

GPRS

La trasmissione a pacchetto nelle reti radiomobili

Renato Lo Cigno

www.dit.unitn.it/locigno/didattica/wn/

...Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial*. Per vedere una copia di questa licenza, consultare:
<http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/>
oppure inviare una lettera a:
Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

This work is licensed under the *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial* License. To view a copy of this license, visit:
<http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/>
or send a letter to
Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.



General Packet Radio Service: GPRS

- Modalità a pacchetto per reti GSM
- Usa da 1 a 4 canali sulla stessa portante
- Tariffazione in base **alla mole di dati trasferiti**
- Si interfaccia a IP, X.25
- Supporta la QoS con diversi profili
- Applicazioni di tipo transazionale e di trasferimento di piccole quantità di dati



Possibili applicazioni

- Transazioni commerciali e finanziarie
- Collegamento "always on" per la remotizzazione d'ufficio (agenti di commercio, ...)
- Supporto efficiente di terminali WAP (Wireless Application Protocol)
- Gestione di flotte commerciali
- Gestione di logistica e approvvigionamento
- Allarmistica e telesorveglianza senza requisiti di estrema urgenza



Possibili applicazioni

- Il servizio e` di tipo "portante trasparente"
- Nominalmente non ci sono limiti al tipo di uso
- Studiato specificatamente per
 - **trasmissione discontinua frequente (pacchetti di meno di 500 bytes parecchie volte al minuto)**
 - **trasmissione sporadica di alcuni kilobytes di dati**
- Per altre tipologie di traffico (es. trasferimento di grossi files o emulazione di terminale) potrebbe risultare non conveniente o non efficiente

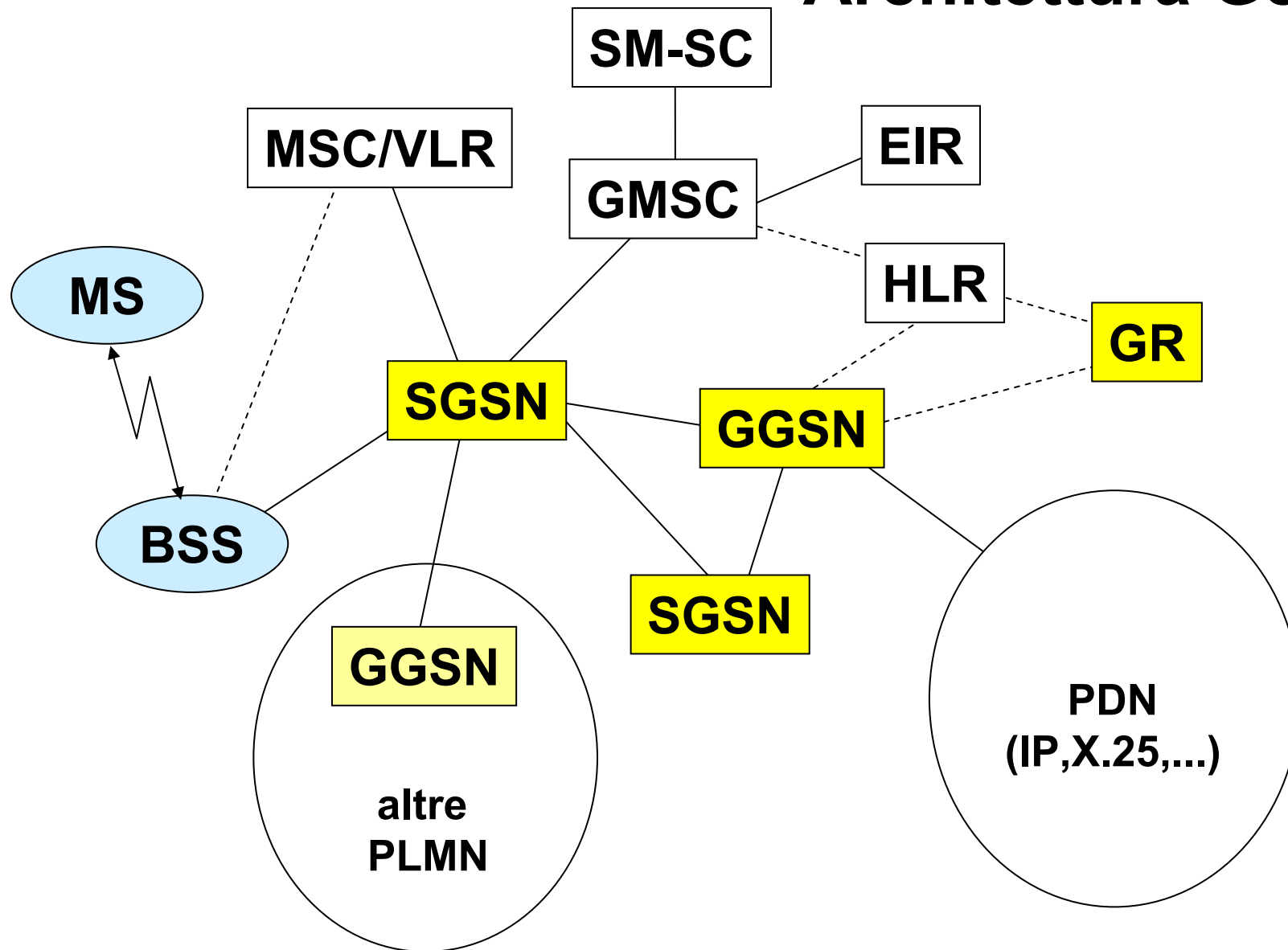


Architettura Generale

- Introduce una rete logica nuova sovrapposta a GSM
- Utilizza l'infrastruttura fisica di GSM
- Introduce due nuovi nodi di rete
- **SGSN**: Serving GPRS Support Node, che svolge le funzioni dell'MSC per la rete a pacchetto
- **GGSN**: Gateway GSN, che interconnette la rete GSM con le altre reti a pacchetto (PDN-Public Data Networks)

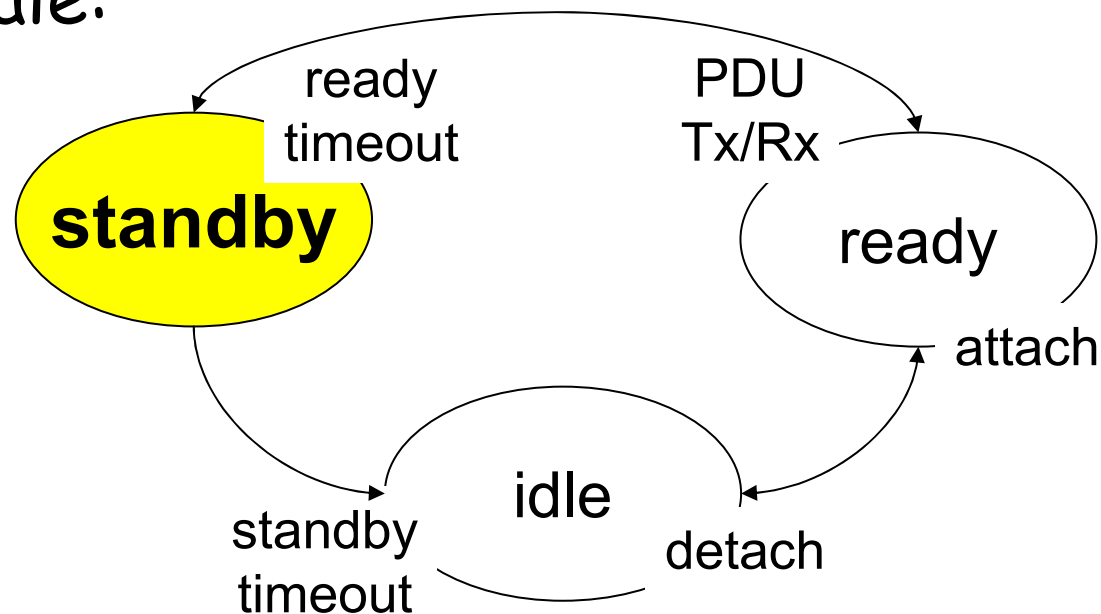


Architettura Generale



Architettura Generale

- Il GPRS Register (**GR**) e' una parte integrante della base dati HLR
 - **Gestisce tutte i dati relativi ai servizi GPRS e ai relativi utenti**
- Rispetto a GSM aggiunge un possibile stato del terminale:



Architettura Generale

- Deve coesistere con i normali servizi GSM
 - **NO** celle separate
 - Priorita` al traffico voce
- Gli MS possono essere di 3 classi:
 - **Classe A**: accesso simultaneo a servizi GSM e GPRS
 - **Classe B**: accesso simulataneo GSM/GPRS ma con qualità e velocità di trasmissione ridotte
 - **Classe C**: impossibilità di accesso simulataneo
- Connessioni Punto-Punto, Multicast e "Group Call"
- Servizi datagram oppure orientati alla connessione



- Espressa in base a:
 - **Classe di ritardo:** 4 livelli, nessuno adatto a servizi interattivi real-time
 - **Classe di affidabilità:** 5 livelli, in base ai meccanismi di controllo e ACK dei vari protocolli
 - **Classe di perdita:** 3 livelli, da 10^{-2} a 10^{-9}
- Possibilità di negoziare
 - **Velocità di picco (throughput massimo)**
 - **Velocità media (throughput medio)**



Classi di ritardo

Classe di ritardo	valori di ritardo massimi ammessi [s]			
	SDU = 128 bytes		SDU = 1024 bytes	
	media	95%	media	95%
1	< 0.5	< 1.5	< 2	< 7
2	< 5	< 25	< 15	< 75
3	< 50	< 250	< 75	< 375
4	non garantito			



Classi di affidabilita`

Classe di affidabilita`	SDU Perse	SDU duplicate	SDU fuori sequenza	SDU corrotte
1	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}
2	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}
3	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-2}



Classi di throughput

medio		massimo	
classe	valore [bit/s]	classe	valore [kbit/s]
1	0.22	1	8
2	0.44	2	16
...		3	32
10	222	4	64
11	444	5	128
...		6	256
16	22.000	7	512
17	44.000	8	1024
18	111.000	9	2048
31	B.E.		



Multislot Class and assignment

$T_{t/r-a/b}$: time needed in Tx/Rx to listen to other channels and get ready (a) or get ready (b)

Multislot class	Maximum number of slots			Minimum number of slots			
	Rx	Tx	Sum	T_{ta}	T_{tb}	T_{ra}	T_{rb}
1	1	1	2	3	2	4	2
2	2	1	3	3	2	3	1
3	2	2	3	3	2	3	1
4	3	1	4	3	1	3	1
5	2	2	4	3	1	3	1
6	3	2	4	3	1	3	1
7	3	3	4	3	1	3	1
8	4	1	5	3	1	2	1
9	3	2	5	3	1	2	1
10	4	2	5	3	1	2	1
11	4	3	5	3	1	2	1
12	4	4	5	2	1	2	1



Multislot classes and types

- Type 1 MS are not required to be able to receive and transmit at the same time
- Type 2 MS have double radio interfaces and can receive and transmit at the same time
- All the classes in the slide before belong to type 1 MSs
- There are other 17 classes in type 2 for a total of 29 classes

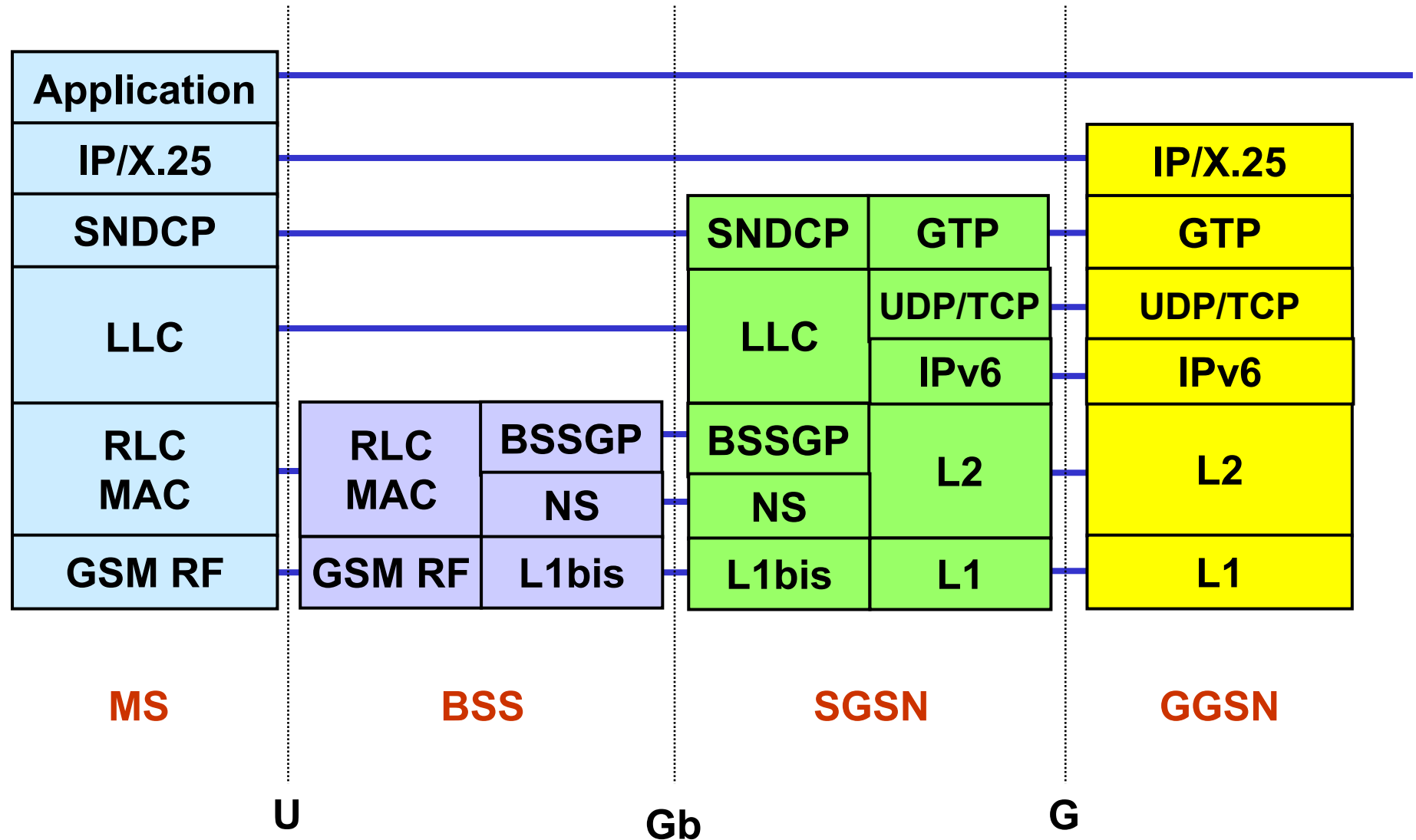


Architettura protocollare

- Necessariamente simile a quella GSM
- Essendo una rete a pacchetto ha però più similitudini con ISO/OSI
- Fortemente disomogenea tra diverse entità di rete
- Tenta di essere compatibile con il futuro UMTS



Piano utente (trasmissione)

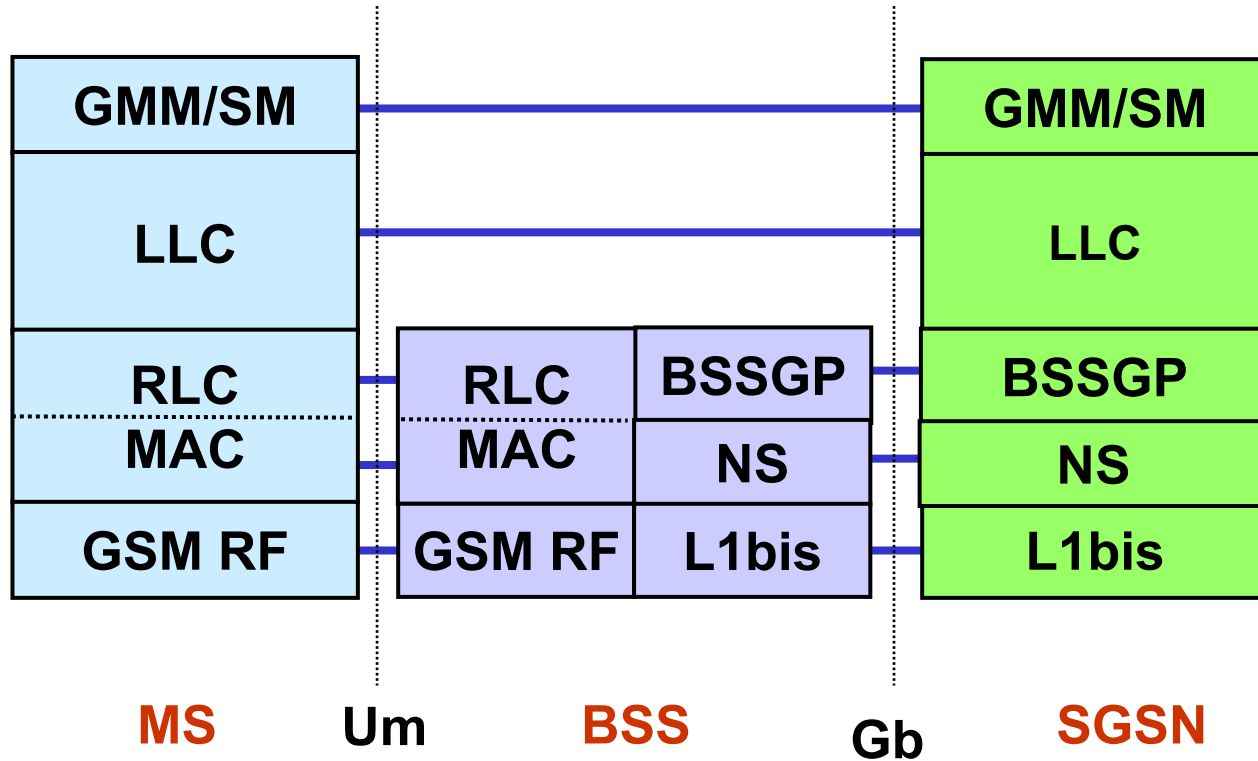


Protocolli piano utente

- **GTP**: GPRS Tunneling Protocol
- **SNDCP**: Sub-Network Dependent Convergence Protocol
- **LLC**: Logical Link Control, cifrato e affidabile (LAPDm, quello del GSM)
- **BSSGP**: Base Station System GPRS Protocol
- **NS**: Network Service, una derivazione di Frame Relay



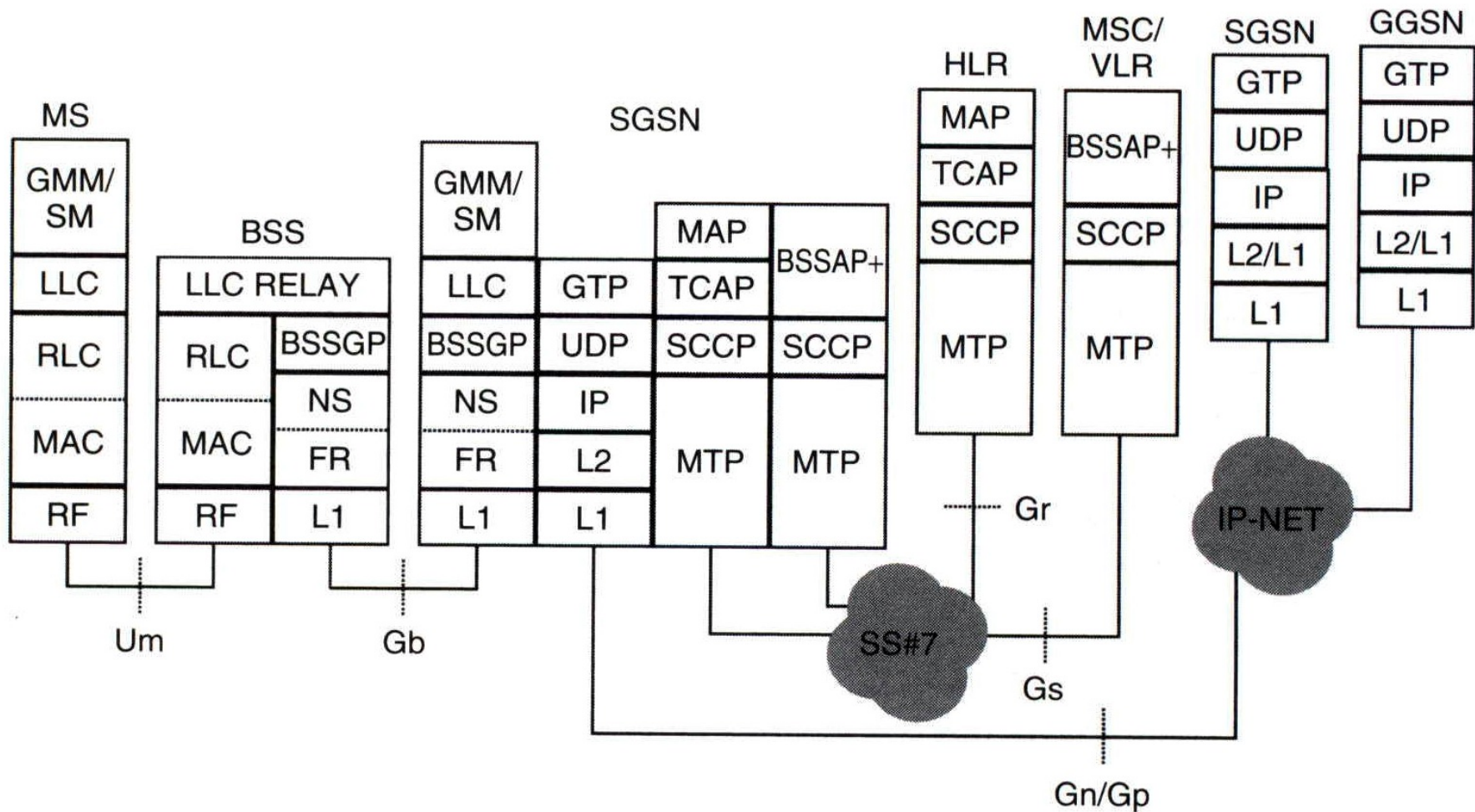
Piano di controllo (segnalazione)



- **GMM/SM**: GPRS Mobility Management and Session Management



Piano di controllo (segnalazione) – Versione completa



PDP-Context

- The Packet Data Protocol (PDP) identifies the type of service (e.g. IP/X.25) MS is receiving
- With a PDP active MS has a valid address of the relative network
- The number of PDP contexts active at the same time depends on service implementation
- Different PDPs can be billed differently
- With a PDP context active the MS is in Standby or Ready states (no idle)
- A PDP context can be activated by MS or the network

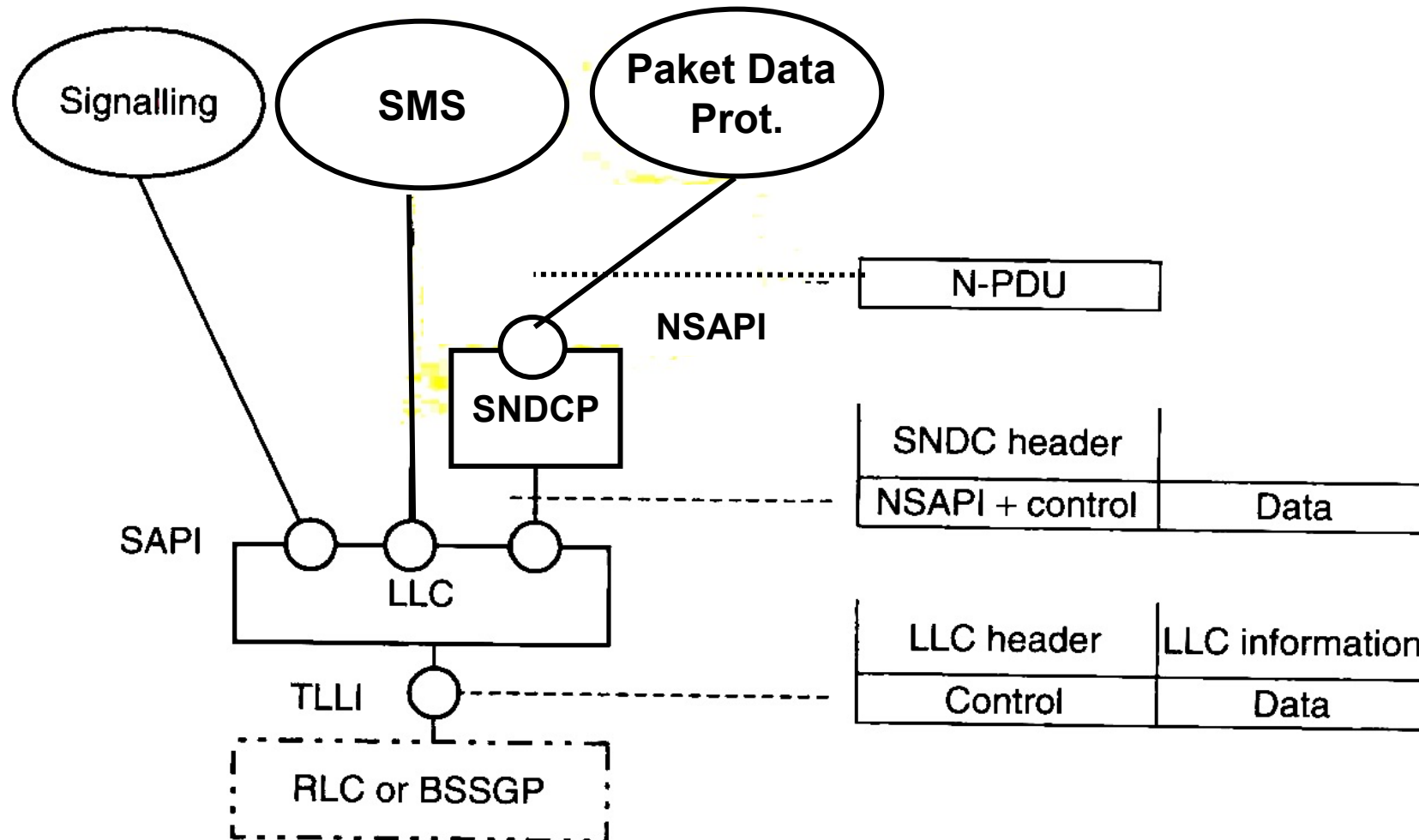


Sottolivello LLC

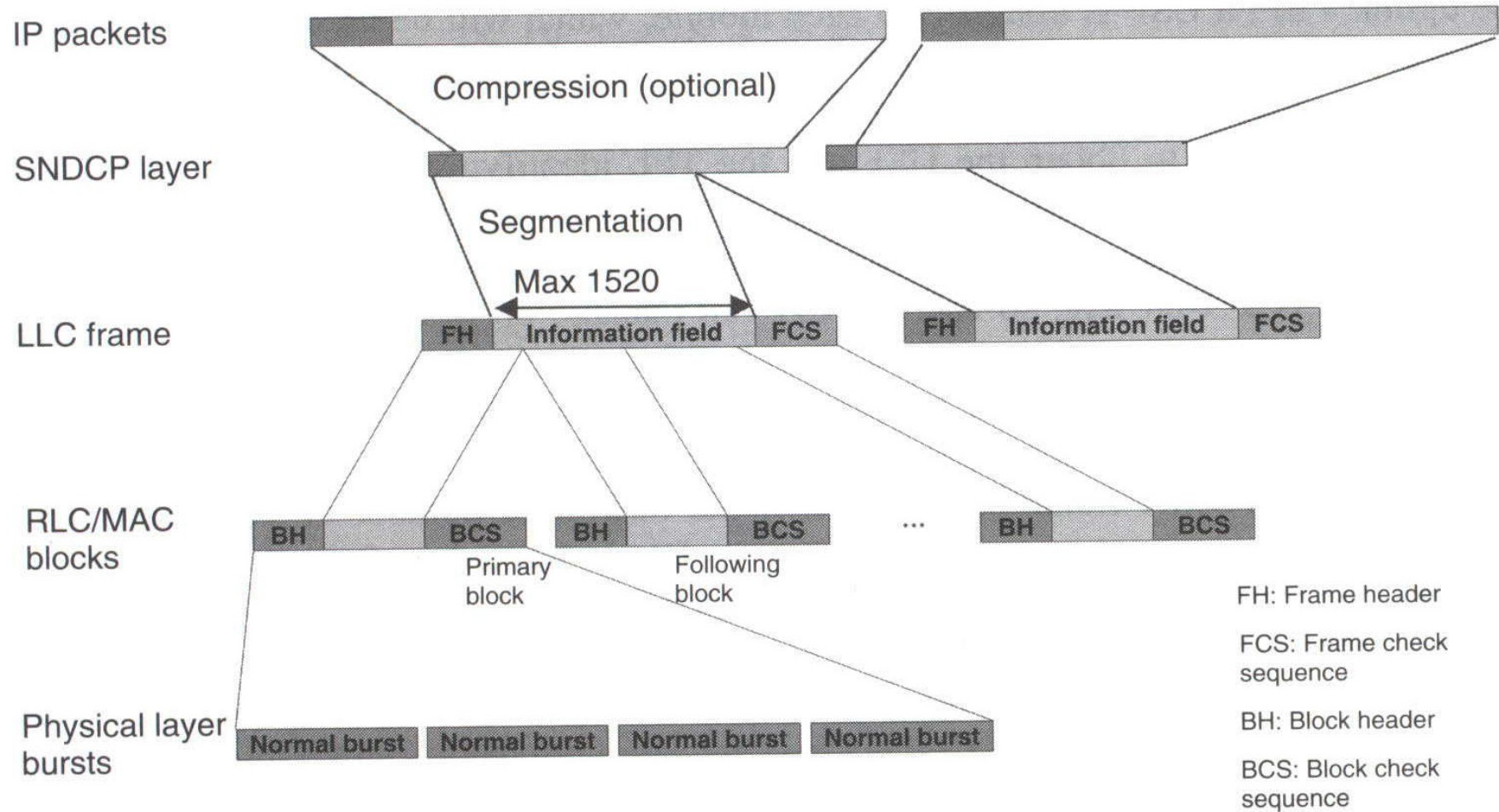
- Usa il normale LAPDm (Link Access Protocol D-channel mobile) di GSM con alcune modifiche
- Consente la trasmissione di PDU di dimensione variabile
- Consente l'uso di diversi spazi di indirizzamento
- Predispone SAP differenziati per priorità
 - Segnalazione
 - Diversi protocolli concorrenti
 - Diverse applicazioni concorrenti



Multiplazione a livello LLC



Sample Segmentation Process



Canali logici

- **PBCCH**: Packet-BCCH MS \leftrightarrow BSS
- **PRACH**: Packet-RACH MS \Rightarrow BSS
- **PPCH**: Packet-PCH MS \leftrightarrow BSS
- **PAGCH**: Packet-AGCH MS \leftrightarrow BSS
- **PNCH**: Packet-NotificationCH MS \leftrightarrow BSS
- **PDCH**: Packet Data-CH MS \leftrightarrow BSS
(detto anche PTCH o PDTCH)

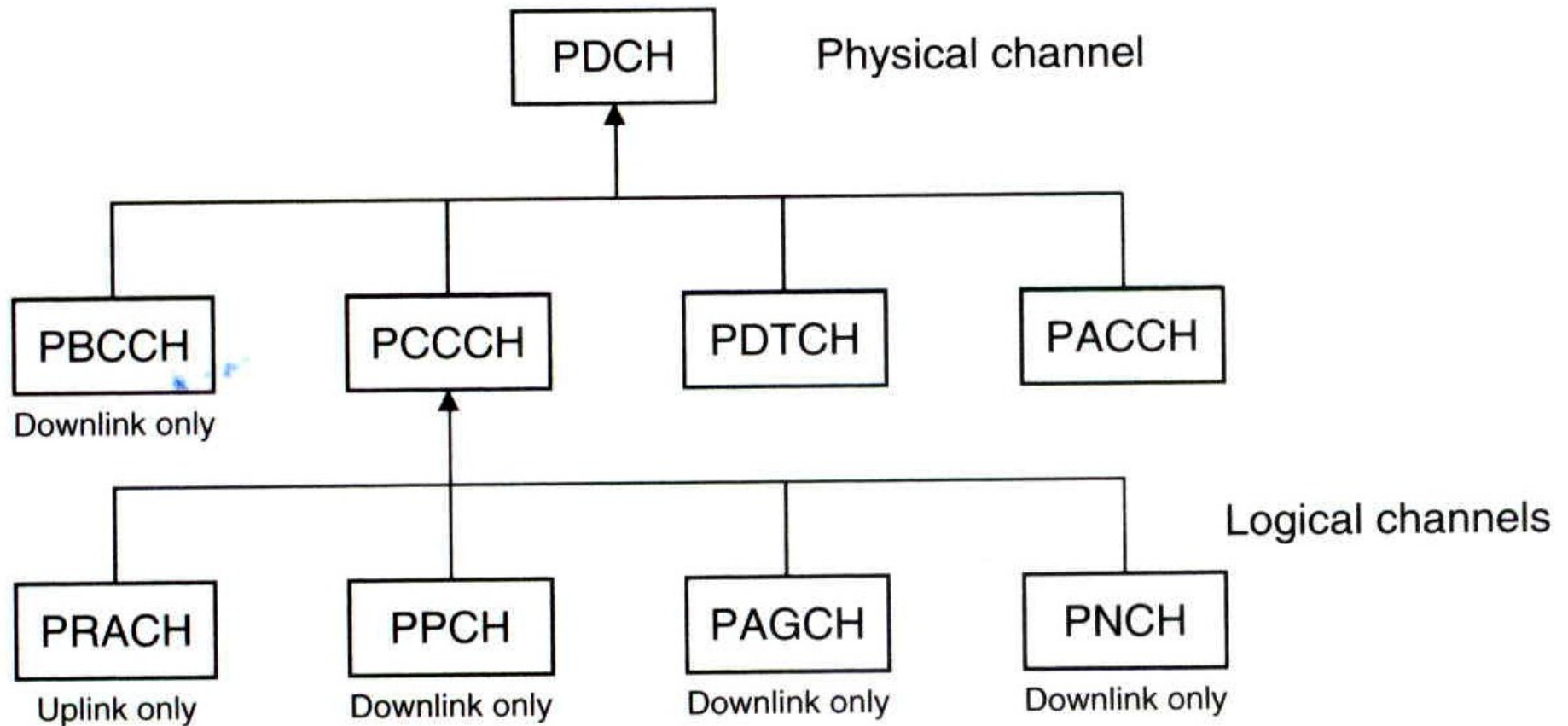
I canali dati sono **MONODIREZIONALI** (/U /D)
e non c'è relazione tra uplink e downlink

- **PACCH**: Packet-ACCH MS \leftrightarrow BSS

Associato a un canale dati, ma instaurato in modo "asincrono", tipo il FACCH



Canali Logici: organizzazione



Logical Channels and Bursts

- All channels use normal bursts except the PRACH and PTCCH/U where the mobile transmits random access bursts
- PTCCH/U-D are part of the PACCH and are used for timing advance correction
- They are asynchronous channels
- One PTCCH/D can correspond to several PTCCH/U, i.e., several mobile are addressed with a single timing advance message



Canali logici

- In celle con traffico GPRS trascurabile i canali di segnalazione comune (PB/PR/PA-CH) possono essere condivisi con GSM
- L'allocazione delle risorse ad un MS è dinamica e sostanzialmente non specificata dallo standard: ogni operatore può scegliere le procedure e gli algoritmi che preferisce
- Gli MS devono comunque essere in grado di ricevere regolarmente i normali canali broadcast del GSM (FCCH, SCH, BCCH)

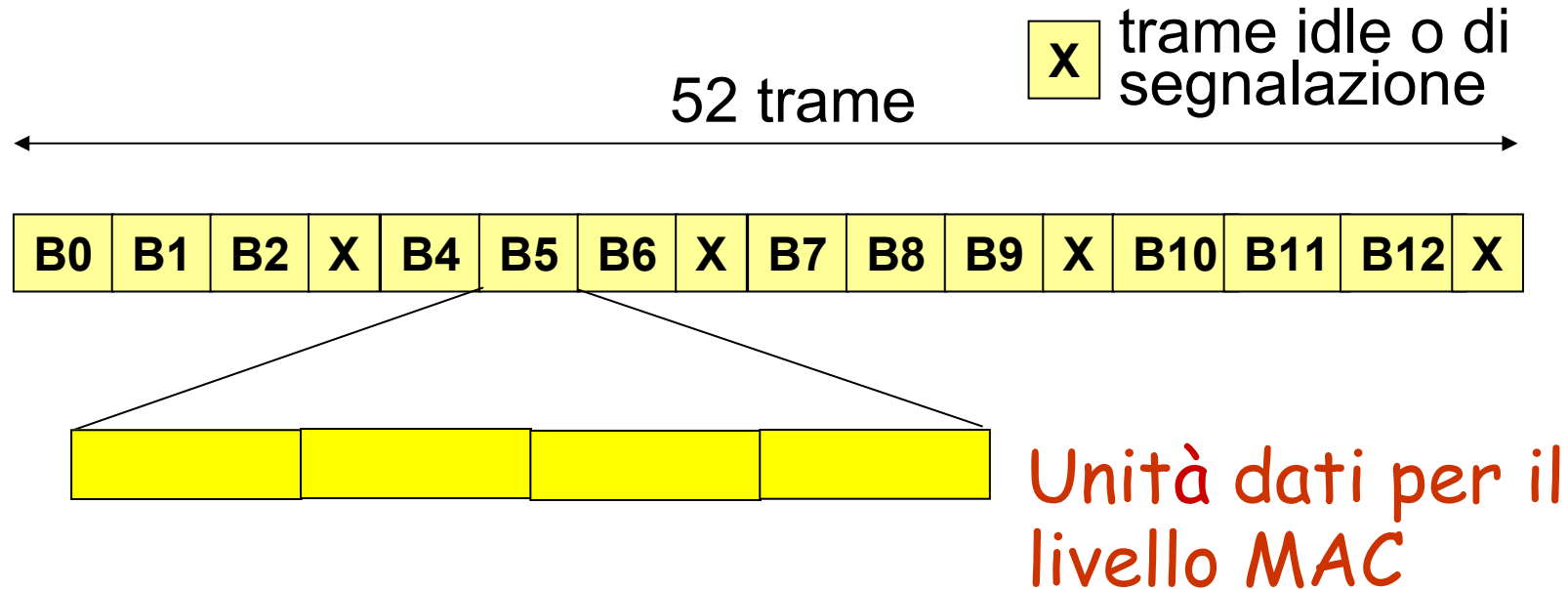


Organizzazione dei canali fisici

- Stessa tramatura ed accesso a burst di GSM (ovvio!)
- Organizzazione della multitrama su 52 (26x2) trame di 8 slot
- 12 blocchi da 4 burst "normali" (48 trame)
- Le altre 4 trame sono dedicate alla segnalazione in particolare per trasmettere i parametri di timing advance
- Il "blocco radio" (4 burst) è l'unità base di accesso: non si può avere una assegnazione più piccola



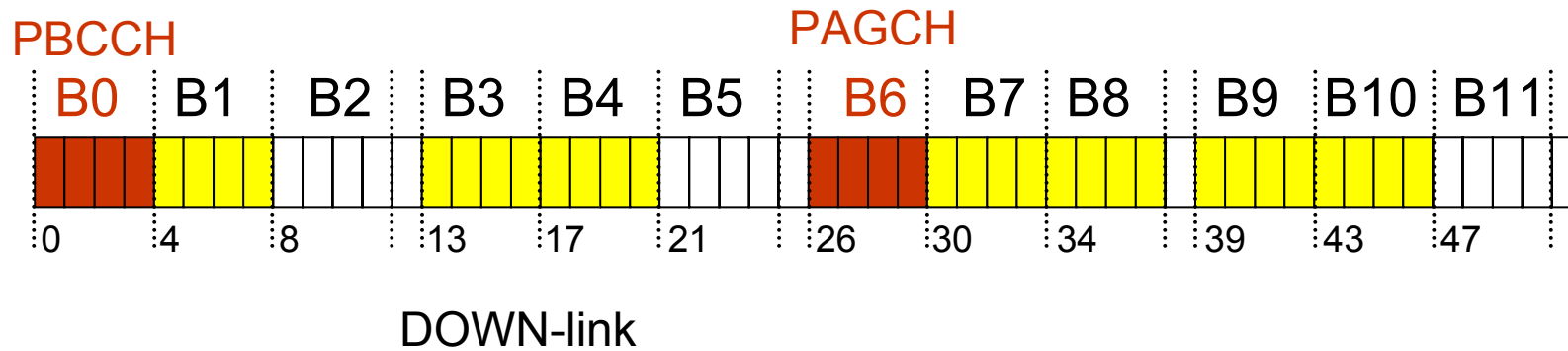
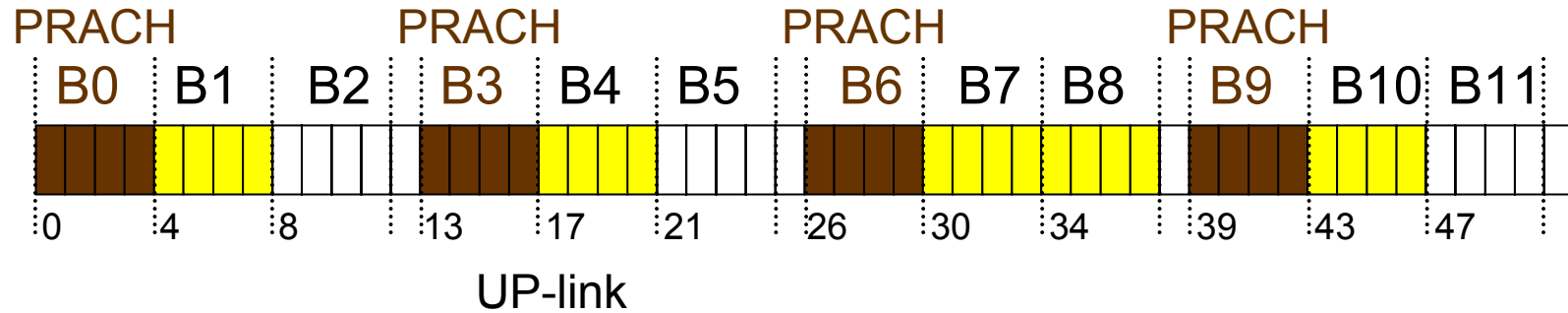
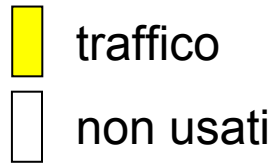
Organizzazione dei canali fisici



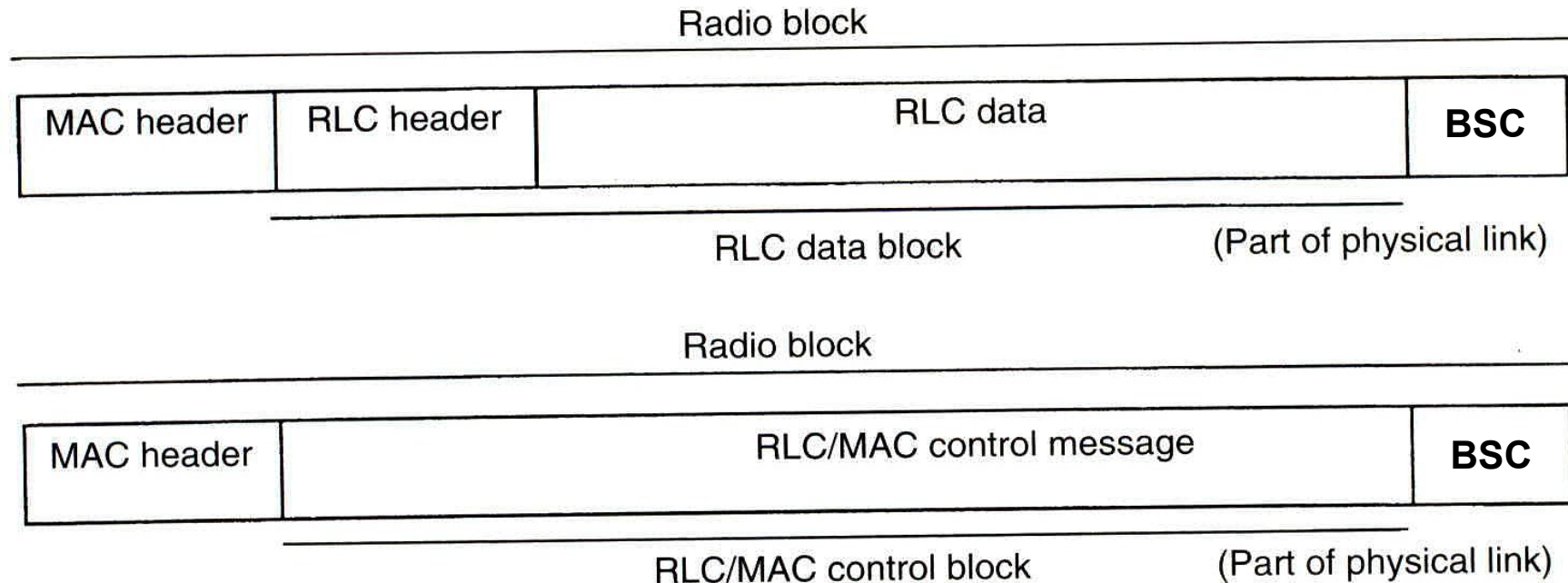
- 676 bit dopo la codifica, il livello di ridondanza viene adattato dinamicamente alla qualità del canale



Organizzazione dei canali fisici: un esempio



Radio Block Structure



- MAC header: 8bits
- RLC header: variable length
- BCS: 16 or 40 bits for error detection after FEC decoding



Coding Parameters

- 4 possible coding schemes
- Only CS-1 used for control data (except Random Bursts)
- Rate 2/3 and 3/4 are obtained through puncturing
- USF used for establishing the assignment

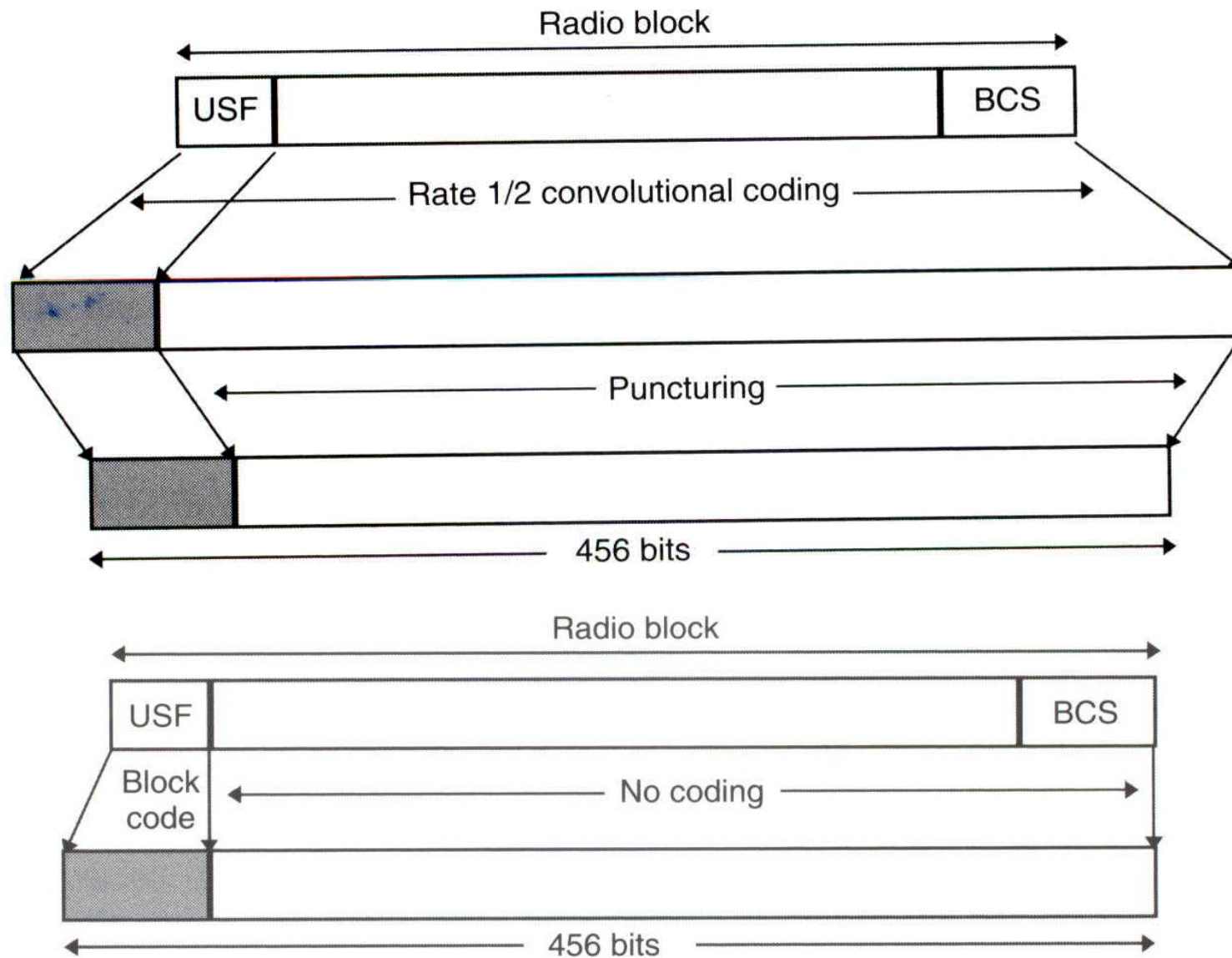
Scheme	Code rate	COD	Pre-coded USF	Radio block excl. USF and BCS	BCS	Tail	Data rate (kbps)	Data rate kbps excl. RLC/MAC headers
CS-1	1/2	3	3	181	40	4	9.05	8
CS-2	~2/3	3	6	268	16	4	13.4	12
CS-3	~3/4	3	6	312	16	4	15.6	14.4
CS-4	1	3	12	428	16	–	21.4	20



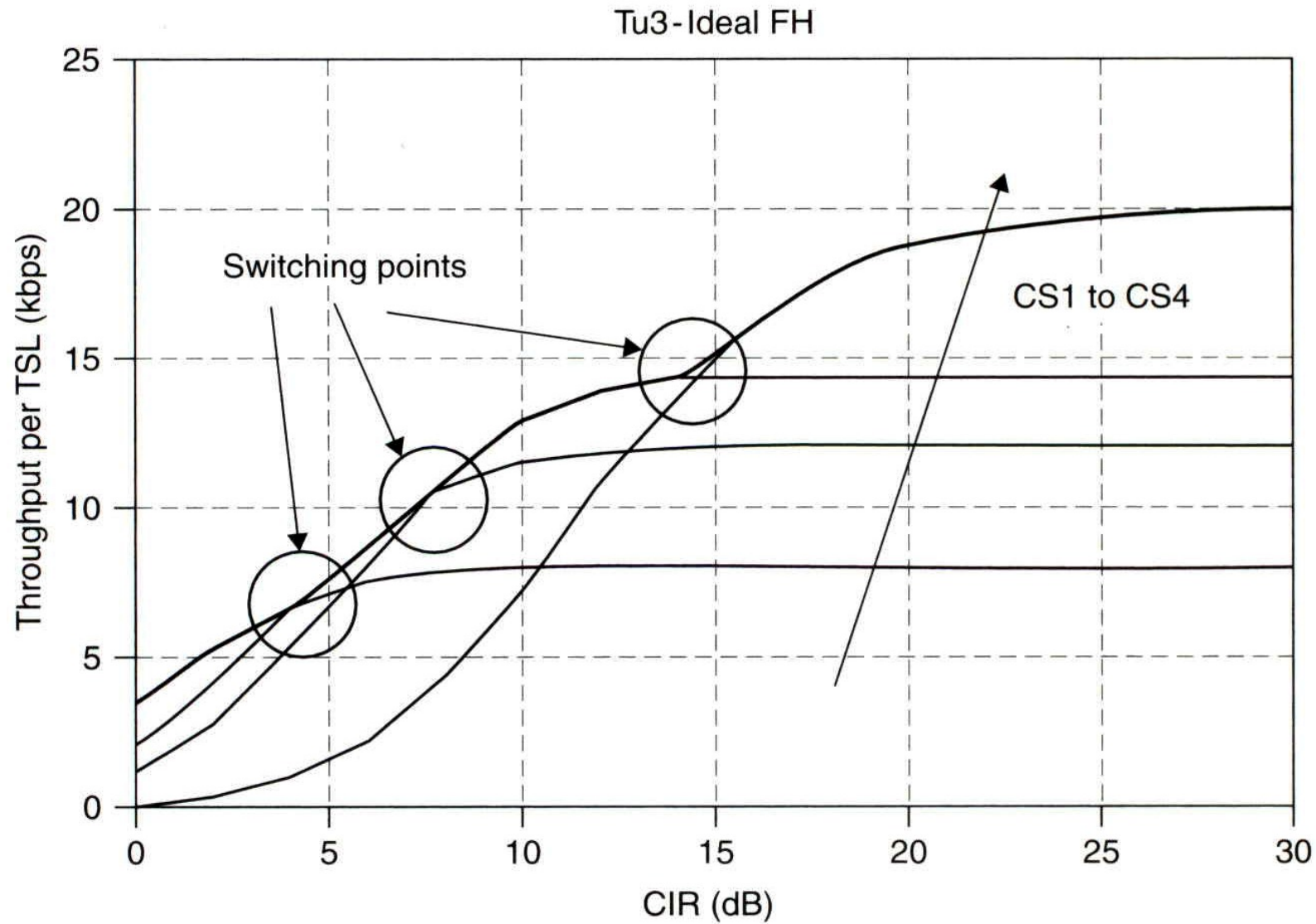
block coded (hamming) to 8 bits



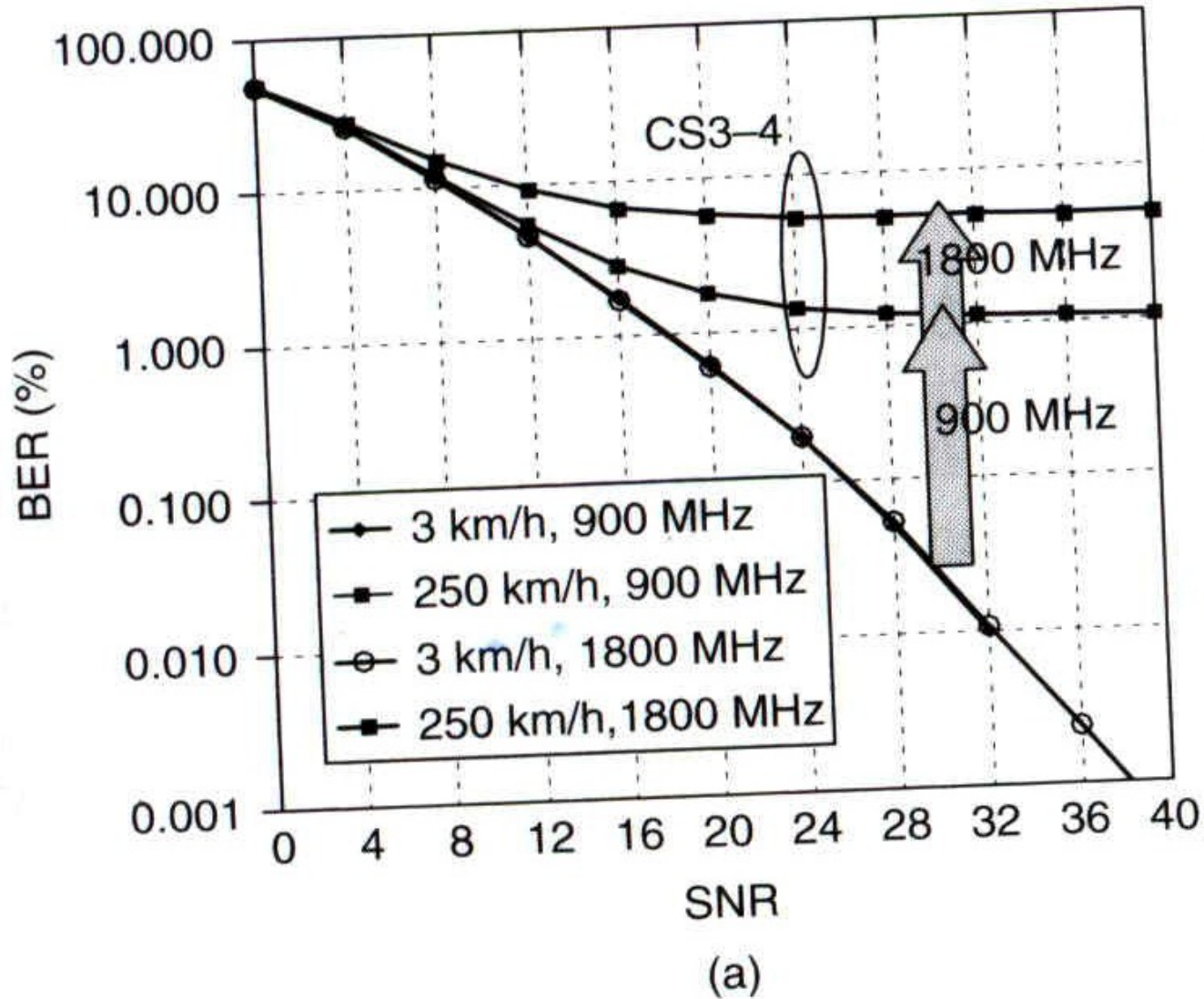
CS-1/4 Block structure



Performance in Urban Environment



BER with varying speed



Codifica, “Steal bits” e USF

- I 4 possibili livelli di codifica sono mappati su 3 bit, codificati con un Hamming (3,8,5) e trasmessi al posto dei bit 5 dei 4 burst usati per il blocco radio
- I blocchi radio in downlink iniziano con 3 bit detti USF (Uplink Status Flag) che definiscono lo stato e l'assegnazione del corrispondente blocco in uplink
- In particolare USF è usato per assegnare il PRACH in modo dinamico sul PCCCH:
USF=111=FREE



Sottolivello MAC

- Protocollo a contesa (slotted Aloha) per le richieste su un canale logico dedicato **PRACH**
- Risorse di trasmissione sui canali dati **PDCH** assegnate dalla BSS a gruppi di 4 "blocchi"
 - 456 bit a livello MAC
 - diventano 181, 266, 314 o 428 a seconda della codifica a livello LLC
 - meno ancora a livello X.25/IP
- Efficienza molto dipendente dall'implementazione

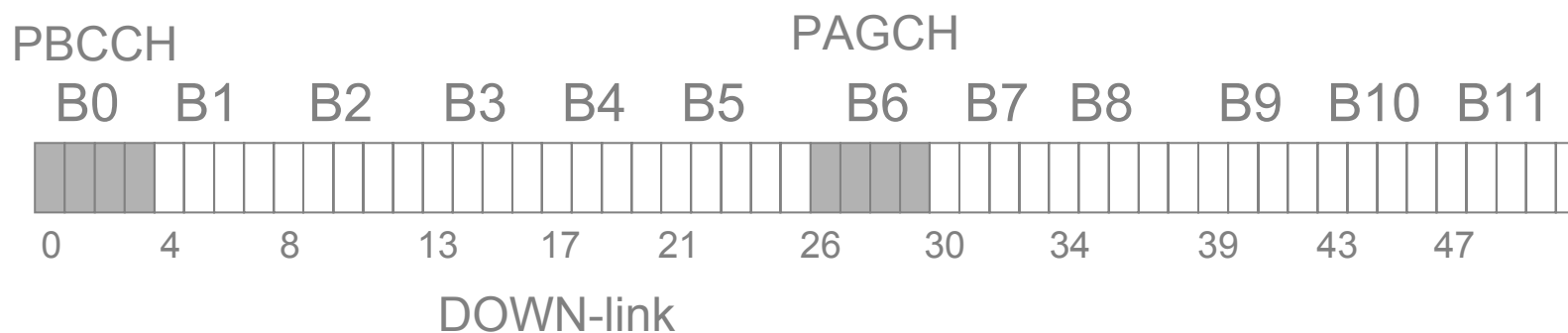
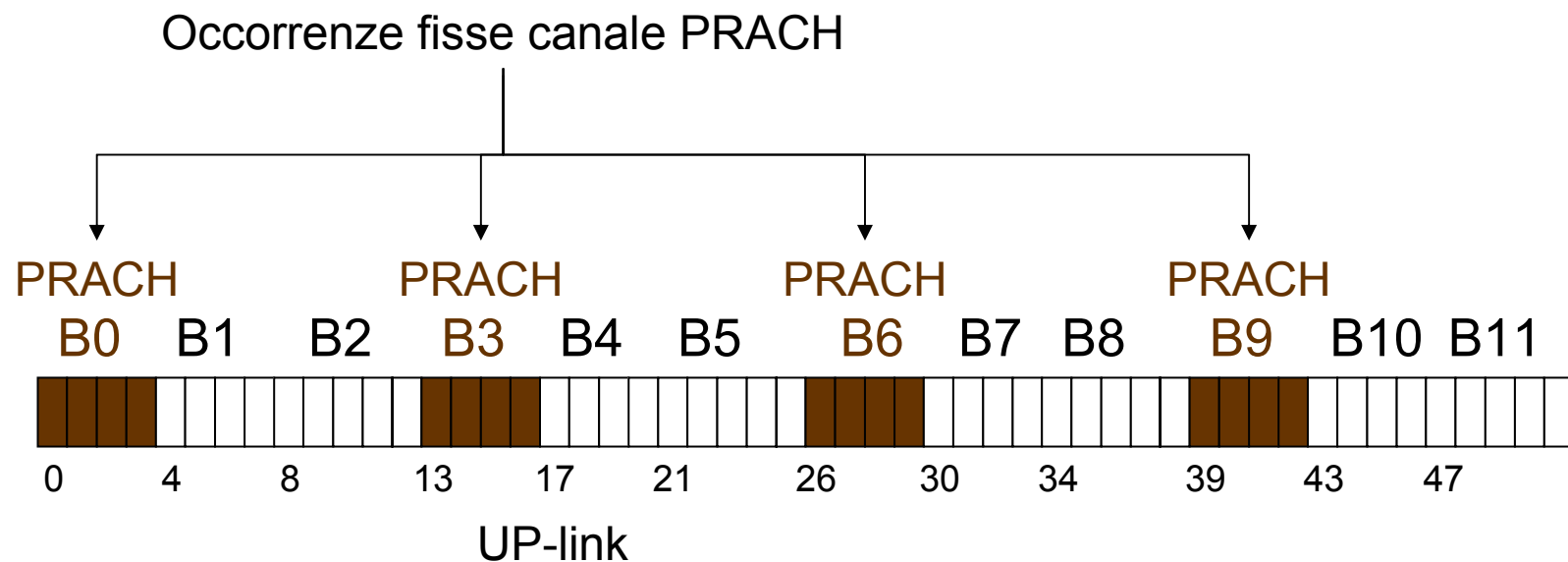


MAC - Radio Block Assignment

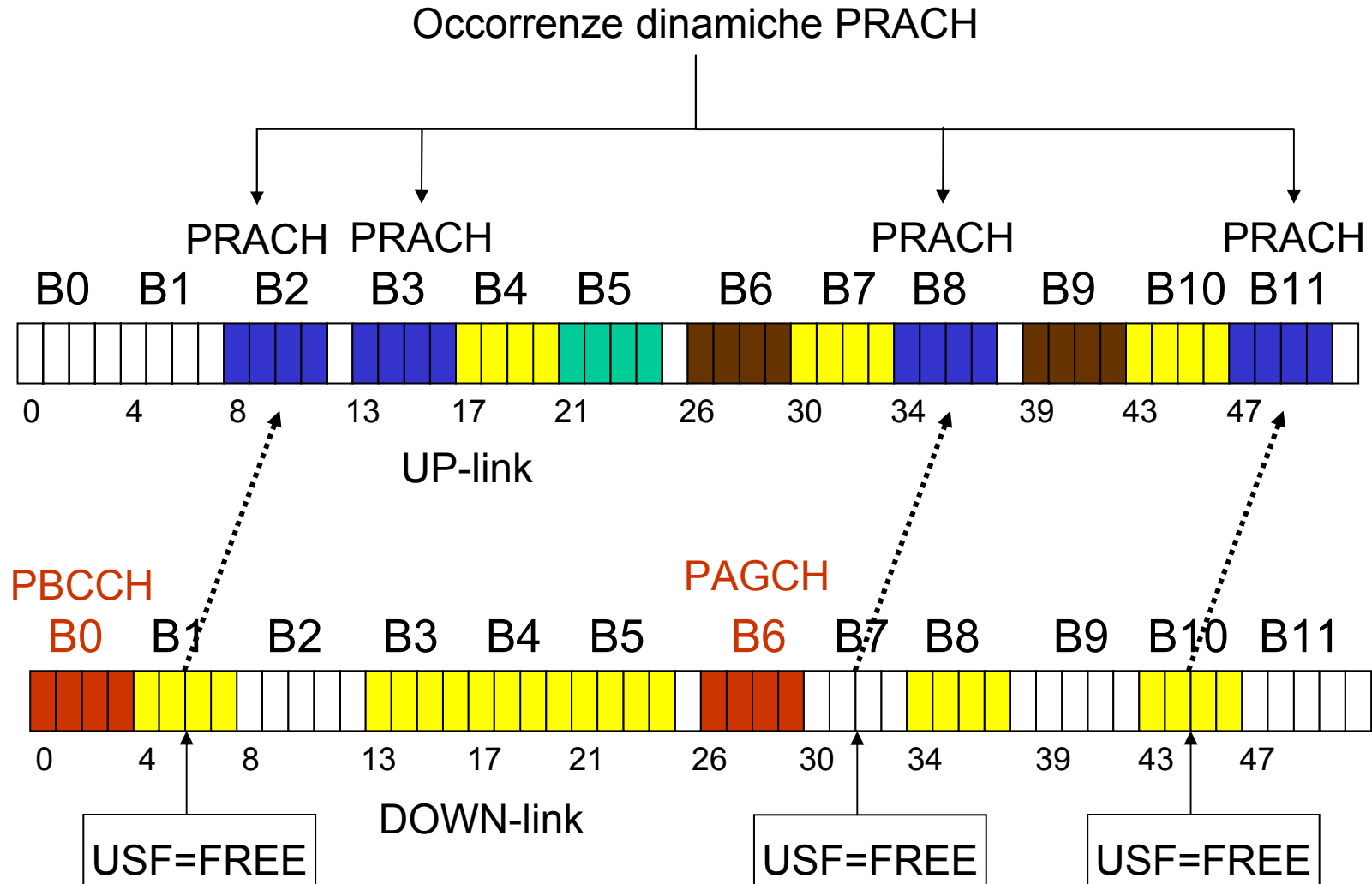
- It is based on LLC frames
- Managed through a temporary identifiers (TFI) which allows reconstructing LLC flows even if sent on different PDCH
- Can work in acknowledged or unacknowledged mode



Esempio di allocazione fissa del PRACH



Esempio di allocazione dinamica del PRACH

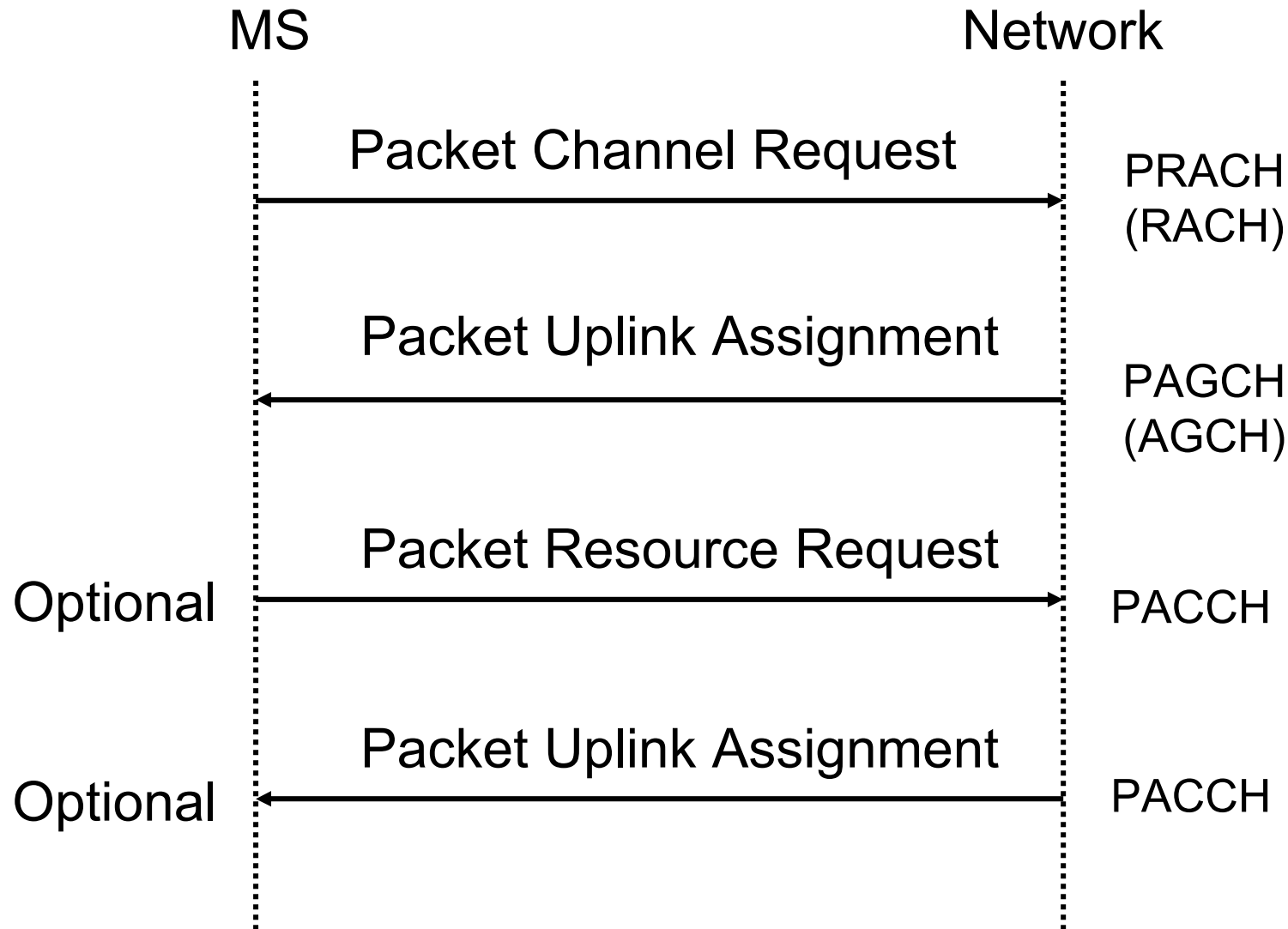


Accesso al canale

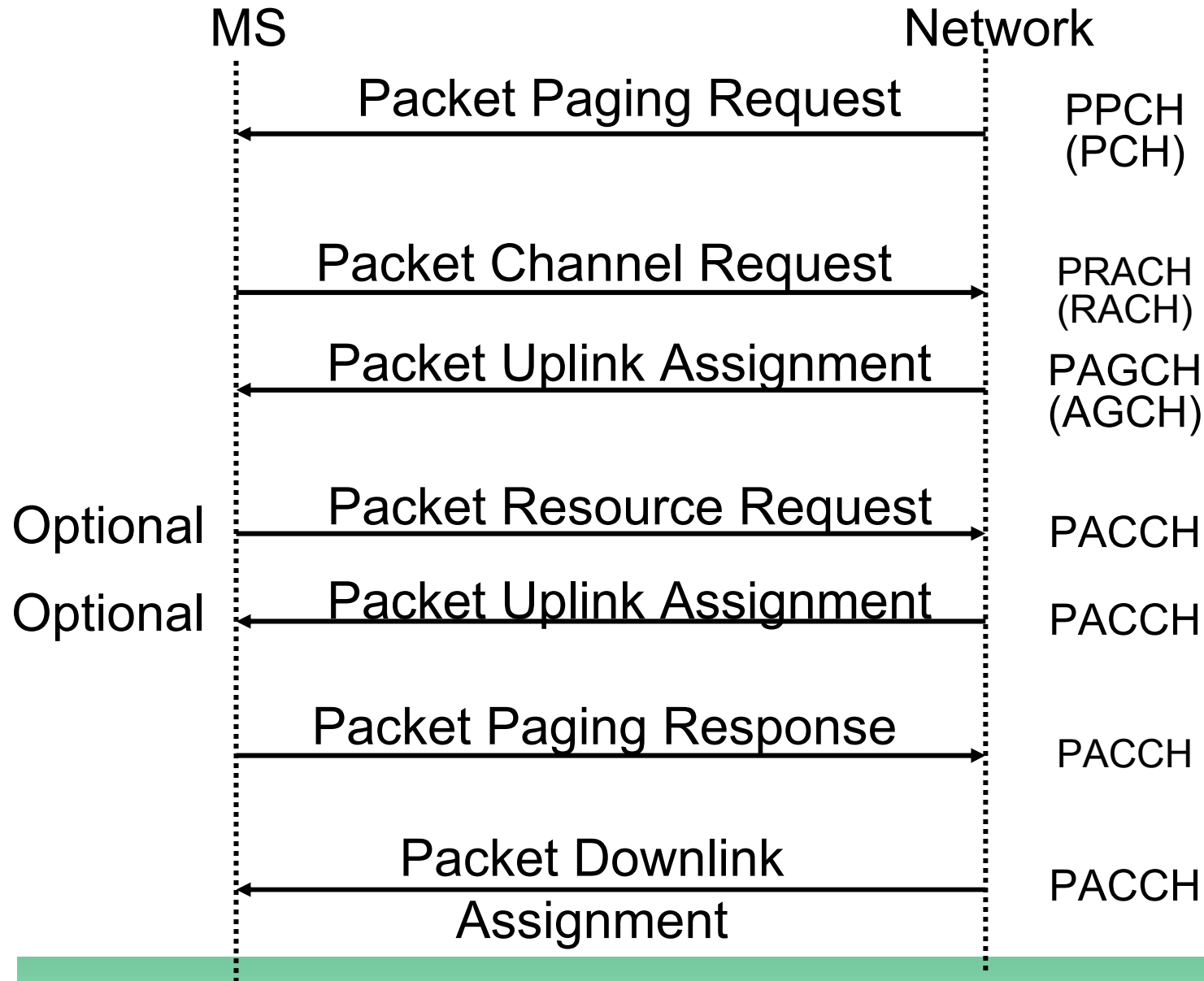
- Inizia sempre con un burst sul PRACH (eventualmente come risposta ad un page)
- BSS assegna un minimo di 8 blocchi radio e un USF temporaneo, che serve come notifica a MS per la trasmissione (nel blocco Downlink corrispondente la BS assegna USF al valore corretto)
- L'accesso può avvenire in una o due fasi, a scelta di MS, in base alla quantità di dati da trasmettere



Procedura Tx UP



Procedura Tx DOWN



Gestione dell'instradamento

- L'istradamento avviene in base alla Routing Area (RA), che è un sottoinsieme di una LA
- Le BTS GPRS devono quindi diffondere anche RA
- Nella rete fissa l'istradamento è gestito mediante protocolli di tunnelling
- L'istradamento di rete fissa cambia solamente se viene modificato l'SGSN
- RA differenti collegate allo stesso SGSN hanno impatto sul paging ma non sull'istradamento di rete fissa



Gestione della mobilità

- La mobilità è gestita in modo simile a GSM
- Un *MS ready* effettua handover ad ogni cambio di cella anche se non sta trasmettendo
- Durante un handover il flusso dati viene interrotto e si possono perdere dati
- Un *MS in standby* effettua un'aggiornamento tutte le volte che cambia RA
- Un *MS idle* effettua le normali procedure in base ad LA



EDGE

Enhanced Data-Rates for GSM Evolution

- Modulation & Coding modifications for higher speed radio interface with GSM backward compatibility



What is EDGE

- A new standard trying to better exploit resources assigned to GSM in order to improve data services
- Increase the data rate through the use of multi-signal constellations
- Suitable for any application with non-transparent data-link layer
- Useless for (standard) speech (why?)

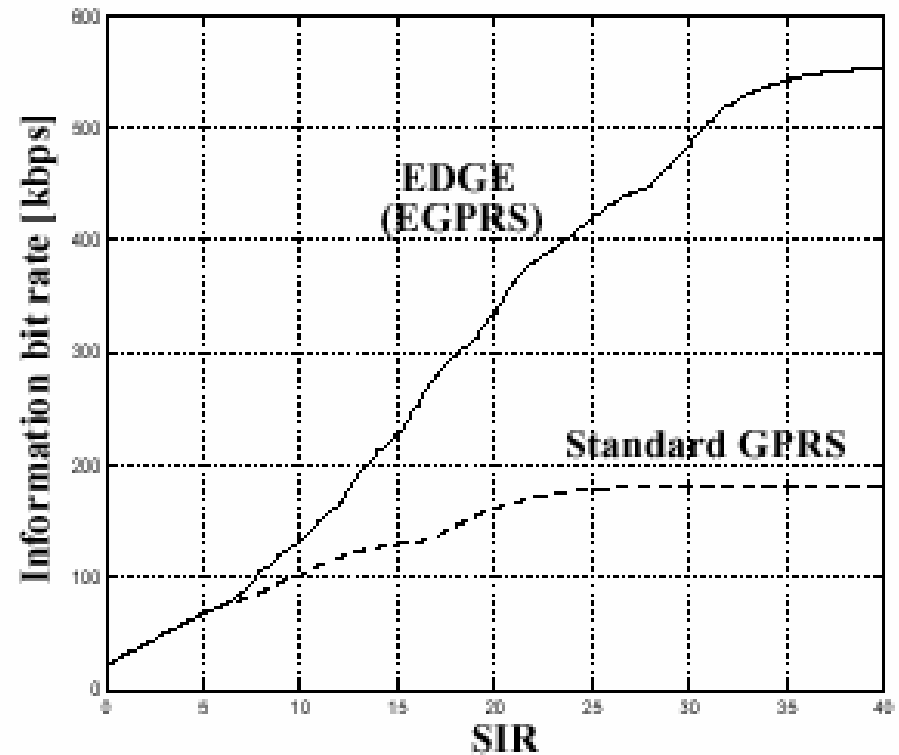
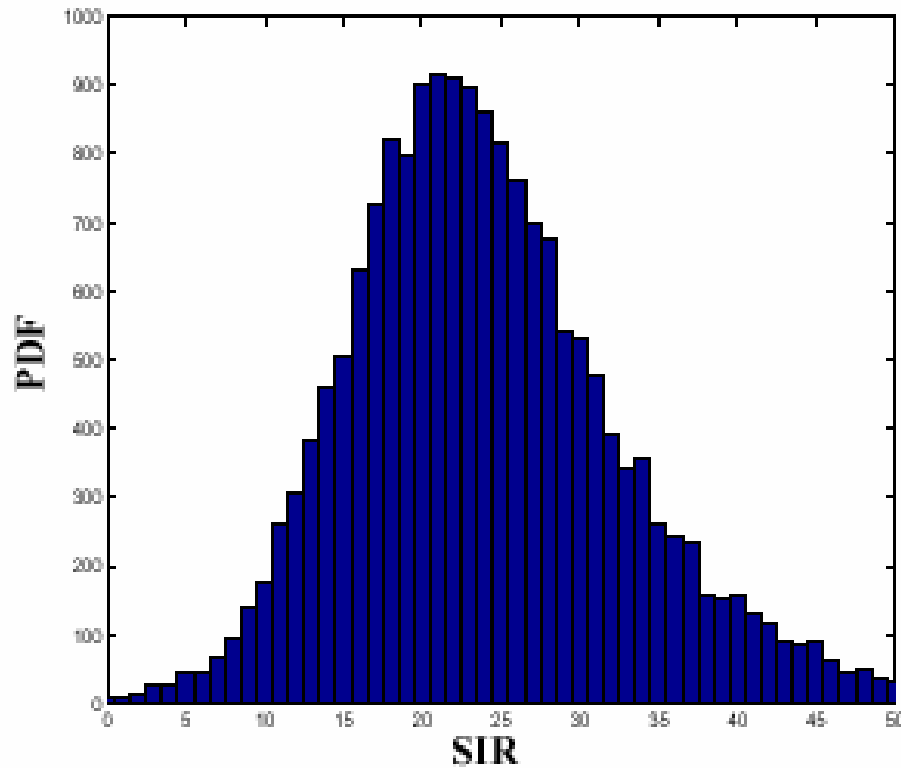


GSM resource waste

- Streaming (e.g. voice) services require a stable and constant channel quality
- Elastic data application are resilient to changes in channel quality & speed
- The mobile channel is time-varying
- Channel changes range over large SIR variations
- The higher the SIR value the larger the transmission rate can be



SIR distribution & corresponding rates



EDGE idea

- 1) Use lower protection codes when SIR is high
- 2) Use an 8PSK modulation scheme with different codes when SIR is even higher
- 3) Provide algorithms & protocols to automatically change the modulation/coding scheme when SIR change

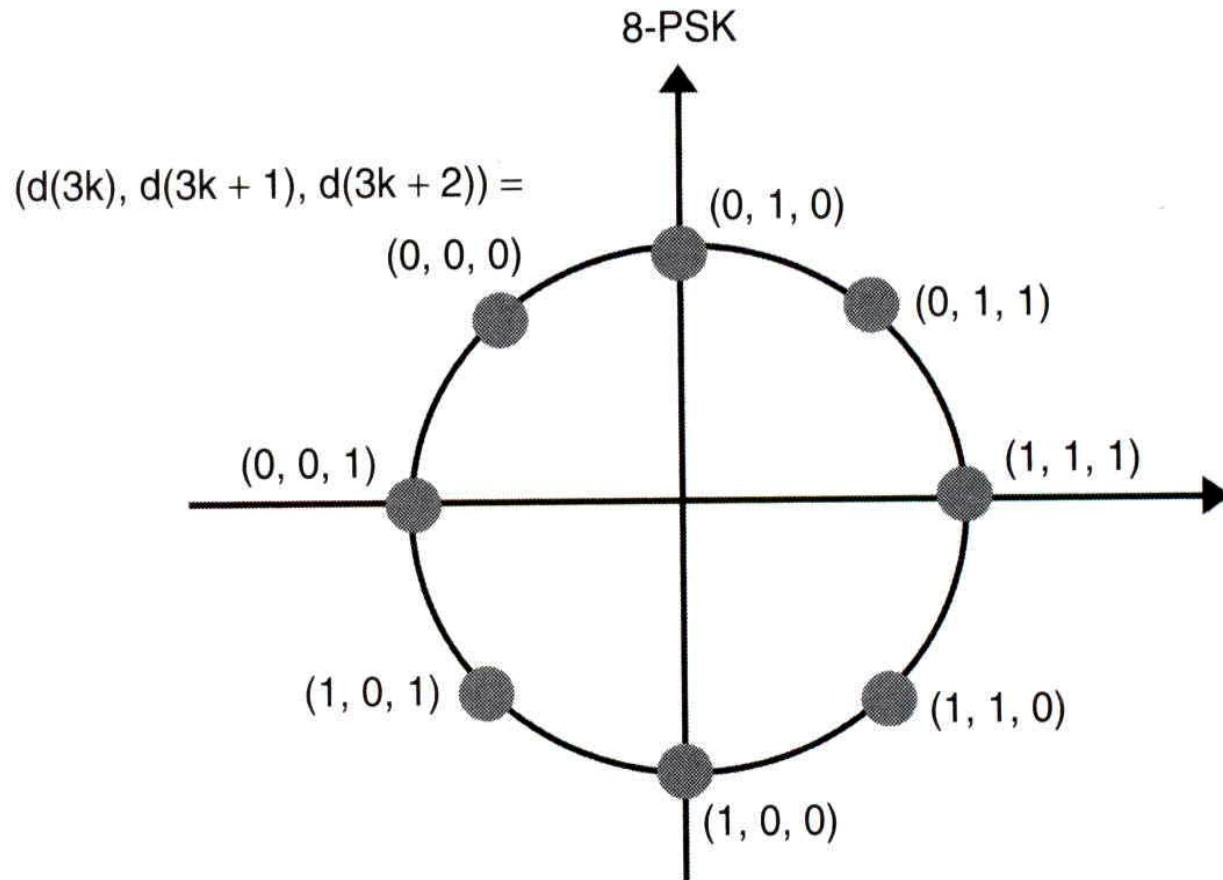


EDGE & GSM

- Completely backward compatible, can be autonomously used on each GSM physical channel (frequency + time slot)
- Using the same Gaussian pulse shaping fits into the same frequency mask
- Provides both circuit switched (E-CSD) & packet switched (E-GPRS) service model



8-PSK EDGE Constellation



Gross useful rates with different coding/modulation schemes E-CSD

Channel name	Code Rate	Modulation	Radio Interface rate per time slot
TCH/F2.4	0.16	GMSK	3.6 kbps
TCH/F4.8	0.26	GMSK	6 kbps
TCH/F9.6	0.53	GMSK	12 kbps
TCH/F14.4	0.64	GMSK	14.5 kbps
ECSD TCS-1 (NT+T)	0.42	8PSK	29 kbps
ECSD TCS-2 (T)	0.46	8PSK	32 kbps
ECSD TCS-3 (NT)	0.56	8PSK	38.8 kbps

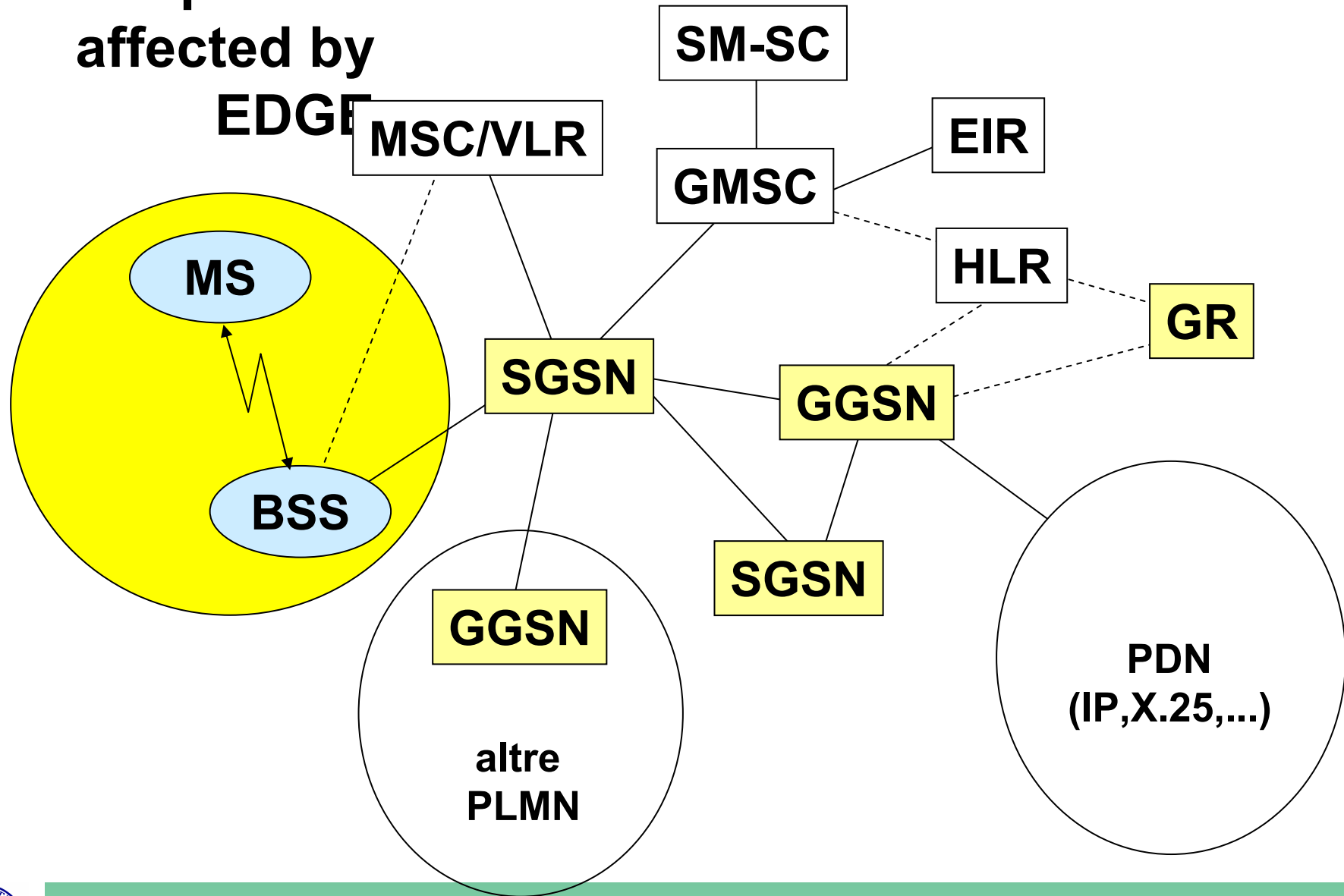


Gross useful rates with different coding/modulation schemes E-GPRS

Channel name	Code Rate	Modulation	Radio Interface rate per time slot
CS-1	0.49	GMSK	11.2 kbps
CS-2	0.64	GMSK	14.5 kbps
CS-3	0.73	GMSK	16.7 kbps
CS-4	1	GMSK	22.8 kbps
PCS-1	0.33	8PSK	22.8 kbps
PCS-2	0.50	8PSK	34.3 kbps
PCS-3	0.6	8PSK	41.25 kbps
PCS-4	0.75	8PSK	51.6 kbps
PCS-5	0.83	8PSK	57.35 kbps
PCS-6	1	8PSK	69.2 kbps



Network portion affected by EDGE

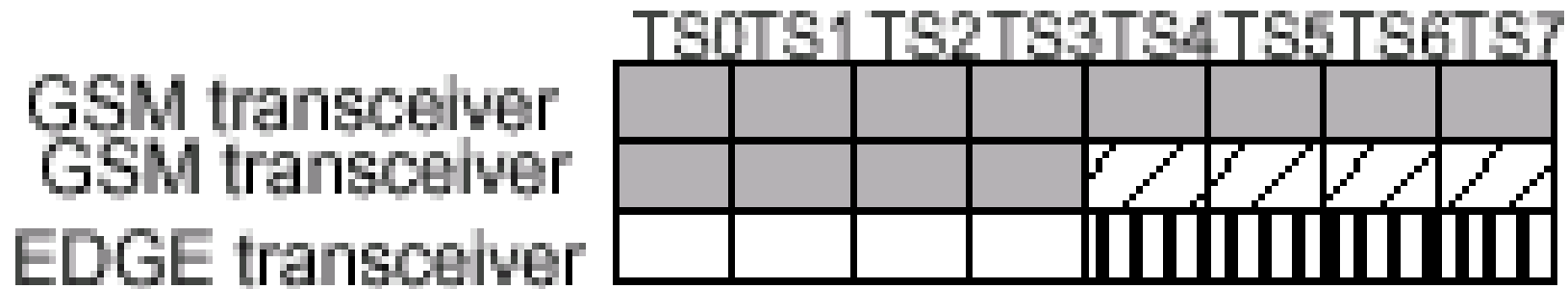






Channel management

- EDGE can be introduced gradually (if ever!)
- After some doubts to push UMTS EDGE is being deployed by all major operators
- The BSC must be able to dynamically assign physical channels to CSD/GPRS or E-CSD/E-GPRS
- The Abis interface must be adapted (in GSM provides a maximum of 16 kbit/s per channel)



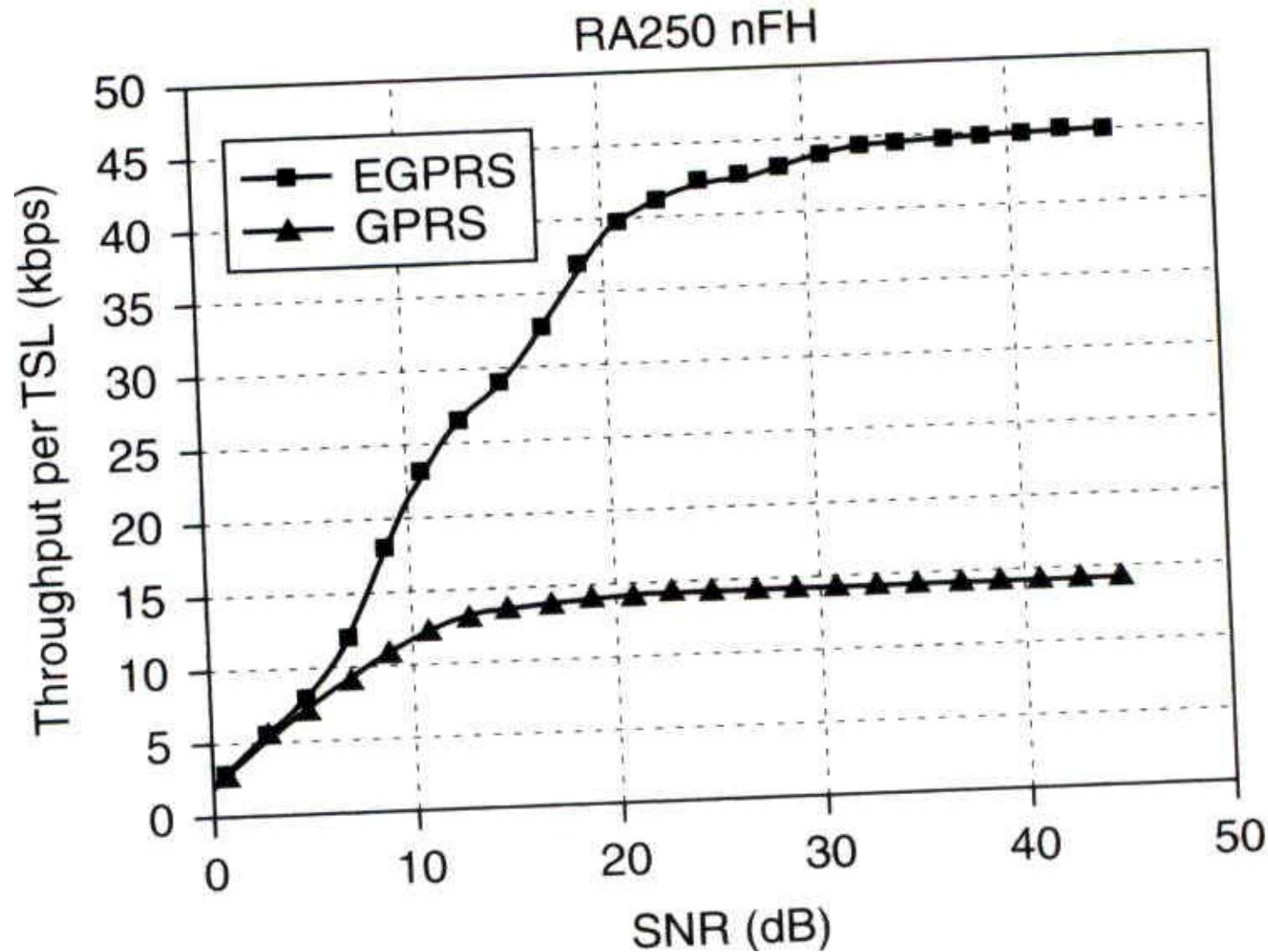
Sample channel assignment



- 1  GSM/CSD physical channel
- 2  GPRS physical channel
- 3  GSM/CSD/ECSD physical channel
- 4  GPRS/EGPRS physical channel



EDGE Performance Gain: High-Speed



EDGE & Voice

- EDGE can also be used for circuit oriented applications (C-EDGE)
- Requires the introduction of adaptive coding and code change management procedures
- the AMR coding scheme was standardized for use with EDGE and UMTS with rates from 4.75 to 12.2 kbit/s and above
- In some conditions AMR can greatly improve performance due to higher coding with bad channel rate and/or use of better encoders when resources allow



Sample AMR performance in TU3

