



## CENNI STORICI

*Il primo sistema telefonico radiomobile della storia nacque negli USA nel 1964 e funzionava nella gamma di frequenza dei 160/450 MHz con soli 23 canali bidirezionali.*

*Nel nostro paese il sistema radiomobile, detto di prima generazione, venne introdotto nel 1974 e funzionava a 160 MHz, ma era molto limitato nel numero dei canali e nelle prestazioni, richiedeva l'intervento degli operatori di centrale, ed era molto ingombrante per il peso e per la lunghezza dell'antenna.*

*Nel 1984 nacque invece il sistema radiomobile RTMI (Radio Telefono Mobile Integrato), funzionante a 450 MHz, detto di seconda generazione per via delle prestazioni di gran lunga migliori del precedente, era, infatti, direttamente connesso con la rete telefonica nazionale ed era più leggero e meno ingombrante, anche se oggi è stato completamente superato.*

*Sempre in Italia, nel 1990 abbiamo l'analogico **ETACS** (Extended Total Access System), funzionante a **900 MHz**, di prestazioni di gran lunga migliori del precedente soprattutto per copertura del territorio, per numero di canali disponibili, ma utilizzabile solo sul territorio nazionale, perché ogni nazione scelse allora uno standard diverso.*

*Per superare questo problema, finalmente, nacque nel 1995 il digitale **GSM** (Global System for Mobile communication) funzionante nella stessa gamma dei 900 MHz ma di caratteristiche concordate con tutte le nazioni principali europee in vista della unificazione di tutti i sistemi radiotelefonici mondiali.*

*Gli ultimissimi nati sono infine il **DCS** (Digital Cellular System) **1800**, anch'esso un **GSM**, ma funzionante sulla gamma dei **1800 MHz** anziché sui **900 MHz**, e il **DECT 1900** (Digital Extended Cordless Telephone), nato come telefono senza fili di uso limitato all'ambito casalingo e poi esteso all'ambito di tutta la superficie urbana.*

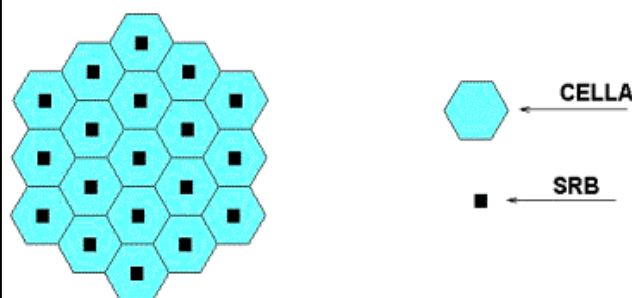
## CARATTERISTICHE COMUNI A ETACS E GSM

*Trascurando adesso di trattare quelli ormai superati come prestazioni e, comunque non più in uso, descriviamo le caratteristiche comuni dei più diffusi cellulari, e cioè, l'analogico **ETACS** ed il digitale **GSM**.*

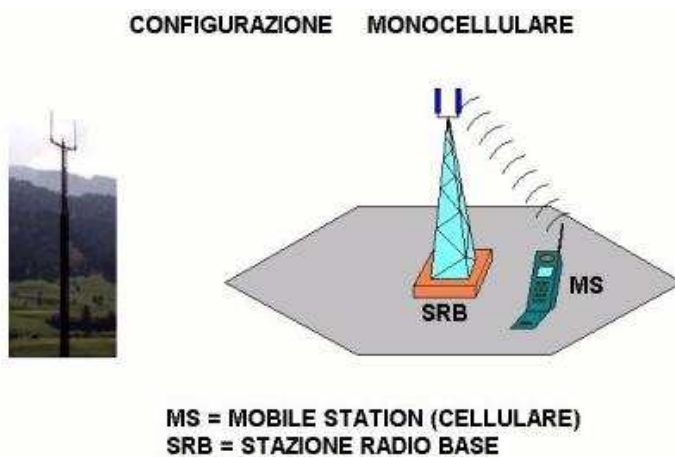
*Più in avanti dettaglieremo alcune loro caratteristiche peculiari.*

*La superficie geografica della nazione italiana è stata suddivisa in tante aree a forma di **celle**, di solito esagonali,*

**DISTRIBUZIONE DEL TERRITORIO IN CELLE**



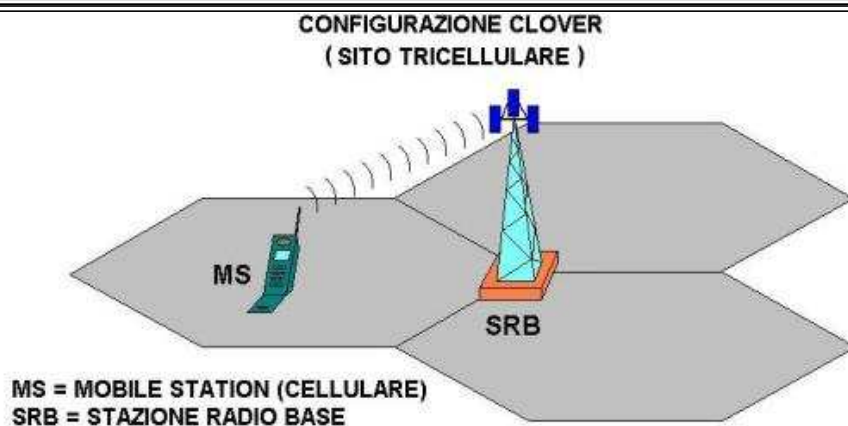
Da qui il nome di telefoni **cellulari**, con al centro una **SRB** (Stazione **R**adio **B**ase), talora detta **BTS** (Base **T**ransceiver **S**tation), che ha il compito di collegarsi a mezzo di onde elettromagnetiche con i cellulari presenti nella sua area d'azione.



Il singolo telefono cellulare è in collegamento via radio con la **SRB** più vicina, quella che si trova al centro della sua cella.

La configurazione monocellulare, con **SRB** al centro, è usata molto nelle zone poco abitate e con celle molto grandi.

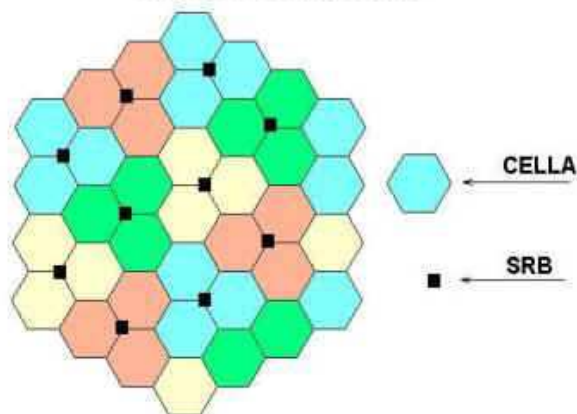
Nelle grandi città si preferisce invece la configurazione clover dove una **SRB** è posta all'incrocio fra tre celle, ed i gruppi di celle sono disposti come in figura.



Esempio di **SRB** in configurazione **CLOVER** montata su traliccio

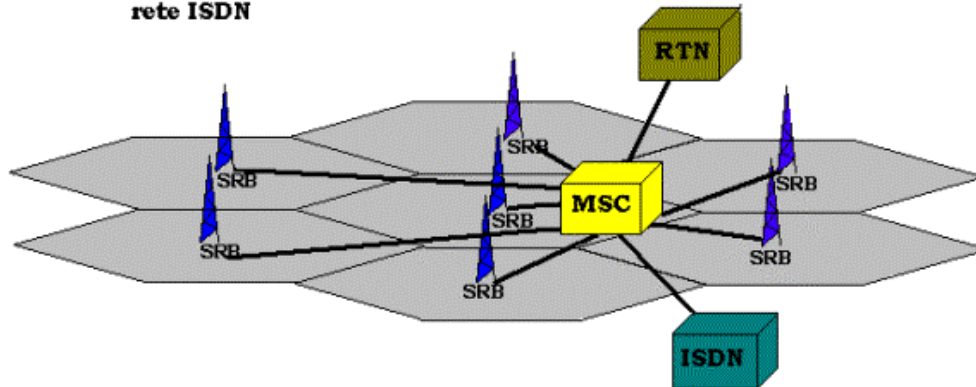


**ESEMPIO DI SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO IN GRUPPI DI TRE CELLE**



Tante **SRB** disposte su celle adiacenti sono collegate di norma a stella con cavi in fibra ottica con un centro di servizio e commutazione digitale, detto **MSC** (**M**obile **s**ervice **S**witching **C**enter) che ha il compito di ricevere le chiamate dei cellulari che le **SRB** gli inviano, e di commutarle, cioè inviarle **RTN** (**R**ete **T**elefonica **N**azionale) o alla rete **ISDN** (**I**ntegrated **S**ervice **D**igital **N**etwork) cui sono collegati direttamente.

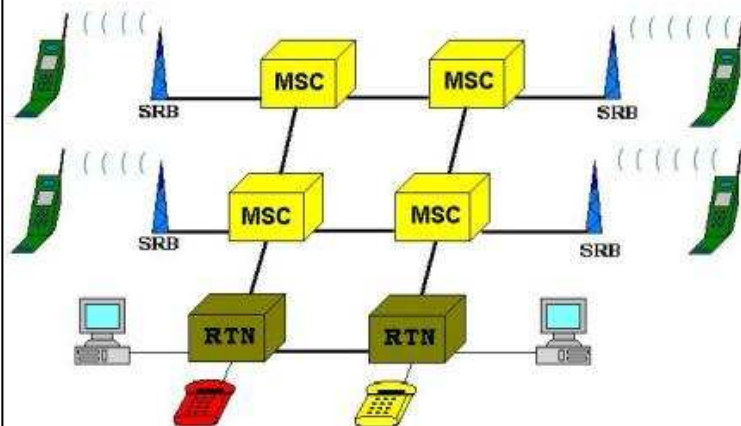
**Il centro di commutazione e servizi, MSC, collega le stazioni radio base (SRB) con la rete telefonica nazionale (RTN) e con la rete ISDN**



*Gli MSC consentono naturalmente anche i collegamenti fra due cellulari e quindi fra le due SRB prossime ai cellulari chiamanti, pertanto gli MSC sono collegati a maglia tra loro secondo lo schema seguente.*

*In questo modo ogni singolo cellulare può essere messo in collegamento con qualsiasi apparecchio telefonico della rete telefonica nazionale ma anche con qualsiasi altro cellulare o con un PC.*

**IN QUESTO MODO E' POSSIBILE COLLEGARE APPARECCHI TELEFONICI FISSI CON CELLULARI E CON LA RETE DELLE RETI: INTERNET**



## POTENZE

*Le potenze in trasmissione dei cellulari commerciali più in uso vanno da un massimo di circa 2 W a un minimo di qualche mW.*

*Le potenze vengono controllate e misurate dall'MSC che indica continuamente al cellulare il valore di potenza da usare che deve essere la più piccola possibile, compatibilmente con le esigenze di sensibilità in ricezione e purché il rapporto S/N sia accettabile.*

*Ciò è necessario al fine di non interferire con le trasmissioni degli altri cellulari.*

*Riducendo la potenza in trasmissione da e per la SRB si riduce in conseguenza la portata del cellulare, si riducono le dimensioni delle celle, specialmente nei centri intensamente popolati, consentendo il riuso delle frequenze a breve distanza, ottenendo infine un considerevole aumento del numero di utenti sullo stesso territorio.*

## SISTEMA ETACS 900

*Nato, come già detto, nel 1990, l'ETACS è un sistema radiomobile di seconda generazione di tipo analogico funzionante nella gamma dei 900 MHz precisamente:*

*890 – 915 MHz in UPLINK, cioè dal cellulare alla SRB*

*935 – 960 MHz in DOWNLINK, cioè dalla SRB al cellulare.*

*Il sistema dispone quindi di una gamma di **25 MHz**, in quanto:*

$$915 - 890 = 25 \text{ MHz},$$

*che viene divisa in **1000 canali** da **25 KHz**.*

*Non tutti i 1000 canali sono però utilizzati, in quanto le stesse frequenze sono condivise dallo standard **GSM** che occupa circa la metà della gamma di frequenze.*

*Alcuni di questi canali sono impiegati per la trasmissione vocale in modulazione di frequenza (**FM**), altri, invece sono di servizio e di controllo in modulazione digitale **FSK**.*

*È previsto che debba essere gradualmente sostituito dal **GSM** fino a scomparire dopo il 2002.*

## **SISTEMA GSM**

*Questo è il primo sistema cellulare radiomobile completamente digitale che sia entrato in funzione in Italia.*

*I vantaggi del sistema **GSM** di tipo digitale sull'**ETACS** di tipo analogico sono molti, di questi, i principali sono i seguenti:*

*Possibilità di individuare e correggere gli errori di trasmissione via etere.*

*Quasi totale immunità ai disturbi, per cui la trasmissione è più pulita.*

*Ne discende la necessità di un minore rapporto segnale/disturbo (S/N) che comporta la possibilità di trasmettere con potenza inferiore e il riutilizzo delle frequenze a breve distanza e quindi, in ultima analisi, la possibilità di avere nello stesso territorio un maggior numero di utenti.*

*L'uso delle modulazioni digitali consente di utilizzare il sistema **GSM**, oltre che per le trasmissioni telefoniche, anche per la trasmissione dati, per il **FAX**, per il collegamento fra computer, con **INTERNET** e con le banche dati per realizzare un grandissimo numero di servizi.*

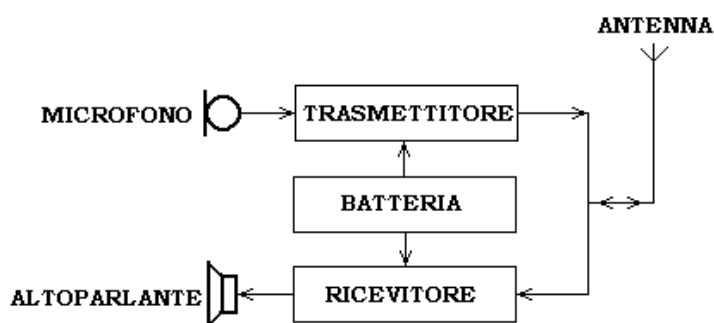
*Si garantisce la riservatezza delle trasmissioni telefoniche perché queste avvengono in codice e non in chiaro come nell'**ETACS**. Pertanto se si intercetta la trasmissione di un **ETACS**, la si ascolta integralmente in chiaro, mentre se si intercetta la trasmissione di un **GSM** si ascolta solo una sequenza di bit codificati, senza alcun nesso logico apparente anche perché il codice è noto solo al trasmettitore e al ricevitore e la frequenza cambia continuamente.*

*Possibilità di personalizzare la scheda con la carta **SIM** (**Subscriber Identity Module**) in cui vengono memorizzati i dati del proprietario e che può essere utilizzata con qualsiasi altro cellulare di tipo **GSM**.*

## **STRUTTURA DI UN CELLULARE**

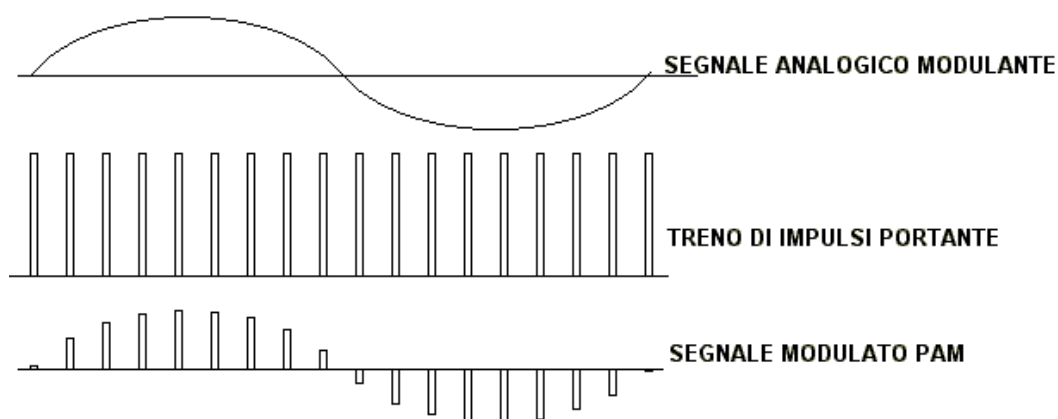


### SCHEMA A BLOCCHI SEMPLIFICATO

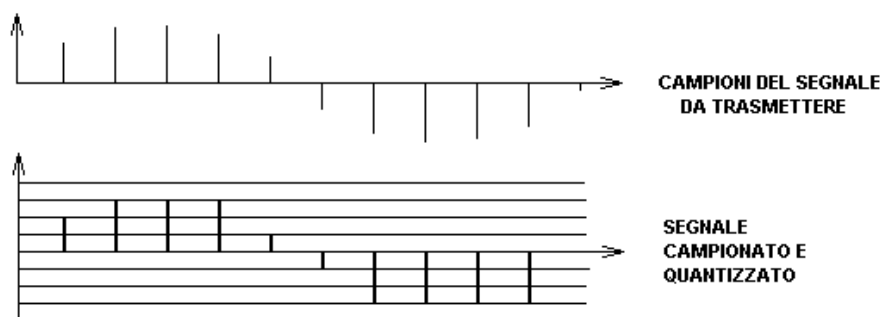


### PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

La voce dell'utente chiamante, costituita da onde sonore, è captata dal microfono del cellulare indicato in figura e, da questo, convertita in corrente elettrica analogica, cioè della stessa forma del segnale originario.



Questa viene poi campionata, secondo la tecnica **PAM** (*Pulse Amplitude Modulation*) indicata di seguito, poi ancora quantizzata, e quindi codificata, trasformandola in una sequenza di bit mediante una codifica **PCM** (*Pulse Code Modulation*)



*Il segnale così campionato, quantizzato, viene codificato trasformandolo in una sequenza di bit uno e zero:*

1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1

*A questi vengono aggiunti parecchi altri bit, detti ridondanti, per il controllo degli errori.*

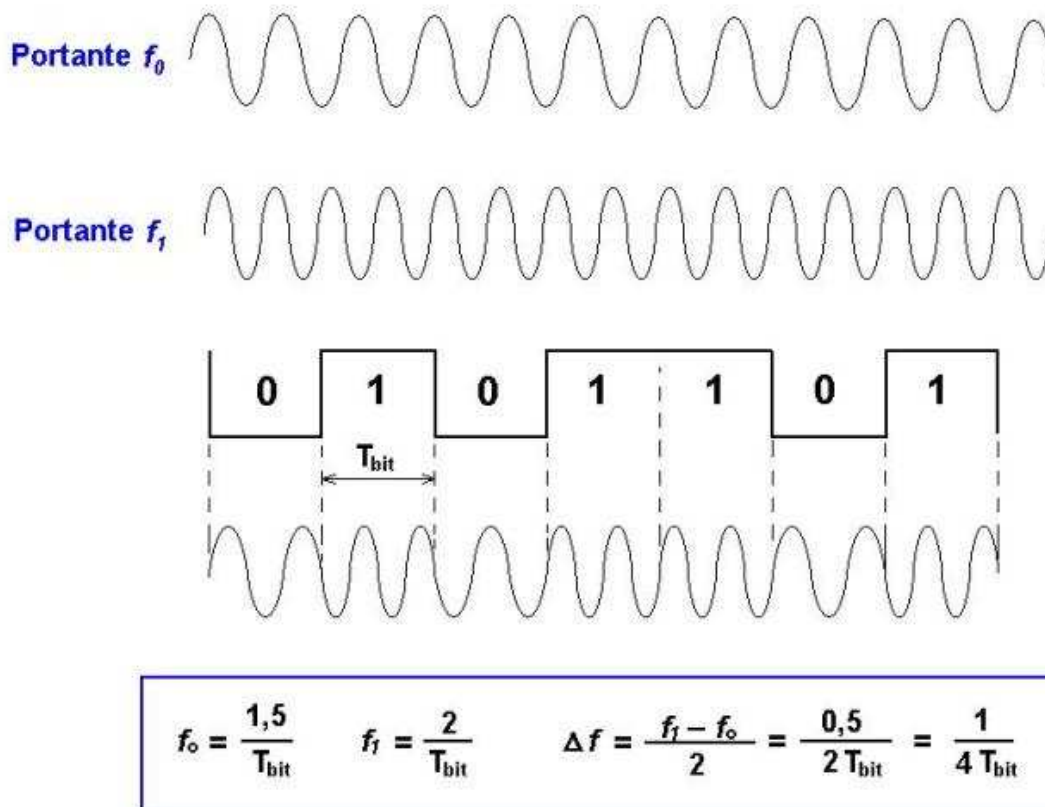
*I bit vengono quindi mescolati con una logica pseudocasuale secondo un codice noto solo al trasmettitore ed al ricevitore, ma non trasmesso via etere al fine di garantirne la segretezza e la ricezione senza errori.*

*La sequenza viene infine modulata con una tecnica detta **MSK** (**M**inimum **S**hift **K**eying), indicata in figura, e trasmessa via etere.*

*Per la modulazione in pratica si utilizzano due frequenze portanti trasmettendone una in corrispondenza del bit uno, e l'altra in corrispondenza del bit zero facendo in modo però che non ci sia mai discontinuità di fase nel passare da una portante all'altra come indicato in figura.*

**La modulazione del GSM è del tipo MSK (Minimum Shift Keying)**

**La MSK è un derivato della FSK (Frequency Shift Keying) con una variante che le consente di non variare mai la fase durante la transizione tra due bit consecutivi**



## FREQUENZE

La gamma di frequenze **UHF** è la stessa di quella usata dall'**ETACS** per cui i due sistemi devono spartirsi i canali per non disturbarsi reciprocamente.

Le frequenze usate sono quindi:

890 – 915 MHz in **UPLINK**, cioè dal cellulare alla **SRB**

935 – 960 MHz in **DOWNLINK**, cioè dalla **SRB** al cellulare.

Le trasmissioni dei **GSM** occupano quindi due bande di frequenza larghe **25 MHz** che vengono multipliate in **FDMA** in **124** canali da **200 KHz** ciascuno.

Ogni canale da **200 KHz** è poi multiplato in **TDMA** in **8 slot** che insieme costituiscono la trama del **GSM**

Si ottengono quindi complessivamente:

$124 \times 8 = 992$  canali telefonici utili **FULL DUPLEX**

Ogni canale in **UPLINK** dista dal corrispondente in **DOWNLINK** esattamente di **45 MHz**.

### CODIFICA E TRAMA DEL GSM

Il segnale microfonico di tipo analogico, viene convertito in digitale campionandolo, secondo il teorema di **Shannon**, essendo la banda telefonica 4 KHz, ad una frequenza di

$$F_c = 2B = 8 \text{ KHz},$$

Vengono quindi rilevati 8.000 campioni al secondo del segnale microfonico ed ogni campione è codificato con 13 bit ottenendo una velocità di trasmissione di:

$$v_T = 8000 \times 13 = 104 \text{ KBit / sec}$$

Questi bit, immessi in un codificatore /compressore vengono compressi a **13 Kbit /sec** senza perdere nulla nelle caratteristiche informative.

Nel tempo di 20 msec vengono costituiti dei blocchi di bit in numero di:

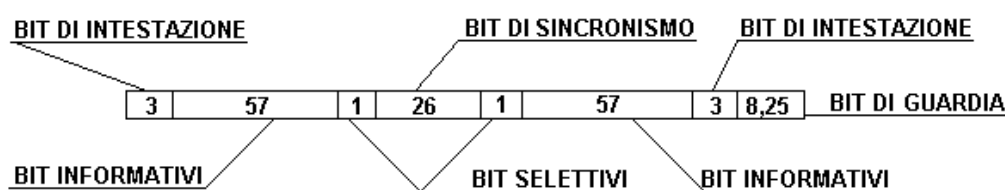
$$13000 \cdot 0,02 = 260 \text{ bit}$$

Questo blocco viene scomposto dal microprocessore incorporato nel cellulare in tre parti, cui a loro volta vengono aggiunti parecchi bit necessari per l'identificazione e correzione degli errori in ricezione, fino ad arrivare al numero di 456, divisi in 8 sottoblocchi di 57 ciascuno.

Ogni due sottoblocchi di 57 bit informativi si costituisce un **TIME SLOT** che però deve comprendere, per la ricostruzione della portante in ricezione, 26 bit di sincronismo, poi, per la determinazione dell'inizio e della fine del time slot, tre bit di intestazione all'inizio e alla fine del time slot, ed in più 8,25 bit di guardia finali come blanking fra i vari time slot.

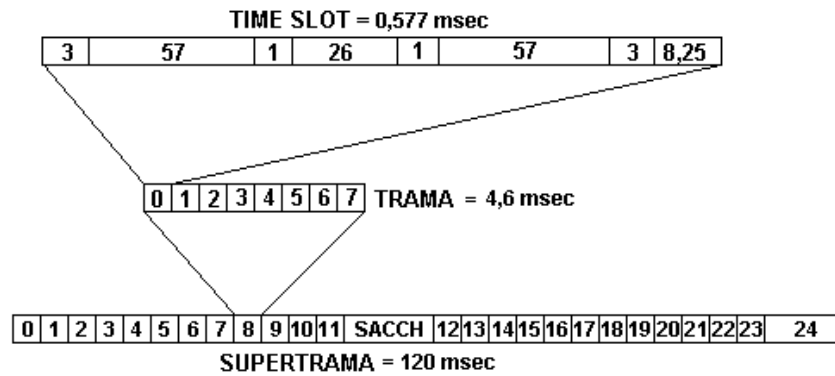
I 2 bit a sinistra e a destra dei 26 bit di sincronismo servono poi per distinguere i canali vocali da quelli di servizio.

Il time slot risulta in complesso:



8 time slot consecutivi costituiscono poi la **trama del GSM**, che viene trasmessa con un'unica frequenza, scelta da **1 a 124** nella gamma dei **900 MHz**, come già detto.





Infine **26** trame consecutive, costituiscono la supertrama del **GSM**, secondo lo schema seguente:

La trama fra l'undicesima e la dodicesima detta **SACCH** (Slow Associate Contro Cannule) è usata per verificare la bontà del collegamento, mentre l'ultima, la numero 24 è prevista per i servizi futuri.

Lo **scrambling** viene fatto prima della formazione dei sottoblocchi al fine di ridurre gli errori di trasmissione che potrebbero concentrarsi in un sottoblocco e rendere impossibile la correzione con i normali metodi a correzione di errore in quanto si può correggere solo un numero minimo di errori fra bit che non devono essere consecutivi.

Un ulteriore metodo usato per ridurre gli errori di trasmissione è detto **frequency hopping**, cioè a salto di frequenza.

Durante la trasmissione in **GSM**, viene continuamente misurata l'intensità di campo dovuta ai vari canali e viene scelto continuamente, al variare del time slot, il canale con campo e rapporto S/N migliore.

Si ottiene quindi che la frequenza di trasmissione è continuamente variabile, aggiungendo questa caratteristica allo **scrambling**, cioè al mescolamento continuo dei bit si capisce quanto nello standard **GSM** sia praticamente impossibile decifrare una trasmissione intercettata.

## DECT

Il **DECT** è un'espansione del telefono senza fili usato in ambiente domestico, poi esteso a tutta la città.

Le celle sono molto più piccole di quelle del **GSM**, per cui la potenza in trasmissione non supera i **10 mW** e, potendo riusare le frequenze, si possono avere fino a **120.000** utenti per  $\text{Km}^2$ , cinque volte di più che nel sistema **GSM**.

Non è attualmente possibile usarlo al di fuori dei confini della città.

## DCS 1800

Il sistema **DCS 1800** è anch'esso un **GSM** ma funzionante sulla gamma dei **1800 MHz** invece che sui **900 MHz**.

È recente, ha migliori caratteristiche di propagazione per la frequenza più alta, le celle sono più piccole e quindi è particolarmente indicato per le aree urbane dove dà luogo a un maggior numero di collegamenti rispetto al **GSM 900**.

## DUAL BAND

I cellulari nati con questo standard sono **DUAL BAND**, possono cioè connettersi sia alla rete a **900 MHz** che a quella a **1800 MHz** per cui risulta molto più facile trovare la linea nel caso di campo

debole.

## WAP

I cellulari **WAP** (**Wireless Application Protocol**), di recente realizzazione, consentono una interconnessione con la rete delle reti, **INTERNET**, anche se con delle limitazioni per quanto riguarda il colore del display, che non è certamente confrontabile con quello dei PC, con le ridottissime dimensioni dello schermo come si vede dagli esempi:



## UMTS

I cellulari di terza generazione sono infine gli **UMTS** (**Universal Mobile Telecommunication System**) attualmente in fase di progettazione e realizzazione, e per i quali sono appena state assegnate le concessioni ai gestori.

Le caratteristiche più salienti di questi nuovi cellulari sono la maggiore velocità di trasmissione dei dati che dagli attuali 9.600 Kbit/sec arriverà addirittura a 2 Mbit/sec aumentando di un fattore maggiore di 100 e consentendo oltre che la connessione alla rete **INTERNET**, anche la trasmissione di immagini televisive, sia pure con le evidenti limitazioni, la trasmissione di **FAX**, la predisposizione alla teleripresa degli utenti e la connessione con tutti i servizi che la telefonia numerica oggi già consente alla rete fissa.

Sono di seguito rappresentati alcuni prototipi dei cellulari di terza generazione **UMTS**.

