

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

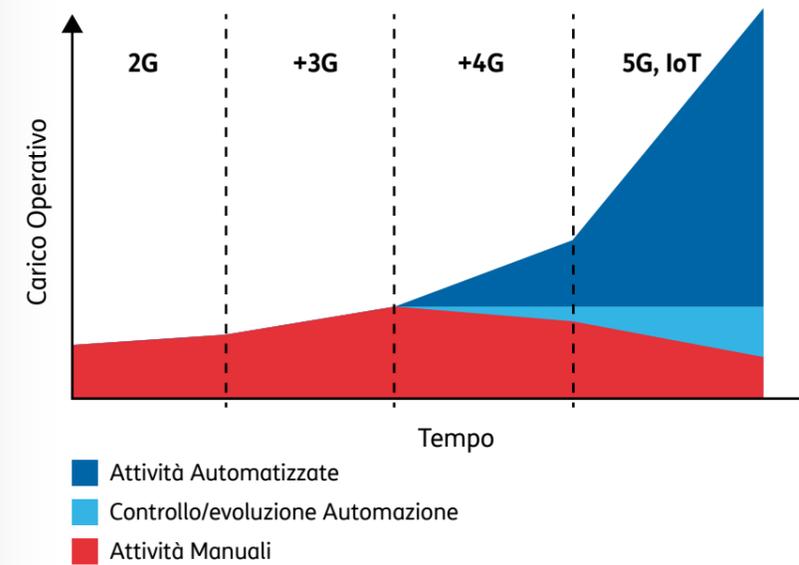
(controllato solo in parte dall'operatore...)

- **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,

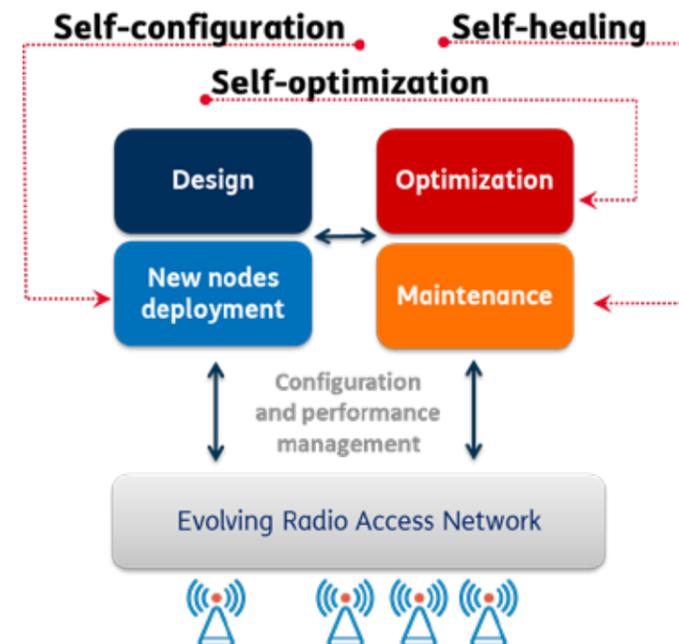
come ad esempio i vincoli di esposizione ai campi elettromagnetici (CEM), per i quali l'Italia ha una delle normative più stringenti al mondo. A fronte di una complessità così alta e crescente, la sostenibilità del business richiede di migliorare la Customer Experience sfruttando nel modo più efficace 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

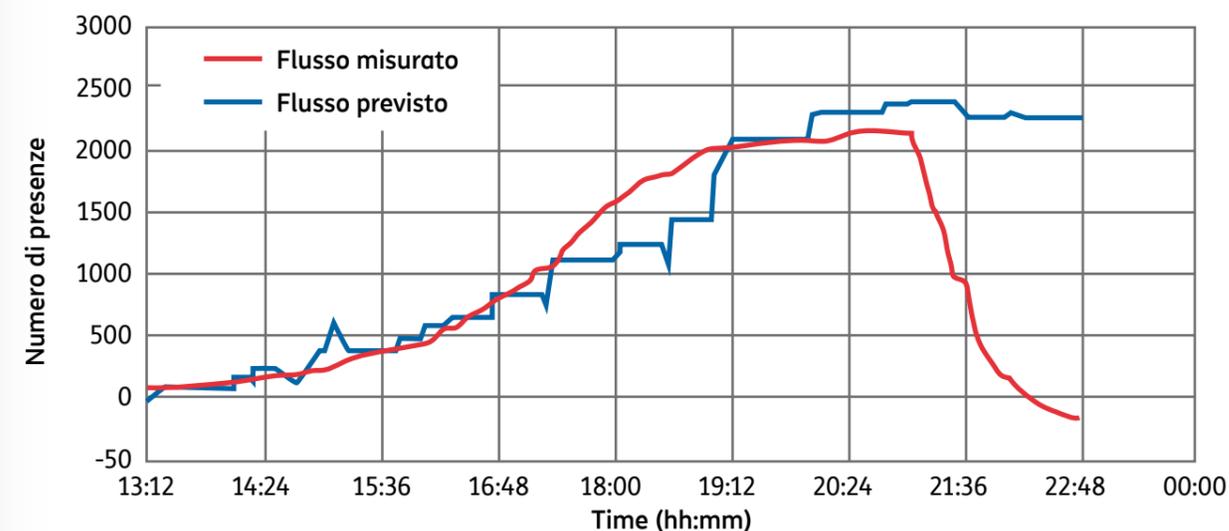
L'approccio all'automazione di parte di processi di configurazione e ottimizzazione dell'accesso radiomobile (il paradigma SON descritto nell'articolo riferimento) segue, nelle sue prime realizzazioni, un approccio "reattivo", basato sull'adeguamento della rete alle condizioni variabili di traffico o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

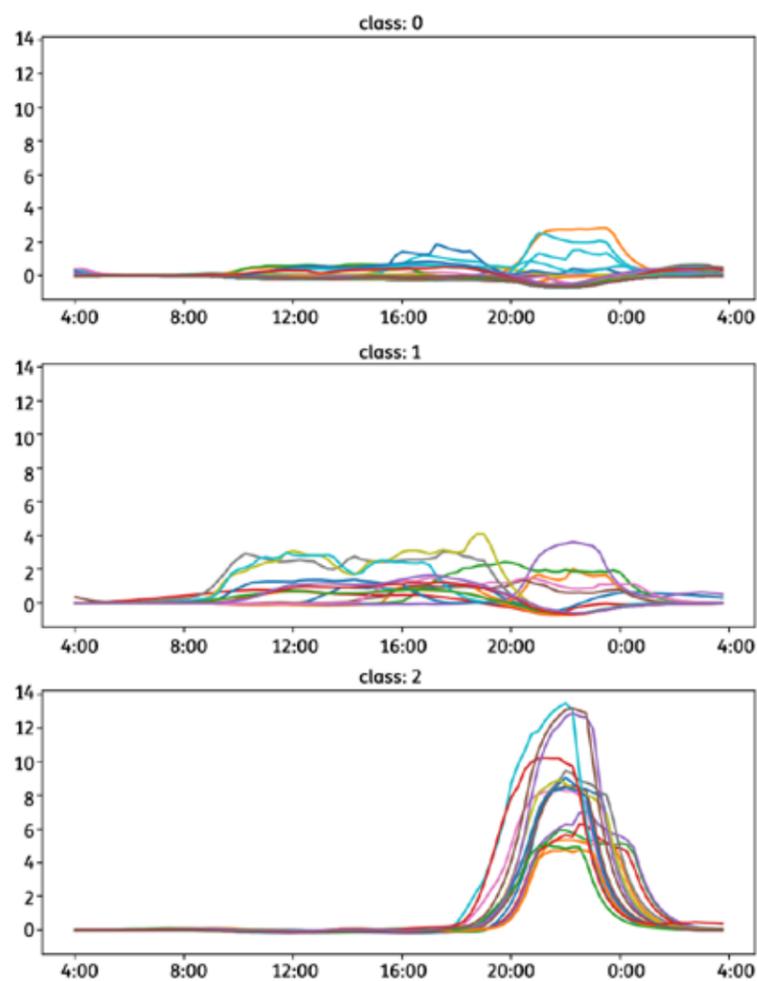
tà computazionali oggi disponibili, consentono di trarre valore dell'enorme quantità di dati presenti e generati dalla rete. La convergenza di tecniche di data mining efficienti associata alla disponibilità di risorse di calcolo adeguate, rendono le metodologie di analisi basate su tecniche di Intelligenza 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

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-

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 ■

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).

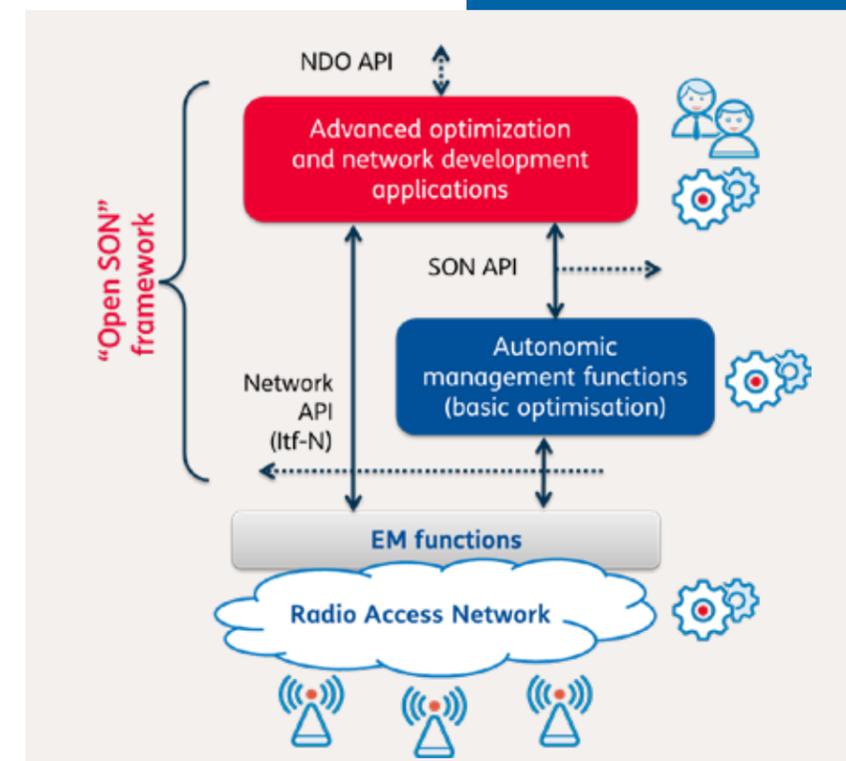
La Figura 3 riassume l'approccio Open SON definito da TIM.

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.

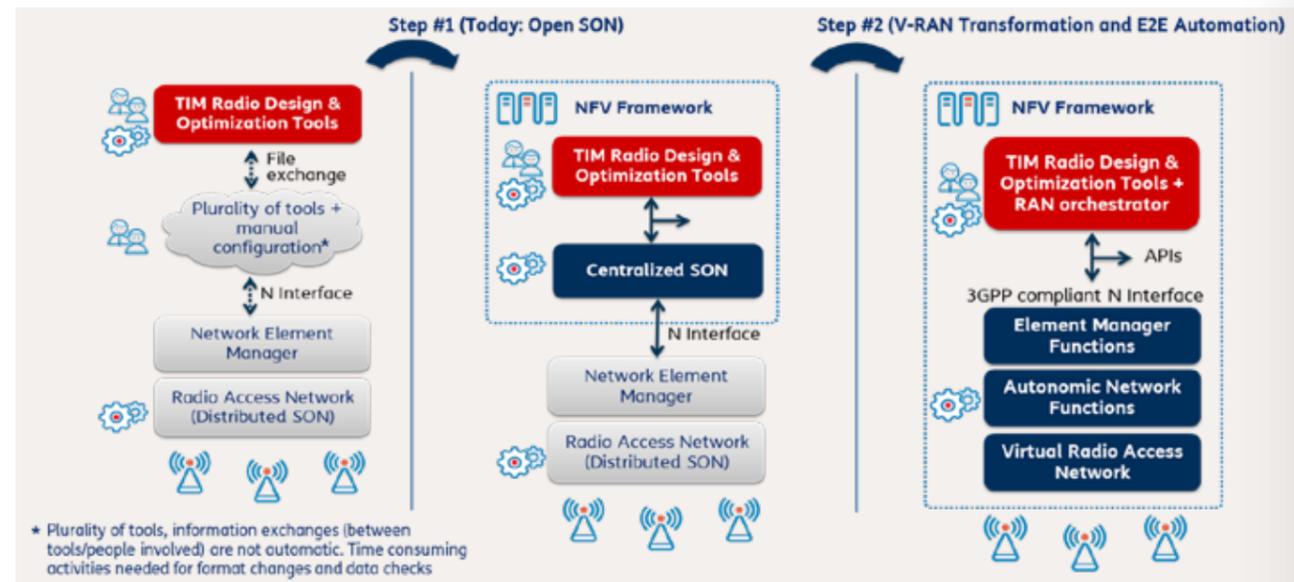
Questo insieme di moduli software, indicato come "Open SON framework" o come "RAN automation framework" è sviluppato in coerenza con le iniziative di "Network Function Virtualization" di TIM: tutti i sistemi indicati sono integrati come Virtual Network Functions all'interno delle infrastrutture NFV.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



* Plurality of tools, information exchanges (between tools/people involved) are not automatic. Time consuming activities needed for format changes and data checks

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.

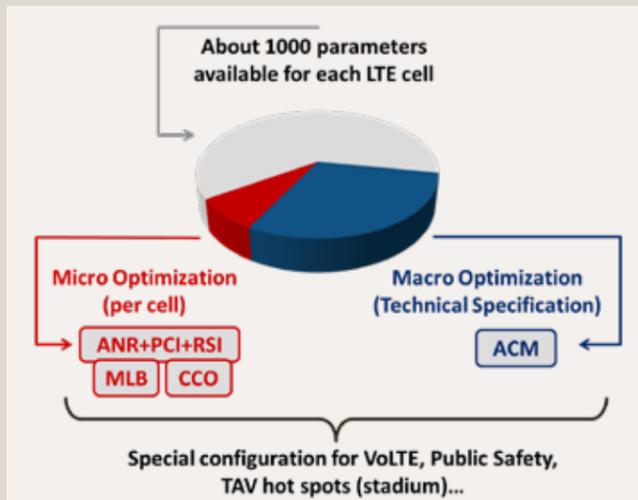
Ad oggi la sola rete di accesso LTE di TIM consta di decine di migliaia di celle destinate a diventare presto dell'ordine delle centinaia di migliaia. A ciascuna cella LTE è associato più di un migliaio di parametri radio che necessitano di essere configurati, tra cui ricadono sia i parametri definiti 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 ridistribuire 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

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

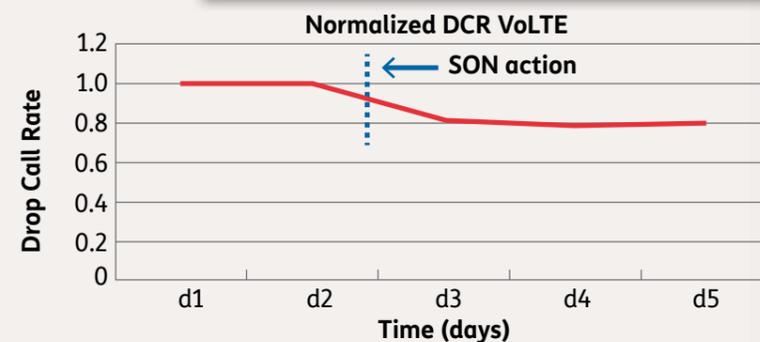
B
Analisi delle relazioni di adiacenze mediante TIMqual (L-n-G: relazioni da LTE a GSM; L-n-U relazioni da LTE a UMTS; L-n-L: relazioni da LTE a LTE)



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)



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)

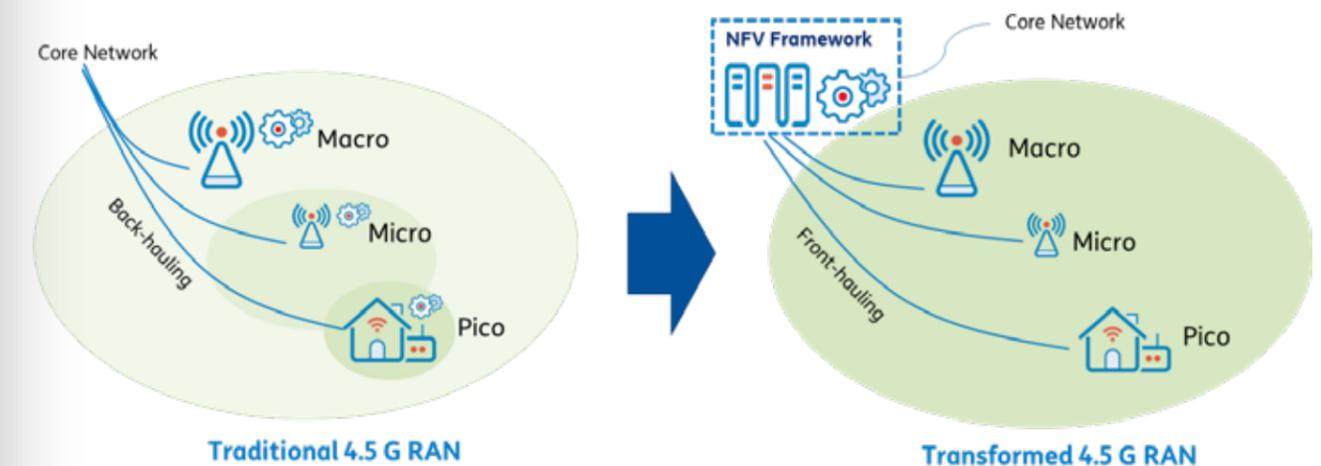
L'introduzione della Virtual RAN unisce due principali cambiamenti rispetto al paradigma tradizionale di realizzazione della rete di accesso radio (Figura 5):

- 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-

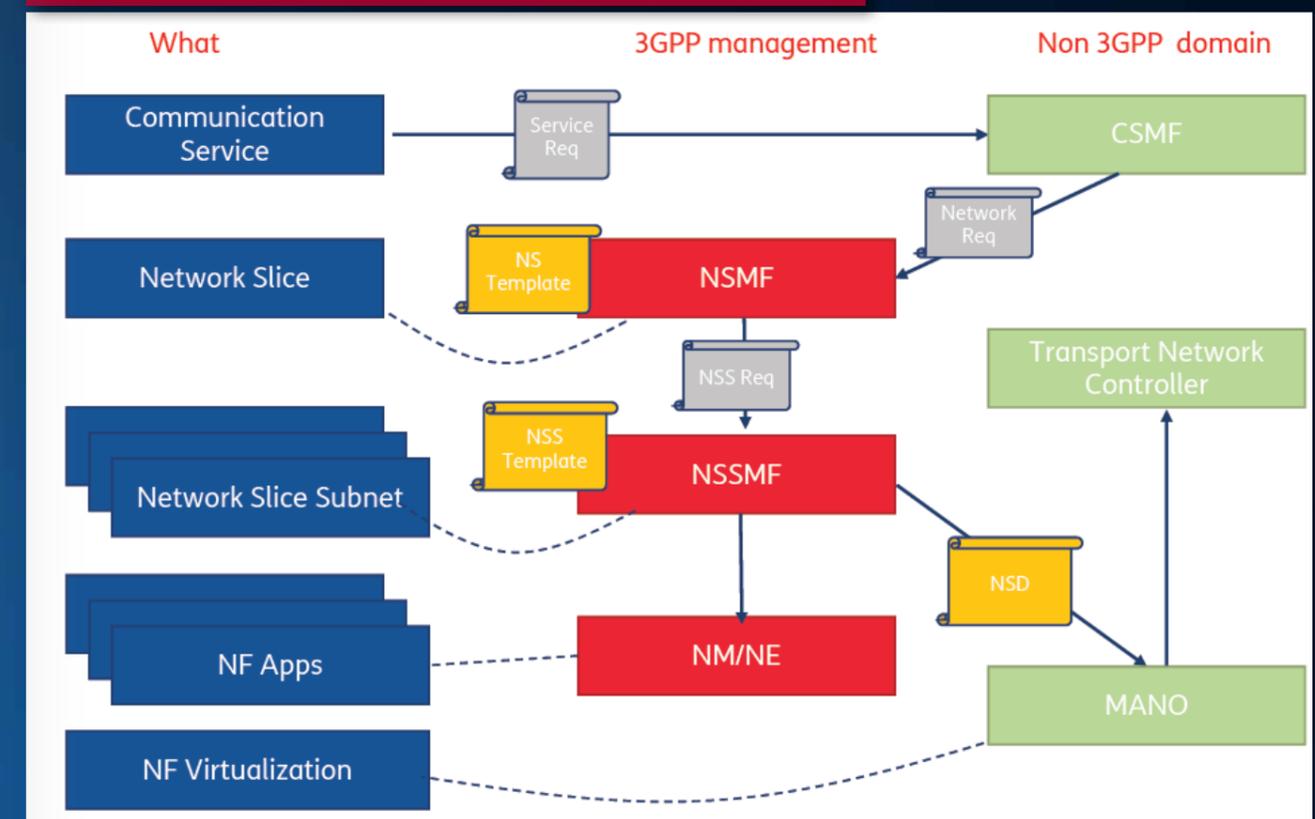
stione di isole di NF (Network Functions) connesse fra loro a formare un sotto parte della Slice (Slice Subnet). Una Network Slice soddisfa in modo completo una richiesta di servizio e non può quindi essere considerata una parte condivisa di una eventuale slice più grande, la Slice Subnet invece può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

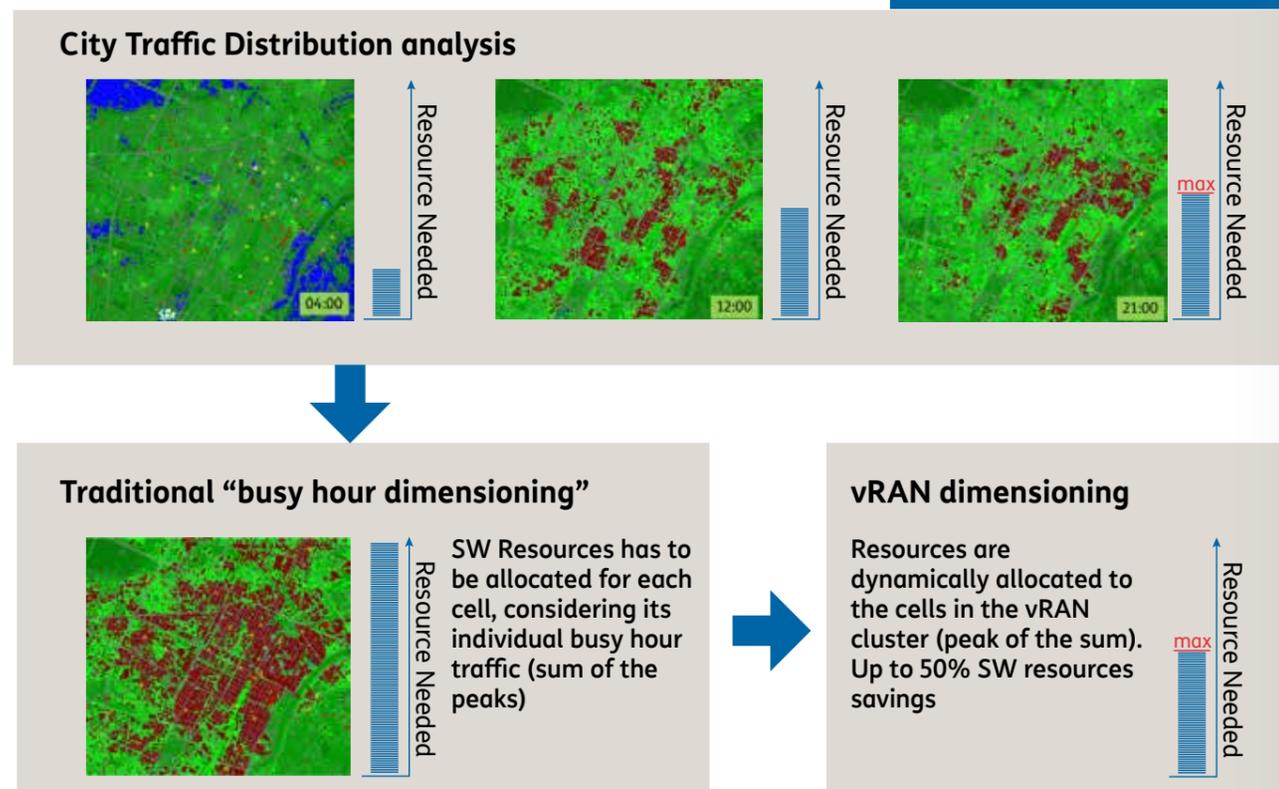
NFV di TIM e requisiti di trasporto sostenibili grazie a tecniche di front-hauling innovative.

- **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

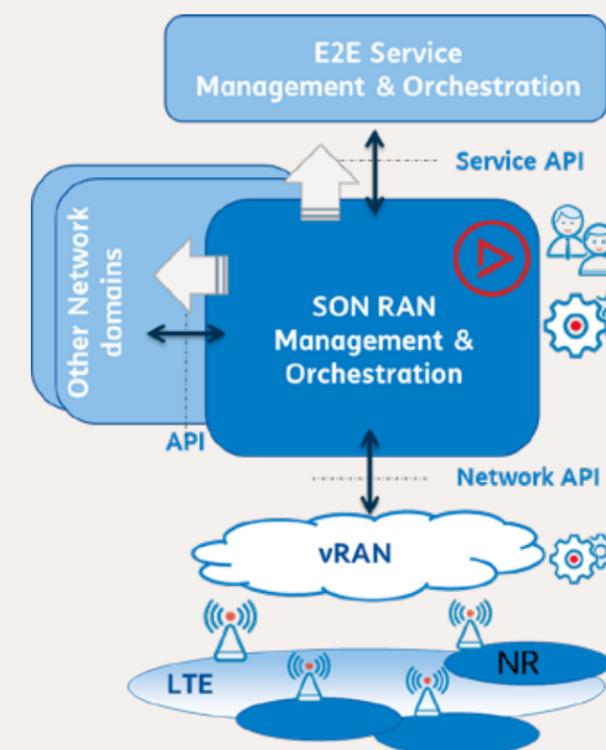
Il percorso evolutivo verso la completa digitalizzazione delle reti

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 ■