

Politecnico di Milano – Sede di Cremona  
A.A. 2013/14

**Corso di**  
**RETI DI COMUNICAZIONE E INTERNET**  
**Modulo 1**

*Martino De Marco*

email: *martino.demarco@polimi.it*

skype: *martino.demarco*

Parte 4

**FONDAMENTI DI TELEFONIA FISSA E MOBILE**



# Programma del corso

## 1 - RETI E SERVIZI DI TELECOMUNICAZIONI

- 1.1 Servizi di telecomunicazioni
- 1.2 Caratterizzazione delle reti di telecomunicazioni
- 1.3 Protocolli di comunicazione

## 2 - RETI DATI IN AREA GEOGRAFICA (WAN)

- 2.1 Il livello data-link
- 2.2 Il livello di rete
- 2.3 Valutazione delle prestazioni
- 2.4 Cenni sull'evoluzione delle reti dati in area geografica

## 3 - RETI DATI IN AREA LOCALE (LAN)

- 3.1 Architetture e protocolli per LAN
- 3.2 LAN IEEE 802.3
- 3.3 Wireless LAN
- 3.4 Interconnessione LAN (bridging e routing)

## 4 - FONDAMENTI DI TELEFONIA FISSA E MOBILE

- 4.1 Reti fisse analogiche e digitali
- 4.2 Reti radiomobili



# Indice

- Principi di telefonia analogica e digitale
- Integrated Services Digital Network (ISDN)
- Tecniche di instradamento
- Cenni alla telefonia radiomobile (GSM)



# Indice

- Principi di telefonia analogica
  - Generalità
  - Fasi di una chiamata
  - Segnalazione analogica
  - Commutazione analogica
- Principi di telefonia digitale
- Integrated Services Digital Network (ISDN)
- Tecniche di instradamento
- Cenni alla telefonia radiomobile (GSM)



# Rete telefonica - Generalità

- Si basa sulla commutazione di circuito
  - Interazione tra due utenti strutturata in tre fasi
    - Chiamata
    - Connessione
    - Svincolo
- Una rete telefonica include
  - Dispositivi di trasmissione
  - Dispositivi di commutazione
  - Dispositivi di segnalazione
- Sistemi di trasmissione: dispositivi e mezzi trasmissivi per trasferire segnali
  - Analogici
    - Bassa frequenza (SPN)
    - FDM (in disuso)
  - Numerici
    - Gerarchia PDH
    - Gerarchia SDH



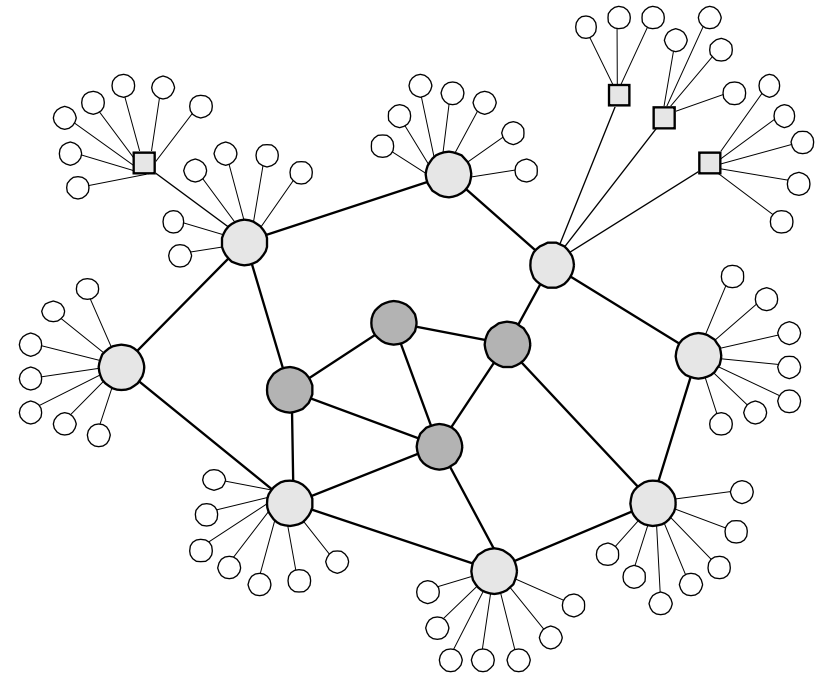
# Rete telefonica- Generalità (cont.)

- Sistemi di commutazione: dispositivi atti a connettere canali entranti con canali uscenti
  - Tipi di centri di commutazione
    - Centrali terminali: interfacciano utenti e giunzioni
    - Centrali di transito: interfacciano giunzioni
  - Tecnologia
    - A divisione di spazio
    - A divisione di tempo
- Sistemi di segnalazione: dispositivi che consentono coordinamento e controllo dell'uso delle risorse di rete
  - La segnalazione è definita come lo scambio, tra gli elementi funzionali della rete di TLC, di informazioni relative alla instaurazione, rilascio e al controllo delle chiamate (e/o connessioni), nonché quelle relative alla gestione di rete
  - È funzionale alla fornitura di tutti i servizi a valore aggiunto
  - Consente di controllare il buon funzionamento della rete



# Rete telefonica- Configurazione di rete

- La rete telefonica si compone di due sezioni principali
  - Rete di accesso (rete di utenti)
    - Connette gli utenti alla rete
    - Canali a bassa utilizzazione
    - Tipicamente a stella (o ad albero)
  - Rete di giunzione (rete di trasmissione a lunga distanza)
    - Collega le centrali di commutazione
    - Canali ad alta utilizzazione
    - Tipicamente realizzate con tecniche di multiplexazione
    - Topologia a maglia parziale



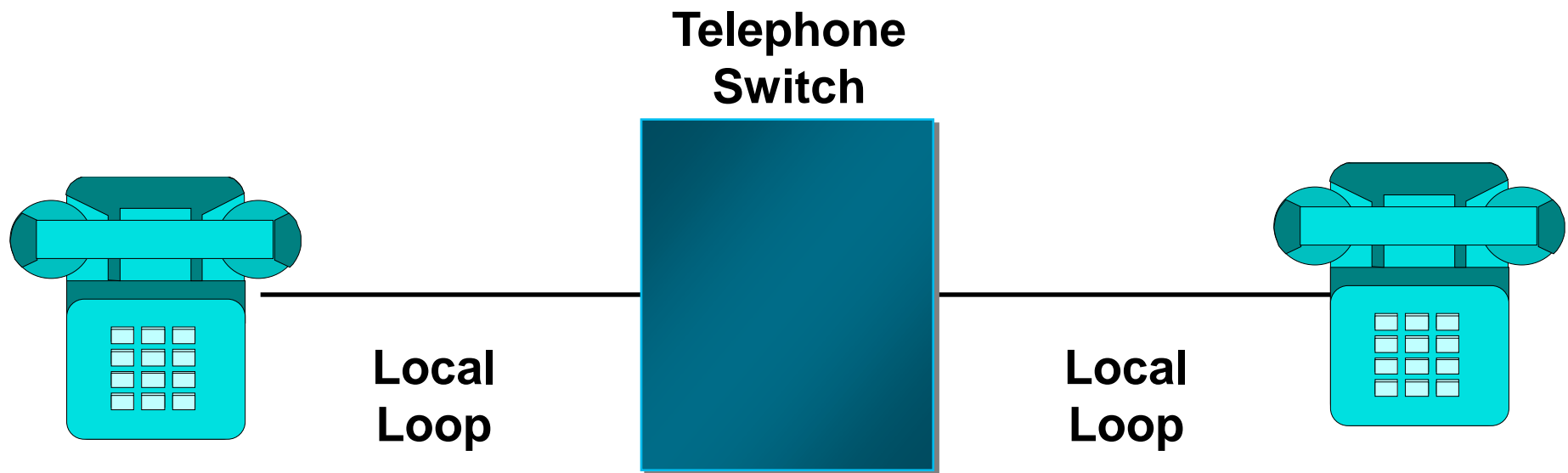
# Apparati di telefonia

- Apparecchio telefonico
- Key system (KBS)
  - Ottimizza l'utilizzo delle linee
  - Evoluzione da meccanici a elettronici
  - Servono da 2 a 10+ derivati
- PBX (Private Branch Exchange)
  - Features avanzate e call routing
  - da 10s a 100s di derivati
- Central office switch (autocommutatore)



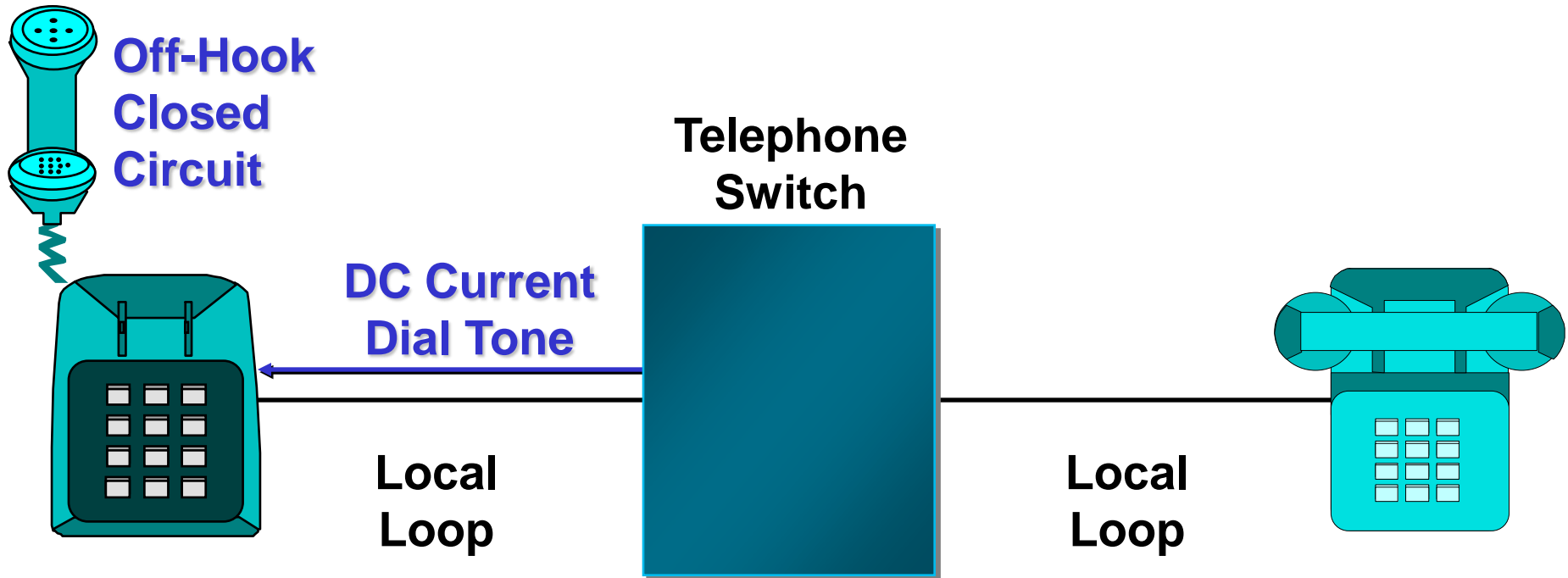


# Esempio di chiamata: On-Hook

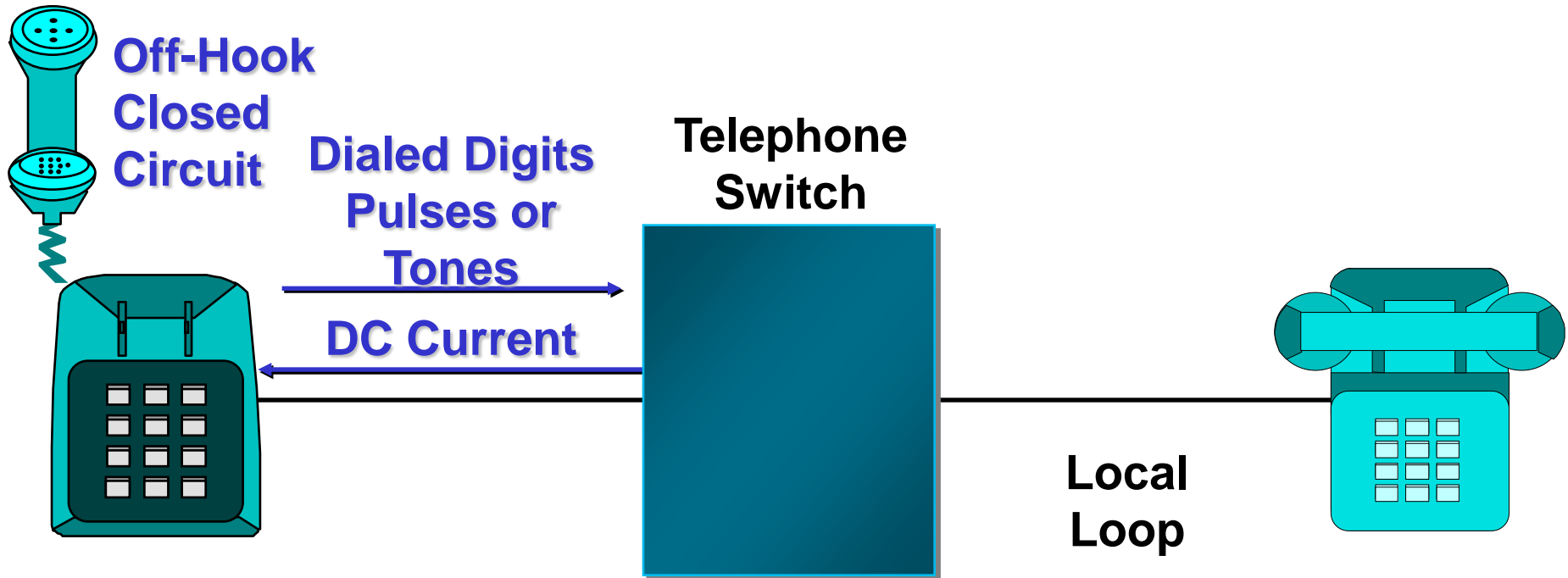


**-48 DC Voltage**  
**DC Open Circuit**  
**No Current Flow**

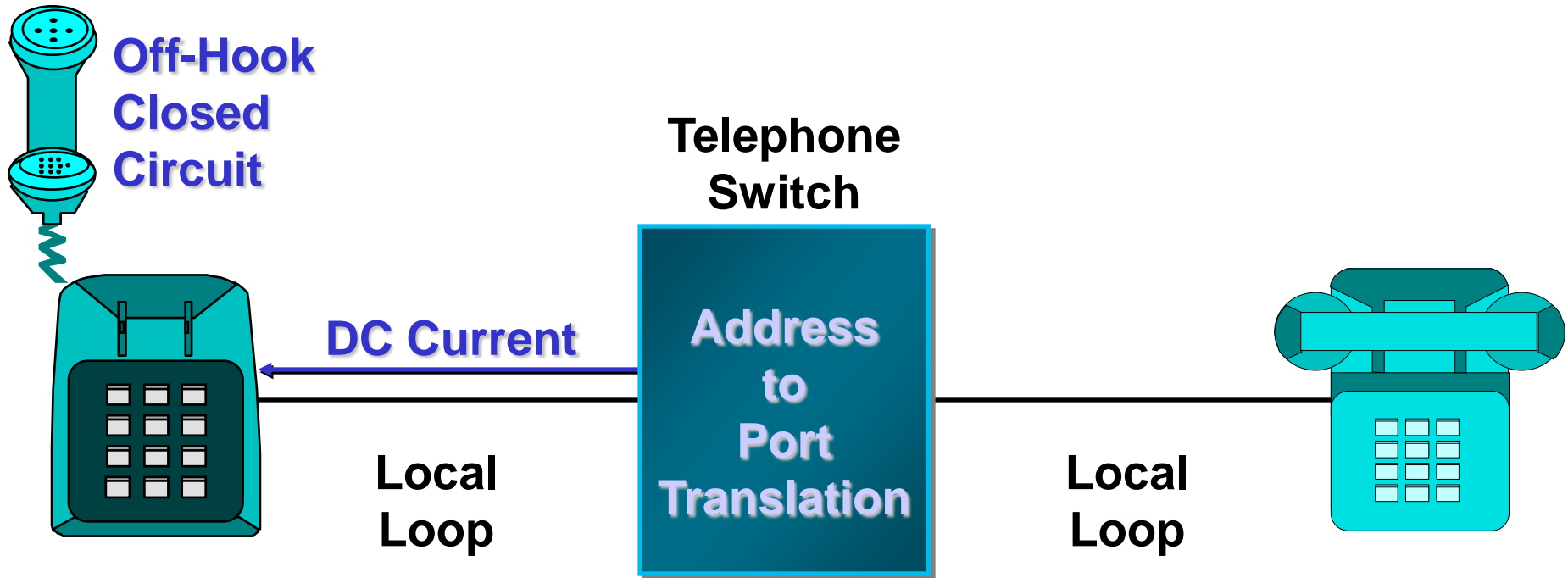
# Esempio di chiamata: Off-Hook



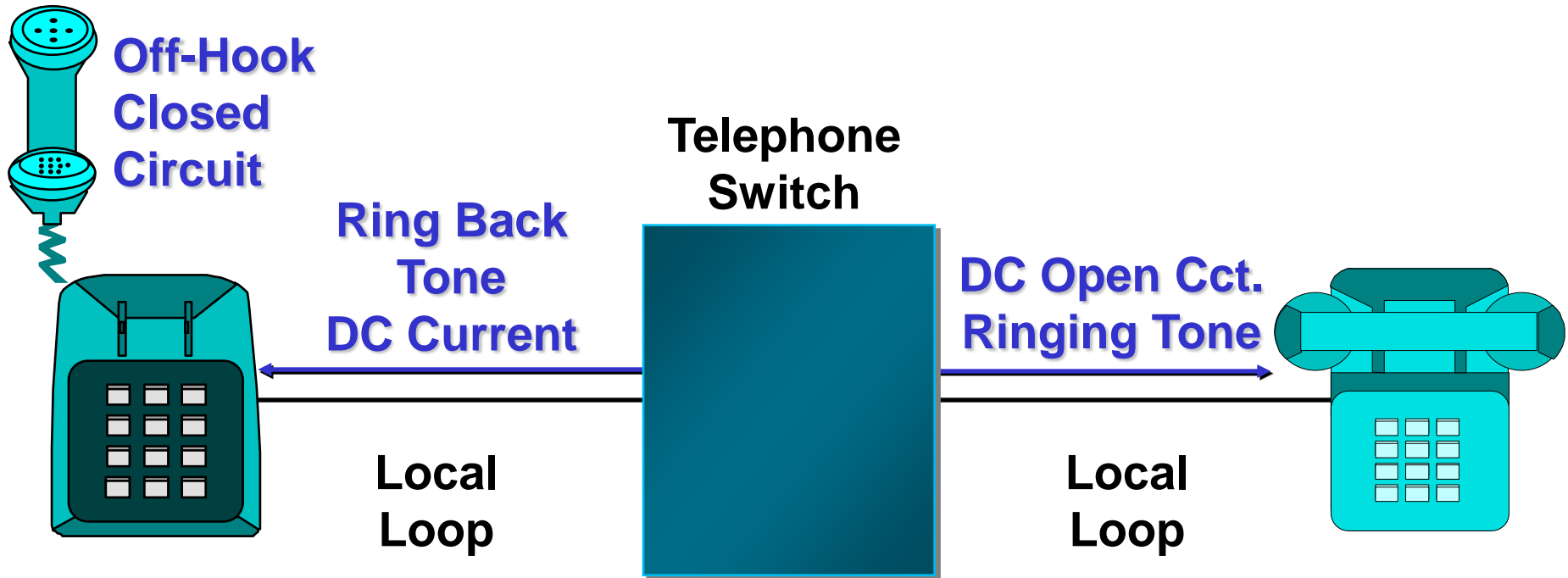
# Esempio di chiamata: Dialing



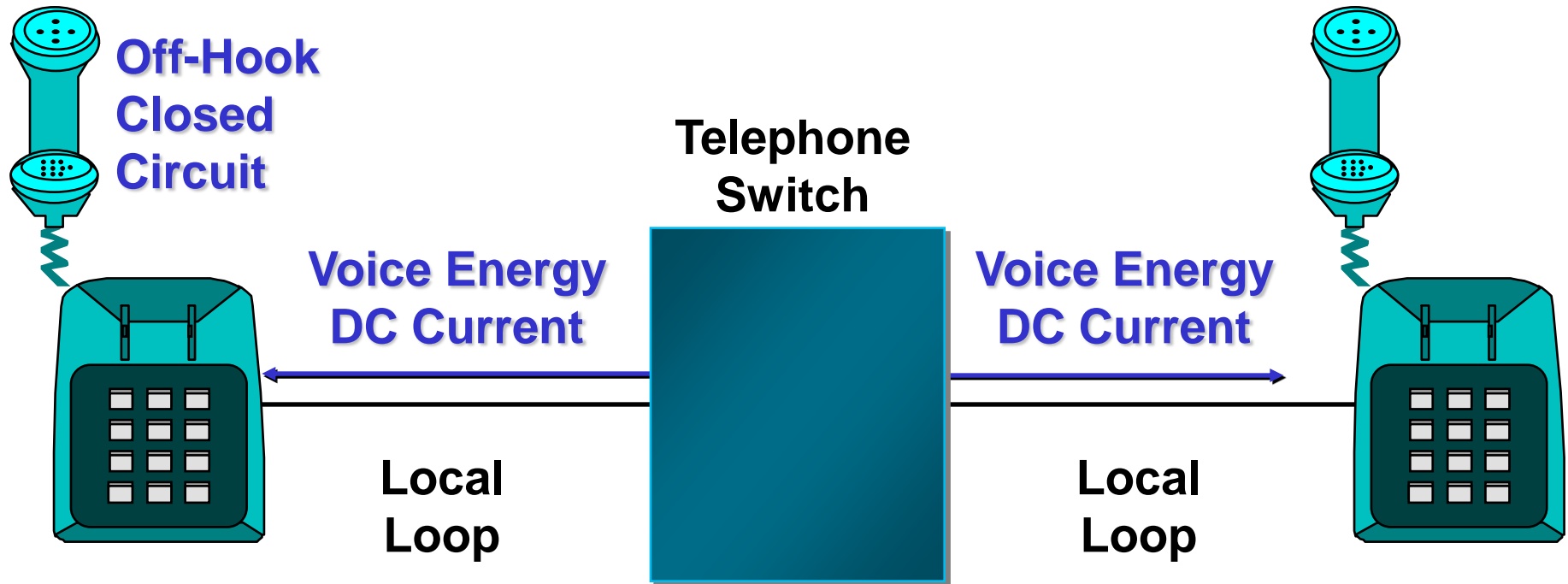
# Esempio di chiamata: Switching



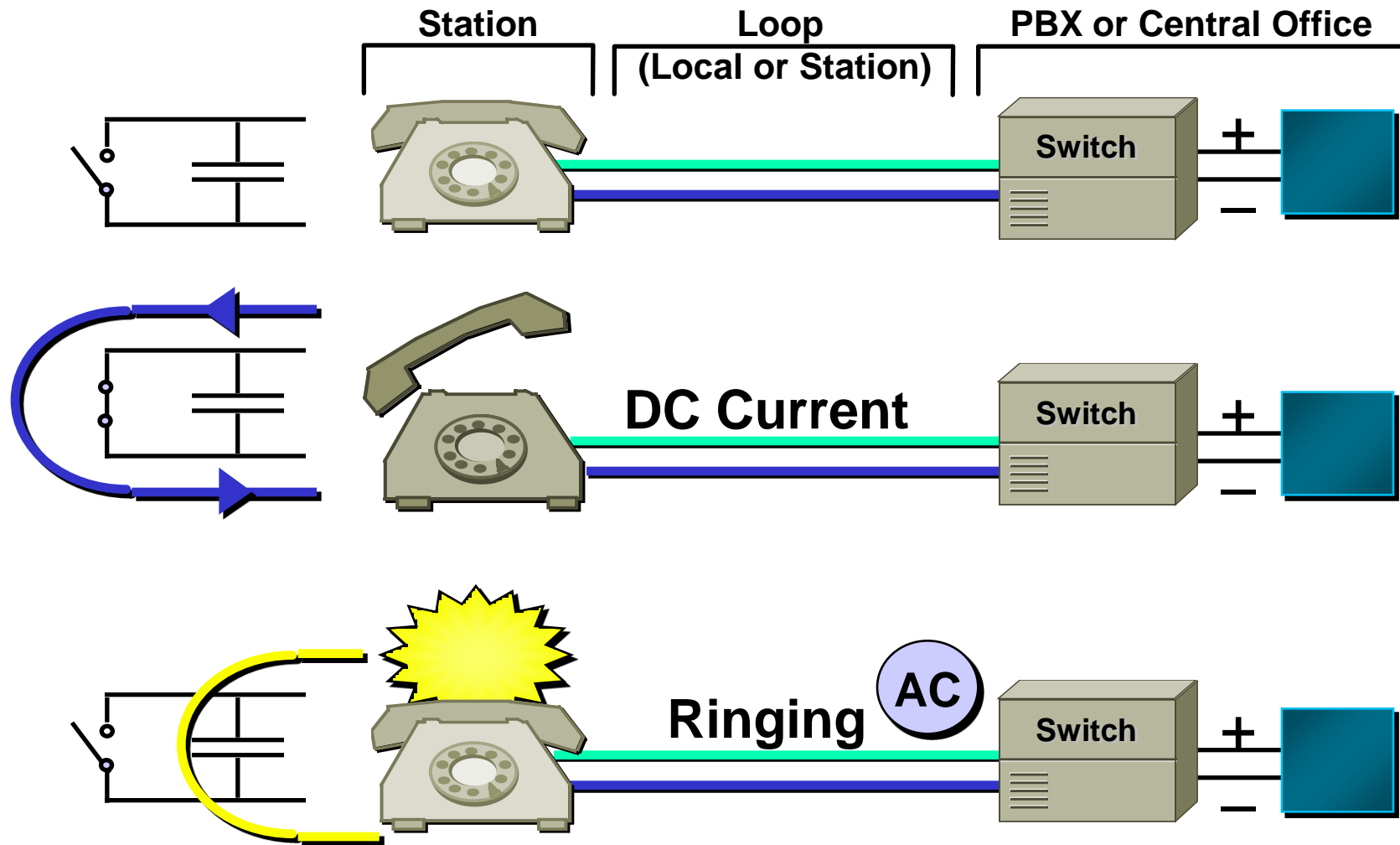
# Esempio di chiamata: Ringing



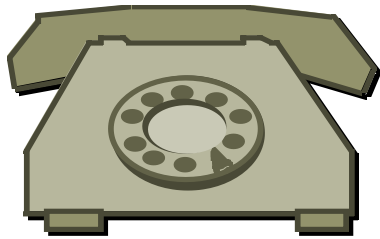
# Esempio di chiamata: Talking



# Segnalazione: Loop Start

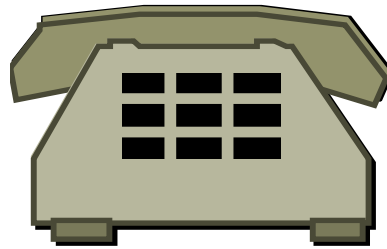


# Segnalazione e indirizzamento

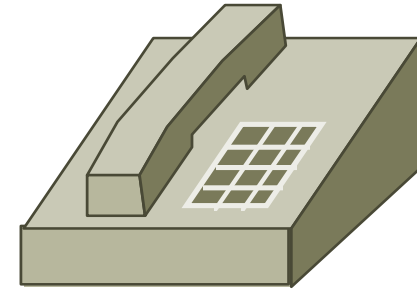


**Dial Pulse**

Trasmissione analogica  
Segnalazione “In-Band”  
DMTF: 0–9, \*, # (12 tasti)



**DTMF**



**ISDN**

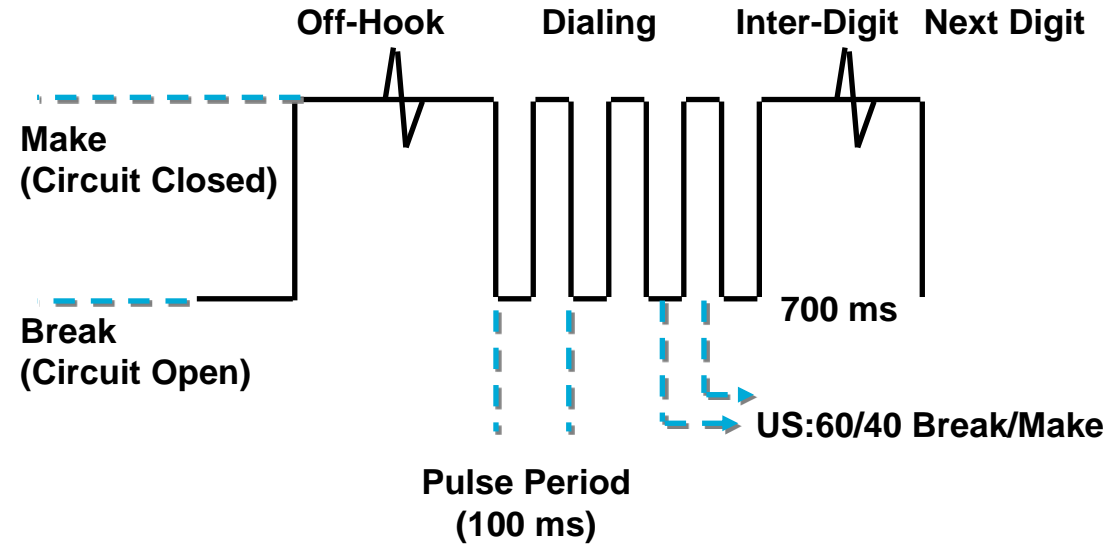
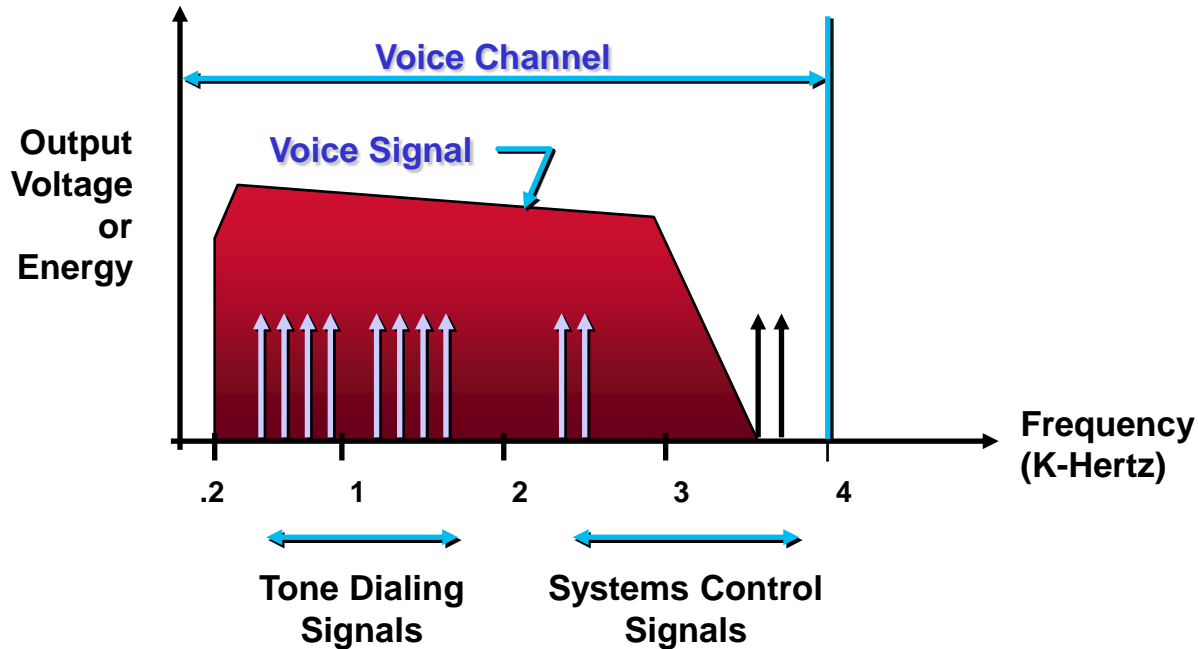
Trasmissione digitale  
Segnalazione “Out-of-Band”  
basata su messaggio



# Segnalazione d'utente

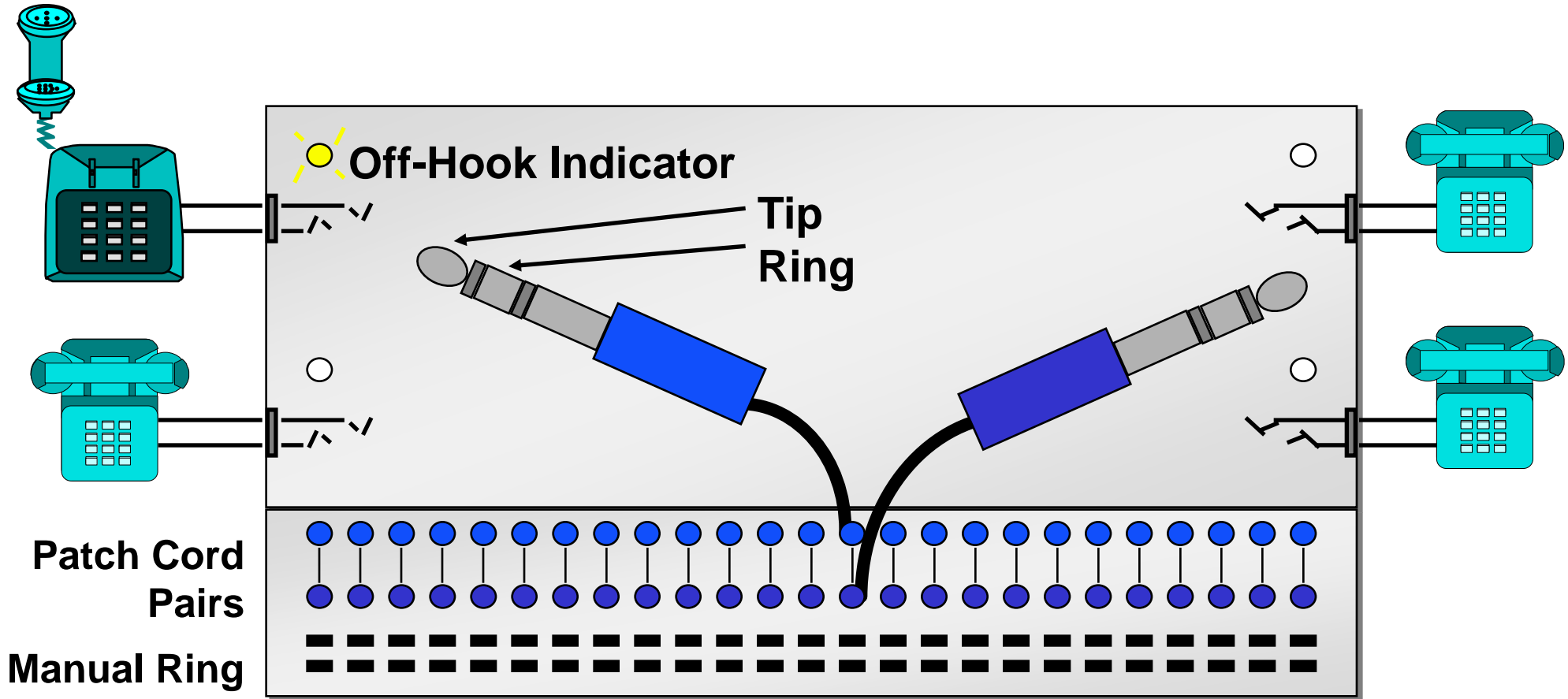
SEGNALAZIONE  
A IMPULSI

SEGNALAZIONE  
MULTIFREQUENZA



# Switching Systems

## Controllo manuale - Pannelli di commutazione

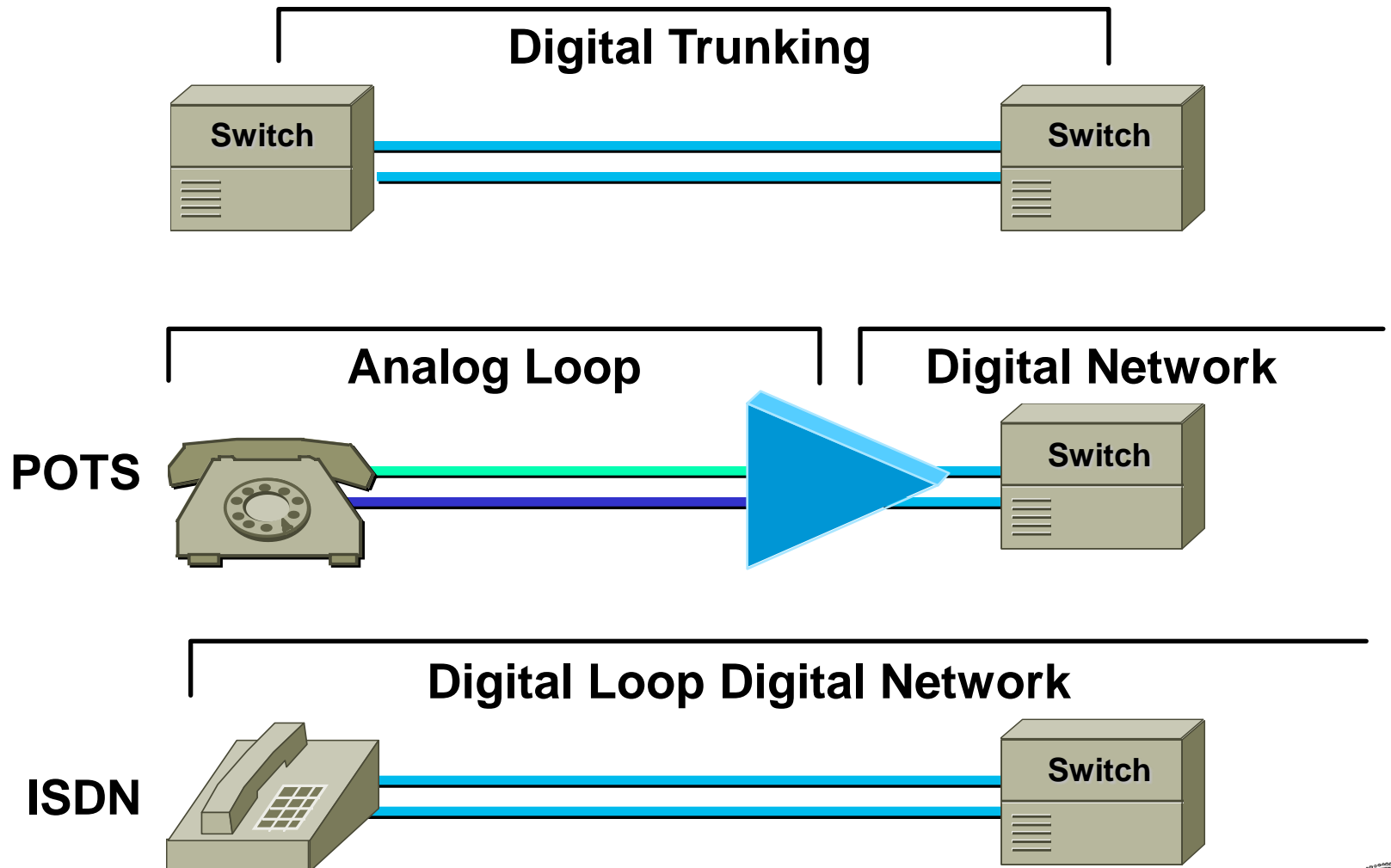


# Indice

- Principi di telefonia analogica
- Principi di telefonia digitale
  - Conversione A/D
  - Standard di trasporto del segnale digitale
  - Segnalazione digitale
  - Sincronizzazione
- Integrated Services Digital Network (ISDN)
- Tecniche di instradamento
- Cenni alla telefonia radiomobile (GSM)



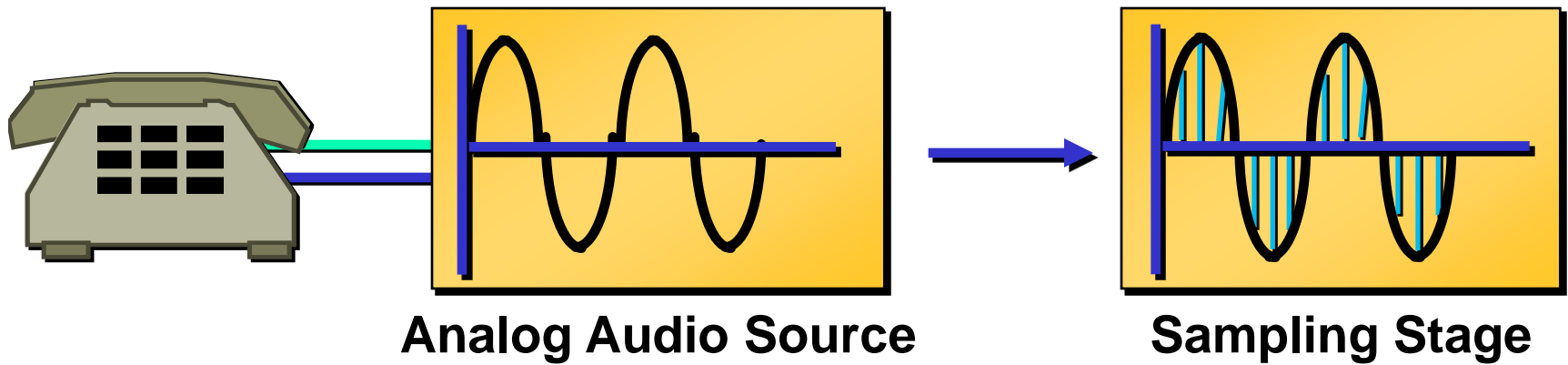
# Percorso di numerizzazione della rete



# Digitalizzazione della voce

## Campionamento del segnale vocale

Voice Bandwidth = 300 Hz to 3400 Hz

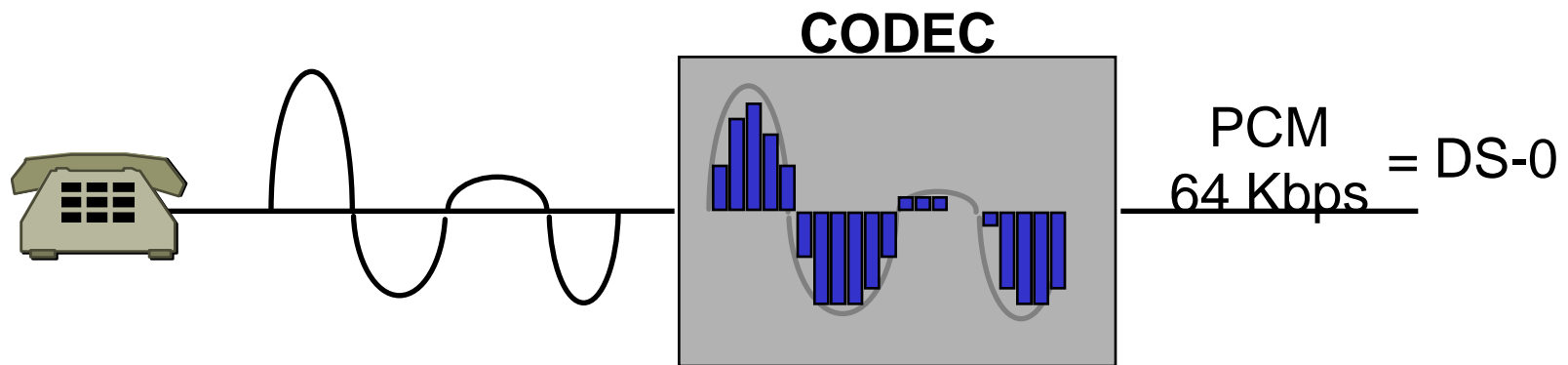


Codec Technique

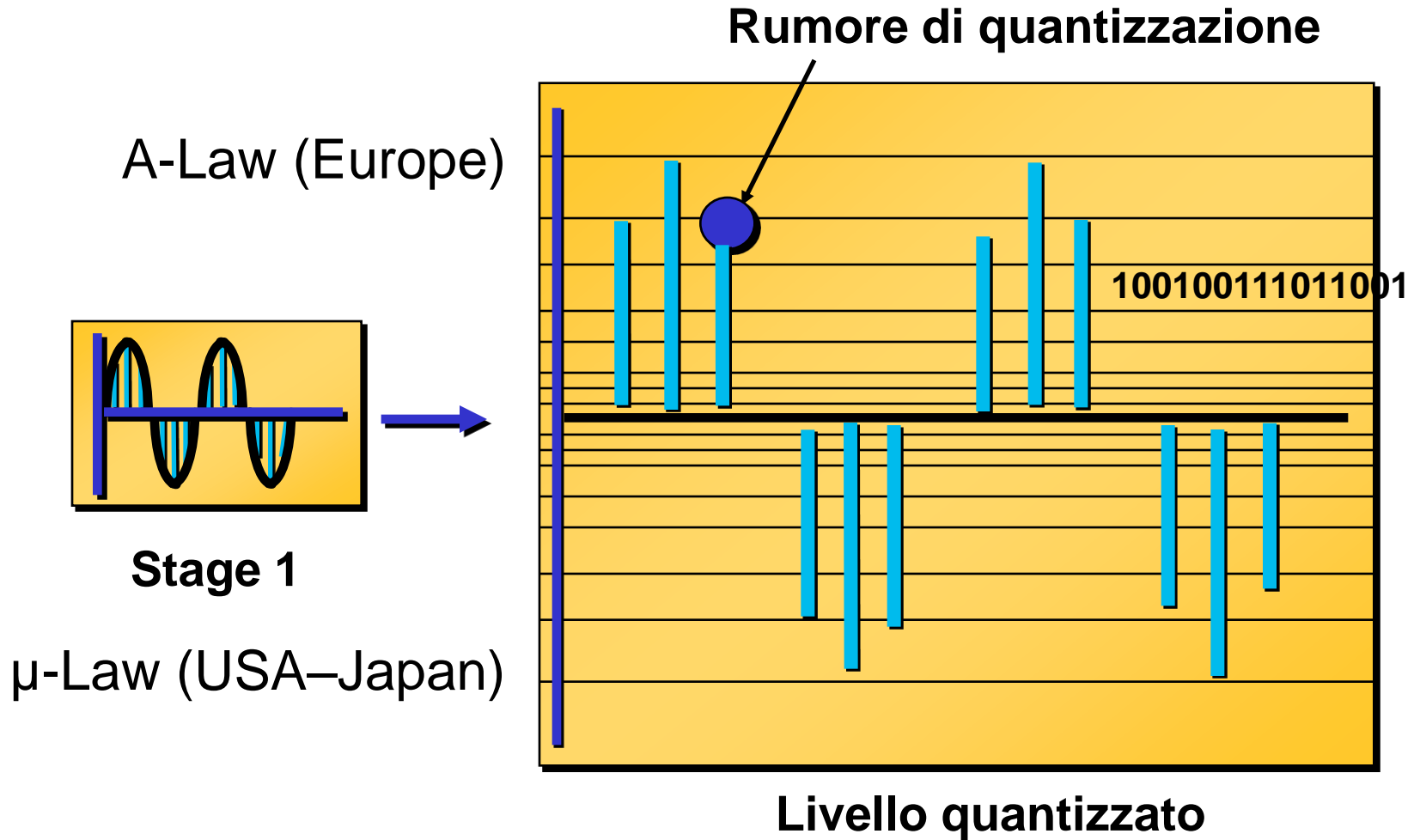
| = Sample  
8 kHz (8,000 Samples/Sec)

# Digitalizzazione: Teorema di Nyquist

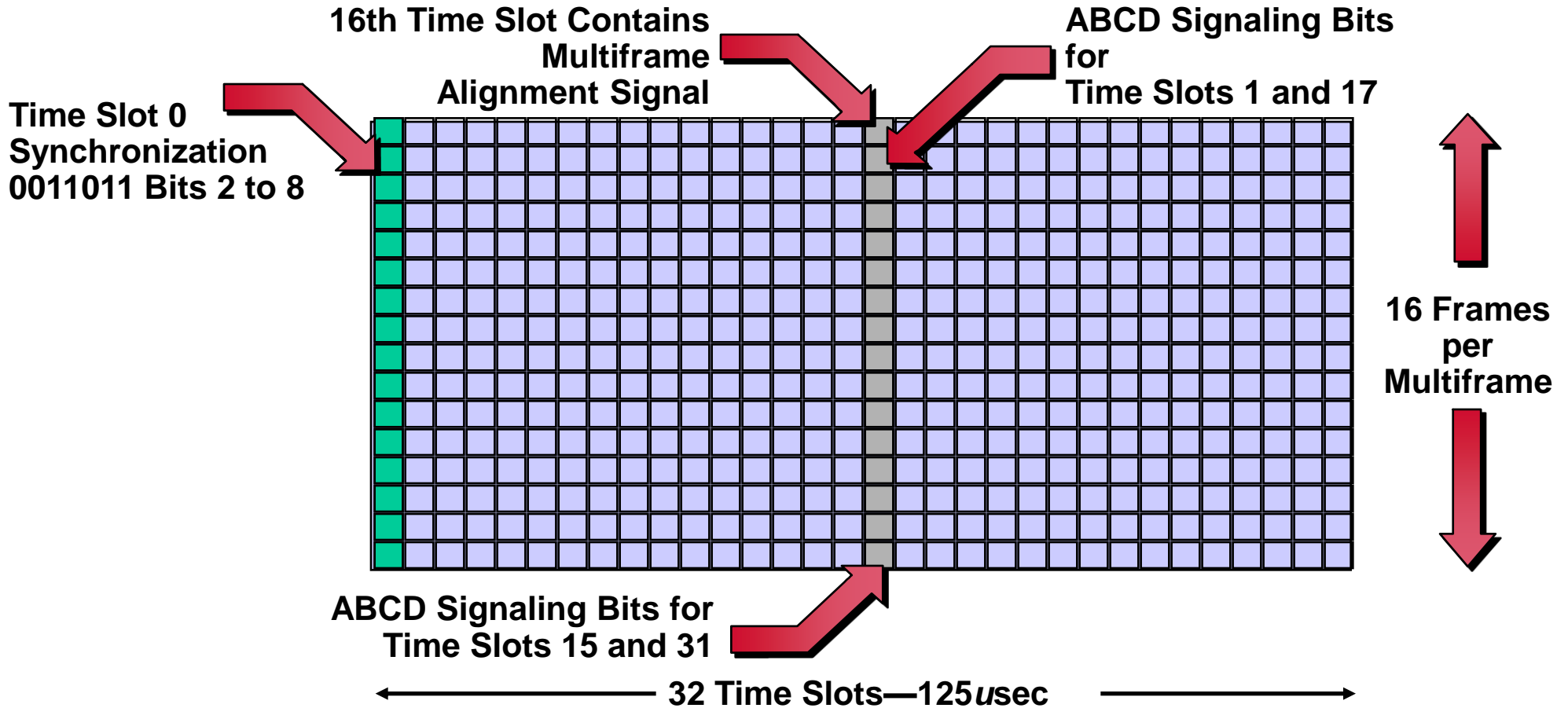
- Teorema di Nyquist: campionamento a frequenza almeno doppia rispetto alla frequenza massima del segnale
  - Banda di frequenza della voce: 300-3400 Hz
  - Frequenza di campionamento= 8000/sec (ogni 125 $\mu$ s)
  - Bit rate: (2 x 4 KHz) x 8 bits per campione= 64,000 bits per secondo (DS-0)



# Conversione analogico-digitale



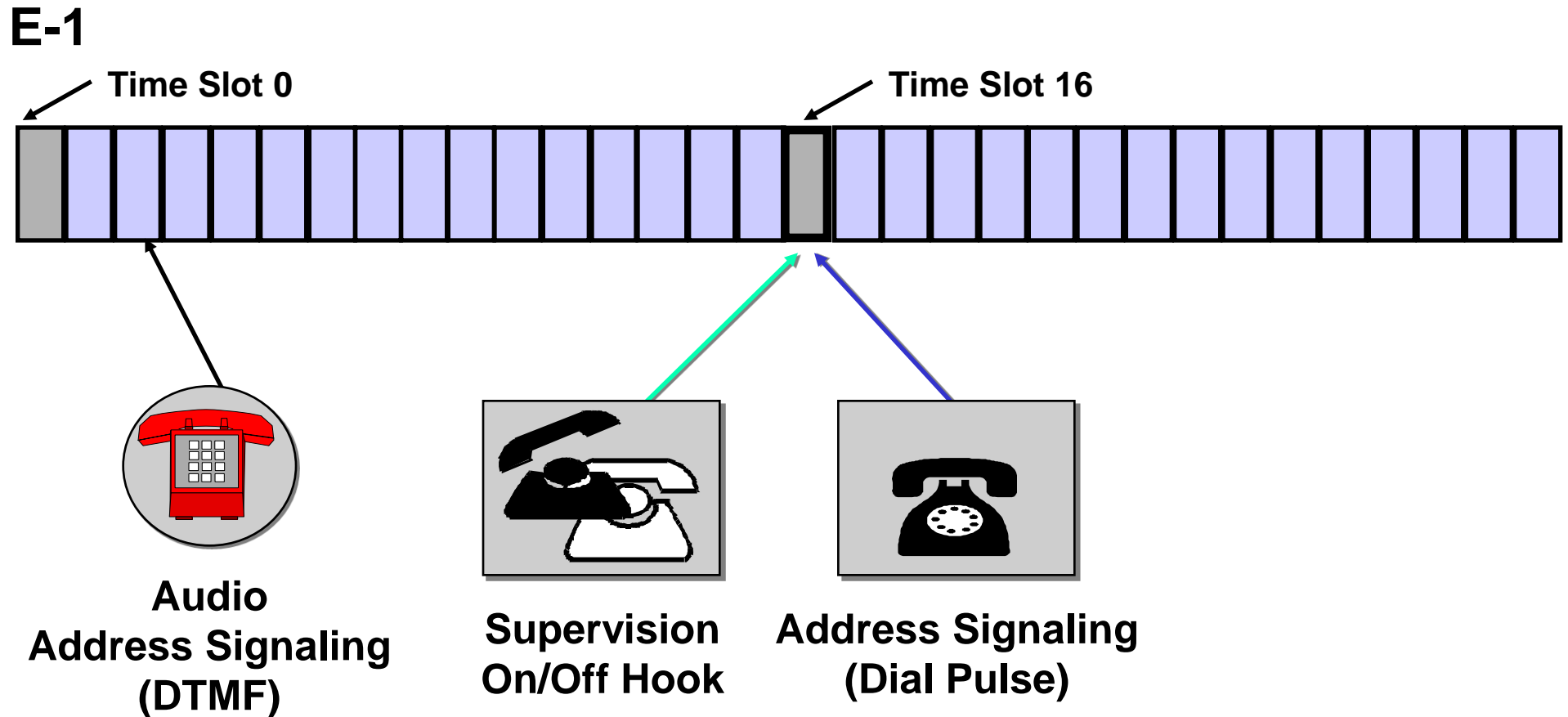
# Formato del frame PCM



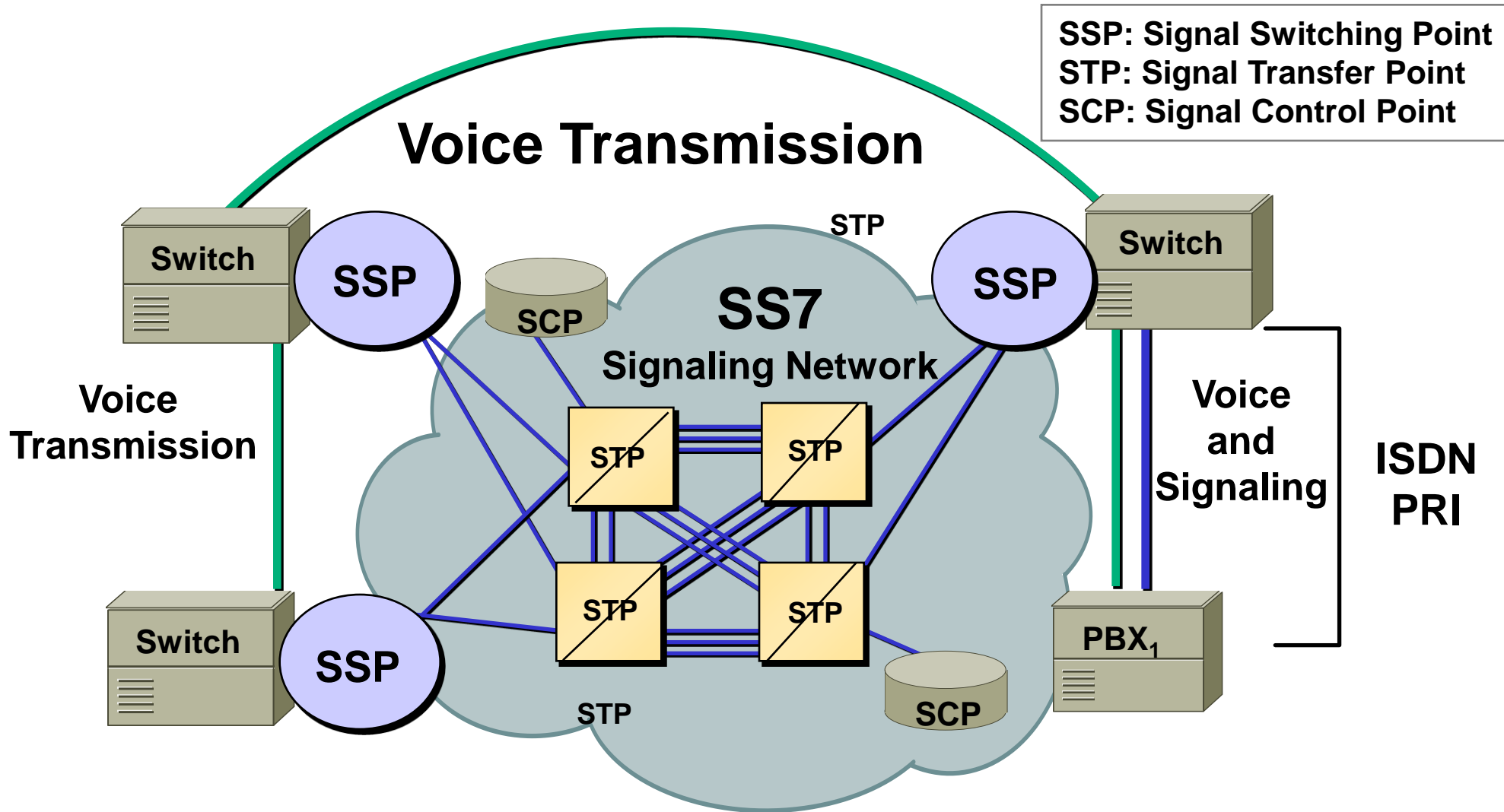


# Schemi di segnalazione digitale

## Common Channel Signaling (SS7)



# Architettura della rete SS7



# Indice

- Principi di telefonia analogica
- Principi di telefonia digitale
- **Integrated Services Digital Network (ISDN)**
  - Network Access
  - Servizi offerti
  - Architettura di rete
  - Protocolli
- Tecniche di instradamento
- Cenni alla telefonia radiomobile (GSM)



# ISDN

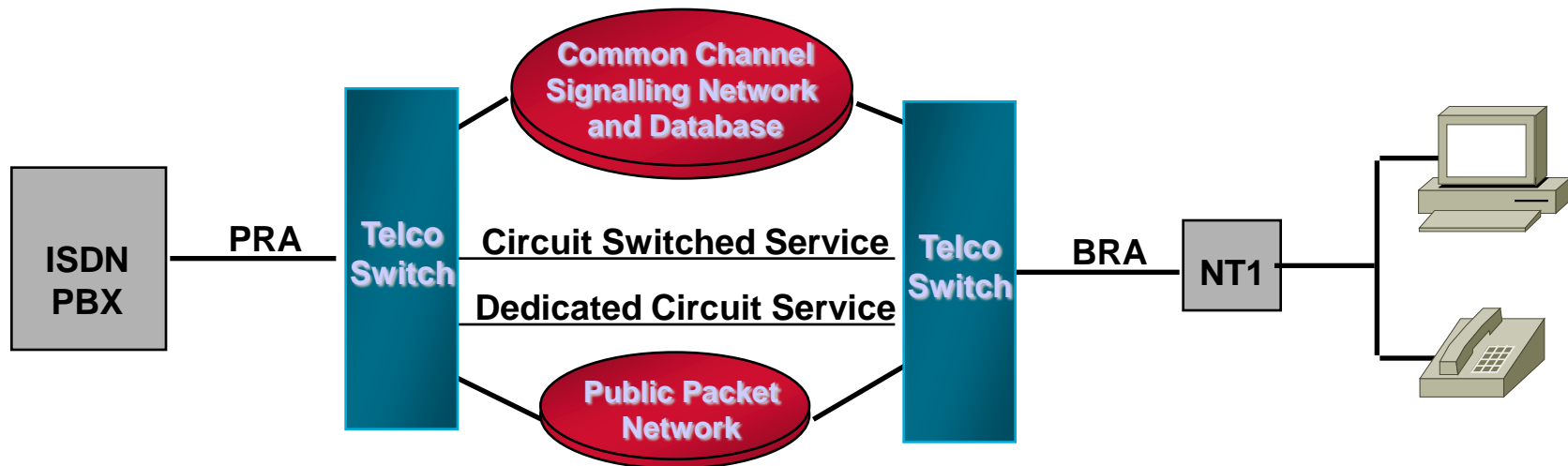
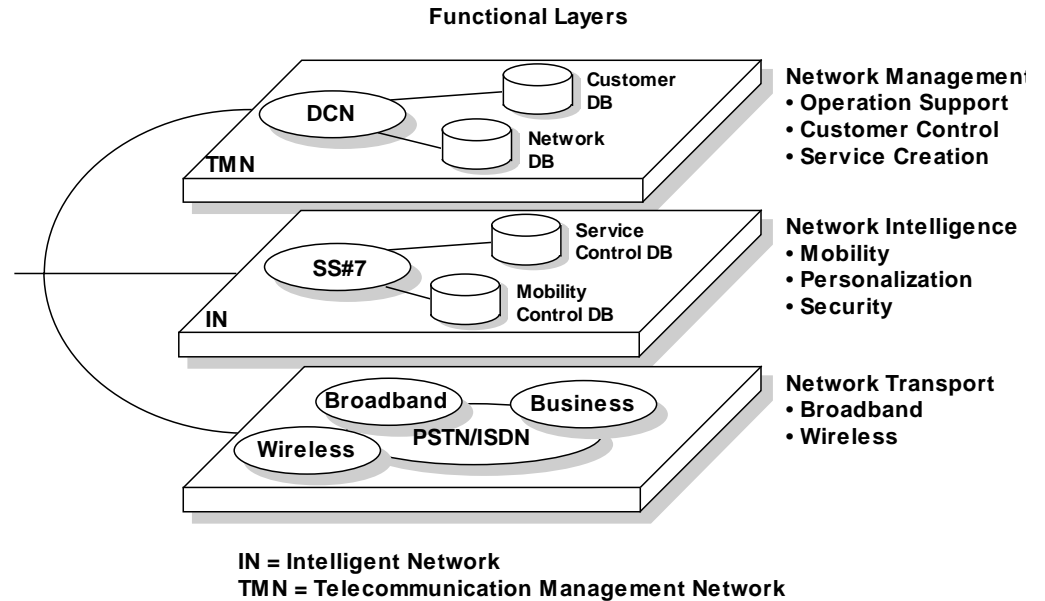
- Integrated Services Digital Network
  - è parte di una nuova architettura di rete
  - Definisce l'interfaccia di accesso alla rete
  - consente l'accesso ad una molteplicità di servizi mediante una interfaccia unificata
- Standard-based
  - ITU recommendations
  - Implementazioni proprietarie



# Architettura di rete

## Modello funzionale

ISDN specifica l'interfaccia di accesso alla rete



# Terminologia

- B Channel (Bearer Channel)
  - 64 Kbps (DS-0)
  - trasporta informazioni (voce, data, video, etc)
- D Channel (Signaling Channel)
  - 16 Kbps o 64 Kbps
  - supporta lo scambio di *messaggi di segnalazione* tra terminali d'utente e rete
  - può supportare flussi di dati X.25 scambiati attraverso la rete pubblica
- BRA/BRI (Basic Rate Access/Interface)
  - 2 B + D
  - $2 \times 64 \text{ Kbps} + 16 \text{ Kbps} = 144 \text{ Kbps}$  (esclusi overhead)
  - progettato per operare sulla rete in rame esistente
- PRA/PRI (Primary Rate Access/Interface)
  - 30 B + D
  - $30 \times 64 \text{ Kbps} + 64 \text{ Kbps} = 1948 \text{ kbps}$  (esclusi overhead)
  - Progettato per operare su flussi E1
  - In USA e Giappone: 23 B + D (1536 kbps)

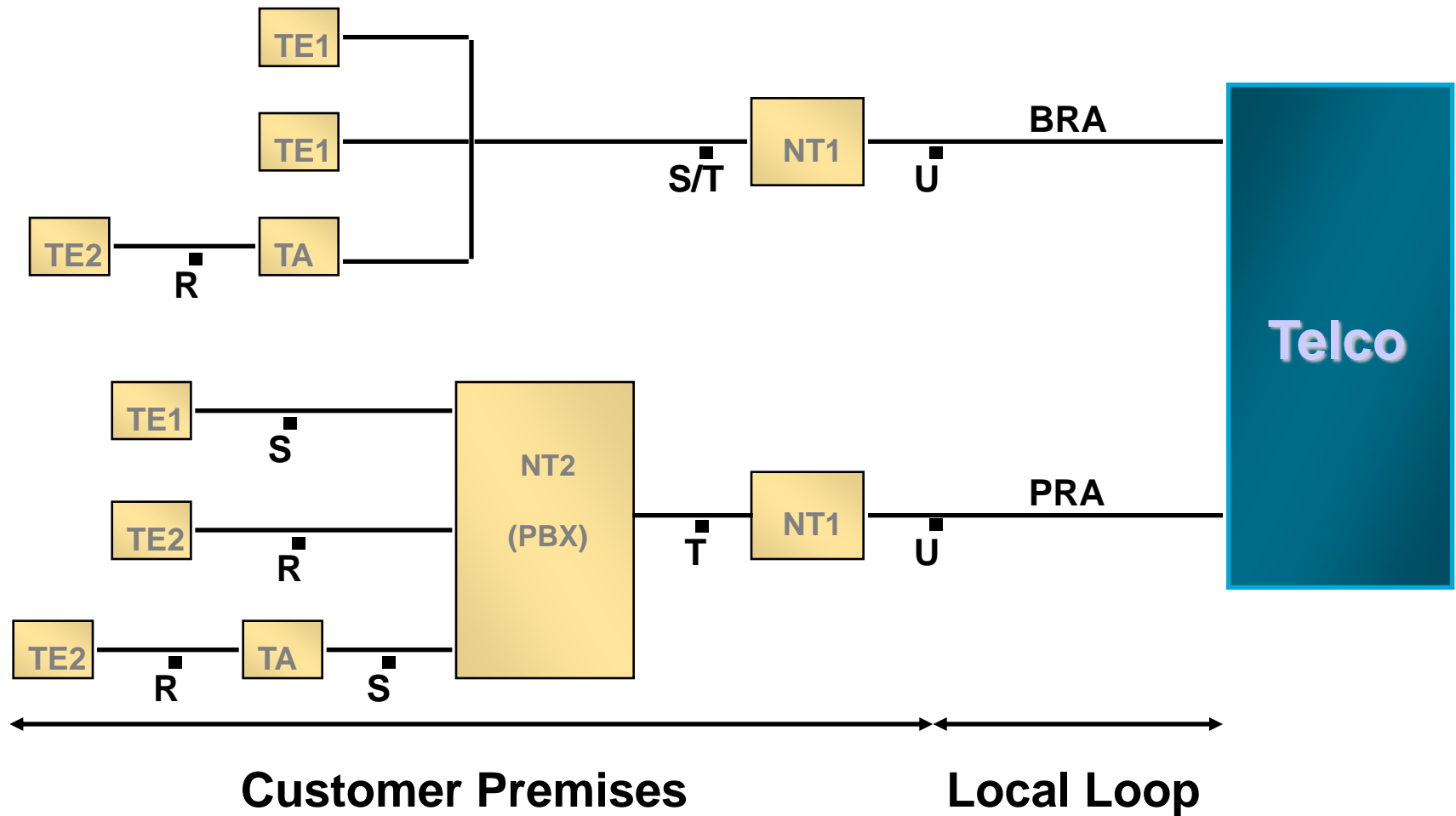


# Benefici dell'ISDN

- Standards-based features su canali a  $n \times 64$  kb/s
  - Es: Fax Gruppo IV, videoconferenza 384kb/s
- Servizi basati su segnalazione rete-utente
  - Es: CLID, call forward, ...
- Fast call setup
  - La segnalazione a canale comune consente un monitoraggio costante della disponibilità di risorse di rete
- Riduzione dei costi
  - L'uso più efficiente delle risorse di rete consente un dimensionamento ottimizzato
  - capacità di integrare voce e dati su una stessa interfaccia riduce la richiesta di risorse in accesso



# ISDN Reference Points





# ISDN Reference Points

- S-reference point:
  - connettore RJ-45 (receive and transmit pair)
  - può essere fornita alimentazione per i TE
  - distanze ammissibili:
    - 1 Km (configurazione 1 x TE)
    - 500 m (4 x TE)
    - 200 m (8 x TE)
  - quando viene connesso più di un terminale sulla stessa linea, si attua una configurazione a bus (S-bus)
- U-Reference point (BRA)
  - Standard differenti per Nord America, Giappone, Francia, Regno Unito, Germania, Italia...
  - Progettato per riusare il più possibile la rete di accesso preesistente
    - il cablaggio a 2 fili costituisce il 99% del totale
  - Studiato per loop con lunghezza fino a 5,5 Km
- U-Reference point (PRA)
  - compatibile con gli standard DS-1/E1



# Apparati ISDN

- NT1
  - Termina il local loop
  - Effettua la conversione di codifica e la trasmissione sulla rete pubblica
  - Consente il monitoraggio di guasti e delle prestazioni
- NT2
  - Tipicamente è un PBX
  - Fornisce funzioni di commutazione delle chiamate
  - Supporta protocolli di livello due e livello 3
- TE1 (Terminale ISDN-compatible)
- TE2 (Terminale Non-ISDN compatible)
  - Richiede l'interfacciamento tramite un opportuno adattatore
- TA (Terminal Adapter ISDN)
  - Disponibili Interfacce per differenti tipologie di TE2
  - Es: RS-232, X.21, V.35, PC-Bus, Video, etc.



# Segnalazione: set di messaggi

## Call Establishment

- Alerting
- Call proceeding
- Connect
- Connect ack
- Progress
- Setup
- Setup ack

## Call Information

- Hold
- Hold ack
- Hold reject
- Resume
- Resume ack
- Resume reject
- Retrieve
- Retrieve ack
- Retrieve reject
- Suspend
- Suspend ack
- Suspend reject
- User information

## Call Clearing

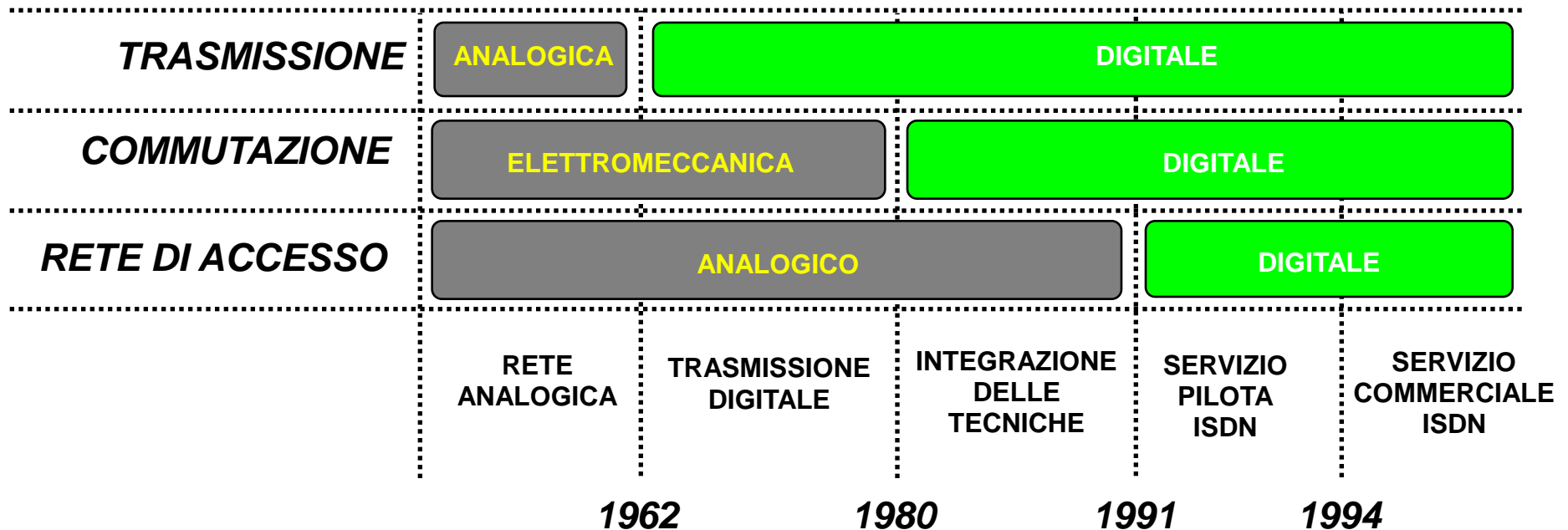
- Disconnect
- Release
- Release complete
- Restart
- Restart ack

## Miscellaneous

- Congestion control
- Facility
- Information
- Notify
- Register
- Status
- Status inquiry



# Tappe principali dell'evoluzione della rete italiana



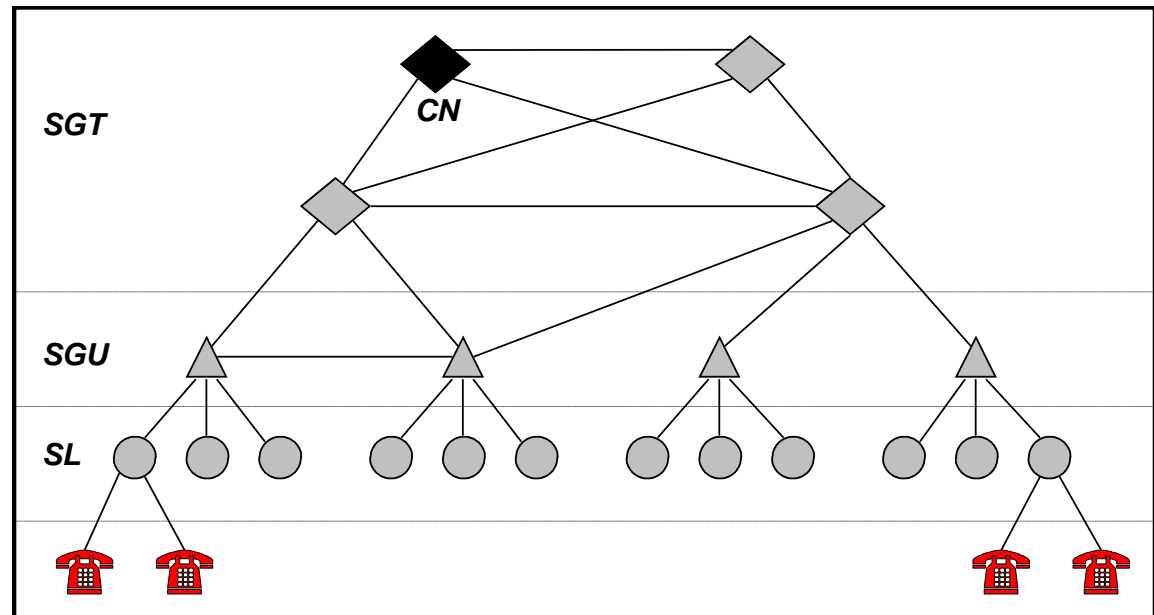
# Evoluzione tecnologica

- **Commutazione:**
  - autocommutatori in tecnologia numerica di grande capacità (decine di migliaia di utenti ciascuno)
  - importanza sempre crescente del software per la fornitura dei servizi
  - stadi di linea remoti e concentratori
  - apertura verso la fornitura dell'ISDN
- **Trasmissione:**
  - apparati terminali di linea numerici ad alta velocità
  - fibre ottiche
  - multiplex d'abbonato



# La nuova rete numerica italiana

- Rete gerarchica:
  - 66 Stadi di Gruppo di Transito (SGT) interconnessi a maglia completa tra loro
  - 636 Stadi di Gruppo Urbano (SGU) ciascuno connesso a 2 SGT
  - Apparati (Multiplex e Concentratori) nella Rete di Accesso e Stadi di Linea Remoti associati a SGU (circa 10 mila)
- Segnalazione a canale comune tra i nodi della rete
- Nodi centralizzati per la fornitura di servizi di *rete intelligente*



# Numerazione

- Raccomandazione ITU E.164
  - Numerazione non uniforme: lunghezza del numero di utente variabile
  - Max. 15 cifre (escludendo il prefisso internazionale)
    - Prefisso internazionale (+)
    - Country code (CC): 1-3 cifre → Italia = 39
    - National Destination Code (NDC) → prefisso distrettuale
    - Subscriber Number (SN) → numero abbonato
- North American Numbering Plan (NANP)
  - Numerazione uniforme: lunghezza del numero di utente costante
    - 7 cifre sempre richieste per raggiungere ogni utente nell'area di chiamata
    - 10 cifre sempre richieste per raggiungere ogni utente al di fuori dell'area di chiamata
    - Può richiedere una redistribuzione della copertura degli area codes
  - Numero a 11 cifre (N=2-9, X=0-9)
    - 1
    - Numbering Plan Area (area code) - NPA: NXX
    - Central Office Code (COC): NXX
    - Station Number (SN): XXXX



# Indice

- Principi di telefonia analogica
- Principi di telefonia digitale
- Integrated Services Digital Network (ISDN)
- **Tecniche di instradamento**
  - Tipo di selezione del collegamento
  - Tecniche invariante
  - Tecniche dinamiche
- Cenni alla telefonia radiomobile (GSM)





# Tecniche di instradamento

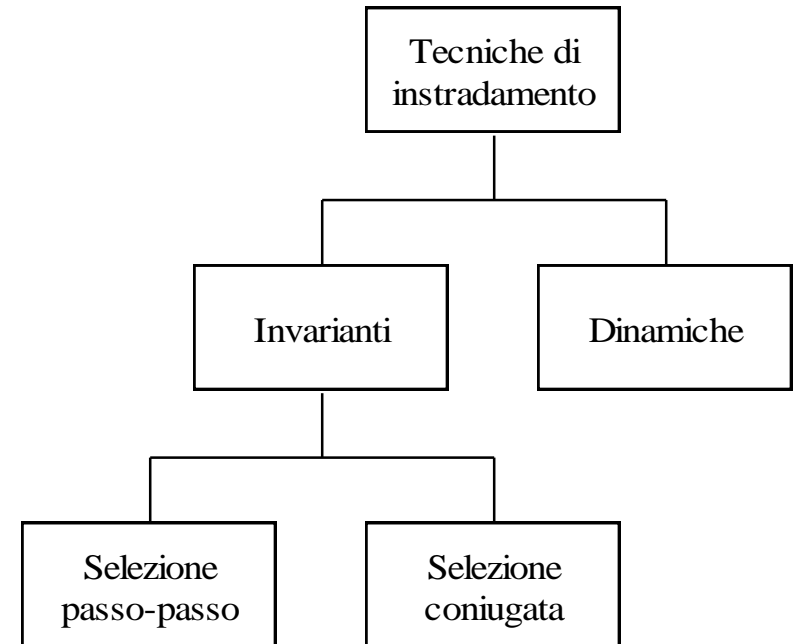
- Rete telefonica = Grafo
  - Nodi = Centri di commutazione
  - Rami = Fasci di giunzioni
- Compiti
  - Definizione di un insieme di vie ammissibili
  - Criterio di scelta sulle vie
- Obiettivi di una politica di instradamento
  - a: max numero di rami in una connessione
  - b: controllo degli instradamenti ammissibili (es. evitare attraversamento multiplo di nodo)
  - c: controllo del traffico (evitare fenomeni di trabocco)
- Dato un set di percorsi ammissibili tra  $N_i$  e  $N_j$ , la scelta dell'instradamento può usare
  - Criteri probabilistici: Generano perdita anche se tutti i percorsi non sono occupati
  - Trabocco sequenziale (sceglie il primo cammino con almeno una giunzione libera in tutti i suoi fasci): generano perdita solo se tutti i percorsi sono occupati



# Tecniche di instradamento

## Tassonomia

- Tecniche di instradamento
  - Invarianti: politica di instradamento fissa, indipendente dal tempo
    - Selezione passo-passo: il percorso viene costruito con decisioni prese nodo per nodo
    - Selezione coniugata: il nodo di origine seleziona l'intero percorso con la cooperazione degli altri nodi di rete
  - Dinamiche: politica di instradamento variabile con il tempo sulla base di opportuni criteri



# Reti gerarchiche

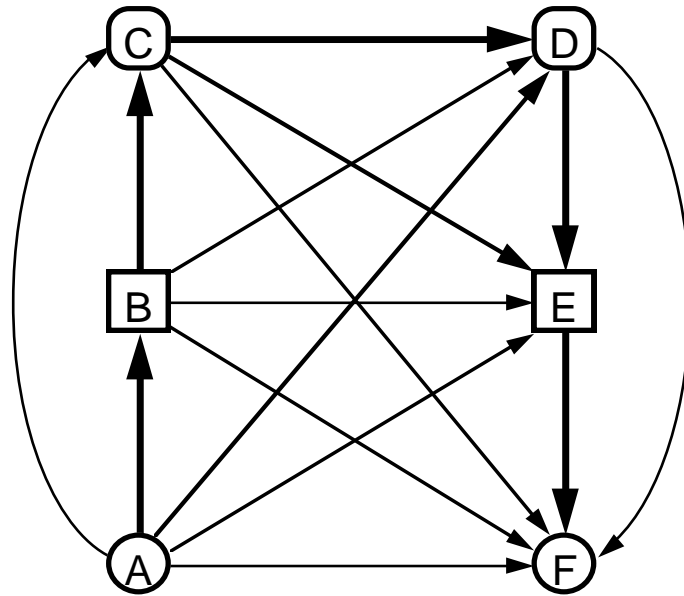
## Algoritmo di instradamento

- Percorso più lungo a  $n$  nodi (compresi origine e destinazione) attraversando tutti i livelli della gerarchia
  - Peso dei nodi
    - Origine : 0
    - Destinazione : 0
    - Nodo  $i$  :  $2^{i-1}$  ( $i = 1, \dots, n-2$  con nodi numerati a partire dal nodo più vicino alla destinazione)
  - Peso del percorso = Somma dei pesi dei nodi nel percorso
- Ammessi solo percorsi con nodi intermedi aventi pesi in ordine decrescente
- Percorsi particolari
  - Diretto
  - Fondamentale
- Ordine di scelta tra i percorsi
  - Secondo pesi del percorso crescenti
    - Prima scelta = Percorso diretto
    - Ultima scelta = Percorso fondamentale



# Reti gerarchiche

## Esempio con rete a 3 livelli

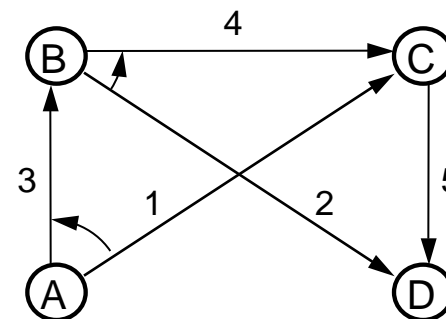


Relaz.	Via
A-E	A E
	A D E
	A C E
	A C D E
	A B E
	A B D E
	A B C E
	A B C D E
	A B C D E
B-E	B E
	B D E
	B C E
	B C D E
C-D	C D
C-F	C F
	C E F
	C D F
	C D E F
	C D E F

# Tecniche di instradamento invarianti

## Selezione del collegamento

- Ipotesi
  - Trabocco sequenziale
  - Link unidirezionali
- Passo-passo (link by link)
  - Fasci liberi impegnati progressivamente
  - Ogni nodo opera un passo dell'instradamento
  - Trabocco ammesso solo se instradamento alternativo usa i fasci già selezionati
  - In genere preferita sulla selezione coniugata



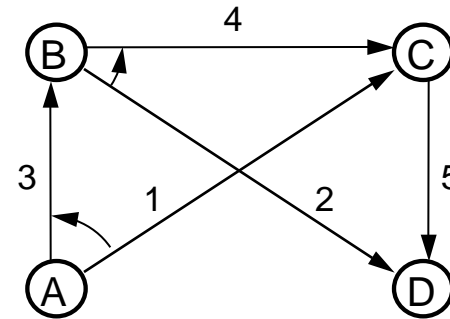
Relazione (A, D)

Instr	Fascio
I	1 5
	↓
II	3 2
	↓
III	3 4 5

# Tecniche di instradamento invarianti

## Selezione del collegamento (cont.)

- Coniugata (end-to-end)
  - Il nodo di origine seleziona tutto l'instradamento
    - Utilizza messaggi di “crankback”
  - Trabocco non dipende dal fascio bloccato
  - Pro: soddisfa facilmente obiettivi a, b, c
  - Con
    - Complessità tabelle instradamento
    - Aggiornamento generalizzato delle tabelle di instr. anche per piccoli ampliamenti di rete



Relazione (A, D)

Instr	Fascio
I	1 5 ↓
II	3 2 ↓
III	3 4 5

# Tecniche di instradamento invariante

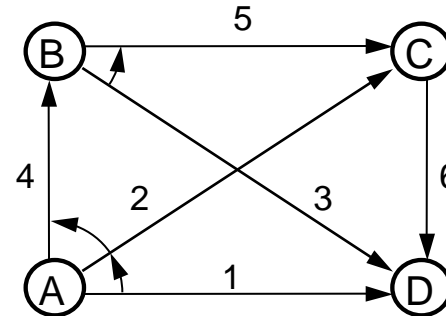
## Cammini a trabocco sequenziale

- Reti gerarchiche

- Fasci a trabocco: fasci di prima/seconda/.../penultima scelta
- Fasci a perdita: fasci di ultima scelta (finali) dimensionati per bassa probabilità di perdita

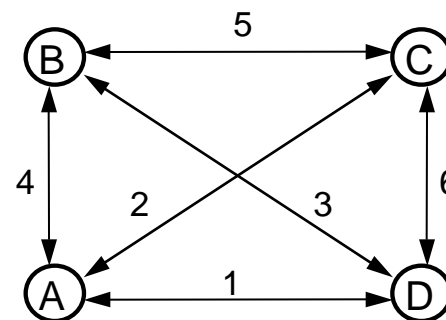
- Reti non gerarchiche

- Non si distingue tra fasci a perdita e a trabocco
  - Uno stesso fascio può essere a trabocco (es. prima scelta) per certe relazioni, a perdita per altre
- La presenza di mutuo trabocco rende alta l'utilizzazione di tutti i fasci → maggiore efficienza della rete



Relazione (A, D)

Instr.	Fasci
I	1
II	2 6
III	4 3
IV	4 5 6



Relaz.	Fasci
A-D	1
	2 6
A-C	2
	1 6
	4 5
B-C	5
	3 6

# Indice

- Principi di telefonia analogica
- Principi di telefonia digitale
- Integrated Services Digital Network (ISDN)
- Tecniche di instradamento
- **Cenni alla telefonia radiomobile (GSM)**



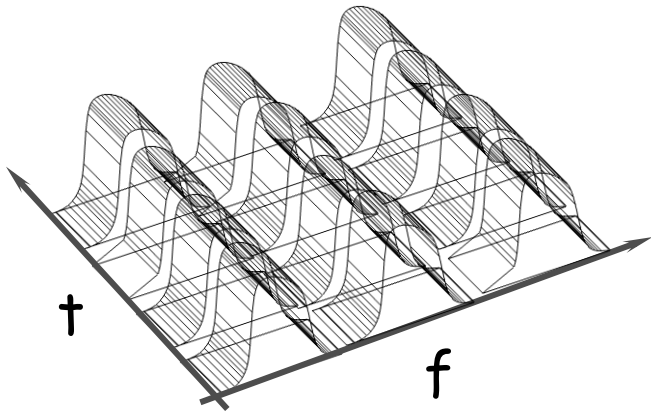


# Comunicazioni fisse vs radiomobili

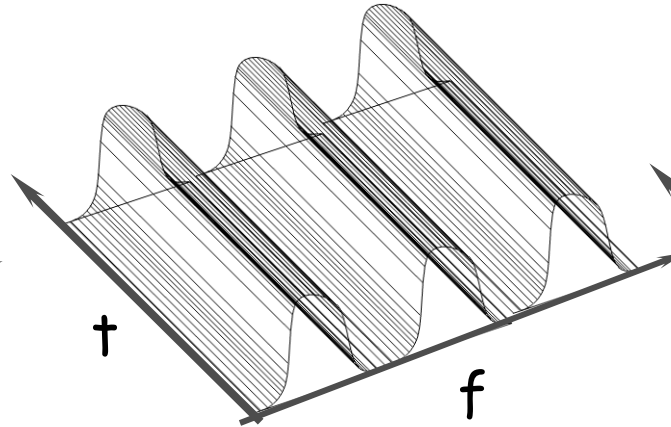
- Comunicazioni fisse
  - aumento di capacità → deployment di nuovi mezzi trasmissivi
  - canale tempo invariante a qualità elevata
  - punto di accesso alla rete → noto e fisso nel tempo
- Comunicazioni radiomobili
  - spettro radio (risorsa scarsa soggetta a regolamentazione) → efficiente utilizzo della banda
    - multiple access
    - frequency reuse
  - canale tempo variante → tecniche per migliorare la qualità del canale
    - path loss
    - slow fading
    - fast fading
  - punto di accesso alla rete → gestione della mobilità
    - location updating
    - cell handover



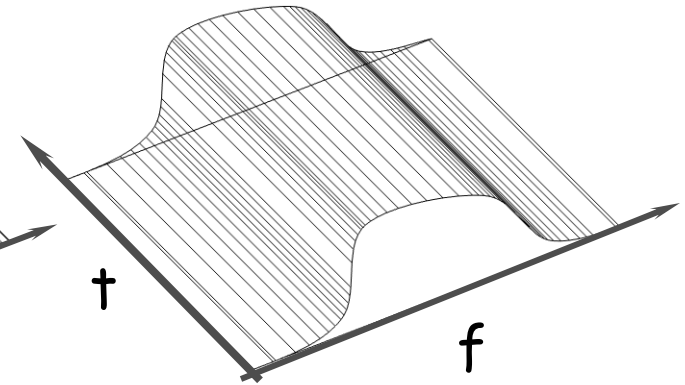
# Accesso multiplo



**TDMA**



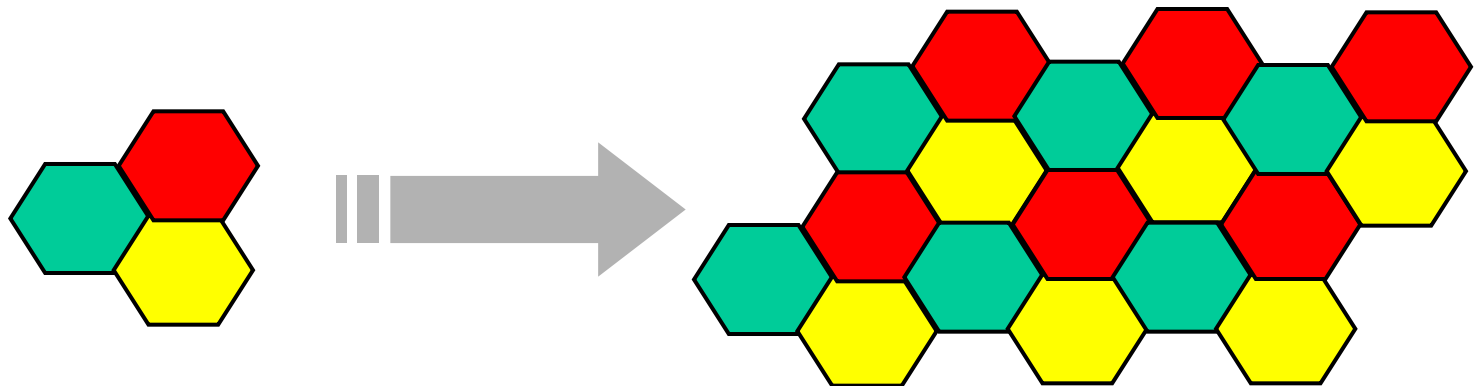
**FDMA**



**CDMA**

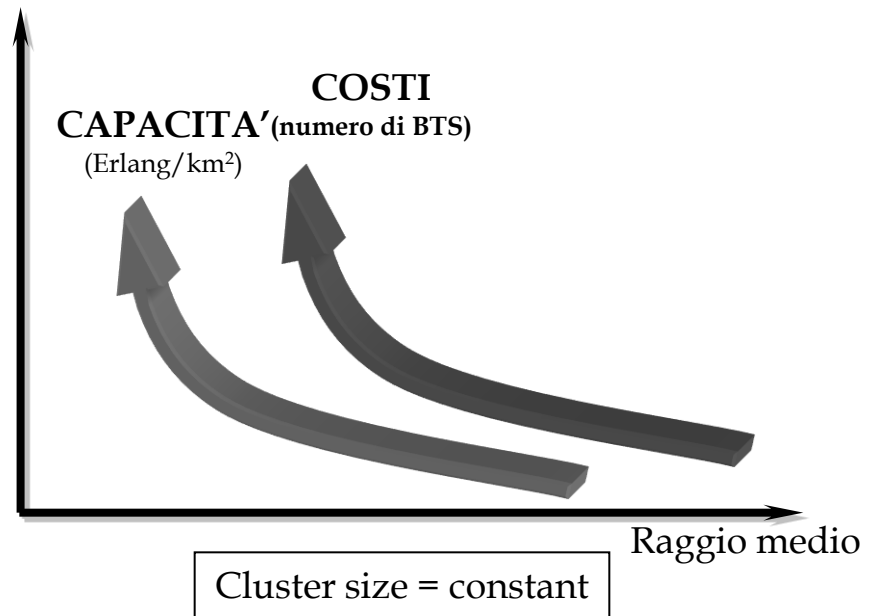
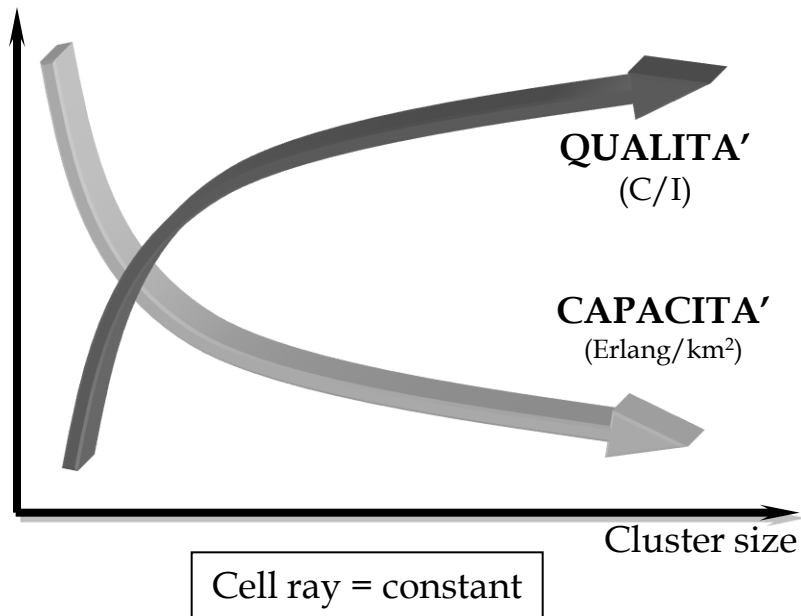
# Frequency reuse: copertura cellulare

- Ripartizione del territorio in celle
  - Scelta di una figura geometrica regolare elementare (es. triangolo, quadrato, esagono)
  - Partizione degli N canali disponibili in G gruppi, ciascuno assegnato ad una cella distinta
  - L'insieme di celle adiacenti che esauriscono i canali disponibili è detto CLUSTER



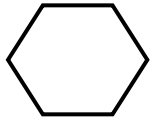
# Copertura cellulare (2)

- Dimensionamento
  - Numero di canali per cella (fattore di riuso)
  - Forma del cluster
  - Raggio medio della cella ( $R$ )
  - Distanza tra antenne di celle uguali ( $D$ )

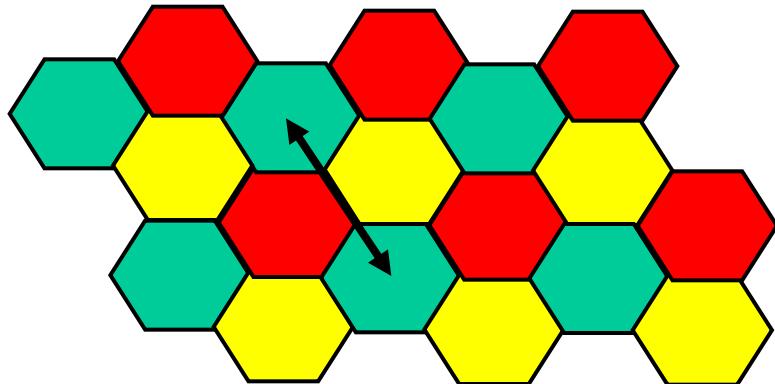
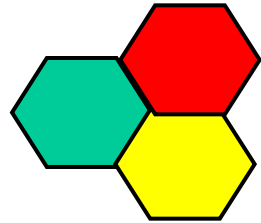


# Copertura cellulare (3)

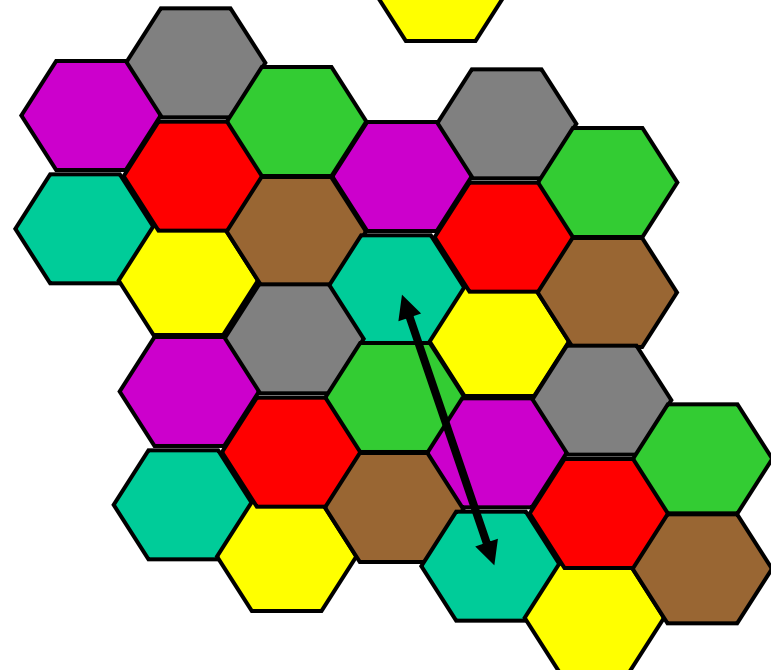
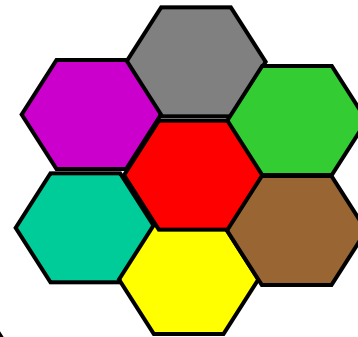
Fissata la  
dimensione della  
cella:



Dimensione  
del cluster = 3



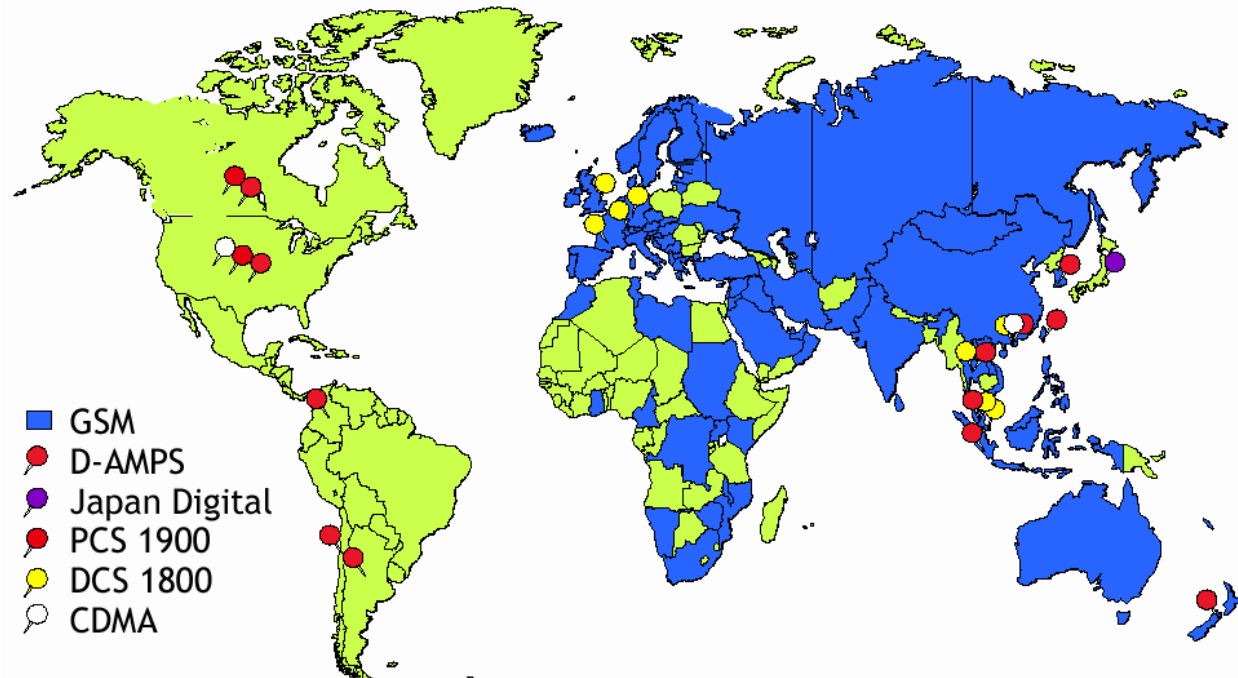
Dimensione  
del cluster = 7



# Global System for Mobile (GSM)

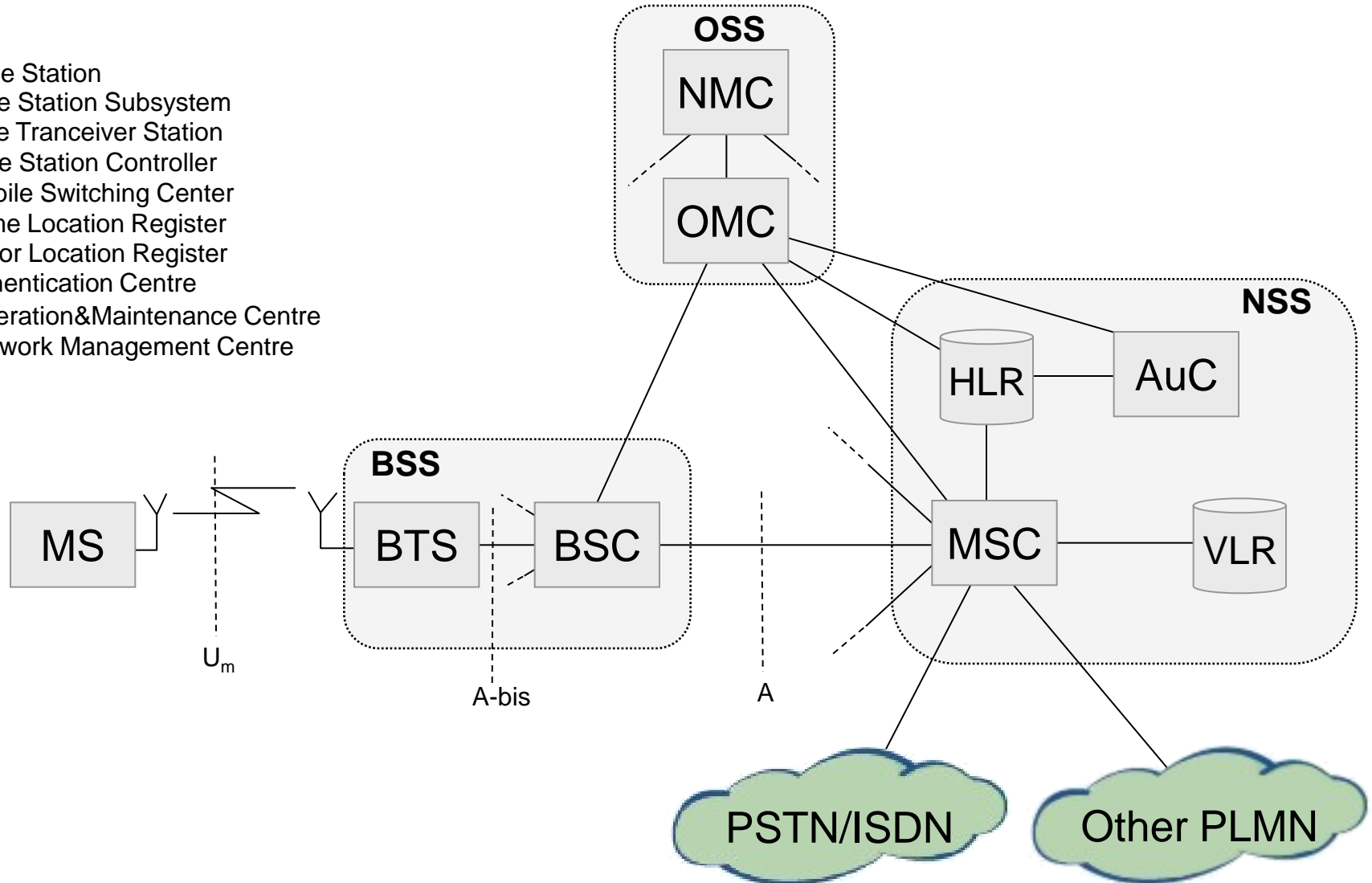
## Sistema di comunicazioni radiomobili paneuropeo

- Bande assegnate
  - 890-915 MHz in up-link (905-914 MHz in Italia)
  - 935-960 MHz in down-link (950-959 MHz in Italia)
- Passo di canalizzazione: 200 kHz (124 portanti)
- Accesso TDMA/FDMA con 8 timeslot per portante
- Passo di duplice: 45 MHz
- Numero di canali:  $124 \times 8 = 992$  canali full-rate
- Codifica della voce 13kbit/s (half-rate: 6,5 kb/s)
- Modulazione GMSK



# Architettura di rete

MS=Mobile Station  
BSS=Base Station Subsystem  
BTS=Base Tranceiver Station  
BSC=Base Station Controller  
MSC=Mobile Switching Center  
HLR=Home Location Register  
VLR=Visitor Location Register  
AuC=Authentication Centre  
OMC=Operation&Maintenance Centre  
NMC=Network Management Centre



# Elementi Funzionali

- **Mobile Station (MS)**
  - Terminale mobile con il quale l'utente può usufruire dei servizi offerti dalla rete GSM
- **Base Station Subsystem (BSS)**
  - Insieme delle unità funzionali che si occupano della copertura radio del territorio e delle comunicazioni con le MS
- **Network Switching Subsystem (NSS)**
  - Insieme delle unità funzionali che gestiscono la mobilità degli utenti, il controllo delle chiamate e la fornitura di servizi
- **Operation & Support Subsystem (OSS)**
  - Unità funzionali per la gestione, l'esercizio e la manutenzione delle rete GSM di un gestore



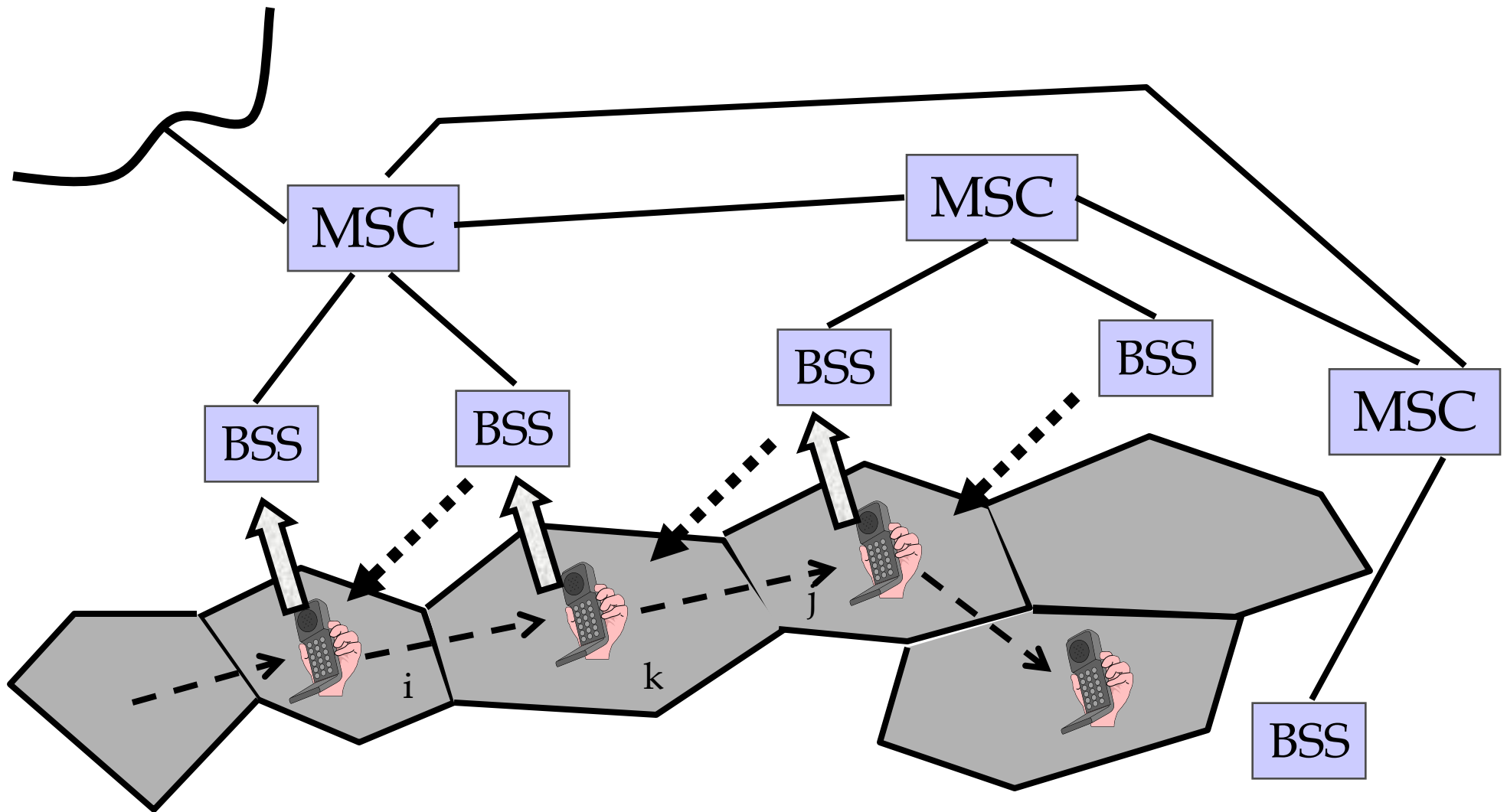


# Network Switching Subsystem

- Mobile Switching Center (MSC):
  - autocommutatore per servizi radiomobili (instradamento e gestione della mobilità)
- Visitor Location Register
  - database con le informazioni delle MS transianti nell'area di copertura di un MSC
- Home Location Register
  - Database di un gestore di rete GSM i cui sono permanentemente memorizzati i dati relativi agli utenti abbonati al servizio
  - Due tipi di dati:
    - Statici: dati di abbonamento (IMSI, MSISDN, servizi,...)
    - Dinamici: variano a seguito di azioni svolte dalla MS (gestione della localizzazione → identificativo del VLR attualmente visitato, servizi supplementari)
- Authentication Centre (AuC):
  - gestione della sicurezza, autenticazione e confidenzialità delle comunicazioni



# Handover (1)

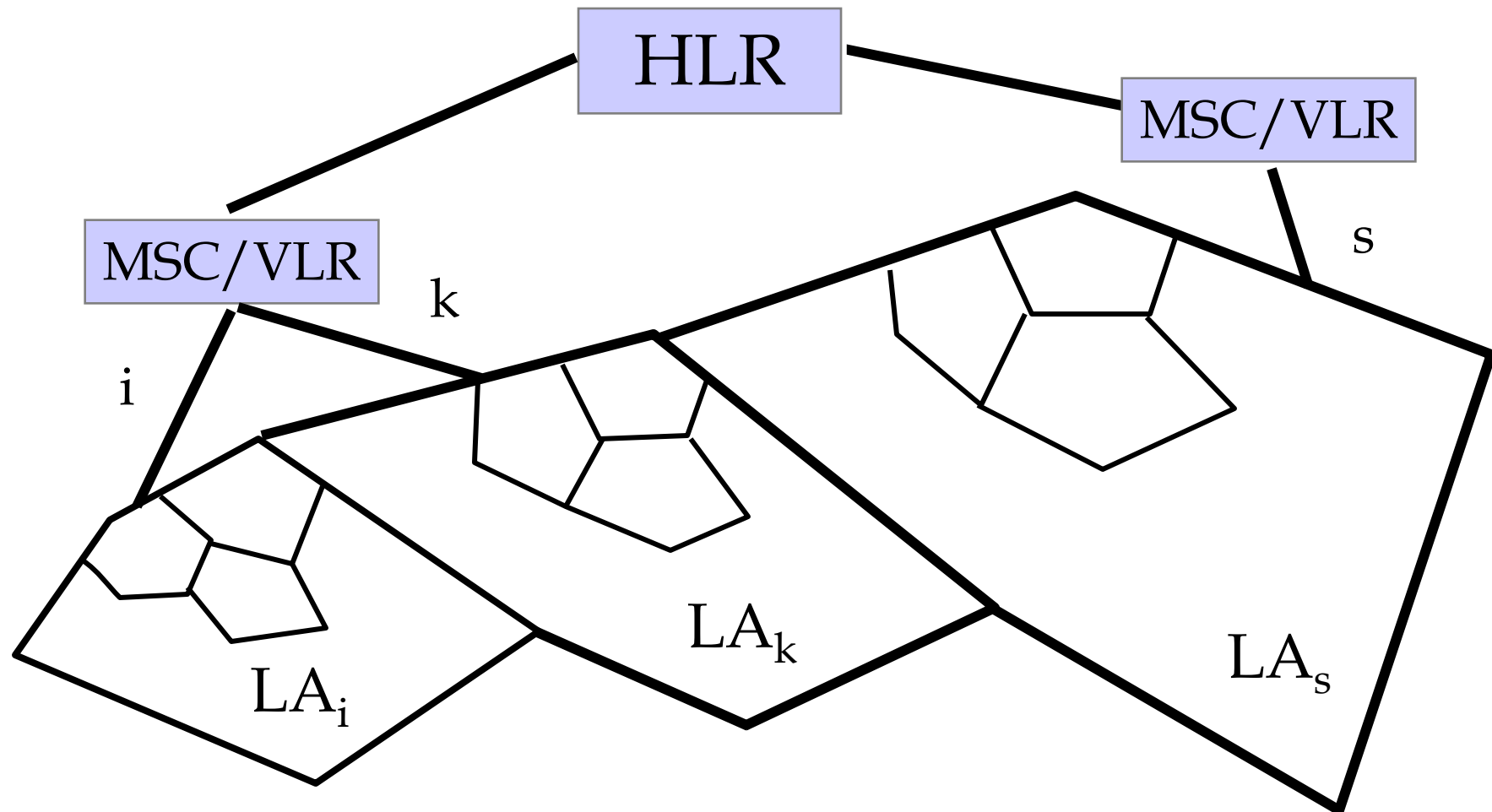


# Handover (2)

- E' la procedura attraverso la quale la continuità della connessione è garantita al terminale mobile in conversazione durante l'attraversamento di celle contigue
- Il terminale mobile misura la qualità e la potenza dei canali di broadcast delle celle contigue, e manda le misure rilevanti verso la rete
- La rete prende la decisione di handover non appena la qualità del segnale attuale scende al di sotto di una certa soglia, assegnando al mobile un nuovo canale nella cella 'sentita' meglio



# Roaming e Location Updating (1)



# Roaming e Location updating (2)

- La procedura di aggiornamento della localizzazione permette alla rete di conoscere in ogni momento la posizione del terminale mobile all'interno della rete (roaming)
- Consente all'utente di usufruire *anywhere* e *anytime* ai servizi sottoscritti
- Casistica di roaming
  - entro una location area
  - tra location area diverse ma appartenenti allo stesso MSC/VLR
  - tra location area appartenenti a MSC/VLR differenti



# Procedure di sicurezza nel GSM

## Autenticazione

- Protezione della rete contro tentativi di accesso fraudolenti
- Protezione degli utenti contro tentativi di accesso di persone non autorizzate
- Cifratura
  - Protezione contro possibili intercettazioni che viaggiano sulla tratta radio
  - Prevenire la determinazione della posizione geografica dell'utente



# Numeri ed identità nel sistema GSM

- Identità per il riconoscimento di una MS
  - **IMSI** (*International Mobile Subscriber Number*)
  - **TMSI** (*Temporary Mobile Subscriber Number*)
  - **IMEI** (*International Mobile Equipment Identity*)
- Numeri utilizzati per instradamento
  - **MSISDN** (*Mobile Station ISDN number*):
    - Numero che consente di raggiungere una MS da qualsiasi rete (+39 3xy ...)
  - **MSRN** (*Mobile Station Roaming Number*):
    - numero di telefono temporaneo assegnato ad ogni MS dal VLR ad ogni utente registrato presso di esso (la prima parte indica l'MSC di destinazione, la seconda parte identifica la MS nel VLR)
- Identità a supporto delle funzioni di mobilità
  - **LAI** (*Location Area Identity*): Identificativo di area di localizzazione
  - **CGI** (*Cell Global Identity*): Identificativo di cella
  - **BSIC** (*Base Station Identity Code*): identificativo di Base Station



# International Mobile Subscriber Number (IMSI)

- Identificativo univoco di un utente del sistema GSM
- Memorizzata permanentemente nella SIM e HLR



[MCC]: Mobile Country Code (3 cifre)

[MNC]: Mobile Network Code (2 cifre)

[MSIN]: Mobile Subscriber Identification Number (10 cifre)



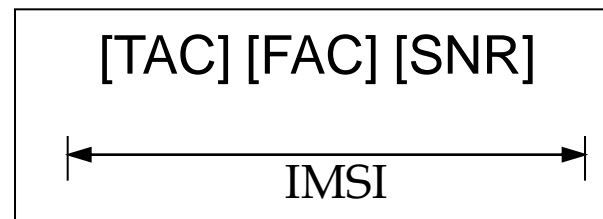
# Temporary Mobile Subscriber Number (TMSI)

- Identità temporanea associata dal VLR alla MS
- Evita che l'IMSI venga trasmesso in chiaro sulla tratta radio
- Allocazione dinamica (ad ogni accesso alla rete)
- E' costituita da 4 ottetti



# International Mobile Equipment Identity (IMEI)

- Identificativo univoco di un mobile equipment
- Cablato nel terminale dal costruttore
- Comunicato ad una autorità centrale che provvede ad informare gli operatori di rete
- Controllo di apparati difettosi, non omologati o rubati



[TAC] : Type Approval Code (3 cifre)

[FAC] : Final Assembly Code (2 cifre)

[SNR] : Serial Number (6 cifre)