

Le reti telefoniche

**Richiami alla telefonia fissa tradizionale
POTS (Plain Old Telephony Service)
ed alle tecniche di codifica vocale**

Renato Lo Cigno
Renato.LoCigno@dit.unitn.it - Tel: 2026

Sito del corso:
www.dit.unitn.it/locigno/didattica/wn/

Evoluzione delle reti telefoniche

- Fine '800 primi '900:
 - trasmissione analogica
 - commutazione manuale (operatore che "sposta spinotti")
 - architettura non gerarchica
- Anni '20 e '30
 - introduzione delle reti gerarchiche di lunga distanza
 - introduzione dei primi commutatori semi-automatici (con operatore)



Evoluzione delle reti telefoniche

- Anni '40 e '50:
 - autocommutatori elettromeccanici
 - prima "teleselezione"
- Anni '60:
 - introduzione della trasmissione e della commutazione numerica PCM (Pulse Code Modulation)
 - primo commutatore elettronico (USA'65)



Evoluzione delle reti telefoniche

- Anni '70:
 - diffusione delle reti PCM
 - introduzione dei sistemi di segnalazione a canale comune (SS7)
- Anni '80:
 - completamento (??) della IDN (Integrated Digital Network)
 - definizione e prime installazioni di ISDN (Integrated Services Digital Network)
 - **diffusione delle reti cellulari analogiche**



Evoluzione delle reti telefoniche

- Anni '90:
 - diffusione (??) di ISDN
 - introduzione delle reti intelligenti
 - definizione della Broadband-ISDN (ATM)
 - **diffusione delle reti cellulari numeriche**
- 2000 +:
 - trasporto della voce su reti a pacchetto
 - **reti cellulari a commutazione di pacchetto (GPRS) e larga banda (UMTS)**



Il telefono analogico

- Com'è fatto un telefono
- Trasmissione tra utente e centrale



Il telefono di Bell

- Fino alla metà degli anni '60 il "telefono" è rimasto sostanzialmente uguale all'invenzione di Bell, ancora oggi i telefoni analogici sono sostanzialmente uguali
- Alexander Graham Bell depositò il brevetto il 14 febbraio 1876 ... qualche ora prima di Elisha Gray ... mentre in Italia Meucci sperimentava un sistema analogo
- Il 10 marzo 1876 Bell presenta il primo telefono funzionante



Il telefono di Bell

- Consiste di un microfono detto **trasmettitore** e un altoparlante detto **ricevitore** collegati da un circuito elettrico con una batteria in serie



- Il trasmettitore è una resistenza variabile
- Il ricevitore vibra al variare della corrente

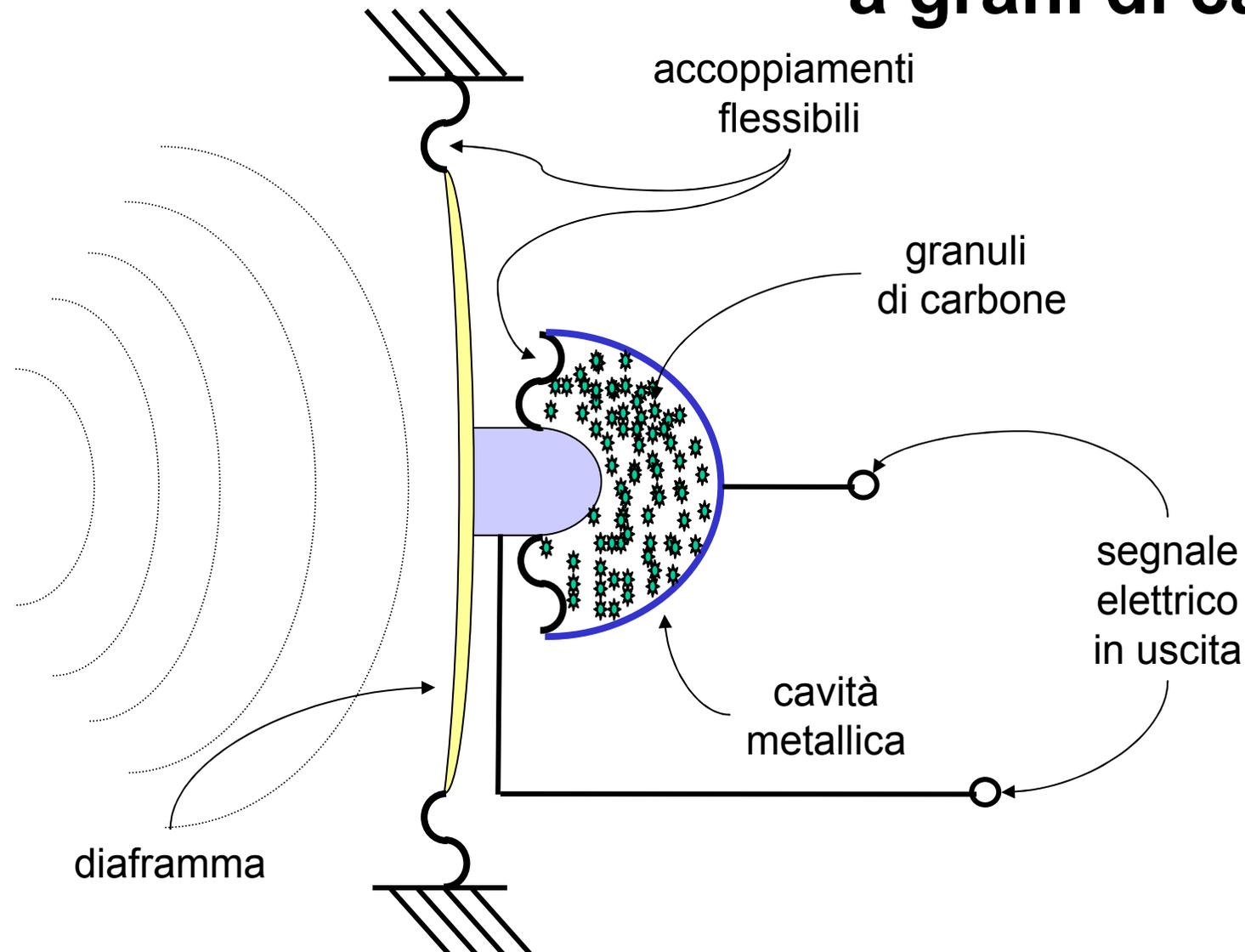


Il trasmettitore a grani di carbone

- Nel 1878 viene inventato microfono a granuli di carbone ... con qualche miglioria è in uso ancora oggi
- I granuli di carbone, inseriti in una cavità metallica chiusa da un diaframma, forniscono molti percorsi elettrici possibili
- Il diaframma vibrando fa variare il numero di possibili percorsi e quindi la corrente



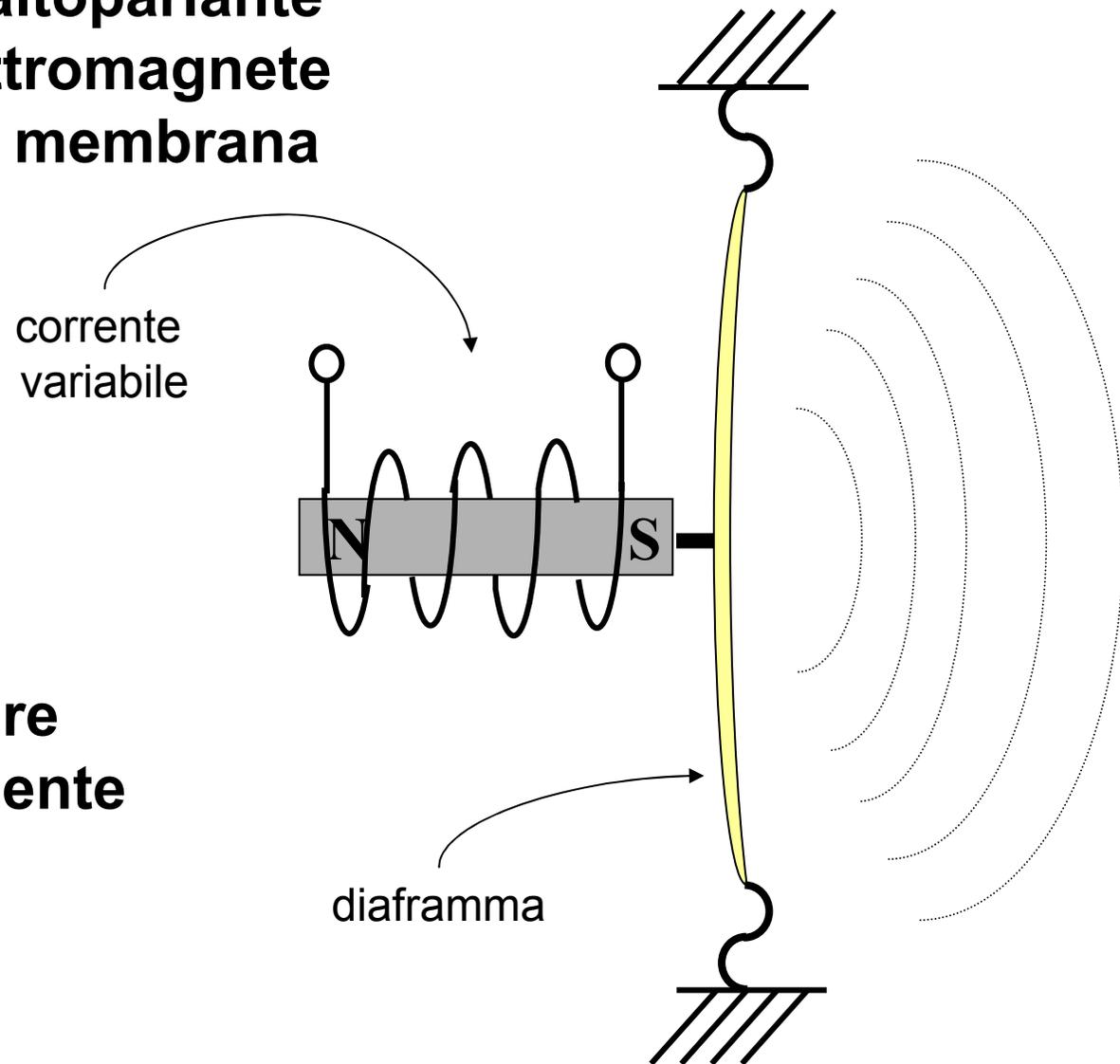
Il trasmettitore (trasduttore) a grani di carbone



Il ricevitore

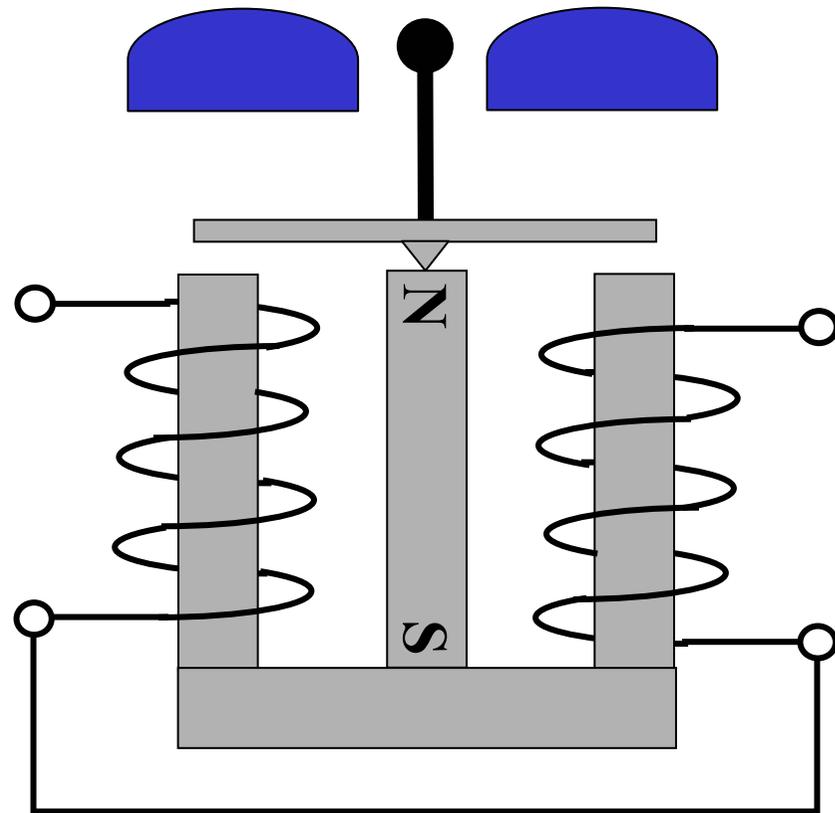
**Il ricevitore è un altoparlante
basato su un elettromagnete
collegato ad una membrana**

**Il segnale in
ingresso fa vibrare
il magnete permanente**



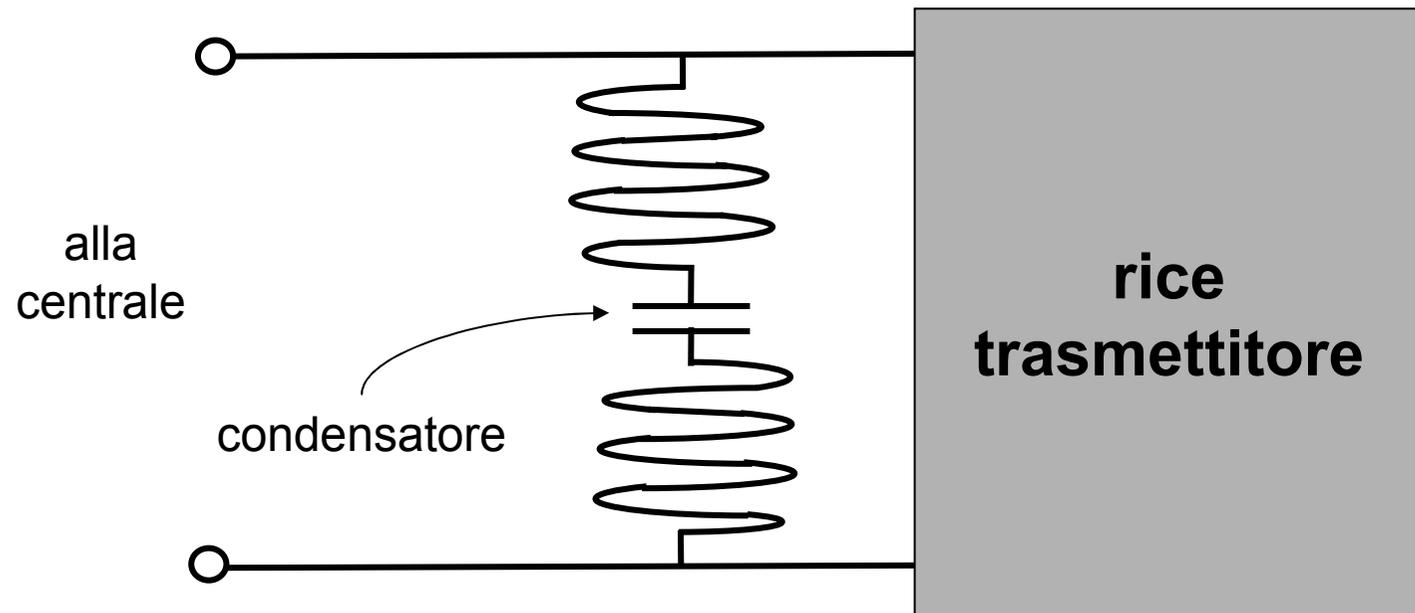
Lo “squillo”

- È pilotato direttamente dalla centrale con un segnale sinusoidale
- Due avvolgimenti in controfase su un nucleo di ferrite fanno vibrare un martello sui campanelli (il magnete permanente amplifica l'effetto)



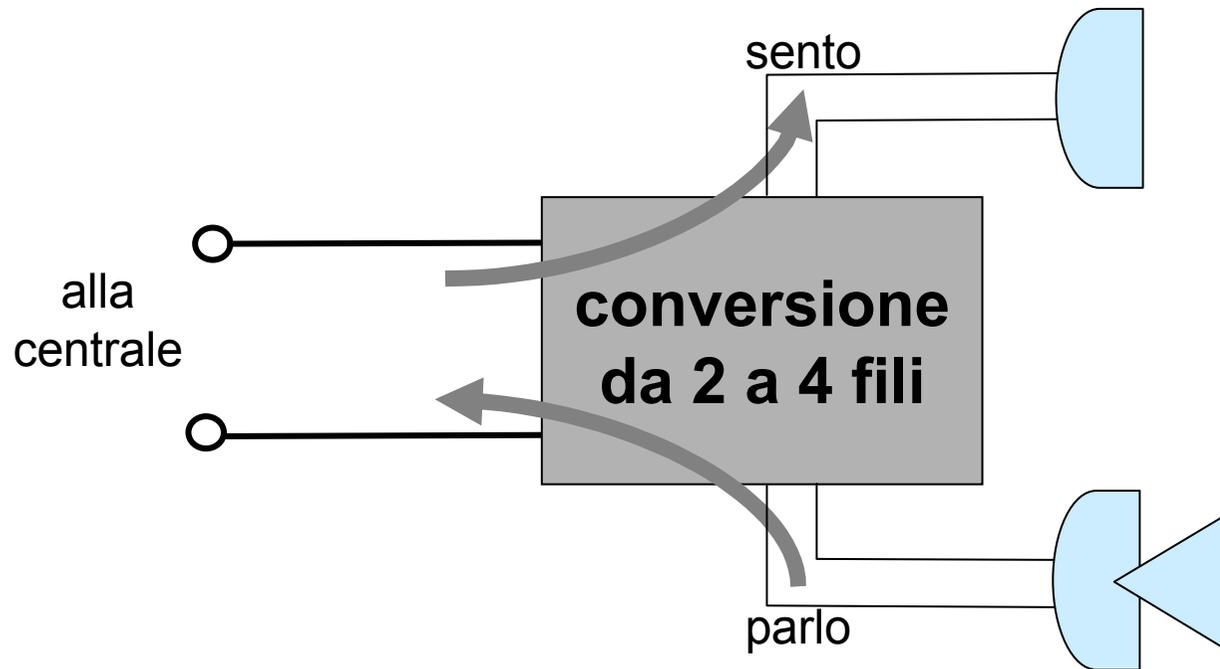
Lo “squillo”

- Gli avvolgimenti sono in serie
- Un condensatore impedisce che la corrente continua di alimentazione fluisca (in corto circuito) attraverso gli avvolgimenti
- Il campanello è collegato in parallelo all'apparecchio di rice/trasmissione



Tecnica di duplex

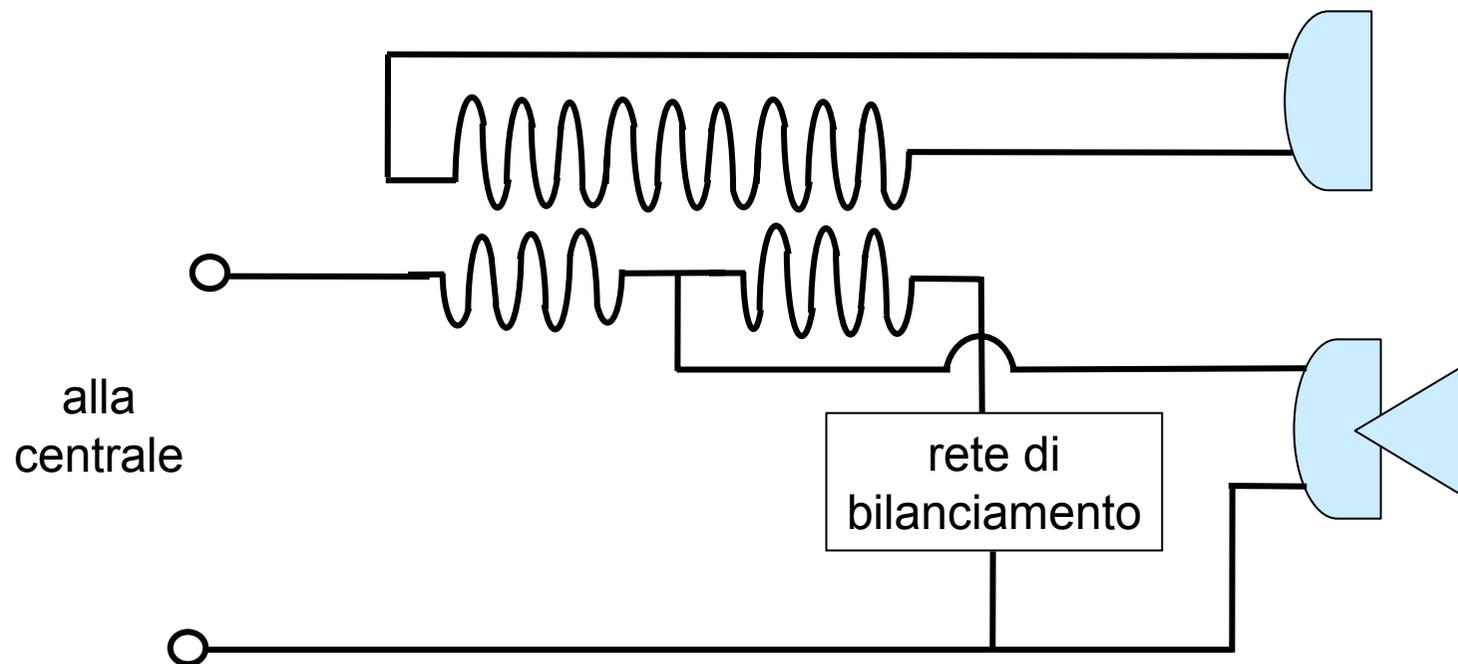
- Il circuito verso la centrale è bifilare (doppino)
- Trasmettitore e ricevitore sono su un circuito a 4 fili (2Tx, 2Rx)
- Necessita una conversione da 2 a 4 fili e viceversa ("forchetta" telefonica)



Tecnica di duplex

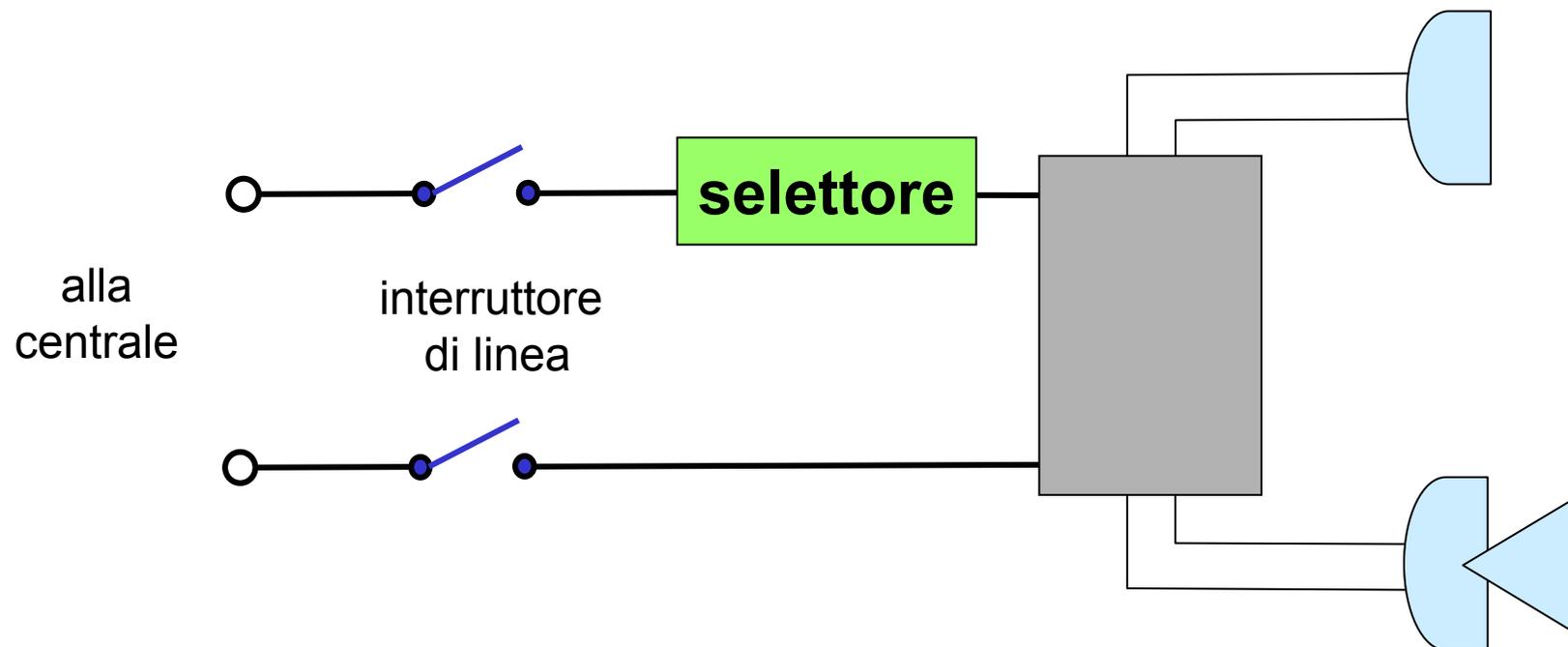
- La "forchetta" è realizzata con un trasformatore bilanciato, che attenua l'accoppiamento locale tra microfono e ricevitore a un livello "confortevole"

la rete di bilanciamento presenta un'impedenza analoga alla linea verso la centrale



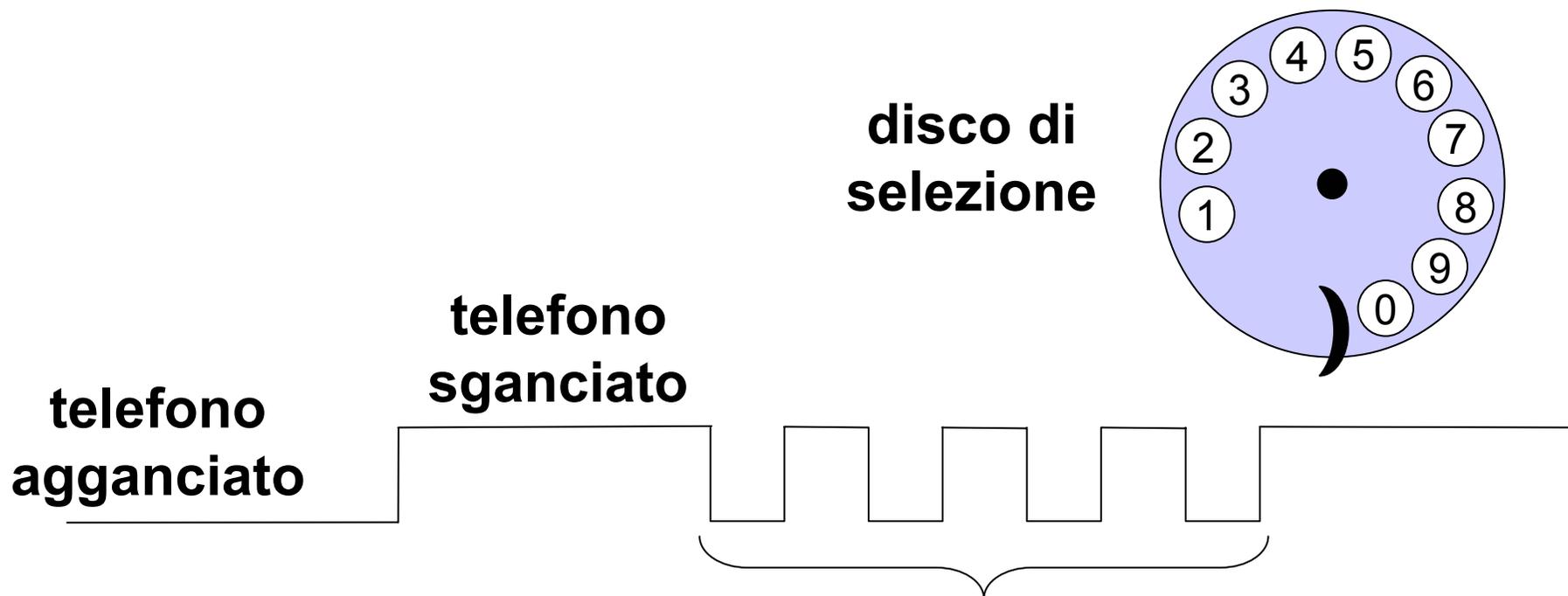
Attivazione e selezione

- La linea viene attivata sganciando il micro-telefono, che chiude l'interruttore di linea
- Il selettore (disco o tastiera) è inserito in serie al circuito del telefono



Attivazione e selezione

- chiudendo l'interruttore la corrente di alimentazione può fluire nei circuiti del telefono
- La selezione a impulsi avviene interrompendo la corrente di alimentazione



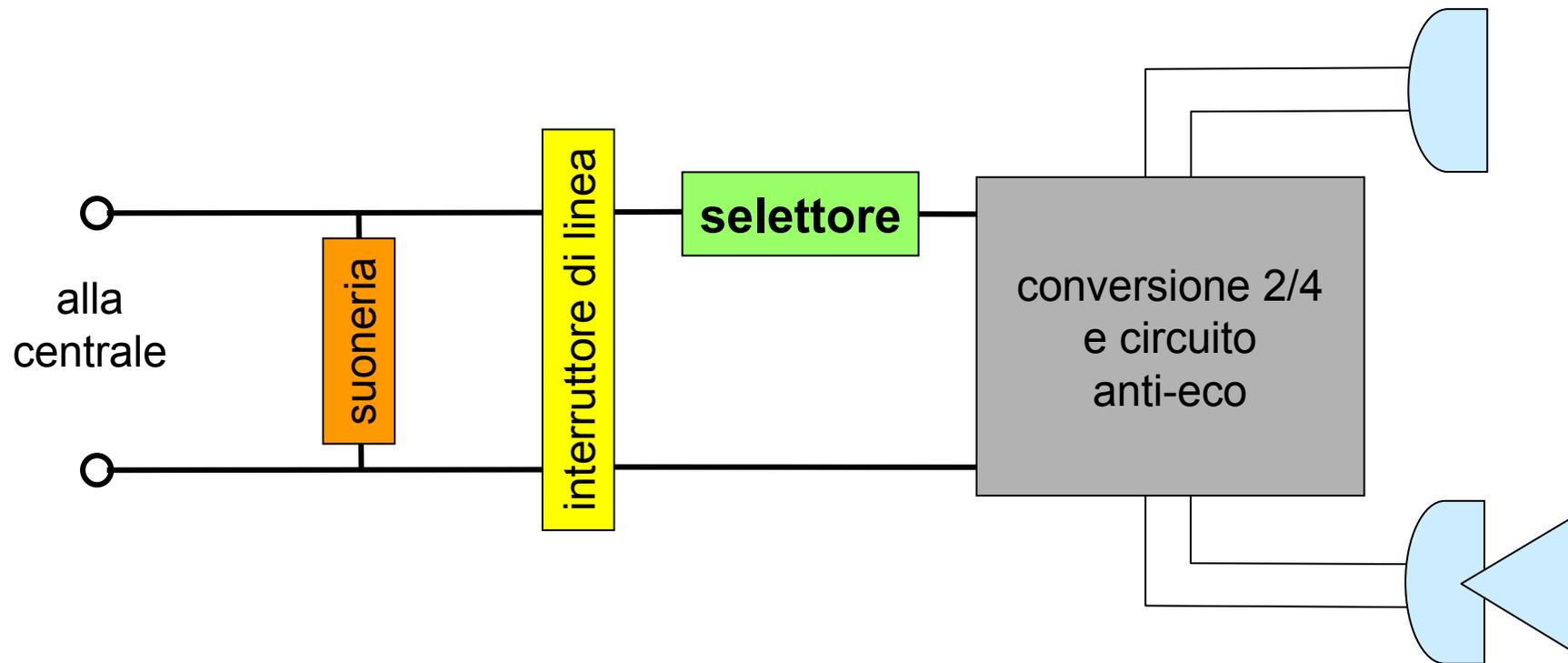
Attivazione e selezione

- La selezione tonale avviene trasmettendo per ciascuna cifra una combinazione di due diverse frequenze (toni) in banda fonica: DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

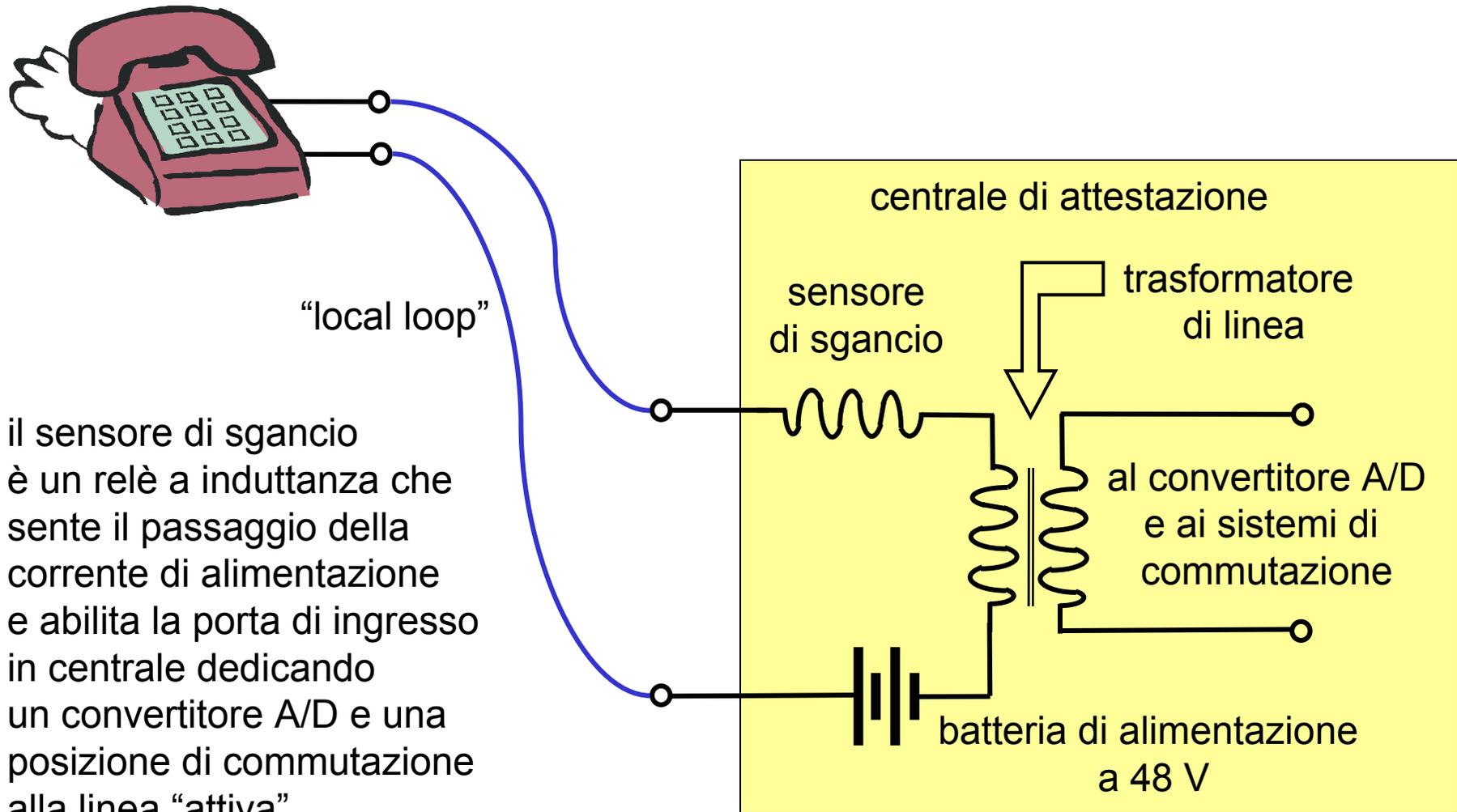
f1 \ f2	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*/E	0	#/F	D



Schema a blocchi complessivo



La centrale e il “local loop”



il sensore di sgancio è un relè a induttanza che sente il passaggio della corrente di alimentazione e abilita la porta di ingresso in centrale dedicando un convertitore A/D e una posizione di commutazione alla linea “attiva”



Toni di centrale

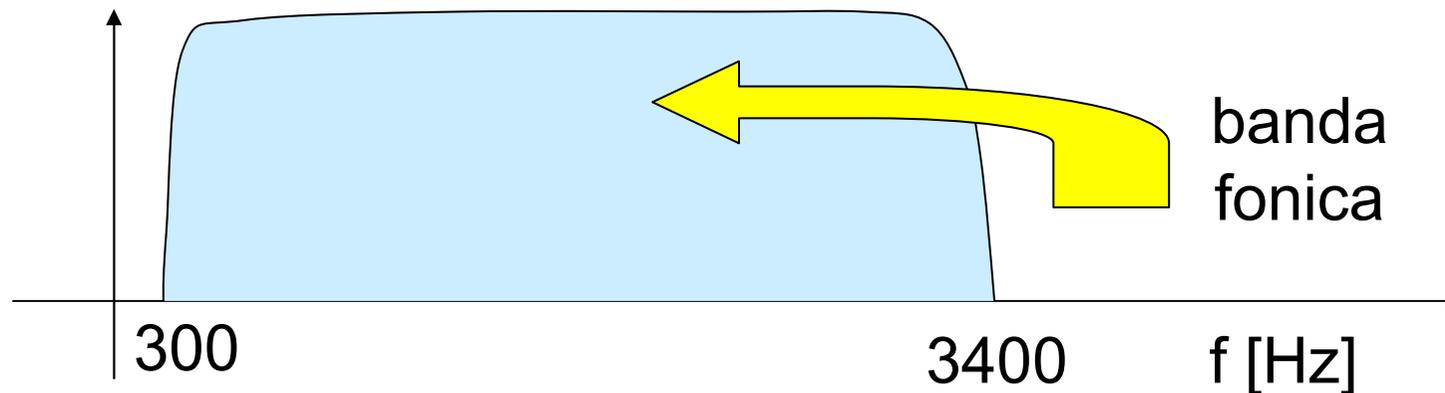
La centrale invia diversi segnali all'utente:

- Squillo: sinusoidale a 20Hz, 75V rms, duty cycle [On/Off s - D.C.] ~1/1
- Selezione:
(350)+(440)Hz, tono continuo (USA)
(440)+(480)Hz, D.C. complesso tu .. tuuu (EU)
- Linea disponibile: (440)+(480)Hz, D.C. 2/4
- Linea occupata: (480)+(620)Hz, D.C. 0.5/0.5
- Fascio occupato: (480)+(620)Hz, D.C. 0.25/0.25



Filtri e banda fonica

- Il segnale analogico tra telefono e centrale locale viene filtrato tra 300 e 3400 Hz per consentire il passaggio della continua di alimentazione e limitare la banda passante del sistema
- Le centrali moderne convertono immediatamente il segnale in PCM



Codifica e pacchettizzazione della voce

- PCM (G.711)
- ADPCM
- Algoritmi LPC-LTP (GSM)
- Algoritmi CELP (G.729, G.723, Enhanced GSM)



Segnale Vocale

- Il segnale vocale è un'onda di pressione in aria
- Un microfono lo trasforma in un segnale elettrico analogico (pressione ↔ volt)
- Le tecniche di codifica si dividono tra quelle che usano la sola conoscenza del segnale elettrico istantaneo e quelle che sfruttano le caratteristiche dell'apparato di fonazione e uditivo



Valutazione della qualità dei codificatori

- Per valutare la qualità di un sistema di codifica della voce si usano tecniche soggettive note come
- MOS: Mean Opinion Score
- Valutazione ottenuta in modo statistico da un campione di persone (maschi e femmine) che ascoltano brevi pezzi di parlato



Scala MOS

MOS	Qualità	definizione	esempio
5	Eccellente	Nessuno sforzo richiesto per la comprensione	dal vivo CD-audio
4	Buona	Richiede attenzione, ma non uno sforzo apprezzabile	telefonia fissa
3	Discreta	è richiesto un moderato sforzo per la comprensione	GSM
2	Scarsa	Il significato delle frasi è incomprensibile senza un notevole sforzo	
1	Insufficiente	La comunicazione è sostanzialmente impossibile	

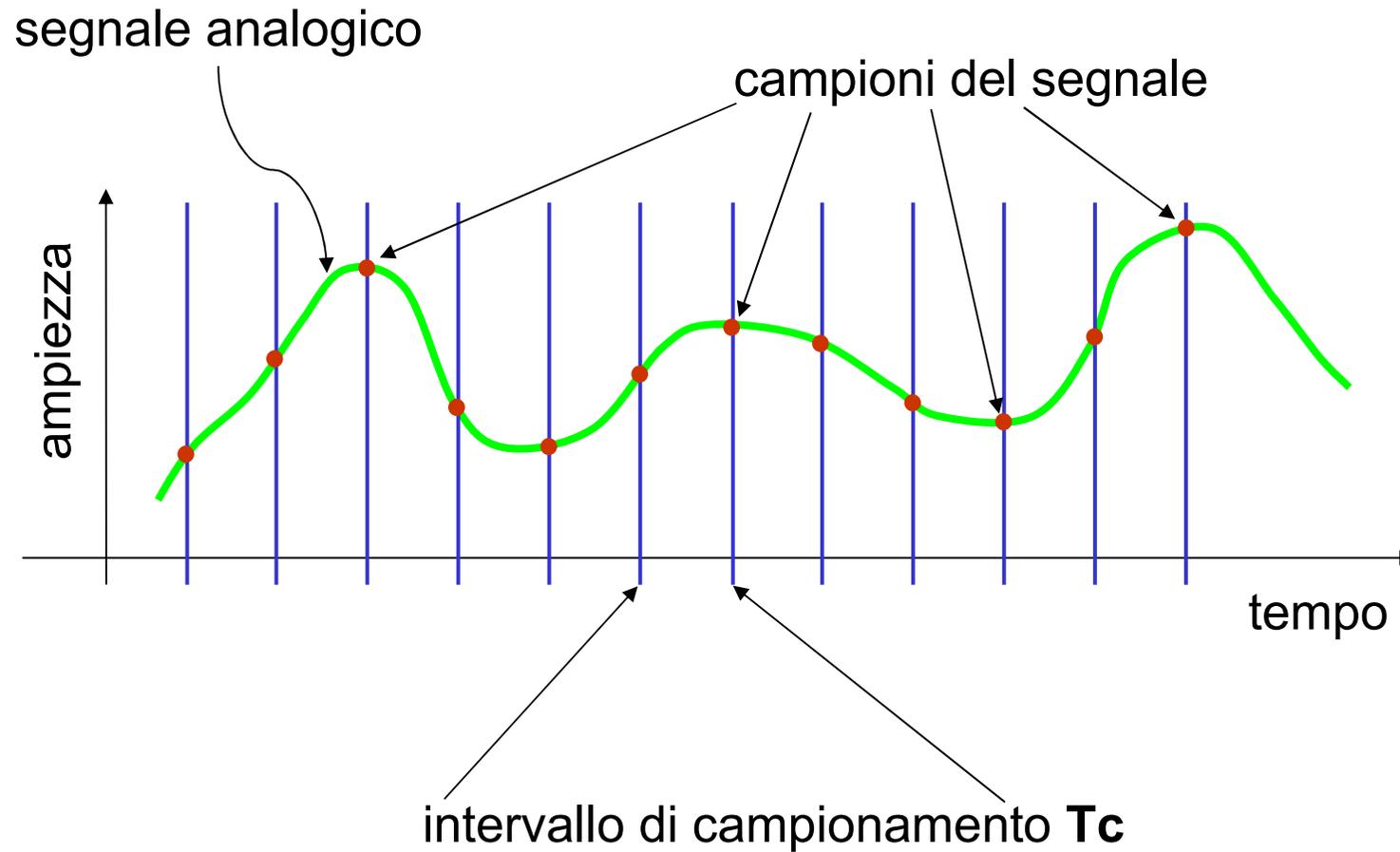


Campionamento e quantizzazione

- Il primo passo per qualsiasi codifica del segnale sono
- **Campionamento:** si rappresenta il segnale continuo tramite un insieme discreto di valori, senza alcun degrado se viene rispettato il teorema di Nyquist
- **Quantizzazione:** assegnazione a un insieme discreto di valori dei punti campionati, si ha degrado irreversibile del segnale



Campionamento



Campionamento

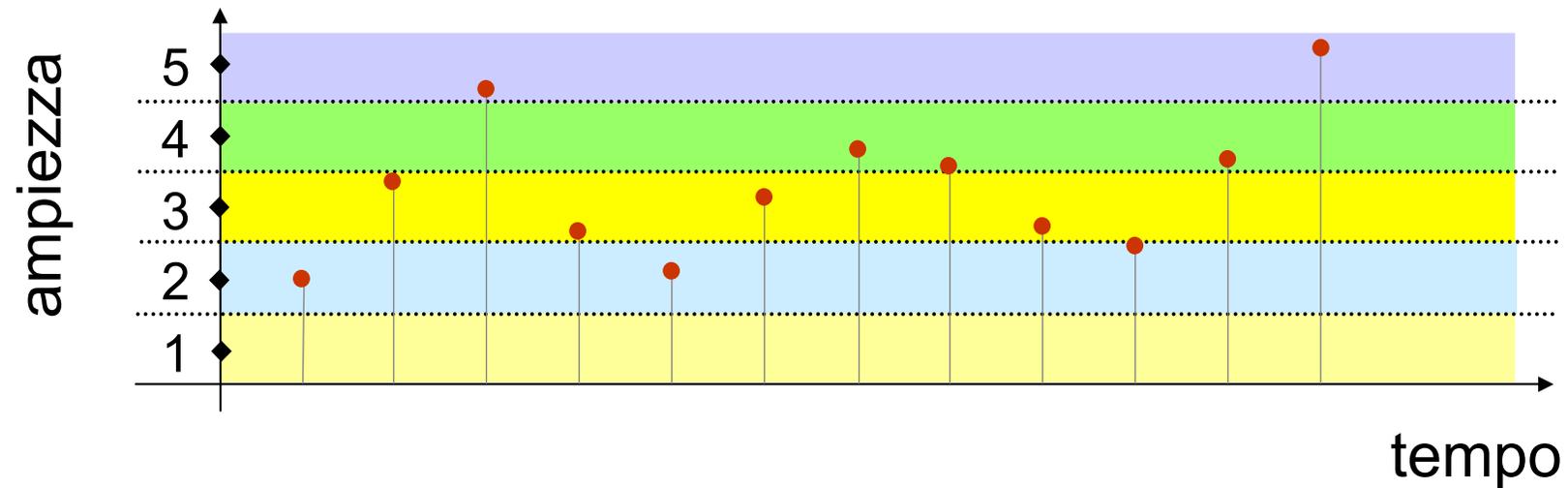
- Il teorema di Nyquist definisce il passo di campionamento affinché non si abbia alcun degrado nella ricostruzione del segnale

$$1/T_c > B$$

- B è il massimo contenuto in frequenza (banda) del segnale da campionare



Quantizzazione



Quantizzazione

- Introduce sempre un degrado noto come *rumore di quantizzazione*
- Il degrado è noto e controllabile e diminuisce con intervalli di quantizzazione più piccoli
- Il degrado può essere ridotto a piacere diminuendo la dimensione dell'intervallo di quantizzazione



PCM lineare e “companding”

- Il PCM (Pulse Code Modulation) è un processo di campionamento e quantizzazione
- La quantizzazione può essere lineare (tutti gli intervalli uguali) o non lineare (intervalli diversi a seconda dell'ampiezza) anche detta “companding” nel secondo caso
- PCM lineare: CD (~44 kHz, 16 bit)
- PCM companding: telefonia (8kHz, 8 bit)



PCM lineare e “companding”

- PCM lineare: CD (~44 kHz, 16 bit)
qualità eccellente (MOS 5)
 - PCM companding: telefonia (8kHz, 8 bit, 64
kbit/s) qualità buona (MOS 4+), standard
ITU-T G.711
-
- MOS: Mean Opinion Score

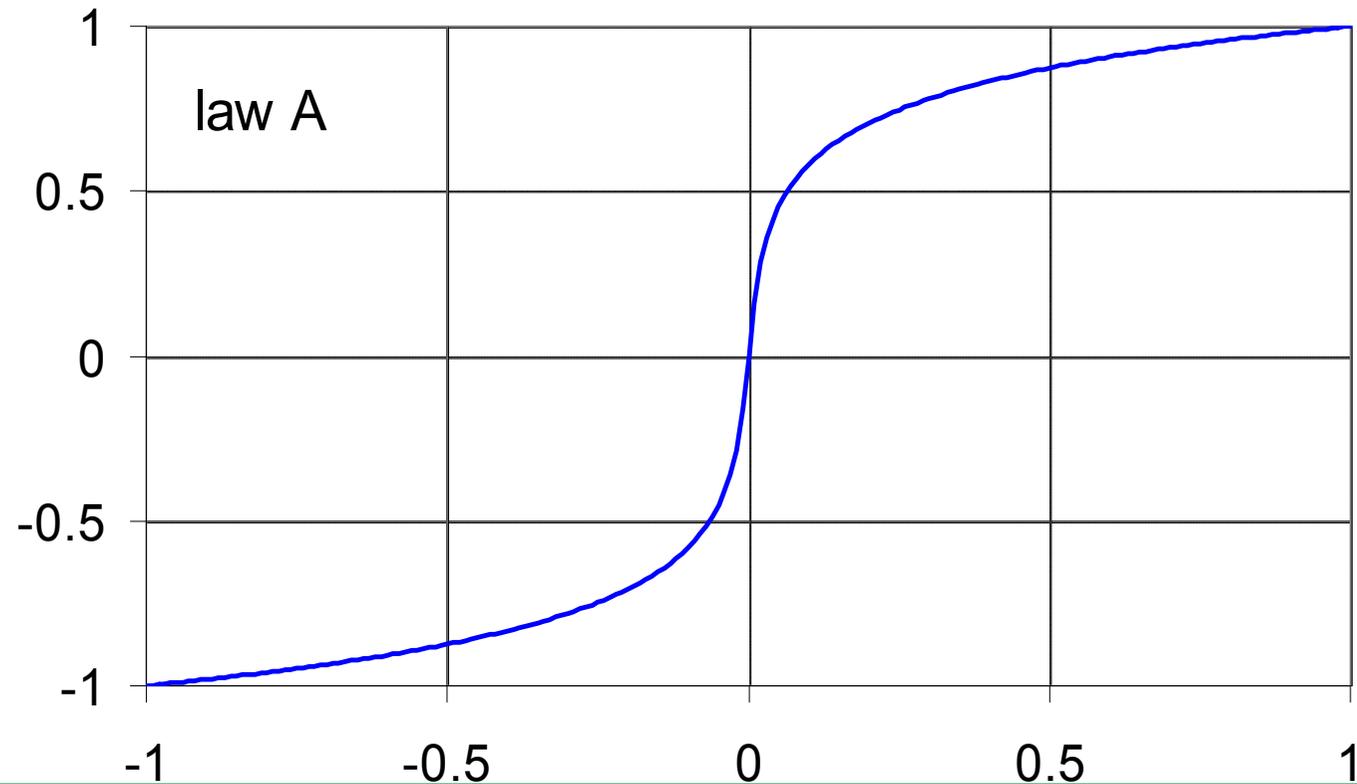


$$A = 87.6$$

$$X = V/V_{\max}$$

Legge di compressione "A"

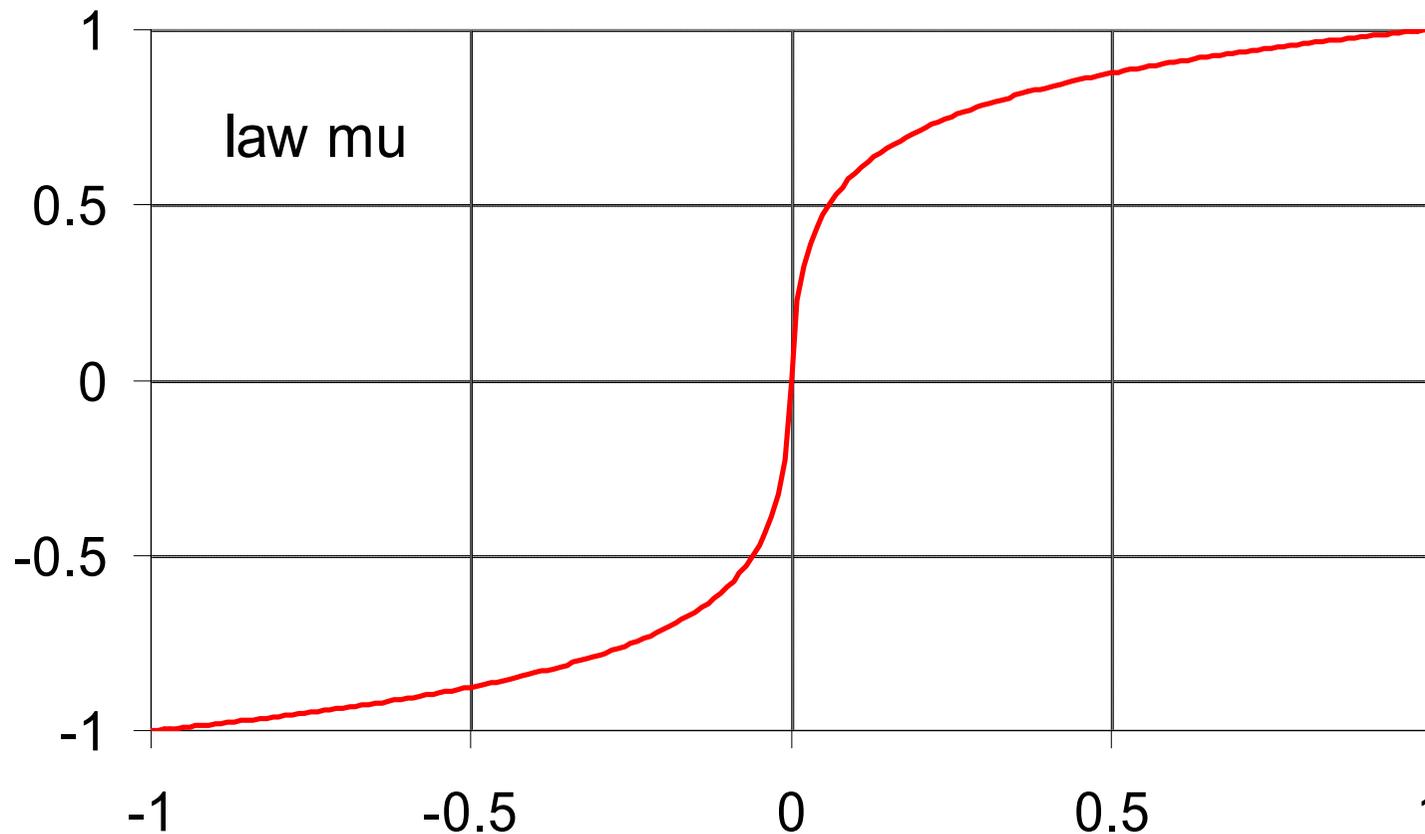
$$Y = \begin{cases} \frac{A}{1+\ln A} X & ; X < 1/A \\ \frac{\text{sign}(X)}{1+\ln A} (1+\ln |AX|) & ; 1/A < X < 1 \end{cases}$$



Legge di compressione “μ”

$$X = V/V_{\max}$$

$$Y = \text{sign}(X) \frac{\ln(1+255|X|)}{\ln(1+255)}$$



PCM adattativo o differenziale

- è possibile modificare nel tempo l'ampiezza degli intervalli di quantizzazione in funzione della dinamica del segnale (adattamento)
- è possibile codificare la differenza tra un campione e il precedente: se c'è correlazione tra i campioni la dinamica della differenza è minore di quella dei campioni; al posto della differenza si possono usare tecniche più sofisticate di predizione



PCM adattativo e differenziale

- Un PCM adattativo e differenziale di qualità buona (MOS 4) è l'ADPCM a 32kbit/s (G.721)
- Un altro esempio è la modulazione delta, in cui il segnale è campionato a frequenza elevata per ottenere alta correlazione tra i campioni e la differenza è campionata su un solo bit, che indica se il segnale cresce o decresce



Pacchettizzazione

- Il PCM e i suoi derivati codificano il segnale campione per campione
- Le reti di telefonia tradizionale trasmettono campione per campione
- In una rete a commutazione di pacchetto devo accumulare campioni fino a riempire un pacchetto (es. payload 80 byte -> 80 campioni PCM -> 10ms di voce) **!!RITARDO!!**



Codificatori a blocco

- Trasmettere a pacchetto implica ritardo ...
- Considerando un segmento vocale (es. un fonema di durata 10-500 ms) è possibile usare algoritmi di codifica e compressione molto efficienti
- Si parte da una codifica PCM lineare eccellente, si raggruppano da 80-320 campioni (10-40 ms) e si lavora sull'insieme (blocco)

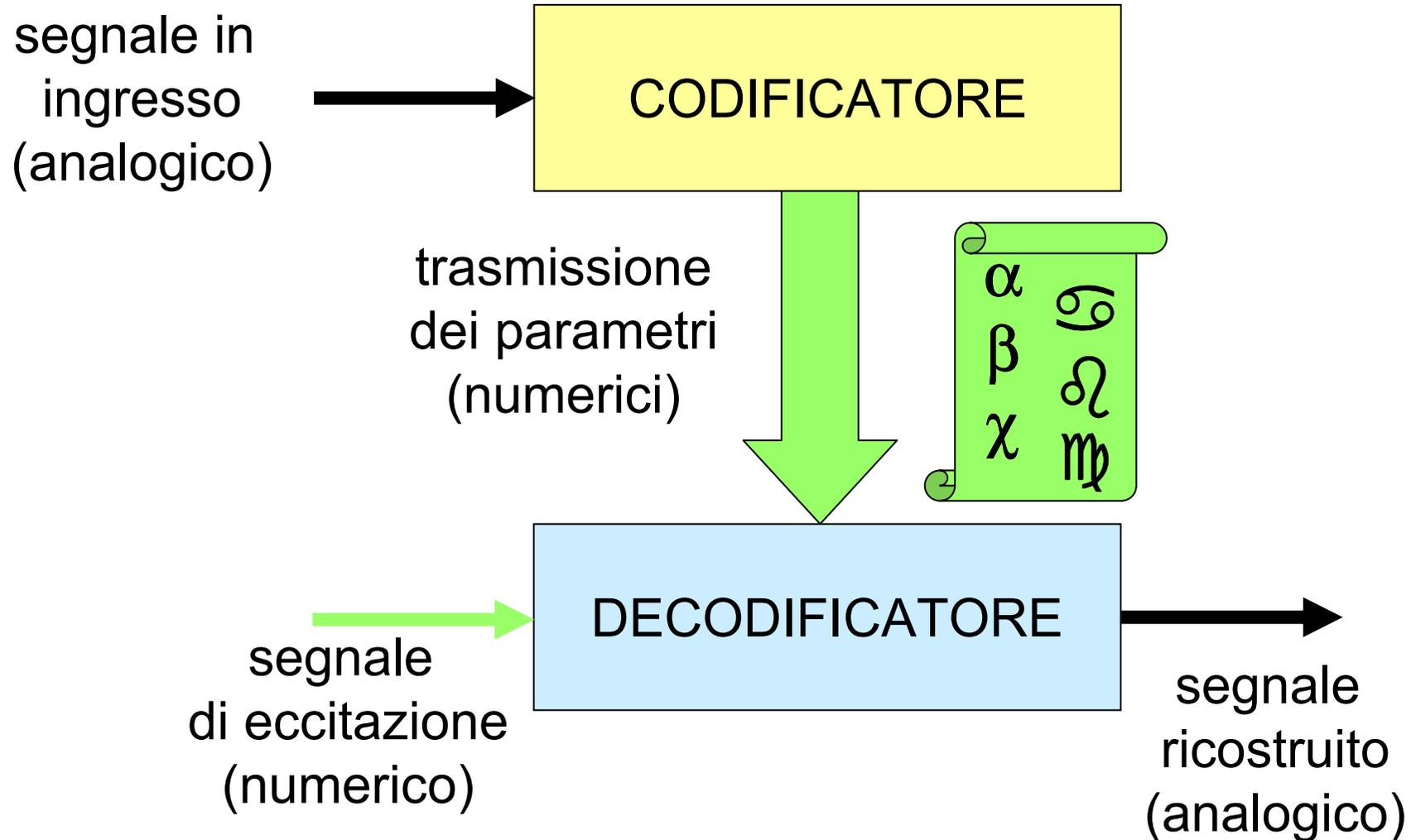


Codificatori a blocco

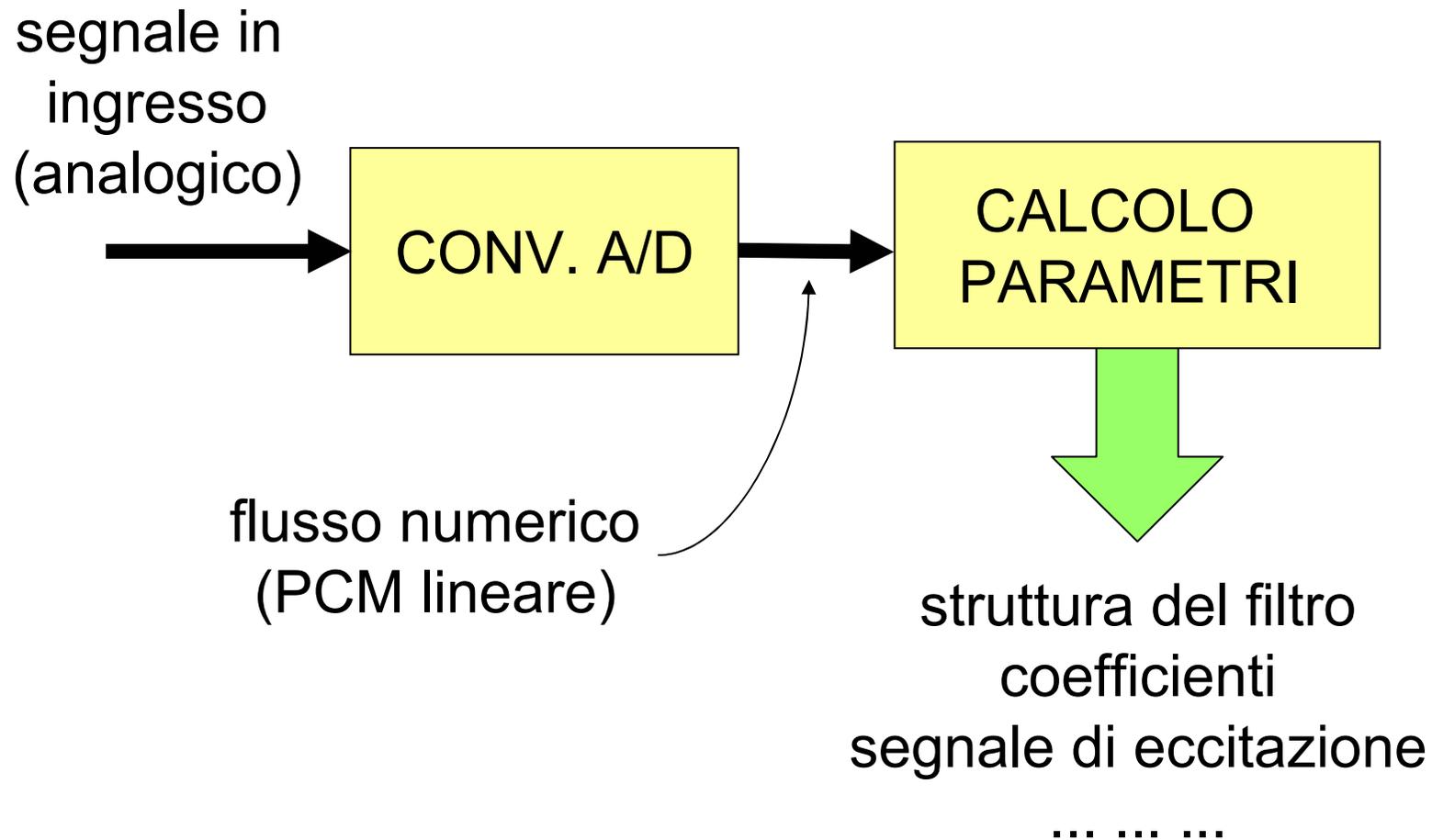
- I codificatori a blocco si dividono in molte categorie a seconda degli algoritmi usati
- Tutti i codificatori a blocco sono basati su filtri numerici a risposta finita (FIR) di cui il codificatore calcola i parametri che vengono trasmessi per la ricostruzione del segnale



Codificatori a blocco: schema generale

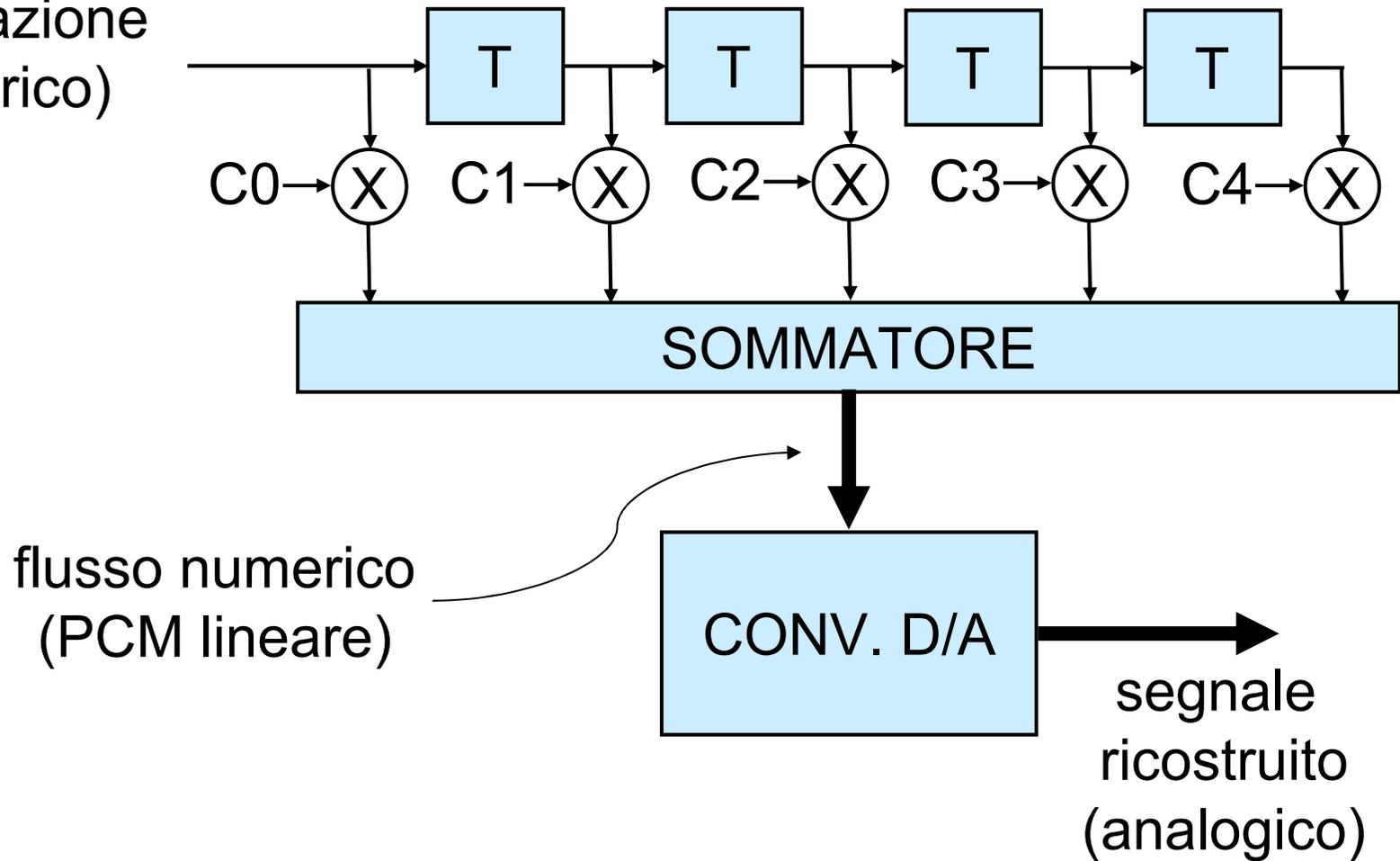


Codificatori a blocco: codificatore



Codificatori a blocco: decodificatore

segnale
di eccitazione
(numerico)



flusso numerico
(PCM lineare)



Soppressione dei silenzi

- Con i codificatori a blocco è possibile effettuare la soppressione dei silenzi (VAD - Voice Activity Detection)
- Se non vi è attività vocale non vengono generati "pacchetti" di descrizione vocale
- Sul canale vengono trasmessi pacchetti di descrizione del silenzio
- Risparmio di banda e riduzione dell'interferenza



VAD – criticità

- I silenzi vanno soppressi senza dare la sensazione di “linea caduta”
- Il soppressore deve essere efficiente nell'intervenire, ma soprattutto nel riprendere la codifica, per evitare di “tagliare” l'inizio di nuove lettere/parole
- I soppressori possono essere
 - Lenti: intervengono solo durante lunghe pause di parlato
 - Veloci: cercano di intervenire anche nei brevissimi silenzi tra parole della stessa frase

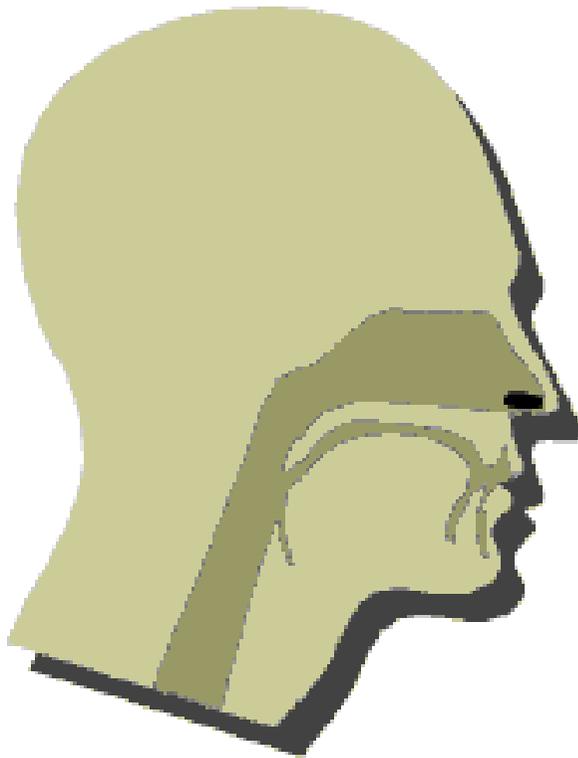


Codifica LPC-LTP

- La codifica Linear Prediction Coding - Long Term Prediction si basa sulla modellizzazione *fisica* del tratto vocale mediante due filtri, uno a memoria breve (filtro LPC) e uno a memoria lunga (LTP)
- Si calcolano e trasmettono i coefficienti dei filtri
- Il segnale viene rigenerato eccitando il filtro a memoria breve con rumore gaussiano bianco e il filtro a memoria lunga con un treno di impulsi regolari (RPE - Regular Pulse Excitation)



Modellizzazione “fisica”



- Il filtro usato rappresenta i modi vibrazionali delle corde vocali e le cavità risonanti dell'apparato di fonazione umano



Codifica CELP

- Code Excited Linear Prediction
- È un codificatore LCP in cui l'eccitazione per ricostruire il segnale non è rumore bianco ma una sequenza di un "codebook" (catalogo) che minimizza l'errore rispetto al segnale originale
- Il codificatore è molto complesso perché deve scegliere tra i possibili codici in modo esaustivo



Codificatori GSM e UMTS

- GSM tradizionale:
 - codificatore LPC-LTP con RPE
 - 13kbit/s
- GSM Enhanced Full Rate (EFR):
 - telefonini "dual-band" e/o posteriori al 1997
 - CELP a 12.2 kbit/s
- UMTS:
 - coded adattativo a rate variabile (AMR - Adaptive Multi Rate)
 - può essere usato anche con GSM



Codificatore AMR

- Usa 8 possibili livelli di compressione:
12.2, 10.2, 7.95, 7.4, 6.7, 5.9, 5.15, 4.75
- Commuta automaticamente verso compressioni più elevate al degradare del canale trasmissivo in modo da poter aggiungere più ridondanza al segnale trasmesso
- Il codec a 12.2 è il GSM-EFR
- Il codec a 7.4 è quello del sistema numerico Nord Americano (D-AMPS o ANSI-136)



Codificatore GSM “base”

- Codificatore LPC-LTP con RPE
- Blocchi da 20ms che producono 260 bit raggruppati in 3 livelli di importanza
 - 50 ricevono massima protezione
 - 132 ricevono una protezione media
 - 78 non sono protetti per nulla
- Totale 13kbit/s

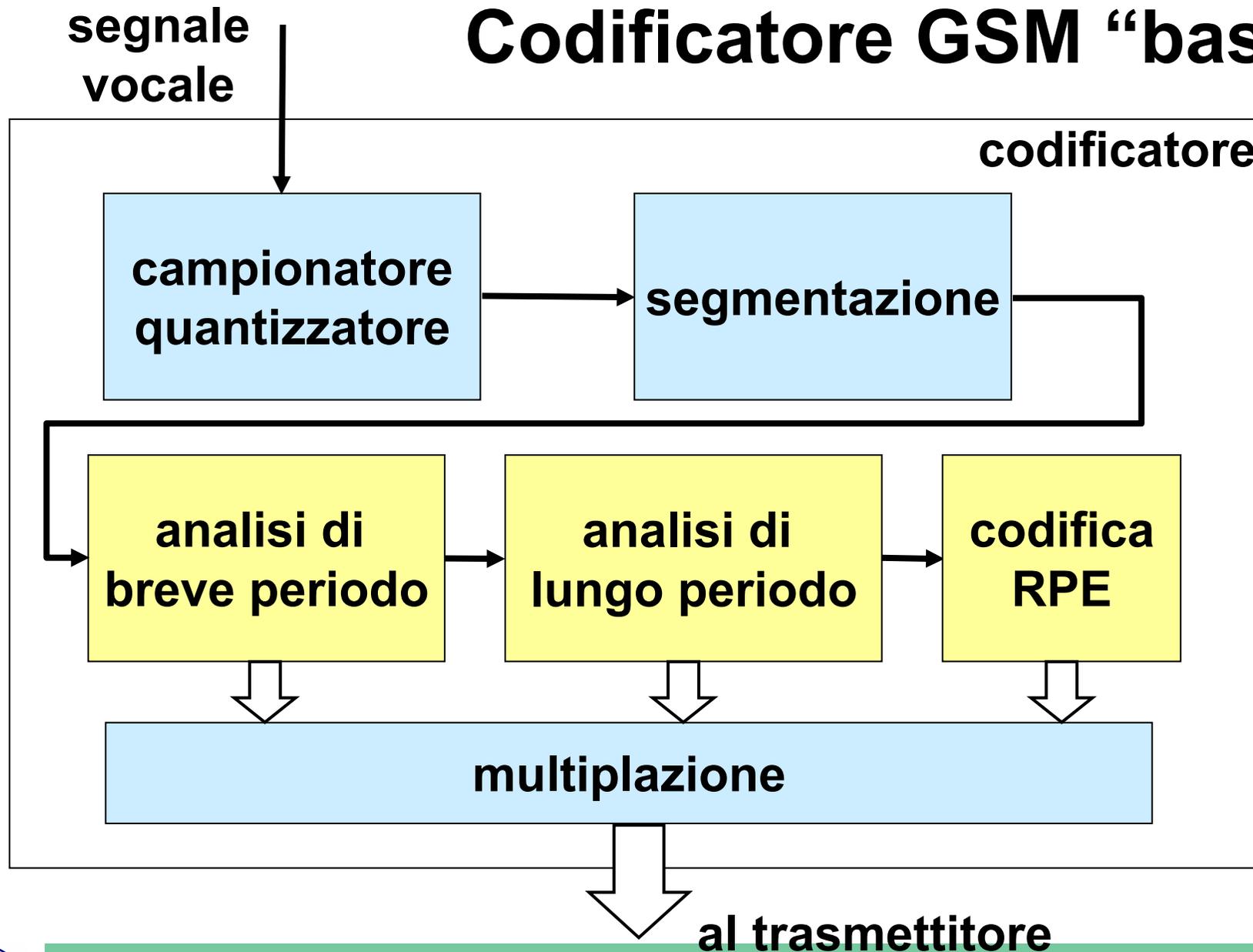


Codificatore GSM “base”

- La codifica è divisa in:
- Predizione di breve periodo (LPC)
 - serve a codificare “bene” i fonemi con consonanti
- Predizione di lungo periodo (LTP)
 - serve a codificare “bene” i suoni vocalizzati
- Calcolo del miglior segnale di eccitazione (RPE)



Codificatore GSM “base”

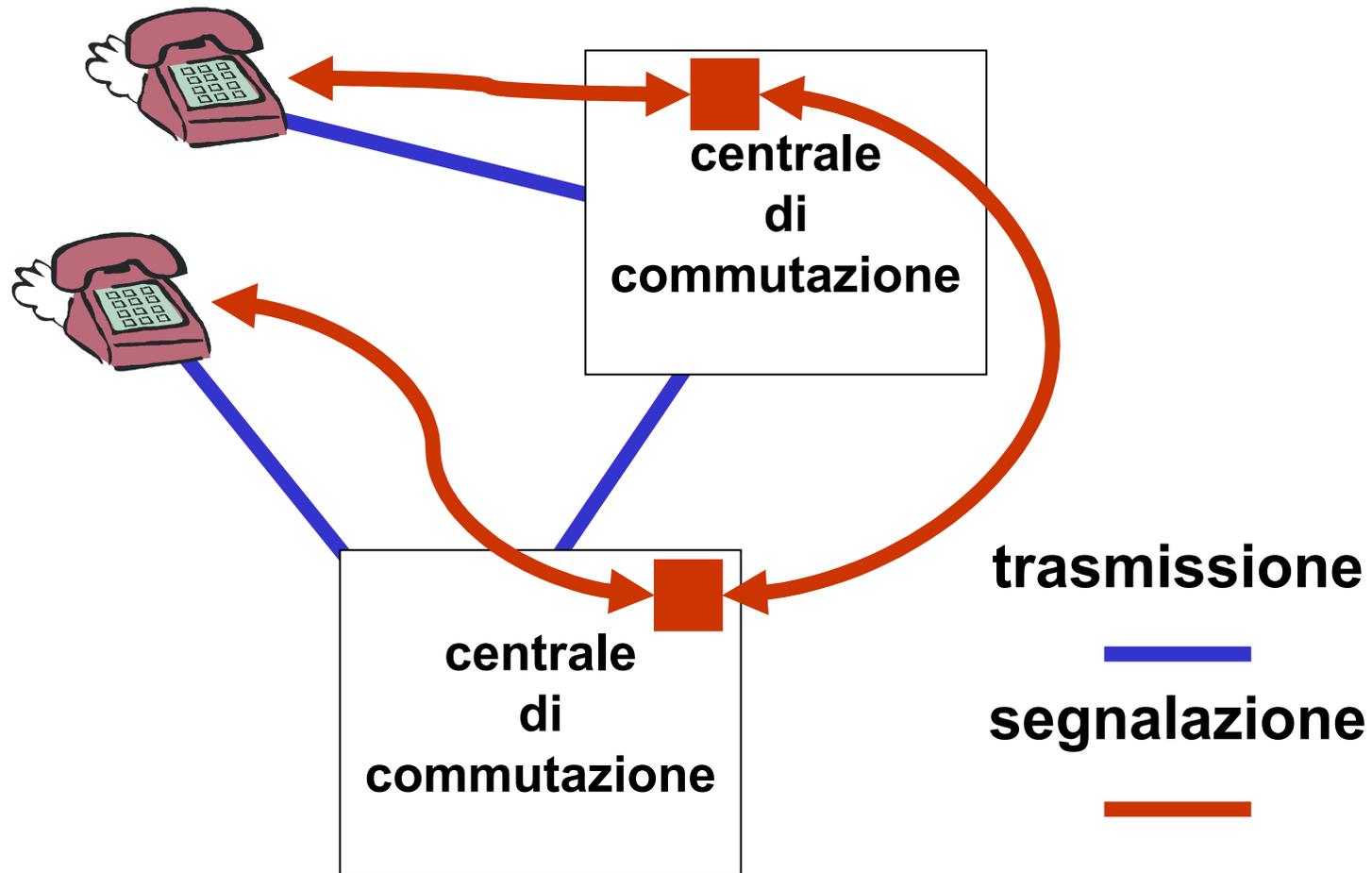


Codificatori per reti a pacchetto (IP)

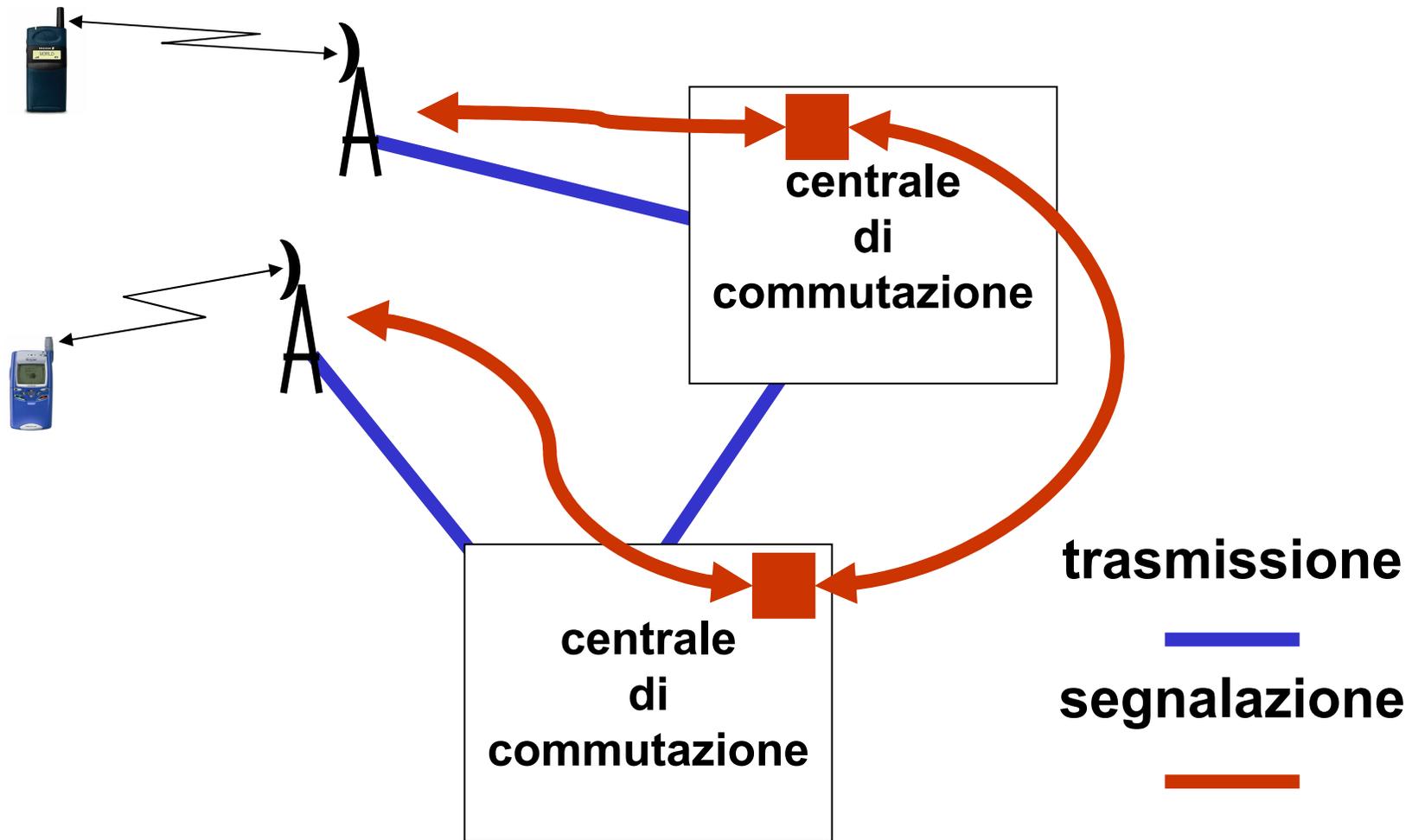
- G.729:
 - CELP a 8kbit/s
- G.723:
 - CELP a 6.3 o 5.3 kbit/s
- Tutti i codificatori hanno $MOS > 4$ (tranne il GSM originale che è poco sotto 4) e sono pressochè indistinguibili dalla telefonia PCM



Una rete telefonica ...

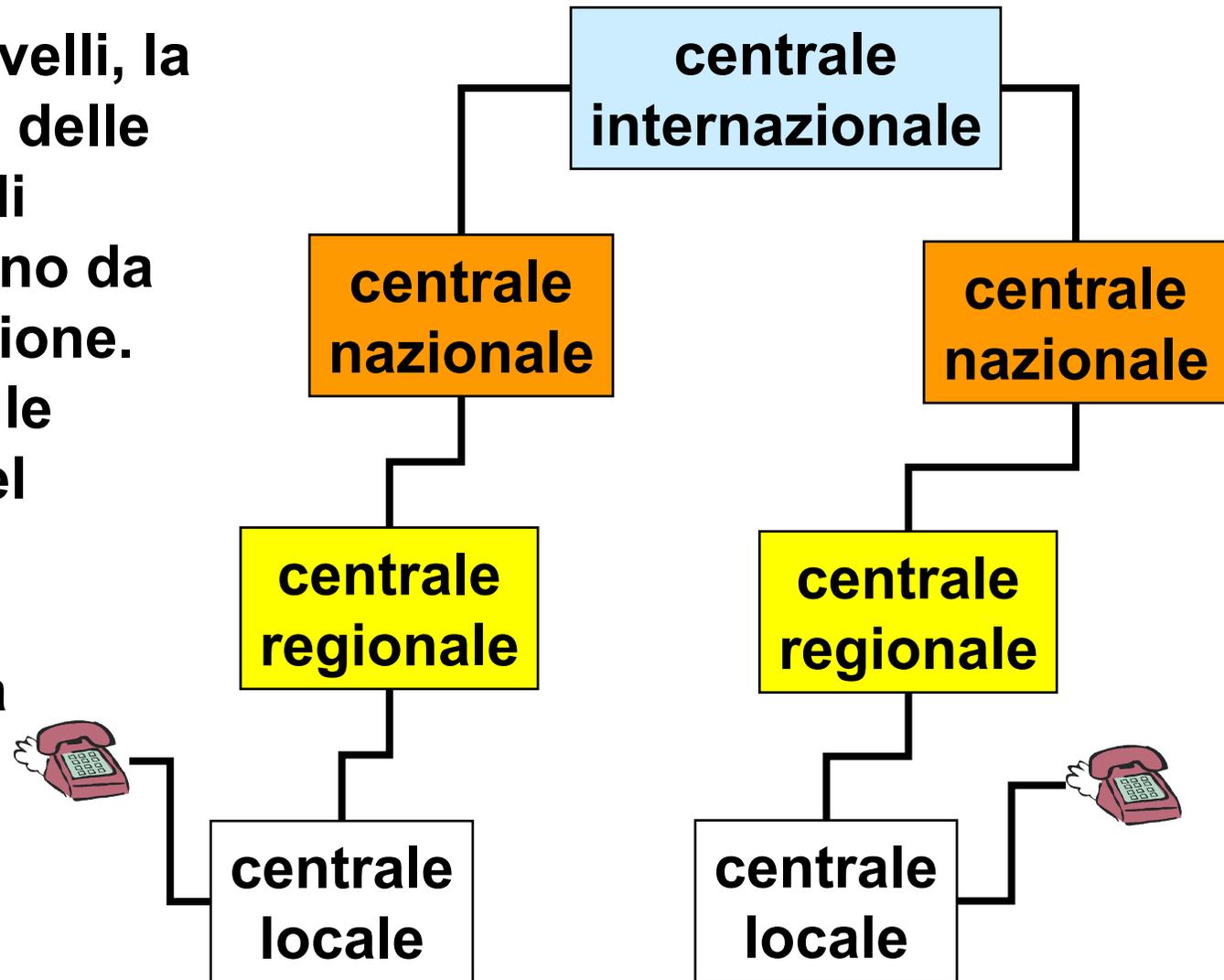


... una rete di telefonia mobile



Organizzazione gerarchica

Il numero di livelli, la nomenclatura delle centrali e degli apparati variano da nazione a nazione. Riflettono sia le dimensioni del paese sia la “storia” della telefonia nella nazione



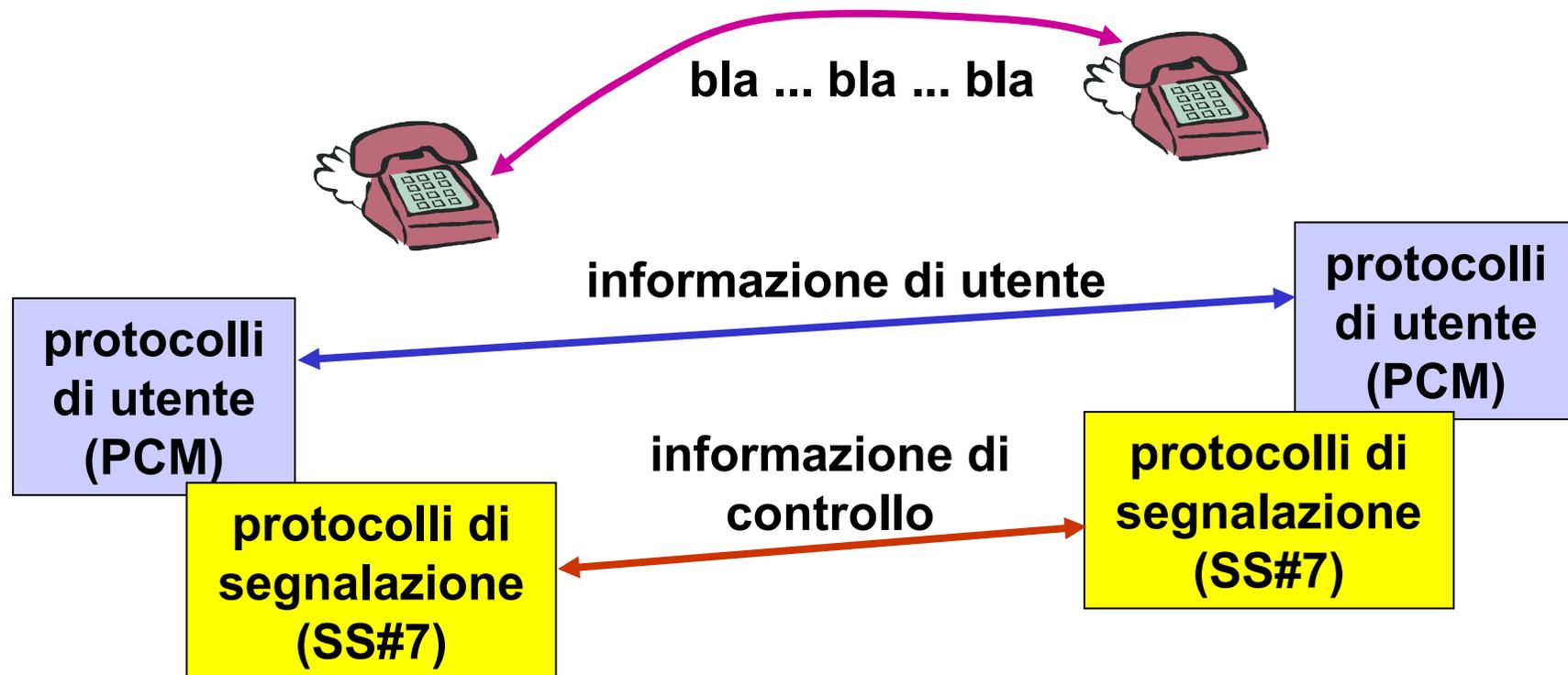
La rete POTS

- L'attuale rete telefonica è sostanzialmente una IDN (Integrated Digital Network)
- Interfacce servizio/specifiche (analogiche)
- Commutazione a circuito
- Trasmissione/commutazione numerica PCM
- Segnalazione a canale comune

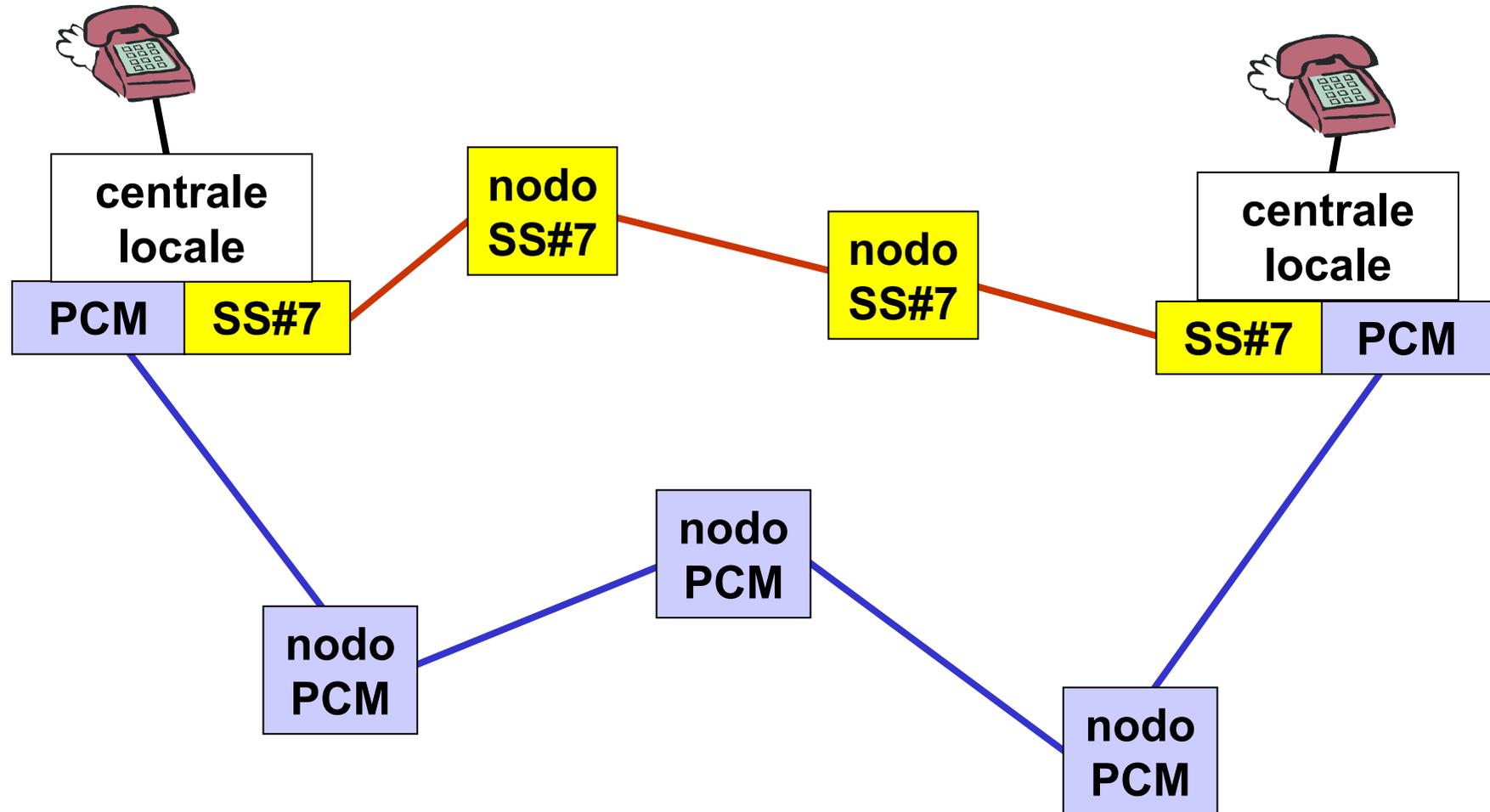


Il modello di riferimento

- L'architettura è divisa in piano utente, piano di controllo (segnalazione) e piano di gestione (che non vediamo)



Informazione e controllo “viaggiano” separati

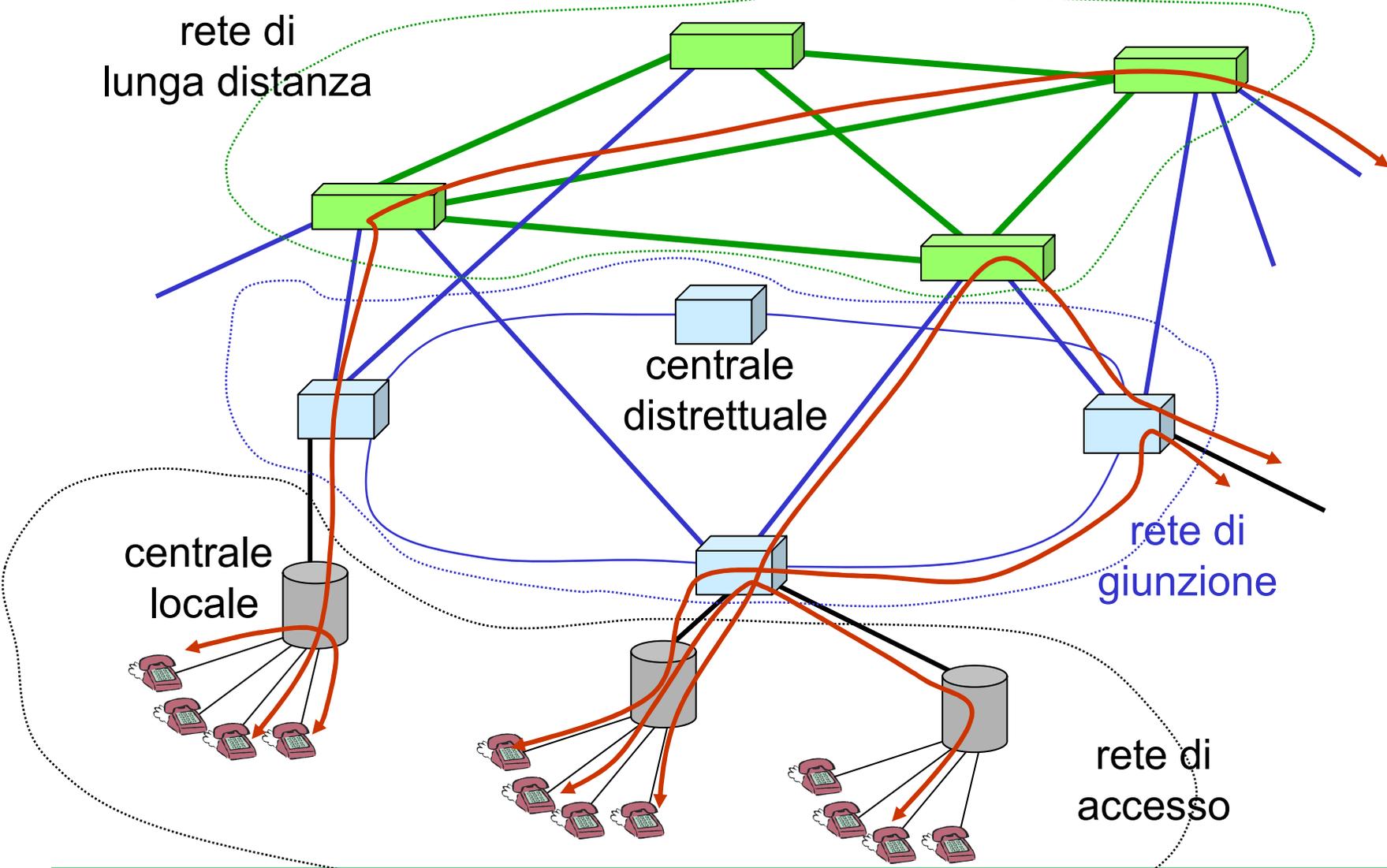


Organizzazione (piano utente)

- È tipicamente organizzato su 3 livelli:
 - Rete di accesso (da casa dell'utente alla centrale locale)
 - Rete di giunzione (tra le centrali locali e la il centro distrettuale - non necessariamente coincide con un prefisso telefonico)
 - Rete di lunga distanza (connette tra loro le centrali di gerarchia più elevata)



Architettura della rete



Interconnessione delle diverse “reti”

- I punti di interconnessione tra le reti di accesso, giunzione e lunga distanza sono apparati condivisi (es. dei commutatori)
- La rete di trasporto (in particolare a lunga distanza) ha pochi nodi ad elevata capacità ed è molto magliata
- La rete di accesso ha un elevatissimo numero di nodi (i terminali di utente) ed una topologia ad albero.



Rete di Accesso (RA)

- RA è realizzata con doppini, ha inizio con la centrale di commutazione locale
- La distribuzione del segnale avviene mediante ramificazioni successive, man mano che ci si avvicina al terminale d'utente
- Le centrali locali raccolgono tipicamente alcune decine di migliaia di utenti



La rete di giunzione

- Fibra ottica (quasi interamente)
- Topologia ad anello (doppio anello controrotante)
- Tecnologia SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
- Alcune parti ancora PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)



La rete di lunga distanza

- Interamente in fibra ottica
- Tecnologia SDH
- Pochi canali molto veloci
- Spesso ridondata in "hot swap": il fascio di canali viaggia su due percorsi diversi contemporaneamente e il nodo di destinazione sceglie il migliore
- Recentemente la rete di lunga distanza di Telecom è stata portata interamente in VoIP trunking



I commutatori “PCM”

- I nodi delle reti telefoniche (tranne il caso di trasporto in VoIP) sono commutatori a circuito in grado di elaborare flussi a 64 kbit/s strutturati a 8 kHz, cioè con una trasmissione di 1 ottetto (byte) ogni 125 μ s
- I nodi gerarchicamente superiori elaborano solo flussi aggregati, senza “vedere” i singoli canali di fonia



I moltiplicatori

- Un moltiplicatore riceve in ingresso N segnali a bassa velocità e li affascia in un segnale a velocità più elevata, prelevando ciclicamente m bit da ogni ingresso
- Velocità di un ingresso: m bit/t.u.
- Velocità di uscita: Nm bit/t.u.



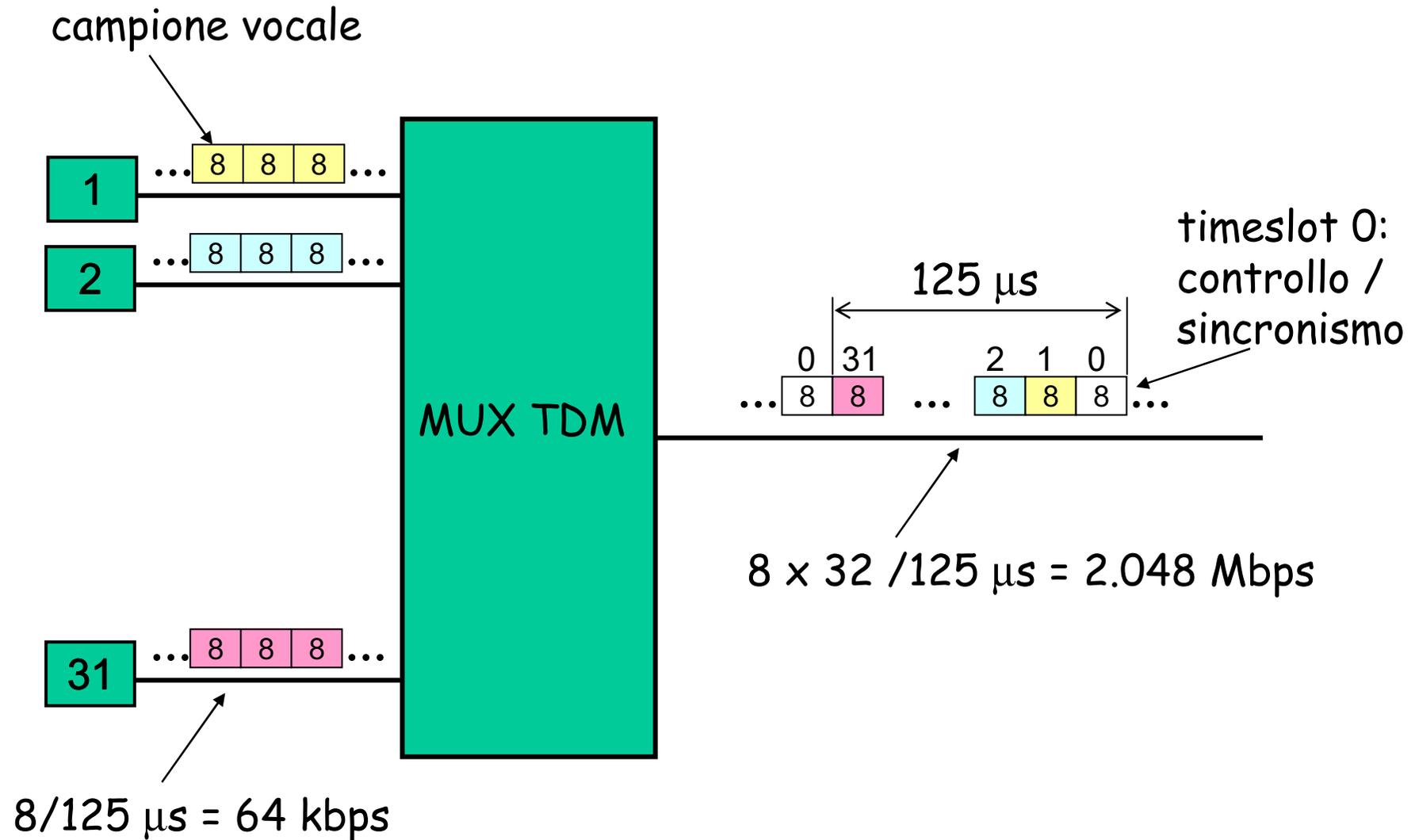
I moltiplicatori

Si definisce

- **Trama:** intervallo di tempo per trasmettere in successione m bit di ciascun ingresso
- **Timeslot:** intervallo con posizione fissa nella trama su cui si trasmettono i bit di un dato ingresso
- **Canale fisico:** il timeslot assegnato a un ingresso



I multiplatori



Gerarchie di Multiplazione

- Gerarchia **PDH** (Plesiochronous Digital Hierarchy): anni '70
- Gerarchia **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy): fine anni '80



Struttura della rete di Telecom Italia

- Due livelli gerarchici: locale e di transito
- Un commutatore distrettuale SGU (Stadio di Gruppo Urbano) può coprire parte, uno, o più distretti
- Ogni SGU è collegato ad una coppia di SGT (Stadio di Gruppo di Transito)
- Le coppie di SGT con gli SGU collegati costituiscono un'Area Gateway ci sono 33 aree gateway (questa è la parte attualmente in VoIP)



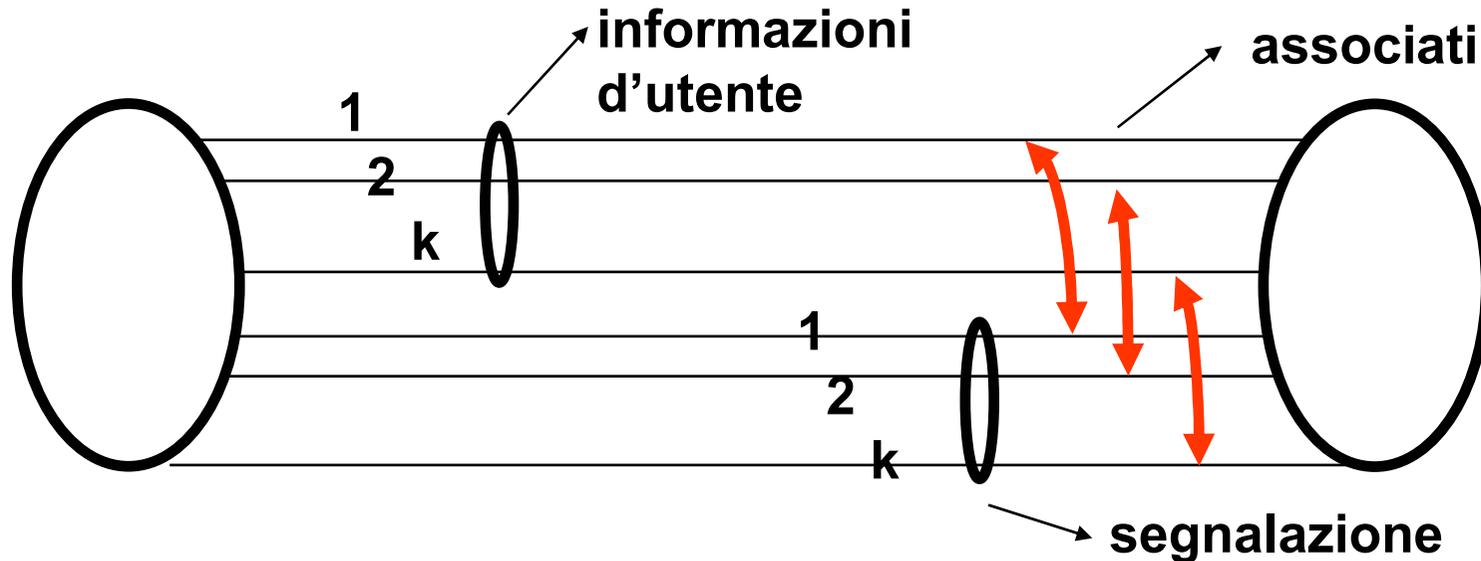
Tecniche di segnalazione

- Si distingue la segnalazione:
 - associata al canale:
 - in banda
 - fuori banda
 - a canale comune



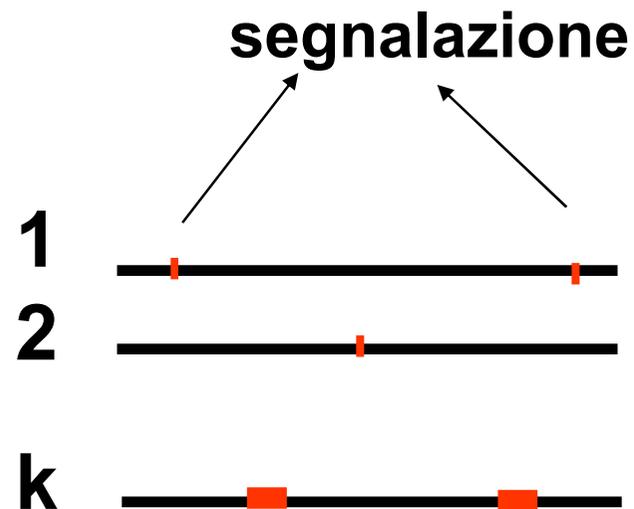
Segnalazione associata al canale

- Esiste una corrispondenza biunivoca tra:
 - canale controllante (informazioni di segnalazione)
 - canale controllato (informazioni di utente)
- Usata in reti a circuito per telefonia o per dati di vecchia tecnologia



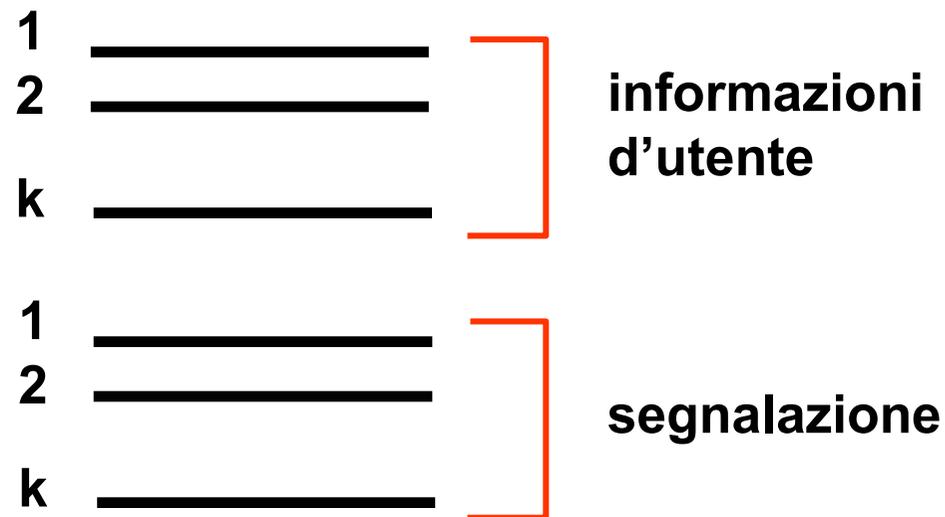
Segnalazione associata al canale

- Segnalazione associata al canale: in banda (canale controllante e controllato coincidono - sono usati in tempi diversi)



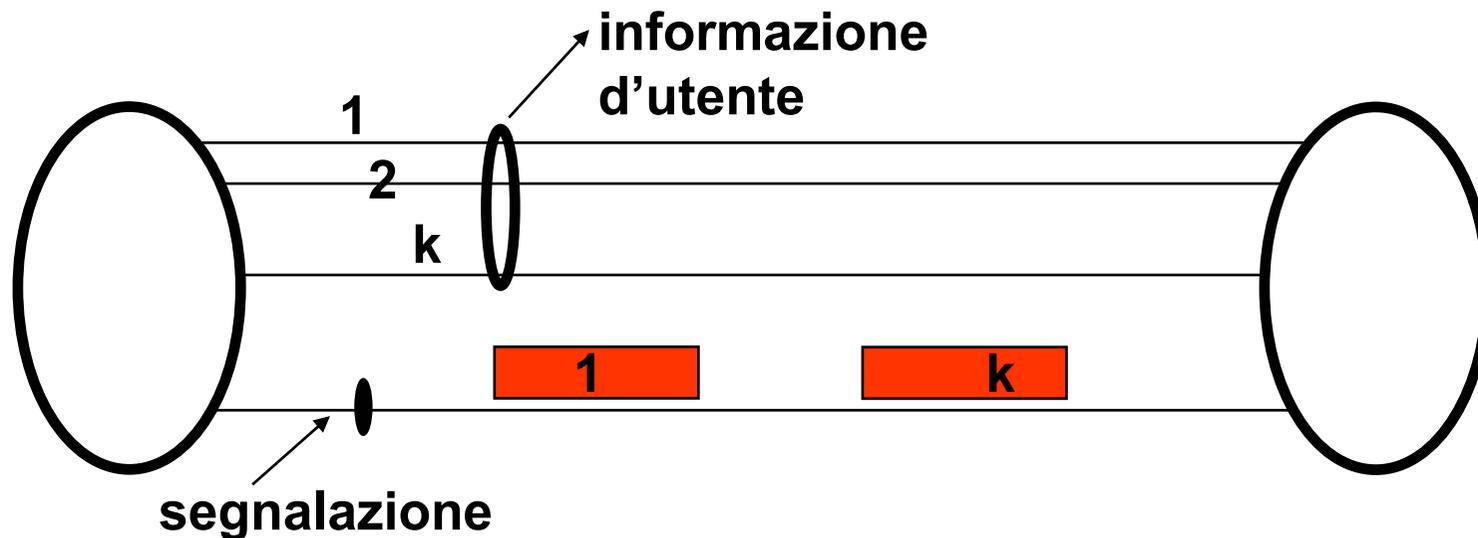
Segnalazione associata al canale

- Segnalazione associata al canale: fuori banda (canale controllante e controllato distinti)



Segnalazione a canale comune

- Un canale di segnalazione controlla più canali di informazioni di utente
- Il canale di segnalazione funziona a pacchetto



Segnalazione a canale comune

- Usata nelle reti con tecnologie avanzate
- Standard ITU-T Sistema di segnalazione n. 7 (SS n. 7)
- L'uso della segnalazione a canale comune nelle nuove reti a circuito porta alla definizione di una rete di segnalazione
- Tra le informazioni di segnalazione hanno particolare rilevanza gli indirizzi di utente:
INDIRIZZI E NUMERAZIONE



SS7

La segnalazione nelle reti telefoniche

- Principi
- Nomenclatura
- Architettura
- Cenni ai protocolli e alle "parti" applicative
- Numerazione



- Sistema di segnalazione a canale comune fuori banda per reti telefoniche
- Evoluzione dei diversi sistemi di segnalazione pre-esistenti, sia a canale associato che a canale comune
- Standardizzato da ITU-T e ripreso con leggere variazioni da tutti i paesi, qualche differenza tra USA ed Europa (es. velocità dei canali)



SS7 - cont.

- Numerose applicazioni:
 - Telefonia
 - Trasmissione dati
 - Servizi di Rete Intelligente
 - Mobilità
 - Sistemi di comunicazione personale (PCS)
 - Sistema di gestione (OMAP)
- Separazione dell'architettura in parte di trasporto (Network Service Part) e parte di applicazione (User Part)



SS7 - cont.

- Rete a commutazione di pacchetto separata dal piano utente
- Messaggistica trasmessa sotto forma di pacchetti (1 msg \leftrightarrow 1pkt)
- Commutazione datagram
- Destinata alla segnalazione di rete
- Consente a qualsiasi nodo di comunicare con qualsiasi altro anche se non sono collegati nel piano utente



Sistemi di segnalazione precedenti

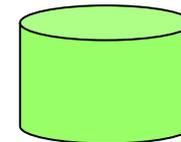
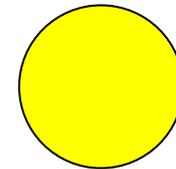
- Canale associato: CCITT No.4 e No.5
 - tempi di setup lunghi
 - instradamento gerarchico
 - connessioni non modificabili
 - basso scambio informativo
- Canale comune: CCITT No.6
 - tecnica più economica
 - incremento velocità trasmissiva
 - incremento capacità

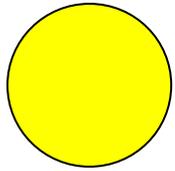


SS7 - cont.

Formata da tre entità fondamentali

- SSP - Signal Switching Point
- STP - Signal Transfer Point
- SCP - Signal Control Point



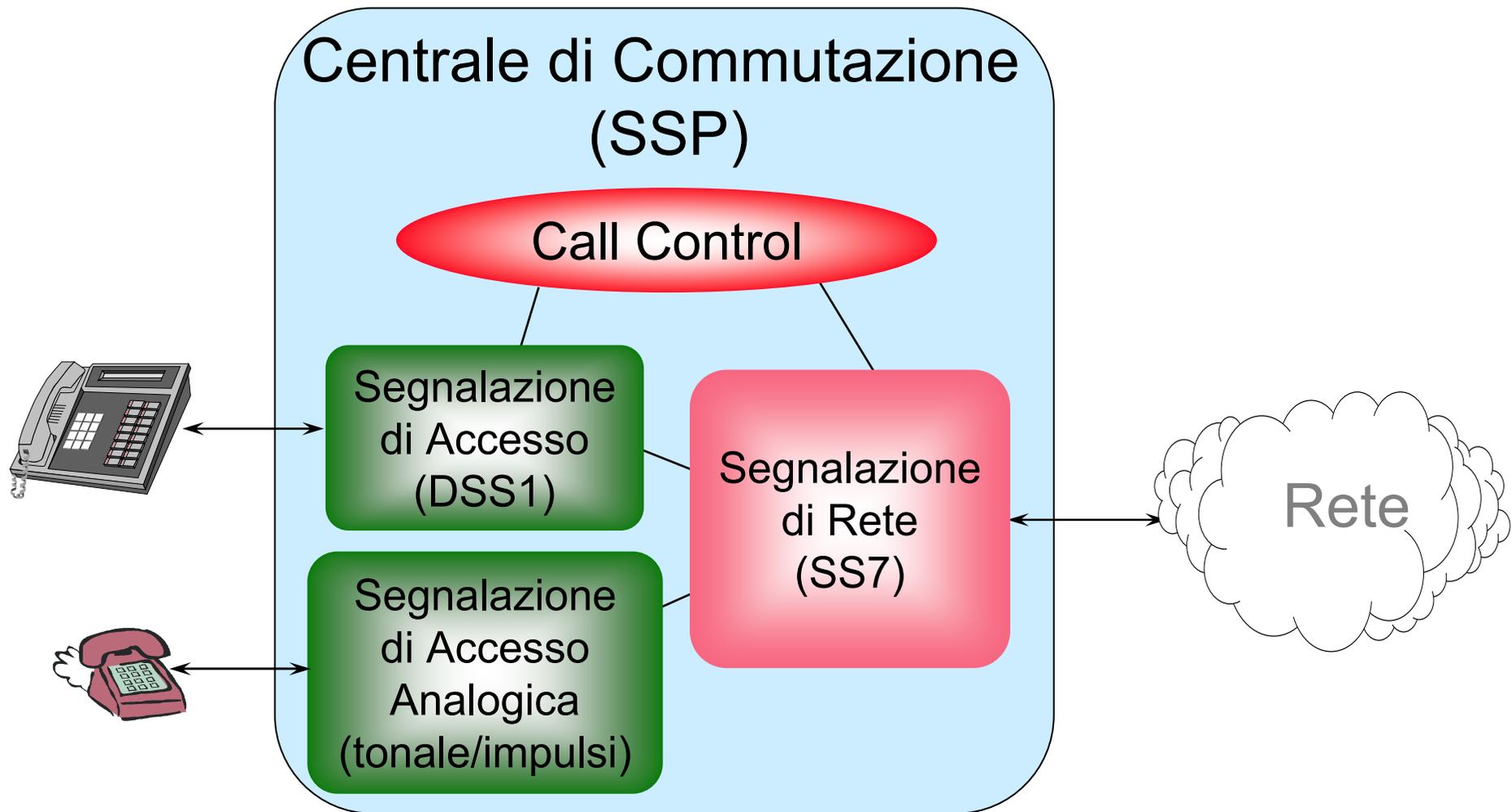


Signal Switching Point

- Sono centrali telefoniche (commutatori) abilitati a SS7
- Generano, terminano e commutano le chiamate telefoniche
- Possono essere centrali locali o centrali di gerarchia superiore
- Sono i punti terminali della rete SS7
- Usano una diversa segnalazione (es. Q.931) per dialogare con i clienti



SS7 e segnalazione d'utente



DSS1 Digital Subscriber System No.1
SS7 Signalling System No.7

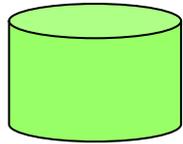




Signal Transfer Point

- Sono i commutatori di pacchetto nell'architettura SS7
- Inoltrano i messaggi SS7 verso le destinazioni corrette (non necessariamente sono in grado di interpretarli)
- Hanno funzioni di instradamento





Signaling Control Point

- Sono basi dati indispensabili per la gestione dei servizi avanzati
- Cooperano nella tariffazione dei servizi
- Gestiscono servizi come numeri verdi, portabilità del numero etc.



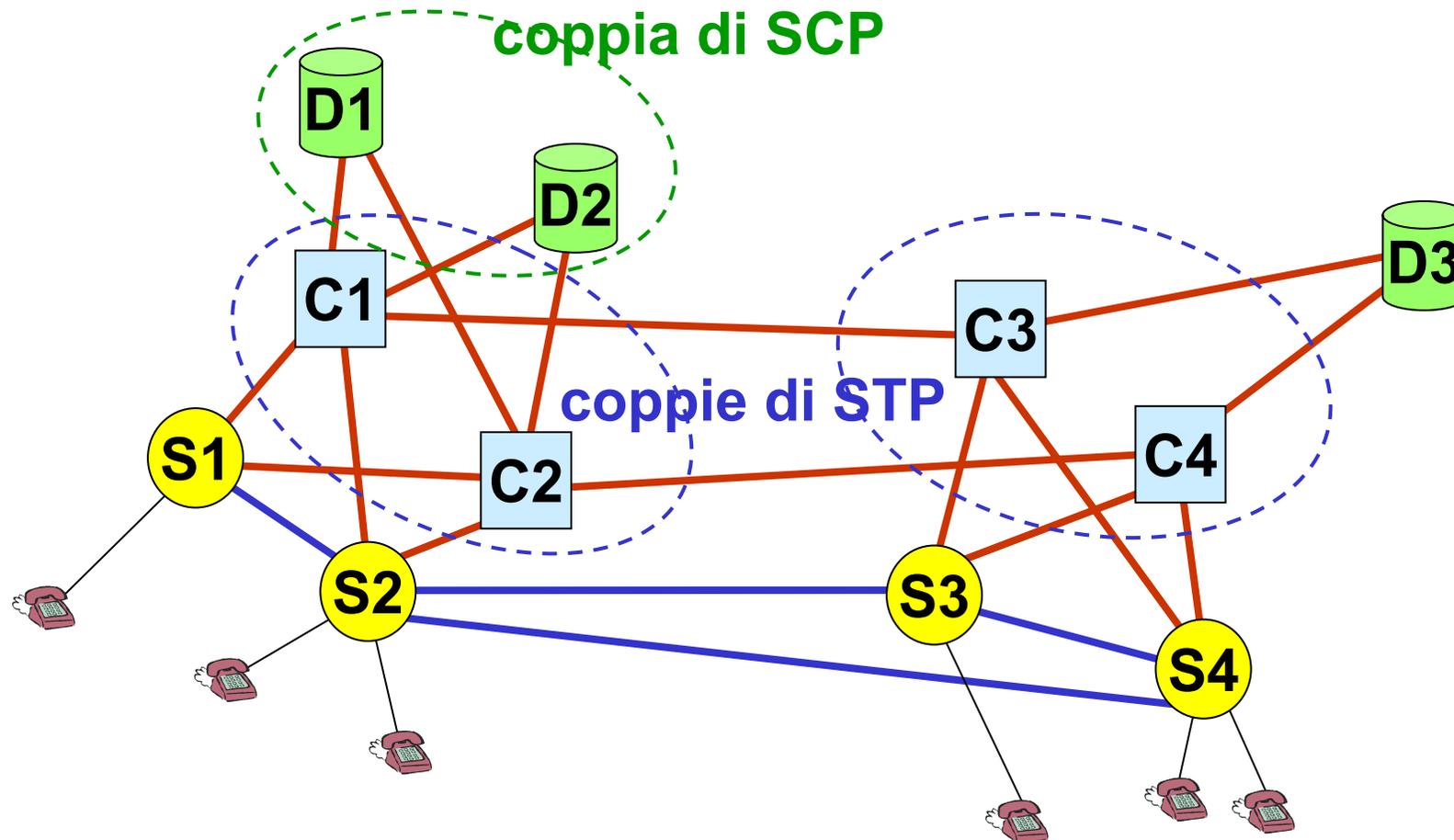
SS7 - cont.

- La rete di segnalazione è essenziale per la sopravvivenza di una rete telefonica
- SS7 definisce un'architettura estremamente ridondata e robusta ai guasti
- Gli STP sono sempre accoppiati in ridondanza 1 a 1
- Gli SCP sono normalmente ridondati 1 a 1 anche essi



Rete SS7

- linee d'utente
- canali telefonici
- canali di segnalazione



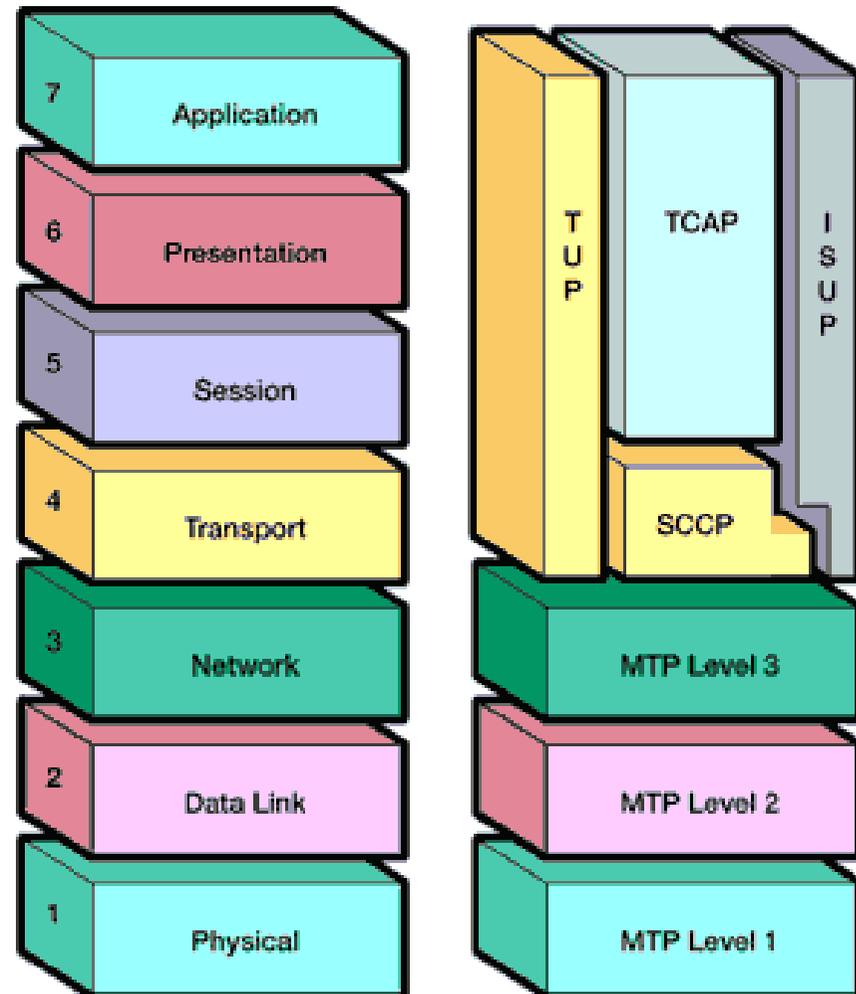
SS7 - cont.

- Ogni SSP è sempre connesso a entrambi gli STP di una coppia
- Gli STP di una coppia sono entrambi connessi ai due SCP accoppiati (se esiste una coppia di SCP), altrimenti sono connessi ad uno stesso SCP
- Possono esistere STP (sempre in coppia) di solo transito, cioè non connessi né a SSP né a SCP



Architettura protocollare

- I livelli 1-3 sono equivalenti ai primi 3 livelli OSI
- Nelle reti cellulari esiste una parte applicativa specifica chiamata MAP
- Una ulteriore parte applicativa (OMAP) supporta la gestione



Message Transfer Part (MTP)

- È l'insieme dei primi tre livelli dell'architettura di SS7
- Definisce nel suo insieme una rete a commutazione di pacchetto datagram
- Funzionalmente è analoga ad una rete IP
- MTP è dedicata esclusivamente alla segnalazione, non vengono mai trasportati dati di utente



MTP - livello 1

- Livello fisico, definisce anche i mezzi trasmissivi ammessi SS7
- Di fatto specifica l'uso di canali PCM (DS-0), a 64kbit/s in EU e 56 in USA
- Protocollo orientato al byte su canali CBR sincroni



MTP - livello 2

- Protocollo di tipo HDLC/LAP
- Trasmissione affidabile
- Controllo di errore
- Controllo di flusso
- Capacità di risequenzializzazione dei pacchetti
- Trasmissione di trame "dummy" (FISU) in assenza di dati



MTP - livello 2 (cont.)

- SDU di dimensione variabile: 2-272 bytes
- PCI di dimensione fissa: 7 bytes, 2 flag e 5 di header
- Protocollo orientato al byte con "bit stuffing" sul pattern dei flag (0111110)
- 3 tipi di PDU
 - MSU: Message Signaling Unit
 - LSSU: Link State Signalin Unit
 - FISU: Fill In Signaling Unit



MTP - livello 2 - Formato Trame

last

transmission

first



MSU

FLAG 8	CRC 16	SIF 2-272 (bytes)	SIO 8	SP 2	LI 6	FIB 1	FSN 7	BIB 1	BSN 7	FLAG 8
------------------	------------------	-----------------------------	-----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------

LSSU

FLAG 8	CRC 16	LS 1-2 (bytes)	SP 2	LI 6	FIB 1	FSN 7	BIB 1	BSN 7	FLAG 8
------------------	------------------	--------------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------

FISU

FLAG 8	CRC 16	SP 2	LI 6	FIB 1	FSN 7	BIB 1	BSN 7	FLAG 8
------------------	------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------



MTP - livello 2 - Formato Trame

- FLAG (01111110)
- BSN: Backward Sequence Number
- BIB: Backward Indicator Bit
- FSN: Forward Sequence Number
- FIB: Forward Indicator Bit
- LI: Length Indicator
- SP: (Spare) campo non usato
- SIO: Service Information Octet
- SIF: Signaling Information Field
- LS: Link State
- CRC: Cyclic Redundancy Code



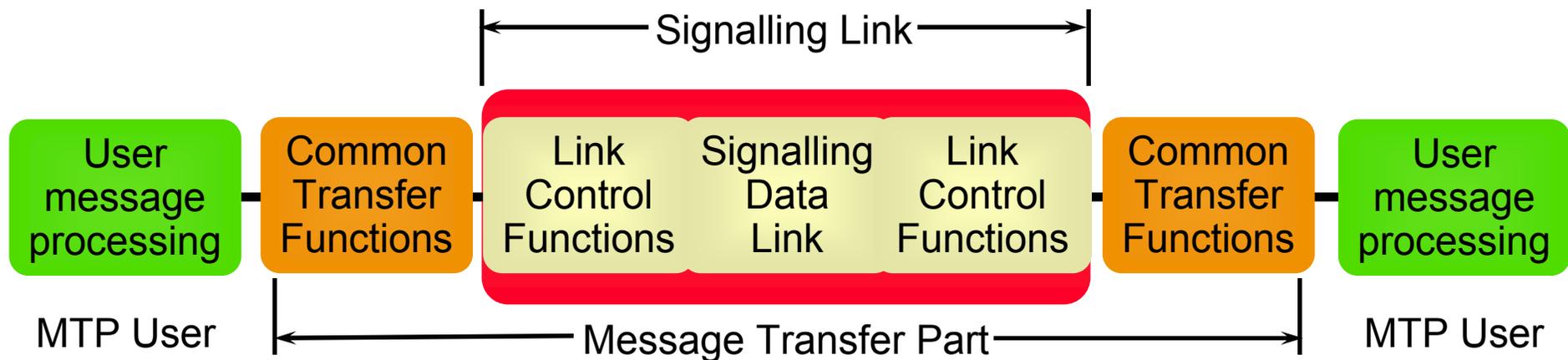
MTP - livello 3

- Assicura la connettività nella rete SS7 (non la consegna dei pacchetti: è datagram!!)
- Gestisce gli indirizzi e la commutazione
- Fornisce l'instradamento e ammette cammini multipli e alternativi
- Ha funzioni di controllo della congestione
- Consente solo comunicazioni nodo-nodo (non consente di indirizzare specifiche applicazioni all'interno del nodo)



Network Service Part

- Insieme dei livelli MTP e di una "parte" di utilizzo che ne completa le funzionalità
- Garantisce l'affidabilità nella consegna dei messaggi
- Interviene in caso di guasti



Telephone User Part (TUP)

- La "prima" User Part (definita nell'80)
- Messaggi e procedure per il controllo di circuiti telefonici
- Connettività numerica e Servizi Supplementari
- Procedure di controllo delle chiamate e di gestione



ISDN User Part (ISUP)

- Sviluppata per rispondere alle esigenze della ISDN
- Definita per realizzare anche nuovi servizi (soprattutto supplementari)
- Definita tenendo in considerazione la filosofia OSI
- Sistema complesso in termini di messaggi e procedure



ISUP - servizi supplementari

- Calling Line Identification Presentation
- Calling Line Identification Restriction
- Connected Line Identification Presentation
- Connected Line Identification Restriction
- Closed User Group
- Subaddressing
- Terminal Portability
- ...

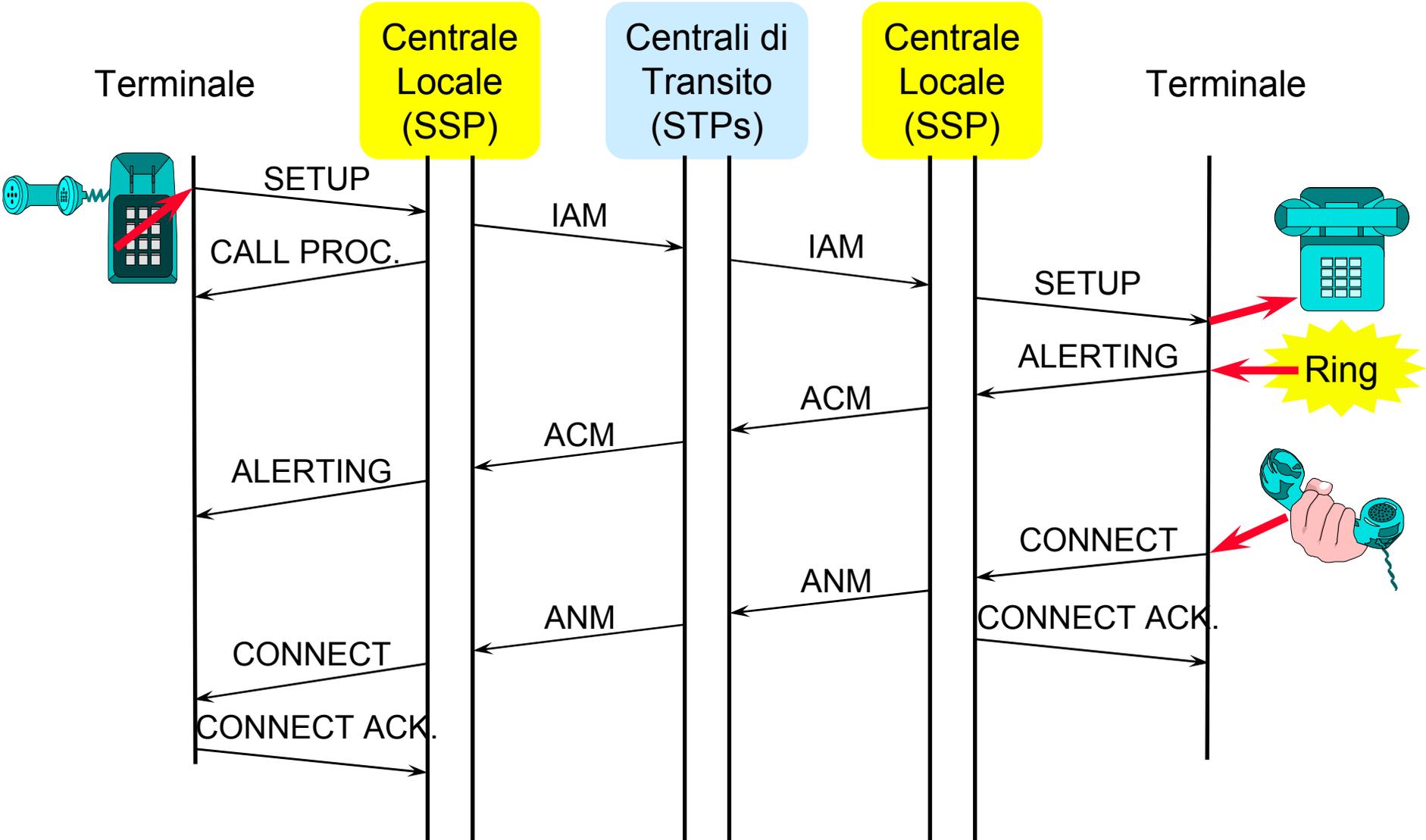


ISUP - messaggi fondamentali

- Sono i messaggi usate per l'apertura e la chiusura di una connessione
- IAM: Initial Address Message; messaggio inviato a tutte le centrali lungo l'instradamento per instaurare il circuito
- ACM: Address Complete Message; messaggio che conferma l'instaurazione del circuito (contiene il comando di "ringback" libero o occupato che sia)
- ANM: ANswer Message



ISUP Esempio di instaurazione di una chiamata



Signaling Connection Control Part (SCCP)

- Fornisce la funzione di multiplazione per i servizi che ne hanno bisogno (tutti tranne le funzioni di gestione e controllo delle chiamate)
- Trasferisce informazioni di segnalazione:
 - "non correlate al circuito" (es. interrogazioni a database)
 - in modalità sia connectionless che connection-oriented



SCCP (cont.)

- Fornisce servizi di "instradamento di messaggio" che vanno sotto il nome di "Global Title Translation" (GTT) e che consentono di ottimizzare la dislocazione delle risorse di rete senza la necessità di dover distribuire l'informazione su dove si trovano le risorse stesse



Transaction Capabilities Application Part (TCAP)

- Si appoggia sempre su SCCP
- Supporta tutti i servizi transazionali (non associati ad una chiamata)
- Es: - Instradamento dei numeri verdi
 - Abilitazione a servizi speciali
 - Traduzione dei numeri (number portability)
 - ...



Mobile Application Part (MAP)

- Gestisce la segnalazione per la gestione della mobilità, esclusa quella relativa al controllo delle chiamate
- È orientata al traffico transazionale
 - Interrogazione di basi dati (HLR/VLR)
 - Scambio di messaggi di autenticazione
- Si appoggia sulle primitive di TCAP



MAP: aggiornamento basi dati e instradamento chiamate

- L'aggiornamento delle basi dati è cruciale in GSM e la MAP ne garantisce la consistenza
- Per inoltrare una chiamata a un terminale mobile è prima necessario scoprire dov'è e tradurre questa informazione in una strada valida in una rete telefonica



MAP: autenticazione

- Lo scambio di informazioni per l'autenticazione di un utente avviene sempre con la "home network"
- La MAP fornisce le primitive necessarie per garantire l'interazione "privata" tra il mobile ed il suo fornitore di servizio



Operation, Maintenance, and Administration Part (OMAP)

- Supporto alla gestione di rete
- Individuazione e segnalazione guasti
- Controllo e validazione delle tabelle di instradamento
- In parte si appoggia su MTP (instradamento nodo-nodo) e in parte su SCCP per la moltiplicazione di servizio

