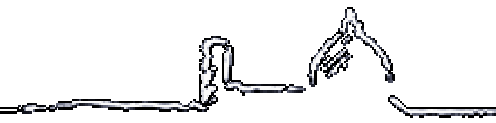




GSM

Massimiliano Pieraccini



1) Attenuazione del segnale dovuta alla distanza

Spazio libero

$$\propto \frac{1}{R^2}$$

Ambiente radiomobile

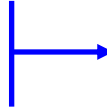
$$\propto \frac{1}{R^{(3-6)}}$$

2) Mascheramento (fading lento)

3) Interferenza costruttiva - distruttiva di percorsi multipli (fading rapido)

50 dB

Fading rate: $\frac{v}{\lambda}$ [Hz]

50Km/h
 $f = 1800\text{MHz}$  $\text{Fr} = 88\text{Hz}$



4) Dispersione del ritardo dovuto a cammini multipli molto diversi

5) Effetto Doppler + cammini multipli = due portanti separate

$$f_{doppler} = \frac{v}{\lambda}$$

$$\begin{array}{l} 100\text{Km/h} \\ f = 1800\text{MHz} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{---} \\ | \\ \text{---} \end{array} \quad \rightarrow \quad f_{doppler} = 176\text{Hz}$$

$$\Delta f_{doppler} = 2f_{doppler} = 352\text{Hz}$$

due segnali nello stesso canale
con portanti separate da 352Hz



6) Interferenza isofrequenziale

7) Interferenza da canale adiacente

8) "Man made noise"

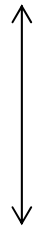


Diversità spaziale

Diversità in frequenza

Hopping

Spread spectrum

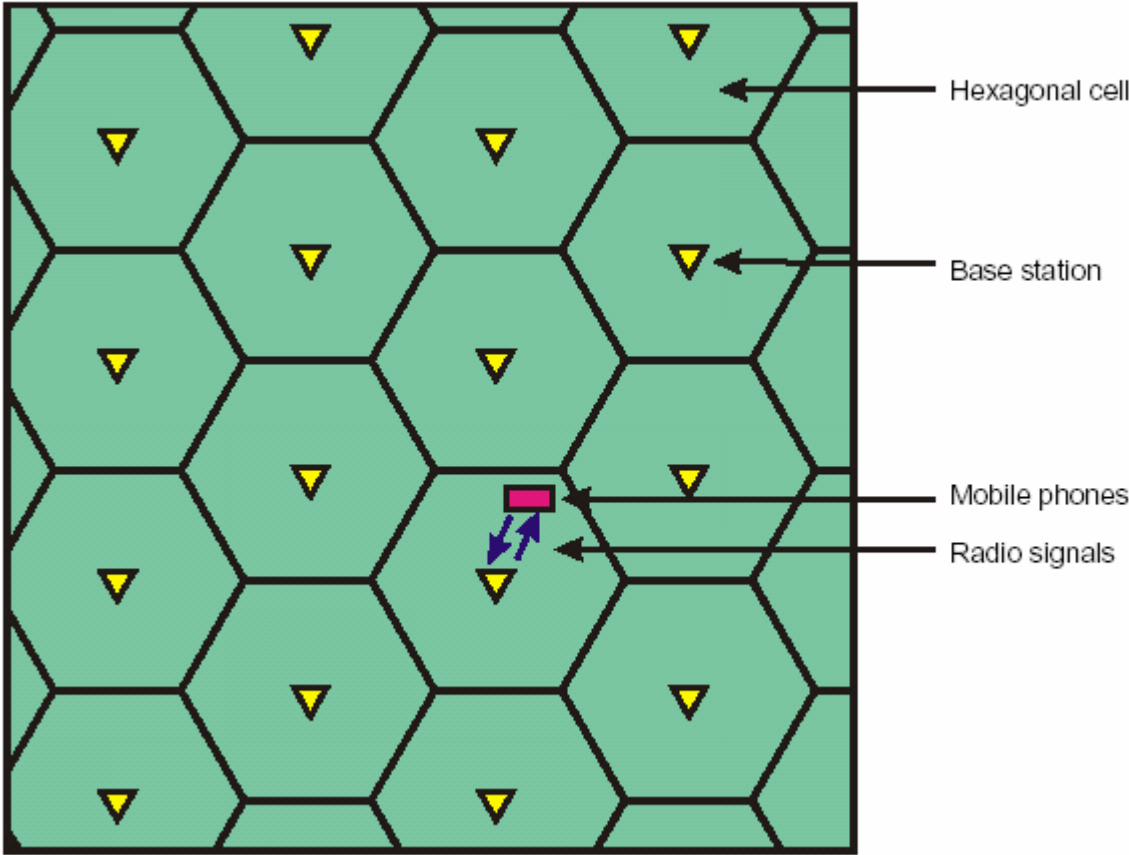


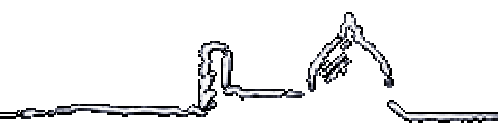
IEEE 802.11

Lo standard GSM (Global System for Mobile Communication)



GSM900	900 MHz	1992
GSM1800	1800 MHz	





FDMA = Frequency Division Multiple Access

GSM900

70 MHz di banda allocata a 900MHz

Banda per ciascun canale 200 KHz 

uplink

880-915 MHz

downlink

925-960 MHz

350 canali (di cui uno di servizio)

GSM1800

150 MHz di banda allocata a 1800MHz

Banda per ciascun canale 200 KHz 

uplink

1710-1785 MHz

downlink

1805-1880 MHz

750 canali (di cui uno di servizio)

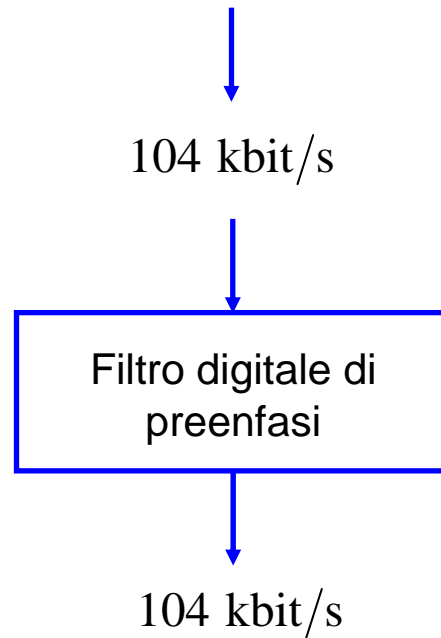
Riuso delle frequenze

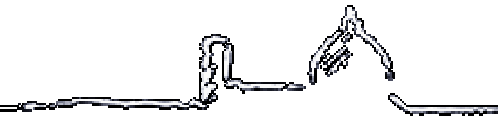
Conversione A/D

Segnale fonico: 300-4000Hz

Conversione A/D

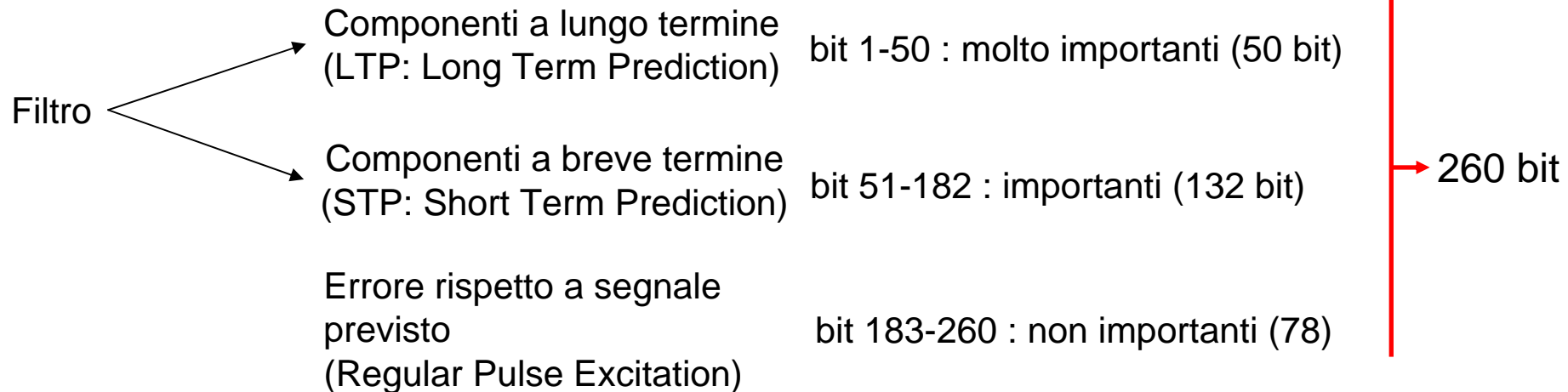
13 bit con frequenza di campionamento 8Ksample/s





104 kbit/s \longrightarrow 13 kbit/s

Blocchi di 160 campioni di 13 bit (20 ms)



$$\frac{260\text{bit}}{20\text{ms}} = 13\text{kbit/s}$$



260 bit

bit 1-50 : molto importanti (50 bit) \longrightarrow Codice ciclico + 3bit = 53 bit

bit 51-182 : importanti (132 bit)

bit 183-260 : poco importanti (78)

53 (molto importanti) + 132 (importanti) + 4 zeri = 189 bit

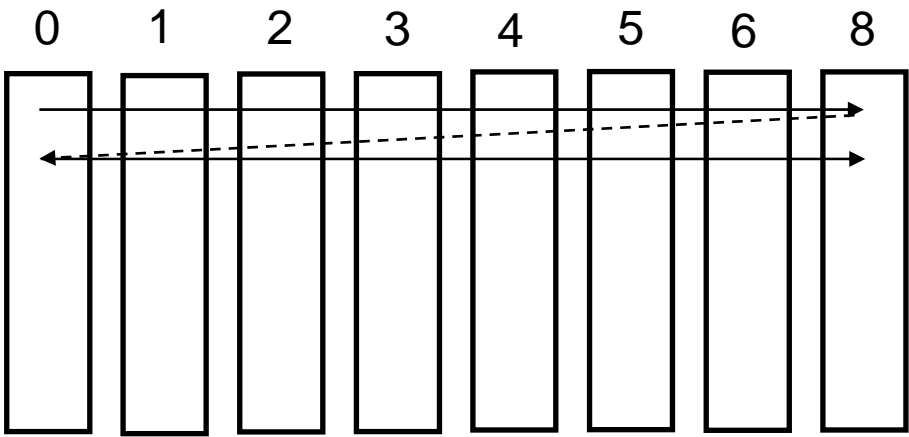
189 bit \longrightarrow Codifica convoluzionale \longrightarrow 378 bit

378 + 78 (poco importanti) = 456 bit

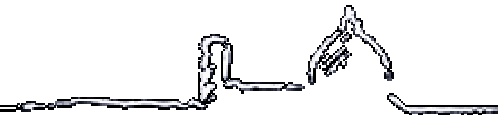
Cifratura e costruzione del burst



456 bit \longrightarrow 8 sottoblocchi da 57 bit



Cifratura e costruzione del burst

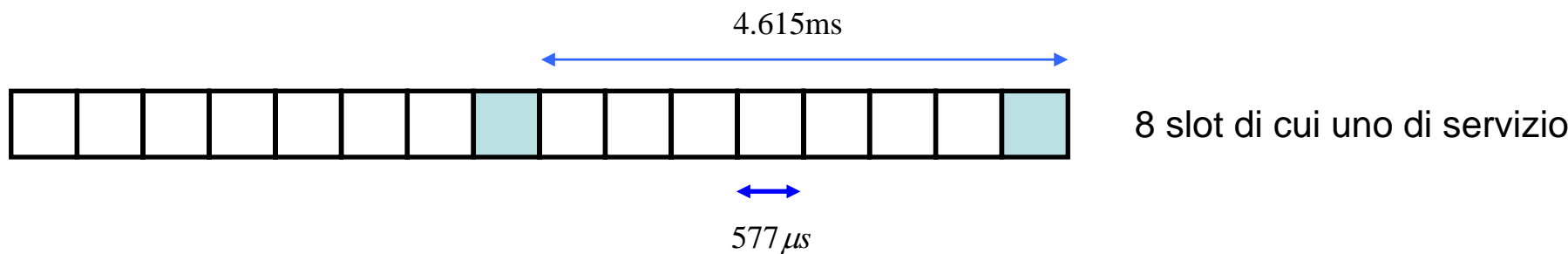


456 bit → 8 sottoblocchi da 57 bit

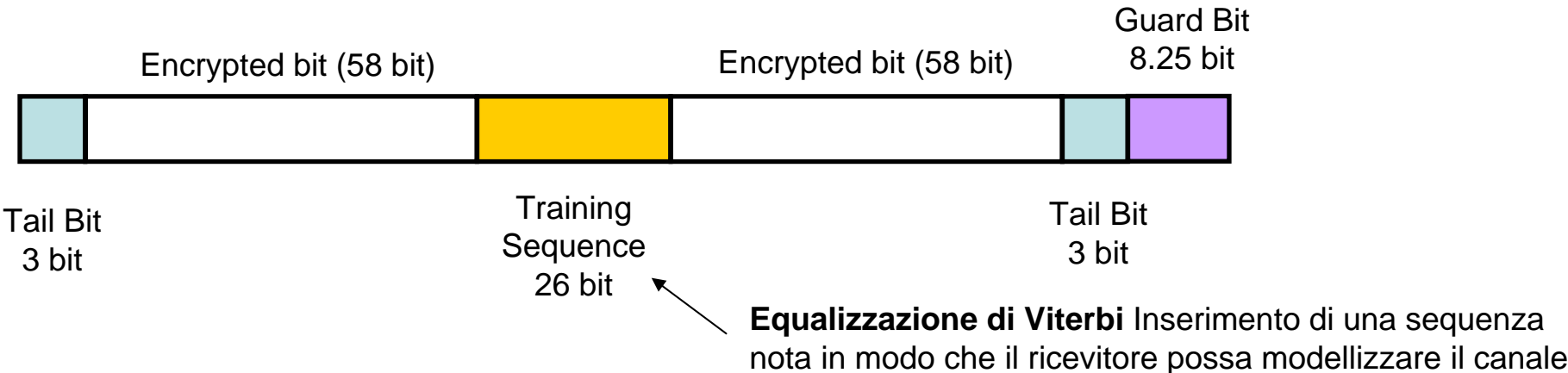
Ogni blocco di 57 viene cifrato sommando bit a bit con una sequenza pseudocasuale (58 bit)

20ms di speech → 8 sottoblocchi cifrati da 58 bit

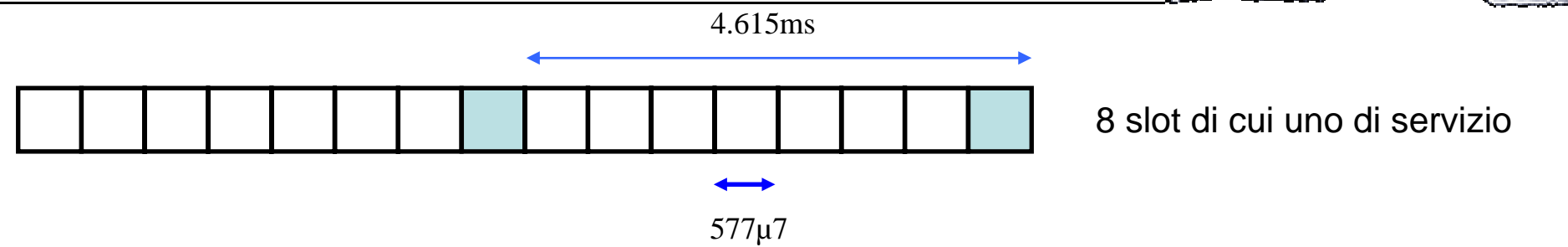
TDMA (Time Domain Multiple Acces)



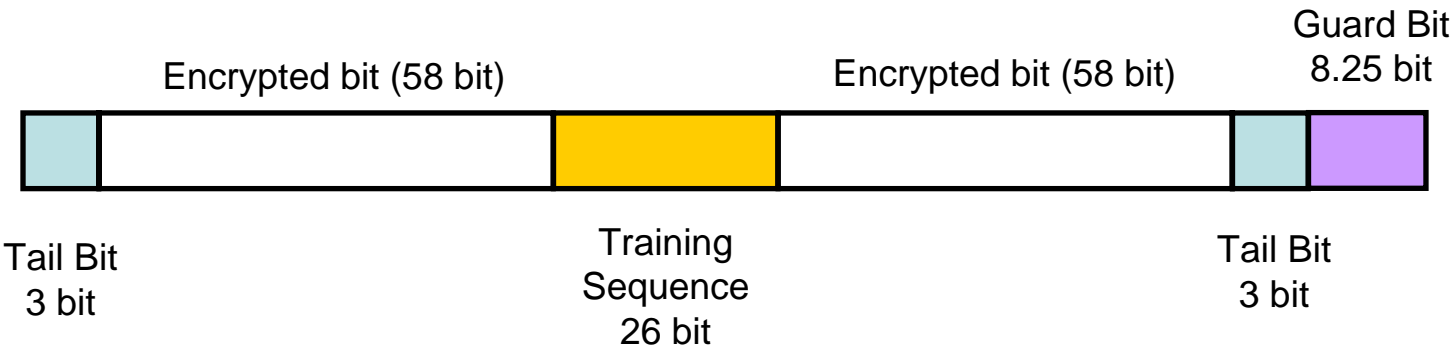
Burst normale



Costruzione del burst



Burst normale

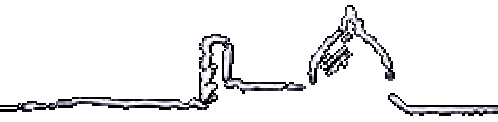


456 bit (20ms) → 8 blocchi da 58 bit → 4 burst (18.46 ms)

Interallacciamento

Gli 8 blocchi sono collocati su 8 burst diversi e interallacciati mediante un algoritmo che rende random la distanza tra un bit e il bit successivo → Ritardo di circa 40ms

Costruzione del burst



Gli 8 blocchi sono collocati su 8 burst diversi e interallaciati → Ritardo di circa 40ms

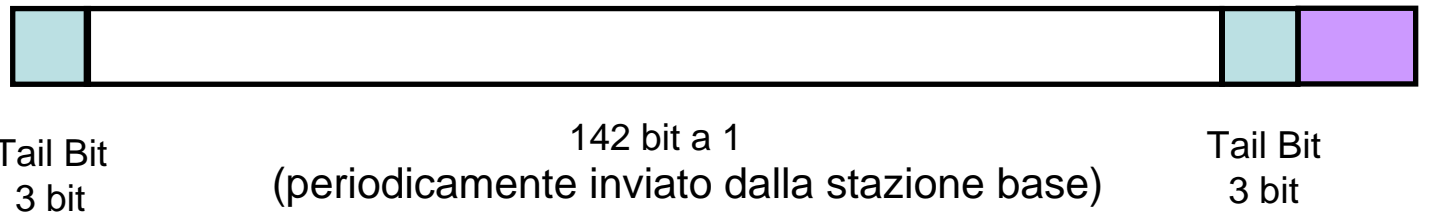
Ritardo dovuto alla codifica vocale: 20ms

Ritardo complessivo: 60ms

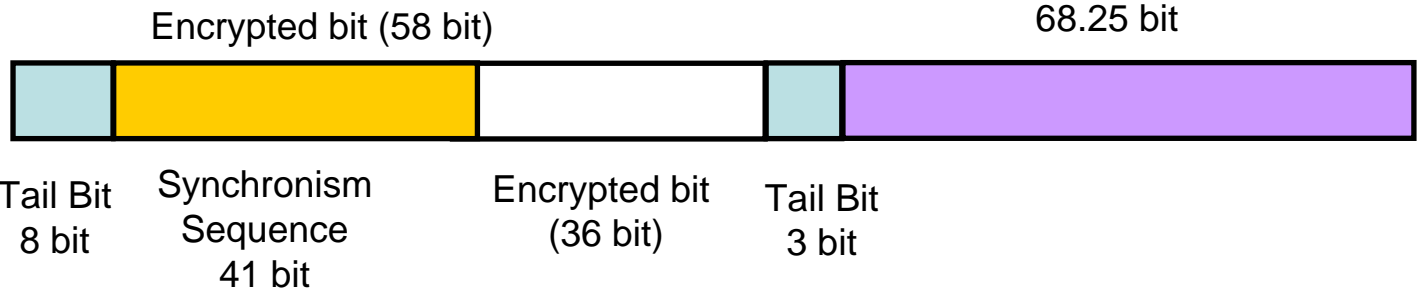
Costruzione del burst



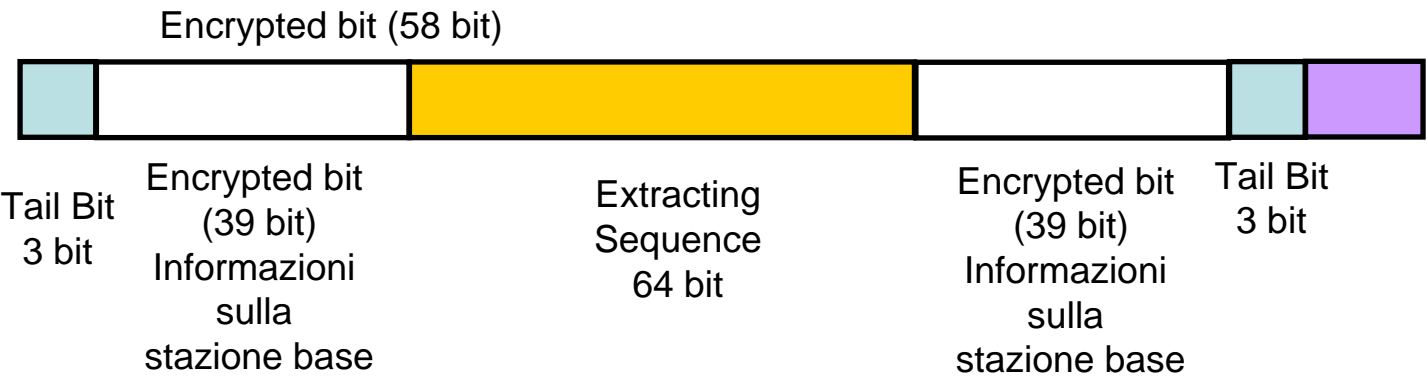
Burst di correzione della frequenza



Burst di accesso



Burst di sincronia



Codifica dati

48 bit / 5ms Dati

12 bit / 5ms Per identificare il protocollo

60 bit / 5ms

$60 + 60 + 60 + 60 + 4 \text{ zeri} = 244 \text{ bit}$



Codifica convoluzionale



488 bit



Codifica punturata



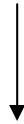
456 bit



456 bit



4 blocchi da 114 bit



Interallacciamento tale che 114
bit di un blocco vengono
dispersi in 2166 bit

Segnali da 184 bit



456 bit

Codifica molto robusta e
ridondante



Allineamento adattativo della trama

Problemi:

I frame devono essere sincronizzati

I radiomobili sono a distanze diverse dalla stazione base (fino a 35Km, $117\mu\text{s}$)

La stazione base misura il tempo di risposta e anticipa o ritarda l'invio del frame (e comanda al radiomobile di anticipare o ritardare).

Ciò non è possibile per il frame di accesso, per questo a un tempo di guardia molto lungo

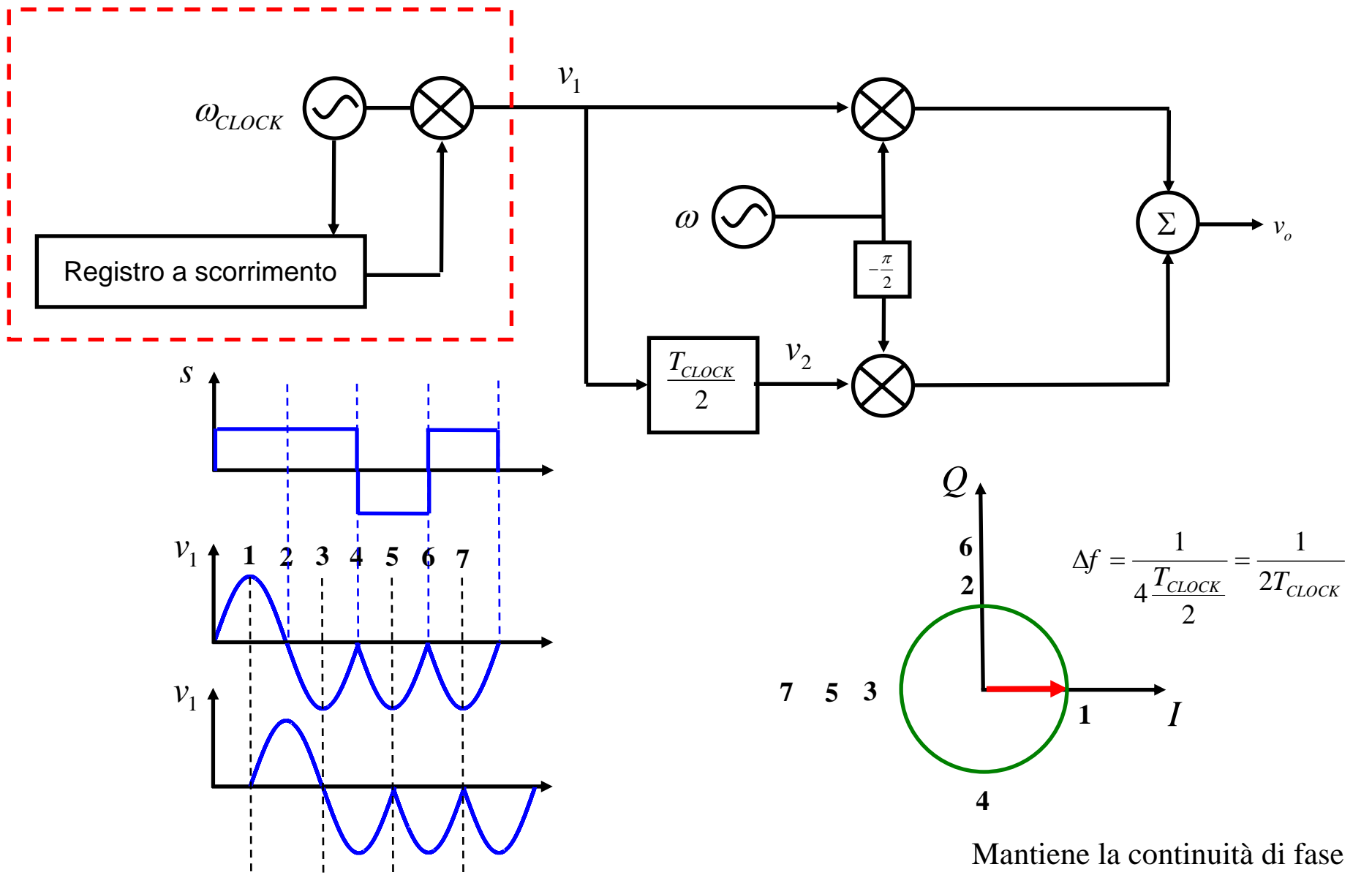


NRZ: Non Return to Zero

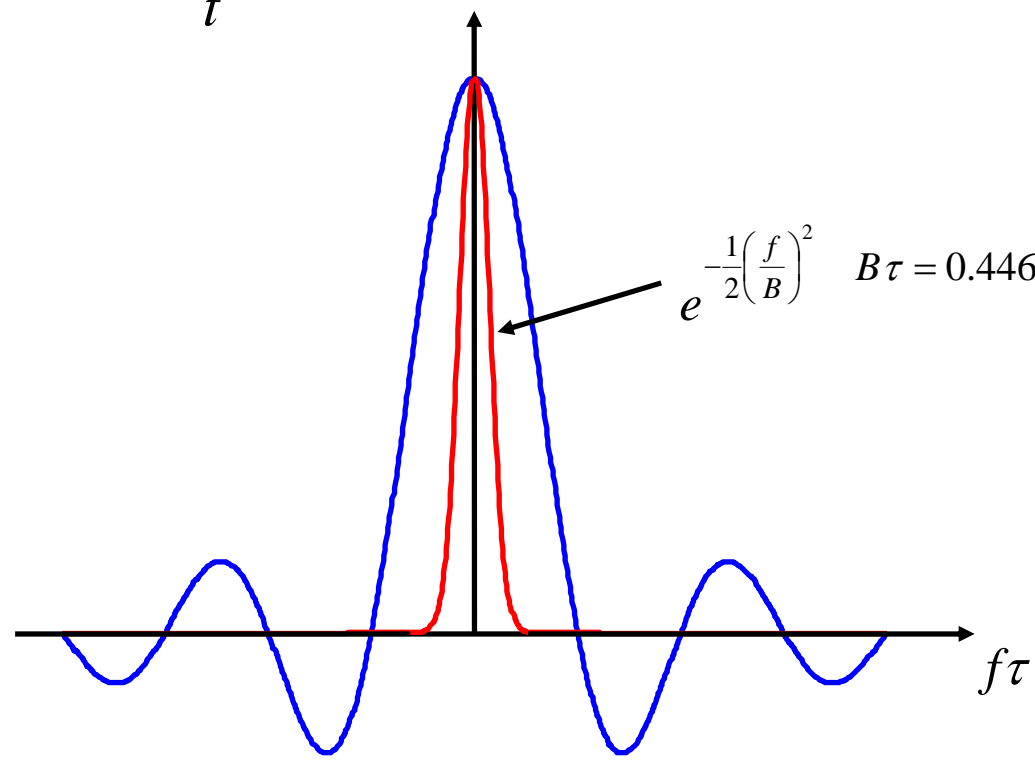
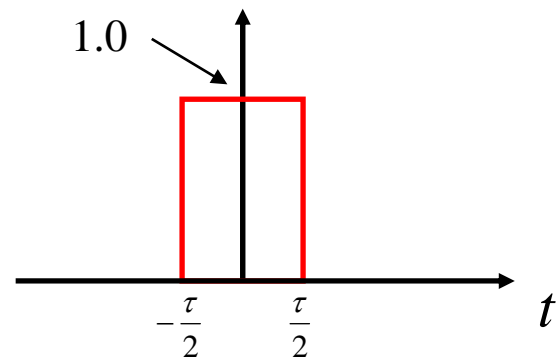
GMSK

(Gaussian-filtered Minimum Shift Keying)

MSK Minimum Shift Keying



Filtro gaussiano



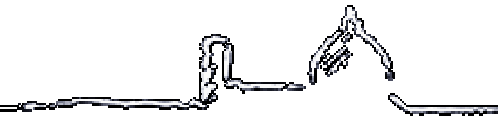


APC (Adaptive Power control)

30 dB a step di 2dB

33 dBm
3 dBm

Ogni 13 TDMA frames (60 ms),
in teoria può raggiungere il minimo in meno di un secondo,
In pratica gli algoritmi delle stazioni base impiegano circa 1 minuto



DTX (Discontinuous Transmission)

Quando l'interlocutore non parla viene trasmesso un singolo SID (Silence Descriptor) con i parametri del rumore di conforto (comfort noise)

Il SID è trasmesso alla frequenza di circa 2Hz, mentre un segnale SACCH (Slow Associated Control Channel) viene trasmesso ogni 480ms

Considerando che una normale conversazione ha il 50% di pause, il protocollo DTX riduce la potenza di circa il 30% (-1dB)