



Università degli Studi di Cagliari

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Tecnologie per
Internet

GPRS - EDGE



High-Speed Circuits-Switched Data Service

- ✓ Modalità di affasciamento di canali dati sulla stessa portante in frequenza
- ✓ Per usare più di 4 slot è necessario duplicare gli apparati a radio frequenza
- ✓ Per il momento lo standard prevede di affasciare fino 4 canali con una velocità massima di 57.6 kbit/s
- ✓ Servizio simmetrico





HSCSD: Blocco del Servizio

- ✓ L'uso di numerosi canali in parallelo, tutti sulla stessa portante, crea problemi di blocco, soprattutto durante richieste di handover
- ✓ Gestione più sofisticata della banda (handover intra-cella per liberare intere portanti)
- ✓ Assegnare dinamicamente il numero di canali alle chiamate **HSCSD** in modo dinamico tra un minimo **RNC** (Required Number of channels) e un massimo **DNC** (Desired Number of Channels)



HSCSD

- ✓ Vantaggi:
 - Non necessita modifiche alla rete esistente
- ✓ Svantaggi:
 - Il canale è occupato anche se non c'è trasferimento dati (commutazione di circuito)
 - Non è adatto ad un traffico di tipo Bursty



GPRS: General Packet Radio Service

- ✓ 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, x25**
- ✓ Supporta la **QoS** con diversi profili
- ✓ Applicazioni di piccole quantità di dati



GPRS: Possibili applicazioni

- ✓ Nominalmente non ci sono limiti al tipo di uso
- ✓ Modalità “ always on ”
- ✓ Studiato specificatamente per:
 - trasmissione discontinua frequente (pacchetti di 500 bytes parecchie volte al minuto)
 - trasmissione sporadica di kilobytes di dati
- ✓ Per altre tipologie di traffico (es. trasferimento di grossi files o emulazione di terminale) potrebbe risultare non conveniente

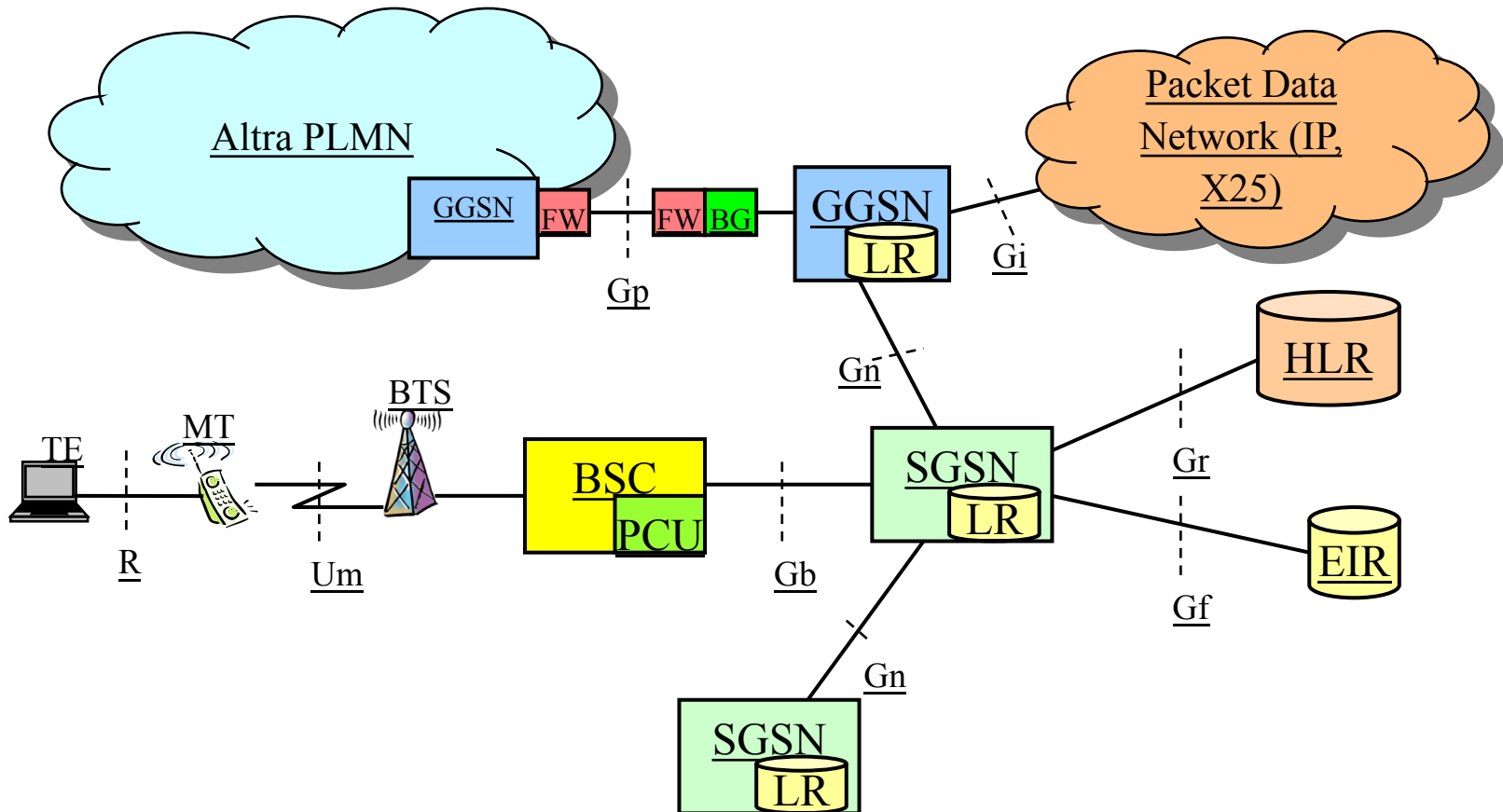


GPRS: Architettura Generale

- ✓ Introduce una rete logica nuova sovrapposta alla rete fisica
GSM
- ✓ Utilizza per intero l'infrastruttura fisica di **GSM**
- ✓ L'unica novità è costituita dall'introduzione di due nuovi nodi di rete
 - **SGSN**: Serving GPRS Support Node, che svolge le funzioni del MSC per la rete a pacchetto
 - **GGSN**: Gateway **GSN**, che interconnette la rete **GSM** con le altre reti a pacchetto (**PDN**-Public Data Networks)



GPRS: Architettura Generale





GPRS: Architettura Generale

- ✓ Deve coesistere con i normali servizi **GSM** :
 - NO celle separate
 - Priorità al traffico voce
- ✓ Identifica tre classi per i terminali **MS**:
 - **Classe A**: accesso simultaneo a servizi **GSM** e **GPRS**
 - **Classe B**: accesso simultaneo a servizi **GSM / GPRS** ma con qualità e velocità di trasmissione ridotte
 - **Classe C**: impossibilità di accesso simultaneo
- ✓ Connessioni punto-punto, multicast e “ Group Call ”
- ✓ Servizi orientati alla connessione (simile ad UDP)



GPRS: QoS

- ✓ 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)



GPRS: Classi di Ritardo

CLASSI 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			



GPRS: Classi di affidabilità

Classe di affidabilità	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}



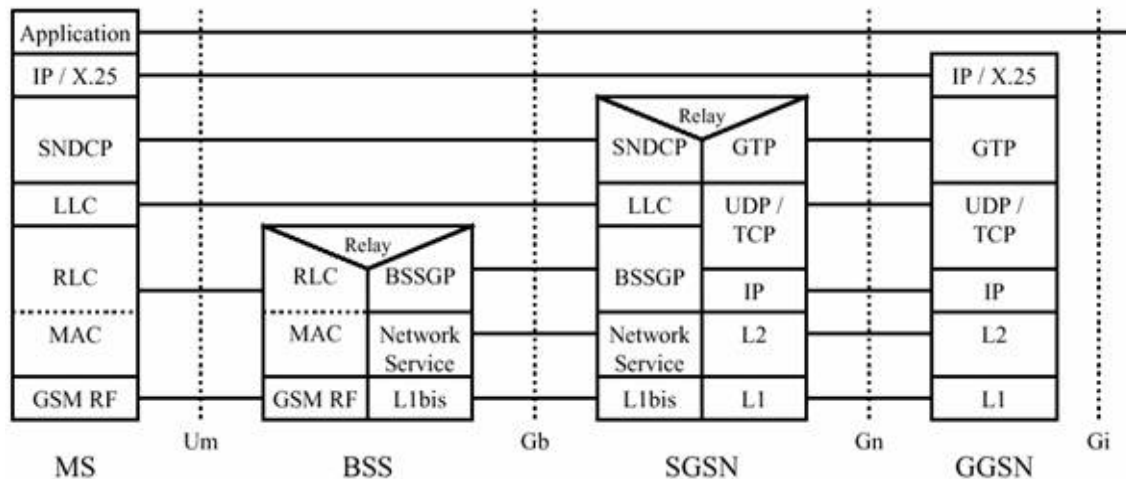
GPRS: Classi di throughput

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	22000	7	512
17	44000	8	1024
18	111000	9	2048
31	B.E.		



GPRS: Architettura protocollare

- ✓ Necessariamente simile a quella **GSM**
- ✓ Essendo una rete a pacchetto ha però similitudini con **ISO/OSI** e **TCP/IP**



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



Canali logici

- ✓ GPRS consente ad una singola MS di trasmettere su time slot multipli della stessa trama TDM
- ✓ I canali downlink e uplink vengono allocati separatamente consentendo efficacia nelle operazioni asimmetriche (i.e., Web browsing)
- ✓ I canali GPRS vengono allocati solo quando ci sono pacchetti da trasmettere o ricevere
- ✓ I canali di traffico GPRS vengono chiamati packet data channels (PDCH) e possono essere allocati dinamicamente in una cella



Canali logici

- ✓ Come per il GSM i canali logici possono essere divisi in canali di traffico e di controllo
 - PDTCH viene usato per la trasmissione dei pacchetti utente
 - PBCCH viene usato per trasmettere informazioni sull'organizzazione della rete radio GPRS alle MS
 - PCCCH trasporta informazioni per la gestione dell'accesso alla rete
 - PACCH viene usato per trasportare informazioni associate ad una MS in trasmissione (e.g., power control)
 - PTCCH viene utilizzato per la sincronizzazione di trama



Allocazione del canale uplink

- ✓ Una MS chiede l'accesso alle risorse radio usando un Packet Channel Request sul PRACH
- ✓ La rete risponde sul PRAGCH comunicando il PDCH da usare
- ✓ Opzionalmente la MS chiede delle risorse che gli verranno assegnate dalla rete



Paging

- ✓ Esiste un paging anche per i servizi GPRS
 - La rete invia una richiesta di paging
 - La MS esegue la procedura di richiesta di accesso
 - MS risponde al paging



Gestione dell'instradamento

- ✓ L'instradamento 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'instradamento è gestito mediante protocolli di tunneling
- ✓ L'instradamento di rete fissa cambia solamente se viene modificato l'SGSN
- ✓ RA differenti collegate allo stesso SGSN hanno impatto sul paging, ma non sull'instradamento di rete fissa

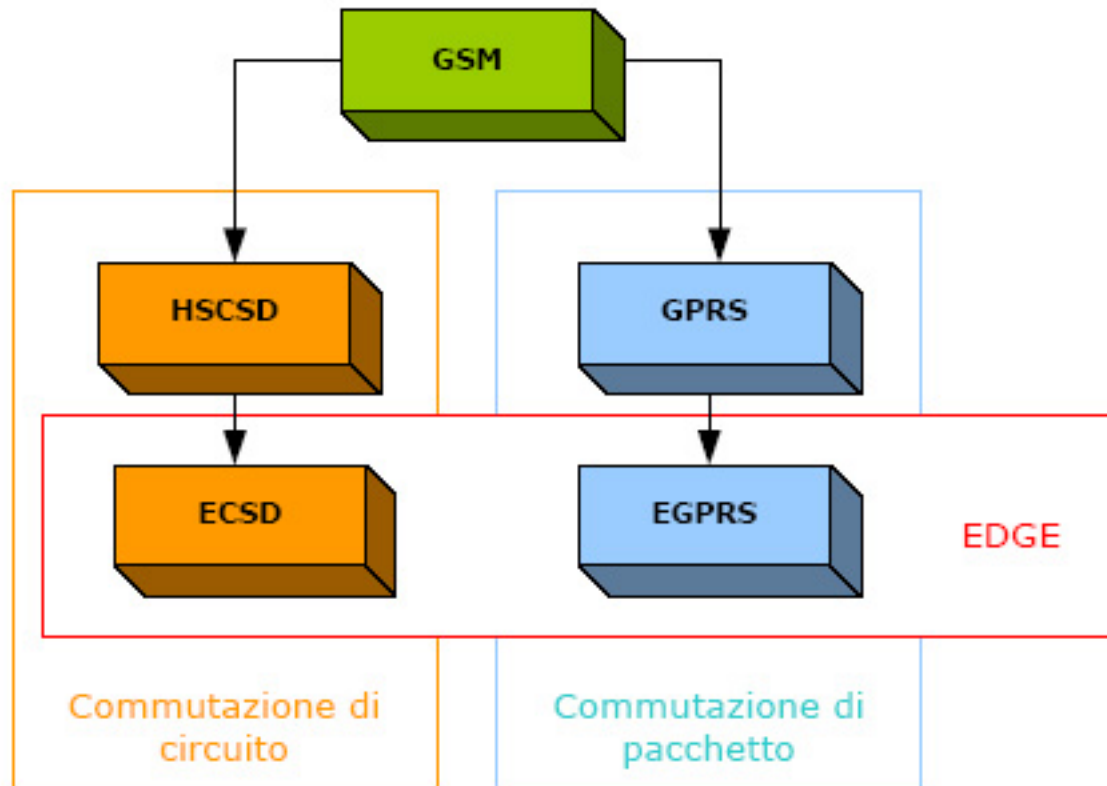


Gestione della mobilità

- ✓ 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 stand-by effettua un aggiornamento tutte le volte che cambia RA
- ✓ Se è idle invece effettua le normali procedure in base ad LA



L'evoluzione del GSM



ECSD:
(Enhance Circuit Switched Data)

EGPRS:
(Enhance GPRS)



Introduzione

- ✓ L'EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) è una tecnologia che rappresenta un'evoluzione:
 - del HSCSD per quanto riguarda la commutazione di circuito.
 - del GPRS per quanto riguarda la commutazione di pacchetto.
- ✓ Dal GPRS, l'EGPRS eredita l'impronta volta a fornire un accesso ad Internet di tipo wireless
- ✓ L'innovazione introdotta **non** riguarda il core network o i canali logici adoperati del GPRS, ma piuttosto la sua interfaccia radio.



Introduzione

- ✓ Rispetto al GSM si ha un utilizzo efficiente delle risorse radio, realizzato attraverso una condivisione multipla del canale che consente:
 - Una **condivisione dello stesso time slot** in condizioni di bassa velocità di trasmissione.
 - **L'aggregazione di più time slot** per ciascun utente in condizioni di maggiore velocità media di trasmissione.



Introduzione

PARAMETER	DETAILS
Multiple Access Technology	FDMA / TDMA
Duplex Technique	FDD
Channel Spacing	200 kHz
Modulation	GMSK, 8PSK
Slots per channel	8
Frame duration	4.615 ms
Latency	Below 100 ms
Overall symbol rate	270 k symbols / s
Overall modulation bit rate	810 kbps
Radio data rate per time slot	69.2 kbps
Max user data rate per time slot	59.2 kbps (MCS-9)
Max user data rate when using 8 time slots	473.6 kbps **



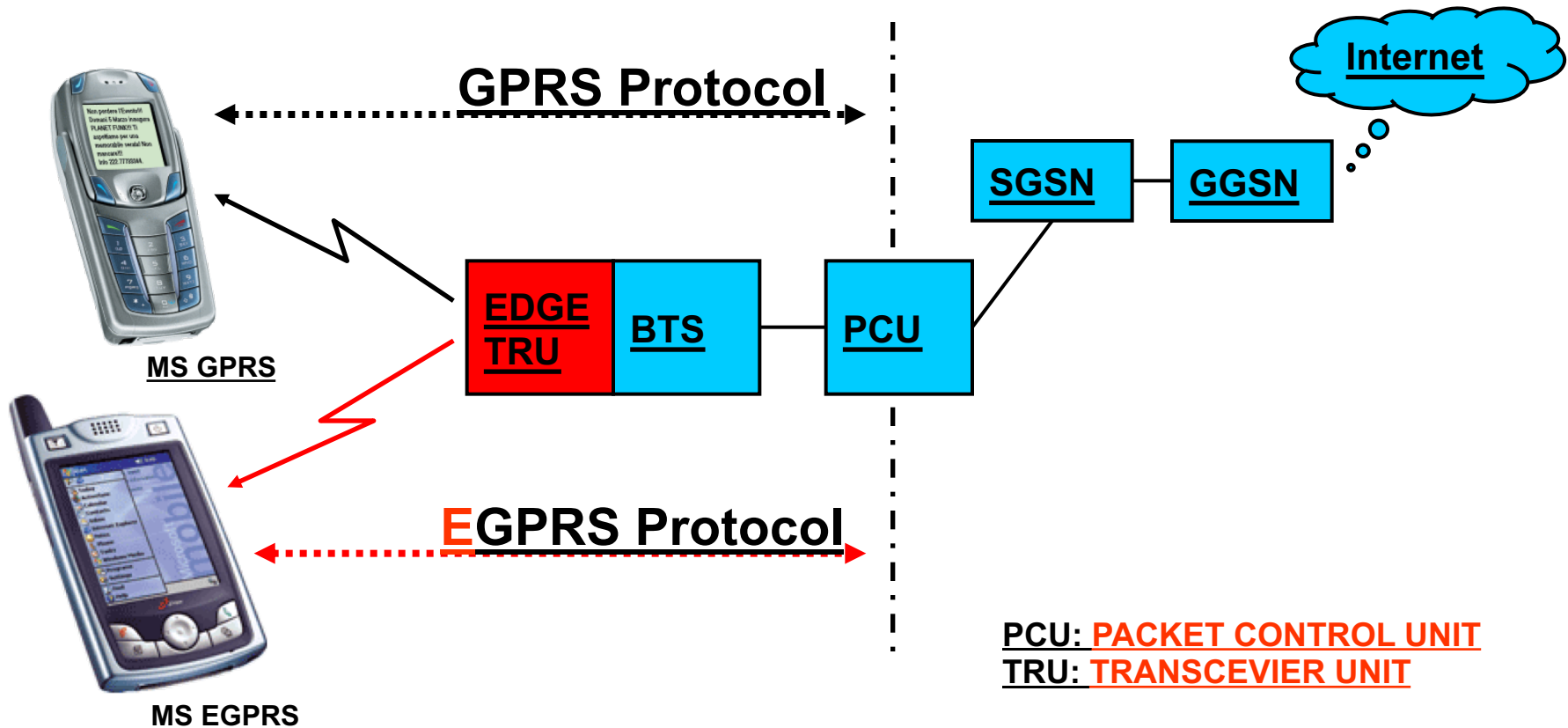
Modifiche nella topologia della rete

- ✓ L'introduzione del GPRS richiede **modifiche hardware marginali** nella rete di accesso radio:
 - Il GPRS infatti necessita principalmente di aggiornamenti software per inserire i nuovi protocolli richiesti a livello logico
 - Per la parte radio il servizio GPRS può riutilizzare i siti, le antenne, le *BTS (Base Transceiver Station)* e i *BSC (Base Station Controller)* già operativi per il sistema GSM.
- ✓ **L'EGPRS** richiede invece adeguamenti hardware necessari per via dell'introduzione di un **nuovo tipo di modulazione**.



Modifiche nella topologia della rete

- ✓ L'unità di ricetrasmmissione EGPRS deve essere aggiunta in ogni cella.





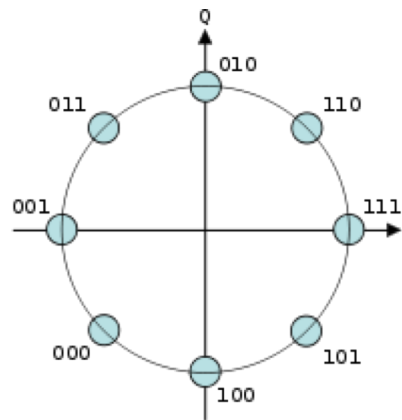
Modifiche nella topologia della rete

- ✓ Le modifiche a livello di BSC si limitano al solo aspetto software (uguali a quelle del GPRS) e all'implementazione dei protocolli della tratta radio.
- ✓ L'unico impatto HW riguarda la Base Station (BTS) che è dotata di una nuova unità transceiver in grado di supportare un nuovo tipo di modulazione: la 8-PSK
- ✓ La nuova unità inoltre è compatibile con le unità transceiver standard in modo da permettere il passaggio graduale ad EDGE



Modifiche nella topologia della rete

- ✓ L'utilizzo della 8-PSK avviene lasciando inalterate la struttura del canale e la spaziatura tra le portanti permettendo così una completa compatibilità con le funzionalità del GPRS basato su GSM classico (GMSK su FDMA/TDMA).
- ✓ La sua adozione permette notevoli vantaggi in termini di prestazioni e quindi di servizi disponibili senza di fatto avere un notevole impatto sulla preesistente rete GSM/GPRS.





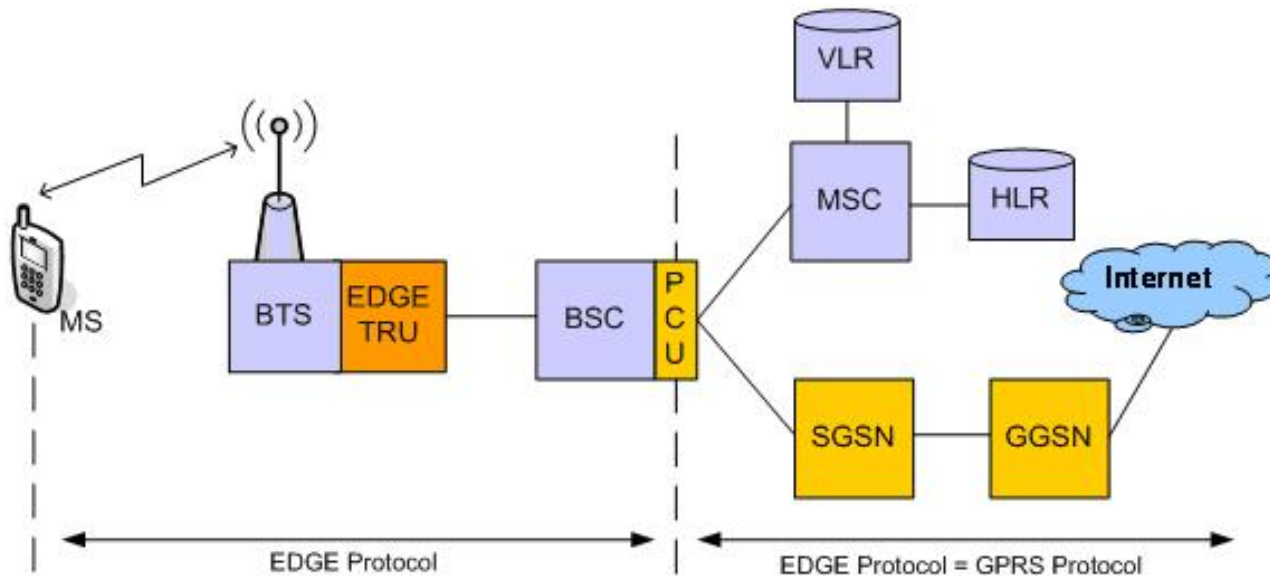
Modifiche nella topologia della rete

- ✓ Per usufruire della funzionalità EGPRS è necessario tuttavia l'uso di un terminale mobile che supporti la modulazione 8-PSK Shifted.
- ✓ EGPRS non modifica il formato del burst, che risulta però costituito da **simboli** invece che da bit. Un normal burst comprende perciò un campo informativo di $2 \times 57 = 114$ **simboli**. La capacità informativa di un normal burst risulta così pari a $114 \times 3 = 342$ bit.
- ✓ E' importante sottolineare che l'utilizzo della 8-PSK è limitato al **solo traffico dati**.



Nuovi dispositivi Rete EGPRS

- ✓ Per quanto riguarda la rete di transito fissa, l'(E)GPRS ha bisogno rispetto alla rete GSM di tre nuove entità

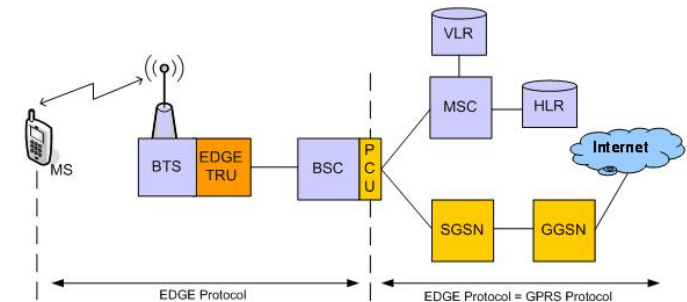




Nuovi dispositivi Rete EGPRS

✓ SGSN (Serving GPRS Support Node)

- è il nodo di riferimento per il terminale mobile.
- è deputato a trasferire i pacchetti verso il BSC di destinazione e ad eseguire le procedure per la registrazione in rete, di gestione della mobilità, di allocazione delle chiavi di cifratura e di autenticazione dell'utente GPRS.



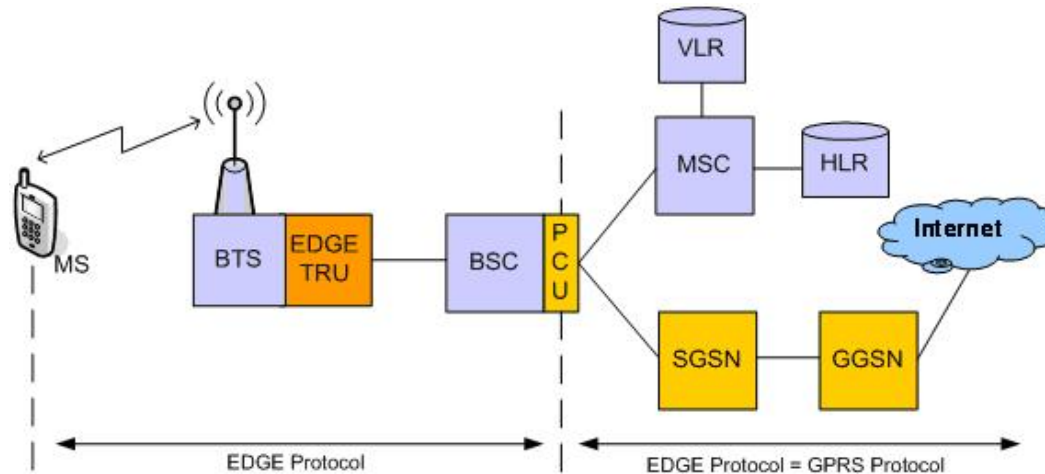
✓ GGSN (Gateway GPRS Support Node)

- è il nodo a cui si accede da una rete a pacchetto esterna oppure dal sistema GPRS di un'altra rete mobile a pacchetto
- contiene le informazioni di instradamento per ogni utente che sta effettuando una sessione dati in rete



Nuovi dispositivi Rete EGPRS

- ✓ *PCU (Packet Control Unit)*, le principali funzioni svolte sono:
 - Gestione della rivelazione e correzione degli errori (ARQ), con invio di riscontri (ACK/NACK), bufferizzazione e ritrasmissioni.
 - è di solito posta nel BSC (integrata in esso o come apparato aggiuntivo ad esso collegato), anche se in linea di principio può essere collocata anche nella BTS o in ingresso a un GSN.





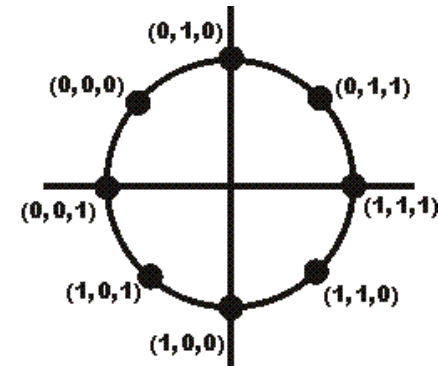
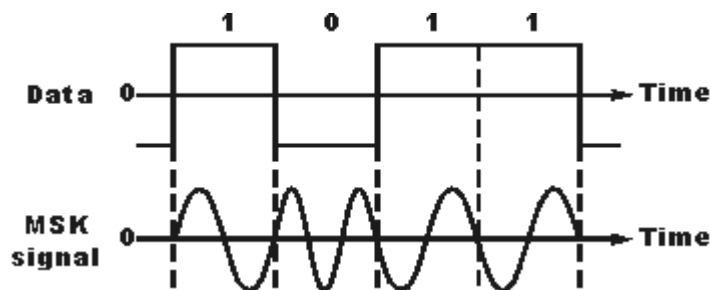
Classi di Terminali

- ✓ Sono previste due classi di terminali per la tecnologia EDGE:
 - alla prima classe appartengono i terminali che supportano la modulazione 8-PSK solo in downlink;
 - alla seconda classe quelli che la supportano sia in uplink che in downlink.
- ✓ Non bisogna inoltre trascurare il fatto che queste nuove classi di terminali dovranno disporre di un hardware capace di elaborare più velocemente le informazioni da codificare/de-codificare con l'introduzione della 8-PSK.



MODULAZIONE $3\pi/8$ Shifted PSK

- ✓ Lo schema di modulazione utilizzato nel sistema GSM/GPRS è il GMSK, con questo metodo il simbolo trasmesso ha un contenuto informativo pari a **un bit**.



- ✓ La trasmissione di un bit sul piano I/Q può essere immaginata come una rotazione di 90° in senso orario o antiorario a seconda che si debba trasmettere uno 0 / 1 logico.
- ✓ La modulazione adottata nell'EGPRS permette di triplicare il contenuto informativo associato al simbolo trasmesso grazie all'utilizzo di una 8-PSK shifted.



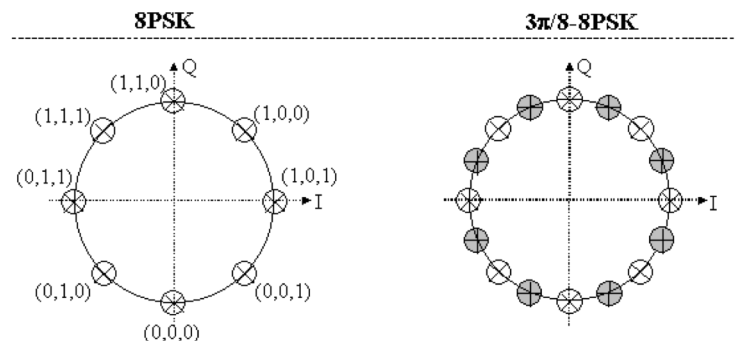
$3\pi/8$ Shifted PSK

- ✓ Questa modulazione si differenzia dalle standard PSK per la rotazione della costellazione ad ogni simbolo trasmesso.
- ✓ L' 8-PSK shifted rimane comunque una modulazione di fase che ammette per il segnale modulato 8 possibili fasi (8 stati o simboli), a ciascuno dei quali sono associati 3 bit
- ✓ rispetto alla modulazione GMSK, è così possibile aumentare l'efficienza spettrale e triplicare il bit rate a parità di banda occupata.
- ✓ **Nell'implementazione pratica di una modulazione 8-PSK, sorge un problema durante la fase di trasmissione dovuto all'alternanza di simboli in controfase**



$3\pi/8$ Shifted PSK

- ✓ Immaginiamo di avere la costellazione sul piano I/Q composta da 8 punti, corrispondenti alle diverse posizioni angolari del vettore che rappresenta il segnale portante.
- ✓ Quando si passa tra i 2 punti della costellazione distanti π , la traiettoria del vettore attraversa l'origine, determinando così un annullamento della portante emessa.
- ✓ In questo caso un modulatore I-Q reale, nel passare da uno stato all'altro, dovrebbe interdursi per un istante e fornire subito dopo un segnale avente fase differente dalla precedente di π .



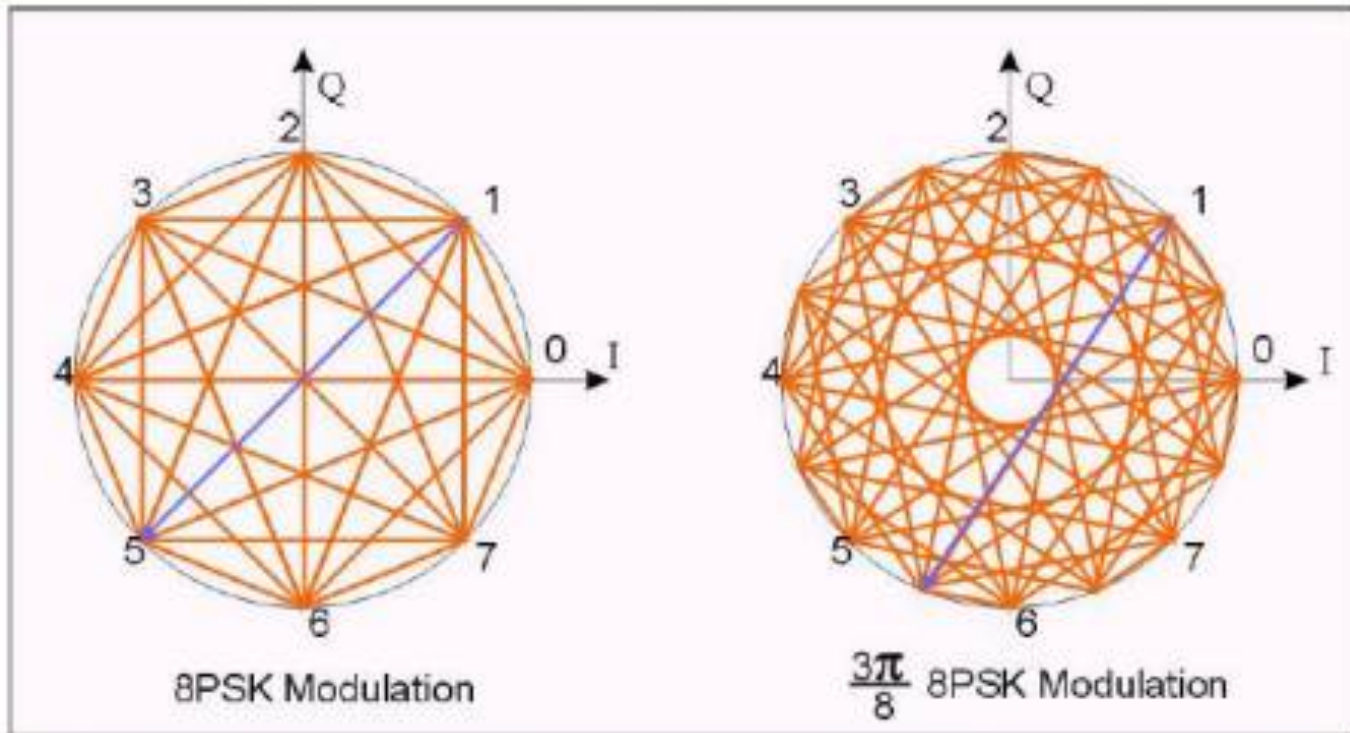


$3\pi/8$ Shifted PSK

- ✓ Ciò comporta dei transitori che generano frequenze spurie, le quali causano un allargamento dello spettro.
- ✓ Poiché i vincoli spettrali sono molto stringenti, non è possibile accettare tutto questo, per cui è necessario utilizzare una modulazione che non preveda traiettorie passanti per l'origine.
- ✓ Ciò può essere ottenuto impiegando alternativamente due costellazioni 8-PSK, una ruotata di $3\pi/8$ (67.5°) rispetto all'altra, in modo da ovviare a questo inconveniente.

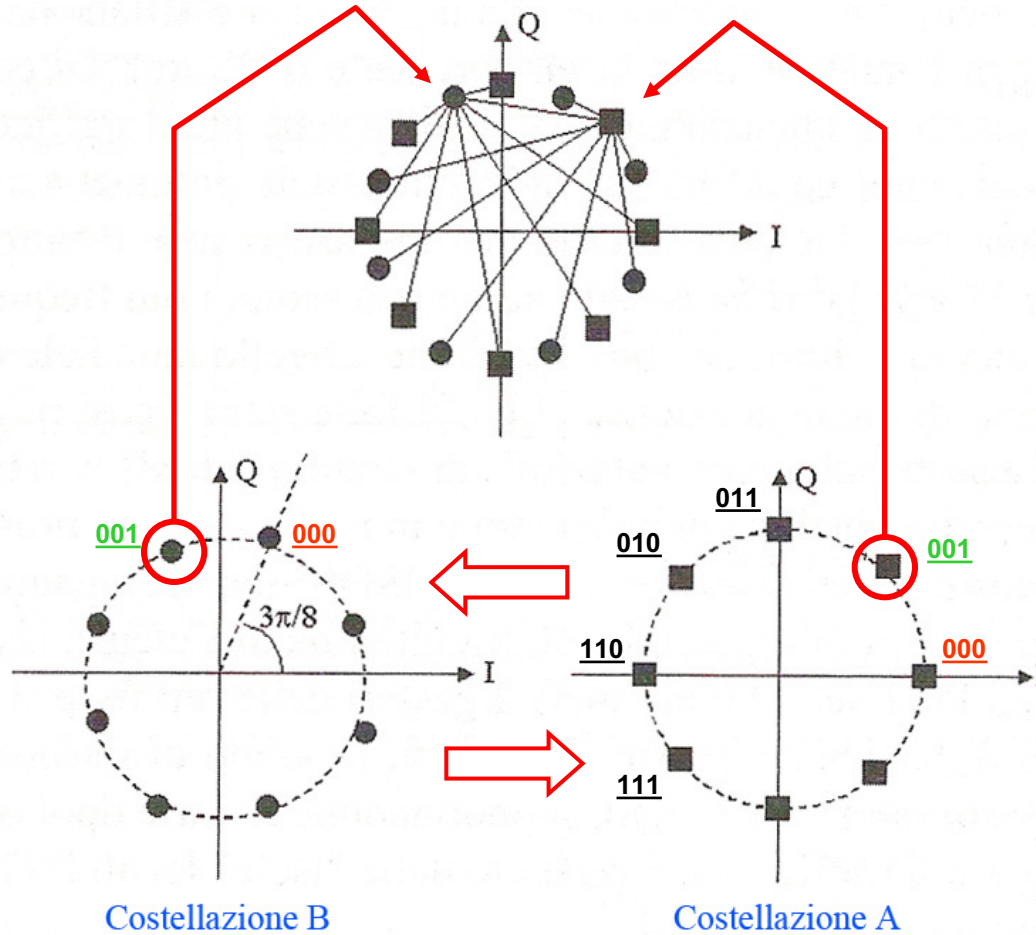


$3\pi/8$ Shifted PSK



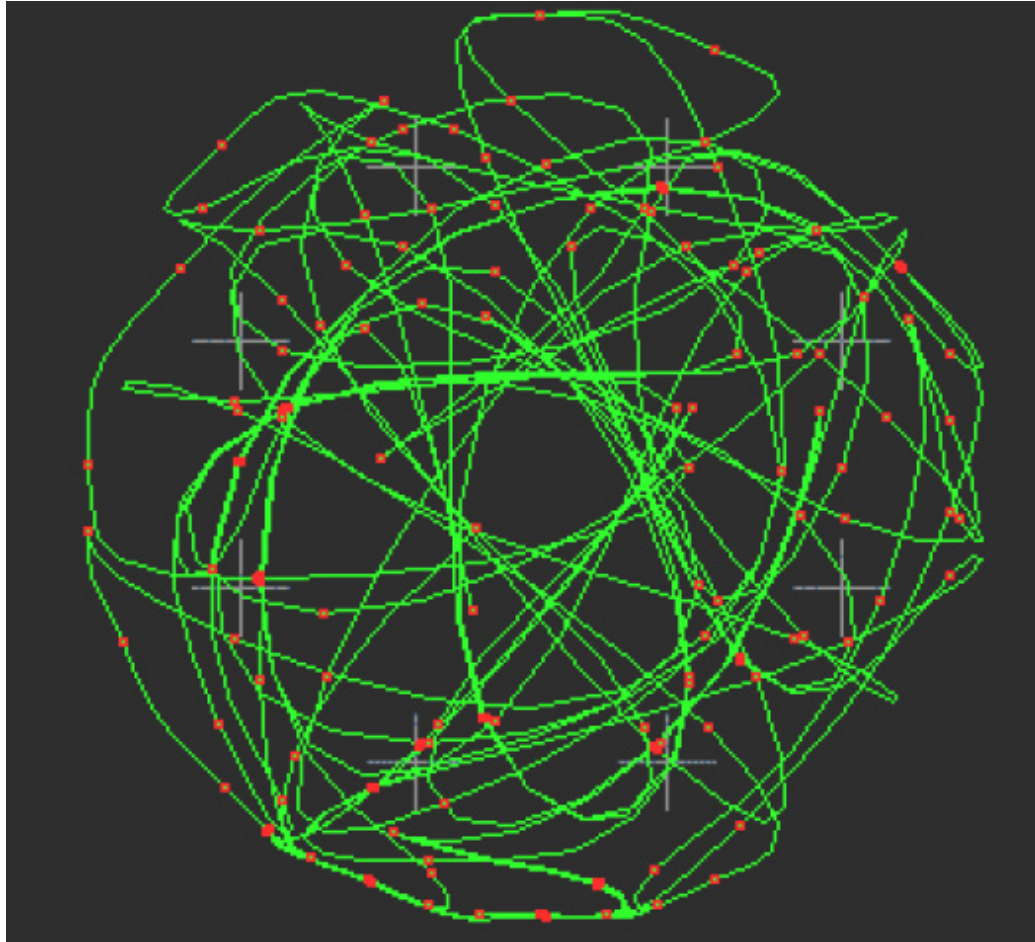


$3\pi/8$ Shifted PSK





$3\pi/8$ Shifted PSK





Schemi di codifica

- ✓ La codifica di canale adoperata degli **schemi di codifica detti MCS (Modulation and Coding Scheme)** nei quali si inseriscono dei bit di ridondanza in fase di trasmissione.
- ✓ Questi serviranno in ricezione per rilevare, e/o correggere, eventuali errori avvenuti durante la trasmissione.
- ✓ In funzione dello spazio riservato alla codifica di canale otterremo un certo grado di protezione del messaggio trasmesso
 - la correttezza del messaggio a destinazione dipenderà comunque dal canale radio su cui ci troviamo a trasmettere.

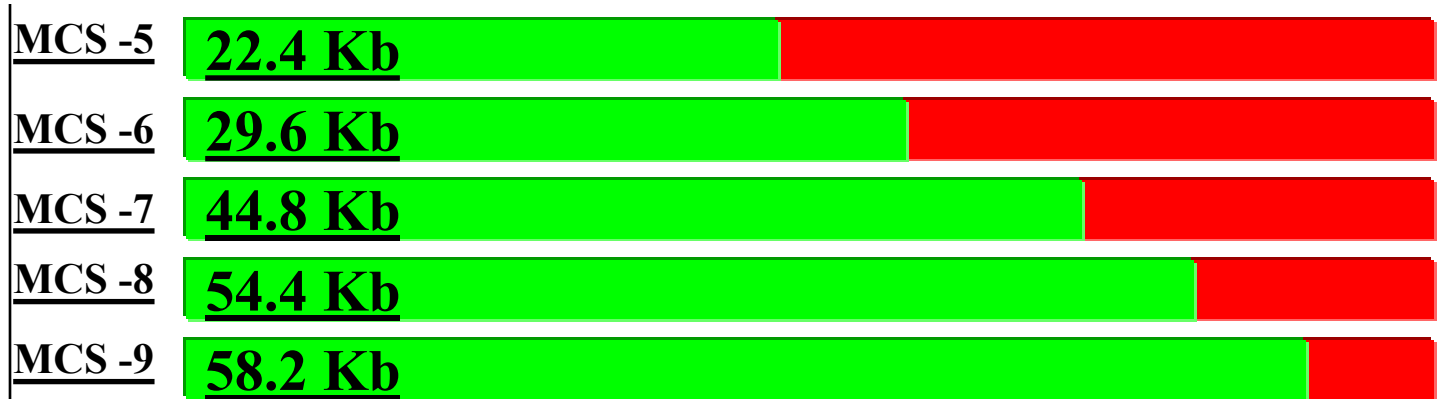


Schemi codifica EGPRS

GMSK



8-PSK





Schemi codifica

- ✓ Nei primi quattro MCS si utilizza una modulazione GMSK, e sono pertanto più adatti in caso di canale radio “rumoroso”.
- ✓ Nonostante l’utilizzo dello stesso tipo di modulazione GMSK, i primi 4 schemi di codifica dell’EGPRS si differenziano da quelli adoperati nel GPRS



Considerazioni sulla Modulazione

- ✓ In condizioni di canali fortemente disturbati risulta più conveniente l'utilizzo della modulazione e codifica adottati nella GMSK
- ✓ l'EGPRS usa una perciò combinazione dei **due schemi di codifica** e modulazione adattativa al canale **usando il primo o il secondo in funzione delle condizioni del canale radio** di quel momento e cercando sempre di raggiungere il più alto bit rate possibile



Tabella MCS

Scheme	Modulation	Maximum rate [kb/s]	Code Rate	Header Code Rate	Blocks per 20 ms	Family
MCS-9	8PSK	59.2	1.0	0.36	2	A
MCS-8		54.4	0.92	0.36	2	A
MCS-7		44.8	0.76	0.36	2	B
MCS-6		29.6	0.49	1/3	1	A
MCS-5		22.4	0.37	1/3	1	B
MCS-4	GMSK	17.6	1.0	0.53	1	C
MCS-3		14.8	0.80	0.53	1	A
MCS-2		11.2	0.66	0.53	1	B
MCS-1		8.8	0.53	0.53	1	C



Blind Detection

- ✓ L'alternanza della 8-PSK (shifted) con la GMSK può determinare l'incapacità, da parte del ricevitore, di capire che tipo di modulazione sia stata adoperata per trasmettere un pacchetto dati immediatamente successivo a quello appena ricevuto.
- ✓ Questo è un grave problema che non è possibile risolvere semplicemente guardando l'header del MCS proprio perché la sua stessa lettura prevede prima la conoscenza del tipo di modulazione adoperata. Per ovviare a questo problema si ricorre ad una operazione detta: "Blind Detection".
- ✓ Per poterla realizzare si inserisce all'interno del burst una sequenza di bit ("training sequence") che permette di identificare l'invio di due simboli con una variazione di fase di $3\pi/8$.



Blind Detection

✓ Successivamente

1. i simboli passano attraverso un filtro gaussiano, in maniera tale che il segnale risultante sia simile ad un segnale GMSK.
2. il ricevitore può perciò analizzare il segnale sul canale valutandone le variazioni di fase.
3. se le variazioni di fase sono di $\pi/2$ viene rilevata la modulazione GMSK, altrimenti risulterà evidente che la modulazione adoperata è la 8-PSK.
4. la training sequence è utilizzata anche per stime del canale e per realizzare operazioni di sincronizzazione.



Controllo di flusso

- ✓ Ogni volta che la trasmissione di un pacchetto non va a buon fine, il sistema lo **ritrasmette** con uno **schema di codifica più robusto**, riducendo in tal modo il rischio che anche la ritrasmissione non abbia successo.
- ✓ Tutto questo è possibile perché EGPRS possiede la funzione di ri-segmentazione dei dati, che non era disponibile per GPRS



Controllo di flusso

- ✓ L'operazione di ri-trasmissione nell'EGPRS non può avvenire adoperando un qualunque schema di codifica.
- ✓ Tali schemi risultano suddivisi in famiglie, caratterizzate ciascuna da un'unità di payload di base (costituita da un certo numero di otteti).
- ✓ La ri-trasmissione viene effettuata quindi solo con una **codifica della stessa famiglia**.



Link Adaptation

- ✓ La funzione di **Link Adaptation** elabora i dati raccolti tramite specifiche **operazioni di misura** e decide con quale schema di codifica trasmettere la successiva sequenza di pacchetti.
- ✓ Le misure vengono raccolte in uplink direttamente dalla BTS e in downlink dalla MS che le invia successivamente alla BTS per l'elaborazione.
- ✓ Il nuovo codice si adopera per la ri-trasmissione dei pacchetti non trasmessi correttamente sia per la trasmissione dei nuovi.



Link Adaption

- ✓ Le operazioni di misura in un sistema **GPRS** sono effettuate solo durante i **bursts idle**.
- ✓ Nell' **EGPRS** invece le misure sono effettuate **su ogni singolo burst** e portano ad una stima del BER (*Bit Error Rate*) dalla quale otteniamo indirettamente informazioni sullo stato attuale del link radio relativamente al valore di C/I (carrier to interference), di dispersione del segnale e di velocità della stazione mobile.



Incremental Redundancy

✓ GPRS

- ARQ
- Dati suddivisi in blocchi + codifica convoluzionale co bit di ridondanza
- Aggiunta di un header, un trailer e un **campo** di controllo **CRC** che permette in ricezione di verificare l'integrità dei dati decodificati.
- Controllo = applicare in Tx un algoritmo per calcolare un valore (Checksum) da inserire nel campo CRC.

✓ EGPRS

- ARQ Ibrido (incremental redundancy)
- Miglioramento del meccanismo del GPRS
- Il pacchetto dati che non è stato correttamente trasmesso **non viene scartato**, ma viene tenuto in memoria nel ricevitore.



Incremental Redundancy

✓ GPRS

- Una volta decodificati i dati il ricevitore calcola la Checksum adoperando il medesimo algoritmo usato in trasmissione.
- A questo punto si esegue il confronto tra il valore calcolato e quello ricevuto. Se i due valori non sono uguali i dati ricevuti sono considerati corrotti e quindi scartati. Dopodiché il ricevitore richiede la ri-trasmissione del pacchetto precedentemente inviato.

✓ EGPRS

- La ri-trasmissione avviene con dei bit di ridondanza diversi rispetto a quelli usati precedentemente.
- Si invia un'informazione aggiuntiva che il ricevitore combina con quella precedentemente memorizzata aumentando in tal modo la probabilità di successo della trasmissione.



Prestazioni

- ✓ Con il GPRS il massimo “user throughput” raggiungibile è di **20 Kb/s per time slot** (la massima capacità netta teoricamente raggiungibile con **8 TS è di 160 Kb/s**).
- ✓ In **EGPRS** si possono raggiungere, con lo schema di codifica MCS-9 , una capacità netta teorica di 59.2 Kb/s per TS (dunque con 8 TS si può arrivare teoricamente a **473.6 Kb/s**).
- ✓ Con questo bit rate (che può essere mantenuto al di sotto dei 100 Km/h) sono possibili servizi come **Web Browsing, E-mail, trasmissione video multicast ecc.**