomitanza di fattori sia tecnici che di contesto, i risultati che consentono di raggiungere sono davvero sorprendenti. TIM, anche grazie al contributo del JOL di Torino che costituisce un vero e proprio centro di eccellenza sul Machine Learning, sta iniziando a capitalizzare le enormi potenzialità di questa tecnologia sia in ambito Business che in ambito Operations.



Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli

Big Data georeferenziati MDT per servizi digitali nelle Smart Cities

Sviluppare nuove politiche di mobilità sostenibile nelle grandi città, limitare l'inquinamento delle aree urbane, abilitare nuovi modelli di collaborazione tra Cittadini e Pubbliche Amministrazioni (Smart Communities) e gestire flussi di persone e mezzi di trasporto in occasione di grandi eventi o in situazioni di criticità, sono alcune delle sfide che gli Amministratori Locali dovranno affrontare nei prossimi anni, sfide per le quali i nuovi servizi digitali basati sui Big Data dei Telco Operators potranno giocare un ruolo decisivo.



Ernesto Damiani, Antonio Manzalini

Artificial Intelligence empowering the Digital Transformation

L'inizio dello sviluppo dell'IA (Intelligenza Artificiale) risale al 1943 quando Warren McCulloch e Walter Pitt proposero un primo modello di neurone artificiale (perceptron). L'arrivo, alcuni anni più tardi, dei primi prototipi di reti neurali determinò un crescente interesse scientifico per l'IA, anche grazie ai nuovi lavori del giovane Alan Turing, volti a capire se un computer possa comportarsi come un essere umano. Oggi, a distanza di circa settant'anni, dopo il cosiddetto inverno dell'IA, i recenti sviluppi tecnologici dell'ICT e delle Telecomunicazioni stanno rivitalizzando l'interesse, e significativi investimenti, per l'IA, indirizzandone addirittura un ruolo chiave nella Trasformazione Digitale.



LA TRASFORMAZIONE DIGITALE: IT DI TIM EVOLVE VERSO IT AS A SERVICE

Raimondo Zizza

Nell'era dell'industria 4.0, TIM sta avviando la sua trasformazione verso la Digital Telco. L'IT supporta l'evoluzione dell'azienda passando da centro di costo a leva competitiva con una nuova piattaforma future proof che affianca l'architettura dei servizi core anche per garantire la scalabilità e l'apertura verso l'ecosistema digitale. Le Telco devono anche far fronte ai nuovi competitor (es. provider di servizi cloud e Over The Top) dotati di maggiore agilità e propensione al cambiamento.

Contesto: benvenuti nella 4ª rivoluzione industriale

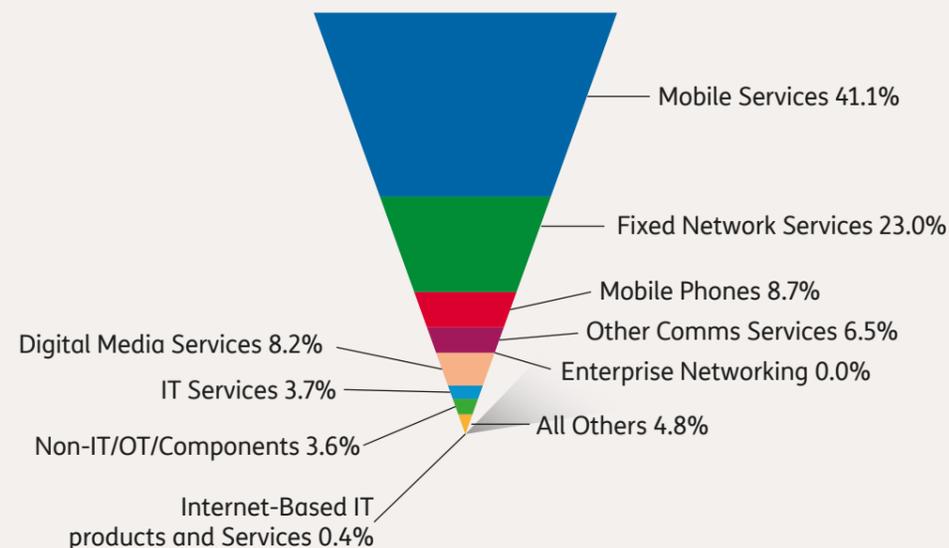
L'era digitale sta radicalmente cambiando l'industria delle telecomunicazioni. Se da un lato gli

operatori tendono a mantenere la competitività acquisita sui servizi di telecomunicazione tradizionali (ancora più dei quattro quinti delle revenue totali) ottimizzando i propri costi interni, dall'altro la crescita contenuta degli ultimi

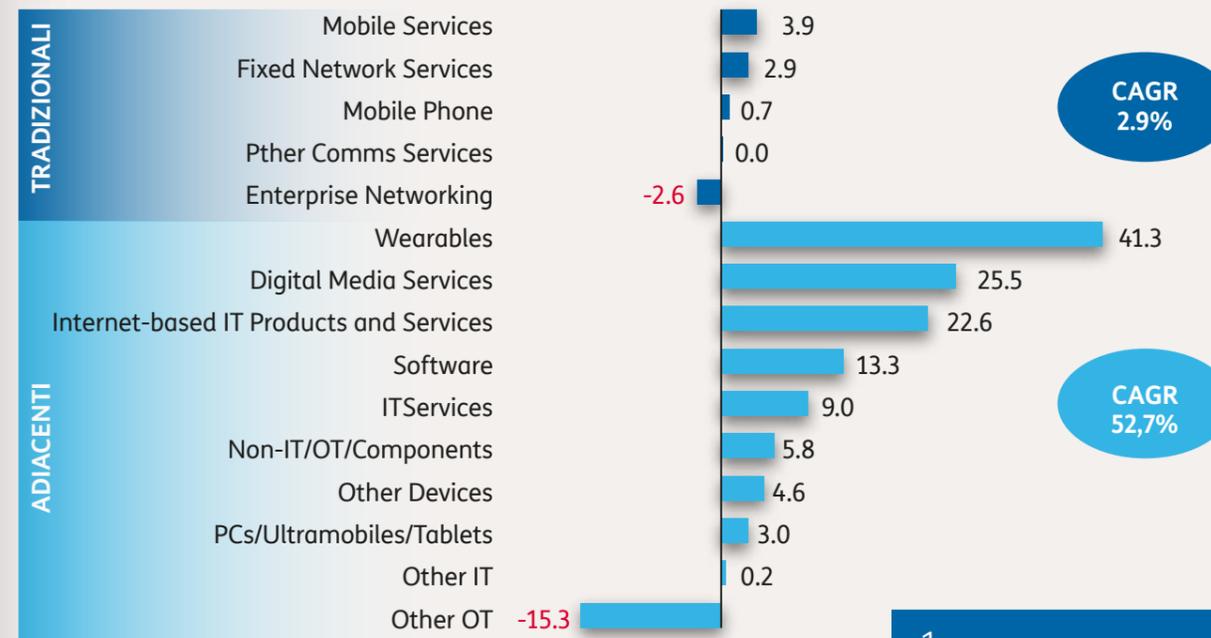
anni spinge a guardare alle nuove opportunità offerte dai servizi cosiddetti digitali ed ai mercati adiacenti.

In questo scenario, le Telco devono anche far fronte ai nuovi competitor, aziende native dell'era digitale

Split delle Revenue



Crescita Revenue 2016 (%)



1 I mercati adiacenti guidano la crescita delle revenue delle Telco

- essenzialmente provider di servizi cloud e OTT (aziende *Over The Top*) - che si affacciano nell'ecosistema e che rispetto alle Telco hanno maggiore agilità e propensione al cambiamento.

In Europa il posizionamento strategico delle grandi Telco sta cambiando anche in risposta alla grande pressione competitiva ed in base alla volontà o meno di espansione in nuovi mercati europei e non. Gli orientamenti di queste Telco si possono raggruppare in 3 categorie:

- **Smart Utilities:** che focalizzano la propria strategia sull'offerta di servizi infrastrutturali, di dati e di rete.
- **Platform Enablers:** che realizzano piattaforme che abilitano nuovi servizi digitali per estendere il proprio portfolio ed entrare in nuovi ecosistemi/mercati.

- **Diversified Service Provider:** che si muovono velocemente verso i servizi dei mercati adiacenti attraverso joint ventures o acquisizioni che consentono di azzerare i tempi di trasformazione.

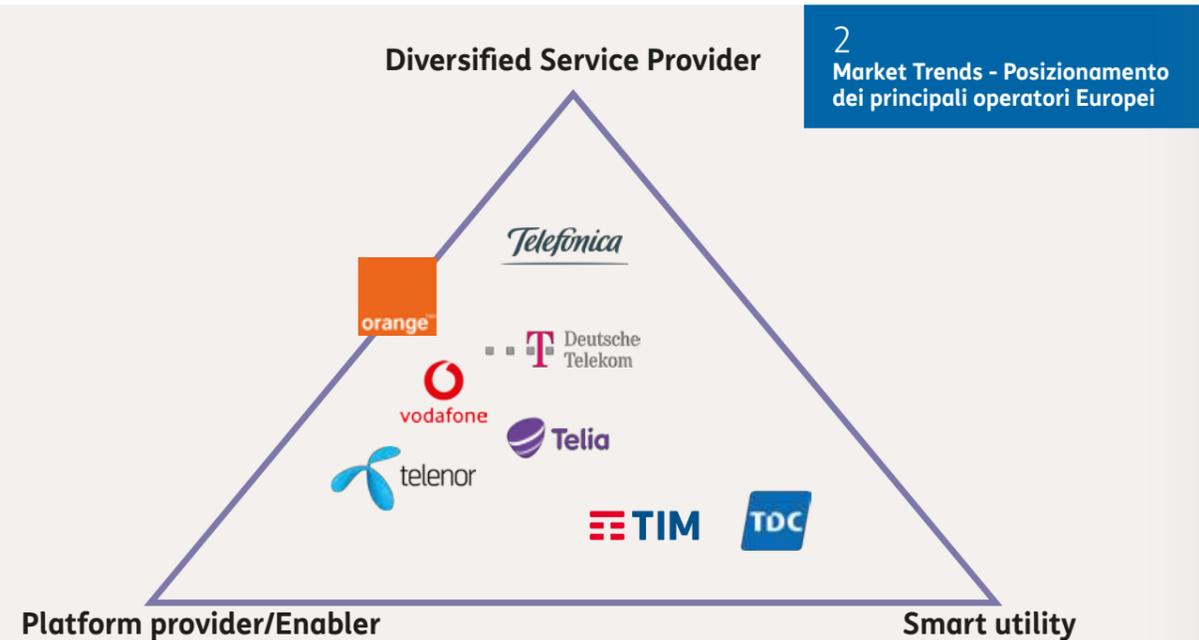
Alcuni operatori Europei come Telefonica, Orange e Vodafone si sono posizionati a metà tra i provider di piattaforma ed i diversified service providers e hanno già da qualche tempo intrapreso un percorso di trasformazione del core business attraverso acquisizioni e joint ventures.

TIM, invece, si è finora focalizzata sul profilo delle Smart Utility facendo leva sui suoi asset strategici di rete, infrastruttura e dati ma sta avviando ora un programma di radicale trasformazione verso la Digital Telco.

Il viaggio verso un IT as a Service

L'IT gioca un ruolo fondamentale nel viaggio di TIM e affronta un momento molto complesso ed al contempo molto stimolante, in cui le sfide riguardano sia il fronte della semplificazione e razionalizzazione dell'architettura a supporto dei servizi tradizionali sia quello di innovazione con un'architettura future proof in grado di sostenere i nuovi modelli di business, il tutto in tempi molto ridotti.

L'architettura attuale infatti, stratificata e ridondante, presenta limiti strutturali che non consentono di evolvere i sistemi IT in tempi adeguati. Per tale motivo l'IT affianca una nuova architettura a microservizi ed una piattaforma di Enterprise Big Data per realizzare, nei tempi richie-



3 Pillar della strategia IT 2018-2020

sti dalle Linee di Business, le capability digitali necessarie ad ampliare l'offerta di servizi sia per il segmento Consumer sia per quello Business. La strategia dell'IT di TIM, in accordo con quella aziendale si basa su 4 pillar:

- Ottimizzare la Customer Experience.
- Ridurre il Time to Market.
- Garantire l'Omnicanalità.
- Semplificare e ridurre i costi operativi.

Elementi fondanti della nuova architettura sono:

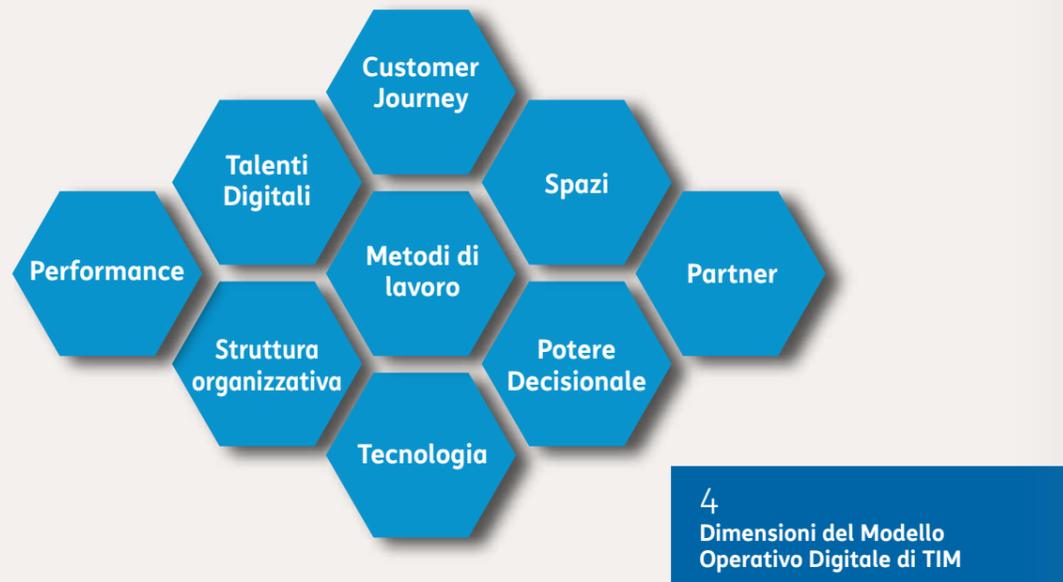
- **Ristrutturazione digitale dei canali non assistiti (Mobile e Web)** con Customer Experience semplificata e funzionalità innovative per l'e-commerce e l'e-care. Saranno infatti introdotte le capability del carrello e del tracciamento dello stato dell'ordine *Amazon like*, le innovative modalità di login tramite riconoscimento fac-

ciale ed impronta digitale, nuovi metodi di pagamento attraverso inserimento e memorizzazione della carta di credito o paypal, la ricarica automatica in 1 click e tante altre feature, richieste da un mondo in cui l'interazione digitale diventa il canale principale di comunicazione tra TIM ed i suoi clienti.

- Un'architettura a microservizi flessibile e scalabile che espone le capability verso tutti i canali - per garantire **esperienza omni-canale** ai clienti - e **apre le porte ad ecosistemi esterni** attraverso l'esposizione delle API standard.
- Un layer di **fast data** (realizzato con In-memory Grid) che disaccoppia le applicazioni digitali di front end da quelle legacy, riducendo i tempi di consultazione dei dati.
- Un **catalogo unico a building block** che riduce il time to mar-

ket delle nuove offerte digitali e componentizza gli elementi di offerta a favore di una maggiore flessibilità e configurabilità nella costruzione delle offerte che può essere direttamente delegata alle funzioni marketing

- Una **piattaforma di Big Data** che raccoglie ed elabora i dati di TIM e di fonti esterne e realizza casi d'uso con il duplice obiettivo di ottimizzare i costi operativi (es. Individuazione delle aree su cui concentrare gli investimenti di rete, individuazione preventiva di fault di rete per attivare interventi che riducano i tempi di inattività della rete) e incrementare le revenue (es. Individuazione di meccanismi di riduzione del churn rate, individuazione e proposizione al cliente della Next Best Offer, ossia del pacchetto più adatto alle sue abitudini).



Il nuovo modello operativo dà la spinta sull'acceleratore

La trasformazione non riguarda solo l'IT e la tecnologia ma richiede un cambiamento radicale di tutta l'azienda che deve abbattere i confini organizzativi e avanzare all'unisono verso gli obiettivi del Digital Business.

Fattore chiave per il successo della Digital Transformation è il rinnovamento del modello operativo, riprogettato per accelerare la trasformazione con una prospettiva a livello azienda che definisce i principi e le regole evolutive su 9 dimensioni interdipendenti:

1. Customer journey: che racchiude i principi di evoluzione della Customer Experience da qualsiasi canale assistito (cu-

stomer care, dealer, ecc) o non assistito (portali web e app) con obiettivo di unificare, semplificare e digitalizzare l'esperienza cross canale in ottica cliente centrica.

- 2. Talenti Digitali:** la trasformazione passa anche attraverso un cambiamento della cultura aziendale e l'acquisizione di talenti con skill ed esperienze su temi, servizi e tecnologie digitali. TIM ha infatti previsto da un lato un piano di training del personale coinvolto nella trasformazione su specifici temi e dall'altro l'innesto di nuovi talenti con skill su tecnologie digitali quali i Data Analytics o gli esperti di modelli di sviluppo Agile.
- 3. Spazi:** open space dove IT, Technology e Business possono

collaborare per la cross-fertilizzazione delle idee e l'innovazione ed accorciare i waste time di comunicazione.

- 4. Performance:** definiscono l'insieme degli indicatori e la loro declinazione tra le strutture per garantire allineamento e sancire il contributo di ciascuna funzione aziendale al raggiungimento degli obiettivi comuni di Business.
- 5. Metodi di Lavoro:** per accelerare la trasformazione saranno utilizzati metodi Agile e DevOps che garantiscono maggiore agilità e velocità con immediata riduzione del Time to Market.
- 6. Partner:** importante è anche la scelta di Partner tecnologici best-of-breed che contribuiscano concretamente con espe-

rienze pregresse in contesti simili.

- 7. Struttura Organizzativa:** definisce i ruoli e responsabilità di cooperazione tra IT, Business e Technology.
- 8. Potere Decisionale:** identifica chi ha potere decisionale in modo da ridurre i waste time di escalation su argomenti relativi ad architettura, sourcing e applicazioni.
- 9. Tecnologia:** alla base dell'evoluzione, questa dimensione sancisce le scelte architettoniche e tecnologiche che abilitano le capability a supporto del business digitale. Sono qui i veri enabler della trasformazione.

Focus sulla tecnologia Conclusioni

Come abbiamo già esposto in precedenza, le scelte tecnologiche di TIM vanno verso una piattaforma a microservizi che supporta i canali tradizionali e digitali (web e app) per garantire omnicanalità con forte attenzione alla nuova customer experience. Nel presente Notiziario troverete due articoli che meglio descrivono le potenzialità e capability delle scelte fatte e racchiuse in due progetti complementari per la trasformazione: Fly Together e Big Data. Buona Lettura!

Nell'era del digital business, TIM sta percorrendo il suo viaggio verso la Digital Telco. L'IT assume ed assumerà un ruolo sempre più rilevante come abilitatore della trasformazione e come leva competitiva su cui costruire il futuro dell'azienda. L'evoluzione da IT tradizionale visto come un centro di costo verso un IT as a service da inserire come nuova offerta nel portfolio di TIM, da nuovi spunti di riflessione per l'azienda. L'adozione di una strategia differenziata che consente a due anime strutturalmente diverse (legacy e digital) di viaggiare all'unisono rappresenta la risposta dell'IT alle sfide imposte dal mercato ■



Raimondo Zizza

raimondo.zizza@telecomitalia.it

laureato in Ingegneria Elettronica/Telecomunicazioni presso l'Università Federico II di Napoli nell'anno accademico 1989/90. Entra nel gruppo Telecom nel 1991 ricoprendo vari incarichi di responsabilità tra i quali CRM Planning, Program Management Datacom, partecipa alla start up TI in Spagna. Nel 1998 è in Telecom Argentina come responsabile Gestione Operativa. Rientra in Telecom Italia come Vice President IT dell'Area BSS dedicandosi, dal 2001 al 2005, alle nuove soluzioni CRM e Billing. Dal 2006 al 2009 assume incarichi di responsabilità nella Funzione Acquisti di Informatica operando - in particolare - sulla razionalizzazione dei costi. Dal 2010 è in TIM Brasile in qualità di Responsabile Acquisti Commerciali e Logistica e, nel 2012, è nominato CIO della Società brasiliana; in questo ruolo realizza il progetto di trasformazione digitale (Big data, Cloud, API) realizzando il decommissioning della architettura legacy di TIM Brasil. Da febbraio 2017 guida l'Information Technology a supporto della trasformazione digitale di TIM. ■

LA TRASFORMAZIONE DIGITALE PER GLI OPERATORI DI TELECOMUNICAZIONI

Luigi Artusio, Antonio Manzalini, Lorenzo Santilli

La trasformazione digitale porta con sé importanti sfide tecnico-economiche per l'intero ecosistema delle Telecomunicazioni. Lo scenario internazionale infatti sta vivendo la maturazione, e l'incrocio, di diverse tendenze tecniche-economiche, come ad esempio: la diffusione della banda ultra-larga fissa e mobile, l'aumento delle prestazioni hardware, accompagnata dalla contemporanea riduzione dei costi, la diffusione del software open source, e lo sviluppo di terminali sempre più potenti. In tale scenario, gli Operatori di Telecomunicazioni dovranno affrontare sfide non solo di carattere tecnologico, come ad esempio la necessità di gestire la complessità di un'infrastruttura sempre più eterogenea e pervasiva, ma anche, e soprattutto, di carattere economico, come ad esempio la sostenibilità del business attraverso il contenimento dei costi, nuovi modelli di servizio e ruoli di business.

Introduzione

Dal punto di vista tecnologico, la progressiva maturità di paradigmi architetturali come SDN e NFV, l'evoluzione del Cloud verso l'integrazione con l'Edge Computing, i notevoli progressi dell'Intelligenza Artificiale forniscono alcuni esempi di trend, e quindi strumenti per la trasformazione digitale, in corso di consolidamento. D'altro canto, questa stessa trasformazione infrastrutturale di rete e servizi (ad esempio, in ottica evolutiva verso Future Networks e 5G) offrono

all'Operatore l'opportunità non solo di ottimizzare i costi ma anche di attuare lo sviluppo di nuovi modelli di business, che vanno oltre la fornitura di connettività (ad es. l'Abilitatore di Servizi). Ad esempio, una delle possibilità, indicata per ora da alcuni centri d'innovazione e da diversi organi di standardizzazione internazionale (ad es. ETSI, ONF, 3GPP, ITU, IETF, etc.), è che la trasformazione digitale porterà con sé lo sviluppo del modello di "sistema operativo" in grado di cambiare la nostra visione delle reti di Telecomunicazioni in modo analogo

a come i sistemi operativi hanno cambiato il nostro approccio a PC e smartphone.

La trasformazione digitale del business comporta inoltre importanti implicazioni di carattere organizzativo, di formazione e sviluppo del personale. Ad esempio, una chiave di lettura delle strategie adottate dagli Operatori riguarda proprio le modalità di sviluppo degli skill necessari per il cambiamento (sviluppo interno e/o impiego di risorse esterne) e le strategie di dispiegamento delle nuove tecnologie in rete.

Come alcuni Operatori affrontano la trasformazione digitale

Deutsche Telekom

L'approccio di Deutsche Telekom (DT) nell'affrontare la trasformazione digitale trova chiara espressione nella definizione del ruolo di "Software Defined Operator" (Figura 1). Tre sono i macro-obiettivi principali:

1. semplificazione delle architetture di rete (delaying e decommissioning);
2. cloudification delle funzionalità di rete e servizi;
3. ottimizzazione ed automazione dei processi di OSS/BSS attraverso il RTNSM (Real Time Network and Service Management).

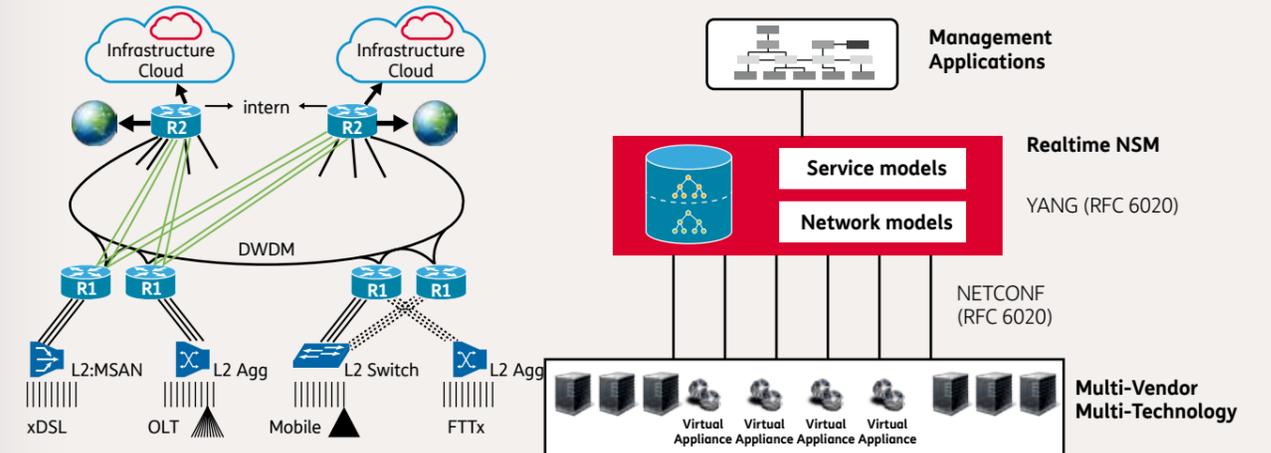
La rete Terastream (sviluppata in Croazia a partire dal 2012 ed attualmente in produzione) costituisce il principale strumento in campo per sperimentare le implicazioni di questa trasformazione. Il criterio strategico di progetto della rete Terastream è stato definire un'architettura in grado di minimizzare il costo per bit-trasportato, offrendo, al tempo stesso, alta flessibilità ed efficienza per affrontare gli scenari di servizi futuri. In Figura 2 sono riportati, rispettivamente a sinistra l'architettura di Terastream, ed a destra il modello del RTNSM.

In sintesi DT adotta un approccio di trasformazione che potremmo definire bi-modal, dove lo sviluppo di un'infrastruttura di rete e servizi parallela (Terastream) permette di attuare la strategia della trasformazione digitale del business secondo tre dimensioni:

1. formazione e sviluppo del personale (ad es. nuovi skill, nuovi ruoli);
2. l'ottimizzazione, ed un alto livello di automazione, dei processi sia di operations sia aziendali;
3. gestione dei rapporti con i Fornitori di tecnologie, anche attraverso nuovi modelli di collaborazione che coinvolgono community open source (e.g., Linux).

Orange

La strategia di trasformazione digitale di Orange prevede lo sviluppo e il dispiegamento di un'architettura MultiPoP Cloud basata su tecnologie SDN, NFV e Telco Cloud. La Figura 3 illustra i principali passi di attuazione della trasformazione che ha come obiettivo finale una "all-



2 DT - L'architettura di rete Terastream, il modello del RTNSM (fonte: DT)

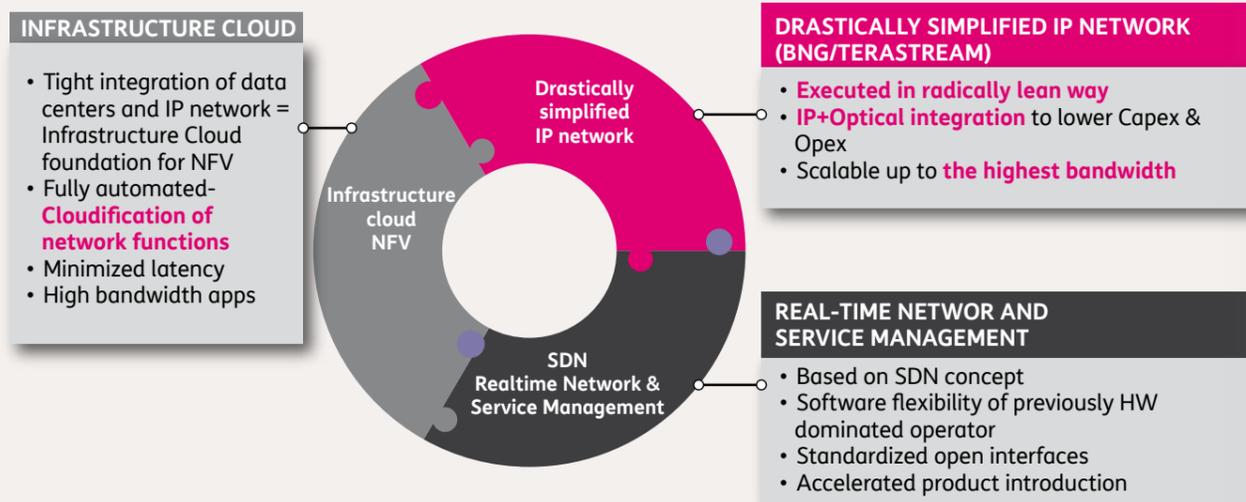
IP programmable network" dove le funzioni di rete e servizio sono eseguite sia nel Cloud sia nei network POPs, integrati con sistemi di Edge Computing.

In particolare, i cardini dell'approccio di Orange sono essenzialmente due e riguardano:

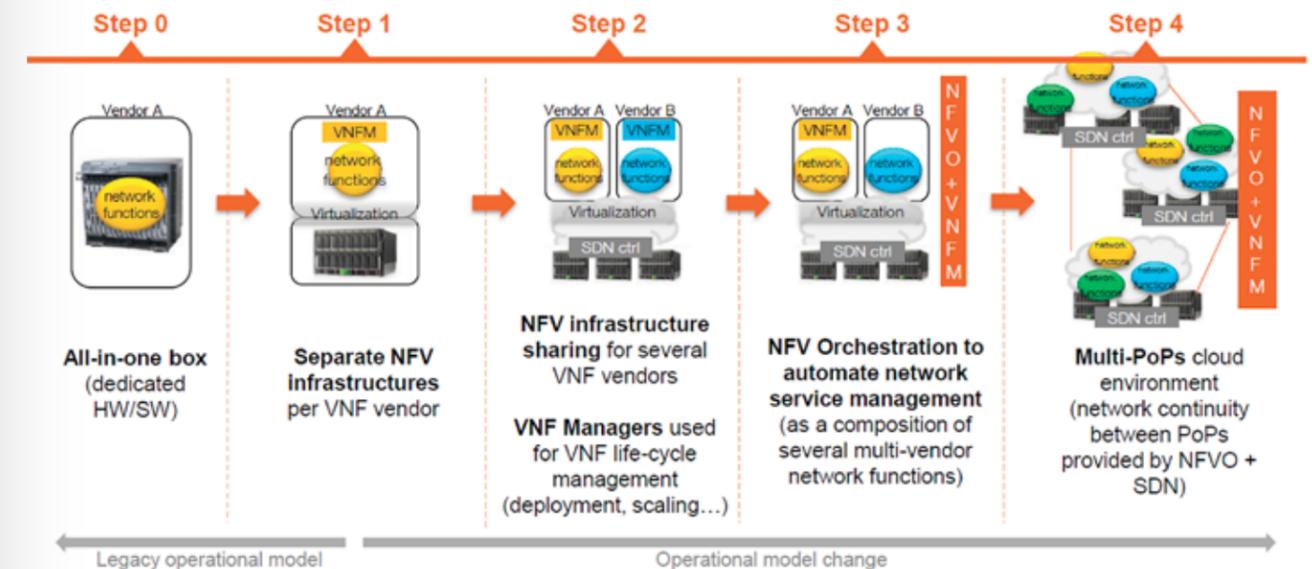
1. l'evoluzione dei sistemi di OSS/BSS nell'ottica di aumentare il livello di automazione dei processi di operations;

2. lo sviluppo di tool ed ambienti di collaborazione (e.g., field-trial, ecosistemi) con i Fornitori di tecnologie, Università e Comunità Open Source (e.g., ONAP) per sviluppare e testare soluzioni prototipali di rete e servizio.

1 DT - Il ruolo di Software Defined Operator (fonte DT)



3 Orange - I passi della trasformazione (fonte: Orange)



Telefónica

Telefónica ha dato avvio ad una nuova fase di trasformazione digitale caratterizzata dall'introduzione di Aura, un'assistente digitale che automatizza l'interazione con i clienti su aspetti attinenti i prodotti e servizi di Telefónica. Aura si basa su tecnologie di Intelligenza Artificiale (Machine Learning) e di elaborazione dei "big data" commerciali e di rete.

Sebbene l'obiettivo più immediato sia quello di ottimizzare l'efficienza e l'efficacia del processo di customer care, Telefónica ne persegue un secondo più strategico: Aura è il mezzo per entrare nel mercato dei **personal big data** ed assumere il ruolo di custode "di fiducia" dei dati dei propri clienti.

Aura, infatti, offrirà ai clienti un **personal data space**, ossia uno spazio digitale ove memorizzare la traccia digitale generata nell'uso quotidiano dei prodotti e servizi di Telefónica e durante le interazioni con Aura; in prospettiva potranno essere trattati altri dati personali dei clienti, anche non strettamente attinenti al dominio dell'operatore. La proposta si basa sul paradigma del personal data store secondo il quale il cliente recupera il possesso dei propri dati personali, ed il relativo controllo: i dati saranno utilizzati esclusivamente in conformità alla volontà del cliente, nel rispetto della privacy, della trasparenza e della sicurezza.

Vodafone

Nell'ambito del progetto **Ocean** Vodafone persegue le iniziative interne di trasformazione della rete mediante l'impiego delle tecnologie SDN e NFV. Alla base di Ocean vi è il principio strategico dell'apertura della rete: Application Programming Interfaces unificate e standardizzate che abilitano la costruzione di un ecosistema digitale basato sulle risorse dell'operatore.

Detta standardizzazione, oltre che alle funzionalità ed ai protocolli, si applica anche ai modelli informativi, ai linguaggi di modellazione, alla descrizione dei servizi, nonché ai processi. Tutto questo fa sì che i moduli funzionali di Ocean siano agnostici rispetto ai fornitori ed intercambiabili.

Vodafone ritiene che SDN, NFV e Telco Cloud siano gli abilitatori fondamentali della sua futura rete 5G; analogamente agli altri operatori che creano i Telco cloud, Vodafone persegue la virtualizzazione delle risorse di calcolo su hardware general purpose.

AT&T

AT&T sta sviluppando un processo di trasformazione del business che va sotto il nome di **Network 3.0 Indigo**. Con questa iniziativa, annunciata a gennaio 2017 nel corso del AT&T Developer Summit di Las Vegas¹, AT&T si dà l'obiettivo di trasformarsi in un "Differentiator" ovvero una

Technology Company in grado di fornire "data-powered services".

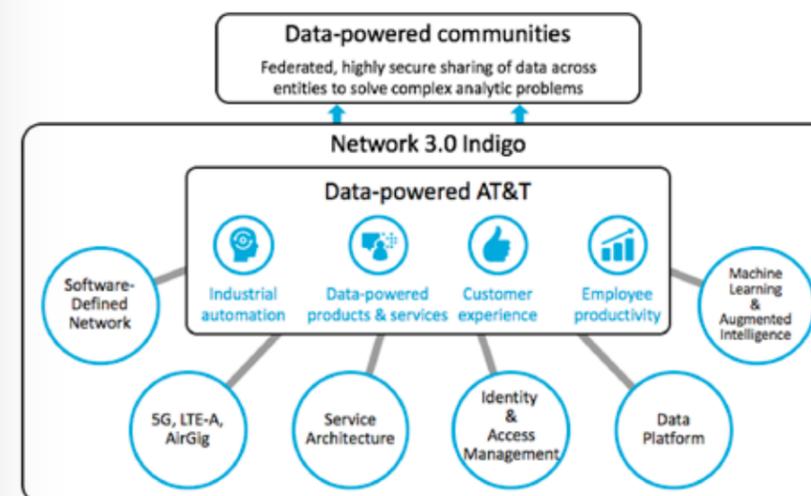
Citando le parole del CEO di AT&T, John Donovan: "The data can go into a loop to build automation and machine learning, to allow our network to be the best it is capable of, not only for how we build networks, but for how we authenticate customers on the network, how we deal with security threats".

Network 3.0 Indigo si muove lungo un percorso evolutivo che prevede la creazione di ecosistemi di rete e servizi basati sulla condivisione, elaborazione e valorizzazione dei dati, al fine di abilitare nuovi modelli di collaborazione e di business con altri Partners (Figura 4).

NTT

NTT sin dal 2015 lavora sul concetto **Netrosphere** per l'evoluzione degli apparati di rete da un'architettura monolitica e proprietaria verso una aperta e basata sulla modularizzazione estrema delle funzionalità dell'apparato. Queste componenti funzionali costituiscono un pool di risorse utilizzabili per assemblare un sistema virtuale ("network slice") in grado di soddisfare i requisiti di servizio.

Netrosphere si basa su due iniziative di R&D. La prima MSF (Multi-Service Fabric) definisce un modello architetturale che identifica e separa le funzionalità di trasporto, di servizio e di controllo e ne consente la composizione dinamica in "network



4 Indigo – Domain 3.0: Data-powered Communities (fonte: AT&T)

nalità: l'elaborazione distribuita, basata su cluster di server, e la virtualizzazione delle funzionalità dei server in conformità alle specifiche di ETSI NFV.

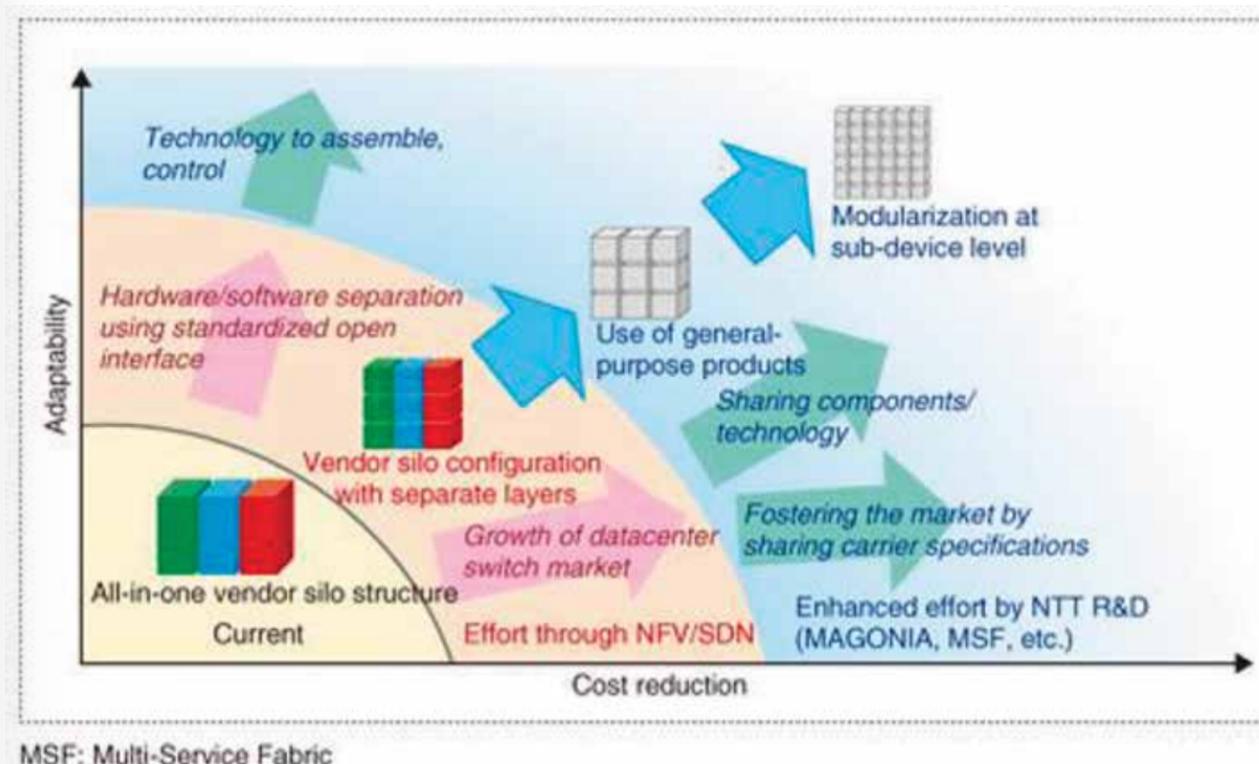
SK Telecom

Sk Telecom si è trasformata in una platform service company, offrendo una piattaforma aperta con i suoi servizi (dai contenuti multimedia all'advertising) e informazioni (mappe, social, telematics) esposte verso

"slices" specifiche per le tipologie di servizio da supportare.

La seconda iniziativa - MAGONIA - definisce l'architettura dei server che supportano MSF. Essa è caratterizzata da due macro funzio-

5 NTT -il concetto Netrosphere (fonte: NTT)



MSF: Multi-Service Fabric

¹ <http://about.att.com/innovationblog/indigo>



Cosa fanno **GOOGLE** e **FACEBOOK**?

Google

L'infrastruttura di rete e servizio di Google si basa su quattro pilastri principali: la rete B4-B2 (che comprende la rete core e la connettività verso i nodi metro di peering), Andromeda, Espresso ed infine Jupiter, l'architettura dei Data Centre, e della relativa fabric di connettività interna (in grado di supportare più di 100k server).

Espresso rappresenta un interessante esempio di come Google utilizzi la tecnologia SDN per la propria trasformazione digitale.

Espresso, in pratica, trasforma le classiche funzionalità di routing in un sistema distribuito capace di estrarre le informazioni sulle prestazioni delle connessioni di rete end-to-end al fine di decidere, secondo le policy di un controllore globale, la migliore allocazione dei flussi di traffico.

Andromeda è il framework per fornire tutti i servizi di networking della Cloud Platform di Google. In particolare la piattaforma

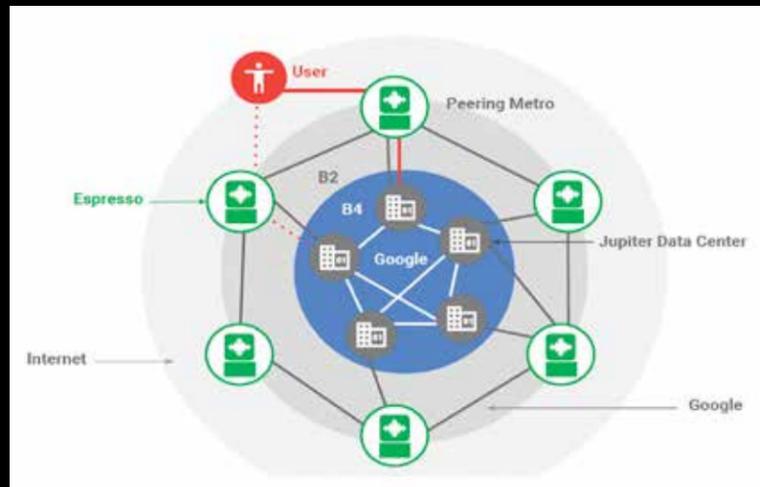
consiste di un sistema di orchestrazione NFV il quale, equipaggiato con un set di API, è in grado di fornire servizi di connettività e funzioni virtuali quali firewall, appliance di sicurezza, acceleratori, bilanciamento del carico etc.

Da questa breve descrizione emerge un'immagine del percorso di trasformazione digitale di Google, che adotta SDN e NFV per un'evoluzione della propria infrastruttura di rete e servizi secondo il paradigma "Data Center as Computer" con piattaforme OS centralizzate (per la gestione sia della rete sia dei servizi).

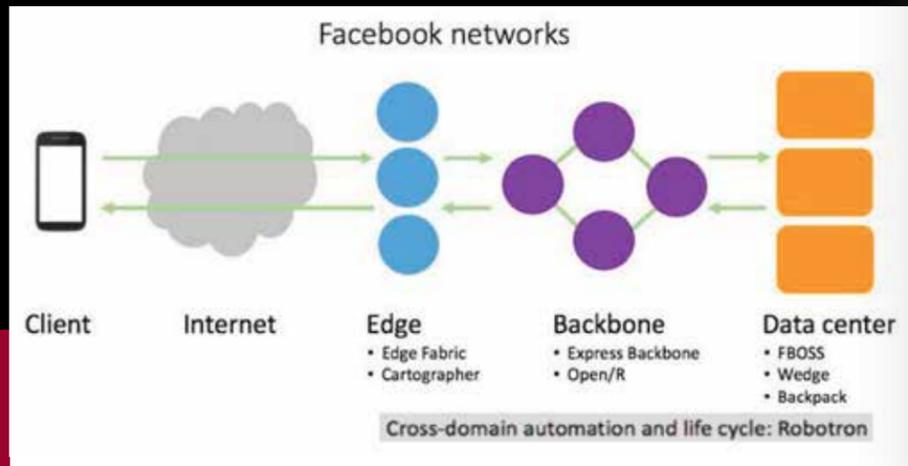
Facebook

L'infrastruttura di rete e di servizio di Facebook consta di tre domini verticali, DC Fabric, Express Backbone ed Edge Fabric che compongono l'architettura della rete Facebook fino all'interconnessione con gli ISP, e un layer trasversale ai 3 domini per la gestione dell'automatizzazione, denominato Robotron.

Il Data Center si basa su HW e SW disaggregati realizzati in house e Open Source, con switch gestiti come server per sem-



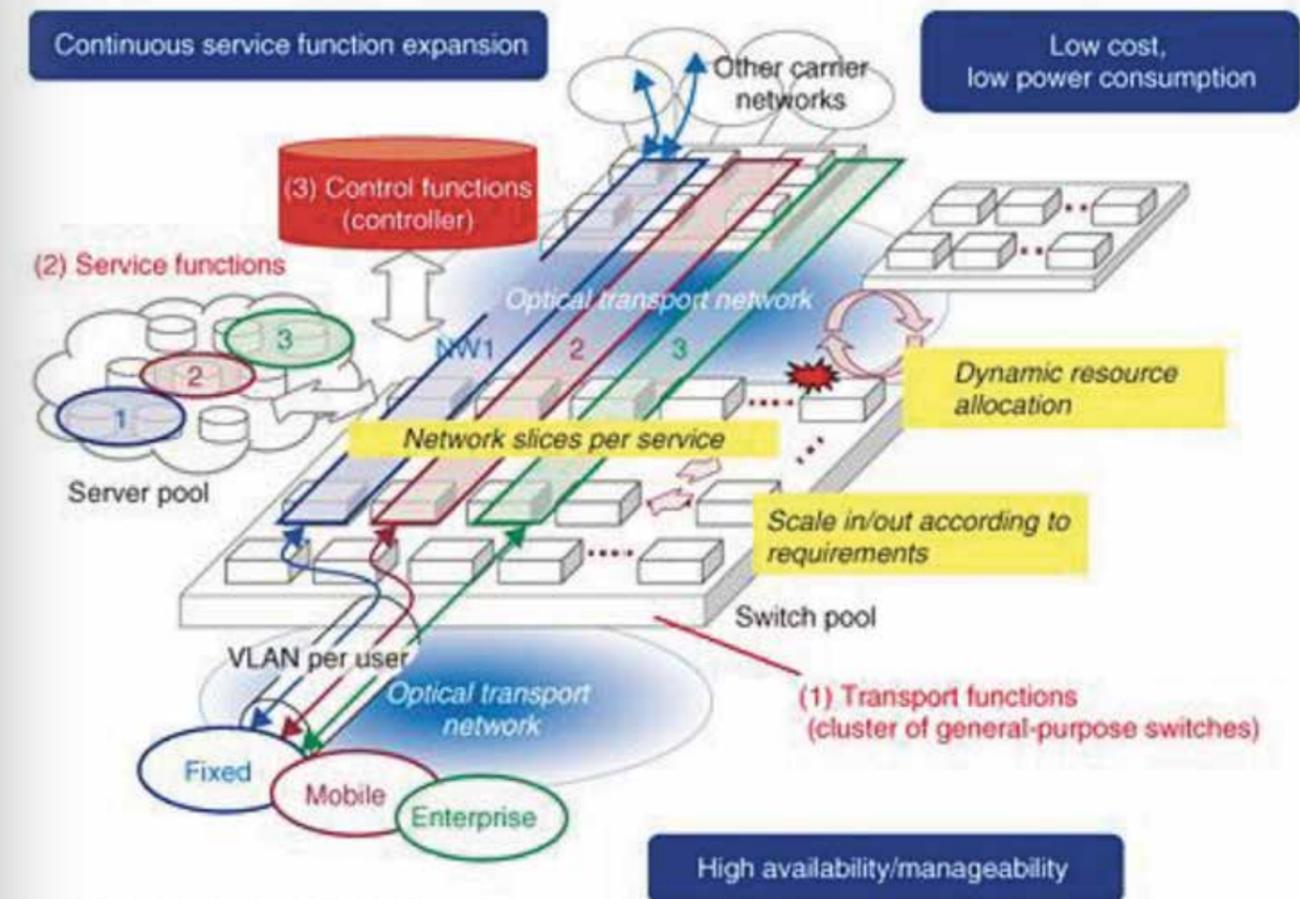
A
Modello dell'infrastruttura di Google (fonte Google)



B
Modello dell'infrastruttura di Facebook (fonte Facebook)

plificarne la gestione e lo sviluppo software. Express Backbone è una Software-defined WAN fondata sul concetto di controllo ibrido, dove alcune funzioni come l'identificazione dei percorsi di traffico vengono definiti a livello centralizzato, mentre i network failure vengono gestiti in maniera distribuita tramite agent dislocati sui nodi di rete. Edge fabric, la rete dei PoP periferici che si interconnettono agli ISP e gestiscono il traffico utente, utilizza un sistema di gestione del traffico SDN-based in grado di individuare le rotte ideali per ogni pacchetto, sulla base di elaborazioni svolte su tutta la rete

ogni 30 secondi e su istanze nascoste che producono costantemente simulazioni di traffico reale predicendo i fenomeni di congestione. La trasformazione digitale di Facebook è costruita sulla base di alcuni principi di design che mirano a rendere più agevole la gestione degli apparati esistenti e l'introduzione di nuove funzionalità e risorse infrastrutturali, secondo un paradigma di incremento rapido e modulare, softwarizzato/automatizzato e senza impatti sul traffico esistente ■



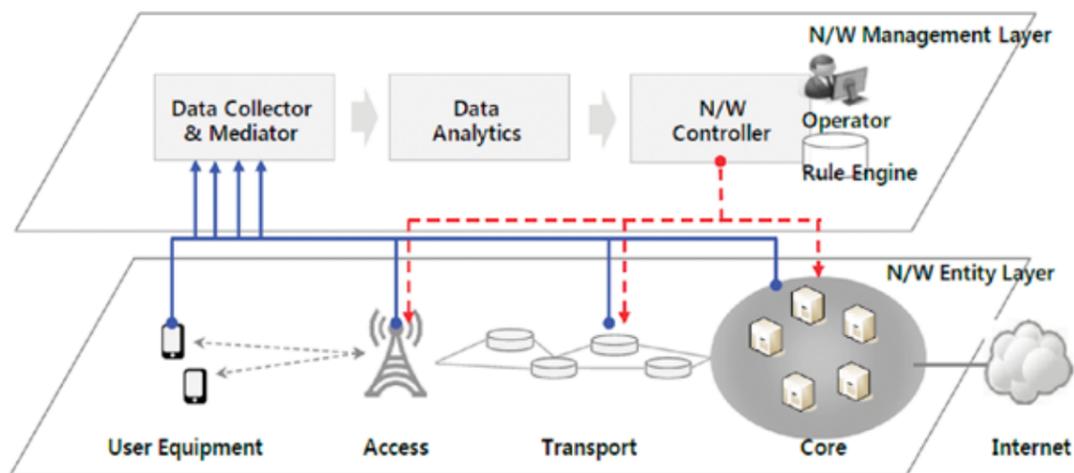
VLAN: virtual local area network

6
NTT - Modello architetturale Multi-Service Fabric (fonte: NTT)

community di sviluppatori di servizi innovativi. La trasformazione digitale ha permeato anche l'innovazione dell'infrastruttura tecnologica e lo sviluppo architetturale della rete, secondo la vision della rete del futuro "AT SCALE": Scalabile, Cognitiva, Automatizzata, Lean, End-to-end. I principi alla

base di questa trasformazione sono un ecosistema Open source, la softwarizzazione e lo "slicing" della rete, il disaccoppiamento infrastrutturale e funzionale e "cloudification". Nell'ambito dell'automazione delle operations SK Telecom ha sviluppato alcune soluzioni (Figura 7), basate su Big data analytics e Machine Learning per la gestione della qualità della rete, che correlano dati pro-

venienti rispettivamente dalle base station, dai terminali utente e dalla rete Core in ottica end-to-end. A supporto dell'evoluzione architetturale ha definito un livello di risorse hardware comune alle funzioni IT e alle reti Telco denominato COSMOS, che abilita un'ambiente infrastrutturale aperto e programmabile basato su tecnologie "software-defined".



[End-to-End Operational Intelligence]

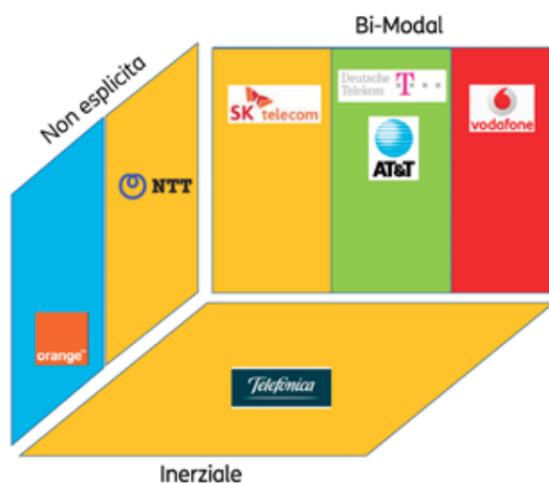
7 SK Telecom- Soluzione end-to-end per l'operational intelligence (fonte SK Telecom)

convergenza di numerose tendenze, espressione di una maturazione tecnica ed economica in molti ambiti. La trasformazione tecnologica delle infrastrutture di rete e servizi, che ha come obiettivi la semplificazione e l'agilità di sviluppo e dispiegamento, ha anche l'effetto di permettere una sempre maggiore apertura delle piattaforme, trasformando i

sistemi verticali Telco in piattaforme programmabili flessibili, le cui funzionalità sono aperte a terze parti. Di conseguenza gli Operatori acquisiscono sempre maggiore agilità e flessibilità, caratteristiche fondamentali per garantire la sostenibilità del business, abilitando la diffusione di nuovi modelli di servizio e l'accesso a nuove forme di remunerazione. Questo articolo ha fornito una breve rassegna delle strategie adottate da alcuni Operatori nell'ambito di questo processo di trasformazione digitale del business. In estrema sintesi, la strategia tecnologica dei principali Operatori esaminati può essere rappresentata (figura 8) secondo due assi riguardanti rispettivamente la strategia adottata per l'acquisi-

Conclusioni

Il settore delle Telecomunicazioni è caratterizzato da una trasformazione digitale sistemica, favorita dalla



Strategia per il Software

- Sviluppo interno del software e partecipazione in community, iniziative open-source
- Forte impegno nello sviluppo di ecosistemi con Vendor e Start-up
- Sviluppo collaborativo con altri Partner, orientamento a sperimentazioni in campo
- Sviluppo interno del software (e.g., orchestration)

8 Confronto delle strategie degli Operatori

zione degli skill necessari per il cambiamento e per il dispiegamento in rete delle nuove tecnologie. Per quanto concerne gli skill appare evidente come gli Operatori siano fortemente impegnati nello sforzo di acquisizione di competenze in ambito software, pur con mezzi differenti:

vi è chi punta allo sviluppo interno del software e chi, invece, fa leva sulle collaborazioni e le partnership con i fornitori delle tecnologie. Per il dispiegamento delle nuove tecnologie si osserva un forte indirizzamento verso l'approccio "bi-modal" che prevede lo sviluppo pa-

rallelo ed indipendente della nuova infrastruttura di rete rispetto alle reti "legacy". Al contrario, l'approccio "inerziale" basato sull'introduzione progressiva delle nuove tecnologie nella rete tradizionale risulta essere di modesto interesse ■



Luigi Artusio luigi.artusio@telecomitalia.it

laureato in Scienze dell'Informazione, lavora in Telecom Italia dal 1989. Nei primi anni lavorativi ha approfondito gli aspetti di gestione delle reti e dei servizi di telecomunicazione, operando sia negli enti di standardizzazione, sia nei progetti di ingegnerizzazione dei sistemi di gestione di Telecom Italia e di TIM. Ha sviluppato esperienze di program e vendor management, contribuendo alla messa in esercizio di soluzioni innovative sia di rete che di gestione. Attualmente, opera nella funzione Innovation ove è incaricato di realizzare analisi degli scenari e dei trend evolutivi delle tecnologie ICT che hanno un potenziale impatto sul business aziendale. ■



Antonio Manzalini antonio.manzalini@telecomitalia.it

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



Lorenzo Santilli santilli.lorenzo@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 inizialmente occupato di attività di innovazione della Core Network della rete mobile di TIM, partecipando ad attività di scouting e di 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. Attualmente si occupa dello scouting di servizi e soluzioni di player di significativa rilevanza nell'industry, come altri Operatori di rete o Tech company, e di individuare e declinare i principali trend evolutivi del settore, con particolare riferimento al Video su IP e al 5G. ■

NETWORK AUTOMATION SDN/NFV

Carlo Cavazzoni, Nicola Santinelli, Vinicio Vercellone

La trasformazione digitale che TIM sta intraprendendo richiede di cambiare il modo di fare business e passa attraverso una profonda revisione degli attuali processi e delle soluzioni architetturali e sistemistiche mediante cui vengono erogati i servizi. Intraprendere questa trasformazione, oggi, significa introdurre soluzioni in grado di semplificare ed automatizzare le attività di

dispiegamento e gestione delle reti, delle infrastrutture e dei servizi. I principi cardine su cui poggia questa evoluzione, verso la Network Automation, sono semplificazione, standardizzazione, astrazione e modularità. I benefici attesi sono significativi: incremento dell'efficienza, riduzione della complessità e dei costi operativi, riduzione degli errori e successive rilavorazioni, maggiore flessibilità

e reattività della rete nel recepire e soddisfare le esigenze legate all'evoluzione di funzionalità e servizi. Prerogative, queste, che consentiranno sia di ridurre i tempi dalla concezione al lancio di nuovi servizi (il time-to-market), sia di abilitare più diffusamente il self-provisioning delle offerte da parte dei clienti.

L'articolo analizza come siano perseguiti

gli obiettivi di automazione nell'ambito della Network Function Virtualization e della Software Defined Network e come si stiano definendo, nel medio termine, architetture fortemente integrate ed automatizzate in tutti i segmenti della rete.

Introduzione

Spesso il termine Network Automation viene associato ai concetti "Software Defined" o "as a Service" proprio per sottolineare il ruolo centrale che la programmabilità riveste nel percorso di evoluzione e trasformazione della rete verso l'automazione. Questa programmabilità si traduce in molti casi nella scrittura di file e script (che descrivono in modo formale e strutturato la configurazione di un apparato o servizio) interpretati, composti ed eseguiti in modo guidato ed automatico da appositi programmi che rendono le operazioni facilmente ripetibili, eliminando progressivamente i possibili errori di esecuzione.

Nei domini di trasporto, IP, controllo di rete e servizi, la Network Automation si esplicita in due ambiti principali: la NFV (Network Function Virtualisation), che ha come obiettivo la realizzazione e l'esecuzione di funzioni di rete su generici server informatici, ed il SDN (Software Defined Networking), che si propone di centralizzare il controllo dei servizi di rete erogabili dalle infrastrutture IP. Le due soluzioni sono fortemente complementari e si integreranno nel medio periodo prefigurando un nuovo concetto integrato ed automatico della rete end-to-end.

TIM ha intrapreso un percorso di trasformazione della rete verso la digitalizzazione e l'automazione la cui attuazione comporterà non solo l'adattamento all'utilizzo del-

le nuove tecnologie ma anche la rivisitazione dei processi al fine di massimizzarne i benefici.

Le sfide dell'Automazione nella NFV

Una quota parte considerevole del percorso di trasformazione verso la Network Automation è passata, e sta passando, attraverso l'adozione del paradigma Network Functions Virtualisation, il cui scopo è quello di separare il software che implementa una data funzionalità di rete dall'hardware sui cui viene eseguito. Tale separazione è resa possibile da uno strato di astrazione denominato hypervisor. Una funzione di rete che rispetta il modello NFV viene detta VNF (Virtual Network Function).

A 3 anni dall'avvio di questo percorso, TIM dispone oggi di un'infrastruttura distribuita in corrispondenza dei 4 inner PoP che ospita circa 30 VNF a traffico (e.g., MMS, Rete Intelligente, AAA server, piattaforme VAS e presence, funzionalità SON a supporto dell'automazione della rete di accesso mobile). Oltre a ciò, più di 40 funzioni di rete risultano attualmente "in lavorazione", ovvero di prossima virtualizzazione.

Al crescere del numero delle VNF, e quindi della dimensione e complessità dell'infrastruttura NFV, la piena automazione dell'infrastruttura virtualizzata e delle funzioni ospitate

diventa un obiettivo irrinunciabile per poter garantire adeguati livelli di efficienza e qualità.

L'automazione del ciclo di vita delle VNF

Sebbene specializzata nell'espletare una ben determinata funzionalità di rete, dal punto di vista dell'architettura NFV una VNF costituisce un elemento atomico con il quale è possibile interagire mediante alcune operazioni standard che ne regolano il ciclo di vita (Life Cycle Management-LCM). Tra queste, ad esempio, vi è la creazione di una nuova istanza della VNF, un'operazione complessa che comporta la creazione delle relative risorse virtuali di calcolo, memoria e rete sull'infrastruttura e la loro configurazione a partire dal cosiddetto "descrittore", contenente le immagini eseguibili ed i file con le caratteristiche specifiche di ciascuna componente. Per quanto complessa, la creazione di una VNF è generalmente ritenuta un'operazione di Base LCM in confronto a funzionalità "avanzate" come la capacità di adattare dinamicamente ed automaticamente la dimensione delle risorse virtuali al carico sostenuto (i.e., *scaling*) o l'abilità di ripristinare componenti qualora diventino indisponibili, ad esempio a seguito di un guasto (i.e., *self-healing*). Il Full LCM è dunque ottenibile solo laddove risultino abilitate sia le

operazioni di Base LCM che quelle più avanzate.

Il modello di riferimento per l'automazione del LCM delle VNF e l'architettura generale della NFV sono definiti nell'ambito di un ISG specifico di ETSI [1], avviato a gennaio 2013. La Figura 1 illustra all'interno della linea tratteggiata tale architettura ed evidenzia le tre tipologie di moduli che espletano funzionalità di gestione e orchestrazione, complessivamente identificati come MANO:

- Uno o più VNFM (VNF Manager) deputati alla gestione automatizzata del ciclo di vita delle VNF dispiegate sull'infrastruttura.

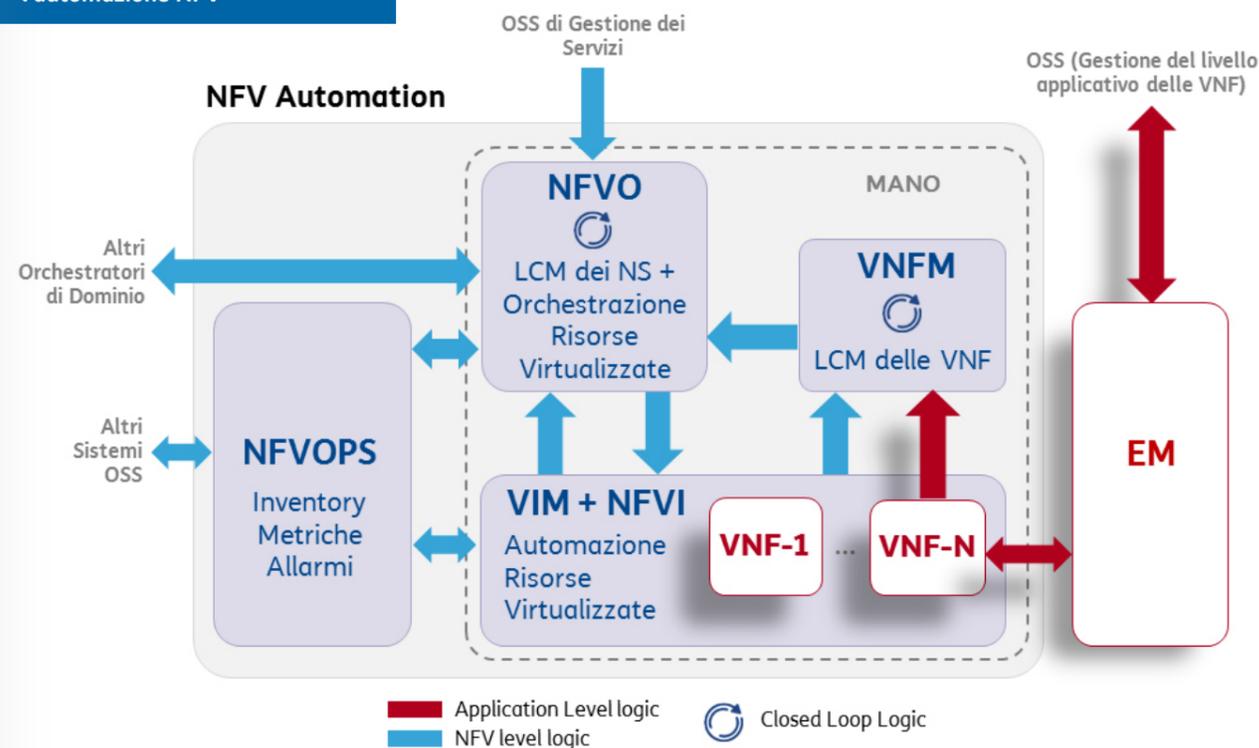
- Un NFVO (NFV Orchestrator) responsabile della gestione automatizzata del ciclo di vita dei Network Service. Oltre a ciò, l'NFVO orchestra l'utilizzazione delle risorse virtualizzate distribuite su più istanze di VIM autorizzando o proibendo le procedure richieste dai VNFM in base alla disponibilità residua e alle policy imposte dall'operatore.

- Uno o più VIM (Virtualised Infrastructure Manager) cui viene demandata la gestione delle risorse virtualizzate, di calcolo, memoria e rete, messe a disposizione dall'NFVI (Infrastruttura NFV), ovvero dalla totalità dei componenti che costituiscono

l'ambiente sul quale le VNF vengono eseguite.

L'architettura così definita non è però sufficiente a supportare qualunque VNF. In alcuni casi è necessario disporre di componenti di automazione complementari ed interoperabili con quelle specificate da ETSI, rappresentate in Figura 1 dal blocco funzionale denominato NFVOPS (NFV Operational Tools), che include ulteriori strumenti di automazione finalizzati all'erogazione di servizi di virtualizzazione alle VNF ed alla realizzazione di altre funzionalità utili a migliorare l'operatività dell'NFVI in senso ampio. Qui di seguito sono riportati due esempi significativi di utilizzo degli NFVOPS

1 Architettura di riferimento per l'automazione NFV



come elemento abilitante l'automazione delle VNF:

- automazione dei servizi di connettività richiesti dalle VM, nel caso in cui questi debbano essere erogati dai nodi di rete che collegano tra di loro i server fisici e non possano essere modellati dal VIM;
- raccolta di allarmi o notifiche di superamento soglia necessari all'implementazione delle logiche di closed control loop, ovvero l'innescio automatico da parte di VNFM e NFVO di azioni di lifecycle management correttive (e.g., scaling out, self-healing, etc.). Anche se lo standard ETSI sancisce che le informazioni di guasto e/o performance consumabili dalle funzioni di orchestrazione debbano esulare dalla componente applicativa e vengano recuperate direttamente dal VIM, laddove l'operatore disponga già di un proprio sistema di monitoraggio, si pone la tematica dell'integrazione con questi ultimi al fine di evitare interferenze e sovrapposizioni di ruoli.

L'architettura così definita evidenzia come l'automazione necessiti di una serie di sistemi cooperanti ciascuno specializzato a svolgere un ben preciso compito. Occorre, tuttavia, tenere in conto altri requisiti non funzionali ma indispensabili al fine di poter rendere tali sistemi fruibili in una realtà strutturata come quella di un operatore di telecomunicazioni. Tra questi particolarmente

te rilevante per la NFV è la necessità di garantire un accesso controllato all'infrastruttura, ottenibile tramite il partizionamento logico delle risorse virtualizzate consumabili tramite una o più istanze di VIM. A tal fine, si rende necessario che:

- VIM e NFVO abilitino modelli di multi-tenancy ovvero consentano di implementare unità organizzative dette tenant – tipicamente corrispondenti a VNF, Network Service o strutture aziendali – e di associare loro una quota massima di risorse consumabili;
- sussista una corrispondenza tra i tenant definiti a livello di NFVO e quelli a livello di VIM, così da assicurarsi che le quote imposte per i primi vengano effettivamente rispettate.

Maturità delle VNF commerciali

Per ottenere tutti i benefici attesi dal paradigma NFV, è fondamentale che le funzioni di rete siano caratterizzate da un'architettura interna pensata per essere eseguita su ambiente Telco Cloud, ovvero che risultino in possesso delle seguenti proprietà: astrazione dall'hardware sottostante, distribuzione delle informazioni di stato, elasticità e gestione automatizzata del ciclo di vita.

Come evidenziato da TIM con un'indagine condotta nel 2017 su un

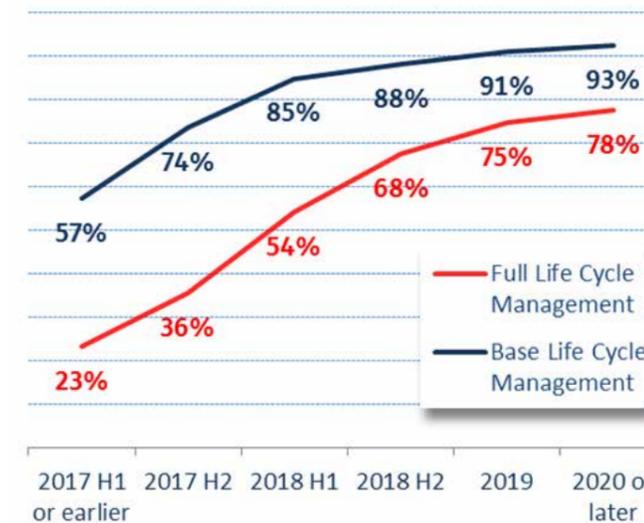
campione di oltre 300 VNF commerciali afferenti a numerosi domini di rete (e.g., accesso fisso/mobile, core mobile, user plane infrastrutturale, control plane infrastrutturale, VAS, etc.), anche i vendor stanno intraprendendo un percorso di maturazione che dovrebbe portare a questo obiettivo. Stando allo scenario odierno, i principali punti di attenzione risultano essere:

- l'esigenza, tipicamente manifestata dalle VNF prestazionalmente più critiche (i.e., user plane e accesso), di "forare" lo strato di astrazione introdotto dall'hypervisor con tecniche quali CPU pinning, SR-IOV e NUMA;
- il ritardo nel supporto della gestione del ciclo di vita, spesso collocato come ultimo potenziamento nelle roadmap di prodotto.

La Figura 2 rappresenta la percentuale di VNF coinvolte nella survey che supportano procedure di lifecycle management; si può osservare come l'adozione diffusa delle funzionalità più avanzate è attesa per la fine del 2018, vale a dire circa 12 mesi dopo rispetto alla disponibilità delle operazioni di gestione del ciclo di vita di base.

Prossimi passi

Sebbene l'orchestrazione svolga il ruolo di motore per la gestione del ciclo di vita delle VNF, l'adempimen-



to di molte operatività gestionali ed il raggiungimento di benefici end-to-end richiedono l'integrazione con strumenti aggiuntivi di automazione da coniugare con l'evoluzione e lo snellimento dei processi sottesi. Non essendo possibile ricondurre tutti gli use case ad un insieme limitato e ben definito, la sfida consiste nell'individuazione di un compromesso tra la limitazione del numero di modelli di servizio supportati – che comporterebbe l'esclusione delle VNF meno mature e dunque la perdita di parte dei vantaggi economici derivanti dall'NFV – e l'adozione di un approccio esclusivamente "a progetto" – che si tradurrebbe in un peggioramento in termini di agilità e ripetibilità abilitati.

Concentrandosi sul livello di virtualizzazione delle risorse di computing, storage e networking vale la pena infine sottolineare come, parallelamente alle implementazioni proprietarie disponibili sul mercato

da circa un decennio, stia affermandosi in veste di standard de facto una comunità open source potenzialmente molto più aperta e flessibile ma soggetta a modalità operative diverse rispetto a quelle cui i Telco sono abituati.

Il trend evolutivo delle VNF evidenziato dall'indagine interna unitamente al piano di attività che TIM si è data autorizzano a considerare il 2018 come l'anno nel quale l'automazione verrà abilitata in modo consistente su NFV. TIM ha infatti in programma di compiere importanti passi in avanti rispetto al proprio percorso di trasformazione quali l'inserimento in rete dell'orchestratore NFV e la virtualizzazione di importanti funzioni di rete fissa e mobile sufficientemente mature, come ad esempio l'EPC (Evolved Packet Core), l'IMS mobile / VoLTE e diverse componenti di front end dell'architettura Data Layer, come ad esempio HSS e PCRF.

2 Trend relativo alla disponibilità del VNF lifecycle management

Network Automation: come l'automazione cambia il modo di gestire le reti IP

Le soluzioni architetturali e sistemiche mediante cui oggi vengono erogati e gestiti i servizi di connettività sulle infrastrutture di rete IP, pur assicurando già un discreto livello di automatizzazione nell'esecuzione delle varie fasi delle attività di configurazione e manutenzione, sono ancora improntati ad una organizzazione dei processi che presuppone lo svolgimento di molte attività manualmente.

Introdurre strumenti per inseguire e gestire la crescente complessità della rete e dei suoi sistemi non è più sufficiente ad affrontare le nuove sfide della trasformazione digitale; è necessario perseguire una riorganizzazione più profonda del modello architetturale e dei relativi processi.

La strada per affrontare questa trasformazione è tracciata, il mondo del computing e dell'information technology ha già intrapreso con successo questo percorso molti anni fa. L'evoluzione in questo ambito ha portato all'organizzazione dell'architettura secondo principi di

astrazione e modularità e all'introduzione di interfacce aperte. Trasposto nel contesto delle reti di telecomunicazione, il modello da adottare è quello del SDN. Esso prevede di introdurre opportuni livelli di astrazione, che permettano di confinare la complessità ed esportarne una rappresentazione che consenta agli strati più alti della catena di gestione di semplificare notevolmente l'interazione con la rete e governarne in modo efficace l'evoluzione.

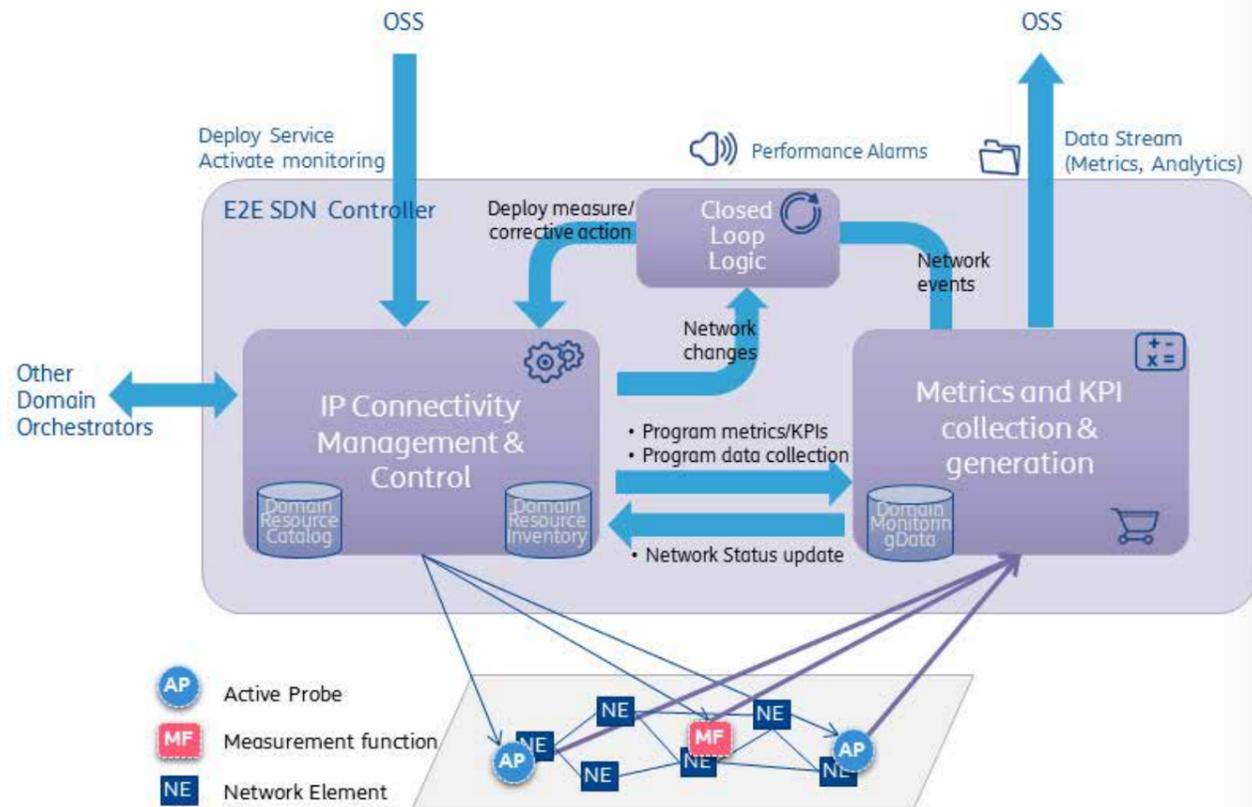
L'architettura di riferimento del dominio E2E SDN per la network automation dei servizi di connettività IP

La Figura 3 illustra l'architettura di riferimento della piattaforma E2E SDN Controller per l'introduzione della network automation nel dominio dei servizi di connettività e trasporto IP. La piattaforma ha il compito di gestire e controllare le risorse di dominio end-to-end, ossia tutti gli elementi di rete coinvolti nella catena con cui viene erogato il servizio di connettività. Per superare

le limitazioni dei tradizionali modelli verticali a "silos", la piattaforma realizza in modo integrato e sinergico anche le funzioni di raccolta ed elaborazione dei dati di monitoraggio delle risorse del dominio di riferimento.

Per semplicità possiamo riassumere l'organizzazione dell'E2E SDN Controller in termini di tre macro-componenti. Il componente "IP Connectivity Management and Control" (Figura 3) svolge tutte le funzioni di configurazione e controllo degli elementi di rete. Espone un'interfaccia API "intent-based" verso i sistemi OSS di orchestrazione di servizio, mediante la quale riceve richieste

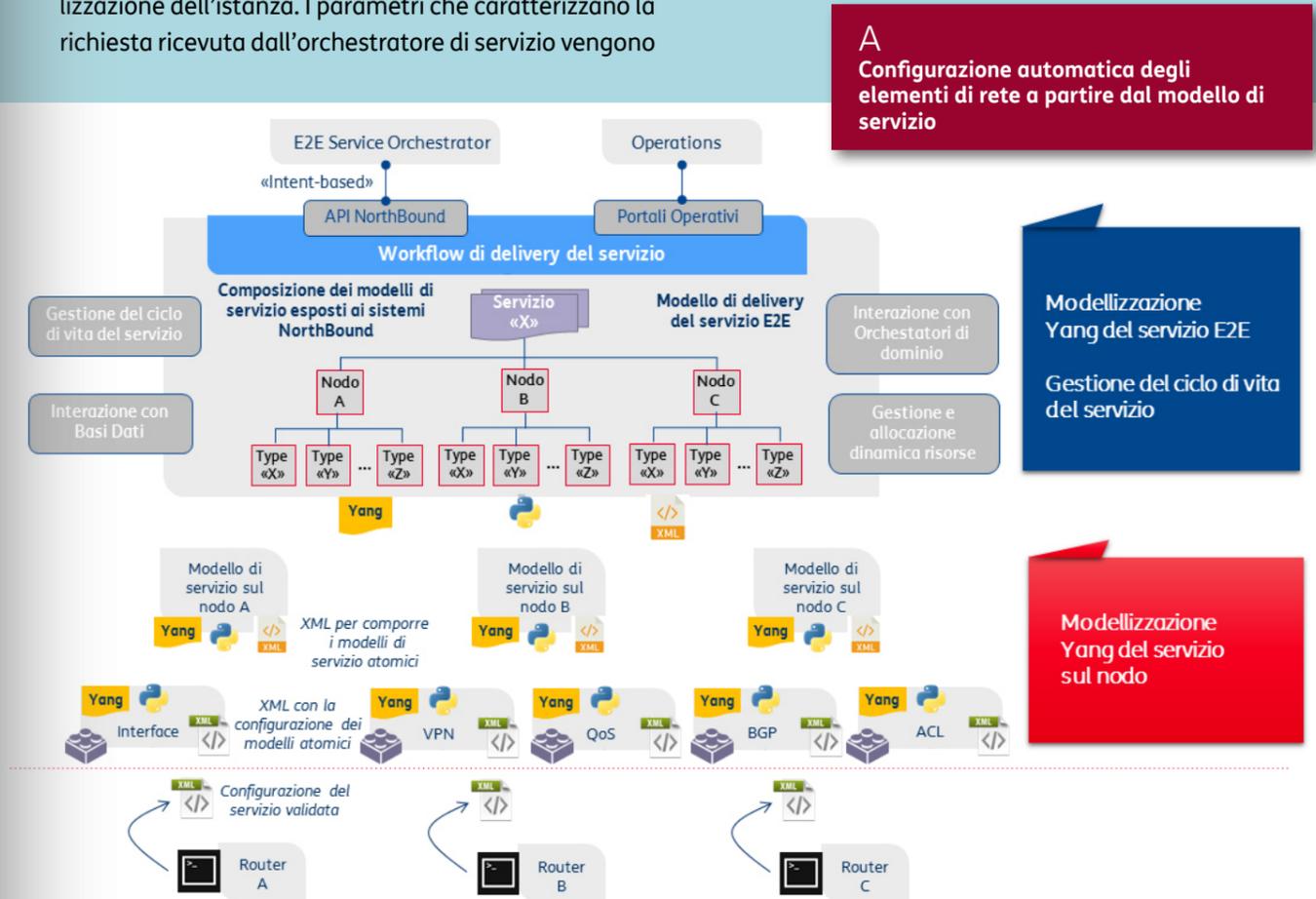
3 Architettura di riferimento della piattaforma E2E SDN Controller per l'introduzione della network automation nel dominio dei servizi di connettività e trasporto IP



DALL'ATTIVAZIONE DI UN MODELLO DI SERVIZIO ALLA CONFIGURAZIONE AUTOMATICA DELLE RISORSE DI RETE

La Figura A schematizza il processo di "compilazione" di una richiesta, espressa tramite l'API "intent-based" da parte dei sistemi di orchestrazione di servizio, che si traduce in modo automatico e consistente nella configurazione degli elementi di rete che realizzano il modello di servizio richiamato. In una prima fase, la richiesta di istanziare il modello di servizio "X" viene scomposta negli elementi di rete che realizzano la catena di servizio end-to-end, identificando anche la tipologia dei nodi coinvolti nella realizzazione dell'istanza. I parametri che caratterizzano la richiesta ricevuta dall'orchestratore di servizio vengono

integrati da tutti quei parametri necessari alla configurazione del servizio sui nodi di rete. A questo punto vengono richiamati i modelli di servizio sui nodi individuati. Essi consistono nel data model YANG e nel rispettivo codice XML. I modelli di servizio saranno costituiti, a loro volta, dalla composizione di modelli più elementari; questi ultimi rappresentano i "mattoncini" base con cui è possibile sfruttare i principi di modularità e riutilizzabilità nello sviluppo dei modelli ■



A Configurazione automatica degli elementi di rete a partire dal modello di servizio

Modellazione Yang del servizio E2E
Gestione del ciclo di vita del servizio

Modellazione Yang del servizio sul nodo

ad alto livello, relative alla gestione del ciclo di vita dei servizi di connettività IP offerti a catalogo, che vengono tradotte in modo automatico e consistente in configurazioni. I servizi a catalogo sono specificati tipicamente nel linguaggio di modellazione YANG [2]. Il componente si interfaccia quindi in modo attivo con le risorse per modificarne lo stato operativo, realizzando le operazioni di (ri-)configurazione ed interazione con il piano di controllo necessarie. Per il provisioning di servizi che coinvolgono l'utilizzo di risorse di altri domini (ad esempio NFV) il componente si interfaccia anche con i rispettivi orchestratori. Il componente "Metrics and KPI Collection and Generation" (a destra in Figura 3) svolge le funzioni di raccolta dei dati di monitoraggio delle risorse del dominio, garantendo l'osservabilità continua dello stato operativo degli elementi di rete e di successiva elaborazione per generare le metriche ed i KPI associati ai servizi di connettività gestiti. I dati raccolti ed elaborati vengono poi inviati ai sistemi OSS che ne effettuano la storicizzazione e li utilizzano ai fini di analisi e reportistica. I due componenti illustrati si scambiano informazioni necessarie a programmare la raccolta dei dati e l'elaborazione delle metriche prestazionali e relative soglie di verifica, in relazione al modello di servizio associato, ovvero a notificare eventuali aggiornamenti sullo stato della rete. Tra il lato attivo dell'attuazione delle richieste di servizio e quello della

raccolta dei dati di monitoraggio, si inserisce la funzione di "Closed-Loop Logic". Quest'ultima consente di sviluppare ed installare sulla piattaforma E2E SDN Controller delle "app" che codificano in modo programmatico delle logiche di intervento automatico, al verificarsi di determinati eventi in rete ("Network events" in Figura 3). Queste possono consistere ad esempio in azioni correttive o attivazione di funzionalità di misura. Le "app" di Closed-Loop Logic mirano a rimediare in modo autonomo una varia casistica di possibili anomalie, nella prospettiva di evoluzione verso il modello di "Self-driving network".

L'architettura CORD e il dimostratore FutureNet

Proseguendo il percorso verso la digitalizzazione e l'automazione, un passo successivo consiste nel ripensare completamente l'architettura di una centrale di telecomunicazioni o CO (Central Office), reinterpretando ed integrando in ottica evolutiva i principi di NFV ed SDN. L'idea alla base di questa rivoluzione è quella di rendere le centrali sempre più simili a datacenter eliminando, per quanto possibile, la presenza di apparati dedicati a specifiche funzioni. L'esempio principale di architettura di questo tipo è costituito da CORD (Central Office Re-architected as a Datacenter), un concetto lancia-

to inizialmente da AT&T e portato avanti dal progetto Open CORD [3] che ha l'obiettivo di realizzarne una Reference Implementation basata su software open source.

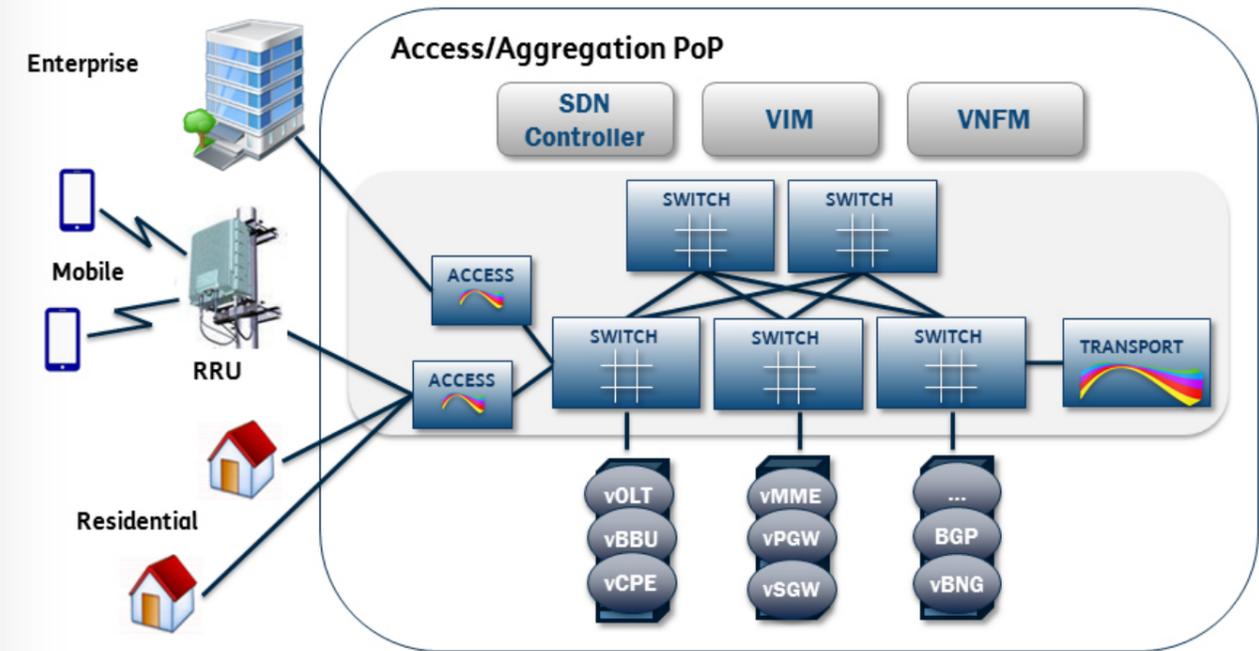
Un aspetto che rende particolarmente interessante la proposta CORD è la standardizzazione dell'architettura del CO che scala in accordo con le dimensioni della centrale (numero di clienti attestati) e con le funzioni di rete virtualizzate che devono essere ospitate nella centrale stessa.

L'architettura di riferimento di un CO realizzato secondo il concetto CORD è mostrata in Figura 4.

Il cuore di questa architettura è un datacenter composto da una serie di server, sui quali risiedono le funzioni di rete virtualizzate, collegati fra loro da una fabric. La fabric ha una topologia di tipo leaf and spine, realizzata con switch white box, che fornisce connettività in modo non bloccante e garantisce scalabilità e ridondanza. Al datacenter sono quindi collegati gli apparati utilizzati per realizzare la rete di accesso verso i clienti e la rete di trasporto verso altri CO.

Il nodo CORD prevede la connessione di clienti residenziali e business attraverso una rete di accesso fissa o mobile e realizza un'implementazione di riferimento a supporto di tre use case specifici:

- **R-CORD:** per i servizi di connettività con rete fissa per la clientela residenziale (GPON, XGSPON, NGPON2 ...)
- **E-CORD:** supporta i servizi avanzati di connettività (VPN,



4 Architettura di Riferimento CORD

SD-WAN, ...) per la clientela business, in ambito metropolitano e geografico

- **M-CORD:** supporta i nuovi servizi mobili 5G in modalità distribuita verso l'edge della rete

La piattaforma software di CORD si basa su una pluralità di progetti open source (vedi Figura 5), tra cui:

- **OpenStack/Docker:** forniscono rispettivamente le funzioni di IaaS per creare e gestire macchine virtuali e reti virtuali e una soluzione per istanziare elementi di servizio mediante la tecnologia dei container; nella release 6.0, pianificata per la metà del 2018, è previsto il pas-

saggio a una gestione dei container con kubernetes [4]

- **ONOS:** SDN controller che gestisce sia gli switch "white-box" della fabric sia le reti overlay (VTN, Virtual Tenant Network) realizzate su di essa;
- **XOS:** Framework di orchestrazione per assemblare e comporre i servizi all'interno del singolo nodo.

Tra le caratteristiche fondamentali dell'architettura CORD vanno certamente indicate la separazione tra piano dati e piano di controllo, secondo il paradigma SDN e la disaggregazione delle funzioni di rete, che può essere coniugata sia dal punto di vista software, sia da quello hardware.

Per quanto riguarda il software, la disaggregazione è basata sulla scomposizione delle funzionalità di controllo in componenti indipendenti, ciascuna potenzialmente realizzata da un diverso fornitore.

La disaggregazione dell'hardware prevede che le funzionalità del data plane siano realizzate da blocchi elementari che svolgono una singola funzione, indipendentemente dal particolare servizio, e controllabile da sistemi operativi e controller di terze parti. Un esempio è costituito dagli switch "white box", cioè hardware specializzato per il forwarding elettronico di pacchetti. Analogamente ci possono essere "white box ottici" che svolgono commutazione

STANDARD E OPEN COMMUNITIES NEL CONTESTO “NETWORK AUTOMATION”

Massimo Banzi, Cecilia Corbi, Pierpaolo Marchese

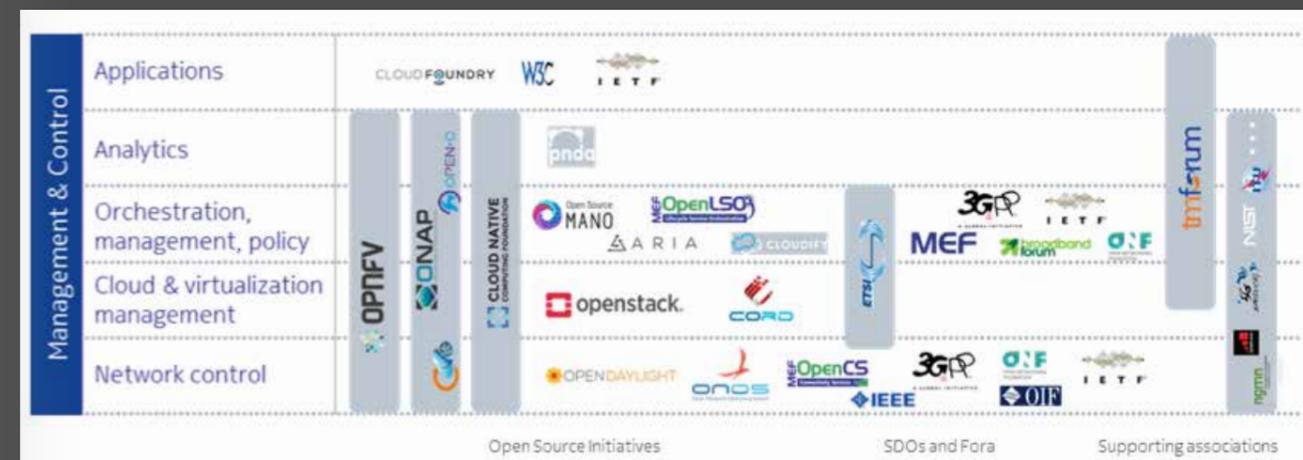
La necessità di erogare servizi digitali in modo sempre più flessibile, in linea con le esigenze del mercato e con i principi della nuova rete 5G, ha portato alla crescente virtualizzazione delle infrastrutture di rete e a tecnologie abilitanti come il Network Slicing (reti logiche dedicate con funzionalità specifiche per cliente o tipo di servizio che insistono sulla medesima infrastruttura fisica), ed il Machine Learning applicato alla rete, per garantirne la riconfigurazione automatica attraverso soluzioni di Intelligenza Artificiale ed “anticipare” le esigenze prestazionali del cliente o possibili degni delle prestazioni di rete.

Questo si accompagna ad una evoluzione dei sistemi di gestione che devono fornire funzionalità con SLA sempre più sfidanti, applicando nuovi modelli architetturali in grado di garantire nativamente flessibilità, automazione, livelli di qualità, sicurezza dei dati.

Standards ed enti di ricerca collaborativa stanno indirizzando questo percorso di trasformazione in modo articolato e pragmatico, tramite specifiche che indirizzano casi d'uso di interesse collettivo.

Inevitabilmente si cerca la condivisione di approcci convergenti, costi e rischi e le Community Open Source diventano il modello naturale in cui la soluzione ad un problema comune prende forma mediante lo sviluppo di Reference Implementations. Nell'area della network automation, Linux Foundation Networking (<https://www.linuxfoundation.org/projects/networking/>) ha incorporato iniziative quali ONAP ed OPNFV, a cui partecipa anche TIM, che stanno sviluppando soluzioni e

packages pre-commerciali che indirizzano l'orchestrazione e la virtualizzazione delle reti ed il loro collaudo. I vari enti di Standardizzazione e Fora (e.g., 3GPP, NGMN, ONF-ON.Lab, ETSI, TM Forum, etc) a loro volta cercano di “normare” e sistematizzare i diversi ambiti di questa trasformazione.



A
Standard Fora e Communities attive per la Network Automation

In ETSI oltre alle iniziative consolidate quali NFV, OSM, è da poco nato un ISG (Industry Specification Group) ZSM (Zero-touch network and Service Management) che si propone di definire Use Case, Architetture e requisiti funzionali dell'orchestrazione delle nuove reti TLC. In 3GPP, SA5 sviluppa analoghi concetti riguardo alla Rete 5G, e come Orchestrazione e Slicing statico e dinamico possano indirizzare la specifica della Rete di Accesso e Rete Core tramite virtualizzazione ed architettura a microservices

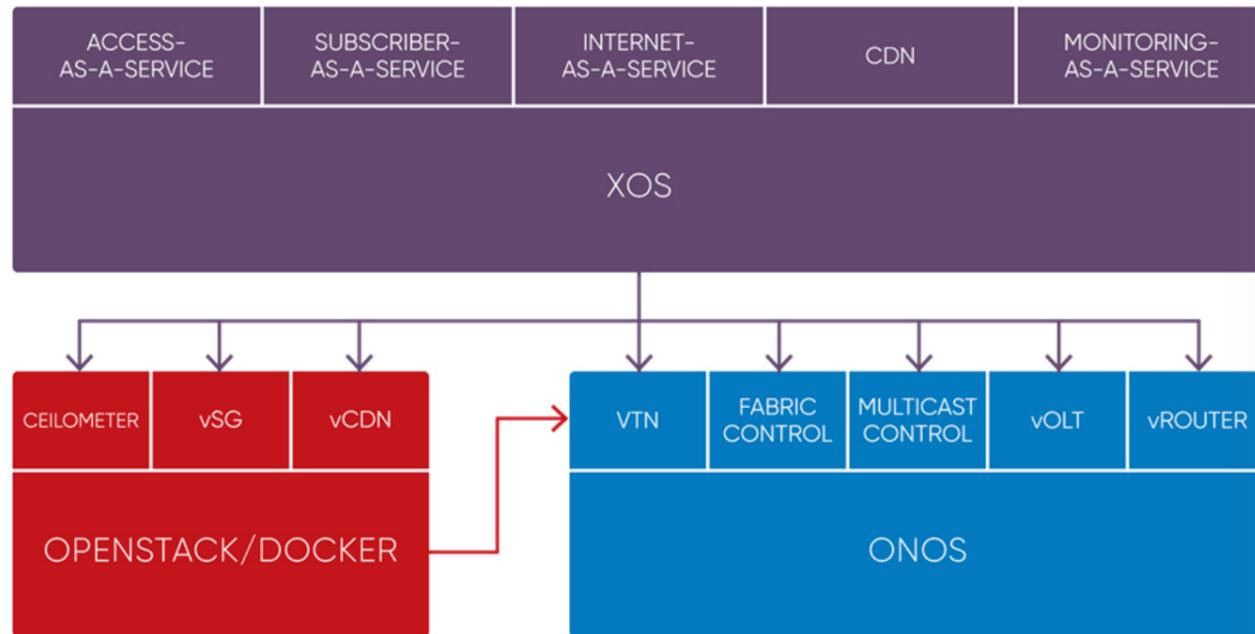
Il TM Forum, molto attento anche agli aspetti di integrazione Rete e BSS, dal 2014 ha avviato il progetto ZOOM (Zero-touch Operation, Orchestration and Management. <https://www.tmforum.org/collaboration/zoom-project/>) per sostenere l'evoluzione dei sistemi di gestione, delle metodologie (DevOps), delle competenze, oltre che per fornire ambienti di auto Asses-

sment della maturità digitale di una azienda (DMM: Digital Maturity Model). Con l'obiettivo di supportare il processo di “digital transformation” che tutte le principali Telco hanno intrapreso, il TMF sta inoltre adeguando tutti i propri asset a questa nuova realtà, introducendo nuovi modelli architetturali ODA (*Open Digital Architecture*) che nativamente inglobino i principi citati sopra e utilizzino API standardizzate (rilasciate con licenza Apache 2.0), che integrino i loro asset con il progetto ONAP che sta sempre più assumendo rilevanza.

L'importanza di avere infrastrutture di rete costruite su modelli di automazione nativa e ridotto effort gestionale, già perseguita con successo nei Data Centre, è evidenziata anche nell'impegno che gli stessi OTT vi dedicano. Nel 2016 Facebook ha promosso il TIP (Telecom Infra Project, <http://telecominfraproject.com/>) che si propone di far collaborare tutti gli stakeholder, tra cui importanti operatori come DT, Telefonica, Vodafone, BT, TIM, per disegnare l'infrastruttura di rete del futuro su principi di sostenibilità economica, impiego di White Boxes ed open source, scalabilità ed utilizzo nativo di tecniche di Artificial Intelligence ■

La necessità di erogare servizi digitali in modo sempre più flessibile, in linea con le esigenze del mercato e con i principi della nuova rete 5G, ha portato alla crescente virtualizzazione delle infrastrutture di rete e a tecnologie abilitanti come il Network Slicing (reti logiche dedicate con funzionalità specifiche per cliente o tipo di servizio che insistono sulla medesima infrastruttura fisica), ed il Machine Learning applicato alla rete, per garantirne la riconfigurazione automatica attraverso soluzioni di Intelligenza Artificiale ed “anticipare” le esigenze prestazionali del cliente o possibili degni delle prestazioni di rete.

Questo si accompagna ad una evoluzione dei sistemi di gestione che devono fornire funzionalità con SLA sempre più sfidanti, applicando nuovi modelli architetturali in grado di garantire nativamente flessibilità, automazione, livelli di qualità, sicurezza dei dati. Standards ed enti di ricerca collaborativa stanno indirizzando questo percorso di trasformazione in modo articolato e pragmatico, tramite specifiche che indirizzano casi d'uso di interesse collettivo. Inevitabilmente si cerca la condivisione di approcci convergenti, costi e rischi e le Community Open Source diventano il modello naturale in cui la soluzione ad un problema comune prende forma mediante lo sviluppo di Reference Implementations. Nell'area della network automation, Linux Foundation Networking (<https://www.linuxfoundation.org/projects/networking/>) ha incorporato iniziative quali ONAP ed OPNFV, a cui partecipa anche TIM, che stanno sviluppando soluzioni e packages pre-commerciali che indirizzano l'orchestrazione e la virtualizzazione delle reti ed il loro collaudo. I vari enti di Standardizzazione e Fora (e.g., 3GPP, NGMN, ONF-ON.Lab, ETSI, TM Forum, etc) a loro volta cercano di “normare” e sistematizzare i diversi ambiti di questa trasformazione.



5

CORD: Architettura del Software di Controllo

ottica di lunghezze d'onda o terminazione ottica di segnali provenienti dalla rete di accesso o di trasporto. La disaggregazione delle funzioni di rete ha conseguenze dirimpenti sull'architettura hardware delle centrali, in quanto comporta la quasi totale eliminazione di apparati dedicati a specifici servizi. Più in dettaglio, il piano dati a pacchetto è realizzato dalla Switching Fabric, sia per ciò che riguarda lo switching interno al nodo, sia per il forwarding a livello IP verso il resto della rete e, insieme al piano di controllo virtualizzato, sostituisce completamente switch o router integrati verticalmente a livello di hardware e software.

Per quanto riguarda i nodi di accesso (OLT) la disaggregazione hardware porta ad eliminare le funzionalità di commutazione del piano dati realizzate dalla Switching Fabric del nodo, mentre la terminazione del livello fisico della rete ottica di accesso (PON) è implementata mediante blade specializzate o attraverso dispositivi pluggable inseribili direttamente nelle porte degli switch white-box della Fabric. Per rendere il controllo e la configurazione delle terminazioni della rete di accesso indipendenti dalle specifiche implementazioni dei diversi partner tecnologici è stato introdotto nell'architettura CORD uno strato software di astrazione chiamato vOLT-HA (*Virtual Optical Line Termination - Hardware Abstraction*),

che espone verso il controllo di rete delle interfacce di gestione e configurazione unificate e indipendenti dal fornitore e dalla tecnologia utilizzata.

La disaggregazione del nodo di trasporto ottico, in aggiunta alla separazione del piano dati da quello di controllo, prevede la suddivisione del nodo di trasporto, attualmente monolitico, in una serie di moduli funzionali controllati separatamente e che possono eventualmente essere realizzati da costruttori differenti [nota 1].

In quest'ottica, TIM ha sviluppato il dimostratore FutureNet dedicato all'evoluzione della rete, per verificare la fattibilità e la convenienza delle tecnologie e dei principi alla base dell'approccio CORD. Il dimostratore

FutureNet riproduce un'area metro in cui alcuni nodi di accesso multi-servizio sono interconnessi attraverso una rete di trasporto disaggregata e controllata da un controller Transport-SDN. Nel dimostratore sono stati implementati gli use case per i servizi residenziali, mobili ed enterprise.

Il software CORD ha per il momento una maturità limitata che lo rende adatto principalmente allo sviluppo di PoC (*Proof of Concept*), ma la sua rapida evoluzione e continuo aggiornamento lo rendono decisamente interessante per applicazioni nel medio/lungo termine.

Fra gli obiettivi principali del dimostratore FutureNet c'è anche la verifica sperimentale della possibilità di integrare lo strato software CORD in un'architettura generale di controllo ed orchestrazione e la definizione di requisiti e linee guida per il deployment. In particolare, sembra molto interessante l'integrazione con la piattaforma di orchestrazione e automazione open source ONAP (*Open Network Automation Platform*) [5].

Conclusioni

Il percorso di trasformazione di TIM in una Digital Telco richiede anche di trasformare in profondità il modo di gestire le infrastrutture ed i servizi di rete, introducendo soluzioni in grado di semplificare ed automatizzare le attività ed i processi. La

Network Automation rappresenta quindi un passaggio fondamentale per gestire sempre meglio la crescente complessità della rete e dei suoi sistemi. L'evoluzione avviata in questo senso, consentirà non solo di incrementare significativamente l'efficienza delle attività di gestione della rete, ma si rifletterà positivamente anche sulla customer experience, attraverso la riduzione dei tempi di attivazione dei servizi e abilitando più diffusamente modelli di self-provisioning. Le aree in cui la Network Automation gioca un ruolo fondamentale sono innanzi tutto quella della NFV, per la realizzazione software delle funzionalità di rete e quella della gestione e controllo della connettività IP attraverso soluzioni di SDN. In ambito NFV, l'automazione è cruciale nel fornire soluzioni per rispondere in modo efficace alle sfide poste dalla gestione della complessità infrastrutturale e delle peculiarità dei requisiti applicativi. Nell'ambito delle reti IP, l'evoluzione in ottica di Network Automation significa fare leva sui principi di astrazione e semplificazione, insiti nell'approccio SDN, per gestire il ciclo di vita dei servizi di connettività IP, traducendo in modo automatico e consistente le richieste espresse ad alto livello in operazioni di controllo e configurazione di rete. Queste due aree evolutive, già oggi fortemente complementari nel supportare la trasformazione verso il nuovo modello di Digital Telco, saranno verosimilmente destinate ad integrarsi

ulteriormente e compenetrarsi nel futuro. È il caso dell'architettura CORD, su cui TIM sta conducendo sperimentazioni, che combina le dimensioni NFV e SDN con i principi della disaggregazione, prefigurando la trasformazione dei siti di centrale secondo un modello mutuato dal mondo dei datacenter ■

Note

[1] Maggiori dettagli possono essere trovati nella documentazione dell'iniziativa OpenROADM [6], dove sono stati individuati e modellizzati con il linguaggio YANG i moduli base per la realizzazione di una rete di trasporto ottica disaggregata.

Bibliografia

1. ETSI ISG NFV, Homepage, <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv>
2. M. Bjorklund, "YANG - A Data Modeling Language for the Network Configuration Protocol (NETCONF)", IETF RFC 6020, <https://tools.ietf.org/html/rfc6020>, Ottobre 2010
3. CORD <https://opencord.org/>
4. Kubernetes <https://kubernetes.io/>
5. ONAP <https://www.onap.org/>
6. OpenROADM <http://openroadm.org/home.html>

Acronimi

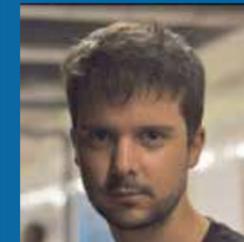
AAA	Authentication Authorization Accounting	OLT	Optical Line Termination
API	Application Programming Interface	ONAP	Open Network Automation Platform
CO	Central Office	OSS	Operations Support System
CORD	Central Office Re-architected as a Datacenter	PCRF	Policy and Charging Rules Function
CPU	Central Processing Unit	PoC	Proof of Concept
E-CORD	Enterprise-CORD	PON	Passive Optical Network
EM	Element Manager	R-CORD	Residential CORD
EPC	Evolved Packet Core	SD-WAN	Software Defined Wide Area Network
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	SDN	Software Defined Networking
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network	SR-IOV	Single Root Input/Output Virtualization
HSS	Home Subscriber Service	VIM	Virtualised Infrastructure Manager
IaaS	Infrastructure as a Service	VLAN	Virtual LAN
IMS	IP Multimedia Subsystem	VNF	Virtualised Network Function
ISG	Industry Specification Group	VNFM	VNF Manager
LAN	Local Area Network	VAS	Value-Added Service
LCM	Life Cycle Management	VoLTE	Voice over LTE
LTE	Long Term Evolution	vOLT-HA	Virtual Optical Line Termination - Hardware Abstraction
M-CORD	Mobile-CORD	VPN	Virtual Private Network
MANO	MANagement and Orchestration	VTN	Virtual Tenant Network
MMS	Multimedia Messaging Service	VXLAN	Virtual eXtensible LAN
NFV	Network Functions Virtualisation	XGSPON	10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network
NFVO	NFV Orchestrator	XML	eXtensible Markup Language
NFVI	NFV Infrastructure	YANG	Yet Another Next Generation
NGPON2	Next-Generation Passive Optical Network 2		
NUMA	Non-Uniform Memory Access		



Carlo Cavazzoni

carlo.cavazzoni@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, in Azienda dal 1994 dove si è inizialmente occupato di modellizzazione di amplificatori ottici e di architetture di reti ottiche di trasporto. È stato coinvolto in numerosi progetti di ricerca europei nell'ambito dei quali ha lavorato alla definizione e alla valutazione sperimentale di soluzioni di rete innovative per lo sviluppo di reti ottiche flessibili e intelligenti in grado di supportare la realizzazione di servizi di trasporto dinamici. Ha contribuito alla introduzione in rete della tecnologia "Packet Transport" con lo scouting iniziale, la definizione delle specifiche, la valutazione della gara di appalto e la validazione per l'inserimento in campo nella rete di trasporto metro-regionale. Dal 2014 si è occupato dell'utilizzo delle tecnologie SDN per l'automazione della rete di trasporto. È autore di numerose pubblicazioni e brevetti. Attualmente svolge la sua attività nell'area "IP, Transport and Core Innovation", dove è responsabile del laboratorio "Reti ottiche" e dal 2017 coordina la realizzazione del dimostratore di rete FutureNet per verificare la fattibilità e la convenienza della trasformazione delle centrali di telecomunicazioni in datacenter. ■



Nicola Santinelli

nicola.santinelli@telecomitalia.it

Ingegnere delle Telecomunicazioni, entra in Azienda nel 2014 e da allora collabora nell'Ingegneria NFV. Dapprima responsabile del presidio della normativa in ambito ETSI (ISG NFV) e di vari Forum Opensource, ha approfondito gli aspetti architetturali portando numerosi contributi originali. Dal 2016 contribuisce attivamente alle attività di progettazione, selezione delle tecnologie, e dispiegamento delle soluzioni di Automation della NFV con particolare riferimento all'orchestratore NFVO. Nicola è attualmente responsabile, svolgendo contestualmente il ruolo di Product Owner nelle attività di sviluppo internalizzato, della realizzazione della soluzione di Inventory per l'infrastruttura NFV. ■



Vinicio Vercellone

vinicio.vercellone@telecomitalia.it

ingegnere elettronico, nel 1984 entra in Azienda. Intraprende la sua attività in CSELT, dove inizialmente è impegnato nella ricerca e sviluppo della tecnica ATM e delle sue applicazioni. Dal 1997 al 2000, nell'ambito della sua attività di ricerca, ricopre anche l'incarico di docente presso il Politecnico di Torino. Durante la sua carriera ha contribuito a varie attività e progetti di ricerca nel settore del networking IP ed MPLS e dei relativi servizi di rete, dall'introduzione dei servizi MPLS VPN, al primo sviluppo della rete metropolitana OPM. In seguito le sue attività di ricerca si sono focalizzate sul Software Defined Networking. In questo ambito è stato responsabile della partecipazione ai progetti di ricerca europei FP7 UNIFY e H2020 5G Exchange e di varie iniziative di collaborazione con il mondo accademico. È autore di numerosi brevetti internazionali e pubblicazioni. Attualmente svolge la sua attività nell'area di ingegneria della Network Automation, dove contribuisce alla definizione dell'architettura e delle soluzioni per introdurre l'automazione dei servizi di connettività IP nella rete di TIM. ■

OSS TRANSFORMATION

Marina Geymonat, Fabrizio Silvestri, Angelo Solari

I sistemi di supporto alle Operations OSS (*Operations Support Systems*) costituiscono la struttura nevralgica che consente ad un Telco, tra le altre cose, di tenere sotto controllo il buon funzionamento della rete e dei servizi, di avere a disposizione le informazioni concernenti i clienti per rispondere alle loro domande o risolverne i problemi, oltre che di progettare, gestire e sincronizzare l'attuazione delle configurazioni sulla rete, necessarie ad attivare un servizio, allacciare un nuovo cliente o modificarne i profili di offerta. La trasformazione degli OSS costituisce quindi un tassello fondamentale per abilitare la transizione dell'azienda verso la completa digitalizzazione.

Introduzione

Gli attori principali nel mondo dei sistemi di gestione sono fondamentalmente tre:

- chi li fa (il che significa pensarli, progettarli, selezionarne le componenti dal mercato, integrarli con i sistemi già in campo e farli funzionare ed evolvere);
- chi li usa (gli operatori esperti che garantiscono il servizio h24 e indicano le direzioni evolutive dei sistemi, in base alle necessità che emergono a valle dell'introduzione di nuovi servizi o tecnologie di rete);
- chi contribuisce a innovarli (il che richiede studiare e sviluppare prototipi, raccogliere feedback, e introdurre nuove tecnologie e soluzioni in grado di migliorare le prestazioni dei sistemi e di rendere più efficiente ed efficace il loro utilizzo).

questa suddivisione dei ruoli è tuttavia fittizia: per ideare, sviluppare e mettere in campo sistemi di gestione adeguati alle reali necessità dell'azienda, sono estremamente importanti le modalità con cui questi attori lavorano insieme.

Fondamentale è stato, infatti, superare lo storico approccio a silos che ha caratterizzato le grandi aziende per molti anni, per passare ad un approccio trasversale guidato dai processi, in cui chi sviluppa i sistemi lavora in modo agile a stretto contatto con chi li usa e lo stesso fa chi contribuisce ad innovarli. Questo tipo di trasformazione è già in atto e se ne vedono i primi frutti.

Non a caso, uno dei principali progetti della trasformazione di TIM in una DigiTIM, è quello di "OSS Transformation".

Perché è così importante che i sistemi di gestione si trasformino?

Probabilmente mai prima d'ora gli OSS si erano trovati ad un crocevia così unico in termini di sfide e opportunità, tra un passato che rischia di zavorrarli e un futuro di digitalizzazione totale, in cui la Qualità del Servizio dovrà aumentare e i costi diminuire.

Contestualmente i sistemi di gestione devono evolvere per adattarsi ad una rete progressivamente virtualizzata e automatizzata e ad un nuovo paradigma che richiede di passare da una gestione manuale e reattiva, in cui, DOPO aver ricevuto dai sistemi la segnalazione di eventi, le persone preposte attivano le procedure più corrette per la loro risoluzione, ad una gestione automatizzata e proattiva, in cui le azioni sono compiute automaticamente dai sistemi di gestione, possibilmente PRIMA che accadano gli eventi, grazie ad algoritmi di tipo predittivo e dispositivo.

In questo traffico e complesso crocevia non mancano le opportunità, costituite soprattutto da innovazioni nel mondo del software, protagonista indiscusso della trasformazione, ma anche da metodologie che guardino l'insieme dei processi end-to-end, anziché la singola applicazione.

Ulteriori opportunità sono emerse in quest'ambito grazie alle nuove frontiere aperte dall'Intelligenza Artificiale, che offre tecnologie e strumenti di automazione, predizione e decision making atte ad innovare radicalmente il mondo degli OSS.

Proprio questo avverbio – radicalmente – richiede che si ponga la massima attenzione nello svilupparli in sinergia con le trasformazioni in atto e nell'integrarli nell'operatività, usando la giusta cautela, senza precorrere i tempi e tenendo in conto il fattore umano.

Sono infatti le persone che utilizzano i sistemi a far sì che questo complesso meccanismo di gestione di rete e servizi funzioni, e da questo assunto è necessario partire nella definizione e attuazione della OSS Transformation.

Qualche numero

Non tutti hanno idea dell'enorme quantità di operazioni che compiono quotidianamente i sistemi di gestione e della responsabilità che grava su di essi (e sulle persone che li usano) sia in termini di diminuzione dei costi, quando funzionano al meglio, sia in termini di peggioramento della Qualità del Servizio, nel caso in cui qualche imprevisto li rallenti o li blocchi.

Pochi numeri, relativi solo alle attivazioni o modifiche sulla rete fissa, sono probabilmente sufficienti a dare l'idea della loro complessità e centralità in TIM: ogni giorno il sistema preposto pianifica, organizza e gestisce oltre 2 milioni di richieste, interagendo con gli altri sistemi coinvolti; da queste interazioni risultano quotidianamente evasi oltre 100.000 ordini, di cui circa 20.000

coinvolgono anche personale sul campo.

Anche un tasso di errore minimo, per esempio uno 0,03%, in una simile situazione, genera immediatamente centinaia di anomalie e il conseguente rischio di inficiare la Qualità del Servizio.

Stimoli, rischi e opportunità nella sfida della OSS Transformation

Come già accennato, gli OSS si trovano esattamente nel centro di quella che potremmo definire una tempesta perfetta: cerchiamo di descrivere i principali fenomeni che vanno tenuti in considerazione, armonizzati e reciprocamente rafforzati nel definire il percorso di trasformazione degli OSS.

Il peso del passato

Quando parliamo della zavorra che decine di anni di operatività pongono sugli OSS di un Telco, non si tratta di una valutazione di merito, ma della constatazione che, così come nella rete si sono stratificate negli anni via via nuove tecnologie senza mai scalzare del tutto le precedenti, lo stesso è necessariamente accaduto negli OSS.

Inoltre, ogni nuovo servizio o tecnologia ha spesso portato con sé il proprio sistema di gestione, comportando negli anni una moltiplicazione di dati e interfacce sempre più costosa da gestire e mantenere.

La proliferazione di applicazioni ad hoc, evolute ognuna per conto proprio, se nel breve ha migliorato l'efficienza di alcune operazioni o tecnologie specifiche, nel lungo termine ha creato una complessa frammentazione dei processi: tra i primi cambiamenti previsti dal progetto di OSS Transformation ci sono la semplificazione e standardizzazione di tali processi in una logica end-to-end, guidate da una visione sistemica.

Le eccezioni che i sistemi non sanno affrontare, il disallineamento dei dati custoditi in luoghi diversi, le interfacce eterogenee in termini di formati e di protocolli creano infatti troppo spesso la necessità di intervenire manualmente, con dispendio di energie, rallentamento dei processi e aumento delle probabilità di introdurre altri errori ed eccezioni che a propria volta finiscono per alimentare questo meccanismo.

Nel corso della trasformazione è quindi previsto il superamento di questi vincoli e lo smantellamento di tutti i sistemi obsoleti, in coerenza con le attività di dismissione dei corrispondenti apparati di rete legacy, realizzate dal progetto di Decommissioning, anch'esso centrale nel processo di Digital Transformation.

Automazione e virtualizzazione delle funzioni di rete

Network Automation e Network Virtualization sono ormai espressioni note e diffuse nel contesto Telco. Il loro significato è intuitivamente molto semplice: ciò che caratterizza il funzionamento delle reti risiede solo in parte in apparati hardware dedicati, come in passato, ed è invece in gran parte realizzato con soluzioni software. Quest'ultimo, a differenza degli apparati fisici, può essere distribuito sul Cloud in modo dinamico e automatico, ottimizzando così l'utilizzo delle risorse a seconda del momento, del carico e delle necessità.

Nell'ambito di un disegno univoco che porta la rete virtualizzata ad essere auto-riconfigurante e auto-resiliente, l'automazione degli OSS è parte integrante e necessaria della trasformazione digitale complessiva. Il progetto di OSS Transformation in TIM, quindi, si sviluppa e viene realizzato in stretta sinergia con quello di Network Automation.

Verso un approccio proattivo, automatico e incentrato sul Servizio

Il nuovo modello di gestione di reti e servizi della DigiTIM mira ad una Qualità del Servizio eccellente: per

questo obiettivo, la possibilità di minimizzare i guasti e gli allarmi di servizio attraverso azioni preventive risulta fondamentale.

Altrettanto importante è il cambio di mentalità; passare da un approccio puramente centrato sul funzionamento della rete, al monitoraggio del servizio come percepito dai clienti, porta almeno due grandi vantaggi:

- si scoprono eventuali degni del servizio sin dai primissimi sintomi e si attivano le opportune azioni correttive anche prima che i clienti lamentino il calo di qualità;
- a fronte di guasti sulla rete, la visibilità dell'impatto effettivo sul servizio può guidare le priorità di intervento, in molti casi permettendo di riparare i guasti prima che gli effetti siano effettivamente percepiti.

Per tutti i guasti e i disservizi non prevedibili, una maggiore standardizzazione delle procedure da utilizzare velocizzerà i tempi di risoluzione dei casi più comuni, alleggerendo il carico di lavoro dei singoli tecnici, che potranno così utilizzare la loro esperienza e competenza dedicandosi con maggior attenzione e dedizione ai casi più complessi non automatizzabili.

Come parte della Digital Transformation, infine, i sistemi di TIM potranno essere in grado non solo di automatizzare azioni predefinite, ma di apprendere, per ogni problema, quelle più efficaci messe in atto nel passato e di suggerirle agli

operatori a fronte di situazioni simili. Se il contesto lo consente, i sistemi potranno anche attuarle in modo automatico.

Questo salto paradigmatico permetterà non solo di velocizzare i tempi di ripristino dei guasti, ma anche di avere sistemi automatici meno costosi in termini di manutenzione, perché capaci di apprendere dalle best practise e di evolvere autonomamente di pari passo con la rete e i servizi, senza necessità di essere riprogrammati.

I nuovi strumenti a disposizione

Per raggiungere gli obiettivi ambiziosi della trasformazione digitale di TIM un valido supporto arriva dalla rapida evoluzione tecnologica in corso, che fornisce strumenti e piattaforme software impensabili fino a pochi anni fa.

Si sfrutteranno quindi tutte le potenzialità che derivano dal Cloud Computing, in termini di rapidità e flessibilità. Al posto delle attuali applicazioni monolitiche ci saranno Microservizi abilitati da piattaforme Cloud e sarà possibile, quando serve, aumentare le prestazioni dei sistemi semplicemente aggiungendo nuove istanze di Microservizi.

Lo stesso approccio creerà maggiore flessibilità nella definizione ed evoluzione dei processi gestionali, la cui attuale rigidità è spesso causa di rallentamenti e disottimizazioni.



1-2
Dashboard che evidenziano l'impatto dei guasti di rete sul servizio offerto, per cambiare paradigma da "incentrato sulla rete" a "incentrato sul servizio offerto"



Non sarà inoltre quasi mai necessario sviluppare software in modo tradizionale, grazie all'utilizzo di altri metodi: le Architetture Guidate da Catalogo, per esempio, permettono di progettare e realizzare con strumenti ad alta produttività i processi di fornitura (Delivery), per attivare o modificare i parametri di servizio dei Clienti di rete fissa, semplicemente a partire dalla descrizione dei servizi stessi in un catalogo. Riguardo alla lentezza dei sistemi che gestiscono grandi quantità di dati molto dinamici, le tecnologie di In Memory Data Base abilitano architetture Command & Query Responsibility Segregation, che permettono di utilizzare interfacce separate per la lettura e l'aggiornamento dei dati, ottimizzando così strutturalmente prestazioni, scalabilità e sicurezza. L'opportunità di rivedere in modo completo la piattaforma OSS permetterà anche di utilizzare in modo esteso paradigmi di progettazione che consentano l'evoluzione dei servizi commerciali in modo svincolato da quella dei servizi di Rete. In linea con quanto descritto, l'approccio metodologico del progetto di OSS Transformation in corso in TIM è orientato ai processi ed è strutturato in molteplici Stream, iniziative che mirano ognuna ad ottimizzare ed automatizzare un processo end-to-end, piuttosto che affrontare singolarmente un sistema o un'applicazione.

L'innovazione e l'avvento dell'Intelligenza Artificiale negli OSS

In aggiunta alle metodologie e tecnologie software descritte in precedenza, nuove opportunità per rendere ancora più utili ed efficaci i Sistemi di Supporto alle Operations arrivano dal mondo dell'Intelligenza Artificiale.

I risultati offerti da questo genere di algoritmi si possono indicativamente suddividere in tre categorie:

- analitiche descrittive - immaginiamo una situazione complessa, come ad esempio centinaia di migliaia di allarmi emessi in un breve intervallo di tempo da molti tipi di apparati diversi e per i più svariati motivi. Alcuni sono allarmi molto gravi, segnali di un guasto importante che va riparato con urgenza, mentre innumerevoli altri sono segnalazioni collaterali che spariranno una volta risolto il guasto grave. Un sistema descrittivo basato su Intelligenza Artificiale potrebbe capire automaticamente la relazione tra gli eventi ed evidenziare quello principale che va affrontato, mascherando quelli collaterali e permettendo di concentrare gli interventi in campo solo sul guasto principale.
- analitiche predittive - a fronte di dati emessi per giorni o settimane da uno o più apparati di

OSS transformation: sfide e opportunità



INTELLIGENZA ARTIFICIALE

ANALITICHE PREDITTIVE

NUOVE
TECNOLOGIE
SOFTWARE

MICROSERVIZI

APPROCCIO PER
PROCESSI END TO END

CATALOGUE
DRIVEN
ARCHITECTURE

OSS TRANSFORMATION

GESTIONE PROATTIVA

AUTOMAZIONE

SERVICE MONITORING

SISTEMI OBSOLETI

ECCEZIONI

SILOS

AUTOMAZIONE E VIRTUALIZZAZIONE DELLA RETE

EFFICIENZA

ECCELLENZA NELLA QoS

ZERO-TOUCH OPERATIONS

rete preposti a fornire una certa funzionalità, un sistema predittivo può avvisare con alcune ore o anche settimane di anticipo dell'insorgere di problemi. Questo permette agli operatori di attuare azioni correttive prima che un guasto accada, abilitando il paradigma di gestione proattiva e preservando la Qualità del Servizio offerto.

- analitiche dispositive – a fronte di situazioni analoghe alle precedenti, il sistema con capacità dispositive può fornire suggerimenti sulle azioni da compiere per risolvere il problema o addirittura, se le azioni sono di tipo soft, può attuarle in modo autonomo, risolvendo il problema sostanzialmente senza intervento umano. Questo è l'ultimo tassello necessario per abilitare anche il cambio di paradigma

più radicale dell'automazione completa.

Tutte queste potenzialità sono reali, ma la loro effettiva efficacia dipende fortemente dalla caratterizzazione precisa e circoscritta dei domini su cui operare e dalla disponibilità di dati completi e corretti da cui apprendere. Alcune di esse sono state già sperimentate in TIM e messe in esercizio, ma c'è ancora molto lavoro da fare, perché i sistemi intelligenti possano esprimere tutto il loro potenziale nell'ambito della Digital Transformation.

Conclusioni

La trasformazione degli OSS è una parte fondamentale del processo di digitalizzazione di un Telco.

Gli strumenti principali della trasformazione sono costituiti dalle nuove tecnologie software, applicate contestualmente alla semplificazione dei processi, alla dismissione dei sistemi obsoleti, all'automazione delle azioni di ripristino dei guasti e all'introduzione progressiva di tecniche di Intelligenza Artificiale sia a scopo predittivo, sia dispositivo.

In tutto il processo di cambiamento si terrà in conto il fattore umano, che costituisce la chiave perché questo complesso meccanismo di gestione rete e servizi funzioni correttamente.

Al termine della trasformazione l'azienda potrà garantire un'eccellente Qualità del Servizio ai propri clienti, migliorando contemporaneamente l'efficienza e l'efficacia complessiva delle Operations ■



Marina Geymonat marina.geymonat@telecomitalia.it

laureata in Scienze dell'informazione, nel 1994 inizia a lavorare in Azienda occupandosi di Sistemi di Gestione fino al 1999 e successivamente cura la definizione dell'offerta di soluzioni innovative per il mercato Business. In seguito gestisce diversi progetti, dalla Smart Home (BHL, 2005), a soluzioni innovative per la fruizione di video su TV (Dynamic TV, 2009), al Quantified Self (2014) approfondendo le tecnologie per l'analisi di dati, l'utilizzo delle reti semantiche e l'InfoVis.

Nel 2015 conclude l'esperienza sui servizi con la responsabilità nell'area di Product and Service Innovation e dal 2016 guida l'area di Operations System Innovation con l'obiettivo di contribuire alla trasformazione degli OSS attraverso l'introduzione di soluzioni di Intelligenza Artificiale ■



Angelo Solari angelo.solari@telecomitalia.it

laureato in Ingegneria Elettronica, nel 1988 inizia a lavorare presso Esacontrol occupandosi della progettazione e sviluppo di sistemi di automazione in ambito automotive.

Dopo aver lavorato nel centro ricerca IBM, nel 1995 entra in Sodalia, joint venture tra Telecom Italia e Bell Atlantic, dove fino al 2000 coordina progetti di sviluppo OSS per Bell Atlantic.

Dopo l'integrazione di Sodalia in Azienda diventa inizialmente responsabile della SW Factory OSS, in seguito delle funzioni di Ingegneria Sell To Delivery e Usage to Cash, poi di Sviluppo e Operations di tutti i processi a supporto del Billing per Telecom Italia.

Dal 2014 coordina le attività di sviluppo ed Operations degli OSS ■



Fabrizio Silvestri fabrizio.silvestri@telecomitalia.it

laureato in Ingegneria Elettronica, ha iniziato a lavorare in Azienda nel 1996, occupandosi di Esercizio. Dal 1996 al 2003 ha occupato posizioni di responsabilità sia in ambito Esercizio sia in ambito Sviluppo, su commutazione e reti dati. Dal 2003 al 2008 opera in Customer Services, diversificando così le proprie esperienze. Nel 2008 assume la responsabilità dello Sviluppo prima e dell'Esercizio poi, della rete fissa e mobile del territorio Centro. Nel 2011 comincia ad occuparsi anche di piattaforme di servizio e multimediali. 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 ■

IT TRANSFORMATION FLY TOGETHER

Gianni Canal, Marco Daccò, Simone De Rose, Giuseppe Parlati

La trasformazione digitale di TIM passa attraverso il ridisegno della Customer Experience ed una nuova architettura a microservizi. La prima rappresenta la finestra dalla quale i clienti percepiscono la trasformazione che sta avvenendo, la seconda rappresenta il cuore della trasformazione, il passaggio da un IT basato sui processi ad uno orientato ai dati, un nuovo IT future proof agile, flessibile, scalabile e “aperto” all’ecosistema digitale.

La Digital Service Delivery Platform

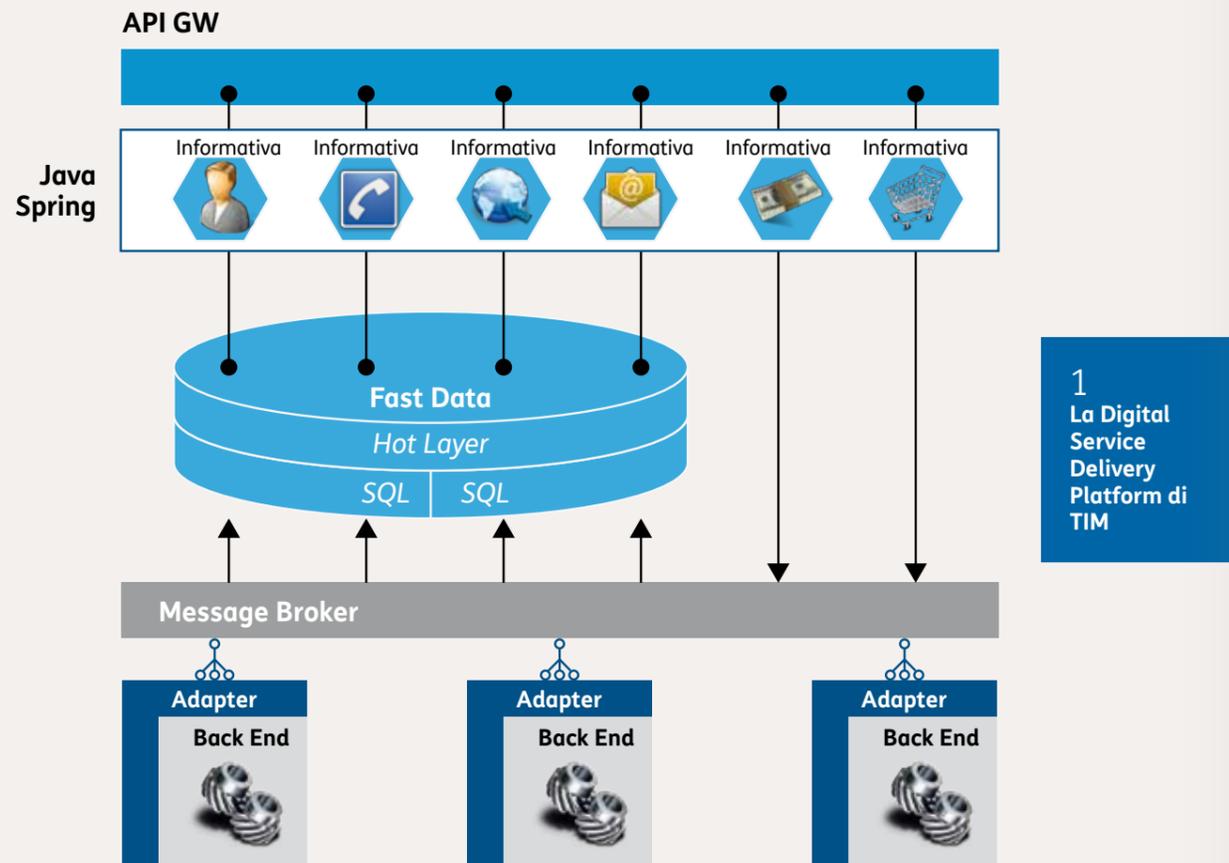
TIM ha avviato una trasformazione del dominio BSS per abilitare, in modo flessibile ed efficace, l’evoluzione del modello di business in linea con gli obiettivi di commercializzazione e gestione dei servizi Digitali. Per raggiungere tale obiettivo è stata identificata l’architettura

target della Digital Service Delivery Platform (SDP) che ha lo scopo di:

- Massimizzare la Customer Experience verso i canali digitali (Portali Web e App) – cfr paragrafo 2
- Ridurre il time to market per supportare l’ampliamento del portafoglio di offerta con nuovi servizi digitali

- Supportare Modelli di Business nuovi: Full Digital Provider, API Economy, Platform economy
- Abilitare la Data Monetization attraverso l’interazione con un ecosistema di terze parti

Il modello Digital Service Delivery Platform (SDP) si poggia su alcuni pilastri fondamentali descritti di seguito.



Performance, scalabilità e resilienza

Si rende necessario disporre di una infrastruttura che garantisca le alte performance (transazioni sub-second) tipiche dei contesti digitali, ma soprattutto di gestire picchi elevati di richieste in modo immediato ed adattivo per poter rispondere a comportamenti non sempre prevedibili tipici dei contesti web (es. fenomeni virali oppure adesioni massive a offerte last minute). Per questo, nell'ambito del programma FLY TOGETHER, TIM ha avviato la rea-

lizzazione di una "Digital Platform" basata su tecnologie come Paas e Container che supportano e garantiscono scalabilità orizzontale e su soluzioni di Inmemory Database capaci di garantire elevatissime performance di accesso ai dati anche in condizioni di accessi concorrenti multipli (FAST DATA). Il Fast Data nasce per esporre ai canali le entità di business di cui sono owner i componenti Legacy tramite API REST, sgravandoli dagli accessi in consultazione.

La sua infrastruttura si basa su uno stack tecnologico eterogeneo che

indirizza in modo puntuale i requisiti prestazionali nella gestione dei dati di business:

- un primo layer è dedicato a quello che sono i dati HOT che adotta una soluzione InMemory Grid per garantire accessi dell'ordine dei millisecondi e latenza tra produzione e consumo a "zero latency";
- un secondo layer è invece dedicato alla tipologia di dati WARM per i quali le prestazioni minime possono essere anche dell'ordine di una decina di millisecondi che utilizza sia un Database re-

lazionale (SQL) sia uno Document Based (NSQL).

Decoupling

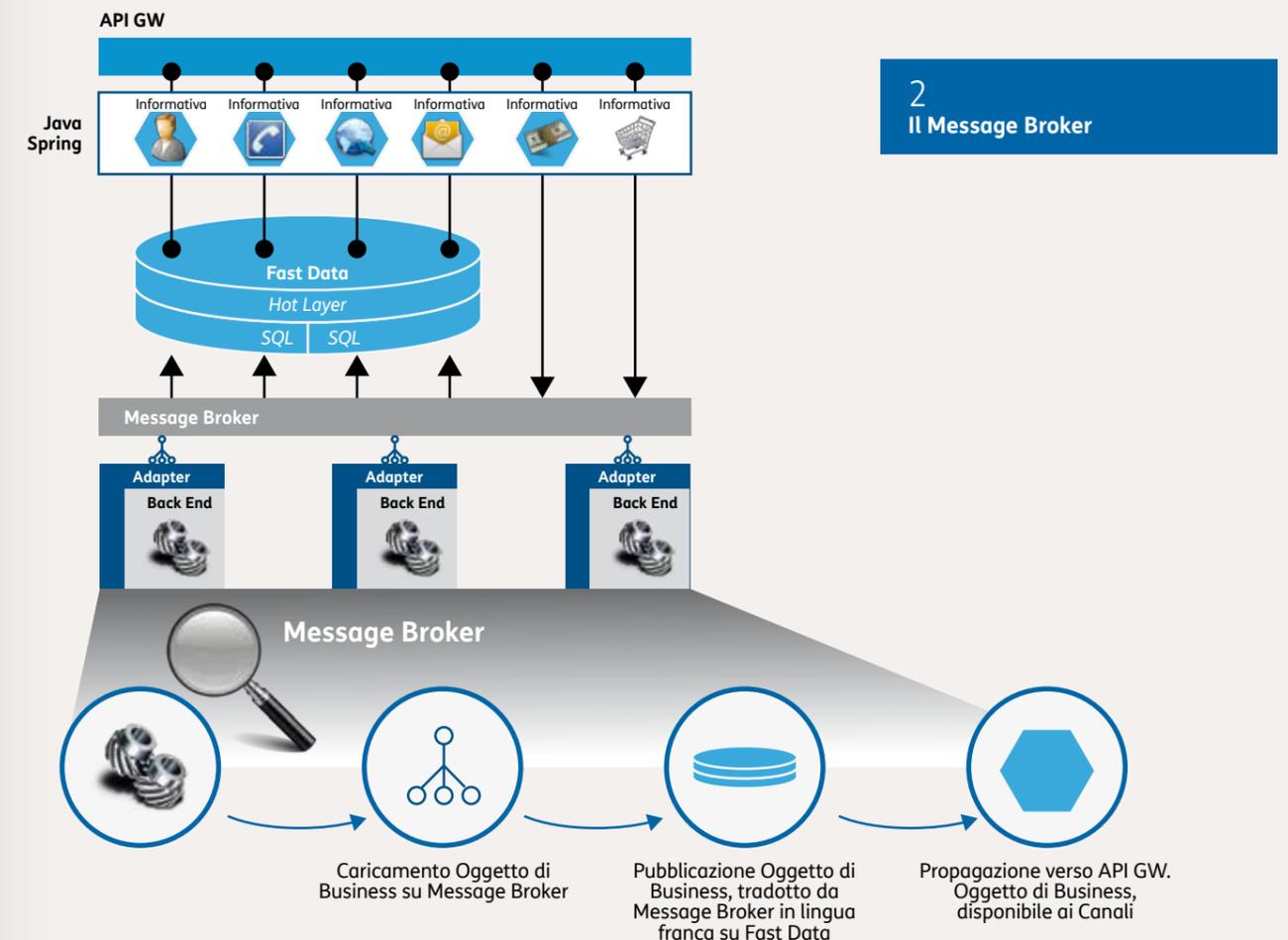
Il secondo pattern utilizzato nella Digital Platform di TIM implementa il concetto di **disaccoppiamento/decoupling** dalla infrastruttura legacy BSS attraverso un paradigma di tipo "coregrafato". Al fine di non avere sul percorso critico la vecchia infrastruttura BSS nell'accesso ai dati di business, si è adottato un modello di cache applicativa che viene alimentata attraverso

un meccanismo di code (**Message Broker**) dai vari sistemi legacy owner del dato. Ogni volta che su un sistema CRM viene aggiornato un dato del cliente oppure su un sistema di fatturazione viene prodotta una fattura, tale evento viene propagato verso la cache applicativa (Inmemory) che poi lo mette a disposizione dei canali consumatori (web, app, terze parti) con prestazioni superiori a qualsiasi infrastruttura tradizionale. Questo meccanismo serve sia le transazioni di tipo "informativo" sia quelle di tipo "dispositivo", ossia quelle in cui si inviano i comandi di "scrittura" verso il back end.

Microservizi

Un ulteriore elemento innovativo è l'adozione di un modello di sviluppo basato sui **microservizi**.

I microservizi sono delle applicazioni software "piccole" ed autonome che interagiscono tra di loro e che hanno come finalità quella di fare una "sola" cosa e di farla bene; sono a tutti gli effetti dei sistemi distribuiti. Martin Fowler, padre di questa metodologia/stile di coding afferma che "Lo stile architetturale a microservizi è un approccio allo sviluppo di una singola applicazione come insieme di piccoli servizi, ciascuno dei quali viene eseguito da un proprio proces-



IL CATALOGO A BUILDING BLOCK

Marilena Di Berardino, Vittorio Panariello

Tra i servizi principali della piattaforma Digital c'è il Catalogo TIM strutturato a Building Block che contengono gli elementi base delle offerte che si vogliono vendere ed i pattern di vendita (regole di gestione). Questi possono essere combinati per comporre il tipo di offerta e di servizio con relative regole tecniche.

I principali vantaggi dell'utilizzo di un catalogo strutturato a Building Block sono:

- potenziamento della vendita su più canali (multicanalità);
- riduzione del time to market (da mesi a pochi giorni) per il lancio di offerte, personalizzazioni e pacchetti creativi senza impatto sui sistemi di backend;
- configurazione di nuove offerte direttamente dal Marketing.

Inoltre il catalogo TIM ha un motore a regole flessibile con il quale si possono configurare i modelli di pricing e le leve commerciali (ad esempio promozioni, sconti, offerte 3x2); questo permette di avere un tailoring delle offerte su misura del cliente.

Infine la componente Carrello fornisce un'esperienza di acquisto evoluta attraverso lo strumento della multicanalità, potendo servire contemporaneamente canali attended e unattended, con la possibilità di far selezionare offerte, aggiungere servizi e prodotti e poi procedere all'acquisto utilizzando i più comuni metodi di pagamento ■



ANATOMIA DI UNA API

Elisabetta Persello, Domenico Colia

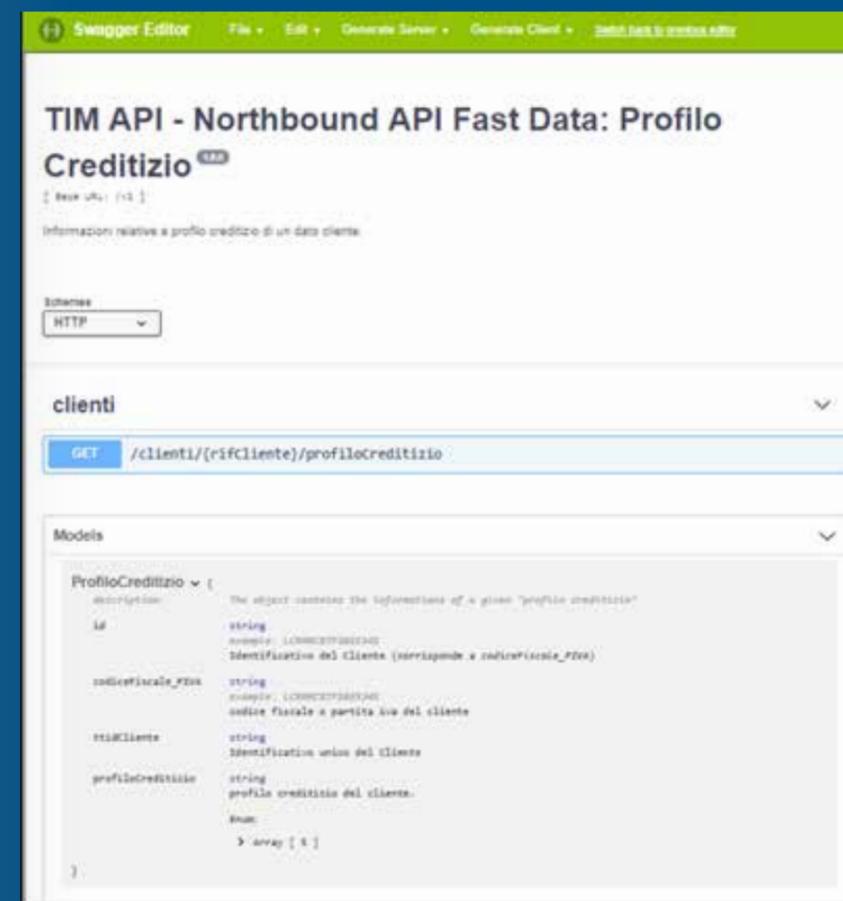
TIM avvia la trasformazione digitale attraverso la realizzazione di una nuova piattaforma capace di abilitare innovativi scenari di business. Il cuore della piattaforma è costituito da un'architettura a microservizi invocabili tramite delle API RESTful, la lingua franca di internet, e disponibile ai diversi canali ed in futuro anche ai propri partner commerciali.

Quale miglior modo di progettare le API RESTful con un framework opensource come Swagger?

Realizzato dall'azienda americana Smartbear e rilasciato con licenza Apache2.0,

Swagger è diventato in breve tempo uno standard de facto del mercato. Swagger mette a disposizione un ampio insieme di strumenti che accompagna l'intero ciclo di vita delle API, dalla progettazione, alla documentazione al test e al deploy, diffondendo la conoscenza delle API, e accelerando drasticamente lo sviluppo dei diversi team. Le specifiche Swagger, grazie alla vasta adozione da parte del mercato, sono evolute nelle OpenAPI Specification 3.0, adottate e sponsorizzate da varie aziende quali Google, IBM, Microsoft e la stessa Smartbear.

La trasformazione digitale passa anche da qui, razionalizzando e riorganizzando il proprio business ■



IL MONITORAGGIO DEI MICROSERVIZI

Francesco Fusco, Patrizia Pisano

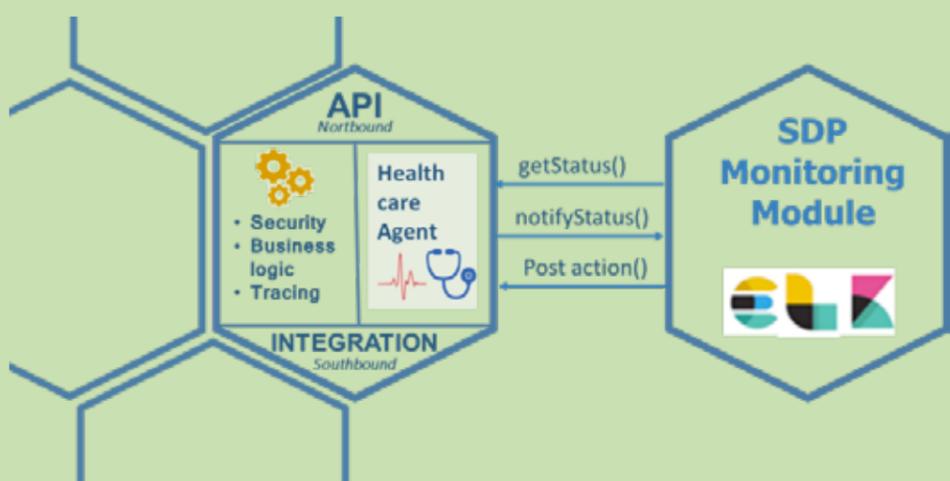
Per verificare lo stato di salute della Service Delivery Platform e consentire alle funzioni di GA di intervenire prontamente sia per risolvere guasti che per incrementare le prestazioni del sistema in caso di necessità, è stato progettato un modulo funzionale di monitoraggio che controlla costantemente lo stato di salute di tutte le componenti. Tale modulo è basato su prodotti open source, ampiamente descritti in letteratura e largamente utilizzati: lo stack tecnologico ELK costituito da un database NoSql (Elasticsearch), un collettore real time (Logstash) e un motore grafico (Kibana). E' un componente funzionale preso oramai come riferimento dai più importanti player di tecnologie digitali; diventato uno standard de facto per chi non vuole abbracciare soluzioni basate completamente o in parte su prodotti commerciali.

Specifici "agent" attivati sui server di SDP, ogni giorno scambiano con il modulo di monitoraggio, centinaia

di milioni di informazioni riguardanti il funzionamento delle componenti hardware e software come memoria, cpu, stato delle code del message broker, stato dei processi e dei microservizi, etc. Tali dati subiscono processi di elaborazione real time (filtraggio, normalizzazione, correlazione e aggregazione) e vengono memorizzati sul database Elasticsearch, un database specializzato per ricerche testuali.

Grazie al motore grafico di Kibana, il modulo di monitoring è stato arricchito con dashboard specifiche per visualizzare le metriche ed i KPI definiti per SDP. Tali dashboard si aggiornano di continuo per fornire costantemente la fotografia dello stato corrente di SDP. Una componente di alerting genera eventuali allarmi e li notifica agli operatori di esercizio via email ed sms. In futuro tali notifiche verranno inviate su una mobile app dedicata, al fine di consentire una maggiore interazione uomo-macchina.

I dati elaborati dal modulo di monitoraggio di SDP serviranno inoltre a ricostruire una visione più ampia della corretta erogazione dei servizi di business in cui SDP è coinvolta e questo verrà effettuato attraverso la standardizzazione di tracciati record compliant con gli standard più recenti (es. openTracing) e l'integrazione con piattaforme di monitoraggio dedicate all'E2E ■



so e comunica con un meccanismo snello, spesso una HTTP API". I vantaggi rispetto ad una architettura tradizionale (che potremmo definire Monolitica) sono evidenti:

- Si possono utilizzare **stack tecnologici eterogenei**. Non si è vincolati a fare tutto con la stessa tecnologia, ma liberi di scegliere di volta in volta la tecnologia migliore per la soluzione che si sta approntando.
- Favoriscono la **resilienza**: Se un componente della catena fallisce, resta un problema isolato, che non interviene a cascata su tutto il sistema. E abbiamo già parlato di quanto la resilienza sia un aspetto chiave.
- Favoriscono la **scalabilità**: con tanti servizi piccoli, è facile intervenire solo su alcuni di essi, senza necessariamente modificare nulla degli altri.
- Sono **semplici da rilasciare**: essendo isolati, è facile rilasciare

un singolo microservizio, senza dover interrompere tutti gli altri allo stesso tempo (no effetto domino).

- Si basano sulla **componibilità**: è un po' come giocare con il Lego. Possiamo ampliare la nostra soluzione un po' alla volta, senza dover rilasciare tutto subito e quindi sono particolarmente adatti ai modelli di sviluppo software incrementale.

Risulta evidente che la loro "atomicità" e autoconsistenza diventano elemento di enorme flessibilità e agilità rispetto ad architetture monolitiche tradizionali per le quali l'unico modo di poter scalare un'applicazione era quello di replicare l'intera applicazione con conseguente aumento di costi e risorse necessarie.

Tutte queste caratteristiche sono state un fattore differenziante nelle architetture di successo di alcuni dei principali Over The Top (OTT) mon-

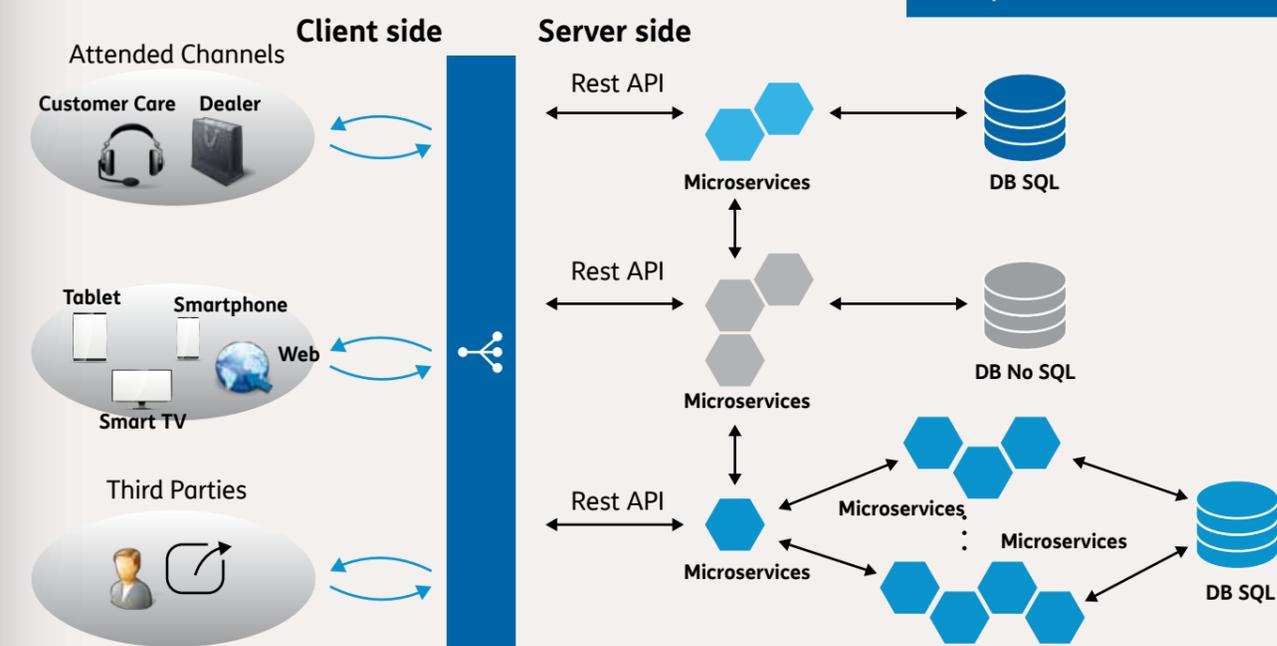
diali come Netflix, Amazon, Spotify e Zalando.

Organizzando quindi la propria piattaforma secondo un modello Microservices si disporrà di un elevato numero di servizi che erogano il proprio compito attraverso il loro contratto pubblico le API application Programming Interface.

Trovandosi di fronte a un numero decisamente elevato di API/Contratti la SDP di TIM è stata dotata di 2 componenti:

- il **Composite Layer**, ossia uno stack software che ha il compito di realizzare "servizi complessi" tipicamente orchestrando i singoli microservizi elementari offerti dalla piattaforma;
- l'**Exposure Layer** di tutte le API che vengono offerte ai canali consumatori.

3 Esempio di Microservizi



L'approccio Digitale alla Customer Experience

I casi di successo di aziende come Amazon, Netflix, Google, Starbucks, Disney mostrano un elemento comune rivelatosi fondamentale nella trasformazione: l'ossessione per i clienti. L'Esperienza Digitale che i clienti vivono quando si relazionano con la nostra azienda rappresenta l'unica finestra dalla quale percepire la trasformazione che sta avvenendo.

La Digital Experience (DX), oggi rappresenta il reale vantaggio competitivo dell'azienda, che non si riconosce più solo nel prodotto o nel prezzo; tutte le espressioni della DX devono essere realizzate all'insegna della Customer Centricity:

- **Customer Engagement**, sono le interazioni rilevanti e coinvolgenti nell'intero ciclo di vita del cliente. Essa deve essere innovativa e basata su una conoscenza assoluta del cliente

digitale ed always-on, ovvero vive nella «omni-canali» ed è digitalmente e socialmente ovunque. Un Engagement interattivo e predittivo permette di impostare Campagne ed offerte ad hoc che permettono di coinvolgere il cliente e creare una relazione basata sull'interazione costante.

- **Customer Experience**, è “il modo in cui i clienti percepiscono l'interazione con la vostra azienda” [Forrester Research]. Non è legata al “cosa” ma al “come” e non si limita tutte le potenzialità dei device per offrire una esperienza multi-sensoriale (es microfono, audio, lettore impronte digitali, riconoscimento facciale ...) e le tecnologie innovative ormai mature e disponibili come l'AI per rispondere ma soprattutto per predire e la VR/AR per una Immersive Experience. Anche la personalizzazione è fondamentale per

cucire su misura una esperienza perfetta per il cliente; il cliente ormai se lo aspetta!

- **Customer Journey**, si intende l'itinerario che il cliente percorre nel tempo e nei diversi “ambientati” di contatto, siano essi offline che online. Quindi possiamo dire che rappresenta la “storia del legame” cliente-azienda. Esso ha l'obiettivo primario di fornire ai clienti uno Unique Journey basato su un Digital-Only OmniChannel.

Dietro questi concetti molto sofisticati si celano comunque dei principi base che sono fondamentali:

- **Semplicità**: Percorsi che rappresentano processi commerciali e spesso non tengono conto del fattore umano che dopo 3 click inizia a perdere interesse ed attenzione.
- **Intuitività**: i comportamenti richiesti agli utenti devono essere intuitivi, comportamenti digitali che devono assimilarsi ai comportamenti tipici della vita rea-

le. Ogni “sforzo” richiesto all'utente è una barriera alla fruibilità.

- **Personalizzazione**: ogni persona ha una sua esperienza e modalità di interagire. Una persona anziana ha una gestualità molto differente da un teenager. Standardizzare le User Experience per qualsiasi utente è

probabilmente più efficiente ma sicuramente meno efficace.

- **Gradevolezza**: sicuramente la grafica ha un peso importante nell'agevolare la fruizione di un servizio dotato di GUI. I colori stimolano sensazioni ed emozioni e subliminalmente possono migliorare l'accettabilità. (i.e. una famosa maionese in

Francia è gialla - dà l'idea che sia fatta con le uova - mentre in America è bianca - dà l'idea che non contenga grassi).

- **Gratifica**: La complessità genera il rischio che l'utente non si senta adeguato ad un suo utilizzo causandone un allontanamento ■



Gianni Canal gianni.canal@telecomitalia.it

laureato in Informatica, è entrato nel gruppo TIM alla fine del 1992 dove, in ambito CSELT, si è occupato nei primi anni di Rete Intelligente. Successivamente ha coordinato un team di innovazione sulle piattaforme di servizio nell'ambito della rete mobile. Negli ultimi anni è stato responsabile di un gruppo di ingegneria Smart Pipe con il compito di innovare la monetizzazione di dati e asset di rete fino a divenire responsabile di Software Development Center in ambito TILAB. Attualmente in ambito TIM Information Technology è responsabile della funzione IT Architecture-Applications ■



Marco Daccò marco.dacco@telecomitalia.it

laureato in ingegneria gestionale, vanta una esperienza di 20 anni nel settore ICT per la industry delle Telecomunicazioni. Ha iniziato la sua esperienza lavorativa in Mars inc. in ambito Divisione logistica. A metà anni novanta ha partecipato allo start up della prima joint venture tra Telecom Italia e Bell Atlantic (oggi Verizon) per la realizzazione dell'attuale polo ICT di Trento. Ultimamente è stato responsabile dello start up della funzione Vertical IT Solution di Telecom Italia per i segmenti di sanità elettronica, infomobilità e Tourism. Attualmente in ambito TIM Information Technology è responsabile della funzione Digital Services Delivery Platforms ■



Simone De Rose simone.derose@telecomitalia.it

laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli studi La Sapienza di Roma. Nella sua carriera professionale ha partecipato nel 1998 allo start-up di WND Telecomunicazioni e dal 1993 ha collaborato a progetti di Ericsson AB e Motorola Inc. in qualità di progettista software. Dal 2001 è stato Responsabile per TIM e Telecom Italia come nell'ambito dell'Information Technology per lo sviluppo e la manutenzione dei sistemi di CRM Consumer, Business, e Wholesale e dei sistemi di Billing&Credit Management. Ha ricoperto anche il ruolo di responsabile delle Architetture e successivamente del Client Management. Attualmente in ambito TIM Information Technology è responsabile della funzione Digital Services Solutions ■



Giuseppe Parlato giuseppe.parlato@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). Ha pubblicato articoli scientifici su riviste e conferenze internazionali.

Nel gruppo TIM dal 1997 si è occupato dapprima di Architetture Applicative & Middleware per poi unirsi al gruppo di innovazione VAS. Negli ultimi anni si è occupato di progetti di Digital Transformation e di Innovazione. Ha conseguito le certificazioni PMP e SCRUM MASTER I ■



Customer Experience per OVER

Customer Experience per UNDER

Customer Experience per BIZ

Customer Experience per YOUNG

DIGIRAN: IL VALORE DELL'AUTOMAZIONE NELL'ACCESSO RADIO

Graziano Bini, Fabrizio Gatti, Paolo Gorla, Michele Ludovico

La sfida evolutiva dell'accesso radio richiede di garantire alta qualità all'aumentare del traffico e della complessità di rete con costi sostenibili per l'operatore di telecomunicazioni. L'automazione dei processi di gestione costituisce un elemento chiave per affrontare tale sfida. TIM è impegnata in un percorso di trasformazione che, applicato nel dominio dell'accesso radio, prevede l'introduzione di architetture software aperte e nativamente cloud che abilitano l'automazione delle funzionalità di rete.

Introduzione

L'applicazione dei paradigmi di digitalizzazione ed automazione all'accesso radio risponde ad un insieme di driver, che nascono dall'unione delle peculiarità del wireless con la continua evoluzione degli scenari di servizio. Proviamo ad elencare i principali:

- la gestione della complessità crescente (nuovi layers frequenziali, nuove tecnologie, ...);

- la flessibilità per fare fronte a nuovi servizi;
- la sfida di una "cost-effective" customer experience;
- l'opportunità di generazione di valore attraverso i dati ricavati dai nodi di rete.

La complessità dell'accesso radio è legata innanzitutto alle sue caratteristiche native:

- **Propagazione:** la customer experience dipende significativamente dalle caratteristiche

del canale radio e dall'interferenza. La capacità di valutare accuratamente copertura ed interferenza già nelle fasi di progettazione (Quality by Design) è fondamentale per sfruttare i benefici di funzionalità avanzate come high order modulation (64QAM UL/512QAM DL) o high order MIMO (4x4 ed oltre) che, per essere efficaci, richiedono una qualità del segnale radio molto elevata.

- **Incertezza della posizione del cliente:** l'accesso al servizio «anytime, anywhere» richiede una conoscenza almeno approssimata o statistica della distribuzione dei clienti [1]. Oltre il 70% del traffico radiomobile, inoltre, è originato indoor:

la propagazione outdoor-to-indoor (e viceversa, variabile in funzione delle caratteristiche costruttive degli edifici) ha un impatto significativo sulla customer experience.

- **Mobilità:** il servizio deve essere fornito in modo «seamless» nel

passaggio tra differenti celle o layer frequenziali. La mobilità è correlata inoltre alle variazioni di traffico voce/dati periodiche ed aperiodiche: pendolarismo, turismo (stagionale e/o nei weekend, particolarmente importante in un paese come

l'Italia), eventi o manifestazioni. Il corretto dimensionamento delle risorse di cella è un'attività fondamentale per garantire la massima efficienza e performance di rete al variare delle condizioni di traffico.

Le componenti descritte si traducono in una tecnologia ad elevata complessità, con migliaia di parametri da configurare ed ottimizzare per ciascuna cella. L'avvento della Internet-of-Things, inoltre, amplifica i fattori descritti, introducendo nuovi scenari di copertura, che vanno dagli oggetti volanti (droni) fino ai sensori posizionati nel sottosuolo (ad es. contatori del gas o dell'acqua connessi o stalli per lo smartparking).

Dal punto di vista dei processi, le caratteristiche dell'accesso radio richiedono una stretta inter-relazione tra le fasi di pianificazione (planning), progettazione (design), realizzazione (creation) e esercizio (maintenance) che portano ad uno scenario ciclico in cui i singoli processi interagiscono iterativamente (Continuous Optimization).

La complessità dell'accesso radio può essere anche descritta con riferimento ai paradigmi "multi-x":

- **Multi-service:** la rete, costituita da un'integrazione di tecnologie differenti, va ottimizzata per una pluralità di servizi, voce (VoLTE), video streaming, web browsing, Public Safety, high speed train (TAV), Internet-of-Things....
- **Multi-device:** terminali utente diversi per servizi diversi, con un mercato in continua evoluzione

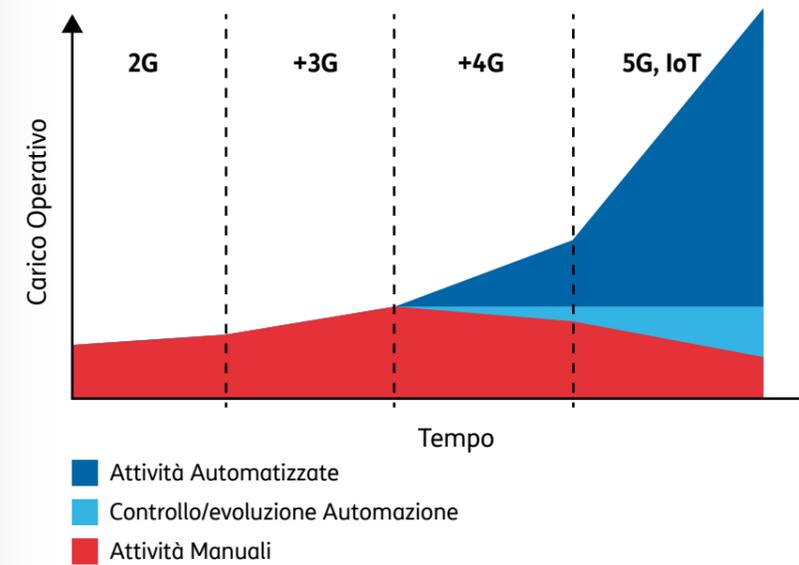
(controllato solo in parte dall'operatore...)

- **Multi-standard:** necessità di introdurre nuove componenti tecnologiche (LTE e sue evoluzioni verso il 5G) ma anche di gestire i clienti che utilizzano tecnologie legacy (2G/3G).
- **Multi-layer:** ogni layer frequenziale richiede una progettazione specifica, unita alla necessità di gestire la mobilità inter-layer. TIM oggi gestisce 7 differenti layer frequenziali: 800, 900, 1500, 1800, 2100, 2600 MHz, ciascuno con differenti ampiezze di banda ed alcuni - come il 900 e 1800 MHz - con coesistenza di due tecnologie (GSM/UMTS per 900MHz e GSM/LTE per 1800); nel 2018, inoltre ulteriori frequenze saranno assegnate nella banda 700 MHz, 3700 MHz e 27 GHz in prospettiva 5G. La eterogeneità delle celle (small cells, macro cells, ...) introduce ulteriore complessità (HetNet).
- **Multi-vendor:** la pluralità dei vendors che, pur introducendo un significativo fattore di complessità in virtù del numero molto elevato di scelte implementative proprietarie, consente di ottimizzare il trade off tra sviluppo tecnologico e sostenibilità economica.

Il quadro normativo e regolatorio, infine, determina una serie di condizioni al contorno che devono essere soddisfatte e che contribuiscono alla complessità di gestione del processo di progettazione ed esercizio,

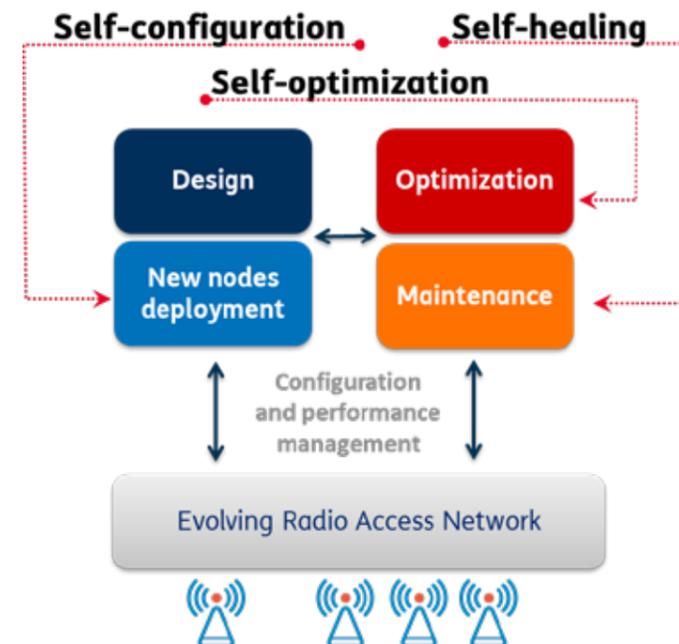
come ad esempio i vincoli di esposizione ai campi elettromagnetici (CEM), per i quali l'Italia ha una delle normative più stringenti al mondo. A fronte di una complessità così alta e crescente, la sostenibilità del business richiede di migliorare la Customer Experience sfruttando nel modo più efficace possibile gli investimenti sulla rete (di cui l'accesso costituisce la parte predominante) e ottenendo la massima efficienza dei processi operativi con una minimizzazione del (TCO) *Total Cost of Ownership*. Per raggiungere questo obiettivo, TIM è impegnata in un percorso di trasformazione - digiTIM - che declinato sull'accesso mobile - digiRAN - prevede il decommissioning/delaying, la virtualizzazione dell'accesso radio e l'automazione dei processi di progettazione, creazione, ottimizzazione e manutenzione. Sul primo fronte, il decommissioning delle reti legacy è una sfida fondamentale non solo per garantire la semplificazione operativa, ma per attuare importanti saving (si pensi ad es. ai consumi energetici) ed il riuso delle frequenze per le tecnologie più evolute (refarming delle bande 2G/3G per 4G/5G); la virtualizzazione, d'altro canto, consente di impostare già sulla rete 4G i requisiti di flessibilità, scalabilità, apertura e sicurezza nativa che devono guidare il processo verso il 5G.

La Figura 1 riassume a livello qualitativo gli effetti dell'automazione sui processi operativi, evidenziando come, a partire dal 4G e nell'evoluzione verso il 5G, l'automazione sia



fondamentale per gestire l'aumento esponenziale della complessità (in termini di carico operativo complessivo) mantenendo costante il livello di impegno delle persone (automatizzando una quota cre-

sciente delle attività operative e re-indirizzando le risorse esistenti su attività ad alto valore aggiunto, quali il controllo e lo sviluppo dell'automazione, anche in modalità DevOps) [nota 1].



1
Effetto dell'automazione sui processi operativi, all'aumentare della complessità della rete

DigiRAN: l'approccio Open SON di TIM e l'evoluzione verso la vRAN

Il concetto di SON, Self-Organizing Network è una prima risposta all'esigenza degli operatori di far fronte ad un incremento di complessità dei processi di configurazione, ottimizzazione e assurance delle reti. La Figura 2 mostra l'impatto delle componenti SON sui processi di gestione della rete di accesso radio fortemente interconnessi tra loro.

TIM ha partecipato alle attività SON in 3GPP sin dal loro avvio, coniugando la visione innovativa con il proprio bagaglio di esperienza nell'ambito della progettazione e dell'ottimizzazione radio della rete multi-accesso 2G/3G/4G/5G e promuovendo la definizione di soluzioni aperte, interoperabili e flessibili.

In aggiunta al paradigma "distribuito" (dSON), disponibile negli elementi di rete già a partire dalle prime release LTE, si è sviluppato anche un approccio "centralizzato" (cSON), basato su funzionalità automatiche realizzate nel dominio tradiziona-

2
Ruolo delle funzioni SON (definite dal 3GPP) nei processi di gestione dell'accesso radio

EVOLUZIONE DEGLI ALGORITMI SON VERSO IL MACHINE LEARNING

Simone Bizzarri, Giorgio Ghinamo, Salvatore Scarpina, Andrea Schiavoni

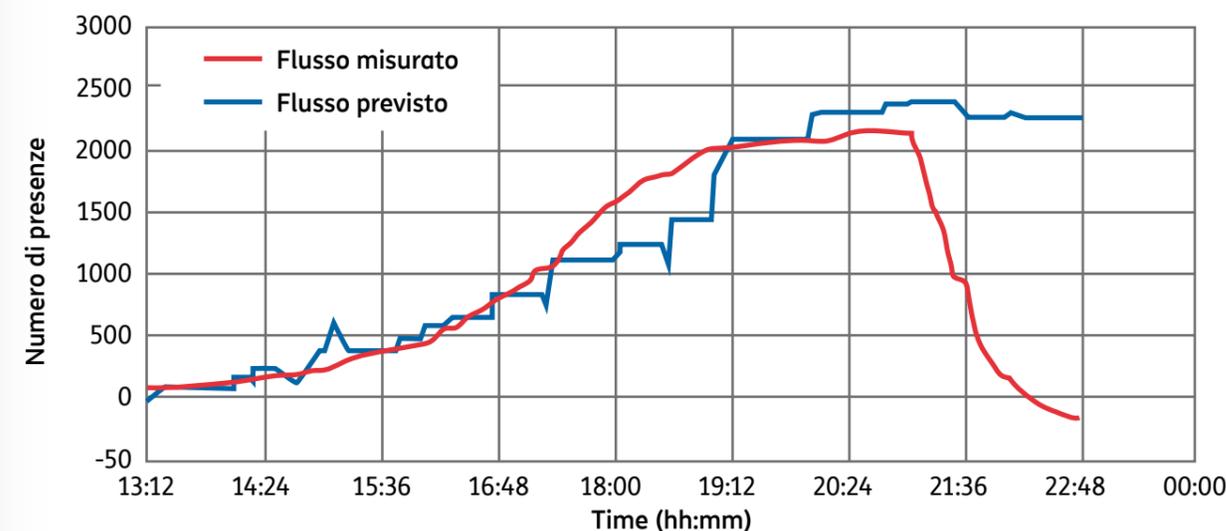
L'approccio all'automazione di parte di processi di configurazione e ottimizzazione dell'accesso radiomobile (il paradigma SON descritto nell'articolo riferimento) segue, nelle sue prime realizzazioni, un approccio "reattivo", basato sull'adeguamento della rete alle condizioni variabili di traffico o di interferenza.

Negli ultimi anni TIM ha sviluppato anche algoritmi di tipo "predittivo", in grado di stimare le variazioni di traffico su periodi futuri e di abilitare la messa in campo di contromisure atte a prevenire degrading nella Customer Experience. Attraverso metodi di regressione (tra i quali può essere annoverato il metodo elaborato da TIM e denominato "Rappresentazione dei Residui", oggetto anche di domanda di brevetto) sono state definite metodologie di previsione dei parametri di traffico dei singoli nodi o di singole celle su intervalli di tempo non brevi (diverse settimane o mesi): i test eseguiti su dati reali hanno rivelato una buona affidabilità nelle proiezioni su periodi futuri di 1-2 mesi ed oltre, consentendo di individuare i singoli settori/nodi che - nell'arco di tempo oggetto di previsione - hanno una elevata probabilità di superare le soglie di traffico; il superamento di queste soglie, infatti, rappresenta un degrado della Customer Experience, in quanto all'aumentare del traffico, e quindi del numero di connessioni contemporaneamente attive, diminuisce il throughput medio associato alla singola connessione. Tale informazione può essere utilizzata per progettare in-

terventi di ampliamento preventivi e mirati oppure per alimentare algoritmi di MLB in grado di re-indirizzare parte del traffico di un nodo carico su nodi adiacenti ritenuti idonei (ovvero per i quali non si prevede un degrado della Customer Experience legato all'aumento del traffico).

Sono state inoltre sperimentate tecniche di previsione di variazioni di traffico a breve termine. Queste previsioni possono essere utilizzate in contesti in cui si deve riconfigurare una porzione di rete a causa di eventi che provocano una concentrazione di utenza in una zona geografica limitata per un periodo di tempo limitato, come concerti, eventi sportivi, fiere, etc. Dalle sperimentazioni realizzate è emerso che tali algoritmi sono in grado di prevedere le variazioni di traffico con un anticipo che varia, in funzione dello scenario di applicazione, da alcune decine minuti fino ad alcune ore (Figura A). Tali previsioni possono essere utilizzate per stimolare funzionalità di riconfigurazione automatica di rete, quali ad esempio MLB (Mobility Load Balancing) o CCO (Coverage and capacity Optimization), oppure per attivare funzionalità di "Massive Events Handling (MEH)" che permettono una riconfigurazione della rete a breve termine per adattarla alle condizioni di traffico (in ambito ACM: Automatic Configuration Management).

Più recentemente, l'evoluzione degli algoritmi SON si sta sviluppando verso approcci basati sull'Intelligenza Artificiale, le cui metodologie, unitamente alle capaci-



A

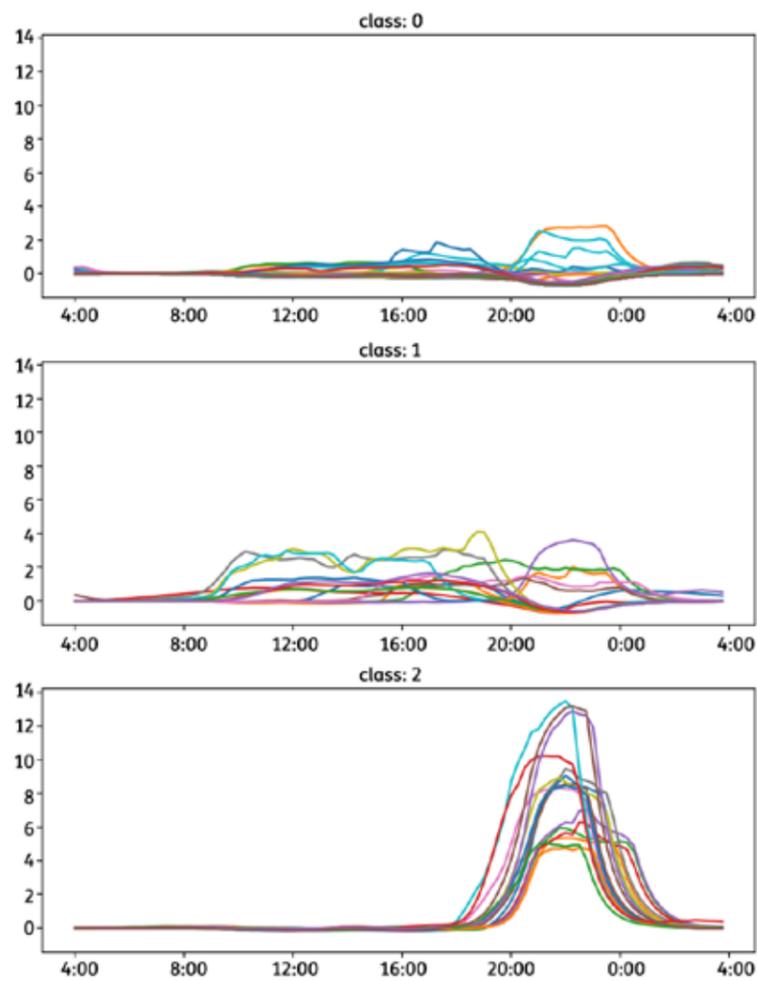
Esempio di previsione di traffico (in termini di flussi di clienti) in occasione di un concerto musicale organizzato a Torino nel 2017 (i dati di previsione possono essere rese disponibili con un anticipo di alcune ore rispetto alle variazioni effettive del traffico)

tà computazionali oggi disponibili, consentono di trarre valore dell'enorme quantità di dati presenti e generati dalla rete. La convergenza di tecniche di data mining efficienti associata alla disponibilità di risorse di calcolo adeguate, rendono le metodologie di analisi basate su tecniche di Intelligenza Artificiale applicabili anche in un orizzonte temporale di breve termine e con un elevato grado di affidabilità (v. articolo Notiziario Tecnico: Deep learning per le Telco - n. 1 2018).

Le tipologie di dati prodotte dai nodi di rete, quali ad esempio contatori prestazionali, CDR, MDT, Tracelog, sono adatte ad essere elaborate e processate al fine di estrarre tendenze, classificazioni di comportamenti e dinamiche di evoluzione e quindi, successivamente, descrivere e governare in maniera efficiente la gestione della rete nel suo insieme. L'applicazione del machine learning a questi set di dati permette anche di identificare schemi e fenomeni che sfuggono all'attenzione umana, perché "sommersi" dal rumore di fondo o perché complessi da evidenziare con metodologie di analisi più deterministiche.

Tale approccio trova applicazione nel campo della pianificazione radio, dove i contatori di traffico possono essere analizzati al fine di raggruppare ("clusterizzare") le celle in funzione del loro tipo di comportamento e su diverse scale temporali, con l'obiettivo di identificare con sufficiente anticipo situazioni di traffico "anomalo" non predicibili con tecniche di analisi tradizionali. L'applicazione di tali concetti è attualmente oggetto di una collaborazione con il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni del Politecnico di Torino: La Figura B, in particolare, mostra l'analisi di dati di Traffico in una area della città di Torino, dai quali sono stati estratti ed analizzati i comportamenti della rete in concomitanza di spettacoli ed eventi sportivi, arrivando -attraverso l'applicazione di tecniche di Machine Learning - a classificare le celle della rete radiomobile in funzione delle caratteristiche del traffico.

In stretta analogia con le metodologie di analisi delle evoluzioni della rete descritte precedentemente sulla base di analisi eseguite con tecniche di Intelligenza artificiale sui dati prodotti da una rete, è possibile salire



B
Classificazione delle celle LTE in funzione degli andamenti di traffico giornalieri (numero di utenti nelle diverse ore della giornata)

ment e alle tecnologie di trasmissione radio.

Un primo esempio consiste nell'allocazione ottimizzata delle risorse di rete, possibile grazie alla concentrazione di una parte delle funzionalità di elaborazione dell'accesso radio (caratteristica dei dispiegamenti in architettura centralizzata vRAN - v. articolo Notiziario Tecnico "DIGIRAN: il valore dell'automazione nell'accesso radio" n. 1 2018) e gestibile attraverso un'architettura di management basata sul concetto di orchestrazione (v. approfondimento "L'evoluzione delle architetture di automazione").

Un altro esempio riguarda la possibilità di sfruttare l'intelligenza a livello più locale nell'ottimizzazione

dei parametri che influenzano la copertura e la capacità delle celle. Grazie all'adozione dei sistemi di antenna adattativi caratteristici del 5G, sarà possibile influenzare la formazione e l'orientamento dei diagrammi d'irradiazione (beamforming) per adattare la copertura e la capacità di cella in modo predittivo.

In questo ambito TIM ha sviluppato recentemente un modello di gestione del nodo di rete di accesso (denominato "nodo consapevole") che si basa sull'acquisizione di informazioni sull'ambiente in cui il nodo opera e di correlare modelli di propagazione con le stime di posizione dei terminali mobili e di profilo di traffico ■

ad un grado di astrazione superiore, con l'obiettivo di descrivere delle metodologie e strategie decisionali per la gestione della rete stessa e individuare le leve migliori ed i parametri chiave, nel contesto temporale di interesse, su cui agire per ottenere una gestione ottimizzata e efficiente della rete. La capacità di mettere in campo algoritmi evoluti come quelli descritti assume un'importanza strategica nell'ambito della futura rete 5G che vedrà un "salto di livello" in termini di densità di terminali connessi e di prestazioni. L'intelligenza potrà operare a diversi livelli nel dominio di rete, anche grazie all'evoluzione delle architetture di rete e di manage-

le della gestione di rete, in grado di esercitare un controllo unificato e coordinato su più nodi di rete, anche di vendor diversi (meno stringente dal punto di vista delle tempistiche rispetto al caso dSON). L'approccio "centralizzato" convive con le funzionalità RAN "distribuite" attraverso le cosiddette architetture ibride [2].

A partire dal 2015 TIM ha definito un'architettura di riferimento "Open SON" basata sui seguenti cardini [3]:

- Disponibilità di interfacce aperte API (*Application Programming Interface*) per lo scambio di informazioni tra i blocchi funzionali coinvolti.
- Programmabilità e modularità, per garantire la flessibilità necessaria a gestire una rete di accesso in continua evoluzione.

Il paradigma prevede che le funzionalità di progettazione e ottimizzazione radio siano strutturate in un'architettura software "closed loop" che si esplica secondo due direzioni di sviluppo:

- "Automatic Closed Loop" per le funzionalità "basic" di ottimizzazione e configurazione di rete, completamente automatizzabili, corrispondenti a task relativamente semplici ma ad elevato consumo di tempo;
- "Human Closed Loop" per le funzionalità che richiedono un'analisi più avanzata, nelle quali l'azione degli specialisti radio TIM è supportata da applicazioni sviluppate "in house", che garantiscono anche il controllo delle funzioni automatiche.

L'automazione, completa o assistita, dei principali processi dell'accesso radio, produce non solo la riduzione di possibili errori introdotti dai processi manuali, soprattutto nel caso di task ripetitivi ed a basso valore aggiunto, ma consente anche di effettuare cambiamenti della configurazione della rete in real time, ad esempio per seguire fluttuazioni del traffico (impossibili da gestire con attività manuali con costi sostenibili).

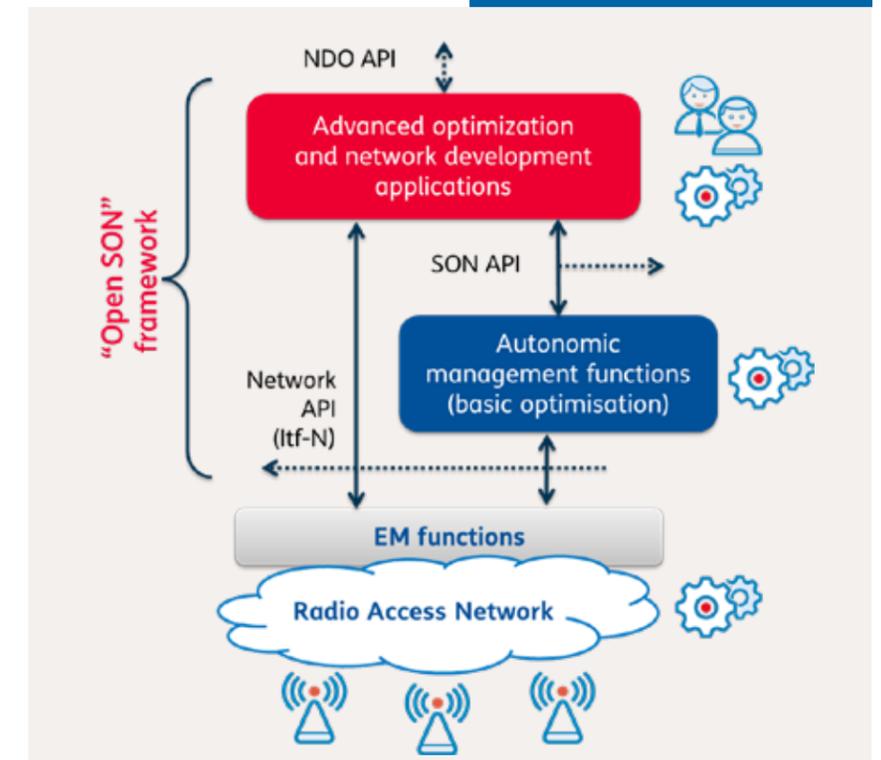
La Figura 3 riassume l'approccio Open SON definito da TIM.

La prima componente rappresentata dalle *Autonomic Management functions* consiste nello sviluppo di soluzioni cSON (*SON centralizzate*), con l'obiettivo di automatizzare l'e-

laborazione dei dati di performance e la configurazione dei parametri di rete. TIM ha scelto di sviluppare tali piattaforme SON centralizzate in partnership con i fornitori della rete di accesso radio, nell'ottica della massima integrazione con le funzionalità dei nodi di accesso.

L'interlavoro tra il dominio tecnologico del RAN vendor ed i sistemi dell'operatore è assicurato dalla cosiddetta SON API: nei requisiti di TIM, tale interfaccia abilita funzionalità di CM (*Configuration Management*), PM (*Performance Management*) e TM (*Tracing Management*)

3
Il paradigma "Open SON" secondo l'approccio di TIM EM (Element Manager)



in real time, oltre a permettere il controllo (mediante parametri o regole) degli algoritmi automatici resi disponibili nel dominio di rete (cSON e dSON). Tale interfaccia si integra con la Network API, resa disponibile direttamente dagli Element Manager dei nodi, in linea con quanto previsto dalle specifiche 3GPP.

La seconda componente è indicata in figura come *Advanced optimization and network development applications*: si tratta dell'evoluzione dei sistemi sviluppati internamente da TIM, che - integrati in un unico framework - già oggi supportano i processi di design ed optimization (ad esempio: TIMplan per il radio access design, TIMqual per la radio access optimization, IRMA per la radio access configuration).

L'interfaccia indicata come NDO API ha il ruolo di collegare il dominio di management dell'accesso radio con i sistemi multi-dominio di TIM orien-

tati alla gestione end-to-end dei della rete e dei servizi. Un esempio di attività abilitata dalla NDO API è la re-conciliation dei dati di progetto finalizzata all'automatizzazione del Network design: inventory, produzione schede radio, sincronizzazione con i sistemi di gestione degli ordini e dei magazzini.

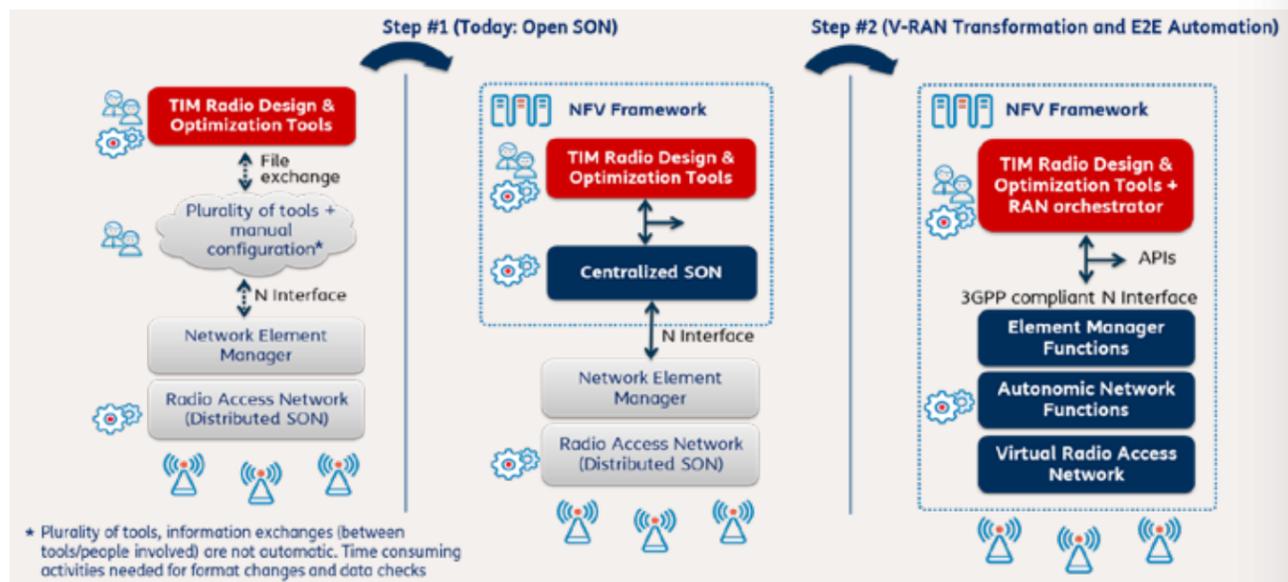
Questo insieme di moduli software, indicato come "Open SON framework" o come "RAN automation framework" è sviluppato in coerenza con le iniziative di "Network Function Virtualization" di TIM: tutti i sistemi indicati sono integrati come Virtual Network Functions all'interno delle infrastrutture NFV. Tale approccio offre i seguenti vantaggi:

- Semplificazione e standardizzazione delle attività di system integration nella rete TIM;
- Assenza di attività dedicate di Hardware provisioning e configuration;

- Rapidità del processo di integrazione, dal "high level design" fino al "go-live";
- Approccio integrato alle tematiche di security (ad esempio hardening o firewall);
- Abilitazione di paradigmi di automazione multi-dominio (network orchestration, network slicing) di prossima introduzione.

L'introduzione del Open SON rappresenta per TIM un primo passo verso una completa digitalizzazione della rete di accesso radio (digiRAN). Il secondo passo prevede l'evoluzione verso la Virtual/Cloud RAN con l'estensione dei paradigmi sin qui descritti (apertura, flessibili-

4
Il percorso di TIM per la digitalizzazione dell'accesso radio (DigiRAN)



APPLICAZIONI "OPEN SON" NELLA RETE TIM

Paola Bertotto, Giovanna Zarba

L'approccio adottato da TIM per l'integrazione degli strumenti esistenti con le nuove piattaforme aperte è di tipo incrementale e su base "use case": i primi casi d'uso sono già applicati in campo mentre si lavora ai nuovi, all'interno di un framework unico che consente una facile integrazione. Il dispiegamento di uno use case prevede la verifica delle funzionalità software (e delle relative API), unita alla revisione dei processi operativi: particolare attenzione è posta al coordinamento delle attività di Network Maintenance/Optimization con le attività di Network Creation/Design (e.g. introduzione di nuovi nodi). La Tabella 1 riassume gli use case che costituiscono le priorità nell'ambito dell'attività Open SON di TIM.

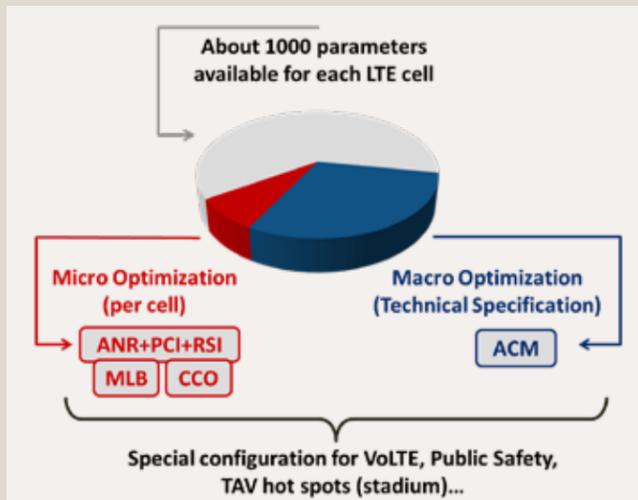
Ad oggi la sola rete di accesso LTE di TIM consta di decine di migliaia di celle destinate a diventare presto dell'ordine delle centinaia di migliaia. A ciascuna cella LTE è associato più di un migliaio di parametri radio che necessitano di essere configurati, tra cui ricadono sia i parametri definiti a standard 3GPP sia i parametri specifici della tecnologia del RAN vendor. L'introduzione del SON consente una gestione rapida, flessibile ed integrata dell'insieme dei parametri coordinando l'ap-

plicazione complessiva delle norme di configurazione (macro-ottimizzazione, gestita mediante ACM) con le azioni che prevedono una ottimizzazione individuale su base cella (detta anche "micro-ottimizzazione", ad esempio MLB, CCO, PCI), includendo tutte le parametrizzazioni ottimizzate per applicazioni quali Public Safety, TAV (Treni ad alta velocità, che prevedono una gestione specifica della mobilità), celle hot spot per stadi o altri eventi di massa.

Il software di riferimento per gli use case Open SON di micro-ottimizzazione è lo strumento TIMqual, sviluppato internamente da TIM, che svolge il ruolo di cru-

T1 Use cases SON

Use Case	Descrizione
ANR (Automatic Neighbouring Relations) PCI (Physical Cell Identifier) and RSI (Root Sequence Indicator) Planning	Le neighbouring lists (relazioni di adiacenze tra celle, necessarie per la mobilità e definite da SON distribuito) sono controllate dai tool di ottimizzazione attraverso la SON API, mentre i PCI/RSI conflicts (causati da adiacenze aggiunte) sono automaticamente risolti da algoritmi centralizzati. La corretta attribuzione delle adiacenze e dei codici identificativi delle celle PCI è fondamentale per evitare cadute di chiamata VoLTE.
ACM (Automatic Configuration Management)	Controllo automatico e applicazione dei parametri di configurazione (in base alle linee guida di configurazione), utilizzato anche nei processi di attivazione del sito.
MDT (Minimization of Drive Tests)	Funzionalità basata sulla geolocalizzazione degli eventi, utilizzata per la certificazione siti, identificazione hot spot, geolocalizzazione avanzata KPI. Possibili anche applicazioni esterne all'ambito della RAN automation, come l'analisi dei flussi di spostamenti delle persone
MLB (Mobility Load Balancing)	Bilanciamento del carico tra celle per redistribuire il traffico al fine di evitare/ritardare l'espansione della capacità dei siti con conseguente ottimizzazione degli investimenti
CCO (Coverage and Capacity Optimization)	Ottimizzazione della copertura e della capacità basata sul tuning dei tilt e sul controllo delle interferenze (con evoluzioni in ottica beamforming)

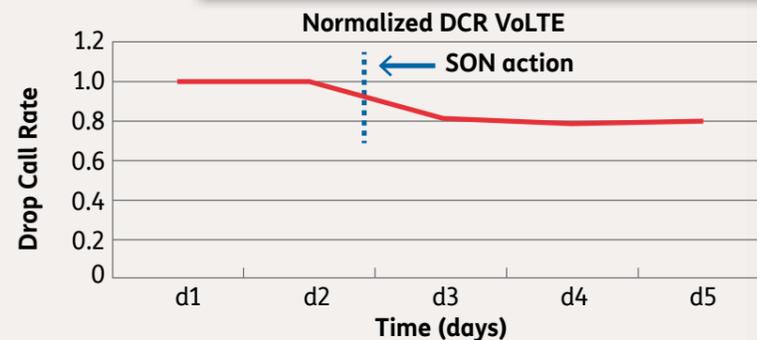


A
Effetto dell'introduzione del SON sulla gestione dei parametri radio (Configuration Management) in base all'approccio TIM

Relations) che aggiunge automaticamente a livello di nodo le nuove relazioni di adiacenza (rappresentate da segmenti che uniscono coppie di celle), evidenziando anche adiacenze che permettono di gestire la mobilità verso le reti 2G e 3G.

L'attivazione di questo use case ha permesso di migliorare le prestazioni della rete di accesso e quindi le prestazioni sperimentate dagli utenti, con riduzione in "doppia cifra" dei tassi di caduta delle connessioni LTE. Il processo di aggiornamento degli identificativi di cella PCI, infatti, permette di ridurre i fallimenti nelle procedure Hand-Over, riducendo i tentativi di passaggio verso le relazioni di adiacenza difficoltose a causa di un conflitto di PCI e favorendo gli altri verso le relazioni corrette, con particolare beneficio per le connessioni VoLTE (Figura C) ■

C
Effetto dell'introduzione del Open SON (use case ANR+PCI) sulle cadute VoLTE in un'area della rete TIM (DCR=Drop Call Rate)



B
Analisi delle relazioni di adiacenze mediante TIMqual (L-n-G: relazioni da LTE a GSM; L-n-U relazioni da LTE a UMTS; L-n-L: relazioni da LTE a LTE)

scotto di controllo e gestione dei processi radio automatizzati.

Le Figure A e B mostrano l'applicazione dell'approccio "Open SON" all'ottimizzazione degli identificativi di cella PCI e RSI nella RAN Ericsson. Le piattaforme SON centralizzate fornite da Ericsson hanno consentito di collegare TIMqual (che integra gli algoritmi di ottimizzazione proprietari di TIM) alla rete di accesso, attraverso un set di API configurabili di tipo Restfull, realizzando un vero e proprio "closed loop". Si realizza così, un efficace interlavoro tra SON centralizzato e SON distribuito, corrispondente in questo caso alla funzionalità di ANR (Automatic Neighbour

tà, virtualizzazione, automazione) a tutti i livelli della rete di accesso (Figura 4).

L'introduzione della vRAN, di cui TIM è pioniere a livello mondiale [4], prevede che parte delle componenti in banda base dei nodi BBU (Base Band Units) diventino funzioni virtualizzate integrabili su NFV, lasciando su HW fisico i moduli a radio frequenza, prossimi alle antenne RRU (Remote Radio Units) e una parte dei moduli che implementano i layer protocollari più bassi (livello fisico).

Con la vRAN, il paradigma SON evolve, superando il dualismo "dSON vs cSON" in quanto gran parte delle funzionalità di controllo è centralizzata per gestire efficacemente (e flessibilmente) clusters di rete di dimensioni variabili (corrispondenti ad esempio a data centers core o edge [nota 2]).

La disponibilità di interfacce aperte permette, in questo contesto evolutivo, una maggiore flessibilità nello sviluppo di algoritmi evoluti (v. ap-

profondimento "Evoluzione degli algoritmi SON verso il Machine Learning"), consentendo l'inserimento di moduli sviluppati direttamente dall'operatore o da terze parti sulla base delle esigenze del campo (ad esempio secondo tecniche di tipo DevOps), così come la sperimentazione di metodologie innovative anche derivanti da attività di "Open Innovation" (ad esempio università o start-up).

La virtualizzazione dell'accesso radio (V-RAN)

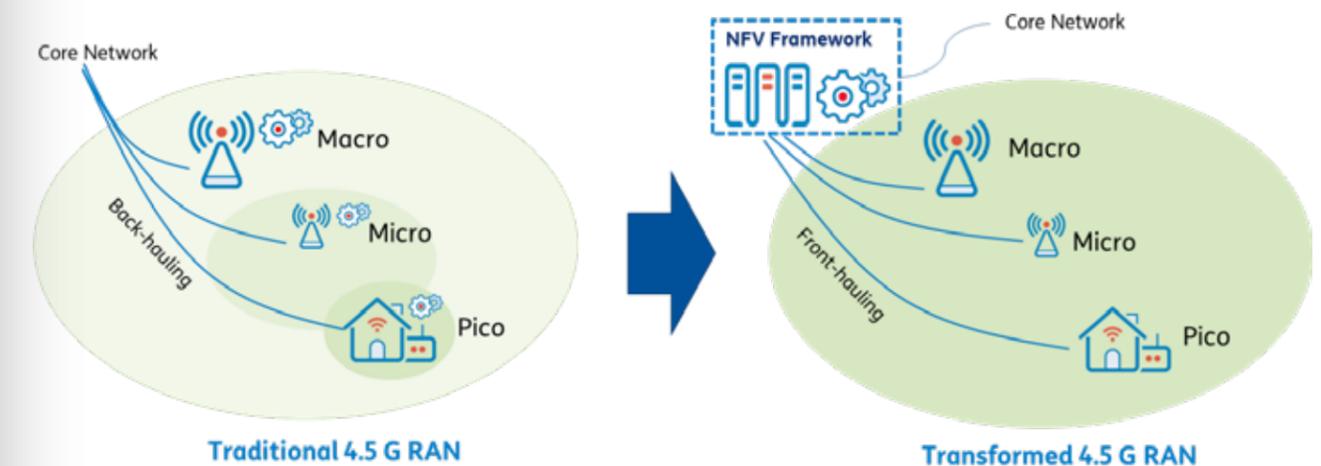
L'introduzione della Virtual RAN unisce due principali cambiamenti rispetto al paradigma tradizionale di realizzazione della rete di accesso radio (Figura 5):

- Centralizzazione della banda base, che consente il coordinamento intelligente di nodi

Macro, Micro, Pico-cellulari, realizzando una gestione ottimale anche in presenza di reti eterogenee (HetNet). Così facendo la banda base è in grado di controllare centinaia di celle, incrementando sia l'efficienza di rete tramite la gestione dinamica delle risorse per rispondere ai rapidi cambiamenti del traffico, sia l'efficacia delle funzionalità di LTE Advanced tramite il coordinamento di segnali provenienti da siti diversi (inter-site Carrier Aggregation ed inter-site Comp).

- Virtualizzazione della banda base tramite NFV (Network Functions Virtualization) che introduce agilità, flessibilità, apertura, affidabilità e sicurezza nello sviluppo software che non è più associato ad hardware dedicato, ma general purpose.

5
La trasformazione della rete di accesso eterogenea con l'introduzione della Virtual RAN



L'EVOLUZIONE DELLE ARCHITETTURE DI AUTOMATION

Andrea Buldorini, Fabrizio Moggio

L'evoluzione delle reti 4G e 5G, a partire dall'introduzione delle Virtual Network Function (VNF), ha fatto emergere, sia negli enti di standardizzazione che nei progetti di ricerca, nuovi modelli architetturali orientati all'automazione ed alla orchestrazione.

Di questa evoluzione è sicuramente capostipite quanto definito con lo standard ETSI NFV-MANO (Network Functions Virtualisation Management and Orchestration). MANO definisce l'architettura di riferimento per l'automazione e l'orchestrazione delle VNF dal punto di vista della infrastruttura di virtualizzazione.

L'ente di standardizzazione 3GPP definisce, per la rete 4G (Release 14), come il sistema di management delle reti si interfaccia con MANO ed attivi processi di Life Cycle Management delle VNF. In questo modello di interazione, il 3GPP Management System richiede a MANO un processo di automazione del deployment delle VNF che termina con la configurazione delle stesse dal punto di vista dell'ambiente di virtualizzazione.

Sarà poi cura del 3GPP Management System la configurazione delle VNF per la loro parte applicativa. Per le reti 5G, 3GPP sta lavorando (Release 15) alla definizione del nuovo sistema di management che evolve in termini di funzionalità e di architettura adottando un nuovo modello di interazione di tipo Service Based. Secondo tale modello non vengono più definite delle interfacce specifiche con cui un produttore ed un consumatore interagiscono ma si utilizza un più moderno approccio basato su API REST in cui una funzione di management espone dei servizi e chi ne è autorizzato li "consuma".

Caratteristica importante delle reti 5G è il Network Slicing per cui sono state definite, in ambito 3GPP, due nuove management function che espongono servizi secondo il modello Service Based. La Network Slice Management Function (NSMF) si occupa della gestione delle Slice nel suo complesso. La Network Slice Subnet Management Function (NSSMF) si occupa della ge-

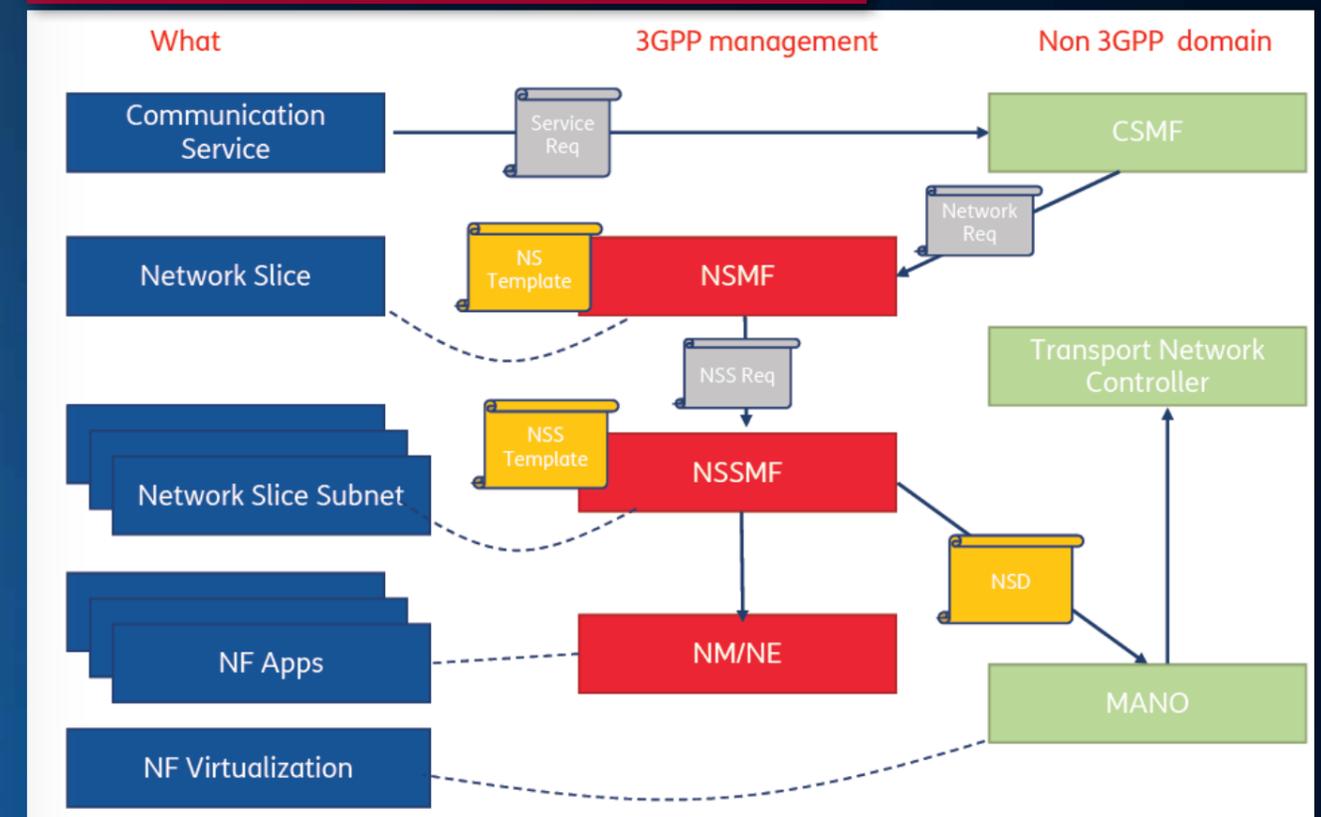
stione di isole di NF (Network Functions) connesse fra loro a formare un sotto parte della Slice (Slice Subnet). Una Network Slice soddisfa in modo completo una richiesta di servizio e non può quindi essere considerata una parte condivisa di una eventuale slice più grande, la Slice Subnet invece può essere un elemento condiviso fra più slice.

Un Communication Service viene offerto da una Network Slice che è composta da più Slice Subnet che sono realizzate da Network Function connesse fra loro e rappresentate, nel dominio MANO, da dei Network Service. Il 3GPP Management System si interfaccia con MANO per gestire il ciclo di vita di un Network Service. La gestione delle nuove reti e servizi viene studiata anche da ETSI ISG (Industry Specification Group) ZSM (Zero-Touch Network and Service Management), un nuovo gruppo di standardizzazione recentemente formatosi in ETSI.

Anche i progetti di ricerca finanziati dalla Comunità Europea sono molto attivi nella definizione di nuove architetture e sistemi di management per il 5G ed il network slicing. In coerenza con quanto definito da 3GPP, il progetto di ricerca 5G-MoNArch definisce una architettura con più funzioni che si occupano di aspetti diversi, ma integrati, della gestione del servizio secondo un modello di tipo Service Based.

Come evoluzione del modello 3GPP, 5G-MoNArch riprende il concetto di NSMF e lo suddivide in due sotto servizi specializzati per la gestione "inter-slice" e "cross-slice". Il primo servizio è specializzato nell'orchestrazione all'interno della singola slice. Il servizio cross invece si occupa di armonizzare l'orchestrazione di slice che hanno componenti condivisi. Queste nuove funzioni di management specializzate nella gestione dei servizi 5G e delle slice a loro associate si interfacciano poi con altri domini di management quale ad esempio MANO ■

A Il Network Slicing e le relative funzioni di Management



TIM è pioniera delle soluzioni Virtual/Cloud RAN, avendo messo in campo, prima in Europa e tra i primi operatori al mondo, la soluzione AltioStar nella città di Saluzzo [5]. Nel 2018, inoltre, ha avviato con Ericsson a Torino la costruzione di una Virtual RAN di tipo HetNet (Rete Eterogenea) che includerà macrocelle e microcelle (small cells), applicando un fronthauling efficiente e tecniche di coordinamento tra siti diversi.

Nell'approccio TIM, la trasformazione della rete di accesso è basata sui seguenti "pillars":

- **Customer experience and Capacity:** pieno sfruttamento dei benefici della centralizzazione.
- **Simplified deployment:** attraverso l'utilizzo delle piattaforme

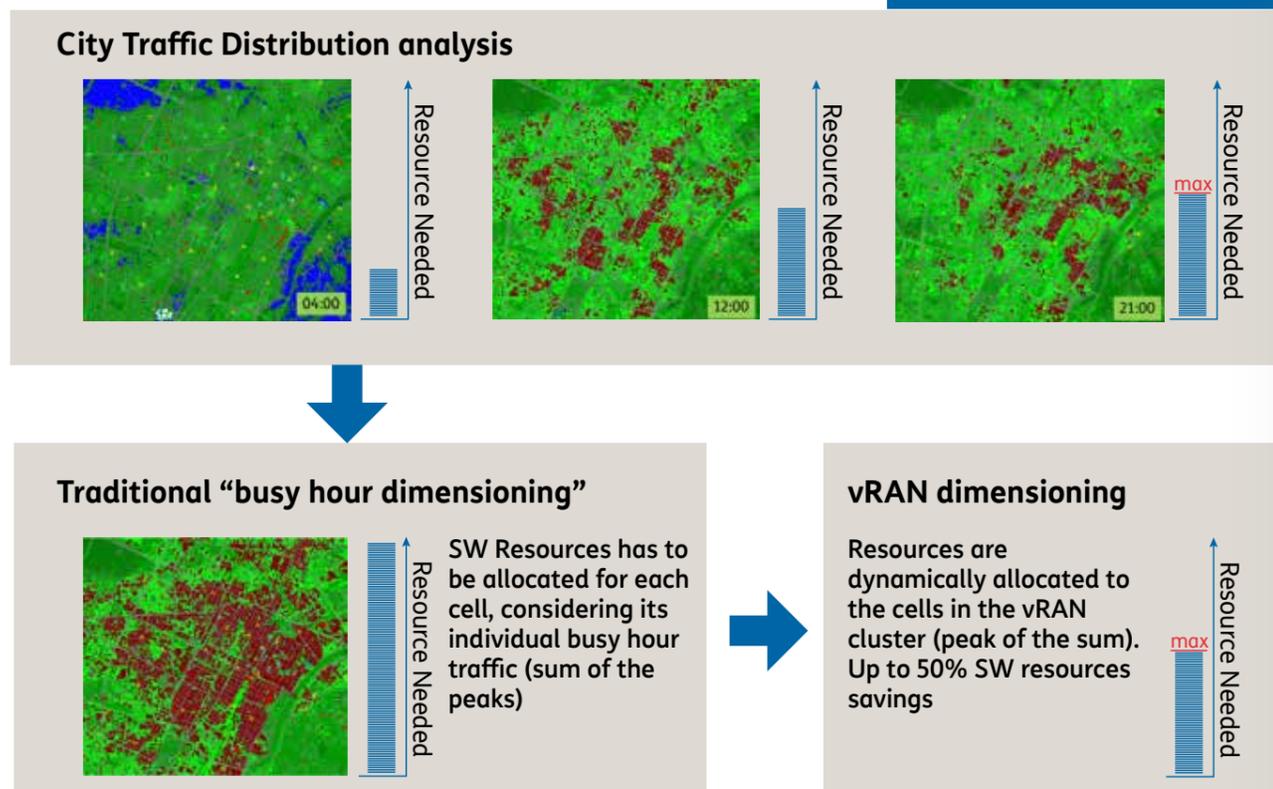
NFV di TIM e requisiti di trasporto sostenibili grazie a tecniche di front-hauling innovative.

- **Automation and Operational Efficiency:** scalabilità flessibilità, automazione.
- **Security by design:** in linea con le policies del gruppo.
- **5G readiness:** supporto delle funzionalità Internet of Things (Nb-IoT e eMTC) ed utilizzo di architetture in grado di evolvere gradualmente verso il 5G.

La Figura 6 mostra il risultato di una valutazione (ottenuta mediante il tool TIMplan) relativa ai benefici della centralizzazione in termini di pooling gain. Nella parte alta della figura è mostrata la distribuzione del traffico nell'area di Torino, ricavata a partire da contatori di cella

reali: appare evidente come, a causa delle variazioni di traffico, i vari nodi presentino picchi di traffico a diverse ore del giorno (come è dimostrato anche dal fatto che il picco totale della rete misurato in accesso, cioè la somma di ciascuna cella nel momento di massimo traffico, è quasi il doppio di quello in Core). Nella rete di accesso tradizionale le risorse elaborative sono legate ai singoli nodi: ogni nodo, quindi, deve essere dimensionato per fare fronte al proprio traffico di picco. Le risorse totali, quindi, sono quelle necessarie a fare fronte alla somma dei picchi

6
L'introduzione della Virtual RAN abilita una gestione flessibile delle risorse radio con vantaggi in termini di pooling gain



di tutti i nodi della rete: di fatto, è come se la rete fosse dimensionata per una distribuzione di traffico "worst case" che non corrisponde a nessuna delle situazioni effettive riscontrate nel corso della giornata. Con l'introduzione della virtual RAN, si può ipotizzare che tutta l'area rappresentata faccia parte di un unico cluster corrispondente ad un data center in cloud: le risorse sono condivise tra tutti i nodi e, di conseguenza, possono essere allocate dinamicamente seguendo le variazioni di traffico, con un risparmio di risorse stimabile fino al 50% (riferito alla quota di risorse oggetto della virtualizzazione). La centralizzazione, inoltre, consente di ottimizzare anche gli spazi e le risorse energetiche, concentrando in poche centrali le esigenze di manutenzione e di condizionamento.

L'introduzione della virtual RAN accresce la flessibilità e l'efficienza operativa della rete di accesso: con la "softwarization" la rete di accesso stessa diventa una piattaforma cloud in grado di implementare automazione (con algoritmi SON più efficienti) ed apertura nell'ottica dell'integrazione con gli altri domini di rete.

L'evoluzione 5G: orchestration e network slicing

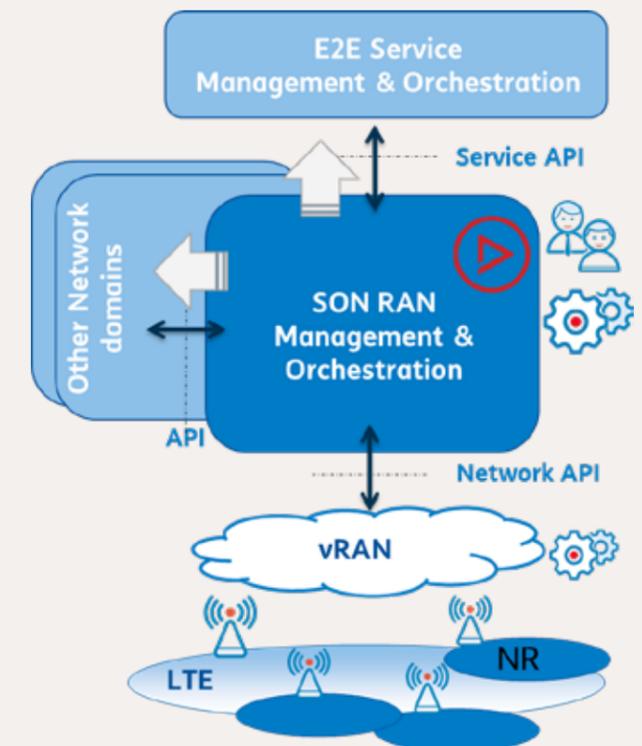
Il percorso evolutivo verso la completa digitalizzazione delle reti

5G, passa attraverso l'estensione dell'automazione a tutti gli ambiti operativi, non solo relativi ai vari segmenti di rete ma anche alle piattaforme di servizio.

Per abilitare processi automatici, dal design dei servizi fino alla configurazione di dettaglio delle diverse funzionalità di rete coinvolte, secondo un approccio di gestione "end-to-end", è necessario sia introdurre l'automatizzazione nei vari domini di rete (RAN, Core, Trasporto) e di servizio, sia prevedere il coordina-

mento tra tutti i domini coinvolti attraverso entità di orchestrazione. Nell'ambito delle reti radiomobili 5G, il legame tra i vari domini nelle fasi di creazione e dispiegamento di un servizio è sintetizzato nel concetto di "network slice", che rappresenta l'astrazione con la quale le risorse e le funzionalità di rete associate ad un determinato servizio vengono riservate e gestite come un'unica entità (v. approfondimento "L'evoluzione delle architetture di automazione").

7
L'evoluzione del paradigma Open SON in ottica 5G NR (New Radio)



In questa architettura, il dominio della rete di accesso radiomobile viene rappresentato da un layer di astrazione "SON/RAN" che offre alle entità di orchestrazione end-to-end inter-dominio le funzionalità di automazione e orchestrazione intra-dominio descritte nei paragrafi precedenti.

Il ruolo di "cuore pensante e pulsante" del dominio di accesso radio mobile sarà svolto dalla funzionalità "SON-RAN-Orchestrator", che assicurerà il coordinamento tra le funzionalità interne al dominio (es. funzionalità SON e di design di rete), le altre funzionalità

di O&M (es. CM, PM, TM, etc.) e gli orchestratori esterni al dominio (es. Service Orchestrator, NFV Orchestrator, etc.), astruendo tramite API di orchestrazione le risorse del dominio e le funzionalità di configurazione e ottimizzazione (Figura 7).

L'evoluzione delle architetture di management ed orchestration si svolgerà in un contesto nel quale anche gli elementi di rete (RAN) dovranno evolvere in una logica "software-based" diventando maggiormente aperte e flessibili e superando i vincoli derivanti dalle attuali architetture proprietarie [nota 3].

Conclusioni

La "digitalizzazione" dell'accesso radio (DigiRAN) è un processo di trasformazione che porterà la rete di accesso radio TIM, in passato largamente legata a logiche hardware, verso una prevalenza delle funzionalità software nativamente cloud, che ne abiliteranno una sempre maggiore automazione, portando a piena applicazione il paradigma Self Organizing Network. La virtualizzazione consente di impostare già sulla rete 4G i requisiti di flessibilità, scalabilità, apertura e sicurezza nativa che guidano il processo verso il 5G ■

Bibliografia

- [1] "Big data georeferenziati MDT per servizi digitali nelle SMART CITIES" Notiziario Tecnico TIM, N.1 2018
- [2] Mobile trend: Self-Organizing Networks, Notiziario Tecnico TIM, N.2 2014. <http://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/archivio/2014-2/capitolo-06.html>

- [3] <http://www.telecomitalia.com/tit/it/innovazione/rete/self-organizing-network.html>
- [4] TIM a grandi passi verso il 5G, Notiziario Tecnico TIM, N.1 2017. <http://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2017/n-1-2017/capitolo-3.html>
- [5] <http://www.telecomitalia.com/tit/it/archivio/media/note-stampa/market/2016/TIM-AltioStar-VRAN.html>

Note

- [1] Tra le esperienze di altri operatori, si può citare come riferimento l'attività di Elisa, che già da alcuni anni ha introdotto processi di automazione in ambito accesso radio gestendo a parità di investimenti, incrementi di traffico tra più significativi in ambito mondiale dovuto al lancio di tariffe unlimited su rete mobile (www.elisaautomate.com/)
- [2] La localizzazione di funzionalità SON in data center di tipo "edge" permette anche una sinergia con funzionalità di tipo "Multiaccess Edge Computing" in grado di avvicinare al cliente le funzionalità di processing.
- [3] (si veda ad esempio l'iniziativa X-RAN promossa da un gruppo di operatori e fornitori RAN www.xran.org)



Graziano Bini graziano.bini@telecomitalia.it

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



Fabrizio Gatti fabrizio2.gatti@telecomitalia.it

ingegnere elettronico è attualmente responsabile di progetto nella struttura di ingegneria dell'accesso radio, dove si occupa di attività di scouting, benchmark e sperimentazione di nuove tecnologie di accesso radio, fino alla loro introduzione in rete di esercizio. Entra a far parte del Gruppo Telecom Italia nel 1992 occupandosi dapprima dell'evoluzione della rete mobile nell'ambito di progetti Europei e poi, dal 1996 al 2005 come Project Manager e, successivamente, KAM della gestione di progetti a supporto delle consociate estere del gruppo sia in ambito radio sia in ambito core e trasporto. Ha quindi lavorato in numerosi paesi del Sud America, Cuba, Spagna, Francia, Grecia. Successivamente passa ad operare in ambito nazionale occupandosi, dapprima per un breve periodo di Core Network a circuito e, successivamente, dell'evoluzione dell'accesso radio in ambiti sia di innovazione sia di ingegneria radio. ■



Gorio Paolo paolo.gorio@telecomitalia.it

ingegnere delle telecomunicazioni, entra in TIM nel 2000. Ha focalizzato le proprie attività sulle metodologie di ottimizzazione e gestione dell'accesso radio, la valutazione delle performance mobili e l'evoluzione verso l'automazione e virtualizzazione di rete, partecipando anche a progetti finanziati Italiani ed Europei relativi a tali tematiche (es. ARROWS, EVEREST, E2ER, E2ER-II, E3). È stato delegato TIM nei gruppi di standard ITU-R WP8A/WP5A (2007-2010) e 3GPP RAN WG4 (2009-2017) ed è coautore di diversi articoli e brevetti nell'area delle comunicazioni mobili e dell'ottimizzazione radio. Attualmente guida il progetto di dispiegamento ed evoluzione del SON nella rete TIM. ■



Michele Ludovico michele.ludovico@telecomitalia.it

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

BIG DATA COME MOTORE DELLA TIM DIGITAL TRANSFORMATION

Pietro Bonato, Simone De Rose, Michele Vecchione, Fabrizio Verroca



La soluzione Big Data che TIM sta mettendo in campo è un pilastro fondamentale della strategia di trasformazione digitale di TIM. Le applicazioni del machine learning e, in generale, delle tecniche appartenenti all'ambito dell'artificial intelligence sono infatti abilitatori straordinari per la nuova strategia customer centric e per innovare l'interazione con i clienti migliorando esperienza di fruizione, qualità dei servizi e ricchezza informativa.

I nuovi scenari di business abilitati dai Big Data

L'analisi dei big data consente di esplorare scenari complessi e di trarne conclusioni rilevanti per il business. È un'innovazione fondamentale per TIM, nel contesto di forte concorrenza di un mercato ormai libero che costringe l'azienda a misurarsi con un numero crescente di operatori, in un settore a margini ridotti. Il business vuole conoscere più a fondo il cliente perché vede in questa conoscenza la base per il mantenimento della posizione di mercato, potendo intervenire in modo proattivo e mirato. Le tecnologie big data adottate in TIM consentono una visione d'insieme sul comportamento dei clienti e di trarne poi, attraverso modelli di AA (Advanced Analytics), considerazioni che possono aiutare a migliorare la fidelizzazione e la proposizione commerciale. Per esempio profilare cluster di clienti sulla base dell'utilizzo dei servizi e della relazione con TIM, mettendo insieme i dati di traffico, gli acquisti effettuati, il caring su più canali. Dall'analisi di tutti i touchpoint della customer journey si possono individuare i comportamenti e le abitudini dei clienti, con la possibilità, ad esempio, di creare campagne di marketing personalizzate e indirizzate a target specifici, o di organizzare in modo più efficiente l'assistenza alla clientela. Ne possono conseguire migliori risultati o minori sprechi di risorse

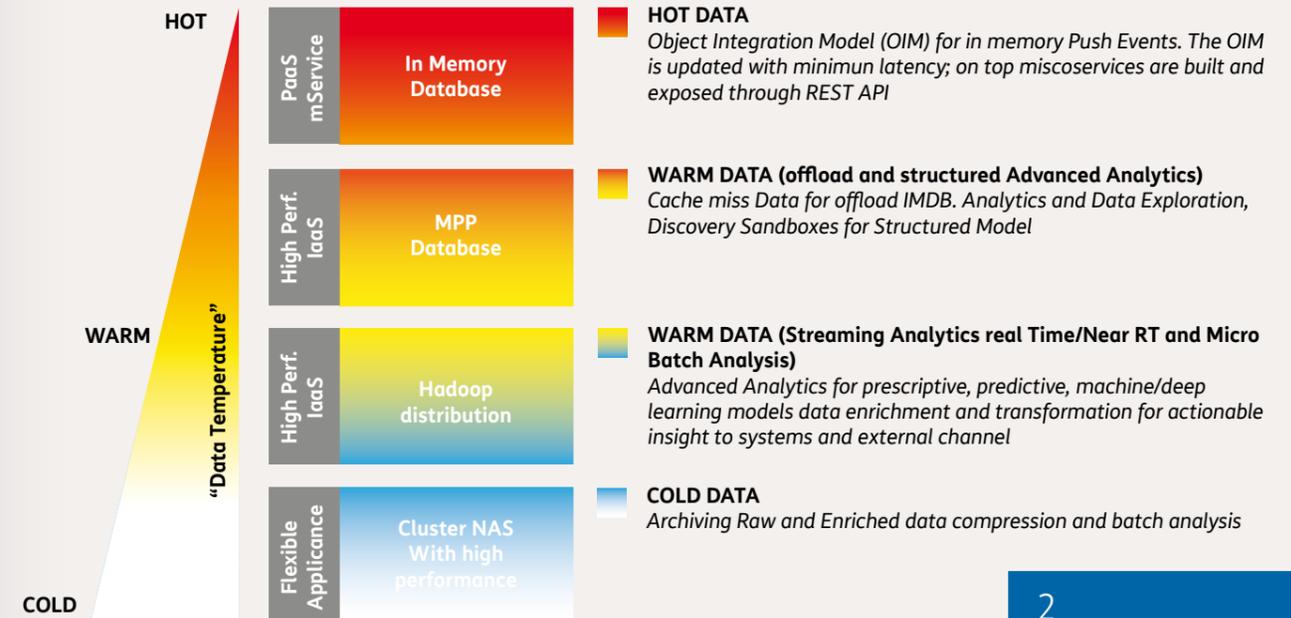
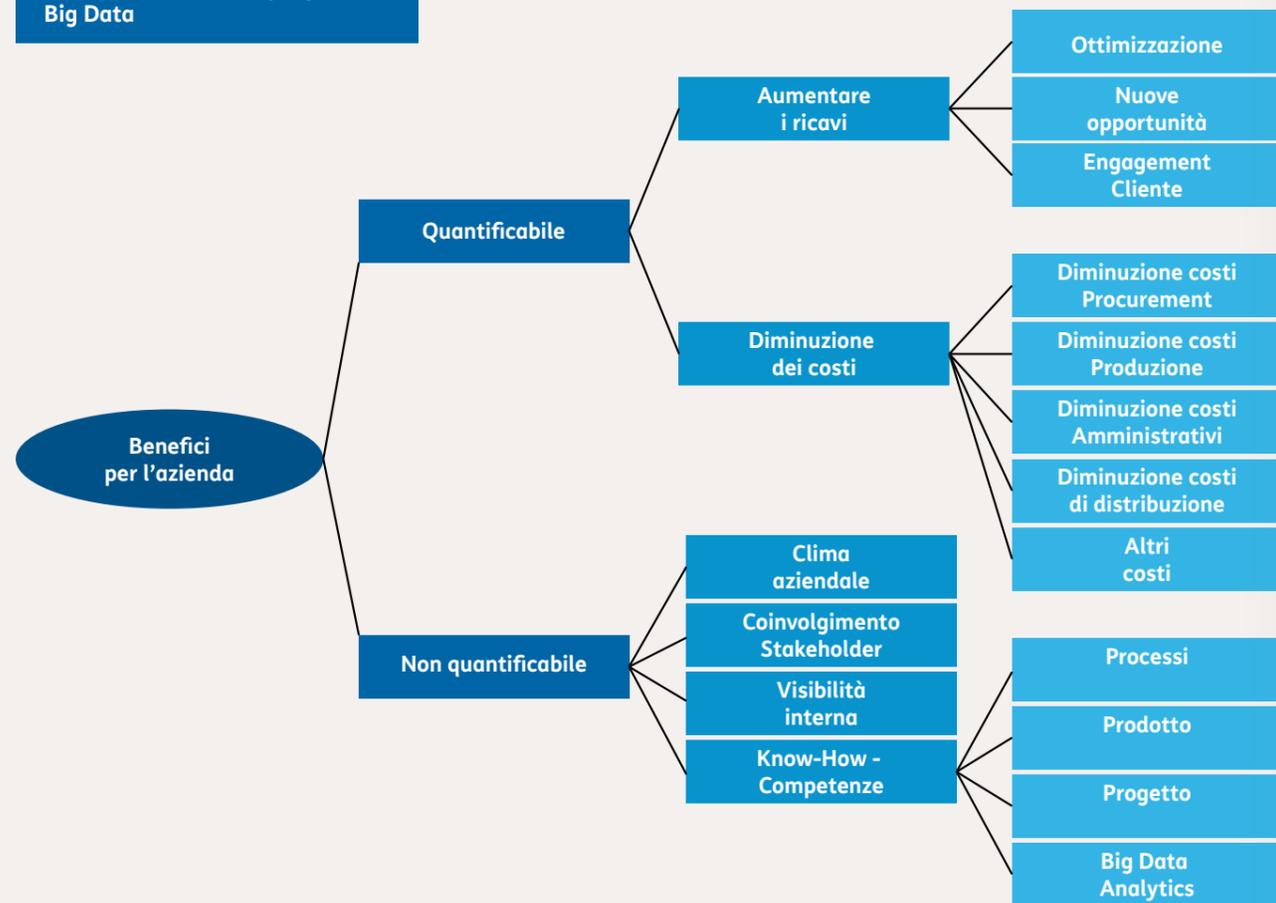
e budget. In questo scenario, ogni dato nuovo non solo si aggiunge al patrimonio informativo già consolidato, ma moltiplica il suo valore combinandosi con i dati attuali. Un nuovo importante scenario di business si apre inoltre con la possibilità di analizzare le informazioni di sorgenti esterne quali social network e web, per estendere e approfondire la conoscenza della clientela, verificarne l'influenza su altri bacini di utenti e come il loro

comportamento venga guidato da preferenze, scelte e interazioni con i servizi di terze parti. "L'albero del valore" di Figura 1, costruito dal Politecnico di Milano, evidenzia come in un progetto in ambito Big Data la parte di innovazione più tangibile è la creazione di nuovi servizi e la maggiore vicinanza al cliente con conseguente aumento dei ricavi, l'ottimizzazione delle attività esistenti con conseguente riduzione dei costi.

Architettura Logica

La nuova architettura ha come target la gestione efficace dell'ecosistema digitale di TIM attraverso l'ingestion e il trattamento dei dati digitali in modo differenziato sulla base della loro "temperatura". La "data temperature" è uno dei driver principali per il trattamento dell'informazione per mezzo di specifici enabler tecnologici progettati per garantire performance ma an-

1 L'Albero del valore di progetti Big Data



2 Data Temperature

che disaccoppiamento con i sistemi legacy.

Due sono le piattaforme sinergiche e interoperanti che permettono di trattare i dati in base alla loro temperatura realizzando quella che in letteratura è nota come lambda architettura:

- **Service Delivery Platform (SDP):** gestisce i dati HOT costruendo un "Integration Object Model" consultabile in real time e che raccoglie tutti gli update relativi a eventi di business alimentando un insieme di API informative a supporto di tutti i touch point e i canali di terze parti.
- **Big Data Platform (BDP):** realizza un Enterprise Data Lake (EDL) dove convergeranno tutte le sorgenti informative aziendali (e non) di tipo COLD e WARM.

L'EDL gestirà la qualità e il ciclo di vita dei dataset di TIM e fornirà le risorse computazionali e di front end per lo sviluppo di Use Case in modalità Data Driven.

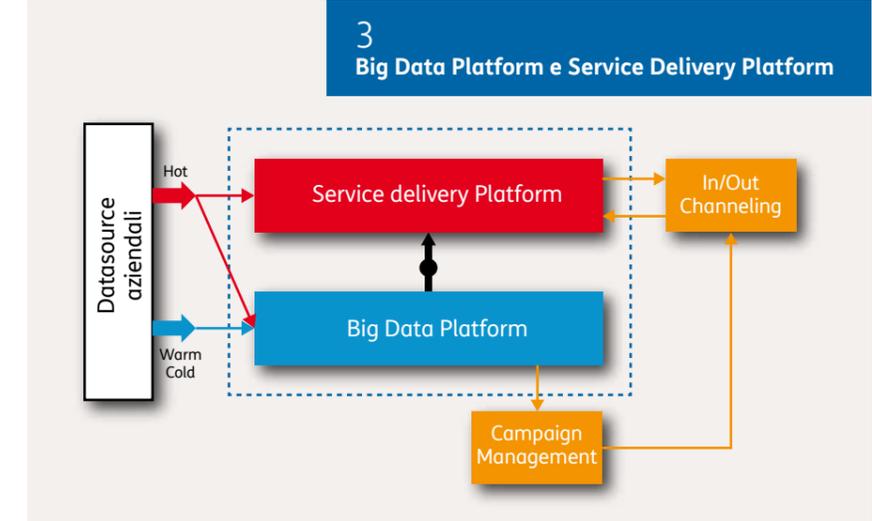
Le data source aziendali sono trattate da entrambe le piattaforme

con finalità di Analytics e AA oppure con finalità di exposure e di continuous fast query.

I layer principali che costituiscono la BDP sono:

- **Infrastruttura:** rappresenta storage, networking e computer

3 Big Data Platform e Service Delivery Platform



necessari ad abilitare le funzionalità dell'EDL;

- **IaaS Platform:** favorisce e ottimizza la distribuzione dei workload e lo scale-out delle risorse computazionali e di storage.
- **Logical Analytical environments:** si prevede un unico ambiente virtualizzato dove convergono tutte le soluzioni in production; il passaggio dallo sviluppo alla produzione è supportato mediante tecnologie di DevOps.
- **Analytics and Framework Engines:** è costituito dalle componenti software che realizzano l'ecosistema dei servizi Big Data Hadoop, Massive Parallel Processing Layer over Hadoop, tool aggiuntivi a supporto.

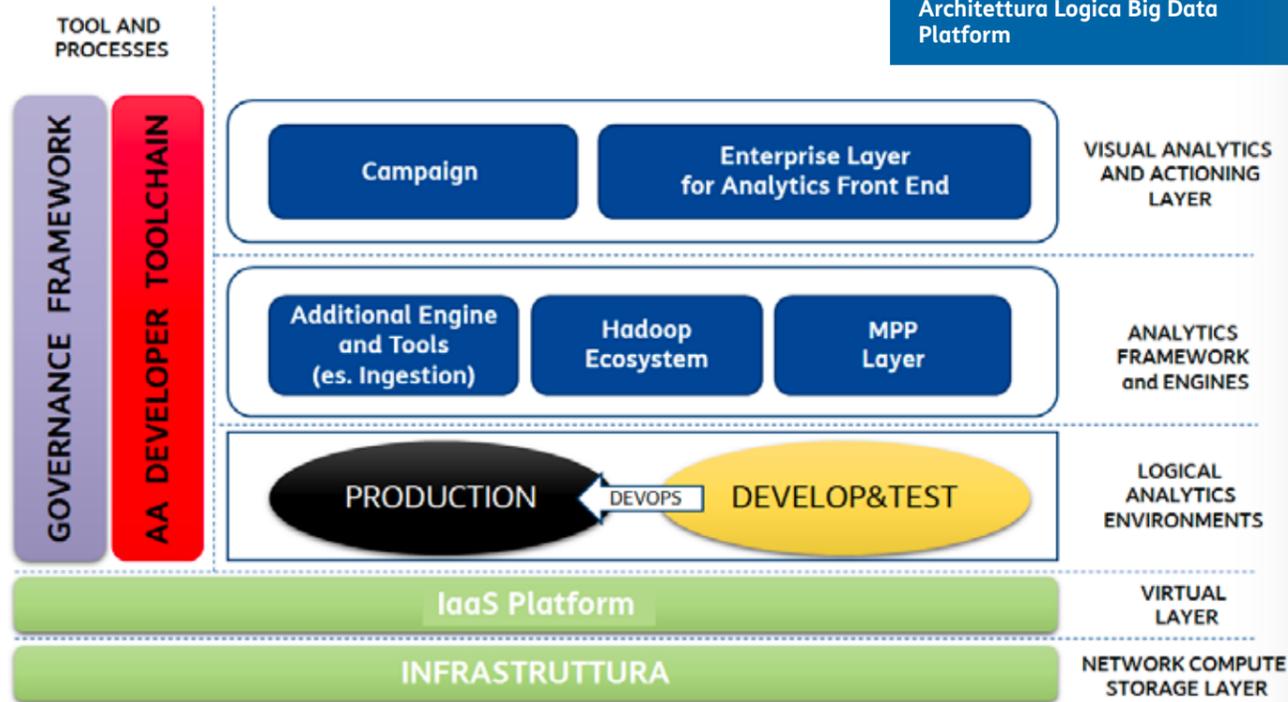
- **Visual Analytics and Actioning Layer:** in questo layer si collocano tutti i tool di Front End usati dai clienti della piattaforma, alcuni tool di sviluppo di AA, strumenti di BI, reporting etc. Inoltre si prevede a questo livello un'esposizione/integrazione di insight verso sistemi di actioning TIM (a titolo di esempio il sistema di Campaign in Figura 4).
- **Governance Framework:** è costituito dall'insieme dei tool necessari a garantire le policy di accesso, la sicurezza, i requisiti di privacy/compliance e la qualità dei dataset.
- **AA Developer Toolchain:** rappresenta l'insieme dei tool, degli ambienti e degli accessi all'EDL utilizzati dagli addetti IT e dai

clienti per realizzare o consumare il prodotto delle soluzioni di AA di TIM

Nuove figure professionali: Data Scientist journey

La diffusione dei progetti di Big Data Analytics nelle aziende e la loro rilevanza strategica per il business sta favorendo l'ingresso dei Data Scientist, nuove figure professionali in grado di gestire e condurre analisi sui dati in modo da estrarre in-

4 Architettura Logica Big Data Platform



formazioni e valore a supporto del business.

Le competenze richieste ad un Data Scientist sono multidisciplinari e includono la conoscenza di tecnologie e linguaggi per l'acquisizione ed il trattamento di dati, algoritmi di machine learning, statistica, la conoscenza del mercato, del business e dei processi dell'azienda, tecnologie di data visualization, saper comunicare i risultati ai diversi stakeholder dei progetti.

La strategia vincente è quella di formare team multidisciplinari che coprano la maggior parte di queste competenze, favorendo il passaggio di know-how tra personale IT,

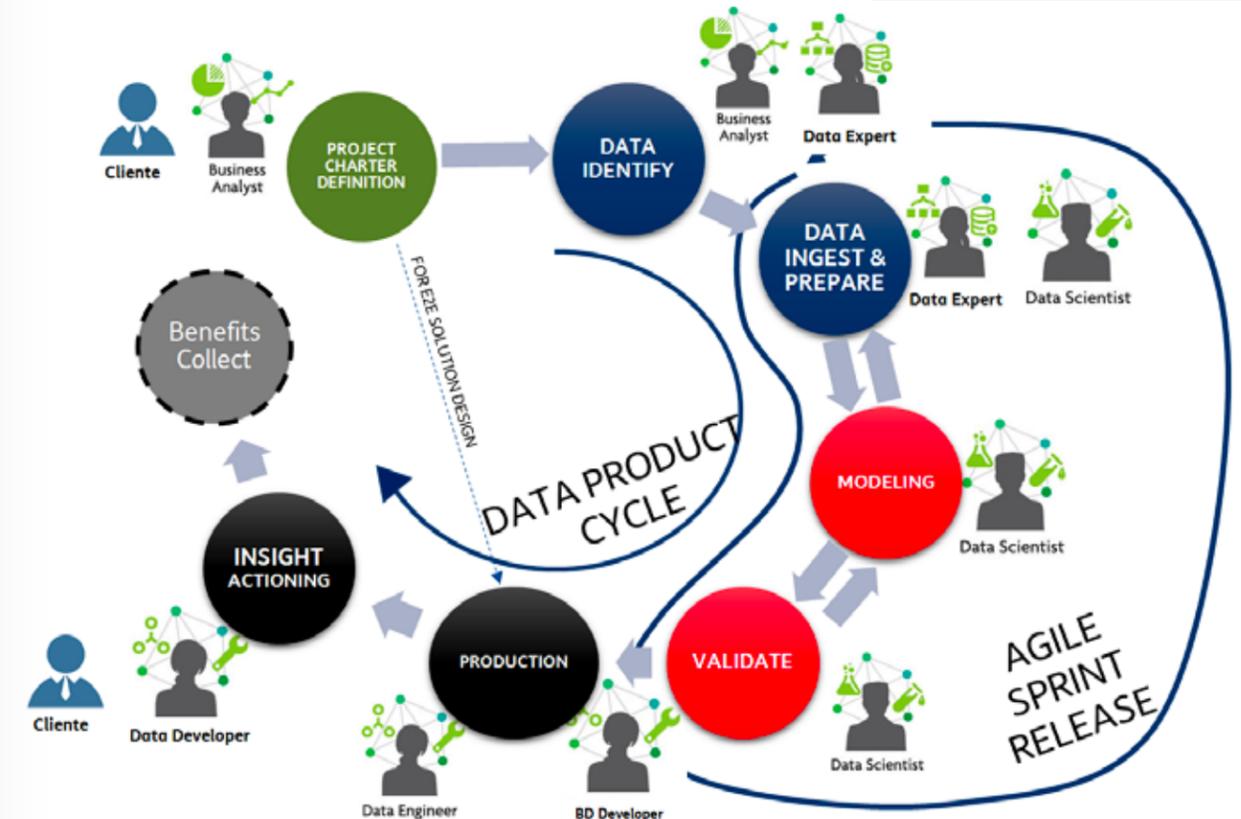
analisti e esperti delle linee di business.

A titolo esemplificativo si riportano i passi che portano dall'idea alla messa in produzione di un algoritmo di Advanced Analytics:

- si parte da un'idea o un bisogno iniziale, proposta dal project owner e dagli esperti di business, si definiscono gli obiettivi minimi e la soluzione di massima. La figura del Business Analyst agisce come traduttore del problema di business in un progetto di advanced analytics end-to-end, e monitora nel tempo gli avanzamenti degli sviluppi delle varie parti che lo compongono;

- il data scientist esplora i dati esistenti accanto agli esperti di dominio delle linee e i Data Expert, per acquisire conoscenza sui dati e sui processi coinvolti, e può sperimentare in piccolo i diversi algoritmi che possono essere utilizzati per estrarre l'informazione richiesta o a risolvere il problema;
- per permettere di scalare questi progetti, un fattore critico è la gestione dell'informazione acquisita e la conoscenza sui

5 Nuove figure professionali: Data Scientist journey





UN ESEMPIO DI BIGDATA E TURISMO

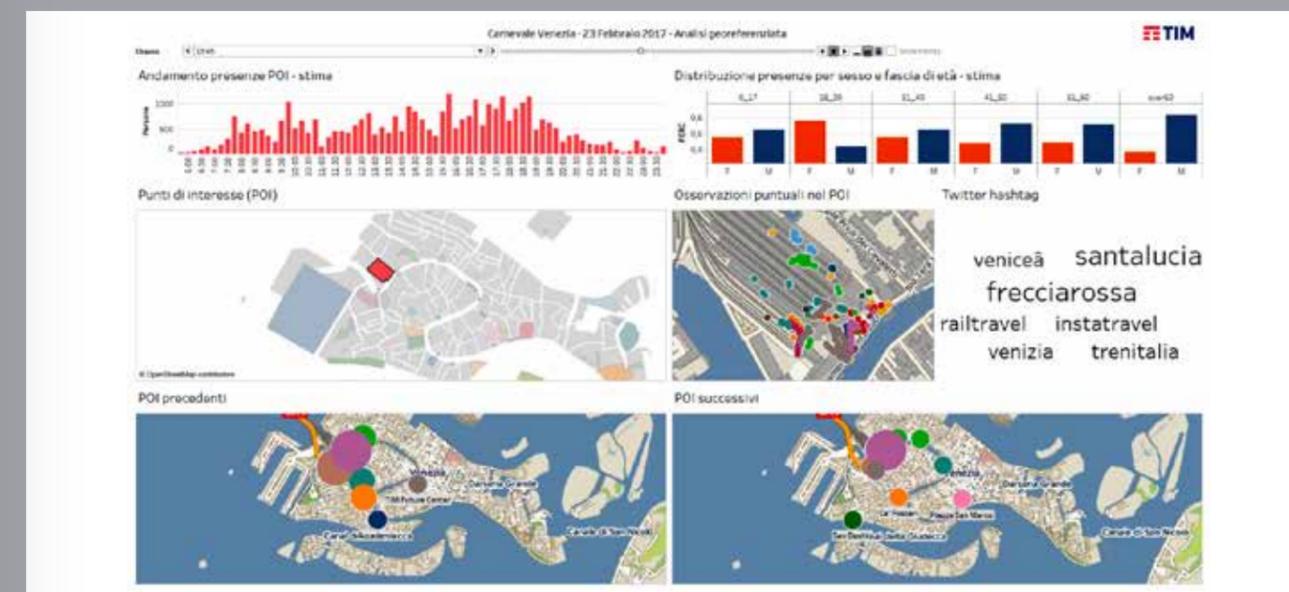
Emanuela Belmonte, Mariagrazia Davi'

Dati provenienti dai social e dati GPS sono due delle numerosissime tipologie oggi esistenti che, se unite al patrimonio informativo tipicamente già posseduto dalle TELCO, possono apportare notevoli miglioramenti alla qualità di vita nonché offrire interessanti spunti di business. Un importante esempio è l'applicazione al campo del turismo, nodo cruciale nello sviluppo del nostro Paese.

In una sperimentazione in collaborazione con Nokia e l'Università di Bologna, TIM ha utilizzato misure ra-

dio e GPS raccolte near real time (una misura ogni 5 secondi) dai terminali connessi alla rete 3G e 4G nell'area di Venezia durante il Carnevale 2017, ottenendo così un campione rappresentativo e accurato delle presenze dei clienti connessi alla sua rete in quell'area.

Queste misure di geolocalizzazione, integrate con tweet e dati sociodemografici aggregati sono stati sintetizzati in una dashboard presentata all'evento TIM TECH, tenutosi a Torino, nel Dicembre 2017, così da presenta-

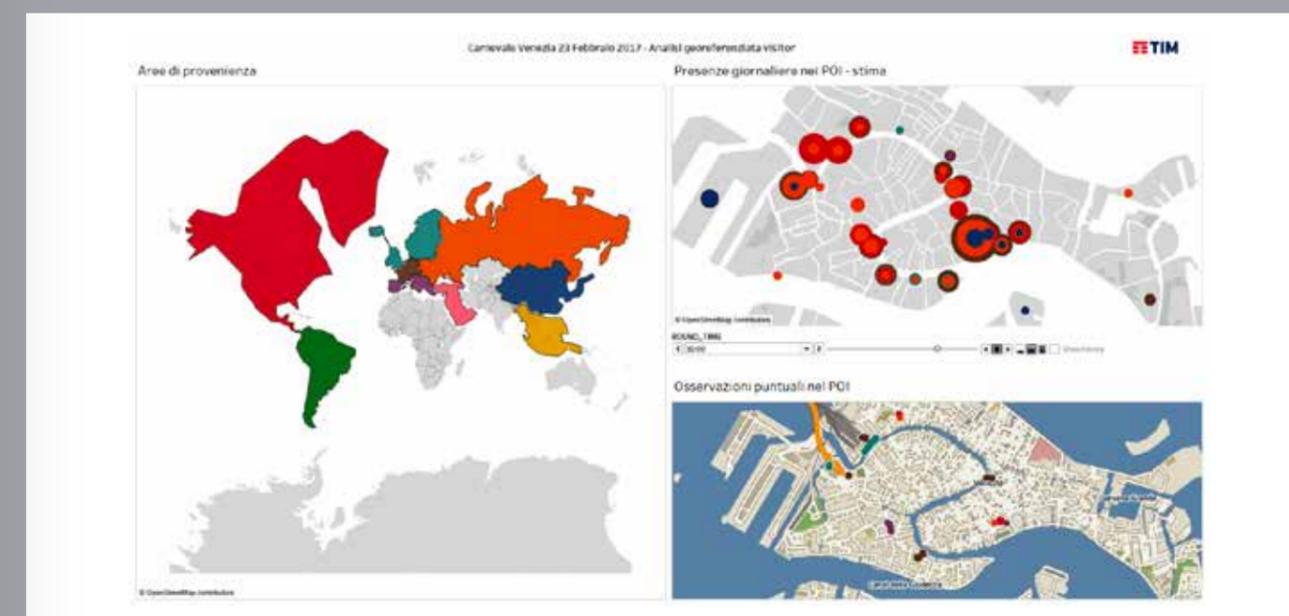


re un quadro chiaro e definito di quanto accaduto nel capoluogo veneto durante quelle giornate così cruciali per il turismo. Il livello di precisione dei dati raccolti permette, tra le altre cose, di individuare i percorsi più battuti nei luoghi di interesse prescelti, l'ordine con cui le varie attrazioni sono state visitate e gli hashtag più twittati nelle varie aree.

Il cruscotto interattivo consente, infatti, di selezionare un'area della città e osservare le traiettorie della folla all'interno di quella zona durante la giornata o in un intervallo temporale specifico, la distribuzione di età e sesso nel perimetro scelto e i punti di interesse visitati prima e dopo.

I dati raccolti hanno permesso anche di avere un'idea di come si muovono le folle di turisti stranieri in visita. È possibile, inoltre, visualizzare sulla mappa di Venezia la distribuzione nei vari luoghi di interesse e i percorsi preferiti dai turisti di alcune specifiche nazionalità.

Le potenzialità di un servizio di questo tipo sono molteplici: dalla gestione di flussi per questioni di ordine pubblico, alla valorizzazione di aree poco visitate, alla creazione di campagne di marketing mirate secondo il target che più frequenta una determinata zona. Inoltre, conoscere gli spostamenti di abitanti e visitatori può essere un'opportunità per l'ottimizzazione di trasporti e mobilità urbana ■



dati: è importante che il significato di business dei dati e del contesto sia condiviso, gestito e successivamente reso dominio pubblico, per evitare di dover sprecare tempo nel cercare di risalire al significato delle informazioni presenti nei dati. Proprio per questo compito stiamo introducendo la figura del "Data Stewart": un esperto dei dati e dei processi di uno specifico dominio che mantiene aggiornate le informazioni e le descrizioni dei dataset in un catalogo condiviso;

- a questo punto il data scientist deve mettere assieme ed elaborare tutta l'informazione contenuta nei dati e raccolta dagli esperti di business con l'aiuto delle moderne tecniche di data mining e machine learning, che consentono di scoprire in maniera automatica l'esistenza di

schemi ricorrenti nei dati, dei pattern che possono essere generalizzati e trasformati in regole utili a supportare le decisioni di business. Questi modelli restituiscono un'informazione, la cui bontà e significatività deve essere sempre validata per poter essere utilizzata per azioni di business;

- quando il prototipo ha passato con successo le validazioni dei vari stakeholder coinvolti nel processo, è il momento in cui le ingegnerie integrano la soluzione all'interno dei processi di business esistenti;
- una volta che un modello entra in produzione, è importante un coordinamento con il project owner per monitorarne le performance nel tempo, dimostrare la sua efficacia e valutare il ROI, e per raccogliere feedback utile ad affinarlo ulteriormente.

Conclusioni

Il passaggio ai big data impone una nuova modalità di lavoro, che influenza profondamente l'IT e i rapporti con i dipartimenti di business. Il volume e la velocità dei big data costringono a mettere a punto processi continui di raccolta, analisi, interpretazione dei dati e azioni conseguenti. In questo contesto trovano ampio impiego i metodi di lavoro agili (come Scrum), attraverso i quali realizzare rapidamente piccoli deliverable incrementali, in un ciclo iterativo di sperimentazione-insight-convalida. Appare chiaro che i big data non riguardano solo la tecnologia, ormai commoditizzata, ma cultura, consapevolezza e condivisione dei dati aziendali. La sfida è nel passaggio da focus sulla quantità di dati ad uno sulla qualità e l'impiego delle giuste competenze per estrarre valore dai dati ■



Pietro Bonato pietro.bonato@telecomitalia.it

laureato in ingegneria fisica presso il Politecnico di Milano ha successivamente frequentato il Master in Big Data all'università di Roma Tor Vergata. E' entrato in TIM dalla metà del 2016 come data analyst/data scientist, prima in Strategy-Innovation ed ora nel gruppo Big Data in IT.

Attualmente lavora ai primi progetti della nuova piattaforma Big Data ed alla costituzione di una community dedicata a tutti gli analisti in TIM finalizzata ad offrire un punto di incontro, condivisione e confronto sui temi quali data mining e machine learning ■



Simone De Rose simone.derose@telecomitalia.it

laureato In Ingegneria Elettronica presso l'Università degli studi La Sapienza di Roma. Nella sua carriera professionale ha partecipato nel 1998 allo start-up di WND Telecomunicazioni e dal 1993 ha collaborato a progetti di Ericsson AB e Motorola Inc. in qualità di progettista software. Dal 2001 è stato Responsabile per TIM e Telecom Italia come nell'ambito dell'Information Technology per lo sviluppo e la manutenzione dei sistemi di CRM Consumer, Business, e Wholesale e dei sistemi di Billing&Credit Management. Ha ricoperto anche il ruolo di responsabile delle Architetture e successivamente del Client Management. Attualmente in ambito TIM Information Technology è responsabile della funzione Digital Services Solutions ■



Michele Vecchione michele.vecchione@telecomitalia.it

laureato in ingegneria elettronica nel 1989 presso l'Università La Sapienza di Roma, ha poi conseguito il master in Operational Management presso l'Insead di Fontainebleau -Parigi. Dal 1989 al 1991 è stato assistente presso la cattedra di Impianti di elaborazione dati presso il Dipartimento di informatica e sistemistica della Sapienza. Nel 1991 è entrato in SIP (oggi TIM) dove è stato responsabile dei servizi VAS nella Rete mobile poi delle piattaforme SAAS e successivamente delle platform operation nell'ambito dell'offerta di cloud computing della direzione Business. Attualmente in ambito TIM Information Technology è responsabile della funzione Data Analytics ■



Fabrizio Verroca fabrizio.verroca@telecomitalia.it

laureato in scienze dell'informazione presso l'Università degli Studi di Bari successivamente ha conseguito il Master in Informatica e Telecomunicazioni presso il Politecnico di Torino. Entra in CSELT nel 1996 dove si occupa di tematiche inerenti il Network Management di reti mobili. Si specializza nel disegno e progettazione di database per OSS. Dopo le varie riorganizzazioni aziendali approda in Telecom Italia, dove partecipa a progetti internazionali ETSI e 3GPP. Inizia a occuparsi di architetture Big Data nel 2013 in maniera continuativa ■

DEEP LEARNING PER LE TELCO

Giovanni Caire, Gianluca Francini, Ennio Grasso

Da qualche anno la tecnologia del Machine Learning sta portando una vera e propria rivoluzione nel mondo dell'ICT con impatti sempre più importanti nella vita di tutti i giorni. I primi utilizzi di questa tecnologia risalgono ormai agli anni '50, ma recentemente, grazie ad una concomitanza di fattori sia tecnici che di contesto, i risultati che consentono di raggiungere sono davvero sorprendenti. TIM, anche grazie al contributo del JOL di Torino che costituisce un vero e proprio centro di eccellenza sul Machine Learning, sta iniziando a capitalizzare le enormi potenzialità di questa tecnologia sia in ambito Business che in ambito Operations.

Deep Learning: l'ultima frontiera dell'Intelligenza Artificiale

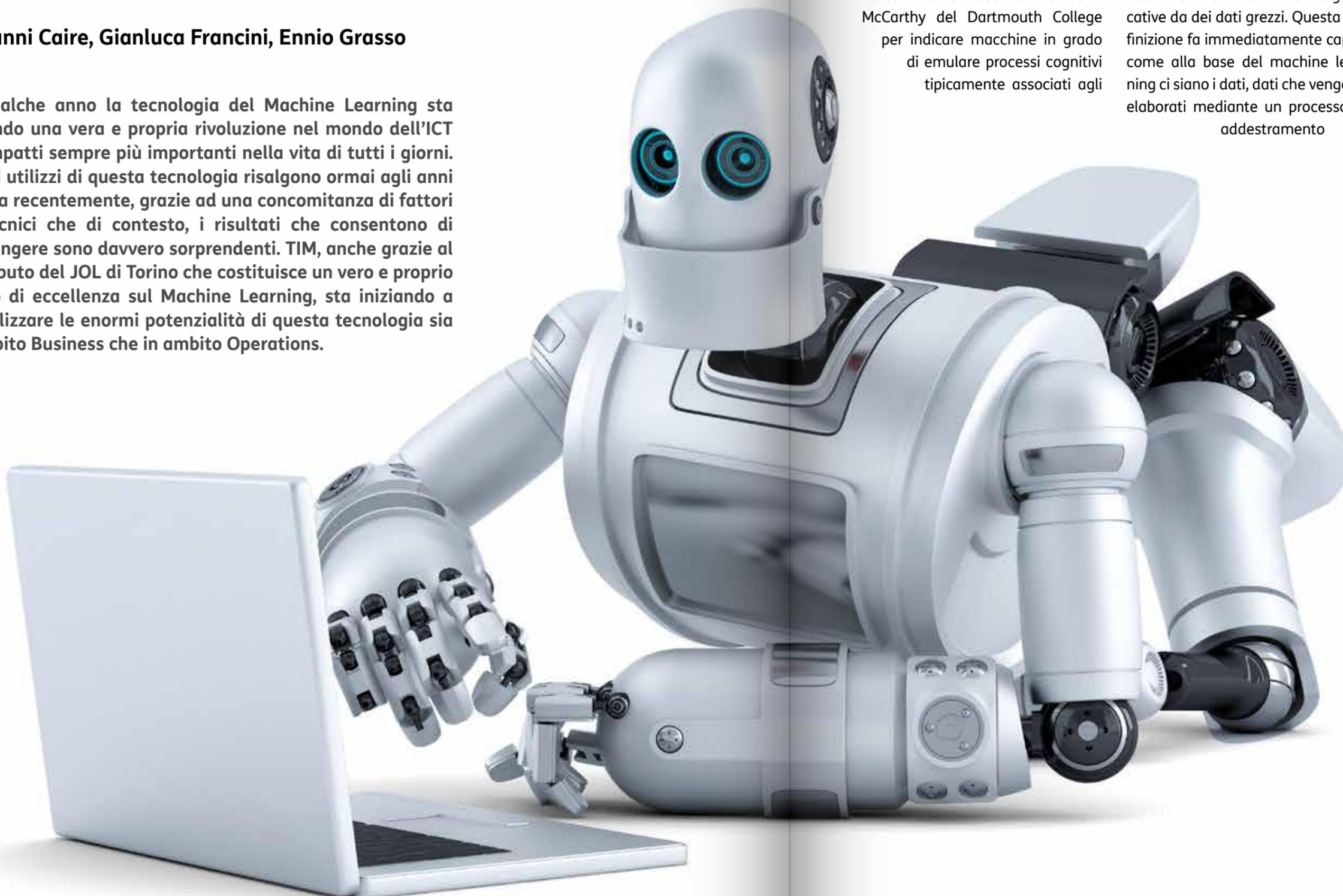
Intelligenza Artificiale è un termine coniato nel 1955 dal Prof. John McCarthy del Dartmouth College per indicare macchine in grado di emulare processi cognitivi tipicamente associati agli

esseri umani. Il Machine Learning è lo strumento principale alla base delle moderne applicazioni di Intelligenza Artificiale e si può definire come la capacità di acquisire la conoscenza di un dominio mediante l'estrazione di informazioni significative da dei dati grezzi. Questa definizione fa immediatamente capire come alla base del machine learning ci siano i dati, dati che vengono elaborati mediante un processo di addestramento che

ha l'obiettivo di far sì che il sistema svolga il compito che desideriamo.

Le reti neurali e la loro evoluzione

Il Deep Learning è una tecnica basata sull'uso di reti neurali artificiali e rappresenta l'ultima frontiera del Machine Learning. Le reti neurali possiedono a loro volta una lunga storia; risalgono agli anni '50 del secolo scorso e sono dei modelli matematici che cercano di simulare, in modo ovviamente semplificato, il processo di elaborazione compiuto dal cervello. Si basano sul neurone artificiale, un elemento dal funzionamento semplice che esegue una somma pesata dei contributi che riceve da altri neuroni a cui è collegato e che emette a sua volta un segnale se il risultato della somma supera un certo valore. Le reti neurali esistono da diversi decenni, periodo nel quale hanno avuto una storia piuttosto travagliata. Dopo un primo periodo di fervore, hanno subito una battuta d'arresto a causa di alcuni studi che ne prospettavano dei limiti teorici. Nonostante ciò, alcuni gruppi universitari hanno continuato a lavorare sulla teoria delle reti neurali e negli anni i limiti precedentemente prospettati si sono rivelati superabili. Nel tempo si è passati da reti neurali con pochi neuroni a reti con molti più neuroni, normalmente aggregati in una struttura a più strati, da cui deriva il





1
Rete neurale biologica

termine Deep Learning, nato per indicare una rete profonda, composta da molti strati.

Il successo del Deep Learning è però piuttosto recente e risale al 2012, anno in cui un approccio basato su una rete neurale profonda, proposto nella competizione ImageNet "Large Scale Visual Recognition Challenge", ha segnato un miglioramento storico nella precisione dei sistemi di classificazione di immagini. Da quel momento il Deep Learning ha consentito un costante miglioramento in molti

dei campi in cui è applicata l'Intelligenza Artificiale.

I Fattori abilitanti

Al di là dell'eco della competizione ImageNet, negli ultimi anni si sono verificate le condizioni necessarie per il successo del Deep Learning. Abbiamo visto che di norma un cervello artificiale più complesso riesce a essere più preciso e a svolgere compiti più sofisticati, ma questo

obiettivo è raggiungibile solo se anche i dati usati per l'addestramento sono disponibili in larga quantità. Come sappiamo, grazie alle reti di telecomunicazione e alla diffusione sempre più capillare di computer, terminali e sensori, l'abbondanza di informazioni digitali è in continua crescita. Un altro fattore importante per la diffusione del Deep Learning è stata l'introduzione delle GPU come elemento di elaborazione. Reti neurali profonde addestrate su grandi moli di dati necessitano di complesse elaborazioni; grazie all'uso delle

GPU, nate in origine per accelerare i giochi ma evolute a processori per calcoli generici, è possibile accelerare di molte volte i tempi di processamento delle reti, sfruttando l'architettura altamente parallelizzata dei processori grafici.

I campi di applicazione

Al giorno d'oggi, alla base di una nuova tecnologia introdotta sul mercato spesso c'è una rete neurale profonda. Le applicazioni sono le più variegata e la seguente lista può dare un'idea della diffusione del Deep Learning: sistemi automatici delle automobili a guida autonoma, riconoscimento della voce, traduzione automatica, chatbot, classificazione di immagini, navigazione robotica, diagnosi medicale, previsioni finanziarie. Non ultimi dal punto di vista dell'Intelligenza Artificiale, possiamo aggiungere i recenti successi nel campo dei giochi, tra i quali possiamo annoverare la recente sconfitta del campione del mondo di go da parte di AlphaGo di Google.

Il Machine Learning a supporto delle Operations di TIM

Il dominio delle telecomunicazioni è da sempre caratterizzato da enormi quantità di dati. La rete di accesso

mobile di TIM genera da sola oltre 1 Mld di metriche ogni quarto d'ora, tutti i giorni i sistemi di tariffazione sono alimentati con svariati GB di cartellini di traffico, per non parlare delle impressionanti moli di eventi e syslog continuamente prodotti dagli apparati di rete. A oggi tuttavia i telco provider hanno sfruttato solo una piccola parte dell'informazione contenuta in questa immensa massa di dati. Le cause di questo sottoutilizzo sono varie; tra queste sicuramente la difficoltà nell'accedere a dati provenienti da diverse fonti informative in modo coerente causato dall'approccio a silos ancora largamente diffuso nei sistemi informatici di molte telco e la mancanza di know-how specifico su questo tipo di tecnologie, know-how che al contrario fa ormai parte del DNA dei principali OTT come Google e Facebook. Proprio per internalizzare queste competenze nel 2016 TIM ha attivato a Torino un JOL focalizzato sul Machine Learning e sul Deep Learning in particolare e dalla collaborazione tra questo e le strutture delle Operations stanno nascendo iniziative estremamente promettenti.

Anomaly detection sul traffico mobile

A partire da inizio 2017, in ambito SOC, si è iniziato a sfruttare il Machine Learning per emettere segnalazioni di alert in presenza di andamenti anomali sul traffico mo-

bile rilevato sugli APN. Gli approcci tradizionali in molti casi non sono in grado di distinguere tra andamenti realmente anomali e scostamenti dalla normalità dovuti a situazioni particolari ma fisiologiche e generano quindi molti falsi allarmi. Per ovviare a questo problema è stato costruito un modello predittivo in grado di prevedere con grande precisione il traffico atteso su un dato APN in funzione non solo dello storico, ma anche di altre grandezze come il numero di sessioni e i tentativi di accesso (Figura 2). Il modello si basa su una rete neurale convoluzionale denominata WaveNet [nota 1] (Figura 3) inizialmente creata da DeepMind (società specializzata nel Deep Learning e controllata da Google) per la sintesi dei segnali audio e riprodotta con opportune customizzazioni dai ricercatori del JOL per lo use case indirizzato. Caratteristica rilevante di questo modello (e del Machine Learning in generale) è la possibilità di migliorare le sue performance nel tempo se opportunamente alimentato con il feedback esplicito degli operatori sulle segnalazioni emesse.

Analisi di allarmi e trouble ticket

Uno dei campi applicativi dove il ML (Machine Learning) ha avuto maggior successo è quello dell'analisi del testo in linguaggio naturale. Fino a qualche anno fa le tecniche

L'ADDESTRAMENTO DI UNA RETE NEURALE

L'addestramento è la fase in cui una rete neurale impara a svolgere il suo compito.

In questa fase è necessario fornire degli esempi dai quali la rete deve imparare; questi sono coppie input/output e servono a far vedere alle rete come deve reagire di fronte a specifici dati in ingresso. Quando la rete impara a partire da tali esempi si parla di apprendimento supervisionato.

Più in dettaglio, una rete è un modello matematico il cui output è regolato da molti parametri (i pesi dei segnali ricevuti da ogni neurone). In fase di addestramento si vanno a tarare progressivamente questi parametri in modo che sempre di più l'output della rete a fronte di un certo input si avvicini a quello desiderato. Per ottenere ciò serve una funzione, detta di costo, che quantifichi la discrepanza tra l'output nell'esempio e quello realmente prodotto dalla rete. Esistono vari tipi di funzione di costo come ad esempio l'errore quadratico medio e la scelta di quale utilizzare dipende dal compito che la rete deve imparare a svolgere. I punti di minimo di questa funzione devono corrispondere a valori dei parametri che

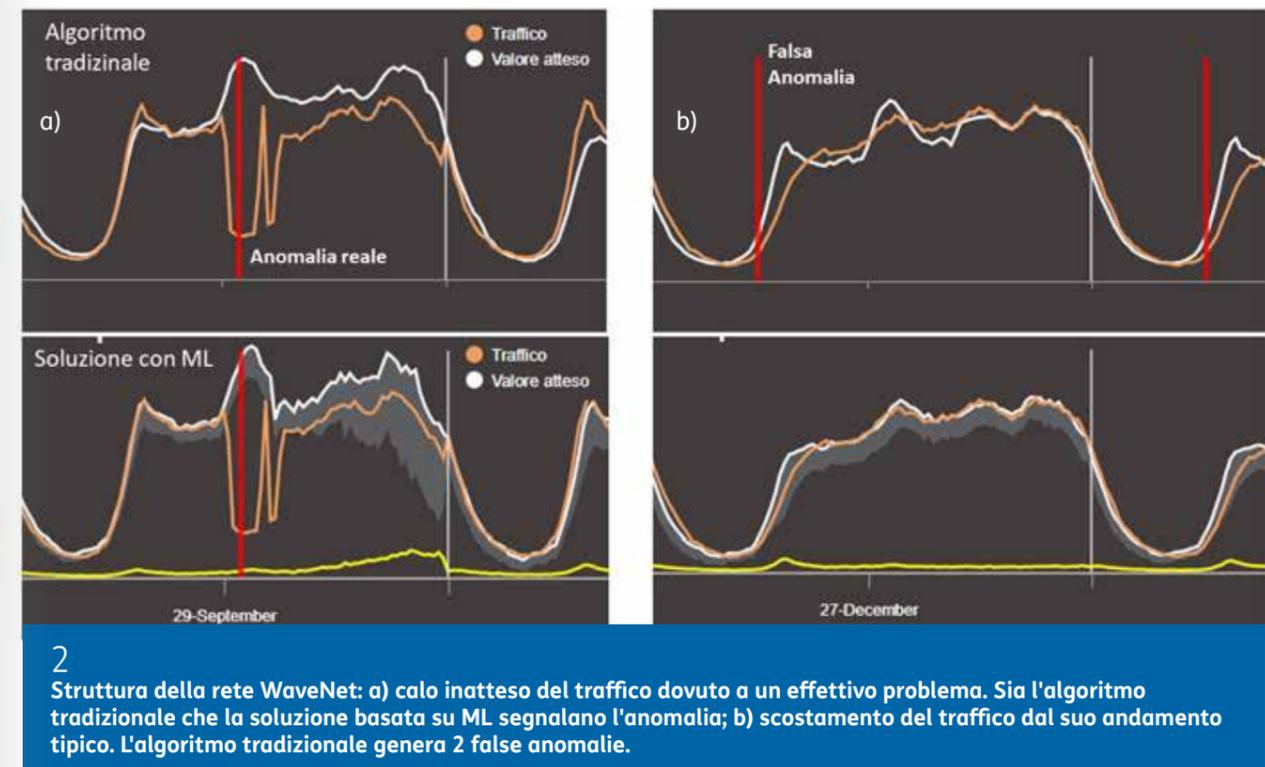
permettono alla rete di produrre output molto vicini a quelli desiderati ovvero di svolgere al meglio il proprio compito.

Come meccanismo per variare i parametri della rete man mano che gli vengono forniti gli esempi disponibili si utilizza la tecnica della discesa del gradiente o una sua variante. La funzione di costo è assimilabile al profilo di una montagna e il gradiente ne indica la pendenza. Variare i parametri in modo da muoversi verso la discesa più ripida è un ottimo modo per raggiungere in fretta il fondo valle ovvero il minimo della funzione.

Il libro online [1] fornisce una valida introduzione all'argomento ■

[1] Michael A. Nielsen, Neural Networks and Deep Learning, <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>

Skjalg Lepsøy



con risultati migliori erano quelle che estraevano la semantica dei documenti a partire dalle statistiche delle parole contenute. Il così detto topic-modeling e il concetto di bag-of-words [nota 2]. Da qualche anno i modelli tradizionali di topic-modeling sono stati soppiantati da modelli di reti neurali con l'approccio word2vec. Il word2vec si fonda su un dogma del linguaggio naturale coniato dal linguista J. R. Firth nel 1957 "You shall know a word by the company it keeps". In altre parole il significato di una parola si può "imparare" dalle parole che la circondano. Il word2vec fa proprio questo, è un modello di rete neurale che data una qualunque parola in un testo, è

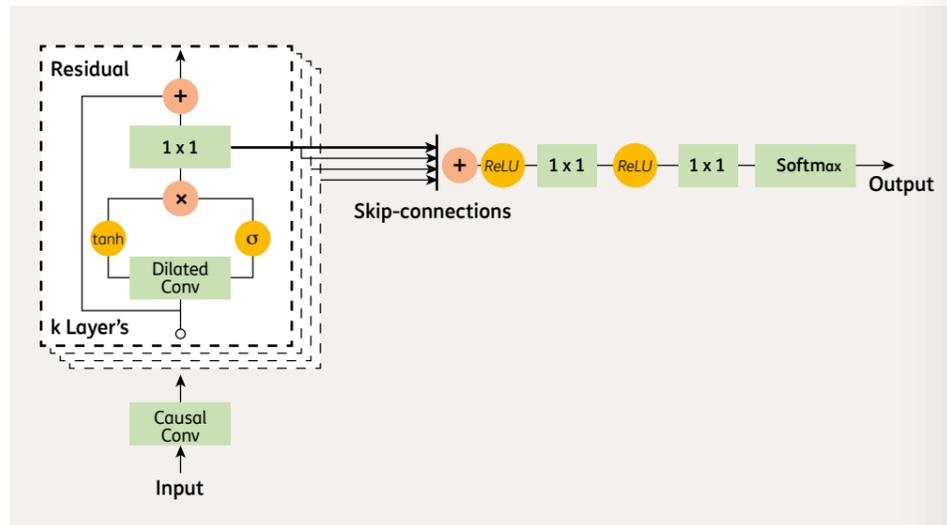
addestrato a predire le parole che la circondano (tipicamente 4/5 a destra e sinistra). Il grosso vantaggio del word2vec rispetto al topic-modeling tradizionale è la capacità di estrarre l'informazione semantica di testi brevi o semplici frasi, cosa non possibile per il topic-modeling che richiede documenti "corposi" per avere significato statistico. Dove ci porta questa introduzione del word2vec? A due casi applicativi che ci riguardano da vicino nei quali tale tecnica sta dando risultati promettenti. Il primo è quello degli allarmi di apparati di rete. Ogni allarme contiene moltissimi campi che lo caratterizzano e uno di quelli col maggior contenuto informati-

vo è il campo "summary", ossia un log dell'apparato secondo il formato scelto dal vendor, che descrive il problema. Essendo un log, è una descrizione molto specialistica (gergale) ma pur sempre in linguaggio naturale come nell'esempio seguente:

NETACT SOFTWARE OPERATION FAILURE!Software operation "provision" has failed. Reason: No archive software in SWM repository.

Come sfruttare queste informazioni preziose in modo automatico? È stato addestrato un modello word2vec su questi log e il risultato consente di raggruppare tra loro (clustering) allarmi che si riferiscono allo stesso

3 Overview of the residual block and the entire architecture



problema in modo più efficace di una classificazione basata sulla presenza di parole chiave. L'output del modello word2vec inoltre può a sua volta essere usato per addestrare altri modelli ML che a partire dalle trasformazioni word2vec predicono se un allarme richiederà l'apertura di un ticket (allarme importante). L'approccio descritto si adatta ad altre tipologie di dati rilevanti per il mondo delle telco come ad esempio i trouble ticket dove le principali informazioni riguardo al problema e alle eventuali azioni che hanno portato alla risoluzione sono contenute in campi testuali ed espresse in linguaggio naturale.

Altri use case di interesse

Vari altri use case sono al momento in fase di esecuzione tra i quali:

- Intelligent caring - Deployment di chatbot in grado di dialogare

con i clienti di TIM, di comprenderne le esigenze e di fornirgli un primo livello di assistenza.

- Incident management - Analisi delle segnalazioni provenienti dagli apparati di rete e identificazione degli effettivi problemi.
- Fault prediction - Anticipazione di guasti su celle della rete mobile e sulle interfacce dei NAS.

In generale il tema dell'anticipazione di problemi è poi fortemente legato alla tecnologia SON dove il Machine Learning comincia ad essere utilizzato come strumento per prevedere le situazioni dove è necessario compiere azioni automatiche di riconfigurazione per mantenere continuamente ottimizzata la qualità dei servizi offerti [Rif. articolo "DigiRAN: il valore dell'automazione nell'accesso radio" - Graziano Bini, Fabrizio Gatti, Paolo Gorla, Michele Ludovico - Notiziario Tecnico n.1 2018].

Gli ambiti dove il Machine Learning può dare un valore aggiunto impor-

tante nel mondo telco sono però molteplici e man mano che la sensibilità verso le potenzialità e i requisiti di questa tecnologia si diffonderanno TIM potrà trarne sempre maggiore beneficio.

Conclusioni

Il ML sta avendo un impatto fortissimo in svariati campi dell'ICT. Qualunque forma di Machine Learning "impara" dai dati e quindi per capitalizzarne le potenzialità è necessario disporre di grandi quantità di dati di qualità e facilmente accessibili per analisi e sperimentazioni. Il Machine Learning infatti sfrutta informazioni nascoste all'interno dei dati e di conseguenza l'efficacia di una soluzione basata su questa tecnologia è valutabile solo a valle di sperimentazioni su dati reali.

Esistono svariati strumenti per lavorare con il Machine Learning sia

commerciali che Open Source. Il vero fattore critico di successo è però il know-how dei data scientist. TIM ha nel JOL di Torino un centro di eccellenza su queste tecnologie, ma è importante che la sensibilità nell'uso delle stesse si diffonda ulteriormente in azienda.

Infine le esperienze portate avanti ad oggi hanno mostrato come condizione necessaria per indirizzare efficacemente uno use case

sia il lavoro congiunto degli esperti di Machine Learning con le Operations, depositarie dell'expertise di dominio, e con le Ingegnerie, che devono poi assicurare il deployment della soluzione ■

Note

- [1] Oord, Aaron van den; Dieleman, Sander; Zen, Heiga; Simonyan, Ka-

ren; Vinyals, Oriol; Graves, Alex; Kalchbrenner, Nal; Senior, Andrew; Kavukcuoglu, Koray (2016-09-12). "WaveNet: A Generative Model for Raw Audio". 1609. arXiv:1609.03499.

- [2] I modelli di riferimento sono Latent Semantic Analysis e Latent Dirichlet Allocation.



Giovanni Caire

giovanni.caire@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica, ha iniziato a lavorare nel 1993 presso il Centro di Ricerca di Telecom Italia (allora CSELT) nella divisione Multimedia e Servizi Video. Dal 1998 il suo interesse si è spostato nel campo dei sistemi distribuiti con particolare focus sulla tecnologia Java. In particolare nel 2000 è stato tra gli iniziatori del progetto Open Source JADE (<http://jade.tilab.com>) nel quale ha svolto per anni il ruolo di Presidente del Board Esecutivo. A partire dal 2006 è stato Project Manager in vari progetti di sviluppo software nell'ambito della gestione della rete tra cui il progetto WANTS nel quale è stato realizzato il sistema responsabile di tutte le attivazioni dei servizi broadband su rete fissa di Telecom Italia. Nel Dicembre 2008 ha conseguito la certificazione PMP del Project Management Institute. Nell'ultimo anno ha iniziato a specializzarsi sulle tecniche di Machine Learning e in particolare sulla loro applicazione a supporto delle Operations. ■



Gianluca Francini

gianluca.francini@telecomitalia.it

Laureato in Scienze dell'Informazione, ha iniziato la sua attività lavorativa nel campo avionico, passando nel 1996 al settore delle telecomunicazioni come ricercatore del gruppo Multimedia del Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni (CSELT). Nel gruppo Multimedia ha lavorato su temi di Computer Vision, in particolare sulle applicazioni di teleconferenza tridimensionale, sui sistemi di ricostruzione 3D e sulla codifica video scalabile. Nel 2006 è entrato a far parte della struttura Research Project, lavorando su tecniche di raccomandazione di contenuti e sulla ricerca visuale, sviluppando tecnologie che sono diventate parte dello Standard Internazionale MPEG Compact Descriptors for Visual Search. È attualmente responsabile del Joint Open Lab Cognitive Computing TIM/Politecnico di Torino, laboratorio in cui si sviluppano algoritmi di analisi dei dati aziendali mediante l'adozione di tecniche di machine learning. È co-inventore di 19 brevetti nel campo dell'analisi delle immagini e del Deep Learning. ■



Ennio Grasso

ennio.grasso@telecomitalia.it

Laureato in informatica teorica, ha iniziato a lavorare presso il Centro di Ricerca di Telecom Italia (CSELT) nel 1992 nel gruppo middleware software and distributed computing. Esperienza lavorativa in campo software object-oriented e algoritmi. Dal 2013 parte del JOL di Torino dapprima su algoritmi di swarm computing e successivamente nel machine learning e in particolare reti neurali applicate a dati e casi d'uso dell'azienda. ■

BIG DATA GEOREFERENZIATI MDT PER SERVIZI DIGITALI NELLE SMART CITIES

Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli

Sviluppare nuove politiche di mobilità sostenibile nelle grandi città, limitare l'inquinamento delle aree urbane, abilitare nuovi modelli di collaborazione tra Cittadini e Pubbliche Amministrazioni (Smart Communities) e gestire flussi di persone e mezzi di trasporto in occasione di grandi eventi o in situazioni di criticità, sono alcune delle sfide che gli Amministratori Locali dovranno affrontare nei prossimi anni, sfide per le quali i nuovi servizi digitali basati sui Big Data dei Telco Operators potranno giocare un ruolo decisivo.

Vediamo come.

Introduzione

La diffusione di dispositivi mobili con localizzatore GPS rappresenta infatti un asset importante per perseguire gli obiettivi delle Smart Communities, costituendo nel suo insieme una rete distribuita di sensori che trasmette tempestivamente informazioni circa l'utilizzo delle risorse del Territorio da parte dei cittadini e dei turisti, il tutto nel rispetto delle Normative vigenti in mate-

ria di Privacy (elaborazione anonima e aggregata dei dati).

Ciò rende particolarmente significativa la recente introduzione della prestazione di Rete Mobile 3G e 4G denominata MDT (Minimization of Drive Test), considerando che questa prestazione è stata sviluppata in ambito 3GPP per abbinare la posizione GPS al set di misure radio inviate dal terminale, misure che da sempre consentono di controllare il funzionamento della Rete Mobile, pianificare le sue evoluzioni e, in presenza di criticità, indirizzare al meglio l'intervento di risoluzione dell'anomalia.

Il flusso informativo generato da MDT è tuttavia soggetto alle normali discontinuità legate sia alle pause d'uso del terminale sia alle note limitazioni del GPS, che offre la sua migliore accuratezza solo all'aperto. Ne emerge un sottoinsieme di misure accurate che, pur minoritario rispetto alla totalità di visione a cui puntano i servizi digitali, rappresenta l'elemento cardine (training set) per l'applicazione di tecniche di Machine Learning capaci di avvicinare il valore dei dati GPS agli obiettivi richiesti per la Governance di una Smart City.

Il valore delle misure MDT va oltre il semplice posizionamento GPS, poiché per ogni singola connessione, nel periodo della misura di ciascuno UE, permette la correlazione delle principali grandezze radio riportate. Pertanto anche in assenza di misure GPS si hanno a disposizione informazioni in cui per

esempio le misure di livello, qualità, distanza temporale dalla cella e altre, sono associate alla medesima connessione.

Questo set di informazioni caratterizza in un certo istante l'ambiente di propagazione come una firma. In tale contesto, pertanto, anche informazioni che non riportano le coordinate GPS valide possono quindi entrare con dignità tra le informazioni utilizzabili dal Machine Learning.

Il deployment in campo delle funzionalità MDT e delle relative piattaforme di gestione si inquadra all'interno del contesto delle attività di RAN Automation [1]. L'utilizzo di tali funzionalità, oltre ad essere fondamentale nell'ottica dell'evoluzione delle metodologie di progettazione ed ottimizzazione della rete di accesso mobile, rappresenta un'opportunità importante anche per la definizione di servizi digitali nel contesto "Smart Cities".

MDT (Minimization of Drive Test)

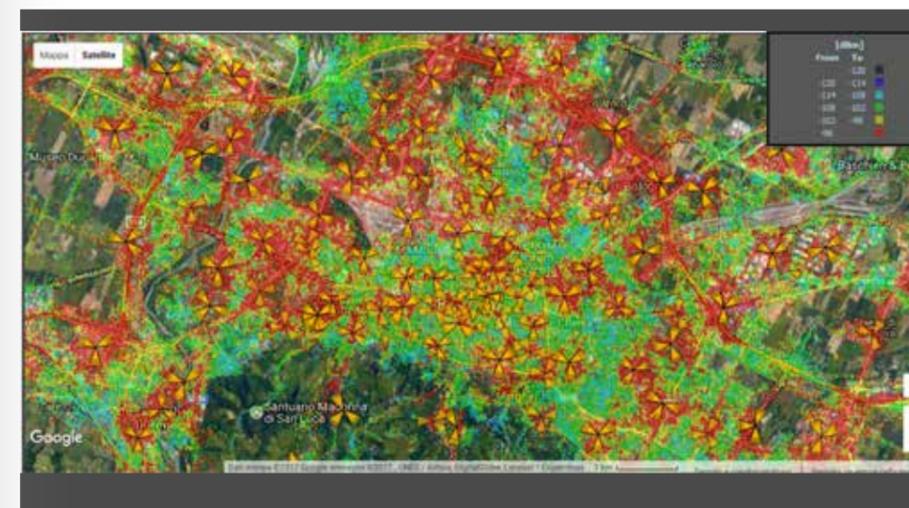
Descrizione della funzionalità

La funzionalità MDT prevede secondo l'attuale specifica tecnica [2] la registrazione ed il successivo invio delle misure effettuate dal terminale mobile, tecnicamente definito come UE (User Equipment), sia quando esso si trova nello stato di IDLE (chiamata modalità Logged), sia l'invio

delle misure quando lo UE è nello stato CONNECTED (chiamata modalità Immediate). L'invio delle misure avviene verso l'RNC per la parte di rete 3G e verso la stazione radio base (NB) per LTE. La collezione delle misure e l'invio sono effettuati in modo tale da impattare al minimo sia sul carico di segnalazione della rete, sia sul consumo di batteria del terminale. L'impostazione delle misure da effettuare deve avvenire in anticipo ed attualmente non è un processo che avviene automaticamente in background sulla rete di accesso radio. Si può definire a priori l'intervallo temporale di collezione dei dati e l'area geografica minima di riferimento è rappresentata da una cella di un nodo 3G o 4G.

La funzionalità MDT fa in modo che insieme alle misure radio tipiche della rete di accesso, vengano riportate anche le coordinate GPS. Queste ultime possono essere valide/non valide ed accurate in funzione della visibilità dei satelliti GPS da parte dello UE.

In particolare, le misurazioni che possono essere effettuate sono RSRP (Received Signal Received Power), RSRQ (Received Signal Received Quality) per LTE, RSCP (Received Signal Code Power) e rapporto segnale rumore E_c/N_o (Pilot Chip Energy to Interference Power Spectral Density) per il 3G, si può inoltre misurare il BLER (Block Error Rate) sia per la segnalazione che per i dati utili trasmessi, il volume di dati trasmessi (Data Volume), lo scheduled IP throughput, il

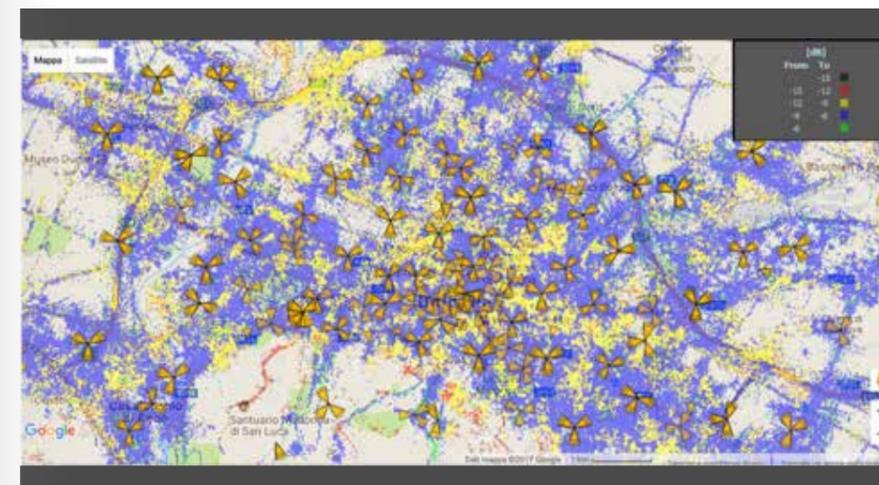


1
Livello RSRP (dBm)
georeferenziato e mediato su
ciascun pixel

packet delay, e infine il packet loss rate. Inoltre, di notevole interesse è il reporting del RTT (Round Trip Time) e del RXTX_TIMEDIFF (Rx/Tx UE Time Difference). I dati collezionati dallo UE sono inviati in fase di segnalazione (RRC) e non vanno in alcun modo ad impattare sulla tariffazione verso il cliente. Di seguito sono riportate alcune immagini di esempio estrapolate da misura-

zioni MDT effettuate sulla rete LTE sulla città di Bologna tramite il sistema Geosynthesis, sviluppato in collaborazione con Nokia secondo le specifiche TIM. Le Figure 1 e 2 indicano su due mappe i livelli RSRP in dBm sull'intera città di Bologna, i pixel quadrati hanno il lato di 10 m e i valori risultanti delle grandezze sono medie di tutti i campioni le cui coordinate GPS valide ricadono

all'interno del pixel per il periodo di misura considerato. Si può osservare dai valori dei livelli che le aree a migliore copertura sono quelle in rosso con livelli $RSRP \geq -96$ dBm, poi a seguire ci sono le aree o meglio i pixel in colore giallo con $-102 \leq RSRP < -96$ dBm, e infine quelle in colore verde $-108 \leq RSRP < -102$ dBm. I livelli riportati sono quelli effettivamente misurati dallo



2
Livello RSRQ (dB)
georeferenziato e mediato su
ciascun pixel

3
Densità di traffico in modalità "Immediate MDT" campioni/m².



UE. In Figura 2 è riportato il livello di qualità radio per la rete LTE tramite la misura RSRQ. I valori migliori di RSRQ in dB che permettono le più alte prestazioni LTE a pacchetto sono in ordine dal verde al giallo ed infine al rosso.

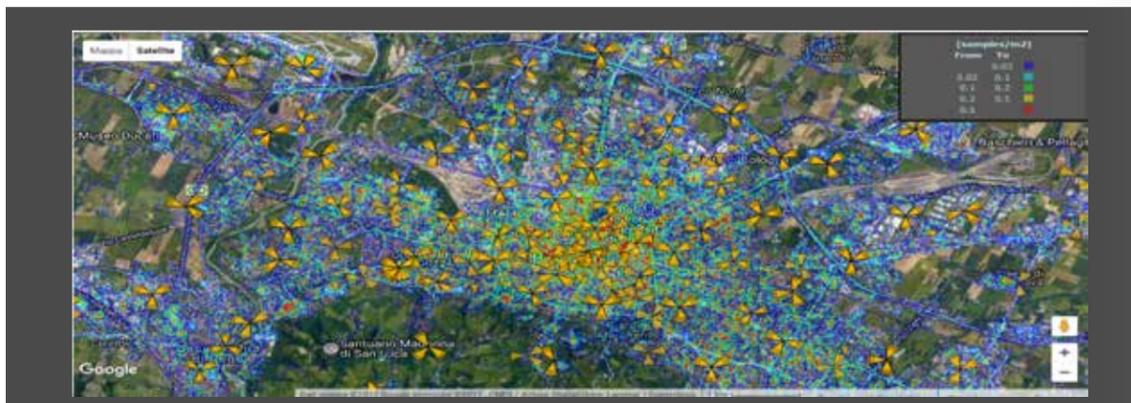
Nelle Figure 3 e 4 sono riportate invece le densità di traffico in termini di numero di campioni mediati sul pixel.

Architettura del sistema di acquisizione dati

Il sistema Geosynthesis (vedi Figura 5) raccoglie ed aggrega le misure GPS inviate dai mobili insieme ad informazioni relative alla qualità radio della rete mobile (tipicamente livello di segnale e di qualità).

I dati così elaborati vengono aggregati, in forma anonimizzata, per dare indicazioni sulla qualità della rete con indicazione geografica delle aree che presentano maggiori problemi e che devono essere oggetto di ottimizzazione. Pertanto i dati hanno una natura puramente statistica in modo da raggiungere i miglioramenti auspi-

4
Densità di traffico in modalità "Logged MDT" campioni/m².



cati, proteggendo le informazioni dei singoli utenti.

In accordo allo standard internazionale 3GPP le funzionalità radio che vengono implementate sono:

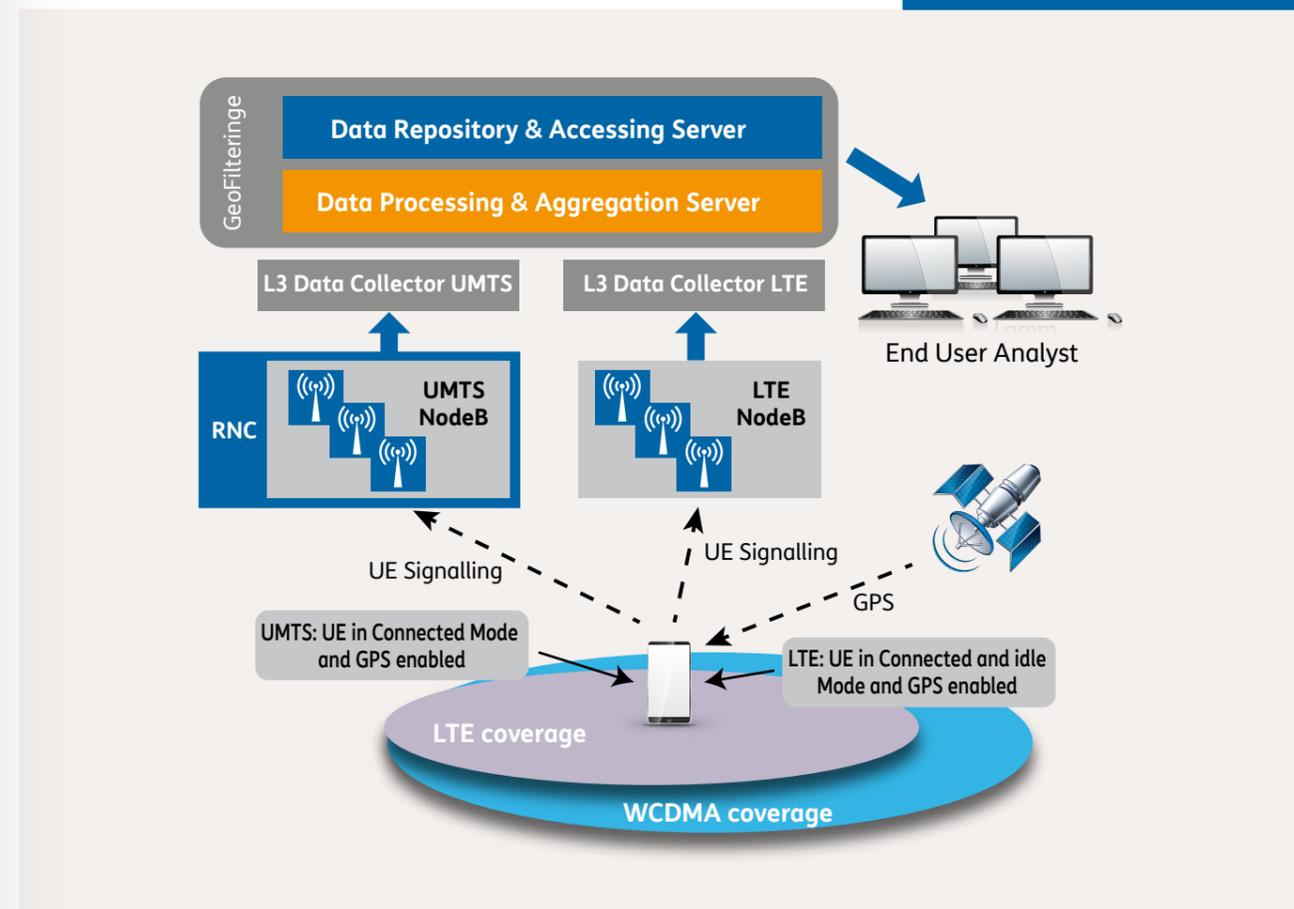
- **UMTS:** 3GPP MDT feature che abilita l'invio di misure periodiche con coordinate GPS per i terminali che supportano la feature (3GPP TS 37.320);
- **LTE:** 3GPP MDT feature che abilita l'invio di misure periodiche con coordinate GPS per i terminali che supportano la feature attraverso Cell trace interface eNodeB immediate or logged tracing mode.

Caratteristiche dei dati MDT

Per meglio chiarire questo aspetto analizziamo, come esempio, i dati MDT raccolti a Venezia e dintorni sulla sola rete 3G (RNC15) nella giornata del 16 luglio 2017, durante la Festa del Redentore, che hanno superato i 29 Milioni di Record, rappresentando una base informativa di grande rilievo. Data Set come quello MDT sono il risultato di complessi processi (in rete e nel terminale) che concorrono a formare i singoli elementi informativi. Non meraviglia quindi che i record MDT

non siano tutti compiutamente popolati. Anche per la Latitudine e la Longitudine la casistica include informazioni non valide o inaccurate (es. posizioni GPS lontanissime da Venezia). Risulta essere all'incirca di un terzo la quota parte di record MDT con posizioni GPS quantomeno verosimili. L'effetto è che nemmeno l'ampia numerosità di campioni MDT risulta da sola sufficiente a ricostruire con l'accuratezza desiderata i molteplici flussi di percorrenza

5
Architettura del sistema Geosynthesis



lungo il territorio, e questo non solo per la variabilità insita nel popolamento dei dati MDT, ma anche per la distribuzione dei dati GPS più accurati lungo i vari percorsi (per esempio pochi campioni interessano lunghe percorrenze mentre molti campioni si concentrano in aree ristrette o discontinue). Instabile è anche la rappresentatività del campione MDT rispetto alle presenze effettive sul territorio, variabilità indotta dai momenti di maggiore o di minore utilizzo dei servizi telefonici. Quale esempio del tipo di problematiche illustrate (Figura 6) è riportato il confronto, eseguito dall'Università di Bologna [3], tra i flussi stimabili da dati MDT-GPS a Venezia sul Ponte della Costituzione, e conteggi eseguiti sul posto con strumenti (anonimizzati) conta-persone.

La ricostruzione da dati MDT evidenzia come si riesca a cogliere l'andamento generale, ma evidenzia altresì come sfuggano alcuni momenti di maggiore variazione dei flussi.

D'altra parte l'accuratezza della posizione GPS dipende da vari fattori, tra cui il numero di satelliti visibili al momento effettivo della misura (la costellazione GPS è in movimento costante). In zone come il centro storico di Venezia non sono infrequenti nemmeno i casi di peggioramento dell'accuratezza a causa del ridotto spicchio di cielo visibile. Inoltre gli stessi smartphone, dovendo accomodare al loro interno diverse antenne in spazi ridottissimi, ricorrono a compromessi costruttivi, peggiorando l'accuratezza di posizione ottenibile rispetto a strumenti professionali.

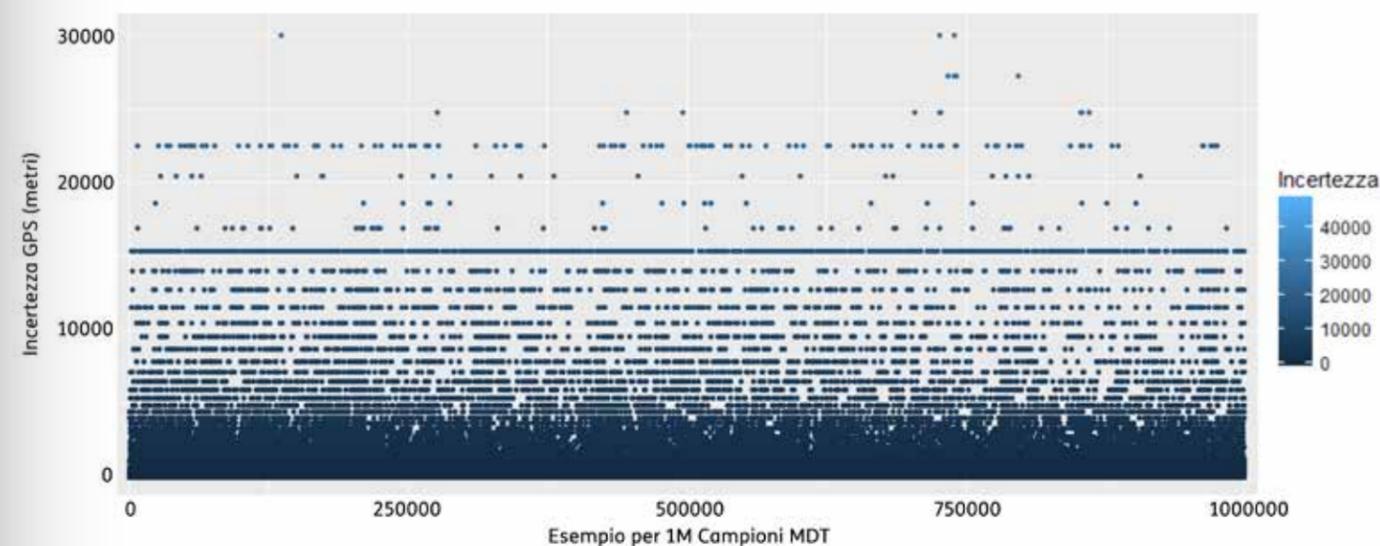
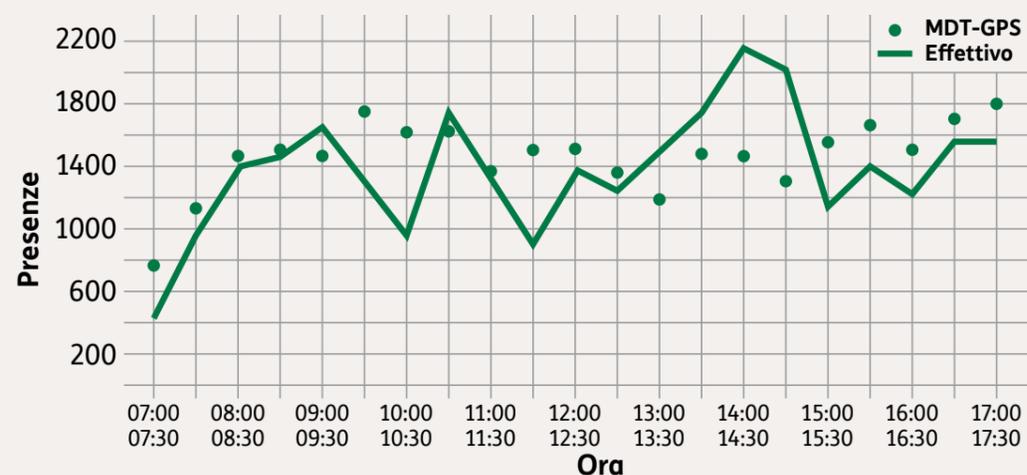
Scopo dell'applicazione di tecniche di Machine Learning a dati MDT

Quanto in precedenza illustrato aiuta a porre in risalto l'esistenza di una parte di dati MDT direttamente conteggiabili perché completi e di ottima qualità, e la restante parte (la maggior parte) per la quale risulta utile esplorare quale "recupero della qualità" sia ottenibile ricorrendo all'applicazione di tecniche di Machine Learning (Figura 7).

Questi algoritmi possono infatti far leva sulla parte di dati a maggiore qualità (Training Set e Test Set) al fine di ricostruire l'informazione desiderata (la conoscenza della posizione) per la parte di dati

6

Confronto presenze stimate GPS MDT e presenze effettive sul Ponte della Costituzione a VE



7

Distribuzione dell'incertezza posizionale nel campione di misure MDT esaminato

che non l'ha o l'ha in modo insufficiente.

Analisi condotte sui percorsi turistici a Venezia durante il Carnevale e la Festa del Redentore 2017 [3] evidenziano che la quota parte di dati MDT direttamente utilizzabili rappresenta circa un 5% del fenomeno sotto osservazione, percentuale che scende al 1.6% quando del flusso turistico si studiano anche le direzionalità in specifici snodi, questo perché al vincolo che le misure siano prodotte proprio in prossimità dello specifico snodo in esame (es. un ponte, un crocevia, ecc.) e siano appunto accurate, si aggiunge l'ulteriore vincolo che siano anche in stretta sequenza temporale.

Più in generale si può assumere buona già in partenza la rappresentatività dei dati MDT quando si analizzano fenomeni all'aperto, con una buona concentrazione di campioni nello spazio (es. Piazza San Marco a Venezia) e senza stringenti vincoli nel tempo (es. studio della copertura di una cella). Negli altri casi si può però integrare la base informativa costituita dai campioni MDT accurati. Questo è precisamente lo scopo dell'applicazione di tecniche di Machine Learning a dati MDT, cioè quello di facilitare le analisi che hanno necessità di guardare ai fenomeni da una particolare angolazione, scendendo più in dettaglio all'interno di una zona, di uno spe-

cifico momento o di una specifica situazione (non solo outdoor).

Le potenzialità di queste tecniche si comprendono ancora meglio se si considera che le stesse risultano applicabili anche a Data Set radio non MDT, permettendo quindi di ottenere stime delle Latitudini e delle Longitudini anche quando tali informazioni sono del tutto assenti nel Data Set di partenza. Se allora consideriamo che i terminali MDT, cioè i terminali abilitati ad inviare le misure radio associando anche la posizione GPS sono circa il 25% del mercato mondiale dei terminali 3G e 4G, si comprende quanto poter allargare l'orizzonte anche verso il restante 75% possa portare benefi-

ci a molteplici applicazioni pratiche, in particolare nell'ottica futura di analizzare la quota parte di traffico all'interno degli edifici.

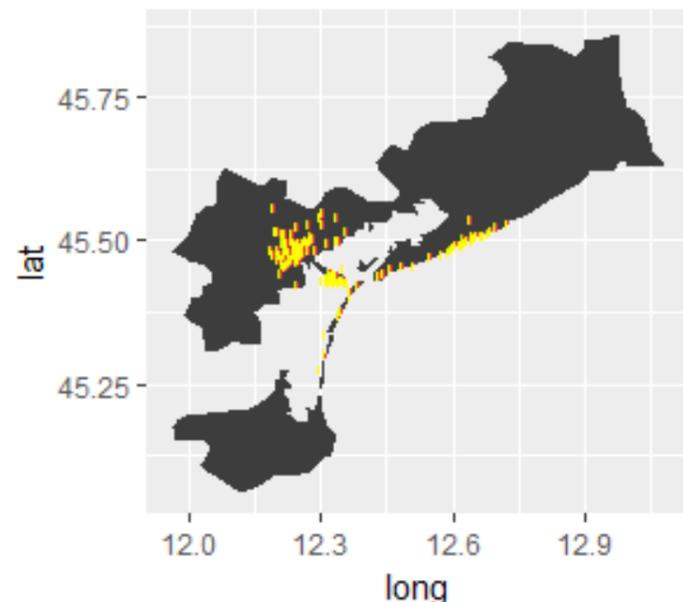
Preparazione dei Data Set MDT e Modelli

Per le analisi illustrate in questo articolo si è fatto ricorso all'ambiente di sviluppo R Studio [4] ed a Data Set rappresentativi del territorio Veneziano in esame (Figura 8).

La variegata distribuzione delle posizioni (circa 20.000 Latitudini e Longitudini distinte) all'interno del territorio Veneziano si evince anche dalla Figura 9 che le visualizza geograficamente.

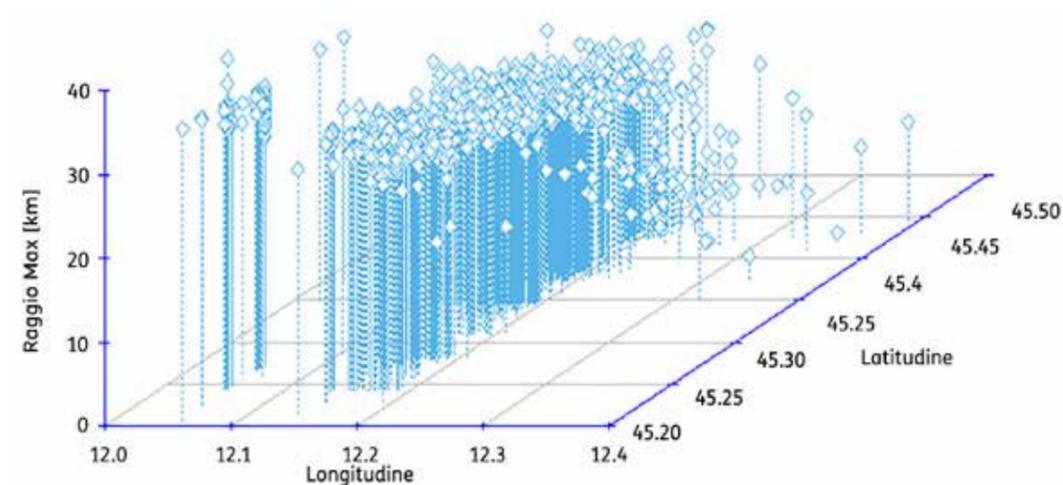
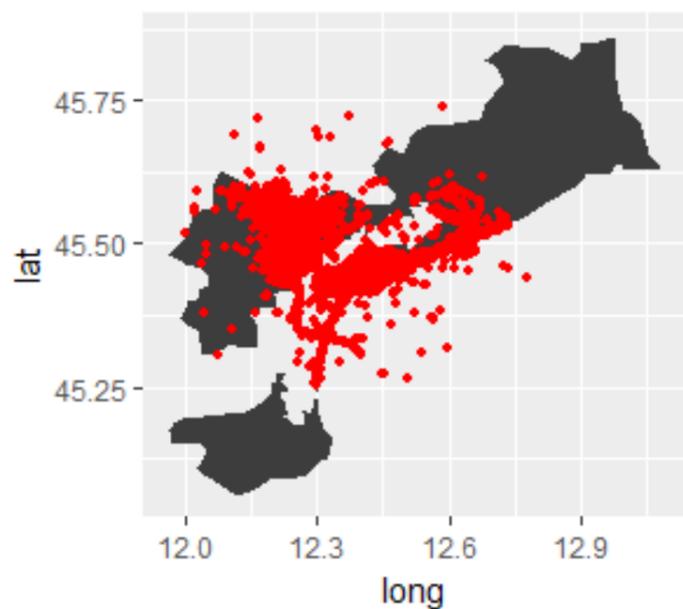
Nella costruzione dei Data Set di Training gioca un ruolo chiave sia la contemporanea presenza di tutti i campi da utilizzare come input al Modello, sia l'esistenza di eventuali valori estremi (outlier), per i quali occorre valutare il mantenimento nel Data Set.

Tra i parametri più notoriamente utilizzati per la stima delle posizioni vi è sicuramente l'identificativo di Cella, ma da sola questa informazione non sarebbe in grado di guidarci verso una specifica posizione con l'accuratezza desiderata, come testimoniato dall'ampia variabilità (fino a decine di km) di posizioni GPS (Figura 10) che troviamo nei dati MDT associati per ogni singolo identificativo di Cella.



8 Impianti 3G Veneziani (in giallo) da cui sono stati ricavati i dati MDT utilizzati come Training/Test Set

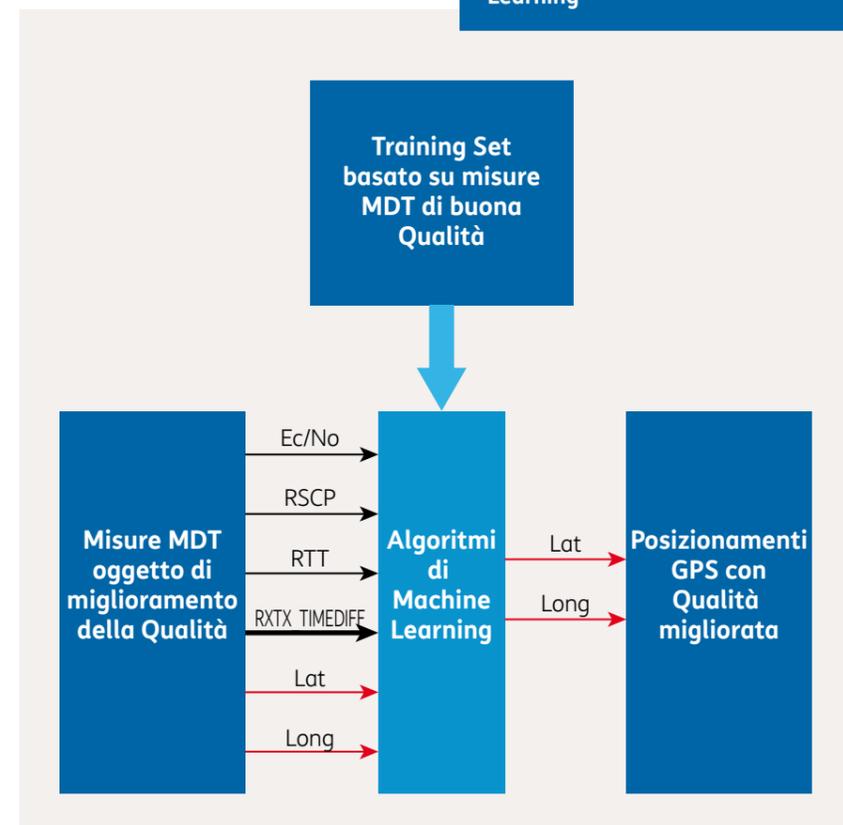
9 Distribuzione delle presenze sul territorio (terra e laguna) in Data Set utilizzati per Training ML



10 La grande variabilità di posizioni GPS nel campione esaminato è evidenziata dalla distanza (km) dei campioni più lontani dalla posizione baricentrica di ciascuna Cella 3G dell'Area Veneta

11 Modello di miglioramento della stima delle misure MDT mediante algoritmi di Machine Learning

Per tale motivo i Training e Test Set da cui partire per l'applicazione di tecniche di Machine Learning rimangono focalizzati sulle singole Celle; ma sono poi alimentati dai quattro parametri radio MDT in precedenza illustrati per la rete 3G, e cioè: Ec/No, RSCP, RTT e RXTX_TIMEDIFF. Nessuno di questi parametri, se preso singolarmente, permetterebbe di ricostruire con accuratezza una posizione GPS in una Cella. Risulta infatti debole la correlazione tra ciascun parametro anzidetto e la relativa posizione GPS in cui è stato originato, ma le tecniche di ML consentono di prenderli tutti insieme per istruire Modelli capaci di risalire dalle molteplici combinazioni di parametri radio MDT alla stima di posizione cercata (Figura 11).



I Test Set consentono a quel punto di verificare quale scarto sussista tra la stima della posizione GPS così ricostruita e la posizione "effettiva" (intesa sempre come quella GPS raccolta nel Training/Test Set). Su queste basi si può quindi procedere con le selezioni dei Modelli più adatti (o con la messa a punto di quello che risulta il Modello migliore).

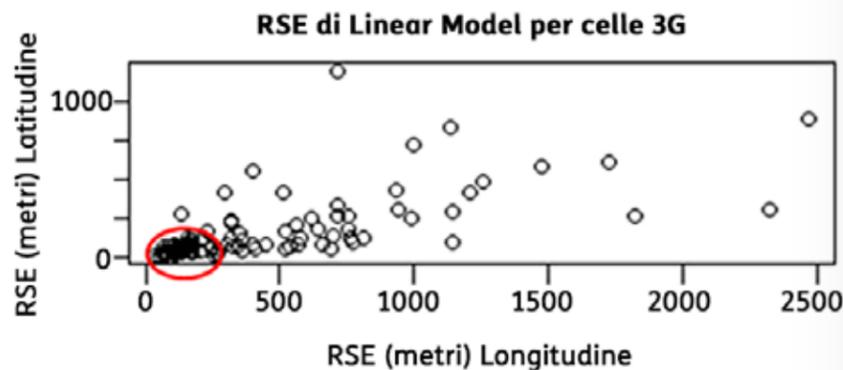
Risultati dai Modelli ML

La prima tipologia di Modelli applicati ai dati MDT è quella dei Modelli Lineari. Questi Modelli risultano infatti di utile applicazione sia perché alcune stime, come quella della distanza dall'antenna, sono di fatto ricostruibili attraverso combinazioni lineari dei parametri RTT ed RXTX_TIMDIFF, sia perché i modelli lineari consentono di esplorare il contesto in modo intuitivo, costituendo un utile elemento di riferimento anche per valutare le prestazioni di tecniche differenti. A tale proposito è utile sottolineare che la distanza temporale che ne risulta è una media dipendente dalla tipologia dell'ambiente radio di propagazione. In particolare, un ambiente radio tipico, è quello in cui non vi è visibilità ottica diretta tra le antenne della cella servente e lo UE. In tale scenario l'eventuale predominanza di cammini multipli a maggiore ritardo e con maggiore variabilità statistica può portare a situazioni di maggiore dif-

ficoltà per la sincronizzazione dello UE in rete. Inoltre, vi saranno maggiori differenze tra la distanza reale dello UE dalla cella servente rispetto a quella calcolata a partire dai parametri di RTT ed RXTX_TIMDIFF. I risultati sono incoraggianti perché addestrando una serie di Modelli Lineari a ricostruire la Latitudine e la Longitudine partendo dai quattro parametri radio menzionati, e verificando poi l'errore quadratico medio (RSE) che il Modello complessivamente produce nelle ricostruzioni delle singole posizioni, si ottiene una buona percentuale di casi per i quali lo scarto tra la posizione ricostruita e quella attesa si mantiene entro limiti più che accettabili. Un esempio dell'applicazione di queste tecniche lo possiamo vedere visualizzato nello scatter plot (Figura 12) relativo ad un gruppo di 92 celle

3G della città di Venezia. In questo esempio si nota come la maggior parte dei casi si addensano in prossimità di un basso errore medio di posizione (RSE), sia per Latitudine che per Longitudine. Abbiamo cioè un buon 40% dei Modelli (di Celle quindi) nei quali i Modelli Lineari sono in grado di ricostruire la posizione con una accuratezza media di 250 m. Si nota tuttavia la presenza di casi (es. quelli a destra nel grafico) nei quali l'errore medio di Longitudine oltre ad essere più ampio (2,5km) sopravanza quello di Latitudine. I Modelli Lineari costituiscono quindi una buona base di partenza per la ricostruzione delle posizioni GPS non accurate, sfruttando quattro parametri radio del record MDT, consentendo così di ampliare l'insieme delle misure di posizioni utilizzabili per le varie possibili applicazioni.

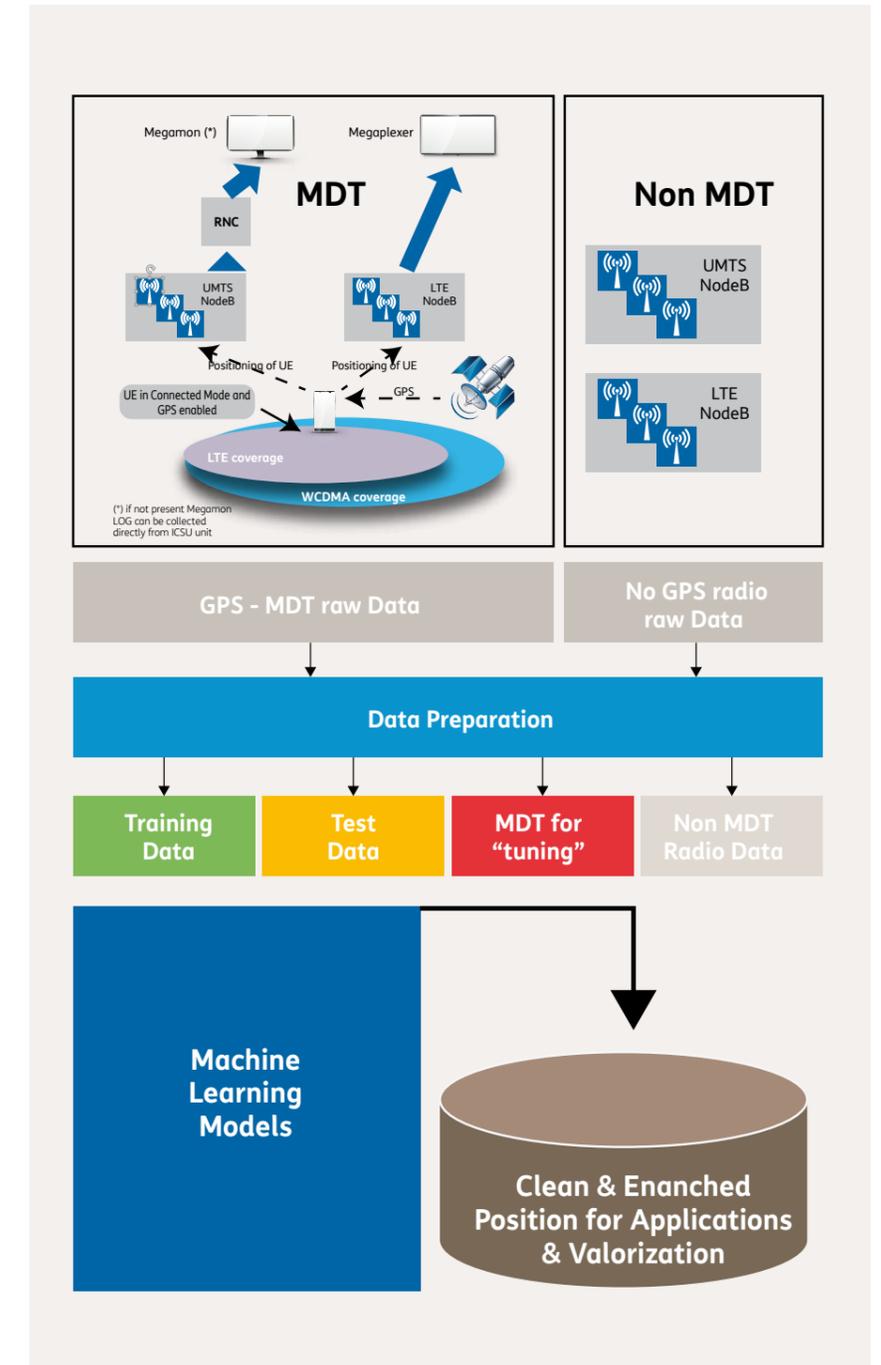
12 Scatter Plot dell'errore quadratico medio nella ricostruzione delle posizioni in 92 Celle 3G nella città di Venezia



Per migliorare ulteriormente le previsioni si può ricorrere anche all'addestramento di Reti Neurali (oggetto di approfondimenti non riportati in questo articolo). Questi Modelli risultano maggiormente in grado di adattarsi, per esempio, a casi nei quali la zona illuminata da una Cella risulta frastagliata o molto discontinua. Occorre però ricordare che la messa a punto di Reti Neurali per la ricostruzione delle posizioni partendo dai parametri radio MDT anzidetti comporta un processo molto meno automatizzabile rispetto ai Modelli Lineari. Per esempio una specifica configurazione (es. profondità degli hidden layer) individuata per una Rete Neurale capace di effettuare accurate previsioni delle posizioni di una Cella, non garantisce poi risultati altrettanto apprezzabili se quella stessa configurazione viene applicata ad un'altra Cella.

Servizi Smart basati su MDT

A regime è possibile ipotizzare un processo che, partendo dal flusso in ingresso di dati MDT, ma anche quelli non MDT, offra in uscita una base informativa accurata e migliorata grazie alle tecniche di Machine Learning. Infatti, una volta raccolti ed elaborati i dati anonimizzati, questi potranno essere utilizzati per migliorare la qualità dei servizi della Rete Mobile



13 Processo basato su tecniche di Machine Learning

LA FISICA DELLA CITTÀ E LO STUDIO DELLA MOBILITÀ URBANA MEDIANTE DATI MDT/GPS

Armando Bazzani Pileri

Coordinatore del Laboratorio di Fisica dei Sistemi Complessi
Dipartimento di Fisica e Astronomia Università di Bologna
armando.bazzani@unibo.it

La Fisica è la scienza che descrive i fenomeni naturali mediante il linguaggio della Matematica. Questa definizione racchiude lo spirito con cui un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna ha proposto più di 10 anni fa l'idea di una Fisica della Città. Non si è trattato di un'invasione di campo, ma di un approccio nuovo che ricerca le relazioni matematiche tra osservabili macroscopiche e dinamiche microscopiche, che aiutino ad interpretare e comprendere alcuni aspetti complessi delle città moderne. Ad esempio, se assumiamo un principio di massima Entropia secondo la definizione di Gibbs, il fatto che esista un valore atteso finito per la mobilità giornaliera di un individuo in una città, implica necessariamente che la distribuzione della mobilità giornaliera deve essere una funzione esponenziale (distribuzione di Maxwell-Boltzmann). L'esigenza di un approccio con metodologie fisico-matematiche ai problemi urbani è nata parallelamente alla accresciuta disponibilità e qualità

dei dati raccolti. In particolare lo studio della mobilità urbana è stato uno dei campi di ricerca più attivi sia per le affinità con modelli fisici di trasporto che per le possibilità offerte dalle tecnologie di informazione e comunicazione di registrare dati georeferenziati in modo dinamico.

Ad esempio, la raccolta di dati in tempo reale relativi alla mobilità veicolare consente una ricostruzione dei tempi di percorrenza e della densità veicolare nei singoli tratti stradali e la costruzione di modelli basati sulla dinamica microscopica e su reti neurali di classificazione per una previsione a breve termine (now-casting) dello stato di traffico e dei fenomeni di congestione. Negli studi effettuati sulla mobilità, il Laboratorio di Fisica della Città (oggi Laboratorio di Fisica dei Sistemi Complessi) dell'Università di Bologna ha messo in evidenza come alcune leggi statistiche emergano da caratteristiche dei comportamenti individuali quali l'esistenza di un Travel Time Budget giornaliero di circa



Ricostruzione della mobilità a Venezia durante la Festa del Redentore (15/7/2017) utilizzando i dati registrati elaborati dal sistema Geosynthesis di Nokia opportunamente filtrati (punti rossi in figura)

1,5 ore che definisce il costo della mobilità nelle diverse città italiane, in funzione di parametri economici e strutturali della rete stradale, e l'esistenza di una strategia nell'uso della rete stradale in funzione del tipo di domanda di mobilità.

Uno dei principali problemi aperti riguarda come studiare la mobilità multimodale che potrebbe avere una rilevanza sempre maggiore in un prossimo futuro, in cui

la mobilità privata nelle città dovrebbe essere sempre più ridotta. Un promettente approccio a tale problema utilizza la possibilità di registrare in modo anonimo e nel rispetto delle Normative della Privacy le traiettorie degli Smart Devices. In questo senso si stanno muovendo anche i colossi del web proponendo applicativi gratuiti che accedono e registrano la posizione GPS del device. Recentemente grazie ad una collaborazione con TIM è



Network della mobilità turistica che emerge dalle analisi della mobilità durante il Carnevale veneziano (26/02/2017): il 13% della rete spiega il 64% della mobilità osservata

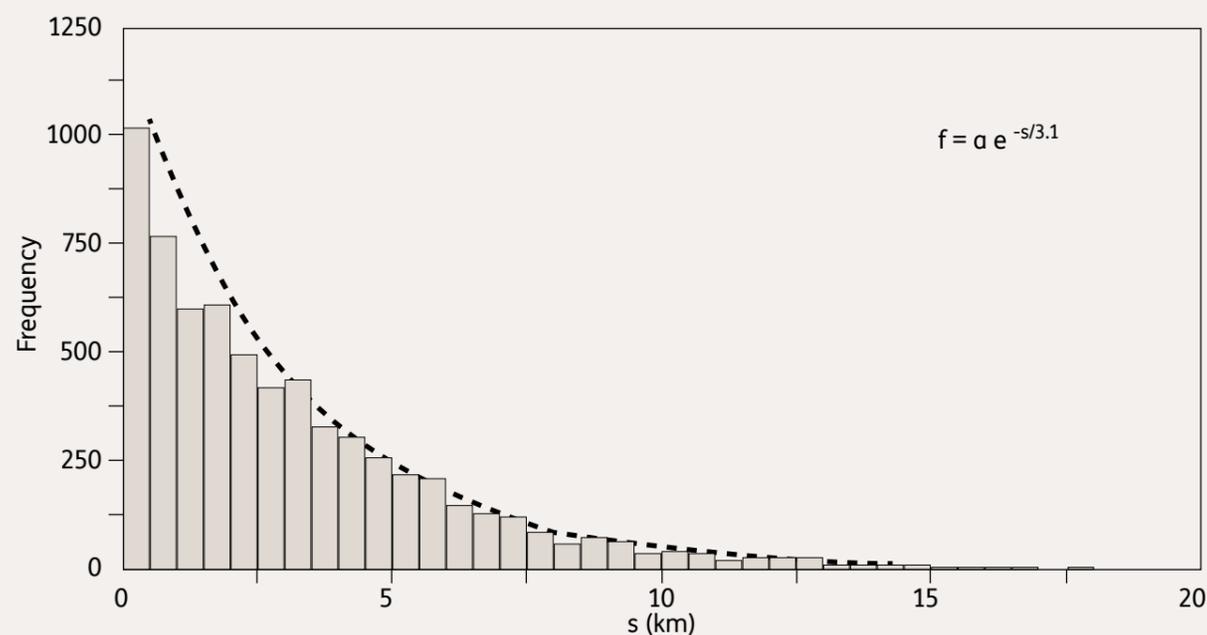
stata effettuata una sperimentazione per la ricostruzione delle mobilità pedonale e acquatica nel centro storico di Venezia attraverso i dati GPS elaborati dal sistema Geosynthesis di Nokia. La sperimentazione ha permesso di stabilire che la qualità del dato GPS consente un'accurata georeferenziazione anche nelle condizioni difficili dovute alla struttura della rete stradale veneziana e permette uno studio dell'impatto della mobilità turistica anche se, attualmente, la diversa precisione dei dati in funzione dei device utilizzati dagli utenti e l'aleatorietà del loro utilizzo durante la mobilità riduce la penetrazione del campione osservato al di sotto del 5%.

I risultati della collaborazione del Laboratorio di Fisica dei Sistemi Complessi con TIM hanno messo in luce due aspetti rilevanti per la caratterizzazione della mobilità:

1. la struttura del network di mobilità della Venezia turistica risulta molto ridotto rispetto alla dimensione totale della rete stradale. Questa osservazione consente di ridurre la complessità del "sistema città" semplificando lo sviluppo di modelli simulativi e predittivi;
2. La distribuzione delle lunghezze dei percorsi giornalieri effettuati dai pedoni è in accordo alle leggi che regolano la cinetica dei gas secondo il princi-

pio di Massima Entropia (distribuzione di Maxwell-Boltzmann). Tale distribuzione implica come un modello per la simulazione della mobilità pedonale debba tener conto dell'esistenza di una funzione 'Energia' per la mobilità che risulta caratteristica degli individui e che rende improbabili i percorsi lunghi in accordo con un decadimento esponenziale e suggerisce come la dinamica degli individui possa essere descritta meglio da un random walk rispetto ai modelli origine-destinazione, in quanto le origini e le destinazioni sono sparse in modo causale nel tessuto urbano. La figura seguente mostra la distribuzione empirica osservata durante il Carnevale di Venezia insieme ad un'interpolazione con la curva teorica esponenziale, ottenuta con una mobilità media individuale di 3,1 km. Distribuzioni analoghe sono state osservate per la mobilità veicolare nella città.

Lo scopo ultimo di tali ricerche è di produrre nuovi e potenti strumenti di conoscenza per permettere agli Stakeholders (Municipalizzate, PA Locale, ecc.) di sviluppare una Governance della mobilità, realizzando il concetto di Smart City attraverso tecnologie di partecipazione diretta dei cittadini ■



e/o messi a disposizione di Piattaforme Applicative in grado di fornire una rappresentazione integrata (Dashboard) delle informazioni del Territorio, orientate sia alle Sale Operative degli Enti Locali che alla restituzione contestualizzata e altamente personalizzata delle informazioni, mediante App o Web, alla stessa collettività che ha contribuito alla loro raccolta.

Questo modello cooperativo è alla base delle "Cognitive City", dove i Cittadini, i Turisti e le Pubbliche Amministrazioni sono allo stesso tempo fruitori e fornitori delle informazioni raccolte sul Territorio, contribuendo così in maniera virtuosa al miglioramento della qualità dei servizi dell'intero ecosistema delle Città, instaurando meccanismi spontanei di auto-organizzazione collettiva generati dal comportamento dei singoli cittadini (Swarm Intelligence).

In tale contesto, i device mobili dei cittadini naturali "sensori" del territorio, saranno in grado di contribuire, anche attraverso la geolocalizzazione MDT, allo sviluppo di metodologie e strumenti in tre aree complementari:

- Strumenti cognitivi, in grado di apprendere e rappresentare automaticamente un modello descrittivo e interpretativo delle dinamiche di interazione dei cittadini con le strutture del territorio;
- Strumenti predittivi, in grado di supportare i processi di Risk Analysis e Decision Making a

carico degli Amministratori Pubblici (Protezione Civile, Mobilità, Servizi di Sicurezza e Vigilanza, altri);

- Strumenti di Data Visualizzazione (HeatMap, Infografiche GIS), capaci per la loro natura evocativa di far percepire le informazioni e le loro correlazioni riguardanti l'uso del territorio in maniera semplice ed immediata.

I possibili casi d'uso dove i dati MDT potranno contribuire sono molteplici, tra cui:

- a) Ottimizzazione della domanda di mobilità sul Territorio attraverso la stima dei flussi residenziali, turistici, industriali, terziari e fieristici, al fine di individuare le azioni di sviluppo (Intermodalità, accordi tra TPL, riduzione della frammentazione del territorio) ma anche le azioni miranti all'abbattimento dell'inquinamento atmosferico ed acustico ed in generale alla riduzione degli effetti antropici sugli ecosistemi urbani;
- b) Supporto alla gestione di grandi eventi Pubblici e Privati in aree urbane mediante il monitoraggio delle fasi di afflusso, svolgimento e deflusso, contribuendo alla prevenzione e alla gestione dei rischi derivanti dall'elevata densità di affollamento dei partecipanti;
- c) Supporto all'operatività delle Sale di Protezione Civile e delle Forze dell'Ordine nelle situazioni di criticità e di emergenza

in particolari aree del Territorio.

In tal senso, la tecnologia MDT si candida a contribuire, come strumento complementare, ad una nuova modalità di osservazione "Privacy-by-Design" delle dinamiche socio-demografiche delle città.

Conclusioni

La messa a punto di nuove metodologie di raccolta ed elaborazione di Big Data georeferenziati da parte degli Operatori Mobili potrebbe costituire in futuro un elemento chiave per lo sviluppo di nuovi servizi per le Smart Cities, sia per quanto riguarda le opportunità di integrazione dei dati nelle Control Room del Territorio, sia per fornire informazioni e servizi in tempo reale ai cittadini tramite i loro dispositivi mobili.

In tal senso, lo studio sperimentale della mobilità urbana della città di Venezia condotto da TIM in collaborazione con l'Università di Bologna, ha messo in evidenza la possibilità di poter estrarre nuova conoscenza sulle dinamiche della città da dati di geolocalizzazione GPS/MDT raccolti dalle Reti 3G e 4G.

In una prospettiva di medio periodo, tale possibilità potrà rappresentare un'opportunità per i Telco Operators per contribuire allo sviluppo di piattaforme di Governance delle Smart Cities ■

Bibliografia

- [1] RAN Automation - Notiziario Tecnico di Telecom Italia - Autori: Graziano Bini e Michele Ludovico
- [2] 3GPP TR 21.905 - 3GPP TS 37.320
- [3] "Detecting pedestrian behavior using ICTs data during great tourist events. The Venetia case study UNIBO-TIM collaboration"
- [4] R is a project which is attempting to provide a mo-

dern piece of statistical software for the GNU suite of software. The current R is the result of a collaborative effort with contributions from all over the world. R was initially written by Robert Gentleman and Ross Ihaka—also known as "R & R" of the Statistics Department of the University of Auckland. R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.



Davide Micheli davide.micheli@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni e in Ingegneria Aerospaziale e Astronautica, è entrato in azienda nel 1989 dove si occupato fino al 2001 di Progettazione, Realizzazione impianti, Esercizio e Qualità nell'Area Territoriale di Ancona. Dal 2002 si è trasferito a Roma dove lavora tuttora nel settore di Ingegneria della Rete di Accesso Radio occupandosi di varie tematiche connesse con l'ingegnerizzazione della rete tra cui quelle legate allo studio della propagazione elettromagnetica. Negli ultimi anni, dopo aver conseguito un Dottorato di Ricerca in Ingegneria Aerospaziale, ha iniziato ad approfondire nell'ambito del suo lavoro le tecniche di machine Learning, in particolare, sui Big Data di tipo elettromagnetico statistico disponibili nella rete di accesso radio. È inoltre autore di numerosi articoli scientifici su riviste internazionali ■



Giuliano Muratore giuliano.muratore@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica, è entrato in azienda nel 1987, ricoprendo responsabilità prima nel nascente mercato liberalizzato dei servizi di messaggistica interpersonale (1990) ed in seguito nello sviluppo della Rete e dei Servizi Radiomobili di TIM (1995), con incarichi nell'evoluzione del Piano di Numerazione Nazionale (1997) e nell'introduzione in Italia della Mobile Number Portability (2001), per poi seguire il Mobile Roaming business (2010) e successivamente progetti internazionali TIM in GSMA. Negli ultimi anni ha messo la sua esperienza a disposizione della formazione Big Data e dello sviluppo delle tecniche di Machine Learning applicate a dati radiomobili. ■



Aldo Vannelli aldo.vannelli@telecomitalia.it

Laureato in Fisica e in Ingegneria dell'Informazione, in azienda dal 1988. Dopo un'ampia esperienza nell'ambito dell'Ingegneria e dell'Innovazione delle Reti Dati (Frame Relay, ATM e IP), nel 2001 passa in TIM per occuparsi dello sviluppo e dell'innovazione di applicazioni e servizi multimediali su tecnologie 2.5G/3G. In questo ambito ha coordinato numerosi progetti riguardanti l'integrazione multiservizio di voce/video/dati su mobile e lo sviluppo di soluzioni per il Mobile Content Distribution. Dal 2012 lavora nella Direzione Business & TOP Clients dove si occupa dello sviluppo di iniziative e progetti innovativi per Aziende di rilevanza Nazionale. Da alcuni anni si interessa dello sviluppo di iniziative finalizzate alla realizzazione di Proof of Concept basati su tecniche Big Data Analytics & Machine Learning. ■

ARTIFICIAL INTELLIGENCE EMPOWERING THE DIGITAL TRANSFORMATION

Ernesto Damiani, Antonio Manzalini

L'inizio dello sviluppo dell'IA (*Intelligenza Artificiale*) risale al 1943 quando Warren McCulloch e Walter Pitt proposero un primo modello di neurone artificiale (perceptron). L'arrivo, alcuni anni più tardi, dei primi prototipi di reti neurali determinò un crescente interesse scientifico per l'IA, anche grazie ai nuovi lavori del giovane Alan Turing, volti

a capire se un computer possa comportarsi come un essere umano. Oggi, a distanza di circa settant'anni, dopo il cosiddetto *inverno dell'IA*, i recenti sviluppi tecnologici dell'ICT e delle Telecomunicazioni stanno rivitalizzando l'interesse, e significativi investimenti, per l'IA, indirizzandone addirittura un ruolo chiave nella Trasformazione Digitale.



Introduction

The evolution of Telecommunications infrastructures towards Future Networks and 5G (i.e., 5th Generation of networks) is facing today three major techno-economic challenges: *simplifying* the networks architectures (e.g., delayering and decommissioning, while achieving more efficiency and cost effectiveness) to provide any sort of digital services, with shorter time to market and better quality for the Customers; *cloudifying/edgeifying* the virtual network functions and services; *optimising* and automating OSS/BSS processes to mitigate an increasing complexity.

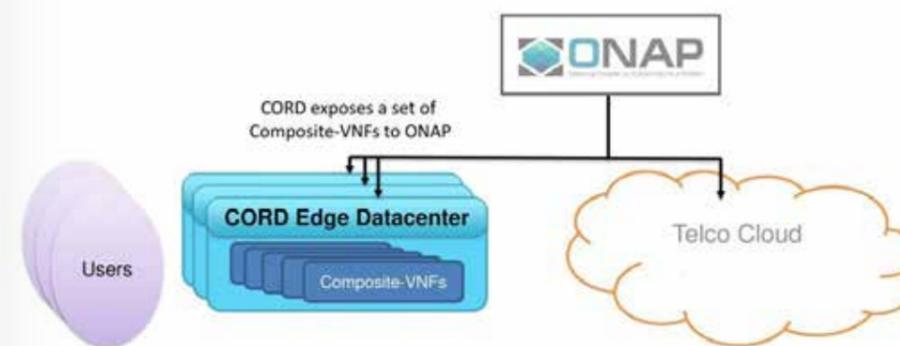
In the ongoing Digital Transformation, these challenges are expressed in the emergence of a common high-level architectural model, for the Telecommunications and ICT ecosystems: future networks and services platforms will become software environments, almost fully decoupled from an underneath physical infrastructure; these platforms will be capable of hooking together processing, memory/storage, networking virtual resources, as well as network functions and services (e.g., *service chains* executed in network slices). As a matter of fact, since a few years we have been witnessing some key drivers which are paving the way to this transformation. Among these drivers there are: the diffusion of ultra-broadband connectivity, the increasing of performances of IT systems

as well as the down-spiralling costs of hardware, the emergence of innovative technological paradigms such as SDN (*Software-Defined Networks*) and NFV (*Network Function Virtualization*), the growing availability of open source software and also the impressive advances of AI/ML (*Artificial Intelligence/Machine Learning*). It has been the growing complexity of this transformation, both in term of technologies and business implications, which has determined a revamped interest on AI/ML, which is manifested in growing investments in related systems, methods and tools for Future Networks and 5G. In fact, SDN and NFV paradigms will allow decoupling hardware and software architectures: if on one side this will offer an improved flexibility, on the other side a new complexity will emerge. The infrastructure physical layer will include processing, memory/storage and network resources (up to the edge), while a virtualization layer (i.e., software) will provide, through Application Programmable Interfaces (APIs), different levels of abstractions all of resources, functions and services (e.g., from middle-boxes to applications). In this scenario, for example, VNF (*Virtualized Network Function*) and services would be dynamically combined and orchestrated to create specific end-to-end service chains serving applications. At the same time, seen from the slicing viewpoint, the infrastructure would

provide *slices*, as *isolated* pool of resources, where to execute multiple chains to serve applications (following specific QoS requirements of the Verticals). This is like saying that the Central Offices will become Data Centres, but with another element of innovation: the Cloud Computing will be complemented by Multi-Access Edge Computing (*Figure 1*). This means that small-medium Data Centres at the edge of the infrastructure can host smaller Central Offices (*edgefication of the network*).

In this high level architectural model, the OS (*Operating System*), as shown in *Figure 2*, will play the role of a software platform enabling management, control and orchestration capabilities (e.g., OSS/BSS processes) and services, through a secure and controlled access to all the abstractions, in order to serve any vertical applications. This same model will allow also Third Parties to access the infrastructure service planes, augmenting the Operator's role into Service Enabler [Manzalini 2014].

This technological evolution will dramatically increase the flexibility of network and service platforms while ensuring the levels of programmability, reliance and performance required by future 5G scenarios and applications (e.g., Internet of Things, Tactile Internet, Immersive Communications, Automotive, Industry 4.0, Smart Agriculture, Omics and E-Health, etc). On the other hand the management com-



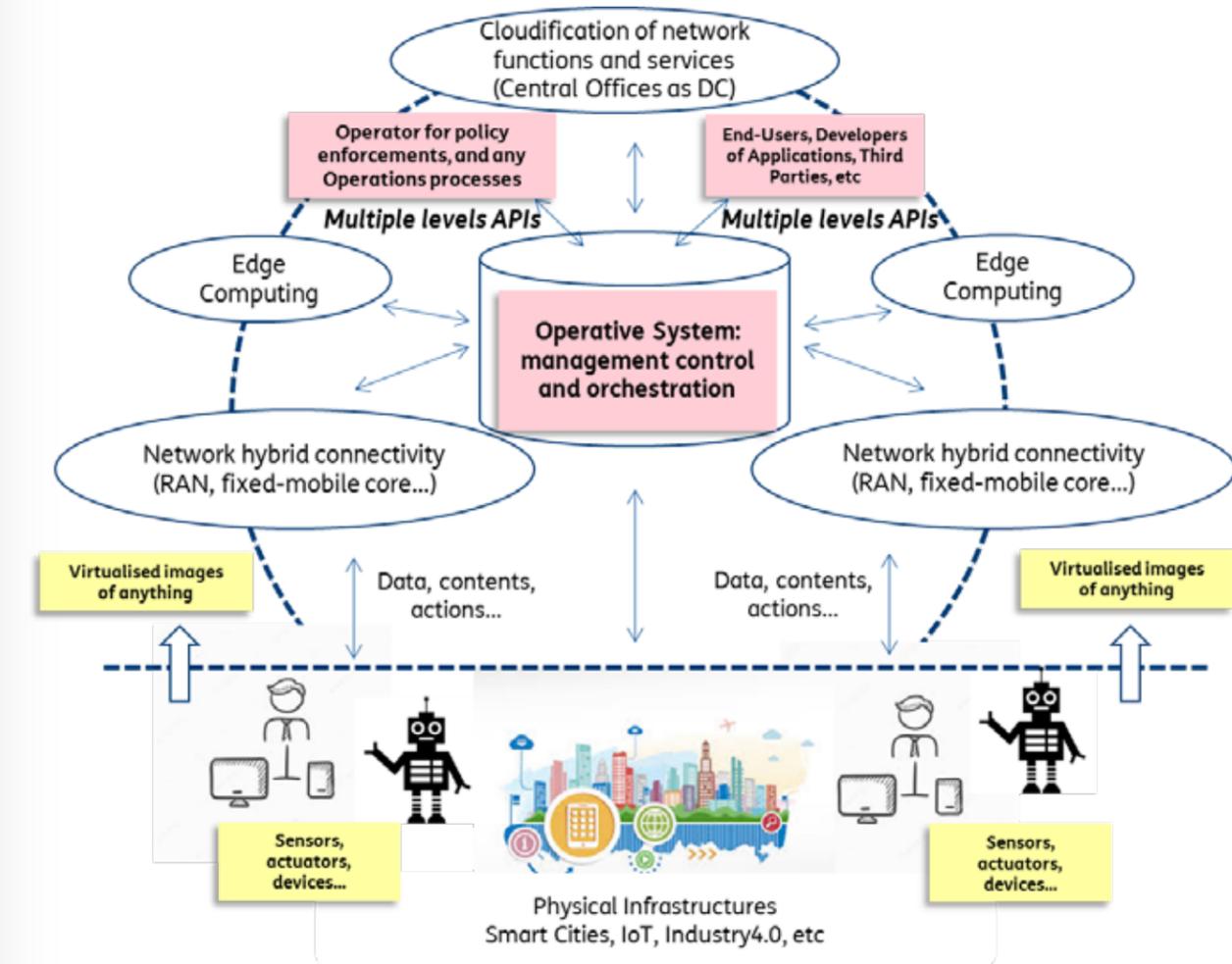
1 Example of integrated orchestration (ONAP) of Cloud and Edge Central Offices (Source: ONF)

plexity of such future infrastructures (e.g., for FCAPS and orchestration of virtual resources and services) will

overwhelm human-made operations, thus posing urgent needs of designing and deploying OS with

AI/ML features. The use of the huge data lake generated by the infrastructure will allow automating

2 Emergence of a common reference model for Future Networks and 5G



processes by introducing cognitive capabilities at various levels. Example of cognitive capabilities include: understanding application needs and automating the dynamic provisioning of services; monitoring and maintaining network state; dynamically allocating virtual network resources and services; ensuring network reliability and enforcing security policies.

Moreover, although we cannot yet fully grasp how pervasive AI/ML will be, it is likely that it will also enable innovative features when provisioning future digital cognitive services for homes, businesses, transportation, manufacturing, and other industry verticals, included the smart cities. For example, the strict requirements of future 5G services (Figure 3)

will require automatic intent frameworks capable of: compiling intents for OS processing; applying policies and verifying properties; submitting for resource allocation; verifying feasibility, configuring the network resources.

It's then reasonable to argue that AI/ML potential will be so valuable for the business sustainability of Telecommunications and ICT, that not only will help extracting the required level *simplicity* for operating future infrastructures, but also it will potentially enable new service paradigms and business roles.

Potential Impacts of AI on 5G and Future Networks

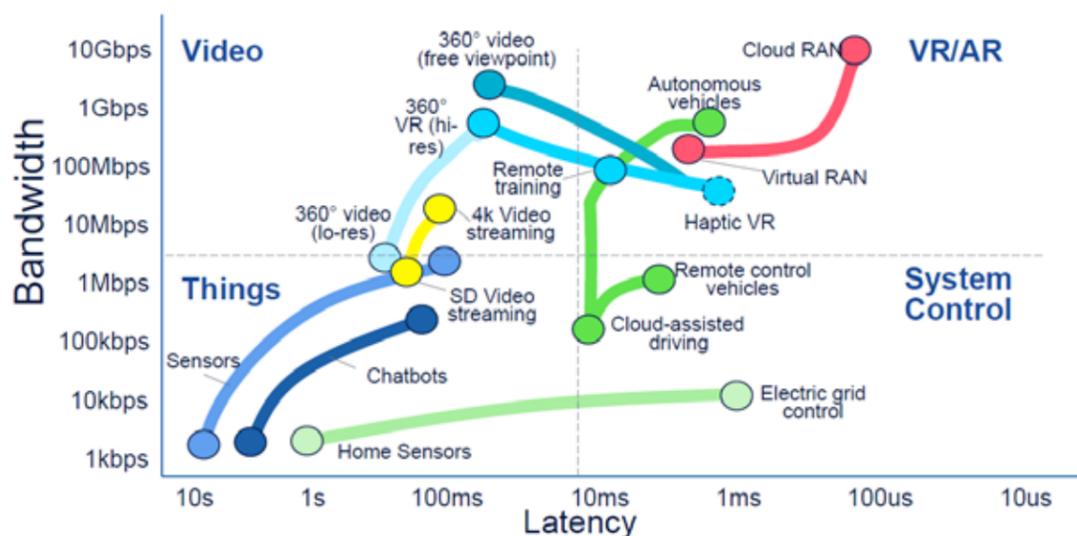
What are the potential game-changing consequences of AI/ML in the

Digital Transformation of Telecommunications? In this section we are briefly reporting some areas of innovation which are already ripe for AI/ML exploitation in network and services infrastructures.

Automated Operations and Network Intelligence

Today, many Telecom Operators are still relying on manual management processes: on the other hand there is a clear awareness of the potential for using AI-powered solutions for automation thus reducing costs, increasing productivity, and driving more value. The rationale is to use of AI for automating the operations processes based on collection and elaboration in (almost) real time of data about states and levels of performances of nodes/systems and logical/virtualised resources etc. For

3 Bandwidth vs Latency requirements of applications and services



example, AI can automate the management, control and orchestration (e.g. MCO) processes of physical pieces of equipment, which today are mostly carried out by humans, introducing control loops acting on virtual/logical entities (e.g., Virtual Machines, Containers, appliances etc). In this direction, AI promises to deliver scalable OSS/BSS functions based on ML models capable of seeing and interpreting the state of millions of network entities via the analysis of huge data streams. Moreover, network and service computational intelligence (e.g., in the Radio Access Networks and in the Core), based on data about Customers' service patterns and traffic, would allow improving the quality of the customer experience whilst optimizing the use of resources.

Cybersecurity

Future Networks and 5G will have to face all the security challenges typical of today's Telecommunication infrastructures, but with a new and IT-oriented perspective brought by SDN and NFV. Nevertheless, these same enabling technologies, integrated with AI/ML will provide new instruments to mitigate such risks. To mention some examples: AI/ML will allow inferring proactive actions (even based on early-warning signals of attacks); the adoption of flexible and automatic features for fast traffic steering (e.g., quarantine, honey pots, slicing segregations); the automatic configuration

of security virtual appliances to be added into the service chains.

Smart Capex and Opex

Concerning the Smart Capex and Opex, AI/ML would enable the adoption of "QoE" models and indicators to support investment and design processes based on a data-drive approach (e.g., selection of deployment regions, strategic priorities, etc). Moreover, regarding Opex optimization, it is well known that energy consumption is one of the major cost items for Network Operators: AI/ML methods would allow using the *data lake* for implementing performance analysis and optimization methods for energy consumption vs quality of service.

Improving agility and enabling new services

Operators and Service Providers are very aware that they are competing with agile players, such as Google or Amazon, and are looking to build an infrastructure where AI/ML will make the service platforms agile enough to bring up new services in minutes or hours versus weeks or months. Moreover, AI/ML is expected to enable the development of new applications in key domains like Internet of Things, Tactile Internet, Immersive Communications, Assisted or Autonomous Automotive, Industry 4.0, Smart Agriculture, Genomics/Omics and E-Health, and

others. By doing so, AI promises to deliver a key contribution to the infrastructure's business sustainability. In fact, increasing competitive pressure in the Telecommunications market is forcing Network Operators and Service Providers to look for novel solutions for reducing/optimizing operations costs to compensate the cases where revenues are declining. By promising to decrease the management costs (e.g., with automated management, control and orchestration) and to boost revenues (e.g., by enabling innovative applications), AI adoption is increasingly perceived as a key competitive advantage.

Data Multi-dimensionality and Deep Learning

After the so-called *AI winter*, in the last few years, AI has delivered many applications showcasing impressive performance and potential of practical exploitations. A convergence of technology trends and drivers, social transformations, and new economic needs is now paving the way for a wide adoption of AI in several businesses and industries. For example, the availability of software frameworks for handling big data revived AI innovation of ML and DL (*Deep Learning*). Multi-dimensionality of data is one of the major challenges. Multi-dimensionality is a property of data

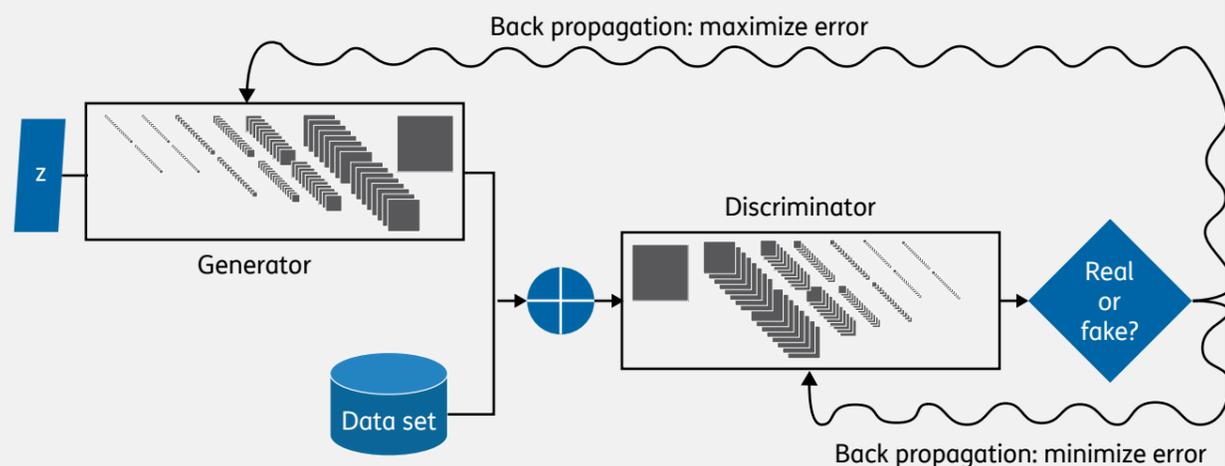


GANs

5G GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS

GAN is a relatively new Machine Learning architecture for neural networks: it was first introduced in 2014 by University of Montreal (see [this paper note 1](#)). In order to better capture the value of GANs, one has to consider the difference between Supervised

A Architecture of the Generative Adversarial Networks



[1] <https://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets.pdf>

[2] <https://ishmaelbelghazi.github.io/ALI/>

[3] <https://www.linkedin.com/pulse/gans-one-hottest-topics-machine-learning-al-gharakhian/>

and Unsupervised learning. Supervised neural machineries are trained and tested based on large quantities of “labeled” samples. For example, a supervised image classifier engine would require a set of images with correct labels (e.g. cats, dogs, birds,...). Unsupervised neural machineries learn on the job from mistakes and try avoiding errors in the future. One can view a GAN as a new architecture for an unsupervised neural network able to achieve far better performance compared to traditional ones.

Main idea of GAN is to let two neural networks competing in a zero-sum game framework. A first network takes noise as input and generates samples (generator). The second one (discriminator) receives samples from both the generator and the training data, and has to be able to distinguish between the two sources. The two networks play a game, where the generator is learning to produce more and more realistic samples, and the discriminator is learning to get better and better at distinguishing generated data from real data. These two networks are trained simultaneously, in order to drive the generated samples to be indistinguishable from real data.

GANs will allow training a discriminator as an unsupervised “density estimator”, i.e. a contrast function that gives us a low value for data and higher output for everything else: discriminator has to develop a good internal representation of the data to solve this problem properly. More details [\[note 2\]](#).

GANs were previously thought to be unstable. FAIR (Facebook AI Research) published a set of papers on stabilizing adversarial networks, starting with image generators using LAPGAN (Laplacian Adversarial Networks) and DCGAN (Deep Convolutional Generative Adversarial Networks), and continuing into the more complex endeavour of video generation using AGDL (Adversarial Gradient Difference Loss Predictors).

As claimed [\[note 3\]](#), it seems that GANs can provide a strong algorithmic framework for building unsupervised learning models that incorporate properties such as common sense ■

where each record includes hundreds or thousands of dimensions (also called *features*). The human brain itself is a deep neural network where many layers of neurons act as feature detectors, detecting more and more abstract features. A Telecommunications network, which actually operates over multiple protocol layers at the same time, is a nice example of a source of highly dimensional data streams.

In this direction, many recent researches are focusing on DL techniques based on the notion that the analysis (e.g., for classification or anomaly detection) of data points characterized by many features needs to follow a hierarchical abstraction process, which cannot easily be modeled by classic NNs (*Neural Networks*).

While the potential of DL-NN (*Deep Learning Neural Networks*) for analysing highly dimensional data streams was recognized already in the Nineties, DL was impaired for a long time by the fact that traditional NN training techniques like *gradient descent* (following the negative gradient of the network error function) turn out to be very slow to converge (if they converge at all) when the gradient must be spread across multiple layers. This is known as the *vanishing gradient problem*: the distance between the desired and the actual values of the function computed by a NN (the error) shrinks exponentially with the number of layers, making the error gradient difficult to identify and follow on the

part of traditional training methods. In other words, traditional NN training makes poor use of additional layers.

Figure 4 shows the DL principle and the approach to this problem: rather than training the network's intermediate layers based on the final classification or anomaly detection analytics to be performed, DL techniques train each internal layer pair to translate the original feature space into another one. This translation preserves the *probability density* of the input data space: input data points are mapped into (a usually smaller) number of outputs, each of which has many occurrences equal to the sum of the occurrences of the inputs mapped into it. The important notion here is that training a layer pair to preserve the input space probability density does not involve minimizing the global error function of

the desired analytics, but a local, independent error function. Therefore, training of internal layer pairs can be performed independently (e.g. part on the terminal devices, part at the network edge/core) and quickly. Only the final layer pair ("ML Model" in the right of Figure 4) will undergo the traditional NN gradient-based training, minimizing the error on the desired analytics function.

DL-style training has delivered a series of impressive results from 2011 onwards (including IBM Watson's success against a human champion at "Jeopardy!", or the recent defeat of a human player of "Go" at the hands of a DL model).

However, it is important to remark that the last few years of research have proven that DL analytics can achieve satisfactory performance only provided that two key conditions are met:

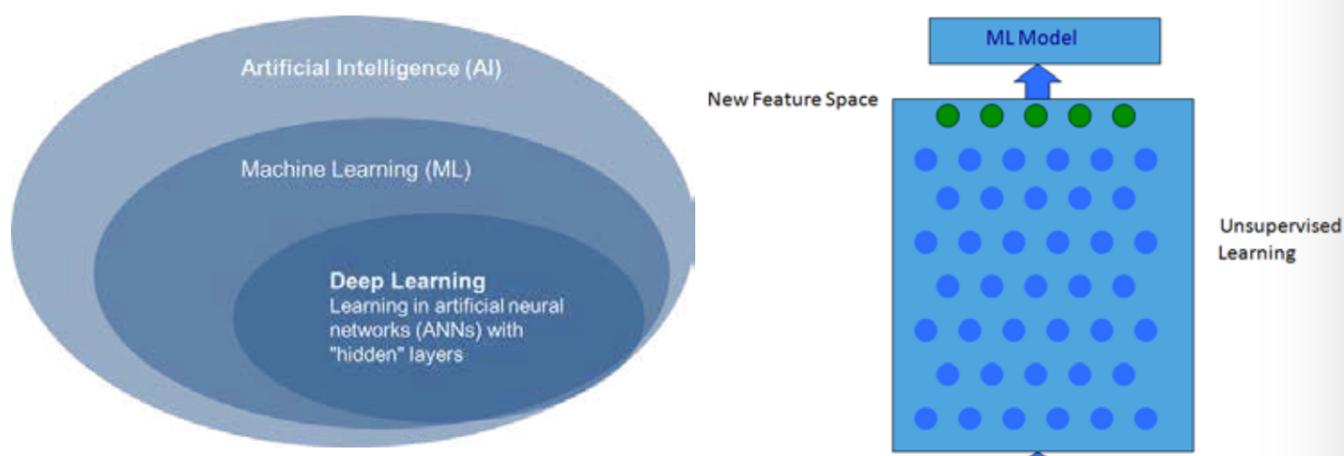
- input data is an accurate statistical representation of the physi-

cal environment, suitable for the chosen ML model;

- distributed training and execution of the chosen ML model can meet the deadlines given the application's latency and resource constraints.

These two key conditions are not always met when considering the available *data lake* of Telecommunications infrastructures. As a matter of fact, network data are made available by the network entities through an implicit transformation process that includes a diverse panoply of preparation and pre-processing activities. This transformation is independently performed devices at the periphery, as well as by edge processing, and is far from an ideal statistical measurement process (e.g. the classic one mapping a point value into a normally distributed measurement). Input data latency, availability and veracity, as well as the corresponding computational load, may widely vary, depending on the conditions in the field.

4 Deep Learning principle



Example of applications and challenges

In future scenarios, as shown in Figure 2, where the network is more and more pervasive and dynamic, like a sort of *nervous system* of the Society, the *data lake* is made by a huge amount of highly heterogeneous which are coming from a sheer number of diverse sources (e.g., network nodes, IT systems, terminals, devices, smart things, etc). These data include states, configurations, performance data, alarms, logs, etc. and they will show different feature subsets: for example, in 5G it is expected that each data item may easily have hundreds or even thousands of dimensions. This is a big challenge for AI systems.

Let us consider the example of using DL to quickly identify cyber-threats in a 5G network. In principle, the 5G allows extracting highly dimensional, multi-layer data points describing complex entities like "connections" from network flows. DL learning techniques can support adapting the configuration of the cyber-defence architecture according to fluctuation of traffic gathered from 5G subscribers' UE (*User Equipment*) in real-time (e.g. the abstraction of a "too long" connection may depend on context-related, slow-varying features such as the data traffic cost per Gigabit for each customer segment). DLs distributed training can transparently fine tune the behaviour and performance of

the network's own analysis and detection processes.

In this further example [Veeramachaneni 2016] an end-to-end system combines analyst intelligence with state-of-the-art machine learning techniques to detect new attacks and reduce the time elapsed between attack detection and successful prevention. The system presents four key features: a big data behavioural analytics platform; an ensemble of outlier detection methods; a mechanism to obtain feedback from security analysts; a supervised learning module.

As another example, let us consider future applications such as autonomous vehicles for SDT (*Self-Driven Transport*) scenarios. The latencies requirements for these applications are so strict (e.g., order of ms) which is not possible to close the loop executing the applications in the Cloud Computing. For example if the distance of the Cloud is one hundreds of km, only the round trip-and-back transmission latency is the order to tenth of ms which should be added to the processing latency of the end-to-end service chain. This is not compatible with the reaction times required by SDT. The deployment of local processing and MEC solutions can help mitigating this problem but it requires an OS (i.e., management/control and orchestration capabilities) capable integrating on-device, edge-based and cloud-based training of DL models. In this context, local resources (e.g., in the vehicle, or mobile terminals) could be very

promising for hosting the training of the intermediate layers of DL-NN models; in this case the MEC could efficiently aggregate abstractions while the Cloud could deliver fast final layer training and model updates. In this direction, Technology Providers have been gradually introducing high cognitive capability in mobile terminals (for instance, Apple has introduced the framework for Deep Learning Inference BNNS - Basic Neural Network Subroutine); this can potentially pave the way even to AI-supported smartphone-to-smartphone interaction for several applications.

In synthesis, in order to face Future Networks and 5G applications, AI should aim at cognitive solutions with more human-like characteristics - such as an intuitive understanding of the real world and more efficient ways of learning. This may require a renewed exchange of ideas between AI and neuroscience can create a 'virtuous circle' advancing the objectives of both fields [Hassabis 2017].

Trends and perspectives

The effective applications of AI in Future Networks and 5G scenarios are likely to require multi-domain orchestration of distributed processing in the terminals/devices (e.g., Fog Computing), at the edge (e.g., MEC) and in the Cloud Computing facilities. Moreover, in

multi-Operators scenarios, it is expected that the composition of AI virtual pipelines (i.e., acquisition, preparation, pre-processing, and analytics) will look like, or better will become, part of a chain of network services [Damiani2017], where some of them can belong to different Operators and may pursue different and non-perfectly aligned goals.

In this direction, the end-to-end interoperability is a must and it requires standardization more efforts and further achievements. First of all, it is necessary to consider the impact of current, and future, AI systems and methods in the functional architecture of Future Networks and 5G. This means understanding which and how the architectural functional blocks will be impacted, and what will be the related standardised interfaces. In this direction a global effort is still required from both hardware and software vendors to participate in standardization bodies. Moreover the design and development activities of Future Networks and 5G system will have include collaborations between industry standardization forums and Open Source communities (e.g., ETSI, ITU-T, Linux Foundation, ONF, OCP-TIP, IETF, IEEE).

Overall some key technical challenges have to be solved for a mature application of AI in the Telecommunications domains. One challenge, for example, is the loss of precision due to missing data, alignment of different dimensions and artificial

autocorrelation in the data flows, and assure the desired non-functional properties of AI model computation in terms of privacy, data integrity and protection. In the medium term, moreover, AI will have to rely on two pillars: structural awareness, making the learning process reminiscent of the multiple sources contributing to multi-dimensional data, and adversarial composition, modelling the data preparation/gathering as a source of perturbation/noise. This paradigm would take as parameters the pertinent uncertainty models and the related uncertainty principles. It will also be important to address ethics and legal concerns that may depend on the cultural and regulatory environment where the pipeline is deployed.

Moreover, it should be considered that feature data sets collected by mobile terminals and devices at the network periphery have natively faceted structures that can be exploited in the learning strategy. For example, recent ML analytics called multi-view learning can treat input data facets (called views) differently, e.g. using multiple learning classification models or coordinating training of multiple models (co-training). Notably, multiple learning algorithms exploit learners that naturally correspond to different views and combine them linearly or non-linearly to improve learning performance. In turn co-training algorithms pursue agreement between models trained on distinct views,

and subspace learning algorithms try to identify a latent subspace shared by multiple views by assuming that the input views are generated from it.

Learning model composition are also expected to incorporate adversarial learning, which deals with highly dimensional data where features may have diverse veracity, due to the presence of hostile, un-trusted or semi-trusted components along the model training chain. The adversarial paradigm (see box for details) considers the data preparation/gathering as inherently including a source of perturbation/noise and train DL models considering the uncertainty type and the corresponding uncertainty principles.

In the technological trend towards exploiting more and more general-purpose systems and hardware, AI could play the crucial role to make the systems able to automatically customized/adapt to the specific context, data and access patterns of services requests.

So, if it's true, according to Darwin's Origin of Species, that it is not the strongest the species that survives, but the one that is able best to adapt and adjust to the changing environment in which it finds itself, Network Operators which will be able to integrate AI in 5G are likely to gain a new competitive advantage, even beyond adaptability: their infrastructures will improve with age [MIT] ■

References

[Manzalini 2014] A. Manzalini, D. Soldani, "5G: The Nervous System of the True Digital Society", E-Letter for Multimedia Communications Technical Committee IEEE Communications Society, September 2014, <http://www.comsoc.org/~mmc>

[Veeramachaneni 2016] K. Veeramachaneni, et al. "AI2 : Training a big data machine to defend" available at https://people.csail.mit.edu/kalyan/AI2_Paper.pdf

[Hassabis 2017] D. Hassabis, et al., "Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence", Neuron, Volume 95, Issue 2, 245 - 258 available at [http://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(17\)30509-3](http://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(17)30509-3)

[Damiani 2017] E. Damiani, et al. "Toward Model-Based Big Data-as-a-Service: the TOREADOR Approach", ADBIS 2017: 3-9

[MIT2018] Will Knight, "Your next computer could improve with age", MIT Technical Review available at https://www.technologyreview.com/s/610453/your-next-computer-could-improve-with-age/?utm_source=newsletters&utm_medium=email&utm_content=2018-03-13&utm_campaign=the_download



Ernesto Damiani ernesto.damiani@kustar.ac.ae

Ernesto Damiani is a Full Professor at the Università degli Studi di Milano, where he leads the SESAR research lab, and he is the leader of the Information Security Center at the EBTIC/Khalifa University in Abu Dhabi, UAE. From 2017, he is the Principal Investigator of the H2020 TOREADOR project, the biggest project on Big Data Analytics led by an Italian group. He was a recipient of the Chester-Sall Award from the IEEE IES Society (2007) and received the Stephen S. Yau Services Computing Award (2016). In 2017, he received a Laurea Honoris Causa from the Institut National des Sciences Appliquées of Lyon, France. He is the authors of more than 500 papers and his work has been cited more than 5000 times ■



Antonio Manzalini antonio.manzalini@telecomitalia.it

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



Notiziario Tecnico

Anno 27 - Numero 1, Aprile 2018

www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

ISSN 2038-1921

Registrazione

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

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

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

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