



# **La tecnologia LTE nelle reti radio per la sicurezza**

## *Evoluzione dei sistemi wireless per reti commerciali*

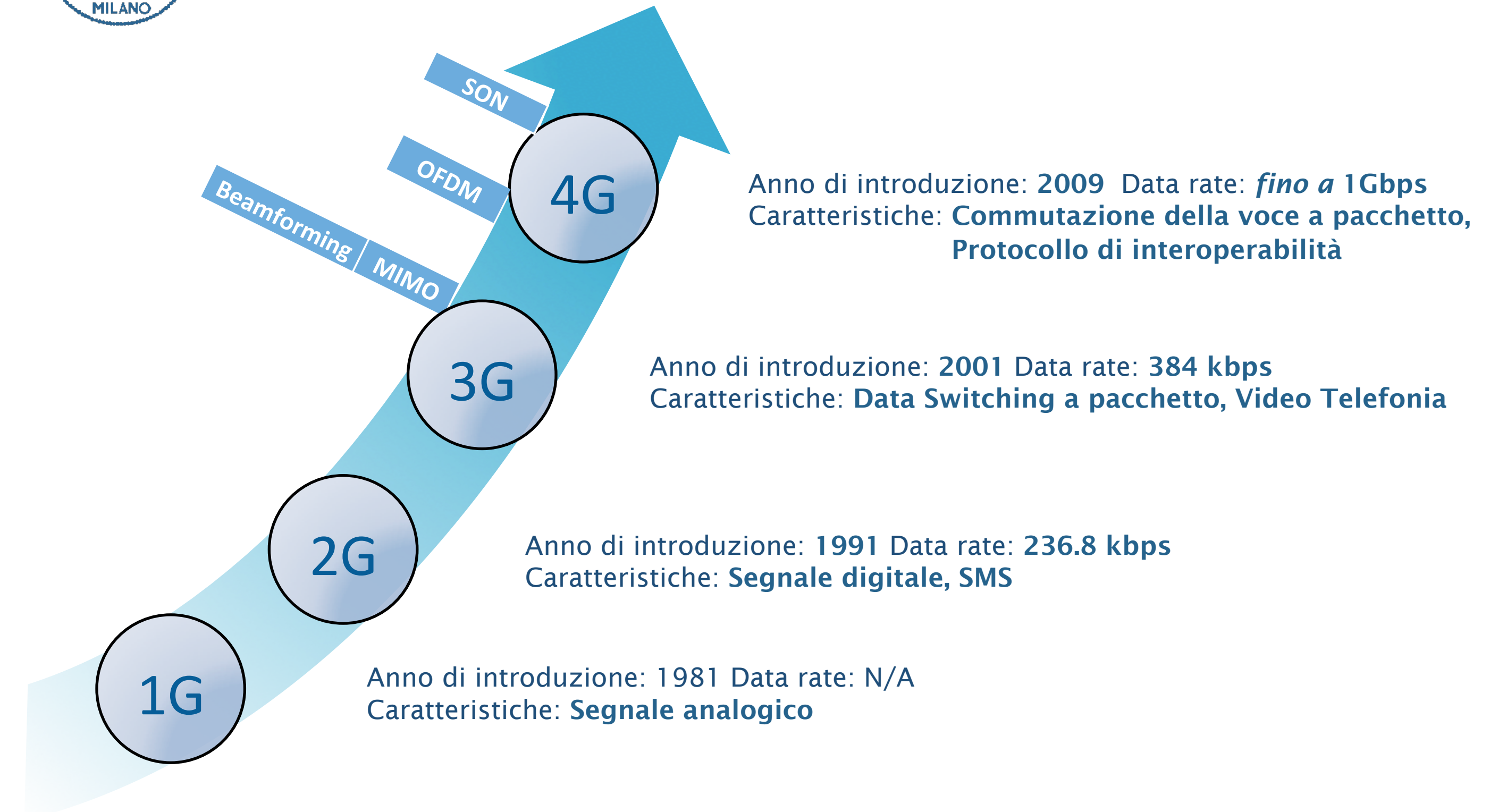
Martino De Marco – *Politecnico di Milano*

Milano, 13/05/2016

---



# Evoluzione dei Sistemi Wireless per Reti Commerciali

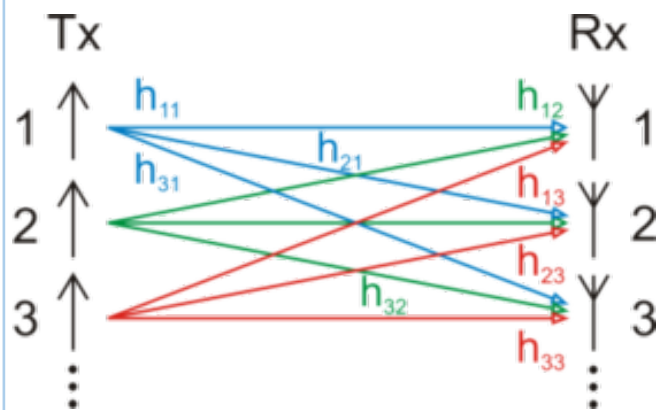




# Recenti Innovazioni nel Campo delle Reti Wireless

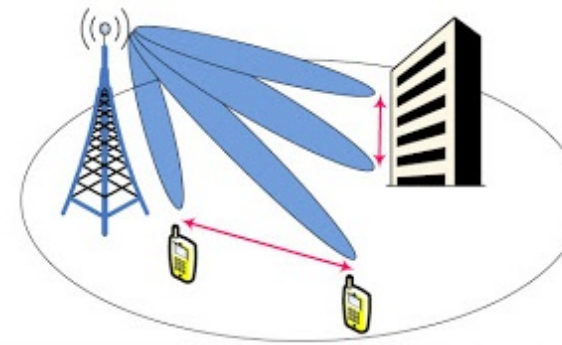
## MIMO

### Multiple Input Multiple Output



- Utilizzo molteplici antenne lato Tx e lato Rx
- Miglioramento prestazioni canale
- Incrementata la capacità del canale a parità di banda

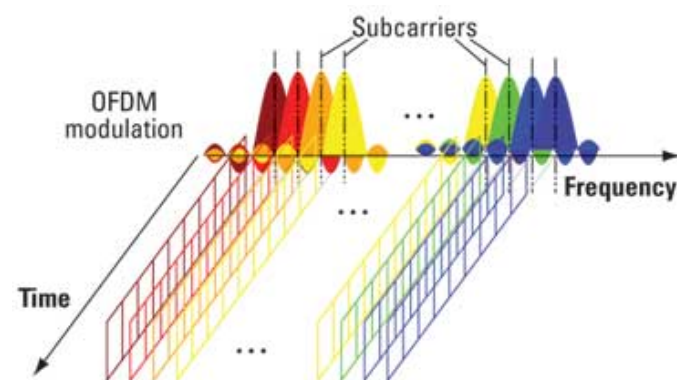
## Beamforming



- Utilizzabile sia verso singolo utente (per aumentare throughput) che inter-cella (non interferire con segnali contigui)
- Il pattern di radiazione di ciascuna antenna, sia in Tx che in Rx, viene adattato a ciascun utente in modo da ottenere il guadagno più elevato in tale direzione

## OFDM

### Orthogonal Frequency-Division Multiplexing



- Utilizzo molteplici sotto-portanti tra loro ortogonali
- Possibilità Tx anche in condizioni canale pessime
- Ridotta interferenza intersimbolica
- Attenuazione costante ed eliminabile

## SON

### Self-Organizing Network

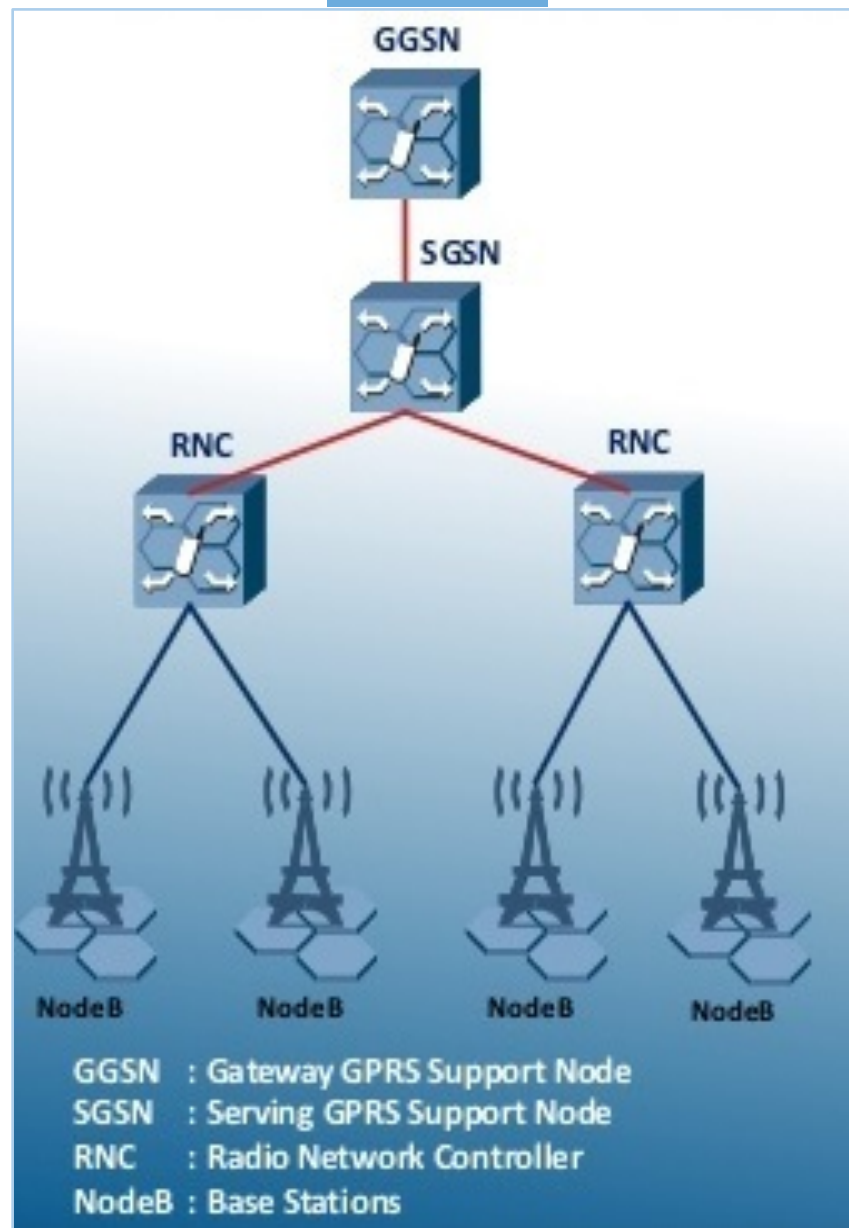


- Self-configuration: supporto a installazione e preconfigurazione del nodo
- Self-optimization: supporto a supervisione dei KPI e adattamento parametri configurazione per raggiungere determinate performance
- Self-healing: supporto a riconoscimento guasti e ripristino automatico del nodo e/o azioni compensative sui nodi adiacenti



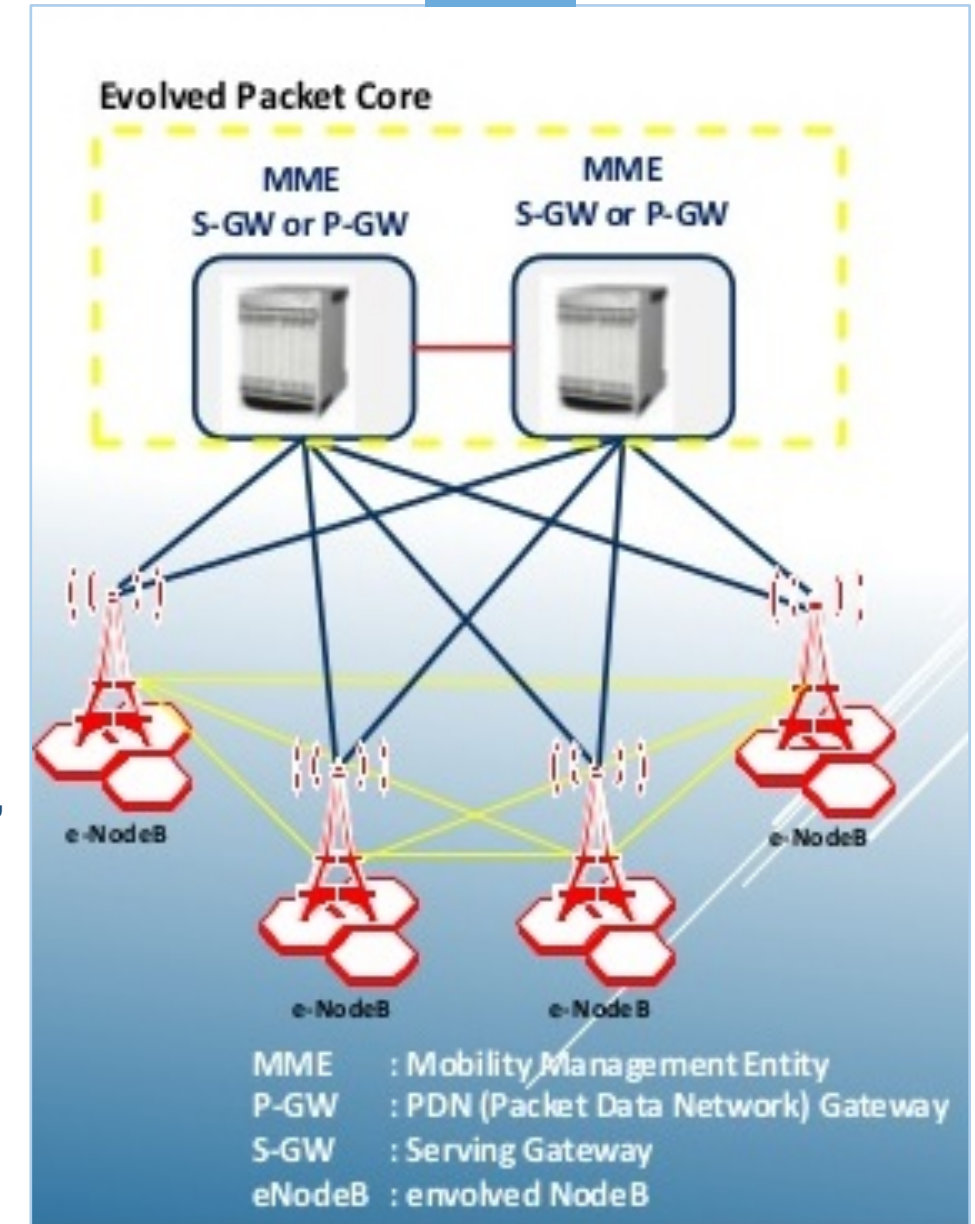
# Architettura di rete: 3G e 4G a Confronto

## 3G UMTS



- LTE ha un'architettura IP piatta e semplificata
- BSC/RNC scompaiono: le loro funzioni passano all'eNodeB
- Tutti gli eNodeB sono direttamente connessi tramite interfacce X2 (interfaccia tra 2 eNodeB, con le funzioni di User Plane e Control Plane)
- Servizi soltanto packet-switched, con voice over IP (e circuit-switch fallback su 2G o 3G dove VoLTE non ancora disponibile)
- L'MME (Mobility Management Entity) distribuisce i messaggi di paging tra gli eNodeB

## 4G LTE



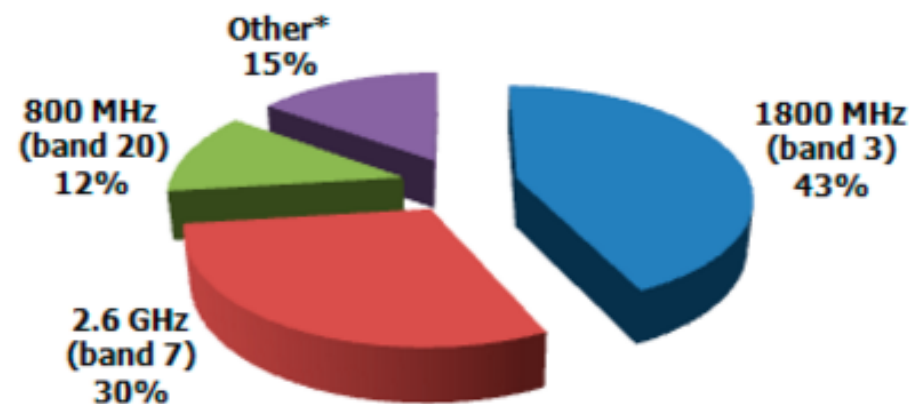




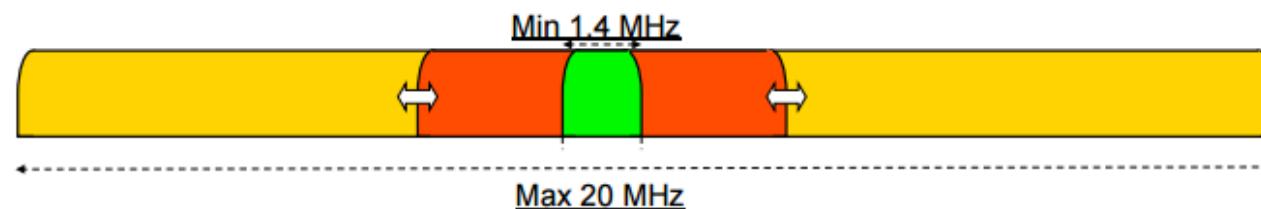
# LTE: Spettro Utilizzabile ed Efficienza Spettrale

## Banda occupata

- LTE è in grado di operare su diverse porzioni dello spettro radio (da 700 MHz a 2700 MHz)

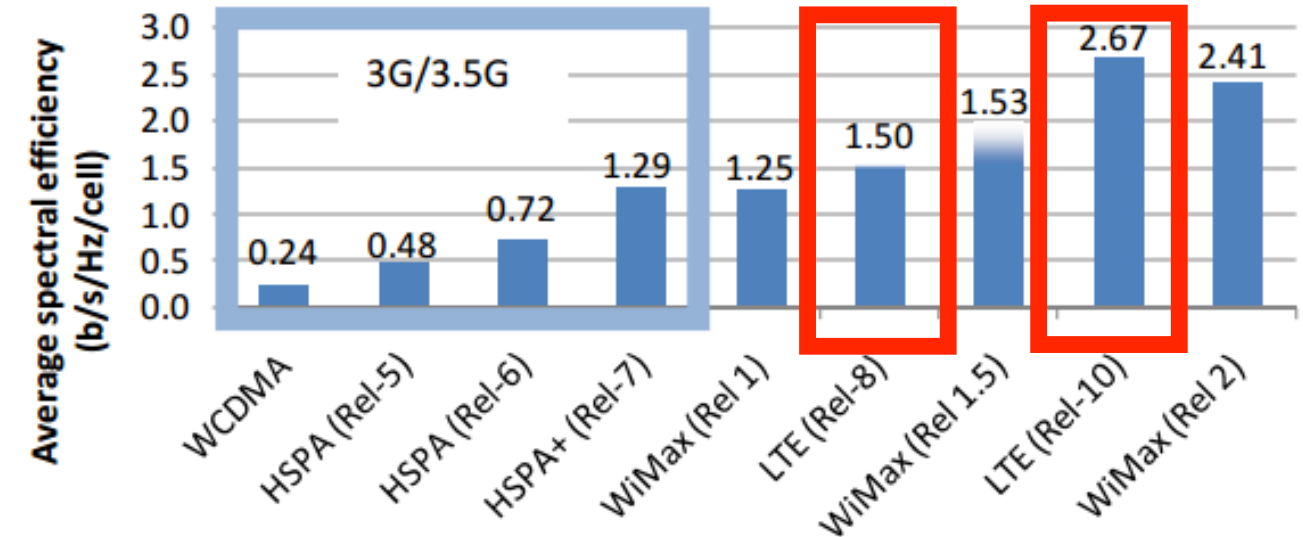


- Diverse porzioni di banda possono essere impiegate (1.4, 5, 10, 15 e 20 MHz):



- Sia la modalità Frequency Division Duplex (FDD) che la Time Division Duplex (TDD) sono usate per adattarsi alle regole di suddivisione dello spettro nelle diverse regioni

## Confronto efficienze spettrali



- Il miglioramento dell'efficienza spettrale mostrato in alto non è frutto solo del diverso schema di accesso multiplo (OFDMA<sub>Access</sub>) introdotto in LTE/WiMax, ma anche dell'introduzione del MIMO e di uno scheduling selettivo in frequenza
- Il miglioramento dell'efficienza spettrale di LTE è dovuto anche alla capacità della tecnologia di gestire l'ambiente radiomobile sempre più dinamico e *multipath* più efficientemente delle precedenti tecniche di moltiplicazione di accesso

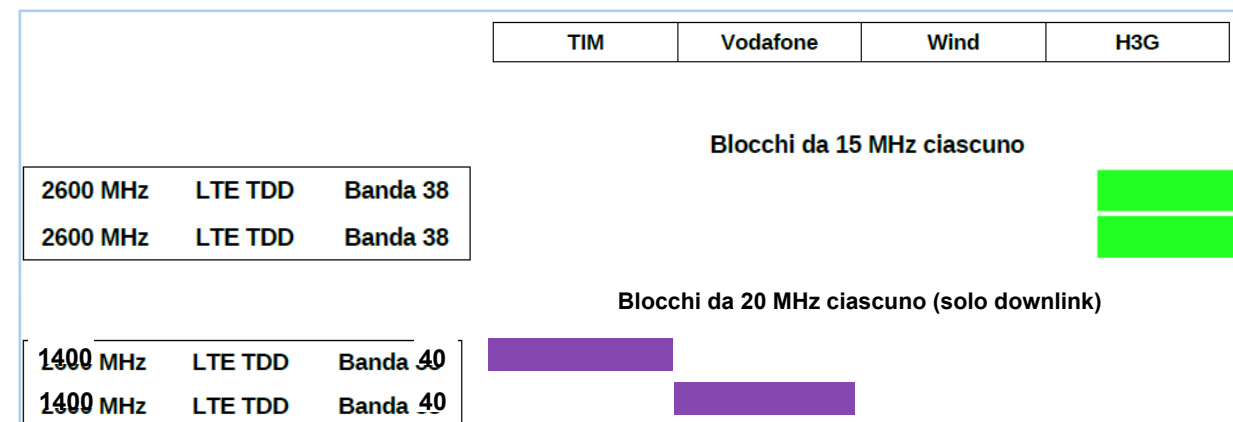
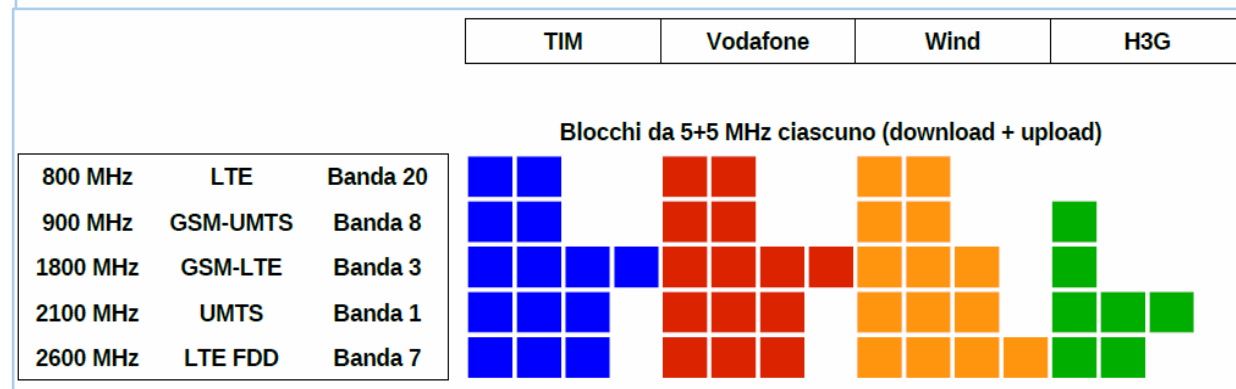


# LTE: Disponibilità delle Bande in Italia ed in Europa

## Regolamentazione ITU per i maggiori stati europei

| Stato                                                                                        | Operatore                    | Frequenza [MHz] | Nome banda |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|------------|
| Italia      | 3, TIM, e Vodafone           | 1800            | 3          |
|                                                                                              | TIM, Vodafone e Wind         | 800             | 20         |
|                                                                                              | TIM e Vodafone               | 2400            | 40         |
|                                                                                              | TIM e Vodafone               | 2600            | 7          |
| Francia     | Bouygues, Orange e SFR       | 800             | 20         |
|                                                                                              | Bouygues, Free e SFR         | 1800            | 3          |
|                                                                                              | Bouygues, Free, Orange e SFR | 2600            | 7          |
| Germania  | O2, Telekom e Vodafone       | 800             | 20         |
|                                                                                              | O2 e Telekom                 | 1800            | 3          |
|                                                                                              | O2, Telekom e Vodafone       | 2600            | 7          |

| Stato                                                                                             | Operatore                                    | Frequenza [MHz] | Nome banda |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|------------|
| Russia         | VimpelCom, MegaFon, MTS e Rostelecom         | 800             | 20         |
|                                                                                                   | MegaFon, Motiv, MTS, Rostelecom e Tattelecom | 1800            | 3          |
|                                                                                                   | Vainakh Telecom                              | 2300            | 40         |
|                                                                                                   | VimpelCom, MegaFon, MTS e Rostelecom         | 2600            | 7          |
| Spagna         | Movistar, Orange e Vodafone                  | 800             | 20         |
|                                                                                                   | Movistar, Orange, Vodafone e Yoigo           | 1800            | 3          |
|                                                                                                   | COTA, Movistar, Orange e Vodafone            | 2600            | 7          |
|                                                                                                   | Masmovil                                     | 3500            | 42         |
| Inghilterra  | 3, O2 e Vodafone                             | 800             | 20         |
|                                                                                                   | 3 e EE                                       | 1800            | 3          |
|                                                                                                   | EE e Vodafone                                | 2600            | 7          |
|                                                                                                   | UK Broadband                                 | 3500            | 42         |
|                                                                                                   | UK Broadband                                 | 3700            | 43         |





# Rel. 3GPP: Public Safety/Mission Critical (1/2)

## Introduzione

- Il lavoro iniziato con la release 12 degli standard 3GPP LTE ha avuto lo scopo di migliorare LTE per soddisfare i requisiti applicativi della public safety
- Le reti di public safety forniscono comunicazioni per servizi quali polizia, vigili del fuoco ed ambulanze: in questo scenario il requisito è stato lo sviluppo di *sistemi altamente affidabili* e che soddisfacessero i requisiti di comunicazione di *servizi di emergenza*
- Gli utenti di public safety sono una comunità importante sia economicamente che socialmente, ma il mercato dei sistemi basati sugli standard di public safety è molto più piccolo di quello telefonico commerciale
- La public safety specialistica e la tecnologia delle comunicazioni mission critical non possono attrarre né gli investimenti né la R&D globale delle reti cellulari commerciali
- Stabilire alcuni standard tecnici comuni per la telefonia commerciale e la public safety offre vantaggi ad entrambe le comunità
  - Quella del public safety ottiene l'accesso ai vantaggi economici e tecnici generati dall'economia di scala del mondo della telefonia commerciale
  - Quella della telefonia commerciale ha sia l'opportunità di entrare in parte del mercato della public safety sia di migliorare i propri sistemi, con applicazioni interessanti sia lato consumer che lato business

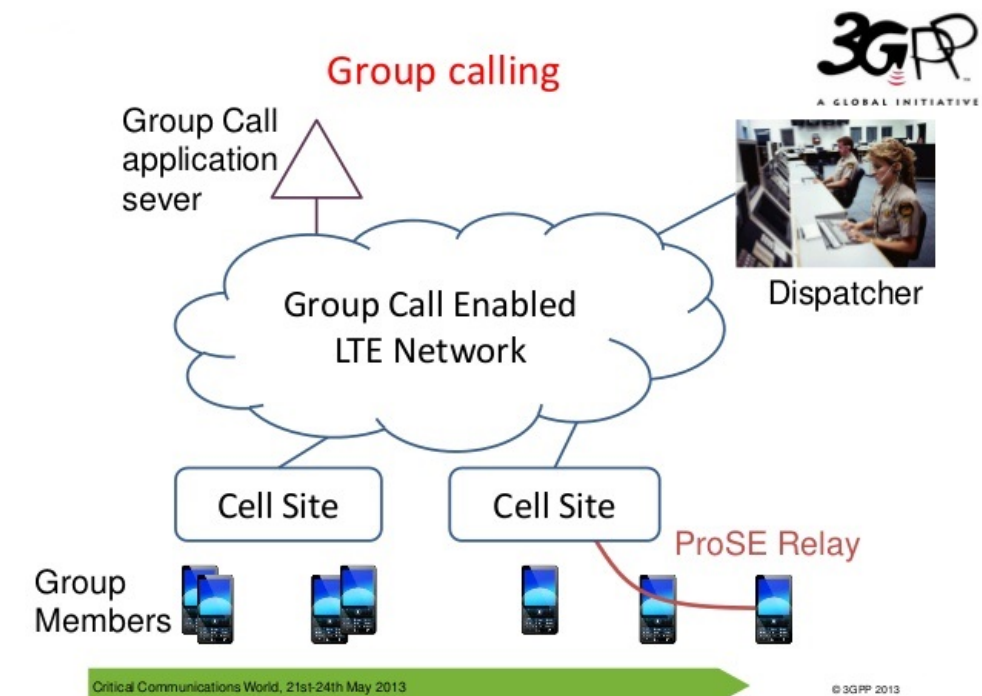
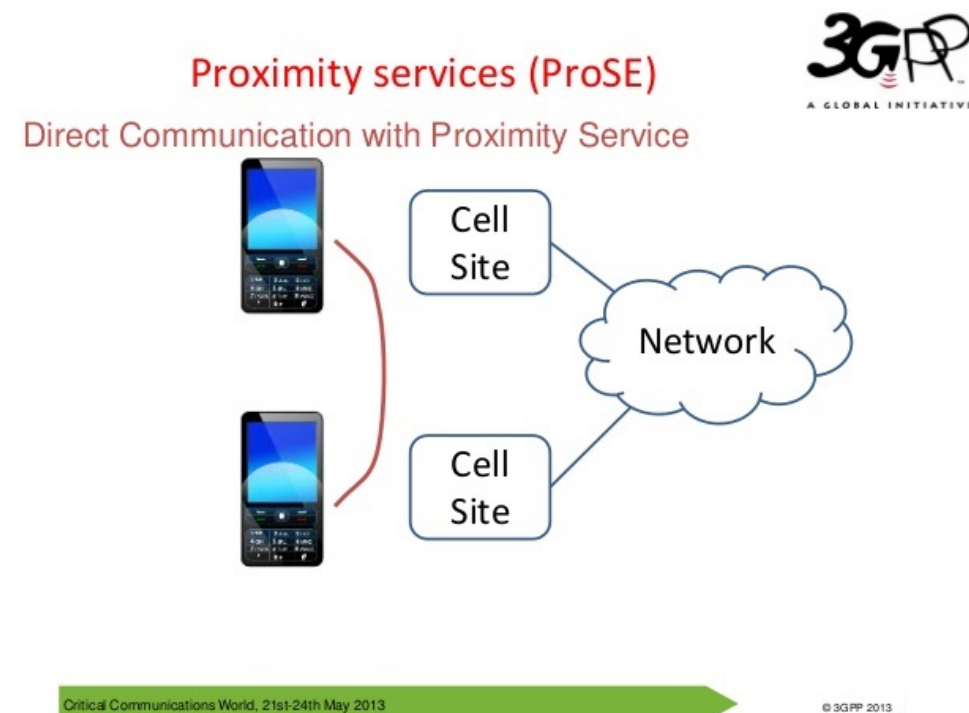


## Rel. 3GPP: Public Safety/Mission Critical (2/2)

### I due servizi principali

Sono state concordate 2 grandi aree di miglioramento degli standard 3GPP LTE che riguardano applicazioni di public safety

- **Servizi di prossimità:** per identificare dispositivi mobili fisicamente vicini e permettere la comunicazione tra loro
- **Sistemi di chiamata di gruppo:** per supportare i requisiti fondamentali di comunicazioni di gruppo dinamiche ed efficienti (e.g., la chiamata one-to-many ed il lavoro degli operatori dei call center)







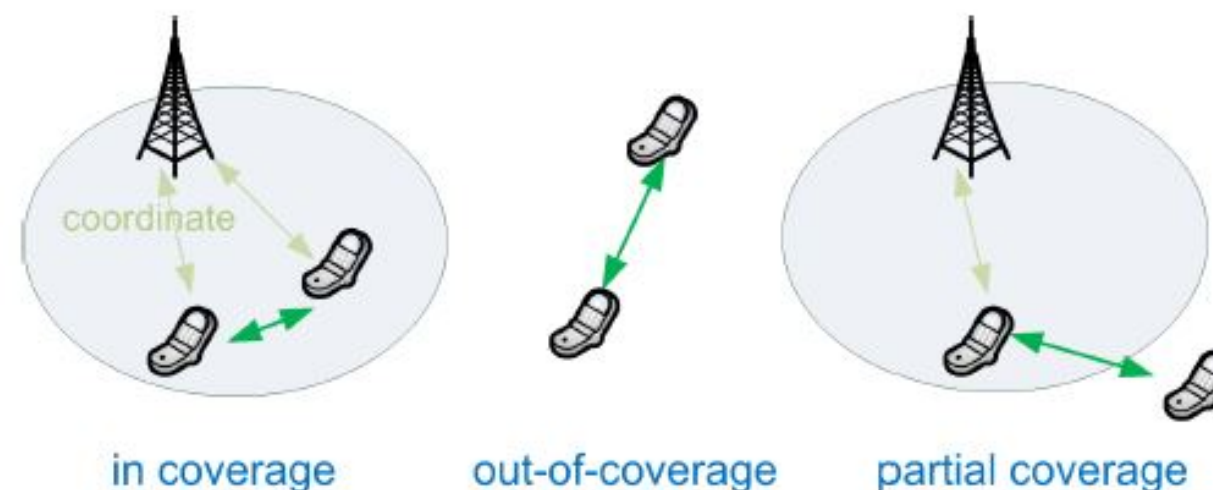
## 3GPP Release 12 – Marzo 2015 (1/2)

Gli sviluppi introdotti dalla Rel 12 sono:

- LTE small cell e reti eterogenee
- LTE multi-antenna (e.g., MIMO e beam forming)
- LTE servizi di prossimità
- LTE procedure per supportare diversi tipi di traffico

Le nuove caratteristiche legate ai servizi di public safety sono:

- **Servizi di prossimità:** due terminali fisicamente vicini possono scambiare informazioni in maniera diretta senza l'ausilio di una rete cellulare -> in caso di disastro il personale addetto alla gestione della sicurezza può comunicare anche in caso di rete non disponibile
- **Comunicazioni di gruppo:** in caso di disastro comunicare simultaneamente con più terminali permette di coordinare i soccorsi in maniera più efficiente

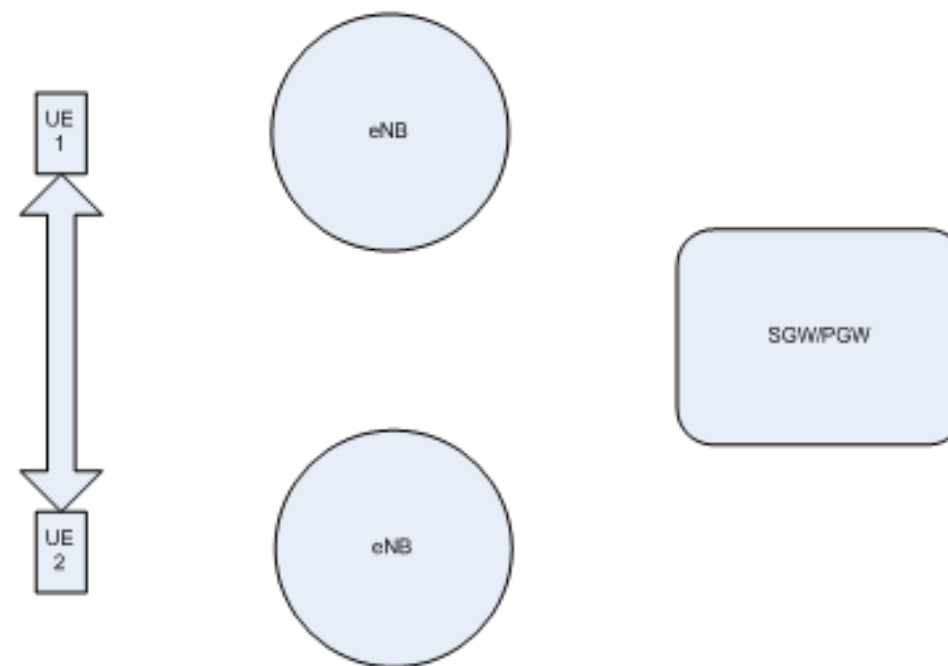




## 3GPP Release 12 – Marzo 2015 (2/2)

### Comunicazioni di gruppo, servizi di prossimità, comunicazione Device-To-Device (D2D)

- La comunicazione di gruppo è una funzionalità chiave di alcuni sistemi di telecomunicazioni, tra cui quelli della public safety. Tale feature permette sia l'inoltro di gruppo di chiamate agli utenti sia il set-up e la gestione dei gruppi
- I servizi di prossimità: quando 2 utenti sono in prossimità l'uno dell'altro, potrebbero comunicare senza passare per la rete dell'operatore, svincolandosi così dalla necessità della copertura cellulare:



- La comunicazione D2D è la comunicazione diretta tra dispositivi mobili vicini è stata introdotta nella Release 12 tra le caratteristiche dei servizi di prossimità



## 3GPP Release 13 – Marzo 2016 (1/2)

Gli sviluppi introdotti dalla Rel 13 sono:

- Spettro – nuove bande di frequenza e aggregazione delle portanti
- Accesso *licensed-assisted* usando LTE
- Miglioramento servizi di prossimità device-to-device (D2D) di LTE
- Miglioramento del livello fisico di LTE per la Machine-Type Communication (MTC)
- Elevation Beamforming/Full-Dimension (FD) MIMO per LTE
- Requisiti di irradiazione per la verifica delle performance di ricezione multi-antenna dei terminali LTE

Le nuove caratteristiche legate ai servizi di public safety sono:

- ❑ **Mission-critical Push-to-talk:** supporto a comunicazioni voce Mission-critical su LTE che possano essere usate dalla public safety e per usi commerciali
- ❑ **Miglioramento servizi di prossimità D2D di LTE:** migliorato il supporto a D2D in presenza di portanti multiple e Public Land Mobile Networks (PLMNs)



## 3GPP Release 13 – Marzo 2016 (2/2)

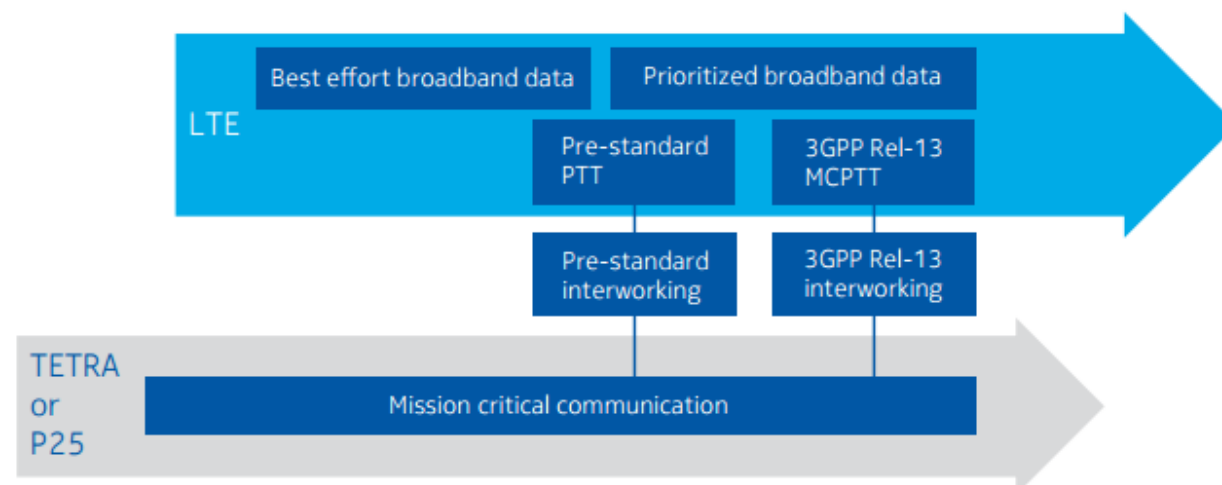
### Miglioramenti delle comunicazioni di gruppo, servizi di prossimità estesi, ecc.

- Miglioramento della comunicazione di gruppo: studiato il vantaggio nella gestione di gruppi di device, ad esempio allertandoli con un messaggio di trigger, ed implementando un'unica politica di QoS per ogni gruppo di device; ciò garantisce all'operatore che un determinato gruppo di device non vada a caricare ingiustificatamente la rete e al server che gestisce i device di triggerare tutti quelli che si trovano all'interno di una determinata area geografica
- Servizi di prossimità estesi: miglioramento del supporto alla comunicazione D2D in presenza di diversi operatori. Standardizzata l'estensione delle comunicazioni D2D al di fuori della cella su cui sono accampati gli utenti
- La *Isolated E-UTRAN Operation* permette agli utenti public safety di comunicare anche nelle situazioni in cui siano al di fuori della copertura E-UTRAN, dove un E-UTRAN isolato si può costituire sia in seguito ad un evento che lo isoli dalla normale connettività con EPC (Evolved Packet Core) sia in seguito al deployment di E-UTRAN NeNBs standalone (un eNodeB isolato)
- La Mission Critical Push-to-Talk (MCPTT) è una funzionalità fondamentale dei sistemi di comunicazione public safety, con lo scopo di supportare la comunicazione tra diversi utenti (una chiamata di gruppo) dove ciascun utente può ottenere il permesso di parlare in maniera arbitraria. Il servizio di MCPTT, infatti, garantisce agli utenti di richiedere il permesso a parlare e fornisce loro un meccanismo deterministico per gestire le richieste in conflitto



## LTE Public Safety: Piano di Implementazione (1/2)

- L'evoluzione dagli attuali sistemi a banda stretta alle reti public safety basate su LTE richiederà diversi anni ed avverrà gradualmente
- Il primo step sarà quello di affidarsi solo ai «vecchi» sistemi TETRA e P25 per voce e messaggi mission-critical, puntando su LTE per la connettività dati con performance >>> perdendo un po' di affidabilità
- Ad un certo punto i produttori di device dovranno produrre dispositivi multi-protocollo, fino a quando la public safety non viaggerà esclusivamente su reti LTE



- A febbraio 2016 Samsung ha annunciato che in Corea fornirà sia l'infrastruttura di TLC che i device per una rete public safety su tecnologia LTE (PS-LTE) -> si tratta del primo rete PS-LTE al mondo basata sullo standard 3GPP release 13
- L'implementazione partirà da Seoul e verrà estesa a tutto lo stato entro la fine del 2017

In ambito CES (Consumer Electronic Show) 2016 hanno trovato spazio anche gli sviluppi futuri della Nationwide Public Safety Broadband Network (NPSBN). Affinché la tecnologia consumer transiti verso l'uso della public safety serve supportare meglio alcune procedure operative e scenari di lavoro della public safety, e.g., irrobustire i device per l'uso in ambienti «a rischio», la modifica di alcune interfacce grafiche ed un miglioramento dei meccanismi di sicurezza per permettere la connessione a database ad accesso limitato





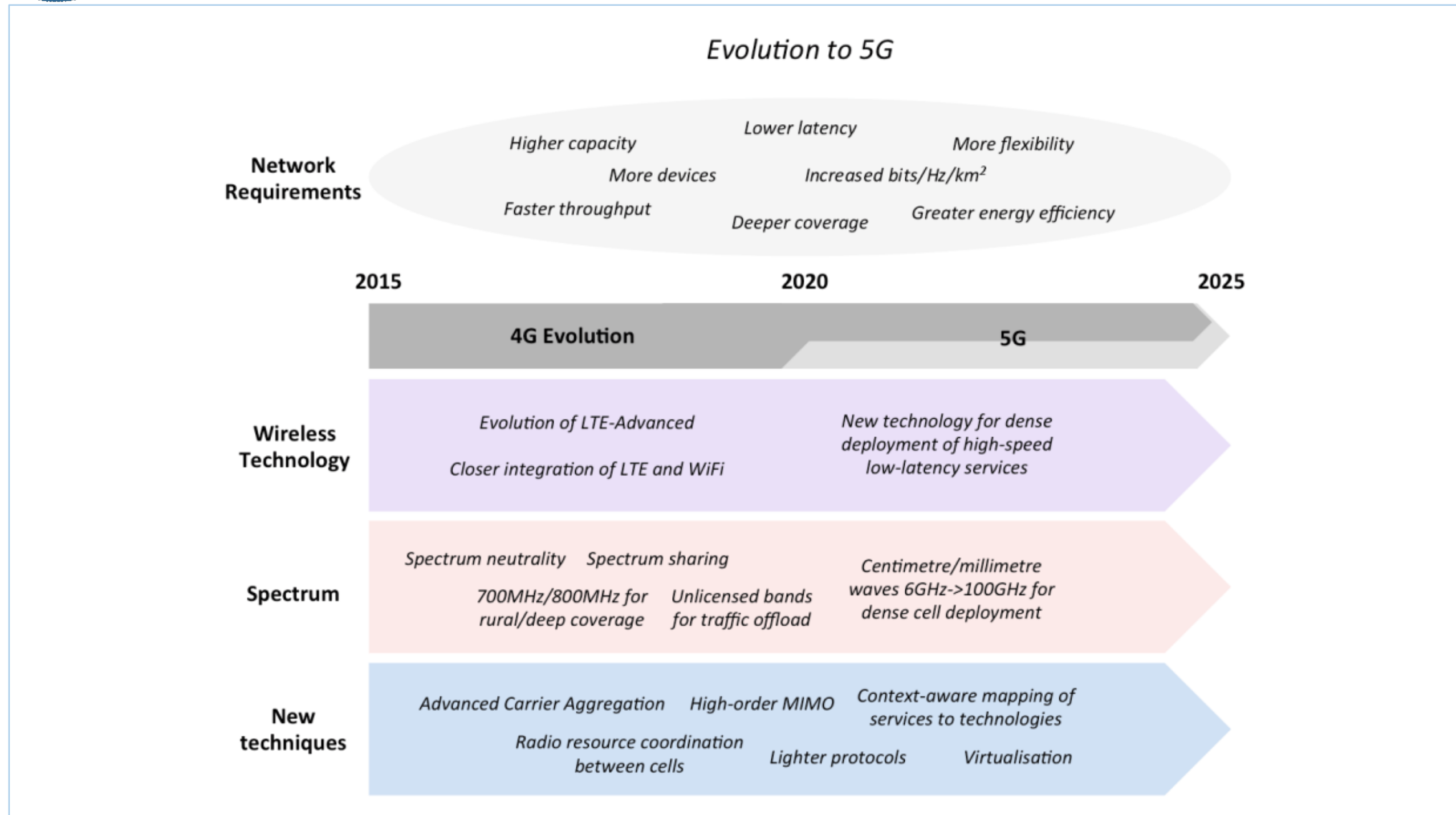
## LTE public safety: piano di implementazione (2/2)

- Gli attori chiave delle comunicazioni broadband nella public safety sono Nokia Networks, Ericsson, Verizon Communications Inc., Huawei Technologies Co. Ltd., Alcatel-Lucent S.A., Motorola Solutions, Inc., Airbus Group, Inc., AT & T Inc., Harris Corporation e ZTE Corporation
- Gli investimenti nell'infrastruttura PS-LTE sono previsti in crescita con un Compound Annual Growth Rate (CAGR) del 40 % tra il 2015 ed il 2020; alla fine del 2020, gli investimenti in infrastruttura - che includono eNodeB, mobile core e mobile backhaul - ammonteranno ad oltre 2 miliardi di \$
- Anche il mercato dei terminali *ruggedized* PS-LTE assisterà ad una crescita significativa, arrivando, nel 2020, ad una stima di 4 milioni di terminali spediti all'anno
- Entro il 2020, si prevede che i PS-LTE eNodeB installati saranno più di 150 k e che le soluzioni LTE trasportabili rappresenteranno circa il 20 % di tutti gli investimenti nella PS-LTE
- Entro il 2020, gli operatori commerciali ed i Mobile Virtual Network Operators (MVNOs) dovrebbero intascare più di 8 miliardi di \$ nel servizio PS-LTE, seguendo una crescita con il CAGR al 50 % tra il 2015 ed il 2020
- Quasi tutti i maggiori Land Mobile Radio Systems (LMRs) stanno stabilendo delle partnership con costruttori consolidati di infrastruttura LTE (e.g., Nokia, Huawei, Ericsson e Alcatel-Lucent) per poter offrire soluzioni LTE end-to-end
- Nell'industria stanno avendo luogo continui sforzi di consolidamento tra i vendors dell'infrastruttura LTE ed i principali system integrators del mondo della public safety



## Verso il 5G (1/2)

### Macro-evoluzione





## Verso il 5G (2/2)

### Caratteristiche salienti

- Nuove tecnologie wireless, per supportare il deployment di servizi ad alta velocità e bassa latenza
  - Aggregazione avanzata delle portanti: aumento del numero di portanti, della massima larghezza di banda e delle combinazioni di bande supportate
  - Coordinamento delle risorse radio tra le celle: tra celle adiacenti per ridurre l'interferenza ed aumentare le performance; sarà implementato anche tra celle di differenti dimensioni, tra porzioni di spettro licenziate e non licenziate, tra connessioni Frequency Division Duplex (FDD) e Time Division Duplex (TDD), e tra LTE-Advanced e Wi-Fi
  - MIMO di ordine superiore: array MIMO con 64 elementi o più, impiegabili nel beamforming o nello spatial multiplexing. Se sarà sostenibile lavorare a qualche decina di GHz, l'impiego di *high-order* MIMO sarà cruciale nelle aree densamente urbane, dove il fattore limitante è la capacità e non la copertura
  - Protocolli più leggeri: per ridurre la latenza a qualche [ms] al massimo, saranno introdotti nuovi protocolli di Medium Access Control (MAC), per garantire un accesso più immediato alle risorse
  - Virtualizzazione: i servizi e le caratteristiche offerti da un sistema vengono disaccoppiati dall'infrastruttura sottostante - e.g., Software-Defined Networking (SDN) e Network Function Virtualization (NFV)
- Migliorato l'uso delle attuali bande di frequenza (fino ai 6 GHz) ed utilizzo di nuove frequenze nella banda del centimetro/millimetro (tra i 6 ed i 100 GHz) per offrire le necessarie capacità e copertura
- Nuove tecnologie per migliorare il controllo delle risorse radio, delle antenne, dei protocolli e dell'architettura, per migliorare l'utilizzo dello spettro, ridurre la latenza ed aumentare l'affidabilità.