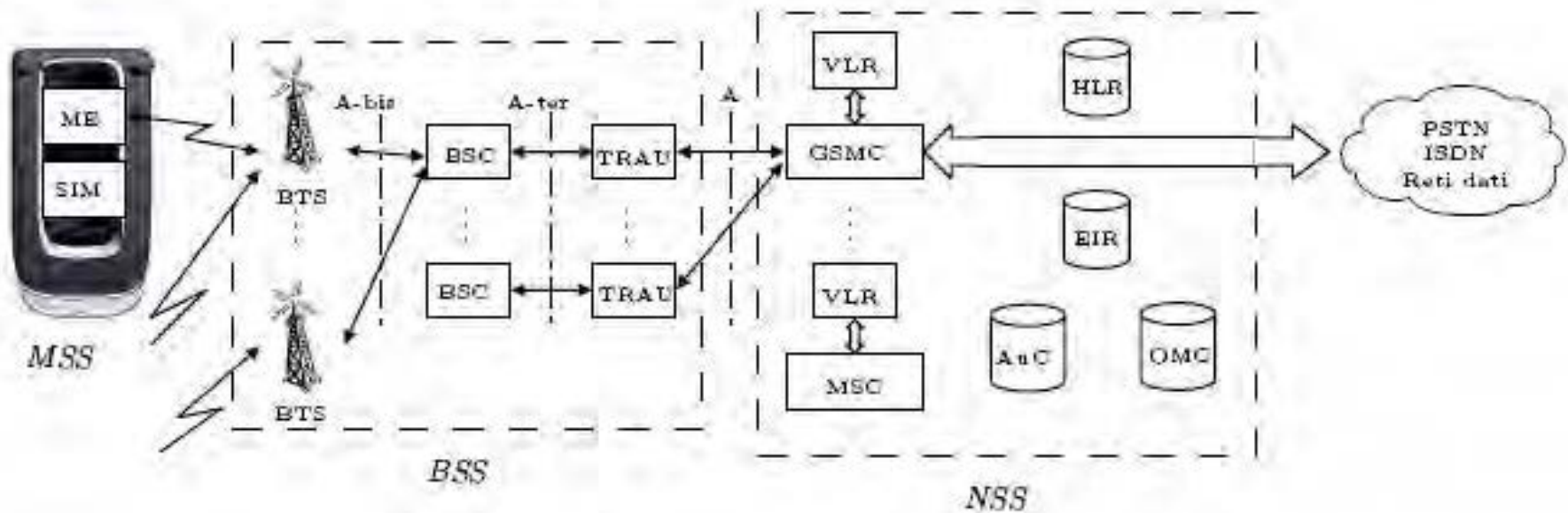


Outline

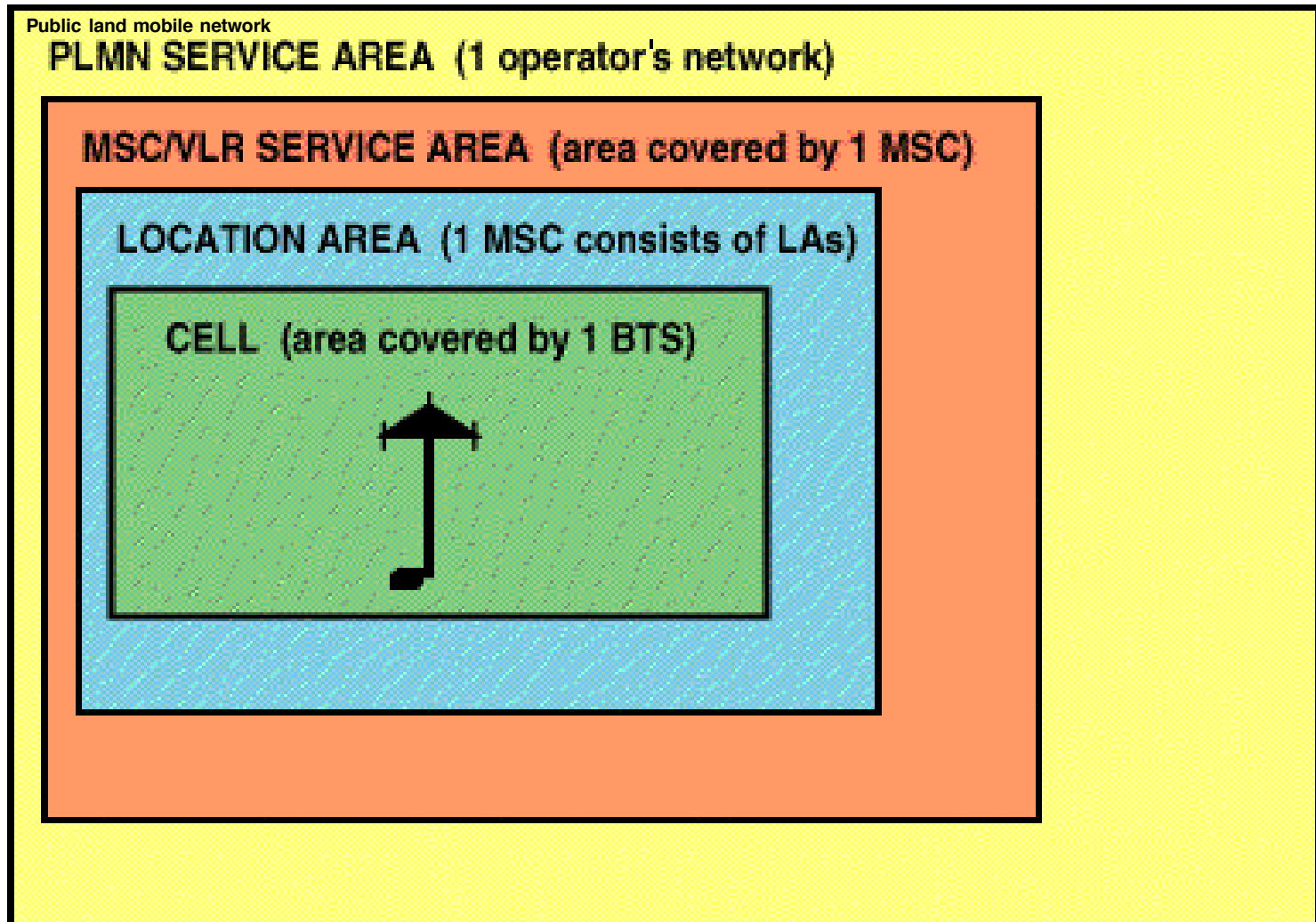


- A preliminary overview
- Propagation characteristics
- ISO-OSI Model
- Physical layer: modulation
- MAC layer:
 - Fixed resource assignment
 - Random access
 - Ethernet (CSMA/CD)
 - WiFi (CSMA/CA)
- Personal Area Networks
 - Bluetooth
 - Zigbee
- Cellular network dimensioning
- **Cellular networks**
 - **From GSM (2G) to UMTS (3G)**
 - LTE (4G)

Architettura della rete GSM



GSM - Aree della rete



Occupazione di banda

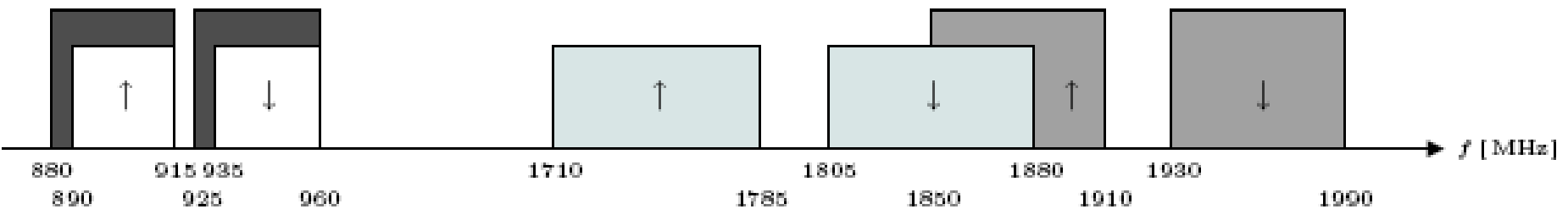


GSM

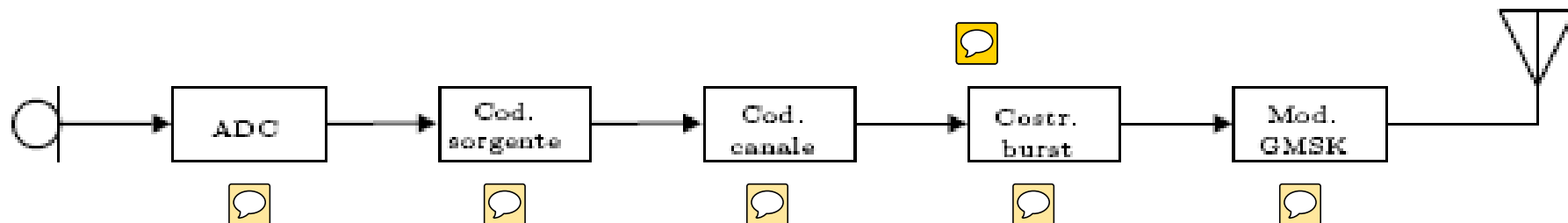
DCS-1800

EGSM

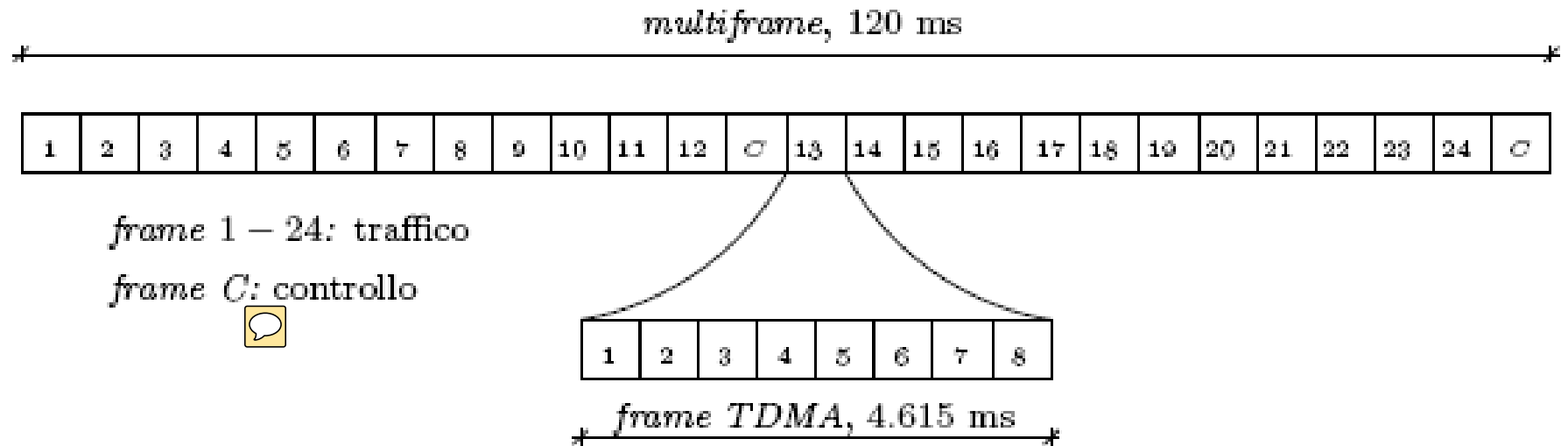
PCS-1900



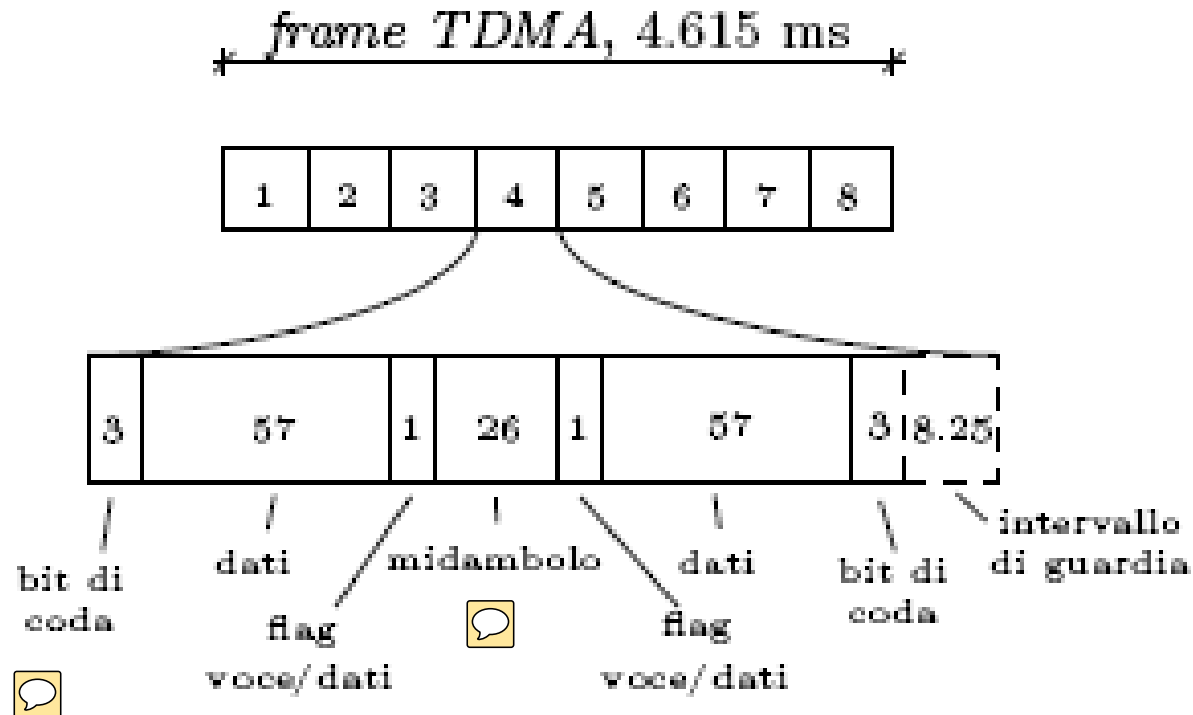
Schema a blocchi di un Trasmettitore GSM



Struttura multi-frame GSM

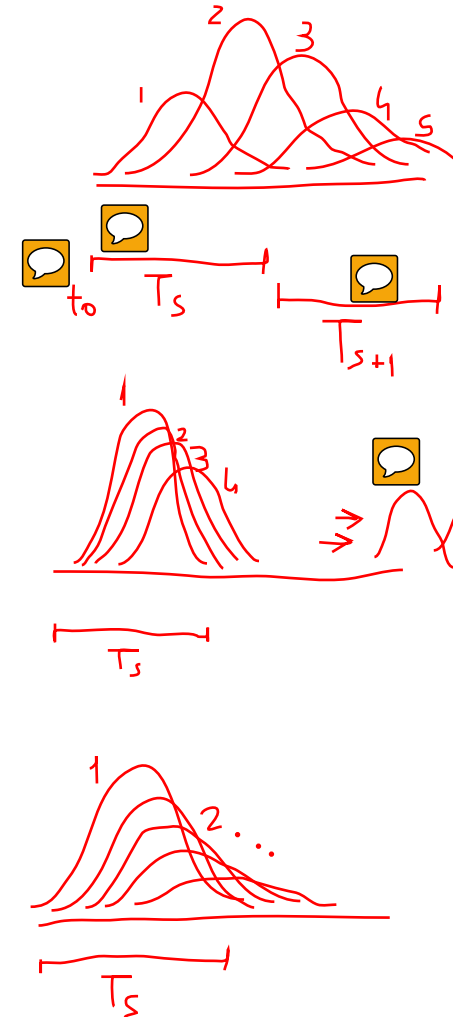


Struttura slot GSM

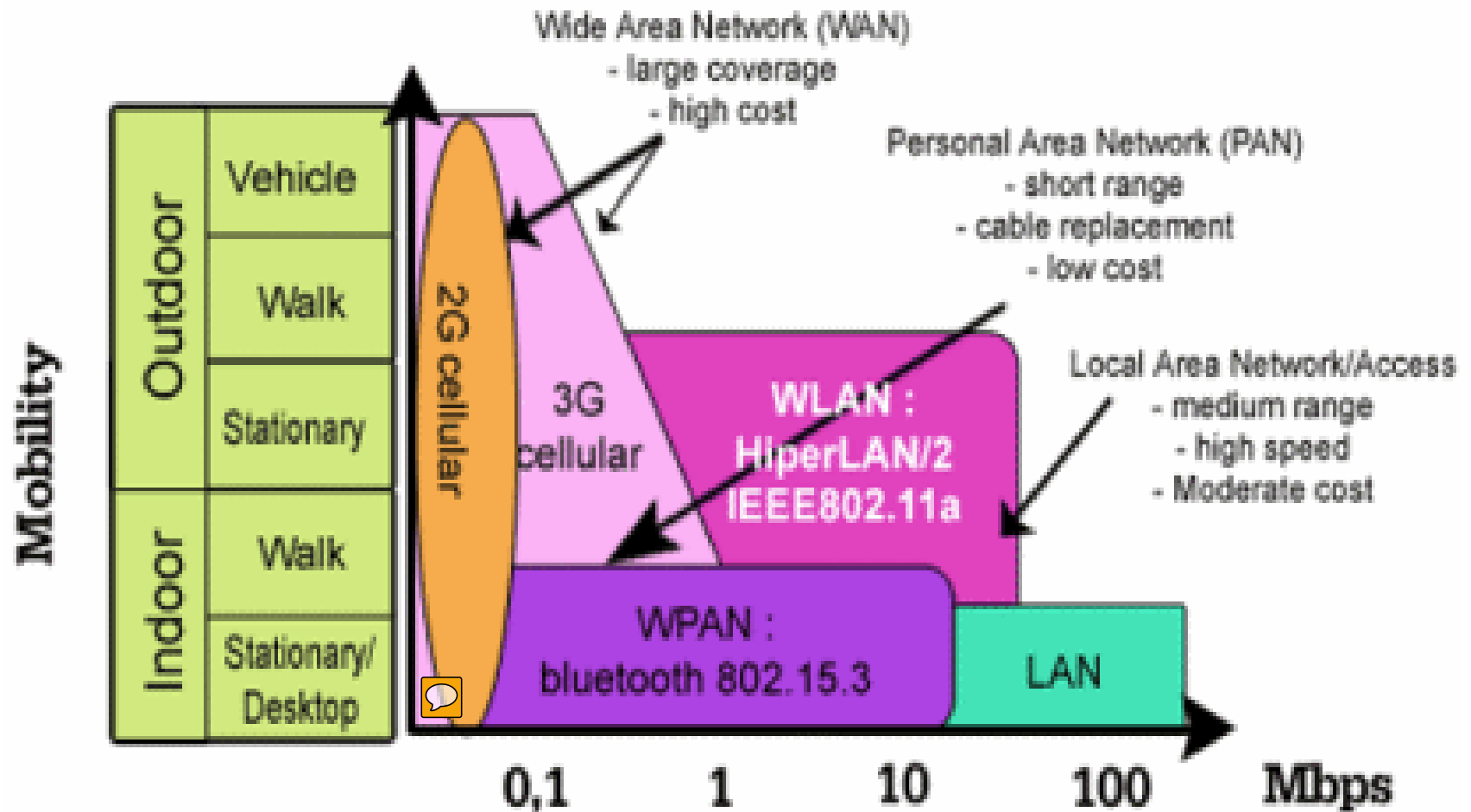


Modelli di canale GSM

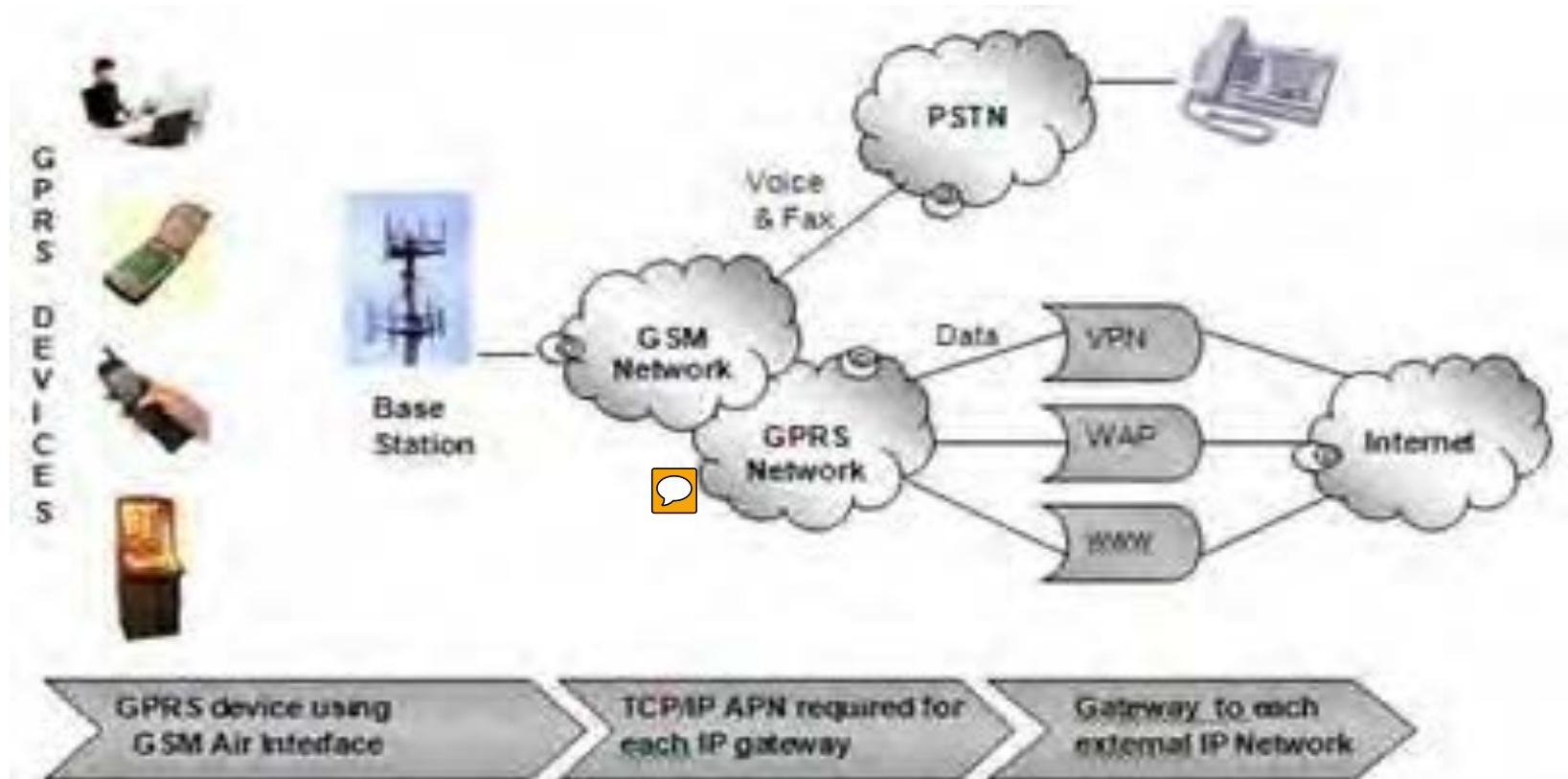
MODELLO	indice i	ritardo τ_i [μ s]	ritardo norm. τ_i/T_s 	potenza rel. [dB]
TYPICAL URBAN (TU)	1	0.0	0.000	-3.0
	2	0.2	0.054	+0.0
	3	0.5	0.135	-2.0
	4	1.6	0.432	-6.0
	5	2.3	0.621	-8.0
	6	5.0	1.351	-10.0
HILLY TERRAIN (HT)	1	0.0	0.000	+0.0
	2	0.1	0.027	-1.5
	3	0.3	0.081	-4.5
	4	0.5	0.135	-7.5
	5	15.0	4.054	-8.0
	6	17.7	4.649	-17.7
RURAL AREA (RA)	1	0.0	0.000	+0.0
	2	0.1	0.027	-4.0
	3	0.2	0.054	-8.0
	4	0.3	0.081	-12.0
	5	0.4	0.108	-16.0
	6	0.5	0.135	-20.0



Una Visione d'Insieme



General Packet Radio Service GPRS (2.5G)

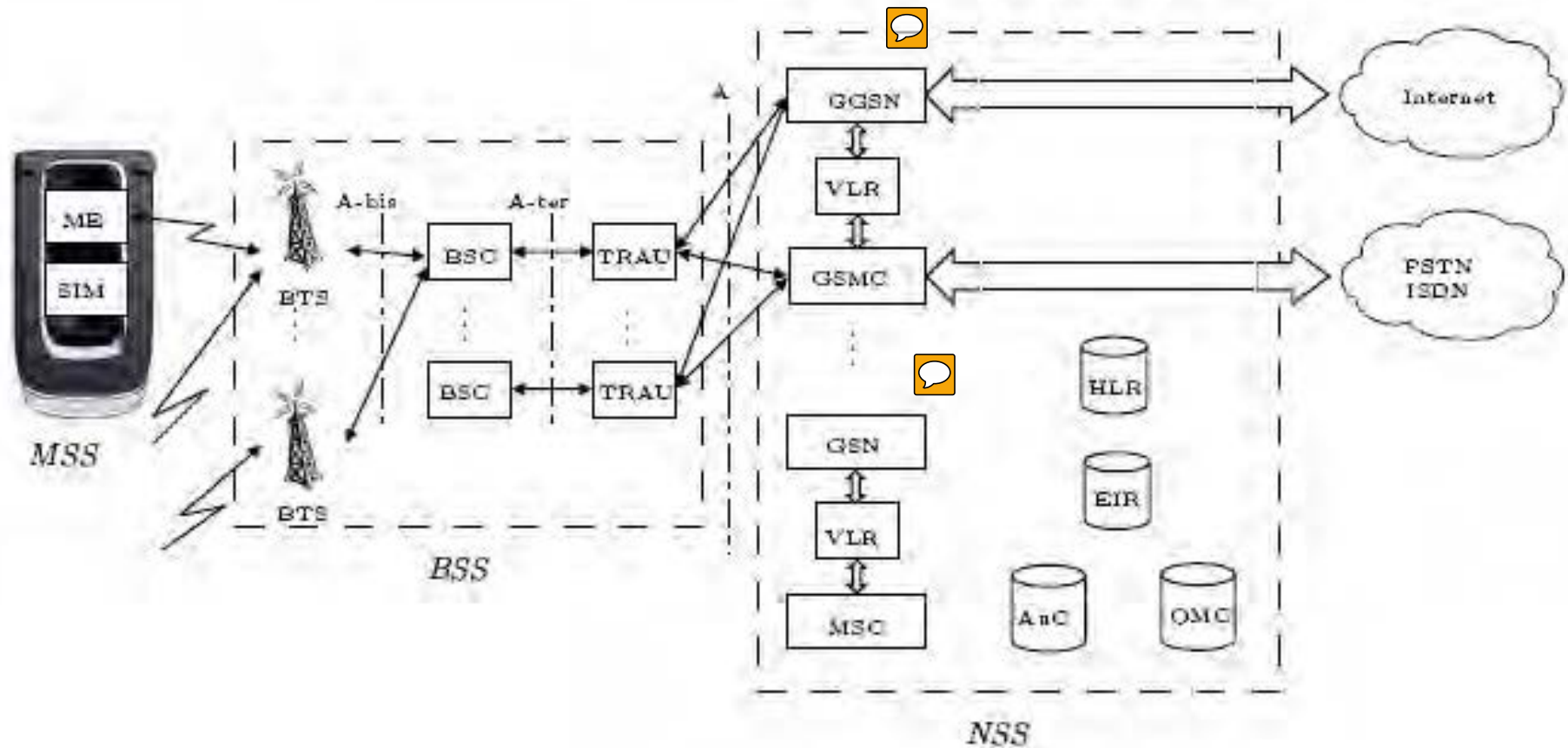




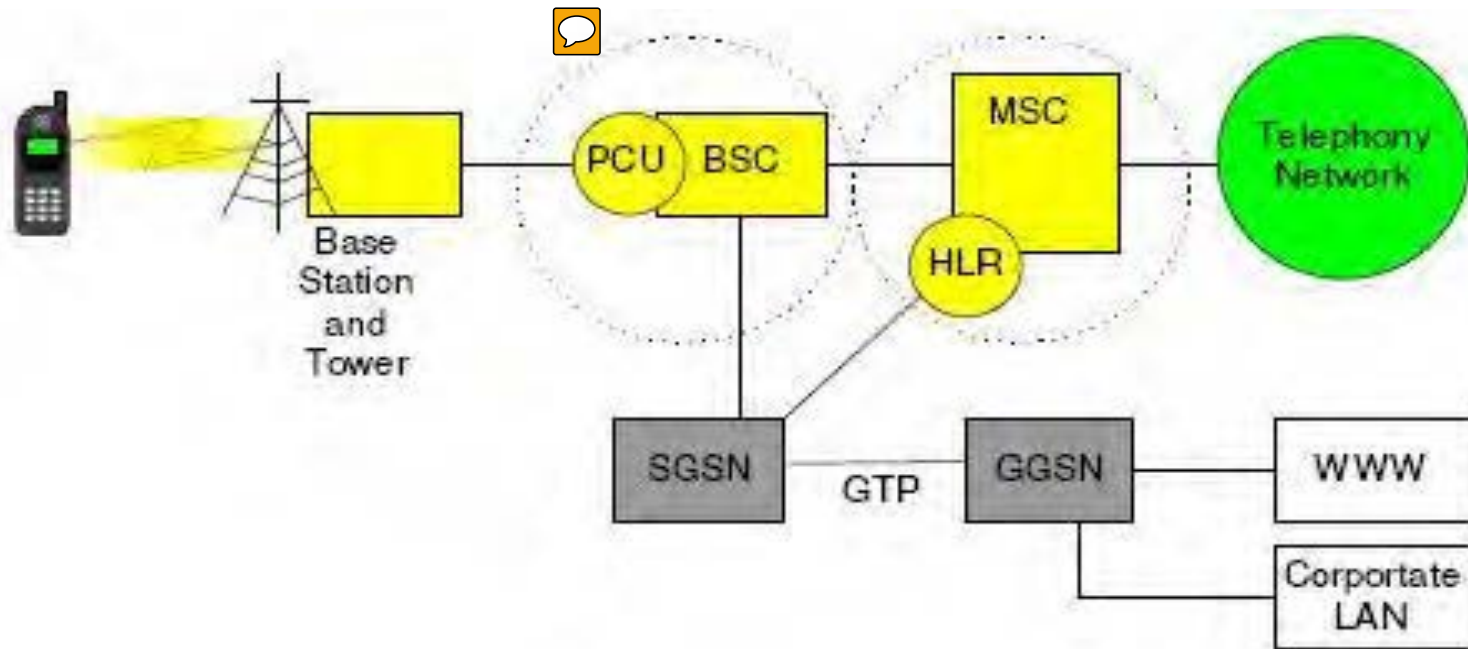
Motivazioni per GPRS

- **GSM:**
 - Ok per trasmissioni vocali (commutazione di circuito)
 - Non ok per trasmissioni dati (commutazione di pacchetto è l'ideale)
- **GPRS:** si appoggia alla rete GSM per trasmettere dati con TCP/IP
- Indirizzi IP: assegnati dinamicamente alle unità mobili
- Terminali: identificati sempre come on-line

Architettura GPRS



Architettura GRPS (bis)



- Nuovi elementi strutturali:
 - *Serving GPRS Support Node (SGSN)*
 - *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*

Convivenza fra GSM e GPRS



- Diverse filosofie di rete
 - GSM: commutazione di circuito
 - GPRS: commutazione di pacchetto
- Come convivono? Il *base station controller* (BSC) della rete GSM ha bisogno di un “upgrade” (SW e HW)
- Upgrade HW: aggiungere *packet control unit* (PCU) che differenzia fra dati diretti a rete GSM e quelli diretti a rete GPRS

GPRS - Specifiche tecniche



- Commutazione di pacchetto
- Bande frequenziali:
 - Uplink: da 890 MHz a 915 MHz
 - Downlink: da 935 MHz a 960 MHz
- Duplex distance (fra canale uplink e downlink): 45 MHz
- Separazione fra canali adiacenti: 200 kHz
- Formato di modulazione: Gaussian minimum shift keying (GMSK)
- Tasso di trasmissione: max $\rightarrow$ 171.2 kbps; realistico $\rightarrow$ 50-60 kbps
- Protocollo di accesso al mezzo: combinazione di TDMA e FDMA
- Numero di canali duplex: 128
- Numero di slot TDMA per canale: 8
- Allocazione dinamica da 1 a 8 slots per TDMA (1 slot=0.57 ms, 1 frame=4.615 ms)
- Frequency hopping: 217 hops/s ($1 \text{ s}/217=4.615 \text{ ms}$)
- Livello fisico “potenziato”: codifica di canale e decodifica con algoritmo di Viterbi

Enhanced Data for Global Evolution - EDGE (2.7G)

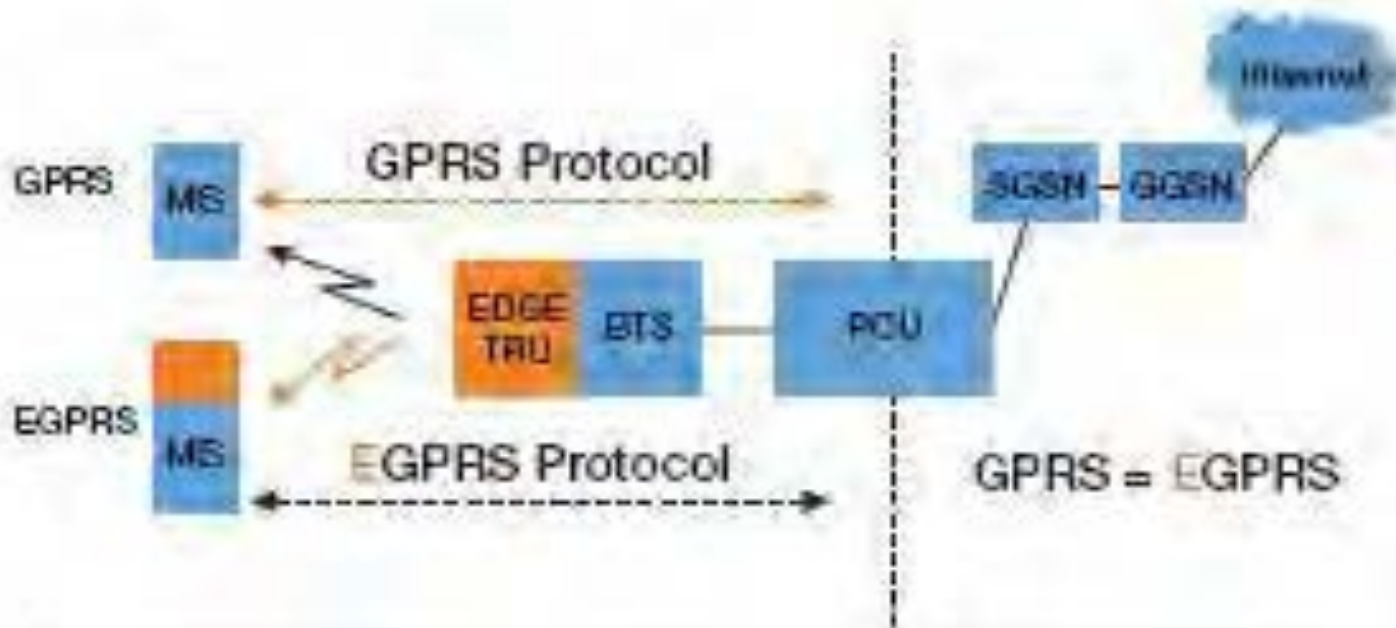
- EDGE può essere introdotto in due modi
 -  Miglioramento (*enhancement*) di trasferimento dati a commutazione di pacchetto → *enhanced* GPRS (EGPRS)
 - Miglioramento di trasferimento dati a commutazione di circuito → *enhanced circuit-switched data* (ECSD)
- Si appoggia alla rete GSM (GPRS)
- Intermediario fra GSM e wideband code division multiple access (W-CDMA), cioè UMTS



EDGE in poche parole

- EDGE si adegua alle attuali specifiche del GSM
- Cosa combina allora?
- Livello fisico potenziato
 - Formato di modulazione spettralmente più efficiente: *8-phase shift keying* (8-PSK)
 - Codice di canale più potente
 - Meccanismi adattativi sul link
- Aumento di efficienza spettrale → wireless internet, e-mail, ftp
- Tasso di trasmissione:
 - GPRS: 171.2 kbps (max), 115 kbps (real)
 - EGPRS: 473.6 kbps (max), 384 kbps (real)

EDGE: Architettura di rete



LEGEND

BTS	Base Station	PCU	Packet control unit
EGPRS	Enhanced GPRS	SGSN	Serving GPRS support node
GGSN	Gateway GPRS support node	TRU	Transceiver unit
MS	Mobile station		

EDGE: Architettura protocollare

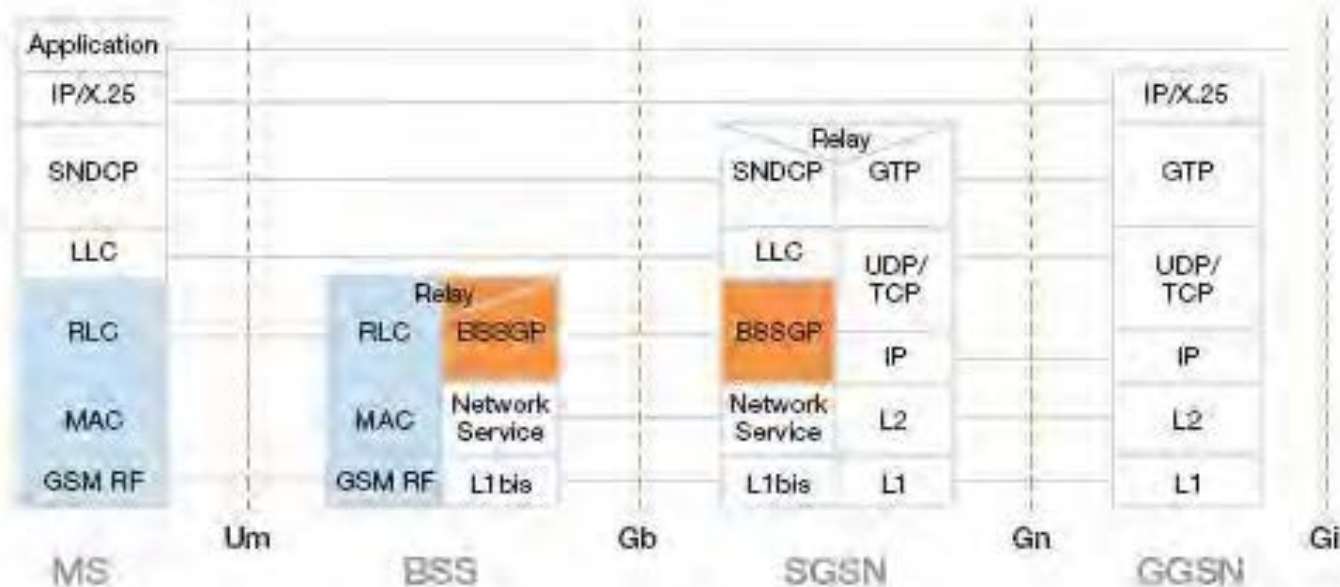


Figure 11. Transmission plane protocol architecture. (Legend: BSS, Base station system; BSSGP, BSS GPRS protocol; GGSN, Gateway GPRS support node; GTP, General telemetry processor; IP/X.25, Internet Protocol X.25; LLC, Low-layer capability; L1 and L2, memory caches; MAC, Mobile allocation control; MS, Mobile station; RF, Radio frequency; RLC, Radio link control; SGSN, Serving GPRS support node; SNDCP, Subnetwork-dependent convergence protocol; TCP, Transmission control protocol; UDP, User datagram protocol)

EDGE: Scelta dinamica del codice di canale



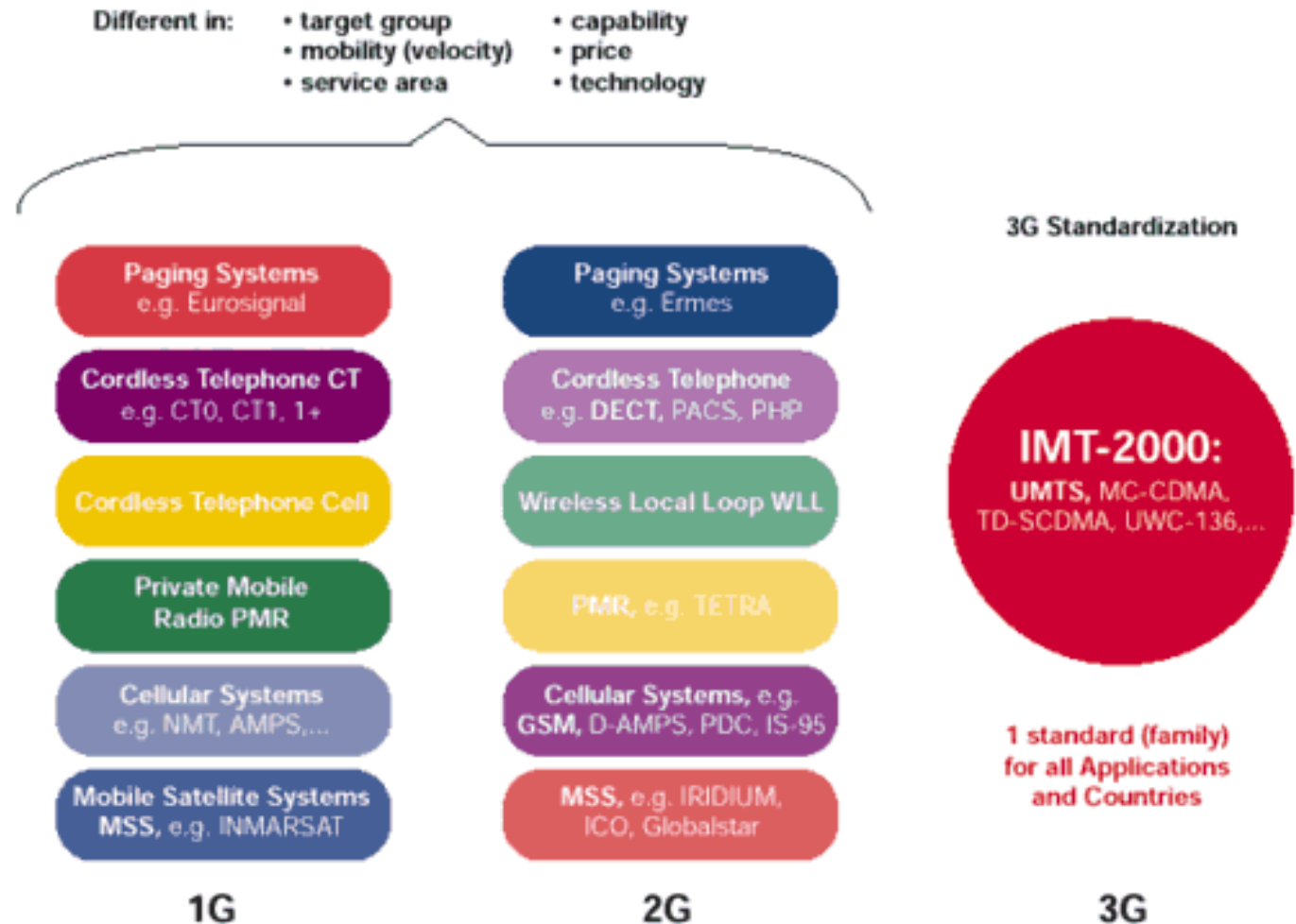
Figure 4. Coding schemes for GPRS and EGPRS (user data rate). (Key: 8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

Universal Mobile Telecommunications System - UMTS (3G)

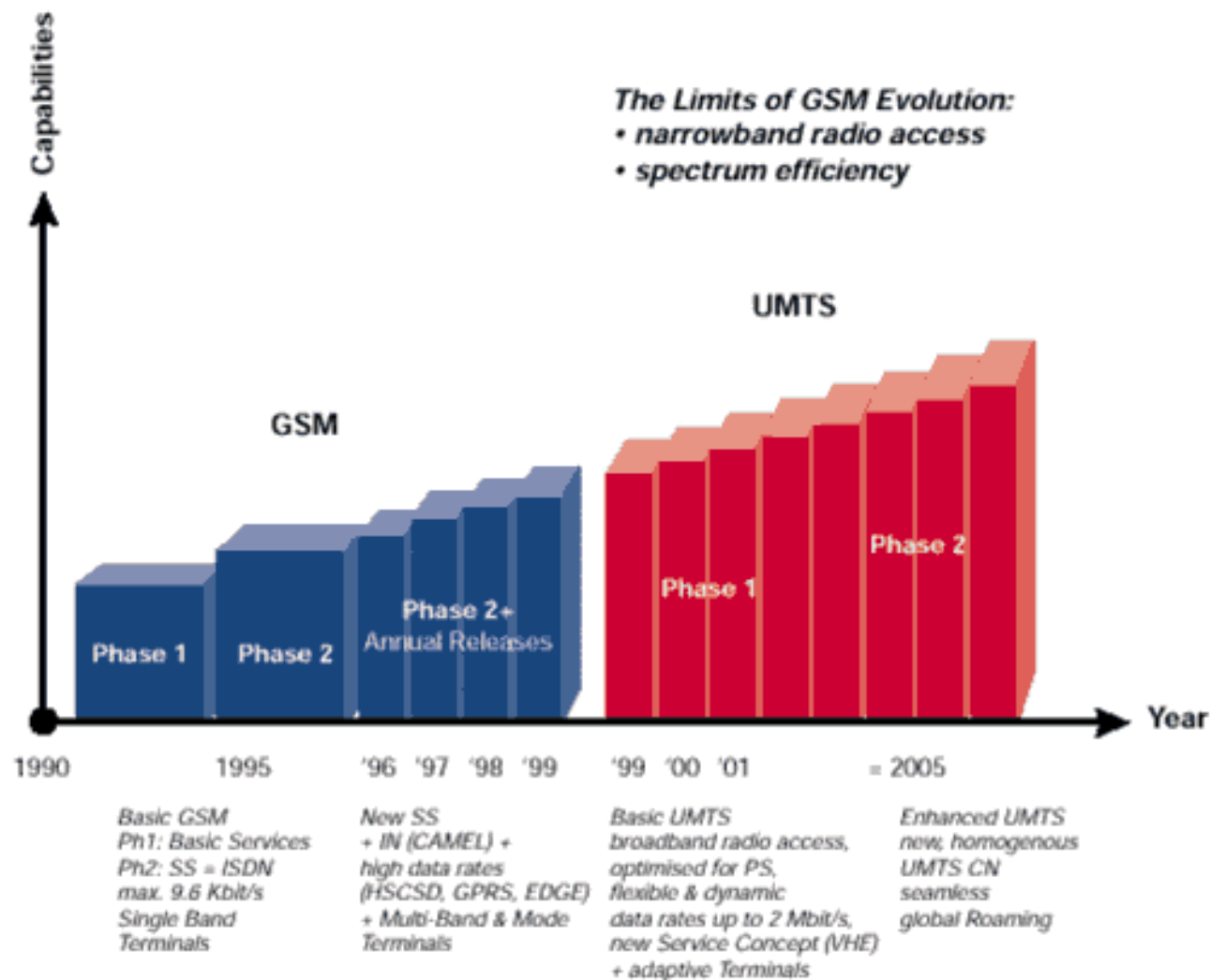


- Successore designato del sistema GSM
- Ponte fra le molte versioni del GSM e il singolo standard mondiale per comunicazioni mobili: International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000)
- Caratteristiche 3G:
 - Applicazioni multimediali
 - Trasmissione dati a commutazione di circuito e pacchetto
 - Tasso di trasmissione fino a 2 Mbps

Uno sguardo olistico agli standard



Evoluzione: GSM → UMTS

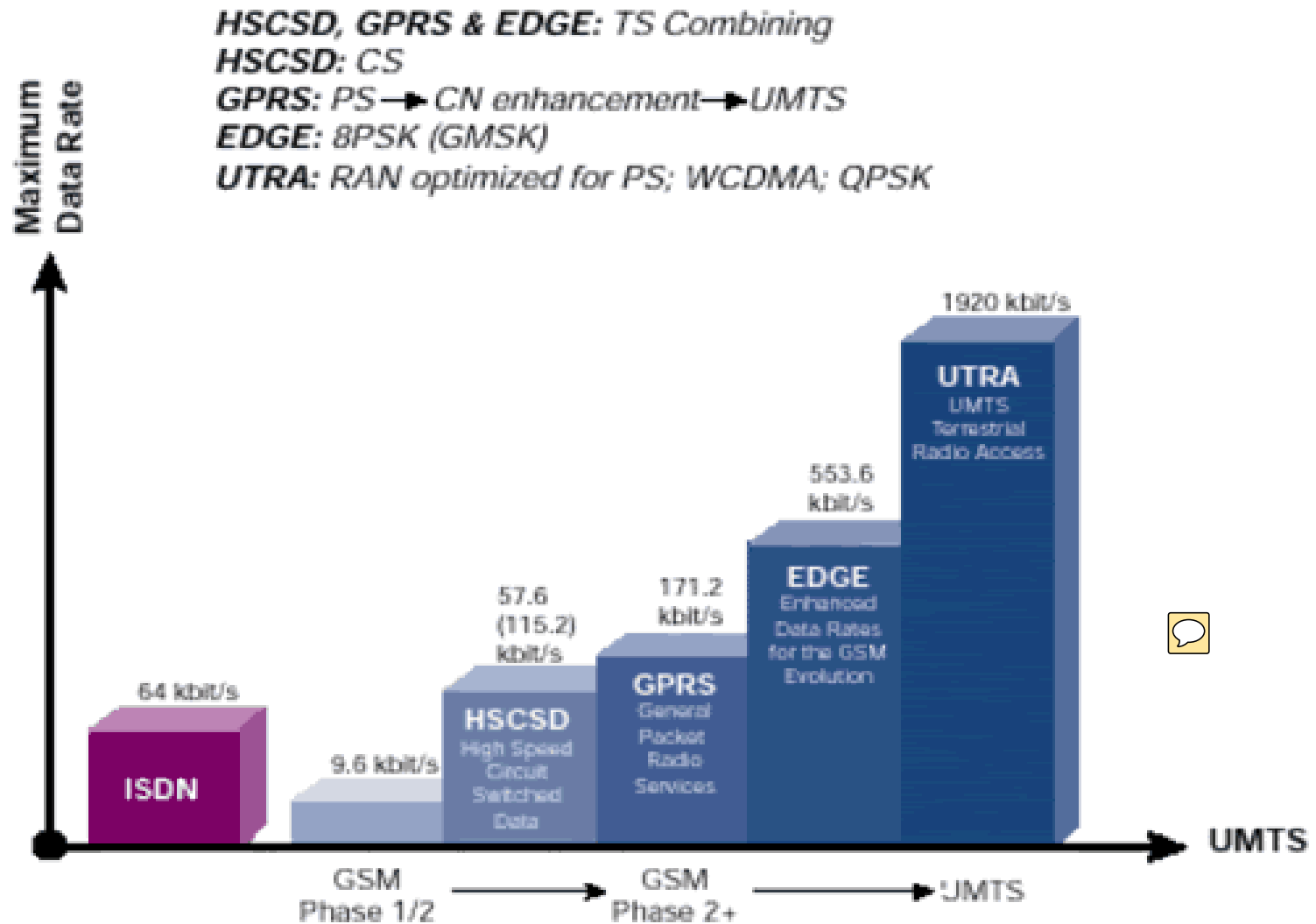


Progetto dello standard UMTS



- Sviluppato da third-generation partnership project (3GPP): ETSI (Europa), ARIB/TTC (Giappone), ANSI (USA), TTA (Corea del Sud), CWTS (Cina)
- Nel 1999 è introdotto UMTS terrestrial radio access (UTRA) → interfaccia radio WCDMA funzionante in modalità TDD (micro e pico celle) e FDD (grandi celle)

Tasso di trasmissione



Principali differenze fra interfacce radio GSM e W-CDMA



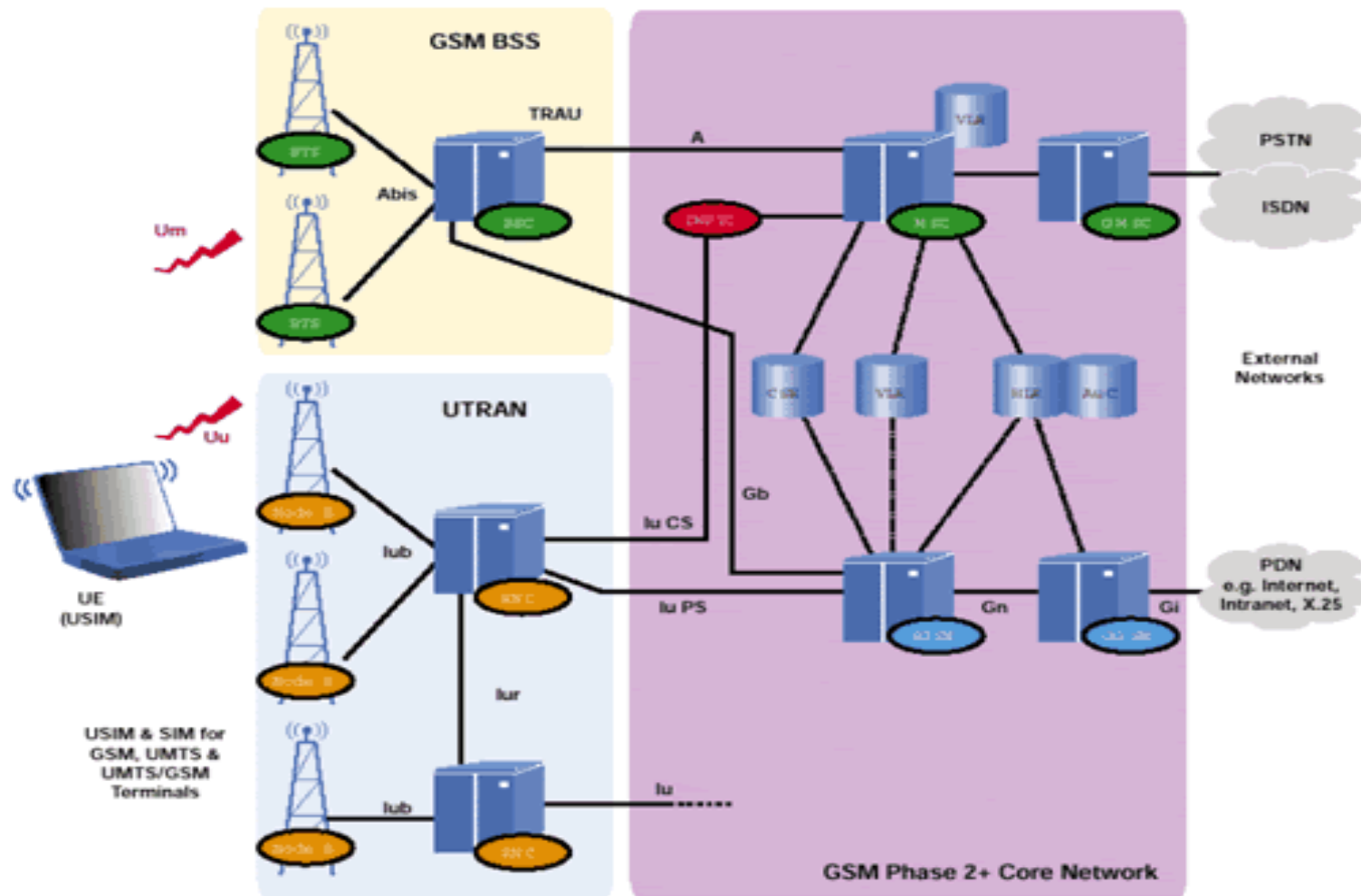
	W-CDMA	GSM
<i>spaziatura tra le portanti</i>	5 MHz	200 kHz
<i>fattore di riuso K</i>	1	$1 \div 18$
<i>frequenza di controllo di potenza</i>	1500 Hz	≤ 2 Hz 
<i>controllo della qualità</i>	algoritmi di gestione delle risorse radio	pianificazione della rete (pianificazione frequenziale)
<i>diversità di frequenza</i>	l'ampiezza di banda di 5 MHz consente di sfruttare la diversità da cammini multipli con ricevitori di tipo Rake 	frequency hopping
<i>dati a pacchetto</i>	algoritmi di scheduling della trasmissione dei pacchetti su base traffico	nel GPRS scheduling dei pacchetti su base time slot
<i>diversità di trasmissione in downlink</i>	supportata per migliorare la capacità di downlink	non supportata dallo standard ma applicabile

Classi di QoS di UMTS

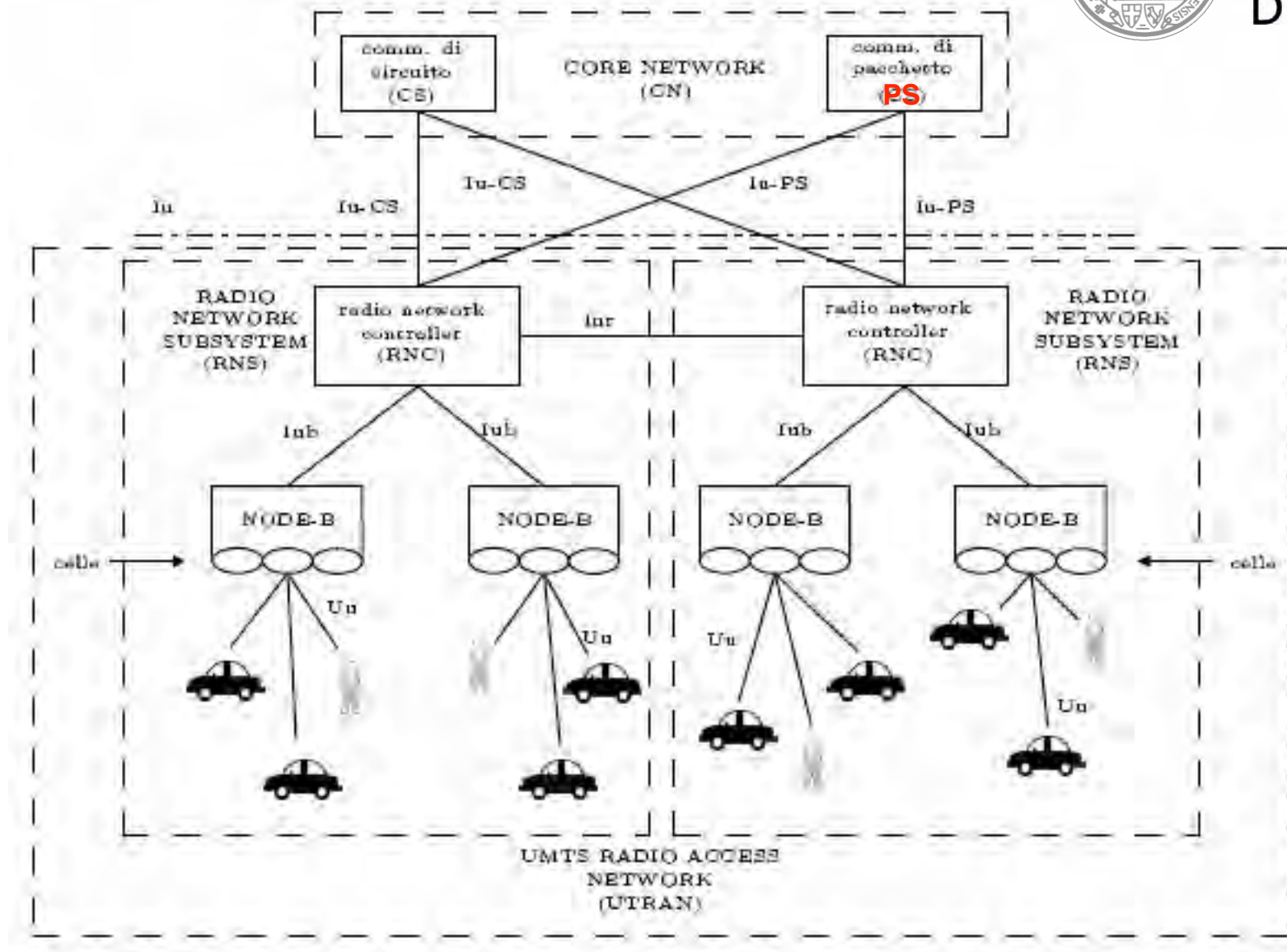


classi di traffico	caratteristica di maggiore importanza	applicazioni
<i>conversazionale</i>	preservare la relazione temporale (variazione) tra le entità informative del flusso conversazionale campionato (bassi ritardi trasmissivi e bassa varianza dei ritardi)	voce, videogiochi videotelefonia
<i>streaming</i>	preservare la relazione temporale (variazione) tra le entità informative del flusso	streaming multimedia
<i>interattiva</i>	ottenere risposta dall'entità remota; preservare l'integrità dei dati	web-browsing giochi in rete
<i>background</i>	la destinazione finale non attende i dati in una finestra temporale predeterminata e vincolante; preservare l'integrità dei dati	download di email in background

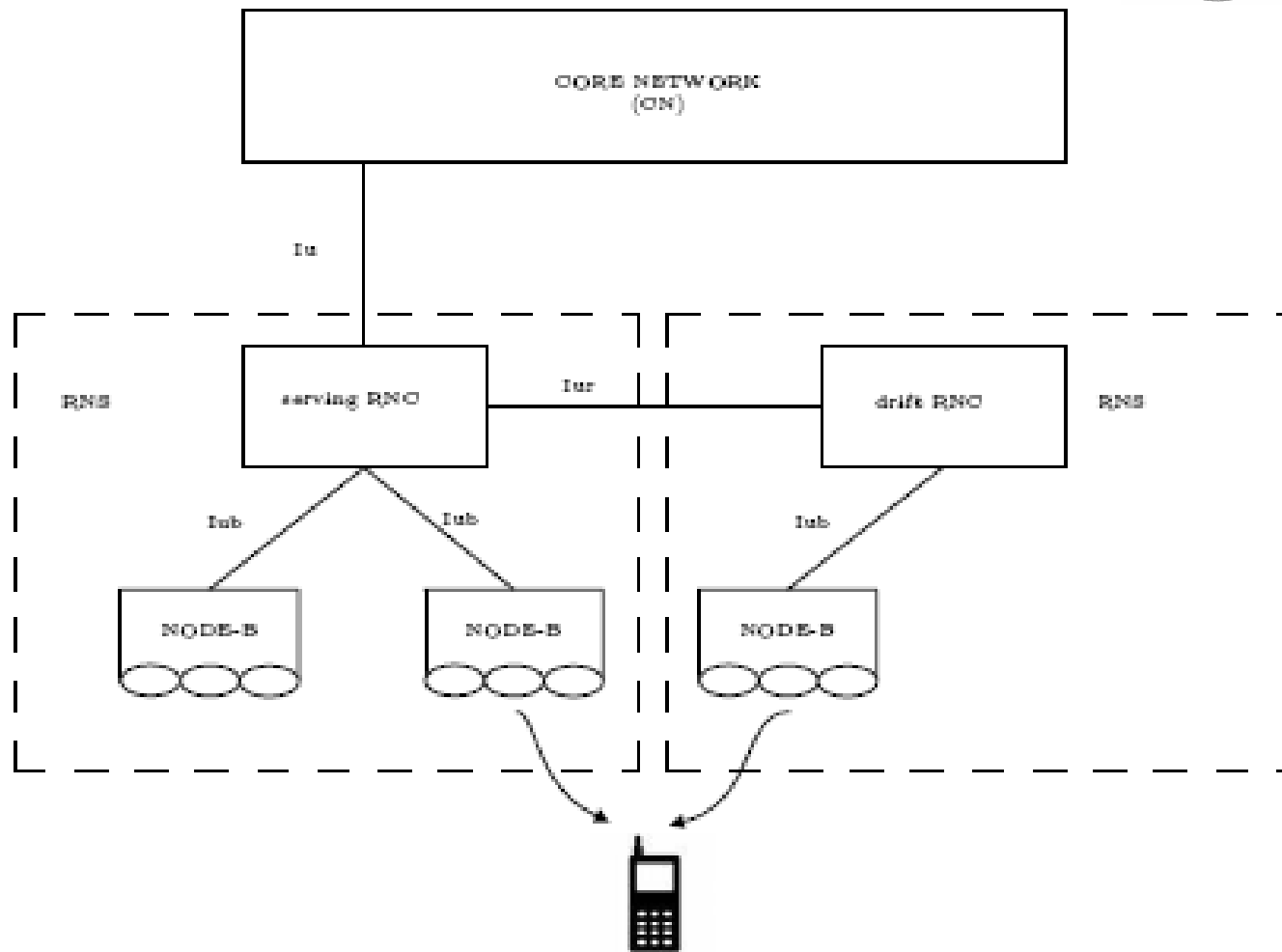
Architettura di rete GSM/UMTS (UTRAN=UMTS Terrestrial Radio Access Network)



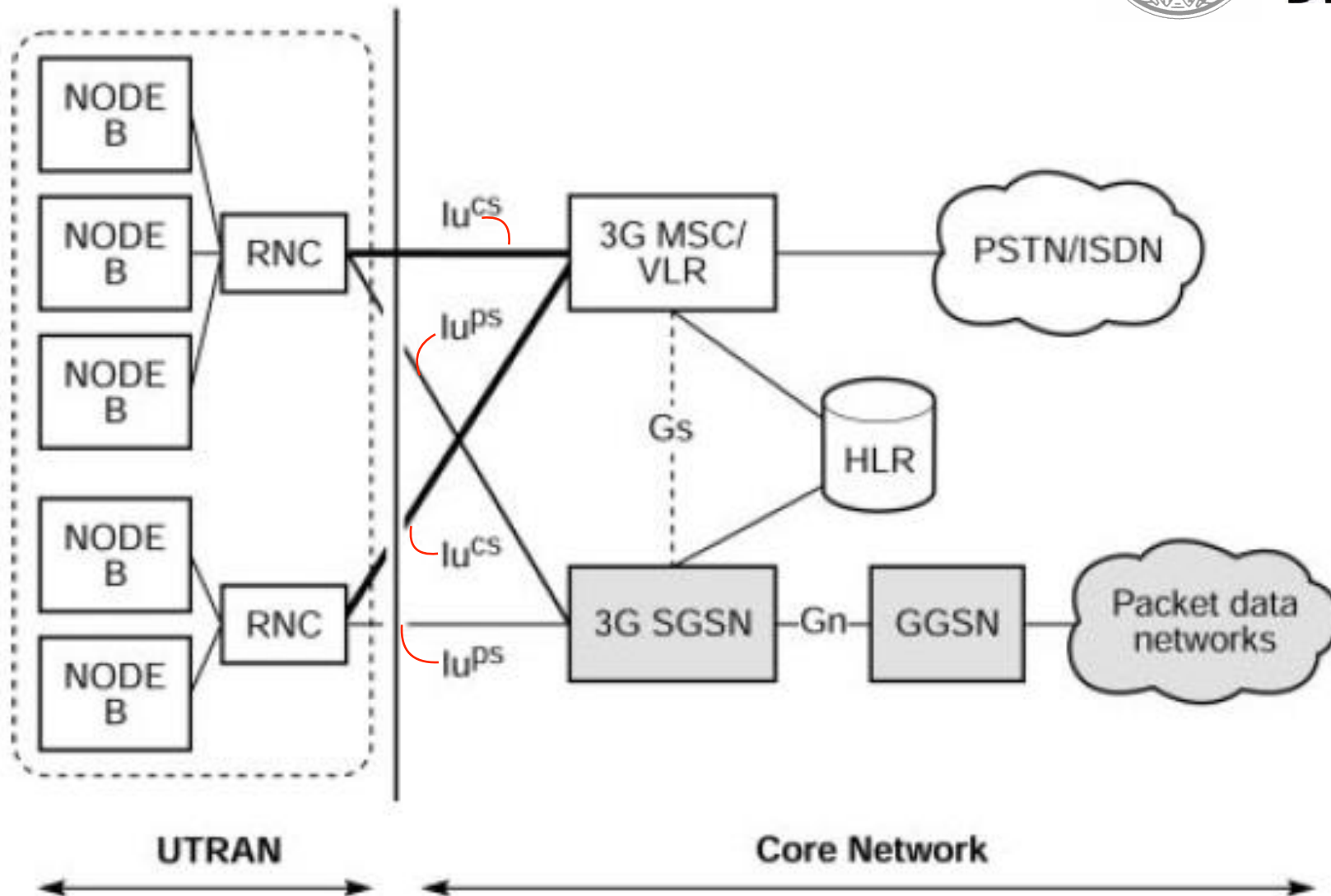
Architettura UTRAN



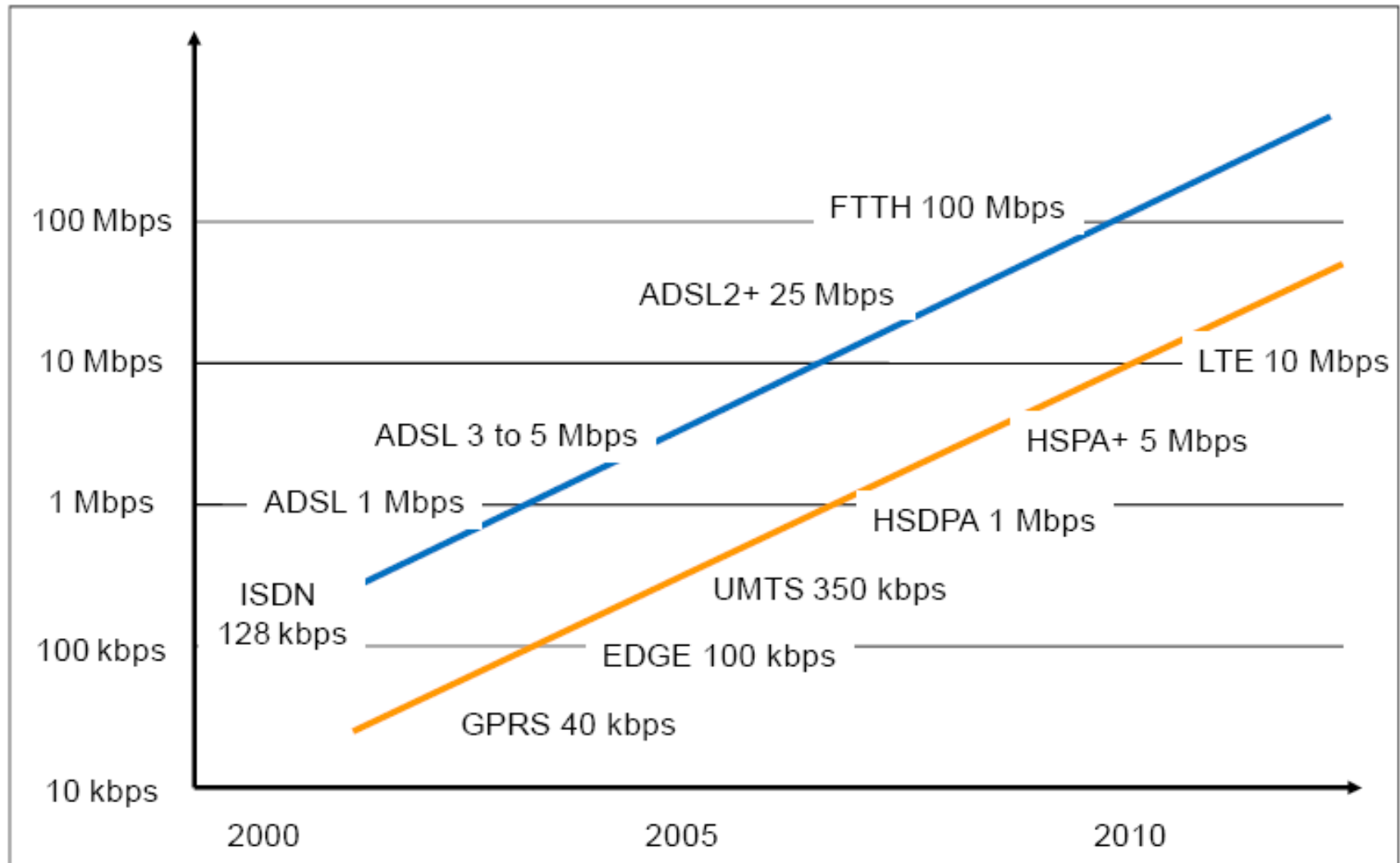
Serving e drift RNC



Architettura UMTS (CN)



Cosa ci aspetta: evoluzioni Wireline e Wireless

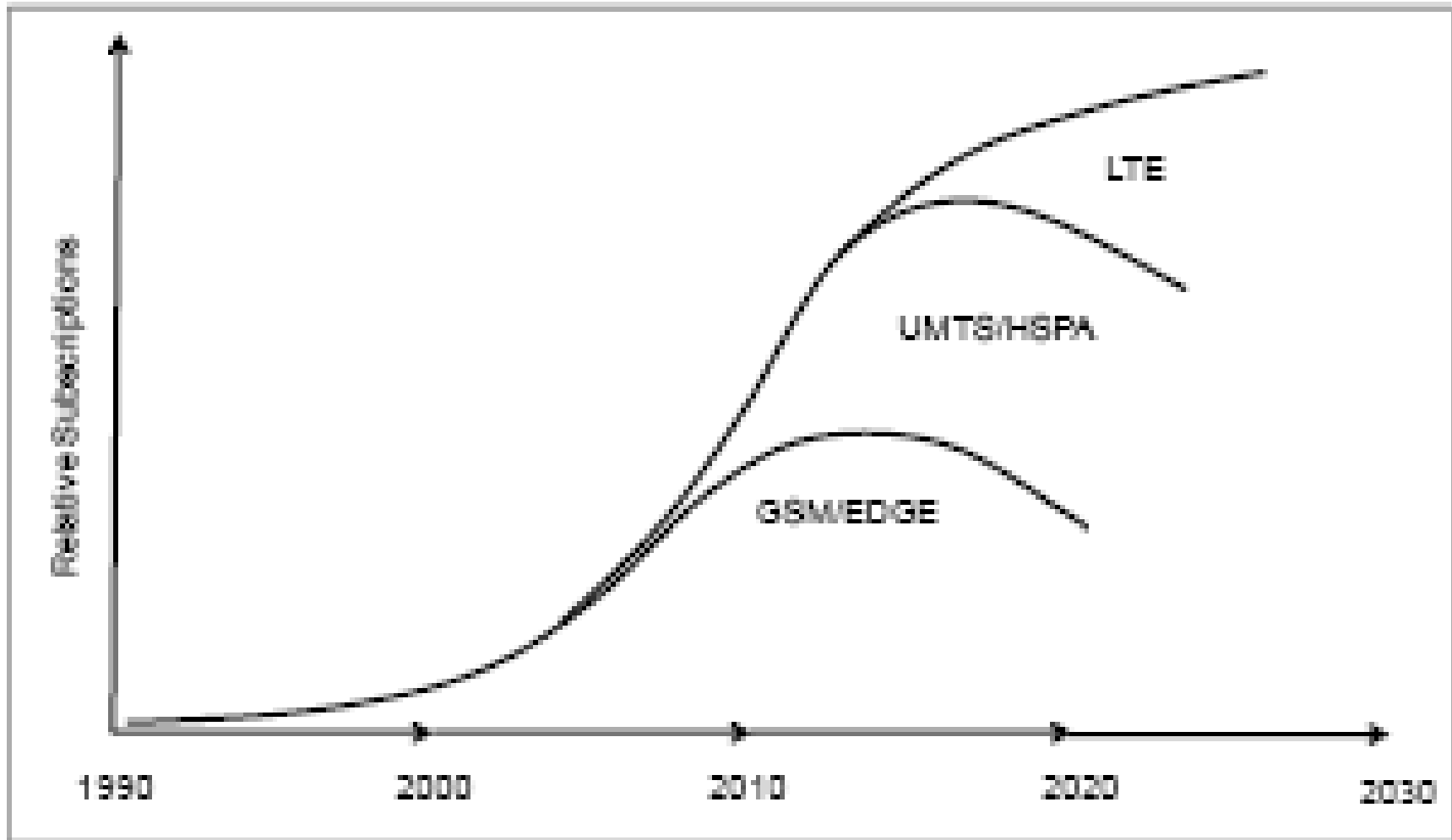


Cosa ci aspetta: Tecnologie 3GPP



Technology Name	Type	Characteristics	Typical Downlink Speed	Typical Uplink Speed
GSM	TDMA	Most widely deployed cellular technology in the world. Provides voice and data service via GPRS/EDGE.		
EDGE	TDMA	Data service for GSM networks. An enhancement to original GSM data service called GPRS.	70 kbps to 135 kbps	70 kbps to 135 kbps
Evolved EDGE	TDMA	Advanced version of EDGE that can double and eventually quadruple throughput rates, halve latency and increase spectral efficiency.	175 kbps to 350 kbps expected (Single Carrier) 350 kbps to 700 kbps expected (Dual Carrier)	150 kbps to 300 kbps expected
UMTS	CDMA	3G technology providing voice and data capabilities. Current deployments implement HSPA for data service.	200 to 300 kbps	200 to 300 kbps
HSPA	CDMA	Data service for UMTS networks. An enhancement to original UMTS data service.	1 Mbps to 4 Mbps	500 kbps to 2 Mbps
HSPA+	CDMA	Evolution of HSPA in various stages to increase throughput and capacity and to lower latency.	1.5 Mbps to 7 Mbps	1 Mbps to 4 Mbps
LTE	OFDMA	New radio interface that can use wide radio channels and deliver extremely high throughput rates. All communications handled in IP domain.	4 Mbps to 24 Mbps (in 2 x 20 MHz)	
LTE-Advanced	OFDMA	Advanced version of LTE designed to meet IMT-Advanced requirements.		

Cosa ci aspetta: adozione relativa delle tecnologie



Cosa ci aspetta: traffico Internet

