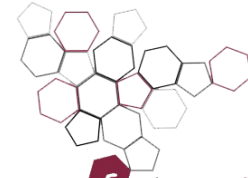




REGIONE
LAZIO



ARPALAZIO
AGENZIA REGIONALE
PROTEZIONE AMBIENTALE
DEL LAZIO



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Earth Day 2024



Il 5G tra fatti e fake news

*Un viaggio educativo
per tutta la famiglia*

Dott. Daniele Franci

ARPA Lazio – Sezione Provinciale di Roma
Via Giuseppe Saredo 52 – 00173 Roma
daniele.franci@arpalazio.it

Ing. Maila Strappini

ARPA Lazio – Sezione Provinciale di Roma
Via Giuseppe Saredo 52 – 00173 Roma
maila.strappini@arpalazio.it

Ing. Settimio Pavoncello

ARPA Lazio – Sezione Provinciale di Roma
Via Giuseppe Saredo 52 – 00173 Roma
settimio.pavoncello@arpalazio.it

Standard di telecomunicazione

Radio FM



Telefonia mobile



WiFi



TV Digitale



Standard di telecomunicazione

Radio FM



Telefonia mobile



WiFi

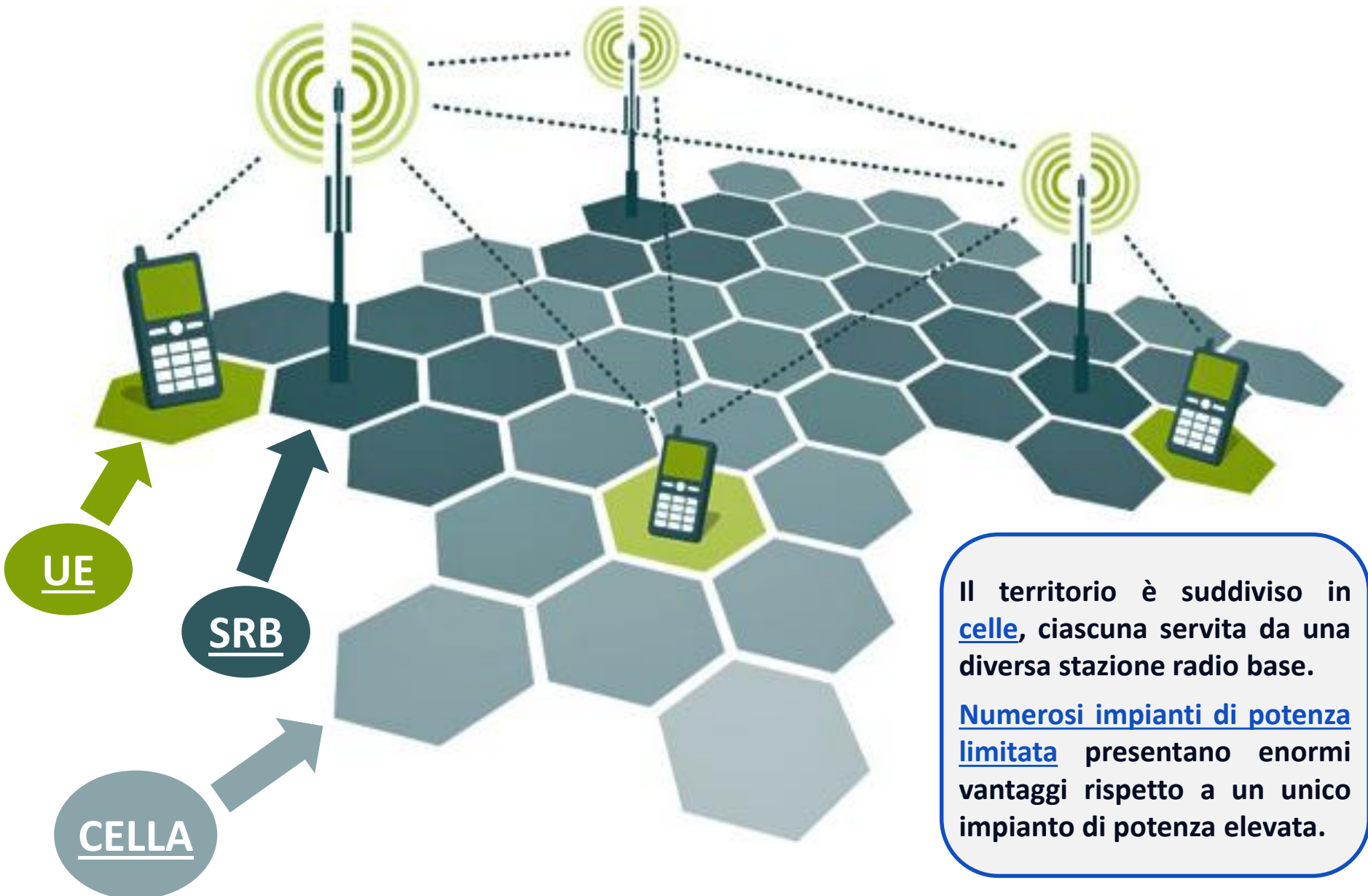


TV Digitale



**Un paio di
nozioni sulla
telefonia mobile**

Rete di telecomunicazione cellulare



Il territorio è suddiviso in celle, ciascuna servita da una diversa stazione radio base.

Numerosi impianti di potenza limitata presentano enormi vantaggi rispetto a un unico impianto di potenza elevata.

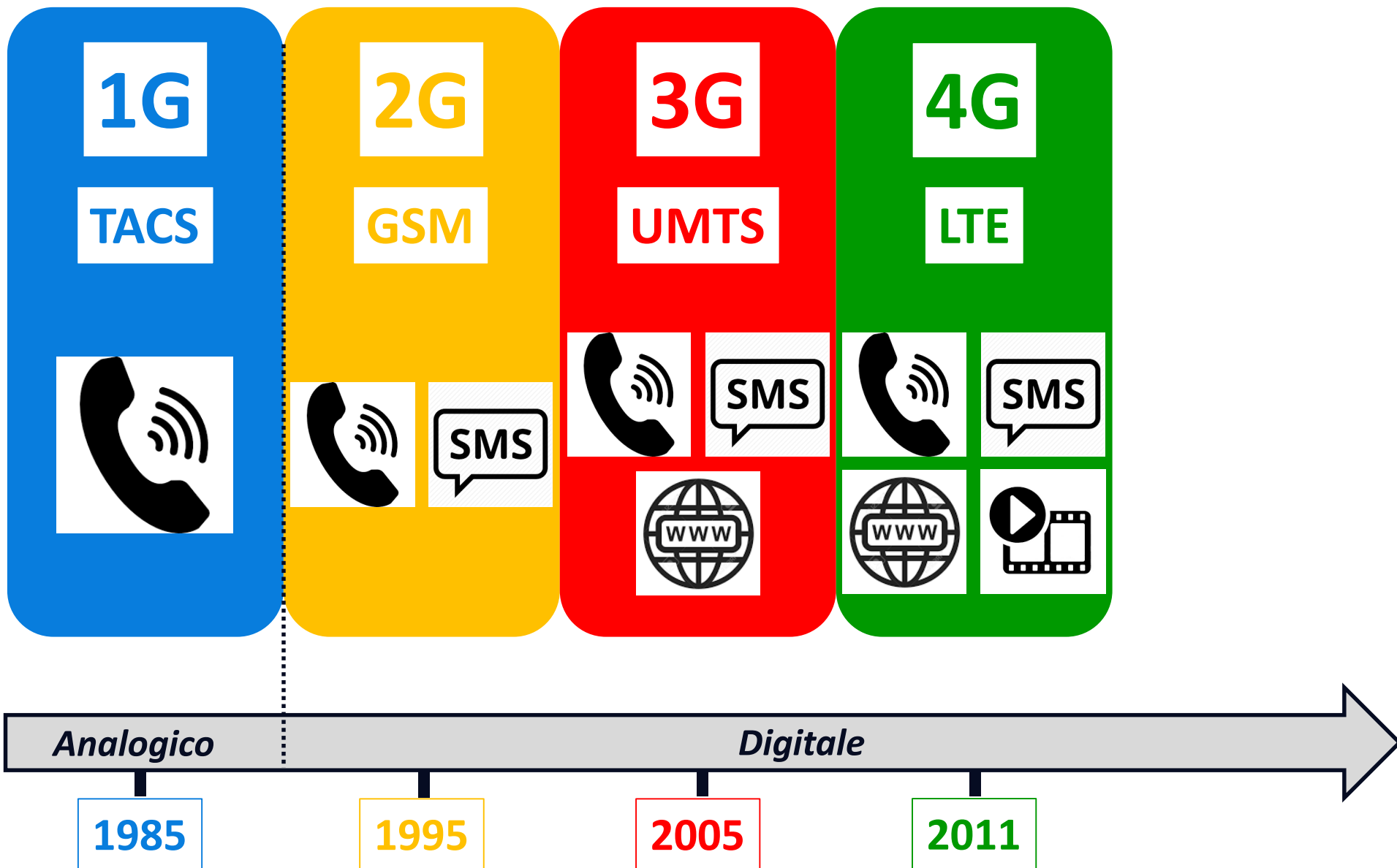
Evoluzione della tecnologia mobile



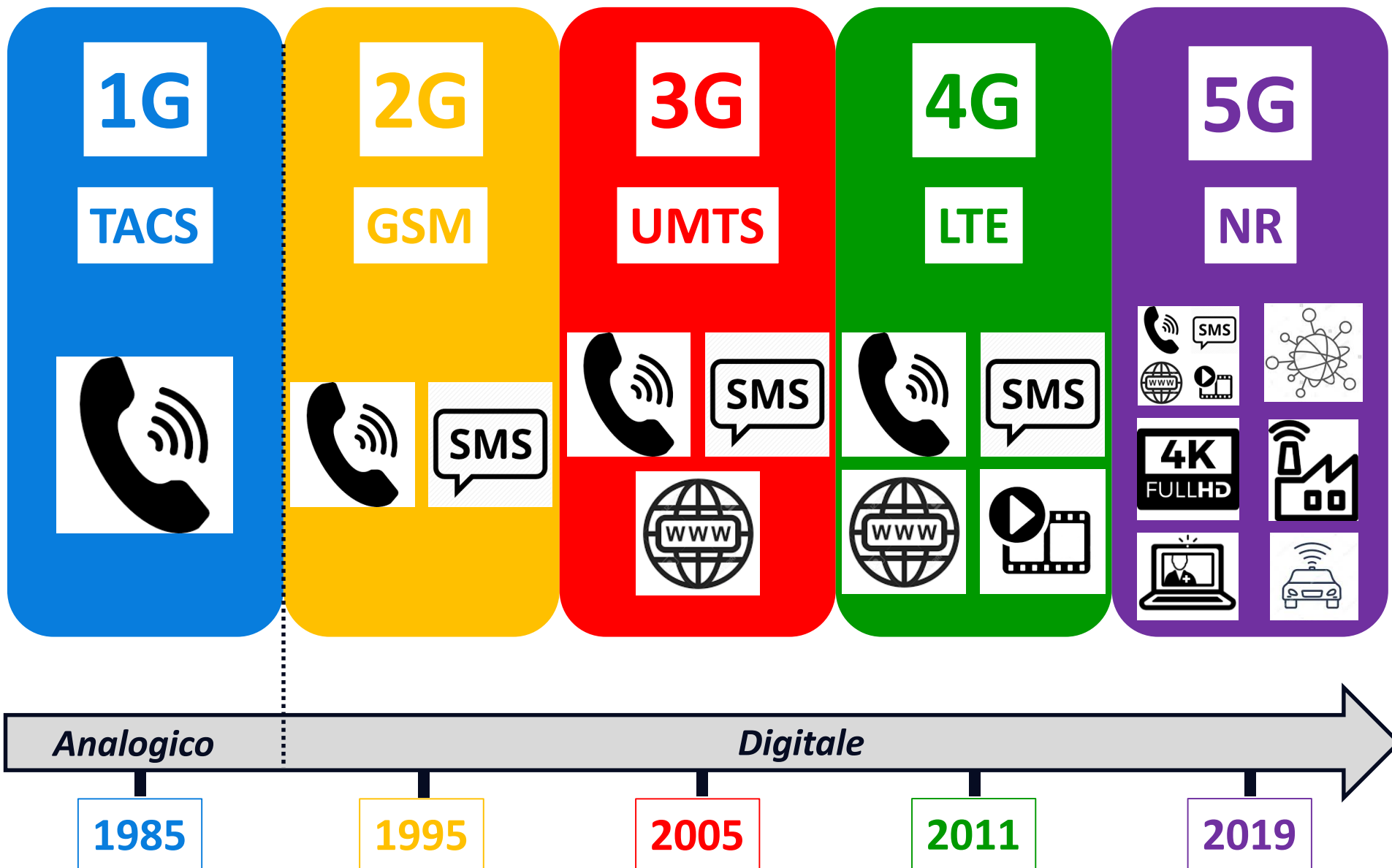
Analogico

1985

Evoluzione della tecnologia mobile



Evoluzione della tecnologia mobile



Evoluzione dei terminali

1G

2G

3G

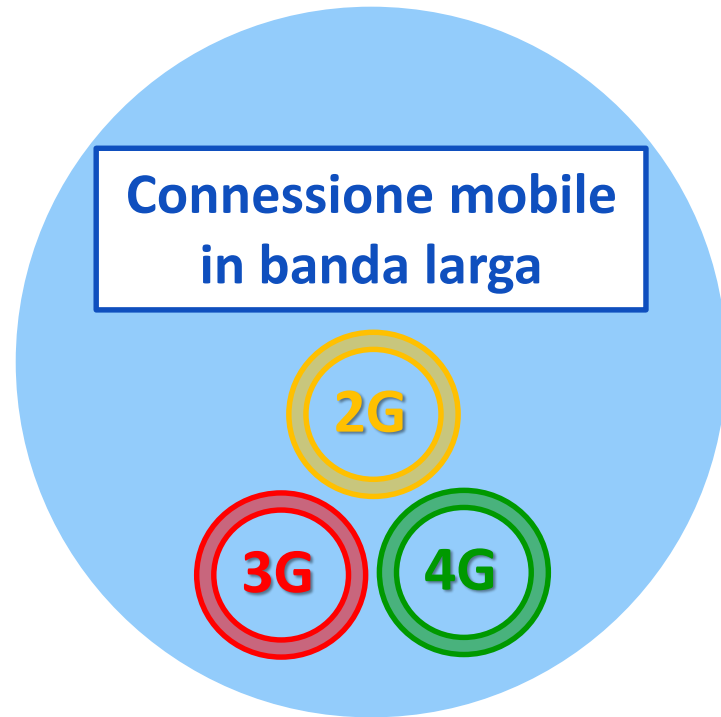
4G

5G



???

Applicazioni della telefonia mobile



Connessione mobile
in banda larga

2G

3G

4G

Applicazioni della telefonia mobile

Connessione mobile
in banda larga

2G

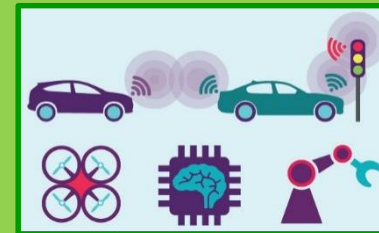
3G

4G

Connessioni MtM e
Internet of Things



Applicazioni a bassa
latenza



5G

Strumentazione per misure CEM

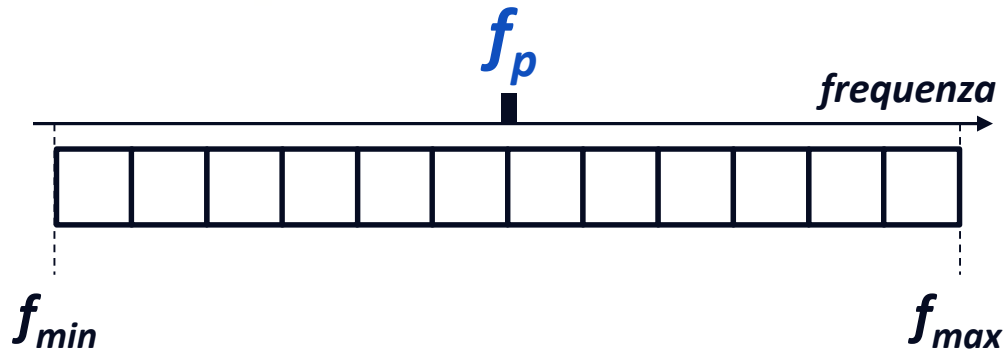


Eccoci all'opera!



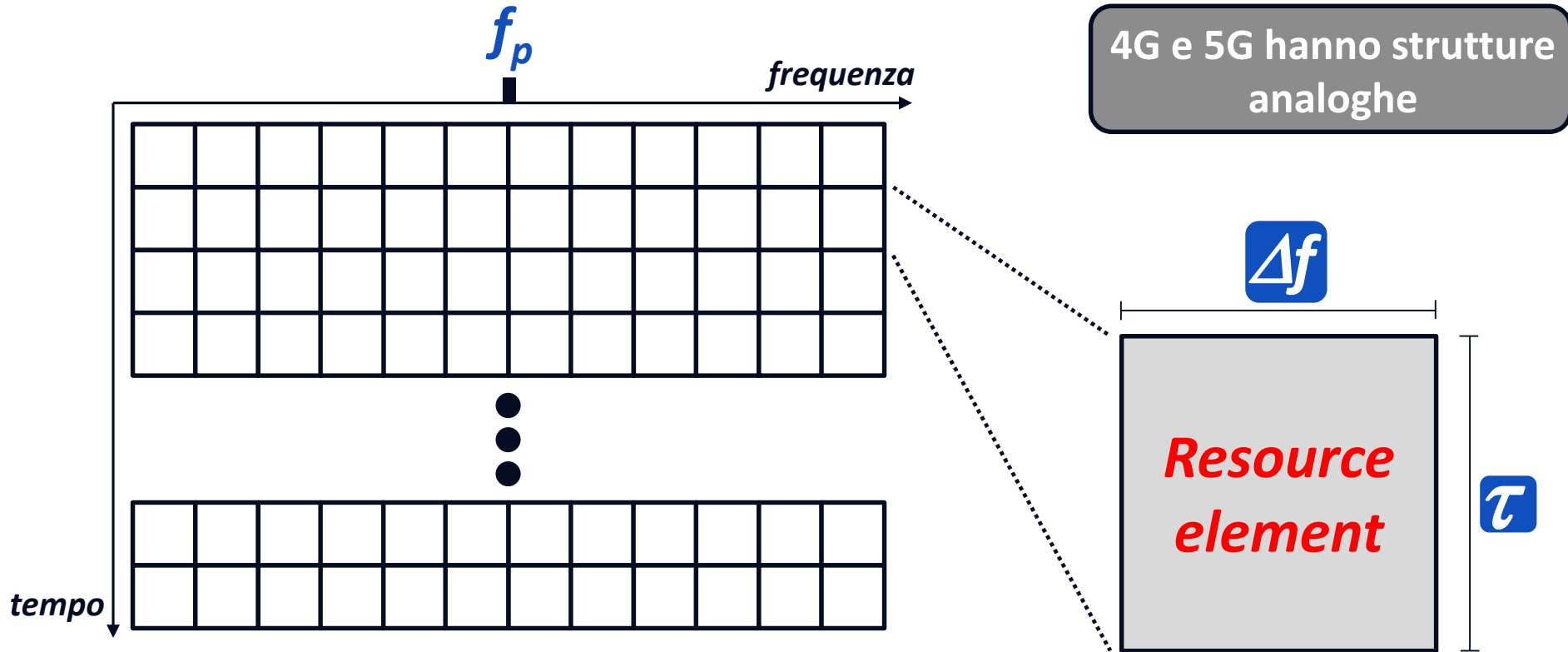
La trama di un segnale 5G

Struttura della trama

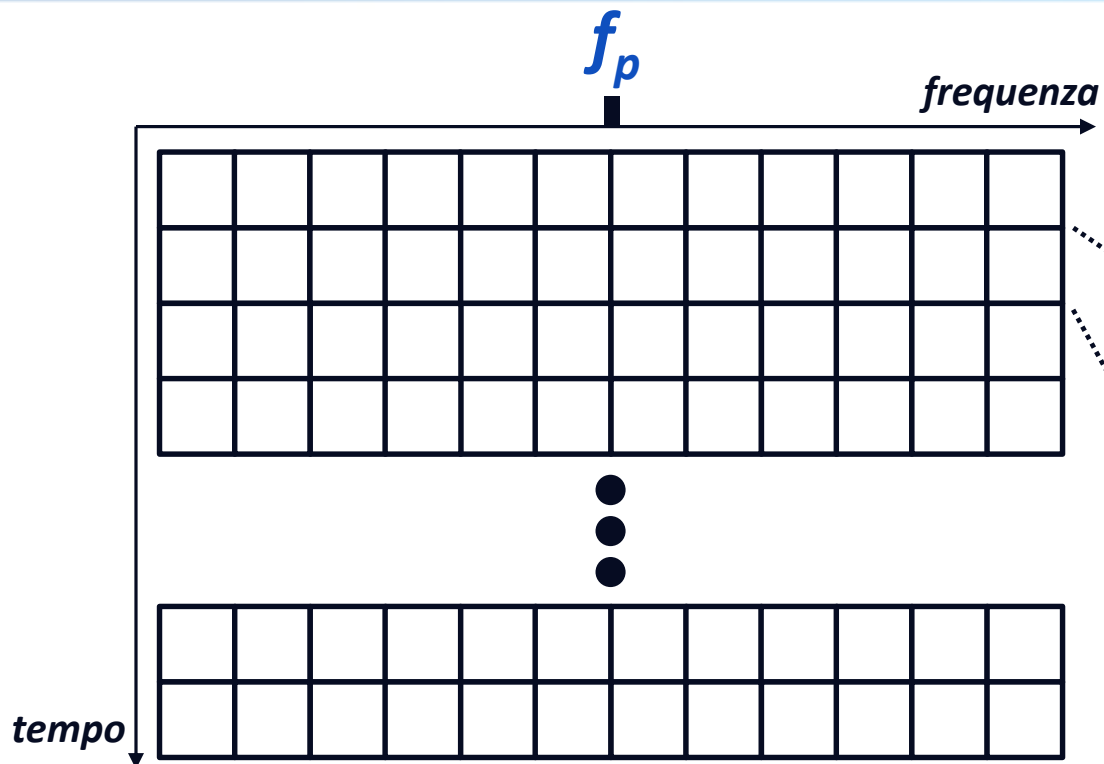


4G e 5G hanno strutture analoghe

Struttura della trama



Struttura della trama

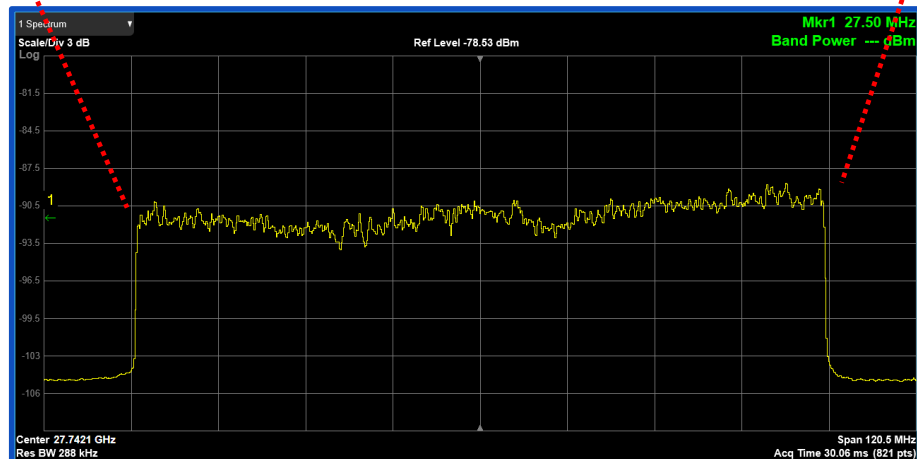


4G e 5G hanno strutture analoghe

Δf

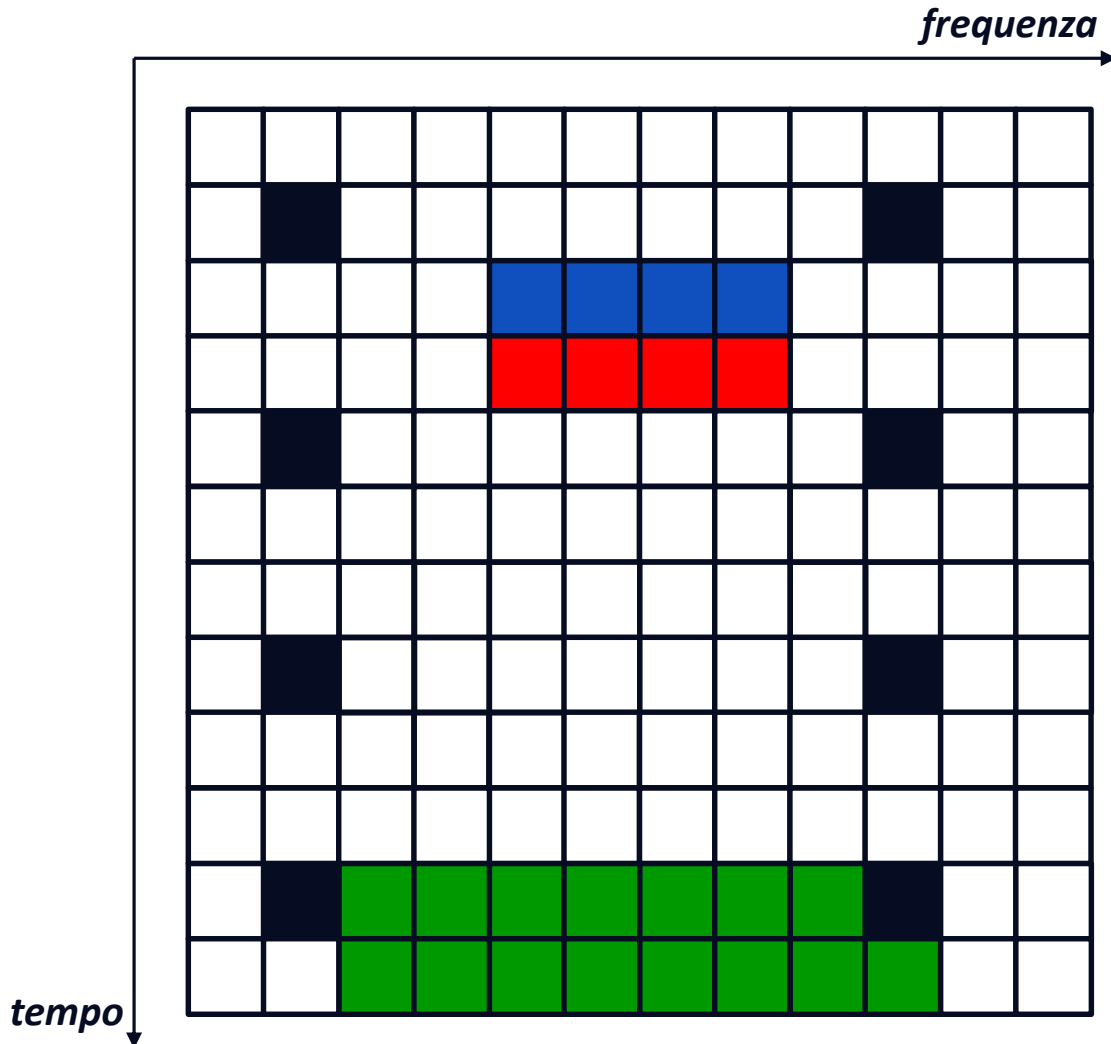
Resource element

τ



La potenza istantanea associata al segnale è l'integrale del 'panettone'

Struttura della trama

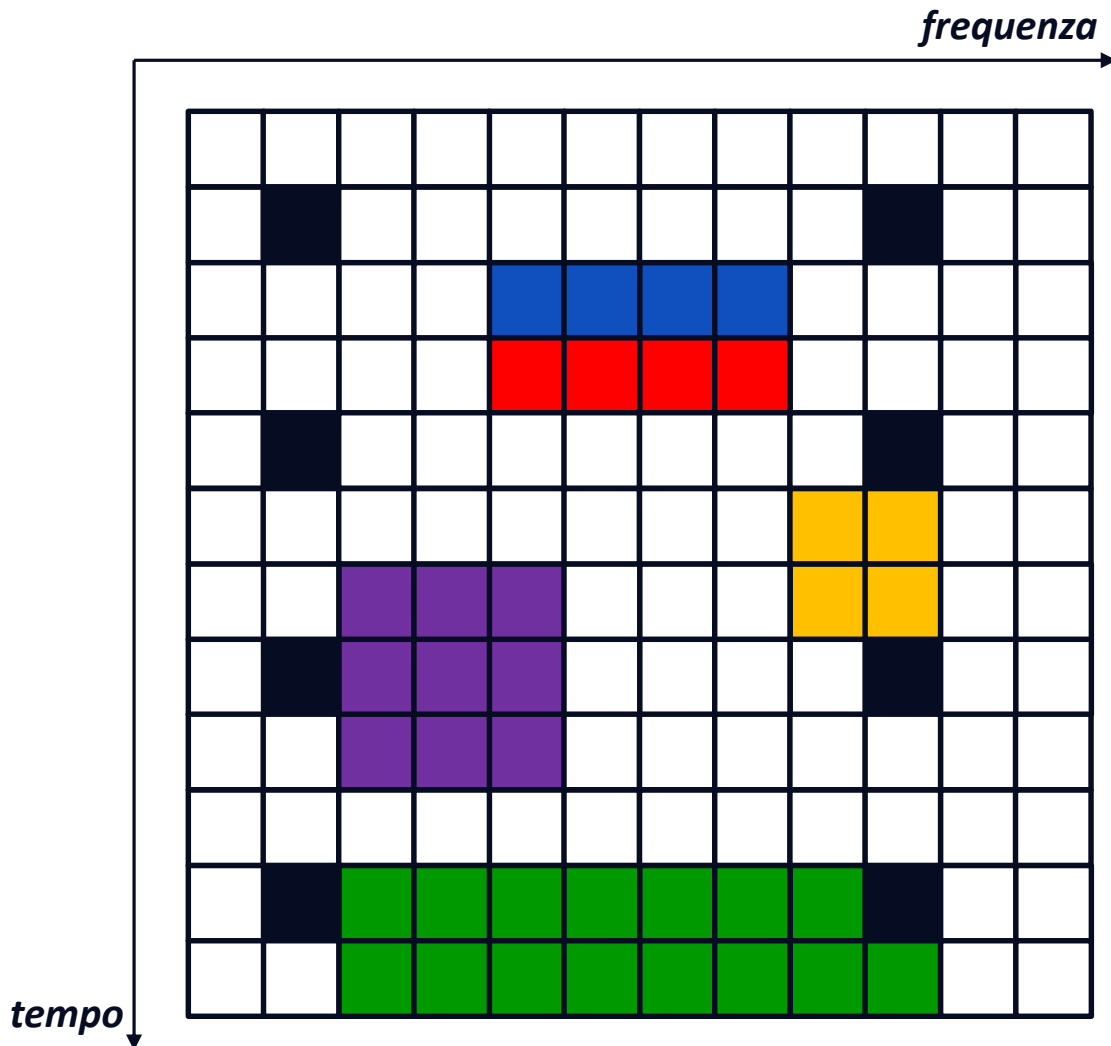


Canali di controllo

- Sempre trasmessi
- Segnalano la SRB
- Trasmettono info specifiche
- Stime della qualità di ricezione



Struttura della trama



Canali di controllo

- Sempre trasmessi
- Segnalano la SRB
- Trasmettono info specifiche
- Stime della qualità di ricezione



Traffico dati

UTENTE 1

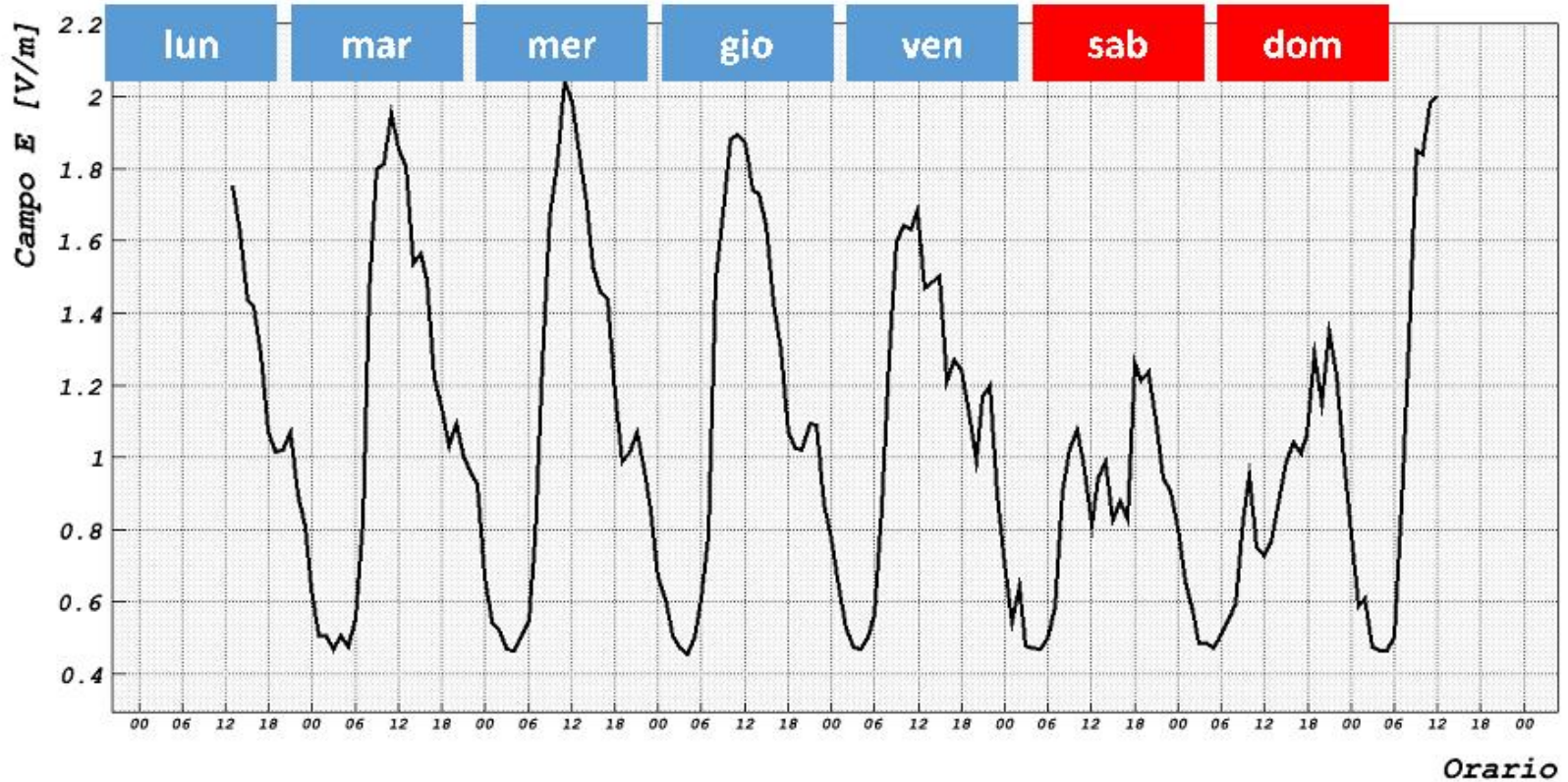


UTENTE 2



Struttura della trama - Traffico dati

Andamento del campo E totale orario



Le frequenze
utilizzate dal
segnale 5G

Bande di frequenza

Come per il 4G, anche i segnali 5G saranno implementati su differenti bande di frequenza, esplorando anche porzioni di spettro 'inedite'

4G

- Banda a **800** MHz
- Banda a **1400** MHz
- Banda a **1800** MHz
- Banda a **2100** MHz
- Banda a **2600** MHz
- Banda a **3500** MHz (TDD only)

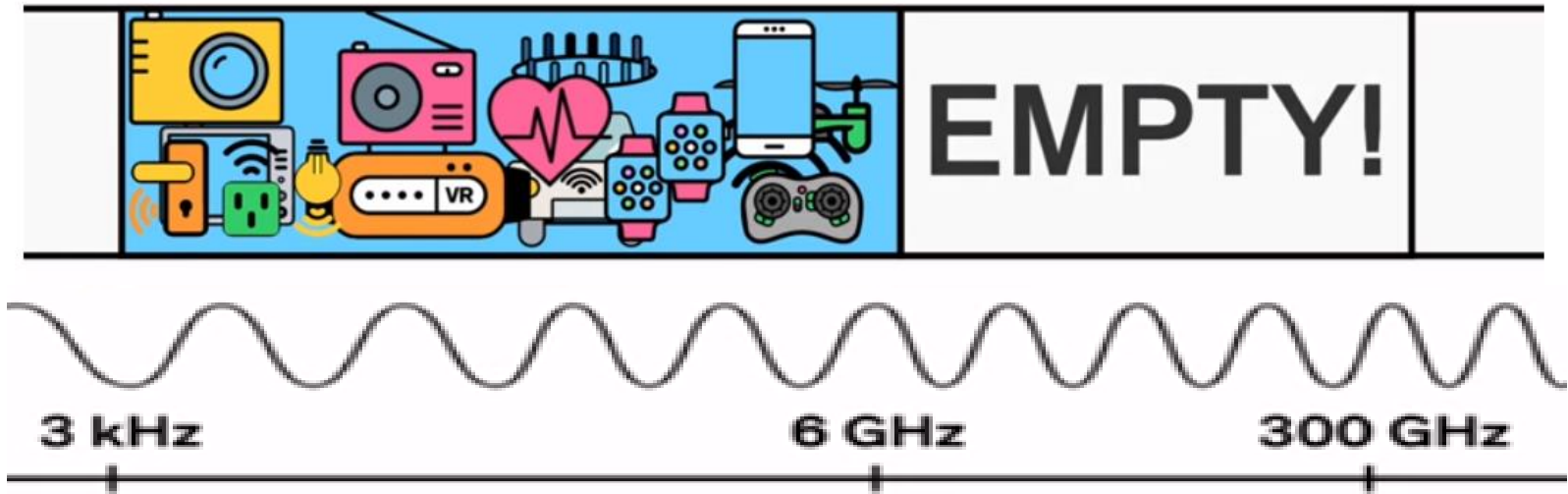
5G

- Banda a **700** MHz
- Banda a **3700** MHz
- Banda a **26000** MHz
- Banda a **???**

Bande di frequenza pre 5G

Lo spettro elettromagnetico è congestionato nella regione sub-6 GHz

PRE 5G



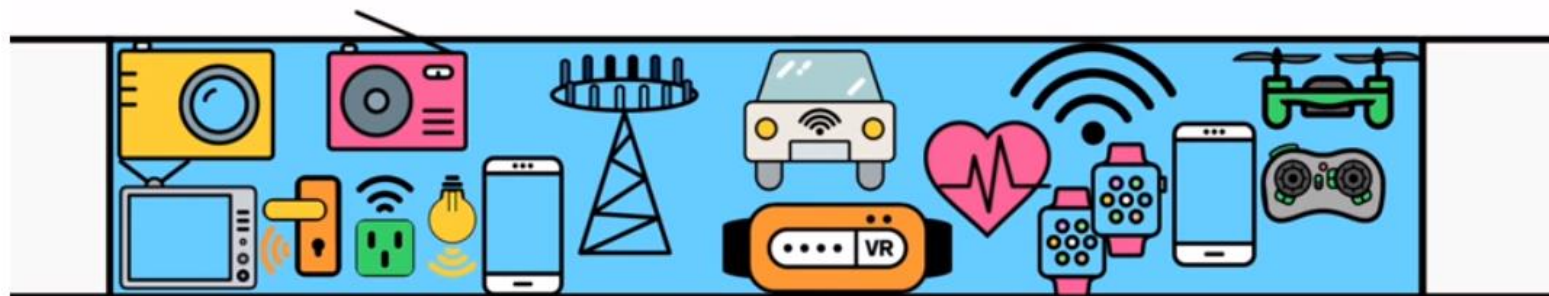
Bande di frequenza post 5G

Il 5G esplorerà porzioni di spettro inedite per la telefonia mobile

PRE 5G



POST 5G



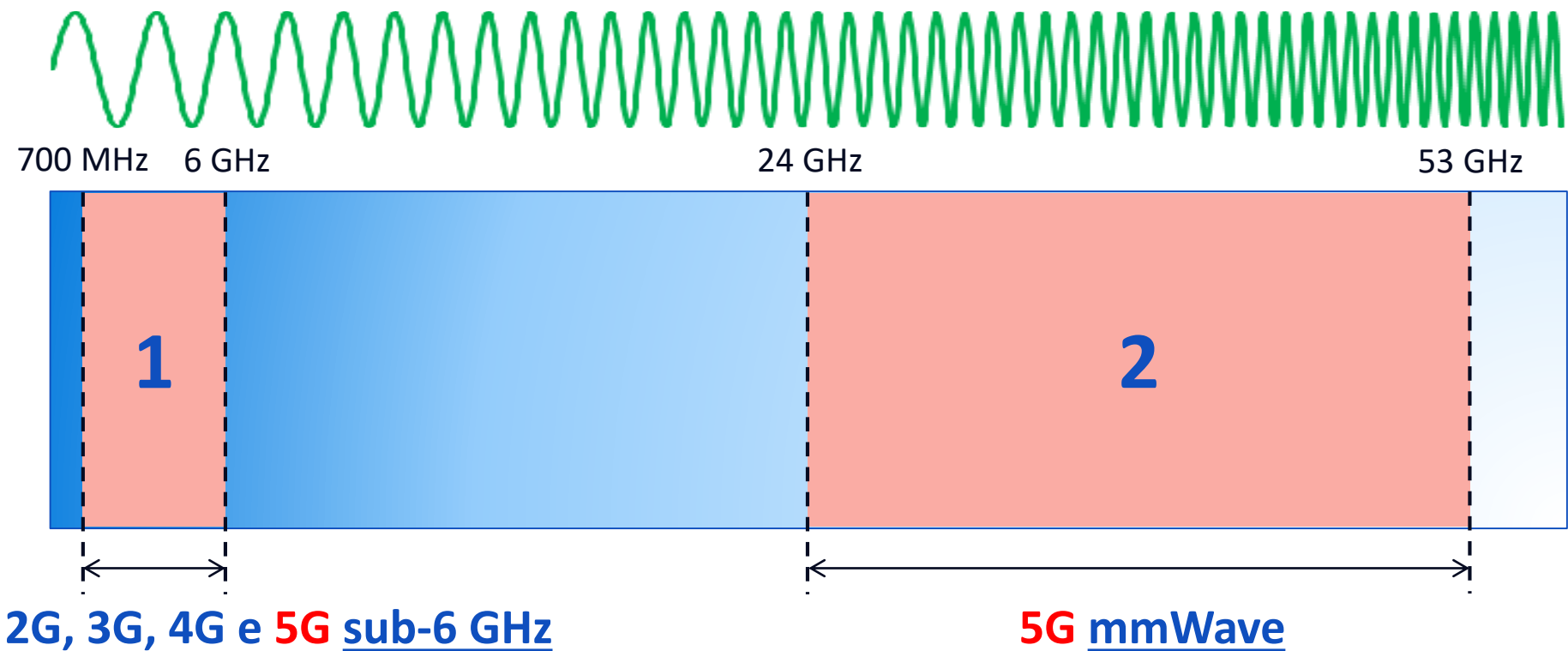
3 kHz

6 GHz

300 GHz

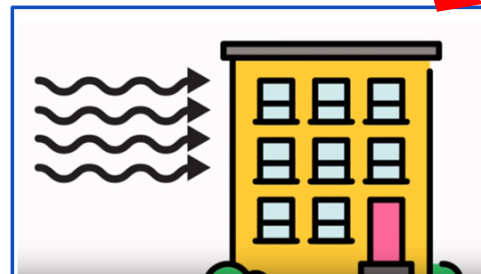
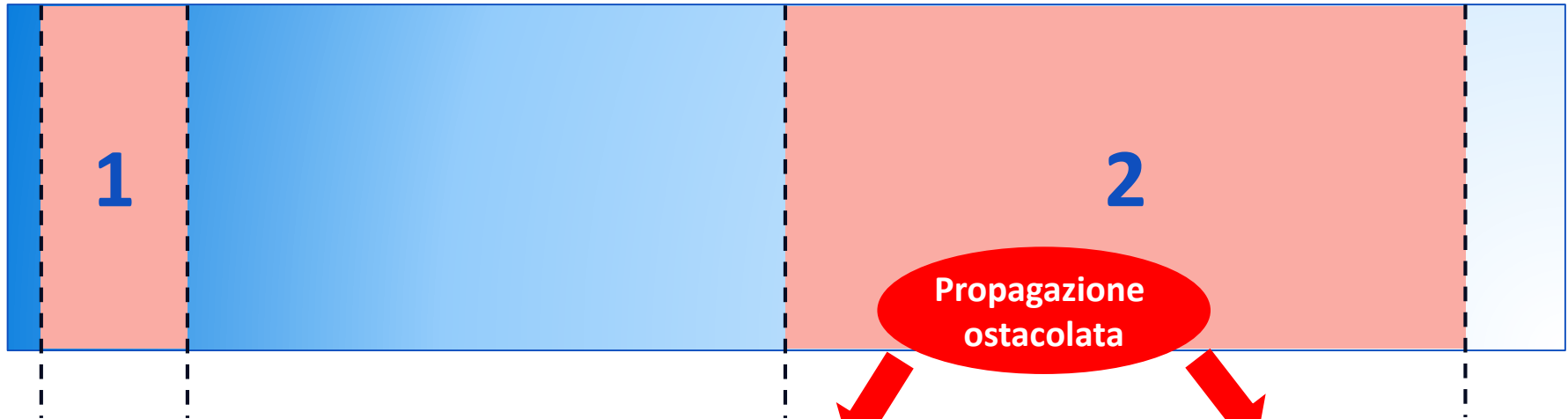
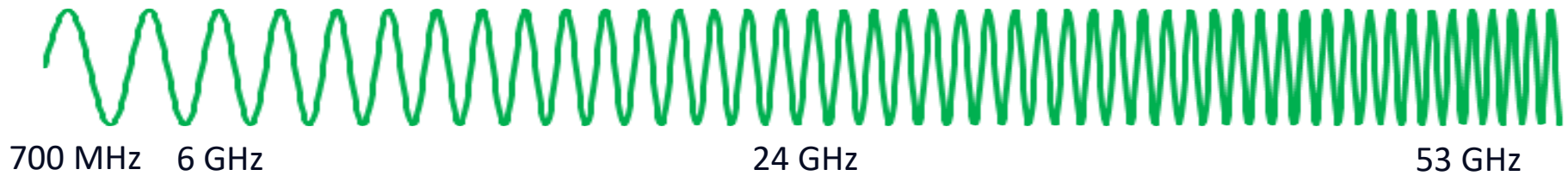


Bande di utilizzo del 5G

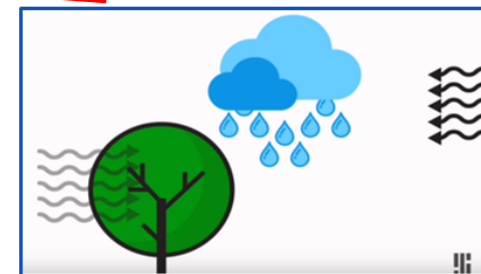


- **REGIONE 1 SUB-6GHz**: convivono le tecnologie ad oggi attive (2G, 3G e 4G) e una parte di quelle di futura attivazione (5G a 700 e 3700 MHz).
- **REGIONE 2 mmWAVE**: verrà sfruttata nel prossimo futuro (5G a 27 GHz)

Onde millimetriche

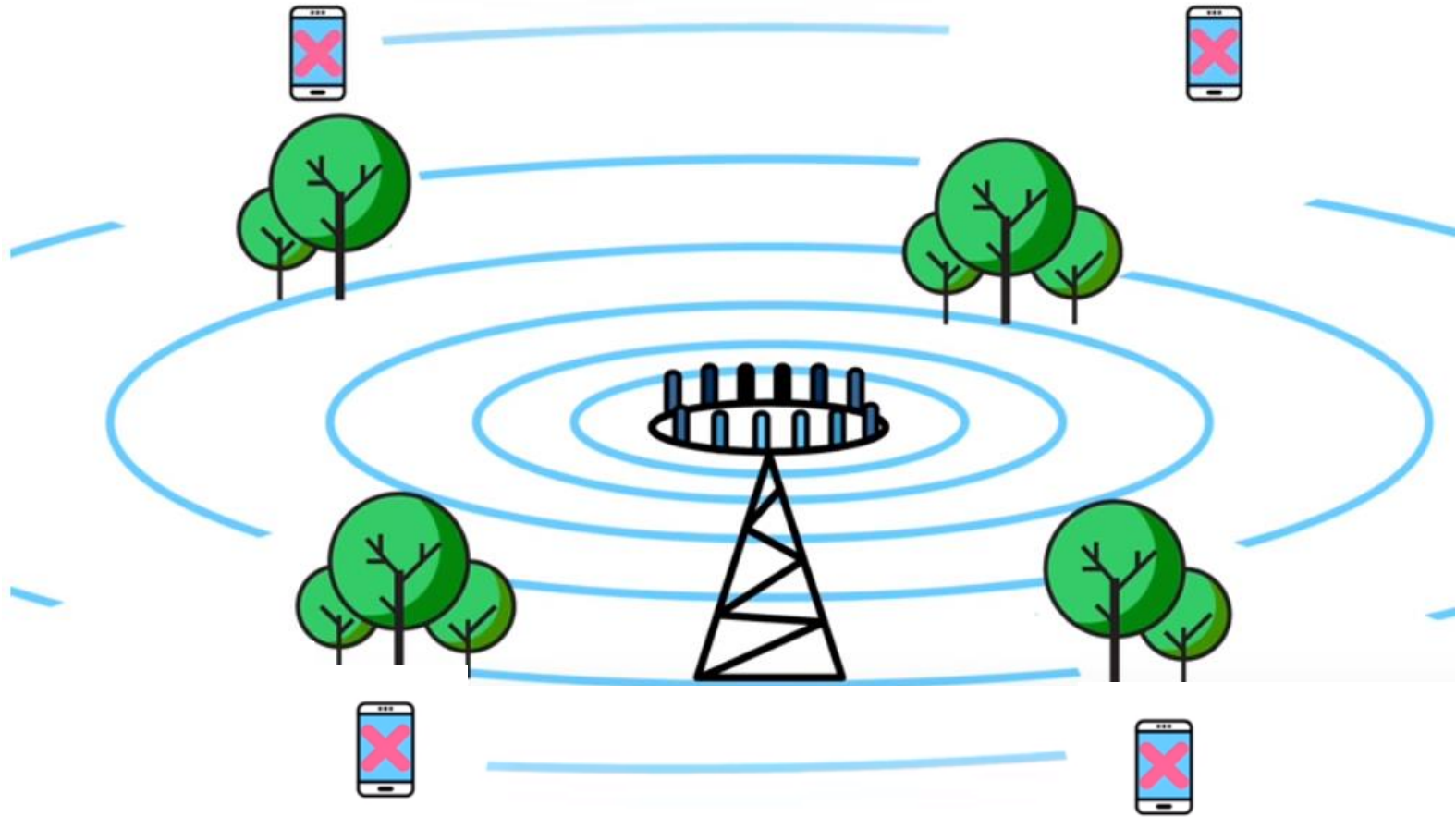


Impossibilità di penetrazione all'interno degli edifici



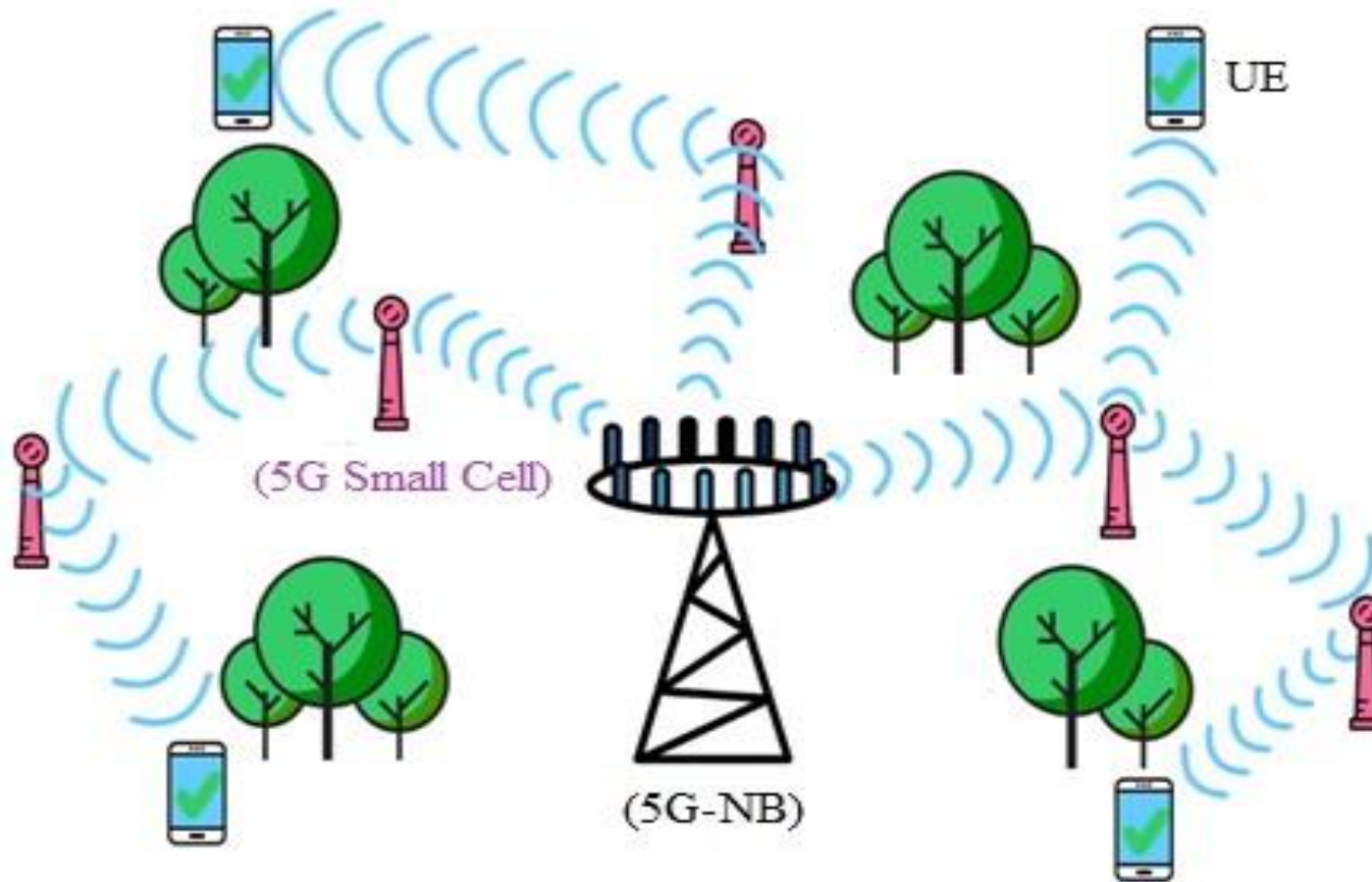
Assorbimento da pioggia e dalla vegetazione

Scenario 5G - Problematrice



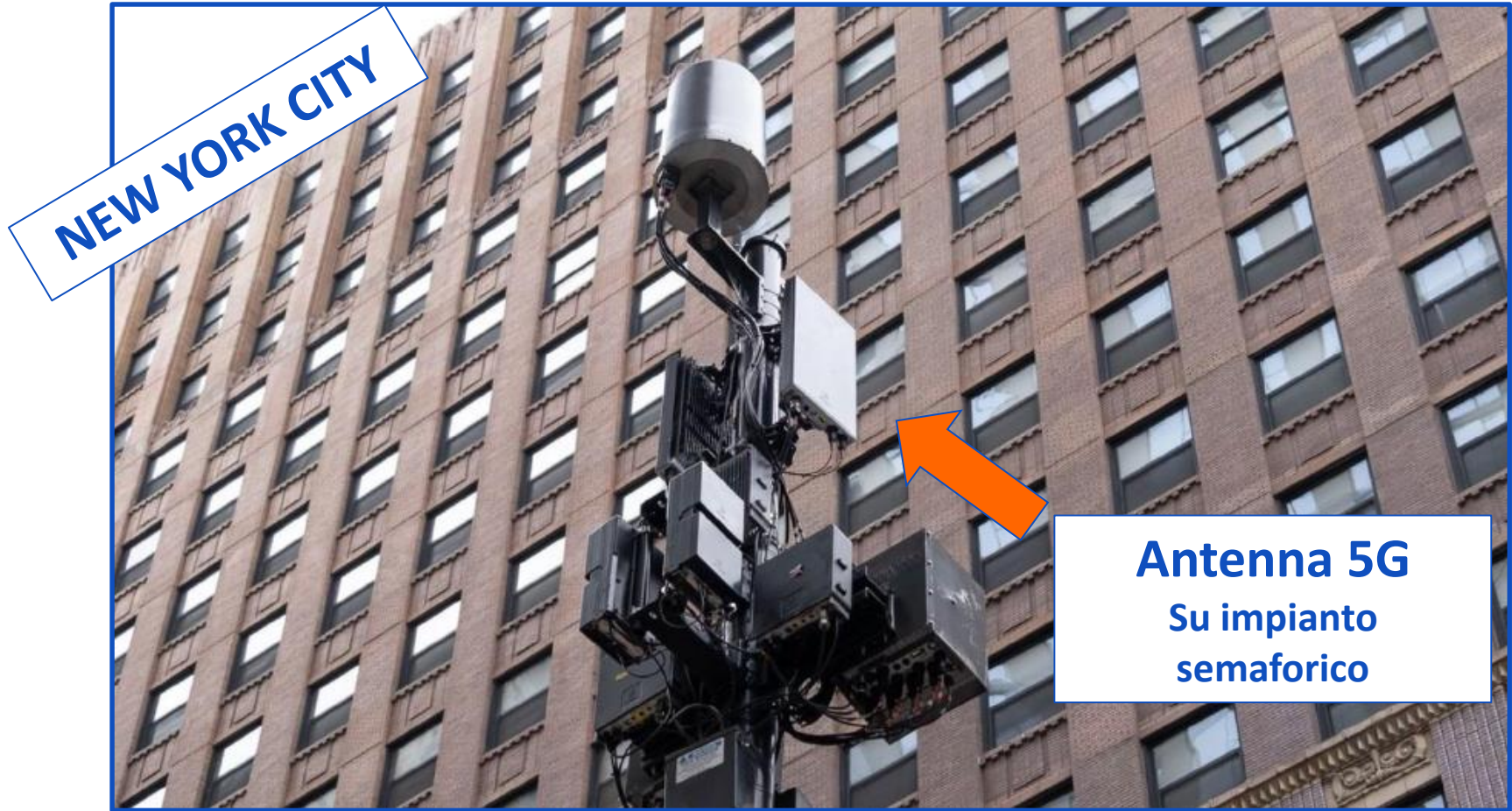
L'utilizzo di frequenze elevate genera problemi di copertura
→ gli impianti classici non saranno più sufficienti per garantire i servizi

Scenario 5G - Small Cells



Coesistenza di macro e micro-siti

Scenario 5G - Small Cells

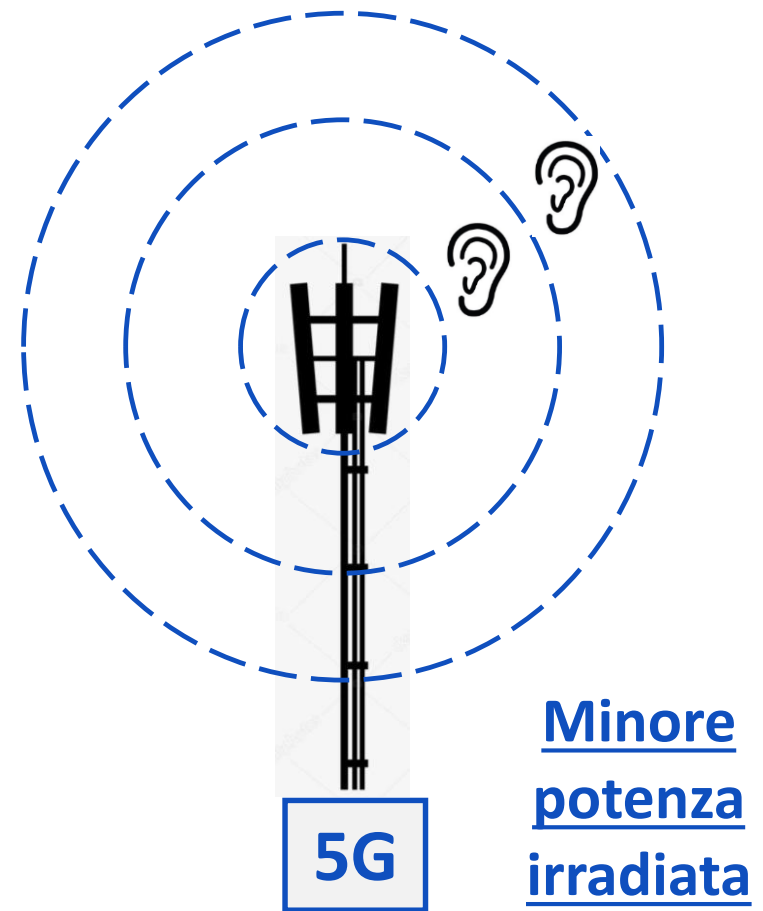
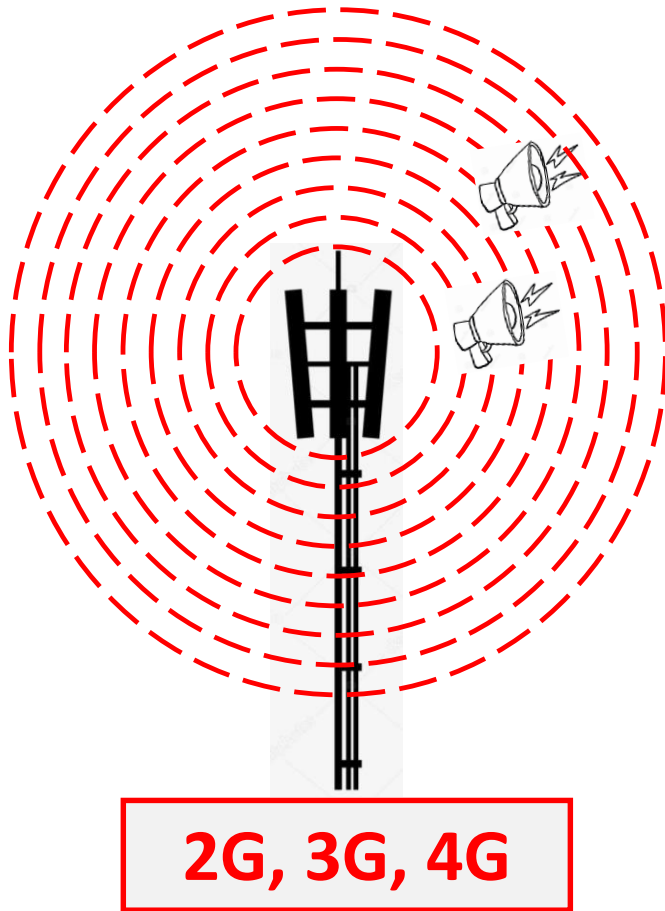


Coesistenza di macro e micro-siti

Modalità di trasmissione

Trasmissione segnale 5G

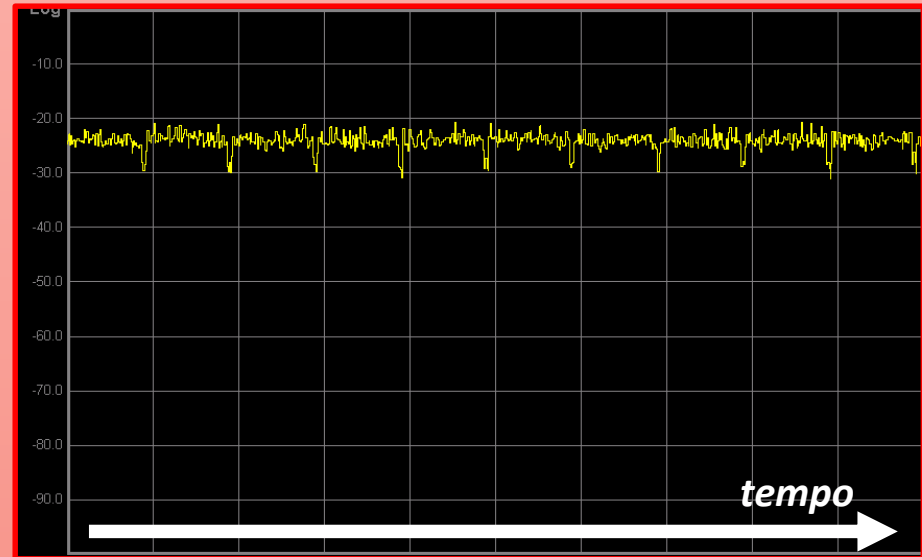
Nelle tecnologie precedenti la stazione emette continuamente, mentre nel **5G la trasmissione è intervallata da periodi di ascolto (ricezione).**



Modalità di trasmissione

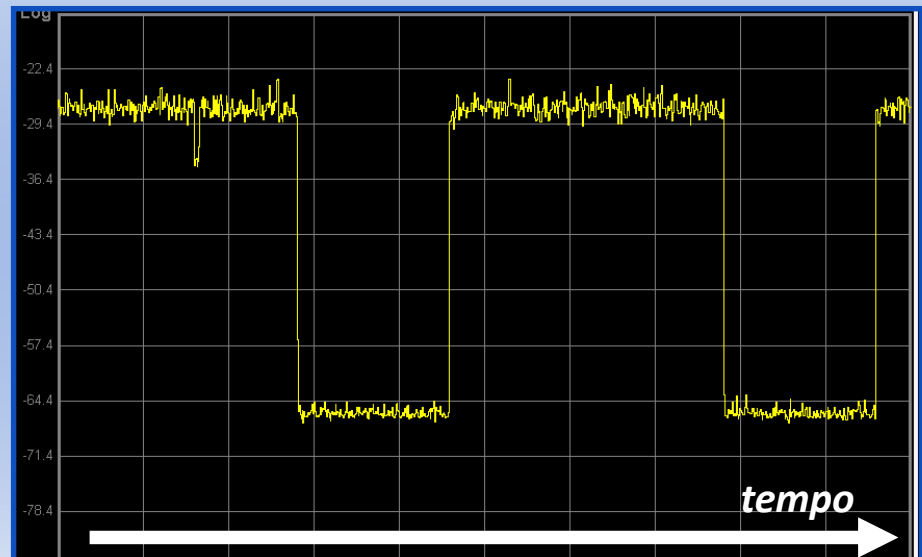
2G, 3G, 4G

Le tecnologie delle generazioni precedenti trasmettono in maniera continua → impianto **SEMPRE ATTIVO**



5G

Il sistema 5G trasmette dati esclusivamente in determinati intervalli temporali → impianto **SPENTO quando è in ascolto**



Utilizzo di antenne 'intelligenti'

Antenne 'intelligenti' - mMIMO

La grande discontinuità tecnologica del 5G risiede nell'elemento radiante

4G



Schiera di dipoli

5G

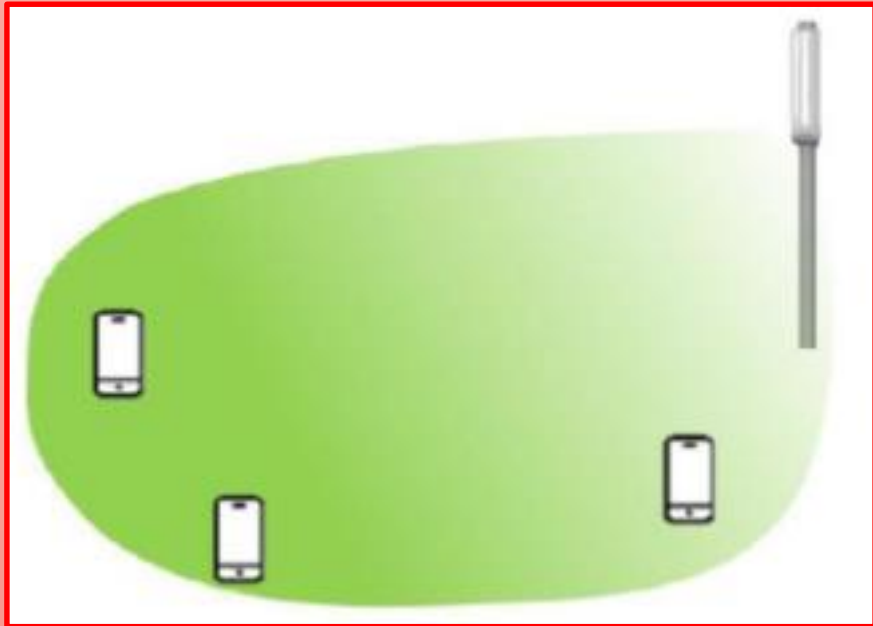


Matrice di dipoli

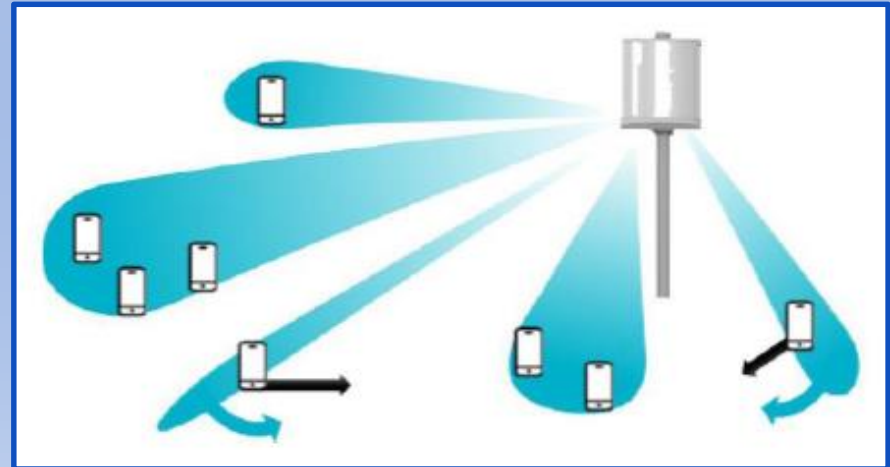
Diagrammi di irraggiamento

Le antenne attive utilizzate per il 5G sono caratterizzate da diagrammi di irraggiamento dinamici, consentendo di ottimizzare la copertura della SRB

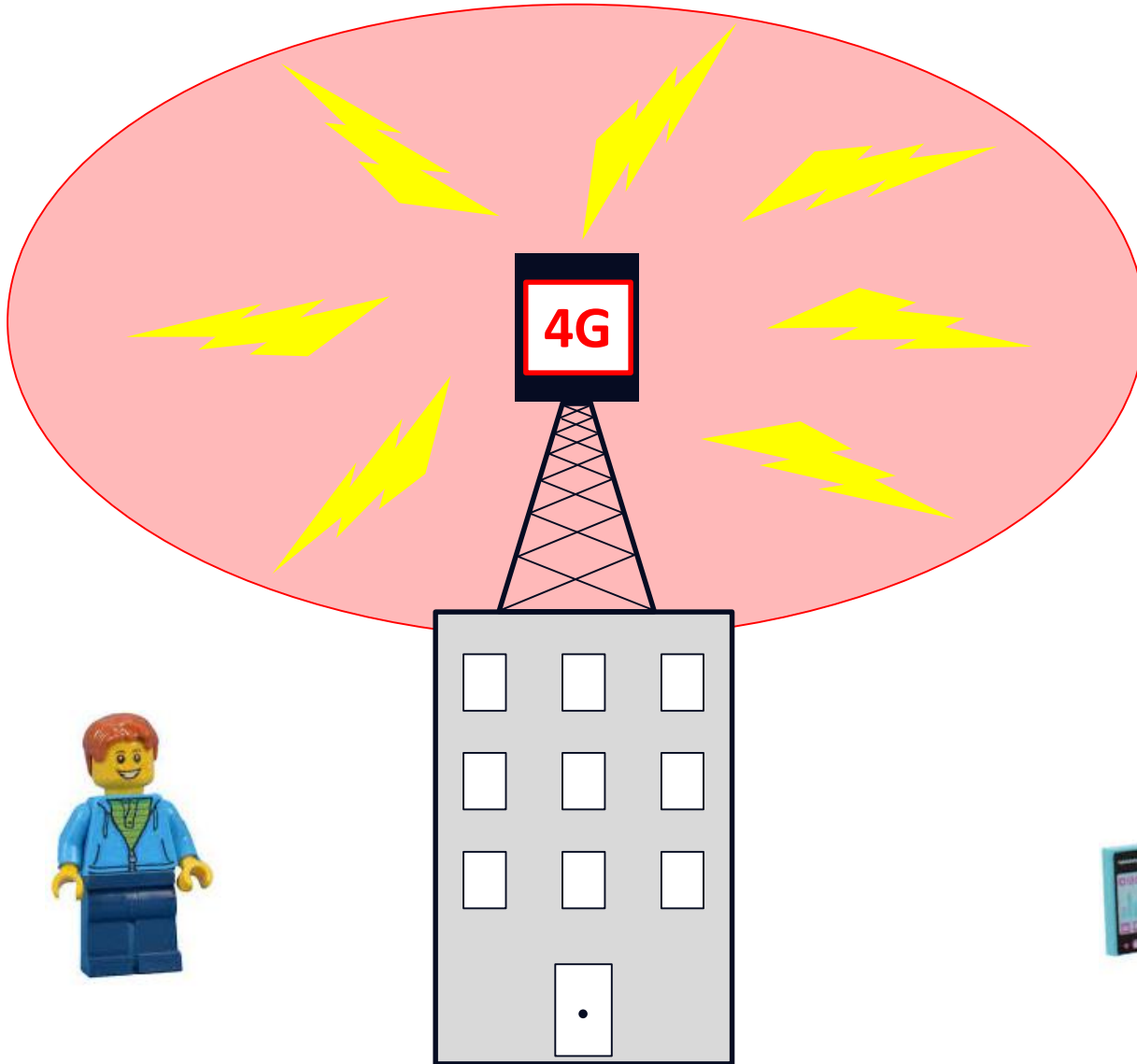
4G



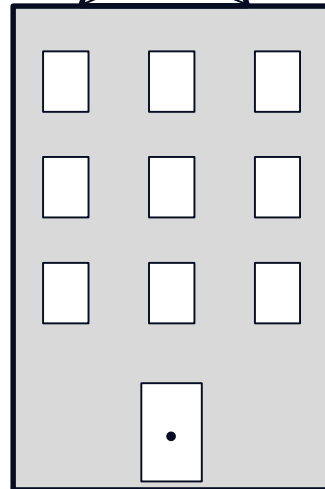
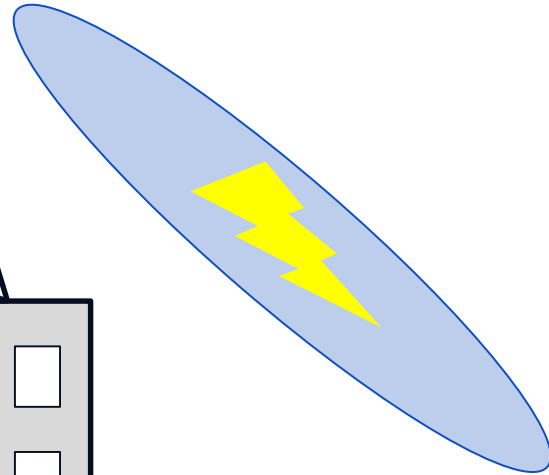
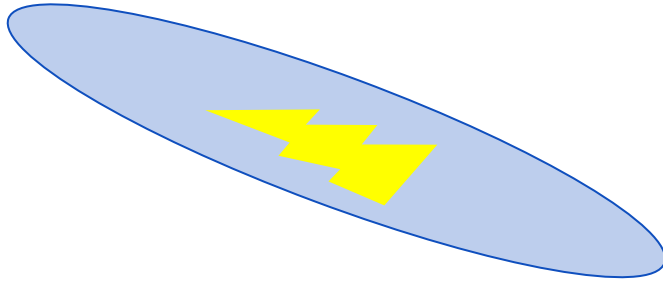
5G



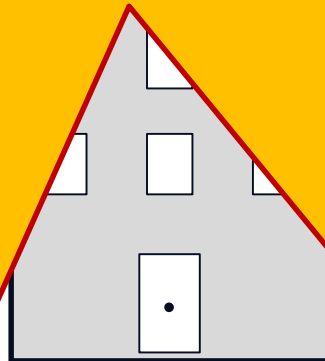
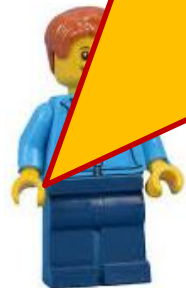
Diagrammi di irraggiamento



Diagrammi di irraggiamento



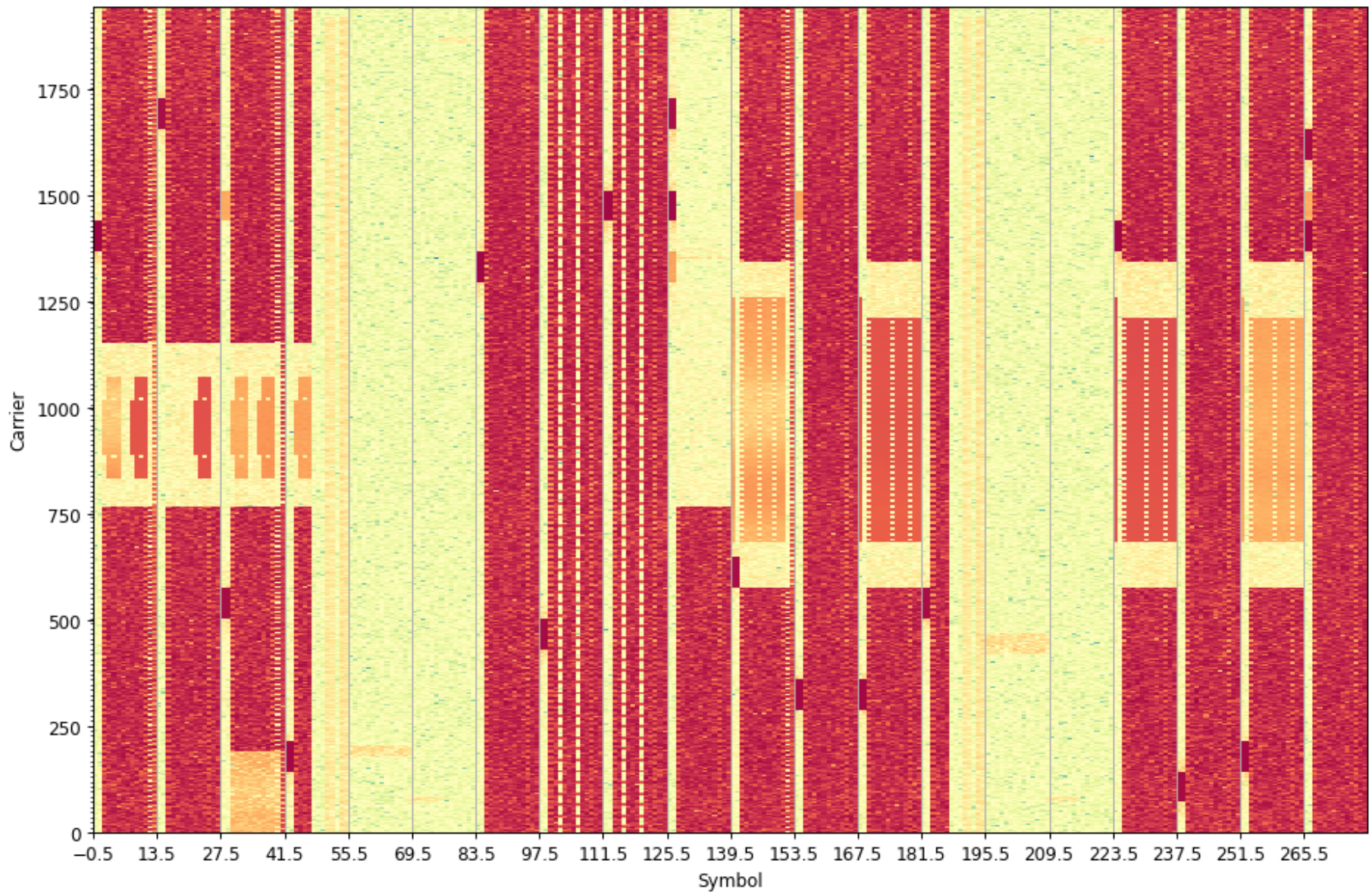
Diagrammi di irraggiamento



Il diagramma delle antenne 5G è dinamico e la direzione di irraggiamento si modifica a seconda della posizione degli utenti

E per finire...

Ecco il segnale 5G!



Grazie per
l'attenzione



Contatti



Daniele Franci

Settimio Pavoncello

Maila Strappini

ARPA Lazio

Sezione Provinciale di Roma

daniele.franci@arpalazio.it

settimio.pavoncello@arpalazio.it

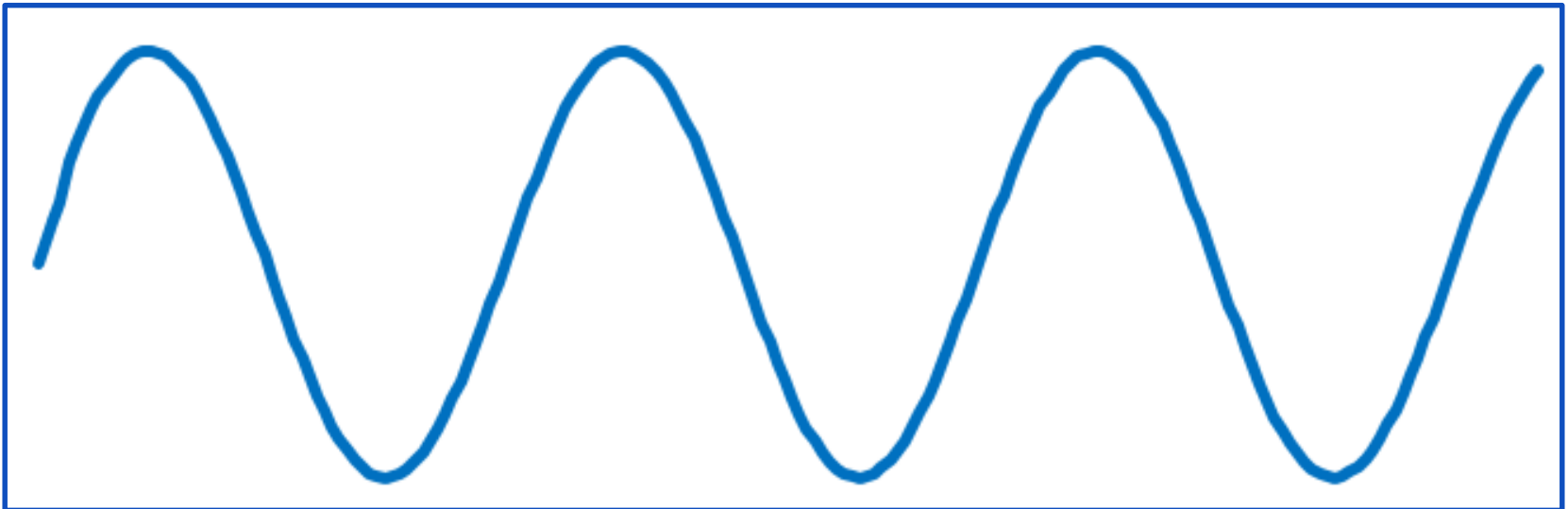
maila.strappini@arpalazio.it

Backup slides

Frequenza portante

In telecomunicazioni, l'onda portante è una senoide di ampiezza, frequenza e fase note

$$A \times \sin(2\pi f_p \cdot t + \varphi)$$

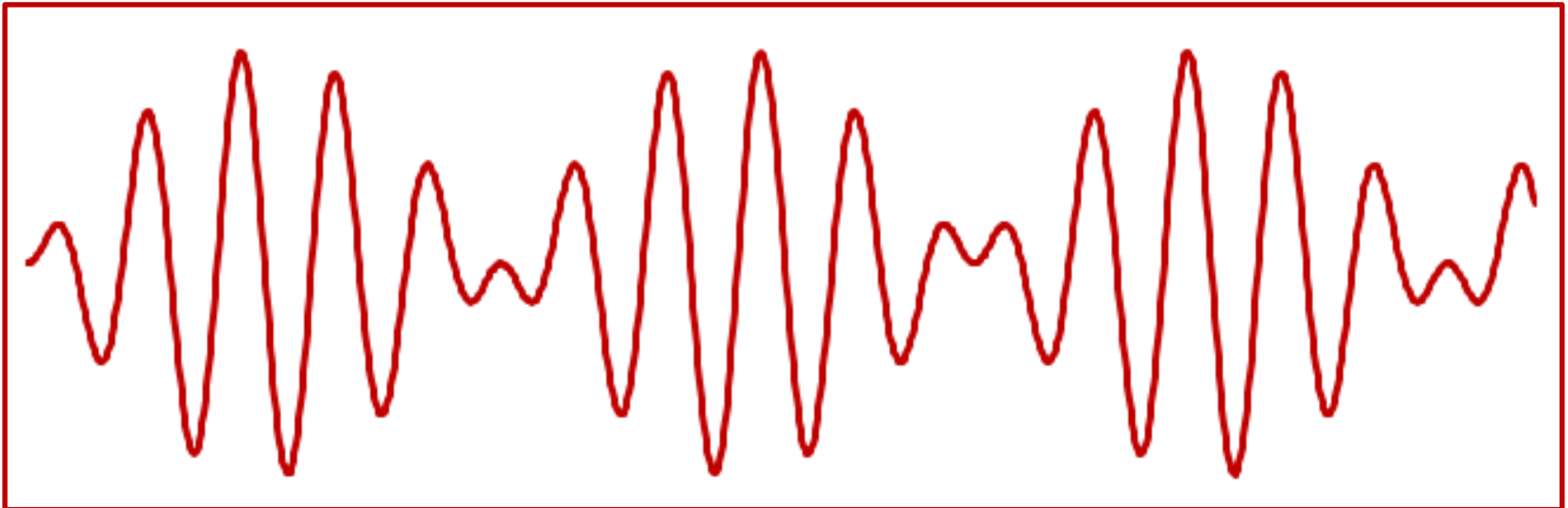


LA PORTANTE NON CONTIENE INFORMAZIONE MA RAPPRESENTA
UN MEZZO DI TRASPORTO PER ESSA

Modulazione di ampiezza

L'informazione è contenuta nel segnale modulante $m(t)$ che viene impresso sulla portante, modificandone ampiezza o frequenza/fase

$$[A + m(t)] \times \sin(2\pi f_p \cdot t + \varphi)$$

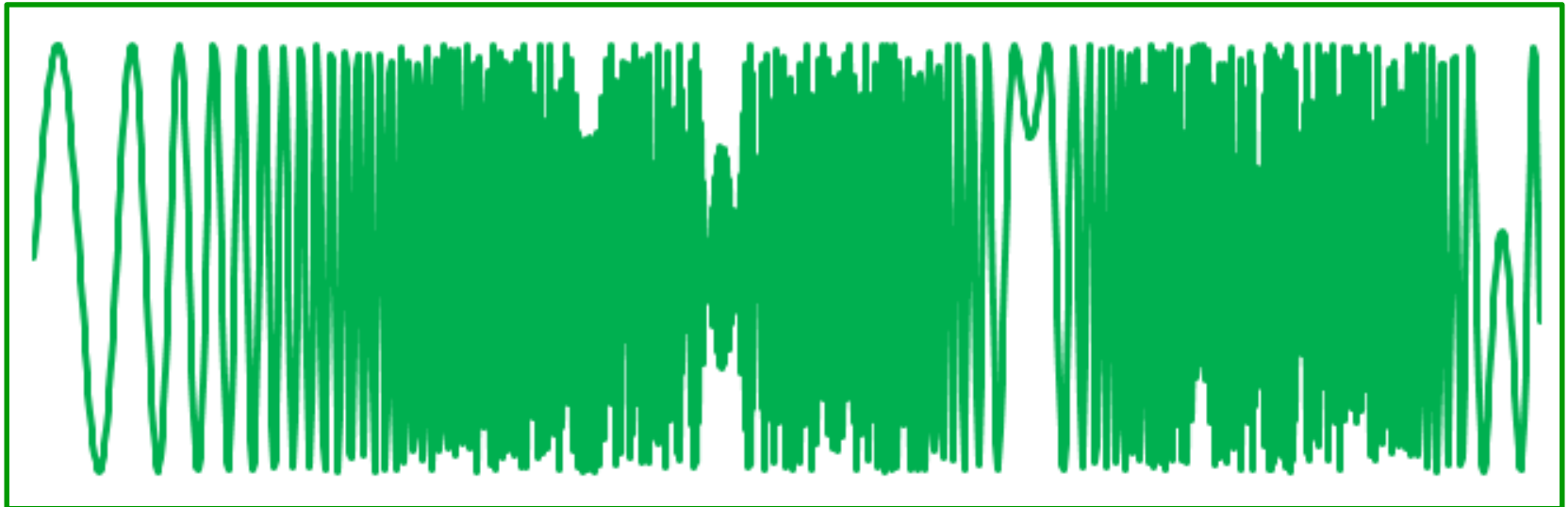


MODULAZIONE DI AMPIEZZA → La funzione $m(t)$ che contiene l'informazione da trasmettere modula l'ampiezza della portante

Modulazione di frequenza

L'informazione è contenuta nel segnale modulante $m(t)$ che viene impresso sulla portante, modificandone ampiezza o frequenza/fase

$$A \times \sin(2\pi f_p \cdot t + m(t) + \varphi)$$



MODULAZIONE DI FREQUENZA → La funzione $m(t)$ che contiene l'informazione da trasmettere modula la frequenza della portante

Protezione dal rischio CEM

Gli elementi guida nella definizione dell'apparato di protezione della popolazione dal rischio CEM discendono dalle caratteristiche della radiazione che giocano un ruolo nell'interazione con i tessuti biologici

AMPIEZZA

FREQUENZA

**MODALITA' DI
TRASMISSIONE**

Cenni di normativa



DPCM 08/07/03 + LEGGE 221 17/12/12

Fissa i valori limite per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici da 100 kHz a 300 GHz

Limite di esposizione : 60 - 40 - 20 V/m

- da non superarsi in nessuna condizione di esposizione
- misure mediate su 6 minuti

Valore di attenzione : 6 V/m

- da non superarsi nei luoghi con permanenza > 4h/die
- misure mediate su 24 ore

Limiti di legge espressi in termini di intensità di campo

AMPIEZZA

Limite di esposizione variabile con la frequenza

FREQUENZA

Norma tecnica di riferimento

NORMA ITALIANA CEI


Guida
CEI 211-7/E
Data Pubblicazione
2013-09

TITOLO
Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana
Appendice E: Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G)

TITOLO
Guide for the measurement and the evaluation of electromagnetic fields in the frequency range 10 kHz - 300 GHz, with reference to the human exposure
Annex E: Measurement of the electromagnetic fields from Base Radio Station for mobile telecommunication systems (2G, 3G, 4G)

SOMMARIO
La presente Appendice descrive le metodologie di misura dei campi elettromagnetici generati da stazioni radio base per le comunicazioni mobili, con particolare riferimento ai sistemi di seconda generazione (2G), ovvero GSM e DCS, di terza generazione (3G), ovvero UMTS e HSPA, e infine di quarta generazione (4G), ovvero LTE.
Per quanto riguarda i sistemi 2G e 3G, il contenuto della presente appendice è coerente con quanto già riportato nella Guida CEI 211-10, rispettivamente all'Articolo 7 (sistemi 2G) e nell'Appendice H (sistemi 3G). Per quanto attiene invece alle reti mobili di quarta generazione (4G ovvero LTE), la presente nuova Appendice definisce per la prima volta le metodologie di misura per tale tecnologia delle reti mobili. In questa appendice le metodologie di misura relative ai sistemi mobili sono uniformemente aggiornate alle più recenti disposizioni normative, che hanno ridefinito le modalità di misurazione o stima dei campi elettromagnetici a radio frequenza in vigore nel nostro paese mediando i valori su un intervallo di 24 ore.

APPENDICE

 © CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Marzo 2013. Riproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per utente singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È improprio pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o variante.

Norma CEI 211-7/E

Guida tecnica per la misura del campo em prodotto da stazioni radio base 2G, 3G e 4G

La norma presenta due modalità alternative di verifica del valore di attenzione di 6 V/m:

1. **Misura del campo elettrico mediato sulle 24 ore giornaliere**

2. **Estrapolazione del valore di campo elettrico medio a partire da misure puntuali, secondo i criteri dettati dalla Norma CEI 211-7 E**

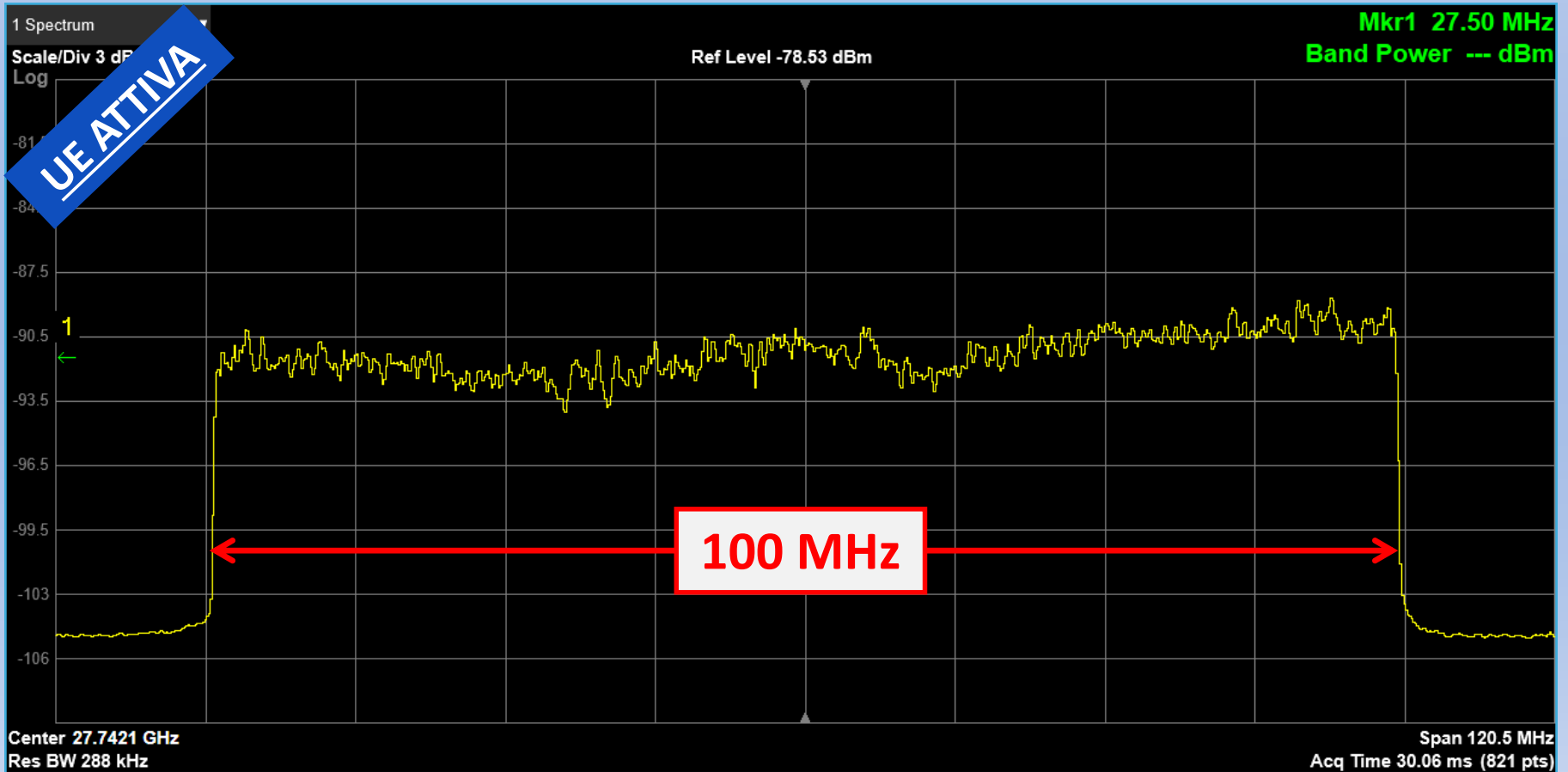
Metodo d'elezione per vantaggi logistici

Formule di estrapolazione differenti per le diverse tecnologie



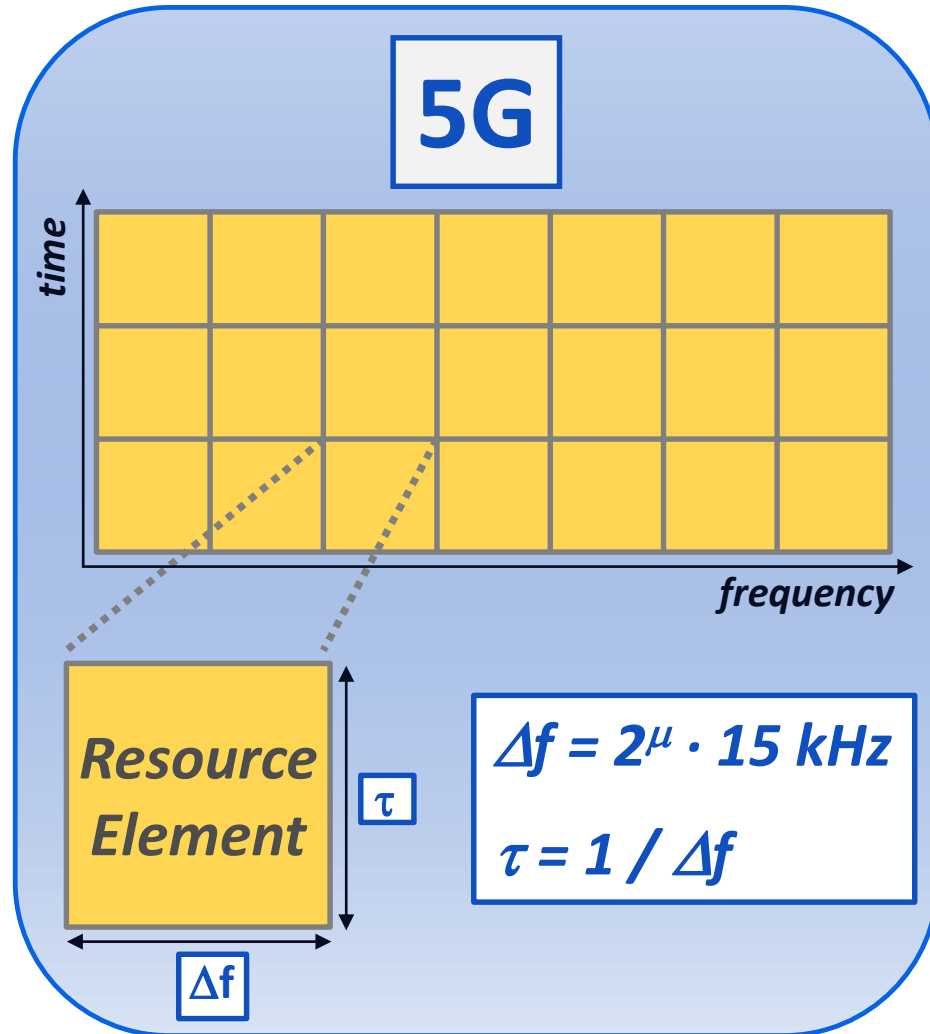
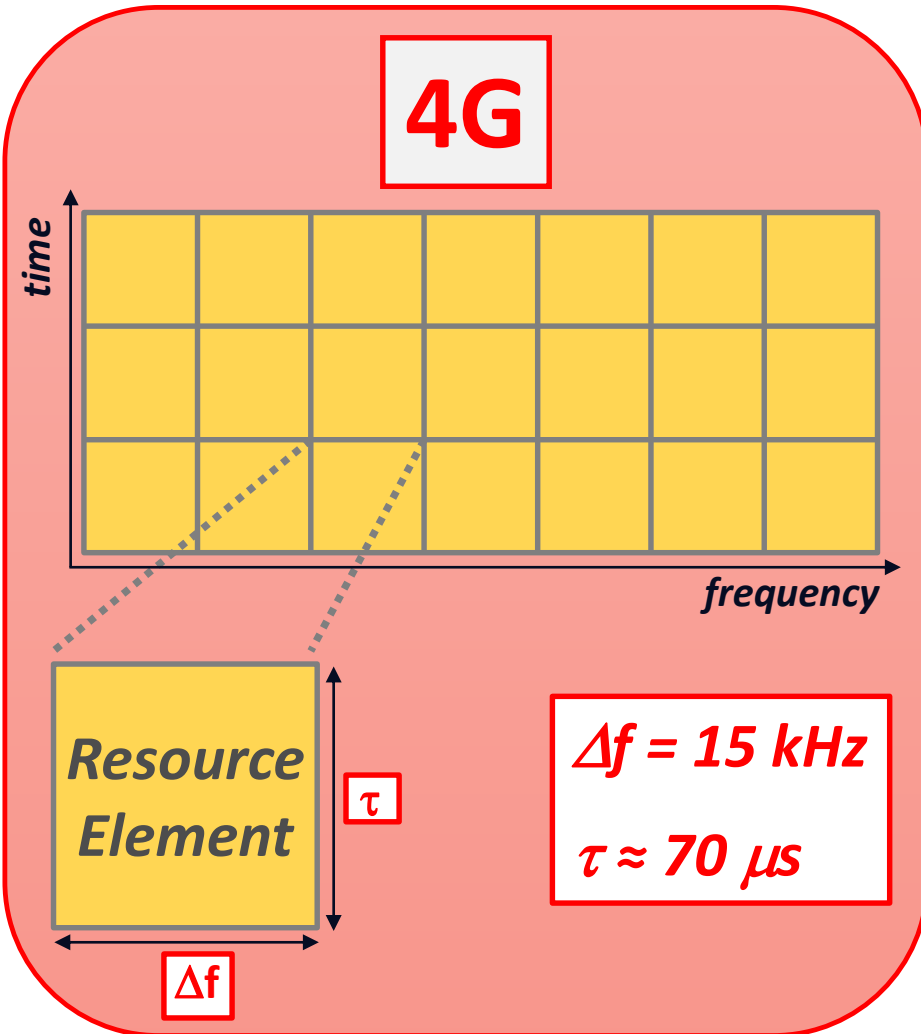
MODALITA' DI TRASMISSIONE

Misure in campo - Spettro



Numerologia

A differenza del 4G – dove la larghezza di una sottoportante è fissata a 15 kHz – lo standard 5G prevede una numerologia scalabile a potenze di 2



Numerologia [2]

Nel segnale 5G la larghezza di banda di una sottoportante [e la durata del simbolo] dipendono dal [parametro \$\mu\$](#)

μ	$\Delta f = 2^\mu \cdot 15$ [kHz]	$\tau = 1 / \Delta f$ [μ s]
0	15	70
1	30	35
2	60	17.5
3	120	8.75
4	240	4.38

Numerologia [3]

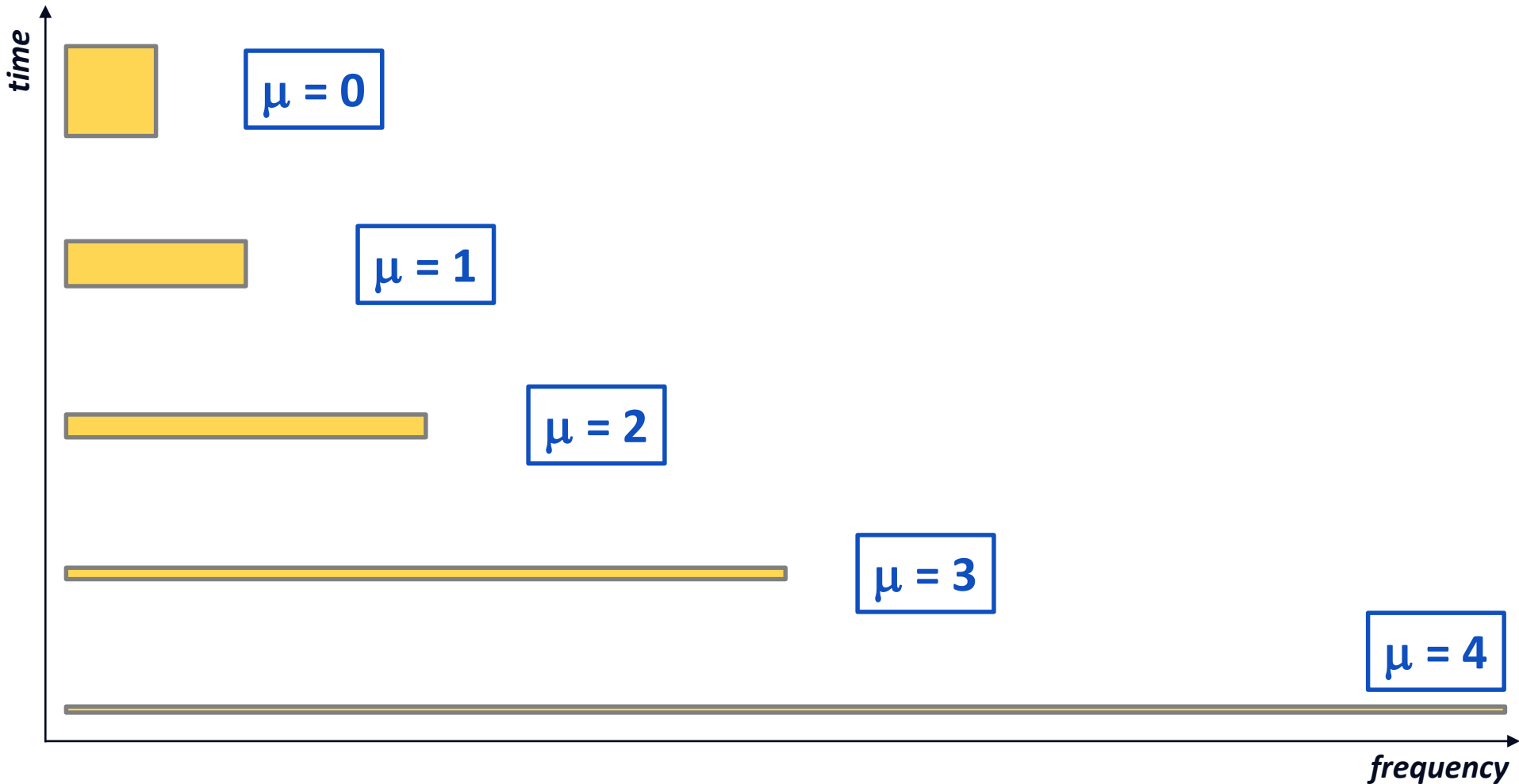
Nel segnale 5G la larghezza di banda di una sottoportante [e la durata del simbolo] dipendono dal parametro μ

μ	$\Delta f = 2^\mu \cdot 15$ [kHz]	$\tau = 1 / \Delta f$ [μ s]
0	15	70
1	30	35
2	60	17.5
3	120	8.75
4	240	4.38

**APPLICAZIONI
A BASSA LATENZA**

Numerologia [4]

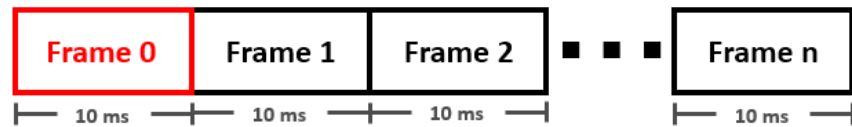
Nel segnale 5G la larghezza di banda di una sottoportante [e la durata del simbolo] dipendono dal parametro μ



Struttura del frame

La trama del segnale 5G è periodica, con periodo pari alla durata di un frame (10 ms). La numerologia scalabile porta a slot di durata variabile.

4G



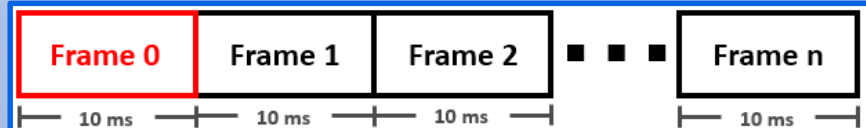
10 Subframes



14 Simboli



5G



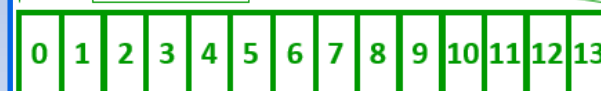
10 Subframes



2^μ Slots



14 Simboli



Struttura del frame [2]

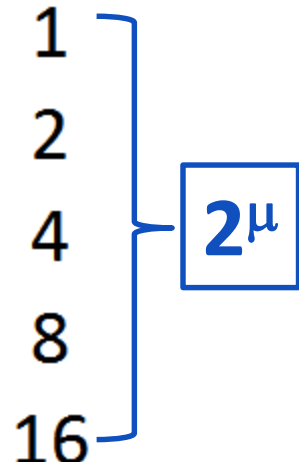
1 Frame \rightarrow 10 Subframes \rightarrow 2^μ Slots \rightarrow 14 Simboli

μ	$N_{\text{subframe_per_frame}}$	$N_{\text{slot_per_subframe}}$	$N_{\text{sym_per_subframe}}$
0	10	1	14
1	10	2	28
2	10	4	56
3	10	8	112
4	10	16	224

Struttura del frame [3]

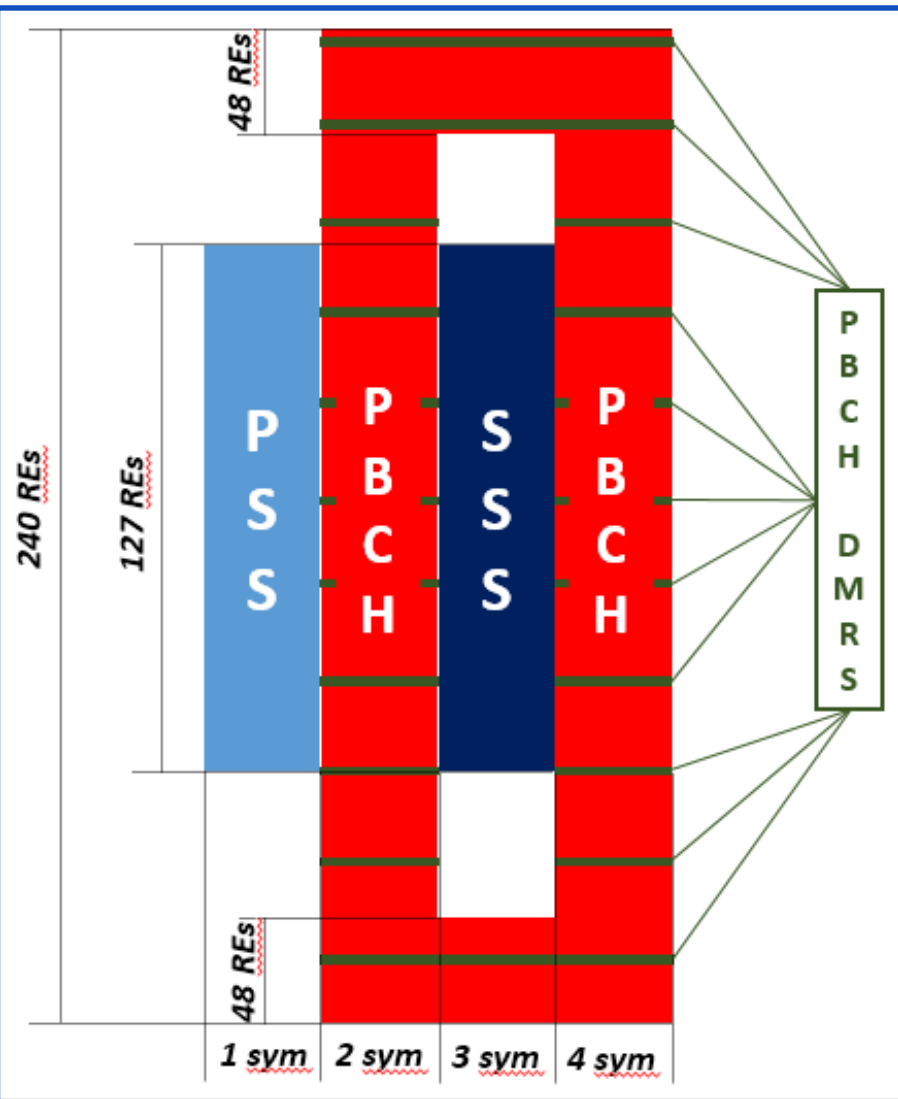
1 Frame \rightarrow 10 Subframes \rightarrow 2^μ Slots \rightarrow 14 Simboli

μ	$N_{\text{subframe_per_frame}}$	$N_{\text{slot_per_subframe}}$	$N_{\text{sym_per_subframe}}$
0	10	1	14
1	10	2	28
2	10	4	56
3	10	8	112
4	10	16	224



Canali di controllo [2]

Il SS-Block è costituito da 240 sottoportanti per una durata di 4 simboli



- Simbolo 1 → PSS
- Simbolo 2 → PBCH
- Simbolo 3 → SSS + PBCH
- Simbolo 4 → PBCH
- RS sparso nel PBCH

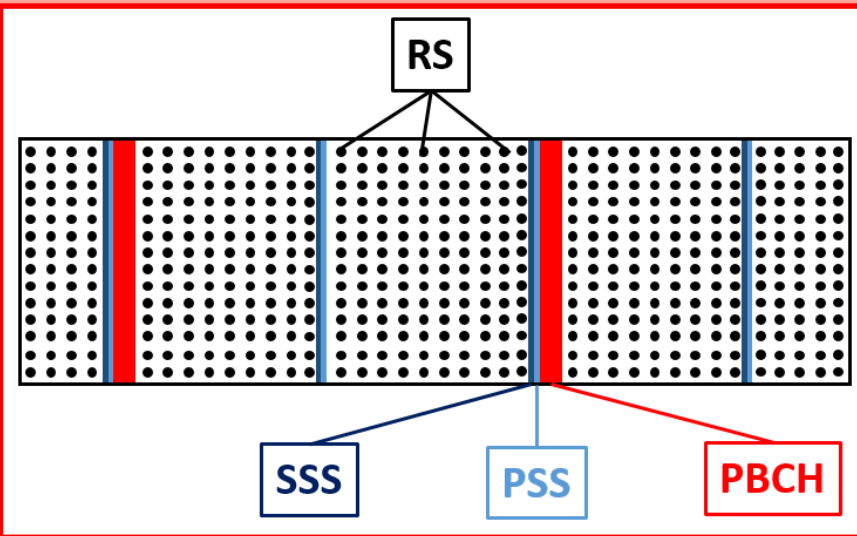
μ	B [MHz]	T [μ s]
0	3.6	267
1	7.2	133
2	14.4	67
3	28.8	33
4	57.6	17

5 - Trasmissione dei canali di controllo

Medesimi canali di controllo ma modalità di trasmissione differenti

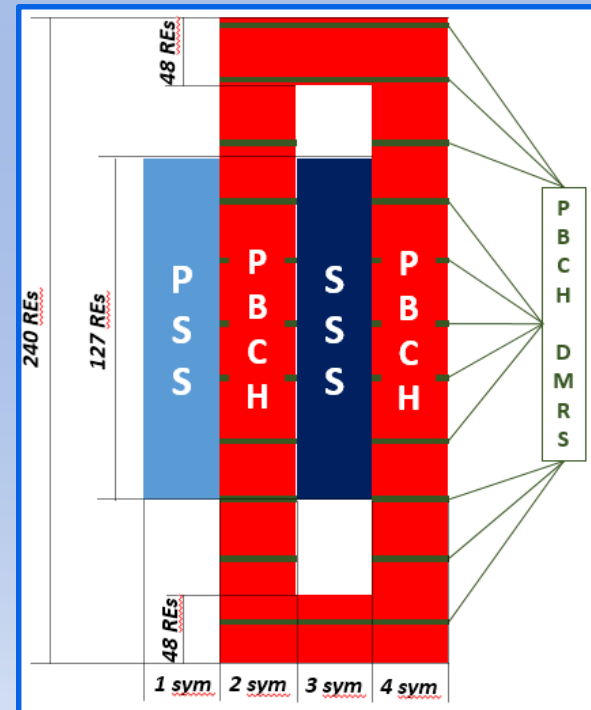
4G

Canali di controllo trasmessi in modo uniforme su tutta la trama



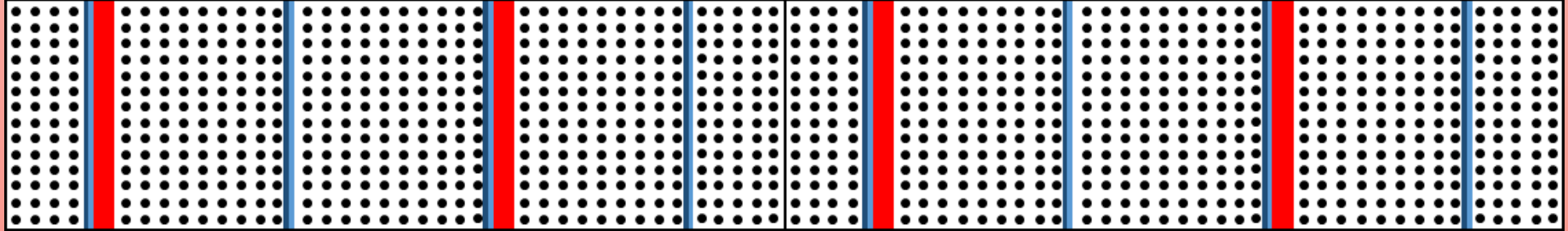
5G

Canali di controllo trasmessi in strutture compatte (**SS-Blocks**)

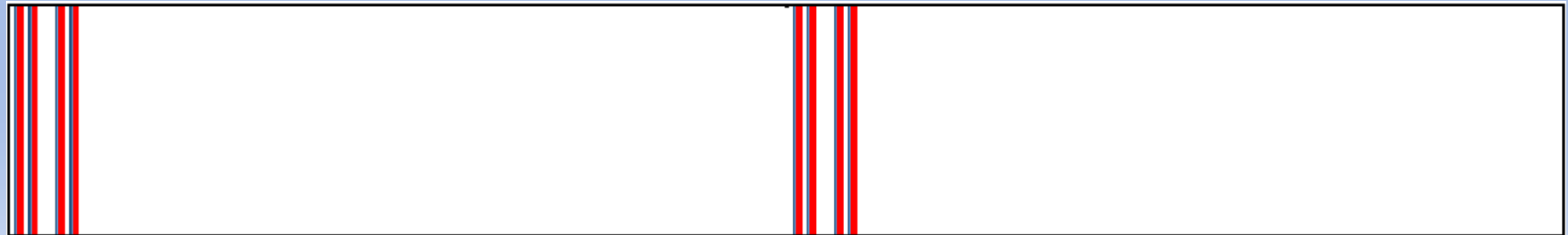


5 - Trasmissione dei canali di controllo

Nel **4G** la SRB **trasmette costantemente** anche in assenza di traffico dati



Nel **5G** gli SS-Block sono trasmessi solo **in intervalli temporali limitati**

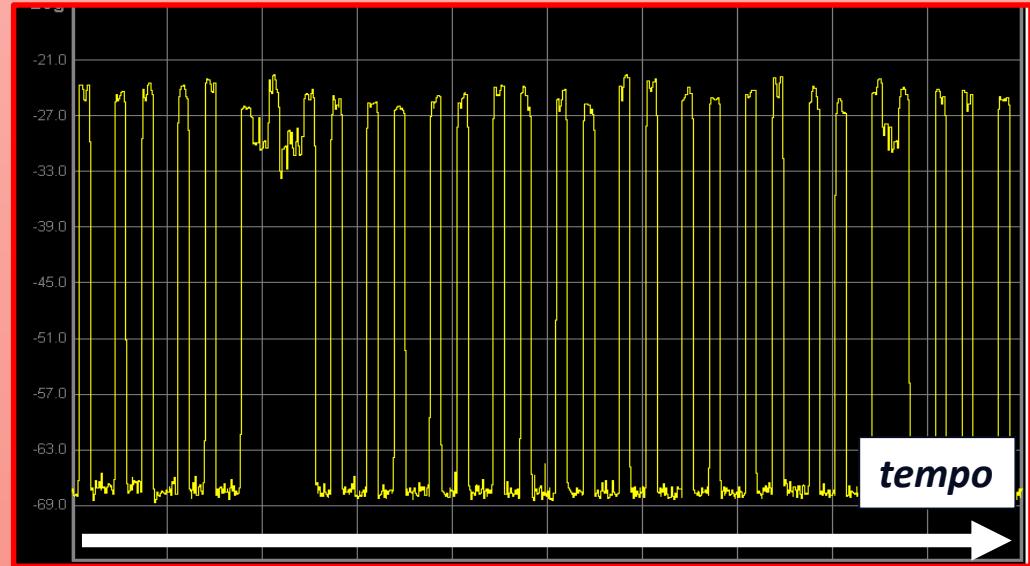


La gestione intelligente dei canali di controllo del 5G implica una **maggiore efficienza energetica** e **l'ottimizzazione dell'impatto elettromagnetico**

5 - Trasmissione dei canali di controllo

4G

Scarsa ottimizzazione della
potenza trasmessa dalla SRB



5G

SS-Block trasmessi solo in
intervalli limitati → Elevata
ottimizzazione

