



## 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.

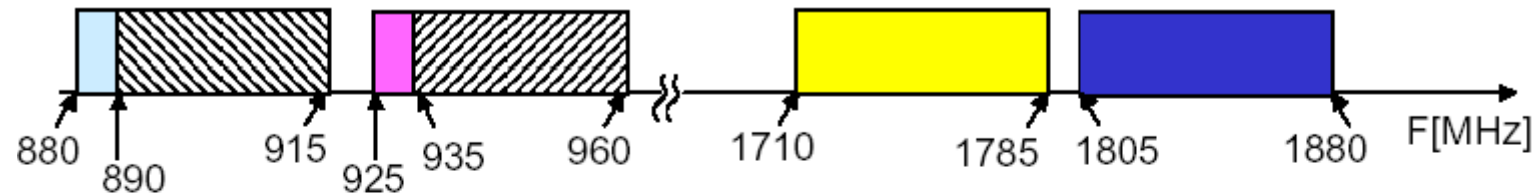
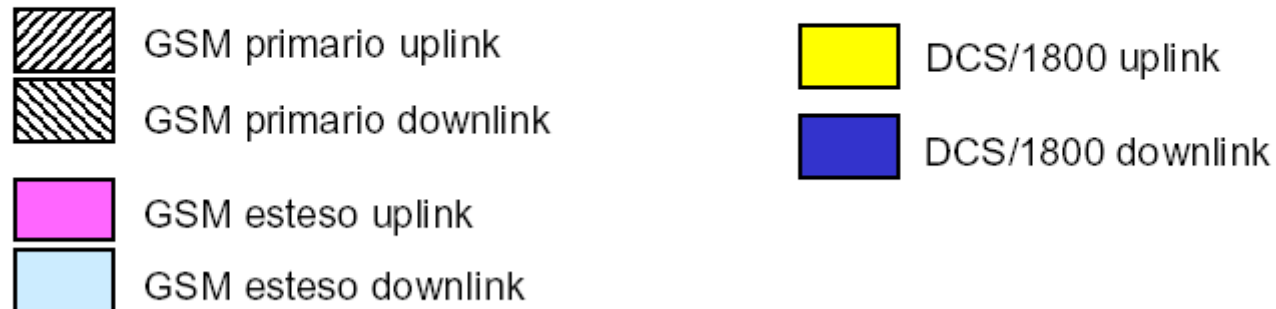


## Tecnica di Accesso e Struttura dei Canali

- 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**

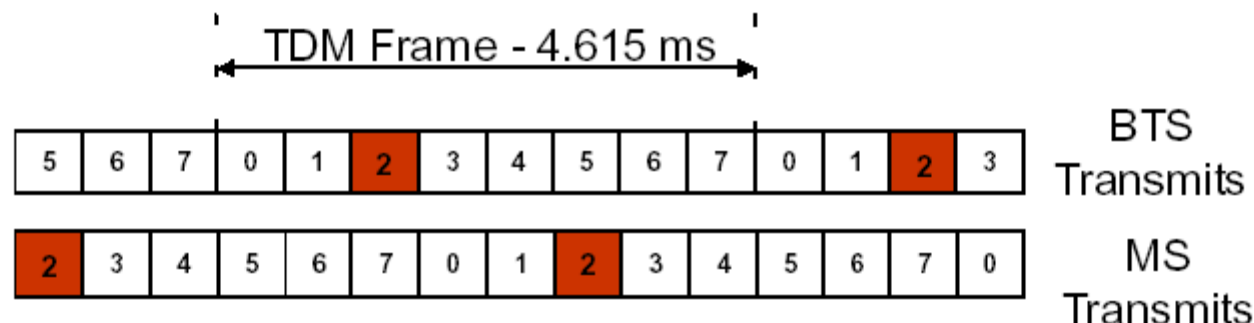
**GSM TIM Da 902.7 MHz a 908.2-**

**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

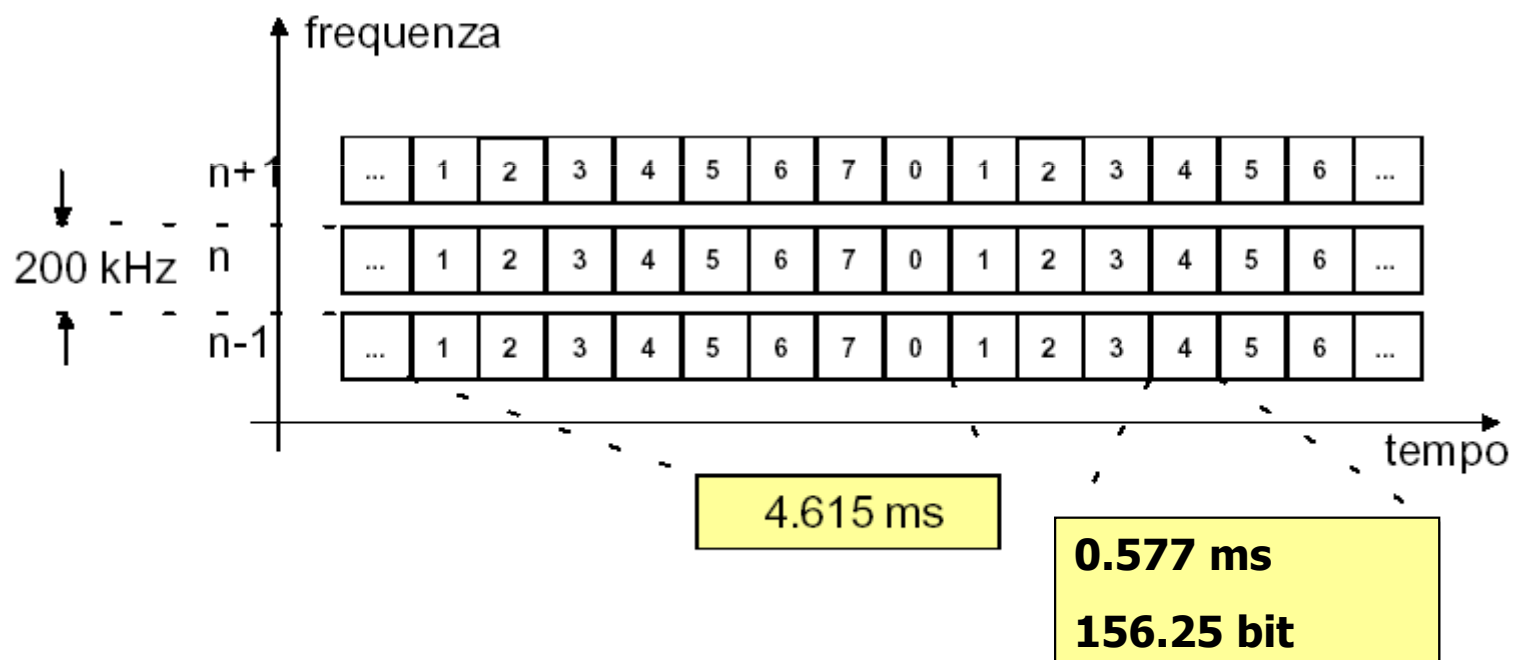






## FDM/TDM

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



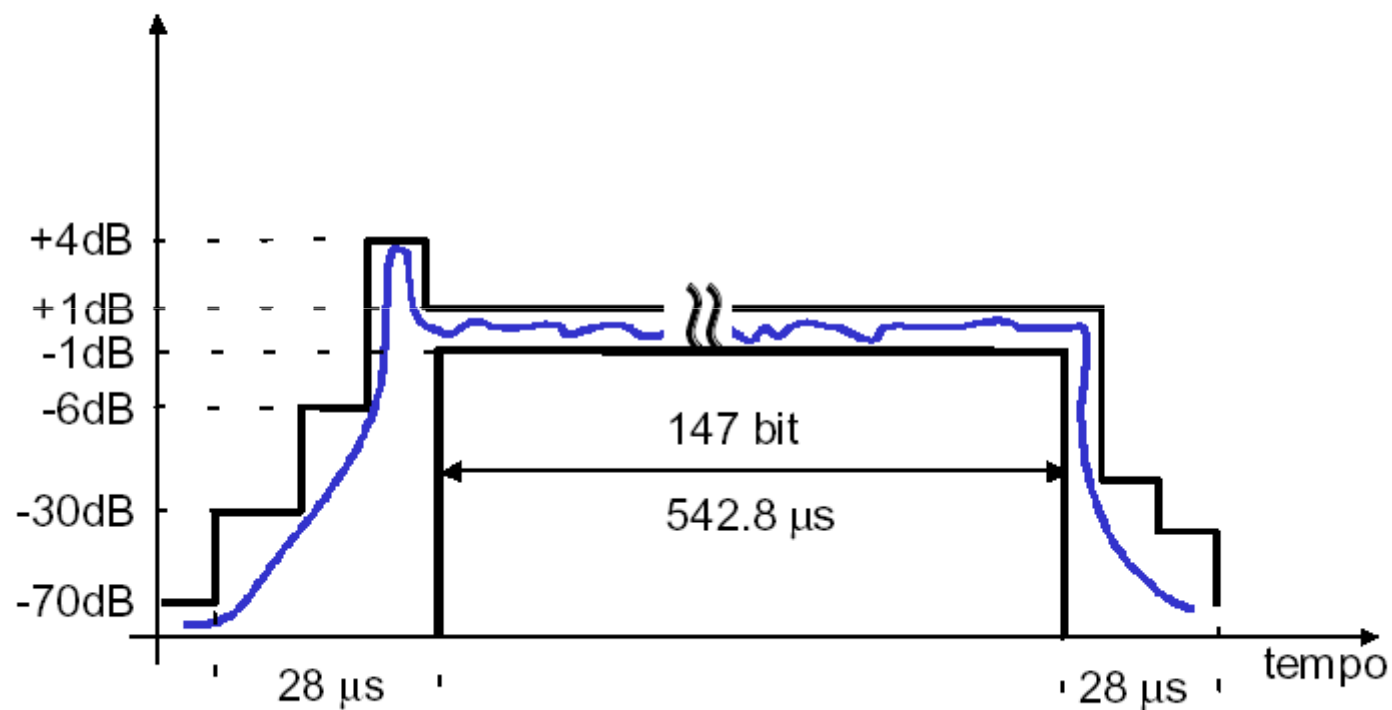


## Ramp-up e inviluppo

- 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



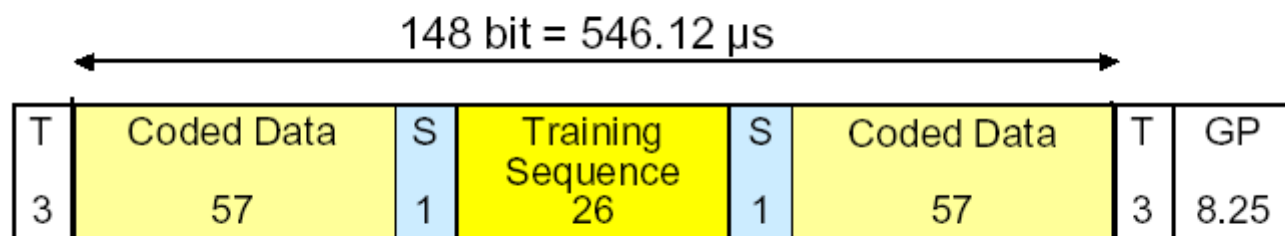


## 5 “tipi” di burst

- **“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”

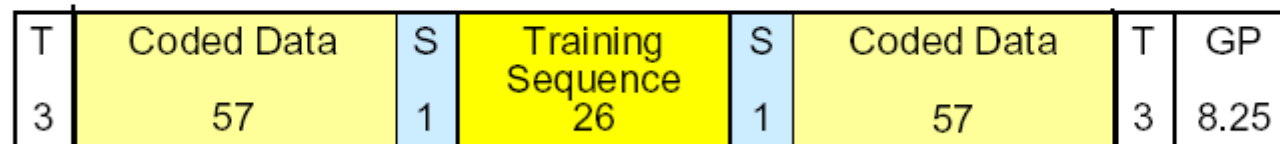


- **Coded Data:** bit di utente (voce, dati etc.), 114 bit dopo la codifica di canale, che corrispondono a 13 kbit/s netti per la voce, a 9.6 kbit/s o meno per i dati (codifica di canale più ridondante)
- **Training Sequence:** bit di controllo usati per la sincronizzazione e per l'aggancio dei trasmettitori



## Struttura dei burst “normali”

148 bit = 546.12  $\mu$ s



- **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



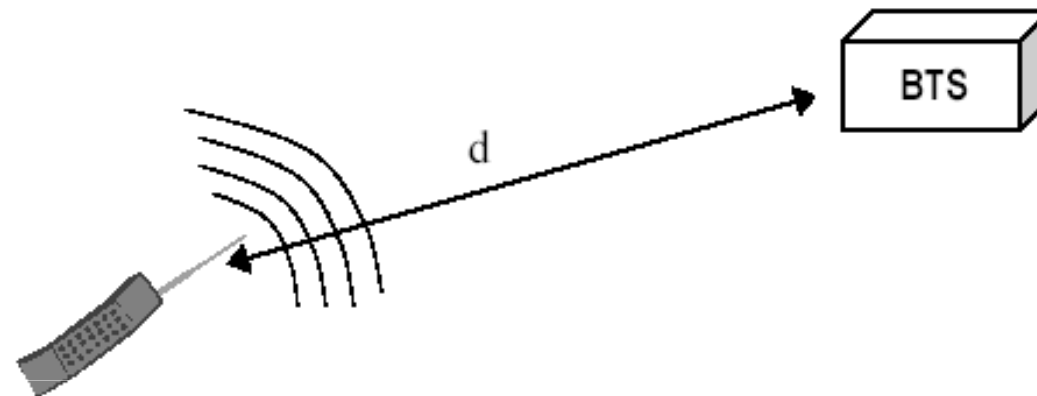
## Struttura dei burst “di accesso”

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



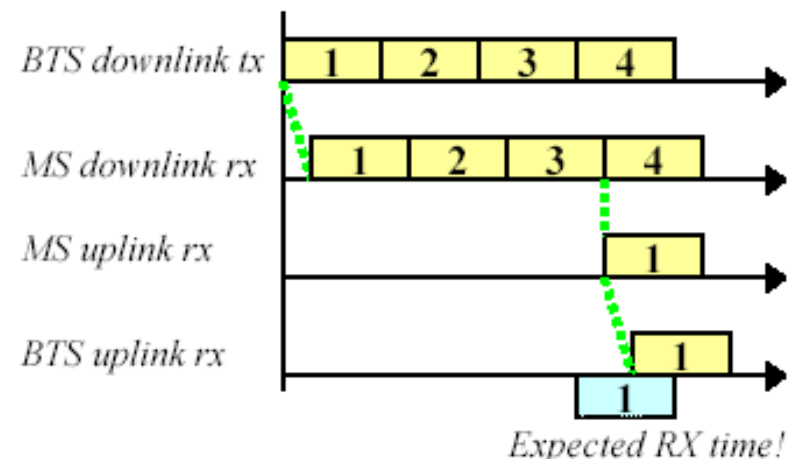
## Guard Period rationale



### → 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 tranciever (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

...  $\rightarrow f_1 \rightarrow f_2 \rightarrow f_5 \rightarrow f_6 \rightarrow f_3 \rightarrow f_7 \rightarrow f_4 \rightarrow f_1 \dots$

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

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

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





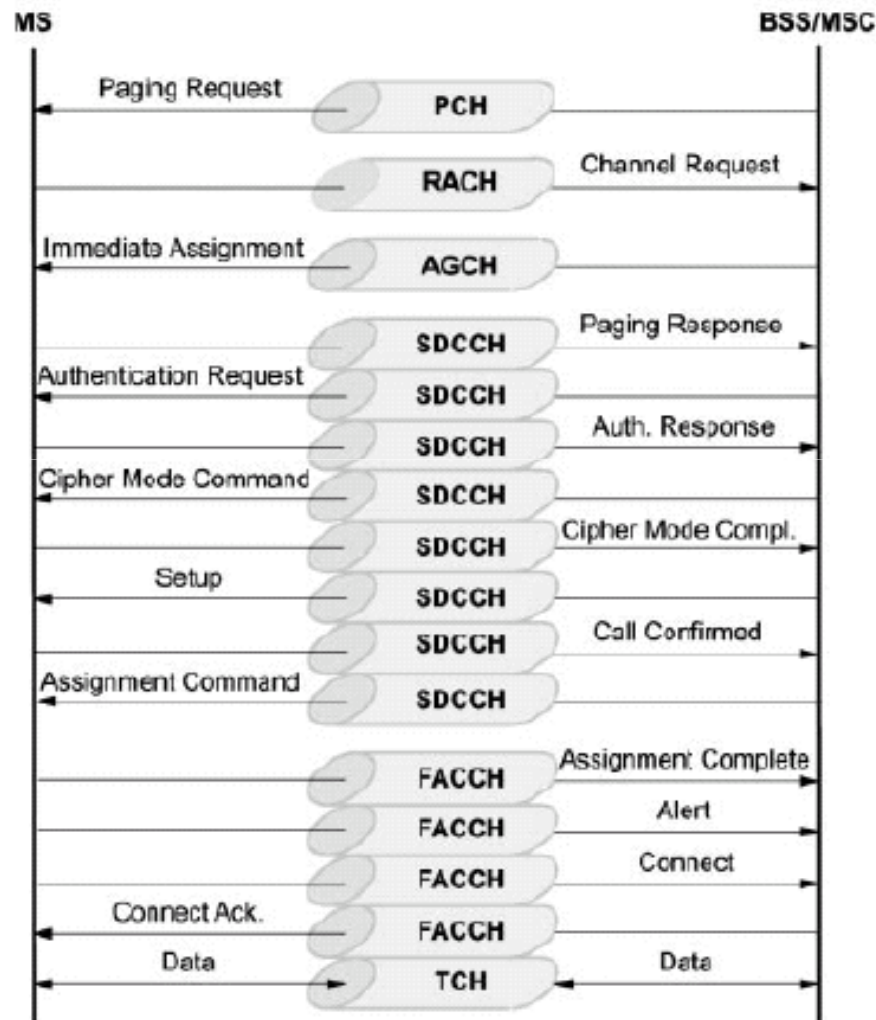
## GSM logical channels

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



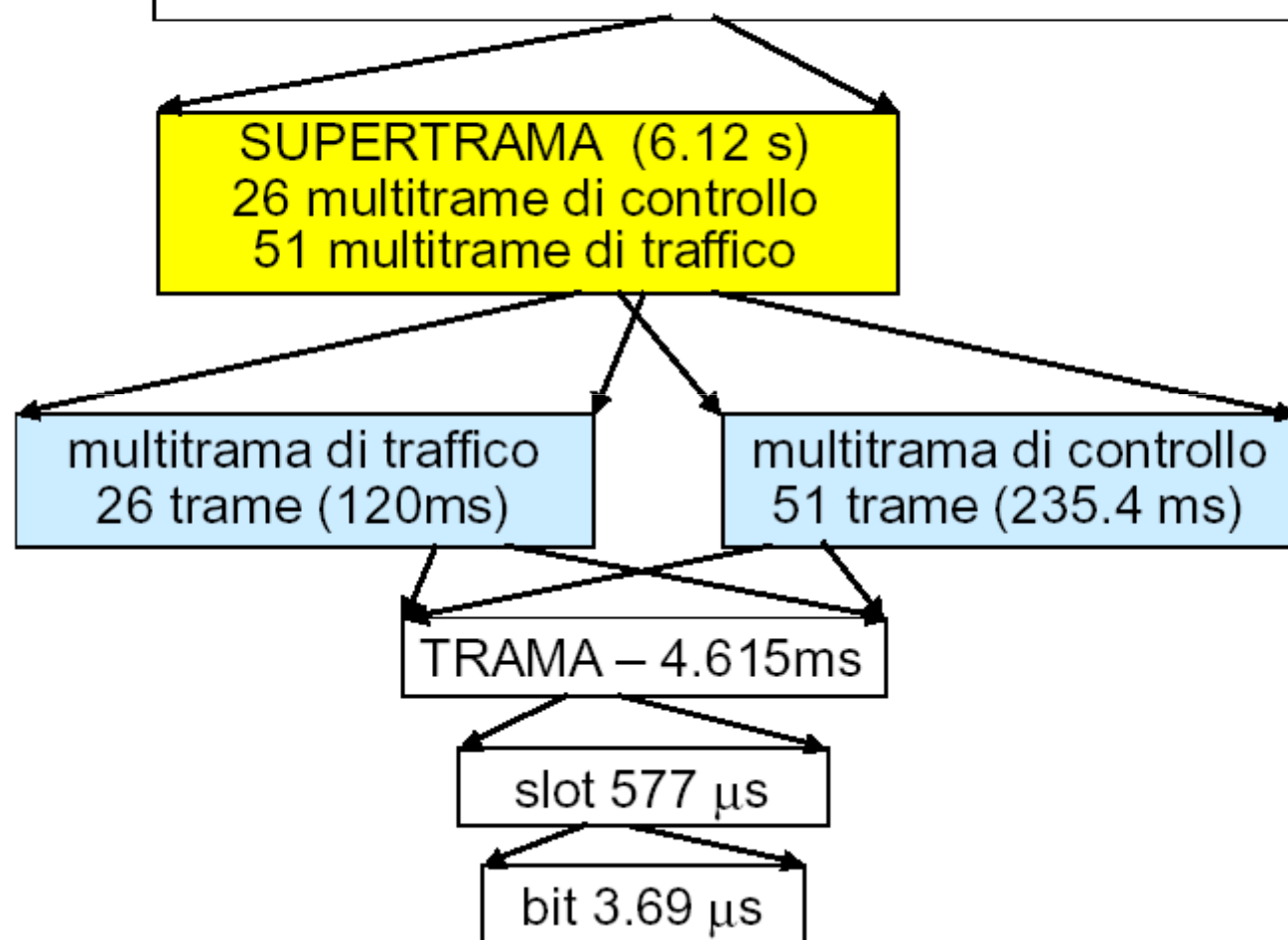
## Tramatura GSM

- 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