

Le Reti Cellulari Mobili

A.S. 2023/2024

PROF. VERGA PIERANGELO

PROF.SSA DALBESIO MANUELA

3. Le Reti Cellulari e l'Accesso a Internet

La telefonia cellulare

Negli ultimi anni, i provider di telefonia cellulare hanno esteso le proprie reti così da supportare non solo la telefonia mobile, ma anche l'accesso mobile a Internet.

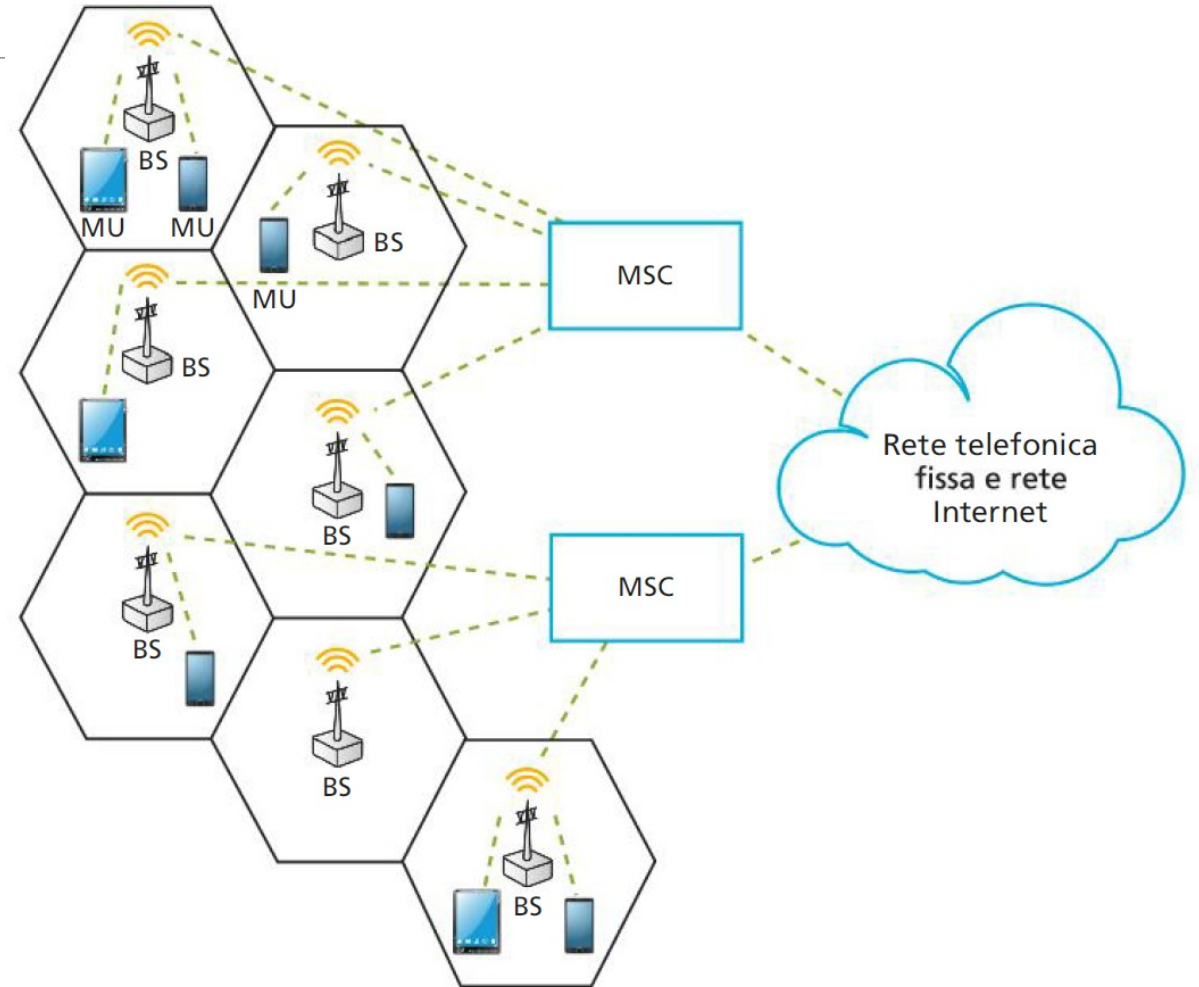
Un immediato vantaggio di questa soluzione sta proprio nella copertura delle reti cellulari e nella banda più elevata, che consente di avere un numero maggiore di utenti connessi in contemporanea

La telefonia cellulare

Ogni cellulare può essere individuato mediante un codice univoco chiamato **IMEI** (International Mobile Equipment Identity), che permette di conoscere la casa produttrice, il modello e il numero di serie del cellulare. Alcuni IMEI hanno anche la parte SV (Software Version), due cifre ulteriori che identificano la versione del firmware dell'apparecchio. Ogni operatore, sulla base di tale codice, ha la possibilità di bloccare qualsiasi cellulare. Una volta bloccato, il dispositivo non potrà funzionare neanche cambiando scheda SIM.

La telefonia cellulare

La telefonia cellulare è una tipologia di accesso a una rete telefonica attraverso una rete cellulare



La telefonia cellulare

È realizzata per mezzo di onde radio e ricetrasmettitori terrestri (cioè antenne ubicate sulla superficie terrestre) che danno vita alle **BS** (Base Station), le quali coprono ciascuna una porzione di territorio detta **cella di copertura**. L'antenna riceve i segnali dagli **MU** (Mobile User), cioè dai dispositivi mobili degli utenti, e li trasmette agli **MSC** (Mobile Switching Center) che sono le centraline che, oltre a connettere tra loro le celle, permettono il collegamento alla rete telefonica fissa e alla rete Internet agendo da gateway.

La telefonia cellulare

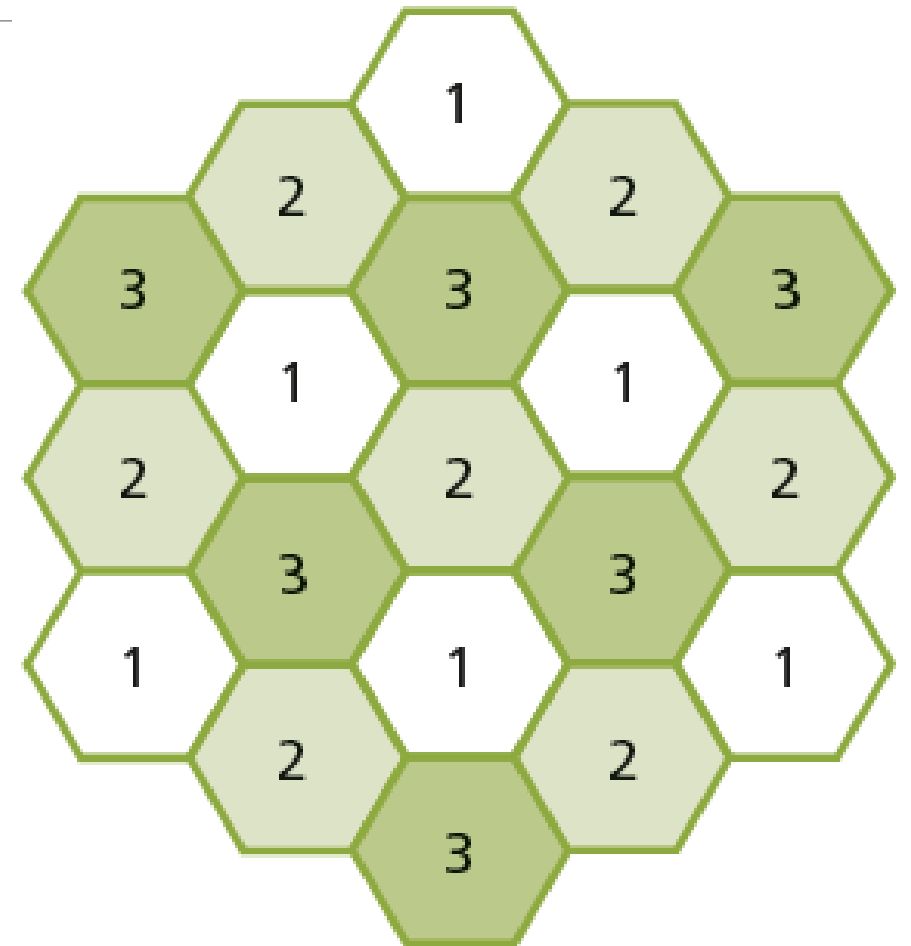
Ogni rete cellulare è costituita da un numero variabile di celle.

Il numero delle celle e la loro grandezza dipendono dalla quantità di traffico (e quindi dal numero di terminali mobili) stimata in una data zona.

Sul territorio sono solitamente presenti più reti cellulari gestite da operatori diversi (per esempio, Tim, Vodafone, Windtre, ecc.).

La telefonia cellulare

Con i sistemi cellulari si ricorre alla tecnica del **riutilizzo delle frequenze**, cioè, una stessa frequenza è utilizzata più volte ma in celle diverse, sufficientemente lontane tra loro in modo da evitare interferenze.



La gestione della mobilità

Il problema fondamentale che la telefonia cellulare deve affrontare è la *gestione della mobilità*, noto come **handoff** (o anche **handover**).

In pratica si tratta di evitare le interruzioni nel collegamento a fronte di un cambio di Base Station, cioè di un cambio di cella con relativo cambio di frequenze nell'ambito dello stesso MSC.

Va inoltre considerata l'eventualità di un cambio di operatore (**roaming**), cioè un vero e proprio cambio di rete.

La gestione della mobilità

L'handoff sullo stesso MSC è riassumibile in 9 passi.

1. La vecchia BS informa l'MSC di un imminente handoff e fornisce la lista di una o più nuove BS.
2. MSC instaura l'instradamento (alloca risorse) verso la nuova BS.
3. La nuova BS alloca i canali radio per il dispositivo mobile.
4. La nuova BS segnala all'MSC che è pronta e questo a sua volta lo comunica alla vecchia BS.

La gestione della mobilità

5. La vecchia BS attiva il dispositivo mobile per effettuare handoff (il dispositivo mobile non conosce il canale radio di destinazione).
6. Il dispositivo mobile e la nuova BS si scambiano i messaggi per completare l'assegnazione del canale.
7. Il dispositivo mobile comunica che l'handoff è completato alla nuova BS, che a sua volta lo comunica all'MSC.
8. L'MSC ridireziona le chiamate.
9. La vecchia BS rilascia le risorse.

La gestione della mobilità - cambio operatore

Per comprendere invece come viene gestita la mobilità in caso di cambio di operatore, serve specificare due tipi di reti e i loro relativi database:

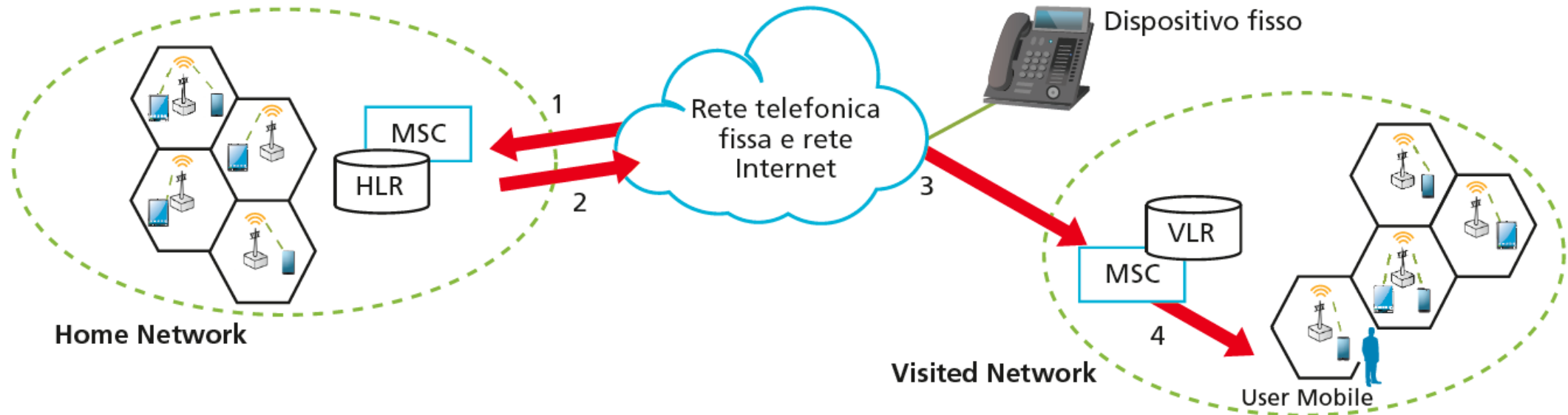
Home Network: rete del proprio operatore (per esempio Tim, Vodafone, Windtre, ecc.) dotata di **Home Location Register** (HLR) cioè del database che contiene informazioni sull'utente, quali il numero di telefono, il tipo di contratto, l'attuale posizione (può essere presso un'altra rete).

La gestione della mobilità - cambio operatore

Visited Network: rete presso la quale si trova attualmente il dispositivo mobile, dotata di **Visitor Location Register (VLR)** cioè del database che contiene informazioni sugli utenti attualmente presenti nella rete, quali il numero di telefono e l'operatore di appartenenza.

La gestione della mobilità - cambio operatore

Supponiamo per esempio che da un telefono fisso si voglia comunicare con un dispositivo mobile (Mobile User) che in quel momento non si trova nella rete del proprio operatore mobile.



La gestione della mobilità - cambio operatore

Occorreranno 4 passi per rendere attivo il collegamento:

1. La chiamata viene instradata verso la Home Network.
2. L'MSC della Home Network accede al suo **HLR**, per ottenere il riferimento del dispositivo mobile presso l'altra rete, e imposta la connessione attraverso la rete telefonica fissa (**PSTN**: Public Switched Telephone Network).

La gestione della mobilità - cambio operatore

3. Tramite la rete telefonica fissa si raggiunge la Visited Network ove si trova in quel momento il dispositivo mobile.
4. L'MSC della Visited Network, verificata la presenza dell'utente mobile tramite l'accesso al suo VLR, dirama la chiamata radio su tutte le celle della sua rete, l'utente chiamato risponderà dalla cella in cui si trova e verso la quale sarà instradata la chiamata.

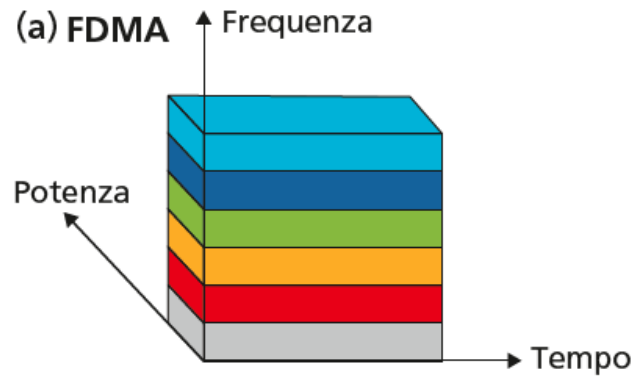
Mobilità con accesso a Internet

Esistono cinque tecniche fondamentali:

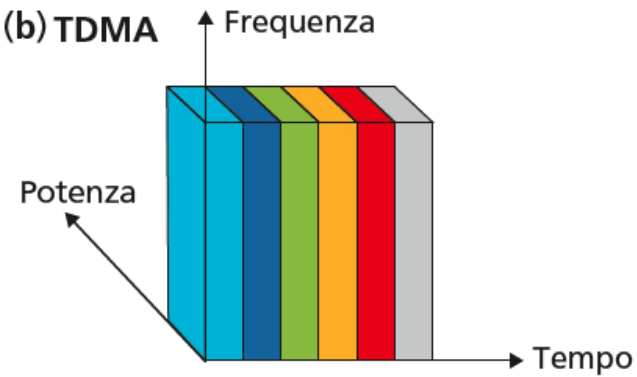
- **FDMA** (Frequency Division Multiple Access);
- **TDMA** (Time Division Multiple Access);
- **CDMA** (Code Division Multiple Access);
- **OFDMA** (Orthogonal Frequency Division Multiple Access);
- **NOMA** (Non-Orthogonal Multiple Access).

Mobilità con accesso a Internet

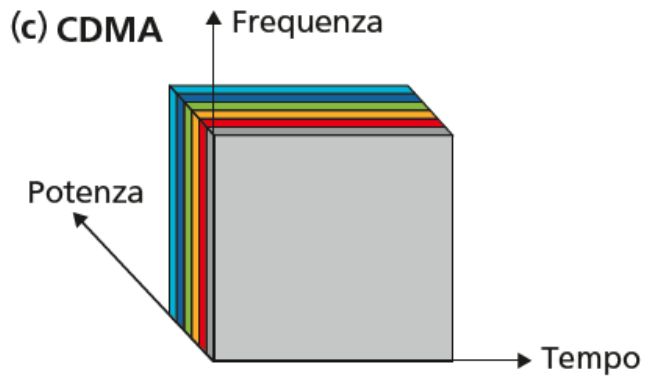
(a) FDMA



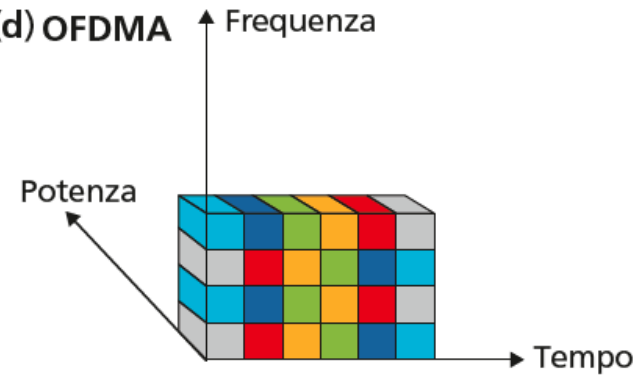
(b) TDMA



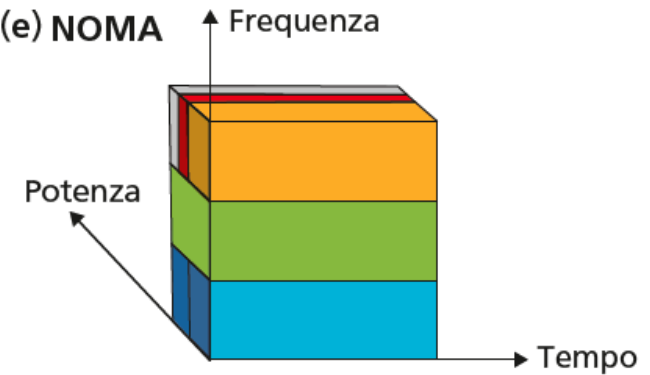
(c) CDMA



(d) OFDMA



(e) NOMA



Mobilità con accesso a Internet

Molto comodo può risultare l'utilizzo di una **Internet Key**: un modem USB di dimensioni ridotte che consente la connessione a Internet. È sufficiente collegare la Internet Key (plug and play) al PC portatile per avere il collegamento a Internet ovunque vi sia campo. Al suo interno la chiavetta ospita, oltre ad una piccola quantità di memoria flash, la SIM dell'operatore. È anche possibile acquistare computer portatili dotati di modem integrato con tecnologie UMTS, HSPA e similari.

La mobilità nelle reti 4G LTE

La tecnologia **4G LTE** ha permesso l'offerta di nuovi servizi a cui accedere tramite applicazioni presenti su smartphone e tablet (video HD, gaming, videoconferenza, ecc.).

La versione più evoluta di **LTE** è la **4.5G** detta **LTE-Advanced Pro**, supporta velocità superiori a 500 Mbps arrivando anche a 1Gbps.

#prendinota

Alcuni operatori telefonici hanno puntato sulle maggiori prestazioni di LTE per offrire ai clienti la sostituzione della linea fissa con quella mobile, offrendo loro un servizio ADSL-like, ma su rete LTE. Questo servizio è particolarmente utile nelle aree non coperte dalla banda larga (*digital divide*).

La mobilità nelle reti 4G LTE

La tecnologia **Long Term Evolution** (LTE) ha innovato sia la rete core di trasporto sia la rete di accesso radio:

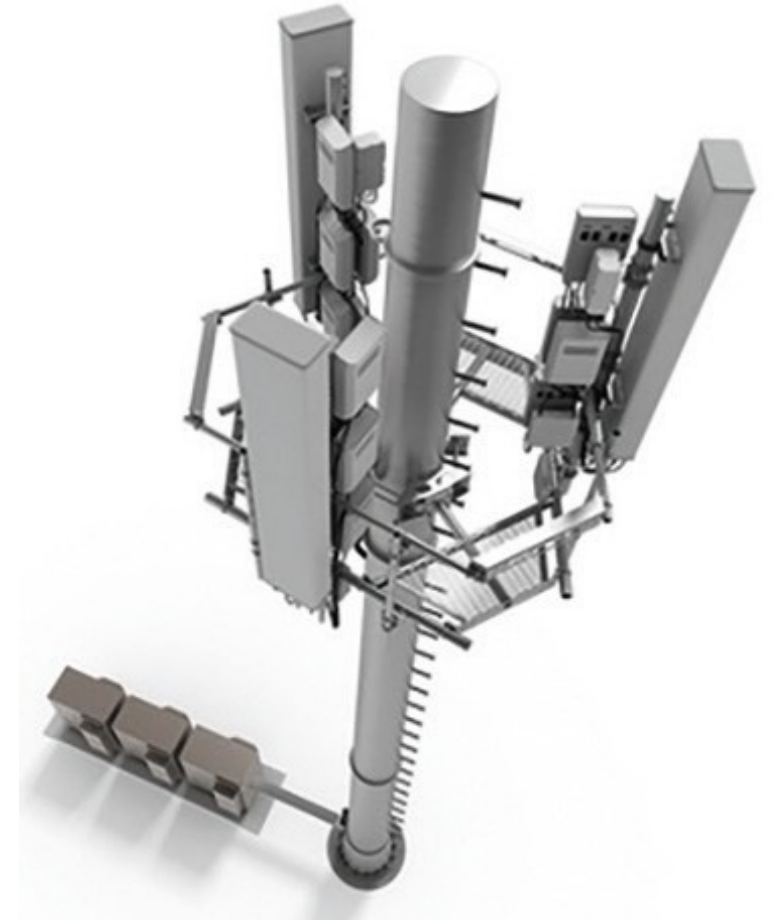
- **EPC (Evolved Packet Core)**
- **E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)**

La mobilità nelle reti 4G LTE

- **EPC:** le funzioni di controllo delle comunicazioni sono del tutto separate da quelle di trasporto. Inoltre la rete core è formata da un'unica rete di trasporto delle informazioni (voce/dati) a pacchetto IP;
- **E-UTRAN:** l'accesso radio è costituito da un unico componente **eNodeB**, responsabile delle procedure radio verso il terminale utente per attivazione, handover e rilascio della sessione.

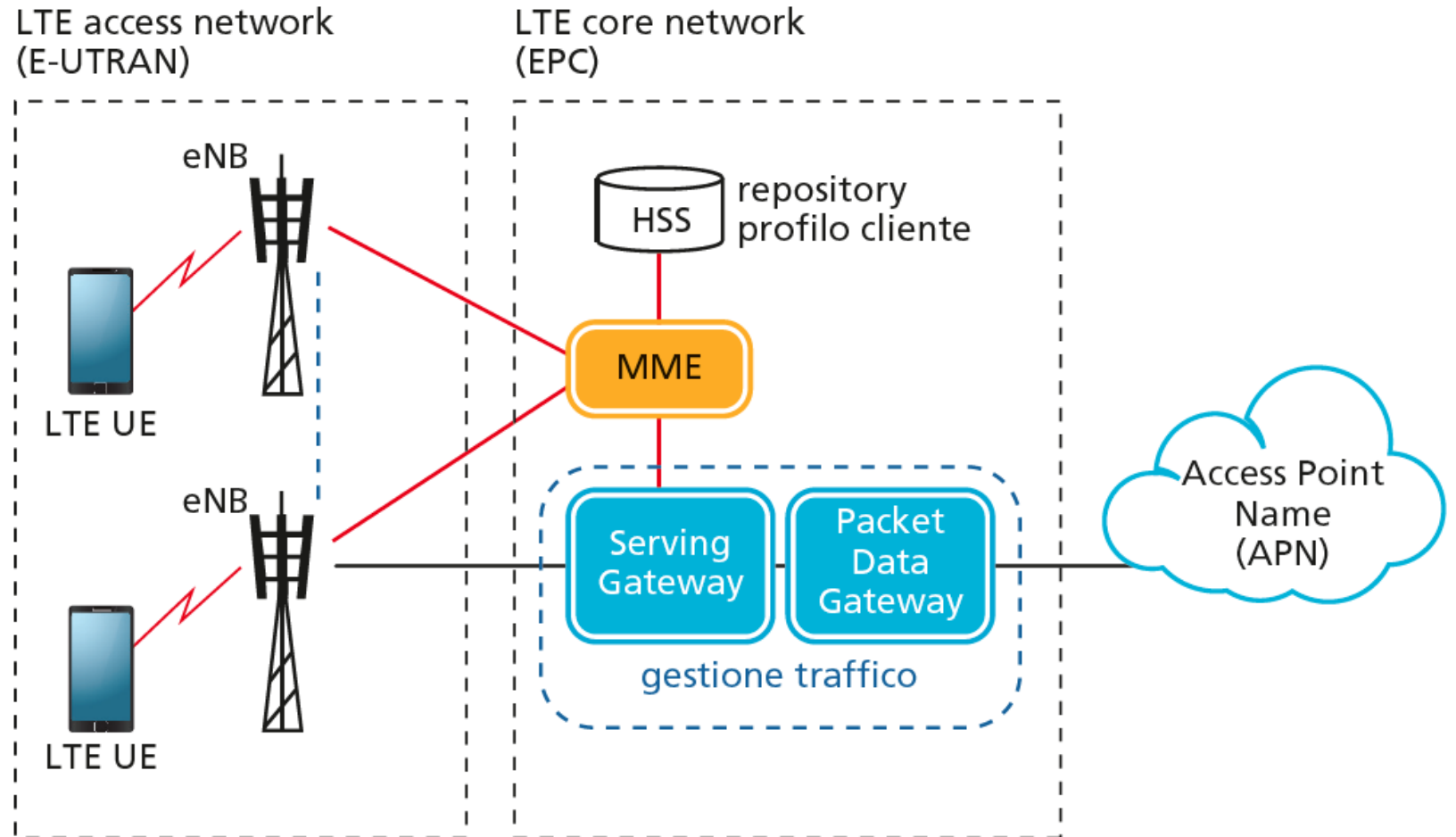
La mobilità nelle reti 4G LTE

La tecnologia **MIMO**, **Multiple-Input Multiple-Output**, permette miglioramenti nel throughput e nella distanza di trasmissione senza ricorrere a frequenze aggiuntive o a maggiore potenza nelle trasmissioni.



La mobilità nelle reti 4G LTE

Architettura di
una rete LTE



La mobilità nelle reti 4G LTE

La parte di rete di accesso E-UTRAN è costituita da:

- **LTE User Equipment (LTE-UE)**: è il terminale mobile
- **eNodeB (eNB)**: è la stazione base che si interfaccia alla rete core EPC. Inoltre eNodeB svolge funzioni di sicurezza, tipicamente implementate con tecniche di tunneling usando la suite IPsec, fornendo servizi di autenticazione, integrità e cifratura dei dati.

La mobilità nelle reti 4G LTE

Gli elementi principali che compongono la rete core EPC sono:

- **Mobility Management Entity (MME):** svolge funzioni di controllo, quali, per esempio, l'autenticazione del terminale LTE-UE tramite il database HSS; si occupa della gestione della connessione con il terminale e degli aspetti di mobilità;
- **Home Subscriber Server (HSS):** è il database della rete che contiene i profili degli utenti; HSS include anche l'Authentication Center che si occupa di generare le chiavi per la cifratura dei dati e per la mutua autenticazione dell'utente e della rete;

La mobilità nelle reti 4G LTE

- **Serving Gateway (SGW) e Packet Data Gateway (PGW):** sono le entità coinvolte nel trasporto delle informazioni in base al servizio richiesto; il PGW assegna un indirizzo IP al UE che lo manterrà fino a che il terminale non verrà spento;
- **Access Point Name (APN):** identifica la rete IP a cui può accedere l'utente una volta stabilita la connessione dati. L'APN può puntare a una rete privata o pubblica. È possibile definire APN distinti per applicazioni diverse.

La mobilità nelle reti 4G LTE

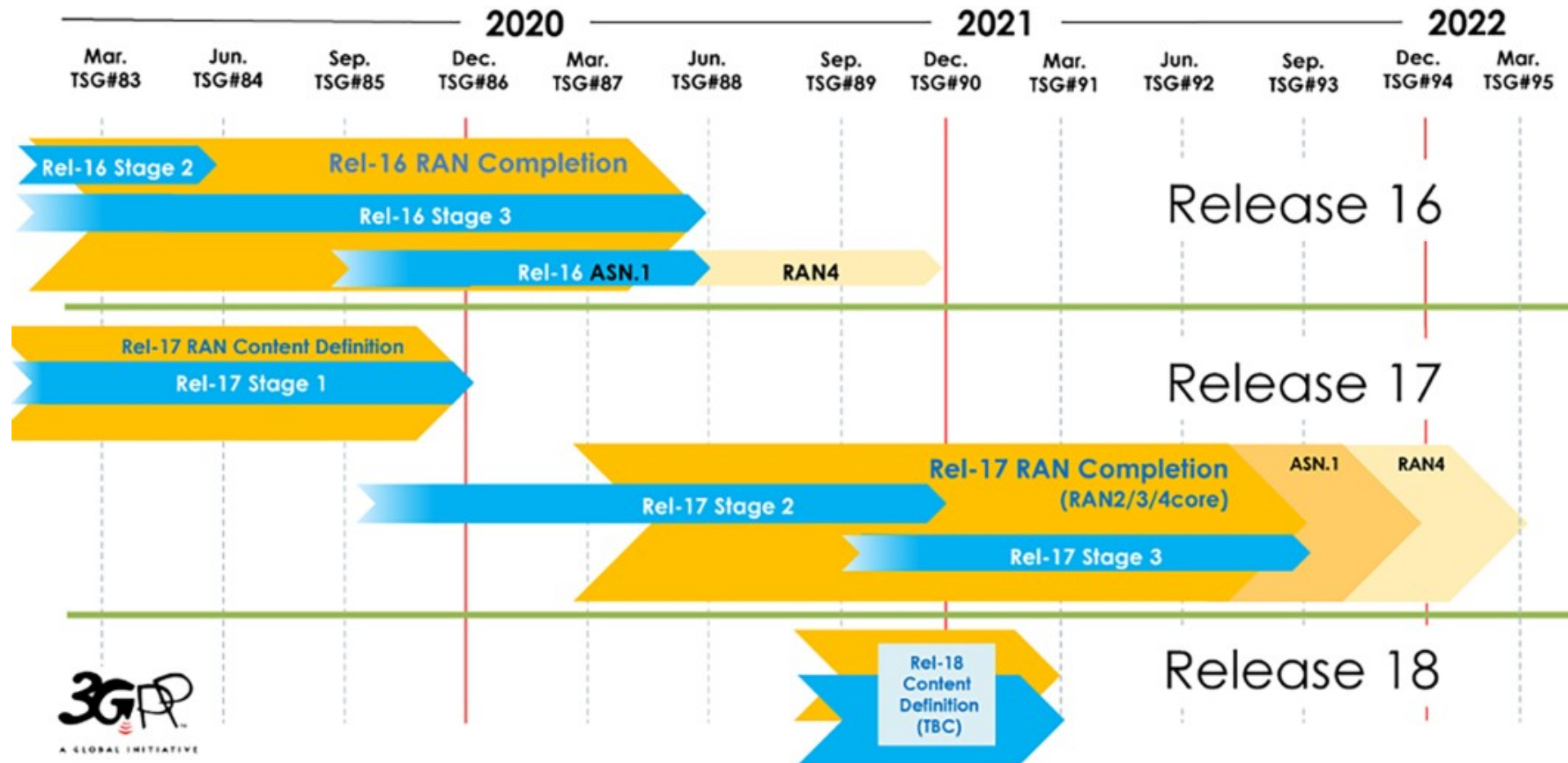
Il **3GPP** (3rd Generation Partnership Project) ha lavorato all'evoluzione di LTE, introducendo importanti migliorie riguardanti soprattutto la connettività dei dispositivi mobili:

- **LTE-ADVANCED (LTE-A)** – Release 10 del 2011
- **LTE-ADVANCED PRO (LTE-A PRO)** – Release 13 del 2016

Ad es. LTE-A prevede l'impiego di ripetitori intelligenti, detti **Relay Node (RN)** che consentono di aumentare la capacità e la copertura.

Il segnale proveniente da eNB non viene ricevuto bene all'interno della casa; buono invece il livello di segnale proveniente da RN

La rete 5G



La rete 5G

La rete 5G nasce sulla spinta di alcuni fattori emergenti:

- crescita esponenziale del traffico dati;
- connessione a Internet di dispositivi prima isolati (IoT);
- trasporto di dati non IP;
- supporto di accessi non-3GPP e da rete fissa;
- introduzione del protocollo IPv6.

La rete 5G

Alcune delle caratteristiche del 5G:

- elevata quantità di banda a disposizione per lo sviluppo di servizi basati su video e servizi in cloud per il trasferimento dati e l'elaborazione distribuita;
- possibilità di costruire reti con bassissima latenza, fondamentale per trasporti e auto a guida autonoma e per i sistemi di controllo industriale;

La rete 5G

- possibilità di gestire un numero molto maggiore di connessioni a costi e consumi energetici contenuti che agevola lo sviluppo dei servizi legati all'IoT (le comunicazioni di sensori e attuatori saranno sempre più numerose);
- flessibilità e rapidità nel riconfigurare le reti.

La rete 5G

La piramide dei servizi 5G

