



GSM - Parte II

Il livello fisico dell'interfaccia radio



Tecnica di Accesso e Struttura dei Canali

- GSM usa una tecnica di accesso mista tempo/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 stazione trasmette un blocco di dati in un intervallo temporale (1 canale TDM) e "tace" durante gli altri 7 intervalli dedicati agli altri canali.

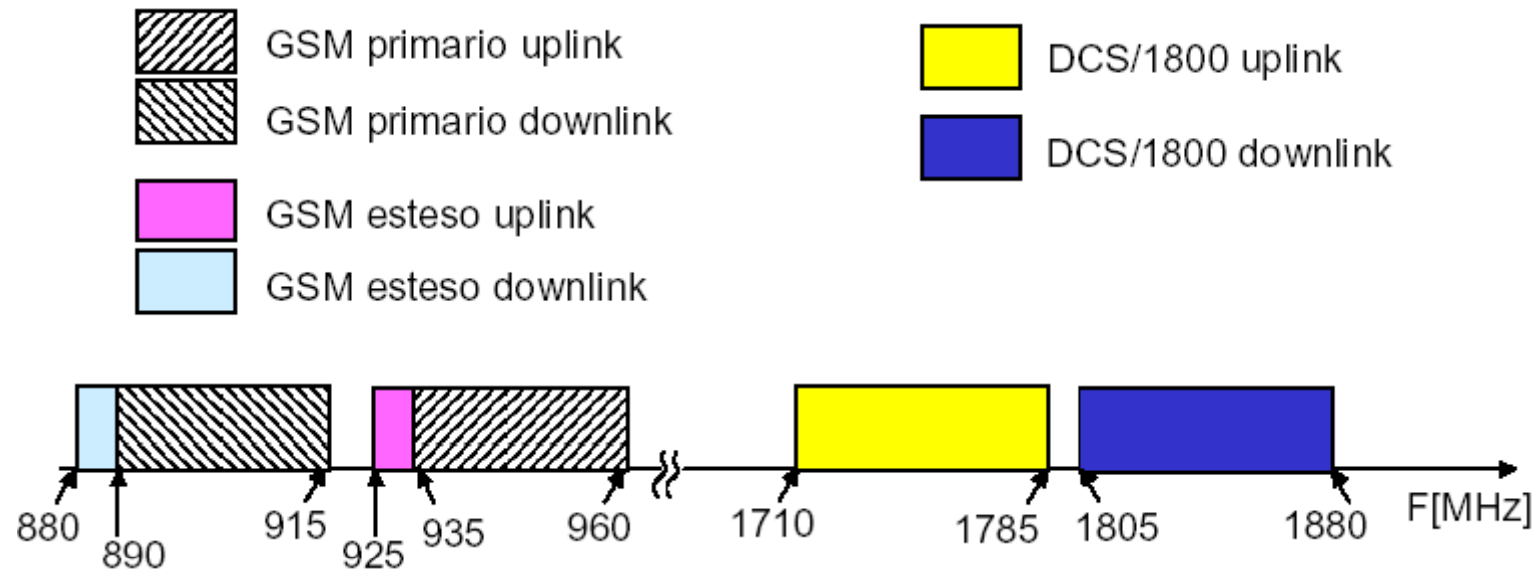


Tecnica di Accesso e Struttura dei Canali

- Per risparmiare le batterie e ridurre l'interferenza il trasmettitore RF viene spento quando non trasmette e anche quando non vi è informazione da trasmettere (soppressione dei silenzi)
- Spegnimento e l'accensione del trasmettitore RF pongono notevoli problemi di "ramping", cioè di transitorio per portare l'amplificatore a regime prima di cominciare la modulazione dei dati



Frequenze assegnate al GSM (Europa)



- In UK e USA si usano bande intorno a 1900MHz anziché intorno a 1800MHz.
- Esistono terminali "tri-band"



Frequenze assegnate al GSM (Europa)

- I canali uplink e downlink sono sempre accoppiati in modo fisso e distano
 - ✓ 45 MHz a 900
 - ✓ 95 MHz a 1800
- A 900 dispone di 124 (125-1) canali FDM nella parte primaria dello spettro più 50 canali nella parte estesa
- A 1800 dispone di 374 (375-1) canali FDM
- Il canale all'estremo inferiore non è **mai** usato
- Se possibile sia a 900 che a 1800 anche i canali all'estremo superiore sono usati come "guardia"



Frequenze assegnate al GSM (Europa)

- La banda assegnata a GSM è parzialmente sovrapposta a quella dei servizi TACS, creando qualche problema di "convivenza"
- Esiste un sistema di numerazione assoluto dei canali (ARFCN - Absolute Radio Frequency Channel Number), che consente di identificare in modo univoco il canale da usare (o in uso) indipendentemente dal fatto che sia GSM/900 o DCS/1800
- I canali GSM-900 hanno ARFCN da 0 a 124 (primario) e da 974 a 1023 (esteso)



Assegnazione delle frequenze in Italia

- In Italia le frequenze in uso per il TACS sono nella banda assegnata al GSM a livello internazionale, creando quindi situazioni di conflitto

**Esempio: assegnazioni per l'uplink nel 1997
(quelle per il downlink si ottengono aggiungendo 45 MHz)**

TACS Da 882 MHz a 902.6

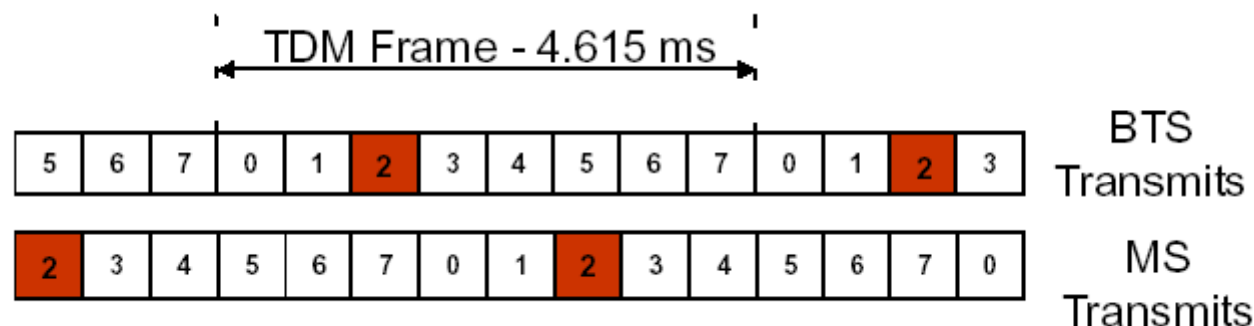
GSM TIM Da 902.7 MHz a 908.2-

GSM Omnitel Da 908.2+ MHz a 913.7



Struttura della trama GSM

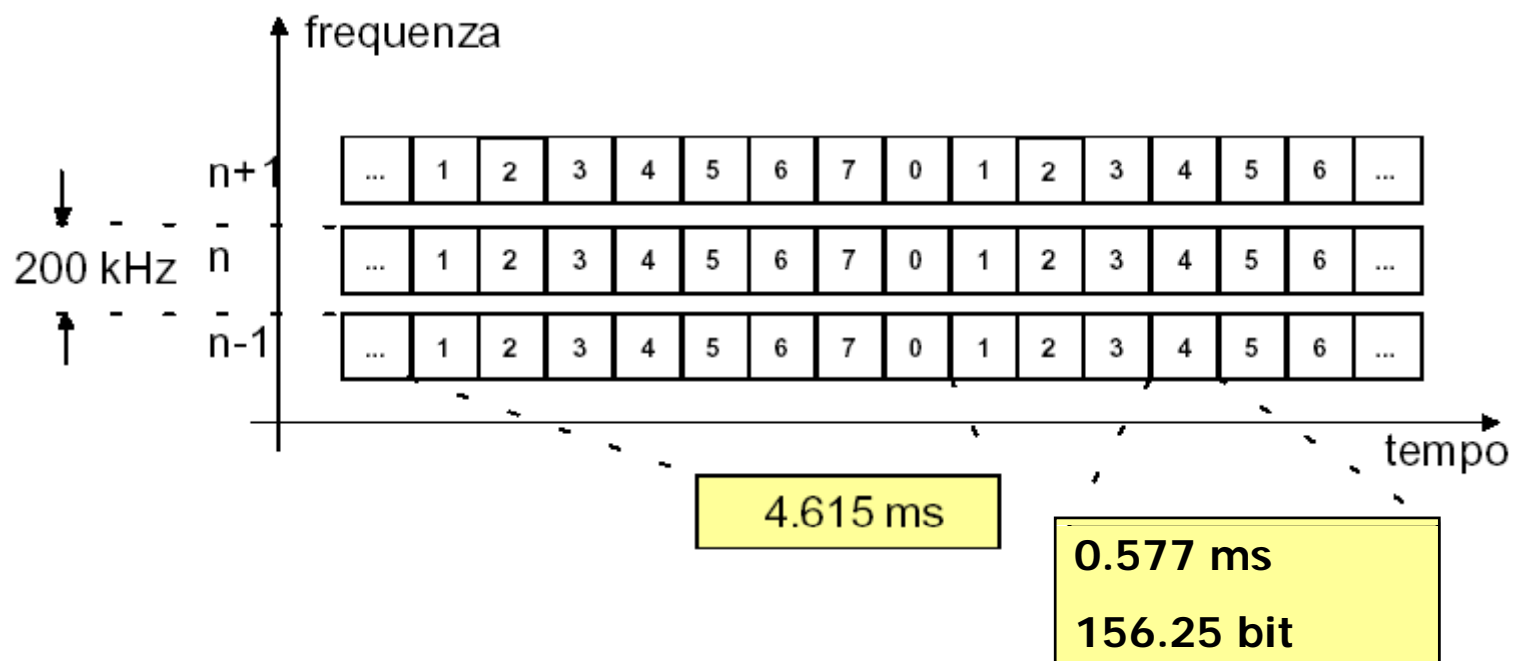
- Ogni canale FDM è diviso in 8 canali TDM; la durata della trama TDM è di 4.615 ms (156.25 bit)
- La trasmissione bidirezionale in GSM è ottenuta mediante la tecnica a divisione di tempo (TDD - Time Division Duplex) anche se su diversi canali in frequenza: basta una sola interfaccia radio!
- Le trame sui canali uplink e downlink sono sincronizzate e sfalsate di 3 slot, in modo da consentire la separazione tra trasmissione e ricezione





FDM/TDM

- Frequenza + time slot = canale
- Time slot adattati ai burst di trasmissione



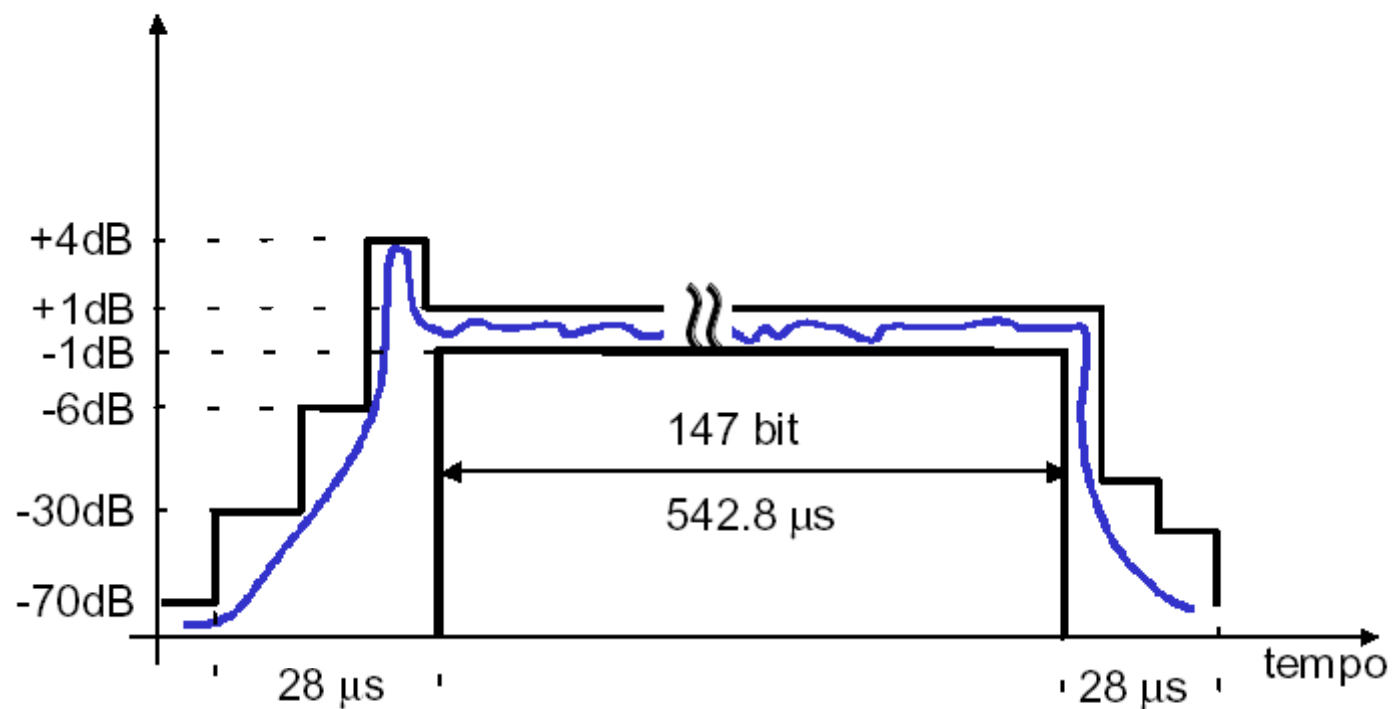


Ramp-up e inviluppo

- Gli amplificatori hanno dei tempi non nulli di accensione e spegnimento (ramp-up/down)
- La trasmissione deve avvenire a inviluppo costante e senza interferenza con lo slot precedente e successivo
- **è necessario sincronizzare in modo molto fine tutti gli MT rispetto alla BTS**
- Servono dei periodi di guardia prima e dopo la trasmissione dell'informazione utile
- Nei periodi di guardia i segnali si possono sovrapporre



Ramp-up e inviluppo



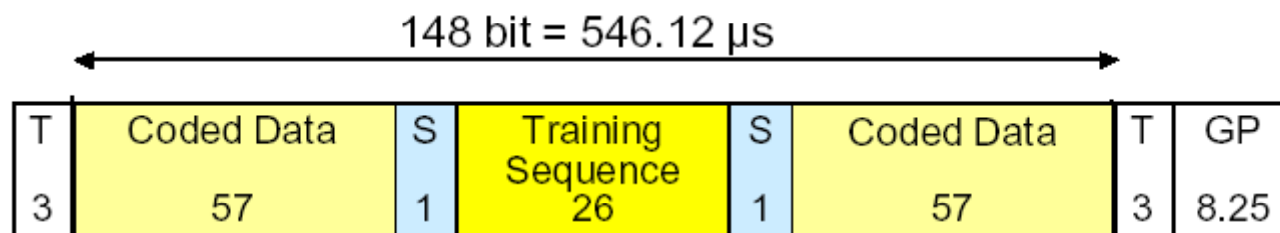


5 “tipi” di burst

- **“normali”**: per la trasmissione di messaggi sia sui canali di traffico che su quelli di controllo
- **“accesso”**: usati nelle fasi di setup quando MT non è ancora sincronizzato con BTS (solo uplink)
- **“sincronizzazione”**: inviati da BTS per la sincronizzazione degli MT
- **“correzione della frequenza”**: inviati periodicamente da BTS per consentire la correzione degli oscillatori degli MT
- **“dummy”**: inviati sugli slot vuoti se è necessario tenere alta la potenza della portante



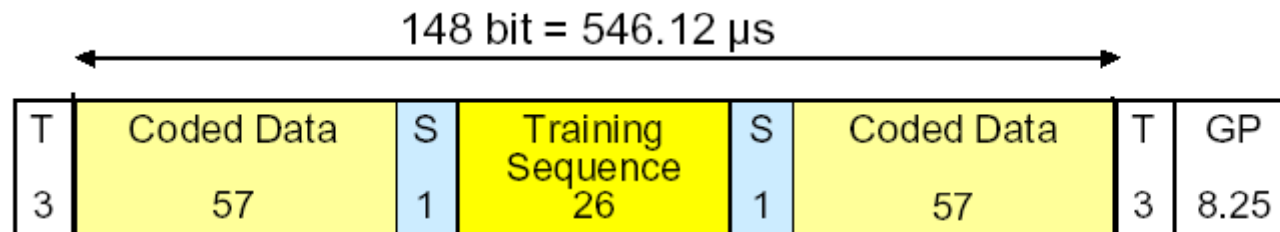
Struttura dei burst “normali”



- **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 sincronizzazione e per l'aggancio dei trasmettitori



Struttura dei burst “normali”



- **T-bits:** posti sempre a 0, usati come tempi di guardia e per l'inizializzazione del demodulatore
- **S-bits:** segnalano se il burst contiene dati utente o di segnalazione
- **GP:** periodo di guardia per consentire l'accensione e lo spegnimento dei trasmettitori



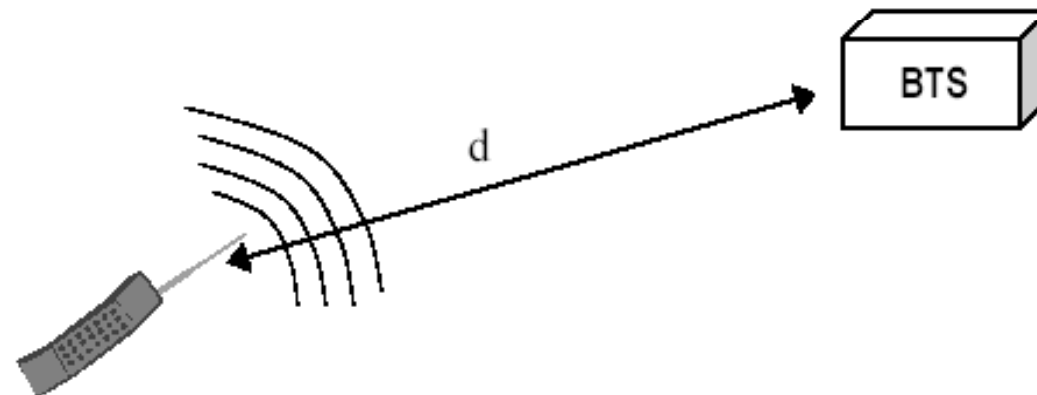
Struttura dei burst “di accesso”

Ext -T	Sync	Coded Data	T	Ext. GP
8	41	36	3	68.25

- **T-bits:** posti sempre a 0, usati come tempi di guardia e per l'inizializzazione del demodulatore, notare la sequenza estesa a 8 bit all'inizio del burst
- **Sync-bits:** sequenza nota; consente l'aggancio del ricevitore alla BTS
- **Coded Data:** bit di utente (dati),
- **Ext. GP:** periodo di guardia allungato per garantire che il burst, trasmesso come se ci si trovasse alla massima distanza da BTS, non “sbordi” sullo slot successivo



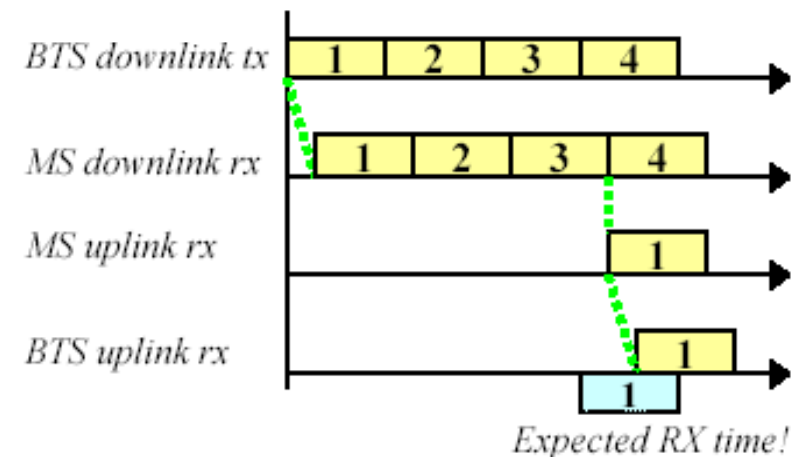
Guard Period rationale



→ Assume the following synchro mechanism:

- ⇒ BTS transmits at time 0
- ⇒ MS receives at time d/c
- ⇒ MS transmits at time $3+d/c$
- ⇒ BTS receives at time $3+2d/c$

→ Offset depending on d!





Struttura dei burst “di sincronizzazione”

T	Coded Data	Ext. Training Sequence	Coded Data	T	GP
3	39	64	39	3	8.25

- **T-bits:** posti sempre a 0, usati come tempi di guardia e per l'inizializzazione del demodulatore
- **Ext. Sync-bits:** sequenza nota; consente l'aggancio del ricevitore alla BTS
- **Coded Data:** bit di segnalazione per la trasmissione dei dati relativi alla sincronizzazione globale. Contengono anche informazioni per identificare la rete (operatore) cui appartiene la cella e la cella stessa (Location Area e codice di cella)
- **GP:** periodo di guardia



Struttura dei burst “di correzione di frequenza”

- **T-bits:** posti sempre a 0, usati come tempi di guardia e per l'inizializzazione del demodulatore
- **GP:** periodo di guardia
- La sequenza di tutti zero, data la modulazione GMSK, equivale a trasmettere una sinusoide pura per tutta la durata del burst

T 3	Sequenza di tutti 0 142	T 3	GP 8.25
--------	----------------------------	--------	------------



Struttura dei burst "dummy"

- Sono burst normali in cui al posto dei dati vengono trasmessi tutti zero
- I bit di stealing sono eliminati
- Vengono usati solo dalle BTS per l'individuazione (potenza elevata) del canale C0 che è il canale "principale" della cella

T	All zero	Training Sequence	All zero	T	GP
3	58	26	58	3	8.25



Assegnazione delle risorse alle celle

- Ciascuna cella GSM può avere da 1 a 16 portanti
- Lo slot '0' di una portante è sempre usato per un canale di broadcast su cui vengono trasmessi i burst di correzione della frequenza e di sincronizzazione. Questa frequenza è chiamata **CO** ed è la "portante principale" della cella
- Su CO la BTS trasmette in modo continuo, usando burst dummy se non ha dati da trasmettere
- Se ci sono più di tre portanti in una cella è possibile abilitare la funzione di Frequency Hopping (FH) per ridurre gli effetti del fading veloce



FH - Scopo

- FH serve ad "allargare" lo spettro di trasmissione, riducendo gli effetti del fading da percorsi multipli: si guadagnano circa 2dB
- FH in GSM è detto "lento" perchè il cambio di frequenza avviene con cadenza di trama (8 slot - 4.615 ms) e non di pochi bit
- MT deve essere in grado di re-sintonizzare Tx ed Rx in circa 1 ms
- BTS ha 2 tranceiver (Tx ed Rx) per ogni portante e quindi gestisce FH a livello logico di assegnazione dei burst dati ai diversi canali



FH - Modalità

- L'uso o meno di FH è una scelta dell'operatore
- Se la rete indica a MT di andare in modalità FH questo deve essere in grado di farlo
- Le sequenze di Hopping sono calcolate da BTS ed MT in base ad algoritmi di generazione di sequenze pseudo-casuali, in alternativa si può seguire un più semplice hopping ciclico
- Le modalità e la sequenza di hopping sono decise da BTS e trasmessa ad MT

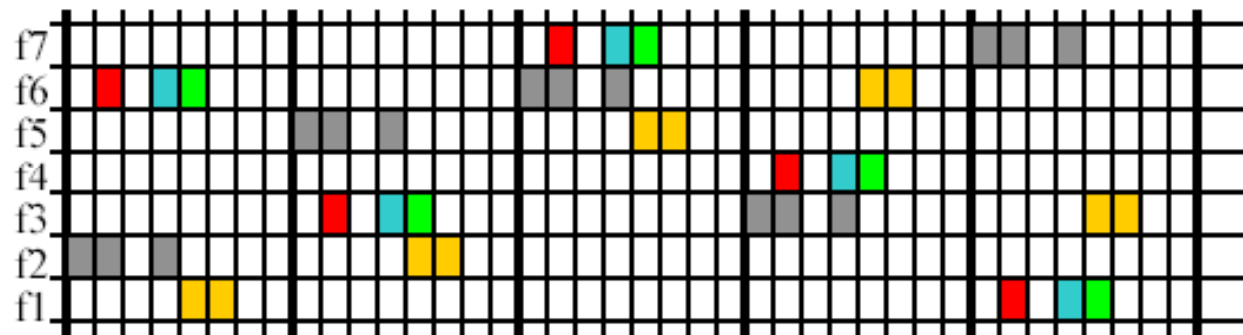


Parametri dell'algoritmo di Hopping

- MA (Mobile Allocation) - vettore delle frequenze disponibili
- MAIO (MA Index Offset) - valore di sfasamento del salto di frequenza
- HSN (Hopping Sequence generator Number) - seme della sequenza pseudocasale che pilota l'algoritmo
- FN (Frame Number) - numero assoluto della trama GSM
- RNTABLE - vettore di 128 (0-127) numeri disposti in modo pseudocasuale



Slow Frequency hopping (optional procedure within individual cell)



Hopping sequence (example):

... $\rightarrow f1 \rightarrow f2 \rightarrow f5 \rightarrow f6 \rightarrow f3 \rightarrow f7 \rightarrow f4 \rightarrow f1$...

Slow = on a per-frame basis

- 1 hop per frame (4.615 ms) = 217 hops/second

Physical motivation:

- combat frequency-selective fading
- combat Co-Channel Interference

next slot may not interfere with adjacent cell slot (different hopping sequence)

- improvements: acceptable quality with 9 dB SNR versus 11 dB

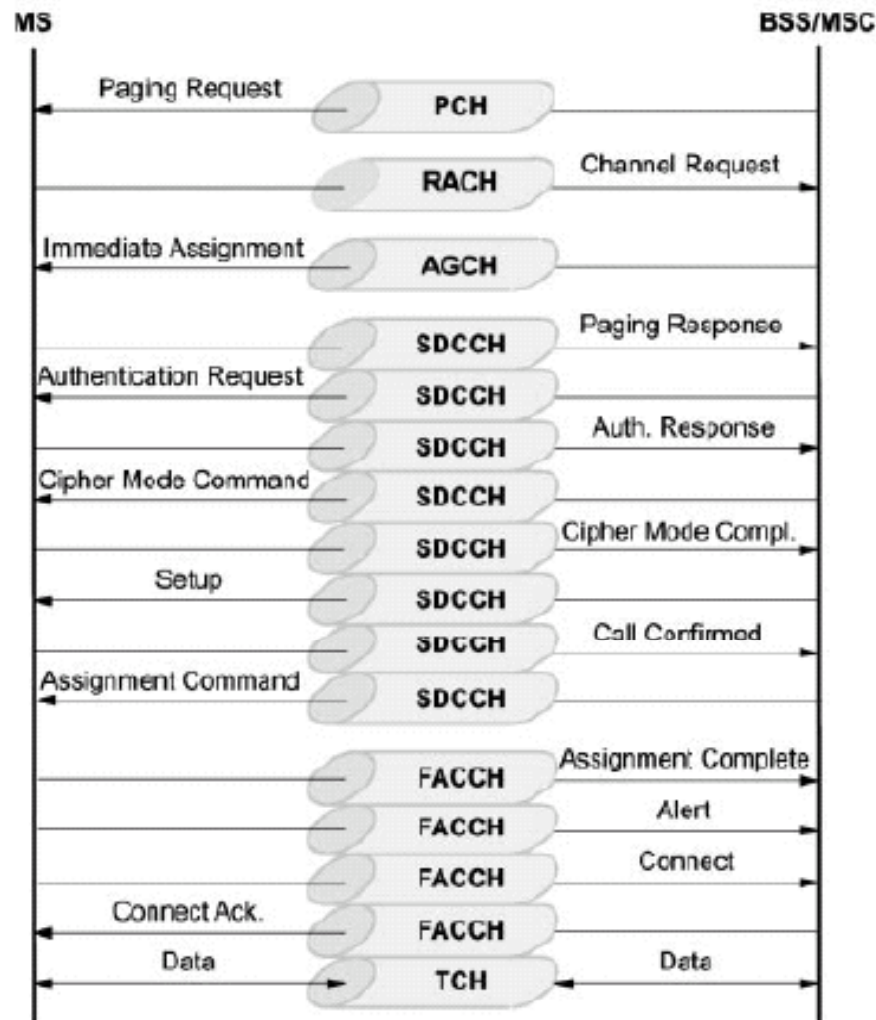


GSM logical channels

Traffic channel (TCH)	TCH/F	TCH full rate	MS \leftrightarrow BSS
	TCH/H	TCH half Rate	MS \leftrightarrow BSS
Broadcast channel <i>(same information to all MS in a cell)</i>	BCCH	Broadcast control	BSS \rightarrow MS
	FCCH	Frequency Correction	BSS \rightarrow MS
	SCH	Synchronization	BSS \rightarrow MS
Common Control channel (CCCH) <i>(point to multipoint channels)</i> <i>(used for access management)</i>	RACH	Random Access	MS \rightarrow BSS
	AGCH	Access Grant	BSS \rightarrow MS
	PCH	Paging	BSS \rightarrow MS
Dedicated Control channel (DCCH) <i>(point-to-point signalling channels)</i> <i>(dedicated to a specific MS)</i>	SDCCH	Stand-alone Dedicated control	MS \leftrightarrow BSS
	SACCH	Slow associated control	MS \leftrightarrow BSS
	FACCH	Fast associated control	MS \leftrightarrow BSS

Additional logical channels available for special purposes
(SMS, group calls, ...)

An example procedure involving signalling



Setup for an incoming call (call arriving from fixed network part - MS responds to a call)

Steps:

- paging for MS
- MS responds on RACH
- MS granted an SDCCH
- authentication & ciphering on SDCCH
- MS granted a TS (TCH/FACCH)
- connection completed on FACCH
- Data transmitted on TCH



Canali fisici GSM

- Un canale fisico e' dato da una sequenza di burst
→ un time-slot ogni trama
- La velocita' di trasmissione (lorda) e'
 $148\text{bit}/4.615\text{ms} = \sim 32\text{kbit/s}$
- Nei burst normali i bit utili (a valle della codifica)
sono 114 → $\sim 24.7\text{kbit/s}$
- I dati utente sono protetti da codici, la velocita'
di trasmissione utile per l'utente dipende dallo
schema di codifica
- Es. Codificatore voce:
 $13\text{kbit/s} + \text{codifica} = \sim 24.7\text{kbit/s}$



Canali fisici GSM

- Sui canali fisici sono mappati i canali logici
- Lo schema di codifica usato dipende dal canale logico
- La mappatura dei canali logici sui canali fisici fa riferimento ad uno schema di temporizzazione assoluto che definisce trame, supertrame (di traffico e controllo) e ipertrame



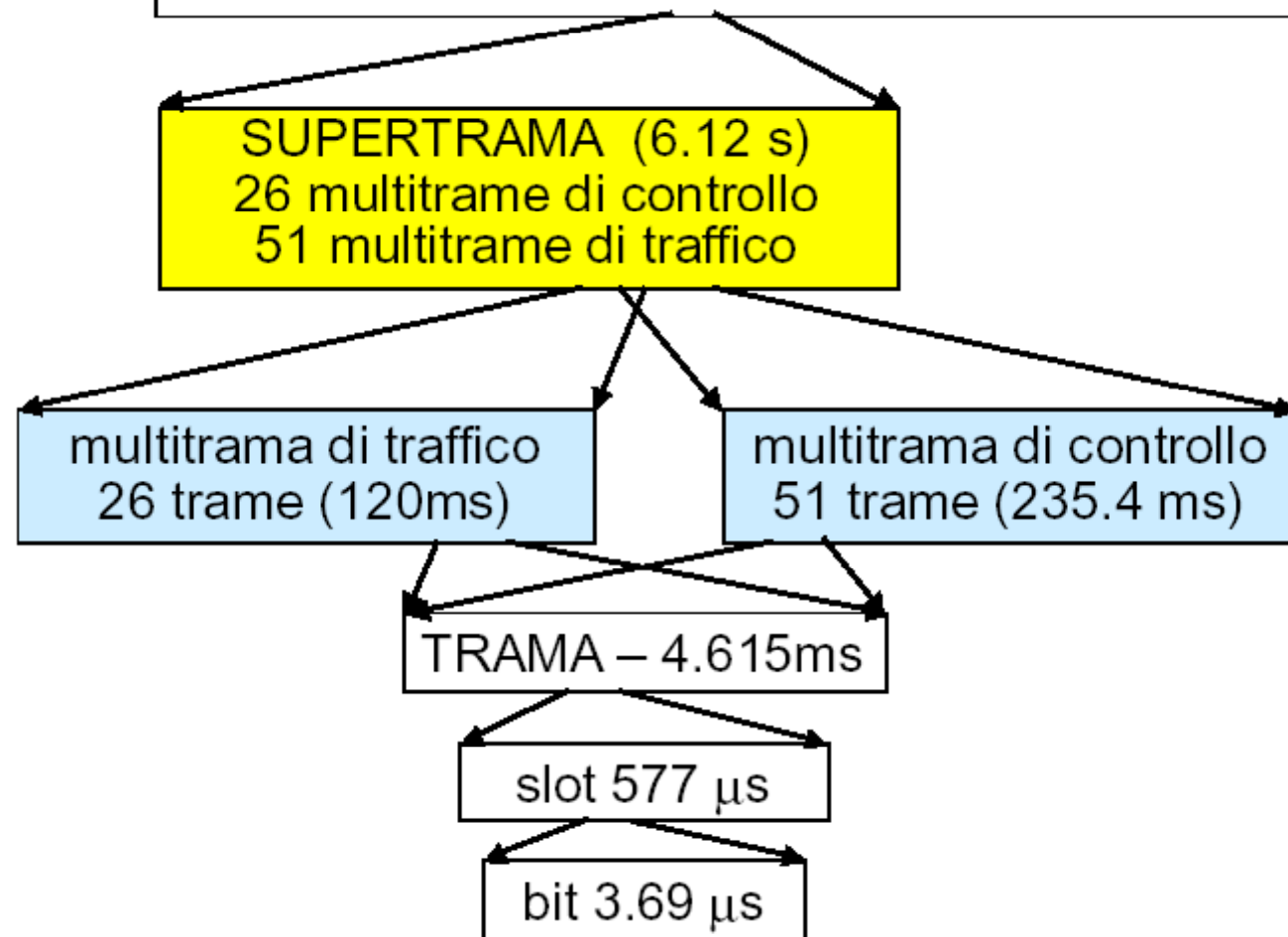
Tramatura GSM

- TRAMA - 8 slot in TDMA (4.615ms)
- MULTITRAMA DI TRAFFICO - 26 trame (120ms)
- MULTITRAMA DI SEGNALAZIONE - 51 trame (235.4 ms)
- SUPERTRAMA - 26 multirame di controllo, ovvero 51 multitrame di traffico (6.12 s)
- IPERTRAMA - 2048 supertrame (3h 28m 53s 760ms)



Tramatura

GSM IPERTRAMA – 2048 supertrame (3h 28m 53s 760ms)





Temporizzazione GSM

- Il modulo di FN e'

$$26 * 51 * 2048 = 2.715.647$$

↑ ↑ ↑
multitrane di controllo multitrane di traffico supertrame

- FN viene trasmesso da BSC nei burst di sincronizzazione



Temporizzazione GSM

- Il "quanto" di tempo in GSM e' un quarto del tempo di bit
- Il tempo e' misurato in:

• Quarter-bit number	QN	0-624
• Bit Number	BN	0-156
• Time slot Number	TN	0-7
• Frame Number	FN	0-2,715,647
- QN, BN e TN sono calcolati localmente da MT, inizializzandoli sugli slot in cui viene trasmesso FN