

Capítulo 7: Sistema GPRS

Sistema GPRS

1. Origen del GPRS.
2. Arquitectura de la red GPRS.
3. Interfaz radio. Canales físicos y lógicos.
Estructura TDMA.
4. Métodos de codificación.
5. Protocolos. Gestión de recursos radio, de movilidad y de sesión.
6. Planificación.

1. Origen del GPRS

Origen de GPRS

“General Packet Radio Service”

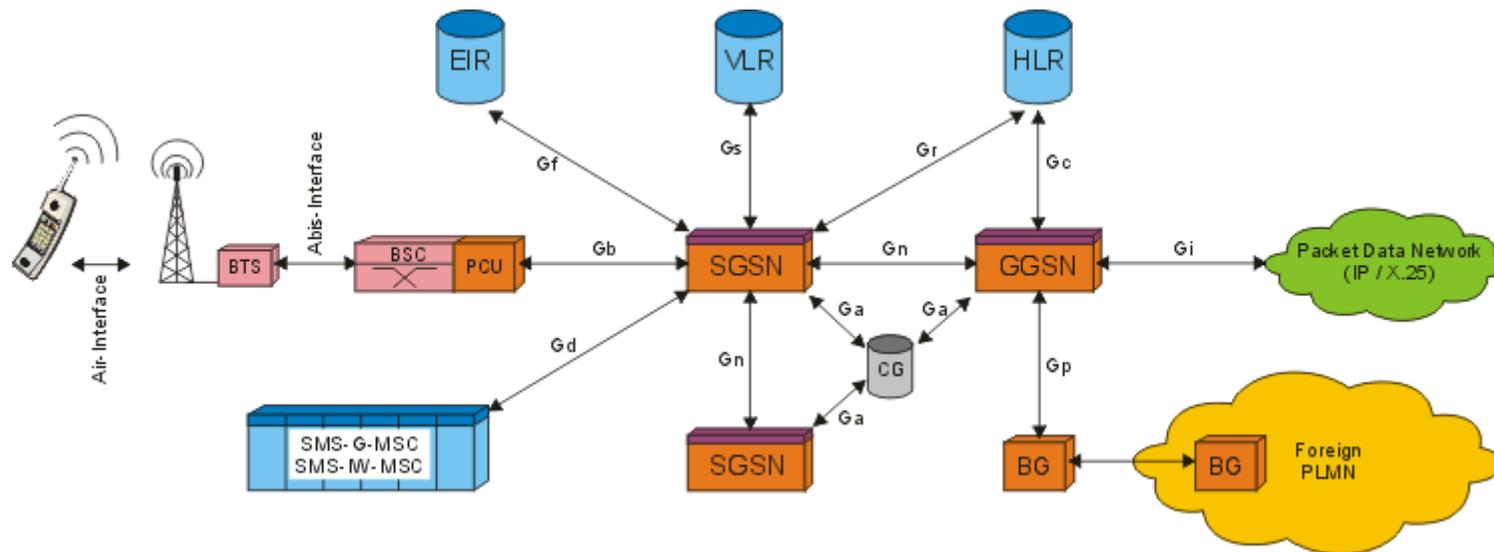
- Evolución del sistema GSM para transmisión de datos a ráfagas, mediante conmutación de paquetes.
- Definido por ETSI/3GPP como parte de la fase 2+ de especificaciones GSM.
- Generación “2,5”.

Características generales de GPRS

- Red de conmutación de paquetes
- Se aprovecha gran parte de la estructura de red GSM
- Reserva flexible de canales radio
- Adecuado para tráfico a ráfagas
- Requiere cambios en la red:
 - Terminal móvil: compatible con GPRS (todos actualmente)
 - Red fija: no requiere cambios *hardware* en las BTS; sí en los BSC y en el núcleo de red.
- Velocidad de hasta 21,4 kbps por intervalo.

2. Arquitectura de la red GPRS

Arquitectura de red GPRS: entidades funcionales e interfaces



Elementos nuevos en GPRS:

- PCU: Packet Control Unit. Forma parte del BSC. Gestiona las funciones relacionadas con la transmisión de paquetes en la interfaz radio.
- SGSN: Serving GPRS Support Node. Nodo de conmutación de paquetes.
- GGSN: Gateway GPRS Support Node. Nodo de conmutación de paquetes con funciones de interconexión con otras redes de datos.
- BG: Border Gateway. Interconexión con otras PLMN's.
- Móvil: debe ser compatible con GPRS.

Área de encaminamiento (RA)

- El área de encaminamiento (*Routing Area*, RA) es análoga al área de localización (LA) de GSM.
- Una RA es un subconjunto de la LA.
- Su introducción se debe a la mayor cantidad de mensajes de aviso que es necesario enviar en GPRS, debido a la naturaleza a ráfagas del tráfico y a la gestión de los canales.
- Cada RA se identifica:
 - Dentro de la LA: RAC (*RA Code*) (8 bits)
 - Globalmente: RAI (*RA Identification*) = (MCC,MNC,LAC,RAC)

Identidad temporal de usuario

- En GPRS se utiliza como identidad temporal de usuario el P-TMSI (*Packet* TMSI).
- Es análogo al TMSI de GSM.
- Tiene la misma estructura que el TMSI: 32 bits.
- Los dos bits más significativos son “1”.

3. Interfaz radio. Canales físicos y lógicos. Estructura TDMA.

Interfaz radio GPRS: características

- Utiliza la interfaz radio de GSM, con algunas modificaciones:
 - Pueden asignarse de forma dinámica los canales que deje libres GSM
 - De 1 a 8 intervalos simultáneamente
 - Recursos en UL y DL independientes
 - Un canal sólo se asigna cuando se transmite o recibe (en GSM se asigna de forma permanente durante toda la llamada).
- Las diferencias no afectan a la forma de las señales transmitidas (modulación, estructura de trama TDMA, estructura de ráfagas).
- Se utilizan nuevos métodos de codificación de canal (*Coding Schemes*, CS), que se seleccionan dinámicamente, en función de las condiciones del enlace.
- Se define, tanto para información de tráfico como para señalización, un protocolo de retransmisión (ARQ) con ventana deslizante. Al haber retransmisiones, se trabaja con BLER altas (en torno al 10%).

Tipos de terminales móviles

- En función de la posibilidad de conexión simultánea GSM-GPRS:
 - Clase A: permite conexiones simultáneas GPRS y GSM
 - Clase B: puede registrarse y estar en modo desocupado en GSM y GPRS simultáneamente, pero no permite conexiones simultáneas GSM y GPRS.
 - Clase C: Se registra en GPRS o en GSM de forma no simultánea
- En función del número de intervalos de transmisión y de recepción

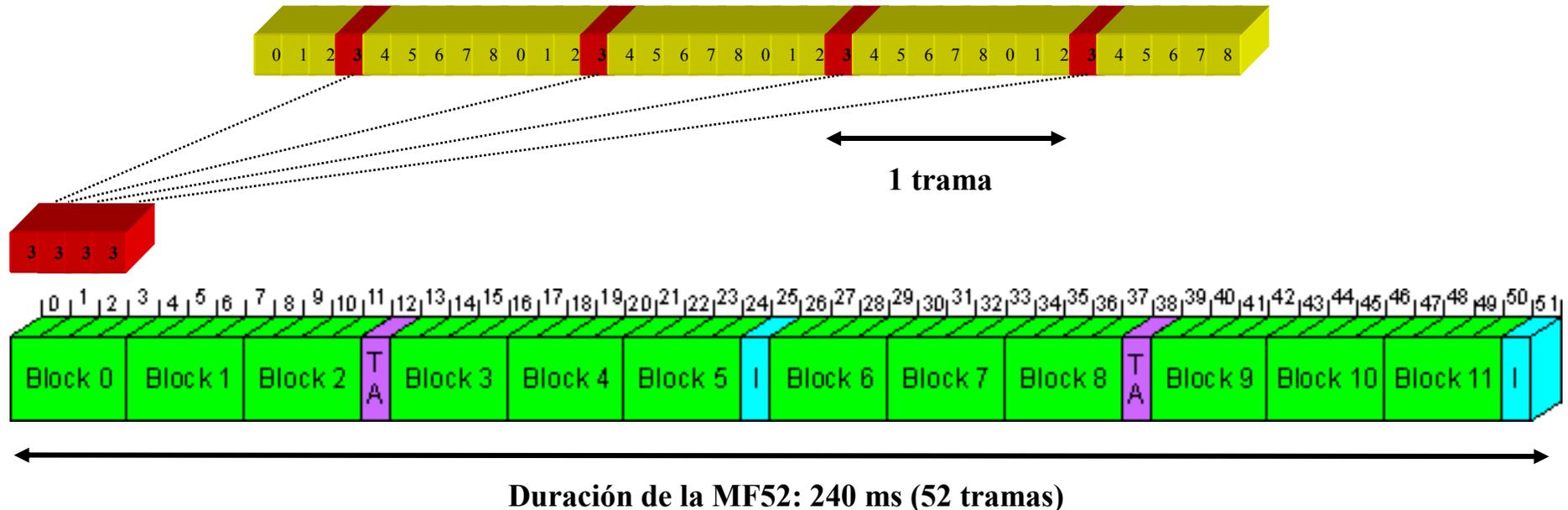
Multislot Class	DL Slots	UL Slots	Active Slots
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5
...

Actualmente hay terminales hasta clase 12. Las clases superiores exigen transmisión y recepción simultáneas, lo cual complica el diseño.

Canal físico: PDCH

- Se denomina “PDCH” al canal físico utilizado en GPRS. Puede ser:
 - un intervalo en una frecuencia
 - un intervalo que va cambiando de frecuencia (FH)
- El PDCH se define en un sentido de transmisión: UL o DL.
- El PDCH puede ocupar cualquier intervalo de las portadoras GSM, de manera estática o dinámica.
- El PDCH contiene varios canales lógicos, según una estructura de multitrama de 52 tramas: MF52.

Multitrama MF52. Bloque radio.



- Se denomina “bloque radio” a un conjunto de 4 intervalos correspondientes al mismo canal físico en tramas consecutivas.
- La MF52 consta de 12 bloques radio y 4 tramas reservadas para otros usos.
- Cada canal lógico se define mediante los bloques radio o las tramas que utiliza dentro de la MF52.
- En la MF52 existe en promedio un bloque radio cada 20 ms ($240 \text{ ms} / 12$).

Canales lógicos

- PBCCH (DL):
Análogo al BCCH de GSM
- PPCH (DL):
Análogo al PCH de GSM
- PRACH (UL):
Análogo al RACH de GSM
- PAGCH (DL):
Análogo al AGCH de GSM
- PDTCH (UL o DL): *Packet Data Traffic Channel*:
Canal dedicado de tráfico.
- PACCH (UL y DL): *Packet Associated Control Channel*:
Señalización asociada.
- PTCCH (UL y DL): *Packet Timing Advance Control Channel*:
Se usa para el avance temporal.

Los canales PBCCH, PPCH, PRACH y PAGCH son opcionales. Si no existen, se usan los de GSM. Es lo habitual.

Correspondencia de canales lógicos en el PDCH

Hay tres tipos de correspondencia:

1. PBCCH, PCCCH, PDTCH, PACCH, PTCCH
2. PCCCH, PDTCH, PACCH, PTCCH
3. PDTCH, PACCH, PTCCH

Habitualmente se utilizan para GPRS los canales comunes de GSM, por lo que se emplea sólo la correspondencia 3:



T: trama para PTCCH; I: trama libre.

El PACCH no tiene bloques radio reservados.

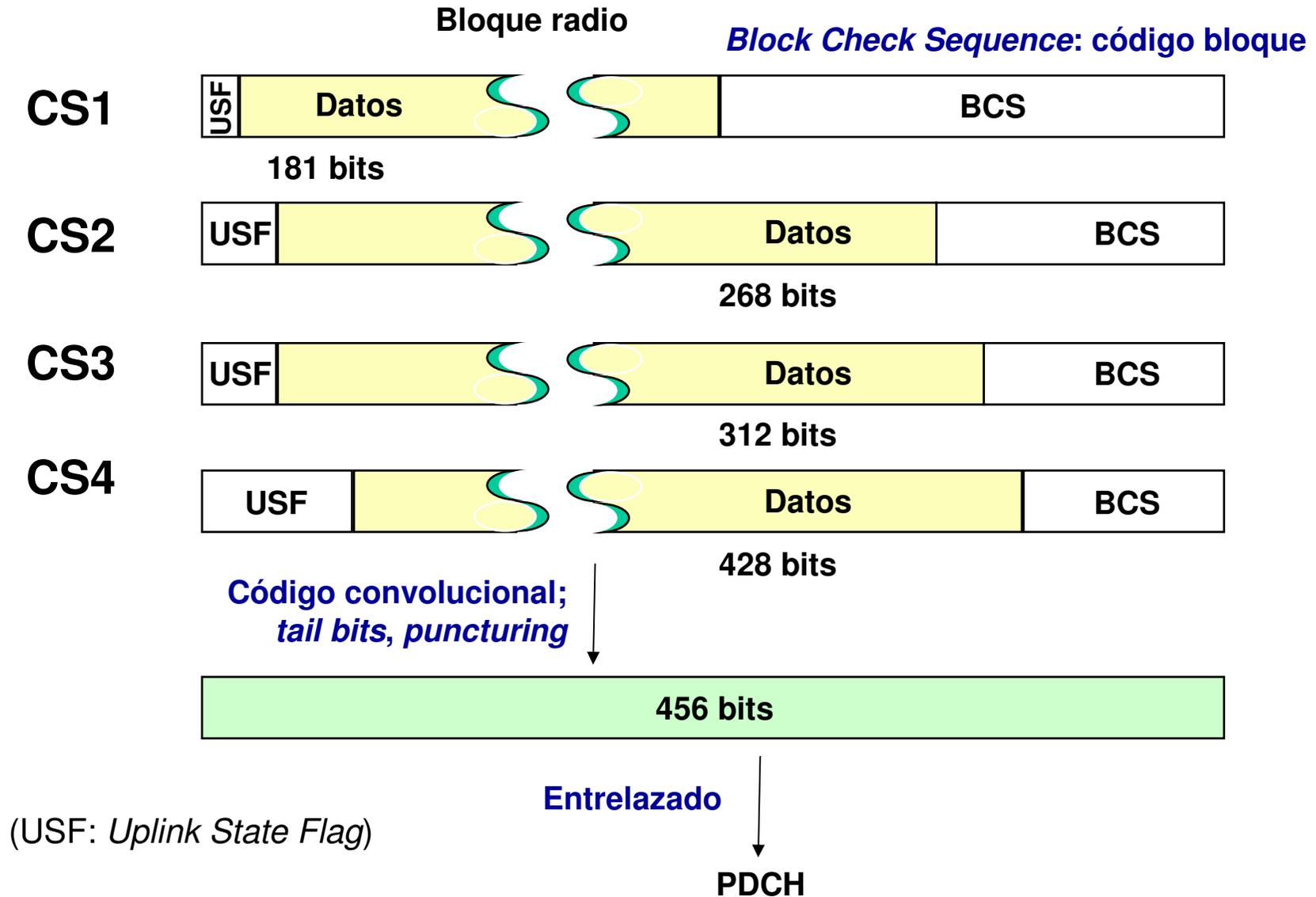
Ejemplo: DL de portadora baliza GSM con GPRS

- 0: Señalización común GSM (descombinada); y señalización GPRS.
- 1: SDCCH (8 canales) de GSM.
- 2-4: TCH/F de GSM con sus SACCH y FACCH.
- 5-6: PDTCH de GPRS con sus PACCH y PTCCH.

n° TDMA	0	1	2	3	4	5	6	7
0	FCCH	D0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
1	SCH	D0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
2	BCCH	D0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
3	BCCH	D0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
4	BCCH	D1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
5	BCCH	D1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
6	CCCH	D1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
7	CCCH	D1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
8	CCCH	D2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
9	CCCH	D2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
10	FCCH	D2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
11	SCH	D2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
12	CCCH	D3	SACCH	IDLE	SACCH	PTCCH	PTCCH	PTCCH
13	CCCH	D3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
14	CCCH	D3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
15	CCCH	D3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
16	CCCH	D4	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
17	CCCH	D4	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
18	CCCH	D4	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
19	CCCH	D4	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
20	FCCH	D5	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
21	SCH	D5	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
22	CCCH	D5	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
23	CCCH	D5	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
24	CCCH	D6	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
25	CCCH	D6	IDLE	SACCH	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE
26	CCCH	D6	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
27	CCCH	D6	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
28	CCCH	D7	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
29	CCCH	D7	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
30	FCCH	D7	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
31	SCH	D7	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
32	CCCH	A0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
33	CCCH	A0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
34	CCCH	A0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
35	CCCH	A0	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
36	CCCH	A1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
37	CCCH	A1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
38	CCCH	A1	SACCH	IDLE	SACCH	PTCCH	PTCCH	PTCCH
39	CCCH	A1	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
40	FCCH	A2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
41	SCH	A2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
42	CCCH	A2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
43	CCCH	A2	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
44	CCCH	A3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
45	CCCH	A3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
46	CCCH	A3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
47	CCCH	A3	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
48	CCCH	IDLE	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
49	CCCH	IDLE	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
50	IDLE	IDLE	TCH	TCH	TCH	PDTCH	PDTCH	PDTCH
51						IDLE	IDLE	IDLE

4. Métodos de codificación de canal

Métodos de codificación de canal (CS)



Velocidad de cada CS

Scheme	Code rate	USF	Pre-coded USF	Radio Block excl. USF and BCS	BCS	Tail	Coded bits	Punctured bits	Data rate kb/s
CS-1	1/2	3	3	181	40	4	456	0	9.05
CS-2	$\approx 2/3$	3	6	268	16	4	588	132	13.4
CS-3	$\approx 3/4$	3	6	312	16	4	676	220	15.6
CS-4	1	3	12	428	16	-	456	-	21.4

- Los valores indicados representan la velocidad binaria “bruta” de fuente (la de canal es 22,8 kb/s, como en GSM).
- Para obtener la velocidad neta o útil (*throughput*) habría que descontar las retransmisiones.

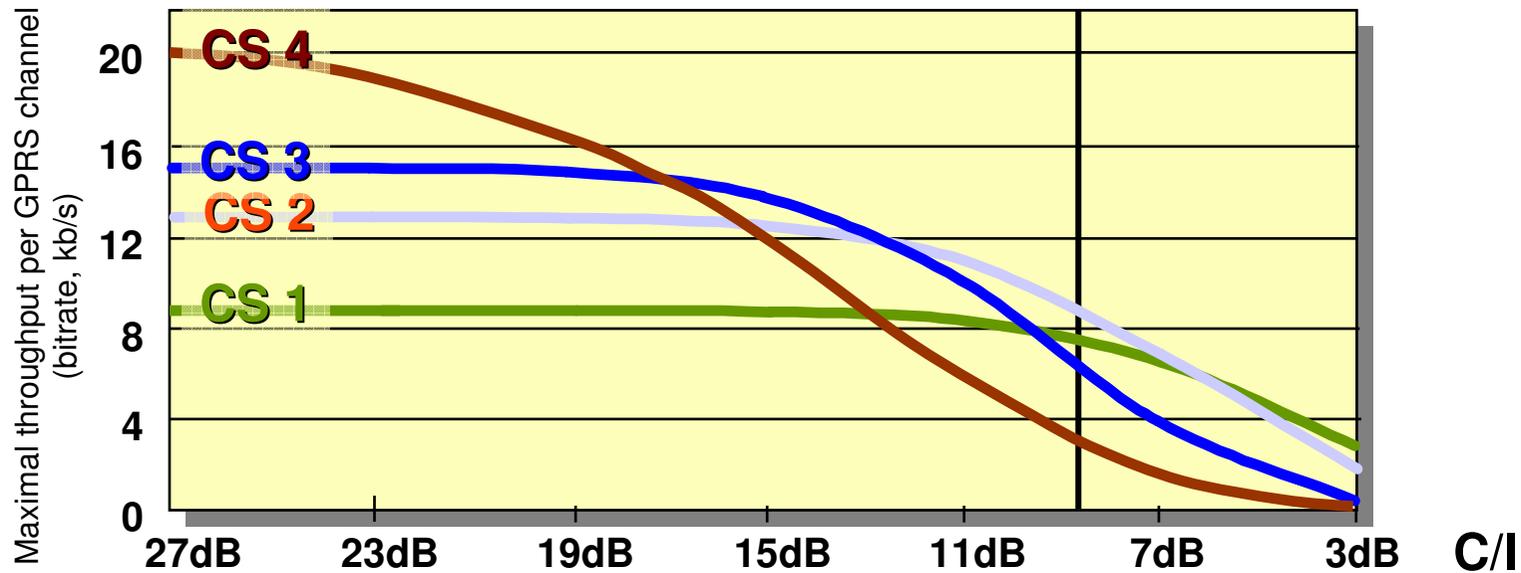
Métodos de codificación de canal

- Los CS representan distintos niveles de corrección de errores. La BCS detecta errores, para posibles retransmisiones.
- El CS1 es el mismo usado en el SACCH de GSM.
- Los móviles deben poder utilizar cualquiera de los 4 métodos de codificación. Para la red sólo es obligatorio el CS1.
- Uso de los CS por canal lógico:
 - En el PDTCH se puede emplear cualquiera de los CS. El CS seleccionado se modifica dinámicamente por decisión de la base.
 - En el PRACH y el PTCCH ascendente, que se transmiten mediante ráfagas de acceso, se utiliza una codificación especial, diferente a los CS.
 - En los demás canales se emplea siempre el CS1 (mayor protección).
- El CS utilizado en cada bloque se indica por medio de los bits SF (*stealing flags*) de las ráfagas.

Velocidad útil para cada CS

- Velocidad útil (*throughput*): bits recibidos correctamente (descontando retransmisiones).
- Compromiso FEC - ARQ

Ejemplo (para unas condiciones de propagación dadas; para otras las curvas pueden variar):

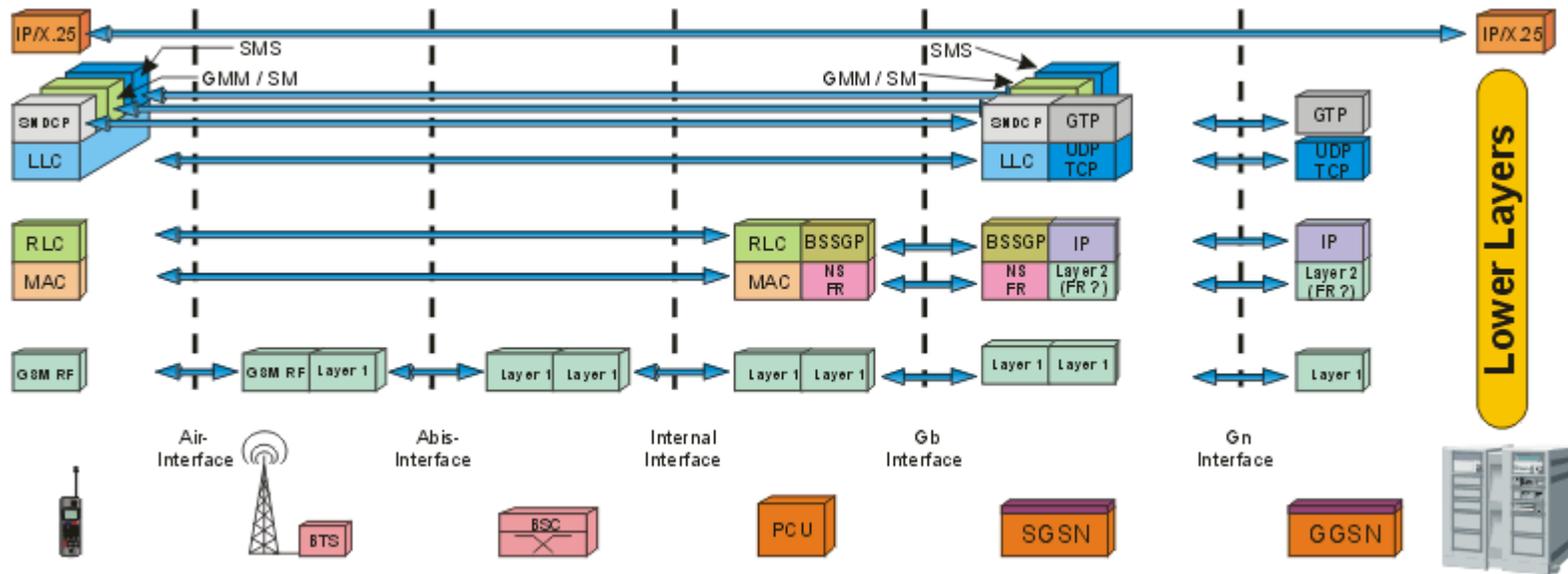


- CS1 permite la conexión en “toda” la zona de cobertura (es el mismo de GSM)
- CS3/CS4 requieren cambios en el interfaz Abis.

5. Protocolos.

Gestión de recursos radio,
de movilidad y
de sesión.

Protocolos GPRS



GSM RF (nivel físico en la interfaz radio): como GSM, salvo codificación de canal

RLC (*Radio Link Control*): gestión de canales, retransmisiones.

MAC (*Medium Access Control*): asignación de canales, multiplexación

GMM (*GPRS Mobility Management*): registro y seguimiento de usuarios

SM (*Session Management*): gestión de sesiones de transmisión de datos

LLC (*Logical Link Control*)

SNDCP (*Subnetwork Dependent Convergence Protocol*)

BSSGP (*BSS GPRS Protocol*)

GTP (*GPRS Tunneling Protocol*)

Estados de movilidad en GPRS

- *Idle*:
 - Usuario **no registrado** (*detached* GPRS).
 - No hay información de localización .
 - El móvil no es alcanzable.
- *Ready*:
 - La red conoce localización del móvil a nivel de **célula**.
 - El móvil puede iniciar una transferencia de paquetes.
- *Standby*:
 - La red conoce localización del móvil a nivel de **RA**.
 - El móvil puede recibir avisos (*paging*)

Estados de conexión en GPRS

- *Packet Idle*:
 - El móvil no tiene canal asignado.
 - Recibe los canales de **señalización común**.
- *Packet Transfer*:
 - El móvil tiene **canal asignado**.
 - Necesariamente se encuentra en estado de movilidad *Ready*.
- *Dual Transfer Mode*:
 - Hay asignados un canal de GPRS y otro de GSM, de forma **coordinada**.
 - Necesariamente se encuentra en estado de movilidad *Ready*.

Modos de transmisión en el nivel RLC

- Existen dos modos:
 - Confirmado (*acknowledged*): los bloques erróneos se retransmiten. Los errores se detectan gracias a la BCS de cada bloque.
 - No confirmado (*non-acknowledged*): los bloques erróneos no se retransmiten. Se usa por ejemplo en el canal PBCCH.
- En modo confirmado se utiliza un método ARQ de ventana deslizante con retransmisión selectiva. El tamaño de la ventana es 64.

Concepto de TBF

- Un *Temporary Block Flow* (TBF) es una conexión física, cuya duración corresponde a la transferencia de datos. Puede ocupar uno o más PDCH, y contiene un cierto número de bloques radio.
- Puede verse también como la utilización que un móvil hace de un canal PDCH durante un tiempo limitado.
- Es unidireccional, es decir, existe en sentido ascendente o descendente (independientes).
- Varios móviles (varios TBF's) pueden compartir un PDCH, multiplexados en el tiempo. El PDCH se dedica a un solo móvil en cada instante.
- Los canales físicos reservados para un TBF (en caso de ser varios) deben ser de la misma frecuencia; o bien del mismo patrón de salto en frecuencia, si se emplea FH.
- El TBF se identifica con un número de 5 bits, *Temporary Flow Identity* (TFI).

Inicio de la comunicación

- TBF UL:
 - El móvil envía una ráfaga de acceso por el PRACH o RACH, y la base asigna un canal por el PAGCH o AGCH.
- TBF DL:
 - Normalmente (estado de movilidad *Standby*) la base envía un aviso por el PPCH o PCH en todas las células de la RA. El móvil responde con una ráfaga de acceso (PRACH o RACH), y la base asigna un canal (PACGH o AGCH).
 - Si la base conoce la célula en la que está el móvil (estado de movilidad *Ready*), envía directamente el mensaje de asignación.

Envío de avisos (*paging*)

En relación con el envío de avisos (*paging*), hay tres modos de funcionamiento (*Network Mode of Operation*, NMO):

- Modo de operación I: La red envía el *paging* GSM bien en el mismo canal para el *paging* GPRS (PPCH o PCH) o bien en un canal de tráfico PDTCH, si hay un TBF establecido. De esta forma el móvil tiene que monitorizar un solo canal para el *paging*.
- Modo de operación II: La red envía el *paging* GSM en el PCH, y éste se utiliza para el *paging* GPRS. El móvil sólo monitoriza un canal de *paging*, pero debe hacerlo también mientras tiene asignado un TBF.
- Modo de operación III: El móvil monitoriza el *paging* GSM en el PCH y el *paging* para GPRS en el PPCH, sin coordinación entre ellos.

Se utiliza principalmente el modo II.

Asignación de TBF DL

- Al móvil se le asignan: una portadora o patrón de salto; uno o varios intervalos; y un TFI.
- Un móvil con un TBF descendente activo debe escuchar todos los bloques en el intervalo o intervalos del TBF, y si el TFI (contenido en la cabecera RLC) es el “suyo”, decodifica el mensaje.
- La compartición del intervalo es **dinámica**: la estación base va decidiendo cómo organizar las transmisiones para los móviles.

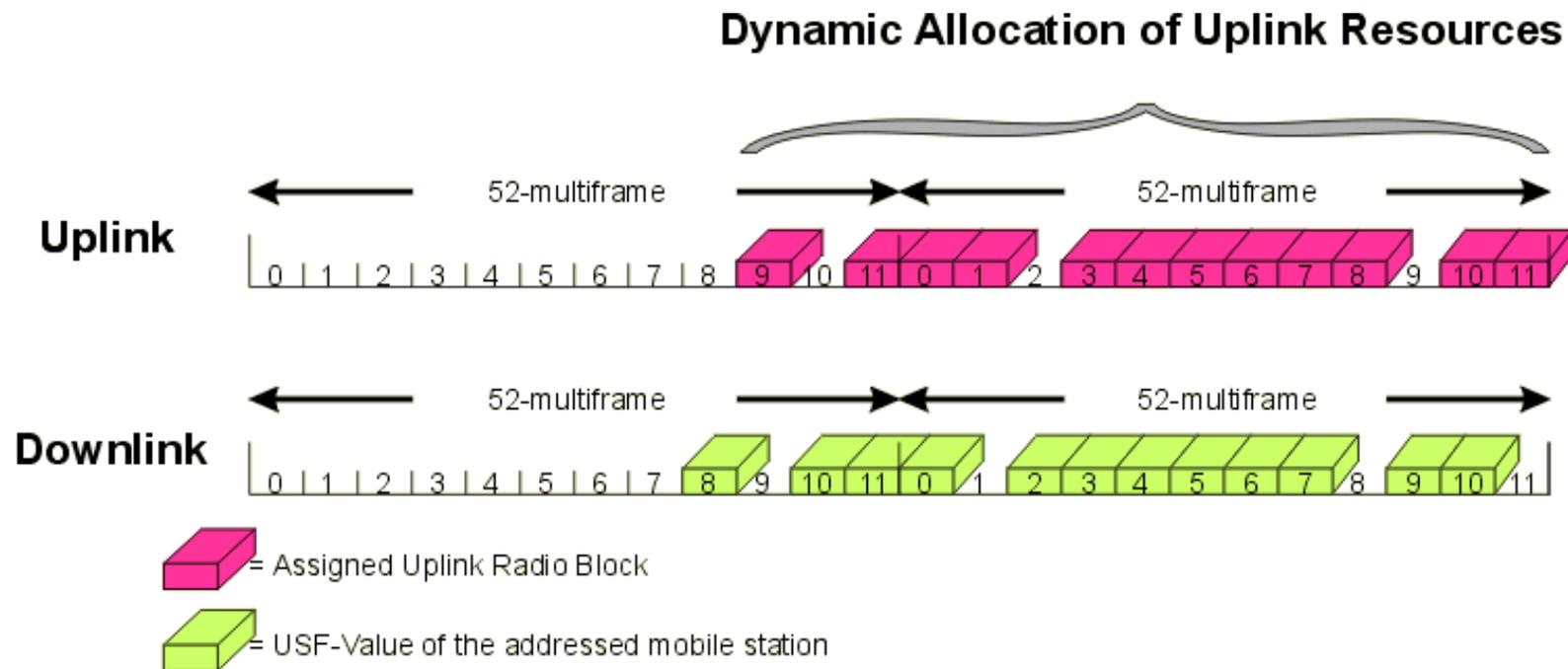
Asignación de TBF UL

Hay varias posibilidades:

1. Asignación fija: se envía al móvil una indicación de los PDCH y bloques radio en que puede transmitir.
2. Asignación dinámica:
 - Se asigna al móvil un PDCH y un parámetro de 3 bits llamado *Uplink State Flag* (USF).
 - El móvil debe escuchar los bloques descendentes. Si el USF (contenido en la cabecera MAC) es el “suyo”, el móvil puede transmitir en los siguientes n bloques.
 - n puede ser 1 ó 4. Se indica en el mensaje de asignación.
3. Asignación dinámica extendida: similar a la dinámica, para TBF con varios PDCH en paralelo.

Asignación de TBF UL

Ejemplo de asignación dinámica con $n = 1$



Funcionamiento del PACCH

- El PACCH transporta los mensajes de señalización RLC/MAC. La señalización de capas superiores (GMM, SM) se envía en el PDTCH.
- Es un canal bidireccional, aun cuando el TBF es unidireccional.
- Durante un TBF UL:
 - El móvil puede enviar señalización RLC/MAC en cualquier momento dentro de los recursos asignados al TBF.
 - La base puede enviar en cualquier momento señalización RLC/MAC (canal PACCH).
 - La base puede asignar un TBF DL mediante el PACCH.
- Durante un TBF DL:
 - La red puede enviar señalización RLC/MAC en cualquier momento dentro de los recursos asignados al TBF.
 - El móvil sólo puede enviar señalización RLC/MAC en respuesta a una petición de la red (por ejemplo para solicitud de retransmisiones). Dicha petición lleva asociada la asignación de un bloque en UL.
 - El móvil puede solicitar un TBF UL mediante el PACCH.

Liberación del TBF

- En DL, la base indica que desea finalizar el TBF. Éste no termina, sin embargo, mientras el móvil no confirme la recepción correcta de todos los bloques radio.
- En UL, cuando quedan pocos bloques radio por transmitir, el móvil lo indica mediante un procedimiento de “cuenta atrás”, decrementando un contador (*Countdown Value*, CV) en los bloques transmitidos, hasta llegar al último.

Avance temporal (TA)

- En GPRS el mantenimiento del TA se dificulta por el hecho de que las transmisiones son discontinuas (tráfico a ráfagas).
- Se resuelve de manera ligeramente distinta que en GSM.
- Tres mecanismos:
 - **Por acceso:** al recibir la petición de canal (PRACH/RACH), la base estima el TA necesario y lo indica al móvil en el mensaje de asignación de canal (PAGCH/AGCH)
 - **Continuo:** el móvil, cuando tiene un TBF UL asignado, transmite una ráfaga de acceso en el PTCCH ascendente cada 1,92 s (8 MF52). La base indica el TA en el PTCCH descendente. Hasta 16 móviles comparten el PTCCH.
 - **Por consulta:** en cualquier momento la base puede solicitar al móvil que transmita ráfagas de acceso para estimar el TA.

Actualización de RA y reelección de célula

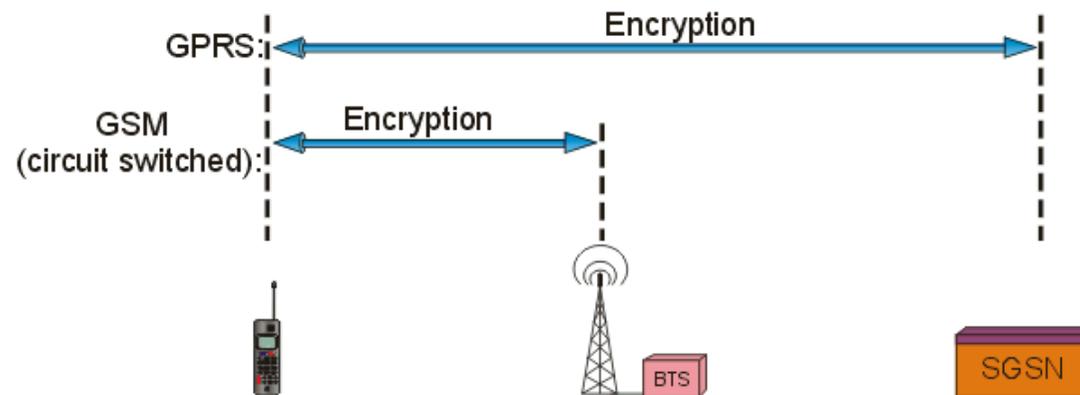
- **Actualización de RA:**
 - Normal: cuando el móvil entra en una RA nueva en estado de movilidad *Ready* o *Standby* debe informar a la red. Se aplica una histéresis, como en GSM.
 - Periódica: cada cierto tiempo.
- **Reelección de célula:** debe hacerse cuando el móvil entra en una célula nueva en estado de movilidad *Ready*. Hay tres modos de funcionamiento (*Network Control Order*, NCO):
 - *Network Control Order 0*: El móvil reelecciona la célula.
 - *Network Control Order 1*: El móvil reelecciona pero envía medidas a petición de la red.
 - *Network Control Order 2*: La red ordena la reelección, a partir de medidas que envía el móvil.

Registro

- Hay dos tipos de registro
 - En GPRS (“*GPRS Attach*”)
 - Combinado GSM/GPRS (“*GPRS/IMSI Attach*”)
- Al encenderse, un móvil GSM/GPRS puede registrarse:
 - Sólo en GSM (*IMSI Attach*). En ese caso, antes de establecer una conexión GPRS deberá registrarse en GPRS (*GPRS Attach*).
 - En GSM y en GPRS, bien de forma separada (*IMSI Attach* seguido de *GPRS Attach*) o combinada (*GPRS/IMSI Attach*).

Autenticación y cifrado

- Autenticación: como en GSM
- Cifrado:
 - Entre móvil y SGSN (no sólo en la interfaz radio)
 - Algoritmo A5 (versión diferente a la de GSM)



6. Planificación

Planificación radio en GPRS

- Cobertura: se utilizan las estaciones base de GSM.
 - CS1 proporciona una cobertura similar a la de GSM.
- Capacidad: dificultad en la caracterización del tráfico (paquetes).
 - No existe un método analítico para determinar el número de intervalos necesarios (equivalente a Erlang-B). Debe recurrirse a la simulación.
 - En la práctica se utilizan los canales que deja libres GSM. Pueden reservarse también intervalos específicos para GPRS.

