



Tecnologie & Servizi dall'esempio di Marconi

5G: oggi e domani - Slicing ed Edge Computing

29 maggio 2018



Riservatezza

Copyright © 2018 ICT Consulting S.p.A.

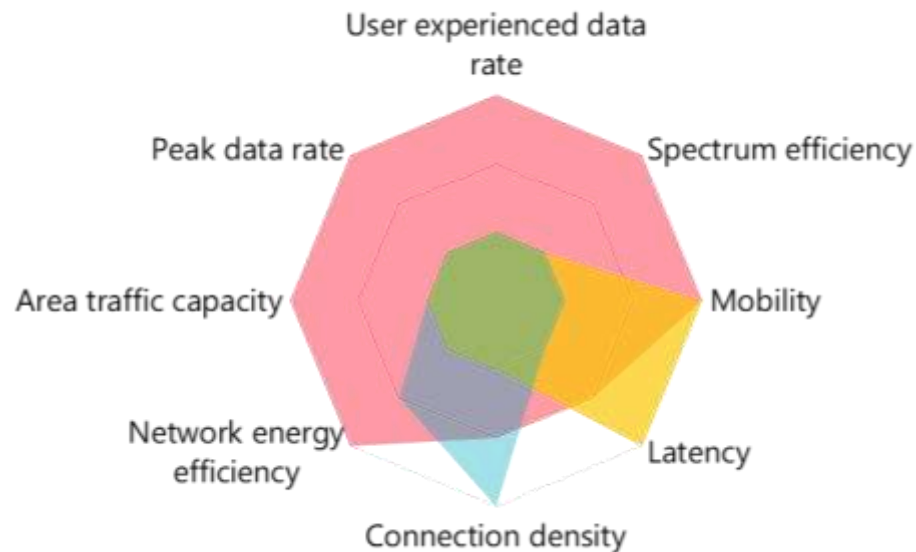
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o trasmessa, in tutto o in parte, senza il permesso scritto di ICT Consulting S.p.A., a persone fisiche o giuridiche che non siano l'azienda cliente indicata in intestazione. I contenuti del documento non possono altresì essere copiati, donati o venduti a terze parti senza il permesso scritto di ICT Consulting S.p.A., né i suoi contenuti possono essere rivelati a persone fisiche o giuridiche che non siano il cliente indicato in intestazione senza il permesso scritto di ICT Consulting S.p.A..

ICT Consulting S.p.A. non si assume alcuna responsabilità per l'uso del materiale contenuto nel presente documento.

Slicing ed Edge Computing

La rete 5G come piattaforma per lo sviluppo digitale

Le **reti di quinta generazione** non comporteranno semplicemente l'introduzione di una nuova interfaccia radio, ma assumeranno il ruolo di **piattaforma abilitante lo sviluppo di nuove applicazioni, favorendo la trasformazione digitale di diversi mercati verticali** (IoT, Industry 4.0, e-health, utilities, smart cities, smart buildings, smart environment, public safety, automotive etc.). Gli operatori di comunicazioni dovranno essere in grado di offrire **servizi di connettività eterogenei** in grado di rispondere ai differenti requisiti delle varie applicazioni.



eMBB - enhanced Mobile BroadBand

Applicazioni mobili ad alto throughput (>100 Mbps)

URLLC - Ultra Reliable and Low Latency Communication

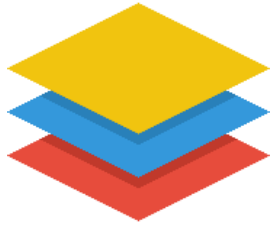
Applicazioni critiche con requisiti di elevata affidabilità e bassa latenza

mMTC - massive Machine Type Communication

Applicazioni IoT che supportino un'elevatissima densità di device connessi

Slicing ed Edge Computing

Principali caratteristiche dell'architettura 5G



Architettura

Il modello architetturale 5G è orientato ai servizi e fondato sul concetto di **Network Function Virtualization (NFV)**. Le funzionalità di rete saranno implementate come software e installate su hardware standard.

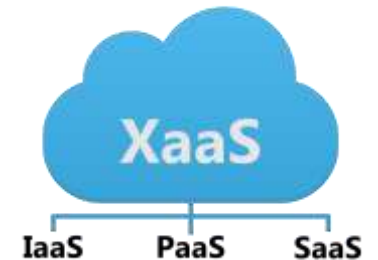
- **Separazione tra control plane e user plane:** applicando i principi di Software Defined Networking
- **Network Slicing:** ripartizione logica delle risorse di rete virtualizzate
- **Mobile Edge Computing:** storage e processing in prossimità degli utenti



Modelli di business

La natura virtualizzata dei sistemi 5G, unitamente alla digitalizzazione di numerosi mercati verticali, apre la strada all'ingresso nel mercato di **nuovi player** e alla nascita di **nuovi modelli di business B2B2X** basati su paradigmi di **Everything as a Service (XaaS)**.

In particolare, grazie al framework **ETSI NFV** e al **Network Slicing** sarà possibile realizzare **servizi complessi ad alto valore per l'utilizzatore finale**, semplificando le interazioni tra infrastructure provider, application provider, network provider e service provider.

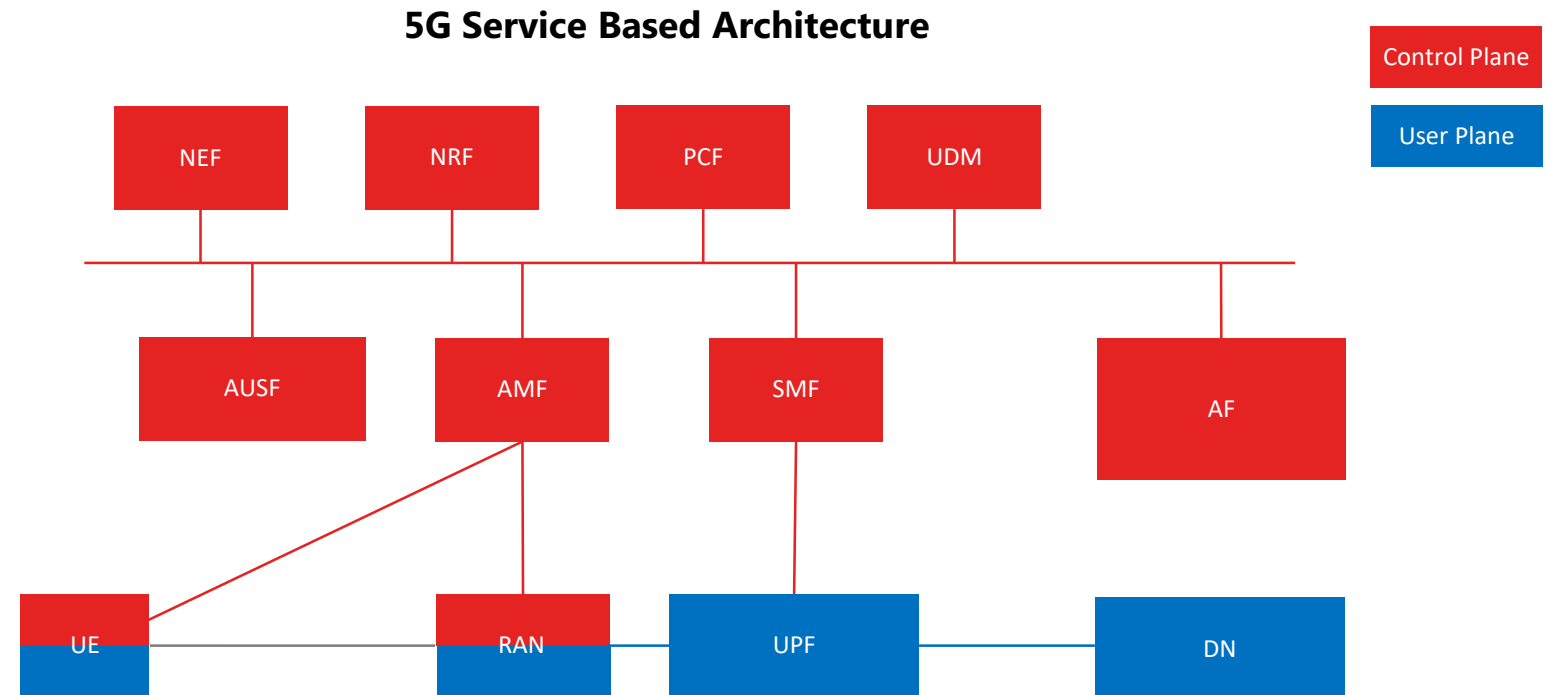


NFV e Separazione tra control plane e user plane

Architettura 5G «Service Based»

L'architettura 5G adotta appieno i paradigmi di Network Function Virtualization (NFV) e Software Defined Network (SDN), garantendo *programmabilità, scalabilità e separazione nativa tra User Plane e Control Plane*. Lo scenario di riferimento è rappresentato da una piattaforma di servizi dove **le risorse di rete logiche e le funzionalità virtuali sono accessibili dinamicamente e «on-demand» e possono essere istanziate su hardware generici, localizzati in diversi segmenti della rete** (Central Cloud, Mobile Core, Aggregation, Edge). Le risorse e le funzionalità virtuali sono **gestite centralmente dall'orchestratore di rete**, secondo il modello ETSI MANO (Management and Orchestration).

- **UE** - User Equipment
- **RAN** - Radio Access Network
- **UPF** - User Plane Function
- **DN** - Data Network
- **SMF** - Session Management Function
- **AF** - Application Function
- **AMF** - Access and Mobility Management Function
- **PCF** - Policy Control Function
- **AUSF** - Authentication Server Function
Access & Mobility Management Function
- **UDM** - Unified Data Management
- **NEF** - Network Exposure Function
- **NRF** - Network Repository Function

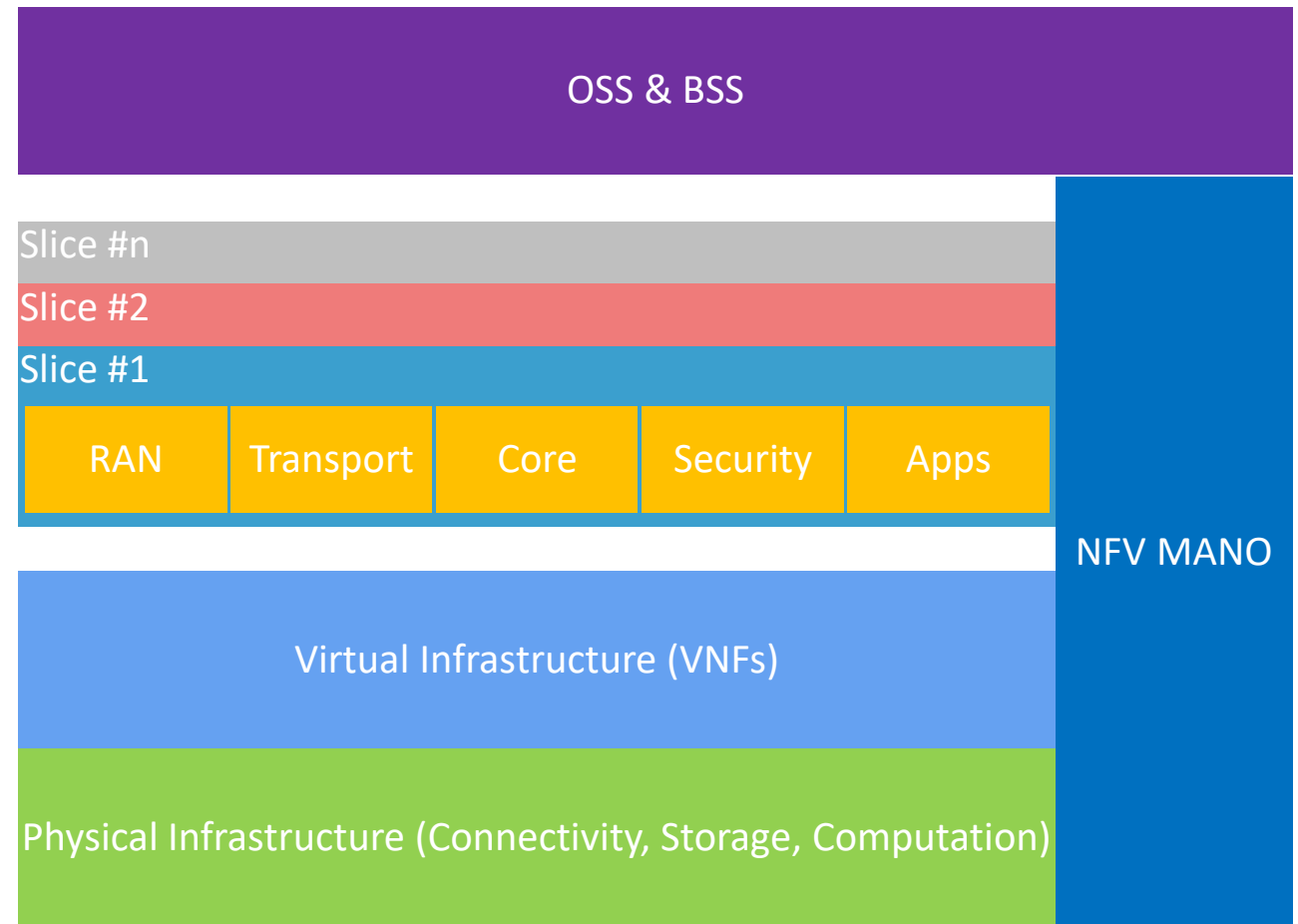


NFV e Separazione tra control plane e user plane

5G nel modello ETSI NFV

La virtualizzazione delle risorse e delle funzionalità di rete, unitamente all'**adozione di interfacce standard** (APIs) ETSI NFV permette una maggiore integrazione tra sistemi autonomi, facilitando le **interazioni tra apparati multi-vendor e tra diversi provider**. La possibilità di **esporre ad altri soggetti partizioni logiche dell'infrastruttura** che possono essere personalizzate e arricchite, favorisce lo sviluppo di **modelli di rete multi-tenant**.

5G NFV Architecture



Network Slicing

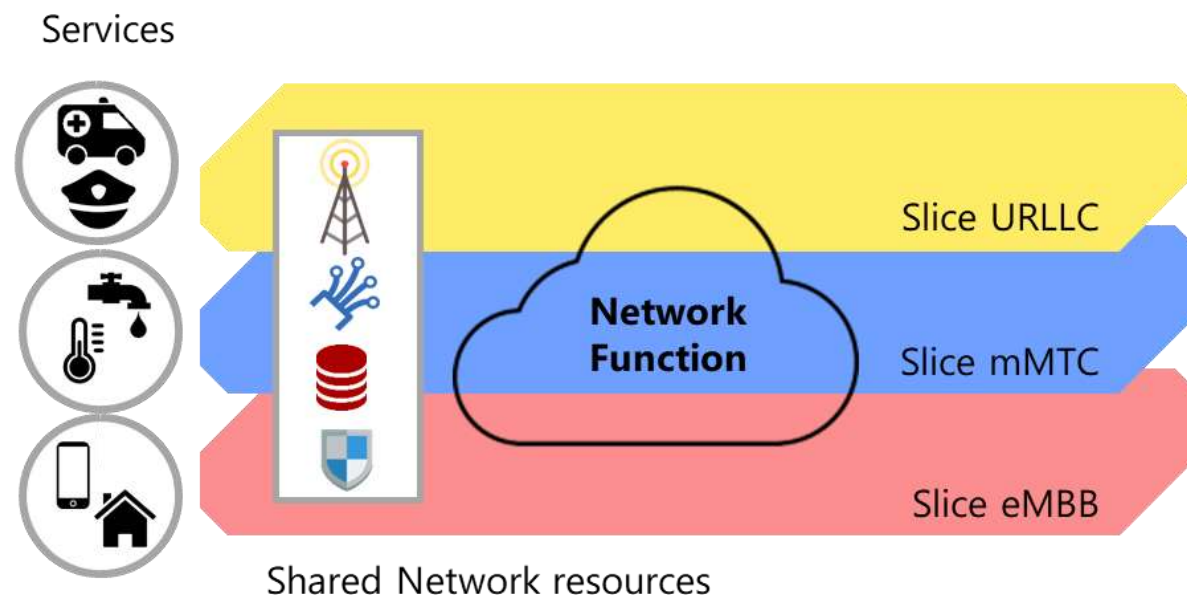
Network Slice come istanze di rete logica

L'architettura 5G abbandona il modello di rete composta da entità monolitiche in favore del concetto di **rete di servizi**.

Network Slicing: L'orchestratore 5G assegna le risorse di rete "on-demand" in funzione dei requisiti delle diverse applicazioni, gestendo dinamicamente non solo le risorse della rete di accesso radio, ma anche le risorse relative ai servizi di trasporto, di sicurezza, di computing e di storage.

Un **Network Slice 5G** è definito come **l'insieme di risorse di rete virtualizzate, Virtual Network Function (VNFs) e delle configurazioni necessarie a soddisfare i requisiti di una determinata classe di applicazioni**.

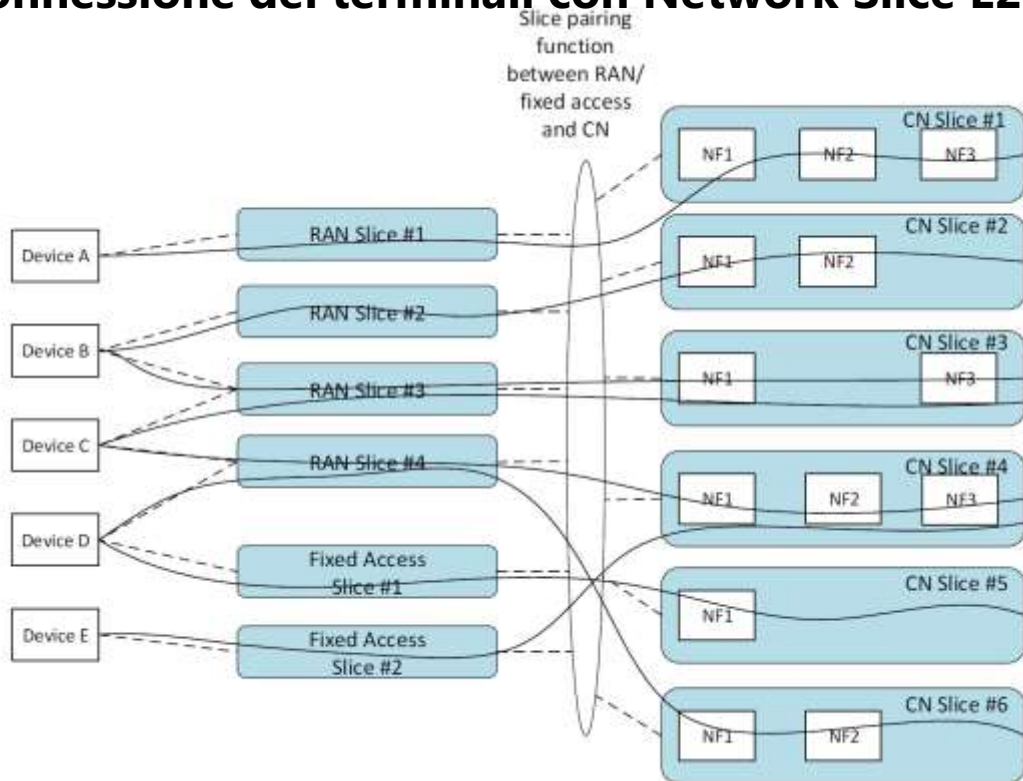
Attraverso il Network Slicing gli operatori sono in grado di offrire reti logiche personalizzate. **Uno Slice** può essere composto da uno specifico set di funzionalità, oppure **può costituire un'intera rete logica autonoma, in grado di indirizzare determinati requisiti di performance** (throughput, latenza, disponibilità, mobilità, ...), **offrire particolari funzionalità** (QoS, policy, sicurezza, charging, storage, computing, servizi applicativi, ...) ed essere **dedicato ad una specifica classe di utenti** (Altri MNO, service provider settoriali, clienti enterprise, utenti in roaming, MVNO, PA, forze dell'ordine, ...).



Network Slicing End-to-End

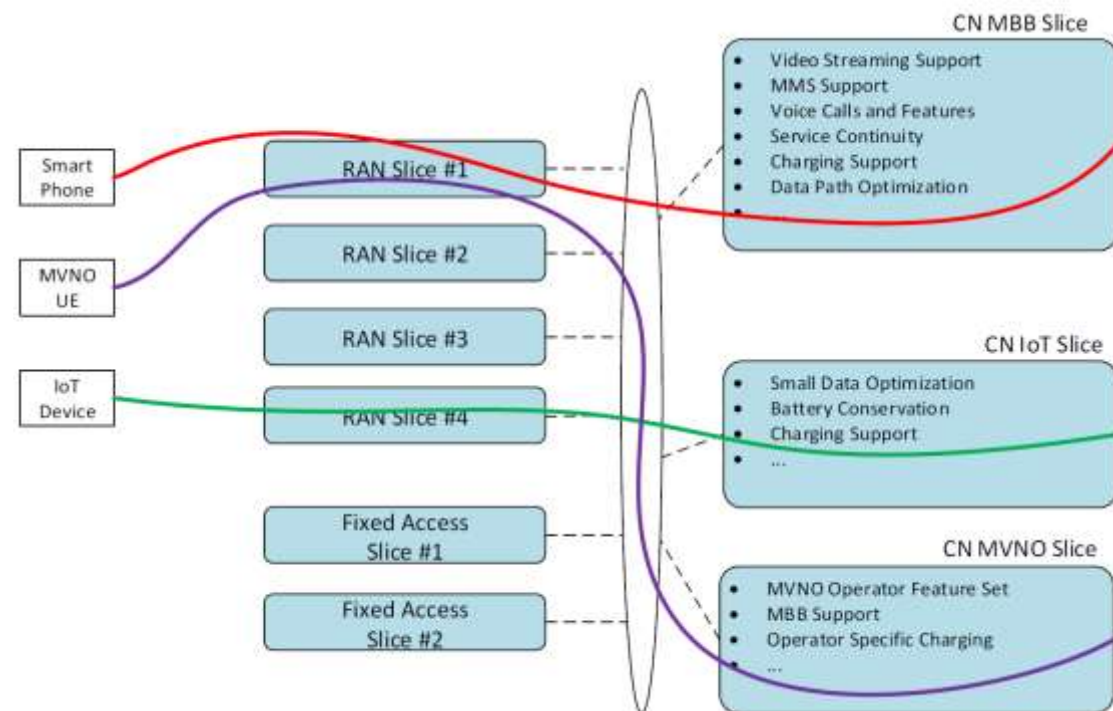
L'architettura 5G prevede la possibilità di comporre slice di RAN e rete fissa e Core Network

Connessione dei terminali con Network Slice E2E



NF: Network Function
RAN: Radio Access Network
CN: Core Network

Esempi di Network Slice



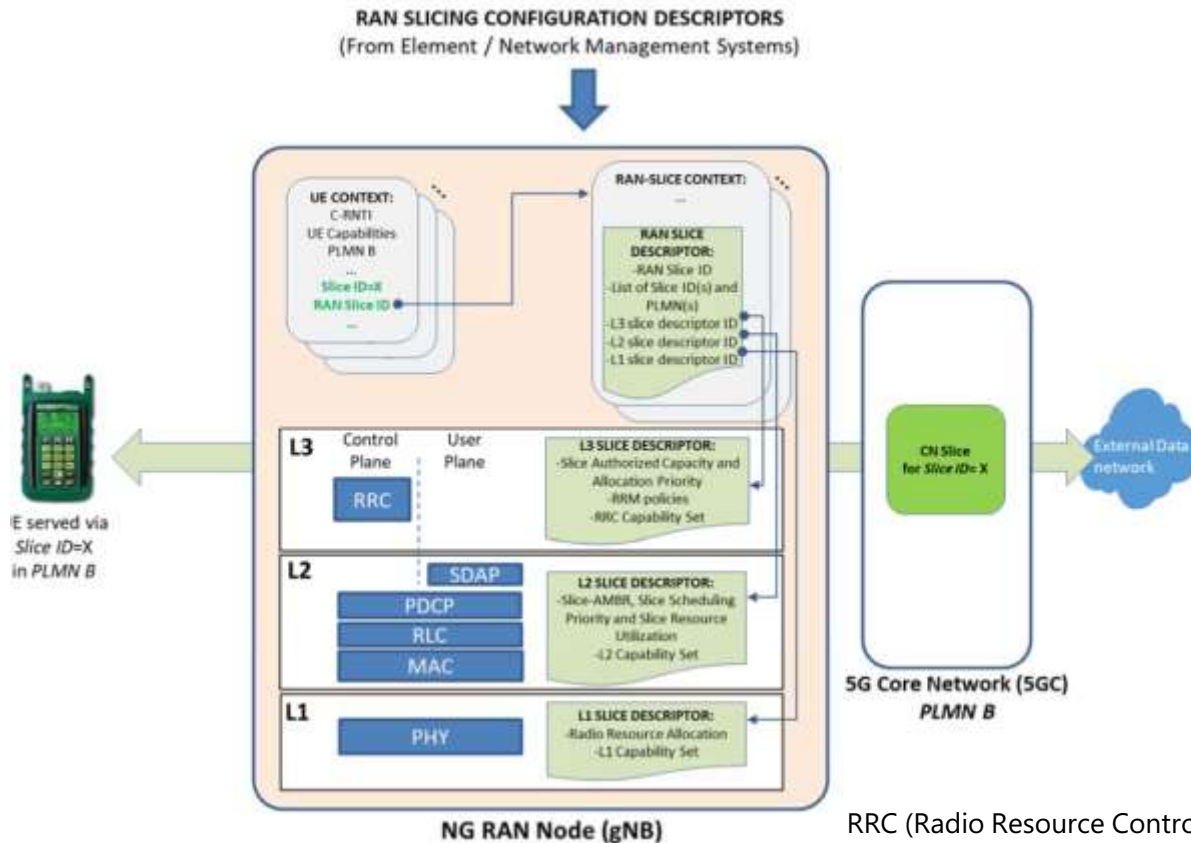
MBB: Mobile BroadBand
IoT: Internet of Things
MVNO: Mobile Virtual Network Operator

http://www.5gamericas.org/files/3214/7975/0104/5G_Americas_Network_Slicing_11.21_Final.pdf

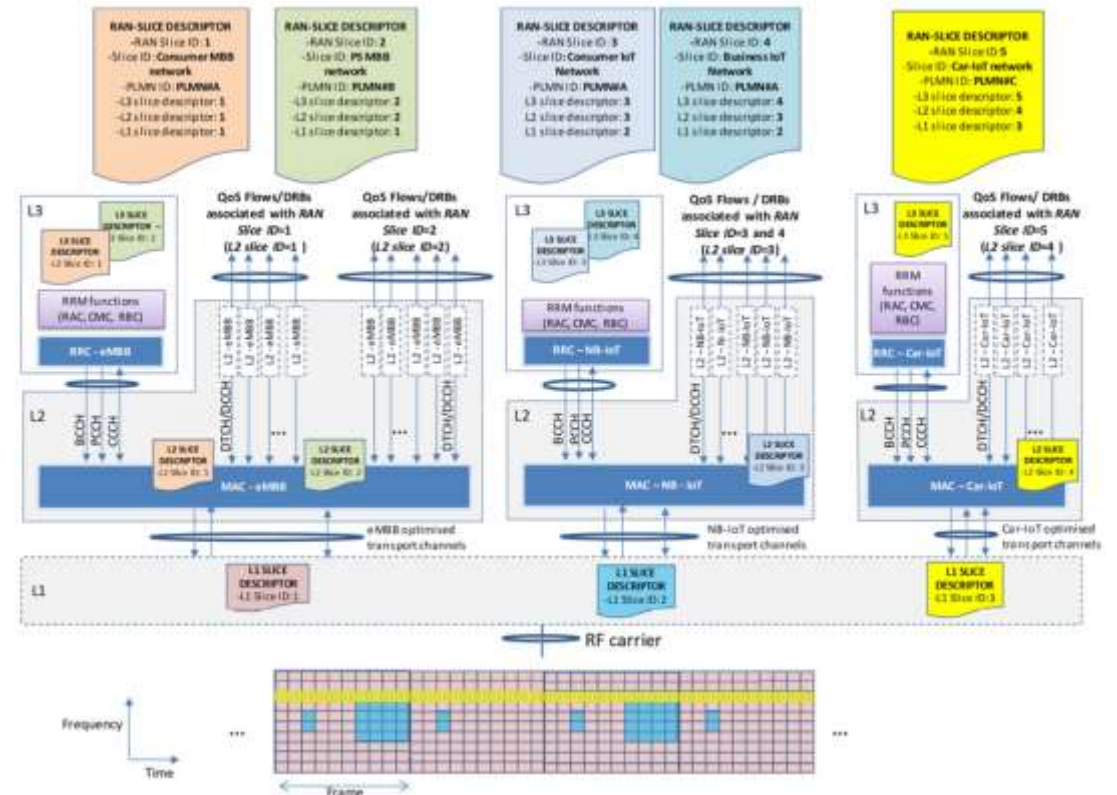
RAN slicing

Composizione flessibile delle risorse di accesso radio: requisiti vs protocolli L3/L2/L1

Configurazione del RAN slicing



Esempio di RAN Slicing



RRC (Radio Resource Control)
SDAP (Service Data Adaptation Protocol)
PDCP (Packet Data Convergence Protocol)
RLC (Radio Link Control)

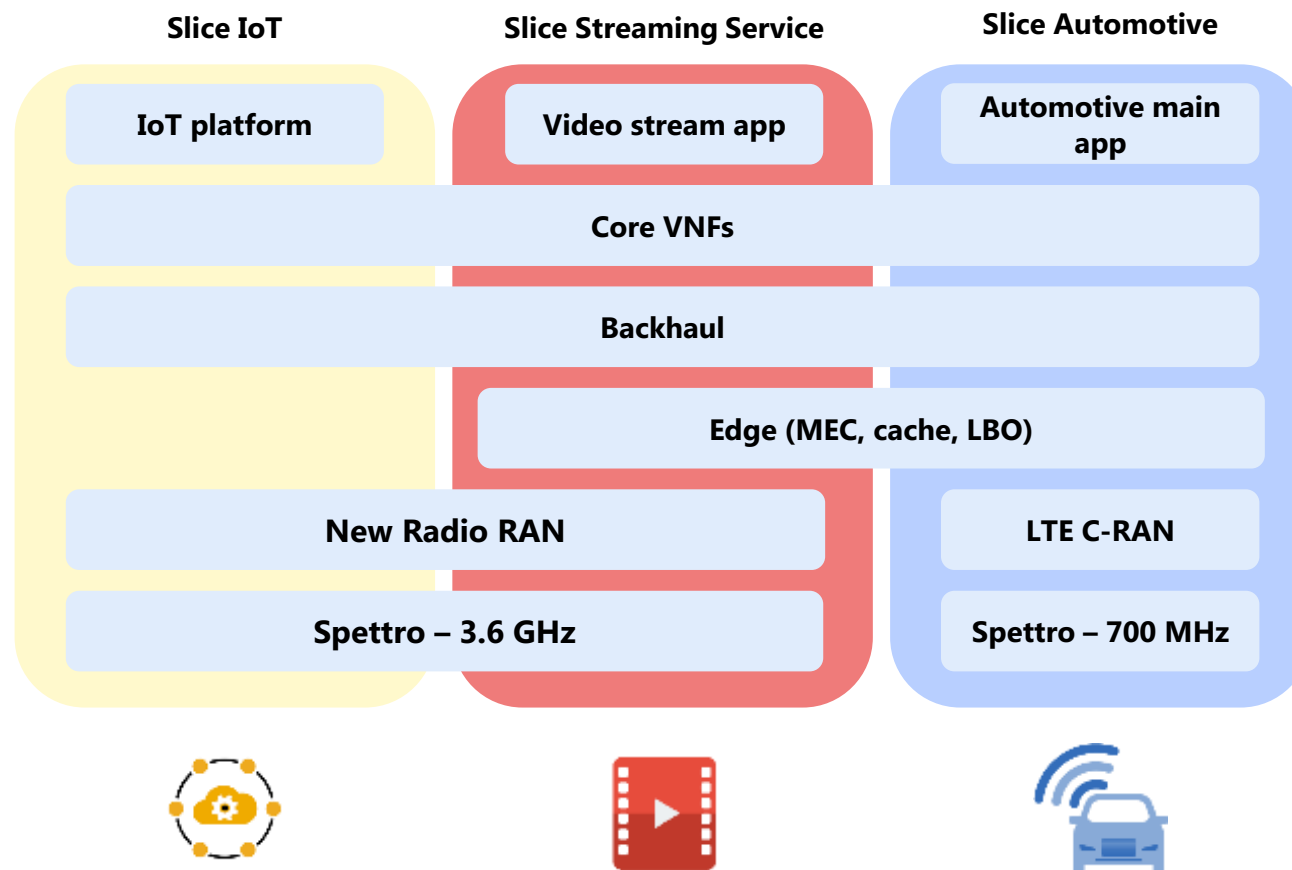
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/113212/2018%20-%20OnRANslicing%20-%20IEEE%20CM%20-%20Personal%20use.pdf>

Network Slicing

Costituzione e gestione degli slice

L'architettura 5G stabilisce diversi requisiti per l'implementazione del Network Slicing, tra cui:

- Uno Slice può essere creato, istanziato, modificato e cancellato dinamicamente a *runtime*.
- Più slice possono condividere, in tutto o in parte, le medesime VNFs.
- Più slice possono fare un uso condiviso delle medesime risorse di rete.
- Più slice possono offrire lo stesso servizio a utenti diversi.
- Più slice possono essere combinati, anche in maniera ricorsiva, per realizzare servizi via via più completi e complessi.
- Uno Slice può essere disponibile nell'intera PLMN o solo all'interno di specifiche Tracking Area.
- Uno Slice può coprire l'intero stack protocollare o limitarsi ad erogare le funzionalità di determinati layer.

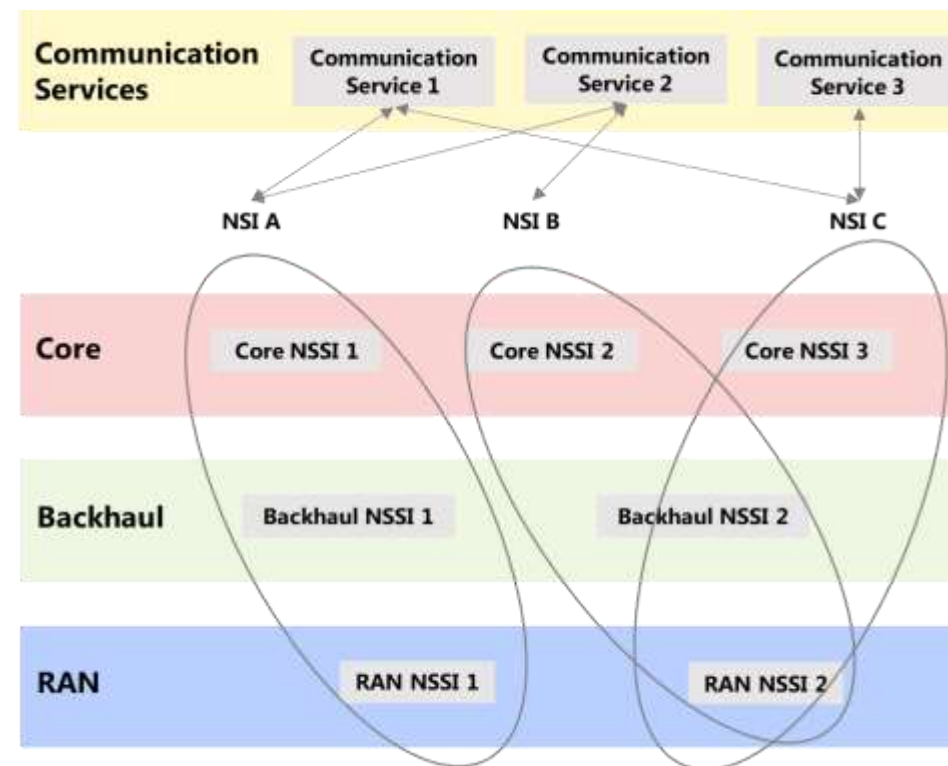


Network Slicing

Communication Service

Attraverso la definizione, l'aggregazione e la configurazione di slice 5G un **Communication Service Provider (CSP)** può offrire al mercato molteplici «**Communication Service**» diretti a varie tipologie di clienti, abilitando così diversi modelli di business, tra cui:

- **Business to Consumer (B2C)**: mobile broadband, voice, video streaming, rich communication, etc.
- **Business to Business (B2B)**: Internet access, LAN interconnection, etc.
- **Business to Household (B2H)**: Internet access, MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Services), VOIP, VPN, etc.
- **Business to Business to everything (B2B2X)** i.e. servizi rivolti ad altri CSP, i quali offrono a loro volta i servizi ai propri clienti, talvolta personalizzando la configurazione degli slice o arricchendoli aggiungendo ulteriori risorse o funzionalità, magari acquisite da un terzo CPS. **Questo modello può essere applicato sia trasversalmente, ovvero tramite l'aggregazione di slice afferenti a più CSP, che ricorsivamente, i.e. B2B2B2B.....**



NSI – Network Slice Instance: Rappresenta il deployment di uno slice, ovvero l'insieme di istanze di determinate funzionalità di rete e delle risorse ad esse associate.

NSSI – Network Slice Subnet Instance: Istanza di rete logica inclusiva delle funzionalità, delle risorse virtualizzate e degli aspetti di management.

http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1951-sa5_5g

Network Slicing

Network Slice as a Service (NSaaS)

La natura programmabile, tempo variante e logica del paradigma di **Slicing abilita modelli di business di tipo Everything as a Service (XaaS)**.

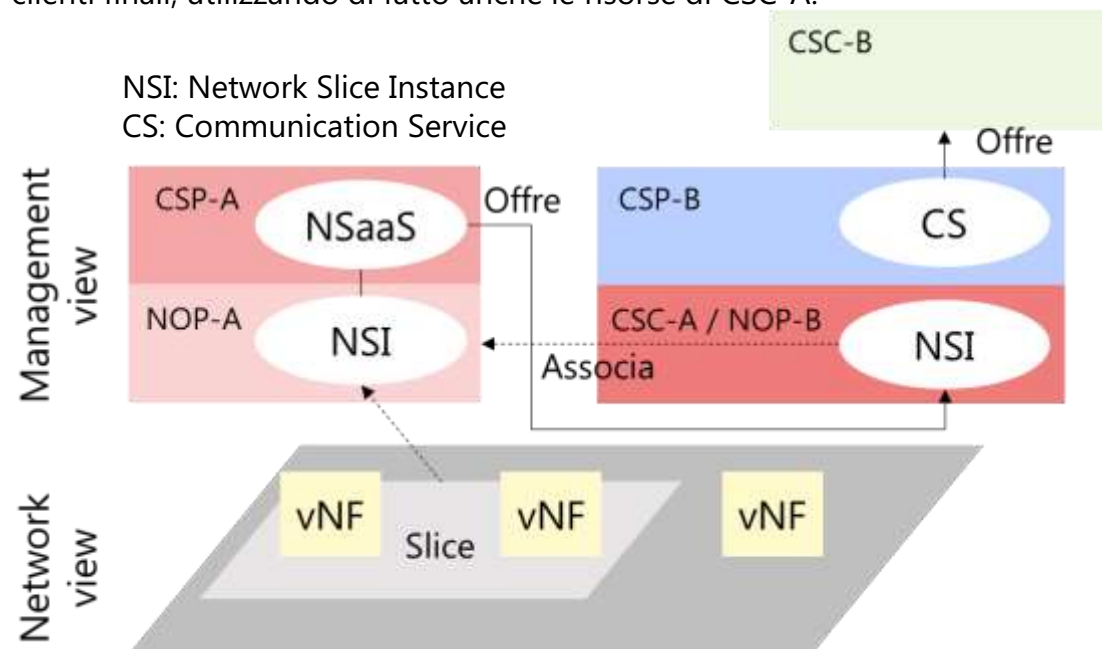
Network Slice as a Service (NSaaS) possono essere offerti da un CSP (Communication Service Provider) ai propri clienti (CSC - Communication Service Customer) nella forma di un communication service. Un **NSaaS può essere rivolto sia agli «End User» del servizio che ad altri CSP che possono utilizzare tali istanze per comporre un servizio più complesso** da offrire poi ai propri clienti.

Ogni NSaaS può essere definito da diverse caratteristiche, potenzialmente oggetto di SLA, tra cui Radio Access Technology, banda, latenza, affidabilità, QoS, sicurezza, estensione nel tempo e nel territorio, ecc.

Ad esempio **un CSP potrebbe ricoprire solo il ruolo di Network Operator (NOP) ed offrire tramite NSaaS istanze della propria rete logica ad altri CSP che utilizzano dette istanze per offrire servizi ai clienti finali**. Al contrario **un CSP potrebbe non essere dotato di alcune infrastrutture di rete ed utilizzare molteplici NSaaS offerti da più NOP** per comporre la propria rete logica. **NSaaS estende il concetto di MVNO**, abilitando service provider non infrastrutturati a costruire servizi di comunicazione avanzati e altamente personalizzabili, acquisendo di volta in volta le risorse necessarie da diversi operatori di rete. Anche il Roaming è erogabile nella forma di NSaaS

La specifica 3GPP 28.530 V0.6.0 propone alcuni **esempi di applicazione del concetto di NSaaS**:

- CSP-A offre un NSaaS a CSC-A. A differenza del servizio di comunicazione offerto al cliente finale, in questo caso NSaaS rappresenta essenzialmente un servizio di rete logica.
- CSC-A può utilizzare lo slice acquisito da CSP-A oppure può aggiungere ulteriori funzionalità di rete al fine di offrire un nuovo NSaaS a CSP-B. In questo secondo caso CSC-A assume il ruolo di NOP-B che offre servizi di comunicazione (CS) a CSP-B.
- CSP-B utilizza lo slice composto da CSC-A / NOP-B per offrire servizi ai propri clienti finali, utilizzando di fatto anche le risorse di CSC-A.



http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1951-sa5_5g

Network Slicing

NSaaS - Modelli di Business

Nell'ecosistema 5G i Service Provider non sono necessariamente operatori di rete.

Ogni **Service Provider** può posizionarsi su uno o più verticali e accedere dinamicamente ai servizi di comunicazione di più Communication e application Provider.

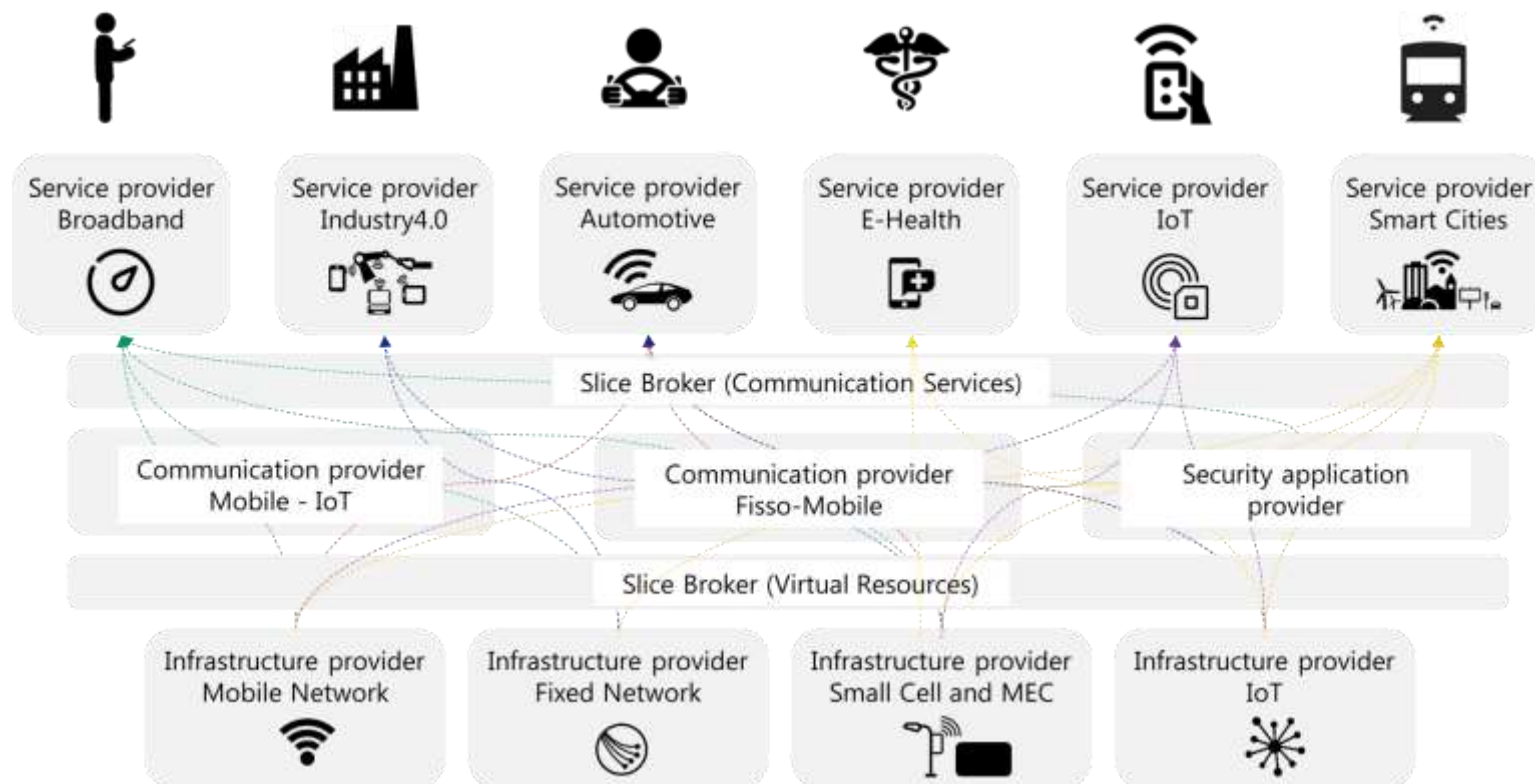
Ogni **Communication provider** può comporre, anche in maniera tempo variante, il proprio servizio di rete logica, utilizzando le risorse di rete virtualizzate acquisite da uno o più Infrastructure Provider. I Communication Service possono inoltre essere arricchiti da servizi a valore aggiunto o da specifiche appliance di sicurezza.

Gli **Infrastructure provider**, sfruttando le *capabilities exposure features* dello slicing 5G offrendo istanze delle loro risorse di rete virtualizzate (connettività, storage, processing, ...) in modalità B2B.

Tale modello di servizio è possibile esclusivamente sfruttando le interfacce standard e i paradigmi di orchestrazione definiti negli standard ETSI NFV e ETSI MANO.

Modello di servizio multi-tenant con NSaaS nell'ecosistema 5G

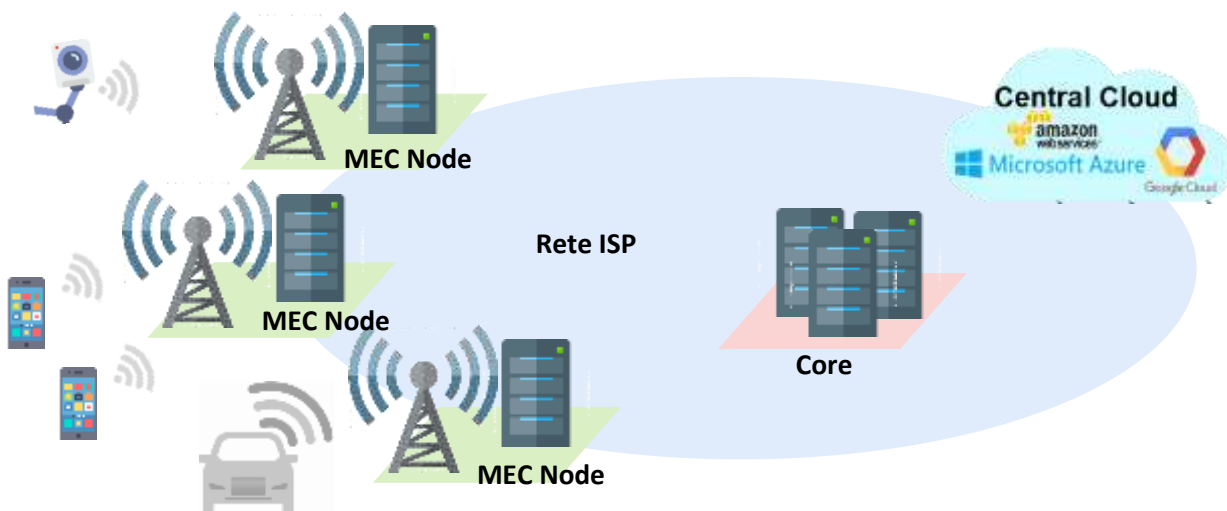
Al fine di istanziare risorse e funzionalità relative a differenti provider, è necessaria la presenza di intermediari logici, i.e. broker, che hanno il compito di gestire non solo l'allocazione dinamica degli asset, ma anche di regolare gli aspetti di charging e rispetto degli SLA.



Multi-access Edge Computing

MEC - caratteristiche principali

Le reti 5G dovranno supportare applicazioni *Mission Critical* caratterizzate da requisiti di latenza e affidabilità estremamente elevati (es: auto a guida autonoma) non soddisfacenti tramite un modello di rete tradizionale in cui le funzionalità di core e gli application server sono implementati centralmente o in piattaforme cloud remote. **Tramite il Multi-access Edge Computing (MEC) gli operatori possono collocare capability di processing e storage in prossimità di utenti e terminali**, abilitando il dispiegamento distribuito di opportune funzionalità di rete nonché di specifiche applicazioni.



MEC è uno standard ETSI (tuttora in fase di completamento) che ne definisce architettura, ambiti di applicazione, scenari di deployment, e interfacce. **I nodi MEC si collocano nel framework ETSI NFV e possono essere integrati sia nelle reti mobili LTE e 5G che nelle reti fisse.** Nel MEC le risorse di connettività, di storage e di processing sono implementate come VNFs e allo stesso modo le applicazioni (siano dell'operatore MEC o di terze parti) sono implementate come Virtual Machine.

L'architettura MEC abilita:

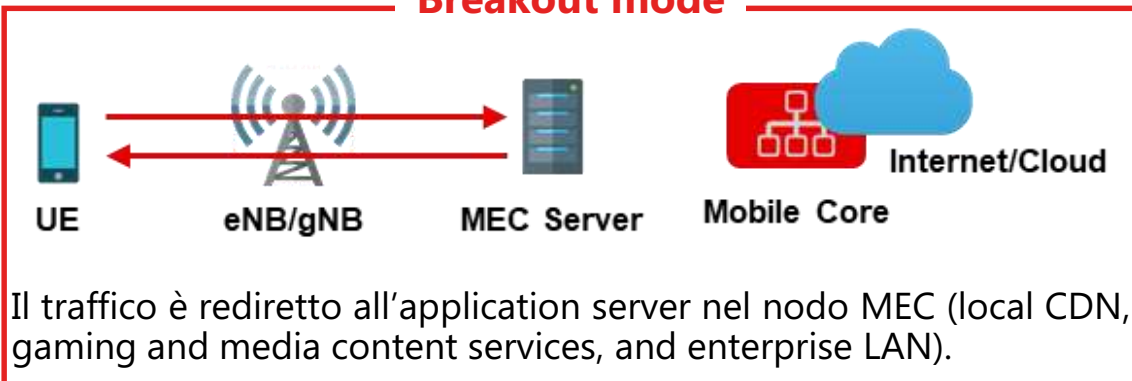
- **Latenza "near real time"**
- **Elevata capacità trasmissiva** tra utente e *application server*
- **Gestione locale del traffico** (Local Breakout)
- **Offload computazionale** dei terminali
- **Caching** su reti fisse e mobili
- **Localizzazione anche indoor** dei dispositivi e relativa ottimizzazione dei servizi
- Estensione del perimetro di **sicurezza**
- Implementazione di **funzionalità di rete in prossimità di utenti** e sorgenti dei dati
- **Hosting di applicazioni** di terze parti che possono beneficiare delle feature di **esposizione del contesto di sessione** dell'utente/terminale
- Integrazione tra applicazioni e funzionalità di rete tramite **API standard**
- Creazione di **nuovi servizi consumer ed enterprise**

Multi-access Edge Computing

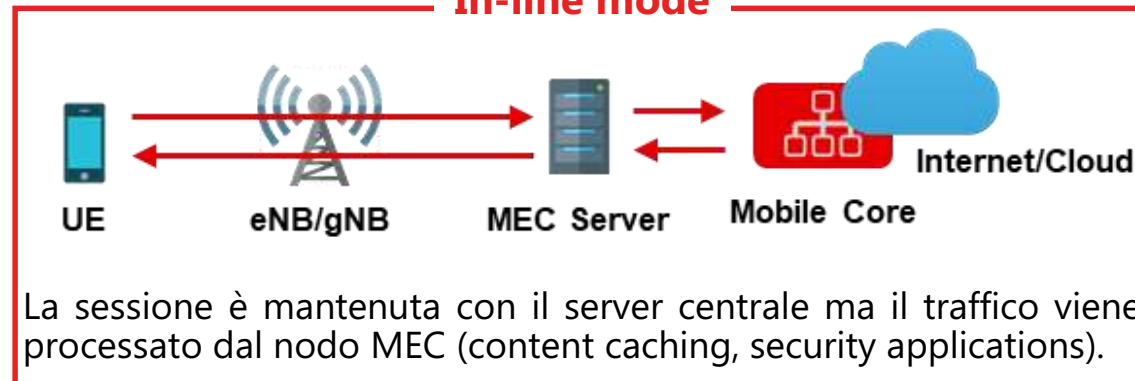
MEC - Gestione del traffico

Al fine di supportare servizi eterogenei, i nodi MEC devono essere in grado di gestire il traffico in molteplici modalità:

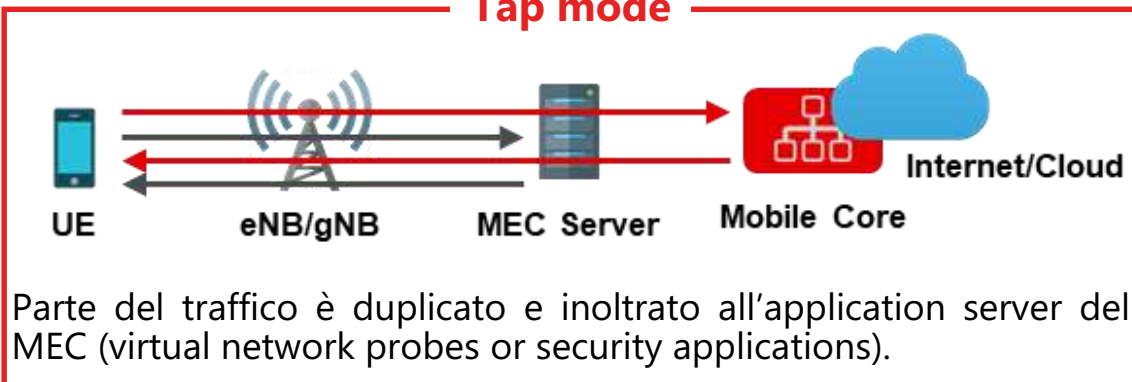
Breakout mode



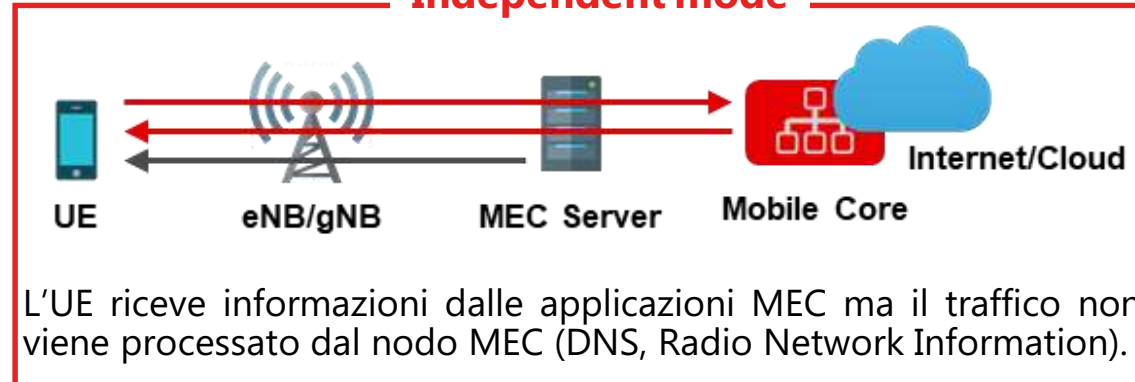
In-line mode



Tap mode








Independent mode



Multi-access Edge Computing

MEC deployment fisico

Esistono diverse opzioni di placing per il deployment dei nodi MEC lungo la rete di trasporto che interconnette la Core network alle stazioni radio base. La location ottimale dovrà esprimere una sintesi tra i vincoli di budget e i requisiti prestazionali dei diversi use case da indirizzare. Dal punto di vista HW, l'implementazione di un nodo MEC implica l'installazione di edge dcenter (micro datacenter, nano datacenter, ecc.).

Internet Cloud	Core Network	IP aggregation Network	Pre-aggregation Network	Access/Private Network
Datecenter distribuiti	1 Datacenter (ridondato) per operatore	10 -20 Nodi MEC per operatore	20 - 50 nodi MEC per operatore	> 100 Nodi MEC per operatore
				
> 10 ms	> 10 ms	5 - 10 ms	2 - 5 ms	1 - 2 ms
Cloud	Servizi tradizionali	Multi-access Edge Computing		

Latenza

Necessità de supportare applicazioni e servizi che richiedono interazioni di tipo *real time*.

Localizzazione

Necessità di supportare applicazioni destinate ad utenti localizzati in un area predefinita.

Network Off-Load

Opportunità di ridurre la congestion nelle reti di trasporto attraverso l'offload locale del traffico.

Cache Hit Ratio

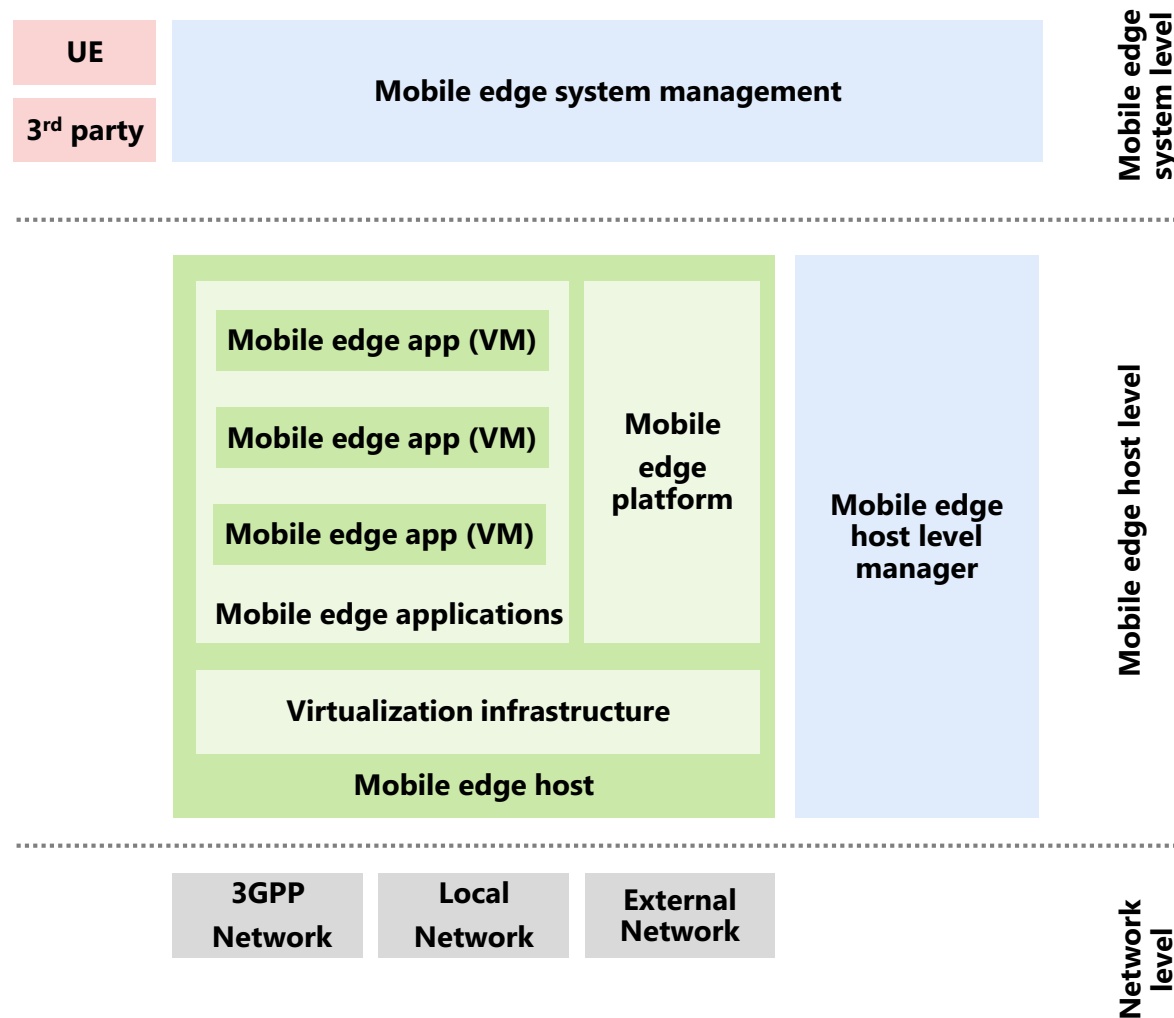
necessità di identificare il trade-off tra il numero di utenti serviti da un nodo MEC e l'efficienza del caching.

Multi-access Edge Computing

Architettura MEC

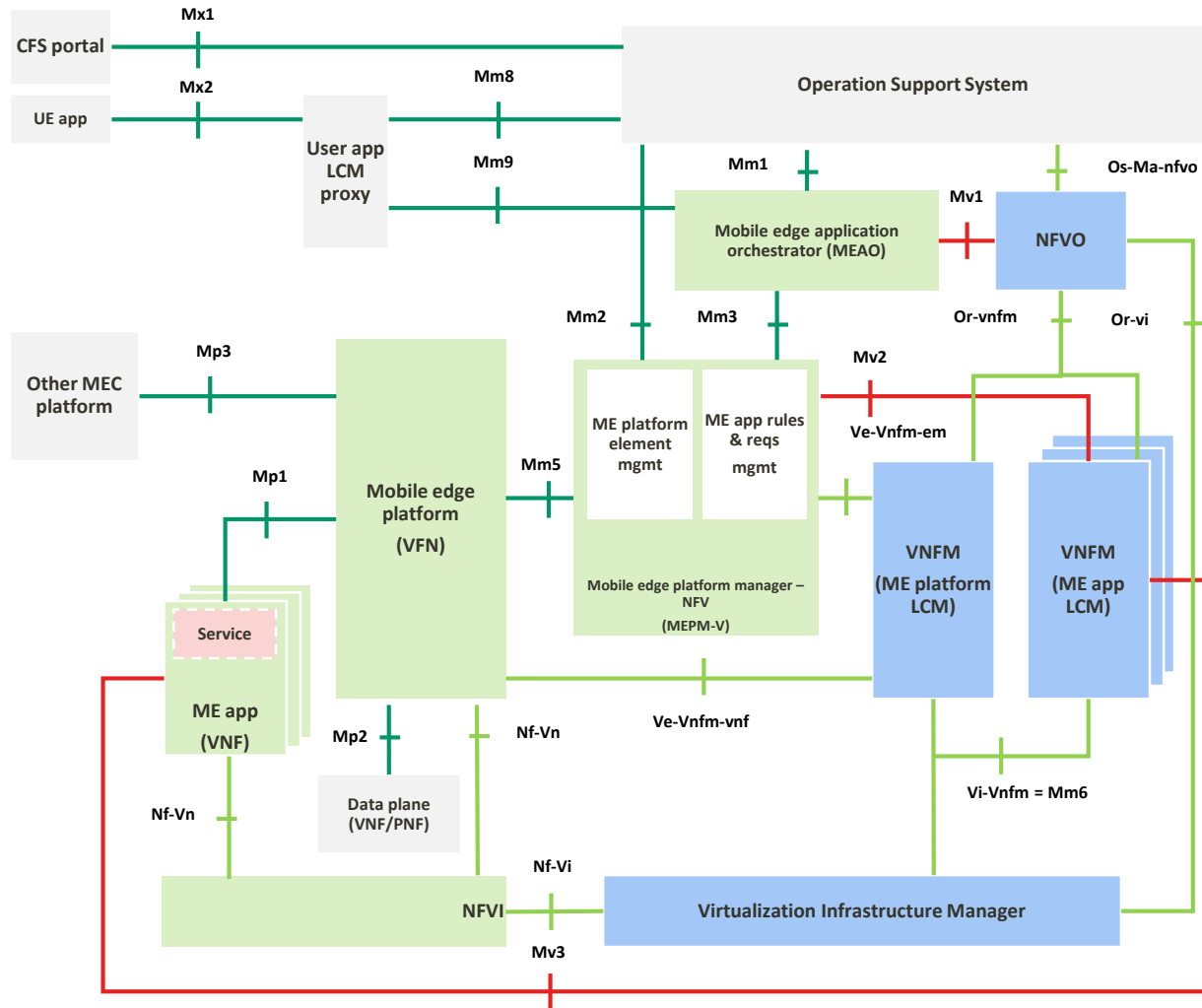
L'architettura ETSI MEC è caratterizzata da due differenti macro-blocchi funzionali, rispettivamente responsabili dell'hosting e del management delle risorse, delle applicazioni e dei contenuti:

- **Mobile edge host**, ovvero *l'infrastruttura virtualizzata che offre le capability* (storage, processing, connectivity) **necessarie al deployment e al funzionamento delle applicazioni**. L'Host implementa inoltre la **mobile edge platform** che eroga i **servizi di base** necessari per il funzionamento delle applicazioni, quali **DNS, Routing e registro delle applicazioni**, delle funzionalità e delle risorse disponibili. La mobile edge platform espone inoltre verso le applicazioni alcuni **servizi di rete avanzati**, tra i quali **localizzazione e contesto radio dei terminali, e allocazione dinamica della capacità**.
- **Mobile edge management and orchestration**, ovvero il sistema di **gestione delle interazioni tra le risorse e le applicazioni del MEC, e le entità esterne** (rete dell'operatore, reti esterne, utenti, ecc.).



Multi-access Edge Computing

Architettura MEC in un ambiente ETSI NFV



In un ambiente NFV le applicazioni MEC e la Mobile Edge Platform sono implementate come generiche VNF e possono essere pertanto gestite dai componenti di orchestrazione standard ETSI MANO.

Tramite tale modello è possibile alleggerire il deployment di nodi MEC, poiché parte delle funzionalità di management (in particolare relativamente al ciclo di vita della mobile edge platform e delle applicazioni) possono essere delegate alle entità standard dell'architettura ETSI NFV MANO.

MEC

- Latenza near real time
- Elevata affidabilità e disponibilità
- Local breakout del traffico

NFV

- Scalabilità, efficienza
- Programmabilità
- Allocazione dinamica delle risorse

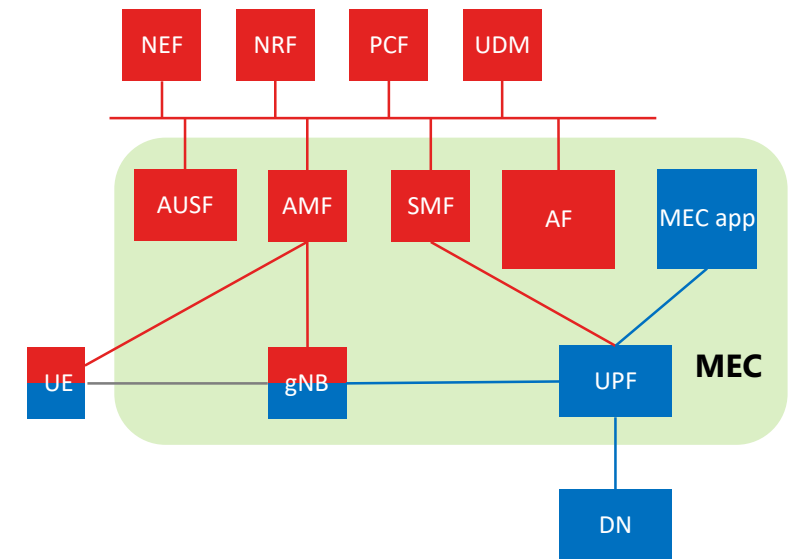
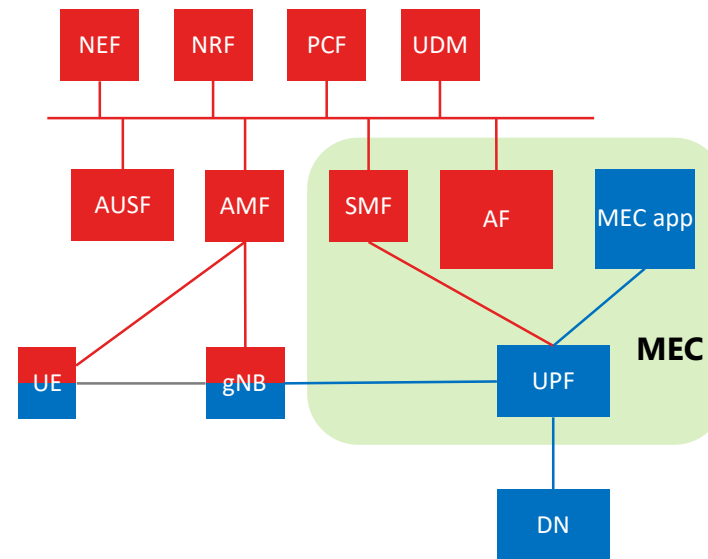
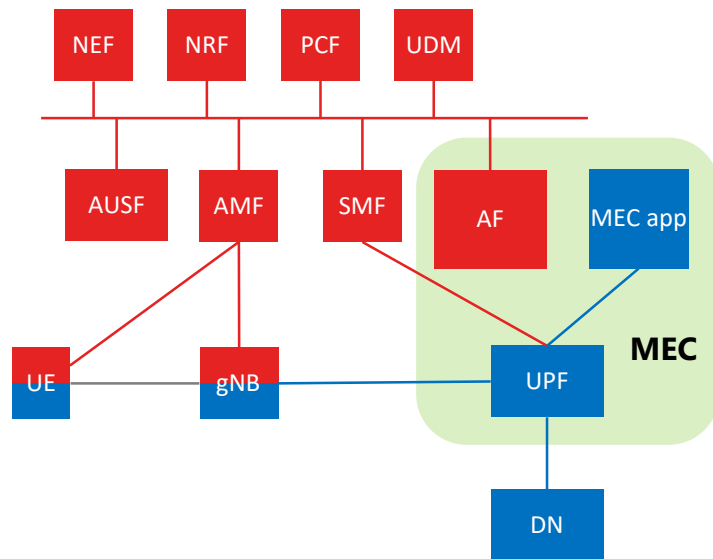
+

Slicing ed Edge Computing

MEC - integrazione nell'architettura 3GPP 5G

Il MEC è considerato uno degli abilitatori chiave per lo sviluppo del 5G, in quanto permette di soddisfare i requisiti prestazionali di diverse classi di applicazioni che dovranno essere supportate dalle nuove reti. Per tale ragione, l'architettura 5G definita in ambito 3GPP favorisce e facilita l'integrazione dei nodi MEC nelle nuove reti. In particolare la natura virtualizzata delle entità 5G permette di implementare i nodi MEC secondo il modello NFV, e la separazione nativa tra user plane e control plane semplifica notevolmente le operazioni di local management del traffico destinato alle applicazioni MEC.

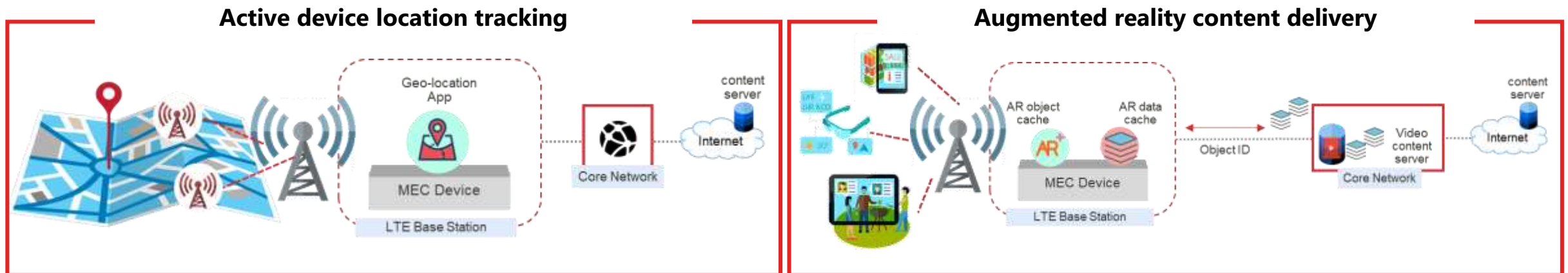
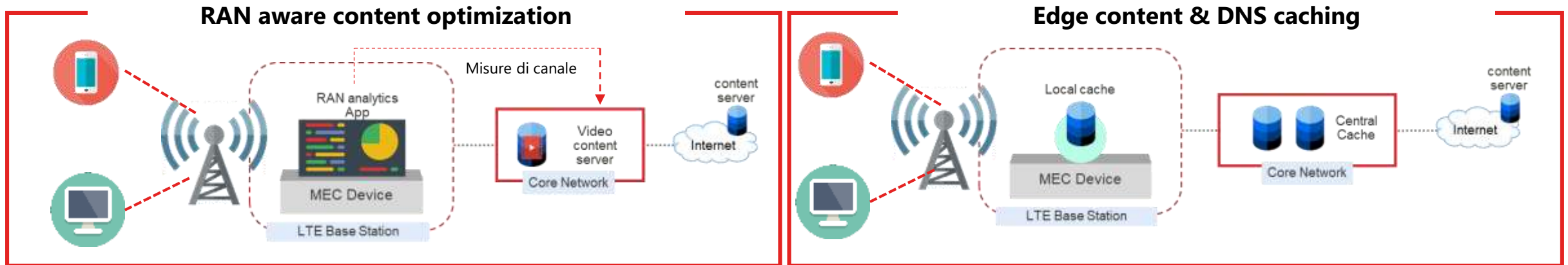
Esempi di implementazione MEC 5G



Multi-access Edge Computing

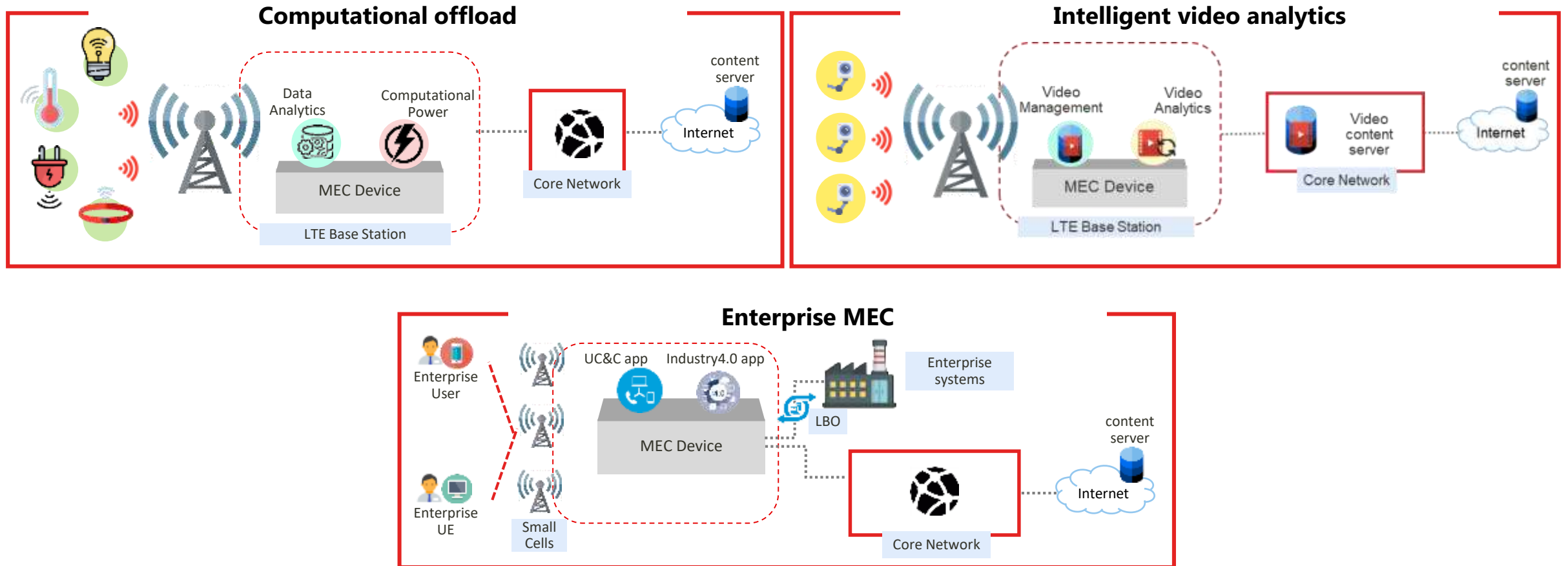
Applicazioni MEC 1/3

Il dispiegamento di sistemi MEC abilita lo sviluppo di numerose applicazioni in grado di generare valore in diversi verticali:



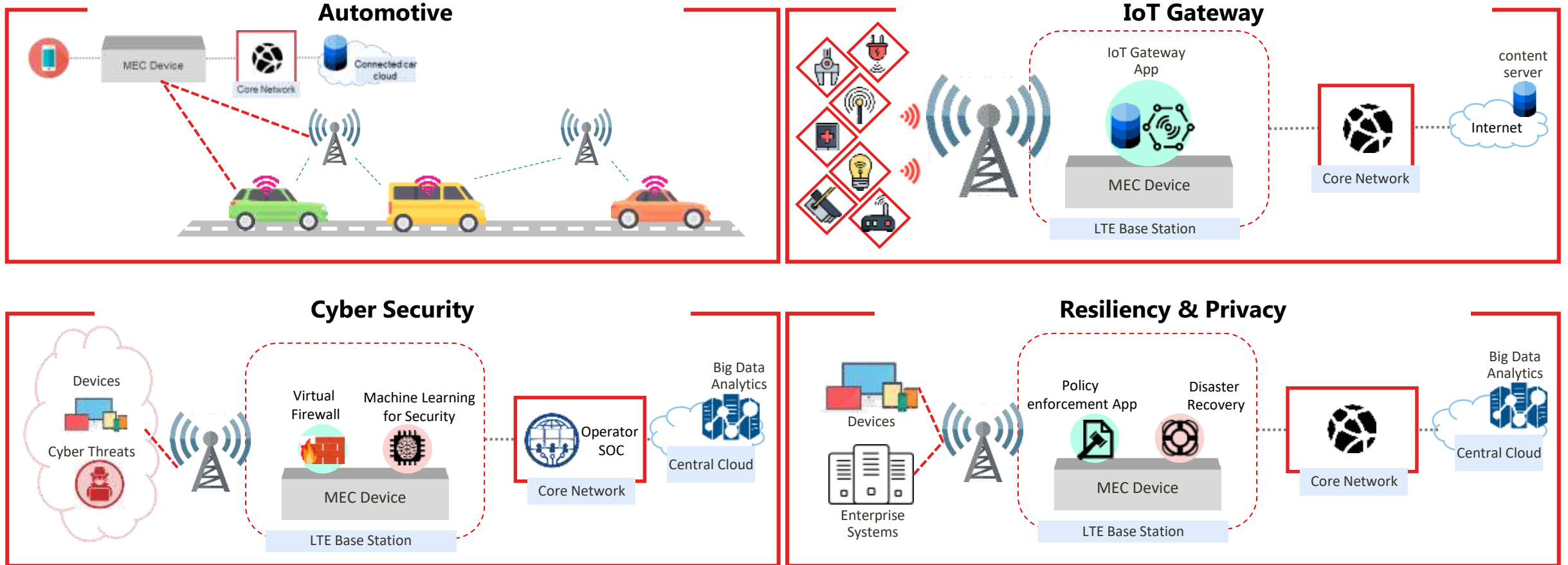
Multi-access Edge Computing

Applicazioni MEC 2/3



Multi-access Edge Computing

Applicazioni MEC 3/3



Slicing e MEC nel 5G: alcuni spunti di riflessione

Opportunità e sfide

- **Slicing e Multi-Access Edge Computing** sono **paradigmi centrali** nello sviluppo delle reti 5G, **ideati dagli operatori di telecomunicazioni** al fine di sfruttare al massimo le **innovazioni tecnologiche dell'ICT** quali:
 - **Virtualizzazione**, ovvero il disaccoppiamento delle risorse fisiche dalle funzioni logiche;
 - **Separazione tra control plane e user plane**: applicando i principi di Software Defined Networking al fine di ottenere scalabilità e flessibilità nell'utilizzo delle risorse;
 - **Cloud ed Edge Computing**, in maniera tale da distribuire in maniera ottimizzata e orientata ai servizi elaborazione e storage dei dati.
- **Le nuove architetture sono finalizzate a garantire il massimo livello di integrazione e inter lavoro tra sistemi autonomi**, sfruttando blocchi funzionali comuni, interfacce standard (API), modelli di controllo e gestione del ciclo di vita delle composizioni, orchestrazione e service chaining: la promessa è quella di realizzare un ecosistema strutturato e aperto, pronto ad abilitare tutti i servizi digitali (multi-player e con requisiti eterogenei).
- Questa impostazione molto **ambiziosa** mette in discussione la **struttura del mercato delle telecomunicazioni** (e non solo) – quali saranno gli attori ed i ruoli (manifatturieri, operatori di rete, integratori, sviluppatori, grandi dominatori dell'era Internet (GAFA))? – quali saranno le **logiche di costruzione e distribuzione del valore**?
- La nuova impostazione si sta sviluppando facendo ampia leva su **software open source**, secondo modelli che richiamano lo sviluppo degli standard Internet, e su **hardware generico** («x86»), ma quale sarà **la supply chain delle piattaforme software e hardware lungo la catena**?
- La forte esposizione verso un ecosistema largamente **software-based** oltretutto enfatizza l'esigenza di **rafforzare i modelli di produzione e verifica della qualità e della sicurezza «by design» del software**, sempre più orientato a modelli agili (DevOps) a ciclo di sviluppo continuo e fortemente parcellizzato.
- Abbiamo vissuto un'era di diffusione di Internet all'insegna dei paradigmi **telco vs OTT** (tecnologici, ma soprattutto di business e anche politici): quali saranno gli **equilibri futuri, anche per effetto del 5G**?



trecordi@ictc.it



Milano

Via Vittor Pisani, 22 20124 Milano



Roma

Piazza Guglielmo Marconi, 15 00144 Roma



www.ictc.it



www.linkedin.com/company/ict-consulting