



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CATANIA  
 FONDAZIONE DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CATANIA

**SEMINARIO**  
**5G**  
**“Aspetti tecnici e normativi”**

Venerdì 11 dicembre 2020

## Caratteristiche e servizi del 5G

Aurelio La Corte

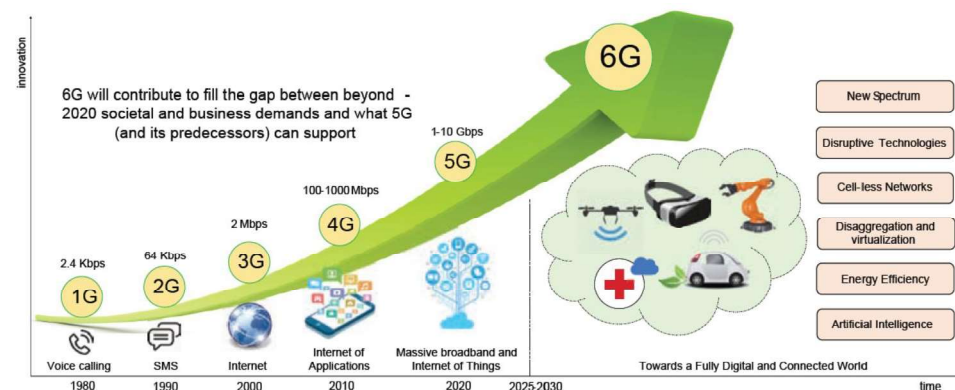
1/39

### 5G

- Una tecnologia in fase di sviluppo (soluzione a strati per soddisfare tutti i requisiti e le esigenze di integrazione)
- Migliori prestazioni rispetto alle precedenti generazioni, ma non solo
- Sarà una “rete di reti”
- Non è una alternativa alle reti cablate in fibra ottica
- Adotterà nuove tecnologie, alcune delle quali sono ancora in fase di sviluppo, tra le quali:
  - comunicazioni con onde millimetriche
  - nuove forme d’onda
  - nuovi schemi di accesso multiplo
  - massive MIMO con beamforming
  - celle di varie dimensioni che permettono un uso più efficiente dello spettro e la realizzazione di reti dense
  - utilizzo massivo di comunicazioni Device-to-Device

3/39

## Evoluzione reti cellulari da 1G a 6G



Fonte: IEEE Communication Magazine, March 2020, pp. 55-61

2/39

## Alcuni numeri che giustificano necessità ed importanza del 5G

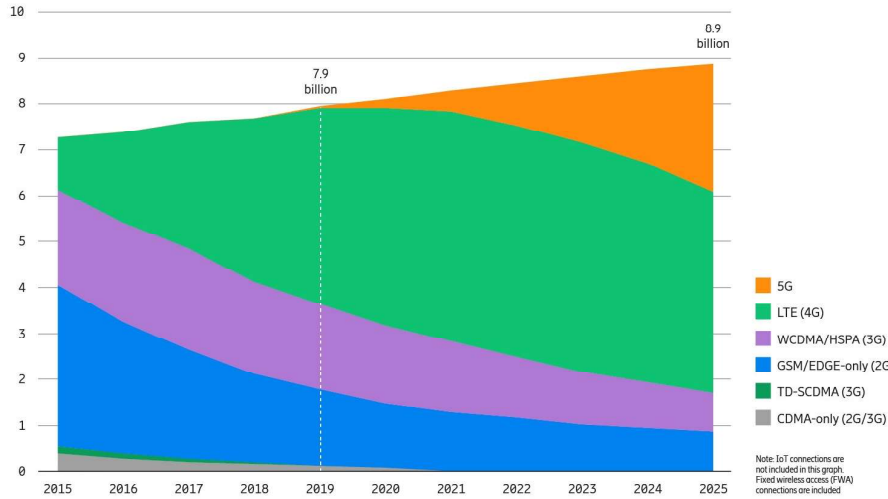
Alcune considerazioni preliminari sulla eventuale incoerenza dei numeri

- differenza tra prove in condizioni ottimali (laboratorio) ed operatività reale
- standard in evoluzione
- tempo
- eventi particolari



4/39

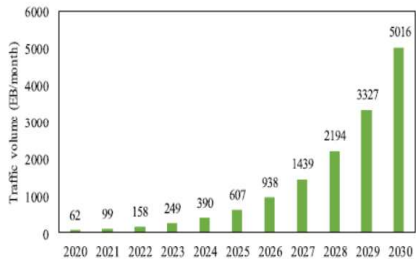
## Alcuni numeri sul numero di SIM



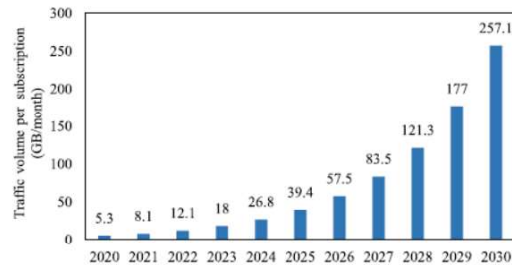
Fonte: Ericsson Mobility Report, May 2020

5/39

## Previsioni dell'incremento di traffico nei prossimi anni



Volume di traffico totale (EB=exabyte =  $10^{18}$ )

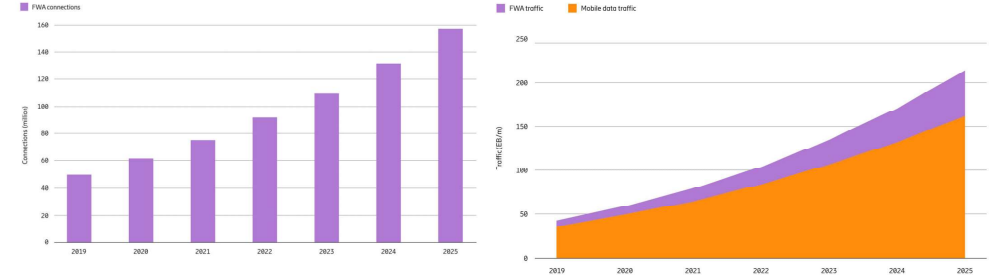


Volume di traffico per utente (GB =  $10^9$ )

Maggiore di x 80 traffico globale in 10 anni  
Maggiore di x48 traffico per utente

➔ necessario 5G e prevedere 6G

7/39



Si prevede che le connessioni a banda larga senza fili (FWA) raggiungeranno quasi 160 milioni entro la fine del 2025, rappresentando il 25% del traffico totale di dati sulla rete mobile a livello globale.

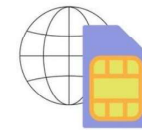
Fonte: Ericsson Mobility Report, May 2020

Mobile data and FWA traffic

6/39

## I numeri

Le Sim 5G attive nel mondo

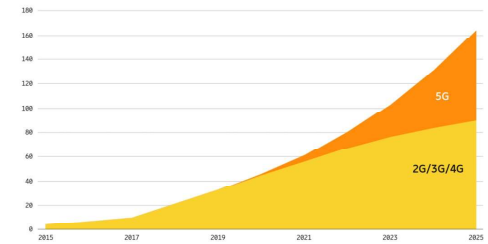


13 milioni  
(10 milioni sono in Cina)

100 milioni  
(Sarà lanciato dal 20-25% degli operatori nel mondo)

2,6 miliardi  
(previsione)

Ora Fine 2020 Entro il 2025



Nel 2025, sulle reti 5G viaggerà quasi la metà del traffico dati da dispositivi mobili.

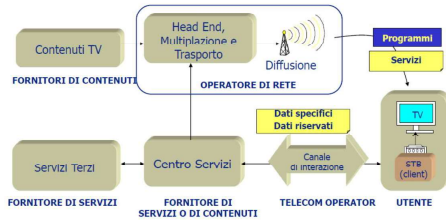
Fonte: La Repubblica, 23.04.2020 (Ericsson Mobility Report)

Fonte: Ericsson Mobility Report

8/39

## Alcune previsioni ... superate dagli eventi

### La TV digitale terrestre interattiva



### Ipotesi di introiti da servizi

- Circa 8 miliardi di euro in cinque anni
- Stima ottenuta ipotizzando un modello di sviluppo e di uso dei servizi interattivi DTT simile a quello avuto dagli SMS



Anno 2005, switch-off previsto il 31.12.2006

9/39

## 5G – alcune definizioni

- Tecnologia abilitante per le nuove sfide tecnologiche a livello mondiale. Intelligenza artificiale, blockchain, pagamenti digitali e digitalizzazione del paese passano tutte dalla necessità di rendere più performanti le linee di comunicazione. Ecco quindi che il 5G diventa fondamentale per l'economia e la tecnologia presente.
- Consentirà di trasmettere quantità notevolmente superiori di dati in tempi ridottissimi, favorendo anche il decollo dell'Internet of Things (IoT), in cui entrano a far parte della rete anche gli oggetti, e aprirà la strada per la convergenza di servizi fissi, mobili e di radiodiffusione.
- Ultima novità in ambito internet e telecomunicazioni, e soprattutto in ambito telefonia mobile.
- È possibile avere prestazioni e velocità di gran lunga superiori rispetto alla tecnologia 4G/IMT-Advanced. Il 5G cambierà molte cose in tutto il mondo, in quanto internet sarà sempre di più alla portata di tutti, molto veloce, e abiliterà quindi tecnologie quali l'intelligenza artificiale, la blockchain e l'internet delle cose, che senza una connessione rapida e diffusa non possono prendere piede.
- Una nuova era, dominata dalla connessione costante.
- L'insieme di tecnologie di telefonia mobile e cellulare, i cui standard definiscono la quinta generazione della telefonia mobile con una significativa evoluzione rispetto alla tecnologia 4G/IMT-Advanced, si pone come obiettivo ottenere una maggiore efficienza e versatilità nel supporto delle applicazioni di rete.

11/39

## Corriere della Sera, 12 Aprile 2007

### È in arrivo il wimax. e mette tutti in rete

Una vera rivoluzione: porterà la banda larga e le connessioni senza fili ovunque. Perché non ha bisogno di cavi



Lo schema di funzionamento del Wimax (da Newton)

C'è qualcosa di nuovo nell'etere. Questa tecnologia promette di abbattere il «digital divide» (il divario digitale) portando le connessioni a banda larga ovunque, con costi ridottissimi per gli operatori e vantaggi per i consumatori. Dopo anni di promesse e sperimentazioni il WiMax è pronto per sbarcare in Europa. Germania e Francia hanno già concesso le licenze agli operatori. La Gran Bretagna, dopo una fase sperimentale, sarà pronta entro la fine del 2007. Anche Spagna e Grecia sono entrate nel club de «tutti pazzi per il WiMax». E l'Italia? Nel nostro Paese lo sviluppo di questa tecnologia è rimasto bloccato da una disputa politica che è durata un decennio. Ma adesso le cose sembrano essersi sbloccate. La svolta, per rimettersi in par dovrebbe arrivare entro l'anno. Il ministro delle Comunicazioni, Paolo Gentiloni, ha preso un impegno preciso: garantire entro la legislatura, cioè il 2011, la possibilità per tutto il Paese di connettersi in rete ad alta velocità. E dal WiMax, che a regime può coprire il 99% del territorio, può arrivare un grande aiuto.



10/39

Secondo documento redatto da: CNIT - Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni, GTTI - Gruppo Telecomunicazioni e Tecnologie dell'Informazione, SIEm - Società Italiana di Elettromagnetismo

“Il 5G è la nuova generazione della rete globale di telecomunicazioni e rappresenta un'evoluzione in termini di prestazioni rispetto alle generazioni precedenti, ma non solo”.

Miglioramento prestazioni	Nuovi scenari applicativi che prima non era possibile realizzare con un'unica tipologia di rete
<ul style="list-style-type: none"> <li>• velocità di trasmissione (fino ad 1 Gbps)</li> <li>• densità degli utenti serviti per area geografica (fino ad un milione di dispositivi connessi per Km2)</li> <li>• ritardo della comunicazione (fino a ritardi di solo 1 ms)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• comunicazioni ad alta affidabilità e a bassi ritardi necessarie per esempio per abilitare interventi chirurgici a distanza</li> <li>• interconnettere tanti sensori e attuatori in un ristretto spazio fisico, richiesto per esempio nelle applicazioni di impianti industriali gestiti a distanza</li> <li>• comunicazioni ad alta velocità e densità, come quelle richieste allo stadio da spettatori che vogliono rivedere un'azione da altre angolazioni anche in realtà aumentata</li> <li>• realizzare tante reti virtuali separate sugli stessi apparati, in modo da consentire a più aziende di avere la propria rete isolata da quelle di altre aziende pur usando la stessa infrastruttura fisica;</li> <li>• creare e modificare reti 5G senza dover installare nuovi apparati ma mediante una semplice attività di configurazione software degli apparati esistenti;</li> <li>• integrare i servizi di comunicazione con i servizi cloud con semplicità.</li> </ul>

12/39

### Nuovi scenari applicativi che prima non era possibile realizzare con un'unica tipologia di rete

- comunicazioni ad alta affidabilità e a bassi ritardi necessarie per esempio per abilitare interventi chirurgici a distanza
- comunicazioni ad alta velocità e densità, come quelle richieste allo stadio da spettatori che vogliono rivedere un'azione da altre angolazioni anche in realtà aumentata
- interconnettere tanti sensori e attuatori in un ristretto spazio fisico, richiesto per esempio nelle applicazioni di impianti industriali gestiti a distanza
- realizzare tante reti virtuali separate sugli stessi apparati, in modo da consentire a più aziende di avere la propria rete isolata da quelle di altre aziende pur usando la stessa infrastruttura fisica;
- creare e modificare reti 5G senza dover installare nuovi apparati ma mediante una semplice attività di configurazione software degli apparati esistenti;
- integrare i servizi di comunicazione con i servizi cloud con semplicità.

Migliori prestazioni rete, virtualizzazione

Maggiore densità utenti/IoT

SDN  
NFV



13/39

### In altre parole

La società evolve verso la fase in cui l'uomo è al centro della sua evoluzione, il progresso economico e tecnologico investono ogni ambito della vita quotidiana e sono indirizzati a fornire a tutti gli individui, senza alcuna discriminazione, benessere sociale. Tutte le tecnologie vengono utilizzate per migliorare la qualità della vita dell'uomo: tra queste, quelle che permettono a tutti gli essere umani ed agli oggetti di interconnettersi in rete e scambiare informazioni.

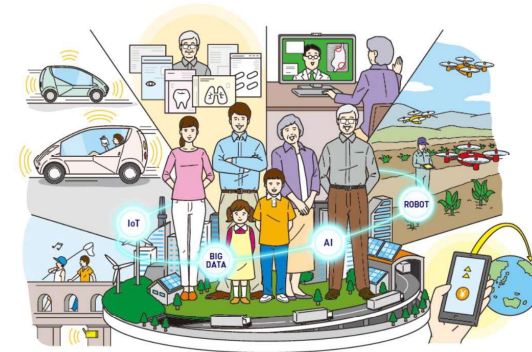
Vi è una piena integrazione tra lo spazio cibernetico e lo spazio fisico, realizzata in modo tale da bilanciare il progresso economico con le soluzioni di problemi sociali.

### Ruolo del 5G?

15/39

## Scenario evolutivo sistemi e servizi ICT in cinque punti

### 1) Verso la Società 5.0



In sintesi: concetto di società 5.0, introdotta dal governo giapponese nel 2016. Evoluzione tecnologica finalizzata al benessere della persona. Creare una società in cui si possano risolvere diversi sfide sociali, incorporando le innovazioni dei settori industriali (ad esempio IoT, big data, intelligenza artificiale, robot, economia condivisa) in ogni attività industriale e nella vita sociale.

14/39

## Scenario evolutivo sistemi e servizi ICT in cinque punti

### 2) Reti di TLC basate sui paradigmi:

- SDN (Software Defined Network)
- NFV (Network Function Virtualization)

L'infrastruttura di rete è basata sui paradigmi di SDN ed NFV

Le reti di nuova generazione (5G, 6G), sistemi abilitanti per le tecnologie più evolute, sono basate su tali paradigmi e sono in grado di supportare servizi pervasivi ad elevate prestazioni (velocità di trasmissione elevate e tempi di latenza bassissimi) e supportare altissime densità di dispositivi connessi in svariati e diversificati contesti applicativi.

➔ C-Ran (Cloud Radio Access Network)

➔ Abilitatori di nuovi modelli di business, non solo per gli operatori di TLC ma anche per nuovi player

16/39

## Software Defined Networking – concetti di base

- nodi di rete programmabili
- opportuni livelli di astrazione
- accesso ai nodi di rete mediante interfacce di controllo (API)

Il concetto è strettamente legato al concetto di virtualizzazione della rete

- Partizioni virtuali dell'infrastruttura di rete fisica
- Istanze multiple di controllo e delle rispettive applicazioni
- Centralizzazione logica del controllo che permette di attuare azioni di configurazione e ottimizzazione delle risorse di rete.
- dal punto vista concettuale SDN è equivalente ad un insieme (ecosistema) di moduli software interoperabili
- il paradigma SDN ha impatto sia sugli operatori "lean" che su quelli "smart"
- estensione ed utilizzo di strumenti di gestione tipici dei data center, che permettono elevata flessibilità
- possibilità di declinare il paradigma SDN fino all'edge

17/39

## NFV – Network Function Virtualization – concetti di base

- A livello di Network OS
- Virtualizzazione (slicing) anche alle risorse di rete.
- Consiste dunque nel ricavare delle partizioni virtuali dell'infrastruttura di rete fisica, in modo da permettere a più istanze di controllo e rispettive applicazioni di utilizzare la slice di rete assegnata, come se fosse a tutti gli effetti dedicata e completamente isolata dalle altre reti virtuali che insistono sulla medesima infrastruttura hardware.
- Con NFV le funzionalità di rete, sia fissa che mobile, diventano infatti applicazioni software, denominate VNF (Virtual Network Function), che l'operatore può istanziare su server.
- Realizzato tecnicamente tramite l'utilizzo su ogni server di un livello software di astrazione, denominato strato di virtualizzazione o hypervisor, che permette di creare più macchine virtuali.
- Industry Specification Group NFV di ETSI

19/39

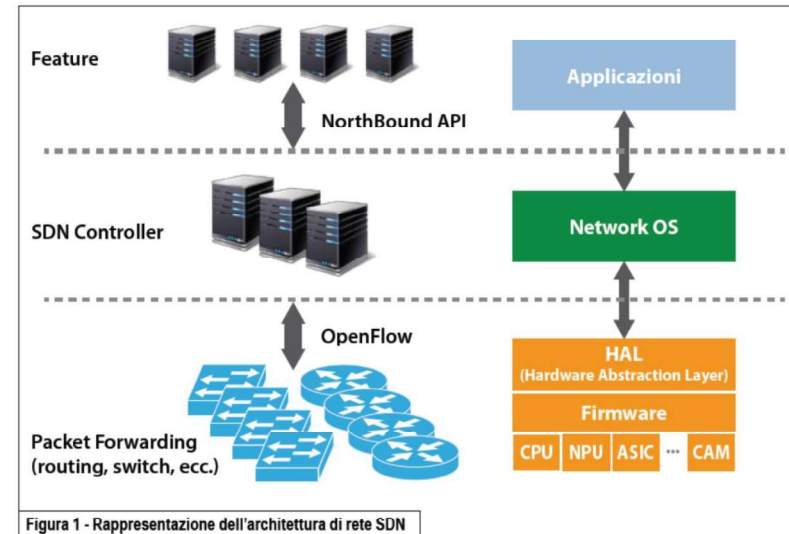
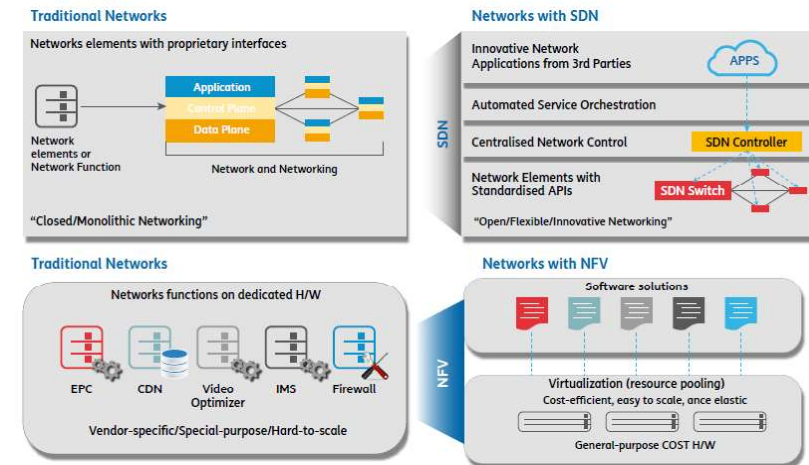


Figura 1 - Rappresentazione dell'architettura di rete SDN

Fonte: Notiziario Tecnico Telecom Italia

18/39



Fonte: Notiziario Tecnico Telecom Italia

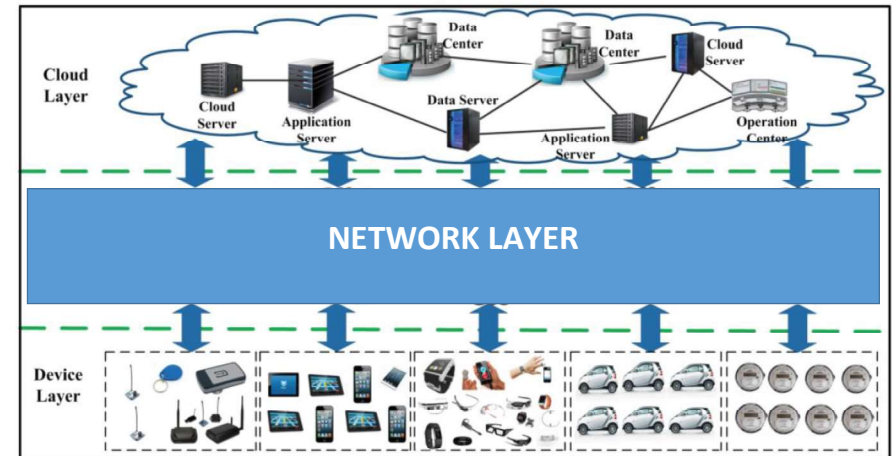
20/39



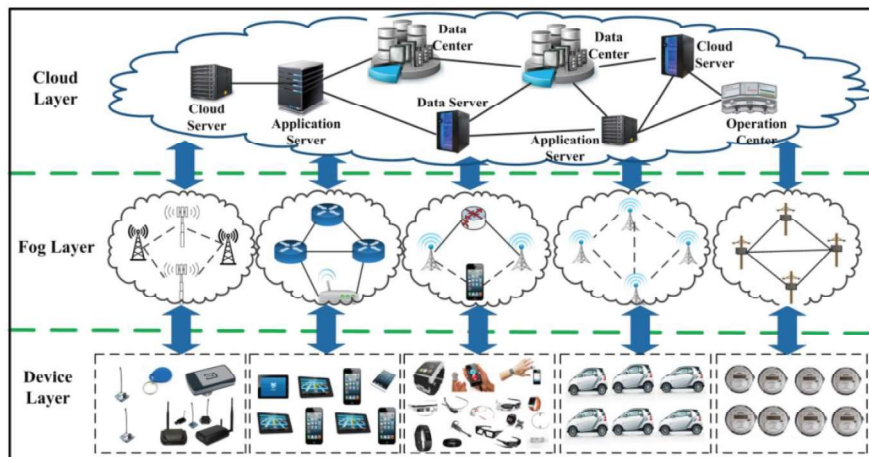
3) Il paradigma di Internet of Things è evoluto, articolandosi in svariate forme tra cui Massive IoT ed Internet of People.

- Oggetti e persone sono connesse in rete, si relazionano e condividono dati secondo i modelli di rete sociale.
- Sono introdotti livelli di computing intermedi tra dispositivi terminali e cloud, in quanto le classiche architetture di cloud, fog e edge computing sono evolute verso un'architettura di fluid/continuum computing, nella quale i nodi smart che compongono i dispositivi periferici (ovvero i nodi smart della vecchia Internet of Things) hanno una capacità di elaborazione e storage tali da permettere di spostare l'intelligenza dai nodi periferici fino all'edge per soddisfare le specifiche di qualità richieste dai nuovi servizi.
- Gli stessi oggetti di Internet sono in grado di aggiungere conoscenza, elaborando i dati che comunicano e scambiano.
- Grazie alla virtualizzazione delle funzioni di rete nella rete 5G e 6G, è possibile l'implementazione dei paradigmi di cloud, fog, edge e multi-access edge computing e tutte le forme miste di questi paradigmi in qualsiasi sezione della rete. In poche parole, i servizi sono ovunque, vi è una fusione delle reti e dell'informatica in un "continuum" intelligente dall'oggetto terminale al cloud.

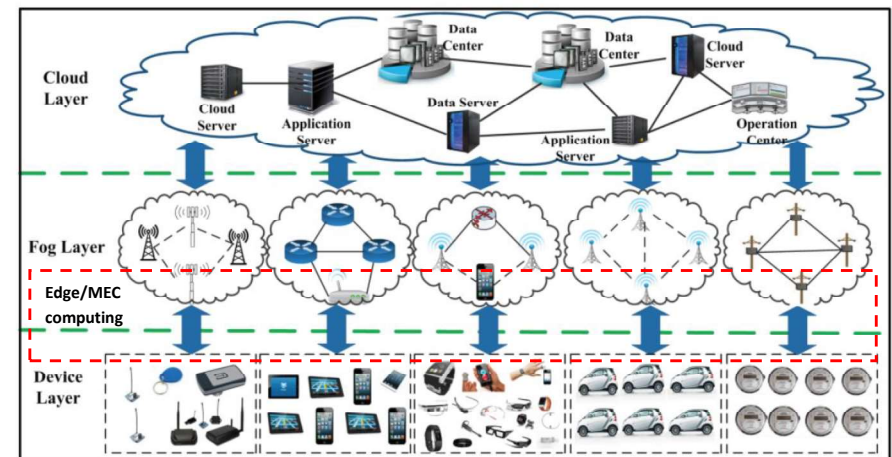
Cloud computing

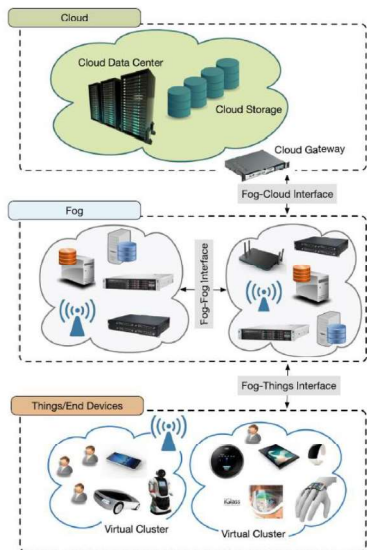


Cloud, fog computing



Cloud, fog, edge/MEC computing → continuum computing





Characteristics	Cloud	Fog	Multi-cloud	Edge
Latency	High	Low	Very High	Low
Bandwidth Utilization	High	Low	Very High	Very Low
Response Time	High	Low	High	Low
Storage	High	Low	Very High	Low
Server Overhead	Very High	Low	High	Very Low
Energy Consumption	High	Low	High	Low
Network Congestion	Very High	Low	High	Low
Scalability	Medium	High	Medium	High
Quality of Service and Quality of Experience	Medium	High	Medium	High

25/39

#### Scenario evolutivo sistemi e servizi ICT in cinque punti

#### 4) Da IoT (Internet of Things) a IoP (Internet of People)

Oggetti ed esseri umani, visti come sensori sociali, generano e condividono con varie modalità enormi quantità di dati, i sistemi tecnologici permettono di estrarre la conoscenza in grado di supportare servizi necessari alle persone. I servizi sono personalizzati sulle esigenze dell'utente nel momento in cui ne ha bisogno.

#### 5) Competizione e collaborazione

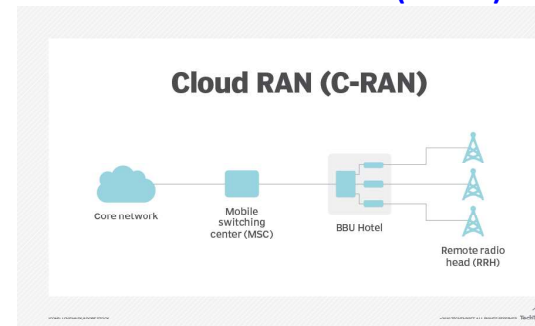
Nuovi modelli di servizi: gli smart object e le persone collaborano, competono e diffondono informazioni con l'obiettivo di sostenere servizi che permettono il miglioramento della qualità della vita. Gli utenti, nel prendere le decisioni, si trovano a cooperare o a competere con altri utenti dello stesso servizio, per cui le decisioni individuali dipendono dalla interazione e dalle scelte di altri utenti in un contesto multidimensionale.

- Big Data
- Sistemi cognitivi dinamici
- Ingegnerizzazione comportamenti umani
- Nuovi servizi basati su un contesto multidimensionale

#### Ruolo del 5G?

27/39

## Cloud radio access network (C-RAN)



#### Advantages of C-RAN

- Produces higher [spectrum efficiency](#).
- Is more cost and [footprint](#) effective due to less hardware.
- Has lower heating, cooling and power requirements.
- Creates a more simplified, scalable and flexible network.
- Supports a larger number of mobile users and wireless standards.
- Allows for more efficient network upgrades, enhancements, testing, monitoring, and maintenance.
- Has the ability to pool resources or reuse infrastructure.
- Achieves faster speeds than distributed RANs.
- Uses cloud computing open platforms and real-time virtualization to allocate shared resources between BBU's dynamically.

Fonte: <https://searchnetworking.techtarget.com>

Architettura centralizzata, basata su cloud, che abilita lo sviluppo su larga scala, con controllo centralizzato e processamento centralizzato nelle cosiddette baseband unit (BBU) hotel, connesse in fibra alle interfacce radio.

26/39

## Sicurezza e riservatezza, un problema sempre più sentito

L'attuale fase evolutiva dell'ecosistema digitale è caratterizzata dalla capacità di raccogliere e scambiare dati e informazioni con una velocità ed una precisione in precedenza non consentite.

Ne derivano possibili nuovi rischi, legati proprio all'accresciuta quantità di dati e informazioni che possono essere raccolti ed elaborati nonché alla sicurezza del loro corretto utilizzo.

L'evoluzione tecnologica può portare ad una violazione dei diritti digitali (ad esempio "Conservazione dei dati personali proporzionata alle legittime finalità di tutela della sicurezza nazionale e di lotta alla criminalità")?

28/39

## Alcune caratteristiche del 5G



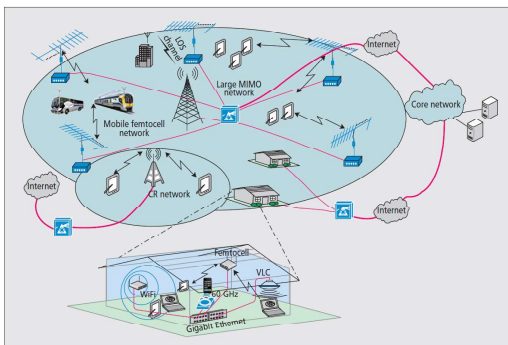
Confronto tra il fascio di radiazione emesso dalle stazioni radio base 4G (diagramma di irradiazione fisso) e 5G (diagramma di irradiazione dinamica e indirizzabile verso l'utente)

Fonte: Lagorio S., Anglesio L., D'Amore G., Marino C., Scarfi M., "Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche", Istituto Superiore della Sanità, luglio 2019.

29/39

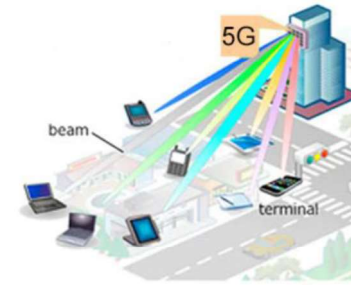
## Visione della copertura 5G

Una possibile architettura



- Gli utenti mobili collaborano tra loro per formare un grande array di antenne virtuale, che insieme alle antenne delle BS costruiranno dei collegamenti MIMO virtuali.
- All'esterno degli edifici verranno installate schiere di antenne che consentiranno la comunicazione con BS esterne e la comunicazione con gli utenti interni mediante la connessione ai punti di accesso wireless, tramite cavo, all'interno dell'edificio
- Gli utenti interni comunicano solo con i punti di accesso wireless, tecnologie a corto raggio e a velocità elevate
- L'eterogeneità dell'infrastruttura sarà garantita dall'impiego di macrocelle, microcelle, celle piccole e relè, quest'ultimo in combinazione con le MFemtocell assicurerà la connessione agli utenti ad alta mobilità (veicoli e treni ad alta velocità).

31/39



Il segnale trasmesso dalle antenne nel 5G è direzionale, le antenne sono adattative grazie alla tecnologia MIMO (Multiple In Multiple Out) generano un fascio radio dinamico destinato a ognuno dei terminali che stanno sotto quella copertura. In tal modo vi sarà un dialogo tra dispositivi ed antenna, in modo tale che l'antenna possa seguire il dispositivo nei suoi movimenti orizzontali e verticali per dare una prestazione ottimizzata con una minore emissione di potenza da parte sia dell'antenna sia del terminale.

- riduzione della perdita di penetrazione del segnale che danneggia in modo significativo la velocità dei dati
- efficienza spettrale e l'efficienza energetica delle trasmissioni wireless
- separazione scenari indoor e outdoor mediante l'utilizzo di sistemi di antenne distribuite (DAS) e mediante tecnologia MIMO, che schiera sul territorio gli array di antenne con decine o centinaia di elementi antenna.

30/39

## Casi d'uso per il 5G

- 1) enhanced Mobile Broadband (eMBB), ossia "banda ultralarga migliorata"
- 2) massive Machine Type Communications (mMTC), ossia "comunicazioni massive tra dispositivi"
- 3) Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC), ossia "comunicazioni ultra affidabili a bassa latenza"

32/39



## Frequenze utilizzate nel 5G

- Banda bassa (inferiore a 1 GHz): 694-790 MHz  
Utilizzata per copertura maggiore del territorio (es. aree rurali)
- Banda media (inferiore a 6 GHz): 3,6-3,8 GHz  
Utilizzata per offrire un misto di copertura e throughput
- Banda elevata (a onde millimetriche): 26,6-27,5 GHz (Nota: le onde millimetriche propriamente dette partono dal valore minimo di 30 GHz. La banda 26,6-27,5 GHz viene tuttavia assimilata alle onde millimetriche in quanto sufficientemente vicina a questo valore minimo.)  
Utilizzata per applicazioni che chiedono alta capacità ma localizzate in aree molto limitate per estensione (corto raggio, altissima densità di dispositivi e richieste di elevata capacità)

DVB-T1: 700 MHz 2G, 3G, 4G: 800 MHz - 2,6 GHz WiFi: 2,4 GHz e 5 GHz	<b>5G</b> 694-790 MHz <b>3,6-3,8 GHz</b> 26,6-27,5 GHz
---	--

33/39

## In sintesi, 5G significa:

- Maggiore velocità e maggiore quantità di dati trasmissibile (da 1 a 10 Gbit/s).
- Maggiore affidabilità, ovvero probabilità di perdita dei pacchetti molto inferiore a rete 4G.
- Bassa latenza: da 5 fino a 1 o 2 millisecondi, invece dei 40-50 millisecondi della rete 4G.
- Maggiore quantità di dispositivi connessi: fino a un milione di connessioni per chilometro quadrato, contro un massimo di 15.000 nel caso del 4G.
- Basso consumo energetico.
- Coesistenza di reti virtuali sulla stessa infrastruttura fisica, con caratteristiche specializzate in relazione ai servizi da offrire.
- Non è un miglioramento delle prestazioni rispetto alle precedenti generazioni, ma un eco-sistema che estende le comunicazioni dalle persone alle cose, in grado di "Connettere Tutto" in modo efficiente, dedicando le risorse necessarie al contesto applicativo, coerentemente con l'esigenza e la capacità di spesa del Cliente. Banda richiesta, latenza, capacità, mobilità, autonomia di carica del dispositivo, affidabilità cambiano in funzione dello "use case" e dello scenario applicativo.
- Completa armonizzazione di tecnologie già esistenti con tecnologie nuove per risolvere specifici problemi di capacità, nuovi metodi di allocare le risorse radio, di processing, di memorizzazione dei dati, per consentire riconfigurabilità, provisioning dinamico di risorse.
- Tecnologia la cui genesi va di pari passo con lo sviluppo della rete in fibra ottica, in quanto fisso e mobile sono destinati ad una sempre maggiore integrazione a beneficio di nuovi servizi.

35/39

## FASI del 5G

### Fase 1 (non-standalone)

- Si basa sulle infrastrutture esistenti per 4G e 4.5G, sia come rete di accesso sia come rete core che gestisce tutta la parte di servizi.
- Alle stazioni esistenti si aggiunge un nuovo accesso radio e si utilizzano le nuove frequenze assegnate al 5G, i servizi sono quelli tradizionali, si utilizza FWA (Fixed Wireless Access) dove la fibra non è presente e non vi è un accesso a larga banda.

### Fase 2 (standalone)

- Nuova rete core 5G, in grado di abilitare tutti i nuovi servizi (URLLC, mMTC, ecc. ), senza il supporto dell'infrastruttura 4G.
- Semplificazione dei protocolli di comunicazione e miglioramento dell'efficienza del sistema, con conseguenti riduzione dei costi e incremento delle prestazioni.
- Coesistenza sulla stessa infrastruttura fisica di reti virtuali con caratteristiche specializzate in relazione ai servizi da offrire, non vi è distinzione tra infrastrutture fissa e mobile in quanto la stessa rete diventa essa stessa virtuale.

34/39

## Dal 5G al 6G

- La consapevolezza dei limiti della rete di quinta generazione ha portato recentemente la comunità scientifica a pensare ad una nuova generazione di rete a supporto dei servizi in mobilità, la 6G. Questa generazione supporterà più funzionalità rispetto a quelle della generazione precedente, garantirà prestazioni migliori in termini di qualità del servizio e si baserà su un diffuso utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale.
- Ad oggi si prevede che tale rete verrà realmente definita e realizzata alla fine di questo decennio.
- Oggi si è in una fase di esplorazione delle tecnologie abilitanti e dell'impatto che si potrà avere in termini di servizi e soluzioni per servizi ICT innovativi.

36/39

## Casi d'uso 6G



Fonte: IEEE Communication Magazine, March 2020, pp. 55-61

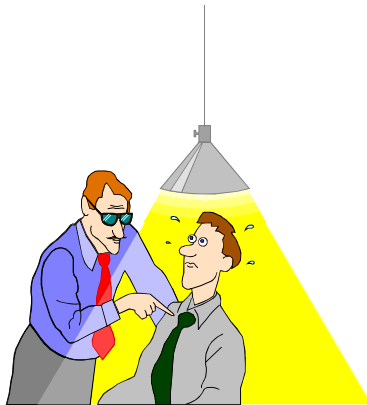
37/39

Terahertz	High bandwidth, small antenna size, focused beams	Circuit design, high propagation loss	Pervasive connectivity, industry 4.0, holographic telepresence
VLC	Low-cost hardware, low interference, unlicensed spectrum	Limited coverage, need for RF uplink	Pervasive connectivity, eHealth
<b>Novel PHY techniques</b>			
Full duplex	Continuous TX/RX and relaying	Management of interference, scheduling	Pervasive connectivity, industry 4.0
Out-of-band channel estimation	Flexible multi-spectrum communications	Need for reliable frequency mapping	Pervasive connectivity, holographic telepresence
Sensing and localization	Novel services and context-based control	Efficient multiplexing of communication and localization	eHealth, unmanned mobility, industry 4.0
<b>Innovative network architectures</b>			
Multi-connectivity and cell-less architecture	Seamless mobility and integration of different kinds of links	Scheduling, need for new network design	Pervasive connectivity, unmanned mobility, holographic telepresence, eHealth
3D network architecture	Ubiquitous 3D coverage, seamless service	Modeling, topology optimization and energy efficiency	Pervasive connectivity, eHealth, unmanned mobility
Disaggregation and virtualization	Lower costs for operators for massively-dense deployments	High performance for PHY and MAC processing	Pervasive connectivity, holographic telepresence, industry 4.0, unmanned mobility
Advanced access-backhaul integration	Flexible deployment options, outdoor-to-indoor relaying	Scalability, scheduling and interference	Pervasive connectivity, eHealth
Energy-harvesting and low-power operations	Energy-efficient network operations, resiliency	Need to integrate energy source characteristics in protocols	Pervasive connectivity, eHealth
<b>Intelligence in the network</b>			
Learning for value of information assessment	Intelligent and autonomous selection of the information to transmit	Complexity, unsupervised learning	Pervasive connectivity, eHealth, holographic telepresence, industry 4.0, unmanned mobility
Knowledge sharing	Speed up learning in new scenarios	Need to design novel sharing mechanisms	Pervasive connectivity, unmanned mobility
User-centric network architecture	Distributed intelligence to the endpoints of the network	Real-time and energy-efficient processing	Pervasive connectivity, eHealth, industry 4.0
		Not considered in 5G	With new features/capabilities in 6G

38/39

*Grazie a tutti per l'attenzione*

*Domande?*



39/39