

GSM: Global System for Mobile communications

Sommario

- Introduzione
 - Architettura di rete
 - Tecnologia radio
 - Canali GSM
 - Procedure
-

Introduzione

Introduzione

- GSM è il primo standard di comunicazione cellulare *globale*: nato in Europa ha centinaia di milioni di utenti nei 5 continenti.
 - Quale è il motivo del successo?
 - Motivi tecnici
 - Motivi commerciali
-

Introduzione

■ Motivi tecnici:

- ❑ Standard digitale integrato con ISDN. Accesso a tutti i nuovi servizi: identificatore di chiamata, chiamata a tre, avviso di chiamata ecc. ecc..
 - ❑ Chiamate sono crittate: garanzia della privacy.
 - ❑ Equalizzatore digitale e codici a protezione di errore: buone prestazioni anche in caso di canale multipath.
 - ❑ Compressione della voce: limita la banda per una comunicazione vocale.
 - ❑ Possibilità trasmissione dati: modem e sms (short messaging service).
-

Introduzione

■ Motivi commerciali:

- ❑ Per essere globale a livello Europeo GSM nasce come open standard architecture (OSA), seguendo il modello di Internet. Non è uno standard proprietario ma viene definito da un istituto (ETSI) a cui chiunque sia interessato può partecipare.
 - ❑ La competizione tra le aziende manifatturiere ha determinato una riduzione sia dei costi dell'infrastruttura che dei terminali mobili.
 - ❑ Per legge in ogni paese UE le risorse radio sono condivise tra più operatori. La competizione ha abbassato i costi dei servizi.
-

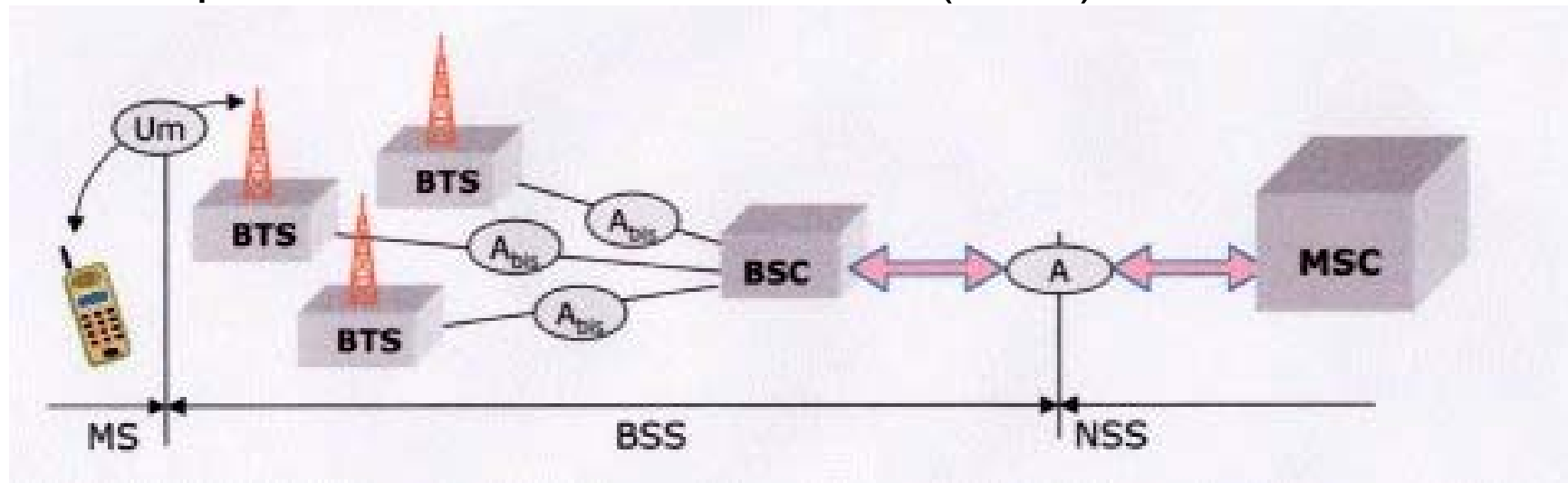
Introduzione

- Requisiti di un sistema radiomobile:
 - **Copertura:** garantire un livello di segnale accettabile in tutto il territorio.
 - **Capacità:** possibilità di servire molti utenti.
 - **Qualità:** garantire parametri di qualità della comunicazione simili a quelli delle reti fisse.
 - **Flessibilità:** possibilità di accedere ai servizi della rete fissa di interoperare con altri sistemi radiomobili “concorrenti”.
-

Architettura di rete

Architettura di rete

- Sistema GSM è composto da tre sottosistemi principali interconnessi tra loro:
 - Base station subsystem (BSS) + mobile station (MS)
 - Network and switching subsystem (NSS)
 - Operation & maintenance center (OMC)



Architettura di rete

- *Base station subsystem* (BSS):
 - ❑ E' il sottosistema che gestisce l'accesso radio: comprende le unità (stazioni base) che consentono di fornire la copertura radio di un'area costituita da una o più celle.
 - ❑ Una BSS comprende un certo numero di BSC che si connettono ad un singolo MSC.
 - ❑ La stazione base è composta di due unità: una *Base Transceiver Station* (BTS) e una *Base Station Controller* (BSC).
 - ❑ La *mobile station* fa funzionalmente parte del BSS.
-

Architettura di rete

- Base transceiver station (BTS):
 - ❑ Una BTS è composta da antenna (il cui numero dipende se si implementa diversità spaziale o no), trasmettitore, ricevitore e poco più.
 - ❑ Comunica con BSC attraverso l'Interfaccia Abis (poco standardizzata). Le connessioni tra BSC e BTS possono essere su cavo o collegamento radio, dipende da dove sono localizzate le BTS.
 - ❑ Tra BTS e BSC ci sono canali a 13 (banda occupata da comunicazioni vocali GSM) o a 64 kbit/s (banda ISDN).
-

Architettura di rete

■ Codifica vocale nel BSS:

- ❑ La connessione BTS-BSC è assicurata da linee dedicate PCM a 2,048 Mbit/s con 32 canali a 64 kbps.
 - ❑ Dato che la codifica vocale utilizzata dal GSM è diversa da quella PCM-ISDN occorre un particolare dispositivo, detto TRAU (Transcoder Rate Adapter Unit), che realizzi un adattamento o transcodifica dalla codifica GSM (13 kbps netti; 16 kbps compresa la ridondanza per la codifica di linea) alla codifica PCM (64 kbps).
 - ❑ Questa operazione può essere effettuata dalla BTS (locale: => 1 canale PCM = 4 canali GSM) o dalla BSC (remota: 1 canale PCM = 4 canali GSM).
-

Architettura di rete

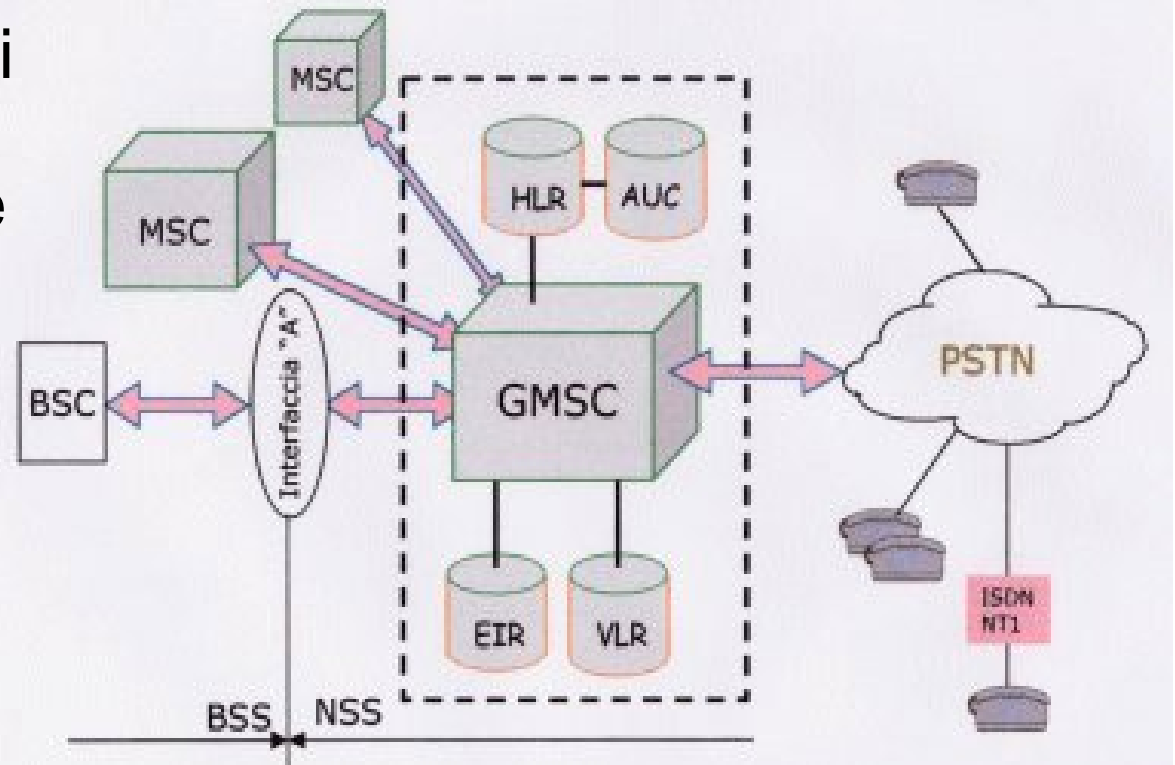
- Base station controller (BSC)
 - BSC sono l'*intelligenza* del sottosistema radio. Ciascuna BSC controlla fino ad un centinaio di BTS.
 - Tra le funzioni di una BSC:
 - Assegnare i canali ad un utente che ne faccia richiesta.
 - Gestire handover tra BTS che controlla.
 - Gestire procedure di paging delle MS.
 - Gestire la comunicazione con MSC attraverso interfaccia A (pienamente standardizzata).
-

Architettura di rete

- *Network and switching subsystem (NSS)*
 - E' il sottosistema che gestisce lo switching delle chiamate da e verso l'esterno e fra diverse BSC appartenenti alla stessa rete.
 - NSS è composto dai seguenti elementi principali: mobile switching center (MSC), home location register (HLR), visitor location register (VLR), authentication center (AUC) e equipment identity register (EIR).
-

Architettura di rete

- Il gateway MSG (MSC) è il punto di interfaccia tra la rete GSM e la rete terrestre.
- MSC sono responsabili dell'instradamento delle chiamate.
- Ciascun MSC controlla una BSS.



Architettura di rete

- Gestione della mobilità: VLR e HLR.
 - A ciascun utente GSM è assegnato un identificativo univoco: *international mobile subscriber identity* (IMSI) a cui le rete è in grado di risalire a partire dal numero telefonico.
 - L'IMSI di ciascun utente GSM è registrato presso l'HLR di un MSC. L'HLR è il database che conserva tutte le informazioni necessarie alla gestione di una MS: posizione, servizi, autorizzazioni.
-

Architettura di rete

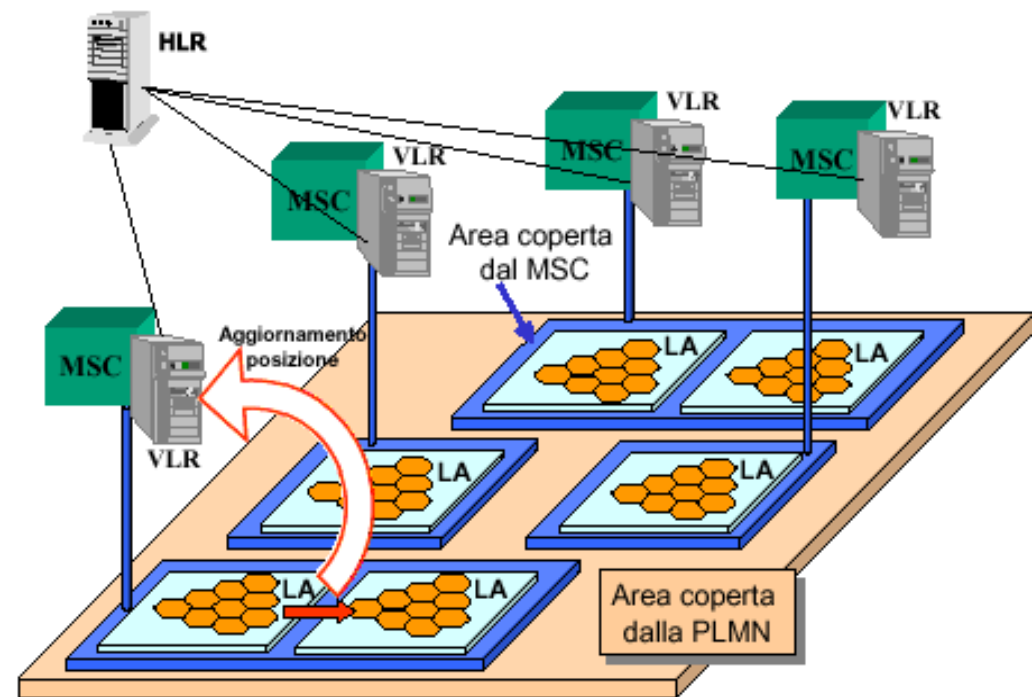
- Gestione della mobilità: VLR e HLR.
 - ❑ Se una MS è accesa, ad ogni istante viene associata ad una certa location area (LA) in corrispondenza di un MSC/VLR.
 - ❑ Un MSC copre più LA e una LA contiene una o più BSC.
 - ❑ Ogni volta che una MS si sposta da una LA ad un'altra lo spostamento viene registrato nel VLR (o HLR) del MSC in cui la MS si trova.
-

Architettura di rete

- Gestione della mobilità: VLR e HLR.
 - Se spostandosi, una MS entra in una LA coperta da un nuovo MSC, viene inserita nel VLR del nuovo MSC e il cambiamento di MSC/VLR viene comunicato all' HLR corrispondente.
 - Il registro VLR contiene e mantiene aggiornate le informazioni relative a tutte le MS che si trovano temporaneamente nell'area da esso servita.
-

Architettura di rete

- Gestione della mobilità: VLR e HLR.
 - Tutte le chiamate per una MS vengono dirette verso il suo HLR, il quale provvederà ad instradarle verso il VLR a cui è registrata la MS.



Architettura di rete

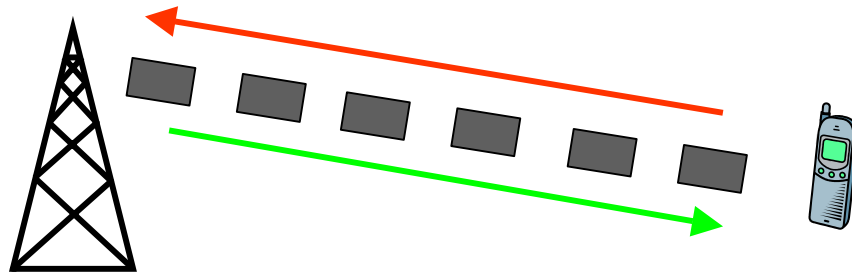
- L'operation and maintenance center (OMC) è il terzo sottosistema che compone l'architettura GSM e ha due funzioni principali:
 - Mantenimento e controllo di ogni elemento della rete.
 - Gestione delle procedure di charging&billing .
-

Tecnologia radio

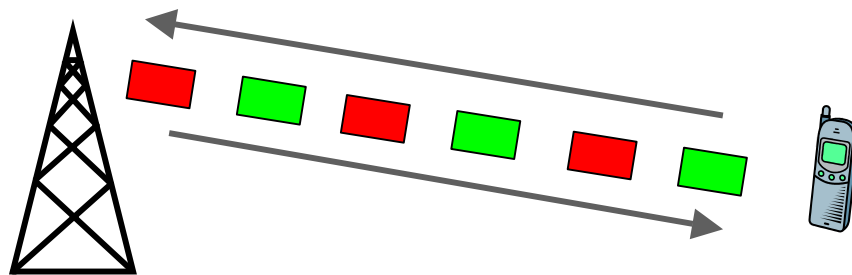
Tecnologia radio

- Il sistema GSM è frequency division duplexed (FDD): uplink e downlink sono trasmessi su bande di frequenza disgiunte.
 - Le frequenze del GSM sono allocate in due regioni dello spettro: inizialmente sono state assegnate due bande da 25 MHz ciascuna per uplink e downlink intorno a 900 MHz e successivamente 2 bande da 75 MHz intorno a 1800 MHz (DCS 1800).
-

Tecnologia radio



- FDD: uplink and downlink (indicati dai colori rosso e verde) vengono trasmessi su bande diverse. Le trasmissioni sono simultanee

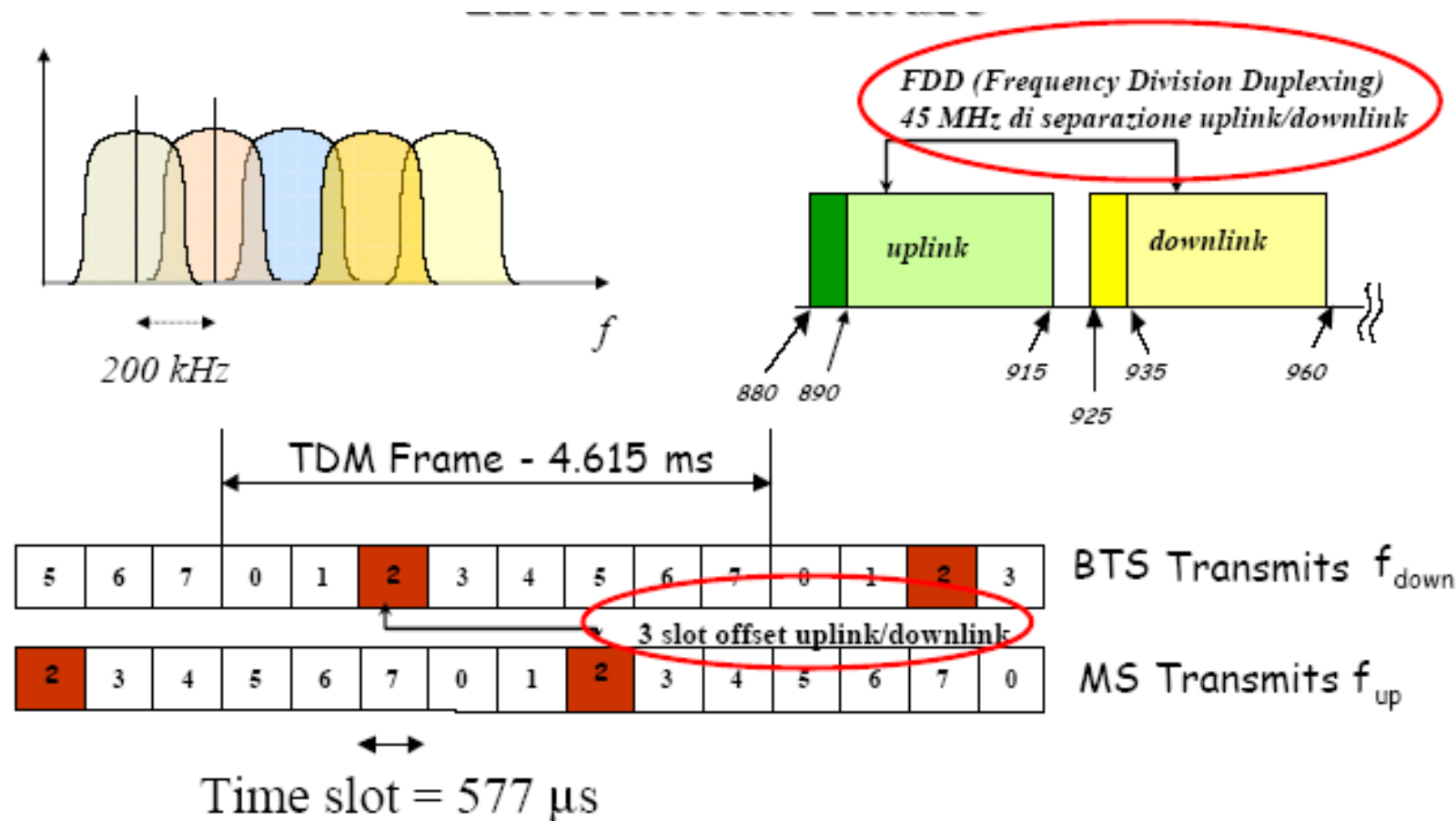


- TDD: uplink and downlink vengono trasmessi sulle stesse frequenze ma ad istanti diversi.

Tecnologia radio

- Lo schema di accesso multiplo è una combinazione di TDMA e FDMA:
 - ❑ FDMA: la banda complessiva viene suddivisa in canali da 200 kHz. TDMA: ciascuno di questi canali viene condiviso nel tempo tra 8 utenti.
 - ❑ La portante uplink e quella downlink per un utente sono sempre separata da 45 MHz.
 - ❑ Per combattere interferenza da accesso multiplo e fading, ad ogni trama la frequenza portante viene cambiata con un algoritmo di 'frequency hopping'.
-

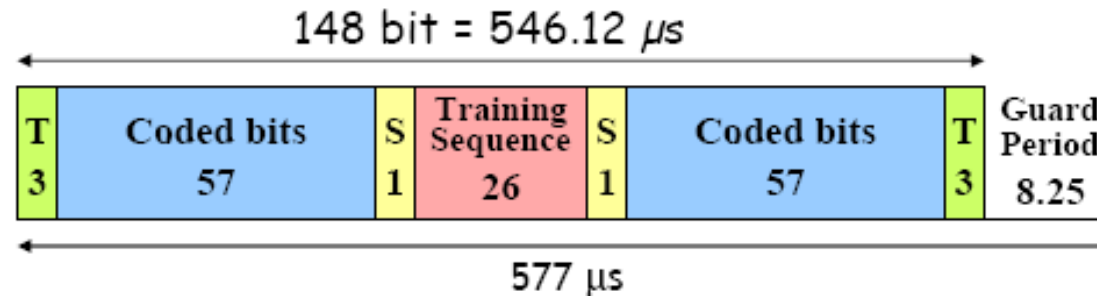
Tecnologia radio



Tecnologia radio

- Il formato di modulazione è Gaussian minimum shift keying (GMSK).
 - Vantaggi: modulazione ad inviluppo costante e spettro compatto.
 - Il rate a cui vengono trasmessi i dati è 270.833 kbit/s che equivale ad un rate per utente di $270.833/8=33.854$ kbit/s che diventa 24.7 kbit/s se si elimina overhead di sequenza pilota e guard interval (2x57 bit ogni 4.615 ms). Il rate effettivo si riduce a 22.8 kbit/s a causa della banda concessa al canale di controllo SACCH multiplexato con i dati.
-

Tecnologia radio



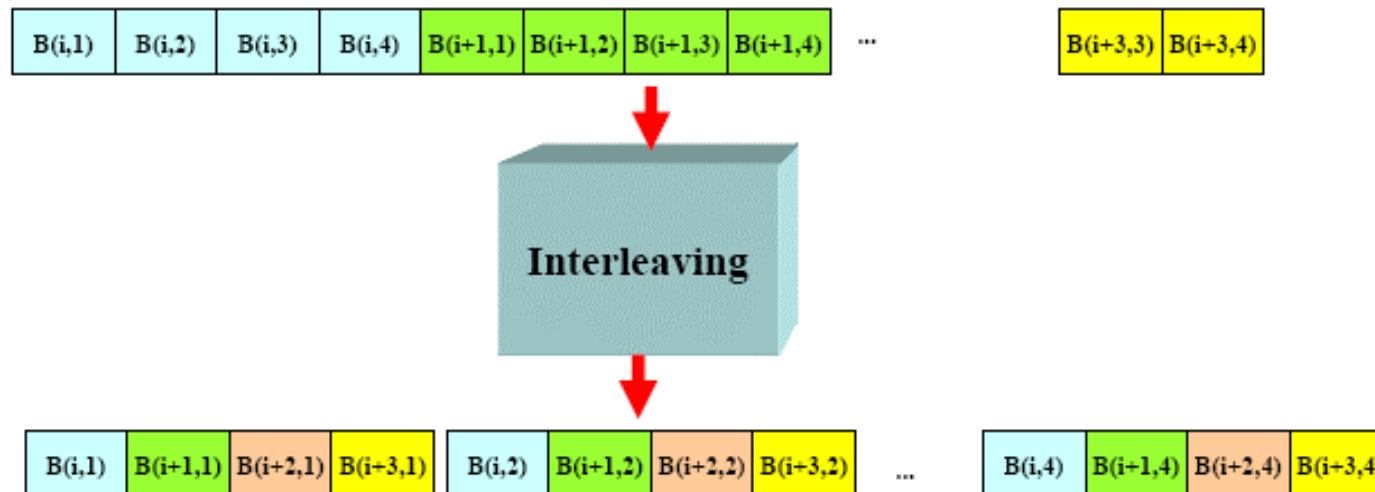
- **T-bits:** bit di coda posti sempre a 0
- **S-bits:** (stealing bits) segnalano se il burst contiene dati utente o di segnalazione (canali SACCH o FACCH, anche solo uno dei due blocchi puo' contenere segnalazione nel caso del FACCH)
- **Coded Data:** bit di utente (voce, dati etc.), 114 bit dopo la codifica di canale, che corrispondono a 13 kbit/s netti per la voce, a 9.6 kbit/s o meno per i dati (codifica di canale più ridondante)
- **Training Sequence:** bit di controllo usati per la equalizzazione e per l'aggancio dei trasmettitori
- **GP:** periodo di guardia per consentire l'accensione e lo spegnimento dei trasmettitori

Tecnologia radio

- Codici a protezione d'errore:
 - Codificatore vocale genera blocchi da 260 bit ogni 20 ms (13 kbit/s). Secondo l'importanza che i bit hanno sulla qualità della voce si suddividono in tre classi:
 - Classe 1a - I 50 bit più sensibili agli errori.
 - Classe 1b - 132 bit moderatamente sensibili agli errori.
 - Classe 2 – I 78 bit meno sensibili agli errori.
 - Ai bit della classe 1a sono aggiunti tre bit per la *detezione* di errore (CRC).
 - I 53 bit della classe 1a e i 132 della classe 1b vengono inviati ad un codificatore convoluzionale a rate $\frac{1}{2}$.
 - Dopo la codifica si trasmettono $(53+132+4) \times 2 + 78 = 456$ bit ogni 20 ms (22.8 kbit/s).

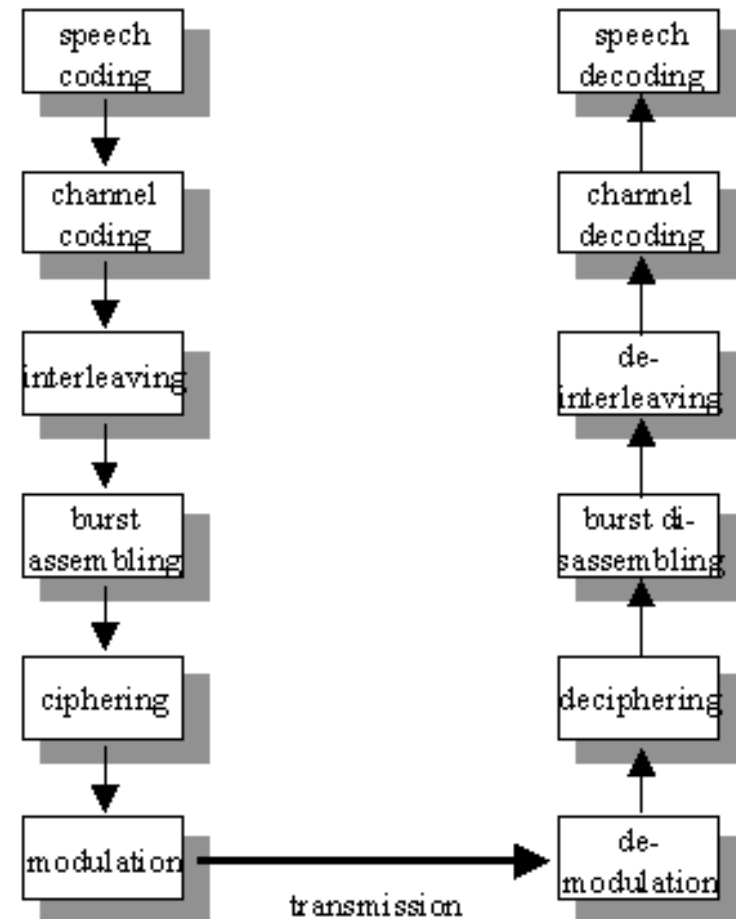
Tecnologia radio

- Per garantire ulteriore protezione contro gli errori a burst a valle del codificatore c'è un *interleaver*.
- I 456 bit in uscita dal codificatore sono suddivisi in 4 blocchi da 114 bits non contigui e distribuiti su 4 slots consecutivi.



Tecnologia radio

- Catena di operazioni per passare dalla voce alla trasmissione della forma d'onda: codifica vocale, codifica di canale, interleaving e costruzione del burst, crittografia del messaggio, modulazione digitale.



Canali GSM

Canali GSM

- Ci sono due tipi di canali GSM: i canali di traffico (TCH) ed i canali di controllo (CCH).
 - I canali di traffico trasportano le informazioni trasmesse: voce e dati.
 - I canali di controllo implementano tutte quelle funzionalità necessarie alla gestione e al mantenimento dei canali di traffico.
 - Un'altra distinzione fra i canali GSM è se sono *comuni* a tutti o *dedicati*.
-

Canali GSM

- Le categorie di canali di controllo (CCH) sono:
 - ❑ *Broadcast channels (BCH)*: informazioni di interesse generale nella tratta downlink. Vengono utilizzati per identificare la cella e sincronizzarvi.
 - ❑ *Common control channels (CCCH)*: informazioni relative ad una connessione in fase preliminare (sono condivisi tra più connessioni)
 - ❑ *Dedicated control channels (DCCH)*: informazioni di segnalazione specifiche di una connessione
-

Canali GSM

- Ciascun canale di controllo consiste di vari canali logici. Nel caso dei canali *broadcast* questi sono:
 - *BCCH* (Broadcast control channel): downlink. Trasporta informazioni generali a tutti gli utenti serviti da una base station: disponibilità di canali, parametri di frequency hopping, canali di controllo, ecc..
 - *FCC* (Frequency correction channel): downlink. Usato per sincronizzare la frequenza alla MS.
 - *SCH* (Synchronization channel): downlink. Trasporta l'identificativo della BTS (Base Station Identity Code, BSIC) e un'indicazione del numero di trama (frame number, FN).
-

Canali GSM

- Canali logici per CCCH:
 - ❑ *PCH* (Paging channel): downlink, usato dalla BTS per notificare ad una MS una chiamata entrante. Trasmissione in broadcast su una local area (LA), contiene l'IMSI della MS cercata.
 - ❑ *RACH* (Random access channel): uplink utilizzato dalla MS per richiedere l'accesso alla rete o confermare la ricezione di un PCH. E' soggetto a collisioni: protocollo slotted Aloha.
 - ❑ *AGCH* (Access grant channel): downlink per le risposte a richieste di connessione effettuate su RACH. Contiene indicazioni su quali canali dedicati utilizzare: portante e slot.
-

Canali GSM

- Canali logici per DCCH:
 - ❑ *SDCCH* (Stand alone dedicated control channel): downlink, canale di segnalazione temporaneo assegnato in seguito a richiesta su RACH (identificazione, autenticazione, call set-up, etc.).
 - ❑ *SACCH* (Slow associated control channel): uplink e downlink, scambio di misure relative ad una connessione tra MS/BS e BS/MS (Potenza segnale ricevuto, qualità, potenza altre celle). Multiplato con TCH associato.
 - ❑ *FACCH* (Fast associated control channel): downlink, usato per segnalazione “veloce” (richiesta di handover rapido).
-

Canali GSM

■ Canale SACCH: power control

- ❑ Al fine di ridurre l'interferenza cocanale e consumare la minor quantità possibile di potenza sia MS che BTS utilizzano il *controllo di potenza*, basato sulle informazioni che MS e BTS si scambiano sul canale SACCH.
 - ❑ Sulla base di misure di BER, la potenza in trasmissione viene regolata a passi di 2 dB tra un minimo di 13 dBm ed un massimo di 43 dBm per le BTS o 33 dBm per le MS.
 - ❑ Le decisioni sono riservate alla BSC che decide come e quando cambiare il livello di potenza.
 - ❑ Problema: instabilità nella rete.
-

Canali GSM

- Canale SACCH: Handover

- Poiché la MS impegnata in una conversazione rimane collegata con la BTS solo nei time slot ad essa dedicati nell'ambito della trama TDMA nei rimanenti time slot può effettuare le misure.
 - Quando la MS si trova nei time slot che non le competono per dialogare con la BTS effettua misure sul livello di campo delle celle adiacenti. Questo è possibile poiché è a conoscenza delle frequenze di BCCH delle sei BTS adiacenti grazie alle system information trasmesse sul canale BCCH.
 - Se la qualità della conversazione sul canale di traffico scende al di sotto della soglia prefissata, il BSC decide un handover scegliendo la BTS secondo quanto misurato precedentemente. La BTS che viene lasciata per handover subisce una "penalità" che ostacola il ritorno immediato ad essa.
-

Canali GSM

- L'operazione di handover può essere suddivisa in quattro tipi:
 - Handover intra - cella: è un handover particolare in quanto consiste nel comandare ad una MS il cambio di del canale di traffico ma non di cella. Può accadere quando vi sia una bassa qualità del segnale ma non vi è alcun altra BTS che possa servire meglio la MS.
 - Handover intra – BSC: in questo caso l'handover è gestito totalmente dal BSC che pilota la MS da una cella ad un'altra cella, e ne dà solo comunicazione al MSC/VLR da cui è gestito.
 - Handover inter – BSC: in questo caso l'handover è pilotato dall'MSC/VLR che gestisce il BSC (può esserci cambio di LA).
 - Handover inter – MSC: è il caso più complesso, in quanto nel cambiare cella la MS cambia anche MSC/VLR e quindi deve variare l'itradamento della chiamata.
-

Canali GSM

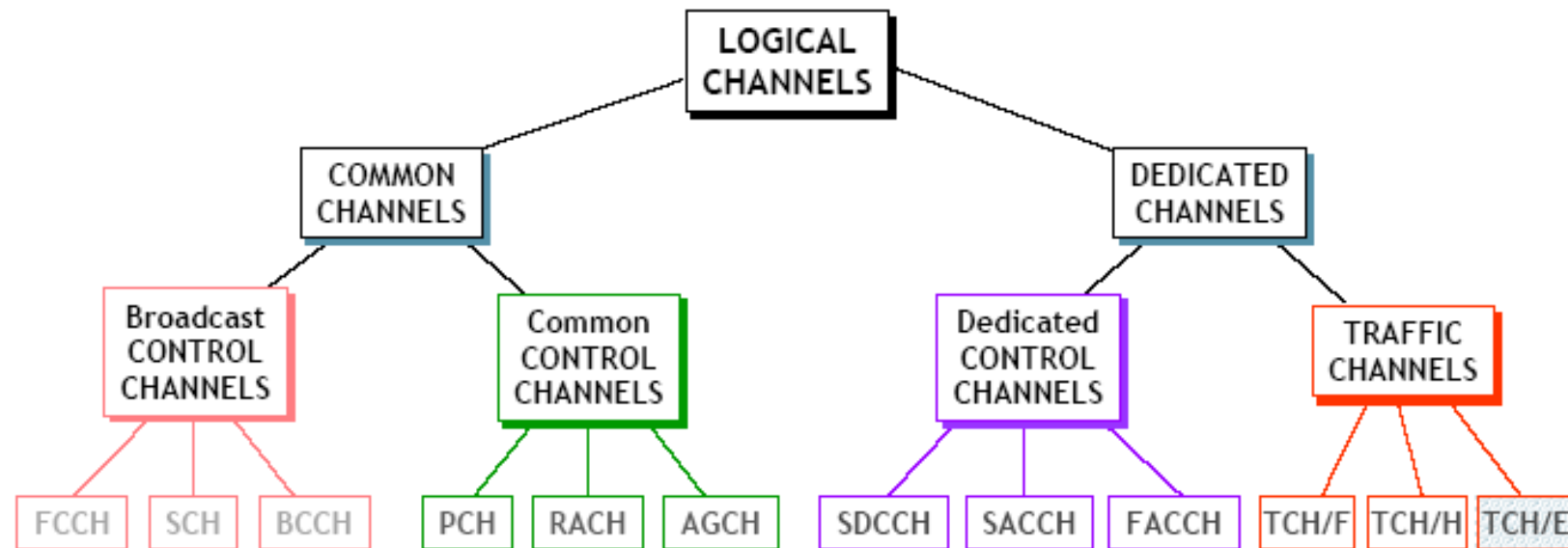
- Misurazioni per handover (lato MS)
 - Intensità del segnale ricevuto sulle portanti BCCH delle celle adiacenti (livello di potenza).
 - Intensità del segnale sul canale di traffico TCH attivo (livello di potenza).
 - Qualità del canale di traffico attivo (BER).
 - Controllo sui CRC del traffico.
-

Canali GSM

- Misurazioni per handover (lato BS)
 - Intensità segnale ricevuto dalla MS sul canale di traffico.
 - Qualità del canale di traffico dalla MS.
 - Distanza dalla MS, utilizzando la tecnica del timing advance.
-

Canali GSM

Canali Logici



FCCH=Frequency Correction CHannel

SCH=Synchronisation Channel

BCCH=Broadcast Control CHannel

PCH=Paging Channel

RACH=Random Access Channel

AGCH=Access Grant CHannel

SDCCH=Stand-alone Dedicated Control Channel

SACCH=Slow Associated Control CHannel

FACCH=Fast Associated Control CHannel

TCH/F=Traffic CHannel Full rate

TCH/H=Traffic CHannel Half rate

TCH/E=Traffic CHannel Enhanced Full rate

Canali GSM

- *Canale logico*: è un canale che implementa una certo tipo di servizio.
 - *Canale fisico*: è indicato da uno slot e da una sottoportante.
-

Canali GSM

- Canali comuni (BCH e CCCH)
 - Lo slot 0 di una particolare portante (C0) tra quelle associate alla cella viene usato per ricavare una *multitrama* di controllo composta da 51 trame. Gli altri sette slot della portante sono dedicati ai canali di traffico (TCH).
 - Nella direzione *downlink* (BCCH, FCH, SCH, PCH, AGCH) la *portante fondamentale* è sempre trasmessa ad una potenza maggiore delle altre, per permettere alle stazioni mobili non ancora “agganciate” di riconoscerla, sincronizzarsi sulla portante e ascoltare le info necessarie per agganciarsi alla cella. Il formato dei burst dei vari canali logici può essere differente da canale a canale.
 - Nella direzione *uplink* (RACH) in tutte e 51 le trame della supertrama lo slot 0 della portante C0 viene conteso con protocollo slotted-ALOHA tra tutti gli utenti.
-

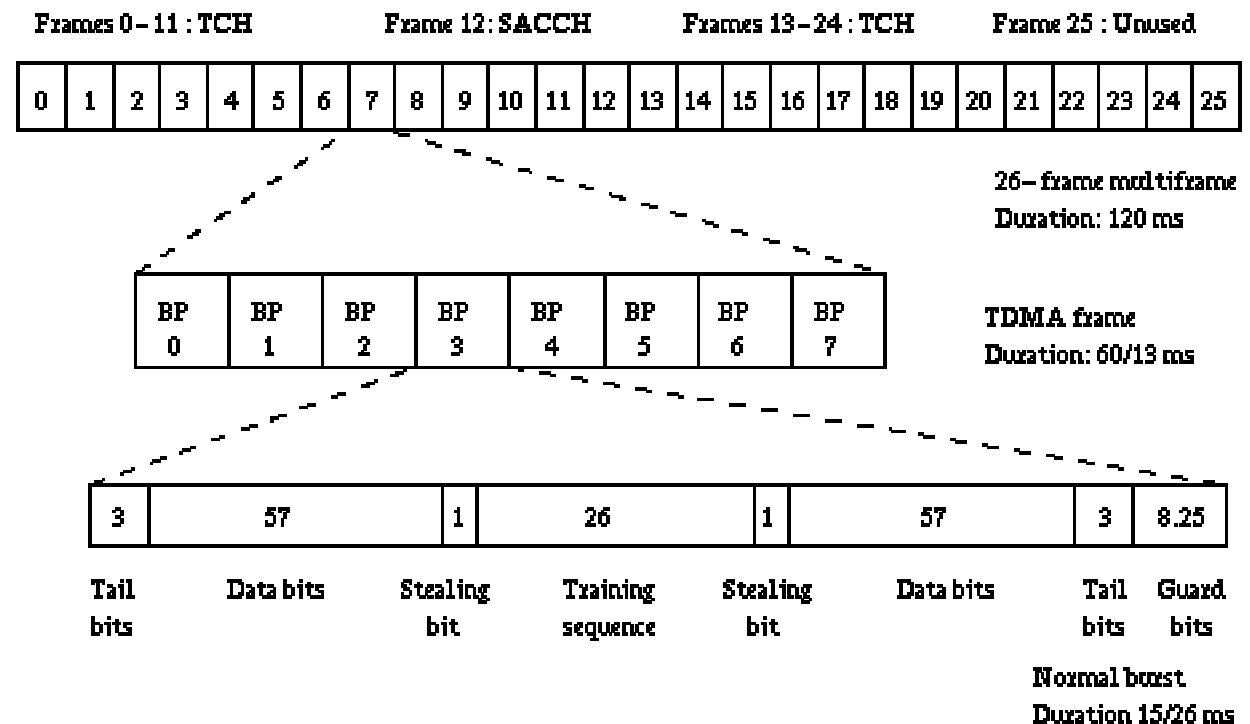
Canali GSM

- Canali dedicati (DCCH e TCH)
 - TCH: può occupare tutti gli slot di tutte le trame fatta eccezione dello slot 0 della portante fondamentale C0 e degli slot occupati dal SACCH. Uplink e downlink.
 - SDCCH: occupa in relazione al carico della cella o uno slot per la segnalazione comune o uno slot riservato a TCH. Downlink.
 - FACCH: canale attivato per segnalazioni urgenti. 'Ruba' uno slot al canale di traffico associato attraverso due bit all'interno dello slot. Downlink.
-

Canali GSM

■ SACCH:

- La segnalazione necessita di un bit rate di trasmissione più basso rispetto all'informazione d'utente.
- La velocità effettiva di trasmissione può venir ridotta col meccanismo delle *multitrama* di traffico.



Procedure

Procedure

- Accensione
 - Chiamata
 - Spengimento
-

Procedure

- Procedure seguenti l'accensione
 - *Selezione di cella* (cell selection): la MS sceglie la BTS su cui attestarsi.
 - *Registrazione* (avviene sempre con una procedura di *location update*): la MS informa l'MSC di competenza della sua presenza in quella Location Area (LA).
-

Procedure

■ Cell selection:

- ❑ MS scandisce le portanti radio che “sente”.
 - ❑ Le portanti radio sono le C0, ovvero quelle in cui viene trasmesso il BCCH (portanti a potenza costante a cui non viene applicato il frequency hopping).
 - ❑ MS si aggancia alla portante più forte.
 - ❑ Attraverso il FCC la MS si allinea alla frequenza trasmessa dalla BTS.
 - ❑ Attraverso SCH avviene la sincronizzazione.
 - ❑ A questo punto la MS legge il BCCH che contiene:
 - LAC (Location Area Code)
 - CGI (Cell Global Identity)
-

Procedure

■ Registrazione:

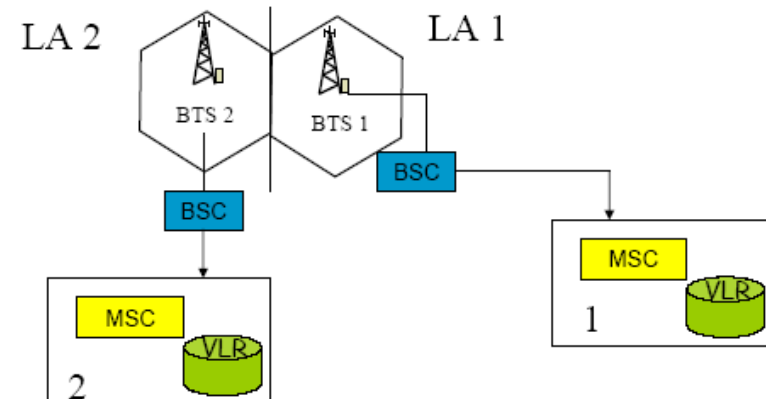
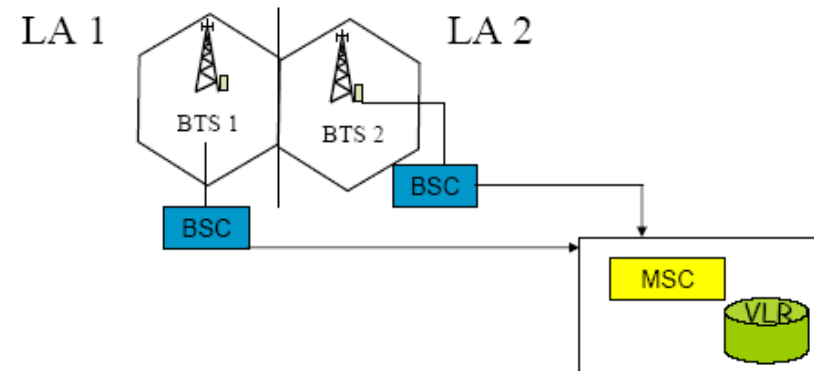
- ❑ Location area identifier (LAI) ricevuto coincide con quello memorizzato nella SIM: viene chiamata la procedura di IMSI *attach* in modo che possa ricevere paging.
 - ❑ Nessun LAI memorizzato o LAI diverso: viene chiamata la procedura di location update.
-

Procedure

- Location update:
 - ❑ Accensione MS (se necessario).
 - ❑ Registrazione periodica ogni 30 minuti (se non arriva lo stato diventa *implicit detach*).
 - ❑ Cambio di location area a seguito di spostamento (handover).
-

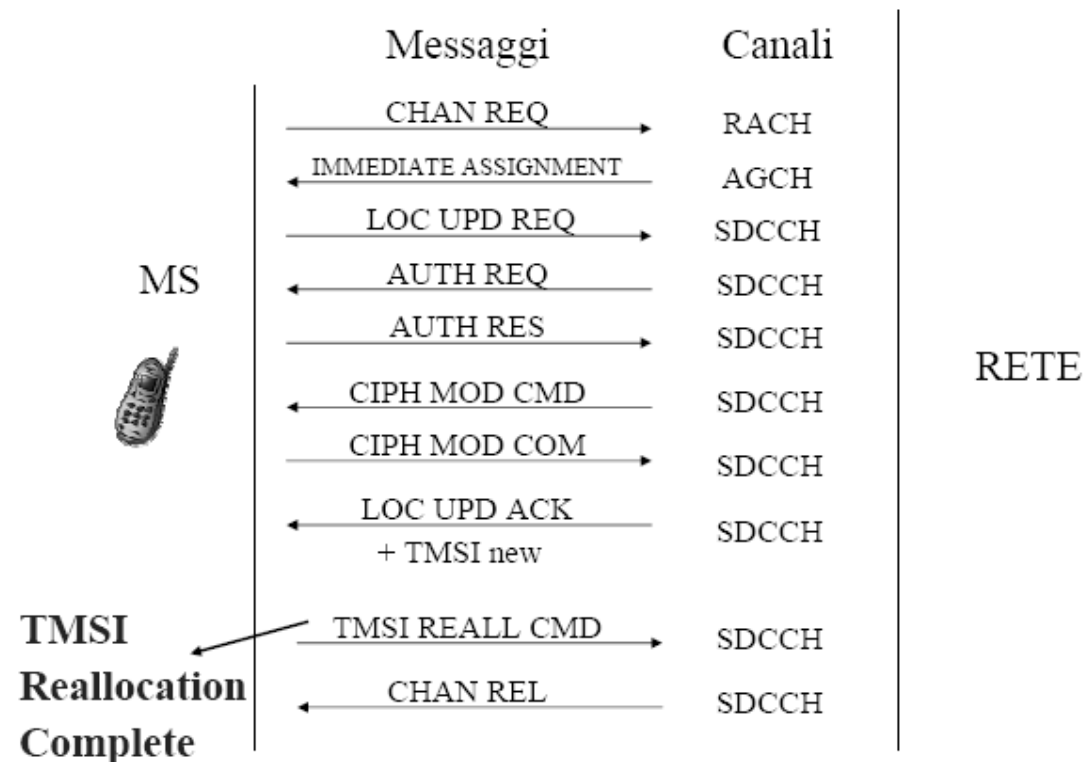
Procedure

- Location update con spostamento tra diverse LA facenti capo allo stesso MSC/VLR
- Roaming fra LAI facenti capo a MSC/VLR diversi



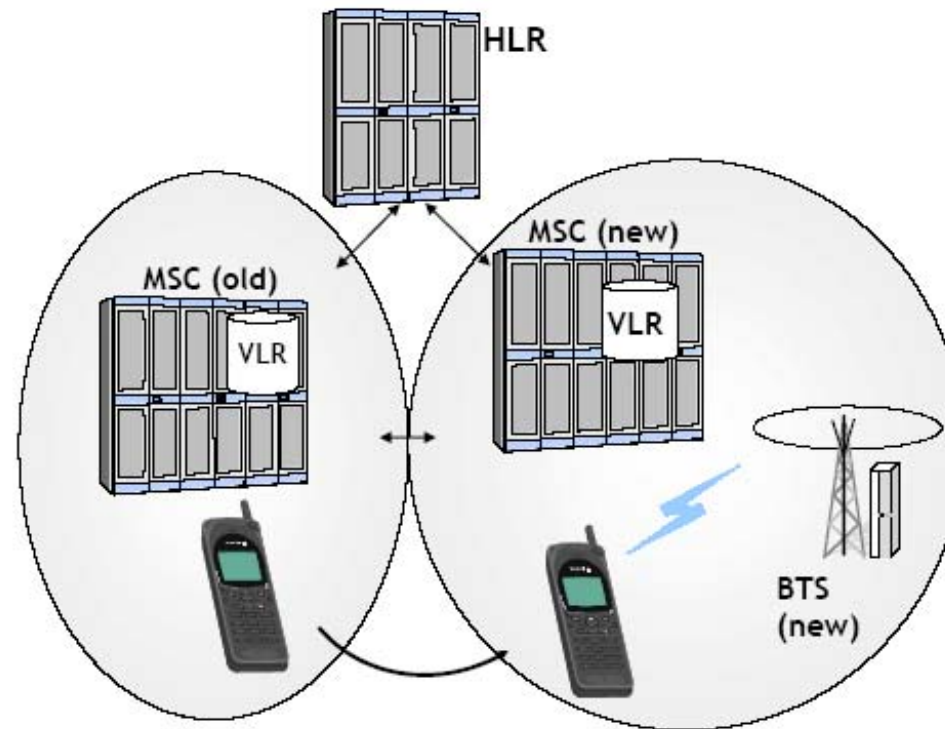
Procedure

Location Update - Intra MSC



Procedure

Location Update inter MSC



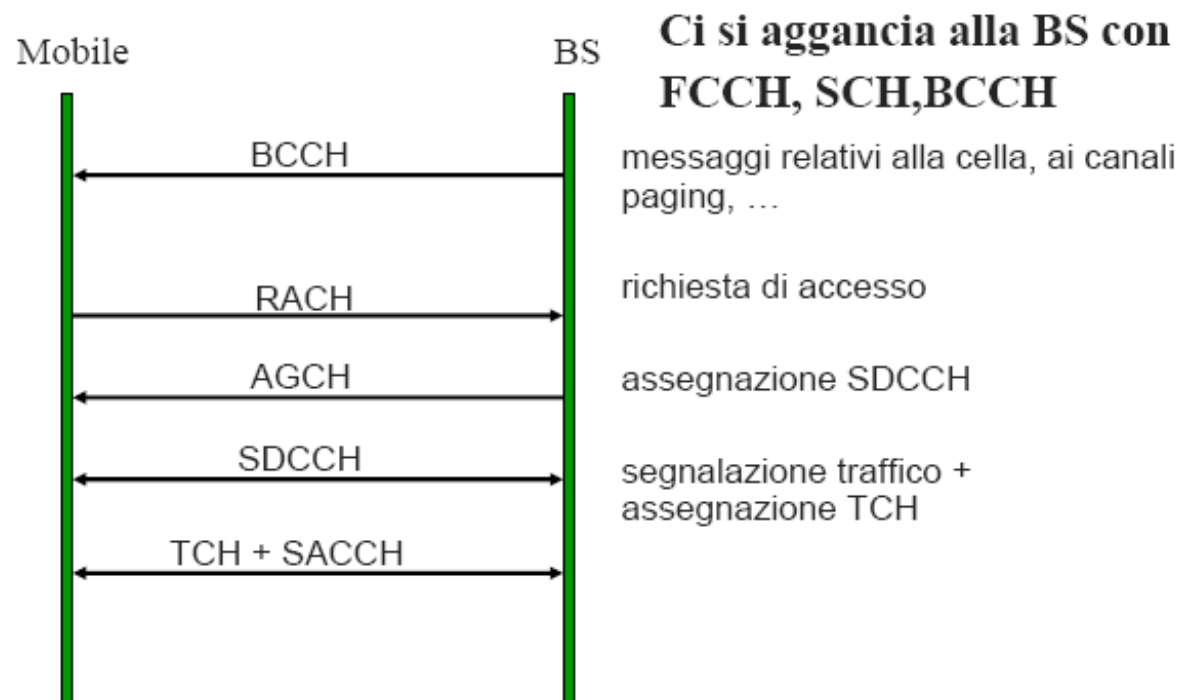
Procedure

- Chiamata da rete fissa(1)
 - ❑ A partire dal numero di telefono la rete fissa (ISDN) contatta il GMSC corrispondente.
 - ❑ GMSC risale all'HLR dove è registrato l'IMSI dell'utente chiamato.
 - ❑ L'HLR identifica il VLR dove è registrata la MS chiamata.
 - ❑ Il GMSC istrada la chiamata verso l'MSC/VLR che presiede la LA dove si trova la MS.
-

Procedure

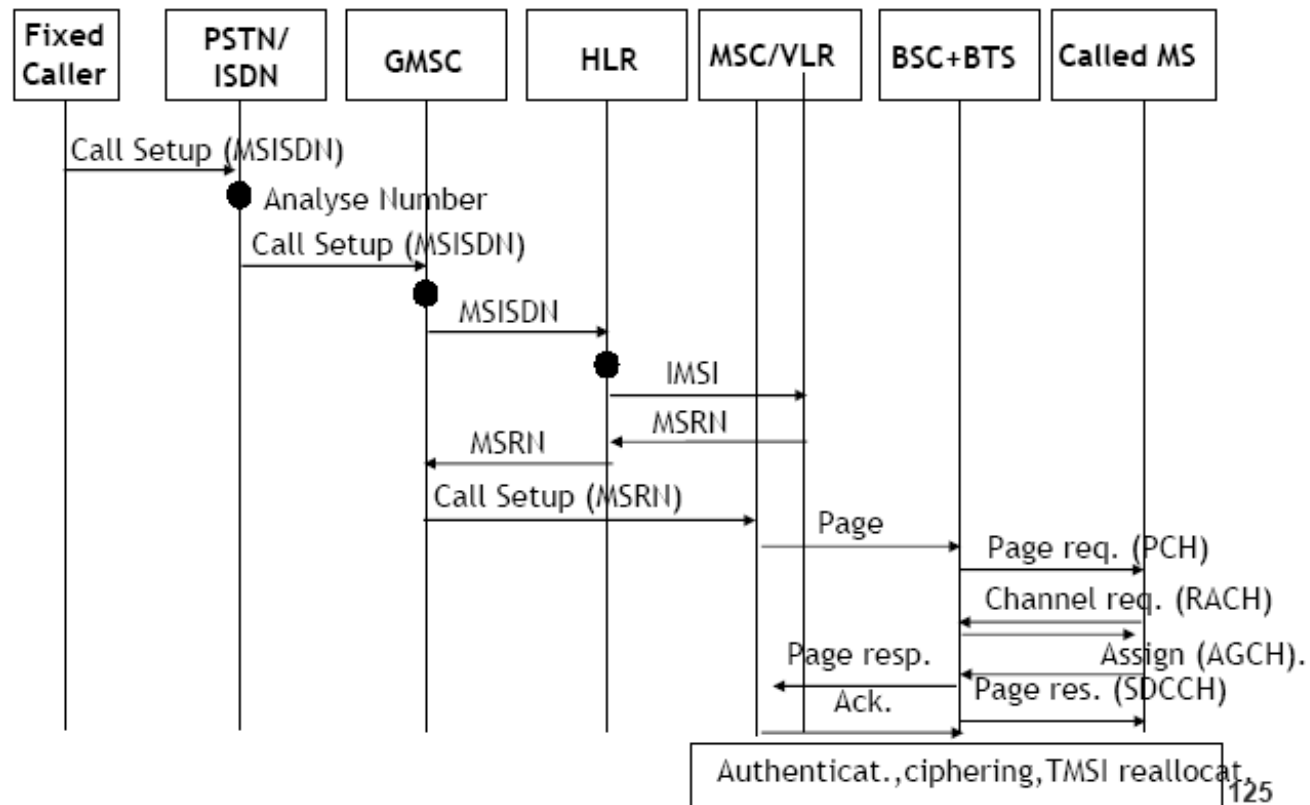
- Chiamata da rete fissa(2)
 - ❑ MSC/VLR attiva la procedura di paging e ordina a tutte le BSC della LA di inviare messaggio di paging alle BTS.
 - ❑ BTS inviano sul PCH il messaggio di paging alla MS chiamata.
 - ❑ La MS risponde sul canale RACH al messaggio di paging per richiedere un SDCCH.
 - ❑ La BTS invia AGCH con indicazione SDCCH.
 - ❑ Tramite SDCCH viene aperto il canale.
-

Procedure



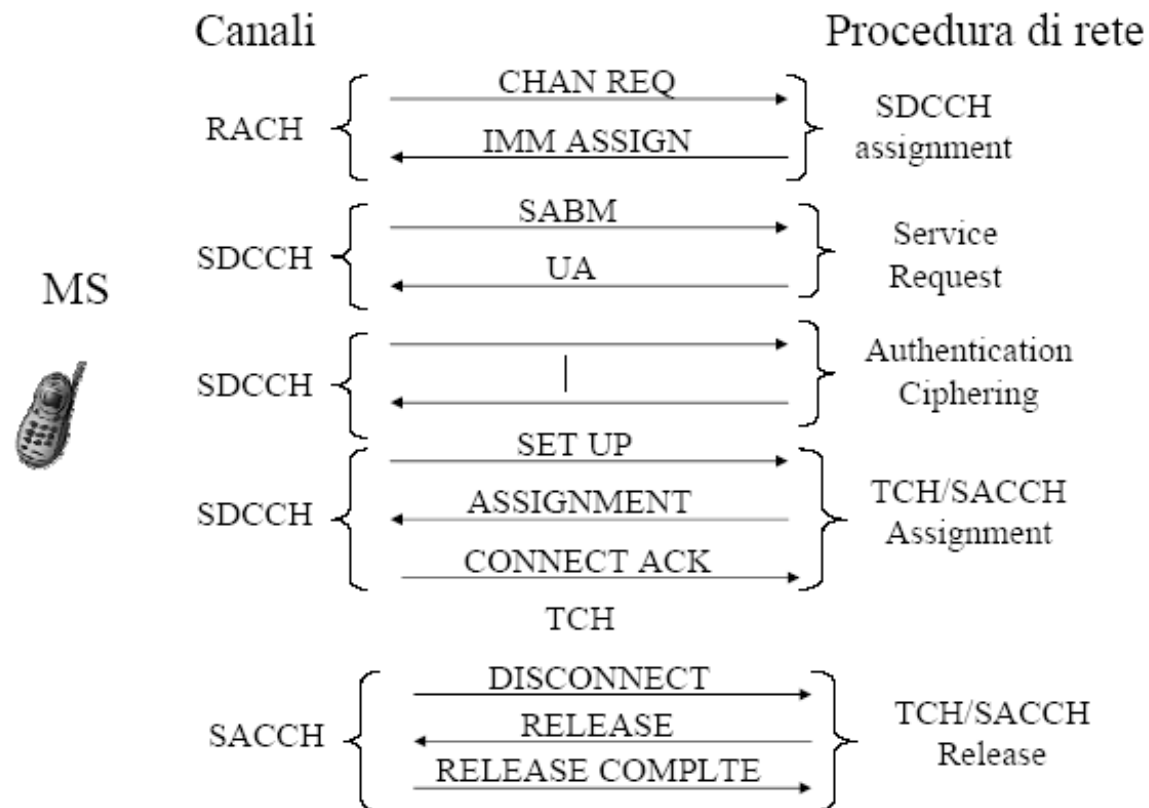
Procedure

Chiamata da rete fissa



Procedure

Chiamata originata dal mobile



Procedure

■ Spengimento

- ❑ La MS invia alla rete un ultimo messaggio di IMSI *detach*.
 - ❑ Il messaggio arriva all'MSC/VLR che marca come detached l'utente
 - ❑ Fino ad una successiva riattivazione non verrà più effettuato paging verso l'utente ma in caso di chiamata si segnalerà automaticamente al chiamante che l'utente non è raggiungibile
-

GPRS: General Packet Radio Service

Sommario

- Introduzione
 - Architettura di rete
 - Tecnologia radio
 - Procedure
-

Introduzione

Introduzione

- Internet: trasmissione dati rappresenta una grossa parte del traffico su rete fissa.
 - Traffico dati:
 - Trasmissioni a burst: necessitano di molta capacità in maniera non regolare
 - GSM per la gestione del traffico dati:
 - Inefficiente
 - Lento
 - Costoso
-

Introduzione

- GPRS: Le funzionalità del GSM sono accresciute aggiungendo alcuni elementi di rete e modificando l'accesso fisico.
 - Caratteristiche del GPRS:
 - Utilizzo efficiente delle risorse.
 - Incrementa la capacità offerta ai singoli utenti.
 - Tempi di connessione molto rapidi.
 - Permette l'implementazione di nuovi modelli di tariffazione.
-

Introduzione

- Elementi di novità ma compatibili con la rete esistente:
 - Aggiornamento dell'architettura di rete (NSS)
 - Aggiornamento del livello fisico: allocazione dinamica delle risorse e nuova codifica di canale.
-

Architettura di rete

Architettura di rete

- La rete GPRS è una rete a commutazione di pacchetto. I pacchetti sono *routed* e non *switched* come nel caso della voce nel GSM (rete a commutazione di circuito).
 - Architettura molto efficiente per traffico dati che non necessita di allocazione costante di risorse.
 - L'accesso alla rete è molto più veloce.
-

Architettura di rete

■ Novità:

□ NSS:

- GPRS support node (GSN): responsabili della gestione a commutazione di pacchetto delle trasmissioni
- Aggiornamento HLR per gestire le nuove funzionalità della rete (info di routing).

□ MS+BSS: si definiscono tre classi di terminali

- *Classe A*: può gestire simultaneamente chiamate GSM e GPRS.
 - *Classe B*: può registrarsi su entrambe le reti ma usare uno dei due servizi alla volta.
 - *Classe C*: si può registrare su una delle reti alla volta.
-

Architettura di rete

- Architettura GSM+GPRS:
 - Commutazione di circuito (ISDN) trasporta traffico vocale:
 - GMSC
 - MSC
 - Commutazione di pacchetto (IP) trasporta traffico dati:
 - GGSN
 - SGSN
-

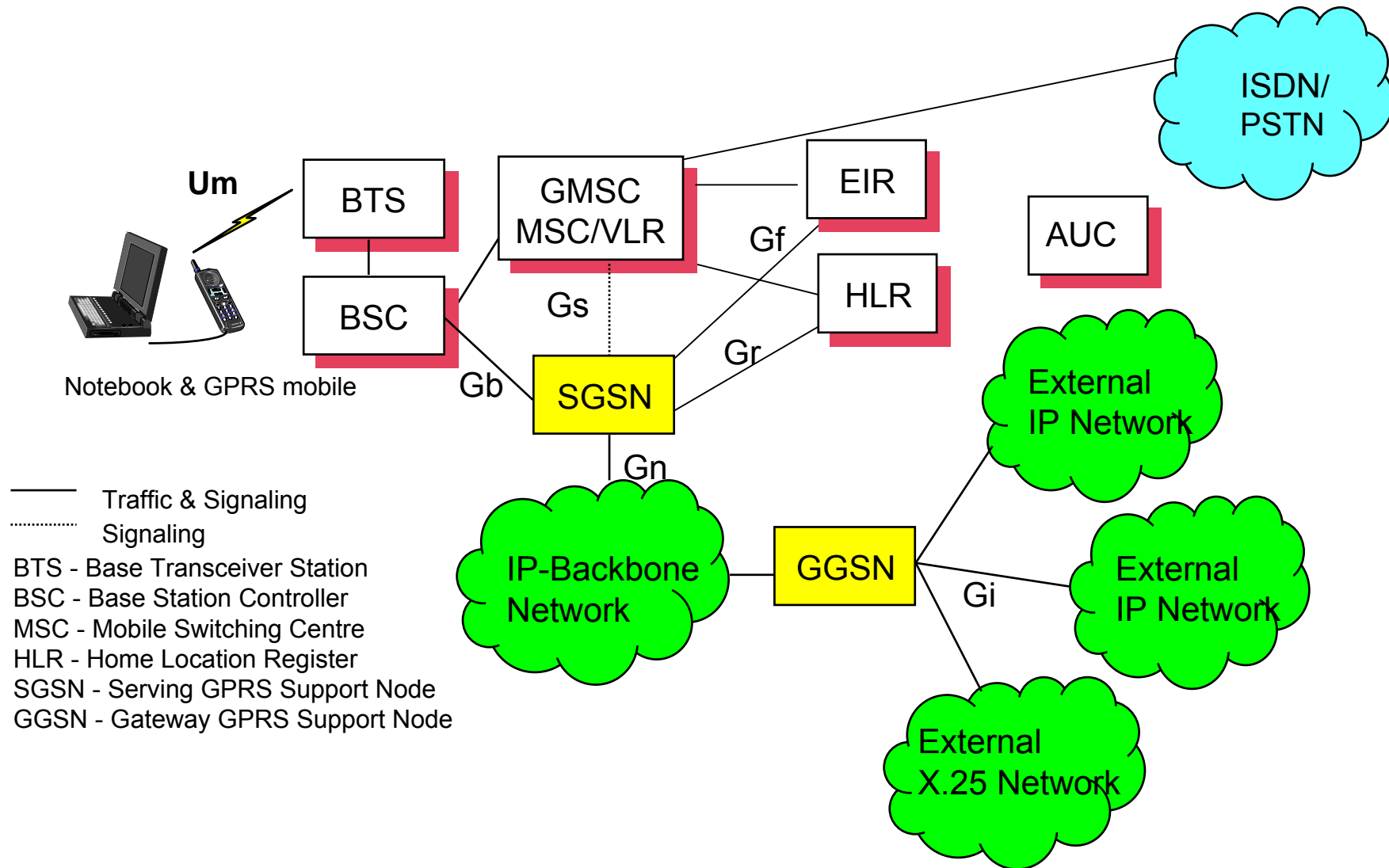
Architettura di rete

- Serving GSN (SGSN):
 - SGSN è allo stesso livello gerarchico del MSC: instrada il pacchetto dati verso e da la MS di destinazione.
 - Ogni SGSN controlla una *routing area* (RA).
 - Routing area è il corrispondente a commutazione di pacchetto della location area LA. Una LA contiene più RA.
 - SGSN gestisce la mobilità degli utenti dati registrando le informazioni di tutti gli utenti nella sua RA (VLR) e implementando la funzionalità di tunneling.
-

Architettura di rete

- Gateway GSN (GGSN):
 - Ha funzionalità di gateway tra rete GPRS e reti esterne: gestisce la conversione dei formati dei pacchetti.
 - Instrada pacchetti dati da e verso SGSN.
 - La rete che collega tutti i GSN è una rete a pacchetto (IP):
 - Intra-PLMN: la rete è gestita da un unico operatore.
 - Inter-PLMN: c'è un accordo di roaming fra vari operatori.
-

Architettura di rete



Architettura di rete

- Gestione della mobilità: *tunneling*
 - Reti a pacchetto (IP) non supportano mobilità. L'instradamento è di tipo *statico*: i pacchetti destinati ad un certo indirizzo sono sempre inviati alla stessa destinazione.
 - Per supportare la mobilità dei terminali è necessario un instradamento di tipo *dinamico*.
-

Architettura di rete

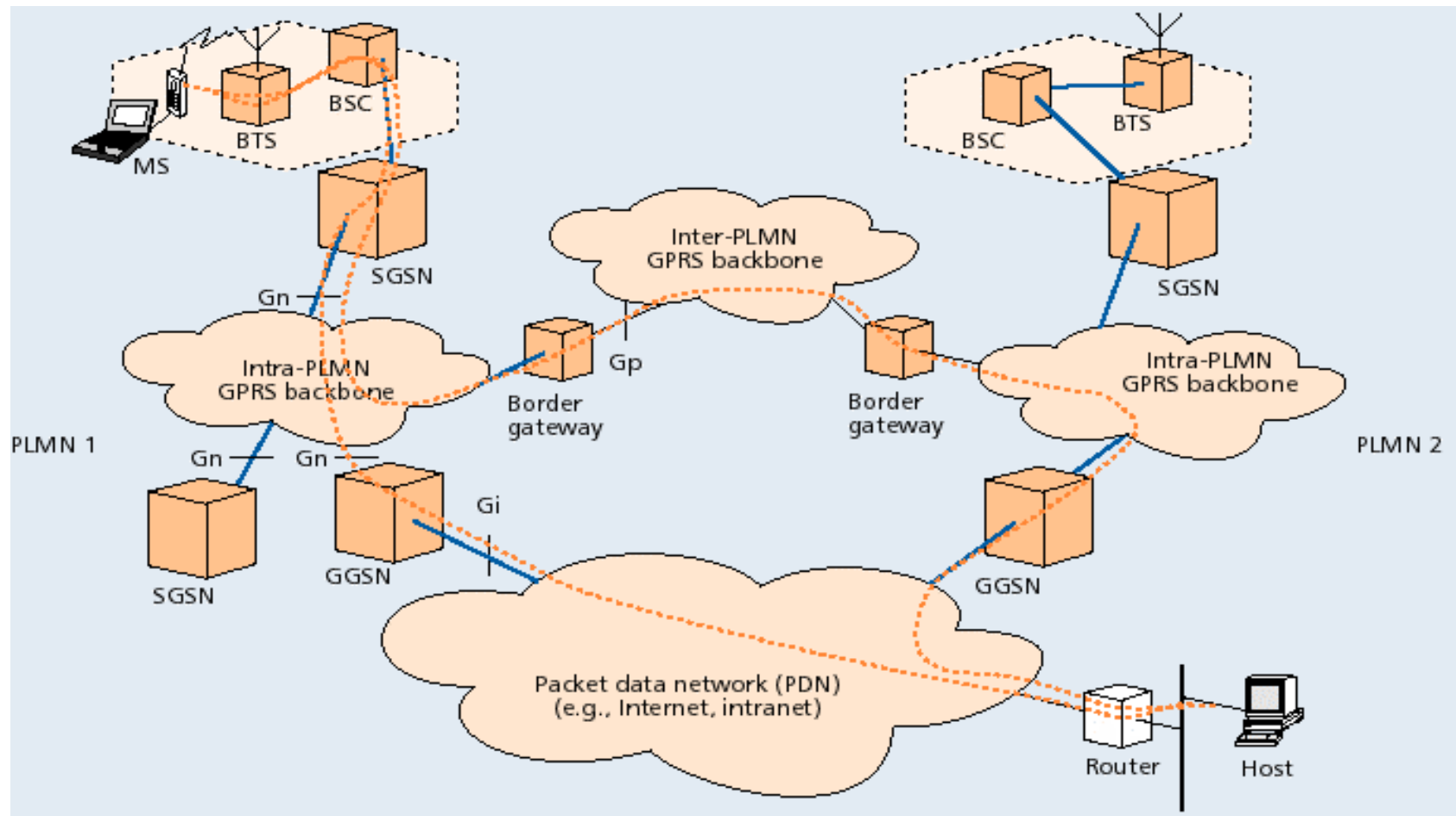
- Packet data network (PDN)→MS
 - Le reti esterne inviano sempre i pacchetti al GGSN corrispondente alla MS indirizzata.
 - Il GGSN *incapsula* i pacchetti ricevuti in altri pacchetti con l'indirizzo del SGSN che al momento controlla la RA dove si trova la MS di destinazione.
 - Se la MS si sposta in un'altra RA, il GGSN aggiorna l'indirizzo del SGSN di destinazione.
-

Architettura di rete

■ MS→PDN

- ❑ L'SGSN che controlla la RA in cui si trova la MS esamina la destinazione dei pacchetti e determina attraverso le sue tabelle di routing il GGSN a cui inviarli. L' SGSN *incapsula* i pacchetti in altri pacchetti con l'indirizzo del GGSN.
 - ❑ Il GGSN dopo aver ricevuto e convertito i pacchetti li instrada all'indirizzo originale a cui erano stati inviati.
-

Architettura di rete



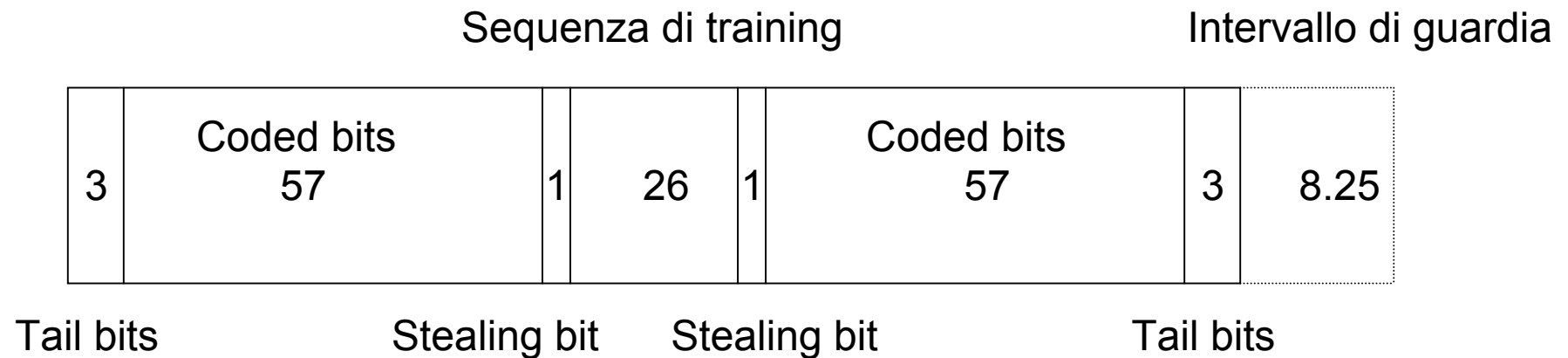
Architettura di rete

- Qualità del servizio (QoS): il canale radio è molto diverso dalla rete fissa ed è necessario introdurre requisiti che descrivano la chiamata:
 - *Precedenza*: indica la priorità in relazione ad altri servizi (alta, normale e bassa).
 - *Affidabilità*: indica le caratteristiche (BER, ritrasmissioni, ecc) della trasmissione richiesta dal servizio (classe 1, 2 e 3).
 - *Ritardo*: indica il ritardo complessivo che il pacchetto dati sperimenta ad attraversare tutta la rete GPRS, incluso il tempo di connessione alla rete (classe 1, 2, 3 e 4).
 - *Throughput*: indica il bit/rate medio e massimo di un servizio.
-

Tecnologia radio

Tecnologia radio

- Il burst del canale di traffico è identico a quello GSM



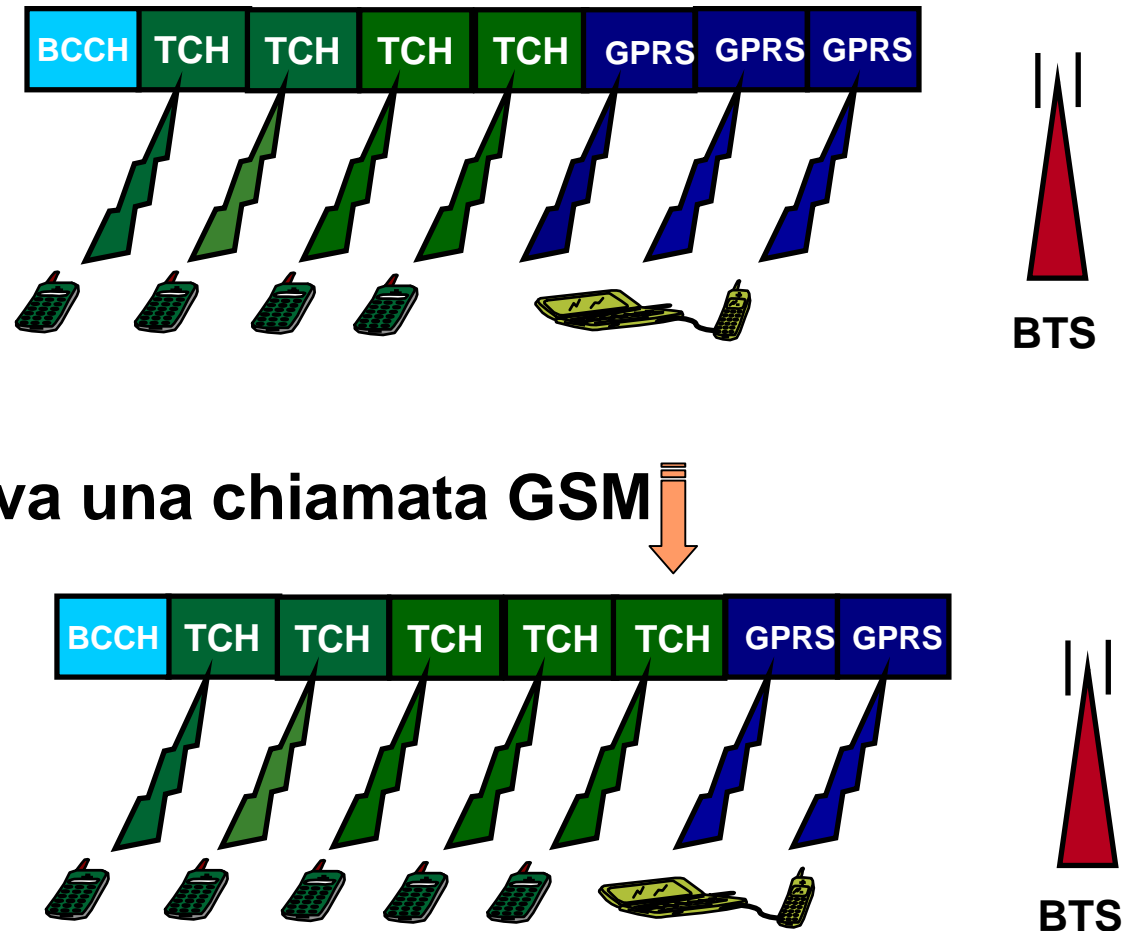
- Novità rispetto al GSM:
 - ❑ Allocazione dinamica delle risorse.
 - ❑ Codifica di canale.

Tecnologia radio

- **Allocazione dinamica delle risorse:**
 - ❑ GPRS condivide accesso fisico con GSM.
 - ❑ Una MS GPRS acquisisce il controllo delle risorse radio solo quando ha pacchetti da trasmettere e rilascia le risorse non appena ha concluso la trasmissione.
 - ❑ Il GPRS permette ad una MS di utilizzare (se disponibili) fino ad otto slots per trama.
 - ❑ Allocazione del numero di slot per trama è indipendente tra uplink e downlink.
 - ❑ Uno stesso canale di traffico può essere condiviso tra più stazioni attive.
-

Tecnologia radio

- Un utente GPRS può utilizzare al massimo tutti e otto i canali associati ad una portante.
- Il numero dei canali utilizzati dipende dalle caratteristiche della MS e dalla disponibilità.



Tecnologia radio

■ Uplink:

- ❑ Ogni pacchetto inviato in downlink contiene un campo USF (uplink state flag) che indica alla MS quanti e quali slot può utilizzare per la trasmissione. In teoria un singolo slot può essere condiviso tra più MS.

■ Downlink

- ❑ La BTS etichetta ciascuno degli otto slot di una portante con l'identificativo della MS a cui sono indirizzati.
-

Tecnologia radio

- **Codifica di canale:**

- ❑ Data sono codificati in burst del tipo GSM (456 bits / 20ms).
 - ❑ Data rate più elevati si ottengono riducendo la ridondanza del codice.
 - ❑ Protocolli ARQ: quando un pacchetto è perso viene ritrasmesso.
-

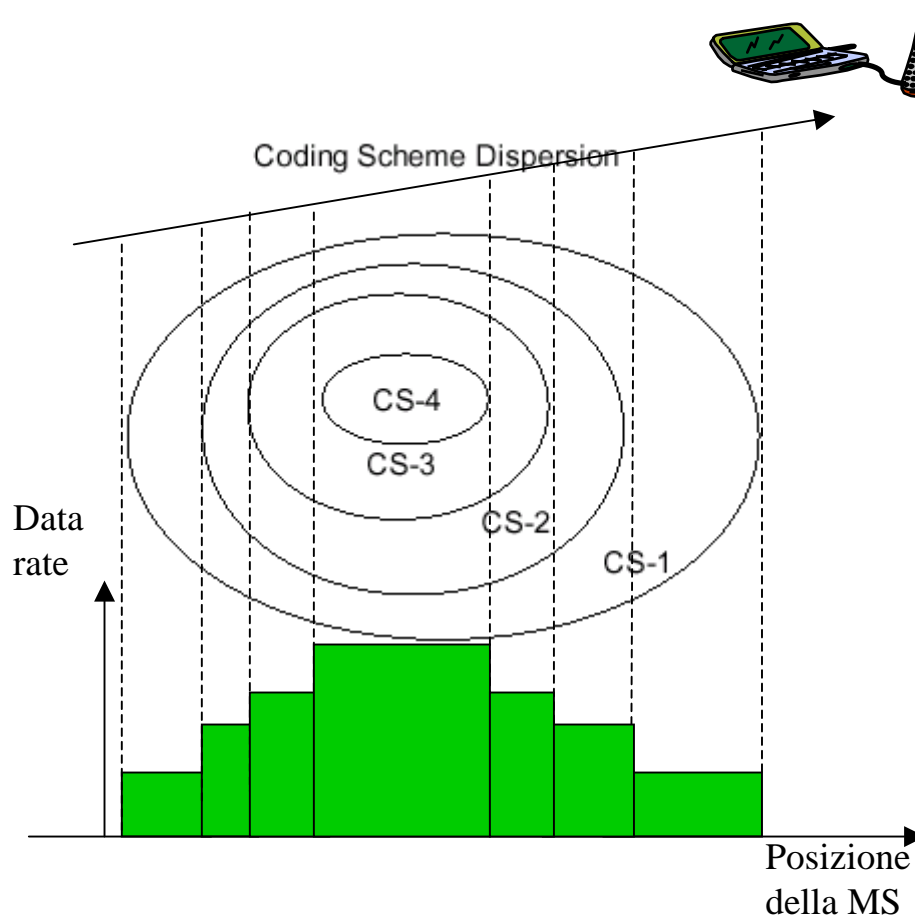
Tecnologia radio

- Per la codifica di canale sono definiti quattro schemi alternativi che vengono scelti in base a:
 - Qualità del servizio richiesta.
 - Condizioni del canale.

Codifica	Rate codifica	Data rate per utente	Capacità di correzione	Throughput Massimo
CS-1	1/2	9.05 Kbit/s	Buona	72.4 Kbit/s
CS-2	2/3	13.4 Kbit/s	Media	107.2 Kbit/s
CS-3	3/4	15.6 Kbit/s	Bassa	124.8 Kbit/s
CS-4	1	21.4 Kbit/s	Nessuna	171.2 Kbit/s

- Throughput medio per utente 40-50 kbit/s

Tecnologia radio



- Sulla base di posizione e QoS richiesta, la MS sceglie dinamicamente quale è lo schema di codifica migliore.
- La codifica scelta viene comunicata attraverso gli stealing bits.
- Massimizza efficienza spettrale

Canali GPRS

Canali GPRS

- I canali GPRS sono analoghi a quelli GSM, il canale di traffico (TCH per il GSM) è il packet data traffic channel (PDTCH).
 - Se in una cella non ci sono i canali di controllo GPRS, la MS può utilizzare quelli GSM.
-

Procedure

Procedure

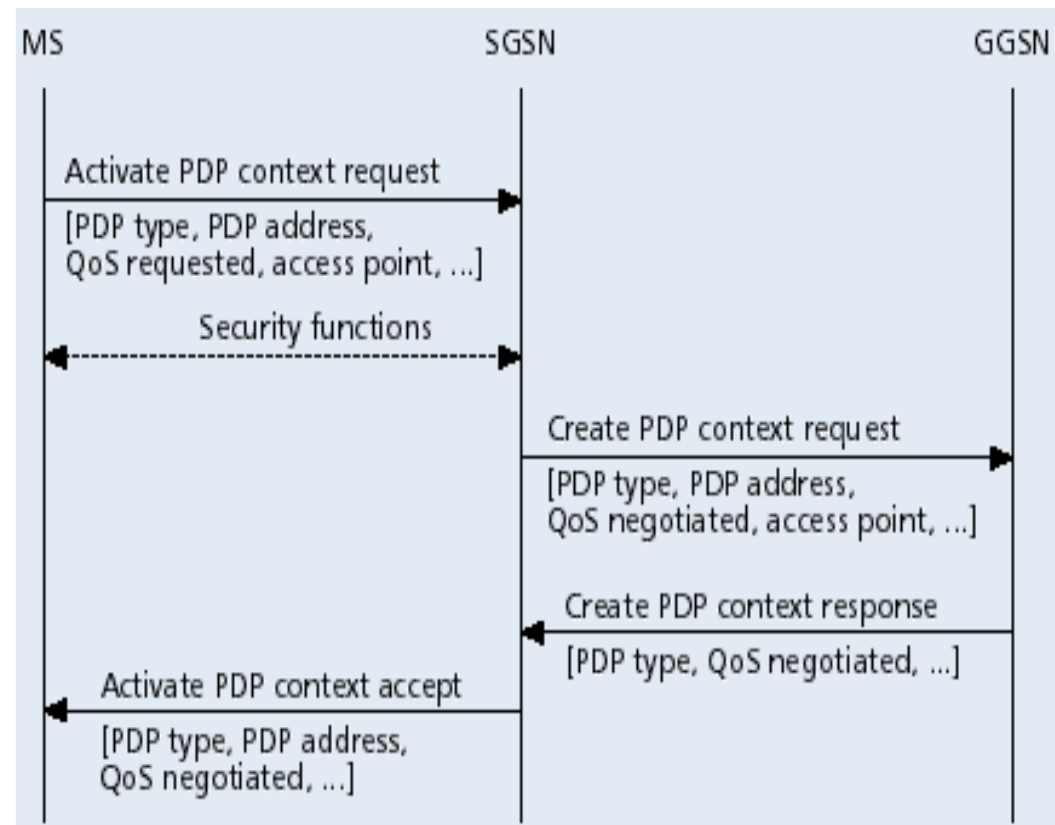
- Le procedure che deve seguire una MS per utilizzare servizi GPRS:
 - *GPRS Attach/Detach*
 - E' l'operazione con cui la MS comunica la sua presenza ad un SGSN.
 - SGSN carica dall'HLR informazioni relative alla MS.
 - *PDP Context Activation/Deactivation*
 - E' l'operazione con cui la MS richiede ad un GGSN un indirizzo per il particolare packet data protocol (PDP) di interesse.
 - La MS indica le caratteristiche del servizio richiesto.
-

Procedure

- Packet Data Protocol (PDP) context.
 - Indirizzo PDP: assegnazione statica o dinamica.
 - QoS.
 - Indirizzo GGSN di riferimento per quel particolare PDP.
 - Dopo l'attivazione di un PDP context la MS è 'visibile' a quel particolare PDP e pronta a scambiare dati: si attiva il protocollo di *tunneling* tra SGSN e GGSN.
-

Procedure

PDP context activation



Procedure

■ Gestione della mobilità:

- L'area di una RA è minore dell'area di una LA.

- GSM:

- Se la MS non è attiva in una conversazione comunica alla rete ogni volta che cambia LA.
- Se la MS è attiva in una *chiamata* la rete conosce ESATTAMENTE la cella in cui la MS si trova.

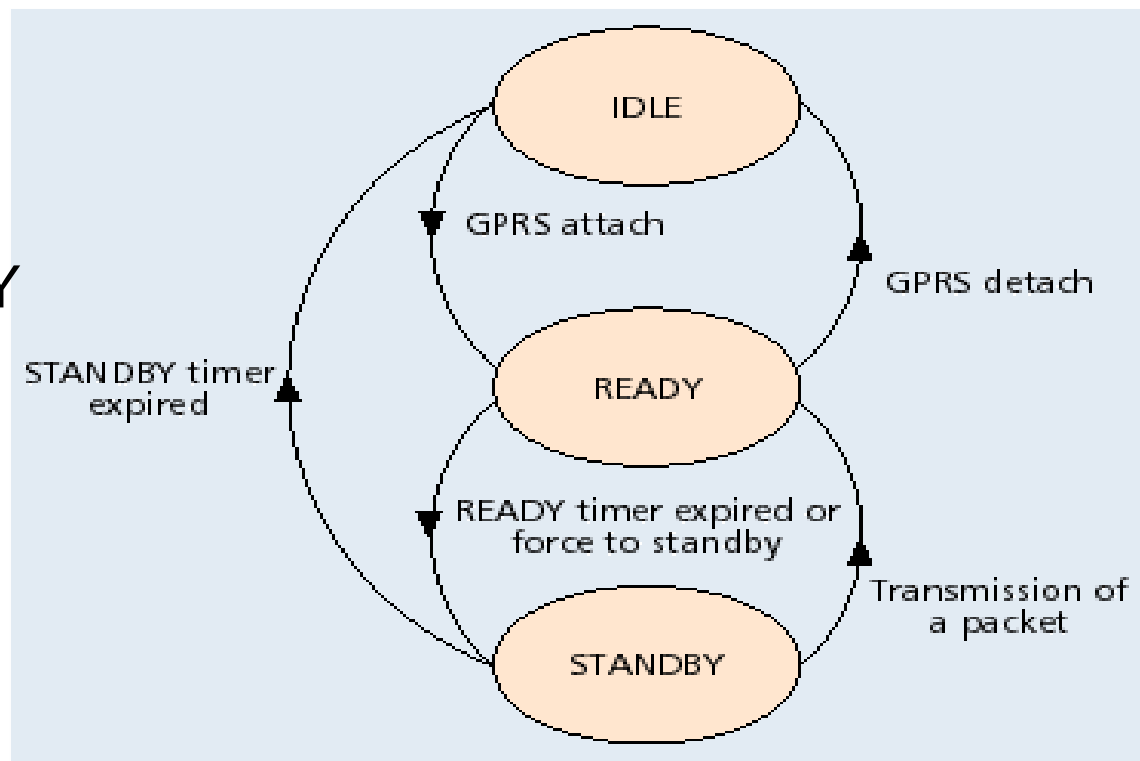
- GPRS:

- Non esiste più il concetto di *chiamata* ma di *sessione*. Durante una sessione una MS può non avere da trasmettere ma la rete necessita di conoscere comunque la sua posizione.
-

Procedure

- Si definisce una macchina a stati associata al terminale:

- IDLE
- STANDBY
- ACTIVE/READY



Procedure

■ Stato *IDLE*

- ❑ E' lo stato in cui si trova la MS all'accensione
 - ❑ Nessun PDP context è stato attivato
 - ❑ La rete GPRS non 'vede' la MS.
-

Procedure

■ Stato STANDBY

- ❑ La MS comunica alla rete solo quando cambia RA.
 - ❑ Almeno un PDP context è attivo.
 - ❑ Se la MS riceve un page dalla rete, passa in stato READY ed invia l'identificativo della cella in cui si trova.
 - ❑ Dopo un certo intervallo di tempo se non c'è traffico la MS torna nello stato di IDLE.
-

Procedure

■ Stato READY

- ❑ La MS comunica alla rete ogni volta che cambia cella: non c'è bisogno di paging.
- ❑ La MS entra in questo stato per effetto di un GPRS attach e vi resta per un certo tempo anche d la



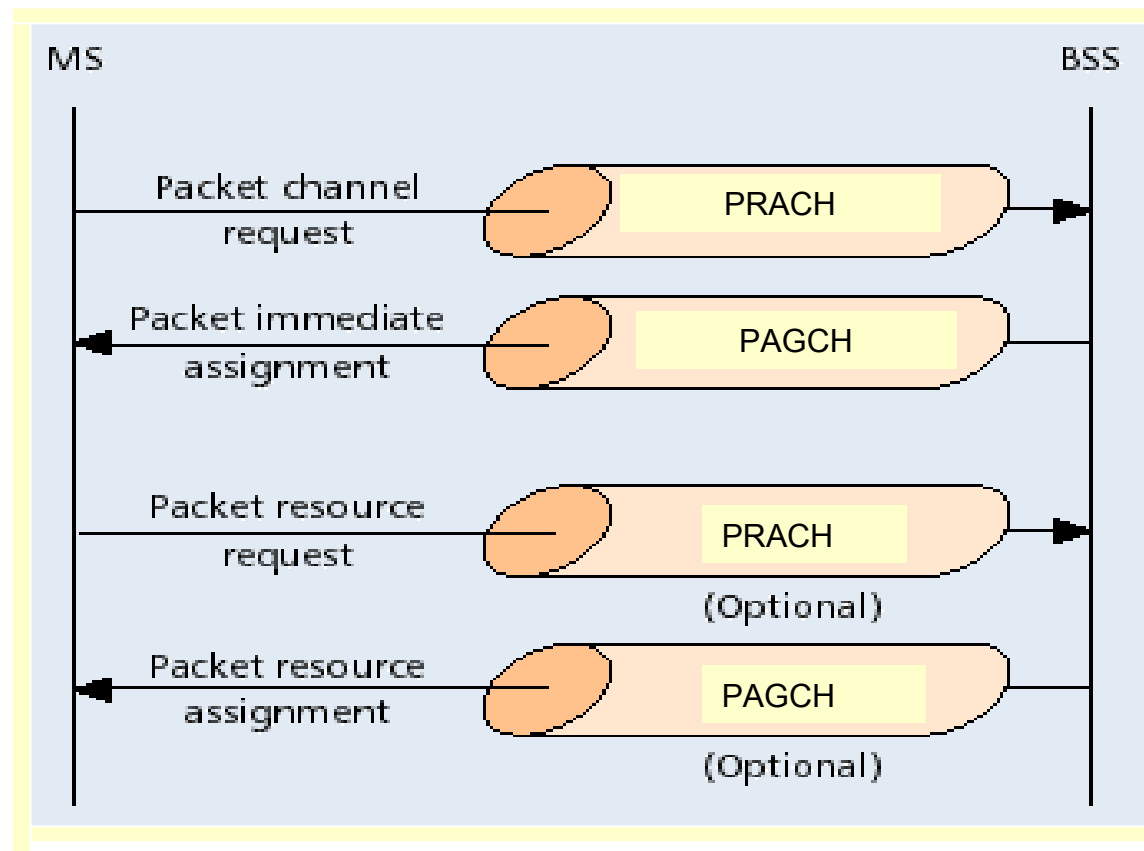
Procedure

■ Sessione dati:

- ❑ La MS invia un PRACH con cui chiede accesso e specifica la dimensione del blocco dati da inviare.
 - ❑ La rete risponde con un PAGCH con cui comunica il canale associato e le risorse disponibili (USF).
 - ❑ Alla fine della trasmissione con un ACK sul PACCH (equivalente dello SACCH GSM) la rete comunica quali pacchetti sono eventualmente da ritrasmettere.
-

Procedure

Sessione iniziata dalla MS



UMTS: Universal Mobile Telecommunication Systems

Sommario

- Introduzione
 - Tecnologia radio
 - Architettura di rete
 - Canali UMTS
-

Introduzione

Introduzione

- I due maggiori successi commerciali degli anni 90 sono stati GSM e Internet.
 - UMTS doveva essere lo standard che li integrava offrendo:
 - Mobilità tipica di un sistema cellulare.
 - Larga banda: fino a 2 Mbit/s (molto più che i 40 kbit/s del GPRS).
 - UMTS accesso radio al traffico dati alternativo a quelli tradizionali via cavo.
-

Introduzione

- UMTS standard globale: in teoria doveva essere UNICO standard 3G di telefonia cellulare valido per Europa, USA e Giappone.
 - Per integrare le esigenze delle aziende dei tre continenti è nato un prodotto ibrido e tecnologicamente molto complicato.
 - Negli USA la Qualcomm ha sviluppato uno standard alternativo (CDMA2000).
-

Introduzione

- Grandi aspettative:
 - ❑ Tutti i maggiori operatori europei hanno investito miliardi di euro nelle aste per le frequenze 3G: complessivamente 2×60 MHz in ciascun paese.
 - ❑ Tutti i maggiori produttori di telefonia hanno sviluppato prodotti UMTS a costo di grandi investimenti.
-

Introduzione

■ Problemi:

- ❑ Standard tecnologicamente non maturo.
 - ❑ Mancanza della “killer application”
 - ❑ Difficoltà di integrazione di un unico terminale dual mode GSM e UMTS.
 - ❑ Elevato consumo delle batterie.
 - ❑ Concorrenza GSM-GPRS.
 - ❑ Elevati costi della realizzazione delle infrastrutture.
-

Introduzione

- Elementi di novità rispetto alla rete GSM-GPRS:
 - ❑ Cambia completamente l'accesso radio: tecnologia WCDMA.
 - ❑ Gestione risorse radio (radio resource management) avanzata per aumentare efficienza spettrale.
 - ❑ Cambiano gli elementi della rete fissa relativi all'accesso radio (RNC e node B).
-

Introduzione

- Nuovi servizi offerti all'utenza legati alla disponibilità di larga banda:
 - MMS.
 - Videochiamata.
 - Servizi basati sulla localizzazione dell'utente.
-

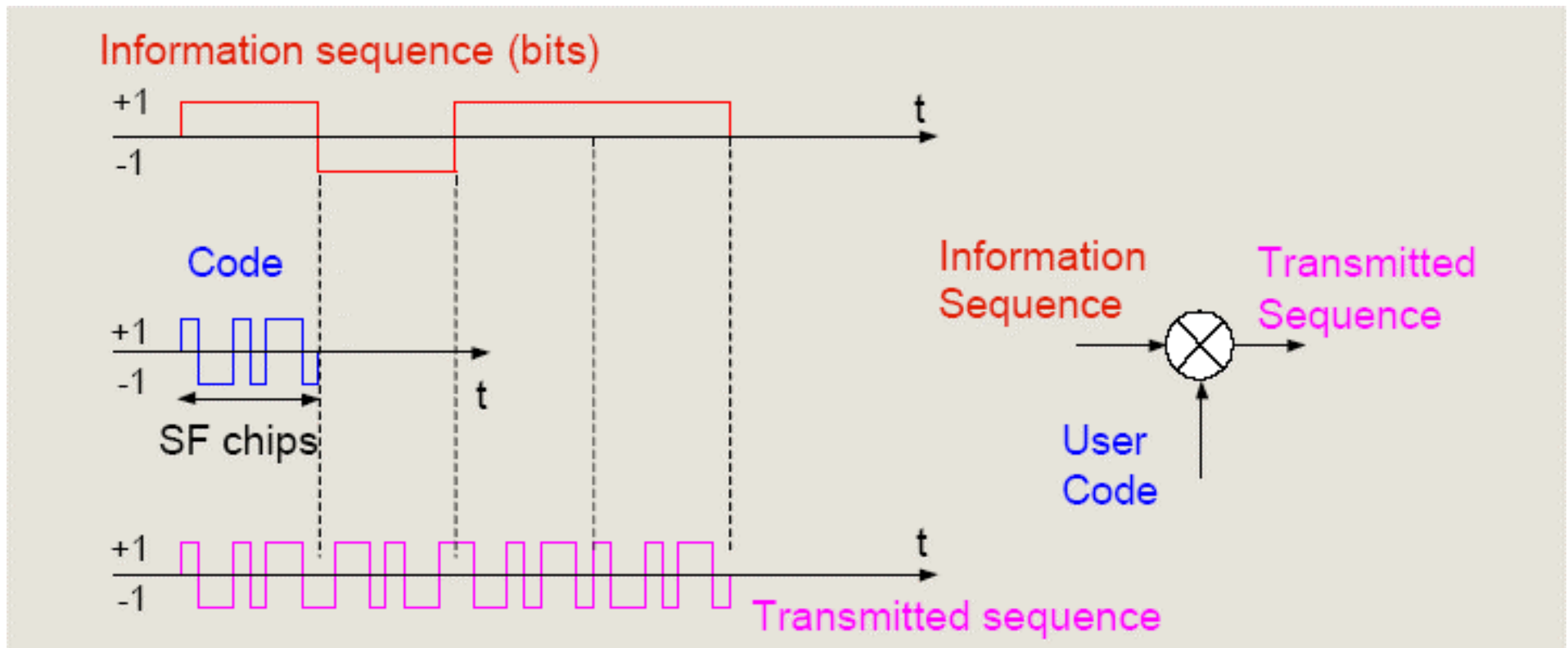
Tecnologia radio

Tecnologia radio

- Lo schema di accesso multiplo è WCDMA: gli utenti sono separati da codici ortogonali.
 - ❑ L'intera banda di frequenza e tutti gli slot all'interno di una trama sono a disposizione di tutti gli utenti del sistema.
 - ❑ Il guadagno di capacità è in teoria molto grande rispetto al GSM ma le prestazioni sono limitate dall'interferenza da accesso multiplo.
 - ❑ A causa del canale multipath e dei diversi ritardi di propagazione dei vari utenti, gli utenti non sono ortogonali fra di loro.
-

Tecnologia radio

Segnale di un utente CDMA



Tecnologia radio

- Caratteristiche del WCDMA per UMTS:
 - Sia le stazioni base che le MS sono *asincrone*.
 - *Rate variabile*: il rate dei simboli dipende dallo spreading factor SF (numero di chip associati ad un simbolo).

$$\text{symbol rate} = \frac{\text{chip rate}}{SF}$$

- SF varia da un minimo di 4 ad un massimo di 256 chip per simbolo.
 - Chip rate è 3.84 Mchip/s.
-

Tecnologia radio

- Caratteristiche del WCDMA per UMTS:
 - ❑ I possibili rate offerti agli utenti variano da 15 Kbit/s ($SF = 256$) a 960 kbit/s ($SF = 4$).
 - ❑ *SF bassi*: rate elevati, il codice associato non offre elevata protezione dall'interferenza o dagli effetti del canale radio. E' necessario trasmettere potenze elevate.
 - ❑ *SF elevati*: bassi rate, il codice è sufficientemente lungo da proteggere il segnale trasmesso dall'interferenza e dagli effetti del canale radio. Solitamente trasmessi con un basso valore di potenza.
-

Tecnologia radio

- Il rate offerto a ciascun servizio dipende dallo SF assegnato a quel servizio: è una decisione presa dalla rete e negoziata con la MS valutando gli effetti sulle trasmissioni degli altri utenti.

Slot Format #i	Channel Bit Rate (kbps)	Channel Symbol Rate (ksps)	SF	Bits/ Frame	Bits/ Slot	N _{data}
0	15	15	256	150	10	10
1	30	30	128	300	20	20
2	60	60	64	600	40	40
3	120	120	32	1200	80	80
4	240	240	16	2400	160	160
5	480	480	8	4800	320	320
6	960	960	4	9600	640	640

Tecnologia radio

■ Canale radio:

- ❑ La trama UMTS ha durata 10 ms (GSM: 4.615 ms) ed è suddivisa in 15 slot ciascuno della durata di 2560 chip.
 - ❑ La banda di frequenza associata ad un canale è di 5 Mhz (GSM: 200 kHz).
 - Dovendo gestire una banda di frequenza molto larga, la frequenza con cui il ricevitore WCDMA campiona il segnale ricevuto è molto elevata. Complessità e consumi maggiori rispetto al ricevitore GSM.
 - ❑ Sistema FDD: per le trasmissioni uplink e quelle downlink vengono utilizzate due bande diverse separate da circa 200 MHz.
-

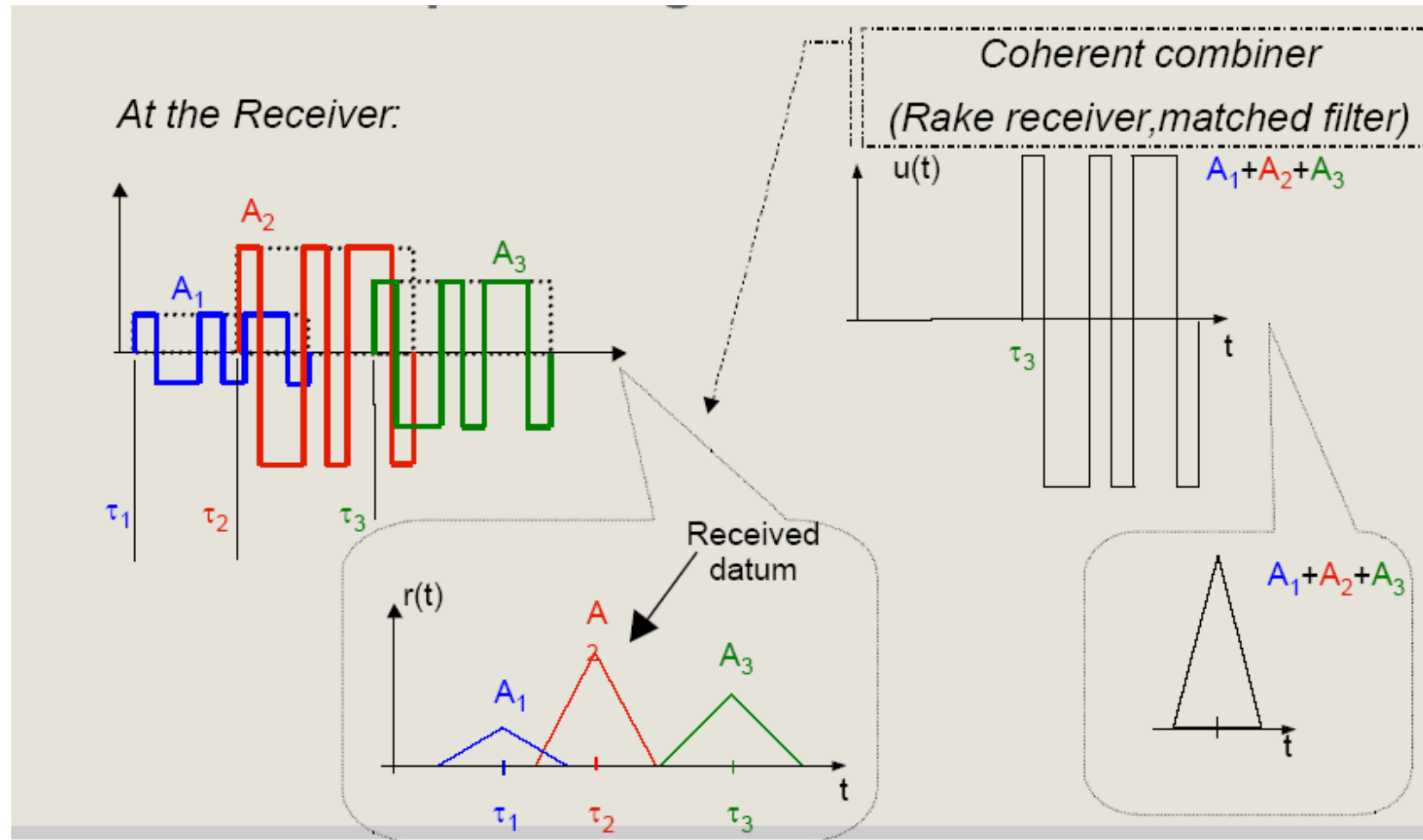
Tecnologia radio

■ Ricevitore WCDMA:

- ❑ *Wideband*: il tempo di chip (260 ns) è sufficientemente piccolo da poter distinguere in molti ambienti di propagazione le differenti repliche del canale multipath.
 - ❑ *Wideband*: la banda del segnale è molto più larga della banda di coerenza del canale.
 - ❑ Ricevitore *rake*: combina il contributo energetico di più repliche indipendenti. Sfrutta la diversità in frequenza del canale.
-

Tecnologia radio

Principio di funzionamento del ricevitore rake



Tecnologia radio

- Architettura ricevitore WCDMA:
 - ❑ L'utilizzo del ricevitore rake rimuove la necessità di equalizzare il canale: il multipath viene sfruttato per migliorare le prestazioni del ricevitore.
 - ❑ Il prezzo da pagare è la necessità di sincronizzare e stimare le varie componenti (finger) del multipath. Processo molto oneroso in termini di complessità di calcolo.
-

Tecnologia radio

- Il codice utilizzato per distinguere tra loro trasmissioni WCDMA è ottenuto come il prodotto di due tipi di codici:
 - Spreading.
 - Scrambling.
-

Tecnologia radio

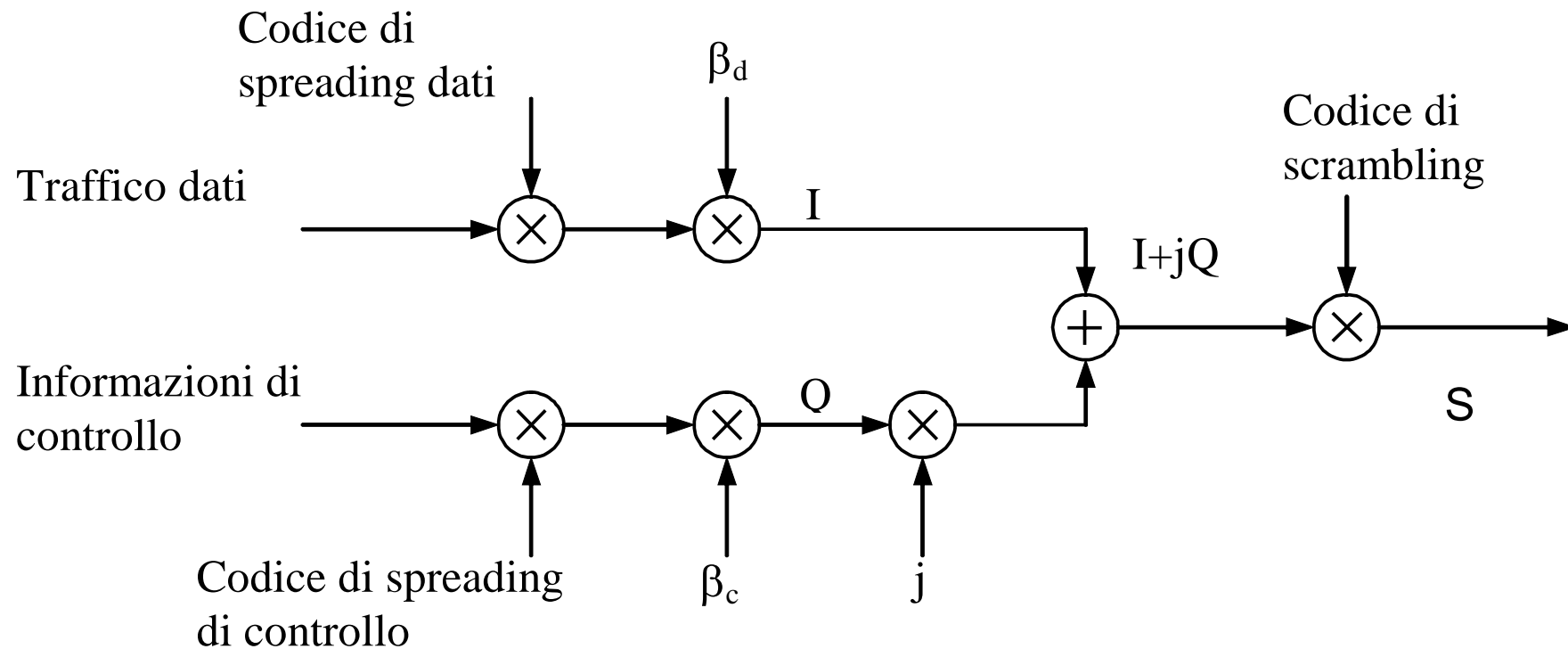
- Codici di *spreading*: sono utilizzati per distinguere trasmissioni che originano dalla stessa sorgente:
 - Uplink: canale dati (DPDCH) e canale di controllo (DPCCH), trasmissioni multicodice.
 - Downlink: tutti gli utenti all'interno di una cella.
 - Orthogonal variable spreading factor (OVSF): sono disegnati in maniera tale da garantire l'ortogonalità tra utenti con SF diversi.
 - Il loro numero è limitato e pari allo SF.
-

Tecnologia radio

- Codici di *scrambling*: servono per distinguere tra loro trasmissioni che originano da sorgenti diverse:
 - Uplink: tutti gli utenti all'interno di una cella.
 - Downlink: utenti di celle diverse.
 - La durata di una parola di codice è indipendente dallo SF e possono essere di due tipi:
 - Long scrambling code: una parola di codice dura 3840 chip (10 ms). Sono i più utilizzati.
 - Short scrambling code: una parola di codice dura 256 chip.
-

Tecnologia radio

Canale dedicato in uplink

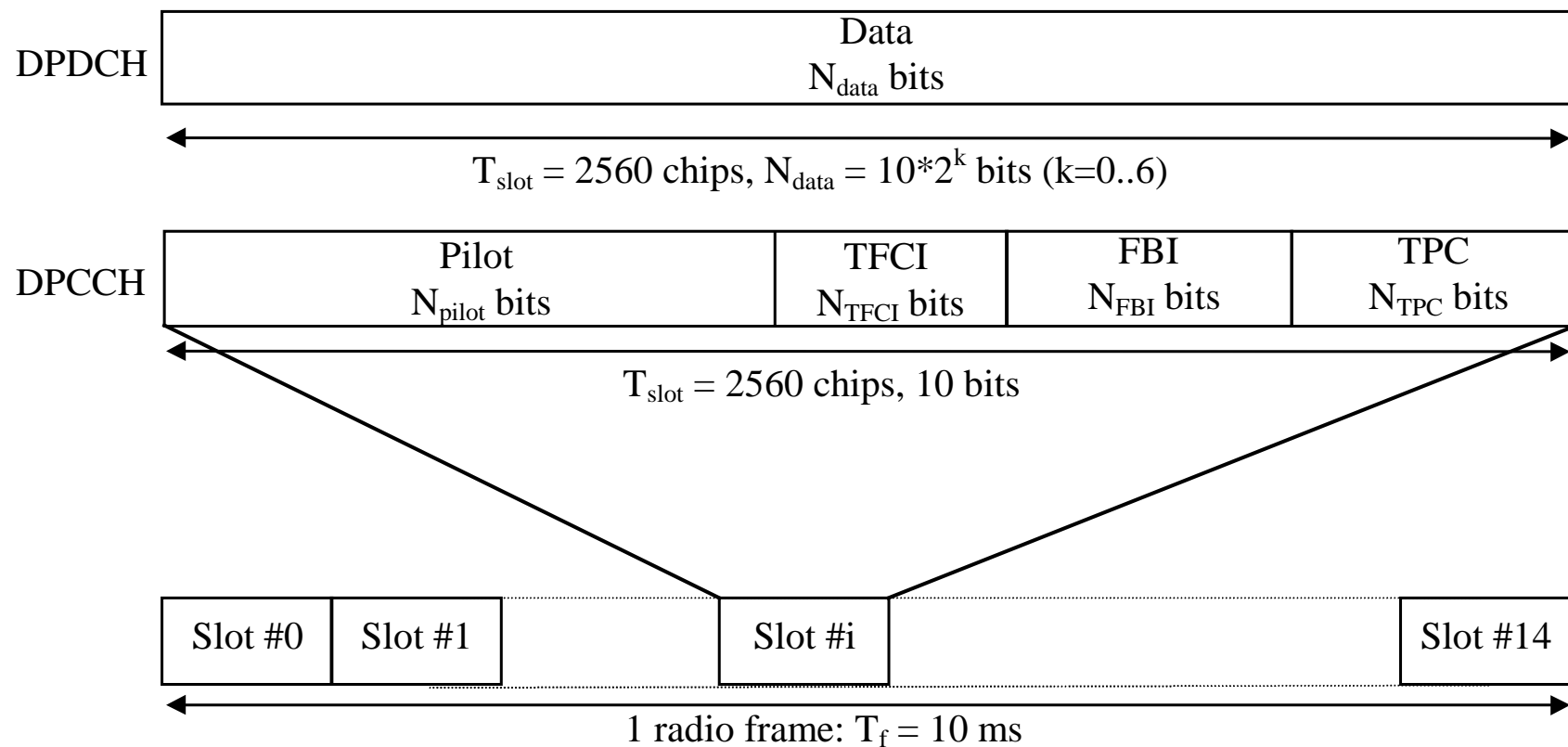


Tecnologia radio

- Canale dati e canale di controllo associato.
 - Nel GSM i due canali sono multiplati nel tempo a livello di multitrama: un canale SACCH ogni 25 TCH.
 - Nell'UMTS sono multiplati nel dominio dei codici.
 - Le informazioni di controllo sono molte di più: fast power control, SF, sequenza di simboli pilota per sincronizzare i finger del ricevitore rake, ecc. ecc.
 - Uplink: ad ogni canale di traffico è associato un canale di controllo dedicato con un diverso codice di spreading e $SF = 256$ e lo stesso codice di scrambling.
 - Downlink: ci sono canali di controllo comuni o dedicati sincroni con i canali di traffico.
-

Tecnologia radio

Trama uplink per una MS



Tecnologia radio

- Sorgente vocale:

- *Adaptive multi rate* (AMR). Tecnologia che permette la codifica della voce con rate variabili da 4.75 kbit/s a 12.2 kbit/s.

- Codifica di canale:

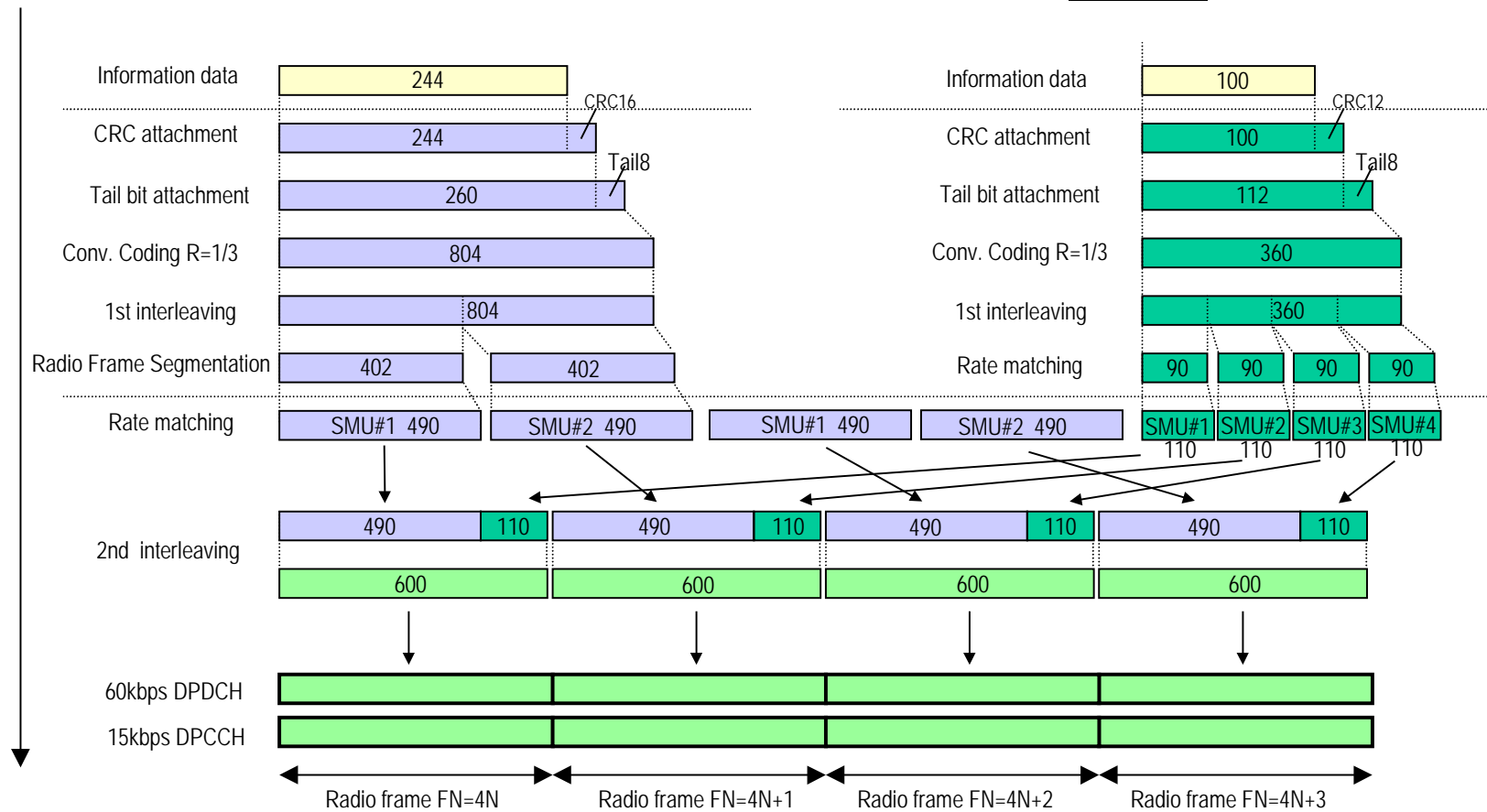
- Codici convoluzionali con rate $1/2$ o $1/3$ (constraint length 9) per applicazioni vocali o dati con requisiti di ritardo stringenti.
 - *Codici turbo* con rate $1/3$ per applicazioni in cui il ritardo introdotto dalla decodifica turbo non rappresenta un problema.
-

Tecnologia radio

Esempio di canale dati a 12.2 kbit/s

DTCH

DCCH



Tecnologia radio

- *Cell breathing*: è l'effetto per cui le dimensioni di una cella si restringono al crescere del rate del servizio offerto o del numero di utenti presenti.
 - Dal momento che i terminali dispongono di minor potenza delle BS, la copertura di una cella è determinata dalle connessioni uplink.
 - Ad alti rate (o per carichi di traffico elevati), il basso SF impone una maggiore potenza ricevuta, che si traduce in una massima path loss sostenibile $L(SF)$.

$$L(SF) = L_0 + n \times 10 \log_{10}(R)$$

- A partire dalla path loss si calcola la massima distanza di un terminale dalla BS.
-

Tecnologia radio

- Trade-off tra capacità e copertura:
 - ❑ copertura: poche celle di grandi dimensioni ma data rates ridotti.
 - ❑ capacità: molte celle di piccole dimensioni, data rate elevati.
-

Architettura di rete

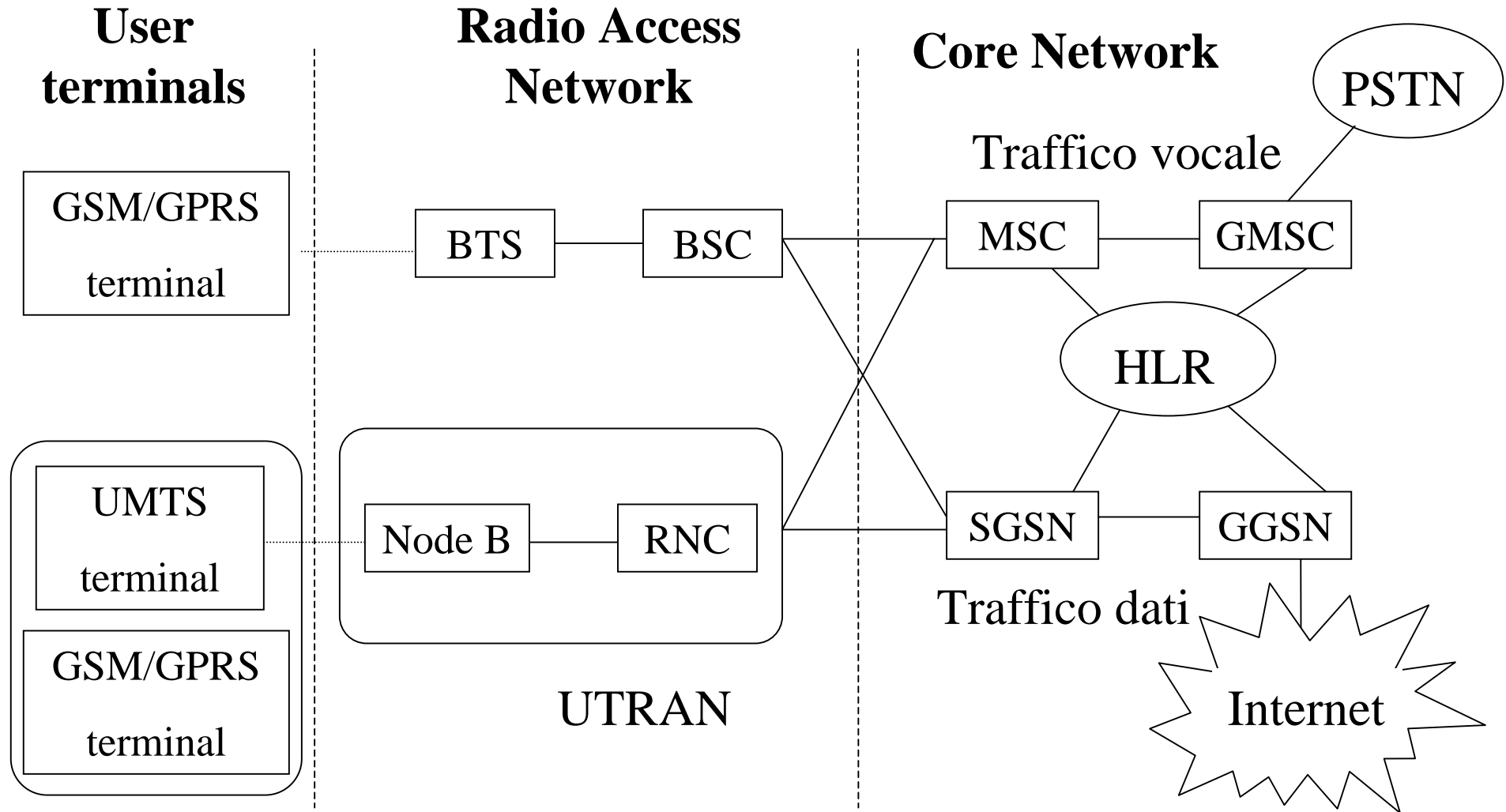
Architettura di rete

- Cambia la terminologia rispetto al GSM:
 - BSS → UMTS terrestrial radio access network (UTRAN): UTRAN, che implementa la tecnica di accesso multiplo WCDMA, è completamente innovativa rispetto al GSM.
 - NSS → core network (CN): CN è composta dagli stessi elementi che compongono NSS: MSC, HLR, VLR, GGSN e SGSN...
-

Architettura di rete

- UTRAN è composta da due elementi funzionali:
 - Radio network controller (RNC) equivalente della BSC.
 - Novità: gli RNC sono connessi direttamente tra loro per facilitare le procedure di handover.
 - Node B equivalente della BTS.
-

Architettura di rete



Architettura di rete

- Node B: controlla uno o più settori. Un settore corrisponde funzionalmente ad una cella.
 - Implementa il livello fisico: spreading/despreading, interleaver/deinterleaver, codifica/decodifica del segnale.
 - Implementa alcuni algoritmi di *radio resource management* (RRM):
 - Power control.
 - Load control.
-

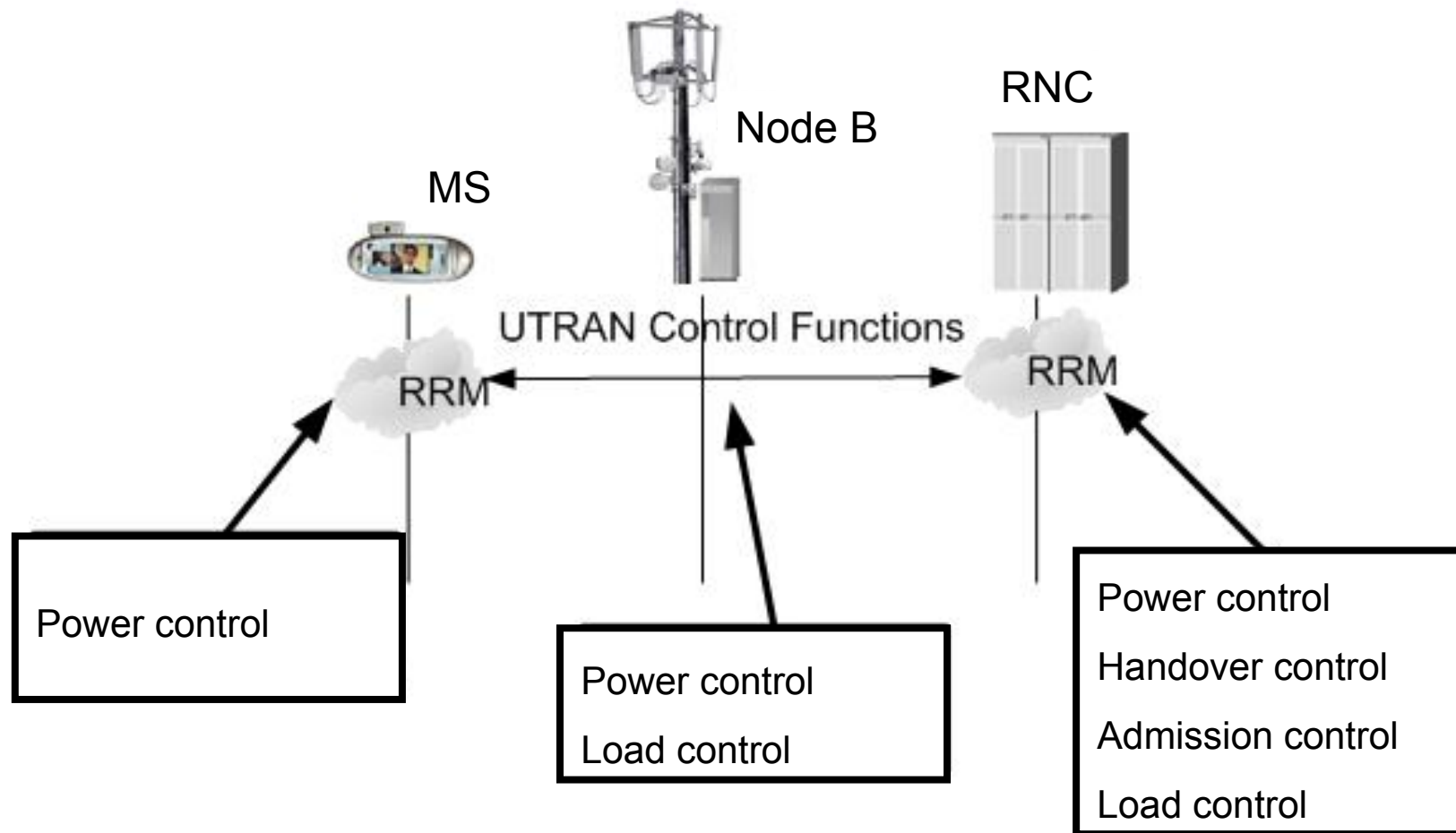
Architettura di rete

- Radio network controller (RNC): è l'elemento dell'UTRAN che implementa le principali funzioni di RRM:
 - ❑ Gestione dinamica delle risorse: power control (outer loop), handover, admission control, load control, gestione dei codici.
 - ❑ Il controllo avviene come feedback a misure di potenza e di BER effettuate da MS e node B.
 - ❑ Gestione macrodiversità.
-

Architettura di rete

- Radio resource management
 - Obiettivo: minimizzare la potenza complessiva trasmessa massimizzando la capacità totale e garantendo agli utenti una certa QoS.
 - Potenza trasmessa dal mobile è funzione sia del canale radiomobile ma anche del livello di interferenza.
 - Per mitigare interferenza ci sono varie tecniche:
 - Power control.
 - Soft e softer handover.
 - Load control.
 - Admission control.
-

Architettura di rete



Architettura di rete

- *Power control*, si suddivide in due cicli:
 - *Outer loop*: effettuato al RNC. Determina sulla base di misure di QoS il SIR di riferimento per inner loop power control per ogni utente.
 - Se le prestazioni sono buone diminuisce il SIR target, se le prestazioni sono cattive aumenta il SIR target.
 - *Inner loop*: effettuato al node B. Ha la caratteristica di essere *veloce*. La potenza viene aggiornata una volta per slot. Frequenza di aggiornamento è 1.5 kHz (GSM 1 volta ogni 26 slot: meno di 10 Hz).
 - Se MS si muove lentamente è in grado di compensare multipath fading.
-

Architettura di rete

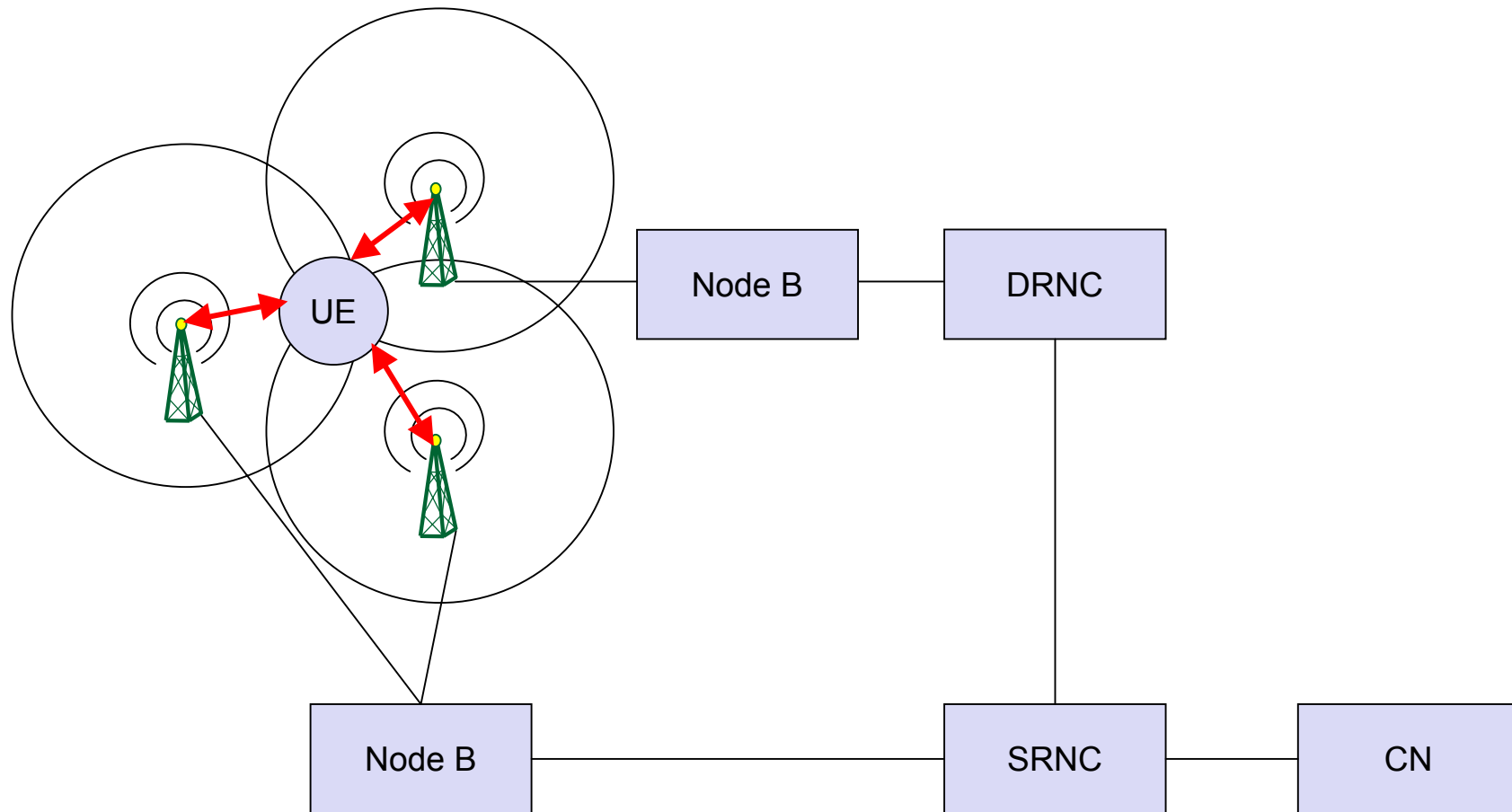
- **Macrodiversità:** nel sistema UMTS la MS è in grado di connettersi con la rete attraverso più di una stazione base.
 - Celle differenti condividono le stesse frequenze e sono separate solo da codici diversi: una MS può facilmente ricevere segnali da più di un node B.
 - Tutti i link che soddisfano certe caratteristiche di potenza e SIR sono memorizzati nell'*active set*.
 - La MS è connessa alla rete attraverso tutte le celle appartenenti all'*active set*.
 - L'RNC che gestisce la chiamata è il *serving* RNC (SRNC). Tutti gli altri sono drift RNC (DRNC) ed agiscono in maniera 'invisibile' all'utente.
-

Architettura di rete

- Macrodiversità in ricezione:
 - Uplink: *selection diversity*. Tutti i node B coinvolti in un certo active set demodulano il segnale ricevuto e poi è il SRNC che seleziona il segnale demodulato che ha il SNIR più alto.
 - Downlink: *maximum ratio combining*. Al terminale i segnali inviati da node B diversi vengono combinati nel medesimo ricevitore rake. Il correlatore associato ai vari finger utilizzerà un codice diverso per le repliche di ogni node B.
-

Architettura rete

Esempio di macrodiversità



Architettura di rete

- Handover in un sistema UMTS sono effettuati per due motivi:
 - Deterioramento del canale (dovuto per esempio alla mobilità).
 - Bilanciamento del traffico: se una cella è troppo carica, le MS vengono ridistribuite sulle celle adiacenti.
 - Si identificano tre tipi di handover:
 - Hard handover: il canale radio viene spento in una cella e acceso in un'altra.
 - Soft handover: viene modificato l'active set relativo alla connessione: sono coinvolti più node B.
 - Softer handover: avviene quando le celle che si trovano nell'active set appartengono ad un unico node B. La macrodiversità uplink si sfrutta al ricevitore rake del node B.
-

Architettura di rete

- Handover:

- Intra-mode handover.

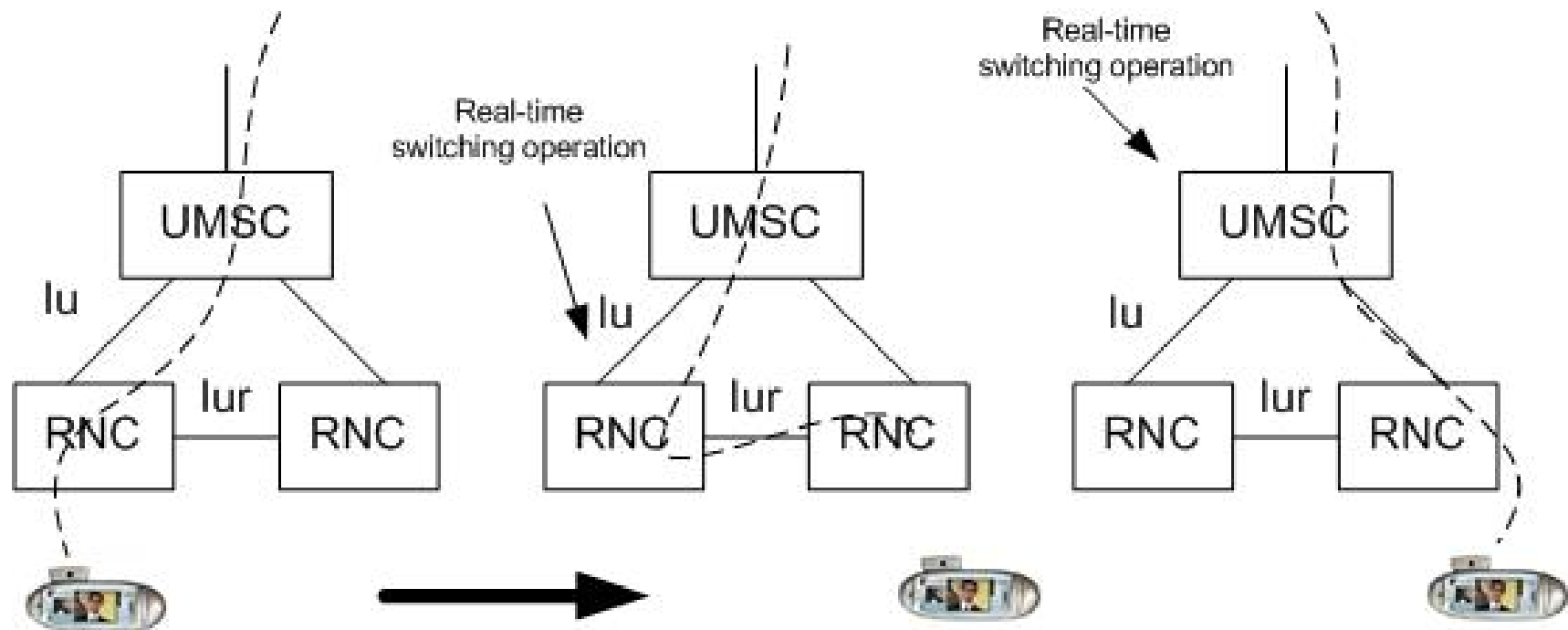
- Intra-frequency: hard, soft, softer.

- Inter-frequency: hard.

- Inter-system handover: hard.

Architettura di rete

Handover: procedura di cambiamento RNC



Architettura di rete

- *Admission control*: le prestazioni di un sistema WCDMA sono limitate dal livello di interferenza (*soft capacity*). Non è individuabile come per il GSM una capacità ben definita (*hard capacity*: numero di canali fisici a disposizione).
 - Effetto dell'aumento del traffico è un incremento dell'interferenza e quindi a causa del cell breathing di una riduzione della area coperta da una cella.
 - Per ogni utente il sistema valuta se l'innalzamento del livello di interferenza è tollerabile per gli altri utenti già allocati: assegna i codici e negozia lo SF.
 - Uplink: si valuta l'effetto dell'aumento di interferenza.
 - Downlink: si calcola di quanto aumenti la potenza trasmessa.

Architettura di rete

- Load control: se la rete è pianificata correttamente e le procedure di admission control sono efficaci, il sistema UMTS è stabile. Nei casi eccezionali in cui il sistema si sovraccarica si attivano procedure di *load control* (controllo di congestione):
 - ❑ Downlink power control: non vengono rispettate le richieste di aumento di potenza.
 - ❑ Uplink power control: viene abbassato il livello del SIR target.
 - ❑ Handover ad un'altra banda WCDMA.
 - ❑ Handover al sistema GSM.
 - ❑ Riduzione del bit rate per utente (agendo sulla codifica vocale per esempio).
 - ❑ Interruzione di alcune chiamate (extrema ratio).
-

Canali UMTS

Canali UMTS

- Canali di trasporto *dedicati* UMTS:
 - DCH: uplink e downlink.

Canali UMTS

- Canali di trasporto *comuni* UMTS:
 - ❑ Broadcast channel (BCH). Downlink. Trasmette informazioni relative alla cella.
 - ❑ Forward access channel (FACH). Downlink. Trasmette informazioni controllo a tutti i terminali che si trovano nella cella.
 - ❑ Paging channel (PCH). Downlink.
 - ❑ Random access channel (RACH). Uplink.
 - ❑ Common packet channel (CPCH). Uplink. E' un estensione del RACH per trasmettere dati con accesso random. Trasmissioni a burst.
 - ❑ Downlink shared channel. Downlink. E' un canale condiviso che integra la capacità di un canale DCH.
-

Canali UMTS

Transport Channels

Physical Channels

DCH	—————	Dedicated Physical Data Channel (DPDCH) Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)
RACH	—————	Physical Random Access Channel (PRACH)
CPCH	—————	Physical Common Packet Channel (PCPCH) Common Pilot Channel (CPICH)
BCH	—————	Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)
FACH	—————	Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)
PCH	—————	
		Synchronisation Channel (SCH)
DSCH	—————	Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) Acquisition Indicator Channel (AICH) Access Preamble Acquisition Indicator Channel (AP-AICH) Paging Indicator Channel (PICH) CPCH Status Indicator Channel (CSICH) Collision-Detection/Channel-Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH)