

# Richiami Reti Cellulari

**Docente:** Dott.ssa. Ernestina Cianca  
a.a. 2014-2015

## Introduzione reti cellulari

La rete cellulare è una delle possibili reti wireless (altre reti wireless sono le WLAN, reti sensori ect.)

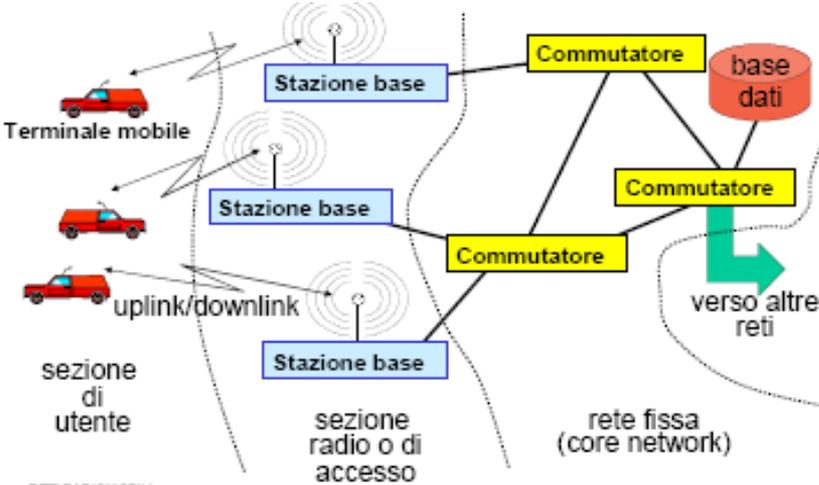
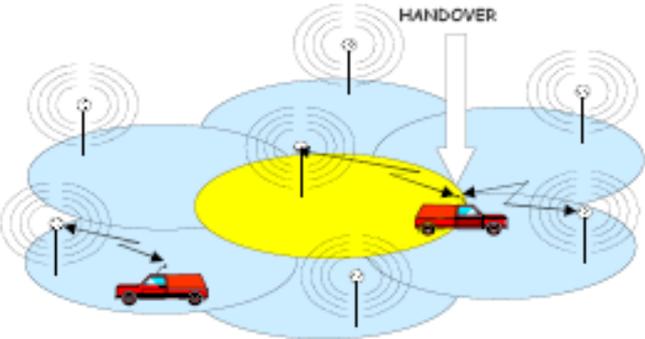
In una rete wireless i nodi comunicano tramite un canale “senza filo” (es. canale radio, a infrarossi, ecc.)

Caratteristiche principali delle reti wireless:

- Mobilità dei nodi di comunicazione
- Natura broadcast del mezzo radio
- Nodi di comunicazione a basso costo e con limitate risorse energetiche
- Errori correlati e BER molto maggiore rispetto alla trasmissione via cavo

## Introduzione reti cellulari

- In una rete cellulare la copertura geografica è ottenuta con una tassellatura di aree adiacenti e/o sovrapposte dette *celle*
- In ogni cella la copertura è ottenuta tramite la Base Station che funge da rice-trasmettitore e unità di controllo per i terminali mobili
- Le BS sono collegate tra loro (via cavo in genere) e con altre reti (telefonia fissa, Internet)
- L'utente (terminale mobile) si può muovere attraverso la rete passando da una cella all'altra senza interrompere la comunicazione (si parla di handover)



## Introduzione reti cellulari

- Un utente che vuole ricevere il servizio, deve selezionare preliminarmente un operatore telefonico stipulando un contratto
- Il terminale rimane in costante ascolto dell'ambiente radio della rete dell'operatore selezionato
- Il terminale identifica e demodula i segnali emessi con continuità dalle BS allo scopo di scoprire l'infrastruttura presente e selezionare la BS candidata per tentare un accesso
- La BS viene selezionata sulla base di misure di qualità del segnale ricevuto
  
- Il terminale può trovarsi in uno dei due stati:
  - Stato attivo: vengono assegnate delle risorse trasmissive che gli permettono la comunicazione con l'infrastruttura fissa di rete allo scopo di trasferire informazione, di utente o di controllo, dal terminale alla Bs e/o dalla BS al terminale
  
  - Stato inattivo: pur essendo acceso, nessuna risorsa di trasferimento è assegnata al terminale che comunque è in grado di ascoltare le informazioni diffuse dalla rete

## Gestione della mobilità

La mobilità è l'elemento caratterizzante le reti cellulari. Per realizzare la mobilità, le seguenti procedure sono necessarie:

### ➤ Roaming

- È la possibilità data all'utente di essere rintracciabile anche se si sposta all'interno della rete
- Il sistema deve memorizzare in una base di dati la posizione degli utenti per poterli rintracciare
- Per memorizzare la posizione dell'utente si divide il territorio in aree dette location area (LA) che sono insiemi di celle

### ➤ Location updating

Questa procedura permette di aggiornare la rete cellulare sulla posizione dell'utente. Nella LA ogni BS diffonde in broadcast il Location Area Identifier (LAI); se un utente riceve un LAI diverso da quello memorizzato informa la rete del suo spostamento richiedendo un location updating per aggiornare la sua nuova posizione.

## Gestione della mobilità

### ➤ Paging

Segnale mandato in tutte le celle della location area in cui sappiamo che si trova l'utente destinatario, per segnalargli traffico in entrata.

### ➤ Handover

Questa procedura consente il trasferimento di una chiamata in corso da una cella ad una cella adiacente nel caso in cui l'utente compia tale spostamento.

L'handover necessita di:

- meccanismi di rivelazione della qualità e caratteristiche delle risorse radio assegnate
- meccanismi decisionali per definire quale BS è opportuno selezionare di volta in volta come BS "servente"
- meccanismi di rilascio e ri-assegnazione delle risorse radio passando dalla BS attuale alla nuova BS

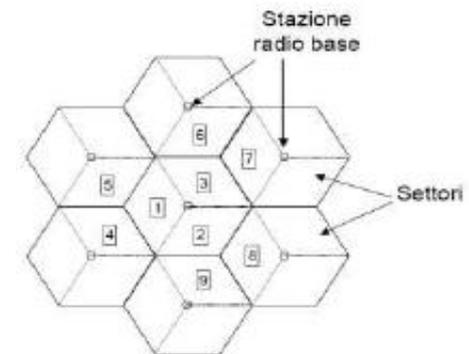
## Riuso delle frequenze

Se copriessi tutta l'area geografica (es. Italia), con una sola cella, dovrei utilizzare tutta la banda B a disposizione che va condivisa con tutti gli utenti della cella. Supponendo che ogni utente ha bisogno per trasmettere di una banda minima  $B_u$ , e di utilizzare un accesso multiplo FDMA senza banda di guardia, il numero massimo di utenti che posso servire è:  $B/B_u$ .

Con la copertura cellulare, le BS trasmettono a potenza più bassa e quindi, dopo X metri, il segnale di una BS non è più ricevuto con qualità sufficiente da un terminale, che invece riceve con qualità maggiore il segnale di un'altra BS. Quindi, celle sufficientemente distanti possono riutilizzare la stessa banda.

Supponiamo una copertura cellulare con celle esagonali. Le celle immediatamente adiacenti alla cella d'interesse, non possono riutilizzare la stessa banda. Allora, posso assegnare sottobande diverse alle 7 celle adiacenti.

Tuttavia, le celle più distanti possono riutilizzare le sottobande



## Riuso delle frequenze

In generale, la banda B è divisa in N canali e per ognuno di essi si definisce una frequenza portante.

Gli N canali vengono a loro volta partizionati in cluster;

un cluster è l'insieme delle celle (G) adiacenti che usano tutto lo spettro di frequenze, ovvero tutti gli N canali.

Ad ogni cella di un cluster sono assegnati  $K=N/G$  canali (portanti)

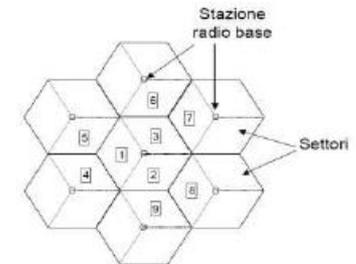
Per la copertura del territorio si usano più cluster, nei quali le celle che utilizzano le medesime frequenze, dette celle co-canale, sono disposte a una distanza tale da minimizzare l'interferenza co-canale

Si definisca fattore di riuso della frequenza:  $1/G$ .

Supponiamo che per coprire una certa area geografica siano necessari M clusters,

La capacità della rete cellulare  $C=M*G*K=M*N$

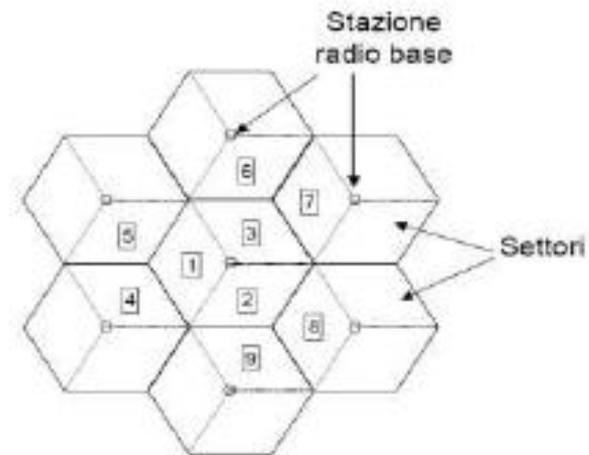
La minima capacità si ha per  $M=1$



## Riuso delle frequenze

### Due tecniche per aumentare la capacità:

- 1) Sostituire cella grandi con celle più piccole
- 2) Settorizzazione: La cella viene divisa in settori con l'installazione di antenne direttive, dove ognuna utilizza le stesse frequenze la configurazione tipica viene chiamata tri-cellulare perché prevede tre settori per cella: i settori vengono creati con tre antenne direttive a  $120^\circ$ . L'uso di antenne direttive causa però interferenza, anche elevata, ma solo nella direzione di propagazione privilegiata; si può ridurre tale disturbo inclinando le antenne verso il basso di qualche grado (operazione di tilt).



## Riuso delle frequenze

*Sistemi analogici con accesso FDMA (AMPS, TACS, NMT):  
cluster di 19 o 21 celle*

- *Sistemi numerici con accesso di tipo TDMA o misto FDMA/TDMA (GSM, D-AMPS, JCD):  
cluster di 7 o 9 celle*
- *Sistemi numerici con accesso CDMA (IS-95/UMTS): cluster di una cella (almeno in linea di principio)*

## Prima generazione

### Tecnologia analogica

- Tecnica di accesso FDMA
- Solo servizio di telefonia
- Copertura del territorio con celle di grandi dimensioni (qualche kilometro)
- Bassa qualità del servizio offerto
- Bassa efficienza nel riuso delle frequenze, e bassa capacità complessiva della rete

### Vari standards, fra loro incompatibili

- Reti in esercizio (in fase di dismissione): AMPS, TACS, NMT
- In Italia: TACS, dal 1990
- Gestito solo da TIM (è in stato di dismissione)

## Seconda generazione

Differenza fondamentale è il passaggio da trasmissione analogica a digitale.

Vantaggi:

- Integrazione di servizi diversi (voce, dati)
- Crittografia sul canale radio (riservatezza)
- Dimensione tempo per sfruttare risorse radio (possibilità di usare TDMA)
- Tecniche di codifica vocale per ridurre banda richiesta
- Tecniche di segnalazione per servizi avanzati

## Seconda generazione

Trasmissione digitale

- Tecnica di accesso FDMA/TDMA
- Tre bande di frequenza (900, 1800, 1900 MHz)
- Celle di dimensioni più contenute (raggio delle celle da alcune centinaia di metri ad alcune decine di km)
- Efficienza complessiva abbastanza buona, riuso delle frequenze da buono ad accettabile
- Alto grado di riservatezza e di sicurezza (PIN, trasmissione criptata)

Per la trasmissione dati velocità molto basse (9600 bps per GSM)

- Invio e ricezione di SMS (Short Message Service) di max 160 caratteri (dal 1992)
- Il servizio inizia nel 1991; ora è adottato da più di 160 Paesi
- Reti in esercizio: D-AMPS (o ADC) e IS-95 in USA, GSM in Europa, PDC in Giappone
- In Italia le licenze sono state assegnate a 4 operatori: TIM, Omnitel-Vodafone, Wind, Blu (assorbita da Wind)

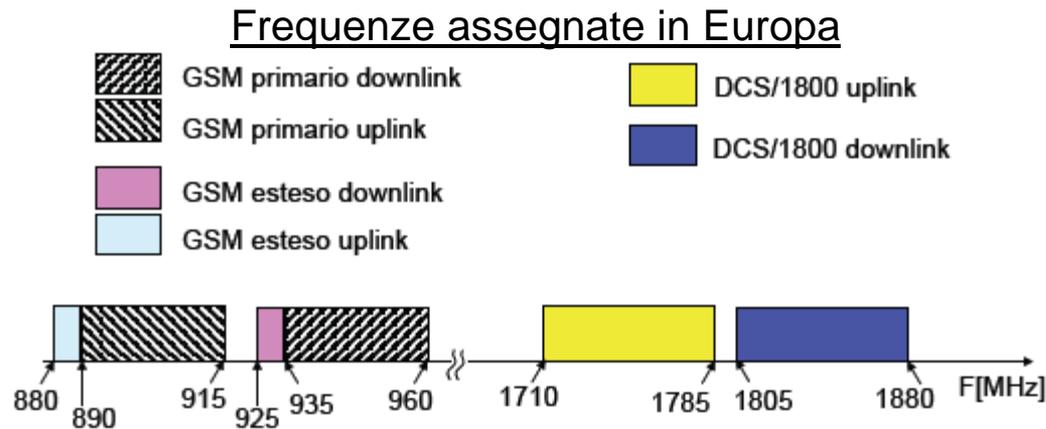
## Seconda generazione “estese”

Sfruttano la stessa architettura e la stessa tecnologia delle attuali reti di seconda generazione

- GPRS in Europa, IS-95B in USA, DoCoMo in Giappone
- Servizi dati
  - A pacchetto
  - A velocità elevata (fino a 170 kbps in GPRS)
  - Tariffazione in base al volume di traffico



## Qualche dato sul GSM



- GSM usa una tecnica di accesso mista a divisione di tempo e frequenza (FDMA/TDMA)
- La porzione di spettro disponibile è suddivisa in canali FDM di 200 kHz l'uno
- Ciascun canale FDM è ulteriormente suddiviso in 8 canali con tecnica TDM
- La trasmissione è organizzata in "burst"
  - ogni MS trasmette un blocco di dati in un intervallo temporale (1 canale TDM) e "tace" durante gli altri 7 intervalli dedicati agli altri canali.
- La velocità di cifra al trasmettitore è di circa 271 kbit/s
- In GSM è previsto di poter trasmettere messaggi consecutivi della stessa comunicazione su frequenze diverse (Frequency Hopping – FH)
- FH serve a ridurre gli effetti del fading da percorsi multipli: si guadagnano circa 2dB
- Il FH usato in GSM è "lento" perchè il cambio di frequenza avviene con cadenza di trama (8 slot - 4.615 ms) e non di pochi bit come in altri sistemi
- MS deve essere in grado di re-sintonizzare Tx ed Rx in circa 1 ms

## Qualche dato sul GSM

*Nota sulla codifica vocale:*

Come è ben noto, il segnale vocale può essere convertito da analogico a digitale attraverso due operazioni:

un primo processo di discretizzazione dell'asse dei tempi (campionamento) e successivamente un processo di discretizzazione delle ampiezze dei campioni (quantizzazione).

▪ L'operazione di campionamento è regolata dal teorema di Shannon in base al quale occorre scegliere una frequenza di campionamento  $F_s$  almeno pari al doppio della banda del segnale analogico da digitalizzare.

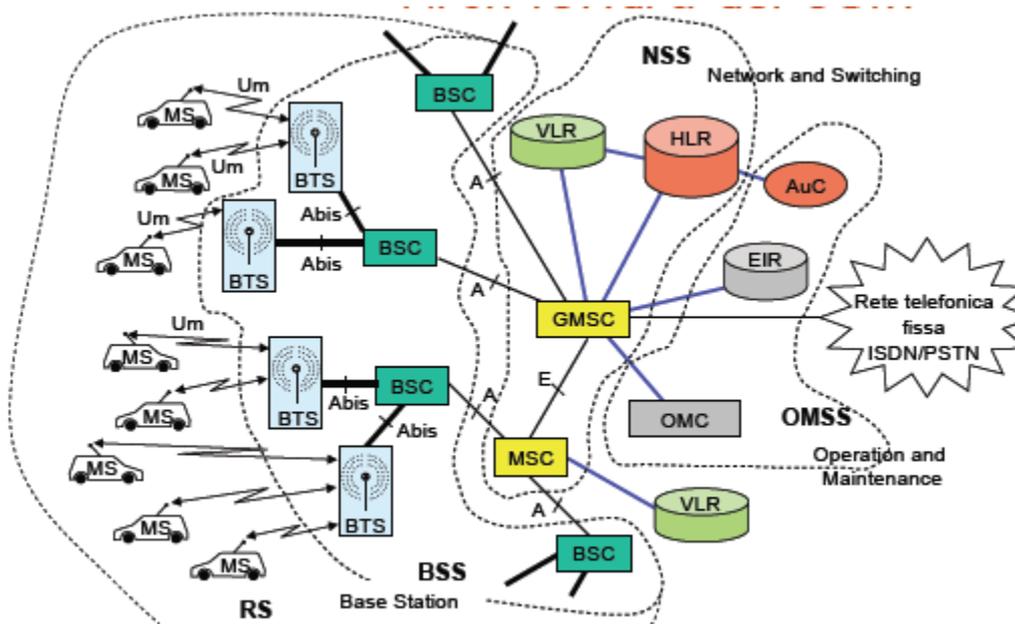
▪ L'ITU-T per le applicazioni telefoniche ha standardizzato una banda lorda di 4 kHz per il segnale vocale e quindi in genere si sceglie  $F_s=8$  kHz. Se si considerano 256 livelli di discretizzazione dell'asse delle ampiezze occorrono  $b=8$  bit per la codifica di un singolo campione PCM (Pulse Coded Modulation).

Il bit-rate richiesto per la trasmissione in forma numerica del segnale vocale pertanto è  $Br=b \cdot F_s = 8 \cdot 8000 = 64.000$  bit/s.

Un segnale telefonico numerico a 64 kbit/s (Standard PCM) può essere compresso utilizzando un algoritmo di codifica di sorgente fino ad ottenere un flusso a bit-rate più basso. Per esempio, il GSM effettua una codifica di sorgente che comprime il messaggio vocale da 64 kbit/s a 13 kbit/s ed una codifica di canale di 9.8 kbit/s che porta il bit-rate totale di una singola conversazione one-way a 22.8 kbit/s.

# Qualche dato sul GSM

## Architettura della rete GSM



4 componenti:

- Terminali utente
- Base Station Subsystem (BSS): si occupa degli aspetti radio: copertura, comunicazione con il terminale utente, etc.
- Network and Switching Subsystem (NSS): gestisce la mobilità degli utenti, il controllo delle chiamate, supporto ai servizi
- Operation and Maintenance Subsystem (OMSS): si occupa di gestione e manutenzione della rete

## Qualche dato sul GSM

### Architettura della rete GSM

#### BTS-Base Transceiver Station

- È il punto di accesso alla rete di TLC
- Ciascuna BTS può avere da 1 a 16 interfacce radio, corrispondenti a diverse portanti
- Ciascuna interfaccia radio corrispondente a 8 canali (TDM)
- Effettua la codifica di canale e la cifratura
- Modula/demodula i segnali
- Realizza il frequency hopping
- Effettua misure di qualità dei canali up-link e riceve da MS le misure relative al down-link, le invia al BSC che decide il controllo di potenza e l'handover
- Implementa i protocolli di livello fisico per il corretto scambio di informazioni tra MS e BTS

## Qualche dato sul GSM

### Architettura della rete GSM

#### BSC - Base Station Controller

Un BSC può controllare un numero elevato di BTS: da alcune decine ad alcune centinaia

- Quando sono distanti, BTS e BSC sono collegati da collegamenti a 2 Mb/s (31 canali PCM)
- Un canale PCM del collegamento a 2Mb/s viene usato per trasportare 4 canali di traffico GSM, a 13 kb/s
- La transcodifica della voce GSM (13 kb/s)  $\Leftrightarrow$  PCM (64 kb/s) e viceversa è fatta dal BSC

I compiti principali del BSC sono:

- transcodifica della voce GSM  $\Leftrightarrow$  PCM
- analisi delle misure di qualità del segnale sulla tratta radio
  - Decisione se è il caso di fare handover
  - Gestione dell'handover tra BTS controllate dallo stesso BSC o richiesta al NSS (al MSC)
- gestione delle frequenze, che possono essere assegnate in modo dinamico alle varie BTS
- concentrazione del traffico verso un MSC e smistamento del traffico verso le BTS
- gestione del paging
- manutenzione del BSS

## Qualche dato sul GSM

### Architettura della rete GSM

#### Mobile Switching Center (MSC)

è la centrale di commutazione che gestisce i terminali mobili

- Consente l'instradamento delle chiamate da un MS ad un altro o verso telefoni fissi
- Un caso particolare di MSC è il GMSC (Gateway-MSC), che costituisce l'interfaccia tra la rete GSM e le reti fisse (PSTN)

## Qualche dato sul GSM

### Architettura della rete GSM

Home Location Register (HLR): è il data base con

- i dati permanenti degli utenti
- i dati dinamici per gestire la mobilità (identificativo del VLR, etc.)

Visitor Location Register (VLR): è il data base con

- le informazioni relative ai MS attualmente presso l'area di competenza del MSC

Equipment Identity Register (EIR): è il data base degli apparati rubati o difettosi

Authentication Center (AuC): genera chiavi di cifratura