

Capítulo 4

EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution

4.1 – Introducción

Las redes GSM ya habían avanzado en la transmisión de datos, con servicios en conmutación de circuito a una tasa de 9.6 Kbps y la transmisión de mensajes cortos (servicio SMS). Más tarde se hicieron mejoras con la introducción de HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), con capacidad multi-slot y 14.4 Kbps por time-slot, y GPRS. Las tasas teóricas de ambos servicios eran de 64 Kbps para HSCSD y 160 Kbps para GPRS [9].

EDGE, introducido en redes operativas en 2003 [9], mejora la tasa de transferencia (*throughput*) en un time-slot para ambos servicios HSCSD y GPRS. La evolución de HSCSD se denomina ECSD (*Enhanced Circuit Switched Data*) mientras que para GPRS pasa a llamarse EGPRS (*Enhanced General Packet Radio Service*). En ECSD, aún triplicándose la capacidad de un

time-slot, la tasa máxima no supera los 64 Kbps por la restricción de la interfaz A. De igual manera, en EGPRS, se triplica la capacidad de un time-slot alcanzándose picos de hasta 473 Kbps usando los 8 time-slot de la trama TDMA [9]. La clave de conseguir esta eficiencia espectral reside en una nueva técnica de modulación combinada con mecanismos de adaptación al enlace.

GPRS y EGPRS tienen diferentes formas de operar y diferentes protocolos en el subsistema BSS, comportándose de la misma manera en el núcleo de la red, es decir, EGPRS se puede entender como un añadido a la infraestructura desplegada para el servicio GPRS.

Este capítulo se centra en EGPRS, que junto con la telefonía de 3ª generación WCDMA¹, marcan una revolución en la que las altas tasas de transmisión brindadas a los recursos radio, mejora la capacidad total permitiendo más tráfico tanto de voz como de datos.

La información recogida en este capítulo ha sido recopilada a partir del 'Technical Paper' de Ericsson: "*EDGE, Introduction of High-Speed data in GSM/GPRS networks*" [9].

4.2 – Tecnología EDGE

En la Tabla 4.1 se muestra una comparación entre las tecnologías GPRS y EDGE.

	GPRS	EDGE
Modulación	GMSK	8-PSK/GMSK
Tasa de símbolos	270 Ksimb/seg	270 Ksimb/seg
Tasa de bits	270 Kbps	810 Kbps
Tasa de bits radio por time-slot	22.8 Kbps	69.2 Kbps
Tasa de bits de usuario por time-slot	20 Kbps (CS4)	59.2 Kbps (MCS9)
Tasa de bits de usuario en 8 time-slots	160 Kbps	473.6 Kbps

Tabla 4.1 - Comparación GPRS – EDGE [9]

¹ WCDMA – Wide Code Division Multiple Access, técnica de transmisión y acceso multiple al interfaz aire utilizada en UMTS.

Aunque GPRS y EDGE comparten la misma tasa de símbolos, el número de bits de modulación difiere. EDGE puede transmitir tres veces el número de bits que GPRS transmite en un mismo instante. Esta es la principal razón de las elevadas tasas a las que es capaz de transmitir EDGE.

Las diferencias entre las tasas de bits de usuario y radio son el resultado de tener o no en cuenta las cabeceras de los paquetes de datos. Esto, a veces, constituye un error a la hora de evaluar la tasa de transferencia útil.

4.2.1 – Modulación GMSK

El tipo de modulación utilizada en GSM es GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*), la cual es una modulación en fase. La Figura 4.1 muestra un diagrama de la constelación de la modulación, en ella se diferencian dos ejes, el real y el imaginario. En el caso de GMSK, transmitir un cero o un uno es representado por un incremento positivo o negativo de la fase. Cada símbolo transmitido representa a un bit.

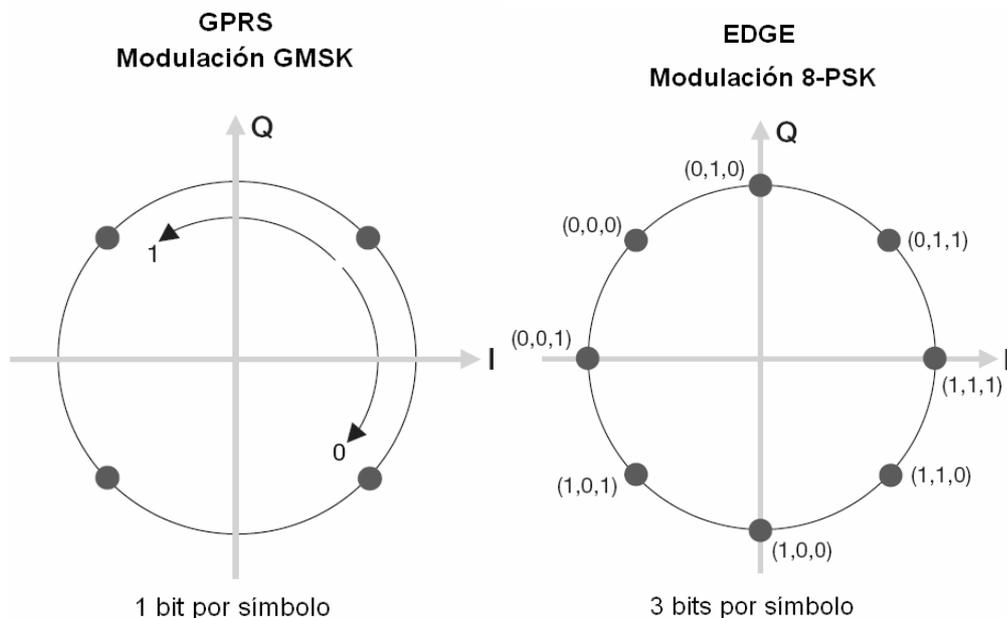


Figura 4.1 - Constelación GMSK y 8-PSK [9]

Para lograr tasas de bits mayores que en GSM/GPRS, la modulación tiene que cambiar. EDGE está diseñado para que reutilice la estructura del canal, su ancho, código de canal y las funcionalidades ya existentes en GPRS y HSCSD [9]. La modulación estándar 8-PSK, seleccionada para EDGE, cumple todos estos requisitos. 8-PSK tiene las mismas cualidades que GMSK en términos de generación de interferencia en canales adyacentes. Esto hace posible la integración de canales EDGE en un plan de frecuencias existente, así como asignar nuevos canales EDGE de la misma manera que canales GSM.

La modulación 8-PSK es un método lineal en el que 3 bits consecutivos son mapeados en un símbolo del plano I/Q. La tasa de símbolos permanece invariable, pero ahora cada símbolo representa tres bits y no uno como en GMSK. Es decir, la tasa total es multiplicada por un factor 3.

La distancia entre símbolos es menor usando 8-PSK. Esto, aumenta el riesgo de mal interpretación de los símbolos por parte del receptor. Bajo buenas condiciones radio esto no importa, pero bajo malas condiciones radio el número de símbolos mal interpretados crecería si no fuera por los mecanismos que lo detectan y añaden bits a los códigos de corrección de error. Solo bajo muy malas condiciones radio es GMSK más eficiente [9], por eso los esquemas de codificación de EDGE incluyen GMSK y 8-PSK.

4.2.2 – Esquemas de codificación

Para GPRS están definidos cuatro esquemas de codificación distintos: CS1, CS2, CS3 y CS4. Cada uno tiene una cantidad diferente de código de corrección de error optimizado para distintas condiciones radio. Para EGPRS fueron diseñados nueve esquemas de codificación, del MCS1 al MCS9, con la misma idea que los cuatro de GPRS. Los cuatro primeros esquemas EGPRS (MCS1 a MCS4) usan GMSK, mientras que los demás (MCS5 a MCS9) usan la modulación 8-PSK. La Figura 4.2 muestra los esquemas de codificación de GPRS y EDGE con las tasas de usuario máximas.

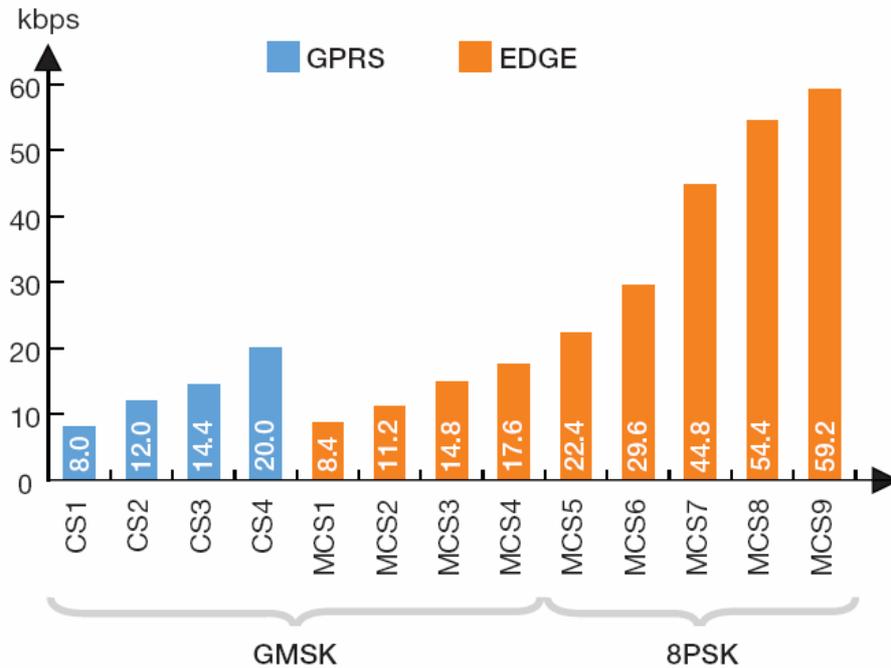


Figura 4.2 - Esquemas de codificación GPRS y EDGE [9]

La tasa de transferencia en GPRS puede alcanzar un máximo de 20 Kbps (CS 4), mientras que en EGPRS ésta puede aumentar hasta llegar a 59.2 Kbps.

Tanto GPRS (CS1 a CS4) como los cuatro primeros esquemas en EGPRS (MCS1 a MCS4) usan la modulación GMSK con leves diferencias en las tasas, esto es debido a diferentes tamaños en las cabeceras de los paquetes (y en la información de usuario). Esto es lo que hace posible la resegmentación en los paquetes EGPRS. La resegmentación [3, 9] no es más que la retransmisión de un paquete con otro esquema de codificación (si las condiciones radio lo requieren) tras haberse recibido inapropiadamente. Esta resegmentación requiere cambios en los tamaños de las partes de información de usuario, ya que un esquema menor requiere más información de corrección de error.

4.2.3 – Manejo de paquetes

Otra mejora que se ha introducido con EGPRS (aparte de la ampliación del juego de codificaciones) es la posibilidad de retransmitir un paquete que no ha sido decodificado apropiadamente, con un esquema de codificación más robusto. Esto es lo que se conoce como resegmentación [3, 9], la cual no es posible en GPRS, donde los paquetes a retransmitir lo harán usando el esquema de codificación original incluso si las condiciones radio han cambiado. Esto tiene un impacto significativo sobre el throughput introduciendo un nuevo algoritmo de adaptación al enlace, el cual debe seleccionar cuidadosamente el esquema de codificación para evitar las retransmisiones tanto como sea posible.

Con EGPRS la resegmentación es posible. Paquetes enviados con poca protección de errores pueden ser retransmitidos con más protección de error, si lo requieren las condiciones radio. El rápido cambio de las condiciones radio de la conexión tiene un efecto mucho menor sobre el problema de la elección errónea del esquema de codificación apropiado [9] ya que contamos con la resegmentación.

4.2.4 – Ventana deslizante

Antes de que una secuencia de paquetes codificados pueda ser enviada sobre el interfaz Um (interfaz radio), el transmisor debe numerar cada uno de los paquetes. Esta numeración va incluida en la cabecera de cada paquete. Los paquetes en GPRS van numerados del 1 al 128 [9].

Después de la transmisión de una secuencia de paquetes, el receptor informa al transmisor de si son correctos a través de asentimientos. En GPRS la numeración de paquetes está limitada a 128 y el tamaño de la ventana es de 64 [9]. El proceso de envío de paquetes agota la numeración al llegar a 64 paquetes sin asentir. En EGPRS la numeración de paquetes se ha elevado hasta 2048 y la ventana es de tamaño 1024 [9].

4.2.5 – Medidas del canal radio

En la red de conmutación de paquetes se hace necesario analizar de una manera rápida la calidad del canal radio para adaptarse a sus condiciones. El análisis del canal que se usa en GPRS hace difícil la selección del esquema de codificación apropiado, ya que estas medidas se realizan sólo en las tramas sin utilizar, es decir, dos veces cada 240 milisegundos [9].

En el estándar EGPRS se introduce un nuevo mecanismo de medidas en el que éstas son tomadas en cada ráfaga, resultando una estimación de la probabilidad de error de bit (BEP), reflejo de la relación portadora-interferencia (C/I), la dispersión temporal de la señal y la velocidad del terminal [9]. Es decir, con EGPRS tenemos una estimación bastante más precisa de la BEP, lo que conduce a una adaptación más fiable al canal.

4.2.6 – Entrelazado (*Interleaving*)

Para aumentar la efectividad de los esquemas de codificación más rápidos en EGPRS (MCS7 al MSC9), incluso teniendo bajos niveles de C/I, se han cambiado los procedimientos de entrelazado en EGPRS [9].

Cuando usamos la técnica de salto en frecuencia, las condiciones radio cambian en cada ráfaga. En GPRS un bloque radio es entrelazado y transmitido en cuatro ráfagas consecutivas [9], es decir, cada ráfaga experimenta una interferencia distinta. Si una de esas ráfagas no es recibida correctamente (sin errores reparables) el bloque radio entero no podrá ser descodificado y tendrá que ser retransmitido otra vez.

En EGPRS, el estándar se comporta de otra manera en los esquemas de codificación altos. MCS7, MSC8 y MSC9 transmiten dos bloques radio sobre cuatro ráfagas [9] (el primer bloque en la primera y segunda ráfaga y el segundo bloque en la tercera y cuarta ráfaga), y el entrelazado de un bloque ocurre sólo entre dos ráfagas. De esta manera se reduce el número de bloques radio a retransmitir, ya que la probabilidad de recibir dos ráfagas libres de errores es mayor que la de recibir cuatro.

En resumen y bajo un uso de la técnica de salto en frecuencia, los esquemas de codificación altos en EGPRS son más robustos que en GPRS.

4.2.7 – Control del enlace en EGPRS

EGPRS usa una combinación de dos funcionalidades para alcanzar el mayor throughput posible sobre el enlace radio, estas son: adaptación al enlace [9] y redundancia incremental [10].

Adaptación al enlace

La adaptación al enlace usa las medidas que se toman del enlace a través de la estación móvil (enlace descendente) o de la estación base (enlace ascendente) para seleccionar el esquema de codificación más apropiado para la siguiente secuencia de paquetes. Un cambio de esquema se inicia tras la estimación de nuevas condiciones del canal, es decir, el cambio lo marca el periodo de medidas.

Los esquemas de codificación se dividen en 3 familias: A, B y C (Figura 4.3). La resegmentación es sólo posible dentro de cada familia. Esta restricción obedece a ciertas relaciones entre los tamaños de los campos que transportan la información de usuario en la ráfaga (*payload*).

Esquema de Codificación	Throughput por TS	Familia
MCS9	59.2	A
MCS8	54.4	A
MCS7	44.8	B
MCS6	29.6	A
MCS5	22.4	B
MCS4	17.6	C
MCS3	14.8	A
MCS2	11.2	B
MCS1	8.8	C

Figura 4.3 - Familias de códigos en EGPRS [9]

Redundancia Incremental

Es un método para minimizar el delay y mejorar el throughput de las transmisiones. Consiste en una variante de ARQ (Automatic Repeat Request) denominada ARQ Híbrida Tipo II [10].

Primero la información es codificada de acuerdo con un esquema de codificación. Si la decodificación falla, el bloque de información es retransmitido usando otro esquema de codificación y combinado con el bloque transmitido previamente, esto aumenta la probabilidad de una decodificación satisfactoria. Este proceso se repite hasta alcanzar la decodificación correcta del bloque.

En el estándar, la implementación de redundancia incremental es obligatoria en las estaciones móviles [9].

4.3 – Evolución de GSM/EDGE hacia WCDMA

El siguiente paso en la evolución de los sistemas celulares GSM/EDGE consiste en la mejora de los servicios relacionados con la conmutación de paquetes acompañada de una mayor alineación con los servicios proporcionados por UMTS/UTRAN (*Universal Mobile Telecommunication System / UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

GERAN (*GSM/EDGE Radio Access Network*) basado en las altas tasas de transmisión de EDGE y en la interfaz radio GPRS, proporciona soporte para todos los grados de QoS definidos en UMTS [9]: interactividad, background, streaming y conversacional. Con esto, un nuevo rango de aplicaciones multimedia IP son soportadas.

La evolución actual de GSM/EDGE que cubre todos estos aspectos es estandarizada por el grupo 3GPP.