



Università degli Studi di Cagliari

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Tecnologie per
Internet

GSM

LIVELLO RADIO E PROTOCOLLI

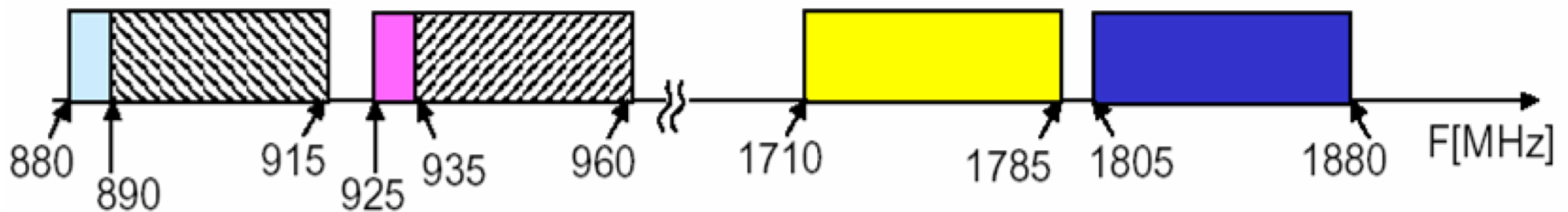


Tecnica di Accesso e Struttura dei Canali

- ✓ 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.



Frequenze Assegnate al GSM (Europa)



- ✓ In UK e in USA si usano bande intorno a 1900 MHz anziché intorno a 1800 MHz
- ✓ Esistono terminali “tri-band”

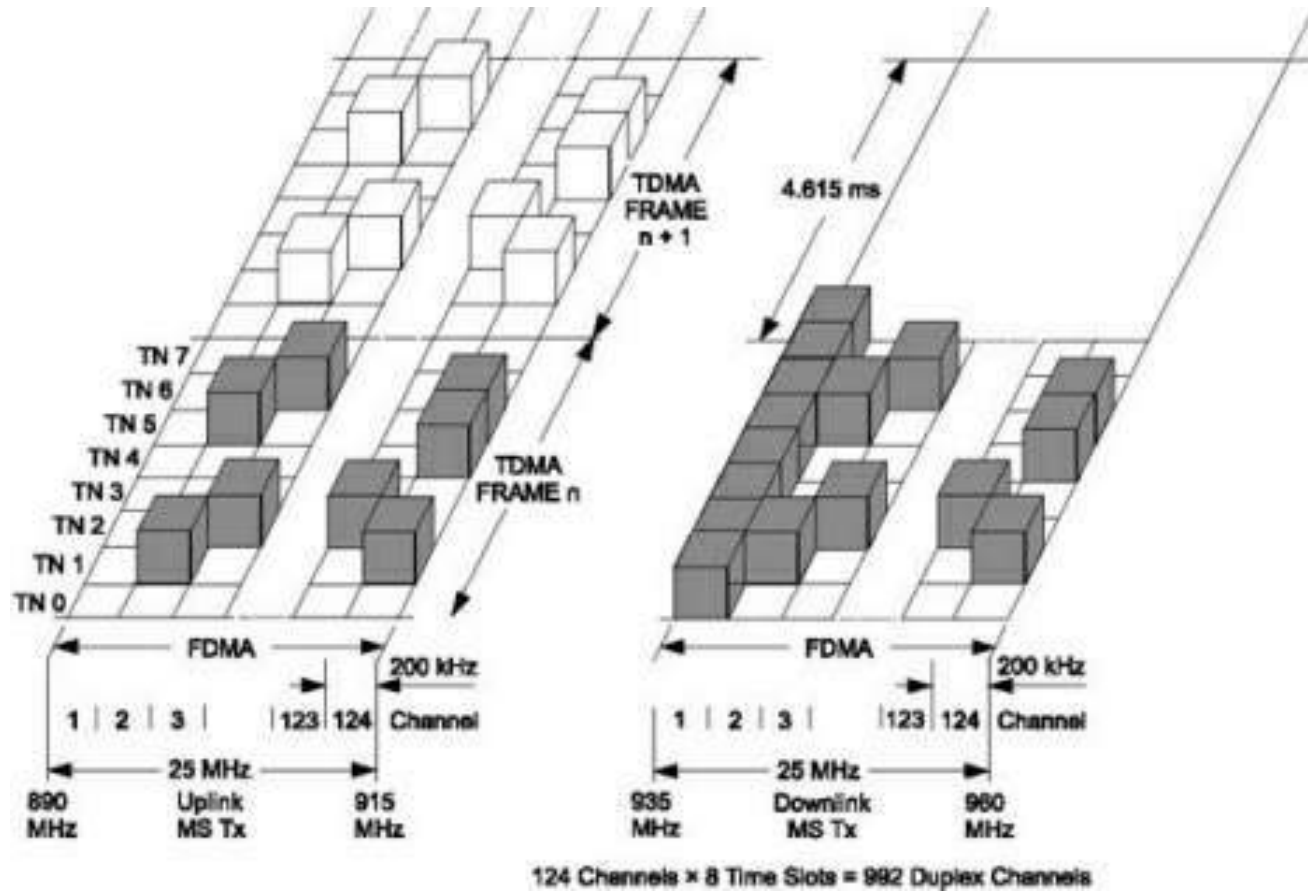


Frequenze Assegnate al GSM (Europa)

- ✓ I canali uplink e downlink sono sempre accoppiati in modo fisso e distano:
 - 45 MHz a 900 (Es. 925 MHz – 880 MHz = 45 MHz)
 - 95 MHz a 1800 (Es. 1805 MHz – 1710 MHz = 95 MHz)
- ✓ La banda del 900 MHz dispone di 124 (125-1) canali FDM nella parte primaria dello spettro più 50 canali nella parte estesa
- ✓ La banda del 1800 MHz 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"



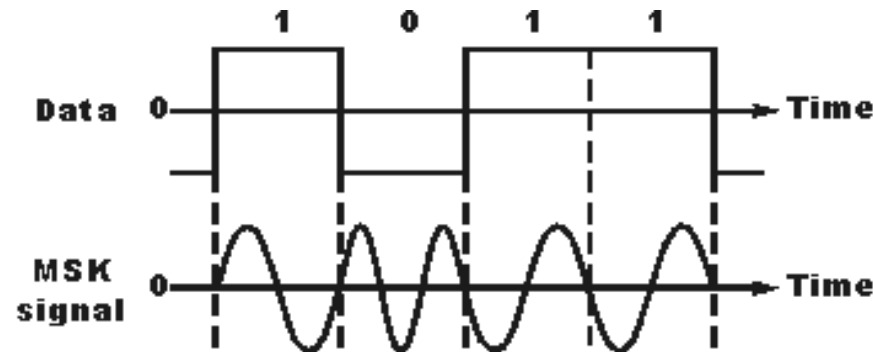
FDMA - TDMA





Modulazione

- ✓ La modulazione utilizzata per la trasmissione GSM è la **GMSK**



- ✓ La GMSK deriva da una MSK con la differenza che rispetto alla MSK vengono usati impulsi con inviluppo Gaussiano



Frequenze Assegnate al GSM (Europa)

- ✓ La banda assegnata a GSM era inizialmente 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 e in Inghilterra le frequenze in uso per il TACS erano 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 (TIM) da 882 MHz a **902.6 MHz**

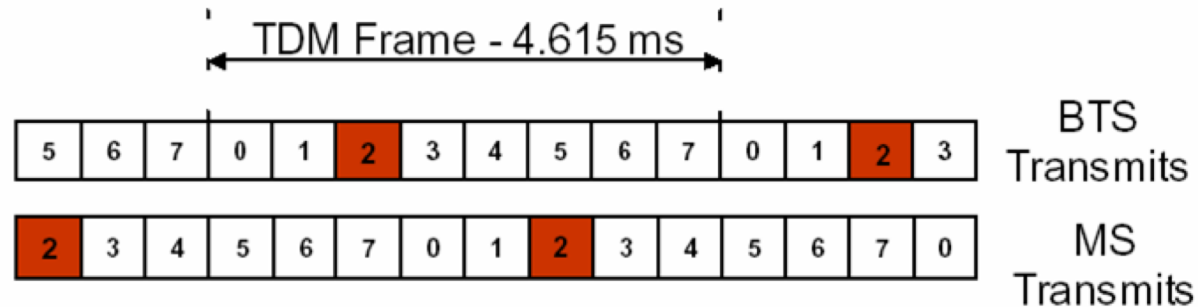
GSM TIM da **902.7 MHz** a **908.2 MHz**

GSM Omnitel da 908.2 MHz a 913.7 MHz



Struttura della Trama GSM

- ✓ Ogni canale FDM è diviso in 8 canali TDM; la durata della trama TDM è di 4.615 ms

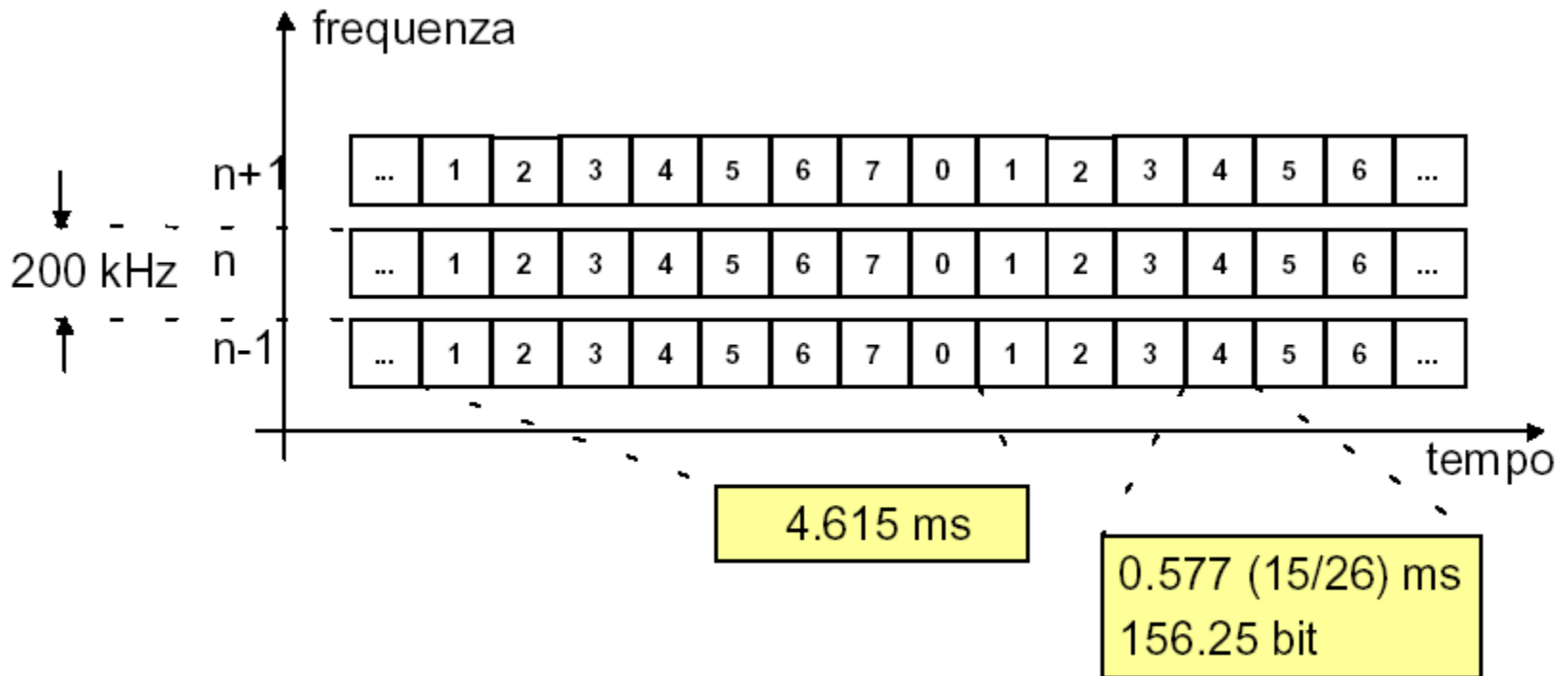


- ✓ La trasmissione bidirezionale in GSM è ottenuta mediante la tecnica a divisione di tempo (TDD – Time Division Duplex) anche se su diversi canali in frequenza: basta una sola interfaccia radio!
- ✓ Le trame sui canali uplink e downlink sono sincronizzate e sfalsate di **3 slot**, in modo da consentire la separazione tra trasmissione e ricezione



FDM/TDM

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





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 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
- ✓ La velocità di cifra al trasmettitore è di circa 271 kbit/s

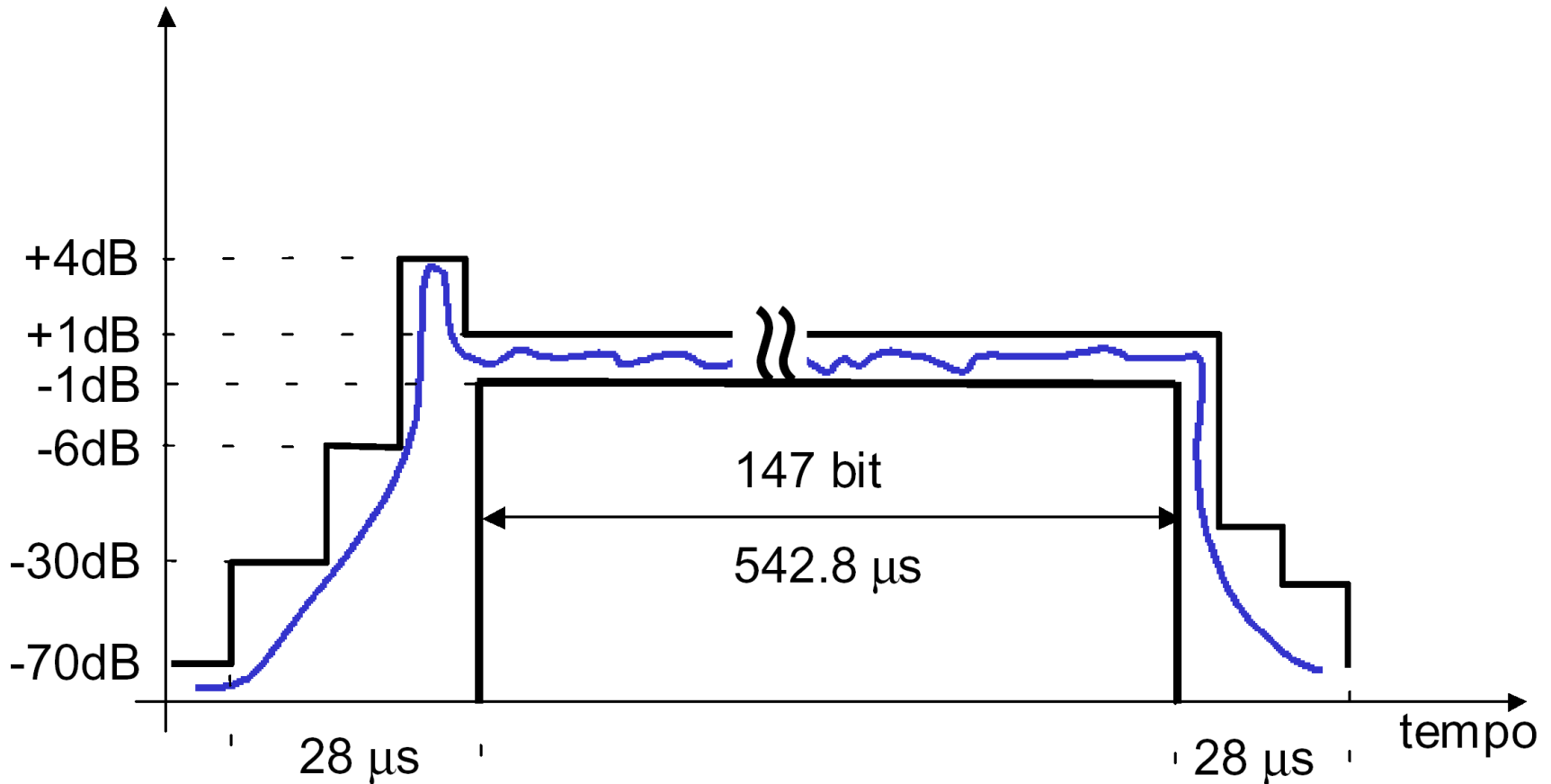


Ramp-Up e Inviluppo

- ✓ Gli amplificatori hanno dei tempi non nulli di accensione e spegnimento (ramp-up/down)
- ✓ È necessario sincronizzare in modo molto fine tutti gli MS 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





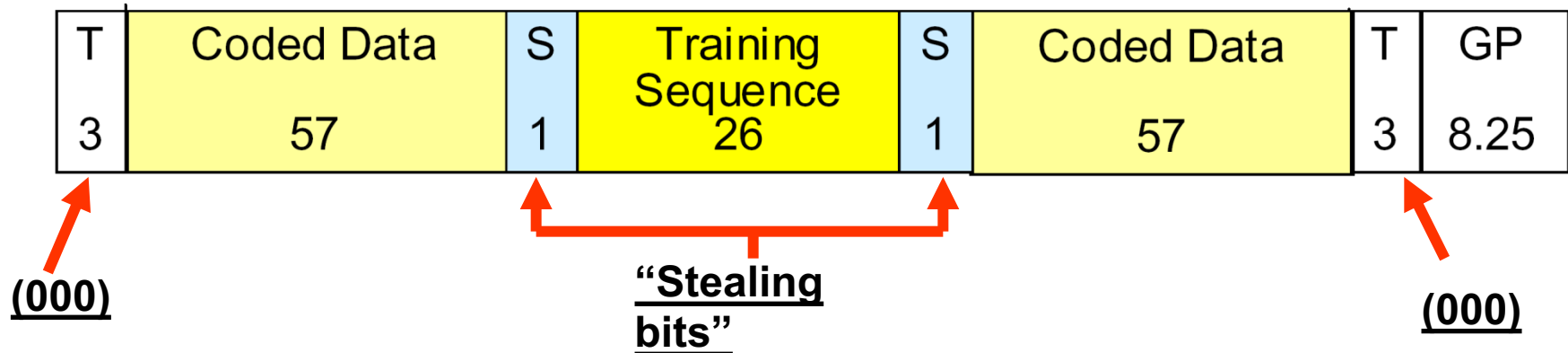
5 “tipi” di Burst

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



1 - Struttura dei Burst “normali”

148 bit = 546.12 μ s



- ✓ **Normali:** per la trasmissione di messaggi sia sui canali di traffico che su quelli di controllo
- ✓ **T-bits:** posti sempre a **zero**, 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



2 - Struttura dei Burst “di accesso”

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

- ✓ **Accesso:** usati nelle fasi di setup quando MS non è ancora sincronizzato con BTS (solo uplink)
- ✓ **T-bits:** posti sempre a **zero**, 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 allungata per garantire che il burst, trasmesso come se ci si trovasse alla massima distanza da BTS, non “debordi” sullo slot successivo, 68.25 bit \approx 0.2525 ms



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Tecnologie per Internet

Sincronizzazione e Dimensione delle Celle

- ✓ L'access burst viene spedito in **uplink** quando non esiste ancora una sincronizzazione fine con la BTS
- ✓ La dimensione massima delle celle deve essere tale per cui il burst di accesso giunga alla BTS senza pericolo di sovrapposizione con lo slot successivo. ($S = v \cdot t$)
- ✓ In mancanza di altre informazioni MS si comporta come se il ritardo di propagazione tra MS e BTS fosse il massimo ammesso, trasmettendo per un tempo ridotto
- ✓ Ne consegue (con un po' di approssimazione):

$$R_{\max} = \frac{c \times GP}{2} = \frac{3 * 10^8 * 0.2525 * 10^{-3}}{2} = 37.5 Km$$

- ✓ In realtà, per convenzione si assume come raggio massimo 35 KM



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Tecnologie per Internet

3 - Struttura dei Burst "di sincronizzazione"

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

- ✓ **Sincronizzazione:** inviati da BTS per la sincronizzazione degli MS
- ✓ **T-bits:** posti sempre a 0, usati come tempi di guardia per l'inizializzazione del demodulatore
- ✓ **Ext. Training-bits:** è una sequenza nota che 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



4 - Struttura dei Burst “di correzione di frequenza”

T	Sequenza di tutti 0	T	GP
3	142	3	8.25

- ✓ **Correzione della frequenza:** inviati periodicamente da BTS per consentire la correzione degli oscillatori degli MS
- ✓ **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



5 - Struttura dei Burst “dummy”

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

- ✓ *Dummy*: inviati sugli slot vuoti se è necessario tenere alta la potenza della portante
- ✓ Sono burst normali in cui al posto dei dati vengono trasmessi tutti zero
- ✓ I bit stealing sono eliminati
- ✓ Vengono usati solo dalle BTS per l'individuazione (potenza elevata) del canale “principale” della cella

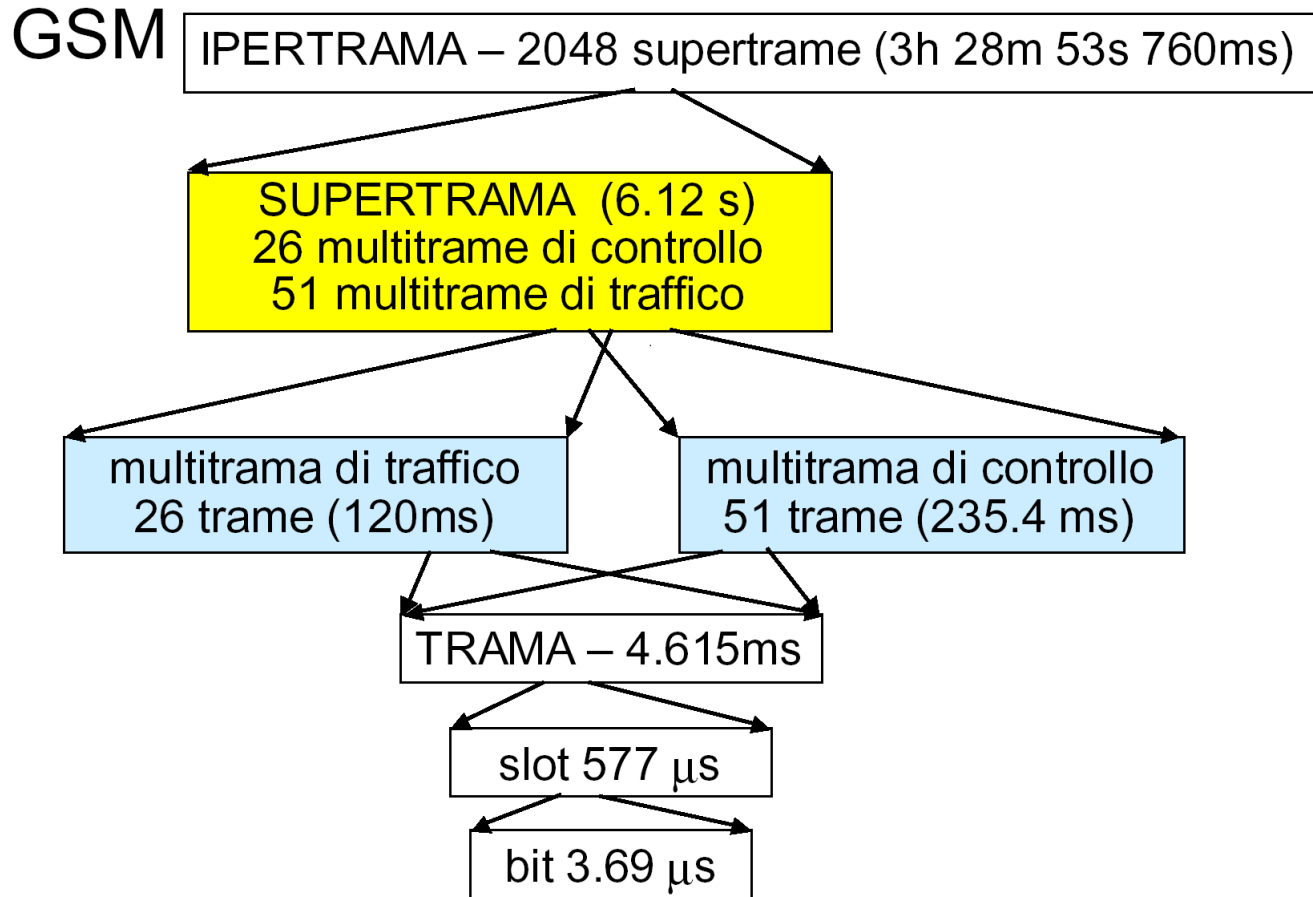


Assegnazione delle Risorse alle Celle

- ✓ 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
 - Deve essere sempre «visibile» come il segnale radio di una AP



Tramatura





Canali Fisici GSM

- ✓ Un canale fisico è dato da una sequenza di burst → un time-slot ogni trama (cioè 157 bit dello slot ogni trama da 4.165 ms)
- ✓ La velocità di trasmissione (lorda) è
 $148 \text{ bit} / 4.165 \text{ ms} = \sim 32 \text{ Kbit/s}$
- ✓ Nei burst normali i bit utili (a valle della codifica) sono
 $114 \text{ bit} \rightarrow \sim 24.7 \text{ Kbit/s}$
- ✓ I dati utente sono protetti da codici a controllo d'errore, la velocità 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



Canali Logici

✓ Canali di traffico

- Traffico dati/voce

✓ Canali di controllo

- Per

- ❖ Segnalazioni di sistema

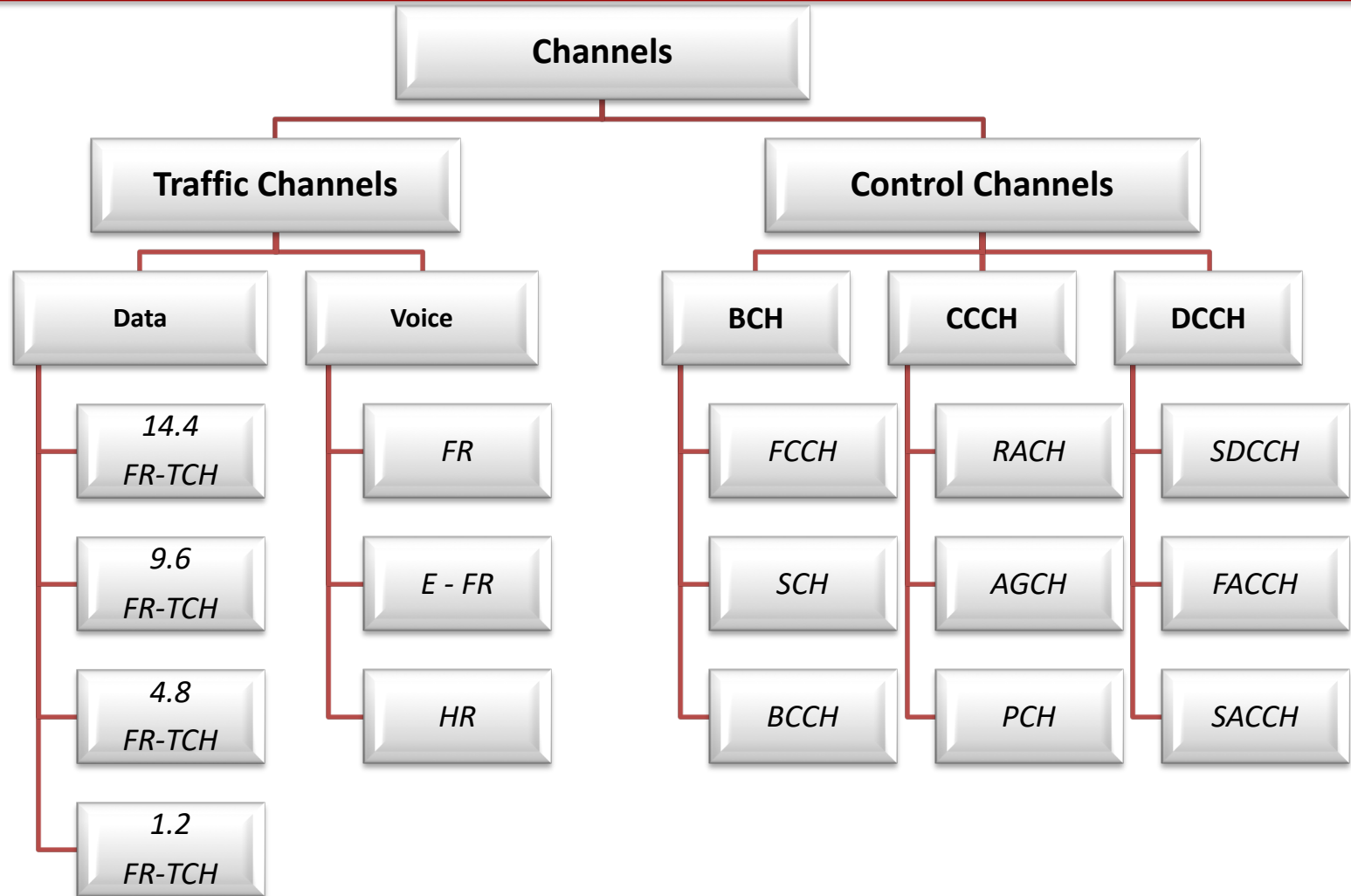
- Identificazione, sincronizzazione, sintonizzazione

- ❖ Segnalazioni di utente

- Instaurazione, handover, rapporti periodici e non



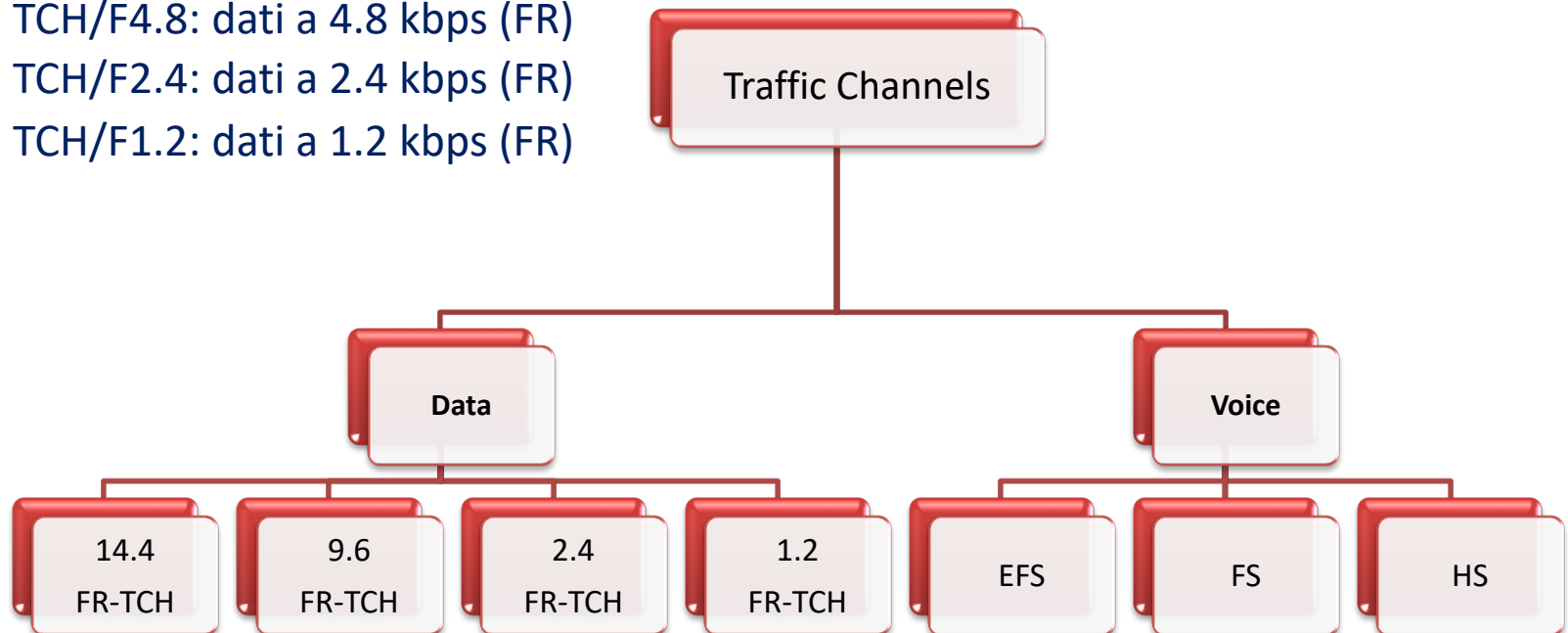
Canali Logici





Canali di traffico

- ✓ Possono essere di tipo:
 - TCH/EFS: Enhanced Full rate Speech
 - TCH/FS: Full rate Speech
 - TCH/HS: Half rate Speech
 - TCH/F9.6: dati a 9.6 kbps (FR)
 - TCH/F4.8: dati a 4.8 kbps (FR)
 - TCH/F2.4: dati a 2.4 kbps (FR)
 - TCH/F1.2: dati a 1.2 kbps (FR)



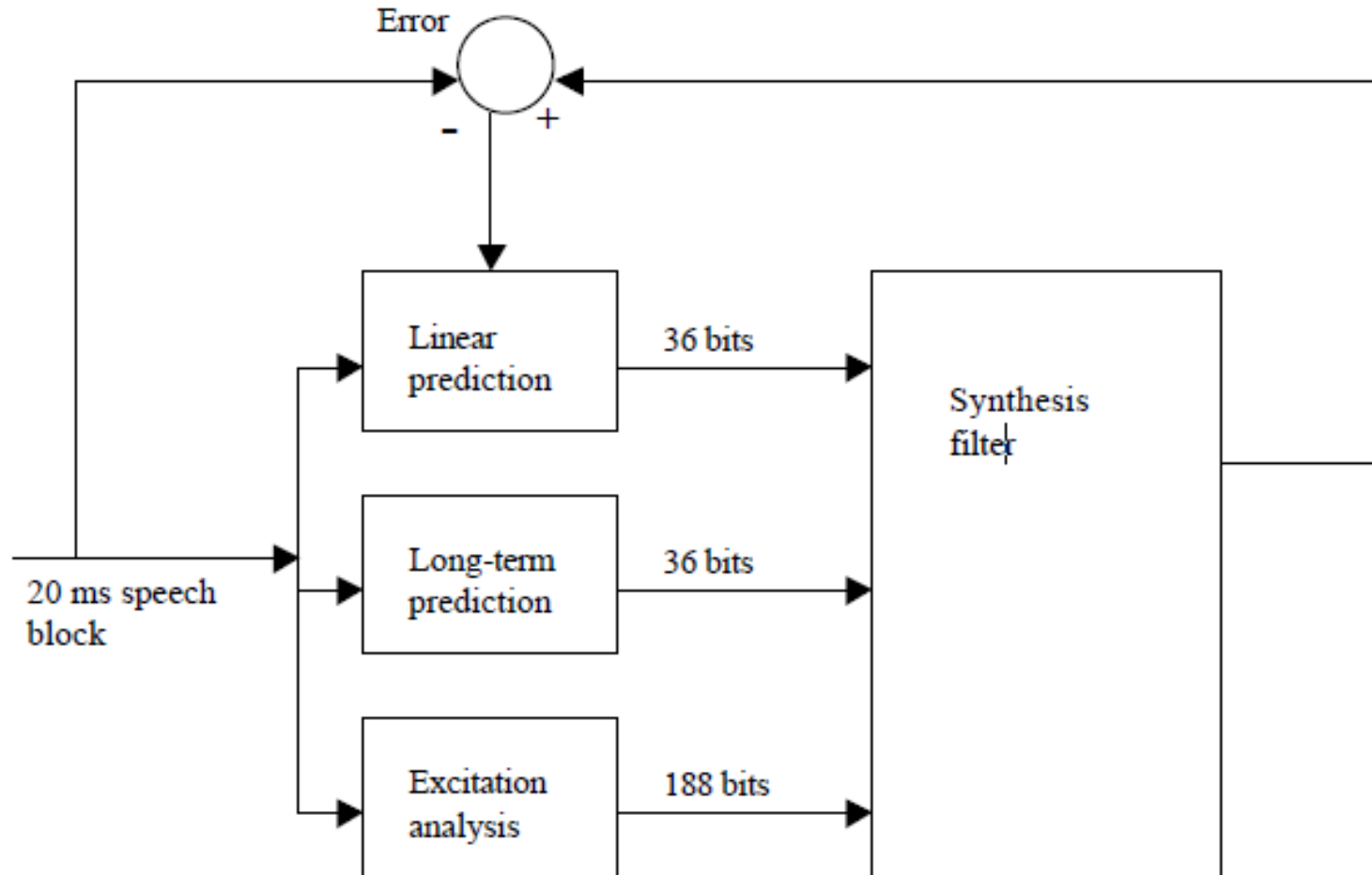


GSM Voice Coding

- ✓ Nel GSM viene utilizzato un codificatore vocale RPE-LPC (Regular Pulse Excited - Linear Predictive Coder) con anello di predizione a lungo termine (Long Term Predictor):
 1. Il segnale audio (3.2 kHz) viene diviso in segmenti (brani) di 20 msec
ADC a 8 kHz e 8 bit/campione \Rightarrow 64 kbps (codifica PCM es. reti PSTN) \Rightarrow 160 campioni per segmento
 2. Ogni campione viene predetto sulla base dei campioni precedenti
 3. Per ogni segmento vengono trasmessi i coefficienti del predittore lineare ed una forma codificata dell'errore residuo (differenza tra il campione vero e quello predetto)
 4. In tal modo ogni segmento di 20 msec viene rappresentato da 260 bit \Rightarrow Bit rate totale: $260 \text{ bit} / 20 \text{ msec} = 13 \text{ kbps}$



GSM Voice Coding





GSM Voice Coding

CODEC NAME	BIT RATE (KBPS)	COMPRESSION TECHNOLOGY
Full rate	13	RTE-LPC
EFR	12.2	ACELP
Half rate	5.6	VSELP
AMR	12.2 - 4.75	ACELP
AMR-WB	23.85 - 6.60	ACELP

- ✓ Vari tipi di codec con vari datarate
 - Code Excited Linear Prediction (CELP)
 - Voice Activity Detection (VAD)
 - Comfort Noise Generator (CNG)



Short Messaging Service

- ✓ Il servizio di messaggia breve, SMS, è stato un fattore trainante della proliferazione del GSM
- ✓ Il loro successo è nato praticamente per caso, non era stato pianificato
- ✓ In origine era un servizio destinato agli operatori di rete
- ✓ Sono specificati due tipi differenti di SMS:
 - *SMS Point-to-point* (SMS/PP): da un telefono GSM ad un altro
 - *SMS Cell Broadcast* (SMS/CB): consente alla rete di inviare un messaggio contemporaneamente a tutti i telefonini all'interno di una determinata zona geografica



Proprietà degli SMS

- ✓ I messaggi sono inviati mediante la tecnica “store & forward” verso un Short Message Service Centre (SMSC)
- ✓ Il SMSC (centro servizi) cerca di inviare il messaggio al destinatario e eventualmente ritentare l’invio se questo è irraggiungibile
- ✓ Il messaggio viene spedito in condizione di “best effort”. Non esistono cioè garanzie sulla reale consegna e sui tempi
- ✓ È possibile richiedere una conferma di avvenuta ricezione, mentre non è assolutamente possibile avere una certezza sulla “perdita” del messaggio



Payload del SMS

- ✓ Poiché la trasmissione degli SMS avviene attraverso i Control Channel, la loro dimensione è strettamente limitata dalla capacità di questi canali
- ✓ Vengono spediti al SMSC mediante protocollo SS7 con lo standard GSM MAP
- ✓ Il payload è di 140 Bytes il che consiste in:
 - 160 caratteri 7-bit
 - 140 caratteri 8-bit
 - 70 caratteri 2-byte (es.: Arabo, cinese, coreano, Giapponese, russo) mediante Unicode
- ✓ Questo non include i vari header relativi al routing



SMSC

- ✓ Il Centro Messaggi, detto **SMSC** (*Short Message Service Center*), è l'entità della rete GSM che è incaricata di gestire il servizio SMS:
 - riceve i messaggi da diverse fonti (terminali GSM, modem, Centri Messaggi di altri operatori, Internet), e provvede a recapitarli ai terminali mobili destinatari.



Tempi massimi

- ✓ Il tempo massimo in cui i messaggi sono conservati nel Centro Servizi dipende dal gestore di rete (anche se potrebbe essere programmato dal mittente con un apposito parametro specificato al momento della spedizione) e può assumere valori **da 1 ora fino a qualche settimana**
- ✓ Gli operatori italiani (più in generale quelli europei) hanno fissato un tempo massimo di **48 ore**: trascorso tale limite i messaggi vengono automaticamente rimossi dal Centro Messaggi e non verranno più recapitati al destinatario



Invio dell'SMS

- ✓ L'invio di un SMS Point-to-point si compone in realtà di una concatenazione di due differenti azioni:
 - Inoltro del messaggio dal telefonino al Centro Messaggi: SMS-MO (SMS Mobile Originated),
 - Inoltro dal Centro Messaggi al telefonino del destinatario: SMS-MT (SMS Mobile Terminated).