

General Packet Radio Service en GSM

Jorge Inverso y Fabián del Campo

Universidad de la República. Facultad de Ingeniería.

El propósito de General Packet Radio Services (GPRS), como de otros servicios de paquetes de datos, es acomodar en forma eficiente la fuente de los datos que es a ráfagas en naturaleza. Otro hecho importante es la utilización de recursos pre-existentes en redes Global System for Mobile communications (GSM).

En este artículo los autores presentan una descripción de GSM, arquitectura, protocolos, ventajas y desventajas de GPRS así como una experiencia real de un modelo piloto de red GPRS.

Introducción GSM, el porqué de GPRS, arquitectura, protocolos, ventajas y desventajas, experiencia real y conclusión.

I. INTRODUCCIÓN

Antes de iniciar el estudio de GPRS (General Packing Radio System) es necesario comenzar por un estudio en lo que refiere al sistema sobre el cual esta tecnología se desarrolla, esto es saber que es GSM (Global System for Mobile Communications)

A. GSM

1) Historia de GSM

Durante los primeros años de 1980, los sistemas analógicos de telefonía celular crecían rápidamente en Europa particularmente en Escandinavia y el Reino Unido. Cada país desarrollaba su propio sistema por lo cual cada sistema desarrollado era incompatible con el del país vecino. Esta indeseable situación, no solo porque el móvil servía únicamente dentro de los límites nacionales (lo cual en una Europa unificada no era para nada útil) sino que además limitaba el mercado para cada tipo de equipo por lo cual la economía de escala con los subsecuentes ahorros no se podían realizar.

En 1982 la conferencia de CEPT (Conference of European Posts and Telegraphs) conformó un grupo de estudio llamado GSM (Groupe Spécial Mobile) a fin de que estudie y desarrolle un sistema que abarcaría a toda Europa y unificaría criterios y sistemas en el campo de telefonía móvil.

Los criterios serían:

- Buena calidad de audio (dentro de lo posible)
- Costos bajos del terminal (móvil) y del servicio
- Soporte para roaming internacional
- Habilidad para soportar terminales comunes (cancelación/supresión de eco)
- Soporte de rango y facilidades para los nuevos servicios
- Eficiencia espectral
- Compatibilidad con ISDN

En 1989, la responsabilidad del grupo GSM se le transfirió al ETSI (European Telecommunication Standard Institute) y la fase I de las especificaciones de GSM se publicaron en 1990. El servicio comercial comenzó en 1991 y por 1993 había 36 redes GSM en 22 países. A pesar de haberse estandarizado en Europa, GSM no es solo un estándar europeo, más de 200 redes GSM (incluyendo DCS1800 y PCS 1900) están funcionando en 110 países. En 1994 había 1.3 millones de clientes en el mundo entero, para 1997 la cifra creció hasta los 55 millones.

Con la entrada tardía de EE.UU. al sistema GSM con la variación del mismo llamado PCS 1900, la sigla GSM se transformó en Global System for Mobile communications

Los desarrolladores de GSM eligieron un sistema digital (por esos entonces nunca antes probado) en oposición al entonces standard que era la tecnología analógica como la AMPS de los EE.UU. o el TACS del Reino Unido.

La esperanza de estos primeros desarrolladores era que los algoritmos de compresión de voz pudieran mejorarse, lo cual se logró permitiendo cumplir con los criterios que se habían establecido en un principio.

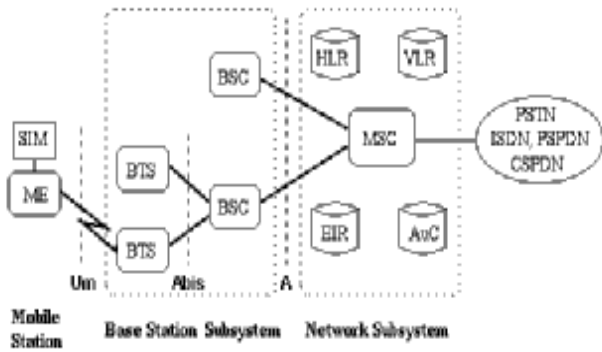
2) Servicios sobre GSM

Desde el principio, GSM fue pensado a fin de que soportara ISDN (ver criterios) en términos tanto de servicios como de la señalización de control utilizada. Sin embargo, debido a las limitaciones en radio-transmisión dadas en ancho de banda y costo, no se alcanzó prácticamente el estándar de 64 kbps del canal ISDN-B.

Usando las definiciones de ITU-T los servicios de telecomunicaciones pueden dividirse en servicios de movilidad, teleservicios y suplementarios. El más básico de los teleservicios es telefonía. Como en otros sistemas la voz es codificada digitalmente transmitida a través de la red GSM como un flujo digital. Además hay un servicio de emergencia implementado con el cual se notifica al centro de servicio de emergencias más cercano (similar al 911 de los EE.UU.)

Hay una gran variedad de servicios para datos, los usuarios GSM pueden enviar y recibir paquetes a tasas de hasta 9600 bps hacia usuarios POTS (Plain Old Telephone Service), ISDN, PSPDN (Packet Switched Public Data Networks) y CSPDN (Circuit Switched Public Data Networks) usando una variedad de métodos de acceso y protocolos tales como X.25 o X.32. Dado que GSM es una red digital no es necesario un módem pero si lo es para enviar y recibir datos entre una POTS y GSM.

Otros servicios de datos incluyen Fax Grupo 3 tal y como se describe en la recomendación T.30 de la ITU-T el cual es



SIM Subscriber Identity Module	BSC Base Station Controller	MSC Mobile services Switching Center
ME Mobile Equipment	HLR Home Location Register	EIR Equipment Identity Register
BTS Base Transceiver Station	VLR Visitor Location Register	AuC Authentication Center

Fig. 1. Diseño de una red GSM genérica

soportado a través del uso de un adaptador de fax apropiado. Una única característica de GSM que no se encontraba en los viejos sistemas analógicos es el SMS (Short Message Service) un servicio bi-direccional para mensajes alfanuméricos cortos (de hasta 160 bytes). El mensaje se puede enviar a otro usuario de la red GSM, con la posibilidad además de recibir un acuse de recibo.

Además están implementados los servicios de roaming, de call-forward como en el caso de que el usuario sea inalcanzable por la red. En la fase II de GSM se implementaría identificación de llamadas, llamada en espera, teleconferencia (llamada donde se hablan más de 2 personas)

3) Arquitectura de GSM

Una red GSM esta compuesta por varias entidades funcionales, cuyas funciones e interfaces están especificadas. En la figura 1 se muestra el diseño de una red GSM genérica. La red GSM puede dividirse en tres grandes partes, la "Estación Móvil" que lleva el usuario consigo, el Subsistema de Estación Base que controla el radio enlace con la estación móvil y el Subsistema de Red. La parte principal de éste último es el MSC (Mobile services Switching Center) el cual conmuta las llamadas entre los usuarios de móviles y entre éstos con los de la red fija. El MSC supervisa también las operaciones de manejo de movilidad. No se muestra el OMC (Operations and Maintenance Center) el cual supervisa el correcto funcionamiento y estado de la red.

La estación móvil y el subsistema de estación base se comunican a través de la interfase "Um" conocida como interfase de aire o radio enlace. El subsistema de estación base y el MSC se comunican a través de la interfase "A"

a) La Estación Móvil

La estación móvil (MS) consiste en el equipo móvil (el terminal) y una tarjeta inteligente llamada SIM (Subscriber Identity Module). La SIM provee movilidad personal por tanto, el usuario pueda tener acceso a servicios para los cuales esta suscrito independientemente del móvil que utilice. Insertando la tarjeta SIM en otro celular GSM el usuario queda habilitado automáticamente a recibir y enviar llamadas

a y desde ese terminal así como a tener acceso a los servicios a los cuales estaba suscrito.

El equipo móvil queda identificado unívocamente mediante su IMEI (International Mobile Equipment Identity). La tarjeta SIM contiene además un IMSI (International Mobile Subscriber Identity) utilizada para identificar al suscriptor del sistema, un código secreto para autenticación y otra información. Los IMEI e IMSI son independientes permitiendo así "movilidad personal". La tarjeta SIM puede protegerse contra uso no autorizado mediante una password.

b) El Subsistema de Estación Base

El BSS (Base Station Subsystem) se compone de dos partes, la estación base transmisora/receptora (BTS) y el controlador de la estación base (BSC). Los mismos se comunican a través de la interfase estándar "Abis" permitiendo (como en el resto del sistema) la operación entre componentes hechos por distintos fabricantes.

La BTS alberga los radio "transceivers" (palabra compuesta de transmitter y receiver) que definen una celda y manejan los protocolos de radio enlace con la estación móvil. En una gran zona urbana habrá potencialmente un gran número de BTSs por lo que los requerimientos para los BTS son confiabilidad, resistencia y durabilidad (frente a vandalismo e inclemencias del tiempo) y costo mínimo.

El BSC maneja los recursos de radio para una o mas BTS. Por tanto, maneja el seteo del canal de radio, los saltos de frecuencia y los handovers. El BSC es la conexión entre la estación móvil y el MSC.

c) El Subsistema de Red

El componente central del subsistema de red es el MSC. Este actúa como un nodo normal de conmutación de una PSTN (Public Switched Telephony Network) o ISDN y adicionalmente provee todas las funcionalidades necesarias para manejar al usuario tales como registro, autenticación, actualización de la localización, handovers y el ruteo de las llamadas para un suscriptor de roaming. Esos servicios son provistos en conjunto con varias entidades funcionales las cuales juntas forman el subsistema de red.

La señalización entre entidades funcionales del subsistema de red utiliza el Sistema de Señalización #7 (SS7) usado para señalización entre troncales en ISDN y PSTNs.

El HLR (Home Location Register) y el VLR (Visitor Location Register) juntos con el MSC proveen el ruteo de llamada y la capacidad de roaming de GSM. El HLR contiene toda la información administrativa de cada suscriptor registrado a la correspondiente red GSM, y la localización actual del móvil. La localización del móvil esta típicamente en la forma de la dirección de señalización del VLR asociado con la estación móvil.

Lógicamente solo existe un HLR por red GSM a pesar de que pueda ser implementada como una base de datos distribuida.

El VLR contiene información administrativa seleccionada del HLR necesaria para el control de llamada y para proveer los servicios suscritos para cada móvil actualmente localizado en el área geográfica controlada por el VLR. A pesar que cada entidad funcional puede ser implementada como una unidad independiente todos los fabricantes de equipo de conmutación hoy implementan el VLR junto al MSC por esto, las áreas geográficas controladas por el VLR coinciden con las del MSC, simplificando así la señalización requerida. Se hace notar que el MSC no contiene información sobre estaciones móviles particulares, esta información se guarda en los registros locales.

Los otros dos registros son usados a efectos de autenticación y seguridad. El EIR (Equipment Identity Register) es una base de datos que contiene una lista de todos los equipos móviles válidos en la red, donde cada móvil se identifica por su IMEI. Dicho IMEI se marca como inválido si se reportó el celular como extraviado, robado, etc., el AuC (Authentication Center) es una base de datos protegida que guarda una copia de la clave secreta guardada en cada tarjeta SIM del suscriptor y que se usa para autenticación y encriptado sobre el canal de radio.

4) Aspectos del radio enlace

La ITU que maneja internacionalmente y recomienda la ubicación dentro del espectro de frecuencia a los distintos servicios vía radio situó para los móviles las bandas :

- 1) entre 890 y 915 MHz para uplink (transmisión desde el móvil a la antena)
- 2) entre 935 y 960 MHz para downlink (desde la antena al móvil)

como bandas para las redes móviles en Europa. Dado que estos rangos eran utilizados por los sistemas analógicos en los 80's, sin embargo el CEPT en ese entonces tuvo la visión de reservar los 10 MHz por encima de cada banda para la nueva tecnología que se comenzaría usar más adelante : GSM. Eventualmente, GSM sería ubicada enteramente en el ancho de banda de 2x25 MHz.

5) Múltiple acceso y estructura del canal

Dado que el espectro de radio es un recurso limitado y debe compartirse por todos los usuarios, debió desarrollarse un método capaz de dividir el ancho de banda entre la mayor cantidad posible de usuarios. El método elegido por GSM es una combinación de TDMA y FDMA.

La parte FDMA implica la división en frecuencia del máximo de 25 MHz en 124 frecuencias de portadoras espaciadas 200 Khz entre sí mismas. Una o más portadoras son asignadas a cada estación base. Cada una de esas frecuencias portadoras es dividida en el tiempo usando TDMA. La unidad fundamental en este esquema TDMA se llama "burst period" (periodo de ráfaga) y dura 15/26 ms (0.577 ms aprox.).

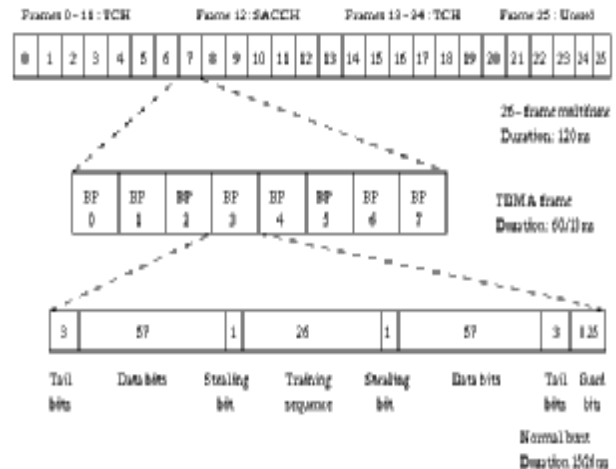


Fig. 2. Estructura de trama y multitrama TDMA

Ocho "burst periods" se agrupan en un marco o trama TDMA (120/26 ms unos 4.615 ms aprox.), el cual es la unidad básica para la definición de canales lógicos.

Un canal físico es un burst period por trama TDMA. Ver figura 2.

Los canales se definen por el número y posición de su correspondiente "burst period". Todas esas definiciones son cíclicas y el diseño entero se repite aproximadamente cada 3 horas. Los canales pueden ser divididos en canales dedicados donde son ubicadas las estaciones móviles y los canales comunes los cuales son utilizados por estaciones móviles en modo "idle" (es decir en modo reposo)

6) Canales de tráfico

Un canal de tráfico (TCH) es usado para tráfico de transporte de voz y de datos. Los TCH se definen usando una multitrama de 26 tramas (o un grupo de 26 tramas TDMA). La duración de una multitrama-26 es de 120 ms la cual coincide con la definición de duración de una "burst period" (120 ms dividido 26 tramas y dividido 8 burst periods). De las 26 tramas, 24 se usan para tráfico, 1 es usado por el canal lento de control asociado (SACCH) y 1 se dejó sin usar. Los TCHs para uplink u downlink se separan en tiempo por 3 bursts tal que el móvil no deba transmitir y recibir simultáneamente lo cual simplifica la electrónica.

Además de esos TCH "full-rate", se definen también los TCH "half-rate", a pesar de aún no se han implementado. Los half-rate TCHs doblarán efectivamente la capacidad de un sistema una vez que los codificadores de voz half-rate sean especificados (por ej., codificar voz a 7 kbps en lugar de 13Kbps).

7) Canales de control

Los canales comunes pueden ser accedidos de dos formas, en el modo reposo (idle) y en el modo dedicado. Los canales comunes son empleados en el modo reposo del móvil para intercambiar información de señalización requerida para cambiar a modo dedicado. Los móviles que ya están en modo

dedicado monitorean las estaciones base de los alrededores por “hand-overs” y otra información. Los canales comunes se definen dentro de una 51-tramas multitrama tal que los móviles en modo dedicado usando la 26-tramas multitrama de estructura TCH puedan monitorear los canales de control. Los canales comunes incluyen :

a) Canal de Control para Broadcast (BCCH)

Continuamente transmitiendo en broadcast en el downlink, información que incluye la identificación de la estación base, ubicación de frecuencias y secuencias de frequency-hopping.

b) Canal de Corrección de Frecuencia (FCCH) y Canal de Sincronización (SCH)

Usado para sincronizar el móvil a la estructura de time-slot de una celda definidas las fronteras del burst period, y la numeración del time-slot. Cada celda en una red GSM hace un broadcast de exactamente un FCCH y de un SCH los cuales están por definición en el time-slot número 0 (dentro de una trama TDMA)

c) Canal de Acceso Aleatorio (RACH)

Canal de tipo “Aloha ranurado” usado por los móviles para pedir acceso a la red.

d) Canal de Paging (PCH)

Empleado para alertar a la estación móvil de una llamada entrante.

e) Canal de Acceso Permitido (AGCH)

Empleado para ubicar un SDCCH para un móvil para señalización (de forma de obtener un canal dedicado) seguido de un pedido sobre el RACH

8) Estructura de un Burst

Hay cuatro tipos distintos de ráfagas usadas para transmisión en GSM. La normal se usa para enviar datos y la mayor parte de señalización. Tiene una longitud total de 156.25 bits : 2X57 bits de información, 26 bits de entrenamiento que permiten ecualización, 1 bit para cada bloque de información (para FACCH), 3 bits para inicio-fin de los datos (en medio de los 2 bloques para datos esta la secuencia de entrenamiento) y 8.25 bits de secuencia de seguridad. Los 156.25 bits se transmiten en 0.577 ms lo cual da grosso modo una tasa de 270.833 Kbps

La ráfaga F, se usa para FCCH y la S para SCH, ambas tienen la misma longitud que una ráfaga común pero diferente estructura interna lo cual las diferencia (permitiendo además sincronización). La ráfaga de acceso es más corta que la normal y se usa solo con el RACH.

9) Codificación de la voz

GSM es un sistema digital, por eso la voz que es intrínsecamente analógica debe ser digitalizada. El método empleado por ISDN y por los sistemas telefónicos actuales de multiplexación de líneas de voz sobre troncales de alta velocidad y líneas de fibras ópticas es el de Modulación por Codificación de Pulso (PCM). El flujo de salida de PCM son 64 Kbps, tasa demasiado alta para un enlace de radio. La señal de 64 kbps a pesar de ser simple de implementar, contiene mucha redundancia. El grupo GSM estudió varios algoritmos de codificación de voz sobre las bases de obtener buena calidad de voz y complejidad (lo que se relaciona al costo, retraso de procesos, y consumo de potencia una vez implementado) antes de quedarse con la elegida : el REGULAR PULSE EXCITED – LINEAR PREDICTIVE CODER (RPE—LPC) con un loop predictor (de termino largo). Básicamente, la información de muestras previas la cual no cambia muy rápido se usa para predecir la muestra actual. Los coeficientes de la combinación lineal de las muestras previas más una codificación del residual, la diferencia entre la muestra predecida y la real, eso, representa la señal. La voz es dividida en muestras cada 20 milisegundos, cada una se codifica en 260 bits, dando una tasa de 13 Kbps. Este es el llamado full-rate speech coding (codificación de voz a full-rate). Recientemente, una Enhanced Full-Rate (EFR) , un full-rate mejorado como algoritmo de codificación de voz ha sido implementado por algunos operadores de GSM1900 de Norte-América. Se dice que el mismo mejora la calidad de voz usando la tasa existente de 13 kbps.

10) Codificación de canal y modulación

Debido a la interferencia electromagnética ya sea de origen natural o generada por el hombre, la voz codificada o la señal de datos transmitida sobre una interfase de radio, debe protegerse de errores. GSM utiliza codificación convolucional y “interleaving” (superposición) de bloques para lograr dicha protección. El algoritmo exacto utilizado difiere para voz y para datos a diferentes tasas.

Para la voz, por ej. un codificador produce un bloque de 260 bits por cada 20 ms. A partir, de ensayos se determino que algunos bits de dicho bloque eran más importantes que otros para la calidad de voz. Por tanto se dividió a los bits del bloque en tres clases :

- Clase Ia : hay 50 bits, son los bits más sensibles a errores
- Clase Ib : hay 132 bits, tienen una moderada sensibilidad frente a errores
- Clase II : hay 78 y son los menos sensibles a errores

Por tanto, la clase Ia tiene un 3 bit CRC agregado para detección de errores. Si se detecta un error, la trama se marca como demasiado dañada para ser comprensible y se descarta. La misma, se reemplaza por una levemente atenuada versión de la trama previamente recibida. Esos 53 bits, juntos con los 132 de la clase Ib y 4 bits de secuencia de cabecera (189 bits

en total) son la entrada de un codificador convolucional de tasa 1/2. Cada bit de entrada se codifica como 2 bits de salida en base a la combinación de 4 bits de entrada previos. Por lo tanto del codificador convolucional sale un flujo de 378 bits, a los cuales se le agregan los 78 bits de la clase II, que van desprotegidos. Por tanto, cada muestra a 20 ms se codifica en 456 bits dando una tasa de 22.8 Kbps.

Para proteger aún más la información contra errores de ráfaga comunes en interfase de radio, cada muestra es superpuesta. Los 456 bits salidos del convolucionador se dividen en 8 bloques de 57 bloques y esos bloques se transmiten en 8 ráfagas de time-slot consecutivos. Como cada ráfaga time-slot puede llevar 2 bloques de 57 bits cada ráfaga lleva información de 2 muestras de voz distintas.

Entonces se tiene que cada ráfaga time-slot es transmitida a una tasa de 270.833 kbps grosso modo. Esta señal digital es modulada a la frecuencia de la portadora analógica usando GMSK (Gaussian-filtered Minimum Shift Keying). Se eligió GMSK frente a otras formas de modulación como compromiso entre eficiencia espectral, complejidad del transmisor y emisión espúrea limitada. La complejidad del transmisor esta relacionada al consumo de potencia el cuál debe ser minimizado para las estaciones móviles. Las emisiones de radio espúreas, fuera del ancho de banda determinado, deben ser estrictamente controladas de forma de limitar la interferencia intercanal y permitir la co-existencia de GSM y los viejos sistemas analógicos.

a) Ecuilización

En el rango de los 900 Mhz, las ondas de radio rebotan contra todo : edificios, autos, aviones, etc. Por tanto, muchas señales reflejadas cada una con diferente fase pueden alcanzar la antena. La ecualización se emplea para extraer la señal deseada de las no deseadas. Para esto, sabiendo como una señal conocida al ser transmitida es modificada por “fading” se construye un filtro inversor de forma de extraer el resto de la señal deseada. La señal conocida no es más ni menos que los 26 bits de entrenamiento que aparecen a la mitad del mensaje de cada ráfaga de time-slot.

b) Transmisión discontinua

Minimizar la interferencia co-canal es una de las metas en todo sistema celular dado que permite un mejor servicio para un tamaño de celda dado o el uso de celdas más pequeñas lo cual incrementa la capacidad total del sistema. La transmisión discontinua (DTX) es un método que toma ventaja de el hecho de que una persona habla menos de un 40% durante una conversación normal y por tanto el transmisor se apaga durante los periodos de silencio. Un beneficio extra es por tanto, el ahorro de potencia con lo cual una carga de las baterías del móvil dura por más tiempo.

El componente más importante del DTX es el VAD (Detector de Actividad de Voz). Este debe distinguir entre voz y ruido como entradas, una tarea que no es tan trivial como aparenta considerando el siempre presente ruido de fondo. Si una señal

de voz se malinterpreta como ruido el transmisor se apagará y en el extremo receptor aparecerá el muy molesto efecto de “clipping” (entrecortado de la voz). Por otro lado, si el ruido se malinterpreta como voz, el transmisor estará encendido por mucho más tiempo lo cual hace decrecer el rendimiento de DTX de forma dramática. Otro factor a considerar es que dada la propia naturaleza digital de GSM, cuando el transmisor se apaga el receptor no escucha nada en absoluto. Para asegurar al receptor que la línea no esta muerta se agrega en el receptor un “ruido de confort” tratando de igualarlo a las características del ruido de fondo presente en el transmisor.

c) Recepción discontinua

Otro método empleado para ahorrar potencia en la estación móvil es la recepción discontinua (DRX). El canal de paging empleado en la estación base para señalar las llamadas entrantes es estructurado en subcanales. Cada estación móvil necesita escuchar solo su propio subcanal. En el entre-tiempo de sucesivos subcanales de paging el móvil se va a modo sleep (dormido) donde casi no se consume potencia.

d) Control de potencia

Hay 5 clases de estaciones móviles definidas, según sus picos de potencia a la transmisión de 20, 8, 5, 2, y 0.8 watts. Para minimizar interferencia co-canal y ahorrar potencia, ambas la estación móvil y el transceiver de la estación base deben operar al nivel de potencia más bajo tal que mantengan una calidad aceptable en la señal. Los niveles de potencia suben o bajan en escalones de 2 dB desde el pico de potencia según la clase del móvil hasta un mínimo de 13 dBm (20 miliwatts).

La estación móvil mide la fuerza de la señal o la calidad de ésta (basada en el Bit Error Ratio) y pasa la información al controlador de la estación base (BSC) el cual decide en última instancia si/cuando el nivel de potencia debe variar. El control de potencia debe manejarse con cuidado, dada la posibilidad de inestabilidad. Esto sucede por tener móviles en celdas co-canal los cuales a su vez incrementan la potencia de transmisión en respuesta a una mayor interferencia causada por el incremento de potencia de otro móvil. Esto aunque es poco probable en la práctica permanece en estudio.

10) Aspectos de la Red

Asegurar la transmisión de voz o datos a una calidad dada sobre un enlace de radio es solo parte de la función de una red celular. Un móvil GSM puede hacer roaming tanto nacionalmente como internacionalmente lo cual requiere de registración, autenticación, ruteado de llamadas y actualización de la localización, funciones existentes y que están estandarizadas en redes GSM.

Además, el hecho de que áreas geográficas cubiertas por la red se dividan en celdas necesitan la implementación de mecanismos de handover. Esas funciones las lleva a cabo el Subsistema de Red, principalmente usando MAP (Mobile Application Part) construido en base del protocolo del sistema de señalización #7.

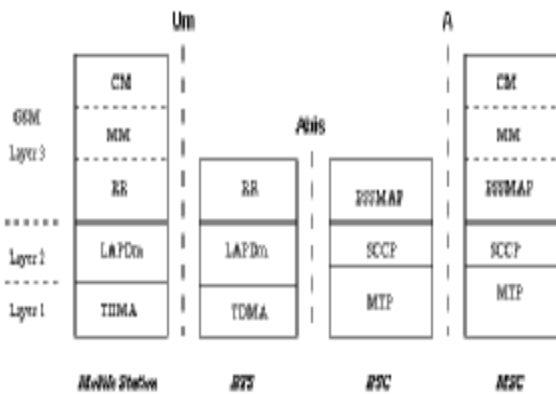


Fig. 3. Modelo de capas en GSM

El protocolo de señalización en GSM está estructurado en tres capas (layers), dependiendo de la interfase como se muestra en la figura 3. La capa 1 es la capa física la cual usa las estructuras de canal discutidas más arriba en la interfase de aire. La capa 2 es la capa de enlace. A través de la interfase Um, la capa de enlace de datos es una versión modificada del protocolo LAPD empleado en ISDN, llamado LAPDm. En la interfase A se usa el MTP (Message Transfer Part) de capa 2 de SS7.

En capa 3 el protocolo de señalización GSM se subdivide en 3 subcapas :

Administración de los recursos de radio (RR)

Controla el seteo, mantenimiento y terminación de los canales de radio y fijos incluyendo handovers.

Administración de movilidad (MM)

Dirige la actualización de localización y los procedimientos de registración, tanto como la seguridad y la autenticación.

Administración de conexión (CM)

Es el que controla en general la llamada, similar a la recomendación CCITT Q.931, maneja además los servicios suplementarios y el SMS (short message service)

La capa de manejo de los recursos de radio (RR) se encarga pues del establecimiento del enlace tanto de radio como fijo, entre la estación móvil y la MSC. Una sesión RR es iniciada siempre por un móvil a través del procedimiento de acceso, o bien para una llamada saliente o en respuesta a un mensaje de paging.

En una red celular los enlaces no siempre están fijos durante una llamada. El Handover implica cambiar una llamada en curso a un diferente canal o celda. La ejecución y medidas requeridas para handover son parte básica de las funciones de la capa RR.

Hay cuatro tipos diferentes de handovers en los sistemas GSM, los cuales implican transferir una llamada entre :

- Canales (time-slots) en una misma celda
- Celdas (BTS) bajo el control de una misma BSC
- Celdas bajo el control de distintas BSCs pero pertenecientes a la misma MSC
- Celdas bajo control de distintas MSC

Las dos primeras se llaman handovers internos por involucrar una sola BSC. A fin de ahorrar en ancho de banda de señalización la BSC se encarga de ambos casos sin necesidad de que intervenga la MSC excepto para avisarle de la concreción del handover. Los últimos dos tipos llamados handovers externos los manejan las MSC involucradas. Algo destacable de GSM es que la MSC original, desde donde partió la llamada ("la MSC ancla") continúa siendo la responsable por las funciones relacionadas a la llamada con la excepción de subsecuentes inter-BSC handovers bajo el control de la nueva MSC.

B. El "porqué" de la necesidad por GPRS

El aspecto más importante de GPRS es que permite la transmisión de datos por encima de 100 kbps y en el hecho que soporta los protocolos líderes en Internet como son IP y X.25. (ver fig. 4)

El hecho que GPRS opere a velocidades más altas que en las redes corrientes provee una enorme ventaja desde la perspectiva del software. Hoy, con los móviles de baja velocidad se tienen muy comprometido los accesos a los servicios basados en redes de alta velocidad como el e-mail, bases de datos, acceso a internet, etc. Mediante GPRS será innecesario hardware especial para acceder a estos servicios y por ende será más fácil ofrecer los distintos servicios.

Hoy además, las aplicaciones tienden a estar orientada al texto (dada la baja tasa de transferencia) con GPRS se podría pensar ya en incluir contenido multimedia, gráficos, voz y vídeo.

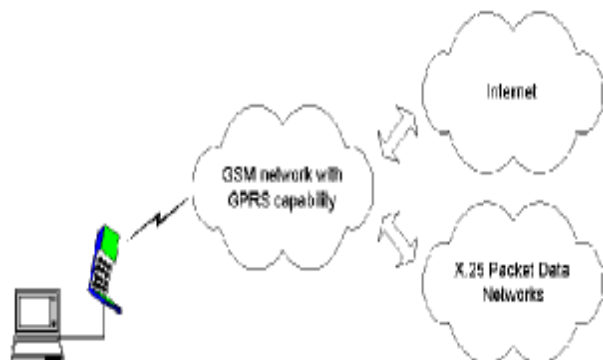


Fig. 4. GPRS como una extensión de la red de paquetes

La tecnología de paquetes de datos provee conexión inmediata desde un PC móvil y la Internet o redes corporativas permitiendo que todas las aplicaciones como e-mail y navegación operen normalmente y bien sin siquiera necesitar discar a un proveedor IP

La ventaja de esta tecnología está en que GPRS usa el medio, el radio enlace, solo cuando los datos son enviados o recibidos. Esto significa que múltiples usuarios puedan compartir el mismo canal de radio muy eficientemente. En contraste, con las actuales redes orientadas a circuitos donde los usuarios tienen conexiones dedicadas durante toda la llamada tanto si están enviando datos como si no lo hacen. Muchas aplicaciones tienen periodos de "idle" (sin actividad) durante una sesión, con una red orientada a paquetes los usuarios pagan solo por la cantidad de datos que intercambian y no por el tiempo sin actividad. De hecho, con GPRS los usuarios pueden estar conectados "virtualmente" por horas y tener una tarifa modesta.

Las comunicaciones orientadas a paquetes trabajan bien con todas las aplicaciones en especial con aquellas donde la transmisión es frecuente y con cantidad pequeñas de datos como e-mail en tiempo real.

GPRS provee soporte a los ya ampliamente empleados protocolos IP y X.25. El soporte para IP crece en importancia en la medida que algunas compañías buscan que a través de Internet sus empleados puedan acceder a las redes corporativas.

Con respecto a X.25, todavía existe un número importante de redes donde se emplea, especialmente en Europa y por ende el acceso inalámbrico a esas redes beneficiará a muchas organizaciones.

Esto significa que las aplicaciones IP o X.25 serán capaces de operar sobre una conexión celular GSM. Se puede pensar en GPRS como una extensión de la red Internet o de redes X.25 al espacio inalámbrico :

1) La experiencia del usuario

Dada la naturaleza de paquetes de GPRS, hace que la conexión sea similar en muchas formas a una conexión a una LAN. Como en dicha conexión, una vez que un móvil GPRS se registra en la red, está pronto para enviar y recibir paquetes. Un usuario con una PC laptop puede estar trabajando en un documento sin pensar siquiera en estar conectado y automáticamente recibir nuevos e-mails. El usuario puede decidir continuar con su documento y media hora después leer el e-mail y responderlo. Todo el tiempo, el usuario ha tenido la conexión a la red y nunca tuvo que discar como debería hacer en una red orientada a circuitos como las de hoy en día.

Además de todo esto, GPRS está pensado para la comunicación simultánea de voz y datos, de forma que el usuario pueda recibir una llamada entrante o hacer una llamada en medio de una transferencia de datos.

Dado que casi no hay retraso en el envío de datos, GPRS es ideal para aplicaciones tales como sesiones de comunicación extendida, consulta a bases de datos, etc. También debido a

su alta tasa de transferencia muchos de los obstáculos para el uso de multimedia desaparecen. Por ejemplo, los usuarios de móviles podrán usar mapas con contenido gráfico para orientarse o encontrar servicios. Ver la figura 5

b) Plataformas y GPRS

Debido a que GPRS soporta los protocolos estándar para redes, configurar las computadoras para trabajar con GPRS será muy sencillo. En el caso de IP, se podrá usar el existente ya stack de protocolos TCP/IP tal cual viene con Windows 9X/CE/NT.

Con todos los desarrollos en el campo de PC de mano existe un sin número de posibilidades para tomar ventaja del uso de GPRS (ver fig. 5) , algunas de las plataformas son :

- Laptops o PC de mano conectadas a celulares con GPRS o modems externos
- Laptops o PC de mano con modems PC-CARD compatibles GPRS
- Teléfonos inteligentes con capacidad "full-screen" (como el Nokia 9000)
- Celulares que empleen micro-navegadores usando WAP
- Equipo dedicado con capacidad GPRS integrada.

GPRS coincide con otro importante desarrollo tecnológico : el reemplazo de la conexión por cable a un celular por un corto radio enlace. Intel, Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba y otros están trabajando en tales conexiones inalámbricas en una iniciativa llamada "Bluetooth".

2) GPRS y el Acceso Remoto

Tradicionalmente las compañías proveían acceso remoto para sus empleados usando conexiones discadas vía módem a un pool de modems de la empresa. Pero dado que dichas empresas han establecido enlaces de alta velocidad con Internet, y dado para sus empleados han crecido las opciones de en que forma pueden acceder a la Internet, las empresas están buscando que dichos empleados accedan a la red corporativa e intranets a través de la Internet.



Fig. 5 Esquema de conexión con GPRS

Puede ser altamente efectivo a fin de reducir costos acceder a Internet en lugar de hacer llamadas de larga distancia por ejemplo. Ante posibles ataques externos a la red corporativa se ha implementado como defensa las VPNs.

VPNs:

Una VPN o Virtual Private Network (red privada virtual) nace en respuesta a la seguridad que debe existir en la red ante un ataque de hackers. VPN es un método que permite definir una red privada dentro de una red pública. Agrega software adicional a ambos lados de la conexión. Este software establece los llamados “túneles”, la información es encriptada y se le agrega además información adicional a cada paquete. Varios estándares están disponibles para la interoperabilidad entre productos para VPN como : Point to Point Tunneling Protocol (PPTP), Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP), SOCKS y Ipsec (Secure IP). Un esquema de un VPN se da en la Fig. 6

Casi todas las tecnologías VPN son independientes del tipo enlace de comunicación, es decir que ya se trate de una conexión discada, de Ethernet, ISDN, inalámbrica, etc de todas formas es lo mismo.

3) Detalles de GPRS para administradores de redes

Para entender mejor GPRS, se puede pensar en un “tour” comenzando desde el PC móvil e ir a través de la red. Primero, tenemos nuestro notebook conectado a un modem o celular con capacidades GPRS, o bien mediante un cable serie o el puerto USB o el enlace inalámbrico local. Quizás el dispositivo de conexión este en una PC Card. El teléfono GPRS o modem se comunica con las estaciones base de GSM, pero a diferencia de las llamadas de datos en redes de conmutación de circuitos que se conectan a redes de voz mediante el centro de conmutación, los paquetes GPRS son enviados desde la estación de base hacia lo que es llamado el SGSN (Serving GPRS Support Node). El SGSN es el nodo dentro de la infraestructura de GSM que envía y recibe datos a y desde las estaciones móviles. Además éste mantiene un rastreo de los móviles dentro de su área de servicio. El SGSN se comunica con el Gateway GPRS Support Node (GGSN), un sistema que mantiene conexiones con otras redes como Internet, X.25 o redes privadas.

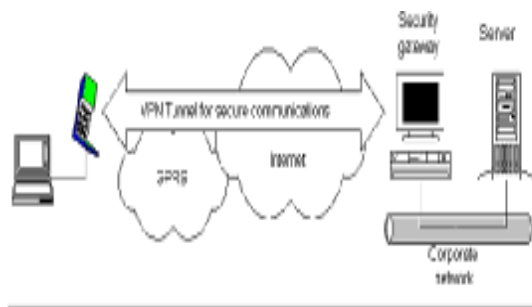


Fig. 6. Tecnología VPN : el establecimiento de los túneles

Una red GPRS puede usar múltiples nodos servidores pero requiere un único gateway para conectarse a una red externa como Internet :

Cuando la estación móvil envía paquetes de datos es vía el SGSN hacia el GGSN, el cual los convierte para la transmisión sobre la red deseada pudiendo ser Internet o X.25 o una red privada. Los paquetes IP desde la Internet hacia la estación móvil se reciben en la GGSN y se re-envían al SGSN y son transmitidos hacia el móvil.

Para enviar paquetes IP o X.25 entre sí, la SGSN y la GGSN los encapsulan usando un protocolo especializado llamado GTP (GPRS Tunnel Protocol) el cual opera encima de los protocolos TCP/IP estándar. Los detalles del SGSN y el GGSN son invisibles, transparentes al usuario. Un esquema de la red GPRS se ve en la figura 7.

Un aspecto interesante de GPRS es como se logra velocidades de más de 100 Kbps cuando una red de conmutación de circuitos esta limitada hasta 9.6 o 14.4 kbps. GPRS usa el mismo canal de radio de llamadas de voz un canal de 200 Khz de ancho. Este canal de radio tiene una capacidad bruta para un flujo digital a 271 kbps el cual para llamadas de voz se divide en 8 flujos separados, cada uno llevados unos 34 kbps.

Luego quitando el overhead del protocolo y la corrección de errores, 13 kbps quedan libres para conexiones de voz, es decir unos casi 14 kbps para datos. Por tanto la tecnología de conmutación de circuitos utiliza un solo canal de voz. GPRS puede combinar hasta 8 de esos canales y dado que los mismos pueden llegar hasta 14 kbps de salida de datos, el resultado neto es que los usuarios pueden disfrutar de 100 kbps. Pero no todos los 8 canales de voz se usan, de hecho los teléfonos más económicos están limitados a 56 Kbps. El estándar GPRS define un mecanismo por el cual una estación móvil puede solicitar la cantidad de ancho de banda que desea la tiempo de establecer la sesión de datos.

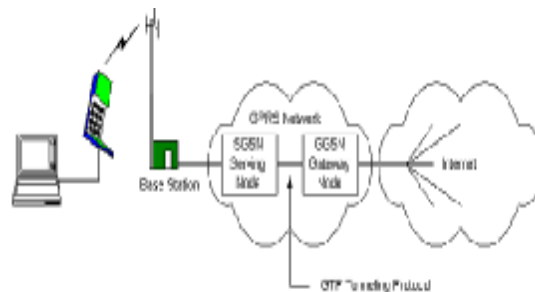


Fig. 7. Esquema básico del sistema GPRS

C. Perfiles de calidad de servicio en GPRS

En GPRS se definen los perfiles de calidad de servicio (QoS) que muestra la Tabla 1.

En la práctica no parece probable que se lleguen a conseguir los valores máximos de tasas binarias, sobre todo por las limitaciones tecnológicas de los terminales.

D. Protocolo de arquitectura

La Fig. 10 muestra el plan de transmisión desde la capa de red de acuerdo con el modelo de referencia ISO/OSI (International Organization for Standardization/Open Systems Interconnection). Sobre la capa de red, se puede usar protocolos standard. La selección de estos protocolos esta fuera del alcance de la especificación GPRS.

Entre dos GSNs, el GPRS Tunnel Protocol (GTP) es el que permite tener privacidad en la comunicación entre redes publicas, estableciendo los llamados túneles que encriptan la información y agregan información extra a cada PDU, como ser información de ruteo.

Abajo del GTP, se usan los protocolos TCP/UDP (Transmission Control Protocol/User Datagram Protocol) y el protocolo IP (Internet Protocol). Estos protocolos son usados como los protocolos de la capa de red del GPRS backbone. Dependiendo de la arquitectura de red del operador, se pueden usar debajo de IP distintos protocolos, como ser en los que se basa la red Ethernet, ISDN o ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

Entre el SGSN y MS, el Subnetwork Dependent Convergence Protocol (SNDCP) mapea las características de los protocolos de la capa de red hacia la capa LLC (Logical Link Control) y

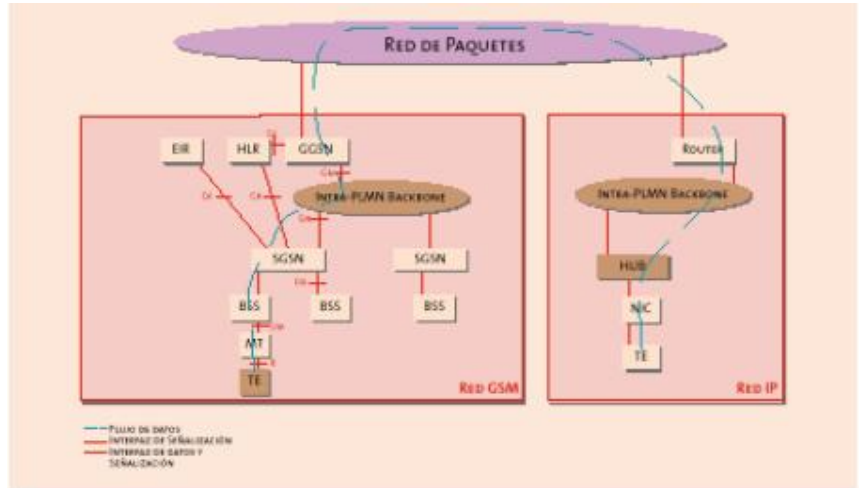


Fig. 9. Encaminamiento de paquetes hacia/desde una red de datos externa

TABLA 1

Parámetros	Valores				
Precedencia	Alta, Normal, Baja				
Fiabilidad	Probabilidad de pérdida de paquetes				
Retraso en paquetes de 128 byte	Clase	1	2	3	4
	Media(S)	< 0,5	<5	<50	Mejor esfuerzo
	95 % (S)	< 1,5	<25	<250	Mejor esfuerzo
Tasa binaria máxima	8 kbit/s- 171,2 kbit/s				
Tasa binaria mínima	0,22 kbit/s-111 kbit/s				

Clases de QoS en GPRS

provee distintas funcionalidades como la multiplexación de mensajes en la capa de red en una única conexión lógica virtual; dando además encriptación, segmentación y compresión.

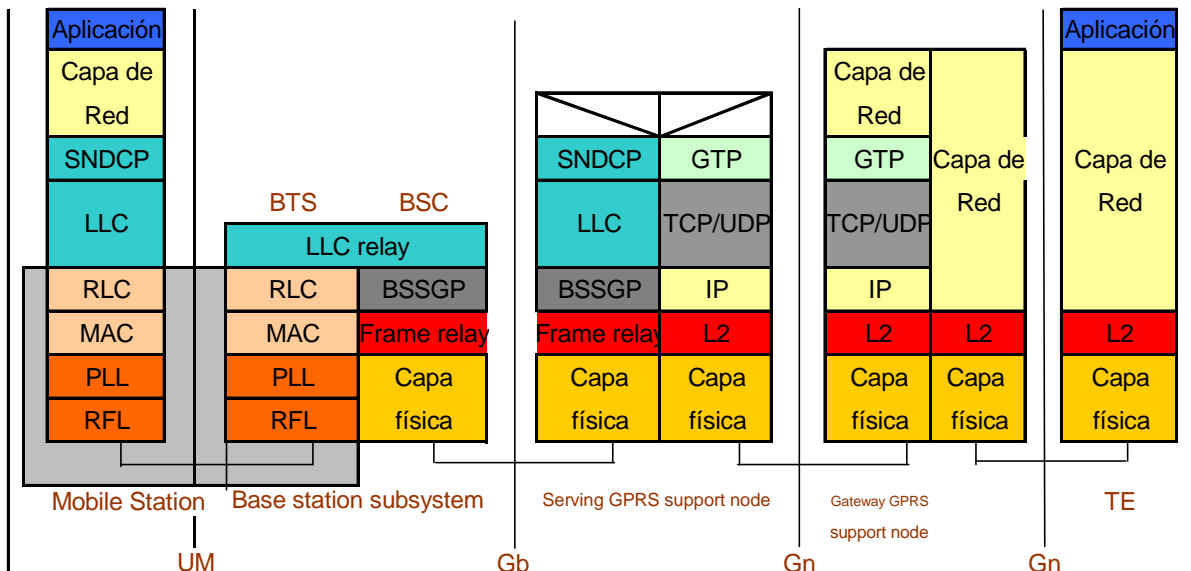


Fig. 10. Pila de protocolos en GPRS

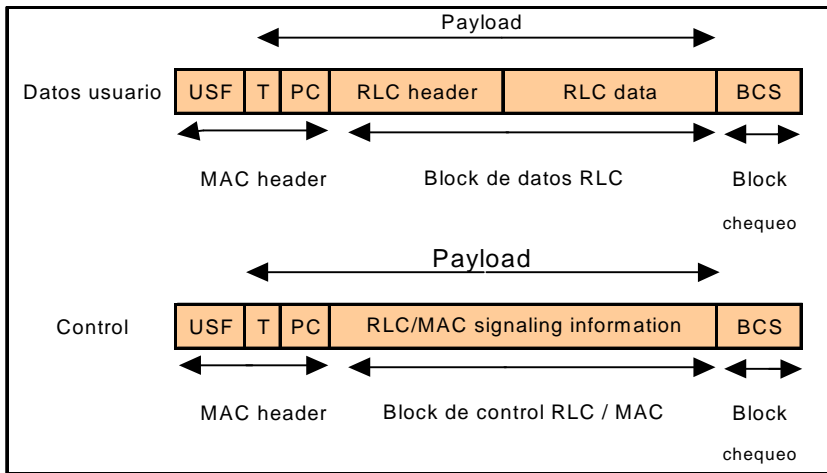


Fig. 11. Estructura del bloque de radio de GPRS

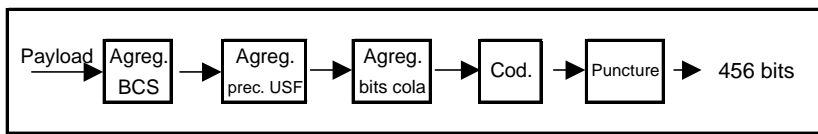


Fig. 12. Procedimiento de codificación GPRS

TABLA 2

Codificación	Tasa código	Payload	BCS	Pre-cod. USF	Bits cola	Bits codificados	Punts. bits	Tasa datos (kbps)
CS-1	1/2	181	40	3	4	456	0	9.05
CS-2	~2/3	268	16	6	4	588	132	13.4
CS-3	~3/4	312	16	6	4	676	220	15.6
CS-4	1	428	16	12	0	456	0	21.4

Esquemas de codificación GPRS

La comunicación de radio entre la red GPRS y el MS, indicada por el área gris de la Fig. 10, cubre funciones físicas y de la capa de enlace de datos (Data Link Layer).

Entre el MS y BSS, la capa de enlace de datos ha sido separada entre dos distintas subcapas, una de ellas es Logical Link Control (LLC) y la otra es Radio Link Control/Medium Access Control (RLC/MAC).

La capa LLC es la subcapa más alta en la capa de enlace de datos. Esta opera sobre la capa RLC/MAC y provee un enlace lógico entre el MS y el SGSN. La funcionalidad del protocolo es basada en link Access procedure-D (LAPD) usado en el plan de señalización GSM con soporte de la transmisión PTM.

La subcapa RLC/MAC provee servicios para la transferencia de información sobre la capa física de la interfase de radio de GPRS. Esta define un procedimiento que permite a múltiples MSs compartir un medio de transmisión común que consiste en muchos canales físicos.

La capa RLC es responsable de la transmisión de bloques de datos a través de la interfase del aire y del procedimiento de la corrección de errores (backward error correction (BEC)); procedimiento que consiste en la transmisión selectiva de bloques incorrectos (ARQ, Automatic Repeat Request).

La capa MAC es derivada del protocolo ALOHA ranurado y opera entre el MS y la BTS. Esta es la responsable de los procedimientos de acceso al canal de radio manejando los intentos de acceso al canal por el MS, y el control del acceso por el lado de la red. Este maneja los mecanismos de resolución de contención entre los distintos intentos de acceso al canal, arbitra entre los múltiples requerimientos de distintos MSs, y da los medios a los usuarios individuales que requieren distintos servicios. La capa física se divide entre dos subcapas, una la subcapa de acceso físico (physical link sublayer (PLL)) y la subcapa física RF (physical RF sublayer (RFL)).

La subcapa PLL da servicios para la transferencia de información sobre un canal físico entre el MS y la red.

Estas funciones incluyen la fragmentación de las unidades de datos, codificación de datos, y la detección y la corrección de los errores debido al medio

físico.

La subcapa PLL es responsable de:

- Código de corrección de errores hacia delante (forward error correction (FEC) coding) que permite detección y corrección de errores en las palabras de código transmitidas, y la señalización de las palabras de código transmitidas con error.
- Interleaving rectangular sobre bloques de una radio sobre cuatro bursts en tramas consecutivas

TDMA.

• Procedimientos para la detección de la congestión física. La subcapa RFL es parte del sistema completo GSM que brinda un rango de servicios incluido GPRS. Esta subcapa es la encargada de la modulación y la demodulación de las ondas físicas de acuerdo con las recomendaciones de la serie GSM 05 que especifican, sobre otras cosas:

- frecuencia de las portadoras y la estructura del canal GSM (GSM 05.02)
- Modulación de las ondas transmitidas y de la tasa de datos en los canales GSM (GSM 05.04)
- Características del transmisor y del receptor y requerimientos de performance (GSM 05.05)

En la red, la subcapa LCC esta compartida entre la BSS y SGSN.

La funcionalidad en la BSS es llamada LLC relay.

Entre la BSS y SGSN, el protocolo BSS GPRS (BSSGP) provee ruteo y parámetros de calidad de servicio (QoS), y opera sobre frame relay.

La Fig. 11 muestra la estructura del bloque de radio para los datos de usuario y el control de mensajes. Cada bloque consiste en un encabezado MAC, un bloque RLC para el

TABLA 3

Nombre	Dirección	Función
PBCCH	Downlink	Broadcast
PRACH	Uplink	Acceso aleatorio
PPCH	Downlink	Paging
PAGCH	Downlink	Acceso grant
PNCH	Downlink	Multicast
PDCH	Downlink and uplink	Datos
PACCH	Downlink and uplink	Control asociado

Canales lógicos GPRS

bloque de datos o un bloque RLC / MAC para el bloque de control, y un bloque de control de secuencia (BCS). Este es siempre transportado en cuatro bursts.

El encabezado MAC consiste en una bandera de estado (USF), un indicador de tipo de bloque (T) y un campo de control de potencia (PC). El bloque de datos RLC consiste en una parte de encabezado (RLC header) y una parte de datos (RLC data). El bloque de control RLC / MAC consiste en un bloque de información de señalización (RLC / MAC signaling information).

El código del canal está especificado en GSM 05.03. Se especifican cuatro diferentes esquemas de codificación, CS-1 a CS-4, para los bloques de radio que transportan los bloques de datos RLC.

La Fig. 12 muestra el procedimiento de codificación, donde el payload se define en la Fig. 11. Los detalles de la codificación son mostrados en la Tabla 3.

Entre el MS, BSS, y SGSN, los mismos protocolos son usados para la transmisión de datos arriba del protocolo SNDCP. A nivel de capa de red, entre el MS y SGSN se requiere un protocolo específico.

1) Protocolo de interfase de aire en GPRS

El protocolo de interfaz de aire de GPRS concierne a la comunicación entre el MS y BSS en los protocolos de la capa física, MAC y RLC, como se indica por el área gris en la Fig. 10.

La subcapa RLC/MAC permite la eficiente multiplexación en el canal de paquetes de datos compartido (packet data channel (PDCH)) y utiliza en forma selectiva el protocolo ARQ para transmisiones a través de la interfaz de aire.

El canal físico dedicado a la transferencia de paquetes de datos es llamado canal de datos de paquetes (packet data channel (PDCH)). Una celda que soporta GPRS debe de contener uno o más canales compartidos PDCHs que son tomados del total de canales físicos que posee la celda y de otros usados como canales de tráfico (traffic channels (TCHs)). La posición de los TCHs y PDCHs se hace en forma dinámica acorde con la "capacidad sobre demanda"; concepto que se explica más adelante.

§ Concepto Master-Slave

A lo sumo una PDCH; mapeada en un time slot físico, actuando como el master; acomoda los paquetes de control de

canales comunes (packet common channels (PCCHs)) que llevan toda la señalización de control necesaria para iniciar la transferencia de paquetes como ser datos del usuario y señalización dedicada. Los otros, actuando como slaves, son solo usados para la transferencia de datos del usuario.

§ Capacidad sobre demanda

En orden de permitir el servicio GPRS en celdas donde hay pocos (o no hay) usuarios GPRS sin la necesidad de colocar recursos en forma permanente; el concepto de capacidad sobre demanda ha sido introducido. El operador puede decidir cuando dedicar PDCHs para el tráfico GPRS.

La supervisión de carga es hecha en la capa MAC monitoreando la carga sobre las PDCH(s); y el número de PDCHs colocadas en una celda puede ser incrementado o disminuido de acuerdo a la demanda.

Los canales no usados pueden ser utilizados como PDCHs para incrementar la calidad de servicio (QoS) de GPRS.

Sin embargo, la existencia de PDCHs no implica la existencia de PCCCH. Cuando no se coloca ninguna PCCCH en una celda, los MSs en forma automática pasan el campo de servicio GPRS sobre el existente GSM CCCH como lo hace en el "idle state".

Cuando una PCCCH se coloca en una celda; todos los campos de los MSs GPRS observan a este.

El PCCCH puede ser usado como el resultado de un incremento de la demanda de transferencia de paquetes de datos o cuando hay suficientes canales físicos en una celda. Si la red libera el PCCCH, los MSs retorna al CCCH.

a) Estructura de multitrama en GPRS

Una estructura de multitrama es necesaria para el PDCH para acomodar los grupos de paging y los bloques posibles de broadcast del sistema de información GPRS. La estructura de multitrama de 51 tramas TDMA y de 52 tramas TDMA se especifica el GSM 05.01.

b) Segmentación de datos

El protocolo de capa de red de unidades de datos (N-PDUs o paquetes) recibidos de la capa de red son transmitidos a través de la interfase aérea entre el MS y el SGSN usando el protocolo LLC.

Primero, el SNDCP transforma paquetes en tramas LLC. El proceso incluye compresión opcional del encabezado de datos; segmentación y encriptación. La cantidad máxima de datos de usuario en una trama LLC es de 1600 bytes en nuestro estudio.

Una trama LLC es entonces segmentada en bloques de datos RLC que luego son introducidos en la capa física. Cada bloque comprime cuatro bursts normales en tramas TDMA consecutivas. La Fig. 13 resume como es la segmentación en GPRS.

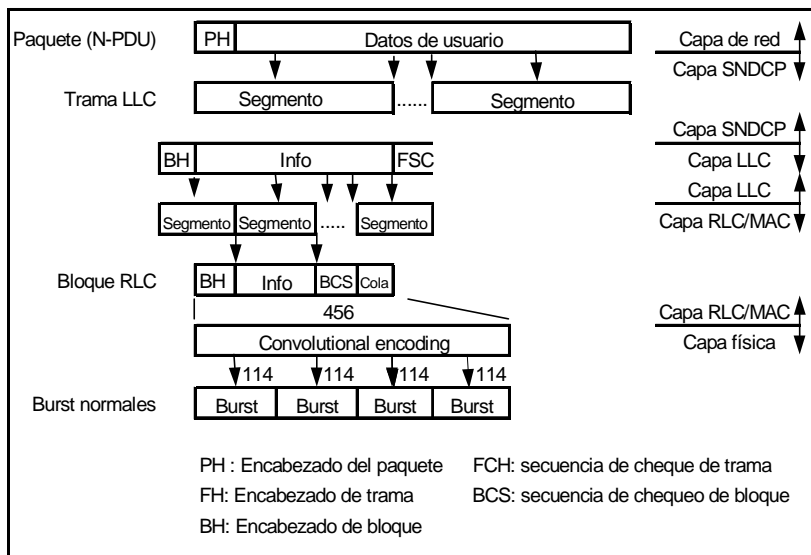


Fig. 13. Secuencia de transformación de un paquete de datos en GPRS

c) Canales lógicos en GPRS

La tabla 3 lista los canales lógicos en GPRS y sus funciones. Una descripción en detalle de cada canal se presenta a continuación.

§ Canal de control de broadcast de paquetes (PBCCH):

El Packet Broadcast Control Channel (PBCCH) lo que hace es transmitir información del sistema a todos los terminales GPRS en una celda.

§ Canal común de control de paquetes:

El canal de acceso de paquetes aleatorio es usado por los MSs para iniciar la transferencia de paquetes o responder a los paging messages.

Sobre este canal los MSs transmiten los bursts de acceso con tiempos de guarda largos. Cuando se recibe un burst de acceso, el BSS asigna un tiempo de avance a cada terminal. El canal de paging de paquetes es usada to page una prioridad al MS para bajar la transferencia de paquetes.

El canal de notificación de paquetes es usado para enviar una notificación de multicast PTM (PTM-M) a un grupo de MSs antes de una transferencia de paquetes PTM-M. La notificación tiene la forma de una asignación de recursos para la transferencia de paquetes.

§ Canales de paquetes de tráfico:

El canal de transferencia de paquetes de datos es un canal para la transferencia de datos.

Un MS puede usar más de un PDTCH en paralelo (operación de multislot) para la transferencia de paquetes individuales.

El canal de control de paquetes asociado (packet associated control channel) es usado para transportar información de señalización relativa a un MS dado como un

reconocimiento (ACK) y información del canal de control (PC).

Este también transporta mensajes de asignación y reasignación de recursos; tanto para la alocaión de un PDTCH o ocurrencias de una PACCH. Un PACCH es asociado con una o varias ocurrencias de PDTCHs generalmente asociados a un MS.

d) Modelo de operación

El protocolo de capa RLC/MAC es un protocolo del tipo ARQ con acceso aleatorio ALOHA ranurado; basado en mecanismos de reservas de paquetes para la transmisión del MS hacia el BTS (uplink).

La gran flexibilidad se asegura con la implementación en multislot de la capa MAC.

Más de un PDCH (cada uno correspondiente a un time slot de una trama TDMA) puede ser usada por un MS para la transferencia de paquetes de datos.

La interfase de radio de GPRS consiste en canales asimétricos e independientes para el uplink y el downlink. En un cierto time slot de una TDMA, una PDCH puede transportar datos de un MS en el uplink y datos de otro MS en el downlink. Un paquete que va a ser transmitido a través de la interfase de aire es encapsulado en una o más tramas LLC, que son segmentadas dentro de bloques de datos RLC. El protocolo ARQ selectivo entre el MS y BSS provee retransmisión de bloques con error. Cuando una trama completa es satisfactoriamente transmitida a través de la capa RLC, esta es subida a la capa LLC.

El método de implementación del ARQ selectivo en el nivel RLC requiere numeración de tramas. Cuando las tramas LLC son fragmentadas, un identificador temporario de tramas (temporary frame identify (TFI)) es asignada para cada trama de datos transmitida de/hacia un MS. El TFI asignado es único a través de la secuencia de tramas transferidas concurrentes en una celda y básicamente reemplaza la combinación de la identificación completa de un MS (por ejemplo: el temporary logical link identify, TLLI) y el número de secuencia de trama. El TFI es incluido en cada bloque perteneciente a una trama en particular, incluyendo la retransmisión de bloques determinada por el protocolo ARQ. Además, bloques provenientes de tramas hacia/desde diferentes MSs pueden ser multiplexadas en el downlink/uplink basadas en el TFI.

e) Transferencia de paquetes originados en el MS

§ Acceso múltiple :

Un MS inicia una transferencia de paquetes haciendo un requerimiento del canal para la transferencia de paquetes (PRACH o RACH). La red responde con un PAGCH o AGCH, respectivamente. Es posible usar el método de acceso

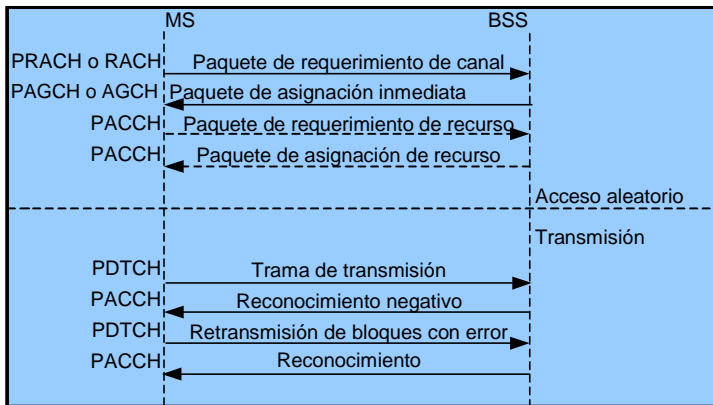


Fig. 14. Capa MAC: acceso aleatorio y transmisión para la transferencia en sentido uplink

de paquetes de una o dos fases. La Fig. 14 ilustra el proceso de transferencia de datos para el uplink. Las flechas punteadas son los mensajes adicionales necesarios para el procedimiento opcional necesario para el método de acceso de dos fases.

En el método de acceso de una fase, la red responde al paquete de requerimientos del canal con un paquete de asignación inmediata, reservando los recursos sobre una PDCH para la transferencia en uplink en un número de bloques de radio.

En el método de acceso de dos fases, la red responde al paquete de requerimiento del canal con el paquete de asignación inmediata; que reserva los recursos en el uplink para la transmisión del paquete de requerimientos de recursos. El paquete de requerimientos de recursos transporta la descripción completa de los requerimientos de recursos para la transferencia en el sentido uplink.

Si no hay una respuesta al paquete de requerimiento del canal en un periodo predefinido de tiempo, el MS vuelve a enviarlo después de un período aleatorio de tiempo.

El tráfico de paquetes de datos es a ráfagas por naturaleza. Momentáneamente, el BSS puede recibir más paquetes de requerimiento del canal de lo que este puede manejar en un cierto período de tiempo. Sin embargo, del lado del móvil, si su temporizador espira antes de que el paquete de asignación de recursos es recibido, el MS puede contender por el canal hasta que su último paquete de requerimiento del canal fue correctamente recibido. Esto podría conducir a una nueva ola de paquetes de requerimiento del canal. La solución propuesta para evitar esto es el notificar al MS que envía el paquete de requerimiento del canal que su mensaje fue correctamente recibido y que este va a recibir un paquete de asignación de recursos más tarde.

En este sentido, el sistema construye una cola de MSs que esperan por su turno para recibir el paquete de asignación de recursos para enviar una trama.

§ Transferencia de datos en sentido uplink

La utilización flexible y eficiente del espectro

disponible para el tráfico de paquetes de datos (uno o más PDCHs en una celda) puede ser obtenida usando el plan de reserva del canal multislot.

Es decir; bloques desde un MS pueden ser enviados en diferentes PDCH simultáneamente; lo que reduce el retraso de paquetes para la transmisión a través de la interfase de aire. El ancho de banda puede ser cambiado usando uno a ocho time slots en cada trama TDMA dependiendo del número de PDCHs disponibles, la capacidad multislot del MS, y de la carga presente del sistema.

Como mencionamos antes, el concepto master-slave del canal requiere mecanismos para la eficiente utilización del PDCH uplink(s). Por ende, la bandera de estado uplink (uplink state flag (USF)) es usada en las PDCHs. Los tres bits de USF en el principio de cada bloque de radio enviado en el downlink apuntan al próximo bloque de radio uplink. Esto permite la

codificación de ocho diferentes estados USF que son usados para la multiplexación del tráfico en el sentido uplink. El comando de reserva del canal incluye la lista de PDCHs alocados y el correspondiente estado USF por canal. Para un MS, el USF marca la parte del canal que se puede usar para la transmisión. Un MS monitorea el USF y, de acuerdo con el valor de este, identifica la asignación PDCHs para este y comienza la transmisión. Esto permite la multiplexación eficiente de bloques de un número de MSs en una sola PDCH. Adicionalmente, el comando de reserva del canal puede ser enviado al MS antes de que el número total de requerimientos de PDCHs sea libre. A sí que, la bandera de status no solo resulta en una gran reserva dinámica si no que también permite la interrupción de la transmisión en favor de mensajes de alta prioridad. Un valor USF es usado para denotar PRACH (USF=FREE). Los otros valores USF, USF=R1/R2/...R7, son usados para reserva del uplink para diferentes MSs.

Después de que los bloques han sido transmitidos en los time slots reservados; un acknowledge debería seguir desde el BSS enviado en el PACCH.

En el caso de un reconocimiento negativo ; que incluye un bitmap de bloques erróneos, paquetes de asignación de recursos para retransmisión, timing advance y power control,

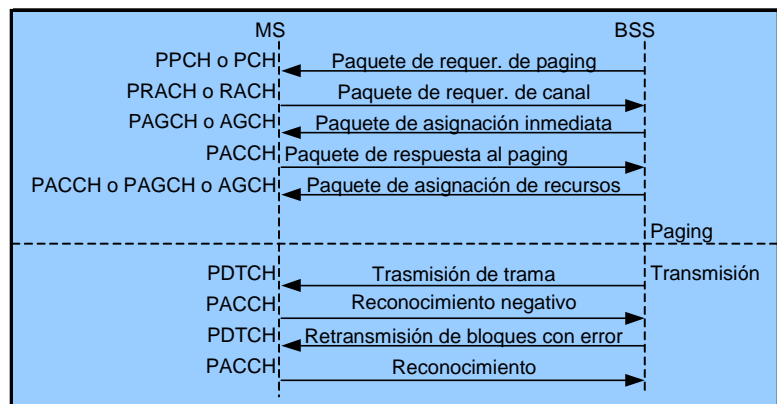


Fig. 15. Capa MAC: acceso aleatorio y transmisión de datos para la transferencia de datos en sentido downlink

- Suscribirse al servicio de GPRS (con algunos proveedores es automático)
- Conocimiento de cómo enviar y recibir información GPRS usando el modelo específico de celular que se posea, incluyendo la configuración del software y el hardware.

e) Factores clave de la red GPRS

§ *Commutación de paquetes*

GPRS involucra superponer una interfase basada en paquetes usando como medio el aire sobre la existente red GSM de conmutación de circuitos. Esto da al usuario una opción para usar un servicio orientado a datos por conmutación de paquetes. Para complementar una red con arquitectura de conmutación de circuitos y que funcione como una red de conmutación de paquetes puede resultar en una actualización de equipos bastante grande. Sin embargo, el estándar de GPRS fue pensado de forma elegante de forma tal que los operadores de la red necesiten solo un par de nodos más dentro de la existente infraestructura y realizar luego una actualización del software en los nodos existentes.

Con GPRS, la información se divide en “paquetes” separados pero relacionados antes de ser transmitidos y re-ensamblados en el extremo receptor. La conmutación de paquetes es similar a un puzzle, la imagen que el puzzle representa se divide en pedazos y durante el transporte todas las piezas se mezclan, una vez que el receptor obtiene todas las piezas, se ensamblan y se obtiene la imagen original. En GPRS todas las piezas se relacionan para encajar unas con otras, pero la forma en que se transportan y se ensamblan varía.

§ *Eficiencia espectral*

Conmutación de paquetes implica que los recursos de radio en GPRS se empleen solo cuando los usuarios están de hecho, enviando o recibiendo datos. Mejor que dedicar un canal de radio para datos a un móvil y por un periodo fijo de tiempo, los recursos disponibles de radio pueden ser concurrentemente compartidos entre varios usuarios. Este uso eficiente de los acotados recursos de radio significa que un gran número de usuarios GPRS puedan potencialmente compartir el mismo ancho de banda y ser servidos desde una única celda. El número real de usuarios que pueden hacer uso del servicio depende de las aplicaciones que se empleen y de cuanta sea la cantidad de datos a ser transferidos. Dado la eficiencia espectral de GPRS, los operadores pueden maximizar la eficiencia, invirtiendo lo justo, sin necesidad de invertir en “capacidad latente” (la que se usa solo en horas pico) cuando se tienen canales dedicados. GPRS mejora la capacidad en horas pico de una red GSM dado que simultáneamente :

- Aprovecha los escasos recursos de radio de forma eficiente mediante la concepción de la llamada “conectividad virtual”

- Migra tráfico que fue previamente enviado usando datos por conmutación de circuitos hacia GPRS (conmutación de paquetes) con todo lo que eso implica.
- Reduce el uso de SMS y de la carga de señalización en el canal para éste gracias a que ahora el tráfico que se enviaba por SMS se migra a GPRS/SMS el cual ya es soportado por los GPRS estándares

§ *Internet donde sea*

Por primera vez, GPRS habilita completamente las funcionalidades de Internet Móvil, permitiendo el “interworking” entre la Internet y la red GPRS. Cualquier servicio usado hoy en la Internet “fija” (con conexión fija) como FTP, navegación, chat, e-mail, telnet, etc estará disponible también sobre la red móvil gracias a GPRS. De hecho, muchos operadores de redes consideran al uso de GPRS como una ayuda para llegar a ser ISP inalámbricos. Debido a que usa los mismo protocolos, las redes GPRS pueden ser vistas como sub-redes de la Internet y a los móviles con capacidad de GPRS ser vistos como hosts móviles. Esto implica que cada móvil potencialmente puede tener su propia dirección IP.

§ *SopORTE para TDMA y GSM*

Debe hacerse notar que el Servicio de Radio de Paquetes Generales (GPRS) es un sistema que no solo ha sido diseñado para redes móviles basadas sobre el estándar de telefonía digital de GSM. El sistema IS-136 que emplea TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo) muy popular en Norte-América y en Sudamérica también soportará GPRS. Esto sigue al acuerdo de continuar la misma evolución en camino a las redes celulares de Tercera Generación.

2) *Limitaciones de GPRS*

A pesar de todas las bondades detalladas del sistema GPRS, está claro que no todo son ventajas y el sistema tiene algunas limitantes :

a) *Capacidad de celda limitada*

GPRS tiene un gran impacto sobre la capacidad de la celda. Hay solo una cantidad limitada de recursos de radio que pueden ser empleados en usos diferentes, el uso para un propósito excluye el uso simultaneo para otro. Por ejemplo, las llamadas de voz y GPRS ambas usan los mismos recursos de la red. Al GPRS administrar dinámicamente la ubicación de canales y permitir una reducción en la carga de señalización en el canal a horas pico mediante el envío de mensajes cortos sobre canales GPRS, lo cual resulta en la necesidad de SMS el cual utiliza un tipo diferente de recurso de radio.

b) *Velocidades mucho más baja en realidad*

Lograr el máximo teórico de transferencia en GPRS de 172.2 kbps requeriría que un único usuario tomara control de los

ocho timeslots y sin protección contra errores. Esta claro que para un operador de red no es negocio hacer nada de eso. Además los primeros terminales GPRS soportarán dos o tres timeslots únicamente, el ancho de banda al usuario GPRS estará seriamente reducido. Como resultado, las velocidades altas pueden que no estén disponibles para usuarios individuales hasta que se ponga en práctica la tecnología EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) o la UMTS (Universal Mobile Telephone System).

c) *Modulación sub-óptima*

GPRS esta basada en la técnica de modulación conocida como GMSK (Gaussian Minimum Shift-Keying). Otras tecnologías como EDGE se basan en un nuevo tipo de esquema de modulación que permite una tasa de transferencia de bits mucho más alta a través de la interfase de aire la cual se llama modulación **8 PSK** (Eight Phase Shift Keying). Como resultado de lo visto, se deberá esperar a EDGE para mejorar en este punto.

d) *Retraso en el tránsito*

Los paquetes GPRS son enviados en todas las distintas direcciones a fin de alcanzar el mismo destino. Esto aumenta la posibilidad para que uno o algunos de esos paquetes se pierdan o corrompan durante la transmisión de datos sobre el radio enlace. Los estándares de GPRS reconocen este aspecto inherente de las tecnologías e incorporan estrategias de integridad de datos y de retransmisión. Sin embargo, el resultado es que potencialmente pueden ocurrir retrasos en el tránsito. Debido a esto, las aplicaciones que requieren calidad broadcast de vídeo pueden ser implementadas usando HSCSD (High Speed Circuit Switched Data). HSCSD es simplemente una llamada a una CSD (Circuit Switched Data) en la cual un solo usuario puede tomar hasta cuatro canales separados al mismo tiempo. Dado la característica de esta conexión extremo a extremo entre receptor y transmisor los retrasos son mucho menos probables.

F. *Experiencia de servicios sobre el piloto de red GPRS (Valladolid, España)*

A continuación presentamos los resultados de una experiencia realizada en Valladolid sobre el piloto de red GPRS.

1) *Objetivos de la experiencia*

Los objetivos que buscaba esta experiencia eran los siguientes:

§ Obtener resultados de campo (medida de red) confiables, que permitiesen ajustar los parámetro de infraestructura utilizados, obteniéndose el "Know-how" técnico necesario para el despliegue comercial del servicio GPRS. Esto trajo consigo el establecimiento y el contacto con los suministradores y proveedores de los equipos y terminales GPRS.

§ El otro objetivo de la experiencia fue la evaluación de prestaciones de servicios con usuarios reales sobre el piloto desplegado

2) *Valor añadido de la experiencia*

Cabe agregar que en esta experiencia se trato de comprobar el máximo número de condiciones de funcionamiento. Para hacer esto posible, se utilizaron tanto aplicaciones que hacen uso de conectividad IP desde PCs portátiles conectados a móviles GPRS (oficina móvil), como aplicaciones que se muestran directamente en los navegadores WAP de los propios terminales de la experiencia (servicios WAP).

Los servicios utilizados para englobar ambos tipos de aplicaciones fueron:

§ Aplicaciones WAP desarrolladas específicamente para esta experiencia, como ser:

- § Acceso al correo electrónico corporativo
- § Acceso al directorio de personal de la empresa que realizo la experiencia
- § Consulta del menú semanal de los comedores de dicha empresa
- § Búsqueda de información cartográfica (poblaciones y calles) a nivel de España.
- § Consulta de servicios turísticos con información de interés general, como museos, bibliotecas, farmacias, etc., incluyendo horarios, teléfonos y direcciones.

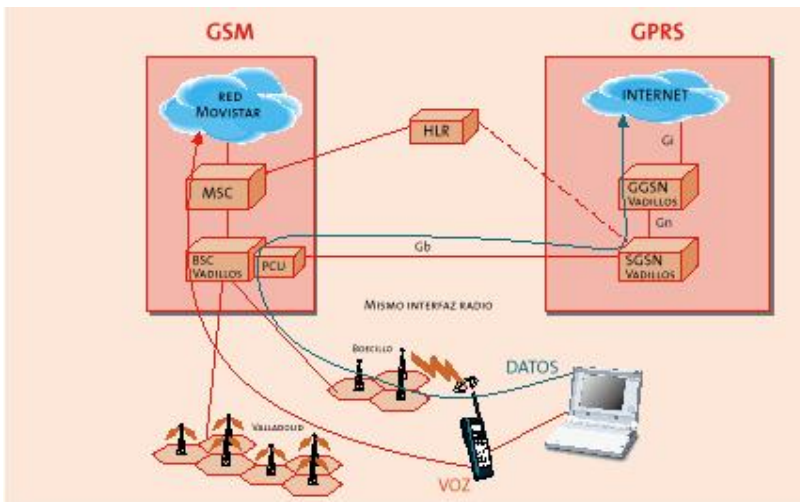


Fig. 17. Esquema del piloto GPRS de la experiencia

§ Oficina móvil: conexión a la Intranet corporativa desde notebooks y PDAs

§ (Personal Digital Assistant). Se tuvo navegación y acceso a la interfaces web de diversas aplicaciones corporativas).

Cabe agregar que algunos de los servicios ofrecidos incluyeron el envío de imágenes, lo que supuso una carga importante para la red y permitieron la prueba de prestaciones en condiciones de uso intenso.

3) Piloto GPRS de esta experiencia.

El piloto de red GPRS con el cuál se realizó esta experiencia constaba de los elementos necesarios para dar servicio a los terminales (subsistema de estaciones base, SGSN, GGSN, nodos de encaminamiento, enlaces, etc). El suministrador de dichos equipos fue Motorola, tanto para los equipos de red como los terminales.

Para el despliegue se utilizó la infraestructura de red ya existente (en concreto se utilizaron determinadas celdas de un BSS de Motorola, desplegado en el centro y sur de Valladolid capital, y controlado desde la central de Vadillos), sobre la cuál se ha realizado la pertinente actualización hardware (en la PCU, en la BSC y en los nodos SGSN y GGSN) y software (en las BTSs y en la BSC). La Fig. 17 muestra el modelo de red utilizado.

Los terminales utilizados son de un modelo *Timeport* no comercial, con soporte GPRS, que pertenecen a la clase B (es decir, funcionan en modo GSM y GPRS, no simultáneamente). Estos también se pueden configurar en clase C (funcionamiento GPRS únicamente).



Fig. 18. Menú principal de acceso a las aplicaciones WAP



Fig. 19. Ejemplo de visualización de fotografías del servicio de directorio vía WAP

4) Servicios ofrecidos

Para la experiencia realizada se consideraron los siguientes tipos de servicios, que representan el uso típico de la infraestructura GPRS en condiciones reales de funcionamiento.

a) Aplicaciones WAP

Esta experiencia se vio enriquecida por el desarrollo de un conjunto de aplicaciones WAP relativamente novedosas, que permitió ofrecer un atractivo adicional para los usuarios en el manejo de los servicios más comúnmente utilizados en la actualidad.

En la Fig. 18 se muestra la página inicial de acceso a los servicios WAP implementados.

§ Acceso al correo electrónico corporativo

Este servicio permite la recepción y el envío de mensajes de correo electrónico, con un funcionamiento similar al de las aplicaciones tradicionales de correo sobre PC. La entrada a la aplicación está controlada por un formulario de "login", que solicita la pareja usuario/contraseña de la cuenta de correo del usuario que ha efectuado el acceso inicial a los servicios.

Una vez autenticado el usuario, se le presenta el menú principal con las opciones: *Recibir* (para visualizar la lista con los correos del buzón de entrada), *Componer* (para enviar correo), *Agenda* (que permite añadir nuevos nombres con su dirección de correo asociada y efectuar búsquedas por nombre) y *Configurar* (que posibilita al usuario el definir el servidor de correo y protocolo a utilizar).

§ Acceso a la información del directorio del personal

Con esta aplicación se puede consultar el directorio de personal, igual que se hace desde Intranet.

Facilitando criterios de búsqueda, como nombre, usuario, extensión y/o recinto, se muestra en el teléfono un listado con los nombres de las personas cuyos datos coinciden con el criterio de búsqueda. Es posible recorrer esa lista y elegir una persona para presentar su ficha, e incluso visualizar su fotografía, dentro de las limitaciones propias de las pantallas de los teléfonos. La Fig. 19 presenta un ejemplo de esto.

Algunos de los datos presentados pueden ser utilizados directamente para iniciar otras acciones, como, por ejemplo, escribir un correo electrónico a partir de la dirección de correo o iniciar una llamada de voz a la extensión sin necesidad de marcar el número.

§ Consulta de información general

A través de esta aplicación se tiene acceso a la información del menú semanal de los comedores de Telefónica I+D de Madrid y Boecillo

§ Acceso a información cartográfica de calles y poblaciones/carreteras

Con esta aplicación se puede obtener, sobre la base de un servidor de mapas, información de tipo cartográfico, como, por ejemplo, mapas de zonas o calles de poblaciones, tal como refleja la Fig. 20- Es posible realizar búsquedas por poblaciones, calles, puntos de interés, así como visualizar diferentes capas (carreteras, vías férreas, ríos y embalses, poblaciones, etc.). Además, se pueden realizar desplazamientos y zoom sobre los mapas.



Fig. 20. Página principal y ejemplo de búsqueda de calles del servicio cartográfico vía WAP

§ Servicios turísticos

La opción de Servicios Turísticos está pensada como un acceso rápido a aquellos datos de interés para propósitos turísticos, ofreciendo información local de los distintos servicios disponibles, agrupados por categorías: interés general, cultura, ocio y tiempo libre y turismo. Cada una de estas categorías incluyen un conjunto de subcategorías que contienen información de los servicios finales. La navegación, por tanto, se estructura en tres niveles hasta llegar a los datos finales. Los datos que se le presentan por cada servicio son: dirección, teléfono (con la posibilidad de efectuar una llamada desde el navegador, sin necesidad de marcar el número) e información general (por ejemplo, horarios).

b) Oficina móvil

Por otro lado, para el caso de la oficina móvil se han utilizado las aplicaciones existentes sobre redes IP, ejecutadas en un ordenador portátil conectado a un teléfono GPRS. Entre estas aplicaciones se encuentran el acceso a páginas web, el correo electrónico, las bases de datos remotas y el acceso SAP/R3.

Este mismo tipo de acceso se ha utilizado para realizar una evaluación más detallada de las prestaciones de un enlace GPRS concreto, realizando medidas de tiempos de acceso, tal como se detalla a continuación.

5) Medida de prestaciones

El total de usuarios que participo de la experiencia ha sido de 25, limitado por el número de terminales disponibles. Para aumentar el número de usuarios potenciales se han definido turnos de rotación de terminales, de modo que la experiencia resultara accesible al mayor número de usuarios posible.

a) Accesos al servidor

El registro de accesos se ha llevado a cabo utilizando las funciones correspondientes del servidor WAP (en este caso las del servidor web *Microsoft Internet Information Server 4.0*). Éste ha sido configurado para efectuar un volcado de la información de accesos a un registro local en formato Microsoft Access (.mdb) a través de ODBC. Posteriormente, estos datos pueden ser consultados de forma directa a través de *Microsoft Query* (desde *Microsoft Excel*) o bien usando procesados intermedios con *Microsoft Acces*, lo que permite elaborar análisis muy diversos sobre los mismos.

Inicialmente, un parámetro que puede ofrecer un especial interés es el número de peticiones HTTP a cada uno de los servicios WAP desarrollados. Este parámetro permite conocer las condiciones de carga de la red, así como el porcentaje de uso de los servicios para la implantación del servicio GPRS de la experiencia.

Adicionalmente, y aunque el número de análisis que se ha podido efectuar ha sido muy amplio, se ha seleccionado el análisis de *tiempos de procesamiento* y de *byte promedio* intercambiados para diferentes tipos de servicios. De este modo, se han elaborado gráficas comparativas de estos parámetros según el tipo de contenido, *estático o dinámico* (según esté almacenado en el servidor o se genere en tiempo real), y el tipo de servicio, *autónomo* (residente íntegramente en el servidor WAP, como es el caso del servicio turístico de Valladolid) o *distribuido* (como es el caso del acceso al directorio, que requiere una consulta a las bases de datos en otro nodo, o el correo electrónico, que necesita la consulta y descarga del correo desde el servidor de correo correspondiente).

La Fig. 21 representa la distribución total de peticiones de servicio.

Se observa que los accesos mayoritarios han sido realizados al servicio de correo electrónico y a los servicios de directorios y de mapas.

b) Prestaciones de red

Para la medida de prestaciones de red se ha procurado eliminar cualquier elemento de incertidumbre que pueda existir, haciendo las pruebas entre el extremo móvil (notebook) y un nodo de la propia Intranet del piloto GPRS (en este caso, la pasarela de facturación, *charging gateway*).

Se han utilizado dos métodos bastante extendidos:

§ Medida de capacidad binaria (*throughput*)

En este caso, se han realizado transferencias de archivos mediante protocolo *ftp*, calculando la tasa binaria como el cociente entre los byte transmitidos y el tiempo necesario para ello. Como el *ftp* introduce un retardo adicional del propio protocolo, se han utilizado ficheros largos para reducir este efecto. Los resultados han proporcionado valores de

capacidad binaria en descarga (*get*) con un tope alrededor de 9 kbit/s, pero con medias habituales en torno a los 6-7 kbit/s.

Es importante resaltar que los terminales utilizados para estas pruebas disponían de un hardware y un software, actualizado a las últimas versiones de GPRS existentes en la fecha de las pruebas, y contaban con capacidad 2 + 1 (2 *timeslots* de bajada y 1 de subida). Por ello, se deberían haber conseguido tasas de hasta 20 kbit/s en condiciones idóneas.

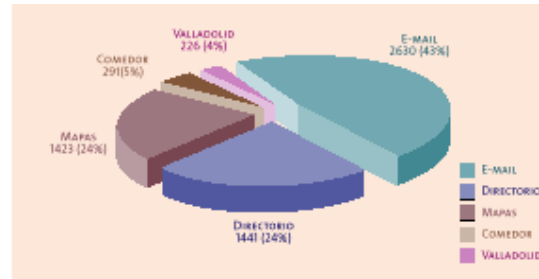
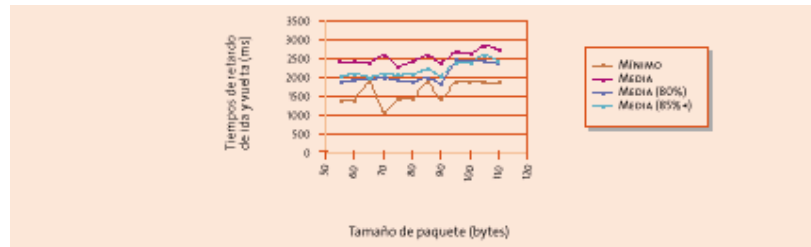


Fig. 21. Distribución total de accesos por servicio

Aunque se han obtenido en laboratorio tasas análogas de hasta 18 kbit/s (centro de Telefónica Móviles España en Labastida, Madrid) y de 12 kbit/s (centro de Telefónica I+D en Ramírez de Arellano, Madrid), no se han podido reproducir en la red piloto instalada. La principal diferencia es la utilización de la red real, en condiciones reales de funcionamiento, a falta de optimización de los parámetros radio de GPRS y de la utilización de terminales con hardware adecuado.



III. CONCLUSIONES FINALES

Como hemos podido ver a través del presente trabajo la tecnología GPRS era muy necesaria al menos en un principio para tener una relativa buena eficiencia en la transferencia de datos. El soporte de GSM y sus particularidades : la compatibilidad con ISDN, el uso de la tarjeta SIM para que el usuario contrate un servicio y se independice del celular que use, etc se amalga muy bien con el sistema GPRS. Claro está que GSM fue bien pensada desde sus comienzos y esto le concede buena ventaja frente a los otros sistemas.

Por otro lado, GSM si bien es una red celular digital, funciona en base a la conmutación de circuitos. Esto implica reservar un canal específico para establecer una conexión extremo a extremo. Para el uso con voz, sigue siendo una buena idea ya que perder muestras de voz (si se tratara a ésta como datos en una red de conmutación de paquetes) puede degradar bastante la calidad como puede apreciarse hoy en una llamada usando algún software por internet. Con el uso de datos todo cambia, el usuario que navega por la red desde su celular o laptop tiene un tráfico más bien por ráfagas y necesita en algunos momentos un gran ancho de banda y en otros momentos muy poco (por ej, al hacer click), por todo esto sobredimensionar el sistema para que el celular puede tomar más de un canal y apropiarse no de uno sino de muchos más si los necesita resulta una idea bastante mala. La idea de GPRS es bastante elegante, sí me apodero de más de un canal, pero en realidad no . Es decir, los canales son un número fijo dada una celda, pues bien, todo el mundo usando GPRS en esa celda se apodera momentáneamente de más de un canal pero una vez transferido los datos, lo libera y otro lo puede usar. La idea detrás de todo esto es obviamente usar al máximo los canales disponibles en la celda.

El aprovechamiento de los canales con GPRS resulta notable y se logra gracias a que invirtiendo muy poco más en infraestructura se puede adaptar una red de conmutación de circuitos como lo es GSM a una red de conmutación de paquetes como los es la necesaria para soportar GPRS.

Otro interesante aporte de GPRS es la conexión. Como pudimos ver, el hecho de que cualquier persona contrate el servicio GPRS hace que virtualmente este conectado siempre. Es decir, no hay necesidad de establecer una conexión, simplemente el móvil por si mismo se anuncia en la celda y al estilo de una LAN común, el móvil queda apto para enviar y recibir datos. Esto tiene ventajas para el usuario, ya que ahorra el tener que establecer manualmente la conexión, ante los ojos del usuario, no importa que no hubiesen canales disponibles, el usuario luego de esperar un poco recibiría la información con lo cual se evita que el usuario se moleste porque le apareció un cartel de que no pudo conectarse. Esto último, es así siempre y cuando el tiempo de espera para enviar/recibir datos no sea muy largo.

Con respecto a la tarificación esta claro que sería mucho más justa que la tarifa en el caso de reservar un canal ya que como se menciono si el usuario esta leyendo la información y no manda o recibe nada entonces el usuario NO PAGA NADA, es decir que solo se le cobra por contratar el servicio y por bit que envía/recibe, no por tiempo ya que idealmente este puede ser indefinido. Mediante esta modalidad de cobro

el conectarse genera menos gastos para el usuario y este por tanto se beneficia.

Otro problema, como se discutió antes es la seguridad en las comunicaciones, para eso existen los túneles - la tecnología VPN – pero además la posibilidad de encriptar la comunicación utilizando el número de la SIM el cual lo conoce el registro local y que esta protegido por password en el móvil.

Esta claro que GPRS es solo una primera aproximación de lo que se viene y que realmente impactará en la Tercera Generación, estamos hablando de EDGE. Gracias a mejoras en la compresión, nueva tecnología, etc. en los años venideros esta tecnología estará disponible completamente y permitirá tasas de más de 250 kbps.

IV. BIBLOGRAFIA

- John Scourias. Overview of GSM.
Universidad de Waterloo.
- Peter Rysavy. GPRS
Trabajo para el PCS Data Today Journal
- Jian Cai y David J. Goodman. GPRS
Universidad de Rutgers.
- Mobile Lifestreams. "YES 2 GPRS" White Paper
- Javier Gutiérrez Álvaro, Pilar Sierra Sánchez, Javier Toribio Torrejón, Ana Vega Viejo.
Comunicaciones de Telefónica I+D