

Long Term Evolution

Dott. Antonio Tedeschi
antonio.tedeschi@uniroma3.it

Corso di
Telecomunicazioni Wireless

a.a. 2015-2016

- Introduzione
- Architettura di rete
- Quality of Service & Baerers
- Mobilità & Handover

- Evoluzione dei sistemi di TLC di terza generazione
- Sviluppata per rispondere alle richieste di mercato
 - Necessità di nuovi servizi
 - Diffusione su dei dispositivi mobili di ultima generazione
- Necessaria un'evoluzione di architetture e protocolli di rete evoluti in grado di sfruttare al meglio le bande di frequenza disponibili per la comunicazione
- Soluzione offerta da LTE
 - Realizzazione di una rete efficiente dai costi contenuti
 - Supporto di data-rate con picchi di 75Mbit/s in uplink e 300Mbit/s in downlink
 - Larghezza di banda variabile da 1.25MHz a 20MHz

RAT	SRT	Banda	Modulazione
TDMA	GSM	200KHz	GMSK
	TETRA	150KHz	DQPSK (8-PSK)
CDMA	UMTS	5MHz	BPSK (uplink) QPSK (downlink)
		1.4 MHz	
FDMA	LTE	3 MHz	
		5 MHz	QPSK
		10 MHz	16-QAM
		15 MHz	64-QAM
		20 MHz	
		8MHz	QPSK
DVB-T	DVB-T	7MHz (Italia)	16-QAM
		6MHz (Giappone e USA)	64-QAM

- Il termine stesso indica l'evoluzione dell'accesso UTRAN delle reti 3G
- Progettata per supportare unicamente servizi a connessione di pacchetto
- I dati, anche quelli voce, viaggiano su protocolli TCP/IP e la connessione tra il terminale mobile e le reti esterne è di tipo IP.
- Innovazione
unificazione di tutti i protocolli di rete riducendo i costi e le latenze
- Offre connessioni con diverse qualità di servizio
- Ogni flusso informativo ha una QoS

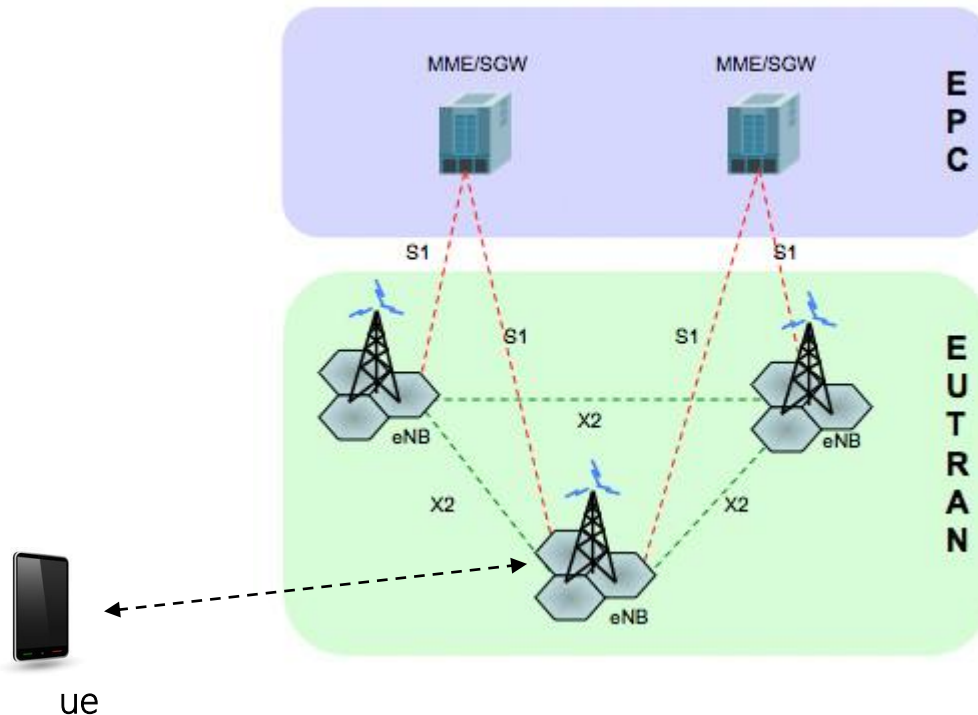
- Ogni flusso IP con la sua specifica classe costituisce un bearer
 - un insieme di configurazioni di rete che permette un trattamento particolare delle impostazioni del traffico dati dell'utente
- La rete LTE è capace di gestire più bearers di uno stesso utente.
Esempio:
 - durante una comunicazione vocale (VoiP), un utente potrebbe accedere ad sito web, o scaricare un file tramite il protocollo FTP
 - Pacchetti FTP associati alla classe best-effort
 - Pacchetti chiamata VoiP avranno bisogno di una QoS più elevata.
- Rete strutturata per gestire efficacemente le diverse QoS garantendo
 - sicurezza
 - privacy degli utenti e delle loro informazioni.

- Semplificata rispetto a UMTS
- Costituita da un unico elemento: evolved Node B (eNB)
- eNB definisce e include tutte le funzionalità che in UMTS sono gestite separatamente da:
 - Node B
 - Radio Network Control (RNC)
- La core network è una struttura unificata senza distinzione tra dominio a pacchetto e circuito
- I nodi di rete sono connessi tramite interfacce standardizzate in modo da consentire l'interoperabilità tra hardware e software

- Terminale LTE = User Equipment
- UE è costituito da due parti
 - **Mobile Equipment (ME):** è il terminale utente che implementa le funzionalità di LTE come gestione risorse radio, comunicazione, mobilità, sicurezza.
 - **Universal Subscriber Identity Module (USIM):** costituita da un circuito integrato chiamato UICC che contiene le informazioni
 - dell'utente
 - della rete
 - dei servizi supportati
- Quando l'UE si collega alla rete, eNB seleziona i parametri operativi più adatti alla comunicazione in base alla categoria del terminale

Architettura – Rete di accesso

- Costituita da soli eNB connessi tra loro attraverso l'interfaccia X2
- Ogni eNB è connesso alla Core Network (Evolved Packet Core – EPC) attraverso l'interfaccia S1
- La rete di accesso E-UTRAN gestisce le operazioni di trasmissione dei segnali sul canale radio



- **Radio Resource Management**
si occupa delle funzioni relative alla gestione dei bearers quali gestione delle risorse radio, controllo della mobilità, scheduling e allocazione dinamica delle risorse.
- **Header compression**
comprime l'intestazione dei pacchetti IP per ridurre il traffico di segnalazione. Importante soprattutto per i pacchetti di piccole dimensioni, come i pacchetti VoIP.
- **Security**
i dati trasmessi sul canale radio sono cifrati e la gestione della sicurezza prevede:
 - cifratura dei dati
 - muta autenticazione dell'utente e della rete
 - controllo di integrità delle unità informative.
- **Connectivity to the EPC:**
gestione dei messaggi di segnalazione verso i nodi delle CN, in particolare verso MME e verso S-GW.

- eNB si occupa delle comunicazioni che avvengono tra NB e RNC
 - Modulazione/demodulazione
 - Misure di qualità sul canale radio
 - Controllo di potenza e del carico di cella
 - Gestione delle procedure d'errore
- eNB può essere connesso a più MME/S-GW che gestiscono il traffico degli UE serviti dall'eNB corrente

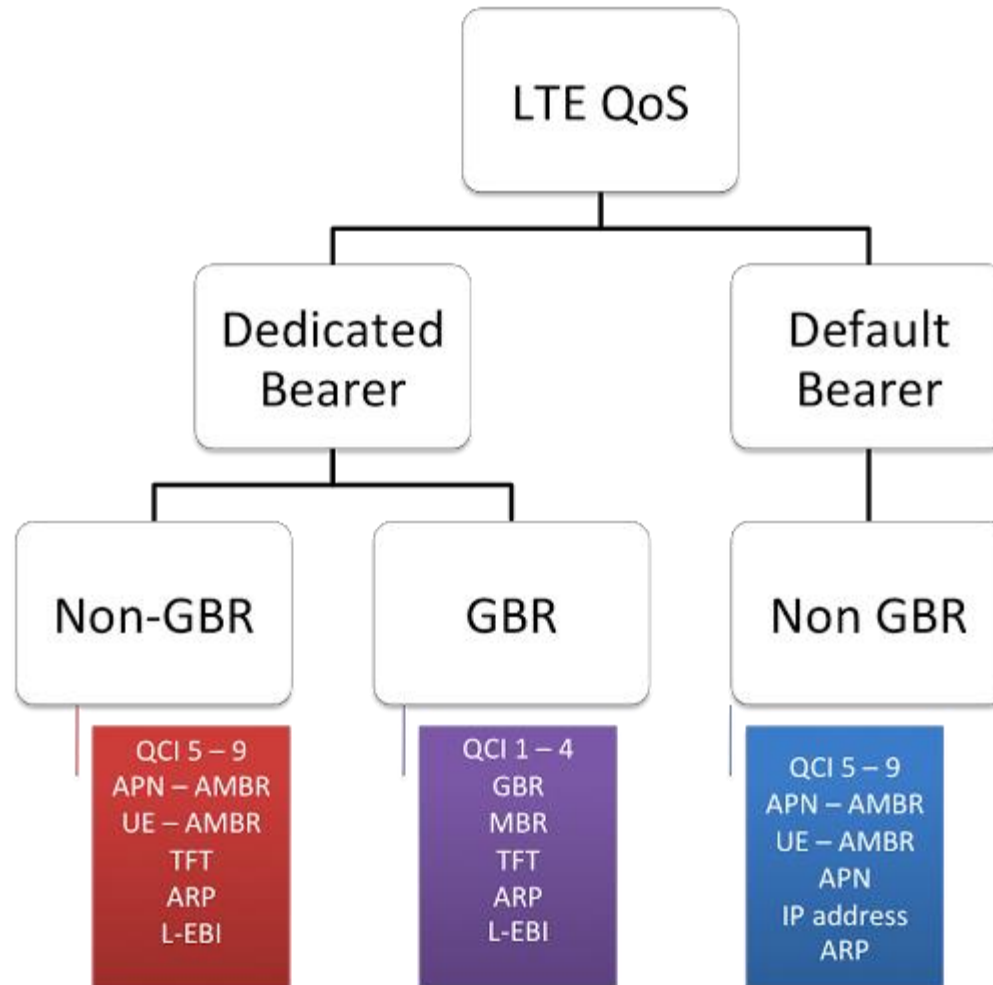
Problema

- La mancanza di un'entità di controllo centrale aumenta la probabilità di errori e ne rende problematica la gestione
- In assenza dell'RNC, non è supportato il soft/softer handover tipici dell'UMTS
 - Necessari meccanismi di protezione dei dati durante l'handover

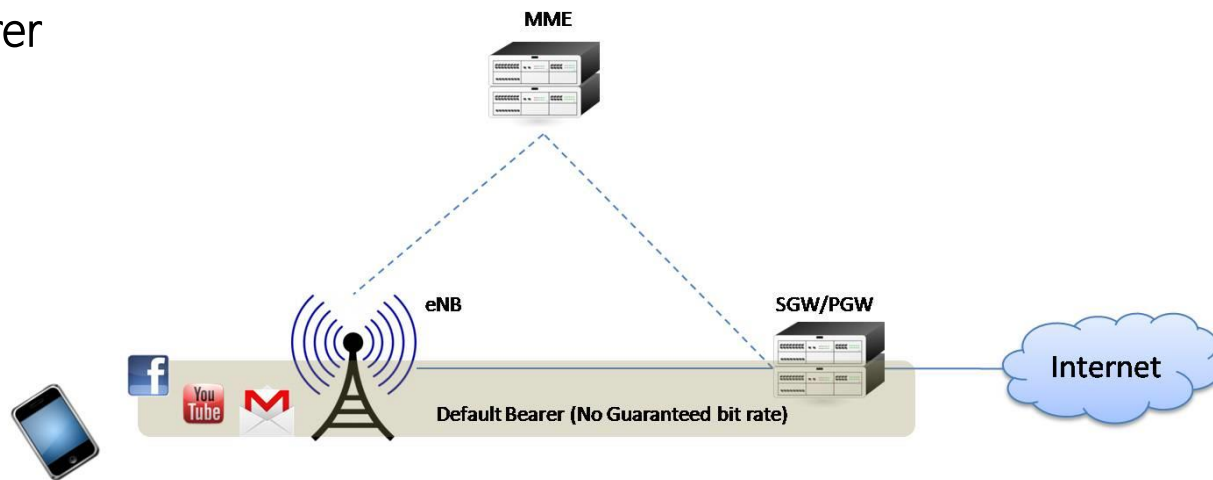
- CN si occupa del trasferimento dei dati da e verso le reti a pacchetto esterne
- Composto da diversi nodi:
 - **Mobility Management Entity (MME):** principale nodo di controllo della CR.
 - Gestisce la segnalazione tra UE e CN
 - Si occupa della procedure di instaurazione della connessione per un terminale che si connette per la prima volta alla rete e dell'assegnazione delle identità temporanee ai singoli UE
 - Tiene traccia delle posizioni del terminale mobile,
 - gestisce le operazioni di paging
 - **Serving Gateway (S-GW):** nodo di interfaccia con la rete di accesso E-UTRAN e con le altre reti 3GPP (i.e. UMTS/GPRS).
 - Si occupa della gestione della mobilità di un terminale mobile che si sposta da un eNB ad un altro.
 - Memorizza i pacchetti di un UE nello stato idle e gestisce il download dei pacchetti durante le operazioni di paging necessarie per ristabilire una connessione tra UE e CN.

- Composto da diversi nodi:
 - **Policy Control and Charging Rules Function (PCRF):** il PCRF è il nodo responsabile del controllo delle QoS
 - **PDN Gateway (P-GW):** alloca gli indirizzi IP agli UE e gestisce i flussi informativi, sulla base di QoS e sulle informazioni fornite dal PCRF
 - **Home Subscriber Server (HSS):** funzionalità simili a quelle dell'HLR nelle reti UTRAN.

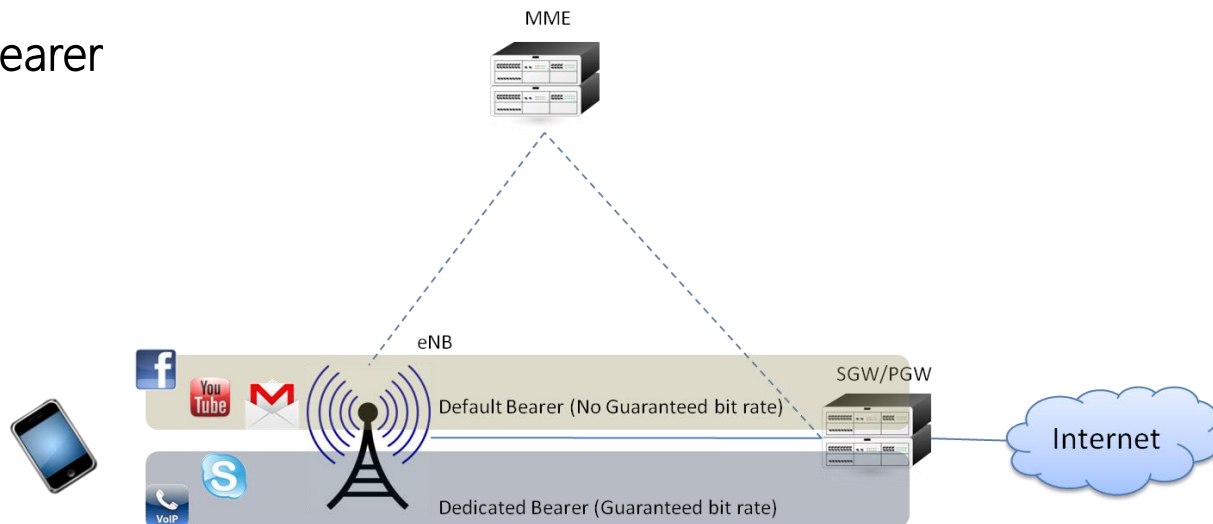
Per ulteriori dettagli sull'architettura e sullo stato fisico si rimanda al materiale didattico fornito sul sito del corso
«Appunti LTE», E. Guzzon, 2012



Default bearer



Dedicated bearer



- Diverse qualità di servizio per ogni flusso informativo
- Il flusso IP con la sua classe definisce un bearer, classificati in:
 - **Minimum guaranteed bit rate (GBR):**
 - ✓ dispongono di risorse dedicate durante tutta la durata della trasmissione.
 - ✓ dedicati a flussi informativi ad elevata priorità come quelli voce (VoIP)
 - ✓ garantiscono alti data rate, ritardi e tassi d'errore contenuti
 - ✓ possibilità di stabilire un bit-rate minimo e massimo che vengono garantiti
 - **Non-GBR:**
 - ✓ impiegati in applicazioni che non richiedono bitrate particolarmente elevati, come ad esempio web browsing o trasferimenti FTP
 - ✓ non dispongono di risorse allocate

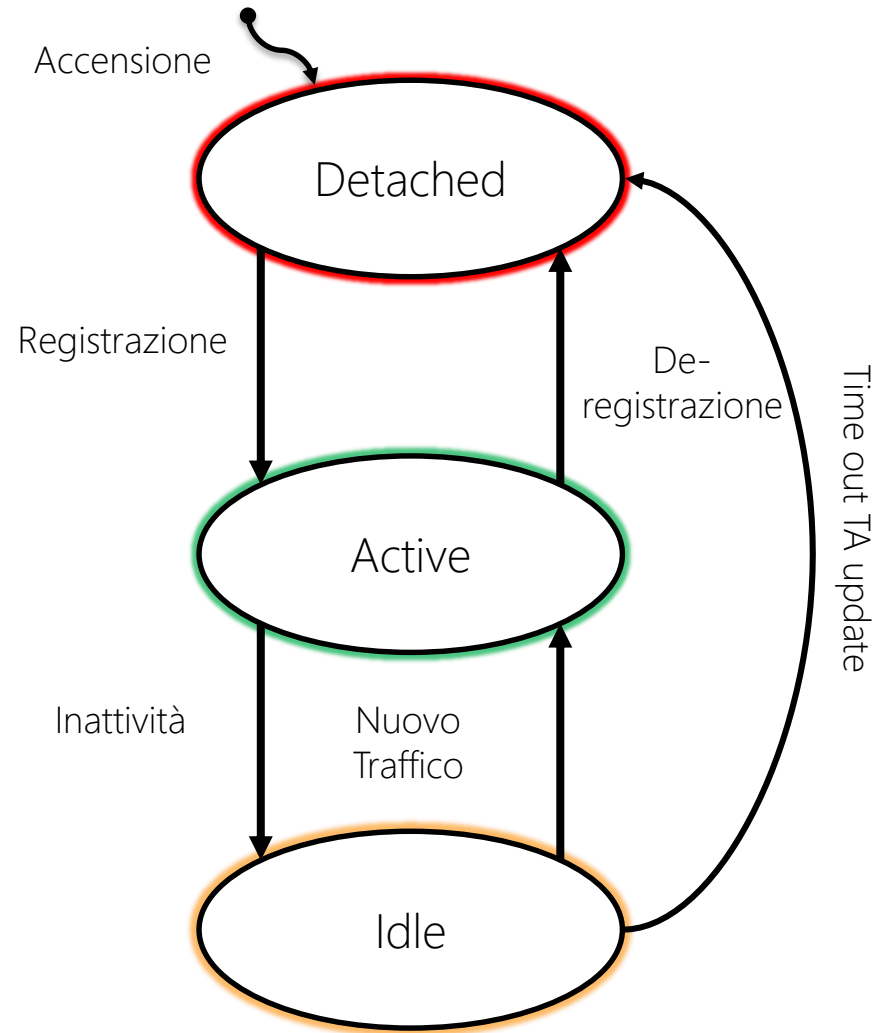
QoS & Bearer

- Un bearer è definito *in generale* da due parametri:
 - **Allocation and Retention Priority (ARP)**
impiegato per la gestione delle procedure di accesso nel caso di congestioni della cella e influisce sulla priorità con cui instaurare le connessioni degli utenti
 - **QoS Class Identifier (QCI)**
 - livello di priorità, ritardo e un tasso di perdita di pacchetti (accettabile)
 - 9 livelli che permettono un la gestione del traffico uniforme tra gli operatori

QCI	Bearer Type	Priority	Packet Delay	Packet Loss	Example
1	GBR	2	100 ms	10^{-2}	VoIP call
2		4	150 ms	10^{-3}	Video call
3		3	50 ms		Online Gaming (Real Time)
4		5	300 ms	10^{-6}	Video streaming
5	Non-GBR	1	100 ms		IMS Signaling
6		6	300 ms		Video, TCP based services e.g. email, chat, ftp etc
7		7	100 ms		Voice, Video, Interactive gaming
8		8	300 ms		10^{-6}
9		9			

Mobilità & Handover

- **Detached**: UE attivo ma non è ancora connesso alla rete
- L'UE viene registrato verso un eNB
- **Active**: effettua tutte le operazioni di interesse. Se inattivo va automaticamente in Idle
- **Idle**: posizione terminale nota con una granularità di una Tracking Area (TA)
- **TA**: insieme di celle e eNB gestito da un MME/S-GW
- **Operazione di paging** su tutte le celle della TA è svolta per avvisare l'UE di una attività in arrivo (es: una chiamata)
- UE torna automaticamente nella modalità Active



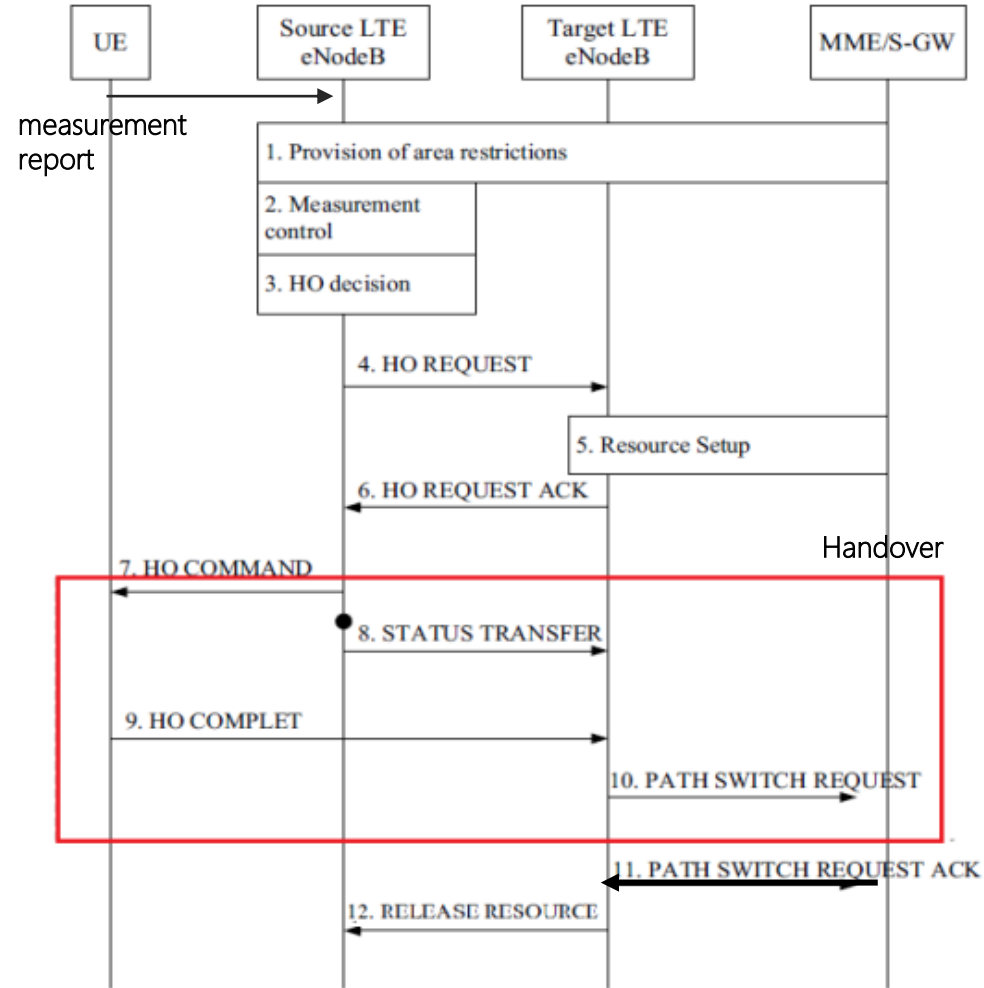
Mobilità & Handover

- Due tipologie di handover
 - Intra-pool (X2) Handover
 - Inter-pool (S1) Handover
- La mancanza del RNC si ha solo un handover di tipo hard
 - Breve interruzione della connessione attiva (detech time)
 - Introduzione di meccanismi di buffer e forwarding dei dati per limitare le perdite dei dati utente durante l'interruzione

- Terminale mobile si sposta da un eNB ad un altro gestiti dallo stesso MMG e nella stessa TA (pool area)
- Entità in gioco 4
 - UE
 - MME
 - Source (serving) eNB è l'eNB presso il quale l'UE è connesso
 - Target eNB è quello desitanatario
- Detto X2 handover poiché l'handover avviene sull'interfaccia X2 tra i serving eNB
- MME è a conoscenza della nuova posizione dell'UE solo al termine della procedura
- Comunicazione diretta tra gli eNB in gioco rende l'handover più rapido riducendo le risorse impiegate

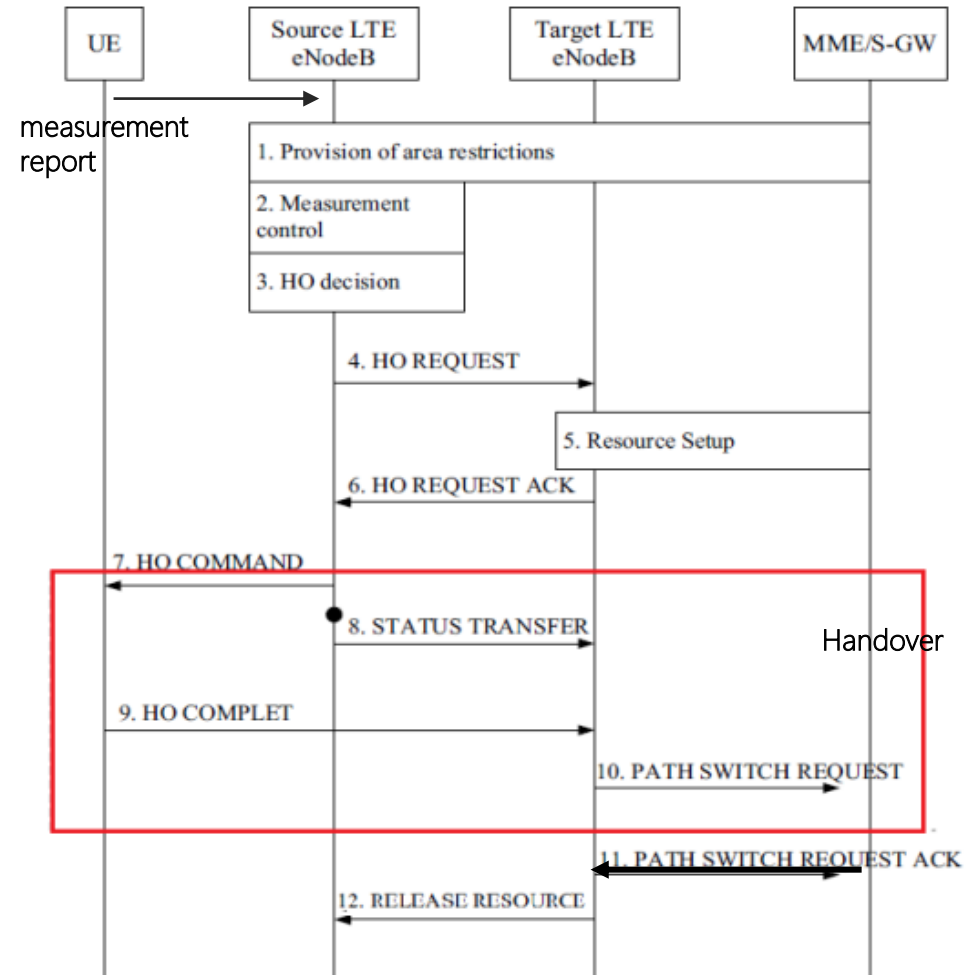
Intra-pool Handover

- UE compie delle misure sul canale
- UE invia measurement report al src eNB
- Src eNB valuta se iniziare un handover
- **HO REQUEST** ad un target eNB, inviando tutte le info di interesse per il passaggio
- Fase di setup per eNB target per ottenere le risorse necessarie per accettare il nuovo UE
- Invio **HO REQUEST ACK** dal target al source con tutte le informazioni per il passaggio al nuovo eNB, comunicate al terminale con **HO COMMAND**
- UE non è più connesso con il source target e non ha una connessione attiva



Intra-pool Handover

- Instaurazione della connessione dell'UE con il nuovo eNB (**HO COMPLETE**)
- Handover concluso con successo e i messaggi ricevuti dall'UE e inviati in precedenza dal source eNB vengono inviati al target eNB
- source eNB invia **PATH SWITCH REQUEST** al MME/S-GW, che aggiorna la nuova posizione del terminale mobile, ed esegue il path switch.
- I pacchetti in arrivo verranno inviati direttamente al target eNB.
- conferma il path switching con un **PATH SWITCH ACK**, al target eNB che invia il messaggio di **RELEASE RESOURCE** al source eNB che rilascia la connessione attiva ed elimina le unità informative relative all'UE memorizzante in caso di eventuali fallimenti dell'handover



Intra-pool Handover

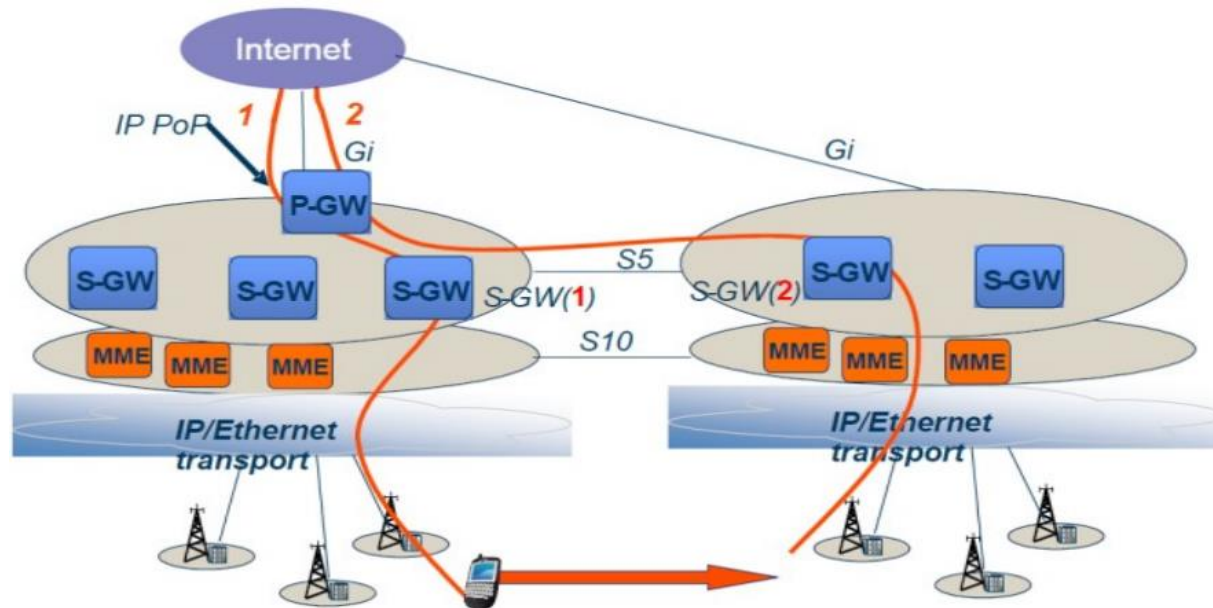
- La QoS sperimentata dall'UE durante l'handover dipende dal tempo di detach, numero di pacchetti persi e ritardo con cui vengono inoltrati dal source al target
- Con riferimento al QoS si hanno due tipi di handover
 - **Seamless**

Selezionato dalla rete per i **servizi la cui classe di QoS è sensibile ai ritardi**.
Si stabilisce tra il source eNB e il target un tunnel per l'inoltro dei pacchetti in downlink e uplink relativi all'UE
I pacchetti non ricevuti correttamente vengono persi definitivamente
 - **Lossless**

Selezionato dalla rete per i **servizi non real-time**
Serve a garantire un basso tasso di errori -> riduzione delle perdite dei pacchetti
Istituzione di un tunnel tra gli eNB coinvolti
Pacchetti etichettati con un numero di sequenza per permetterne un riordinamento alla destinazione -> individuazione pacchetti persi e eliminazione di possibili duplicati
Permette un'ottimizzazione della (ri)trasmissione delle informazioni

Inter-pool Handover

- Detto S1 handover poiché l'handover avviene sull'interfaccia S1 tra due TA
- Procedura simile a quella di Hard-handover inter RNC in UMTS
- Differenza è nel messaggio **STATUS TRANSFER** che rende l'handover trasparente all'UE e nei successivi messaggi scambiati



Multiple Preparation

- Procedura per velocizzare l'esecuzione di handover su un altro eNB in caso di fallimento sul primo target eNB
- Permette al source eNB di iniziare le procedura di handover con una molteplicità di possibili target eNodeB
 - Nel caso la connessione con il target eNB prescelto fallisca, la connessione con un altro eNB sarà più rapida.
- Quando l'handover è concluso il messaggio di **RELEASE RESOURCCE** viene inviato a tutti i nodi coinvolti nella multiple preparation.