



INTRODUCCIÓN AL SISTEMA GPRS Y A SU GESTIÓN DE RECURSOS RADIO

Enric Chillaron i Farré

Estudiante de la ETSETB y de la ENST de Paris
y Miembro de la Rama de
estudiantes del IEEE de Barcelona
chillaro@enst.fr

I. INTRODUCCIÓN

En este artículo se pretende introducir al sistema GPRS y presentar una visión global de su gestión de recursos radio.

En una primera parte, se dará una explicación general del sistema GPRS, así como su arquitectura protocolaria, su capa física y su capacidad de codificación de canal adaptable.

Más adelante, se detallarán los canales lógicos que utiliza este sistema de segunda generación y como realiza la compartición de los recursos radio y el acceso al medio.

Finalmente se presenta un breve apartado de simulación para observar el tráfico de diferentes paquetes GPRS cuando comparten canales clientes WEB y WAP [9].

II. BREVE PRESENTACIÓN DE GPRS

GPRS es un sistema de segunda generación basado en la capa física de GSM que utiliza la conmutación de paquetes y la clase *multislot* junto con varias codificaciones de canal para obtener diferentes caudales [3].

El sistema GPRS permite asignar *QoS* diferenciadas a los distintos usuarios móviles, en función del caudal o *throughput* medio/pico del enlace, de los retardos o de la fiabilidad del enlace.

Este sistema es idóneo para aplicaciones donde las transmisiones de datos sean intermitentes (en forma de ráfaga), frecuentes de pequeño volumen e infrecuentes de volumen elevado.

GPRS es una red superpuesta a GSM que puede transportar paquetes IP y que comparte con ella la red de acceso, es decir, todo lo que son las MT (*Mobile Terminal*) y las BSS (*Base Station System*). Además, GPRS introduce tres nuevos nodos funcionales respecto GSM que son el SGSN (*Serving GPRS Support Node*), el GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) y el PCU (*Packet Control Unit*). El primero, es el responsable de la entrega de paquetes al terminal móvil en su área de servicio, y el segundo actúa como interfaz lógico hacia las redes de paquetes de datos externas. En cambio, el PCU es el encargado de gestionar el interfaz aire de la red.

A nivel MAC, las asignaciones de recursos entre el *uplink* y el *downlink* se realizan de manera independiente (al revés de lo que sucede con GSM) y un mismo canal físico o *PhyCh (Physical Channel)* puede ser compartido por varios clientes.

III. ARQUITECTURA PROTOCOLARIA DE GPRS

En este apartado se analizará la arquitectura protocolaria de GPRS y se realizará una breve descripción de los niveles que lo integran. En la *figura 1* se observa la pila de protocolos y los interfaces que utiliza GPRS [2][3].

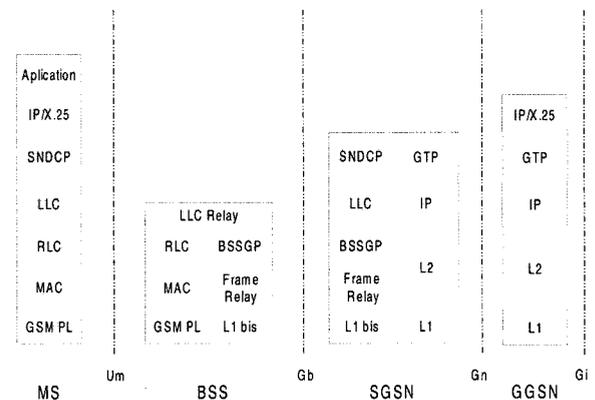


Figura 1. Arquitectura protocolaria de GPRS[3].

Algunos de los protocolos utilizados en el interface radio *Um* son los siguientes [1]:

- La capa física (nivel 1) que corresponde a la capa física de GSM.
- La capa MAC que gestiona el acceso al medio compartido entre todos los posibles clientes.
- RLC (*Radio Link Control*) que corresponde, equiparándolo con OSI, a la capa de enlace (al igual que la capa MAC).
- LLC (*Logical Link Control*) que reemplaza las capas LAPDm o RLP. Esta capa se utiliza para restablecer un enlace débil utilizando el interface radio.

Otro protocolo utilizado a nivel de BSS es:

- BSSGP (BSS de GPRS) que es una BSS de GSM con algunas adaptaciones de GPRS (introducción de PCU).

Finalmente, algunos de los protocolos utilizados en la arquitectura protocolaria de red o *coeur son*:

- Los protocolos del interface radio (LLC)
- El protocolo SNDSCP (Sub-Network Dependence Convergente Protocol) que corresponde a una capa radio especificada entre los niveles 2 y 3 (subcapa de adaptación).
- Los protocolos más clásicos, de Internet u otros, como TCP-IPGTP (GPRS Túnel Protocol) o los protocolos de Frame Relay.

IV. INTERFACE RADIO. CAPA FÍSICA

GPRS utiliza la estructura de canal físico de GSM donde cada PhyCh corresponde a 1 slot por trama TDMA (más o menos a 10Kbps en GSM. Véase figura 3). A partir de ahora, se hablará de PDCh (Packet Data Channel) como cada PhyCh correspondiente a GPRS.

Para empezar, GPRS utiliza un formato de multitrama de 52 tramas TDMA (en GSM se consideraban multitramas de 26 y de 51). Igualmente, se trabaja con bloques o *Phy SDU* de 4 *bursts* ya sea para informaciones de control o para señalización de GSM. La duración total de una multitrama GPRS es de 240 ms y la de un bloque de 20 ms.

En la figura 2 se puede observar la estructura temporal de GPRS.

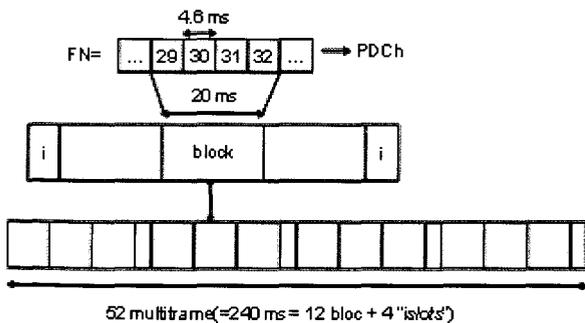


Figura 2. Ilustración de un bloque dentro de una multitrama de 52 de GPRS[1]

Destacar que los *bursts* se utilizan para la gestión del TA (Time Advance), es decir, para la sincronización del terminal móvil, y que la cantidad de bits enviados por bloque MAC es de 456 (=4x114, *protected bits+overhead*).

En GPRS se habla de FN (Frame Number) como el contador de tramas TDMA. Cada trama TDMA tiene una duración de 4.6 ms y se define como:

$$\text{ContadorFN} = \frac{12}{13} * 5\text{mseg} + 1$$

FN se incrementa una unidad cada trama TDMA. El concepto de FN se puede observar en la figura 3 [1].

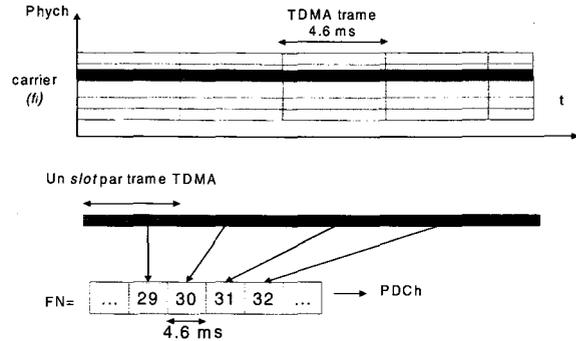


Figura 3. Ilustración del funcionamiento de FN [1]

V. CODIFICACIÓN DE CANAL ADAPTABLE

GPRS presenta 4 posibles esquemas de codificación de canal (Coding Schemes) o tasas de transmisión de datos variables por multislot [3]:

- CS-1: 9.05 Kbps.
- CS-2: 13.4 Kbps.
- CS-3: 15.6 Kbps.
- CS-4: 21.4 Kbps.

La información de CS se transmite vía los *stealing flags*, los cuales tienen la ventaja de no necesitar señalización suplementaria. No obstante, presentan el posible problema de desadaptación dentro de la capa RLC. La figura 4 representa la utilización de los *stealing flags*.

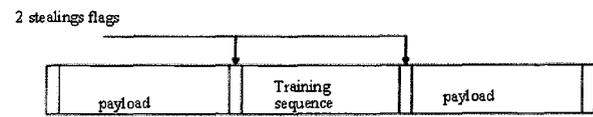


Figura 4. Formato de un burst GSM normal [1]

Referente a los esquemas de codificación, se puede decir que por los entornos con bajo CIR (Carrier to Interference Ratio) es mejor trabajar con el CS-1. En cambio, por entornos con elevado CIR es mejor trabajar con CS-4 puesto que ofrece más velocidad y menor protección de los datos a transmitir.

VI. CLASES DE EQUIPOS MOBILES

En este apartado se hablará especialmente de dos puntos: de los equipos móviles con funcionalidades diversas y de las clases multislot de un móvil. Por lo que se refiere al primer punto, se presentan las dos clases siguientes [1]:

- Clase A/B/C
 - Clase A: GSM y GPRS al mismo tiempo y simultáneamente.
 - Clase B: GSM o GPRS secuencialmente.
 - Clase C: elección a priori de GSM o GPRS.
- Clase multislot: con diferentes caudales.

Por lo que respecta al segundo punto, se puede hablar de:

- Capacidades de tratamiento.
- Trafico asimétrico, donde un móvil GPRS puede recibir hasta i bursts y transmitir hasta j por trama TDMA pero con la condición que $i+j=k$.

Destacar que hay 29 clases multislot que han estado especificadas (información codificada en 5 bits).

VII. COMPARTICIÓN DE RECURSOS RADIO

Dentro del sistema GPRS, aparece el concepto de compartición de recursos radio y éste puede darse en el caso de un solo o varios PDCHs. En el caso de un solo PDCh, se puede observar en la figura 5 donde dos clientes comparten un mismo PDCH en el uplink y en el downlink. En cambio, en el caso de varios PDCHs, se puede ver la figura 6 donde cuatro clientes comparten 3 PDCHs.

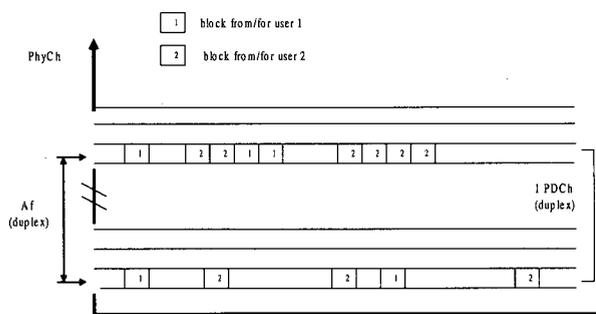


Figura 5. Compartición de recursos radio en el caso de un solo PDCh y dos clientes

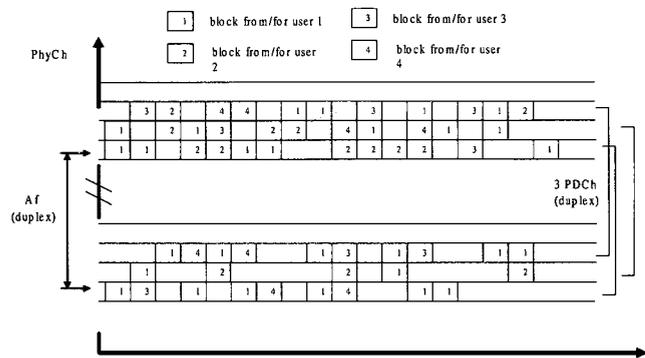


Figura 6. Compartición de recursos radio en el caso de tres PDCh y cuatro clientes

Remarcar que en el caso de la figura 6 hay 4 clientes que comparten 3 PDCH donde el cuarto cliente tiene una clase multislot ($i=3, j=2, 4$) (Véase el apartado VI).

Destacar que la compartición de canales PDCh se realiza siguiendo la clase multislot de los MT de los clientes. Finalmente, decir que se puede efectuar una compartición de recursos radio entre clientes GSM-c y clientes GPRS (PhyCh y PDCh).

VIII. CANALES LOGICOS

En la tabla 1 se puede observar buena parte de los canales lógicos sobre los que trabaja GPRS.

Grupo	Nombre	Dirección	Función
PBCCH	PBCCH	Downlink	Broadcast
PCCC H	PRACH	Uplink	Random Access
	PPCH	Downlink	Paging
	PAGCH	Downlink	Access grant
	PNCH	Downlink	Multicast
PTCH	PDTCH	Both	Data
	PACCH	Both	Control
	PTCCH	Both	Time Advance

Tabla 1. Tabla de canales lógicos que utiliza GPRS [3]

La clasificación "canónica" GSM de los canales lógicos corresponde a la siguiente:

- Canales de difusión (*Broadcast CHannels*). Se encargan de dar información del sistema.
- Canales de control común (*Common Control CHannels*). Son utilizados en la fase de acceso: para "despertar" al móvil y/o para establecer una transmisión.
- Canales dedicados a un cliente (*Dedicated*) como los canales de tráfico (*TCH*).
- Canales de control asociado (*Associated Control CHannels*). Corresponden a los canales de control lógico y físico de un canal dedicado.

En el sistema GPRS se utiliza el distintivo P- (acrónimo del canal lógico de GSM) donde P significa *packet* y se destaca que los canales PAGCH se sitúan dinámicamente en los recursos, a priori, dedicados al tráfico.

En la *figura 7* se observa el escenario de transferencia dentro de un contexto radiomóvil celular.

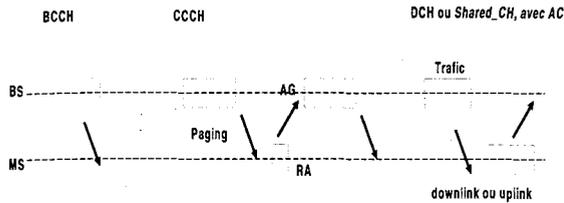


Figura 7. Esquema de un contexto de conexión en una red radiomóvil celular [1]

IX. CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

En el sistema GPRS se definen los identificadores siguientes para gestionar correctamente el acceso al medio compartido [3]:

- TBF (*Temporary Block Flow*). Es el encargado de identificar una o varias tramas LLC de un mismo cliente. Un TBF puede comportarse como *open ended* (nómbre indefinido de octetos) o *closed ended* (nómbre de octetos fijados al principio del TBF).

- TFI (*Temporary Flor Identity*). Permite el multiplexado en el *downlink*. Un único TFI se asigna a cada usuario dentro de la celda. El indicador TFI se incluye en la cabecera de los paquetes RLC para permitir la implantación del protocolo ARQ selectivo.

- USF (*Uplink State Flag*). Permite el multiplexado en el *uplink*. Cada bloque RLC del *downlink* lleva este indicador. Como sucede en el caso del TFI, un único USF se asigna a cada cliente. Si la estación base envía un mensaje con el mismo USF que el del cliente, éste podrá hacer uso del siguiente bloque *uplink* para transmitir sus datos a la BTS. Si USF=FREE, indica que el bloque siguiente se destina al proceso de acceso (PRACH). Existen un total de 8 valores para el indicador USF. Si USF=1 indica que el slot está *free* y puede utilizarse para el acceso. En cambio, cualquiera de los otros siete valores identifica a uno de los móviles activos en esta portadora.

La gestión de acceso al medio se realiza de manera independiente en función del sentido de la transmisión. En el *downlink*, se trata de una mera difusión. Es el caso más simple donde el móvil escucha todos los bloques de los canales PDCh que le han estado indicados. En cambio, en el *uplink* las estaciones bases deben organizar las emisiones de los móviles de una manera dinámica. Es decir, las estaciones bases deben conocer los instantes precisos (y frecuencias) donde ellas deben escuchar.

Por consiguiente, como en el *uplink* se da el problema de acceso múltiple, se plantean diferentes modelos para solventarlo:

- Asignación dinámica. La BS coloca de manera dinámica en el *downlink* los permisos de emisión (*flag USF*) de los TBlock del *uplink*

- Asignación dinámica extendida. Extensión del caso anterior donde se permite trabajar con caudales más elevados.

- Asignación fija. La BS indica durante el establecimiento del TBF los recursos dedicados al terminal móvil (*bipmap*).

X. SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN DE RECURSOS GPRS

En este último apartado, se realizará una simulación con una compartición dinámica de los recursos radio entre diferentes clientes GPRS en el *downlink* [9]. La finalidad de la simulación no es otra que intentar ilustrar, de la manera más real posible, un contexto común en GPRS y ver como soporta el sistema el tráfico para cada uno de los usuarios aplicando una política de *scheduling* concreta. Tómese éste apartado a modo de información puntual.

En la simulación, se especifican dos tipos de clientes o demandas GPRS que son el WEB y el WAP. Además, el mecanismo de *scheduling* utilizado corresponde al EDF (*Early Deathline First*) [5][6][7][8], es decir, los paquetes que excedan un cierto tiempo serán descartados. Las representaciones gráficas que se ilustraran son funciones CDF (*Cumulated Distribution Function*) y los parámetros de *QoS* estudiados son la tasa de pérdidas de paquetes y el tiempo medio de servicio.

Finalmente decir que el sistema se simulará con una carga del 60% (15 clientes web+30 wap) y otra del 80% (20 clientes web+40 wap), y con diferentes clases multislot (6/4, 4/2 y 2/1), El número de PDCh utilizados en la simulación corresponde a 6 y la codificación utilizada es la CS-2.

En la *tabla 2* se especifican los resultados de la simulación en función de los parámetros de *QoS* correspondientes a la política de *scheduling* escogida.

		2/1	4/2	6/4
WEB	Charge	Loss :4.68%	Loss :4%	Loss :3%
	60%	Service:0.95s	Service:0.85s	Service:0.73s
	Charge	Loss :6.88%	Loss :4.83%	Loss :4.35%
	80%	Service:1.2s	Service:1.1s	Service:1s
WAP	Charge	Loss :0.3%	Loss :0%	Loss :0%
	60%	Service:0.1s	Service:0.07s	Service:0.47s
	Charge	Loss :1.22%	Loss :0.8%	Loss :~0%
	80%	Service:0.15s	Service:0.13s	Service:0.09s

Tabla 2. *QoS* para cada cliente y clase multislot

En las *figuras 8* y *9* se puede observar el resultado del tráfico Wap y Web, utilizando la función normalizada CDF, para una carga del 60% y una clase multislot de 4/2.

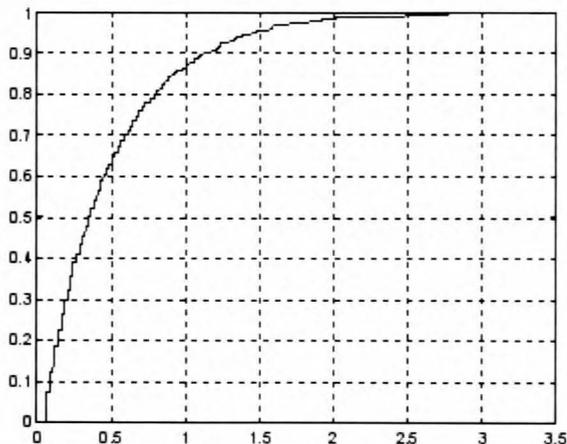


Figura 8. Tráfico Web (60%, 4/2)

La conclusión que se pueden obtener de la simulación es que la probabilidad de pérdidas de clientes Web es superior a la de Wap debido a que el número de paquetes por ráfaga entrantes en el sistema es más elevado en el caso Web que en el Wap (a pesar de que se gestionen más clientes Wap que Web). Además, se observa que el tiempo de servicio disminuye cuando más aumenta la clase multislot.

En las dos gráficas adjuntas se puede ver como el tráfico Wap aumenta de manera más abrupta que el Web (y los dos exponencialmente) debido a la carga de usuarios y, sobretodo, al bajo número de paquetes perdidos respecto al Web.

En el caso del Web se observa que los paquetes entrantes tienen un *deathline* más bajo y se descartan pronto del sistema.

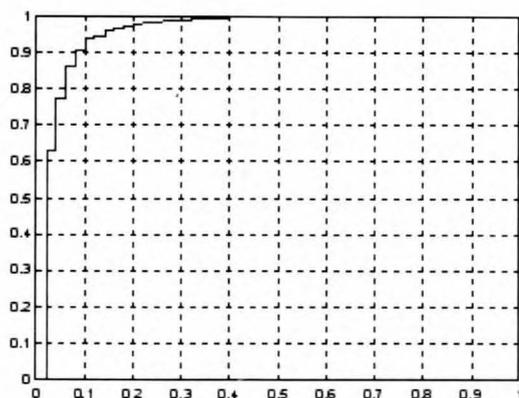


Figura 9. Tráfico Wap (60%, 4/2)

XI. CONCLUSIONES

El sistema de segunda generación GPRS es una red de datos basada en la transmisión de paquetes que soporta tanto

Internet, X.25 y otras redes públicas y privadas. Además, permite la transmisión asimétrica entre el *uplink* y el *downlink* que se gestionan de manera independiente [3].

GPRS realiza una optimización de los recursos radio mediante la asignación dinámica e independiente y la multiplexación de usuarios. Asimismo, GPRS introduce el concepto de conmutación de paquetes de datos extremo a extremo.

Este sistema ofrece una tarificación por volumen de datos intercambiados, *QoS* y tipo de servicio. Igualmente, es un sistema completamente compatible con la transmisión de voz vía GSM.

XII. REFERENCIAS

- [1] Philippe Godlewski, Xavier Lagrange y Philippe Martins. "L'accès paquet dans GPRS (General Packet Radio Services : L'accès Paquet da GSM". ENST Paris. Versión B4. Octubre 2002.
- [2] Philippe Godlewski y Alexis Blavette. "Scheduling et Qualité de Services dans GPRS". ENST Paris. 28 Junio 2002.
- [3] Ferran Casadevall y Oriol Sallent. "Sistema GPRS". UPC Barcelona. Mayo 2002.
- [4] Ferran Casadevall y Joseph Bada. "Algoritmos del Scheduling para el sistema GPRS". UPC Barcelona. Mayo 2002.
- [5] Peixiang Gong, Myung J. Lee y Tarek Saadawi. "A novel delay differentiation QoS Architecture". Electrical Engineering Department. The City University of New York, Graduate Center and the City College. New York 2001 IEEE.
- [6] ECPE 4984 Real-Time Systems. Periodic Task Scheduling (dynamic priority). "Earliest Deadline First Scheduling Algorithm".
- [7] Chengzhi Li y Edward W. Knightly. "Schedulability Criterion and Performance Analysis of Coordinated Schedulers". Rice University.
<http://www.ece.rice.edu/networks>.
- [8] Samih Hijwel, Naveed Hussain, Don Ngo y Avishkar Misra. "Advanced Packet Scheduling for Wireless Networks". Group 15, Topic 4. 25 Mayo 2002.
- [9] Philippe Godlewski, Alexis Blavette. "GPRS Scheduling Software". Versión 3.0. ENST. Modificó en janvier. 2003 par Victor Martinez et Enric Chillaron.

AUTOR



Enric Chillaron i Farré nació en Lleida el 23 de agosto de 1979. Estudió Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sistemas de Telecomunicación, en la Universidad de Vic. Titulado en el año 2000, realizó su Proyecto de Final de Carrera sobre GPS. Actualmente es estudiante de Ingeniería de Telecomunicación en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona. Desde el año 2001 pertenece a la Rama de Estudiantes del IEEE de Barcelona.