

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SISTEMAS DE COMUNICACION MOVIL 2G – 3G: EVOLUCION TECNOLOGICA

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

PIO ANTONIO SILVA TORRES

**PROMOCIÓN
1979 - I**

**LIMA – PERU
2008**

**“SISTEMAS DE COMUNICACION MOVIL 2G – 3G: EVOLUCION
TECNOLOGICA”**

*Dedico este trabajo a:
Mis padres, ejemplo de dedicación, esfuerzo y
su optimismo ante la adversidad,
mi esposa Nancy, mis hijos Eduardo y Jorge por su
afecto y apoyo permanente,
y mis hermanos por estar siempre a mi lado.*

SUMARIO

El presente trabajo pretende describir la tecnología globalmente mas difundida en la actualidad GSM, la cual se ha impuesto, claramente, como la tecnología dominante para la telefonía celular de segunda generación, su propia dinámica evolutiva le augura el mantenimiento de esta posición privilegiada y asegura su adaptación a la telefonía de tercera generación conocida como WCDMA.

En el Capitulo I del presente informe explicaremos el proceso de estandarización de 2G y 3G, razón fundamental del éxito de la tecnología GSM.

El Capitulo II se refiere al análisis en bloques del sistema, es decir una descripción general de los sub-sistemas de la arquitectura GSM, también se muestra el encaminamiento de las llamadas y la interconexión con la Red Fija. También se da una visión general acerca de la señalización de red y la del interfaz de radio.

Adicionalmente se incluye una descripción general de los servicios de datos que han generado el desarrollo de Servicios de Valor Añadido que actualmente se puede otorgar a los usuarios de la telefonía móvil.

En el Capitulo III realizamos el mismo análisis que en el apartado 4 pero referida a la tecnología de Tercera Generación WCDMA.

Finalmente, en el Capitulo IV se analiza la evolución tecnológica de GSM a WCDMA, sus ventajas y la interoperabilidad entre ambas tecnologías.

INDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

PROCESO DE ESTANDARIZACION	3
1.0 IMT-2000	4
1.0.1 Historia	5
1.0.2 Espectro de IMT-2000	7
1.1 EL SISTEMA UMTS	8
1.1.1 Descripción general	8
1.1.2 Descripción del 3GPP	10
1.1.3 El proceso de estandarización	12
1.1.4 La red de acceso radio	14
1.1.5 La red central o núcleo de red	15
1.1.6 Los terminales	16
1.1.7 Los servicios	16
1.1.8 El sistema GSM/GPRS/EDGE	17

CAPÍTULO II

LA REG GSM	18
2.0 ARQUITECTURA DE LA RED GSM	20
2.1 La estación móvil (MS)	22
2.2 Radio Access Network o Subsistema de Estación Base (BSS)	23
2.2.1 La Radiobase o Transceptor de Estación Base (BTS)	23
2.2.2 El controlador de la estación base (BSC)	23
2.3 Core Network o Subsistema de Red	23
2.3.1 El centro de conmutación móvil (MSC)	23

2.3.2. El registro de la ubicación de origen (HLR)	23
2.3.3 El registro de la ubicación de visitantes (VLR)	24
2.3.4 El centro de autenticación (AuC)	24
2.3.5 El equipo de registro de identidad (EIR)	24
2.3.6 Centro de Operación y Mantenimiento (OMC)	24
2.4 INTERFACES Y PROTOCOLOS	25
2.4.1 La interface de Aire Um	26
2.4.2 La interface Abis	32
2.4.3 La interface A	35
2.4.4 Interfaces basadas en el MSC	36
2.5 Establecimiento de llamada (Call setup)	38
2.6 Funcionalidades del Sistema	39
2.7 GPRS/EDGE	42
2.7.1 Diferencias técnicas entre GPRS y EGPRS	45
2.7.2 Tecnología EDGE	47
2.8 Impacto de EGPRS sobre las redes existentes GSM/GPRS	55
2.8.1 Normalización	55
2.9 Evolución futura de GSM/EDGE hacia la alineación con WCDMA	58

CAPÍTULO III

LA RED UMTS (WCDMA)	63
3.0 EL SISTEMA UMTS	64
3.0.1 Núcleo de red	65
3.0.2 Red de acceso radio	68
3.1 SERVICIOS 3G	77
3.1.1 Servicios portadores	78
3.1.2 Teleservicios	81
3.1.3 Servicios complementarios	83
3.2 HSDPA CONCEPTOS BASICOS	85
3.2.1 High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)	88
3.2.2 Concepto de HSDPA	89
3.2.3 Categorías de terminales HSDPA	93
3.3 Enhanced Uplink	94

3.3.1 El concepto de Enhanced Uplink	95
3.3.2 Categorías de terminal Enhanced Uplink	96
4.0 Evolución High Speed Packet Access	97
CAPÍTULO IV	
INTEROPERABILIDAD GSM-WCDMA	98
4.0 Antecedentes	100
4.1 La Red única	102
4.2 La evolución GSM y WCDMA	104
4.3 Integración de la red de radio	105
4.4 Infraestructura común	108
4.5 De 2G a 3G – un modelo de operador	110
4.6 Ahorros de costos con la Red única	115
4.7 Coexistencia entre los sistemas Móviles de 2G y 3G	118
CONCLUSIONES	125
ACRONIMOS	129
BIBLIOGRAFÍA	135

PROLOGO

El éxito de los sistemas de comunicaciones móviles, se debe en parte a la existencia de unas soluciones tecnológicas estandarizadas, es decir, aceptadas y abiertas a la comunidad de fabricantes y operadores.

Los primeros sistemas de comunicaciones móviles, los sistemas analógicos, eran diferentes para cada país, por lo que no se lograban economías de escala. A partir de la introducción del sistema GSM se puede empezar a hablar de una solución única y común, primero europea y luego, progresivamente, mundial.

Sin embargo, a pesar de su éxito, los avances tecnológicos y de concepto que supuso la introducción del sistema GSM van siendo superados poco a poco.

En la actualidad, la tecnología GSM está funcionando en más de 200 países en los que ofrecen este servicio más de 600 operadores. Y a pesar de las inminentes puestas en servicio de la tecnología UMTS, con una mayor capacidad y calidad, la tecnología GSM también está mejorándose en estos aspectos gracias a un esfuerzo continuado en investigación y desarrollo. Cada vez son más los servicios posibles sobre esta tecnología y continúa su crecimiento en la comunicación de datos y servicios multimedia. Los fabricantes de GSM y WCDMA han desarrollado soluciones para mantener la calidad de servicio para los 2,700 millones de usuarios, de los 3,200 millones de usuarios móviles existentes a nivel mundial.

Aunque los países más avanzados disponen de UMTS con capacidades sin precedentes, la interoperabilidad y estandarización de las tecnologías desarrolladas, mantendrá en ese papel principal a la tecnología GSM durante bastante tiempo, convirtiéndose en una oportunidad para todos aquellos fabricantes y operadores comprometidos con la innovación, la competencia, la economía de escala, para hacer de la tecnología algo alcanzable y atractivo.

GSM es, sin lugar a dudas, uno de los desarrollos más explosivos que nunca había tenido lugar en la Industria de las telecomunicaciones. Conjuga la conveniencia de la movilidad con los ricos contenidos multimedia e Internet, WCDMA, será igualmente perturbador. Además, de la integración de los teléfonos móviles, los computadores, las cámaras y contenidos relacionados con la información hace que sea casi inevitable la ubicuidad del punto de acceso a las redes de telecomunicaciones y la red de Internet para el que el terminal no será necesariamente una PC, pero si alguna forma de aparato móvil.

Los factores clave del éxito para el futuro de GSM y WCDMA los podemos resumir en los siguientes:

Permitir la convergencia con otras tecnologías inalámbricas.

Centrada en el desarrollo de aplicaciones móviles, multimedia.

La evolución del modelo de los negocios móviles, operadores virtuales y low ARPU.

La introducción de los terminales móviles mejorados y variedad.

Fomentar la colaboración de la industria y las co-operaciones.

La interoperabilidad y el roaming intergeneracional entre diversas plataformas.

CAPITULO I

PROCESO DE ESTANDARIZACION

Las facilidades de las telecomunicaciones móviles puestas al alcance de miles de millones de usuarios en los últimos casi 20 años, han sido sólo una gran ola, percibida por estos usuarios finales, de las posibilidades tecnológicas de la radio aplicada a las comunicaciones personales.

La comunicación interpersonal a través del móvil, con independencia de la localización física de los interlocutores, por medio de la voz o por mensajes escritos de pequeña extensión (mensajes cortos), ha cautivado a todos, haciendo que los recursos físicos que soportan estas comunicaciones se hayan quedado pequeños para la demanda provocada por los servicios de telefonía móvil, debido, entre otros, a las limitaciones en el espectro radioeléctrico, a la capacidad de tráfico o a la cobertura geográfica.

Además, las necesidades cualitativas de comunicación entre las personas del siglo XXI han crecido respecto a las necesidades de los años precedentes. Ya se ha generalizado el uso del correo electrónico, el acceso a contenidos de Internet, los juegos en red, el comercio electrónico, la domótica, la banca electrónica, el negocio electrónico, etc.

La demanda cuantitativa y cualitativa de las comunicaciones móviles ha superado las previsiones, lo cual supone una buena evolución para este sector.

La investigación y el desarrollo en el campo de las tecnologías para las comunicaciones móviles no se detuvo en la segunda generación GSM, sino que, mucho antes de que las limitaciones cuantitativas y cualitativas comenzaran a ser evidentes, ya se habían sentado las bases para una nueva generación de móviles (la tercera generación ó UMTS) que pusiera a disposición de los usuarios finales todas las posibilidades de los nuevos servicios de la Sociedad de la Información, desde accesos móviles. Fue necesario especificar, discutir y acordar las normas técnicas sobre las que desarrollar terminales, redes y servicios de banda ancha. Fue necesario, también, desarrollar nuevas herramientas para la planificación y el dimensionado de los espectros radioeléctricos, para las coberturas geográficas y para los sistemas de localización. Asimismo, hubo que encontrar interfaces y

protocolos que garantizaran la compatibilidad entre los servicios antiguos y los nuevos, entre las redes antiguas y las nuevas, así como entre los operadores de redes y los proveedores de servicios y de información. Por último, se han tenido que desarrollar los nuevos servicios y su gestión.

La tercera generación de comunicaciones móviles agrupa varios sistemas, en este trabajo se dedica atención al sistema UMTS, adoptado en Europa como solución 3G, analizando la estandarización de la red de acceso radio, la red troncal, los terminales, los servicios y los sistemas GSM/EDGE.

La tercera generación de sistemas móviles celulares (IMT-2000) nació con el objetivo de superar las limitaciones de los sistemas móviles de segunda generación. Estos últimos superaban a su vez a los analógicos -la primera generación- en su tecnología digital, mayor eficiencia espectral y la capacidad de transmitir datos de forma nativa y de cifrado.

Sin embargo, desde el lanzamiento de los sistemas de segunda generación (GSM en Europa, PCS en América y PDC en Japón) se planteó la necesidad de superar ciertos inconvenientes, iniciándose el estudio de alternativas viables para la tercera generación. Ya en 1992 se reserva espectro para el futuro sistema de telefonía móvil terrestre.

En la actualidad, tras más de una década de estudio y de evolución del concepto, los sistemas de tercera generación son una realidad.

Revisaremos, de los cinco sistemas incluidos por la ITU en la familia IMT-2000 el estado del sistema UMTS –FDD y TDD. Se revisa también el estado de algunos sistemas de la generación de transición, llamada generación 2+ o 2.5G, como son el GPRS y EDGE.

1.0 IMT-2000

El concepto de sistema de tercera generación surgió inicialmente en el seno de la ITU con el nombre de FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System), posteriormente se cambió a IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000), que además de ser más sencillo de pronunciar, evoca la idea de la tercera generación que tenía la ITU al definir sus requisitos: la banda de frecuencia en que debería operar (2000 MHz), la capacidad del sistema (2000 kbit/s) y el año en que las especificaciones radio deberían estar listas.

Los grandes objetivos de IMT-2000 son:

- Reserva de una porción de espectro común en todo el mundo, tanto para sistemas terrestres como de satélite.

- Uso de terminales móviles de bolsillo, con capacidad de itinerancia mundial y capacidad para acceder a servicios multimedia.
- Maximizar la compatibilidad de las interfaces radio para poder operar en distintos entornos, como son vehículos, personas caminando, oficinas y sistemas de acceso fijo sin hilos (FWA). De esta forma se puede utilizar una red común, para prestar servicios que hasta ahora han utilizado infraestructuras específicas.
- Alta velocidad de transmisión de datos, con capacidad para soportar tanto conmutación de circuitos como de paquetes, así como sistemas multimedia. Las capacidades mínimas especificadas son las siguientes:
 - Entorno de vehículos: 144 kbit/s.
 - Entorno pedestre: 384 kbit/s.
 - Entorno en interior de oficinas: 2.048 Mbit/s.
 - Entorno de satélite: 9,6 kbit/s.
- Capacidad de soportar servicios simétricos y asimétricos en todos los entornos de operación.
- Compatibilidad de servicios dentro de IMT-2000 y con la red fija.
- Favorecer la normalización de un entorno de creación de servicios que pueda ser utilizado por los operadores para definir sus propios servicios.
- Eficiencia espectral, flexibilidad en el uso y reducción de costes, como resultado de la utilización de nuevas tecnologías.

El resultado de los trabajos de la ITU se recoge en una serie de recomendaciones, documentos de carácter general que delimitan las características que deben tener los sistemas de tercera generación.

De estas recomendaciones, probablemente la de mayor interés es la M.1457, que recoge un resumen de las interfaces radioeléctricas de los sistemas IMT-2000.

1.0.1 Historia

Las RTTs (Radio Transmission Technologies) son elementos clave para la definición de los sistemas de tercera generación. En 1998, la ITU lanzó una petición formal para la presentación de RTTs candidatas a su utilización en los nuevos sistemas. Se presentaron diez propuestas: dos europeas, cuatro de EE UU, dos de Corea, una de Japón y una de China.

La técnica de acceso radio elegida fue la DS-CDMA (Direct Spread CDMA). Las ocho propuestas elegidas se pueden encuadrar en tres clases distintas, basándose en las especificaciones de sistema (tasa de chip, funcionamiento síncrono/asíncrono de la estación base y el modo de transmitir las secuencias de piloto), que son:

- 1.- UTRA (Europa-ETSI), W-CDMA (Japón-ARIB), WCDMA/NA (EEUU-T1P1), CDMA II (Corea-TTA) y WIMS-WCDMA (EEUU-TIA TR46.1).
- 2.- cdma2000 (EE UU-TIA TR45.5) y CDMA I (Corea-TTA).
- 3.- TD-SCDMA (China-CATT).

A la fase de presentación siguió otra de consenso, para la decisión sobre cuales de las candidaturas cumplían los requisitos de la 3G. Como consecuencia de esta presentación, se propició la creación de lo que se denomina proyectos conjuntos (partnership projects). Su objetivo fue el de proporcionar un foro, donde colaboraran diversas organizaciones de normalización de diferentes regiones mundiales, para la especificación de las propuestas fruto de la convergencia entre las candidaturas presentadas por dichas organizaciones.

En concreto, son dos los proyectos conjuntos que se establecieron:

1. El 3GPP (Third Generation Partnership Project) para armonizar las propuestas europeas y asiáticas.
2. El 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2) para armonizar las propuestas americanas y coreanas basadas en cdma2000.

Nombre ITU	Conocido como:	Organismo de estandarización
IMT-2000 CDMA Direct Spread (DS)	UMTS-FDD UMTS W-CDMA	3GPP
IMT-2000 CDMA Multi-Carrier (MC)	cdma 2000	3GPP2
IMT-2000 CDMA TDD	UMTS-TDD UMTS	3GPP
IMT-2000 TDMA Single-Carrier	UWC-136	UWCC
IMT-2000 FDMA/TDMA	DECT	ETSI

Tabla 1.1 Familia IMT-2000, nombres comunes y organismos de normalización [16]

Como resultado de los trabajos del OHG (Operators Harmonization Group), a finales de mayo de 1999 se alcanzó un acuerdo de armonización, el llamado G3G (Global Third Generation CDMA Approach). El objetivo era armonizar los parámetros radio tanto como fuese posible y, al mismo tiempo, permitir la conexión de los sistemas, tanto a una red troncal europea GSM MAP evolucionada como a una red troncal americana ANSI-41 evolucionada. Como consecuencia, en el marco del G3G se reconocen las siguientes interfaces radio para W-CDMA:

- FDD DS (Direct Spread), basada en la propuesta UTRA W-CDMA del 3GPP.
- FDD MC (Multi Carrier), basada en la propuesta cdma2000 del 3GPP2.
- TDD, el sistema UTRA TD/CDMA de ETSI, armonizado con el TD-SCDMA chino.

El segundo requisito, de conectar la interfaz radio G3G, tanto a una red troncal GSM MAP como a una ANSI-41, se alcanzará modificando la estructura de protocolos de ambas redes. En 1999, el TG 8/1 de la ITU-R aprobó la familia de sistemas IMT-2000 para la componente terrestre, que, junto con sus nombres más comunes, se resumen en la Tabla 1.1

1.0.2 Espectro de IMT-2000

En la conferencia WRC-1992 (WRC'92) de la ITU, se recomendó la reserva de 230 MHz de espectro para IMT-2000 en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz, que incluyen 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la componente de satélite. Esta banda ha sido ampliamente utilizada en la concesión de licencias de tercera generación en Europa. Sin embargo, en la mayor parte del continente americano toda esta banda está ya ocupada por los sistemas de segunda generación y en China gran parte del espectro para 3G está dedicado a aplicaciones WLL (Wireless Local Loop).

Ante el previsible incremento de tráfico y necesidades de espectro, en la conferencia WRC-2000 se aprobó espectro adicional para IMT-2000, aunque no con carácter exclusivo, ya que se reconoce que éste pueda estar ocupado por otros servicios móviles, de forma que se deja en manos de las administraciones de cada país la decisión sobre cuándo y cómo utilizarlo para IMT-2000. Se trata de 160 MHz, los cuales se han identificado para la componente terrestre y que podrían estar disponibles hacia el año 2010. Incluyen las bandas de los sistemas actuales de segunda generación, por lo que los operadores de 2G podrían migrar a 3G en sus mismas bandas. Este cambio sería ventajoso no sólo por la

posibilidad de dar servicios más avanzados, sino también por la mayor eficiencia espectral, que, manteniendo los mismos servicios de 2G, permitiría admitir más usuarios. En la Figura 1.1, donde se muestran en azul oscuro las bandas asignadas a IMT-2000, dentro de WRC'92, y a rayas azules y blancas las nuevas bandas, identificadas en el año 2000, pueden observarse los conflictos y posibilidades señalados.

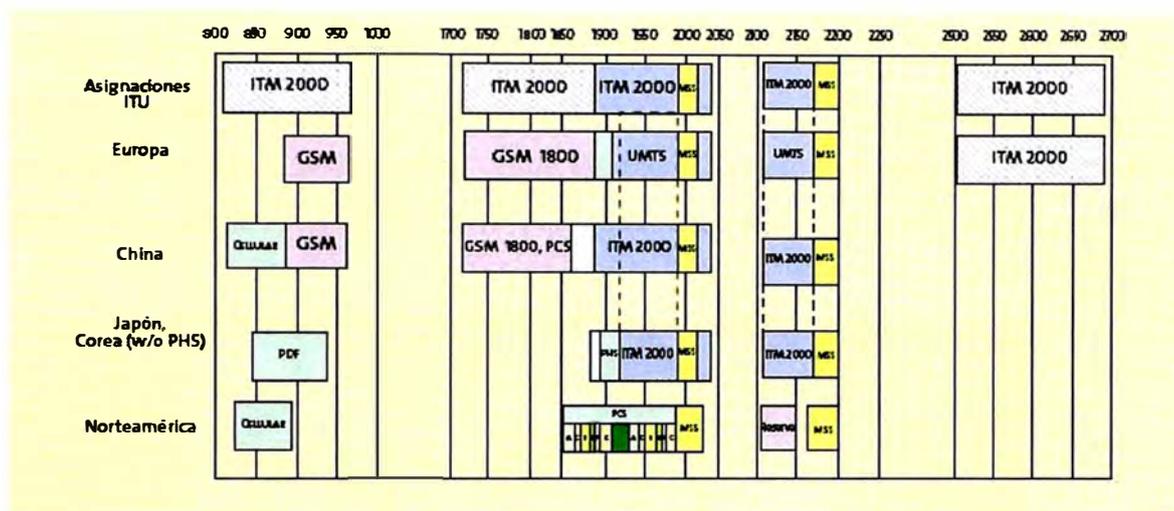


Figura 1.1 Espectro de IMT-2000, reservado en los años 1992 y 2000 [16]

El grupo de trabajo 8F de la ITU-R trabaja en la elaboración de las recomendaciones sobre el uso de estas bandas adicionales. Dicha recomendación es necesaria para la utilización de dichas bandas, ya que sin ella no es posible coordinar aspectos como la separación dúplex, la cantidad de espectro emparejado y no emparejado, la asignación de sentidos de enlace a cada porción, la coordinación con los usos de la 2G, etc.

1.1 EL SISTEMA UMTS

1.1.1 Descripción general

En la Figura 1.2 se muestra el esquema general de la arquitectura del sistema UMTS. Como ocurre en GSM, el sistema se compone de tres grandes bloques:

1. Red central o núcleo de red (Core Network, CN).
2. Red de acceso radio (Radio Access Network, RAN).
3. Terminales móviles (User Equipment, UE o Mobile Station, MS).

La **red central** realiza labores de transporte de información, tanto de tráfico como de señalización, y contiene también la inteligencia del sistema (encaminamiento de las

llamadas, así como la lógica de prestación de servicios y su control y gestión de la movilidad). Por otra parte, a través de la red troncal el sistema UMTS se conecta a otras redes de comunicaciones. La red troncal del sistema UMTS es una evolución de la de GSM+GPRS, por lo que consta de sus mismos elementos: HLR, VLR, AuC, EIR y centros de SMS. Los elementos del dominio de circuitos MSC y GMSC pasan a denominarse U-MSC y U-GMSC, anteponiendo el calificativo "UMTS", y, de modo similar, los del dominio de paquetes SGSN y GGSN pasan a denominarse USGSN y U-GGSN. La separación de los dominios de paquetes y circuitos se concibe como necesaria, en principio, debido a la evolución desde las redes actuales, si bien la tendencia es hacia una única red troncal "Todo IP" (All IP), que incluiría también a la red de acceso.

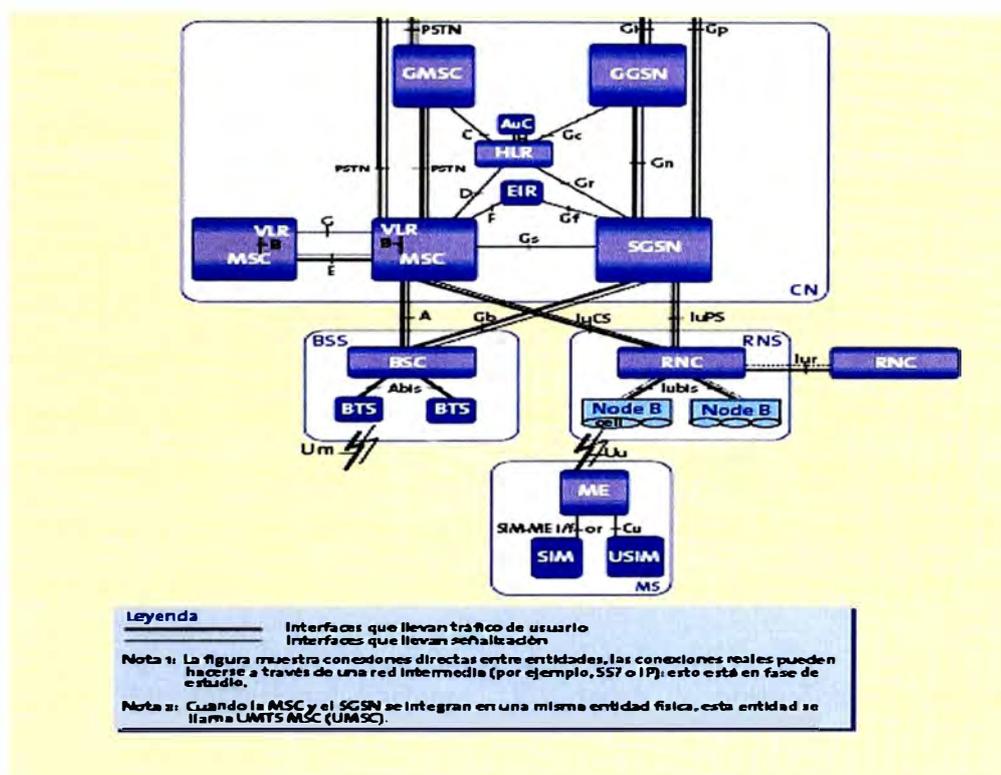


Figura 1.2 Arquitectura del sistema UMTS [16]

La **red de acceso radio** tiene una arquitectura similar a la de GSM, si bien los elementos se han denominado de forma distinta para distinguirlos: el equivalente a la BTS de GSM se denomina Nodo B y el equivalente a la BSC se denomina RNC. El aspecto más novedoso respecto a GSM es probablemente que se ha definido una interfaz normalizada (la Iur) entre RNCs, interfaz que no existía en GSM entre BSCs. El procedimiento de acceso radio se basa en la tecnología CDMA (Code Division Multiple Access) de ensanchamiento

directo (Direct Spread). Se trata de una técnica de espectro ensanchado (frente a los 200 kHz de cada portadora GSM, cada portadora UMTS ocupa 5 MHz) en la que todos los usuarios de la celda comparten la misma portadora, usando distintos códigos para distinguir su señal. Los dos sistemas que abarca UMTS, los llamados modos FDD y TDD, se distinguen por la forma de conseguir la transmisión dúplex: mientras en FDD se emplean distintas portadoras para el enlace ascendente y el descendente, en TDD se emplea una única portadora para todos los usuarios y ambos enlaces, pero dividiéndola en slots temporales para ambos enlaces.

1.1.2 Descripción del 3GPP

Este foro fue creado como consecuencia del carácter global que tomó en su momento el sistema UMTS, que tuvo como consecuencia la necesidad de abandonar el ETSI como grupo competente para la definición del sistema (aunque no para la elaboración de sus especificaciones).

El 3GPP es un grupo compuesto por un núcleo de organismos de normalización y se rige, en lo que a estrategia y nivel político se refiere, por un grupo de coordinación, en el que sólo pueden intervenir los organismos de normalización, pero no sus miembros constituyentes. En este grupo fabricantes y operadores tienen representación, pero no disponen de capacidad de decisión, entonces el 3GPP no es un organismo de normalización; es decir, no tiene atribuciones legales para aprobar estándares, ya que los organismos que las tienen son organismos nacionales o supranacionales, como ETSI en Europa o ARIB en Japón. Los tipos de socios que forman este foro son:

- “Organizational Partners”. Entidades de normalización regionales con capacidad para aprobar normas.

Son ETSI (Europa), T1 (EEUU), CWTS (China), TTA (Corea), ARIB y TTC (Japón). Las empresas que pertenecen a estas organizaciones pueden participar directamente en el 3GPP como "Individual members", y son las que realizan las contribuciones técnicas y aportan los delegados que participan en los grupos de trabajo (Working Groups, WGs), elaborando las especificaciones. Los miembros individuales son los que pueden contribuir con la ITU, dentro del proceso de aprobación de IMT-2000. Sin embargo, las normas que se aprueban legalmente como estándares regionales las realizan las entidades de normalización regionales.

- "Market Representation Partners"

Son Global Mobile Suppliers Association (GSA), GSM Association, UMTS Forum, Universal Wireless Communications Consortium (UWCC), IPv6 Forum, Mobile Wireless Internet Forum (MWIF) y 3G.IP.

- "Observers"

Son TSACC (Telecommunications Standards Advisory Council of Canada), TIA (Telecommunications Industry Association) y ACIF (Australian Communications Industry Forum).

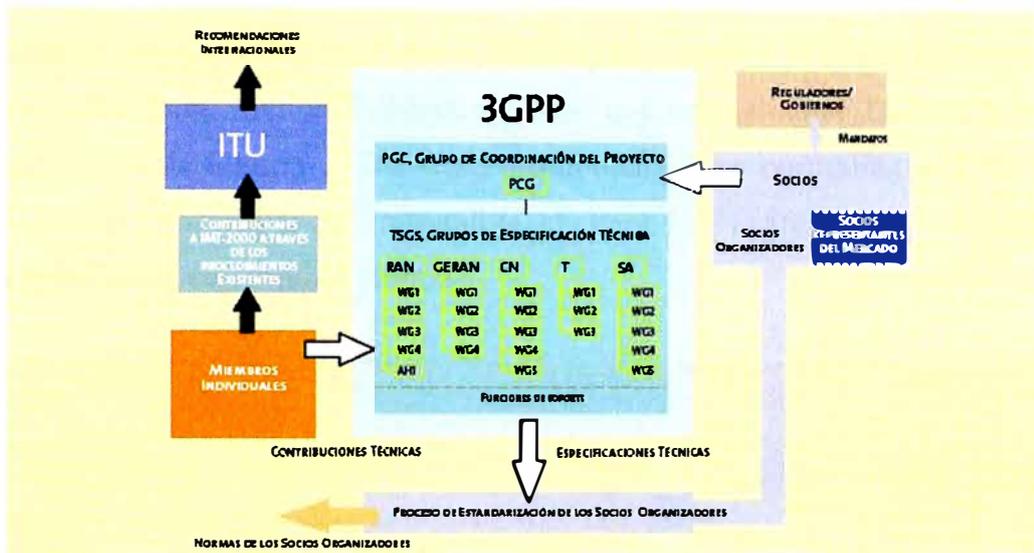


Figura 1.3 Estructura, tipos de socios e interfaces externas del 3GPP [16]

Las relaciones entre estas entidades se ilustran en la Figura 1.3, en la que se muestra también la estructuración del 3GPP en cinco TSGs (Technical Specification Groups), cada uno de ellos con varios grupos de trabajo WGs (Working Groups). Además, existen organizaciones que pueden clasificarse como grupos de presión, que orientan los resultados según sus intereses, tales como Operators Harmonization Group (OHG) y la Asociación de GSM (GSM-A). Estas entidades presentan sus contribuciones a través de las empresas (miembros individuales) que las componen.

El 3GPP se organiza en un PCG (Project Coordination Group) y los siguientes TSGs:

- Red de Acceso Radio (TSG RAN -Radio Access Network-).
- Red Troncal (TSG CN -Core Network-).
- Terminales (TSG T -Terminals-).
- Servicios (TSG SA -Service and System Aspects-).

Este grupo asume la representación plenaria del 3GPP, por lo que los documentos aprobados por otros grupos se someten posteriormente a la aprobación del TSG SA.

- Red de Acceso Radio de GSM/EDGE (TSG GERAN -GSM/EDGE RAN-).

Este grupo es el que ha asumido el trabajo de mantenimiento y evolución de la interfaz radio del sistema GSM. Uno de sus principales objetivos será el posibilitar la conexión de una red radio GSM/GPRS a un núcleo de red UMTS.

La Figura 1.4 se muestra la organización de los TSGs en grupos de trabajo.

En la Figura 1.2, donde se muestra la arquitectura del sistema UMTS, también se puede apreciar los grandes bloques que coinciden con los TSGs: la red troncal (CN), la red de acceso radio de UMTS (Radio Network Subsystem, RNS) que especifica el TSG RAN, la de GSM (Base Station Subsystem, BSS) que normaliza el TSG GERAN y los terminales (MS -Mobile Station- o UE -User Equipment-) que normaliza el TSG T. Los aspectos de servicios y sistema que normaliza el TSG SA abarcan todo el sistema y no pueden identificarse con ningún bloque.

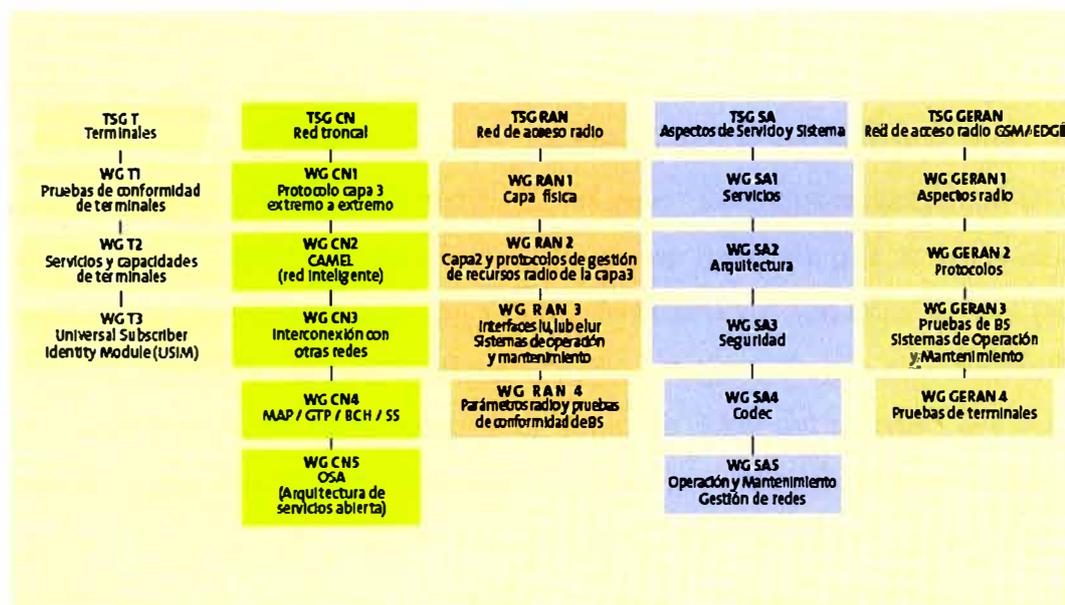


Figura 1.4 Organización de los TSGs en Grupos de Trabajo (WG) [16]

1.1.3 El proceso de estandarización

La estandarización de una norma como el UMTS supone la definición de un extenso conjunto de especificaciones que garanticen el funcionamiento global del sistema. Al ser un proceso gradual con continuas evoluciones y revisiones, el 3GPP se propuso proporcionar cada cierto tiempo un conjunto de normas que constituyeran de por sí el

estándar. Dicho conjunto se conoce con el nombre de Release. Esta forma de trabajo permite tener un sistema funcionando, a la vez que se va mejorando y completando.

El proceso de normalización adoptado por el 3GPP se basa en una planificación anual. De este modo, se habla de Release 1999 (R99), Release 4 (Rel-4) (inicialmente llamada Release 2000, R00) o Release 5 (Rel-5), que se hubiera llamado Release 2001, para hacer referencia al conjunto de especificaciones que se definen cada año.

Según esto, la R99 debería haber sido terminada en diciembre de 1999. Sin embargo, no todas las especificaciones se pudieron aprobar a tiempo, quedando aspectos pendientes de ser concluidos que se han ido finalizando a lo largo del año 2000, al mismo tiempo que se corregían errores e inconsistencias. Paralelamente a la tarea de finalización, ajuste y revisión de las especificaciones de la R99, llevada a cabo durante 2000, se acometió la especificación de las nuevas funcionalidades del sistema incluidas en la Release 4. Aproximadamente, puede decirse que durante el año 2000 se invirtió entre un 40 por ciento y un 50 por ciento del esfuerzo para finalizar y ajustar la Release 1999, y el resto en especificar la Release 4.

En cualquier caso, la experiencia en procesos de estandarización indica que es engañoso hablar de un instante bien definido en el que se "termine" o "cierre" las especificaciones de una Release, sino que, más bien, se puede hablar de distintas fases de la vida de las especificaciones. Se pueden distinguir las cinco fases que se describen en la Figura 1.5.

Según estas cinco fases, puede decirse que se habla de que se ha "cerrado" una Release cuando las especificaciones han finalizado la fase iii, son consistentes (salvo errores) y se acuerda no añadir nuevas funcionalidades al sistema. Según esta definición, puede decirse que la R99 se cerró en la reunión de junio de 2000 del plenario del 3GPP. Es incorrecto que se cierre una Release cuando se elevan las especificaciones a versión 3.0.0, aunque pudiera parecer más lógico. En cualquier caso, el cierre se corresponde con lo que formalmente se denomina "congelación" de las especificaciones; esto supone que a partir de este punto no se pueden añadir sino correcciones, quedando descartada la adición de nuevas funciones o prestaciones. Sin embargo, este paso no debe llevar a engaño: la cantidad de cambios, introducidos desde la congelación de la versión 99, ha sido de tal magnitud y envergadura que hoy por hoy no se puede hablar de una versión lo suficientemente estable como para considerarla verdaderamente cerrada.

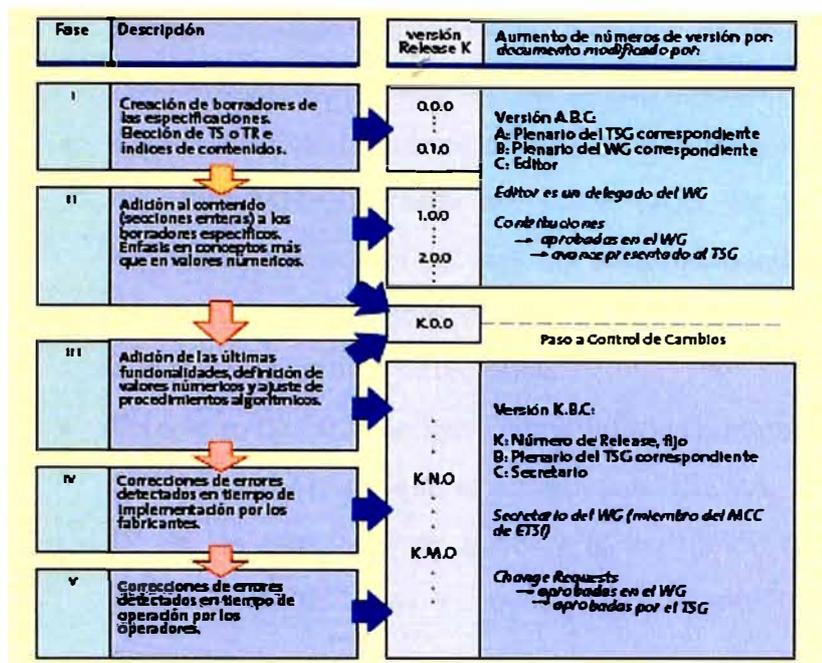


Figura 1.5 Proceso de desarrollo de una especificación en 3GPP [16]

1.1.4 La red de acceso radio

Los objetivos generales de la versión 99 se pueden resumir como sigue:

- El resultado de la Release 99 fue la especificación completa de un nuevo sistema de acceso radio en un periodo de algo más de un año, lo que puede considerarse un gran logro en estandarización:
 - La tecnología es totalmente nueva respecto a GSM, CDMA de banda ancha frente a TDMA.
 - Dos modos de operación: FDD y TDD (ambos a 3,84 Mchip/s).
 - Los dos modos han sido aceptados por la ITU como parte de la familia IMT-2000.
- La Release 4 incorpora nuevas funciones, sobresaliendo la definición de la opción de banda estrecha del modo TDD (1,28 Mchip/s TDD option), propuesta por China, que supone una capa física distinta (distinta tasa de chip), conservando la señalización de las capas superiores. Se incluyen también en la Release 4 las especificaciones de los repetidores, diversas mejoras en señalización (procedimientos para la modificación de los transportes en las interfaces Iu, Iub y Iur, optimización del RRM en las interfaces Iu, Iub y Iur, mejoras en el control de potencia en soft handover y otros).

- Se ha concluido el estudio de viabilidad de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), cuyo resultado ha sido positivo, estas mejoras se incluyen en la Release 5.
- Estaba previsto incluir en esta Release la especificación de UTRA FDD en la banda de 1800 MHz utilizada por GSM DCS. Se ha aprobado, sin embargo, que las bandas de frecuencia del sistema sean independientes de las Releases, de modo que sea posible definir mas bandas de frecuencia para el sistema y el operador decida que Release utilizar sobre ellas.
- En marzo de 2001 se han concretado los contenidos de la Release 5: las principales funciones sobre las que se trabaja son HSDPA, la inclusión de la capa de transporte IP en las interfaces de RAN y la definición de diferentes clases de BS (dos en principio Wide Area y Local Area). También se han previsto diversas mejoras menores.
- Una vez congelada la Release 4, los grupos de trabajo se centraran en la Release 5, si bien la conclusión de las especificaciones de RRM de la Release 99 todavía absorbe gran cantidad de recursos, continuamente se introducen cambios y correcciones.

1.1.5 La red central o núcleo de red

En su fase inicial, el núcleo de red del sistema UMTS será una evolución de los sistemas GSM/GPRS, para permitir la inclusión de la nueva interfaz radio UTRAN que ha sido definida para UMTS. Esta visión se concreta en la Release 99.

Los elementos principales de la Release 99, en el ámbito de la red troncal, son la fase 3 de la especificación de CAMEL, la interconexión de redes GSM y UMTS y la primera versión de la arquitectura abierta de servicios (OSA).

La Release 4 se plantea como una evolución y mejora de la red de circuitos Release 99, previa a la introducción en la Release 5 de las especificaciones que permitirán una red troncal totalmente basada en IP. Se incluyen en la Release 4 la opción de utilizar un transporte IP para los protocolos de red troncal (por ejemplo, MAP o CAP), la finalización de las mejoras en las llamadas de emergencia sobre una red de circuitos, la posibilidad de operación sin transcodificación (TrFO) y otras mejoras menores.

El principal elemento, previsto para la Release 5, será el soporte de la arquitectura IP de servicios multimedia. También se incluye la versión 4 de la plataforma CAMEL, las

mejoras para las llamadas de emergencia, tanto para transporte IP como para circuitos, y el control sobre la QoS extremo a extremo.

1.1.6 Los terminales

Para lograr el objetivo final de los sistemas de comunicaciones móviles, consistente en permitir al usuario comunicarse en cualquier lugar y en cualquier instante de tiempo, es necesario que los terminales móviles estén dotados de una serie de capacidades y características de las que no disponen hoy en día. En el proceso de estandarización del 3GPP se detectó esta necesidad y por ese motivo se creó un grupo de trabajo dedicado al estudio y definición de las características y requisitos de los terminales móviles 3G.

Debe tenerse en cuenta que los terminales 3G son dispositivos avanzados que permitirán intercambiar distintos tipos de información. Todas estas nuevas funcionalidades deben ser estandarizadas en la medida de lo posible, para garantizar el correcto interfuncionamiento de los distintos modelos de terminal y las distintas redes.

En la Release 99 se incluyen elementos ya presentes en GSM (SMS, comandos AT, etc.), y la primera versión del MExE (entorno de ejecución móvil) y de la mensajería multimedia (MMS).

Las Releases 4 y 5 incorporan básicamente el toolkit para la tarjeta USIM y diversas mejoras, en el MExE, la MMS y las interfaces internas del terminal.

1.1.7 Los servicios

El grupo de Aspectos de Servicio y Sistema tiene una doble tarea: por una parte, se ocupa de la labor de especificación técnica propiamente dicha y, por otra, tiene la responsabilidad de la coordinación entre el resto de los grupos de especificación. Dentro de la Release 99, se incluyen las especificaciones requeridas para prestar los servicios ya existentes en GSM/GPRS, la plataforma básica para los servicios de localización y la definición de un nuevo códec, denominado AMR de banda estrecha.

Las principales novedades en la Release 4 son la arquitectura de red de circuitos, independiente de la portadora (con la que el MSC se divide en "Media Gateway" para el tráfico y "MSC server" para la señalización) y el soporte a aplicaciones que requieren streaming de paquetes. Otras funcionalidades importantes, aprobadas para la Release 4, son el fax, el modo de operación "Tandem free" y los nuevos codecs multimedia.

La Release 5 es fundamental en lo que a arquitectura y servicios se refiere. Incluye la fase 4 de CAMEL, que supone diversas funciones nuevas de red inteligente, y la introducción

de la arquitectura de servicios multimedia sobre transporte IP, así como la finalización del nuevo códec AMR de banda ancha.

1.1.8 El sistema GSM/GPRS/EDGE

Este grupo hereda las especificaciones GSM/GPRS/EDGE del grupo SMG de ETSI. Actualmente su trabajo se centra en la interconexión de estas redes con UMTS y, en la medida de lo posible, en proporcionar los servicios especificados para UMTS. Los principales hitos de la Release 99 son el modo de transferencia dual (DTM), el soporte de trasposos GSMUMTS, el soporte del códec AMR, el soporte de EGPRS/ECSD (Enhanced GPRS/Circuit Switched Data) y la posibilidad de implementar GSM sobre distintas bandas de frecuencia, independientemente de la Release.

Para la Release 4 se profundizará en la evolución de las interfaces entre GERAN y UTRAN, la fase 2 de los servicios de localización, así como diversas mejoras menores.

La Release 5 está aún poco definida en GERAN, en principio se tiende a la introducción del transporte IP y a introducir las mejoras de UMTS.

CAPITULO II

LA RED GSM

Es difícil de imaginar, pero realmente no hace mucho tiempo que el teléfono PSTN (fijo) era un artículo de lujo. Pero, en tecnología lo único constante es el cambio. En estos tiempos, muchas personas tienen que ser accesibles en todas partes, ya sea que estén en el trabajo o el juego, en la oficina o en casa. El éxito de los sistemas de comunicaciones móviles se debe en gran parte a la existencia de soluciones tecnológicas estandarizadas, aceptadas y abiertas a la comunidad de fabricantes y operadores.

Los primeros sistemas de comunicaciones móviles, los sistemas analógicos, eran diferentes para cada país, por lo que no se lograban economías de escala. A partir de la introducción del sistema GSM se puede empezar a hablar de una solución única y común, primero europea y luego, progresivamente, mundial.

Sin embargo, a pesar de su éxito, los avances tecnológicos y de concepto que supuso la introducción del sistema GSM van siendo superados poco a poco y la aparición de nuevos sistemas y también las innovaciones técnicas que suponen. Para satisfacer esta demanda, la norma GSM (Global System for Mobile Comunicaciones) de la telefonía móvil fue presentado a mediados de los 1980. Hoy, GSM es el más popular estándar mundial. Hoy en día, cuando se habla de GSM, nos referimos a GSM900, GSM1800, GSM1900 y GSM800 dependiendo de la banda de frecuencia de uso. En comparación con GSM 900-GSM800, GSM1800 y GSM1900 difieren principalmente en la interfaz de aire. Además de utilizar otra banda de frecuencia, utilizan una estructura micro-celular (es decir, una menor cobertura para cada celda). Esto hace posible reutilizar las frecuencias y a estrechar las distancias, lo que permite un aumento de la densidad de abonados. La desventaja es la mayor atenuación de la interfaz de aire debido a la mayor frecuencia.

Antes de las redes GSM existían redes públicas de radio móvil (celular). Ellos normalmente utilizan tecnologías analógicas, que variaban de país a país y de fabricante a otro. Estas redes analógicas no cumplían con ninguna norma estándar, no había manera de

utilizar un único teléfono móvil de un país a otro. El discurso de la calidad en la mayoría de las redes no era satisfactorio.

GSM se hizo popular muy rápidamente, ya que permitió mejorar la calidad de voz y, a través de una norma internacional uniforme, hizo posible utilizar un único número de teléfono y terminal móvil en todo el mundo. El Instituto Europeo de Normalización de Telecomunicaciones (ETSI), adoptó la norma GSM en 1991, y se utilizan en la actualidad en más de 600 operadores en más de 200 países.

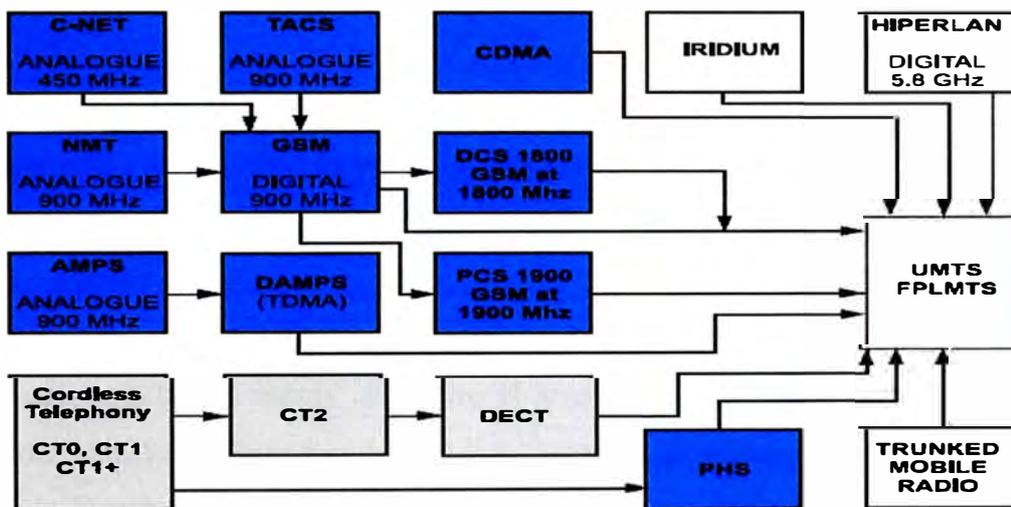


Figura 2.1 La evolución de los sistemas móviles. [15]

Las ventajas del GSM son:

- Soporta Roaming internacional
- Distingue la identificación entre el usuario y el dispositivo.
- Excelente calidad de voz.
- Amplia gama de servicios
- Interconexión con otros sistemas (por ejemplo, con RDSI, UMTS)
- Amplias características de seguridad

GSM también se distingue de otras tecnologías, por su amplia gama de servicios:

- Telefonía
- servicios de datos síncrono y asíncrono (2.4/4.8/9.6 kbit / s)
- Acceso a la red de datos (X.25), GPRS y EDGE.
- Servicios telemáticas (SMS, fax, videotexto, etc)
- Servicios de valor añadido (desvío de llamadas, identificador de llamadas, buzón de voz)

- E-mail y conexiones a Internet

2.0 ARQUITECTURA DE LA RED GSM

La infraestructura de red, independientemente del estándar utilizado, debe incorporar los elementos necesarios para poder gestionar de forma eficiente la movilidad, así como para garantizar un acceso seguro (ya que se está utilizando un medio que se comparte entre varios usuarios).

Una infraestructura de red móvil genérica, independientemente de la tecnología de acceso utilizada, contará con una serie de elementos básicos como son:

■ **Los sistemas de control y conmutación de las estaciones base.** Además de las funciones clásicas de control de llamada, controlan la conmutación de la conexión entre distintas estaciones base, de forma que la movilidad del usuario sea gestionada de forma transparente a éste.

■ **Las bases de datos para la gestión de la movilidad.** Permiten la localización de los usuarios en la red móvil, así como el mantenimiento y distribución de la información del perfil correspondiente a cada uno (incluyendo aspectos de autenticación y tarificación).

En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de esta arquitectura de red genérica, aplicada al sistema GSM.

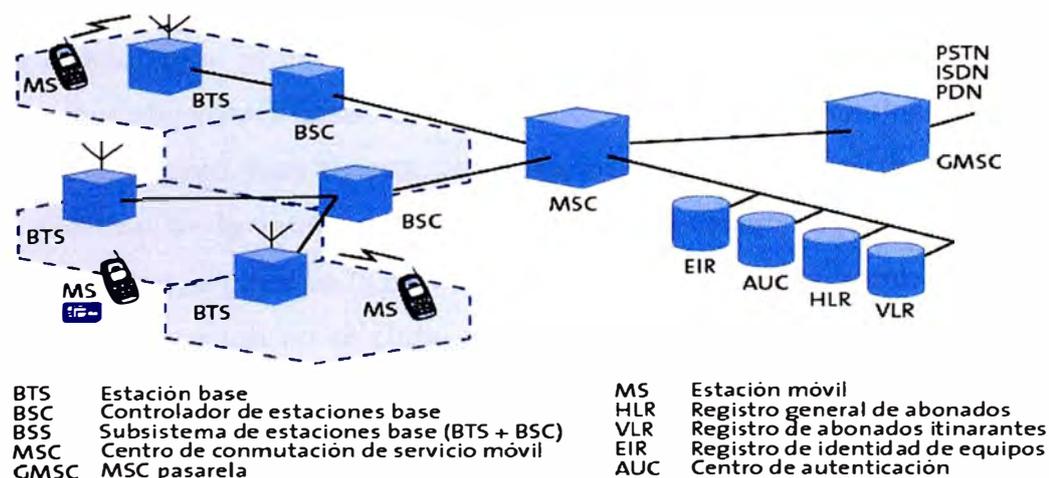


Figura 2.2 Arquitectura genérica de la red GSM [16]

Las redes móviles actuales son mayoritariamente digitales (2G y posteriores). Las principales ventajas de dicha digitalización se resumen en los siguientes aspectos:

■ Mayor eficiencia espectral (modulaciones más eficientes) y mejor protección frente a interferencias.

- Posibilidad de utilización de codificaciones de fuente más eficientes. El ejemplo más típico es la voz, que en el caso de GSM se implementa mediante un codec de 13 kbit/s, permitiendo una importante ganancia de capacidad respecto de las redes analógicas.
- La digitalización del enlace radio aumenta la seguridad de las comunicaciones, además de facilitar la introducción de mecanismos adicionales de cifrado.
- Posibilidad de ofertar nuevos servicios, aprovechando la naturaleza digital del enlace. Un ejemplo muy simple son los mensajes cortos (SMS), que utilizan los canales de señalización para transmitir información de usuario. Otro ejemplo es precisamente el servicio GPRS (General Packet Radio Service), desarrollado de forma mucho más sencilla gracias a la naturaleza digital intrínseca del GSM.
- Miniaturización de los terminales. Un último aspecto, pero no por ello menos importante, es que la digitalización de la red facilita la reducción del tamaño y el consumo de los componentes de los terminales de usuario, así como su integración (lo que a su vez redundaría en una reducción del coste).

Para proporcionar el servicio, la red móvil se apoya en una señalización bastante compleja que en la red de acceso (el punto más crítico) se suele estructurar lógicamente en tres niveles de funcionalidad, denominados:

1. **Gestión de los recursos radio (Radio Resource Management).** Es la funcionalidad que se encarga de la gestión de los recursos radio involucrados en la comunicación, tanto en lo relativo al propio intercambio de la información de usuario (por ejemplo, la voz en una llamada vocal) como en lo necesario para el mantenimiento de la relación entre el terminal y la red. Esta funcionalidad también permite soportar los procesos de handover.
2. **Gestión de la movilidad (Mobility Management).** Esta funcionalidad se encarga de asegurar que, a pesar de la movilidad del usuario, la relación entre éste y la red se mantiene y la comunicación no se corta. Esto debe ser así tanto en situación de inactividad como durante una llamada o sesión de datos. Este nivel comprende los procesos que soportan la itinerancia y la gestión de la localización. También se encarga de gestionar aspectos relativos a la seguridad y a la asignación de identificadores temporales.
3. **Gestión de la conexión (Conexión Management).** Es la funcionalidad que realiza el establecimiento y liberación de las conexiones, haciendo uso de las facilidades que le proporcionan los niveles de gestión de la movilidad y de los recursos radio. Implica procesos de análisis de la numeración, soporte al enrutamiento y a la tarificación, etc.

La mejor manera de crear un sistema de comunicaciones manejable es dividirlo en varios subgrupos que están interconectados mediante Interfaces normalizados. Una red GSM puede dividirse en tres Grupos (véase la Fig. 2.3):

- La estación móvil (MS),
- El Radio Access Network o Subsistema de estación base (BSS) y
- El Core Network, red central o subsistema de red (NSS).

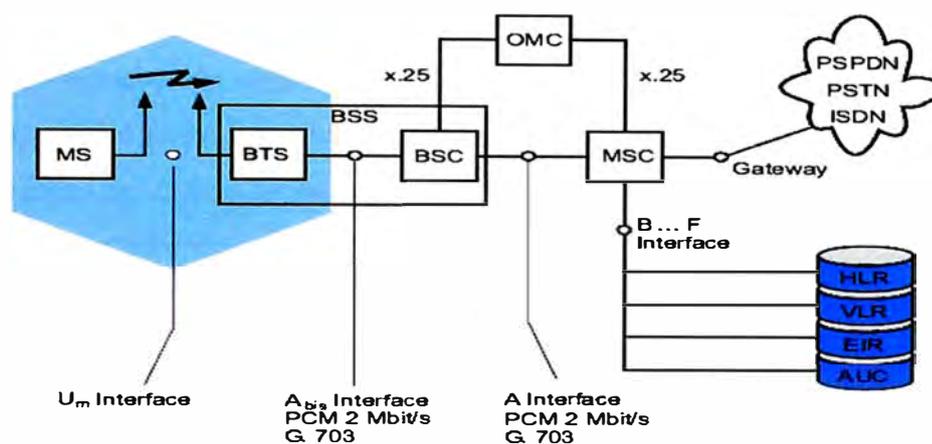


Figura 2.3 Arquitectura de la red GSM [15]

Estos están caracterizados de la siguiente manera:

2.1 La estación móvil (MS)

La estación móvil puede ser mencionado como un “handset”, “móvil”, “un terminal portátil” o “equipo móvil” ME). También incluye el Módulo de Identificación del suscriptor (SIM) que normalmente es extraíble y viene en dos Tamaños. Cada tarjeta SIM dispone de un número de identificación único llamado IMSI (Identidad internacional móvil de abonado). Además, a cada MS se le asigna una única identificación de hardware llamado IMEI (identidad internacional de Equipo móvil).

En algunas de las nuevas aplicaciones (comunicaciones de datos en particular), el MS también puede ser un terminal que actúa como una interfaz GSM, por ejemplo, para un ordenador portátil.

El aparentemente bajo precio de un teléfono móvil puede dar la (falsa) impresión que el producto no es de gran calidad. Además de proporcionar un transceptor (TRX) para la transmisión y recepción de voz y datos, el terminal móvil también realiza una serie de

tareas muy exigentes como autenticación, handover, codificación de canal y codificación.

2.2 Radio Access Network o Subsistema de Estación Base (BSS)

El subsistema de estación base (BSS) se compone del Controlador de Estación Base (BSC) y el Transceptor de Estación Base (BTS).

2.2.1 La Radiobase o Transceptor de Estación Base (BTS): GSM utiliza una serie de transmisores de radio llamados BTSs para conectar el móvil a una red celular. Su tareas incluyen canal de codificación / decodificación y el cifrado / descifrado. Una BTS se compone de radio transmisores y receptores, antenas, la interfaz PCM, etc. El BTS puede contener uno o más transceptores a fin de brindar la capacidad de manejo de llamadas. Un sitio puede ser omni-direccional o generalmente direccional dividido en tres celdas.

2.2.2 El controlador de la estación base (BSC): Un grupo de BTSs están conectados a un BSC particular que gestiona los recursos de radio para ellos. Hay BTSs nuevas e inteligentes que se ha hecho cargo de muchas de las tareas que antes hacía la BSCs. La función principal del BSC es la palabra mantenimiento. Las estaciones móviles normalmente envían un informe de la intensidad de la señal recibida a la BSC cada 480 ms. Con esta información el BSC decide iniciar trasposos (handover) a otras celdas, cambiar la potencia de transmisión de la BTS, etc

2.3 Core Network o el Subsistema de red

2.3.1 El centro de conmutación móvil (MSC): Actúa como un conmutador estándar de la red fija y, además, proporciona toda la funcionalidad necesaria para manejar un suscriptor móvil. Las principales funciones son las de registro, autenticación, la actualización de ubicación (Location Update), handovers y enrutamiento de la llamada a un suscriptor de roaming. La señalización entre entidades funcionales (Registros) en el subsistema de red utiliza Sistema de Señalización 7 (SS7).

Sí el MSC también tiene función de Gateway (puerta) de enlace para comunicarse con las demás redes, se llama Gateway MSC (GMSC).

2.3.2 El registro de la ubicación de origen (HLR): Es una base de datos utilizada para la

gestión de abonados móviles. Almacena la identidad internacional de abonado móvil (IMSI), número ISDN de la estación móvil (MSISDN) y la dirección de la ubicación actual del registro de visitantes (VLR). La principal información que contiene se refiere a la ubicación de cada estación móvil a fin de estar en condiciones de enlutar las llamadas de suscriptores móviles gestionados por cada HLR. The HLR también mantiene los servicios asociados con cada MS. Un HLR puede servir varios MSCs.

2.3.3 El registro de la ubicación de visitantes (VLR): Contiene la ubicación actual del MS y selecciona los la información administrativa del HLR, necesario para el control de llamadas y la prestación de servicios suscritos, para cada móvil situado en el área geográfica controlada por el VLR. Un VLR está conectado a una MSC y normalmente se integran en el hardware del MSC.

2.3.4 El centro de autenticación (AuC): Es una base de datos protegida que mantiene una copia de la clave secreta almacenada en la tarjeta SIM de cada suscriptor, que es utilizado para la autenticación y cifrado del canal de radio. El AuC proporciona seguridad adicional contra el fraude. Se encuentra normalmente cerca de cada HLR dentro de la red GSM.

2.3.5 El equipo de registro de identidad (EIR): El EIR es una base de datos que contiene una lista de todos los equipos terminales móviles válida dentro de la red, donde cada estación móvil se identifica por su número de identidad internacional de equipo móvil (IMEI). El EIR cuenta con tres bases de datos:

- Lista Blanca: todos conocido, buenos IMEIs
- Lista Negra: para terminales malos o robados.
- Lista Gris: para terminales / IMEIs que son inciertas

2.3.6 Centro de Operación y Mantenimiento (OMC): El OMC es un sistema de gestión que supervisa la Red GSM funcionalmente en bloques. El OMC asiste al operador de red en el mantenimiento satisfactorio del funcionamiento de la red GSM. La redundancia de hardware y mecanismos inteligentes de detección de errores de red ayudan a evitar el tiempo de indisponibilidad de la Red. El OMC es responsable por el control y el mantenimiento de la MSC, BSC y BTS. Puede estar a cargo de toda una red pública móvil terrestre (PLMN) O sólo algunas partes de la PLMN.

2.4 INTERFACES Y PROTOCOLOS

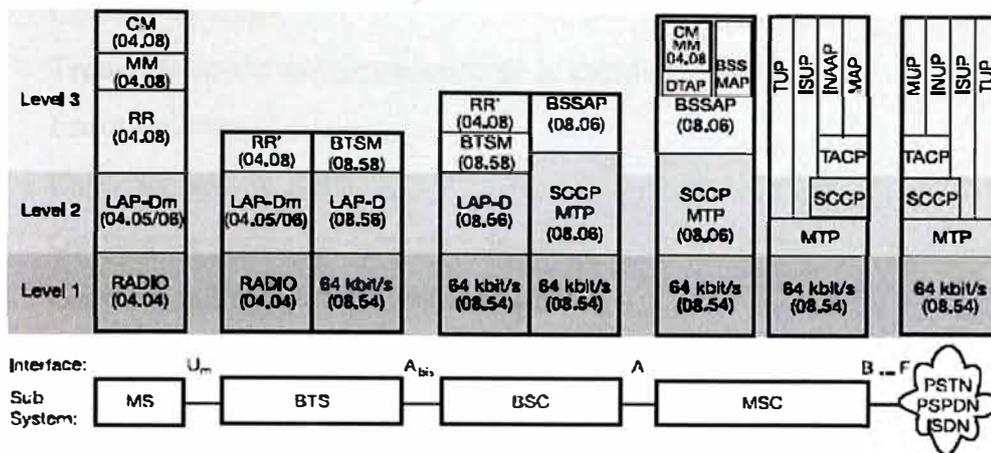


Figura 2.4 Estructura de capas OSI en GSM [15]

Nota: Los números entre paréntesis indican las recomendaciones ETSI-GSM.

Prestar calidad de voz o de transmisión de datos por enlace de radio es sólo parte de la función de una red móvil celular. Un móvil GSM puede navegar sin fisuras a nivel nacional e internacional, requiriendo enrutamientos y funciones de actualización de localización estándares en las redes GSM. Un sistema de comunicaciones público también requiere sólidos mecanismos de seguridad para prevenir el uso indebido por parte de terceros. Funciones de seguridad como autenticación, la encriptación y el uso de identidades Temporales del Suscriptor Móvil (TMSIs) son una necesidad absoluta. Dentro de una red GSM, son necesarios diferentes protocolos para el flujo de datos y de señalización entre los diferentes subsistemas GSM.

La Figura 2-4 muestra las interfaces que enlazan los diferentes subsistemas GSM y los protocolos utilizados para comunicarse en cada interfaz.

Los protocolos GSM básicamente se dividen en tres capas:

- Nivel 1 (Capa Física)

Permite la transmisión física (TDMA, FDMA, etc)

Evaluación de la calidad del canal

Salvo en la interfaz de aire (GSM Rec. 04,04), se utilizan Enlaces PCM de 30 canales o RDSI (GSM Rec. Abis en 08,54 y 08,04 en interfaces A a F).

- Capa 2 (Capa de Enlace de datos)

Multiplexado de una o más conexiones de la capa 2 sobre los canales de control/señalización.

Detección de error (basados en HDLC).

Control de flujo.

Transmisión de aseguramiento de la calidad.

Enrutamiento.

- Capa 3(Capa de Red)

Gestión de conexión (interfaz de aire).

Gestión de los datos de localización.

Identificación de abonado.

Gestión de los servicios añadidos (SMS, desvío de llamadas, conferencia, etc).

2.4.1 La interface de Aire Um

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que gestiona la asignación internacional del espectro radioeléctrico (entre otras muchas funciones), ha asignado las siguientes bandas:

GSM900: Uplink: 890-915 MHz (= estación móvil a estación base)

Downlink: 935-960 MHz (= estación base a estación móvil).

GSM1800 (Previamente DCS-1800): Uplink: 1710-1785 MHz

Downlink: 1805-1880 MHz

GSM1900 (Previamente PCS-1900): Uplink: 1850-1910 MHz

Downlink: 1930-1990 MHz

La interfaz de aire para GSM se conoce como la interfaz Um.

Dado que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado compartido por todos los usuarios, fue ideado dividir el ancho de banda entre la mayor cantidad de usuarios posible. El método elegido por GSM es una combinación de tiempo y frecuencia-Division Multiple Access (TDMA / FDMA). La parte FDMA trata de la división del ancho de la banda de frecuencia (máxima) 25 MHz asignados en 124 bandas de frecuencias portadoras espaciadas 200 kHz de separación. Uno o más las frecuencias portadoras que son asignados a cada estación base. Cada una de estas frecuencias portadoras se divide entonces en el tiempo, utilizando un sistema TDMA.

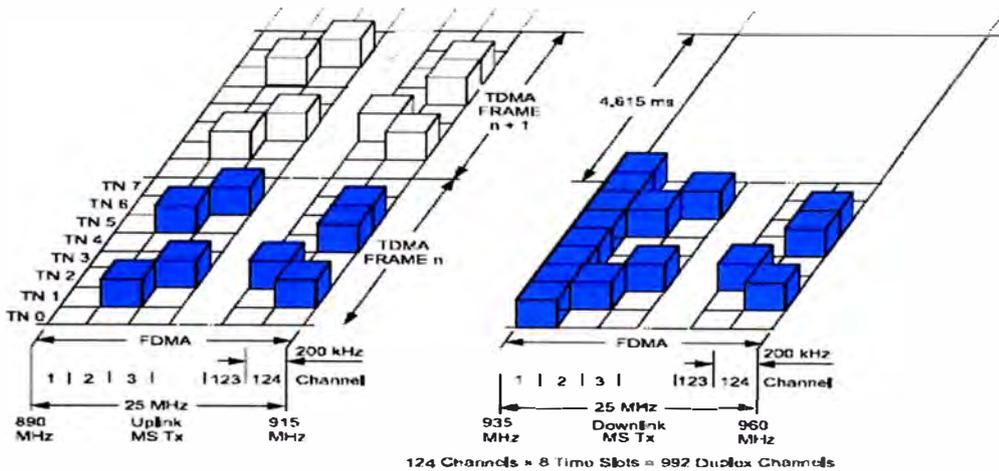


Figura 2.5 Interface de Aire GSM, trama TDMA [15]

La unidad fundamental de tiempo en este esquema TDMA se denomina ráfaga y el período que dura aprox. 0,577 ms. Ocho períodos ráfaga se agrupan en una trama TDMA (aprox. 4,615 ms), que forma la unidad básica de la definición de los canales lógicos. Un canal físico es un período de ráfaga por trama TDMA.

Canales Logicos en la interface de aire

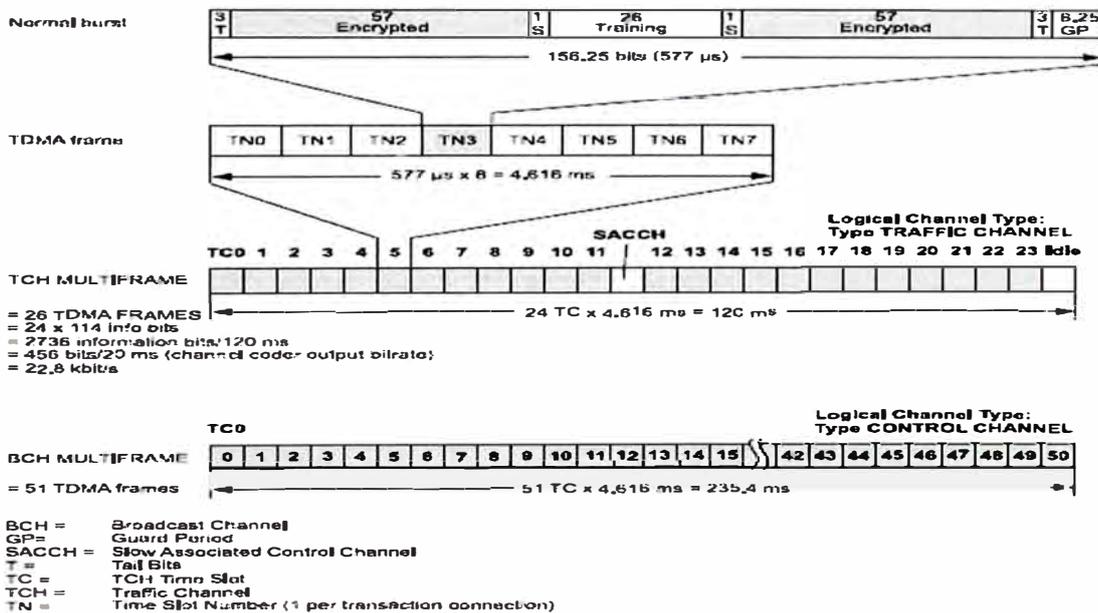


Figura 2.6 Interface de Aire GSM, canales lógicos [15]

Varios canales lógicos son mapeadas en los canales físicos. La organización de los canales lógicos depende de la aplicación y la dirección del flujo de información (enlace ascendente / descendente o bidireccional). Un canal lógico puede ser tanto un canal de tráfico (TCH), que transporta los datos de usuario, o un canal de señalización.

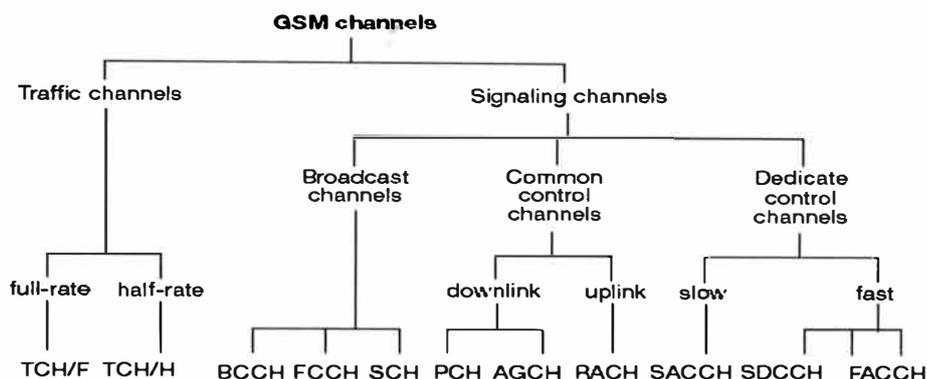


Figura 2.7 Canales Lógicos GSM [15]

Canales de Tráfico en la interface de aire

Un canal de tráfico (TCH) se utiliza para transportar tráfico de voz y datos. Canales de Tráfico se definen utilizando multitramas de 26 tramas, o grupo de 26 tramas TDMA. La longitud de una multitrama de 26 tramas es de 120 ms, que es la forma como la longitud de un periodo de burst es definida (120 ms dividido por 26 tramas dividido por 8 periodos de burst por trama). De las 26 tramas, 24 son utilizados para el tráfico, 1 se utiliza para el canal de control asociado lento (SACCH) y 1 no utilizado en la actualidad (véase la Fig. 2-7). Los TCH para el enlace ascendente y descendente están separados en el tiempo por 3 periodos de burst, de manera que el terminal móvil no tiene que transmitir y recibir simultáneamente, lo que simplifica la circuitería electrónica. Este método permite evitarse complejos filtros de antena duplex y, por tanto, contribuye a reducir el consumo de energía.

Además de estos Full-rate TCHs (TCH / F, 22,8 kbit / s), también se definen Half-rate TCHs (TCH / H, 11,4 kbit / s). Half-rate TCH dobla efectivamente la capacidad de un sistema lo que permite transmitir dos llamadas en un solo canal. Si un TCH / F se utiliza para las comunicaciones de datos, la tasa de datos utilizable desciende a 9,6 kbit / s (en TCH / H: máx. 4,8 kbit / s), debido a el aumento de los algoritmos de seguridad. El octavo TCH también se especifica, y se utilizan para la señalización. En las especificaciones GSM, se llaman canales de control stand alone dedicado (SDCCH).

Canales de Señalización en la interface de aire

Los canales de señalización en la interface de aire son utilizados para el establecimiento de la llamada, paging, llamada de mantenimiento, sincronización, etc. Hay 3 grupos de canales de señalización:

El Canal de Broadcast (BCH): Lleva información de solo downlink y son responsables principalmente de la sincronización y corrección de frecuencia. Este es el único tipo de canal que posibilita comunicaciones punto-multipunto en el cual mensajes cortos son simultáneamente transmitidos a varios móviles. Los BCHs incluyen los siguientes canales:

- El broadcast Control Channel (BCCH): Información general, celda específica; ejemplo, Código de Área Local (LAC), Operador de Red, parámetros de acceso, lista de celdas vecinas, etc. El MS recibe señales de varias BTSs vía el BCCH con la misma red y/o diferentes redes.
- El Frequency Correction Channel (FCCH): solo en downlink; corrige las frecuencias del MS, transmite frecuencias estándar al MS, también es usado para sincronización de los timeslots de borde y la posición del primer timeslot de la trama TDMA.
- El Synchronization Channel (SCH): Solo para el downlink, sincronización de trama (número de trama TDMA) e identificación de Estación Base, La recepción válida de un burst SCH proveerá al MS toda la información necesaria para sincronizar con la BTS.

Los Canales de Control Común (CCCH): Son un grupo de canales uplink y downlink entre el MS y la BTS. Estos canales son usados para transportar la información de la red los MSs y provee acceso a la red. Los CCCH incluye los siguientes canales:

- El Paging Channel (PCH): Solo downlink, el MS es informado por la BTS para llamadas entrantes via el PCH.
- El Access Grant Channel (AGCH): Solo downlink, las BTS separa un TCH o SDCCH al MS, así permite al MS acceder a la red.
- El Random Access Channel (RACH): Solo uplink, permite solicitar al MS un SDCCH en respuesta a un page o debido a una llamada, el MS elige un tiempo aleatorio para enviar en este canal. Esto crea la posibilidad de colisiones con transmisiones de otros MSs.

El PCH y el AGCH son transmitidos en un canal llamado el Paging and Access Grant Channel (PAGCH), ellos son separadas por el tiempo.

El Dedicated Control Channel (DCCH): Responsable del roaming, handovers, encriptación, etc. El DCCHs incluye los siguientes canales:

- El Stand-alone Dedicated Control Channel (SDCCH): Canal de comunicaciones entre el MS y la BTS, señalizan durante el establecimiento de la llamada antes que un canal de tráfico (TCH) sea separado.
- El Slow Associated Control Channel (SACCH): Transmite continuamente reportes de medición (por ejemplo la intensidad de campo) en paralelo a la operación de un TCH o SDCCH, por ejemplo en decisiones de handover, siempre separa el TCH o SDCCH necesario para procedimientos “no urgentes”, por ejemplo para medición de datos de radio, control de potencia (solo downlink), timing advance, etc. Siempre es usado en paralelo a un TCH o SDCCH.
- El Fast Associated Control Channel (FACCH): Similar al SDCCH, pero usado en paralelo a la operación del TCH, si la tasa de información del FACCH es insuficiente el modo “borrowing” es usado: Ancho de banda adicional es prestado del TCH, esto sucede por mensajes asociados con el establecimiento de la autenticación de la llamada de un abonado, decisiones de handover, etc.

Casi todos los canales de señalización usan el formato “Burst normal”, excepto los canales RACH (Random Access Burst), el FCCH (Frequency Correction Burst) y SCH (Synchronization Burst).

Formatos de burst

Un timeslot es un intervalo de tiempo de 576 us, por ejemplo, 156.25 bits de duración, y su contenido físico son conocidos como un burst. Cinco tipos de burst existen en el sistema. Ellos son distinguidos por diferentes divisiones de trama TDMA.

El **Normal Burst (NB)**: usado para llevar información en los canales de tráfico y control, excepto para RACH. Contienen 116 bits encriptados.

El **frequency Correction Burst (FB)**: Usado para sincronización de frecuencia del móvil. Los contenidos de este burst son usados para calcular una oscilación senoidal no modulada, sobre el cual el sintetizador de los móviles es enganchado.

El **Synchronization Burst (SB)**: Usado para sincronización de tiempo del móvil. Contiene la información de un número de trama TDMA como una secuencia encadenada larga y portadoras

El **Access Burst (AB)**: Usado para acceso aleatorio y caracterizado por un largo período de guarda (256 us) para permitir la transmisión del burst desde un móvil que no conoce el Timing Advance correcto al primer acceso a la red (o después de un handover).

El **Dummy Burst (DB)**: Transmitido como un llenador de timeslots no usados de una portadora, no lleva información pero tiene el mismo formato que un Normal Burst (NB).

Protocolos en la interface de aire

- Capa 1 (GSM Rec. 04.04): Propiedades físicas de la interface Um.
- Capa 2 (GSM Rec. 04.05/06): El protocolo LAP-Dm es usado (similar a ISDN LAP-D). LAP-Dm tiene las siguientes funciones:
 - Transferencia sin conexión en canales de señalización punto-a-punto y punto-multipunto,
 - Setup y liberación de conexiones capa 2 en canales de señalización en punto-a-punto,
 - Transferencia orientada a conexión con retención de la secuencia de transmisión, detección y corrección de errores.
- Capa 3 (GSM Rec. 04.07/08): Contiene las siguientes sub-capas con funciones de canales de control de señalización (BCH, CCCH and DCCH):
 - **Radio resource management (RR)**: El rol de la capa de administración de los RR es establecer y liberar la conexión estable entre el MS y una MSC mientras dure la llamada, y mantenerla aún con la movilidad del usuario. Las siguientes funciones son realizadas por el MSC:
 - Selección de la llamada,
 - Handover,
 - Ubicación y liberación de los canales punto-a-punto,
 - Monitoreo de las conexiones de radio,
 - Introducción de la encriptación,
 - Cambio en el modo de transmisión.
 - **Mobility management (MM)** maneja las funciones de control requeridas para la movilidad, ejemplo:
 - Autenticación,
 - Asignación del TMSI,
 - Manejo de la ubicación del subcriptor.
 - **Connection management (CM)** es usado para el establecimiento, mantención y liberación de la conexión de llamadas, comprende tres grupos:
 - **Call control (CC)**: Maneja las conexiones de llamadas,
 - **Supplementary service support (SS)**: Maneja los servicios especiales,

- **Short message service support (SMS):** Transfiere textos pequeños.

Ni la BTS ni el BSC interpretan mensajes CM y MM. Ellos son simplemente conmutadores con el MSC o el MS utilizando protocolo Direct Transfer

Application Part (DTAP) en la interface A. Los mensajes RR son mapeados a o desde la Base Station System Application Part (BSSAP) en el BSCREF para conmutar con el MSC.

2.4.2 La interface Abis

La interface Abis se ubica dentro del Sub-sistema de Estación Base (BSS) y representa la línea divisoria entre la función del BSC y la de la BTS. El BSC y la BTS pueden ser conectados utilizando líneas dedicadas, radio enlaces o redes metropolitanas (MANs).

Básicamente, dos tipos de canales existen entre el BSC y la BTS:

- **Traffic channels (TCH):** Pueden ser configurados en formatos de 8, 16 y 64 kbit/s y transportan data de usuario,
- **Signaling channels:** Pueden ser configurados en formatos de 16, 32, 56 y 64 kbit/s y son utilizados con propósito de señalización entre el BSC y la BTS.

Cada transceiver (TRX) en un BSC generalmente requiere un canal de señalización para la interface Abis. El posicionamiento de las tramas de datos de usuario (T = Trafico) y las tramas de datos de señalización (S = Señalización) varia de fabricante a fabricante y de sistema a sistema. El único requerimiento es que la trama FAS/NFAS debe estar en el timeslot 0. Un canal de señalización puede correr a 16 kbit/s (sub-canal de señalización) o 64 kbit/s.

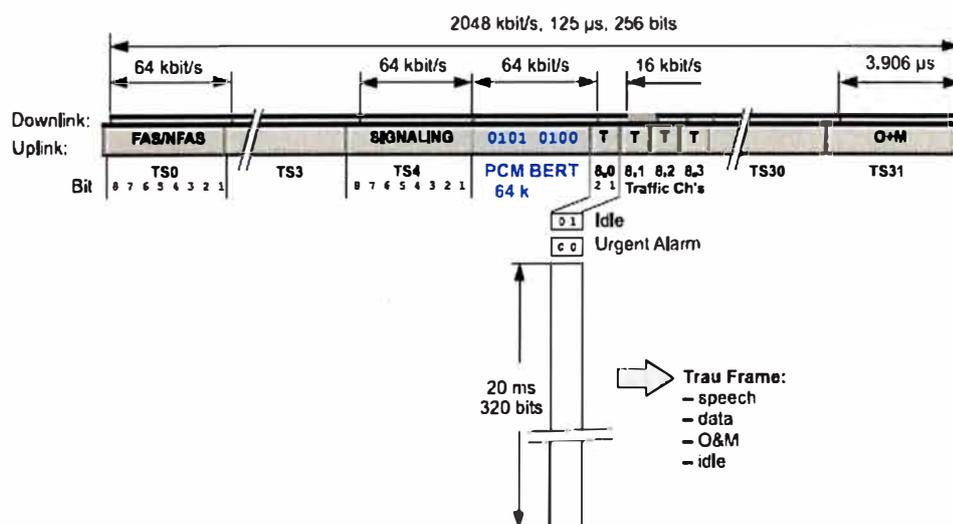


Figura 2.8 Interface Abis GSM, timeslot PCM [15]

La trama TRAU

La trama TRAU (Transcoder Rate Adapter Unit) es la unidad de transporte de un canal de tráfico (TCH) a 16 kbit/s en la interface Abis. Utiliza 13.6 kbit/s para datos de usuario y 2.4 kbit/s para señalización en banda, temporización y sincronización.

Así que la posición de los bits de señalización y datos son determinados.

Octett No.	Bit Position							
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
3	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
4	1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
5	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
6	1	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22
35	1	D233	D234	D235	D236	D237	D238	D239
36	1	D241	D242	D243	D244	D245	D246	D247
37	D248	D249	D250	D251	D252	D253	D254	D255
38	1	D256	D257	D258	D259	D260	C16	C17
39	C18	C19	C20	C21	S1	T2	T3	T4

Synchronisation Bits Time Alignment Bits
 Control Bits Data Bits

Figura 2.9 La trama TRAU [15]

Los nombres de los bits mostrados en la Fig. 2.9 son interpretados como sigue:

Bits de Sincronización

C... bits: Control/señalización

T... bits: Alineamiento de Tiempo (TA)

D... bits: Datos de Usuario (payload o carga)

Las especificaciones de la trama TRAU son como sigue:

Bits Total por trama: 320

Bits de Sincronización: 25

Bits de Control: C1 to 15

C17 to 21 (trama dependiente y para aplicaciones futuras)

Existe cuatro variantes para los bits C, D y T, dependiendo del tipo de trama:

1. Trama de voz Data bits: D1 to 260

Control bits: C16 to 21

TA bits: T1 to 4

2. Trama O&M Data bits: D1 to 264

Spare bits: S1 to 6

3. Trama de datos Data bits: D1 to 252

Primer bit de octetos impares (5 to 39) es “1”

4. Trama de voz idle Como la trama de voz, pero todos los bits de datos son “1”

El protocolo usado en la interface Abis es LAPD, el cual es adaptado de ISDN. LAPD provee los siguientes tipos de trama, que pueden ser divididos en tres grupos:

- Tramas no numeradas (SABM, DISC, UA, DM, UI),
- Tramas de transferencia de información (I)
- Tramas de supervision (RR, RNR, REJ, FRMR).

En adición a los procedimientos de señalización de radio, la interface Abis también provee el medio de transporte para los procedimientos de Operación y Mantenimiento de la BTSs, así como el mecanismo de transporte para los procedimientos de gestión de capa 2 heredados de los estándares de ISDN.

Protocolos en la interface Abis

Los siguientes protocolos son usados:

. Capa 1 (GSM Rec. 08.54): 2.048 Mbit/s (ITU-T: E1) o 1.544 Mbit/s (ANSI: T1) facilidades PCM con señalización de canal de 64/32/16 kbit/s y 16 kbit/s de canales de tráfico (4 por timeslot)

. Capa 2 (GSM Rec. 08.56): El protocolo LAP-D es usado como mecanismo de transporte para la mensajería de datos entre la BTS y el BSC. Dentro de GSM el SAPI se refiere al identificador de enlace de transmisión en el protocolo LAPD que se heredó de RDSI.

. Capa 3 (GSM Rec. 08.58/04.08): En esta capa se trabaja principalmente la gestión de la BTS (BTSM). BTSM distingue tres conexiones lógicas de señalización con el SAPI (Service Access Point Identifier). SAPI 0 es usado por todos los mensajes que vienen o van a la interface de radio. SAPI 62 provee transporte de mensajes O&M entre la BTS y la BSC. SAPI 63 es usado por la gestión dinámica de TEIs así como por las funciones de gestión de la capa 2. La adición de otro campo de dirección de la capa de enlace de LAPD es para las TEIs. Las TEIs que proporcionan el tratamiento de los TRXs (transmisores y receptores) de las BTS son las siguientes:

1. Radio Signaling Link (RSL): Gestión de tráfico; usado para la señalización entre BSC y BTS (mensajes no-transparentes, ejemplo RR) y transmisión de información de señalización de la interface de aire en la forma de mensajes transparentes (mensajes CM y MM)

2. Operating & Maintenance Link (OML): Gestión de Red; usado para monitorear el estado de operación de los TRXs o BTSs; los mensajes OML tienen prioridad sobre los mensajes de capa 2.

3. Layer 2 Management Link (L2ML): Gestión Capa 2; control y tratamiento de los procedimientos de gestión de TEIs (asignación, de-asignación de los transceptores internos de BTS [TRX]).

2.4.3 La interface A

La interface A se encuentra entre BSC y MSC. Si la BSC contiene el equipamiento de transcoders (TCE), el canal de tráfico (TCH) ocupa un timeslot completo 64 kbit/s en el enlace PCM de 2 Mbit/s o 1.544 Mbit/s (Capa 1, GSM Rec. 08.04). De los 32 timeslots disponibles en el enlace PCM, máximo 30 canales de tráfico pueden ser operados simultáneamente, al menos 2 timeslots son necesarios para control y señalización (TS0 para FAS/NFAS y otro TS para señalización, usualmente TS16). Un canal de señalización soporta varios 64 kbit/s de PCMs instalados entre BSC y MSC. Normalmente son utilizados dos timeslots activos de 64 kbit/s para este propósito.

Si el MSC es equipado con TCE, los TCHs son convertidos de 64 kbit/s a 16 kbit/s en el transcoder. Si el BCS no contiene el TCE, entonces los TCHs son 16 kbit/s en la interface A. Entre el BSC y MSC, los TCHs son “grabados” de 64 kbit/s a 16 kbit/s en el TCE.

Protocolos en la interface A

Los protocolos de señalización (capa 2+3) entre BSC y MSC, está basada en el estándar SS7, pero se transmite junto con los datos del usuario en el PCM instalado. Normalmente es usado el timeslot 16 (TS16) de trama 64 kbit/s.

Los siguientes protocolos son empleados:

- Capa 1 (GSM Rec. 08.04): Enlace PCM de 2.048 Mbit/s (ITU-T: E1) o 1.544 Mbit/s (ANSI: T1).
- Capa 2 (GSM Rec. 08.06): Se utilizan protocolos basados en SS7; el protocolo de transferencia de mensajes (MTP) (responsable de la seguridad de la transmisión entre MSC y BSC) y el protocolo de señalización de control de conexión (SCCP) (permite el manejo global de los elementos de red y así ofrece un servicio correspondiente a la capa de conmutación). MTP y SCCP también realizan funciones de capa 3. SCCP es usado para transporte de DTAP y gestión mensajes

de BTS (BSSMAP) en la interface A, asegurando ambos flujos de mensaje orientados y no orientados a conexión. Las conexiones pueden ser relacionados a un específico MS o canal de radio.

Una conexión SCCP puede ser iniciado por una estación móvil (MS) o una MSC.

Una conexión SCCP puede involucrar los siguientes protocolos:

- Desde el MS:
 - MM: CM service request
 - RR: Paging response
 - MM: Location updating request
 - MM: CM re-establishment request.
- Desde el MSC: Iniciación de un “handover externo”
(BSSMAP: handover request).

El MSC siempre realiza una conexión SCCP.

- Capa 3 (GSM Rec. 08.08): Contiene el protocolo de aplicación de estación base (BSSAP). Esta capa tiene múltiples partes en el MSC:
- El protocolo de gestión de aplicaciones de la estación base (BSSMAP) es la contraparte del protocolo RR en la interface de aire.
- El protocolo de transferencia directa de aplicación (DTAP) transmite mensajes CC y MM y es transparentemente transmitido a la BTS y BSC.

2.4.4 Interfaces basadas en el MSC

Todas las interfaces alrededor del MSC usan protocolos basados en SS7. Las interfaces B, C, D, F y G son referidas como interfaces MAP. Cualquiera de estos conecta registros a MSC o registros a otros registros. La interface E soporta protocolos MAP y protocolos de establecimiento de llamadas (ISUP/TUP). Esta interface conecta una MSC a otra MSC dentro la misma red o al MSC de otra red. Ellos son designados como sigue:

- . B interface: Entre MSC y VLR (usa protocolos MAP/TCAP)
- . C interface: Entre MSC y HLR (MAP/TCAP)
- . D interface: Entre HLR y VLR (MAP/TCAP)
- . E interface: Entre dos MSCs (MAP/TCAP + ISUP/TUP)
- . F interface: Entre MSC y EIR (MAP/TCAP)
- . G interface: Entre VLRs (MAP/TCAP).

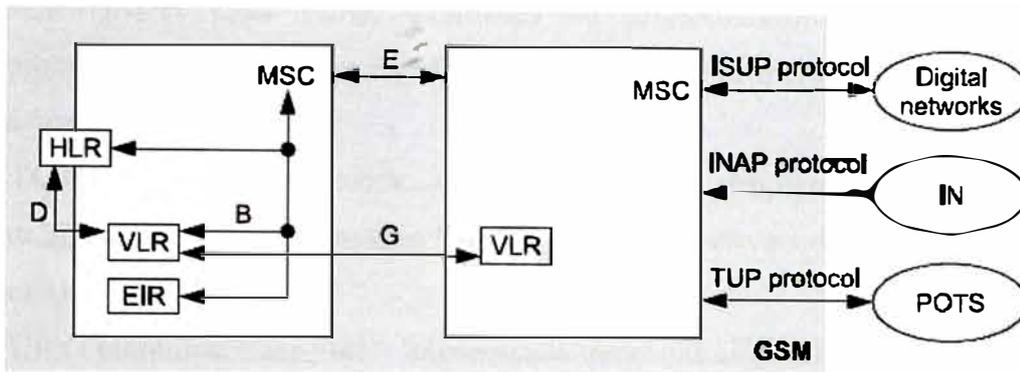


Figura 2.10 Interfaces en el MSC [15]

Interfaces de redes fijas:

- Vía protocolo TUP: Entre MSC y redes analógicas/digitales.
- Vía protocolo ISUP: Entre MSC y redes analógicas/digitales; provee más funcionalidades que TUP
- Vía protocolo INAP: Entre MSC e IN.

El protocolo SCCP provee transporte de mensajes de y a las bases de datos de la red GSM para los mensajes TCAP y MAP. Se distingue dos tipos de conexión:

- Circuitos relacionados con el control de la llamada: ISUP y TUP
- Circuitos no relacionados con el control de la llamada: aquí es usado el protocolo Mobile Application Part (MAP), permitiendo la implementación de funciones tales como actualización de ubicación/roaming, entrega de SMS, handover, autenticación e información del enrutamiento de la llamada entrante. El protocolo MAP usa el protocolo Transaction Capability Application Part (TCAP) para transferir información en tiempo real (entre MSCs, HLRs y VLRs).

Protocolos MSC

MAP (Mobile Application Part): (GSM Rec. 09.02) Usado para controlar colas a diferentes bases de datos en la red móvil de radio (HLR, VLR y EIR). Las responsabilidades de MAP incluye la gestión del acceso y ubicación, MSC-MSC handover, funciones de seguridad, O&M, SMS y servicios suplementarios.

TCAP (Transaction Capabilities Application Part): Proporciona llamadas universales y funciones para el manejo de solicitudes de los procesos de aplicación distribuida.

ISUP (ISDN User Part): Controles de interconexión (ejemplo. Establecimiento de llamadas/liberación) entre PLMNs y otras redes, y proporciona las mismas funcionalidades básicas que TUP.

INAP (Intelligent Network Application Part): Implementa servicios suplementarios inteligentes (ejemplo llamadas libres de cargo, funciones de enrutamiento dependientes del tiempo).

TUP (Telephone User Part): Implementa interconexión entre PLMNs y otras redes. TUP es normalmente usado para proporcionar conexiones internacionales y esta siendo reemplazo por ISUP.

2.5 Establecimiento de llamada (Call setup)

El siguiente ejemplo describe una llamada de un abonado de la red fija a un móvil en una red GSM:

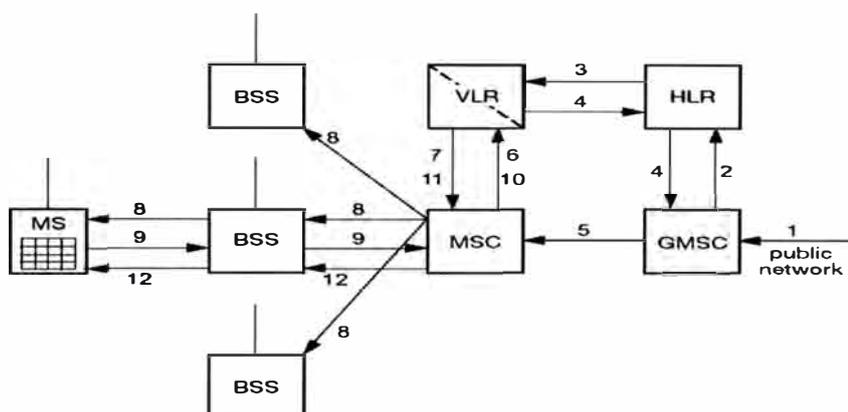


Figura 2.11 Establecimiento de la llamada [15]

La llamada entrante se transmite de la red fija a la puerta de entrada MSC (GMSC) (1). Luego, sobre la base del número IMSI de la parte llamada, su HLR es determinado (2). El HLR revisa la existencia del número llamado. Entonces el VLR pertinente deberá proporcionar el número roaming de la estación móvil (MSRN) (3). Este se transmite al GMSC (4). Entonces, la conexión es conmutada a través del MSC responsable (5). Ahora, el VLR es consultado por el rango de ubicación y estado de accesibilidad del abonado móvil (6). Si el MS está marcado alcanzable, una llamada de radio es habilitada (7) y ejecutada en todas las zonas de radio asignadas al VLR (8). Cuando el abonado de telefonía móvil responde a la solicitud de la búsqueda de la celda de radio (9), todos los

procedimientos de seguridad se ejecutan (10). Si esto tiene éxito, el VLR indica a la MSC (11) que la llamada puede ser completada (12).

2.6 Funcionalidades del Sistema

A continuación una breve descripción de las funcionalidades de la Red GSM.

Roaming: La funcionalidad de roaming permite al usuario hacer y recibir llamadas en cualquier red GSM y usar el mismo usuario específico en todo el Mundo. Requiere un contrato de roaming entre los operadores. Con roaming mundial el MS es accesible bajo el mismo número en cualquier lugar.

Handover: En una red celular, las conexiones de voz de radio y fija no son permanentemente ubicadas durante la duración de la llamada. Handover, o handoff como es llamado en Norteamérica, significa conmutación de llamadas en curso a diferentes canales o celdas. Es una función básica del protocolo RR.

Hay cuatro tipos de handovers en GSM, involucra la transferencia de la conexión entre:

- Canales (timeslots) en la misma celda (intra-BTS handover).
- Celdas bajo el control del mismo BSC (inter-BTS handover).
- Celdas bajo el control de diferentes BSCs, pero perteneciendo al mismo MSC (inter-BSC handover).
- Celdas bajo el control de diferentes MSCs (inter-MSC handover).

Los dos primeros tipos de handover involucran solo un Base Station Controller (BSC). Para ahorrar ancho de banda de señalización, ellos son gestionados por el BSC sin involucrar al MSC, excepto para notificar si el handover es completado. Los dos últimos tipos de handover son manejados por el MSCs involucrado. Un aspecto importante de GSM es que el MSC original, el MSC ancla, mantiene la mayoría de las funciones relacionadas con la llamada, con la excepción de los inter-BSC handovers bajo el control de una nueva MSC. Los handovers pueden ser iniciados por el BSC o MSC (como medio de balance de carga de tráfico). Durante los timeslots vacíos, el móvil escanea el BCC de hasta 16 celdas vecinas, y forma una lista de las seis mejores candidatas para posible handover, basado en la intensidad de la señal recibida. Esta información es enviada al BSC y MSC, al menos una vez por segundo, y es usada por el algoritmo de handover.

La decisión de inicio un handover es una función de los siguientes parámetros:

- Calidad de recepción,
- Nivel de recepción.

Handovers exitosos pueden lograrse a velocidades de propagación de hasta 250 km/h.

Multipath equalization: En los rangos de frecuencia de GSM, las ondas de radio atraviesan todo - edificios, cerros, carros, aviones, etc. Muchas señales reflejadas, pueden alcanzar una antena, cada una con fase diferente (propagación multi-trayecto). Se utiliza ecualización para extraer la señal deseada de las reflexiones no deseadas.

Frequency hopping: La estación móvil tiene que ser inteligente, significa que puede moverse entre diferentes frecuencias con la finalidad de transmitir y recibir datos, etc. Un MS normal es capaz de conmutar frecuencias 217 veces por segundo. GSM hace uso de esta agilidad con las frecuencias para implementar el salto lento de frecuencias, donde el móvil y la BTS transmiten cada trama TDMA en una frecuencia portadora diferente. El algoritmo de frequency hopping es difundido en el Broadcast Control Channel. Desde que el fading multi-trayecto es dependiente de la frecuencia portadora, slow frequency hopping ayuda a aliviar el problema. Adicionalmente la interferencia co-canal es aleatoria.

El canal de difusión y los canales comunes de control no están sujetas a frequency hopping y siempre son transmitidas en la misma frecuencia.

Discontinuous transmission (DTX):

Reduce el consumo de energía del MS y minimiza la interferencia en la interface de aire, la señal de transmisión del usuario es interrumpida durante las pausas de habla. “Ruido de confort” es generado artificialmente por el MS para evitar interrupción debido a una abrupta interrupción de habla.

Discontinuous reception (DRX):

Otro método usado para conservar la energía del MS es la recepción discontinua. El canal de búsqueda, usada por la estación base para señal de llamada entrante, es estructurado en sub-canales. Cada MS necesita escuchar solo su propio sub-canal. En el tiempo entre sub-canales sucesivos de búsqueda, el móvil puede ir a sleep mode, cuando casi no es usado energía.

Power control: varias clases de MS son definidas en las especificaciones de GSM, de acuerdo a su potencia pico de transmisión. Para minimizar la interferencia co-canal y conservar energía, ambos los móviles y la BTS operan al más bajo nivel de potencia que mantendrán una aceptable calidad de señal. Los niveles de potencia pueden ser incrementados o disminuidos en pasos de 2 dBm de la potencia pico disminuyendo al mínimo de 13 dBm (20 miliwatts por MS).

El MS y la BTS continuamente miden la intensidad de señal o calidad de señal (basado en BER), y pasan la información al BSC, el cual finalmente decide cuando el nivel de potencia podría ser cambiado.

Short Message Service (SMS)

SMS ofrece el envío de mensajes (similar a “paging de doble vía”) garantizando que el MS es alcanzado. Si el móvil GSM no es encendido, el mensaje es mantenido para ser enviado después. Cada vez que un mensaje es entregado a un MS, la red espera recibir el reconocimiento del MS que el mensaje fue correctamente recibido. Sin el reconocimiento es positivo la red re-enviará el mensaje o lo almacena para su entrega posterior. SMS soporta mensajes de hasta 160 caracteres de longitud que puede ser entregado por cualquier red GSM en el Mundo donde esté el MS con capacidad de roaming.

Call Waiting (CW) es una funcionalidad basada en la red que también debe ser soportada por el teléfono GSM. Con CW, los usuarios GSM con una llamada en progreso recibirán un beep audible para alertarlos que hay una llamada entrante para MS. La llamada entrante puede ser aceptada, envía una llamada de voz o la rechaza. Si la llamada entrante es rechazada, el llamador recibe señal de ocupado. Una vez que la llamada es aceptada, la llamada original es puesta en espera para permitir la conexión de la nueva llamada entrante.

Call Hold (CH) Debe ser proporcionado por el MS y la red. Permite al MS “estacionar una llamada en progreso”, para hacer llamadas adicionales o recibir una llamada entrante.

Call Forwarding (CF) Esta es una funcionalidad basada en la red que puede ser activada desde el MS. CF permite enviar llamadas a otros números bajo condiciones fijadas por el usuario. Estas condiciones pueden ser incondicionales o dependientes de cierto criterio (sin respuesta, ocupado, no alcanzable).

Calling Line ID Debe ser proporcionado por la red GSM y el MS. El teléfono GSM muestra el número de teléfono del usuario que origina de la llamada entrante. Esta funcionalidad requiere que la red del llamador envíe el calling line ID (Nº de teléfono) a la red GSM de destino.

Mobility Management (MM) La red GSM mantiene un rastreo de cuales MSs están prendidos y activos en la red. Para proporcionar un eficiente manejo de llamadas, la red mantiene un rastreo de la última ubicación conocida del MS en el VLR y HLR. Los sites de radio conectados al MSC son divididos en grupos llamados “location areas”. Cuando

una llamada es generada para un MS, la red mira la última posición conocida (location area) del MS.

Authentication La autenticación normalmente se realiza cuando el MS es encendido con cada llamada entrante o saliente. La verificación del código de seguridad “Ki” almacenado en el AuC coincide con el “Ki” almacenado en la tarjeta SIM del MS completa este proceso. El usuario debe ingresar su código PIN en el MS con la finalidad de activar el hardware antes que este proceso automático se inicie.

A inicios de 1998, el comité de estandarización ETSI se proyectó al futuro, con el estándar de radio de tercera generación móvil, conocido como Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). UMTS debería proporcionar todas las formas de movilidad, basadas en satélite y redes fijas de telecomunicaciones.

El usuario debería ser capaz de utilizar todos los servicios (voz, datos, multimedia, etc.) en cada área establecida. ETSI acordó usar una combinación de acceso múltiple por división de código de banda ancha (W-CDMA) y acceso múltiple por división de tiempo (TD/CDMA) en la interface de aire. W-CDMA sería usado para cubrir grandes áreas y TD/CDMA para aplicaciones locales (interior). La tecnología CDMA mantiene la promesa de un canal de alta capacidad y bajo consumo de potencia con calidad de habla similar a GSM. Planeamiento de frecuencia costoso como el de GSM es innecesario en redes CDMA.

Ahora que Europa ha realizado su elección, el estándar UMTS va camino a una aceptación mundial. Hay un acuerdo en la arquitectura de la red, y los operadores existentes están ahorrando dinero reutilizando sus redes GSM instaladas.

Aquí la palabra clave es “multimedia móvil”: aplicaciones basadas en audio y sobre todo en video generarán el uso de aplicaciones de datos vía el MS.

2.7 GPRS/EDGE

La evolución de los servicios desde la voz hacia los datos se ha producido de forma gradual, pasando del soporte de servicios limitados como los mensajes cortos (SMS) y las llamadas de datos (con utilización permanente de los recursos radio), a otros más eficientes y flexibles basados en técnicas de paquetes; en el caso de GSM se trata de la extensión del estándar denominado GPRS.

Para posibilitar el soporte de la movilidad en las comunicaciones de datos por paquetes se hace necesario utilizar mecanismos análogos a los de las comunicaciones de voz, aunque adaptados a la naturaleza discontinua de los servicios de datos y teniendo en cuenta el diferente manejo de los recursos radio.

Para hacer posible este tipo de movilidad, en general, hay que utilizar dos mecanismos:

1.- Mecanismos de soporte a la movilidad diseñados para las redes de circuitos, adaptados a las características de los servicios de datos, que son menos sensibles al retardo pero más sensibles a los errores. Este es el enfoque seguido, por ejemplo, en las redes GPRS (en la Figura 2.2 se muestra la arquitectura general de la red GPRS).

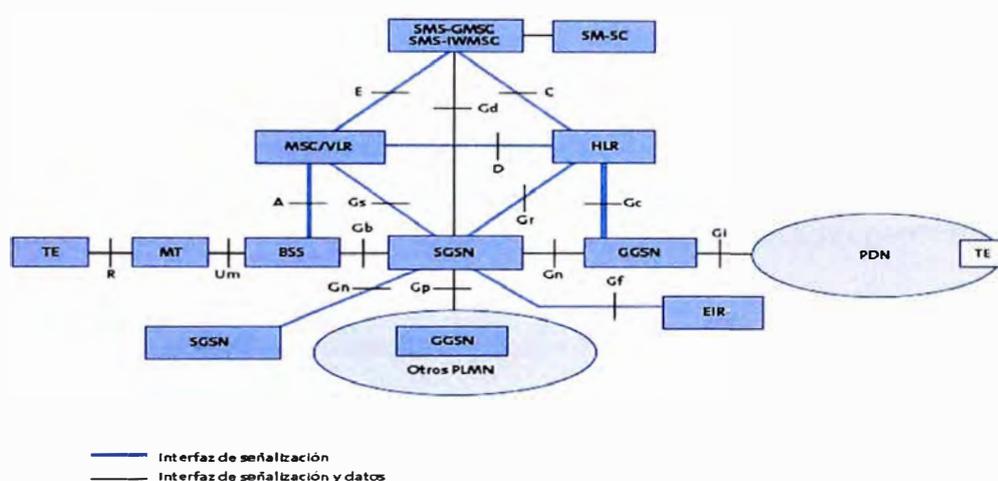


Figura 2.12 Arquitectura de red GPRS [16]

En GPRS aparecen nodos adicionales de red, que realizan las funciones necesarias para proporcionar acceso móvil de alta velocidad a Internet y a otras redes de conmutación de paquetes. Los nodos más importantes son el SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node). El primero constituye para el terminal móvil el punto de acceso al servicio de la red GPRS. El GGSN en cambio tiene como misión principal la conexión del terminal móvil a redes de datos externas para el acceso a sus servicios y aplicaciones basadas en IP. Desde el punto de vista de las redes externas, el GGSN es, además, un router conectado a una subred, ya que oculta la infraestructura de la red GPRS al resto de las redes.

Ambos nodos interactúan con el HLR para poder ofrecer movilidad también en las aplicaciones de datos. La movilidad para este tipo de aplicaciones se aprecia ligeramente más sencilla de tratar y garantizar, debido a la naturaleza de los servicios de datos, en lo

que a retardo de transmisión o latencia se refiere (en general estas aplicaciones pueden soportar mayores retardos que los servicios de voz).

2. Mecanismos propios de los protocolos de enrutamiento, como es el caso de Mobile IP (Mobile Internet Protocol). Esta opción se está utilizando en algunas redes móviles propietarias para datos o en las redes con el sistema cdma2000. Mobile IP es una extensión del protocolo IP, propuesto por el IETF (Internet Engineering Task Force). Este protocolo permite a los equipos móviles permanecer conectados a Internet independientemente de su ubicación, sin necesidad de tener que cambiar su dirección IP (que es el problema principal que presenta el protocolo IP en temas de movilidad). Mobile IP hace que la movilidad sea algo transparente para las aplicaciones y los protocolos por encima de IP, como TCP.

La solución que aporta Mobile IP consiste en utilizar dos direcciones IP: una fija (lo que se denomina “Fixed home address”), y otra temporal (“Care-of address”), que varía en función del punto de conexión a la red.

El funcionamiento de Mobile IP se basa en tres mecanismos cooperativos, cuyas funciones son:

- a. Descubrir la dirección temporal (Care-of).
- b. Registrar la dirección temporal.
- c. Encapsular la información hacia la dirección temporal.

En general, existe una diferencia conceptual entre los dos casos enumerados que se refiere al ámbito que se considera en cada uno de ellos, de manera que:

1. Cuando se trata la movilidad dentro de una red celular típica se habla de micro-movilidad y se trata como en el primer caso.
2. Cuando se trata de gestionar la movilidad entre redes distintas o en una red con un enfoque no celular (por ejemplo, las redes inalámbricas tipo WLAN) entonces se adopta el segundo caso, y se habla de macro-movilidad.

EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) puede jugar un papel importante en la evolución hacia WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

Se puede introducir EDGE de dos maneras:

- 1.- Como una mejora del sistema de conmutación de paquetes para GPRS (General Packet Radio Service), también conocido como GPRS mejorado o EGPRS, y
- 2.- Como una mejora de conmutación de circuitos de datos llamada ECSD (Enhanced

Circuit-Switched Data. Sin embargo, nos referiremos solo a la mejora en conmutación de paquetes, EGPRS, describiendo la tecnología EDGE y la forma en que mejora los sistemas GSM existentes y complementa con WCDMA para un crecimiento ulterior.

Los beneficios que se describen en este documento están basados en la visión de una red mixta (donde coexisten) GSM y WCDMA.

EDGE ha sido el siguiente paso en la evolución de GSM e IS-136. El objetivo de la tecnología es aumentar las velocidades de transmisión de datos, la eficiencia del espectro y facilitar las nuevas aplicaciones y el aumento de capacidad para el uso móvil.

Con la introducción de EDGE en GSM fase 2+, se mejorarán los servicios existentes tales como GPRS y HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), debido a la introducción de una nueva capa física. Los servicios en sí mismos no son modificados. EDGE es introducido dentro de las especificaciones y descripciones existentes, en lugar de crear otras nuevas, mejorando la conmutación de paquetes para GPRS, llamada EGPRS.

GPRS permite velocidades de datos de 115 kbps y teóricamente, hasta 160 kbps sobre la capa física. EGPRS permite ofrecer velocidades de datos de 384 kbps y teóricamente, hasta 473,6 kbps. Lo que hace posible estas velocidades en EGPRS, son una nueva técnica de modulación, nuevos métodos de transmisión tolerante a errores combinados con mecanismos mejorados de adaptación de enlace. Esta es la clave para un aumento de la eficiencia espectral y mejoras en las aplicaciones, tales como acceso inalámbrico a Internet, e-mail y transferencias de archivos.

GPRS/EGPRS fueron quienes marcaron el ritmo en la evolución global de la tecnología inalámbrica, en conjunción con WCDMA. Las velocidades de transmisión más altas con los mismos recursos de radio mejoran las capacidades al permitir más tráfico para los servicios de conmutación de circuitos y de paquetes.

El proceso de normalización hacia GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network) está siendo llevado por el 3GPP (Third Generation Partnership Project). GERAN ofrece los mismos servicios que WCDMA, mediante la conexión a la misma red central. Esto se realiza en paralelo con medios para aumentar la eficiencia espectral.

2.7.1 Diferencias técnicas entre GPRS y EGPRS

Pensado como un subsistema dentro de la norma GSM, GPRS ha introducido la conmutación de paquetes de datos dentro de las redes GSM. Para hacer esto posible, se han introducido nuevos protocolos y nodos.

EDGE es un método para aumentar las velocidades de datos sobre el enlace de radio de GSM. Básicamente, EDGE sólo introduce una nueva técnica de modulación y una nueva codificación de canal que puede usarse indistintamente para transmitir servicios de voz y de datos por conmutación de paquetes y de circuitos. EDGE, por lo tanto, es un agregado a GPRS y no puede trabajar por separado. GPRS produce un mayor impacto sobre el sistema GSM que el que produce EDGE. Al agregar la nueva modulación y codificación a GPRS y al ajustar los protocolos del enlace de radio, EGPRS ofrece una mayor capacidad y velocidad.

GPRS y EGPRS tienen diferentes protocolos y diferentes funcionamientos en la parte correspondiente al sistema de estación base. Sin embargo, sobre la parte correspondiente a la red central, GPRS y EGPRS comparten los mismos protocolos de manejo de paquetes y por lo tanto, funcionan de la misma manera. La reutilización de la infraestructura del núcleo GPRS existente (SGSN/GGSN) remarca el hecho que EGPRS es sólo un “agregado” a la estación base y por lo tanto es mucho más simple de introducir que el propio GPRS (Figura 2.13).

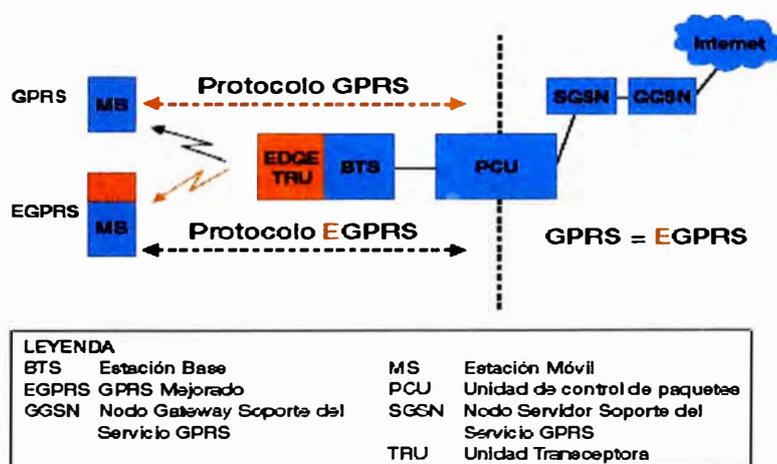


Figura 2.13 Cambios EGPRS sobre GPRS. [14]

Además de mejorar el rendimiento para cada usuario de datos, EDGE también aumenta la capacidad. Con EDGE, el mismo intervalo de tiempo puede soportar más usuarios.

Esto disminuye el número de recursos de radio requeridos para soportar el mismo tráfico, liberando entonces la capacidad para más servicios de datos o de voz. EDGE facilita la coexistencia de tráfico de conmutación de circuitos y de paquetes y hace un uso más eficiente de los mismos recursos de radio. Por lo tanto, en redes con espectro limitado y planificaciones muy ajustadas, EDGE puede ser también visto como un elevador de la capacidad para el tráfico de datos.

2.7.2 Tecnología EDGE

Al potenciar el conocimiento obtenido a través del uso de la norma GPRS existente, EDGE permite generar significativos avances técnicos.

La Tabla 2.1 compara los datos técnicos básicos de GPRS y EDGE. A pesar que GPRS y EDGE comparten la misma velocidad de símbolo, tienen diferentes velocidades de modulación de bit. EDGE puede transmitir tres veces más bits que GPRS durante el mismo período de tiempo. Esta es la principal razón para las mayores velocidades de bits de EDGE. Las diferencias entre las velocidades de radio y de usuario son el resultado de considerar o no los encabezamientos de los paquetes. Esta forma diferente de calcular el rendimiento de bits de salida, a menudo causa malentendidos en la industria acerca de dichas cifras para GPRS y EGPRS.

En EDGE, a menudo se menciona la velocidad de datos de 384 kbps. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha definido la velocidad de 384 kbps como el límite de velocidad de datos requerido por un servicio que cumple con la norma IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) en un ambiente peatonal. Esta velocidad de datos de 384 kbps corresponde a 48 kbps por intervalo de tiempo, asumiendo una terminal de 8 intervalos de tiempo.

	GPRS	EDGE
Modulación	GMSK	8-PSK/GMSK
Velocidad de símbolo	270 ksimb/s	270 ksimb/s
Velocidad de modulación de bit	270 kb/s	810 kb/s
Velocidad de datos de radio por intervalo de tiempo	22,8 kb/s	69,2 kb/s
Velocidad de datos de usuario por intervalo de tiempo	20 kb/s (CS4)	59,2 kb/s (MCS9)
Velocidad de datos de usuario (8 intervalos de tiempo)	160 kb/s (182,4 kb/s)	473,6 kb/s (553,6 kb/s)

Tabla 2.1 GPRS y EDGE: Comparación de datos técnicos. [14]

Técnica de modulación EDGE

El tipo de modulación usado en GSM es GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), que es un tipo de modulación de fase. Esto puede ser visualizado en un diagrama I/Q que muestra los componentes real (I) e imaginario (Q) de la señal transmitida (Figura 2.14). La transmisión de un bit cero o uno se representa por el cambio de fase por incrementos de $\pm p$. Cada símbolo que se transmite representa un bit, es decir, cada cambio en la fase representa un bit.

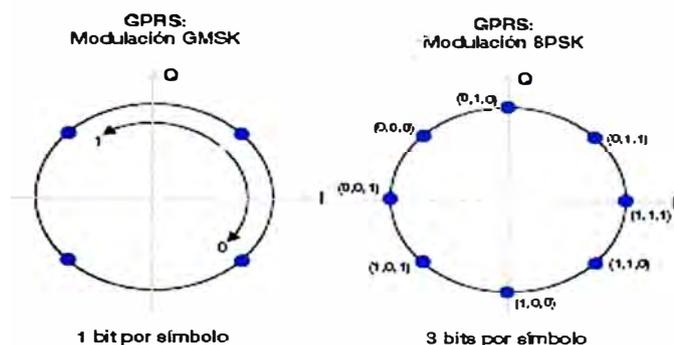


Figura 2.14 Diagrama I/Q: beneficios de la modulación EDGE. [14]

Para alcanzar mayores velocidades de bit por intervalo de tiempo que las que están disponibles en GSM/GPRS, se requiere cambiar el método de modulación. Se ha especificado EDGE de manera de reutilizar la estructura, el ancho y la codificación del canal y los mecanismos y funcionalidades existentes en GPRS y HSCSD. La norma de modulación 8PSK, elegida por EDGE, cumple dichos requerimientos. La modulación 8PSK tiene las mismas características que GMSK, en términos de generación de interferencias sobre los canales adyacentes. Esto hace posible la integración de canales EDGE sobre un plan de frecuencias existente y asignar nuevos canales EDGE de la misma forma que si fueran canales GSM estándar.

El método de modulación 8PSK es un método lineal en el cual tres bits consecutivos se relacionan con un símbolo en el plano I/Q. La velocidad de símbolo, o el número de símbolos enviados en un cierto período de tiempo, es la misma que para GMSK, pero cada símbolo representa tres bits en lugar de uno. Por lo tanto, la velocidad de datos total queda multiplicada por un factor de tres.

Al usar la modulación 8PSK, la distancia entre los diferentes símbolos es menor que al usar GMSK. Estas menores distancias aumentan el riesgo de una interpretación errónea de los símbolos, porque para el receptor de radio es más difícil diferenciar entre los distintos símbolos recibidos. Bajo buenas condiciones de radio, esto no tiene mucha influencia. Bajo condiciones de radio pobres, sin embargo, adquiere más importancia. Por lo tanto, se usarán bits “extra” para agregar más codificación de corrección de errores y permitir la recuperación de la información correcta. GMSK es más eficiente sólo bajo ambientes de radio muy pobres. Por lo tanto, los esquemas de codificación EDGE son una mezcla de GMSK y 8PSK.

Esquemas de codificación

Para GPRS, se han definido cuatro esquemas de codificación diferentes, designados CS1 hasta CS4. Cada uno de ellos tiene diferentes medidas de codificación de corrección de errores, que se han optimizado para distintos ambientes de radio. Para EGPRS, se han introducido nueve esquemas de codificación de modulación, designados como MCS1 hasta MCS9. Estos esquemas cumplen las mismas funciones que los esquemas de codificación GPRS. Los cuatro esquemas de codificación EGPRS más bajos (MCS1 a MCS4) usan GMSK, mientras que los cinco esquemas superiores (MCS5 a MCS9) usan modulación 8PSK. La figura 2.15 muestra los esquemas de codificación GPRS y EGPRS, junto con sus caudales de salida máximos.

Con CS4, el caudal de salida del usuario GPRS alcanza la saturación a un máximo de 20 kbps, mientras que la velocidad de bit de EGPRS continua incrementándose a medida que mejora la calidad del enlace de radio, hasta que el caudal de salida alcanza la saturación a 59,2 kbps.

Tanto los esquemas CS1 a CS4 en GPRS, como los MCS1 a MCS4 en EGPRS, usan modulación GMSK con rendimientos del caudal de salida ligeramente diferentes. Esto es debido a diferencias en el tamaño del encabezamiento (y de la carga útil) de los paquetes EGPRS. Esto permite re-segmentar los paquetes EGPRS. Un paquete enviado con un esquema de codificación más alto (menor corrección de errores) que no es recibido adecuadamente, puede ser retransmitido con un esquema de codificación más bajo (mayor corrección de errores), si las nuevas condiciones del ambiente de radio lo requieren. Esta re-segmentación (retransmisión con otro esquema de codificación), requiere cambios en los tamaños de la carga útil de los bloques de radio, lo que explica porque EGPRS y GPRS no tienen el mismo rendimiento para los esquemas de codificación de la modulación GMSK. La resegmentación no es posible con GPRS.

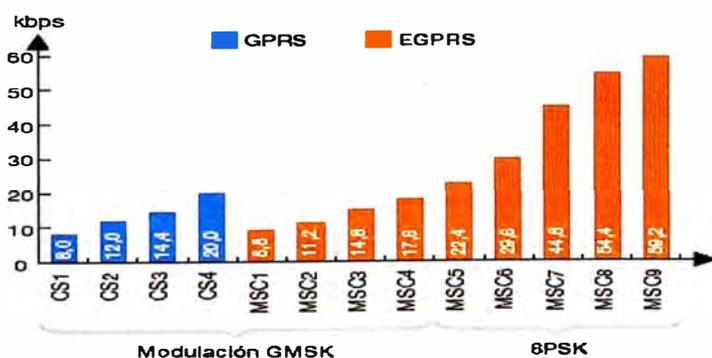


Figura 2.15 Codificación para GPRS y EGPRS (velocidad de datos de usuario). [14]

Manejo de paquetes

Otra mejora realizada a la norma EGPRS es la habilidad para retransmitir un paquete no decodificado correctamente con un esquema de codificación más robusto. Para GPRS, la re-segmentación no es posible. Si los paquetes que han sido enviados, deben ser retransmitidos, esto se realizará usando el esquema de codificación original, aunque el ambiente de radio haya cambiado. Esto tendrá un impacto significativo en el caudal de salida, dado que el algoritmo decide el nivel de certidumbre con el que debe trabajar la Adaptación de Enlace (LA, Link Adaptation).

En la Figura 2.16 se muestra la transferencia y retransmisión de paquetes en GPRS.

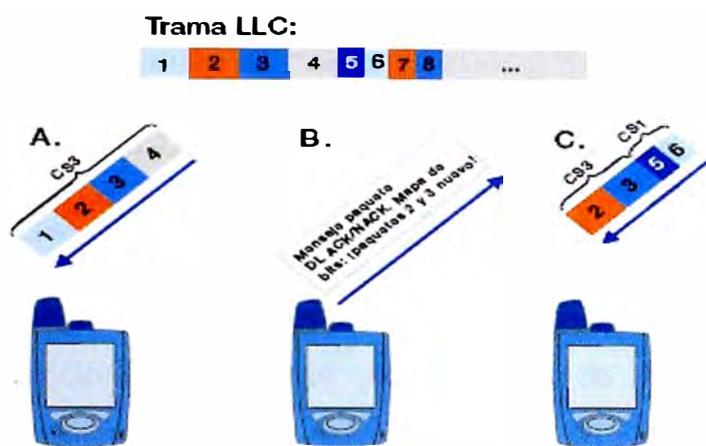


Figura 2.16 Transferencia y retransmisión de paquetes en GPRS. [14]

A.- La terminal GPRS recibe datos desde la red, sobre el enlace descendente. Debido a un informe de medición GPRS recibido anteriormente, el algoritmo de adaptación del enlace en el controlador de la estación base decide enviar los siguientes bloques de radio (por ejemplo, números 1 a 4) con CS3. Durante la transmisión de estos paquetes, la relación portadora a interferencia (C/I) decrece dramáticamente, cambiando el ambiente de radio. Luego que los paquetes han sido transmitidos, la red solicita un nuevo informe de medición, incluyendo el mapa de bits de Acuse de Recepción positivo y negativo, el cual informa a la red cuales bloques de radio fueron recibidos correctamente.

B.- La terminal GPRS responde con un mensaje de Acuse de recepción positivo o negativo de los paquetes en el enlace descendente, conteniendo la información acerca de la calidad del enlace y el mapa de bits. En este escenario, se asume que los paquetes 2 y 3 fueron enviados erróneamente.

C.- Basado en la nueva información de calidad del enlace, el algoritmo de adaptación del enlace GPRS adaptará el esquema de codificación al nuevo ambiente de radio usando CS1 para los nuevos paquetes 5 y 6. Sin embargo, dado que GPRS no puede re-segmentar los

viejos paquetes, los paquetes 2 y 3 deben ser retransmitidos usando CS3, a pesar que hay un riesgo significativo que nuevamente esos paquetes no puedan ser decodificados correctamente.

Como resultado, la adaptación del enlace para GPRS requiere una cuidadosa selección del esquema de codificación, para evitar todo lo posible las retransmisiones.

Con EGPRS, es posible la re-segmentación. Los paquetes enviados con poca protección de errores, pueden ser retransmitidos con mayor protección de errores, si así lo requiere el nuevo ambiente de radio. Debido a que la resegmentación es posible, el ambiente de radio, que cambia muy rápidamente, tiene un efecto mucho menor sobre el aspecto de la elección incorrecta del esquema de codificación para la nueva secuencia de bloques de radio.

Por lo tanto, cuando se eligen los esquemas de codificación de modulación, el algoritmo de control del enlace EGPRS puede ser muy agresivo.

Ventana de direccionamiento

Antes de poder transmitir sobre la interface Um (radio) una secuencia de paquetes codificados de control del enlace de radio o de bloques de radio, el transmisor debe direccionar los paquetes con un número de identificación. Esta información se incluye en el encabezamiento de cada paquete. En GPRS, los paquetes son numerados desde 1 hasta 128.

Después de la transmisión de una secuencia de paquetes (por ejemplo: 10 paquetes), el transmisor interroga al receptor para verificar la corrección de los paquetes recibidos, bajo la forma de un informe de Acuse de Recepción positivo o negativo. Este informe indica al transmisor si algún paquete fue incorrectamente recibido y debe ser retransmitido.

Dado que el número de paquetes está limitado a 128 y la ventana de direccionamiento es 64, el proceso de envío de paquetes puede quedarse sin direcciones luego de 64 paquetes. Si se debe retransmitir un paquete erróneamente decodificado, el nuevo paquete en la cola debería tener el mismo número anterior. Si esto sucede, el protocolo entre la terminal y la red se detiene y se deberán retransmitir todos los paquetes pertenecientes a la misma trama de la capa inferior.

En EGPRS, los números de direccionamiento han sido incrementados hasta 2048 y la ventana ha sido incrementada hasta 1024, de manera de minimizar el riesgo de detención. Esto, a su vez, minimiza el riesgo de retransmisión de las tramas de capa inferior y previene la disminución del caudal de salida (Figura 2.17).

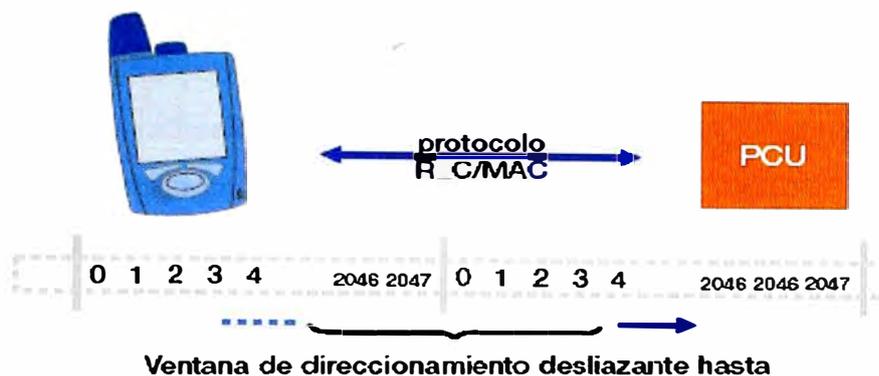


Figura 2.17 Detención del protocolo. [14]

Exactitud de la medición

Tal como en GSM, GPRS mide el ambiente de radio mediante el análisis del nivel de la portadora, la tasa de error de bit, etc del canal radioeléctrico. La realización de estas mediciones requiere tiempo de la estación móvil, pero por otro lado, este aspecto no se considera en el mundo de la voz, dado que se usa siempre la misma codificación.

En un ambiente de conmutación de paquetes, el análisis rápido del enlace de radio es esencial, de manera de adaptar la codificación al nuevo ambiente. El procedimiento de análisis del canal que se usa en GPRS, hace difícil la selección del esquema de codificación correcto, dado que las mediciones de interferencia se realizan solamente durante las ráfagas libres. Debido a ello, las mediciones son realizadas solamente dos veces durante un período de 240 milisegundos.

En EGPRS, la norma no utiliza el mismo “lento” mecanismo de medición. Las mediciones se toman sobre cada ráfaga dentro del ecualizador de la terminal, obteniendo una estimación de la probabilidad de error de bit (BEP, bit error probability).

Esta estimación del BEP en cada ráfaga, es un reflejo de los valores actualizados de la relación C/I, la dispersión de tiempo de la señal y la velocidad de la terminal. La variación del valor del BEP sobre varias ráfagas proveerá información adicional en relación a la velocidad y al salto de frecuencia. Por lo tanto, se puede alcanzar una estimación muy exacta del BEP.

Se calcula un valor medio de BEP para cada bloque de radio (cuatro ráfagas), así como la variación (desviación estándar de la estimación de BEP dividida por la BEP media) sobre las cuatro ráfagas. Estos resultados son filtrados para todos los bloques de radio enviados dentro del período de medición.

Esto produce mediciones muy exactas aún durante períodos de medición cortos. Sin embargo, estos cortos períodos de medición permiten una rápida reacción a los cambios en el ambiente radioeléctrico. En EGPRS, por lo tanto es posible alcanzar una mejor y más flexible adaptación del enlace.

Entrelazado

Para aumentar el rendimiento de los esquemas de codificación más altos (MCS 7 hasta MCS9), aún en bajas relaciones C/I, se ha cambiado el procedimiento de entrelazado en la norma EGPRS.

Cuando se usa salto de frecuencia, el ambiente radioeléctrico está cambiando en cada ráfaga. Dado que el bloque de radio se entrelaza y transmite sobre cuatro ráfagas en GPRS, cada ráfaga puede experimentar un ambiente de interferencias completamente diferente. Si sólo una de las cuatro ráfagas no se recibe correctamente, el bloque entero de radio no será adecuadamente decodificado y deberá ser retransmitido. En el caso de CS4 en GPRS, prácticamente no se usa ninguna protección de errores.

Para combatir este problema con EGPRS, la norma maneja los esquemas de codificación superiores de forma diferente a GPRS. Los esquemas de codificación MCS7, MCS8 y MCS9 transmiten dos bloques de radio sobre las cuatro ráfagas y el entrelazado ocurre sobre dos ráfagas en lugar de cuatro. Esto reduce el número de ráfagas que deben ser retransmitidas en el caso que ocurran errores. La probabilidad de recibir dos ráfagas consecutivas libres de errores es mayor que la de recibir cuatro ráfagas consecutivas libres de errores. Esto significa que en EDGE los esquemas de codificación superiores tienen una mayor robustez respecto al salto de frecuencia.

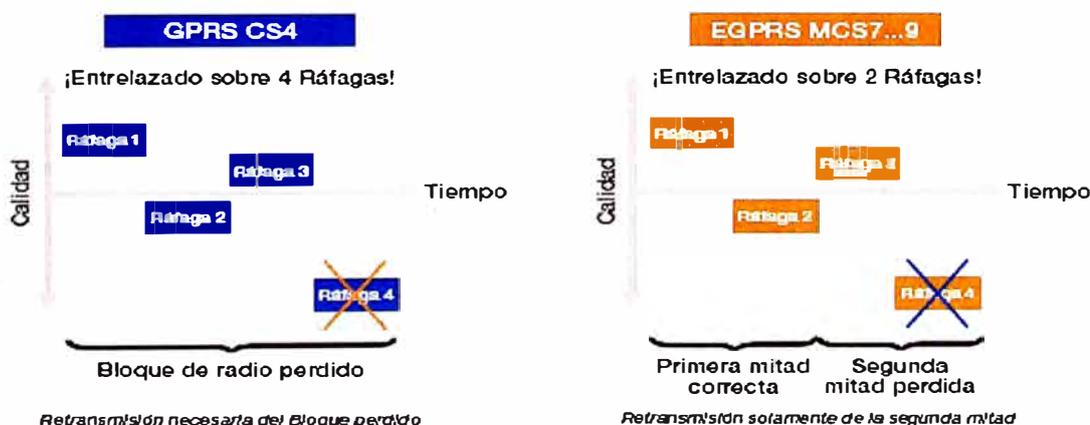


Figura 2.18 Entrelazado.

Función de control de enlace EGPRS

Para alcanzar el caudal más elevado posible sobre el enlace de radio, EGPRS utiliza una combinación de dos funcionalidades: adaptación del enlace y redundancia incremental. Comparado con una solución pura de adaptación del enlace, esta combinación de mecanismos mejora significativamente el rendimiento.

Adaptación del enlace

La adaptación del enlace utiliza la calidad del enlace radioeléctrico, medida sobre la estación móvil en el caso de una transferencia descendente o por la estación base en una transferencia ascendente, para seleccionar el esquema de codificación de modulación más apropiado para la transmisión de la siguiente secuencia de paquetes. Para una transferencia de paquetes ascendente, la red indica a la estación móvil que esquema de codificación utilizar para la transmisión de la siguiente secuencia de paquetes. El esquema de codificación de modulación puede ser cambiado en cada bloque de radio (cuatro ráfagas), pero se puede iniciar el cambio por nuevas estimaciones de calidad. Por lo tanto, la velocidad de adaptación práctica se decide por el intervalo de medición.

Hay tres familias: A, B y C. Dentro de cada familia, hay una relación entre los tamaños de la carga, lo que hace posible la re-segmentación para las retransmisiones.

Esquemas de codificación de canal	Caudal de salida por intervalo de Tiempo	Familia	
MCS9	58,2	A	GMSK
MCS8	54,4	A	
MCS7	44,0	B	
MCS6	29,6	A	BPSK
MCS5	22,4	B	
MCS4	17,6	C	
MCS3	14,8	A	BPSK
MCS2	11,2	B	
MCS1	8,8	C	

Tabla 2.2 Esquemas de modulación y codificación. [14]

Redundancia incremental

La redundancia incremental usa inicialmente un esquema de codificación, tal como MCS9, con muy baja protección de errores y sin considerar la calidad existente del enlace de radio. Cuando se recibe incorrectamente la información, se transmite una codificación adicional que es combinada en software en el receptor con la información previamente recibida. Esta combinación en software aumenta la probabilidad de poder decodificar la información. Este procedimiento será repetido hasta que la información sea decodificada correctamente. Esto significa que la información acerca del enlace radioeléctrico no es necesaria para

soportar la redundancia incremental. En la norma, resulta mandatorio para las estaciones móviles el soporte de la redundancia incremental.

Utiliza el mismo MCS para la retransmisión

MCS9 se vuelve más robusto que MCS5 para velocidades de bit similares

Esquema	Modulación	Velocidad máxima (kbps)	P1	P1+P2	P1+P2+P3
MCS9	8PSK	59,2	1,0	0,5	0,33
MCS8	8PSK	54,4	0,92	0,46	0,31*
MCS7	8PSK	44,8	0,76	0,38	0,25*
MCS6	8PSK	29,6	0,49	0,24*	–
MCS5	8PSK	22,4	0,37	0,19*	–
MCS4	GMSK	17,6	1,0	0,5	0,33
MCS3	GMSK	14,8	0,85	0,42	0,28*
MCS2	GMSK	11,2	0,66	0,33	–
MCS1	GMSK	8,8	0,53	0,26*	–

Tabla 2.3 Redundancia incremental [14]

2.8 Impacto de EGPRS sobre las redes existentes GSM/GPRS

Debido a las diferencias menores entre GPRS y EGPRS, el impacto del EGPRS sobre las redes GSM/GPRS existentes se limita al sistema de la estación base. Dicha estación base está afectada por la nueva unidad transceptora que puede manejar la modulación EDGE así como el nuevo software que permite el nuevo protocolo de paquetes sobre la interface radioeléctrica en la estación base y en el controlador de la estación base. La red central no requiere ninguna adaptación. Debido a esta simple actualización, se puede desplegar una red EDGE con inversiones limitadas y dentro de un corto período de tiempo.

2.8.1 Normalización

Antecedentes

Con la Versión 99 de ETSI (European Telecommunications Standard Institute) (ETSI/3GPP), se ha finalizado con la normalización de las primeras versiones de los sistemas celulares de tercera generación, que cumplen con los requerimientos del UIT/IMT-2000. Los dos sistemas más importantes son UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y GSM/EDGE.

Cumplimiento de la normalización EDGE

La normalización EDGE se puede dividir en tres áreas:

- Normalización de los cambios de la capa física (definición de los esquemas de modulación y codificación)
- Los cambios de protocolo para ECSD
- EGPRS.

Normas y referencias EDGE

El ítem de trabajo del sistema de estación base EDGE provee una plataforma para emplear las nuevas técnicas de modulación, mientras que el ítem de trabajo del sub-sistema de soporte de red de EDGE define los cambios de red para facilitar la capa física. Según las descripciones de los ítems de trabajo, EDGE proveerá dos fases:

Fase 1: Servicios de conmutación de paquetes y de conmutación de circuitos de intervalo de tiempo única o múltiple.

Fase 2: Servicios en tiempo real utilizando las nuevas técnicas de modulación que no están incluidas en la Fase 1.

La Fase 1 ha sido completada con 3GPP Versión 99. La Fase 2 posteriormente y su alcance ha sido extendido de manera de cubrir la alineación con WCDMA y la provisión del protocolo Internet (IP) multimedia.

Este concepto, actualmente normalizado en 3GPP, es conocido como GERAN.

Requerimientos en EDGE

Desde el principio, la normalización de EDGE fue restringida a la capa física y a la introducción de un nuevo esquema de modulación. Dado que EDGE fue pensado como una evolución de la tecnología existente de acceso de radio de GSM, se definieron los requerimientos en función de ese objetivo:

- Las estaciones móviles aptas y no aptas para EDGE, deberían poder compartir el mismo intervalo de tiempo.
- Las estaciones móviles aptas y no aptas para EDGE, deberían poder ser desplegadas en el mismo espectro radioeléctrico.
- Debería ser posible realizar una introducción parcial de EDGE.

Para facilitar la implementación de nuevas terminales y teniendo en cuenta la característica asimétrica de la mayoría de los servicios actualmente disponibles, también fue decidido que deberían ser diseñados dos tipos de terminales:

- Una terminal que provee aptitud para 8PSK solamente en el enlace descendente,
- Una terminal que provee 8PSK tanto en el enlace descendente como en el ascendente.

Aspectos del servicio

La introducción de EGPRS permite velocidades de bit que son aproximadamente tres veces más altas que las velocidades de bit normales en GPRS. Dentro del ítem de trabajo EDGE, esto fue manejado simplemente reutilizando los perfiles de Calidad de Servicio (QoS) de

GPRS y extendiendo el rango de parámetros para reflejar las velocidades de bit más altas, o en otras palabras, introduciendo mayores valores de caudal de salida.

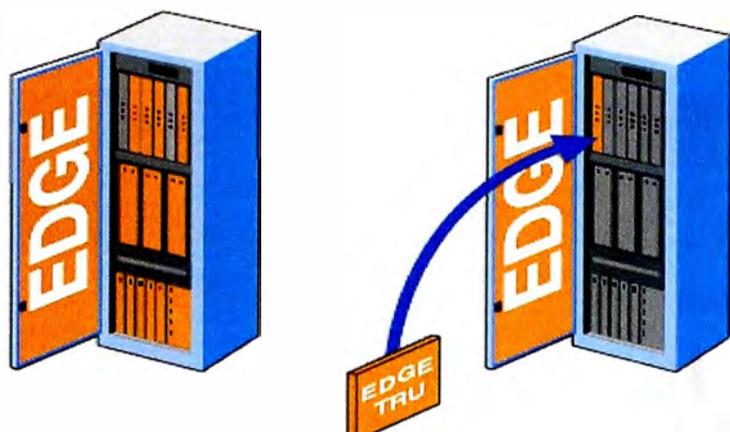


Figura 2.19 Actualización del sistema. [14]

Arquitectura

EGPRS no ocasiona ningún impacto directo sobre la arquitectura (ver GSM 03.60). La unidad de control de paquetes puede ser instalada ya sea en la estación base, en el controlador de la estación base o en el nodo de soporte GPRS, mientras que la unidad de control central se instala siempre en la estación base. Sin embargo, debemos tener en cuenta que del lado de la red, la función de pedido de repetición del control automático del enlace de radio está localizada en la unidad de control de paquetes. Por lo tanto, cualquier retardo introducido entre la PCU y la interface de radio afectará directamente los tiempos de ida y vuelta del Acuse de Recibo del control del enlace de radio. Esto, a su vez, resulta en un mayor riesgo de detención del protocolo de control del enlace de radio. En EGPRS, para reducir este riesgo y permitir que el operador pueda optimizar el comportamiento de la red, se ha extendido el tamaño máximo de la ventana de pedido de repetición del control automático del enlace de radio.

Protocolos del plano de usuario

En la Figura 2.20 se muestra la estructura del protocolo del plano de transmisión para GPRS. Son sombreados los protocolos que son afectados por la introducción de EDGE. Los más afectados por EDGE son los protocolos más cercanos a la capa física (control de enlace de radio y canal de asignación móvil) (ver GSM 04.60). Hay también algunas modificaciones menores en el protocolo GPRS del sistema de la estación base. Aparte de estos cambios, el resto de la pila de protocolo permanece intacto después de la introducción de EDGE.

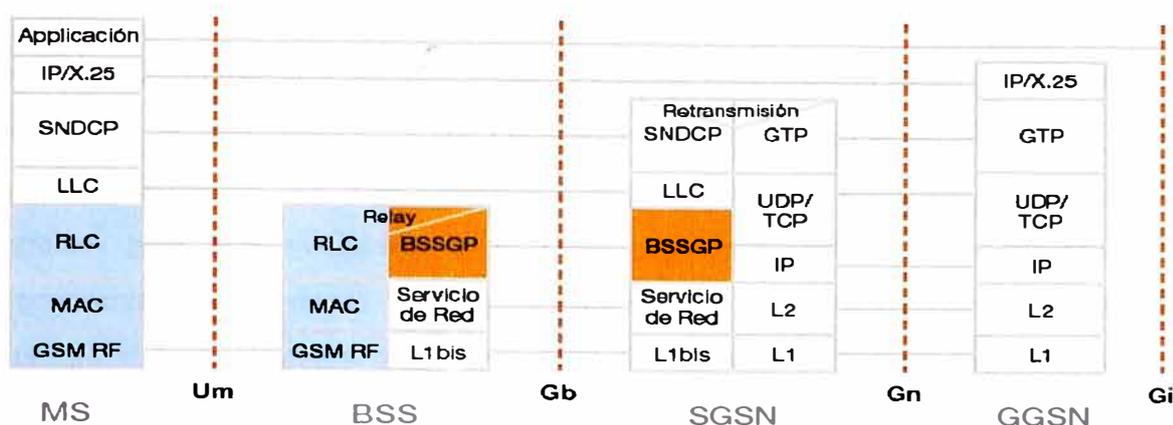


Figura 2.20 Arquitectura de los protocolos del plano de transmisión [14]

Protocolos y canales del plano de control

La introducción de EGPRS tiene también impacto sobre estas capas del plano de control: gestión de la movilidad y gestión de los recursos de radio. No hay impacto sobre la gestión de la sesión.

Las modificaciones de la gestión de la movilidad están relacionadas con la introducción de información sobre las capacidades de EGPRS en el elemento de información de las capacidades de acceso de radio de la estación móvil. Estas capacidades incluyen la clase de intervalo múltiple EGPRS, la capacidad de modulación EDGE y la clase de potencia 8PSK.

En la capa de gestión de los recursos de radio, se introduce el soporte para establecer y mantener flujos de bloques temporarios EGPRS, en lugar de los flujos de bloques temporarios estándar en GPRS. También se ha puesto en práctica la señalización que soporta el control del enlace de radio, el control de calidad del enlace y procedimientos de medición (ver GSM 03.64, 04.18, 04.60).

2.9 Evolución futura de GSM/EDGE hacia la alineación con WCDMA

La evolución del sistema celular GSM/EDGE, incluye una definición de mejoras que llevarán a una mayor alineación con UMTS/UTRAN (Red terrestre de acceso radio eléctrico UMTS), favoreciendo la evolución de GSM hacia los sistemas inalámbricos de tercera generación, esas mejoras han sido especificadas para GERAN en el 3GPP. GERAN está basada en las técnicas de transmisión de alta velocidad EDGE, combinada con mejoras sobre la interface del enlace de radio GPRS. GERAN provee soporte para las clases de servicio conversacionales y de flujo continuo (streaming), tal como han sido definidas para

WCDMA. De esta manera, se podrá dar soporte adecuado a todo un nuevo rango de aplicaciones, incluyendo las aplicaciones de IP multimedia (ver 3GPP TS 43.051).

La evolución de GSM/EDGE se concentra sobre el soporte de las clases de servicio conversacionales y de flujo continuo, los así llamados servicios en tiempo real. Un impulsor para esta evolución es el cambio de paradigma dentro del mundo de las telecomunicaciones, desde las comunicaciones de conmutación de circuitos hacia la conmutación de paquetes. Esta tendencia no sólo es válida para los servicios de datos tradicionales, tal como e-mail y navegación web, sino también para los servicios en tiempo real, tales como videoconferencia y voz sobre IP.

Tanto la red central de segunda generación de conmutación de paquetes, definida para GPRS, como la actual red de acceso radioeléctrico de GSM/EDGE, requieren modificaciones para soportar los servicios en tiempo real. Una parte de la solución es adoptar la misma interface Iu para la red central WCDMA/GPRS de tercera generación, tal como UTRAN. Esto simplifica la alineación de los servicios que serán prestados en WCDMA y también permite la conexión a la misma red central de tercera generación.

En la normalización 3GPP, la evolución actual de GSM/EDGE que cubre todos los aspectos mencionados más arriba, se llama GERAN.

En resumen, los dos objetivos principales para GERAN son:

- Alineación con los servicios WCDMA primariamente relacionados con la provisión de clases de servicio conversacional y de flujo continuo.
- Posibilidad de interconectar la red central WCDMA sobre la misma interface Iu, tal como WCDMA/UTRAN.

Además, GERAN incluirá mejoras de rendimiento para los servicios existentes.

Arquitectura del sistema GERAN

El soporte para los servicios de paquetes en tiempo real y la adopción de la arquitectura de Calidad de Servicio (QoS) de WCDMA, requieren cambios en la red central GPRS de segunda generación. En lugar de introducir estos cambios, otra solución atractiva es conectar GERAN a la red central WCDMA/GPRS de tercera generación, la cual soporta los servicios en tiempo real y la arquitectura de QoS de WCDMA. Esto permite una red central común para UTRAN y GERAN, conectados sobre una interface común (ver 3GPP TS 43.051).

Para conectarse a la red central WCDMA/GPRS de tercera generación, GERAN utilizará la interface Iu (Versión 5 de la especificación 3GPP), como se muestra en la Figura 9. La interface Iu está compuesta de dos partes: la Iu-ps, que se conecta con el dominio de conmutación de paquetes de la red central y la Iu-cs, que se conecta con el dominio de conmutación de circuitos de la red central.

La figura 2.21 muestra que GERAN también se conecta con los nodos de la red central de segunda generación.

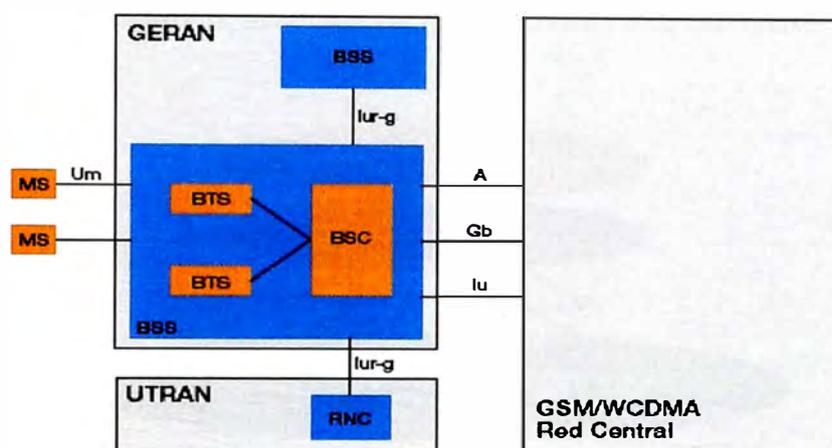


Figura 2.21 GERAN Versión 5: Interfaces externas. Resumen de la Normalización [14]

Las interfaces A y Gb permanecen intactas, para soportar las terminales de la Versión 99, haciendo que GERAN sea totalmente compatible para soportar terminales de las versiones anteriores de GSM, GPRS, ECSD y EGPRS. La razón principal para soportar las interfaces A y Gb con las versiones anteriores y no utilizar la interface Iu-ps para las terminales de la Versión 99 es que la separación funcional entre la red de acceso radio-eléctrico y la red central difiere substancialmente entre Iu y A/Gb.

La interface de radio entre la estación móvil y GERAN, llamada la interface Um, está basada en la interface del enlace de radio de la Versión 99. Sin embargo, se están especificando varias mejoras sobre diferentes capas de protocolos de enlace de radio, para proveer portadores de radio adecuados para los servicios en tiempo real. Ejemplos de las mejoras son el soporte para la reelección de la celda para el dominio de conmutación de paquetes, la separación de los planos de usuario y de control, y los modos transparentes en las capas de protocolo del enlace de radio. También será posible multiplexar tráfico de paquetes de datos hacia y desde las terminales operando ya sea en los modos Iu o Gb, sobre el mismo intervalo de tiempo.

La Versión 99 de la norma ETSI ha mostrado un soporte eficiente para los servicios sin requerimientos estrictos de retardo, tales como acceso a Internet, e-mail, e-commerce y descarga de archivos. Con las normas de la Versión 5 de 3GPP, GERAN proveerá un rango completo de servicios inalámbricos de tercera generación. También está incluido el soporte para todas las clases de servicio especificadas para WCDMA, con los requerimientos de tiempo real de la clase de servicio conversacional. Además, se consigue un alto nivel de alineación con WCDMA, por la interconexión hacia la red central WCDMA, sobre la interface Iu, que es común con UTRAN.

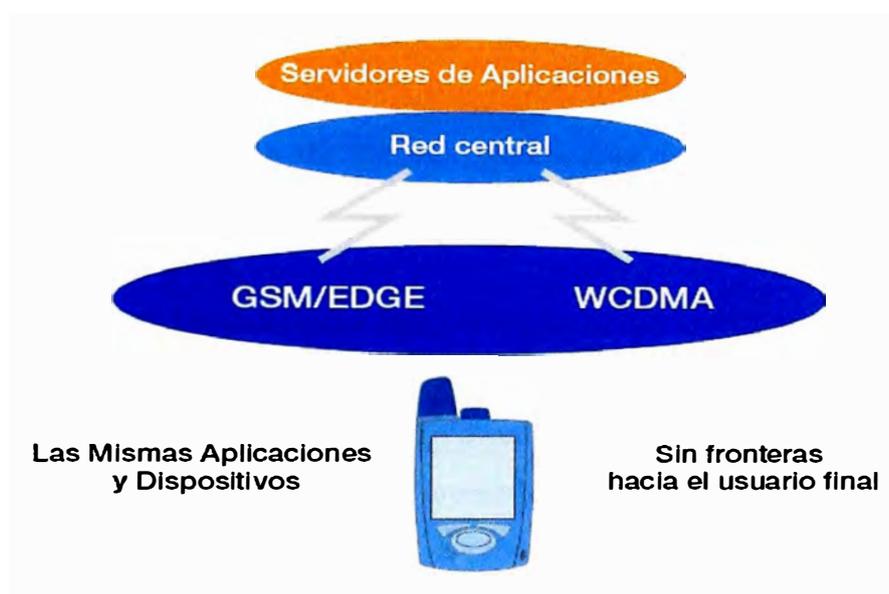


Figure 2.22 Una Red única entre GSM y WCDMA. [14]

Beneficios de EGPRS

Beneficios a corto plazo: Capacidad y rendimiento

EGPRS introduce una nueva técnica de modulación, junto con mejoras en el protocolo de radio, lo que permite a los operadores usar los espectros de frecuencia existentes (800, 900, 1800 y 1900 MHz) en forma más efectiva.

La simple mejora de los protocolos GSM/GPRS existentes, hace que EDGE sea una ampliación económica y fácil de implementar. Las actualizaciones de software en el sistema de la estación base permiten el uso del nuevo protocolo; las nuevas unidades transceptoras en la estación base permiten el uso de la nueva técnica de modulación.

EDGE triplica la capacidad de GPRS. Este impulso en la capacidad mejora el rendimiento de las aplicaciones existentes y permite nuevos servicios, tales como los servicios

multimedia. También permite que cada transceptor transporte mayor tráfico de voz y/o de datos.

EDGE permite nuevas aplicaciones a velocidades de datos más altas. Esto atraerá nuevos abonados y aumentará la base de clientes del operador. El proveer los mejores y más atractivos servicios también aumentará la fidelidad del cliente.

Beneficios a mediano plazo: Tecnología complementaria

EDGE y WCDMA son tecnologías complementarias que juntas pueden dar apoyo a las necesidades de los operadores para lograr la cobertura y capacidad global de la red de tercera generación.

La mejora de una red GPRS se logra a través de la evolución hacia EDGE dentro del espectro existente y con el despliegue de WCDMA en las nuevas bandas de frecuencia.

La implementación de las dos tecnologías en paralelo permite menores tiempos para acceder al mercado con los nuevos servicios de datos de alta velocidad, así como menores gastos de capital.

EDGE está diseñado para integrarse con la red existente. EDGE hace que la base instalada evolucione y no es necesario reemplazarla ni construir algo completamente nuevo. Esto define una implementación sin fronteras. La implementación rápida y fácil significa un menor tiempo para llegar al mercado, lo que a su vez puede llevar a un aumento de la participación de mercado.

Con EDGE, los operadores pueden ofrecer más aplicaciones de datos, incluyendo multimedia inalámbrica, e-mail, información y entretenimiento en la web y servicios de posicionamiento, todo esto para consumidores y usuarios de negocios.

Los abonados podrán navegar en Internet sobre sus teléfonos móviles, asistentes personales digitales o laptops a la misma velocidad que en su computadora personal.

Beneficios a largo plazo: Armonización con WCDMA

EDGE puede ser visto como el cimiento para una red sin límites GSM y WCDMA, con una red central combinada y diferentes métodos de acceso, que serán transparentes para el usuario final.

CAPITULO III

LA RED UMTS (WCDMA)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Unit, ITU), en cooperación con otros organismos de la industria de telecomunicaciones de todo el mundo, es quien define y aprueba los requisitos técnicos y los estándares, así como la utilización del espectro radioeléctrico, de los sistemas 3G bajo el programa IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). El propósito final es facilitar la introducción de nuevas funcionalidades y proporcionar una evolución continua desde los sistemas de telecomunicaciones de segunda generación (2G) a 3G.

La ITU exige a las redes IMT-2000 (3G), entre otros requisitos, que proporcionen una mayor capacidad de sistema y una mayor eficiencia espectral con respecto a los sistemas 2G, que soporten servicios de transmisión de datos con una velocidad mínima de transmisión de 144 kbit/s en entornos móviles (de exterior) y de 2 Mbit/s en entornos fijos (en interiores).

Basándose en estos requisitos, la ITU aprobó en el año 1999 cinco interfaces radio para la familia de estándares de IMT-2000, como parte de la recomendación ITU-R M.1457, según se puede ver en la Figura 3.1.

Las cinco tecnologías que componen la familia IMT-2000 son:

1. El sistema IMT-DS (Direct Sequence). Es ampliamente conocido como UTRA FDD (UMTS Terrestrial Radio Access FDD), y más comúnmente como WCDMA.
2. El sistema IMT-MC (Multicarrier). Este sistema es la versión 3G del sistema IS-95 (también conocido como cdmaOne), y se suele denominar cdma2000.
3. El sistema IMT-TC (Time Code). Este sistema es el UTRA TDD. Se trata del modo UTRA que utiliza multiplexación por división en el tiempo.
4. El sistema IMT-SC (Single Carrier). Esencialmente se trata de una manifestación particularizada de GSM Fase 2+, conocido como EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution).

5. El sistema IMT FT (Frequency Time). Este sistema se conoce como DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).

En la Figura 3.2 se muestran los distintos sistemas de acceso múltiple, por división en el tiempo y/o en códigos.

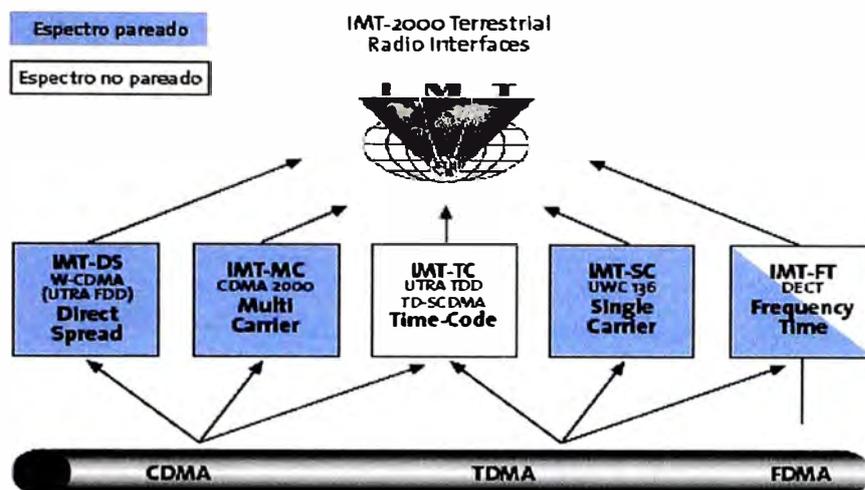


Figura 3.1 Familia IMT-2000 [16]

En el punto siguiente se describe el sistema UMTS con cierto nivel de detalle.

3.0 EL SISTEMA UMTS

Este apartado se centra en la descripción del sistema UMTS de forma general, con la intención de ofrecer una visión de conjunto. Las redes UMTS se componen en realidad de dos grandes subredes: la red de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera se encarga de proporcionar la conexión extremo a extremo (con todo lo que ello implica); la segunda realiza la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados, así como el registro y la definición de los perfiles de servicio, la seguridad y la operación de los elementos de red.

Una red UMTS se compone de los siguientes elementos (ver la Figura 3.3):

- El núcleo de red (core network).
- La red de acceso de radio (UTRAN).
- Los terminales móviles.

Otra clasificación del sistema UMTS puede realizarse en relación a que se encuentre ligado o no al acceso. El sistema ligado al acceso incluye todos los protocolos que requieren de la intervención de la red de acceso radio. Por su parte, el sistema no ligado al acceso abarca

aquellos protocolos que conciernen al núcleo de red y al terminal móvil, sin que intervenga la red de acceso.

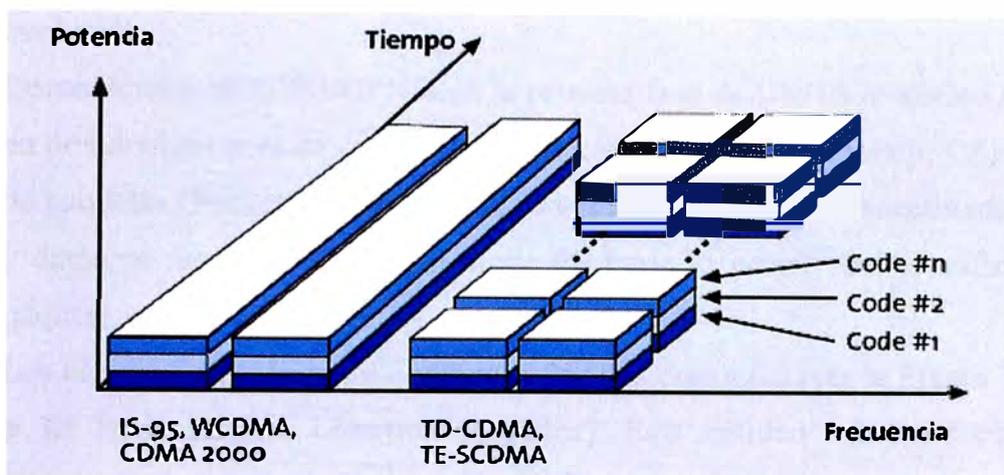


Figura 3.2 Acceso múltiple por división en el tiempo y/o en códigos [16]

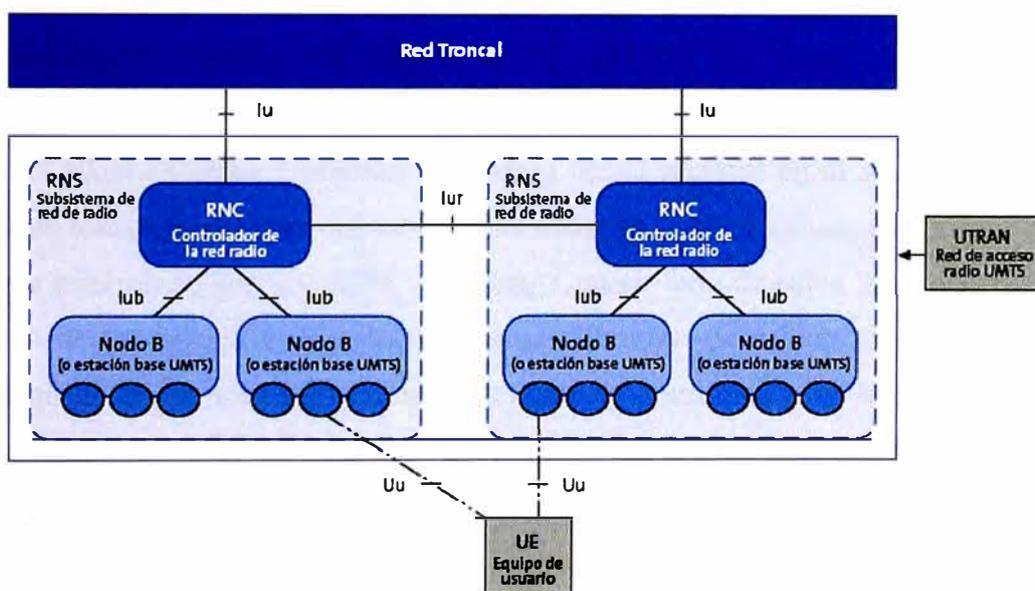


Figura 3.3 Arquitectura general de UMTS [16]

3.0.1 Núcleo de red

El núcleo de red incorpora funciones de transporte (de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación) y de inteligencia (aquí se incluye el encaminamiento, además de la lógica y el control de ciertos servicios, y la gestión de la movilidad).

En UMTS se ha buscado definir un núcleo de red universal, que pueda gestionar distintos tipos de red de acceso radio y conectarse a distintos tipos de redes fijas. En una primera fase se parte de la red troncal GSM, con lo que se busca minimizar costes y facilitar la evolución.

Como ocurría en GSM/GPRS, en la primera fase de UMTS el núcleo de red se ha dividido en dos dominios: el de conmutación de circuitos (Circuit Switch, CS) y el de conmutación de paquetes (Packet Switch, PS). A través del modo CS se encaminarían los tráficos de voz y datos en modo circuito, y el modo PS haría lo propio con el tráfico de datos en modo paquete.

Los elementos funcionales comunes a los dos dominios (ver la Figura 3.4) son:

- **El HLR (Home Location Register).** Esta entidad funcional es una base de datos encargada de la gestión de los clientes. Hay varios HLR en una red móvil, dependiendo del número de clientes y de cuántos pueda manejar cada uno. Esta base de datos contiene informaciones tales como las relativas a los servicios contratados, la restricción de servicios (por ejemplo, limitaciones en la itinerancia), los servicios suplementarios (información acerca del estado de la llamada en curso y del número llamado), la localización del cliente (área de VLR), etc.
- **El VLR (Visitor Location Register).** Es el registro en el que una red UMTS almacena datos temporales sobre los terminales móviles, que se encuentran momentáneamente en el área controlada por una MSC concreta. Cuando uno de estos terminales entra en una nueva área de localización comienza un procedimiento de registro, mediante el cual la MSC a cargo de dicha área toma nota del evento, y comunica a su VLR la identidad del área de localización en la que se encuentra el móvil. Si el móvil no estaba ya registrado en el VLR, éste y el HLR se intercambian la información necesaria para permitir gestionar los servicios que solicite dicho móvil.
- **El AAA (Authentication, Authorization, Accounting).** Es una entidad que almacena los datos de cada cliente para permitir que el IMSI sea autenticado y se cifren las comunicaciones, en la parte radio, entre el terminal móvil y la red. Además, realiza las funciones de seguridad y tarificación para las comunicaciones en modo paquete.
- **El EIR (Equipment Identity Register).** Es la entidad lógica responsable del almacenamiento en la red de los IMEIs (International Mobile Equipment Identities, o identidades de los equipos terminales).

Los equipos se asignan a una lista blanca, gris o negra, atendiendo a su situación como tales equipos. Es decir, que puedan operar sin restricciones en la red, que deban ser objeto de cierto seguimiento o que tengan prohibido el servicio, respectivamente.

- **El SMS-GMSC (Short Messages Services Gateway MSC).** Actúa como una interfaz entre el centro de servicios de mensajes cortos y la PLMN, para permitir que los mensajes cortos se entreguen a los terminales móviles desde el centro de servicios.

- **El SMS Interworking MSC (Short Messages Services Interworking MSC).** Actúa como una interfaz entre las MSC y el centro de servicios de mensajes cortos, para permitir que los mensajes cortos se envíen desde los terminales móviles al centro de servicios.

Los elementos particulares del dominio CS son:

- **El U-MSC (UMTS Mobile-services Switching Centre),** que constituye la interfaz entre el sistema móvil y las redes fijas. Realiza todas las funciones necesarias para manejar los servicios de conmutación de circuitos desde y hacia los terminales móviles. La principal diferencia entre una U-MSC y una central de conmutación clásica de una red telefónica fija es que la U-MSC debe tener en cuenta el impacto de la asignación de recursos de radio y la naturaleza móvil de los terminales. Ello supone que debe realizar los procedimientos de registro de localización y de traspaso.

- **El U-GMSC (UMTS Gateway MSC).** Cuando una red, al entregar una llamada a la PLMN (Public Land Mobile Network), no puede interrogar al HLR, la encamina hacia una U-GMSC, que es la que se encarga de interrogar al HLR correspondiente, y de dirigir, posteriormente, dicha llamada a la MSC de la que depende el móvil en cuestión.

- **El IWF (InterWorking Function).** Es una entidad funcional asociada a la U-MSC. El IWF proporciona la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento entre una red UMTS y otras redes fijas (ISDN, PSTN y PDNs). Sus funciones dependen de los servicios y el tipo de la red fija. Incluso puede llegar a no tener función alguna cuando ambas redes sean compatibles.

Por último, los elementos específicos del dominio PS son:

- **El U-SGSN (UMTS Serving GPRS Support Node),** que es el nodo servidor de las comunicaciones en modo paquete. Almacena dos tipos de datos del terminal (necesarios para manejar las llamadas de datos, originadas y terminadas en el móvil): la información del terminal y la información de localización.

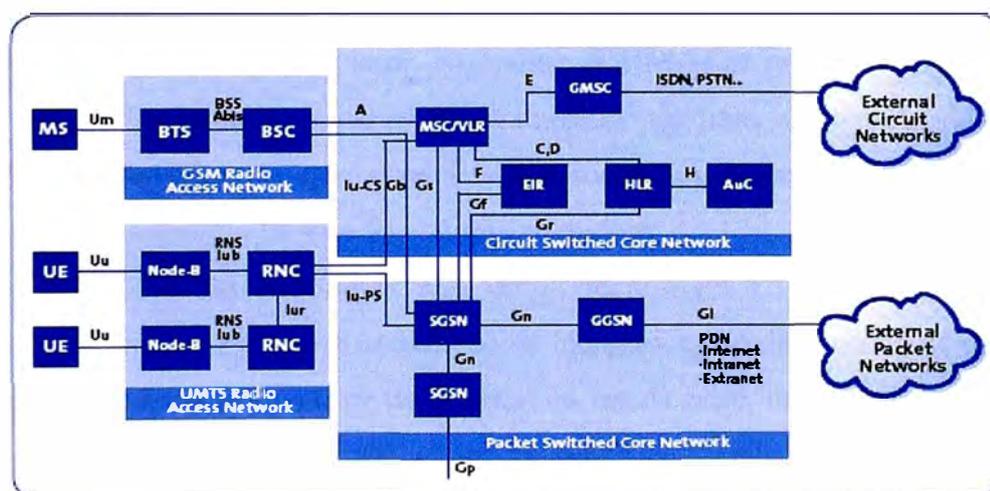
- **El U-GGSN (UMTS Gateway GPRS Support Node),** que es el nodo frontera de las comunicaciones en modo paquete. Almacena dos tipos de información (necesaria para

manejar las llamadas de datos originadas y terminadas en el terminal): la identidad del terminal (IMSI y cero o más contextos PDP2) y la información de localización (la dirección del nodo U-SGSN en el que el terminal está registrado).

Adicionalmente, para realizar el soporte de los servicios multimedia IP, se considera la inclusión de nuevos elementos de red, como son:

- **El BG (Border Gateway).** Es una pasarela entre una PLMN que soporta GPRS y una red de conexión entre PLMNS, utilizada para interconectar con otras PLMN que también soportan GPRS. El papel de la BG es aportar el nivel de seguridad apropiado para proteger a la PLMN y a sus terminales.

- **Los SIP y H.323.** Son dos servidores que gestionan el control del servicio de voz sobre IP, así como los servicios multimedia. La estrategia adoptada de dividir la red troncal en los dos dominios de conmutación descritos tiene la ventaja de que facilita al máximo la migración hacia las redes 3G a partir de las 2G, como ya se ha comentado anteriormente. Sin embargo, constituye a la vez un freno para el soporte de servicios más avanzados. Por ello, ya desde los comienzos del sistema se planteó la necesidad de evolucionar hacia conceptos más modernos y versátiles, asegurando, eso sí, la coexistencia e interoperabilidad de las redes 2G y 3G.



GSM Radio Access Network: Red de acceso radio GSM.
UMTS Radio Access Network: Red de acceso radio UMTS.
Circuit Switched Core Network: Red troncal (conmutación de circuitos).
Packet Switched Core Network: Red troncal (conmutación de paquetes).
External Circuit Networks: Redes externas (por conmutación de circuitos).
External Packet Networks: Redes externas (por conmutación de paquetes).

Figura 3.4 Elementos funcionales de la red troncal (Release 99) [16]

3.0.2 Red de acceso radio

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de red. En UMTS la red de acceso radio se denomina UTRAN, y se compone de un conjunto

de sistemas de red radio o RNS (Radio Network System), constituidos a su vez por un controlador radio RNC (Radio Network Controller) y una serie de Nodos B (estaciones base) dependientes de él. El RNC se encarga de controlar a uno o varios Nodos B bajo su cargo. Los elementos funcionales que constituyen la UTRAN se comunican entre sí a través de:

- La interfaz entre el núcleo de red y el RNC: Iu
- La interfaz entre dos RNCs: Iur
- La interfaz entre un RNC y un Nodo B: Iub
- La interfaz radio o aire (entre un Nodo B y un terminal móvil): Uu

Los conceptos básicos de la interfaz radio son:

Interfaz radio (Uu)

Si en el núcleo de red el sistema UMTS ofrece un enfoque evolutivo, tratando de construir las redes 3G sobre lo ya existente en la 2G, la situación en el tramo radioeléctrico presenta un enfoque revolucionario.

Se ha recurrido a una técnica de acceso múltiple, como es DS-CDMA (Direct Sequence-Code Division Multiple Access), diferente de TDMA (Time Division Multiple Access), empleada en la mayoría de los sistemas de 2G.

Descripción de la técnica de acceso DS-CDMA

El acceso múltiple por división en código (CDMA) es una tecnología de acceso múltiple, en la cual los usuarios se distinguen entre sí por unas secuencias de código únicas para cada uno de ellos, lo que significa que todos los usuarios pueden transmitir al mismo tiempo utilizando la misma frecuencia portadora.

DS-CDMA va un paso más allá en la tecnología CDMA. Se trata de una solución perteneciente a un grupo más extenso de técnicas, conocidas como de espectro ensanchado. Todas ellas generan, a partir de la señal en banda base, una señal moduladora de un ancho de banda mucho mayor que el de la señal en banda base, empleando un código de expansión espectral que permite la separación entre diferentes comunicaciones que comparten una misma portadora. Esta operación ofrece una importante ventaja como es la mejora de la inmunidad frente a desvanecimientos selectivos en frecuencia.

En el caso de la técnica DS-CDMA, el ensanchamiento se consigue multiplicando la señal digital en banda base por una secuencia conocida por los dos extremos en la comunicación. Dicha secuencia posee una velocidad mucho mayor que la de banda base. El producto modula a una portadora, con lo que se consigue una señal modulada cuyo ancho de banda

es sustancialmente mayor que el ancho de banda original. En la recepción se multiplica la señal demodulada por la misma secuencia, lo que permite la recuperación de la señal de banda base.

Esta operación restaura el ancho de banda de la señal útil en recepción, pero en cambio ensancha la de cualquier señal interferente de banda estrecha que pudiera recibirse, reduciendo la cantidad de energía de ésta que interfiere con la señal útil (ver la Figura 3.5).

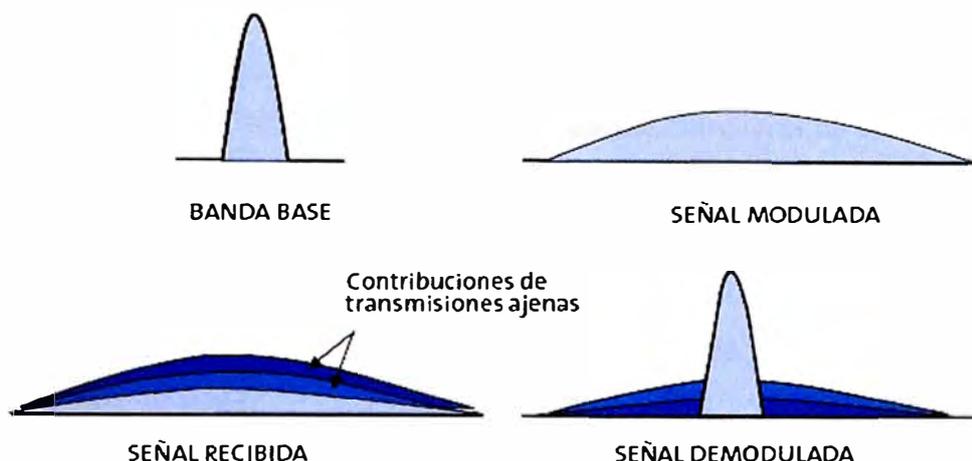


Figura 3.5 Concepto de la técnica DS-CDMA [16]

Por tanto, para el acceso múltiple se separan cada uno de los canales con códigos ortogonales entre sí, de forma que conocidos esos códigos es posible recuperar la señal original. Para adaptar la señal original al canal se utilizan dos tipos de códigos: los códigos de canalización y los de scrambling.

Los códigos de canalización facilitan la gestión de los recursos radio y su administración entre las diferentes células y usuarios, mientras que los códigos de scrambling sirven para producir el ensanchamiento adicional de la señal hasta el nivel requerido.

Componentes FDD y TDD

La interfaz radio UMTS se estructura sobre la base de dos componentes: el componente FDD (Frequency Division Duplex) y el componente TDD (Time Division Duplex). Estos componentes se muestran en la Figura 3.6.

En el caso de FDD el acceso múltiple se realiza por división en código y en frecuencia, utilizando dos portadoras distintas: una para el enlace ascendente y otra para el descendente. En el modo TDD el acceso múltiple se hace por división en código y en tiempo: existe una única portadora e intervalos temporales de transmisión, que se reparten entre distintos usuarios y, a su vez, entre los dos sentidos de transmisión (ascendente y

descendente). El número de intervalos temporales asignados a cada uno de los sentidos del enlace es configurable.

En la Tabla 3.1 se recogen las características técnicas de los modos de funcionamiento del sistema UMTS (FDD y TDD).

En el entorno de operación de UMTS, el modo TDD se considera más adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos micro-celulares o de interiores, y no tanto para entornos macro-celulares, por distintas razones:

- Debido a la necesidad de disponer de sincronización entre las estaciones base.
- Debido a los problemas originados por las interferencias no controlables.

En efecto, el hecho de que coincida el enlace ascendente en una estación con el descendente de otra vecina puede producir interferencias, no solo de estación base a móvil y de móvil a estación base (como sucede en los sistemas TDD), sino también entre estaciones base y entre móviles asignados a distintas estaciones base. En la Figura 3.7 se refleja esta situación.

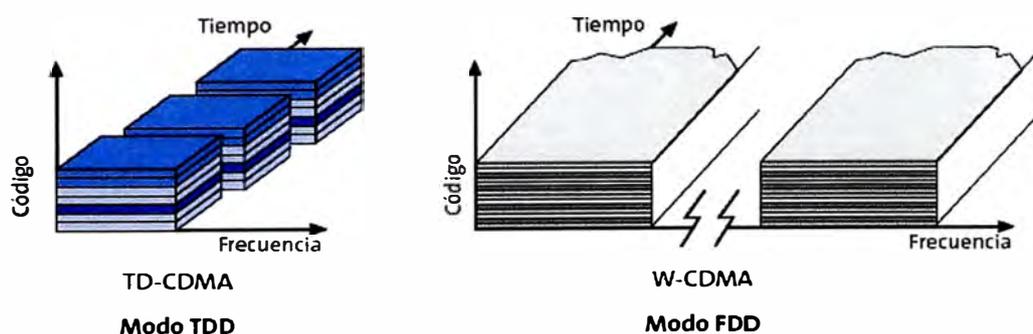


Figura 3.6 Comparación entre FDD y TDD [16]

Este tipo de interferencias es común a otros sistemas con duplexación en el tiempo. Sin embargo, son más acusados en el sistema UMTS TDD en el que se utiliza un patrón de reutilización 1/1.

Una forma de controlar este tipo de interferencias es requerir que todas las estaciones base que constituyen la red (que deben estar sincronizadas) transmitan con la misma división de intervalos y la misma asignación a cada uno de ellos a los enlaces ascendente y descendente. Esto, obviamente, reduce la flexibilidad del sistema para asignar recursos en los distintos sentidos de la comunicación (solo serían posibles asignaciones a largo plazo, sin distinciones entre celdas).

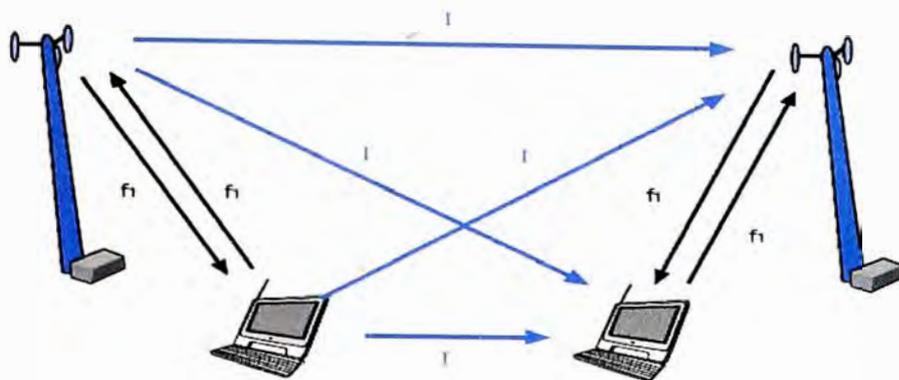


Figura 3.7 Interferencias en los sistemas TDD [16]

Parámetro	FDD	TDD
Banda de frecuencia	1.920 MHz - 1.980 MHz (enlace ascendente) 2.110 MHz - 2.170 MHz (enlace descendente)	1.900 MHz - 1.920 MHz y 2.010 MHz - 2.025 MHz (banda no pareada)
Mínimo ancho de banda necesario	2 x 5 MHz	5 MHz (1,6 MHz para 1,28 Mchip/s)
Reutilización de frecuencia	1	1
Codificación de voz	Codecs AMR (4,75 kHz - 12,2 kHz, GSM EFR = 12,2 kHz) y SID (1,8 kHz)	Codecs AMR (y GSM EFR)
Codificación de canal	Códigos convolucionales. Turbo-códigos para datos de alta velocidad. Se necesita duplexor (separación de 190 MHz) Soporta conexiones asimétricas	Códigos convolucionales. Turbo-códigos para datos de alta velocidad. La trama TDMA consiste en 15 intervalos de tiempo (T) Cada TS puede transmitir o recibir No necesita duplexor Soporta conexiones asimétricas
Receptor	Rake	Detección conjunta (Rake en el móvil)
Modulación	QPSK	QPSK
Tasa de chip	3,84 Mchips	3,84 Mchip/s ó 1,28 Mchip/s
Ganancia de procesamiento (varía dependiendo de la tasa binaria de información)	Enlace ascendente: Potencias de 2, desde 4 hasta 256 Enlace descendente: Potencias de 2, desde 4 hasta 512	Enlace ascendente y descendente: Potencias de 2, desde 1 hasta 16
Longitud de trama	10 ms (38.400 chips)	10 ms
Número de slots/trama	15	15
Tipos de "handover"	Soft, softer (hard, si hay más de una frecuencia portadora FDD)	Hard
Control de potencia	Periodo: 1500 Hz Tamaño de paso: 0,5, 1, 1,5 y 2 dB (variable) Alcance: 80 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)	Periodo: 100 Hz ó 200 Hz (enlace ascendente), 800 Hz (enlace descendente) Tamaño de paso: 1 dB, 2 dB y 3 dB (variable) Alcance: 65 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)
Potencia de pico en el terminal móvil	Clase 1: +33 dBm (+1 dB/-3 dB)=2 W Clase 2: +27 dBm Clase 3: +24 dBm Clase 4: +21 dBm	Clase 1: +33 dBm (+1 dB/-3 dB)=2 W Clase 2: +27 dBm Clase 3: +24 dBm Clase 4: +21 dBm
Número de códigos únicos de identificación de estación base	512/portadora	512/portadora
Spreading factor (capa física)	4...256 (UL), 4...512 (DL)	1, 2, 3, 8, 16

Tabla 3.1 Características técnicas del sistema UMTS (FDD y TDD) [16]

Estructura del protocolo radio

Uno de los aspectos que comparten las dos componentes de UMTS (FDD y TDD) es la estructura del protocolo radio, que se establece conforme al modelo de capas OSI (ver la Figura 3.8). Del total de capas, son tres las que intervienen en el protocolo radio: la capa física (L1), la de enlace de datos (L2) y la de red (L3). Además, la estructura se complementa con una división vertical en dos planos, denominados respectivamente de control (C) y de usuario (U). El plano de control contiene los aspectos ligados a la señalización de sistema, mientras que el plano de usuario abarca los relativos al trasvase de información de tráfico entre usuarios.

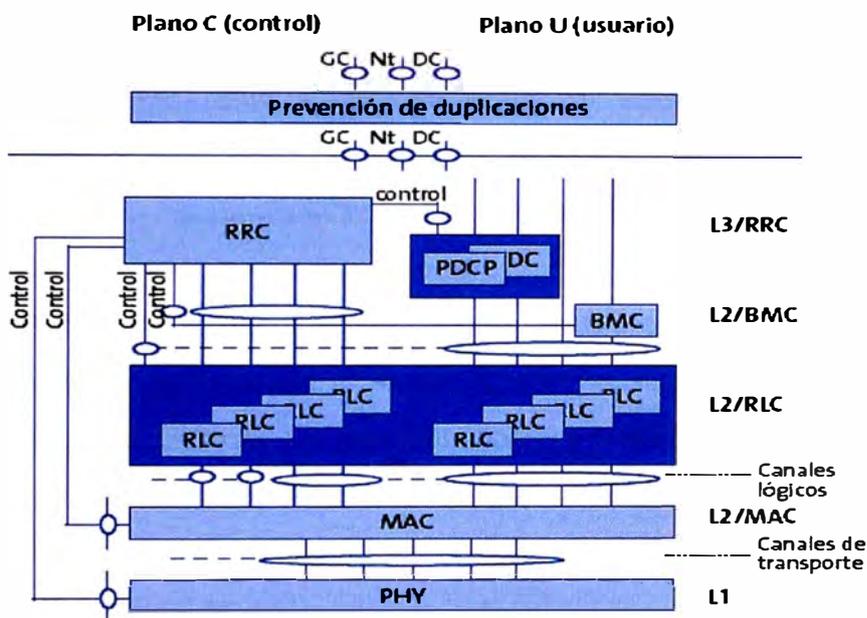


Figura 3.8 Planos de la interfaz radio [16]

De acuerdo con el modelo OSI, y en líneas generales, la capa física es la encargada de los procesos necesarios para transmitir la información sobre el medio correspondiente, en este caso, el radioeléctrico.

La capa 2, de enlace de datos, tiene la misión genérica de ofrecer, a partir del recurso de transmisión que pone a su disposición la capa física, un servicio de transmisión libre de errores a la capa superior. Normalmente, y así ocurre en UMTS, esta capa se desglosa en varias subcapas. Y en este caso, el desglose es distinto según sea el plano C o U que se considere.

Empezando por su parte inferior, la primera subcapa de datos es la de control de acceso al medio o MAC (Medium Access Control). Básicamente alberga los protocolos relativos a la

gestión del acceso a los recursos por los que los usuarios compiten en un sistema multiacceso, mediante mecanismos de acceso aleatorio, en el caso de UMTS.

Por encima de la subcapa MAC se encuentra la RLC (Radio Link Control), encargada de ofrecer un servicio de transmisión de datos para la capa de red.

Por encima de la subcapa RLC la porción de la capa 2 que pertenece al plano C no contiene más subcapas. Sin embargo, en el plano de usuario se sitúan dos subcapas más: la BMC y la PDCP. La subcapa BMC (Broadcast/Multicast Control Protocol) contiene el protocolo que regula la transmisión de la información relativa a los servicios de difusión general o multidifusión sobre la interfaz radio, siempre bajo el modo transparente o sin acuse de recibo de la subcapa RLC.

La subcapa PDCP (Packet Data Convergence Protocol) es aplicable solo al dominio del modo paquete. Este protocolo tiene un doble cometido: comprimir los paquetes procedentes de la capa superior (para mejorar la eficiencia espectral) y aislar al resto de los protocolos UTRAN de la necesidad de cambios (por causa de la introducción de nuevos protocolos de red en modo paquete).

Por encima de la capa 2 se encuentra la capa 3 o de red. Su cometido es conseguir que los paquetes de información alcancen su destino. En el caso de la interfaz radio, también se sitúan en ella diversos procesos de control del enlace.

Se subdivide en tres subcapas: gestión de los recursos radio o RRM (Radio Resource Management), control de llamadas o CC (Call Control) y gestión de la movilidad o MM (Mobility Management). De las tres subcapas, los elementos de la red de acceso radio (RNC y Nodo B) únicamente actúan sobre la primera (RRM), ya que las otras dos (MM y CC) son transparentes para ellos.

Procedimientos básicos que realiza la red de acceso

Para el funcionamiento óptimo de un sistema móvil es necesario que existan un conjunto de funciones para controlar la red de acceso radio y todos los terminales que la utilizan en cada momento. Todas las funciones disponibles, excepto el traspaso entre sistemas (hacia GSM), resultan esenciales y, por consiguiente, necesarias para el correcto funcionamiento del sistema WCDMA. Estas funciones son:

- El control de potencia.- Regula la potencia transmitida por el terminal móvil y la estación base, con la finalidad de reducir la interferencia y permitir así aumentar el número de usuarios sobre la misma portadora, es decir, aumentar la capacidad del sistema.

El objetivo del control de potencia consiste en que la estación base reciba el mismo nivel de potencia de todos los servicios de usuario que esté cursando, independientemente de la ubicación física del usuario, o lo que es lo mismo, de la distancia entre el abonado y la estación base.

Si el nivel de potencia de un terminal es mayor de lo necesario para dar la calidad de servicio requerida, se consumirán recursos en exceso (la potencia total a repartir entre los usuarios dentro de una estación base está limitada) y se generará a la vez más interferencia a los otros usuarios. Por el contrario, si el nivel de potencia es muy bajo, la calidad de la conexión será muy pobre.

WCDMA tiene un control de potencia rápido que actualiza los niveles de potencia 1.500 veces cada segundo. Para garantizar un buen funcionamiento, el control de potencia se aplica en los dos enlaces (ascendente y descendente).

■ Las funcionalidades “soft” y “softer handover”.- Con estas funcionalidades el terminal puede comunicarse simultáneamente con dos o más celdas de dos o más estaciones base, manteniendo la continuidad y calidad de las conexiones a medida que el usuario se desplaza de una celda a otra. Esta flexibilidad repercute en una reducción notable del número de llamadas caídas, muy importante para los operadores móviles.

En las situaciones de soft y softer handover el terminal ajusta su nivel de potencia al de la estación base que requiere del terminal la menor cantidad de potencia para transmitir.

La diferencia entre soft y softer handover radica en el número de estaciones base a las que el móvil permanece conectado simultáneamente (ver la Figura 3.9). En soft handover el móvil está conectado a varias células de distintas estaciones base, mientras que en softer handover las múltiples celdas a las que puede estar conectado el móvil pertenecen a la misma estación base.

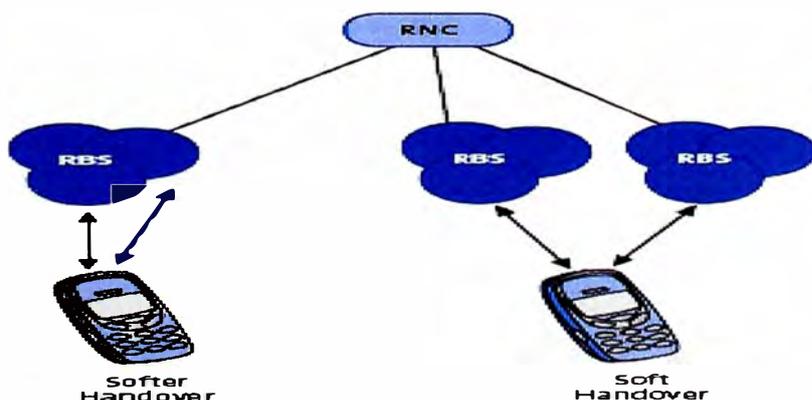


Figura 3.9 Funcionalidades “soft” y “softer handover” [16]

En una red móvil UMTS bien diseñada, entre el 30 y el 40 por ciento de los usuarios estarán en soft o softer handover.

■ El “handover” entre sistemas.- Cuando WCDMA se estandarizó, uno de los aspectos clave era garantizar la reutilización de las inversiones actuales en la mayor medida posible. Un ejemplo era el traspaso (roaming) entre las nuevas redes (WCDMA) y las existentes (GSM), ya sea provocado por motivos de cobertura, de capacidad, o bien por requisitos del servicio ofrecido. El traspaso entre sistemas por motivos de cobertura se considera muy importante al inicio del despliegue de las redes UMTS, ya que los operadores móviles irán ampliando sus redes UMTS poco a poco, en zonas donde ya tienen infraestructura de red GSM. El traspaso en sentido contrario, es decir, de GSM a WCDMA, también puede tener un efecto benéfico en el reparto de carga de los sistemas.

■ El “handover” entre frecuencias (intrasistema).- La necesidad de realizar traspasos entre frecuencias surge en aquellas regiones con alta demanda de usuarios, donde es necesario utilizar varias portadoras WCDMA de 5 MHz. Este tipo de traspasos tiene un conjunto de implicaciones muy similar al de los traspasos entre sistemas, como es, por ejemplo, la funcionalidad del modo comprimido.

■ El control de admisión.- Esta funcionalidad se emplea para evitar que el sistema se sobrecargue y, sobre todo, para poder proporcionar la cobertura y calidad esperadas. Cuando un usuario intenta acceder a la red, el sistema de control de admisión estima la carga de la red y, en función de la nueva fracción de carga estimada, el usuario será admitido o por el contrario se le denegará la conexión.

■ El control de la congestión.- Aunque la función de control de admisión funcione correctamente, la sobrecarga del sistema puede llegar a producirse, por ejemplo, en aquellas situaciones en las que los abonados se mueven de una zona a otra de la red.

Si se produce un exceso de carga en el sistema, hay cuatro acciones que se pueden llevar a cabo. En primer lugar se debe activar el control de congestión para reducir la tasa binaria de las aplicaciones que no son en tiempo real (y pueden admitir mayores retardos). En segundo lugar, si la reducción de la tasa binaria de la acción anterior no es suficientemente efectiva para reducir la carga, el control de admisión puede forzar ciertos traspasos intra o entre frecuencias, y de este modo tratar de que otras portadoras con menos carga pasen a cursar más tráfico. La siguiente medida sería el traspaso hacia GSM, y si, aún así, se sigue detectando un exceso de carga, no queda más remedio que finalizar algunas conexiones, para proteger la calidad de las conexiones restantes en el sistema.

■ La sincronización.- Uno de los requisitos de estandarización del sistema WCDMA fue evitar la dependencia con sistemas externos para obtener la sincronización entre estaciones base. La sincronización se ha conseguido mediante un mecanismo en el cual, el terminal móvil, cuando sea necesario, mide el offset de sincronización entre las celdas, e informa de ello a la red. Adicionalmente existe la posibilidad de utilizar una fuente externa, como por ejemplo un GPS, para sincronizar los nodos.

3.1 SERVICIOS 3G

En los sistemas tradicionales como GSM se ha estandarizado el conjunto completo de servicios portadores, tele-servicios y servicios suplementarios ofrecidos a los usuarios. Sin embargo, para UMTS, el 3GPP define un conjunto de herramientas y capacidades de red que permiten el desarrollo de aplicaciones de usuario de manera flexible además de proporcionar un entorno de servicios personalizados. Esto permite que los usuarios puedan moverse entre redes y puedan cambiar de terminal sin percibir una degradación de los servicios.

Los servicios de telecomunicación básicos se dividen en dos categorías genéricas denominadas:

1. Servicios portadores, que ofrecen la capacidad de transmisión de señales entre puntos de acceso.
2. Teleservicios, que ofrecen la capacidad completa de comunicación entre usuarios, incluyendo las funciones del terminal, y respetando unos protocolos establecidos por acuerdo entre los operadores de red.

La comunicación entre puntos de acceso implica la existencia de una red pública de comunicaciones móviles (PLMN), una o más redes de tránsito y una red destino, como se muestra en la Figura 3.10.

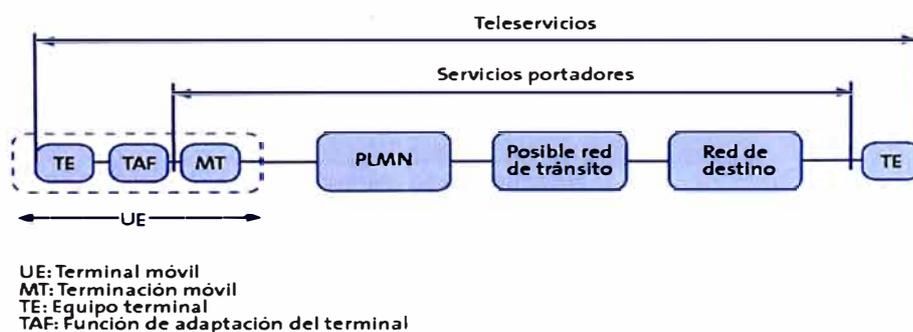


Figura 3.10 Servicios de telecomunicaciones básicos [16]

3.3.1 Servicios Portadores

Ofrecen la capacidad de transferir información entre puntos de acceso realizando funciones de las capas bajas de la torre OSI. Estos servicios se pueden negociar y pueden ser utilizados por las aplicaciones de manera flexible.

Desde el punto de vista de los usuarios, los servicios se consideran extremo a extremo, es decir, desde un equipo terminal (TE) a otro equipo terminal. Un servicio extremo a extremo debe tener una cierta calidad de servicio (QoS) que se ofrece al usuario a través de las diferentes redes. En UMTS, es el servicio portador el que ofrece la calidad de servicio solicitada mediante la utilización de diferentes clases definidas en la especificación TS 23.107 del 3GPP.

El servicio portador en UMTS se divide en dos: el servicio portador de acceso radio (RAB) y el servicio portador del núcleo de red. La relación entre los servicios portadores se muestra en la Figura 3.11.

El servicio portador de acceso radio se caracteriza por un número de atributos como clases de tráfico, velocidad máxima (kbit/s), velocidad garantizada (kbit/s), tasa de error SDU (Service Data Unit), BER residual, retardo de transferencia, etc.

Realizando una primera aproximación, los parámetros que se consideran en la propuesta realizada por la GSMA son cuatro:

1. Las clases de tráfico.
2. El SSD (Source Statistics Descriptor).
3. La velocidad máxima.
4. El BER residual.

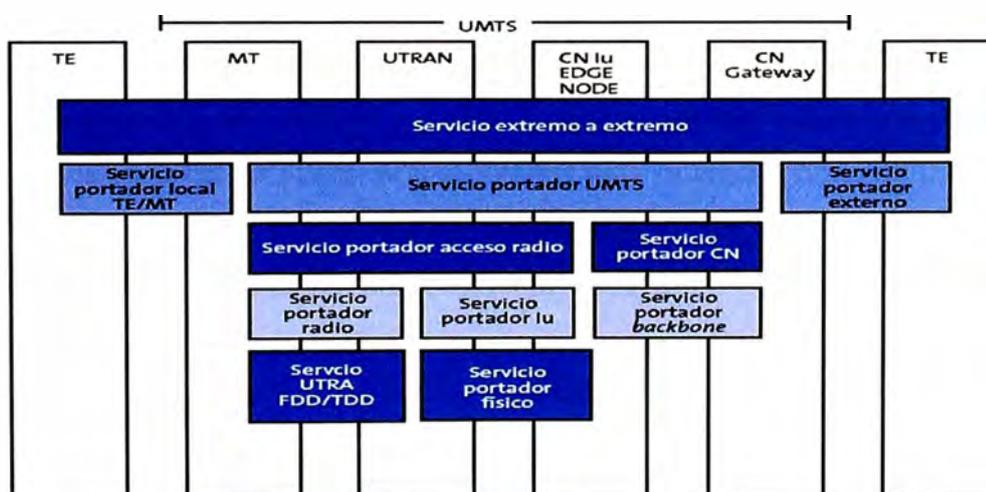


Figura 3.11 Arquitectura de la QoS en UMTS [16]

En la Tabla 3.2 se detallan las diferentes clases de tráfico.

Independientemente de la consideración de la calidad de servicio a proporcionar, y en función de la red de conmutación utilizada, los servicios portadores se pueden clasificar, además, en:

- Servicios portadores basados en conmutación de circuitos.
- Servicios portadores basados en conmutación de paquetes.

Clases de tráfico	Clase conservación	Clase Streaming	Clase interactiva	Clase Background
Características fundamentales	Conserva la relación de tiempo entre las entidades de información origen y destino (retardo muy reducido)	Conserva la relación de tiempo entre las entidades de información origen y destino (existe retardo pero constante)	Patrón de petición de respuesta. Sin pérdidas de información.	El destino no espera datos en un cierto tiempo. Sin pérdidas de información.
Ejemplo de aplicación	Voz, video, etc.	Facsimil Streaming de audio y video	Navegación Web	Descarga de e-mail en background

Tabla 3.2 Clases de tráfico [16]

Servicios portadores basados en conmutación de circuitos

Según la naturaleza de la información que transmiten se pueden agrupar en dos categorías de servicios:

1. Los servicios de información digital no restringida, UDI (Unrestricted Digital Information). Tienen capacidad para transferir cualquier patrón de bits, incluidas largas cadenas de ceros o unos, sobre un canal digital.
2. Los servicios de audio de 3,1 kHz. Realizan una representación digital de la información de datos en la banda vocal. Son utilizados para interconexión con ISDN o PSTN.

Todos los servicios portadores basados en conmutación de circuitos poseen un conjunto de atributos comunes que se muestran en la Tabla 3.3.

ATRIBUTO	VALOR
Modo de transferencia de la información	Circuito
Establecimiento de la conexión	Bajo demanda
Simetría	Bidireccional simétrica
Configuración de la comunicación	Punto a punto

Tabla 3.3 Atributos y valores de servicios portadores en conmutación de circuitos [16]

Servicios portadores basados en conmutación de paquetes

Estos servicios han sido heredados de las especificaciones de GPRS. Los servicios pueden agruparse en:

- Servicios punto a punto (PTP). Están agrupados a su vez en servicios orientados a conexión y servicios no orientados a conexión.
- ■ Servicios punto a multipunto (PTM). En este caso la transmisión de paquetes desde un único origen es recibida por múltiples usuarios pertenecientes a un determinado grupo. En función de la naturaleza de los grupos de destino se distinguen dos tipos de servicios denominados:
 - a.- Point to Multipoint Group Call (PTM-GC).
 - b.- IP Multicast (IP-M).

En la especificación TS 22.060 del 3GPP se enumeran algunos teleservicios que podrían definirse sobre estos servicios portadores, como, por ejemplo, los servicios de acceso a bases de datos, los servicios de mensajería, los servicios de acción a distancia, los servicios de distribución de información (noticias, previsión meteorológica, etc.), los servicios de despacho, servicios de conferencia, etc.

Servicios portadores recomendados por la GSMA

La asociación GSMA, a través de su grupo ISG (IMT-2000 Steering Group), encargado de los aspectos relacionados con 3G, ha elaborado un repertorio básico de servicios portadores UMTS. El objeto de dicho repertorio es garantizar la interoperabilidad entre las redes, dado el elevado número de posibles servicios portadores que permite la norma. Este repertorio no pretende limitar la flexibilidad de las especificaciones, sino que busca, en primer lugar, facilitar los procesos de pruebas de terminales, manteniendo un coste y una

complejidad razonables, y en segundo lugar, facilitar la itinerancia entre las redes. La identificación de conjuntos específicos de servicios portadores no supone ninguna restricción para los operadores en cuanto a la definición de servicios portadores distintos de los aquí mencionados.

En la Tabla 3.4 se muestran los servicios portadores recomendados por el ISG-GSMA con casos prácticos de aplicación, incluyendo una posible asignación de servicios a distintos tipos de servicios portadores de acceso radio (RAB).

Portador de acceso radio				BER residual	Servicios
Clase de tráfico	SSD	Velocidad máxima, kbit/s	CS/PS		
Conversación	Voz	UL: 4.75-12.2 DL: 4.75-12.2	CS	5×10^{-4} 1×10^{-3} 5×10^{-3}	Voz AMR
Conversación	Desconocido	UL: 64 DL: 64	CS	1×10^{-6} 1×10^{-6}	UDI 1B, 64k 3G-32AM
Conversación	Desconocido	UL: 32 DL: 32	CS	1×10^{-6} 1×10^{-6}	32x 3G-32AM
Streaming	Desconocido	UL: 28.8 DL: 28.8	CS	1×10^{-3}	FAX PIAFS 32 kbits/s
Streaming	Desconocido	UL: 57.6 DL: 57.6	CS	1×10^{-3}	Módem. FTM, PIAFS 64 kbit/s
Streaming	Desconocido	UL: 0 DL: 64	PS	1×10^{-3} 1×10^{-4}	Streaming de video unidireccional
Streaming	Desconocido	UL: 0 DL: 128-384	CS o PS	1×10^{-3} 1×10^{-4}	
Interactiva o Background	N/A	UL: 32-384 DL: 8-2048	PS	1×10^{-3} 1×10^{-4}	Paquete

UL: Enlace ascendente
DL: Enlace descendente
CS: Conmutación de circuitos
PS: Conmutación de paquetes

Tabla 3.4 Relación entre servicios portadores de acceso radio (RAB) [16]

3.1.2 Teleservicios

Los teleservicios ofrecen la capacidad completa de comunicación por medio de equipos terminales, funciones de red y, posiblemente, funciones ofrecidas por centros dedicados. Un teleservicio puede ser visto como un conjunto de capacidades de las capas altas que utilizan capacidades de las capas bajas.

El 3GPP cita de forma genérica los servicios multimedia como teleservicios soportados en UMTS. Sin embargo, el estándar no especifica servicios concretos, sino mecanismos y herramientas que permiten definir servicios a medida, tanto por operadores como por proveedores de servicios. Así, la Release 99 sólo define dentro de este conjunto genérico de servicios multimedia, el servicio de mensajería multimedia.

Uno de los requisitos fundamentales que se exigió a UMTS fue el de soportar todos los servicios definidos en GSM.

Teleservicios heredados de GSM

A excepción de los servicios de GPRS, todos los servicios de GSM están basados en conmutación de circuitos. El conjunto de servicios de GSM que deben ser soportados en UMTS consta de:

- Servicio de voz. En este caso debe haber interoperabilidad con las redes del tipo PSTN o ISDN, lo que significa que debe incluir unidades para generación y detección de tonos DTMF. Se debe utilizar el codec de voz AMR.
- Llamadas de emergencia.
- Servicio de mensajes cortos punto a punto.
- Servicio de mensajes cortos de difusión (cell broadcast).

En la Tabla 3.5 se presentan los servicios basados en conmutación de circuitos definidos en UMTS y que han sido heredados de GSM.

Atributo dominante	Categoría de teleservicio		Teleservicio Individual	
Información de usuario	Nº	Nombre	Nº	Nombre
Voz	1	Transmisión de voz	11	Telefonía
			12	Llamadas de emergencia
Mensaje corto	2	Servicio de mensajes cortos	21	SMS MT/PP
			22	SMS MO/PP
			23	Cell Broadcast
Fax	6	Transmisión de Fax	61	Alternar voz y fax grupo 3 (Transparente y no transparente)
			62	Fax automático grupo 3 (Transparente y no transparente)
Voz	9	Servicio de llamada en grupo	91	Servicio de llamadas en grupo
			92	Servicio de difusión de voz

Tabla 3.5 Categorías de teleservicios [16]

Acceso a Internet

El acceso a Internet/intranet es un mecanismo que utiliza uno o más servicios portadores de UMTS para acceder a redes externas, y no es en sí un servicio propiamente dicho. En el estándar se recoge que UMTS deberá proporcionar un acceso a Internet, que está optimizado para:

- La transmisión de tráfico IP sobre la interfaz radio de UMTS.
- La utilización de protocolos y algoritmos de cifrado sobre la interfaz radio.

- La interoperabilidad de los mecanismos de QoS.

Servicio de mensajería multimedia

El servicio de mensajería multimedia es un nuevo servicio definido en el entorno de 3G, aunque también es aplicable a operadores 2G. De hecho ha sido lanzado por la mayoría de estos operadores.

3.1.3 Servicios Suplementarios

Los servicios suplementarios se utilizan para complementar y personalizar el uso de los servicios básicos de telecomunicación (servicios portadores y teleservicios). En la especificación TS 22.004 del 3GPP se enumeran estos servicios. Solamente el servicio de multillamada (multicall) es particular de UMTS.

Características de las capacidades de servicio

Un aspecto nuevo de UMTS es la definición de una arquitectura de servicios abierta (OSA, Open Service Architecture). Esta arquitectura permite la creación de nuevos servicios y aplicaciones para el usuario final mediante la utilización de las capacidades de servicio.

La estandarización de una interfaz OSA entre aplicaciones y capacidades de servicio permite la incorporación de un nuevo agente en la cadena de valor, los proveedores de servicios. Las funcionalidades ofrecidas por la red se denominan SCF (ServiceCapabilities Features) y se accede a ellas a través de la interfaz OSA. Estas funcionalidades son ofrecidas por unos servidores denominados SCS (Service Capabilities Servers).

Los principales mecanismos básicos de OSA a través de los cuales las aplicaciones pueden acceder a los recursos de la red se resumen en la Tabla 3.6.

Autenticación	Cubre, además de los casos contemplados en GSM, otros derivados de la aparición del rol de proveedor de servicios (autenticación aplicación externa-red y autenticación usuario-aplicación).
Autorización	La autorización es el paso que sigue a la autenticación. Determina qué le está permitido hacer al usuario o a la aplicación. En el caso de las aplicaciones, el acuerdo de nivel de servicio (SLA, <i>Service Level Agreement</i>) determinará qué características de las capacidades de servicio están disponibles para la aplicación y cuáles no.
Registro	Permite al operador la posibilidad de registrar de manera automática las nuevas características que no están incluidas en el marco de OSA. De este modo, las aplicaciones externas podrán acceder a ellas.
Consulta de capacidades de servicio	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de identificar el conjunto completo de capacidades de servicio de las cuáles están autorizados a hacer uso.
Notificación	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de activar, desactivar y recibir notificaciones de eventos generados en la red.

Tabla 3.6 Principales mecanismos de OSA [16]

Algunos de estos mecanismos se invocan una única vez (por ejemplo, el acuerdo de nivel de servicio SLA) mientras que otros son invocados en múltiples ocasiones (por ejemplo, la suscripción de un usuario a una aplicación concreta).

Por el contrario, otra serie de mecanismos o características no se encuentran incluidos en el marco de OSA. Se trata de las funcionalidades proporcionadas a las aplicaciones por los servidores de capacidad de servicio, para permitir el acceso a los recursos de la red. En la Tabla 3.7 se describen de manera resumida las más importantes.

Control de sesión	Ofrecen la posibilidad de establecer, mantener, modificar y liberar capacidades portadoras entre diferentes entidades. Se entiende como sesión desde una sencilla llamada de voz hasta la más compleja conferencia multimedia.
Seguridad y privacidad	Proporcionan a las aplicaciones externas la posibilidad de recibir de manera segura la información generada por el usuario (voz, imagen, texto, etc.) mediante cifrado. La seguridad y privacidad pueden extenderse a la propia información de la señalización intercambiada (como es el caso del transporte de señalización asociada a una llamada sobre TCP/IP, utilizando para ello redes de datos públicas)
Traducción de direcciones	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de acceder al usuario final, independientemente del tipo de numeración asociada a la red de transporte utilizada, ya sea IP, ATM, X.25, etc.
Localización de usuario	Proporcionan a las aplicaciones información relacionada con la posición del usuario, información caracterizada por las coordenadas de la misma, la precisión con la que se obtuvo y la referencia de tiempo en la que se obtuvo. El acceso por parte de las aplicaciones a este tipo de información debe estar autorizado por el usuario.
Estado del usuario	Ofrecen a las aplicaciones la información sobre el estado del mismo de acuerdo con la información manejada en la red: <ul style="list-style-type: none"> -Información de estado (ocupado, apagado, fuera de cobertura, etc.) -Notificación de cambio de estado (como el registro en la red de un usuario concreto)
Capacidades del terminal móvil	Proporcionan a las aplicaciones la información correspondiente a la funcionalidad soportada por el terminal móvil, entendiendo por terminal móvil la combinación del terminal y la tarjeta USIM.
Transferencia de información	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de notificar a la red la existencia de información disponible y pendiente de entrega a un usuario determinado. Comprende: <ul style="list-style-type: none"> -Envío de notificación de información, especificando el medio de entrega (SMS, voz, fax, USSD, <i>cell broadcast</i>, OTA-SIM Application Toolkit, etc.) -Solicitud de recepción de la notificación de envío de información
Gestión del perfil del usuario	Proporcionan a las aplicaciones la posibilidad de acceso al perfil del usuario para gestionar aspectos generales del usuario, como pueden ser la configuración del terminal o del idioma a utilizar para las notificaciones, e incluso la gestión de aspectos relacionados con el perfil asociado a un servicio concreto.
Tarificación	Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de utilizar los recursos de red necesarios para la tarificación correcta del usuario, así como la notificación de eventos relacionados con la tarificación del mismo.

Tabla 3.7 Acceso a funciones de red para servicios no consideradas en OSA [16]

3.2 HSDPA CONCEPTOS BASICOS

HSDPA es una parte vital de la evolución de WCDMA y provee mejoras en la experiencia del usuario final, también un costo eficiente en la banda ancha móvil.

WCDMA está evolucionando habilitando grandes velocidades de datos y throughput. El primer paso es mejorar el enlace de bajada (downlink) por la introducción del High Speed Downlink Packet Access (HSDPA).

El Segundo paso es mejorar el enlace de subida (uplink) introduciendo Enhanced Uplink. Juntas estas dos tecnologías son conocidas como High Speed Packet Access (HSPA). HSPA mejora la experiencia del usuario final por:

- Incremento de la velocidad pico a 14 Mbit/s en downlink y 5.8 Mbit/s en uplink
- Reduciendo el retardo (latencia)
- Proporcionando hasta cinco veces más capacidad del sistema en downlink y hasta duplicar como mucho la capacidad del sistema en uplink, reduciendo el costo de producción por bit.

Estas capacidades beneficiarán a los operadores proporcionando alta performance, y mejorando la experiencia del usuario final en el acceso a la web, bajada/subida de archivos, voz sobre IP (VoIP) y servicios continuos (streaming).

HSPA hace realidad la banda ancha móvil inalámbrica.

Uno de los aspectos más importantes del sistema de tercera generación móvil (3G) es Mejorar el acceso a paquetes de datos. WCDMA 3GPP Release 99 proporciona velocidades de datos de 384 kbit/s para coberturas de gran área. Sin embargo, como el uso de los servicios de paquetes de datos se incrementa y nuevos servicios son introducidos, son requeridos alta velocidad y gran capacidad – a un bajo costo de producción.

WCDMA 3GPP Release 5 amplía la especificación con, muchas otras cosas, un Nuevo canal de transporte para downlink que mejora y proporciona alta performance a las aplicaciones de paquetes de datos. El costo de producción por bit será reducido dado que el downlink mejorado proporciona un considerable incremento de capacidad comparado con el Release 99. También reduce significativamente la latencia y proporciona velocidades de datos pico de hasta 14 Mbit/s.

Estas mejoras, conocidas comúnmente con la abreviación HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), es el primer paso en la evolución de la performance de WCDMA.

Aunque demasiado tráfico está orientado al downlink, hay aún un gran número de aplicaciones que se beneficiarán de las mejoras del uplink. Estas incluyen el envío de

adjuntos pesados a e-mails largos, fotos, video clips, blogs etc. WCDMA 3GPP Release 6 introduce, entre otras cosas, un nuevo canal de transporte en el uplink. Este Enhanced Uplink – también conocido como HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) – proporciona altos throughputs, reduce la latencia e incrementa la capacidad a una velocidad de datos pico de hasta 5.8 Mbit/s.

Juntos HSDPA y Enhanced Uplink son conocidos como High Speed Packet Access (HSPA).

Beneficios para el operador y usuarios finales

El primer beneficio de HSPA es la mejora de la experiencia del usuario final. En la práctica, esto significa tiempos de descarga y subida mas cortas como resultado de las altas velocidades de datos y reducida latencia comparada a WCDMA 3GPP Release 99. HSPA también beneficia al operador por la reducción del costo de producción por bit a través de la gran capacidad del sistema En otras palabras mas usuarios pueden ser servidos con grades velocidades de datos a un menor costo de producción.

Mejora en la experiencia de usuario final

Como con cualquier tecnología de telecomunicaciones, la performance del usuario final con HSPA depende del tipo de servicio y del comportamiento de la capa alta de los protocolos de aplicación. Siendo, TCP (Transmission Control Protocol), comúnmente usado para servicios de paquetes de datos, fue originalmente diseñado para redes fijas e incluyen mecanismos para evitar inicios lentos y congestión que influyen fuertemente en la performance. Una contribución limpia de la performance completa de un servicio en particular debe incluir estos mecanismos.

Por ejemplo, en servicios de navegación en la web, la velocidad de datos percibida son comúnmente limitados por TCP y no por la interface de aire. La transmisión TCP consiste de bursts repentinos de tráfico seguidos por periodos vacíos relativamente largos. Por ende, la carga del sistema por usuarios navegando en la web es relativamente liviana. El principal beneficio para usuarios finales de HSPA para pequeños objetos transportados vía TCP es el tiempo reducido de ida y vuelta (round-trip), gracias al fast hybrid-ARQ (Automatic Repeat reQuest) y corto TTI (Transmission Time Interval).

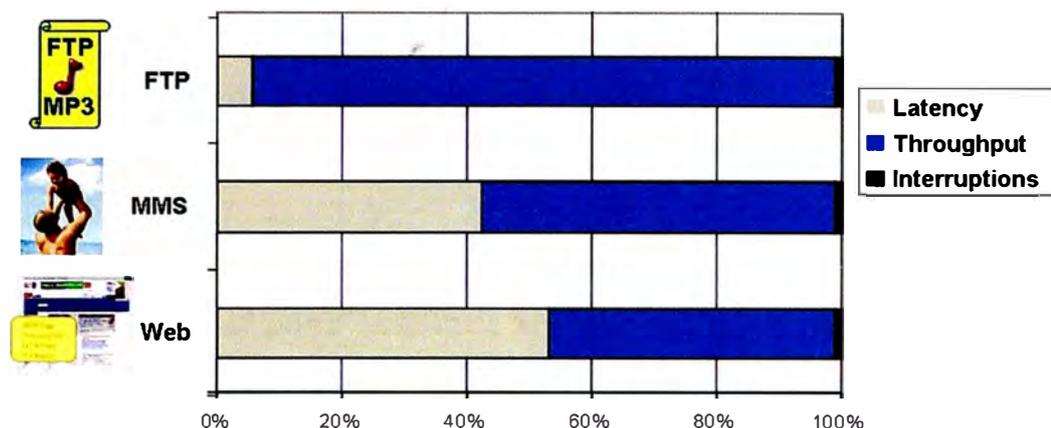


Figura 3.12 Experiencia de usuario para diferentes servicios (WCDMA Release 99) [4]

En contraste con la navegación en web, el mecanismo de inicio lento en TCP tiene poco o ningún impacto sobre el tiempo que se toma la descarga un archivo grande. En su lugar, la performance percibida por el usuario final es largamente determinada por la velocidad de datos del enlace de radio como se ilustra en la figura 3.12. Un solo usuario descargando un gran archivo puede ocupar una parte significativa de la capacidad total de la celda. Consecuentemente, la carga del sistema tiene un sustancial impacto en la performance percibida cuando un usuario descarga archivos pesados. Simulaciones muestran que en un sistema moderadamente cargado, HSPA puede reducir el tiempo que toma descargar archivos pesados por un factor de 20 y subir archivos pesados por un factor de 10.

El retardo extreme a extremo – que es el tiempo promedio que toma un paquete IP pequeño en viajar del UE (User Equipment) a través del sistema HSDPA a un servidor de Internet y regresa – es un componente crítico que afecta la percepción del usuario final de las aplicaciones basadas en TCP/IP. El retardo ha sido medido en numerosas redes comerciales HSDPA, siendo el promedio menor a 70 ms. Con la introducción del Enhanced Uplink complete en la red, esta latencia es reducida por debajo de 50 ms.

Mejoras en la capacidad del sistema

Un gran beneficio de HSPA es la gran capacidad del sistema. Para el operador, esto significa reducir el costo de producción por bit. HSPA incrementa la capacidad de varias maneras:

- Canal de transmisión compartido, que resulta en un eficiente uso de la disponibilidad de recursos de código y de potencia en WCDMA
- TTI mas corto, el cual reduce el tiempo de ida y vuelta y mejora el muestreo rápido de las variaciones de canal.

- Adaptación de enlace (LA), que maximiza el uso del canal y posibilita a la estación base a operar cerca de la máxima potencia de celda.
- Veloz programación, que prioriza a usuarios con el canal con condiciones mas favorables.
- Veloz retransmisión y combinación suave, que incrementa la capacidad.
- 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation), que beneficia altas velocidades de bit.

Dependiendo del escenario de despliegue, la ganancia de la capacidad combinada sobre WCDMA 3GPP Release 99 es hasta cinco veces en downlink y hasta dos veces en uplink.

Parte integral de WCDMA

Otro beneficio de HSPA es que es parte integral de WCDMA. HSPA puede proporcionar cobertura móvil a grande áreas: No es necesario portadores ni espectro adicional. Actualmente, WCDMA puede proporcionar simultáneamente servicios de voz y datos (multiservicios) a usuarios en la misma portadora. Esto también aplica para HSPA, lo que significa que el espectro puede ser usado eficientemente.

3.2.1 High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)

En WCDMA 3GPP Release 5, HSDPA añade un Nuevo canal de transporte a WCDMA – el High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH) – el cual proporciona soporte mejorado para aplicaciones de paquetes de datos de alta performance en el downlink.

La transmisión HSDPA facilita varias funcionalidades nuevas, y las soporta con mínimo impacto sobre la arquitectura del protocolo existente de la interface de radio, una nueva sub-capa MAC, MAC-hs, ha sido introducida. MAC-hs habilita una partición funcional a ser retenida entre capas y nodos de WCDMA 3GPP Releases 99 y 4.

Minimizando los cambios de arquitectura se permite una suave actualización a HSDPA, y asegura la operación de HSDPA en ambientes donde no todas las celdas tienen funcionalidad HSDPA. En WCDMA, ambos servicios de voz y datos pueden correr simultáneamente en la misma frecuencia portadora. Servicios que corren sobre HSDPA también pueden correr en la misma frecuencia portadora.

HSDPA está basada sobre “tubo ancho”, canal de transmisión compartido. Las funcionalidades claves son:

- Canal de transmisión compartido y multicódigo.
- Modulación de orden alto.
- Corto Transmission Time Interval (TTI)

- Fast link adaptation
- Fast scheduling
- Fast hybrid Automatic Repeat reQuest (ARQ)

3.2.2 Concepto de HSDPA

Shared channel and multi-code transmission

HSDPA está basado en canal de transmisión compartido, lo que significa que algunos códigos de canal y la transmisión de potencia en una celda son como un recurso común que es dinámicamente compartido entre usuarios en el dominio del tiempo y código.

El canal de transmisión compartido resulta en mas eficiente uso de disponibilidad de recursos de códigos y potencia en WCDMA comparado con el uso de un canal dedicado (WCDMA 3GPP Release 99).

El recurso de código compartido sobre el cual el HS-DSCH es mapeado consiste de hasta 15 códigos. El número actualmente empleado depende del número de codigos soportados por el terminal o el sistema, parámetros del operador y capacidad del sistema. Un valor fijo puede ser puesto o algoritmos de comportamiento dinámico pueden ser introducidos para maximizar la utilización de los códigos sobre una portadora Release 99/HSDPA compartida.

Figura 3.13 muestra un ejemplo de como los códigos son dinámicamente asignados por TTI a uno o mas usuarios.

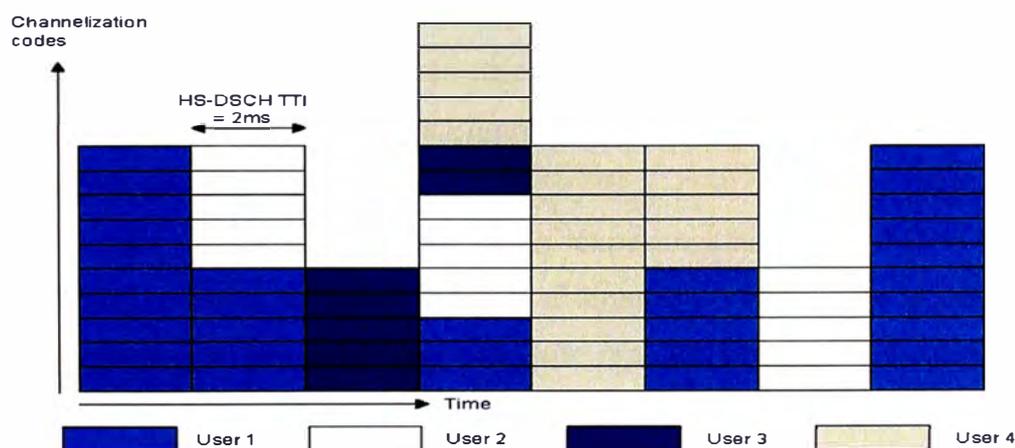


Figura 3.13 Estructuras de códigos HS-DSCH y tiempo. [4]

Higher-order modulation

WCDMA 3GPP Release 99 usa modulación de Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) para la transmisión de downlink. Además QPSK, HSDPA pueden también usar 16

Quadrature Amplitude Modulation (16QAM) para proporcionar altas velocidades de datos. Porque 16QAM tiene dos veces la capacidad de la velocidad pico de QPSK, hace mas eficiente el uso del ancho de banda que QPSK. Sin embargo, también requiere mejores condiciones de canal de radio que QPSK. QPSK usa dos bits por símbolo y 16QAM usa cuatro bits por símbolo, como se ilustra en la Figura 3.14.

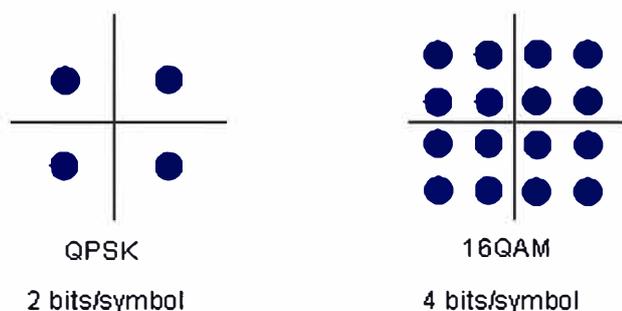


Figura 3.14 Esquemas de modulación usados con HSDPA. [4]

Short Transmission Time Interval

WCDMA 3GPP Release 99 usa un TTI de 10 ms, 20 ms or 40 ms en el downlink.

Con HSDPA, el TTI es reducido a 2 ms en el downlink. Los códigos de canal de los recursos de códigos compartidos son dinámicamente asignados cada 2 ms, o 500 veces por segundo. Un corto TTI reduce el tiempo de ida y vuelta y mejora el muestreo de variaciones de canal – una funcionalidad que es explotada por la adaptación de enlace y canal- dependiente del programa. Aunque el tiempo es la primera manera de compartir recursos del “tubo gordo” para muchos usuarios, es posible compartir recursos en el dominio de los códigos usando diferentes subsets del set total de códigos de canal HS-DSCH, como es ilustrado en la Figure 2.

Fast link adaptation

Las condiciones del canal de radio experimentado por diferentes downlinks varían significativamente, en tiempo y entre diferentes posiciones de la celda. Cada terminal que usa servicios de alta velocidad transmite reportes regulares de calidad de canal a la BTS. Fast link adaptation ajusta los parámetros de transmisión instantáneamente a las condiciones de radio reportadas por el terminal y, cuando las condiciones del canal lo permiten, habilita el uso de high-order modulation.

WCDMA usa control de potencia para compensar por diferencias y variaciones las condiciones instantáneas del canal de radio en el downlink. En principio control de potencia da enlaces de comunicación con malas condiciones de canal una parte

proporcionalmente larga del total disponible de potencia de la celda. Esto asegura similar calidad de servicio para todos los enlaces de comunicaciones, a pesar de las diferencias en las condiciones del canal de radio. Una desventaja con control de potencia es que la salida de potencia disponible no es siempre usada totalmente. Algo de potencia necesita ser reservada para estar disponible para conexiones salientes que puedan necesitar mas potencia en caso de que el canal de radio pueda deteriorarse. El excedente de potencia de salida no puede ser usado para incrementar el throughput del sistema. Por tanto, en términos de throughput total del sistema, el control de potencia no es la manera más eficiente de asignar recursos disponibles.

En lugar del uso de control de potencia para compensar la rápida variación de las condiciones de radio en el, HSDPA apuesta por el ajuste de la velocidad de bits. Así que, mientras se mantiene constante la potencia de transmisión, se ajusta la velocidad de datos. Comúnmente conocido como adaptación de velocidad o adaptación de link, este método es más eficiente que control de potencia para servicios que toleran variaciones pequeñas en la velocidad de datos. HSDPA puede usar eficientemente el espectro con modulación 16QAM cuando las condiciones del canal lo permiten, como se ilustra en la Figura 3.15.

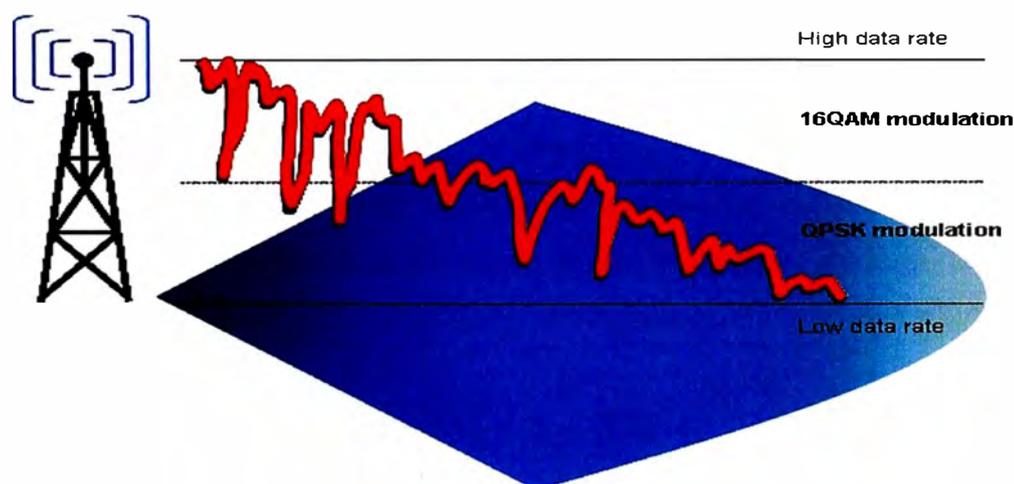


Figura 3.15 Ajuste de velocidades de datos [4]

Fast scheduling

La funcionalidad fast scheduling determina al equipo de usuario (UE) el canal compartido de transmisión al que podría ser direccionado en cualquier momento. El objetivo es

transmitir a los usuarios con condiciones de radio favorables, como se muestra en la Figura 3.16.

El programador estima las condiciones de radio instantáneas del canal downlink al terminal. Cada terminal que usa servicios de alta velocidad transmite regularmente el reporte de calidad de canal a la BTS, y el programador determina la performance total de HSDPA. Para cada TTI, el programador decide cuales usuarios HSDSCH podrían ser transmitidos, y en cooperación muy cercana con el mecanismo de adaptación de link, determina la modulación y el número de códigos a ser usados. La capacidad puede ser incrementada significativamente usando channel-dependent scheduling que consiste en transmitir a los usuarios con condiciones instantáneas favorables de canal, el cual proporciona una ganancia conocida como diversidad multiusuario (multi-user Diversity).

Otro tipo de channel-dependent scheduling es donde los usuarios con buenas condiciones de radio consiguen todos los recursos de radio para ellos y los usuarios con malas condiciones de radio casi no consiguen recursos de radio. Aunque esto maximiza el throughput del sistema, podría ser deseable añadir algo de limpieza a este esquema. Una proporcionalidad clara del programador explota mejor las condiciones de canal y asegura que todos los usuarios reciben una parte clara del throughput del sistema.

Como la carga de las celdas se incrementa, el número de usuarios en cola para programación crece. Por ende, la probabilidad de programación de usuarios con buena calidad también se incrementa. Prioridades de tráfico también pueden ser tomados en cuenta, por ejemplo, servicios de streaming pueden ser priorizados delante del resto de usuarios. Una práctica estrategia de programación usualmente explota las variaciones a corto plazo mientras mantiene algún grado de claridad de largo plazo entre usuarios. Las diferencias entre varias estrategias de programación son mas obvias cuando la carga del sistema es pesada.

Los canales dedicados de uplink y downlink del Release 99 usan soft handover, mientras que HS-DSCH no. No es posible la implementación de soft handover (por definición implica múltiples BTSs) para canales de alta velocidad, porque fast channel dependent scheduling es manejada por una simple BTS.

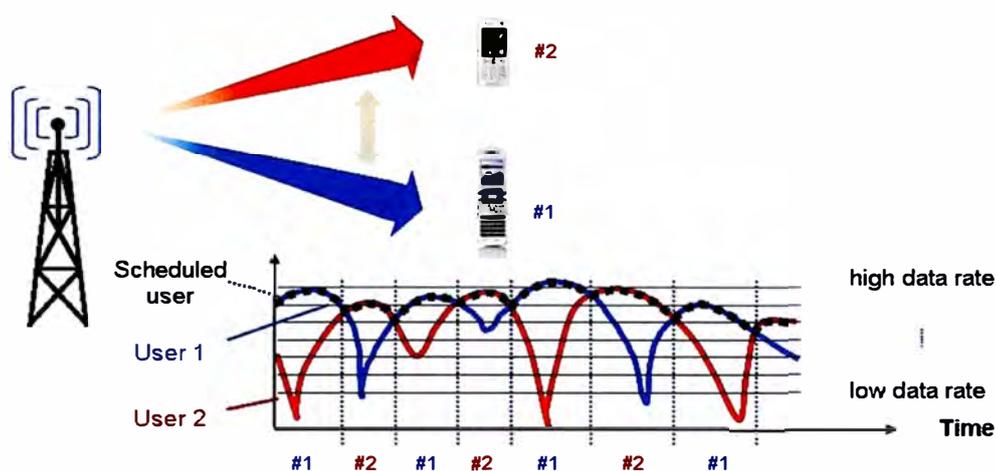


Figure 3.16 Programa de usuarios con condiciones de radio favorables. [4]

Fast hybrid Automatic Repeat reQuest

El UE puede rápidamente requerir la retransmisión de datos perdidos y combinar la información de la transmisión original con la de la transmisión posterior, antes de intentar decodificar el mensaje. Esta manera llamada soft-combining, mejora la performance y proporciona robustez. Una respuesta de reconocimiento negativo (NACK) es enviada cuando la data es faltante en el extreme de recepción. Una respuesta de reconocimiento (ACK) es enviada cuando la data recibida es correcta. Previamente, las retransmisiones son solo manejadas por el Radio Node Controller (RNC), pero con la introducción de HSDPA una parte de esta funcionalidad ha sido movida a la estación base. Esto significa que la funcionalidad reside cerca a la interface de aire y la latencia es reducida.

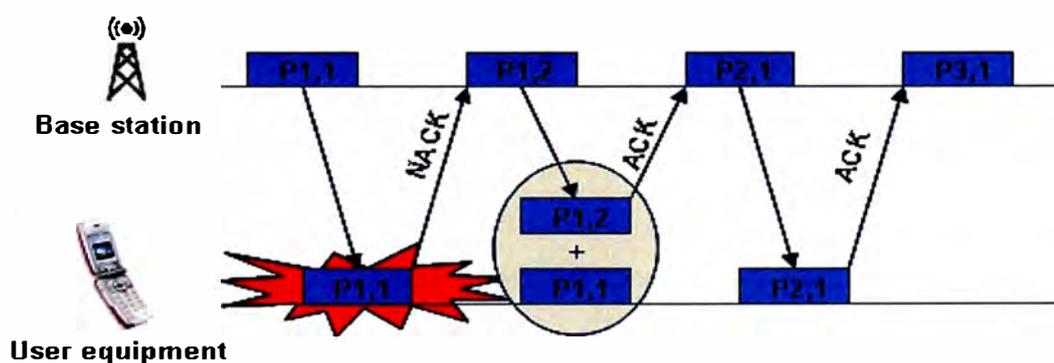


Figura 3.17 Retransmisiones de datos al UE. [4]

3.2.3 Categorías de terminales HSDPA

HSDPA requiere nuevos UEs. Un UE con HSDPA-habilitado debe contener el procesamiento de potencia para manejar fast hybrid ARQ, procesamiento multi-código,

etc. Doce categorías diferentes de terminales han sido definidas para acomodar low- y high-end implementaciones como muestra la Tabla 3.8.

Diferenciadores entre categorías de terminal incluye, por ejemplo, el soporte de esquema de modulación QPSK y/o 16QAM. Categorías 6 y 12 soportan 3.6 Mbit/s y 1.8 Mbit/s respectivamente, con cinco códigos HS-DSCH. Otro diferenciador es el número de códigos soportados por el UE. Por ejemplo un UE que soporta diez códigos puede alcanzar hasta 7.2 Mbit/s uno de 15 códigos soporta velocidades de hasta 14 Mbit/s.

Los dispositivos iniciales de HSDPA fueron basados en categoría 12 y soportan una máxima velocidad de bit en la capa 1 de 1.8 Mbit/s. Ya fueron introducidas tarjetas de datos y dispositivos de mano categoría 6, incrementando la velocidad a 3.6 Mbit/s. Dispositivos categoría 8, introducidos en Q12007, ofrecen picos de velocidad de 7.2 Mbit/s.

UE Category	Maximum number of HS-DSCH codes	Layer 1 peak rate (Mbps)	Minimum Inter TTI Interval	QPSK/ 16QAM
Category 1	5	1.2	3	Both
Category 2	5	1.2	3	Both
Category 3	5	1.8	2	Both
Category 4	5	1.8	2	Both
Category 5	5	3.6	1	Both
Category 6	5	3.6	1	Both
Category 7	10	7.2	1	Both
Category 8	10	7.2	1	Both
Category 9	15	10.2	1	Both
Category 10	15	14.4	1	Both
Category 11	5	0.9	2	QPSK
Category 12	5	1.8	1	QPSK

Tabla 3.8 Categorías de terminales HSDPA [4]

3.3 Enhanced Uplink

Introducida en WCDMA 3GPP Release 6, Enhanced Uplink añade un nuevo canal de transporte a WCDMA llamado Enhanced Dedicated Channel (E-DCH). Enhanced Uplink mejora la performance del uplink con latencia reducida, velocidades de datos incrementadas y capacidad incrementada, haciéndolo un natural complemento a HSDPA (introducido en Release 5) para aplicaciones de datos de alta performance.

Transmisión de Enhanced Uplink proporciona varias funcionalidades nuevas. Como con HSDPA, introduciendo estas nuevas funcionalidades tienen impacto mínimo sobre la arquitectura del protocolo de la interface de radio existente. Nuevas entidades MAC también son introducidas a lo largo de las existentes en el UE, estación base y el RNC.

Altas velocidades de bit en uplink son deseables desde el sistema y la perspectiva del usuario final. También es muy importante que una relativa alta velocidad de datos sea soportada donde el usuario este ubicado – eso es. Cobertura de una velocidad de datos dada podría ser tan alta como sea posible. Como con HSDPA, Enhanced Uplink puede usar la misma frecuencia portadora como Release 99.

Con la finalidad de lograr estos objetivos, Enhanced Uplink soporta varias funcionalidades nuevas:

- Multi code transmission
- Short Transmission Time Interval
- Fast hybrid Automatic Repeat reQuest
- Fast scheduling

Mientras técnicas similares han sido aplicadas para HSDPA, hay algunas diferencias fundamentales entre el uplink y el downlink. El recurso compartido en el uplink es la interferencia (potencia total recibida) a la estación base, el cual depende de los recursos descentralizados de potencia en cada UE. En el downlink, los recursos compartidos consisten de la transmisión de potencia y los códigos de canalización, y es centralizado en la estación base. Esta diferencia tiene implicaciones para el diseño del programador.

3.3.1 El concepto de Enhanced Uplink

Multi code transmission

En contraste a HSDPA, el Nuevo canal uplink que es introducido por Enhanced Uplink No es compartido entre usuarios, pero es dedicado a un solo usuario. Hasta cuatro códigos pueden ser usados para incrementar la velocidad de datos del uplink (Tabla 2).

Short Transmission Time Interval

WCDMA 3GPP Release 99 usa un TTI de 10 ms, 20 ms or 40 ms en el uplink.

Enhanced Uplink opera con un TTI de 2 ms o 10 ms en el uplink. Un corto TTI permite una significativa reducción de la latencia total y proporciona los medios para que las otras funcionalidades se adapten rápidamente.

Fast hybrid Automatic Repeat reQuest

El protocolo utilizado fast hybrid ARQ es similar a uno usado por HSDPA. La estación base puede rápidamente requerir la retransmisión de data recibida erróneamente, lo que proporciona mayor robustez y bajas retransmisiones de latencia.

Soft(er) handover es posible con Enhanced Uplink. Para un soft(er) handover, todas las estaciones base deben estar involucradas y los sectores intentan decodificar la data. Si un ACK es recibido de al menos una de ellas, el UE considera la data a ser satisfactoriamente recibida.

Fast hybrid ARQ con combinación suave puede ser explotada no solo para proporcionar robustez contra interferencia no predecible, pero también mejora la eficiencia del enlace.

Fast scheduling

En el uplink, los recursos comunes compartidos entre los terminales es el monto tolerable de interferencia; que es, la potencia recibida total en la estación base. El monto de recursos comunes de uplink que un terminal está usando depende de la velocidad de datos usada. Generalmente, la alta velocidad de datos, la gran potencia de transmisión requerida y el alto consumo de recursos.

Fast scheduling permite la rápida reasignación de recursos entre UEs explotando la 'burstiness' en transmisión de paquetes de datos. También permite al sistema admitir un gran número de usuarios de altas velocidades de datos y rápidamente adapta las variaciones de interferencia.

Los algoritmos de programación no son estandarizados y diferentes estrategias de programación pueden ser implementadas. Esta flexibilidad es muy usada, para diferentes ambientes y tipos de tráfico puede haber diferentes requerimientos en la estrategia de programación.

Un UE puede ser programado de solo una estación base o de varias estaciones base al mismo tiempo, Enhanced Uplink debe soportar soft handover. El UE no es solo informado acerca del nivel de interferencia en la propia celda, sino también el nivel de interferencia en las celdas vecinas. La salida de potencia del UE puede ser reducida si el nivel de interferencia es muy alto en las celdas vecinas. Soft handover soportado en el uplink también proporciona ganancia de macro diversidad de 1.5 dB.

3.3.2 Categorías de terminal Enhanced Uplink

Enhanced Uplink requerirá nuevos UEs, los cuales deben tener el procesamiento de potencia para manejar la nueva funcionalidad. Seis categorías diferentes de terminal han sido definidas para facilitar implementaciones low y high end, como se muestra en la tabla 3.9.

UE Category	Codes x spreading	TTI 10 or 2 ms	Layer 1 peak rate 10 ms TTI	Layer 1 peak rate 2 ms TTI
Category 1	1 x SF4	10 ms	0.73 Mbps	-
Category 2	2 x SF4	Both	1.46 Mbps	1.46 Mbps
Category 3	2 x SF4	10 ms	1.46 Mbps	-
Category 4	2 x SF2	Both	2.0 Mbps	2.92 Mbps
Category 5	2 x SF2	10 ms	2.0 Mbps	-
Category 6	2 x SF2 + 2 x SF4	Both	2.0 Mbps	5.76 Mbps

Tabla 3.9 Categoría de terminales Enhanced Uplink. [4]

Diferenciadores entre categorías de terminal incluyen el soporte de tiempos TTI. Algunas categorías soportan TTI de solo 10 ms, mientras que otros soportan ambos 2 ms y 10 ms.

Otro diferenciador es el número de códigos usado y su factor de ensanchamiento.

Los dispositivos iniciales de Enhanced Uplink están basados en categoría 3 y soporta una máxima velocidad de bit en la capa 1 de 1.4 Mbit/s. Los primeros dispositivos comerciales fueron esperados para la primera mitad del 2007.

4.0 Evolución High Speed Packet Access

HSPA está evolucionando fuertemente en el tiempo. Diferentes mejoras han sido introducidas en diferentes releases 3GPP.

Con la evolución de HSPA, modulación de alto orden puede ser soportado en el uplink (16QAM) y downlink (64QAM). La modulación 16QAM permite picos de velocidad de datos de hasta 12 Mbit/s en el uplink, mientras que la modulación 64QAM permite picos de velocidad de datos de hasta 21 Mbit/s en el downlink.

Adicionalmente, MIMO 2x2 (Multiple Input Multiple Output) es soportado en el downlink con la evolución de HSPA. Esto utiliza dos antenas para tener el doble de velocidad de datos pico en el downlink; permitiendo un pico de hasta 28 Mbit/s. Cuando MIMO 2x2 es combinado con 64QAM, un pico de velocidad de datos de hasta 42 Mbit/s es habilitado en el downlink. La latencia será también fuertemente reducida con la evolución de HSPA.

CAPITULO IV

INTEROPERABILIDAD GSM-WCDMA

La intención es mostrar una visión sobre la forma en que las redes existentes evolucionarán y trabajarán con WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). En este documento, el término GSM se refiere a GSM, GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution).

Nos focalizaremos en la evolución de los sistemas GSM, la introducción de los servicios de tercera generación (3G) y la integración de GSM y WCDMA para formar una red única. La red única soporta el crecimiento de los servicios de hoy así como la creación y crecimiento de Internet Móvil.

Se toma en consideración la infraestructura completa del sistema. No se refiere a Internet Móvil, sus cadenas de valor y lógica del negocio ni se ocupa de cuales son las aplicaciones a desarrollar o cómo deben ser los terminales para atraer a ciertos segmentos del mercado. Nos ocuparemos de la forma en que los sistemas ofrecen una evolución superior de GSM y WCDMA hacia 3G e Internet Móvil.

La evolución de GSM y WCDMA genera ciertas preguntas críticas para el operador. ¿Cómo pueden los operadores maximizar y reutilizar sus activos actuales GSM? ¿Cómo pueden desplegar WCDMA mientras mantienen la rentabilidad en GSM? ¿Cómo pueden asignar las inversiones de forma óptima entre las infraestructuras GSM y WCDMA? ¿Cómo experimentarán los usuarios los nuevos servicios combinados entre GSM y WCDMA?

Los escenarios de evolución, las necesidades de los operadores y las soluciones sugeridas están basados en la posición de liderazgo de las redes GSM y WCDMA.

Con la nueva generación de sistemas inalámbricos los usuarios contarán con un acceso fácil de usar para la voz, datos, multimedia o cualquier combinación de servicios.

La clave está en la evolución de las redes GSM y WCDMA como una red única, unificada, que comparte el núcleo de la red, la transmisión, la radio y los recursos de aplicación. Esto ha sido posible a través del trabajo de normalización en curso realizado por 3GPP (Third Generation Partnership Project).

La Red única ofrece un amplio rango de opciones para las soluciones de tercera generación (3G) que llevarán las comunicaciones inalámbricas a su máximo nivel. Estas soluciones tienen en cuenta los requerimientos del negocio de los operadores antes, durante y después del despliegue de 3G y los servicios de Internet Móvil. Además, la Red única provee más flexibilidad, mejora las vivencias de los usuarios, protege las inversiones y aumenta la eficiencia.

Provee más flexibilidad. Esta Red única altamente flexible usa diferentes tecnologías para proveer la capacidad necesaria para entregar los mismos servicios a los usuarios. Por ejemplo no se requiere la cobertura completa WCDMA para proveer servicios 3G. Cuando los usuarios que requieren servicios de voz y multimedia, se mueven fuera del área de cobertura WCDMA, la red única conmuta automáticamente hacia GSM y EDGE, para entregar los mismos servicios.

Mejora las vivencias de los usuarios. La Red única provee transparencia de los servicios hacia los usuarios. Los usuarios no notan las distintas tecnologías involucradas en la entrega de servicios de alta calidad, pero sí perciben la alta calidad y amplio rango de servicios que reciben.

Protege las inversiones. Al reutilizar los equipamientos de 2G y 2,5G para sus redes 3G, los operadores hacen el mejor uso de sus inversiones existentes. Los recursos compartidos, incluyendo el transporte, la reutilización de los sitios y las interfaces abiertas, ofrecen una solución de red fácil de manejar y económica.

Aumenta la eficiencia. La combinación efectiva de las tecnologías GSM, EDGE y WCDMA, provee una cobertura completa para la voz, datos, multimedia o cualquier combinación de dichos servicios. La Red única selecciona automáticamente la mejor tecnología o combinación de tecnologías para cumplir con los requerimientos particulares de los abonados en cualquier momento. Los usuarios reciben la mejor calidad de servicio posible, mientras que los operadores se aseguran que la red selecciona el método más económico para entregar esos servicios.

Se describe las soluciones de la Red única y sus distintos componentes. Presenta las estrategias que los operadores pueden emplear cuando introducen 3G así como explica los beneficios de la Red única GSM y WCDMA. Las soluciones de la Red única ayudan a los operadores a satisfacer las crecientes demandas de los actuales abonados GSM mientras que preparan los cimientos para los futuros negocios 3G.

4.0 Antecedentes

En Julio de 2000, el trabajo de normalización de GSM fue llevado al 3GPP, porque hubo un claro reconocimiento en la industria que GSM y WCDMA deben trabajar y evolucionar juntas. Este desarrollo era necesario, dado el enorme éxito de GSM y el amplio número de clientes que usan las redes GSM existentes. Al capitalizar la base de abonados, las frecuencias y las redes GSM ya instaladas, se asegura que las inversiones GSM continuarán siendo lucrativas en los próximos años.

Una industria cambiante

Los mercados de Europa Occidental y algunos mercados asiáticos han alcanzado un muy alto nivel de penetración de la utilización de móviles. Lo mismo es válido para el mercado americano, cuando se consideran los clientes con un nivel de gasto moderado a alto. Sólo el segmento de máquina a máquina permanece como un área de crecimiento que no ha sido explotada.

Pocos abonados están contratando servicios y los que lo hacen, están gastando menos. Esto implica que el enfoque para el futuro crecimiento debe estar en hacer que los actuales abonados usen sus teléfonos más frecuentemente, ya sea por el aumento de minutos de uso de sus servicios centrados en voz, o por la oferta de nuevos y atractivos servicios de datos, tales como los servicios avanzados de Internet Móvil.

Para encarar esos desafíos, para los operadores es crítico poder retener la confianza de la comunidad financiera. Un aspecto clave será la habilidad para implementar un despliegue de 3G rápido y económico, mientras que retienen la rentabilidad de su negocio GSM actual.

Activos de los operadores

Considera que la Red única de GSM y WCDMA, es una de las soluciones más valiosas para el futuro, dado que la necesidad de capacidad y ancho de banda va a impulsar los requerimientos para una utilización eficiente de recursos.

Las bandas de frecuencia GSM son una parte substancial del total de los activos de espectro de un operador. Será cada vez más esencial que se pueda usar el espectro GSM para los servicios de Internet Móvil y para una eficiencia espectral máxima.

Los operadores existentes tienen varias ventajas. Éstas incluyen la red, el espectro y los canales de distribución (los medios de comunicación establecidos entre operadores y sus abonados) existentes. Y por encima de todo, los operadores existentes ya tienen sus propios abonados. La adquisición de nuevos abonados es un enorme gasto para todos los

operadores, y el costo del churn (migración de abonados de un operador a otro) es muy grande.

Es mucho menos costoso mantener un abonado existente que procurar o “comprar” uno nuevo. Actualmente, la mayoría de los abonados existentes son GSM. El desafío para un operador GSM existente consiste en determinar la forma en que su red 2G debe evolucionar para proveer servicios 3G a los abonados.

Evolución hacia 3G

El cambio de GSM hacia 3G, implica el agregado de más funcionalidades, más posibilidades y más valor a la red y al negocio GSM existente. No se trata de una revolución, sino una evolución, en la cual cada parte agrega valor al conjunto.

La evolución comienza con una actualización de la red GSM con la capacidad para paquetes de datos, mediante el agregado de GPRS/EDGE. Esto permite que los usuarios finales ingresen en la experiencia “siempre conectados” (always connected).

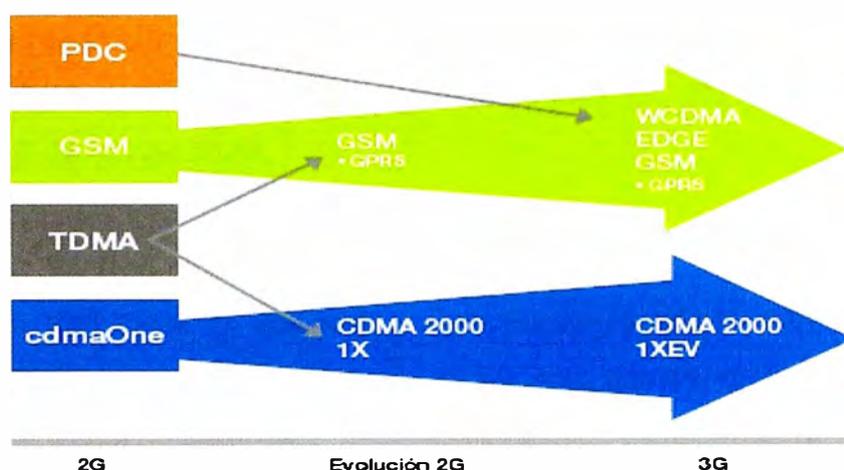


Figura 4.1 Curso de evolución de las normas 2G [13]

El próximo paso es la introducción de servicios 3G, durante el cual la norma GSM se desarrolla de dos maneras:

- (1) WCDMA como acceso de radio 3G para el espectro de banda ancha y
- (2) EDGE como el acceso de radio 3G para el espectro GSM existente.

WCDMA es una tecnología nueva y de alta eficiencia para el tráfico de conmutación de paquetes y de circuitos. Provee más capacidad y velocidades de datos más altas, para enriquecer la experiencia de los usuarios de los servicios existentes de voz y datos, así como con los nuevos servicios avanzados de Internet Móvil.

EDGE es un conjunto normalizado de mejoras a la interface de radio GSM, que brinda mayores velocidades de datos y un aumento de la eficiencia espectral de los servicios de datos. Con EDGE, el operador puede tener tres veces más abonados que con GPRS o triplicar la velocidad de datos. EDGE provee el mismo tipo de servicios 3G que provee WCDMA, pero con menores velocidades de transferencia de datos.

La implementación de EDGE es rápida y económica, EDGE utiliza la estructura de canales, la planificación de frecuencia, los protocolos y la cobertura actuales de GSM. Los operadores podrán obtener más con los mismos recursos físicos.

Dado que las bandas de frecuencia GSM son una parte substancial del total de los activos de espectro de un operador, será cada vez más importante poder utilizar el espectro GSM para los servicios 3G. La elección no será entre WCDMA y EDGE, sino cómo utilizar mejor WCDMA y EDGE.

En los mercados norteamericanos y latinoamericanos, así como en algunos mercados asiáticos y africanos, EDGE es utilizado en el despliegue inicial de los servicios 3G, dependiendo de la situación de mercado y de la disponibilidad de espectro. En Europa, EDGE es visto como un complemento para WCDMA, al agregar cobertura y capacidad 3G a la banda de GSM.

4.1 La Red única

La Red única es una fusión entre las redes GSM y WCDMA, que permite al operador ofrecer servicios de calidad – ya sea voz, datos o multimedia – con la mayor economía y eficiencia de recursos.

La solución de la Red única se compone de terminales multimodo que trabajan sobre las frecuencias GSM y WCDMA y de una red que combina los recursos GSM y WCDMA. La red elige automáticamente, en cada instante, si los servicios serán provistos sobre el acceso de radio GSM o WCDMA, dependiendo de la disponibilidad de recursos y la demanda de servicios.

Experiencia de los usuarios

¿Cómo será la experiencia de los usuarios de una Red única? Primeramente, los usuarios no deberían preocuparse por la red. Tal como los usuarios actuales no deberían notar cuando se realiza un handover entre las bandas GSM de 900 y 1800 MHz, o de 800 y 1900 MHz, los usuarios de una Red única no deberían notar cuando los servicios son entregados por GSM o WCDMA.

Tomemos por ejemplo, un usuario que aborda un tren en una gran ciudad y se dirige al interior. El usuario tiene una terminal multimodo GSM/WCDMA y recibe servicios de un operador con una red GSM con cobertura EDGE nacional. El operador también tiene una red WCDMA con cobertura en todas las grandes ciudades.

La llamada se conecta inicialmente usando la red GSM dado que comienza como una llamada de voz. Durante la llamada, el usuario decide usar una cámara digital para mostrar a un amigo un vídeo grabado previamente. La llamada efectúa un handover hacia WCDMA para manejar el flujo continuo de vídeo (streaming), mientras se mantiene la llamada de voz. A medida que el tren se mueve fuera del área de cobertura WCDMA, la red lleva la llamada de vuelta hacia la red GSM, renegocia con la aplicación de la terminal la transferencia de datos y utiliza la funcionalidad EDGE en la red GSM para continuar el envío de voz y vídeo. El usuario ahora experimenta la misma calidad de voz que antes, pero una menor calidad para el flujo continuo de vídeo.

Servicios sin fronteras

Los operadores GSM que despliegan WCDMA y evolucionan hacia una Red única, tienen la oportunidad de segmentar sus mercados y diferenciar los servicios, basándose en el tipo de servicio.

Dado que los terminales WCDMA tienen capacidad para manejar la voz y los datos en GSM y WCDMA, los usuarios podrán acceder a los servicios desde ambas redes. Los servicios sin fronteras serán brindados a los usuarios por las terminales multimodo GSM/GPRS/EDGE/WCDMA.

Hay varios buenos ejemplos de prácticas de segmentación exitosas al lanzar los servicios de datos de Internet Móvil.

Uno de esos ejemplos es Turkcell, un operador que normalmente ofrece un amplio rango de servicios mixtos: de voz, de mensajes cortos (SMS – Short Message Service) y GPRS, sin focalizarse en la tecnología detrás de ellos.

Despliegue 3G flexible

Una de las mayores fortalezas de la Red única es que permite flexibilidad en el despliegue de 3G.

La Red única asegura que los servicios introducidos sobre GSM o WCDMA, trabajarán en forma unificada sobre ambas. Los servicios están solamente limitados por el ancho de banda ofrecido en ese momento. Este beneficio permite a los operadores proveer servicios de Internet Móvil usando WCDMA en las áreas donde sea beneficioso comercialmente y al

mismo tiempo, proveer el mismo tipo de servicios en forma global, mediante el uso de EDGE sobre la red GSM.

Retención de los abonados GSM

Es importante que los abonados tengan una experiencia positiva durante la migración a 3G. La Red única ofrece servicios genéricos sobre GSM y WCDMA.

En otras palabras, un servicio que es lanzado inicialmente sobre GSM podrá ser brindado fácilmente sobre WCDMA. Los abonados que ya están acostumbrados a cierto tipo de servicios (por ejemplo, una cuenta de e-mail o de un servicio de información) mantendrán el mismo servicio; sin embargo, la calidad de servicio mejorará cuando se use una terminal multimodo GSM y WCDMA.

Normalización

La funcionalidad descrita se basa sobre normas actualmente disponibles. El próximo paso en la evolución de los sistemas GSM incluye la normalización de las mejoras que llevarán a la alineación con WCDMA. Estas mejoras están especificadas como parte de la norma GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network), y aparecen en las siguientes versiones de la norma 3GPP. La norma GERAN soporta las mismas clases de Calidad de Servicio (QoS) que para WCDMA, tales como multimedia conversacional y flujo continuo de vídeo.

De esta manera recibirá soporte todo un nuevo rango de aplicaciones, incluyendo las aplicaciones multimedia. Adicionalmente, GERAN adopta la arquitectura WCDMA, que provee la misma división funcional entre la red central y de acceso de radio.

4.2 La evolución GSM y WCDMA

Estructura de red

Cuando hablamos de una Red única, por razones de simplicidad podemos dividir la red en tres áreas:

- (1) el área de la red de acceso de radio GSM
- (2) el área de la red de acceso de radio WCDMA
- (3) el área común (ver Figura 4.2).

En una Red única las redes de acceso de radio GSM y WCDMA no serán comunes en el futuro próximo, pero las características de control de radio harán que trabajen como un recurso único común.

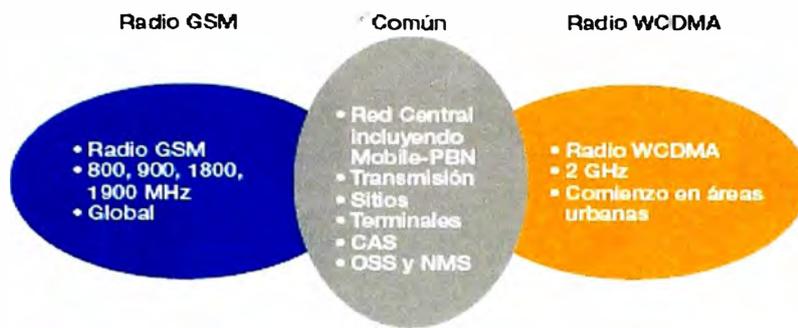


Figura 4.2 La Red única [13]

En la Red única, el área común consiste en todas aquellas que son o serán compartidas entre las redes GSM y WCDMA. Esto incluye la red central común con su red troncal de paquetes móviles (Mobile-PBN – Packet Backbone Network), transmisión, sitios, terminales, la red de servicio, el sistema de administración de clientes (CAS – Customer Administration System), el sistema de soporte de operaciones (OSS – Operation Support System) y el sistema de gestión de red (NMS – Network management System).

4.3 Integración de la red de radio

Al combinar las redes de acceso de radio GSM y WCDMA, es muy importante que el control del tráfico de radio sea capaz de manejar el espectro completo asignado para los dos sistemas como una entidad única. Se ha elegido la implementación del control del tráfico mediante la funcionalidad de Control Adaptativo de Tráfico y la funcionalidad de Auto-Configuración de Sistemas.

Control Adaptativo de Tráfico

El Control Adaptativo de Tráfico garantiza la completa utilización del espectro combinado y los recursos GSM y WCDMA, con un handover sin fronteras y la transferencia de conexiones entre los dos sistemas.

El Control Adaptativo de Tráfico incluye funcionalidades para el control del handover, la diferenciación de servicios y control de carga. El control de potencia en tiempo real, la programación de paquetes y la conmutación de canales son manejadas dentro de cada sistema, debido a los requerimientos de temporización necesarios cuando se ejecutan dichas funciones.

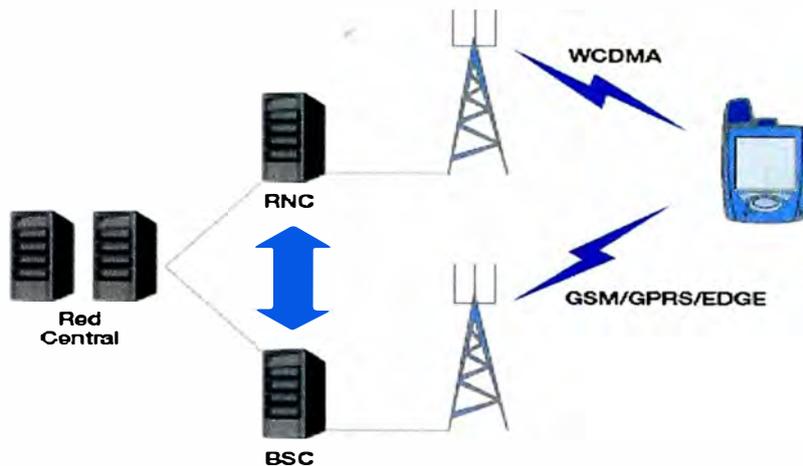


Figura 4.3 Control Adaptativo de Tráfico [13]

La funcionalidad está basada sobre las interfaces normalizadas existentes (A, Gb e Iu) para la comunicación intersistema de la información, tales como configuración y carga.

Control del handover

Cuando se introduce WCDMA, el handover intersistema desde GSM hacia WCDMA se produce basándose en la situación de carga en GSM, mientras que el handover desde WCDMA hacia GSM ocurre basándose en la falta de cobertura.

Diferenciación de Servicio y Control de Carga

La diferenciación de servicio dentro del Control Adaptativo de Tráfico está comprendida por tres partes interactivas:

- (1) **Diferenciación del Servicio basada en criterios**, que permite al operador establecer la política de diferenciación de servicio en función del sistema y la carga. Por ejemplo, el operador puede asignar GSM para manejar la voz y los datos de bajo ancho de banda y WCDMA para manejar los datos de gran ancho de banda.
- (2) **Diferenciación del Servicio basada en Calidad de Servicio (QoS)**, que balancea la carga basándose en la aplicación. Por ejemplo, cuando la carga GSM es pesada, los usuarios que usen aplicaciones de flujo continuo serán asignados a WCDMA, mientras que los usuarios que utilizan el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP – File Transfer Protocol) sobre clases de QoS de segundo plano serán asignados a GSM.
- (3) **Diferenciación de Servicio basada en el contrato** hace las asignaciones basándose en el posible tipo de contrato. Los usuarios con contratos “Gold”, por ejemplo, serán automáticamente asignados al sistema que tenga la menor carga, independientemente de la aplicación o de la clase de QoS.

Auto-Configuración de Sistemas

La actual y futura funcionalidad para la Auto-Configuración de Sistemas (SCS – Self-Configuring Systems) analiza las condiciones en la red de radio combinada GSM y WCDMA así como los principios de guía fijados por el operador. Con esa base, recomienda los ajustes óptimos de red y automáticamente puede configurar esos ajustes. Esto se traduce en un rendimiento optimizado de la red, al minimizar la interferencia de radio, lo que lleva a maximizar la capacidad de dicha red de radio.

El SCS automatiza los ajustes de los parámetros de celda propia y celda vecina que son cambiados más frecuentemente por el control de tráfico en los sistemas, usando el monitoreo del rendimiento en tiempo real y los datos de configuración de la red.

Esto incluye las estadísticas en tiempo real y el registro desde todos los móviles activos en la red, sobre los enlaces ascendentes y descendentes.

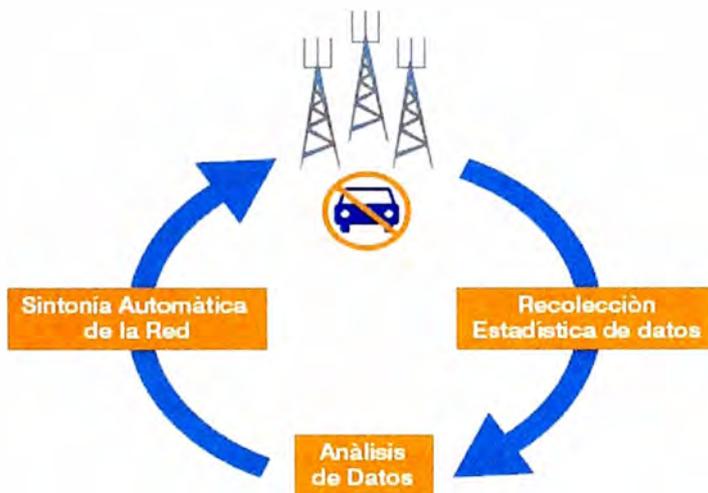


Figura 4.4 Auto-Configuración de Sistemas [13]

Beneficios

Juntos, el Control Adaptativo de Tráfico y SCS proveen un aumento de la eficiencia del espectro, lo que resulta en una menor congestión, mayor velocidades medias de bit y tráfico de voz sin la introducción de nuevos nodos o elementos de red. El Control Adaptativo de Tráfico y SCS simplemente agregan o mejoran las funcionalidades para una comunicación inteligente de nodo en la red combinada de radio GSM/WCDMA.

El Control Adaptativo de Tráfico gestiona las tecnologías de acceso múltiple implicadas en la red de radio GSM/WCDMA, lo que lleva al máximo la eficiencia del espectro y el uso de los recursos del sistema.

Para los operadores que no ven una necesidad temprana de proveer una cobertura WCDMA completa, esta funcionalidad les brinda la oportunidad de limitar el capital inicial y los gastos operacionales a través de un despliegue gradual. Con el Control Adaptativo de Tráfico, los recursos de red GSM seguirán siendo usados en forma eficiente en un ambiente GSM/WCDMA combinado.

4.4 Infraestructura común

Evoluciones de la Red central GSM y Mobile-PBN

Existe un rango completo de soluciones para la evolución de la red central GSM, para soportar GSM y WCDMA. Estas soluciones disponibles en las versiones actuales de la red central y con las soluciones ya disponibles del Mobile –PBN (Mobile Packet Backbone Network).

Mobile-PBN es una solución genérica para la red troncal central de paquetes WCDMA y GSM. Abarca la interconexión de los sitios y los nodos dentro de un sitio, a través de una red troncal multiservicio en IP o IP/ATM.

La Red Central y Mobile-PBN introducen una arquitectura de red central totalmente dividida en capas, lo que separa las diferentes capas de conexión. La red central controlará el acceso combinado y unificado GSM/WCDMA a través de una red troncal común. Por encima de esta red central hay una red de servicios común con aplicaciones comunes para GSM y WCDMA.

Terminal

Desde el principio, todas las terminales WCDMA son multimodo GSM/WCDMA para voz y datos. Para el mercado europeo, inicialmente terminales trimodo GSM/GPRS/WCDMA. Los terminales trimodo GSM/GPRS/EDGE están disponibles para el mercado americano desde el 2003. Durante 2004, le lanzaron terminales multimodo 3G que soporten GSM/GPRS/EDGE/WCDMA.

Radio Bases

Dado que los sitios de las radio bases representan una gran porción de la inversión de la red, al compartir los mismos sitios se obtiene una considerable ganancia. Para los

operadores con una red GSM, hasta el 80% de los sitios WCDMA pueden ser compartidos con los sitios de GSM existentes.

Las radio bases (RBSs) WCDMA y GSM , están diseñadas para tener la misma cobertura en áreas urbanas (WCDMA- 384 kbps de voz; GSM- 1800 kbps voz y datos).

Esta cualidad provee una máxima descarga inter-sistema y ganancia de entroncamiento en un escenario de cobertura macro. Las RBSs tienen un bien probado historial entregando altas potencias de salida, altas sensibilidades del receptor y bajos consumos de potencia.

Las RBSs WCDMA y GSM co-ubicadas, proveen un rendimiento de radio de acuerdo al estado del arte.

Gestión de red

La solución de gestión para una red combinada GSM/WCDMA reduce drásticamente el esfuerzo requerido para configurar y optimizar la red de radio. El sistema común de operación y soporte, provee los siguientes beneficios:

- No hay necesidad de agregar una herramienta extra para manejar los datos externos de celda entre los sistemas.
- Son válidas las mismas definiciones (planificado, área válida, ajuste, etc) en todos los subsistemas.
- La interacción del usuario con el sistema es la misma, independientemente de que tecnología de sistema (GSM o WCDMA) se utiliza.

La solución OSS, un sistema de gestión para una red de radio GSM/WCDMA combinada, aumenta la eficiencia, minimiza la cantidad de personal necesario y reduce los costos de entrenamiento.

Redes compartidas

Compartir la infraestructura es una opción atractiva para reducir los gastos de capital y los costos para el despliegue y operación de redes WCDMA. A menudo se olvida que esta opción no es exclusiva para WCDMA, sino que también es una alternativa para reducir los costos en las redes GSM.

La Red única se basa en la normalización 3GPP, y las soluciones descritas en este informe también se aplican a las redes compartidas o multivendedor. Existe un amplio rango de soluciones para redes compartidas.

Redes de transmisión

En una red de acceso de radio la transmisión debe evolucionar para cumplir con los requerimientos de aumento de flexibilidad, capacidad y disponibilidad. Los principales

impulsores para esta evolución son el crecimiento de los abonados, la introducción de nuevos servicios con requerimientos de ancho de banda y la introducción del transporte basado en paquetes para WCDMA, ahora con ATM (Asynchronous Transfer Mode) y más adelante con IP.

Los recursos de transmisión son entonces utilizados en el modo más eficiente, especialmente cuando los servicios basados en paquetes con más alta velocidad de datos sean una parte substancial del tráfico total. Otros beneficios en una Red única son la simplificación del mantenimiento y la expansión y configuración más rápida de la red.

4.5 De 2G a 3G – un modelo de operador

Para destacar los desafíos que un operador debe enfrentar cuando introduce 3G, hemos desarrollado un modelo de transición hacia 3G. El modelo describe las diferentes fases que encontrará un operador. Les presentamos aquí tres estrategias potenciales de introducción junto con los factores que llevan a cambiar hacia 3G, cómo impacta la selección de la estrategia y los requerimientos resultantes para el operador. Las tres estrategias de transición son:

- (1) despliegue agresivo de WCDMA,
- (2) despliegue de WCDMA a una velocidad moderada y
- (3) despliegue 3G alternativo.

Modelo de transición 3G

Muchos operadores GSM desplegarán WCDMA agresivamente en sus mercados. Esto será el resultado de solicitudes regulatorias o debido a un mercado muy competitivo donde el rápido despliegue de WCDMA será visto como la estrategia adecuada.

Para otros, las condiciones del mercado y otros factores pueden indicar que deberán continuar compitiendo con GSM por unos pocos años más y entonces realizar el paso hacia WCDMA.

La mayoría de los operadores, sin embargo, introducirá WCDMA y los servicios de Internet Móvil multimedia con la intención de ofrecer por una parte los servicios de datos de alta velocidad como también continuar con los de pequeño ancho de banda por algunos años. Entonces, el desafío será segmentar el mercado y posicionar los servicios y los terminales para los diferentes segmentos.

En vista de esta evolución, los operadores GSM y WCDMA transitarán las tres fases diferentes a medida que pasa el tiempo y cambian las condiciones del mercado. Cambiarán desde (I) los actuales negocios sólo GSM y centrados en voz hacia (II) los servicios de

datos inalámbricos globales de baja velocidad con GPRS, con servicios WCDMA de alta velocidad en ciertas áreas, hasta (III) únicamente enfocados sobre servicios multimedia de alta velocidad de Internet Móvil y servicios GSM (ver Figura 4.5).

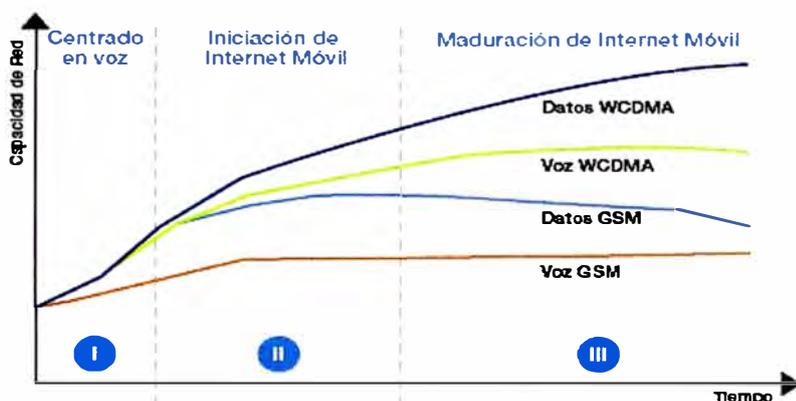


Figura 4.5: Fases de transición GSM y WCDMA [13]

Cada fase se caracteriza por un diferente crecimiento de la base de abonados y de la tasa de utilización. La fase I ilustra el crecimiento de la base de abonados de un operador GSM, que es la única base de abonados. La Fase II muestra el crecimiento continuo de la base de abonados de voz de un operador, mientras que la utilización de datos GSM y WCDMA aumenta a una tasa mayor. La Fase III indica estancamiento del crecimiento de voz y la declinación del uso de datos de baja velocidad a medida que los usuarios migran hacia terminales combinadas GSM/WCDMA con capacidades de alta velocidad de datos multimedia.

Los operadores GSM se moverán a través de las tres fases a medida que el mercado evoluciona. Cada operador debe determinar la mejor estrategia de evolución basada en su situación específica y un conjunto de factores, incluyendo la disponibilidad de espectro, la madurez de los abonados y tamaño y crecimiento de los diferentes segmentos, los servicios de Internet Móvil, la competencia, las terminales y la situación financiera.

La estrategia adoptada determinará el comienzo y la duración de cada fase, así como el tipo de soluciones que el operador elegirá en momentos diferentes.

Despliegue WCDMA agresivo

Desde la perspectiva de la infraestructura, esta estrategia consiste en un despliegue agresivo de una red superpuesta WCDMA, mientras se limitan la mayoría de las

inversiones en GSM. Desde el punto de vista del abonado, significa que dentro de uno a tres años de comenzar los servicios WCDMA, el operador habrá migrado la mayoría de sus actuales abonados GSM hacia la nueva red combinada. Esta migración tendrá que comenzar inmediatamente después de la introducción comercial del WCDMA. En este punto, el enfoque estará sobre los servicios de datos móviles. Los operadores que adopten esta estrategia dejarán la Fase I y pasarán un corto período en la Fase II, antes de entrar rápidamente y permanecer en la Fase III.

Los factores que pueden llevar a algunos operadores a adoptar esta estrategia pueden ser un ambiente altamente competitivo, requerimientos regulatorios, una fuerte situación financiera, una pequeña o mediana red GSM y base de abonados, una capacidad GSM limitada en la actual red y altas tasas de churn.

Dentro del contexto de la evolución GSM y WCDMA, un operador que siga esta estrategia, estará interesado primariamente en soluciones que rápida y suavemente soporten la acelerada introducción de WCDMA. Al mismo tiempo, un operador desea proteger sus inversiones en GSM, así como garantizar una transición suave para sus abonados, desde las terminales GSM hacia las terminales multimodo.

La feroz competencia experimentada en el mercado y la percepción del usuario final sobre los servicios de datos forzarán al operador a desplegar inmediatamente WCDMA a nivel nacional, para servicios de datos y de voz. La enorme capacidad de la red WCDMA permitirá al operador lanzar de manera agresiva los nuevos servicios de voz y de datos para ganar participación de mercado.

Dado que este es un mercado de alto churn, el operador debe reemplazar una gran parte de su base de abonados cada año, para poder mantener su participación de mercado. Los nuevos abonados que adquieren nuevas terminales brindarán al operador la oportunidad de introducir suavemente el servicio WCDMA, mediante el ofrecimiento de nuevas terminales multimodo GSM/GPRS/WCDMA en lugar de las terminales GSM. Las estadísticas muestran, por ejemplo, que al menos uno de cada cuatro abonados adquirirá una nueva terminal cada año, en mercados que experimentan un 25 por ciento de tasa anual de churn. Esos abonados, por lo tanto, son usuarios potenciales de los nuevos servicios WCDMA.

Despliegue WCDMA Con velocidad moderada

Desde una perspectiva de red, esta estrategia consiste en el despliegue de WCDMA en áreas urbanas, mientras se continúa la inversión en GSM para agregar capacidad para el crecimiento del tráfico de voz y para los servicios de datos de baja velocidad sobre GPRS.

Desde el punto de vista de un abonado, esto significa que los servicios multimedia avanzados de Internet Móvil estarán disponibles solamente en áreas urbanas, mientras que los servicios de datos más básicos estarán todavía disponibles fuera del área de cobertura WCDMA.

El operador introducirá gradualmente los terminales multimodo GSM/GPRS/WCDMA, dependiendo de la demanda y disponibilidad. Los operadores que elijan esta estrategia dejarán la Fase I, permanecerán un largo tiempo en la Fase II y entonces entrarán gradualmente y permanecerán en la Fase III.

Los factores que influenciarán a algunos operadores a adoptar esta estrategia, incluyen un fuerte crecimiento en GSM y GPRS, problemas actuales con la calidad y capacidad, una gran red GSM y una gran base de abonados, disponibilidad de terminales, una madurez gradualmente creciente del mercado de datos inalámbricos y una situación financiera estable.

Consideremos un operador GSM asiático, con 5 millones de abonados en un mercado de rápido crecimiento, con un mercado de Internet Móvil también creciente. Para proteger su participación de mercado, el operador debe ofrecer servicios de voz de alta calidad, mientras se posiciona como un proveedor innovador de Internet Móvil. Para obtener capital, esta compañía con acciones negociables, debe tener una hoja de balance saludable, así como una sana declaración de ganancias y pérdidas.

En el momento de la introducción de WCDMA, el operador deberá focalizarse en su rentabilidad.

Esos factores llevan a este operador a continuar la construcción de GSM para mantener su red de alta calidad y a lanzar nuevos servicios globales de datos GSM (usando GPRS y EDGE), mientras construye su cobertura WCDMA y realiza la migración de los usuarios de mayor nivel hacia las terminales multimodo GSM/WCDMA.

El despliegue de WCDMA para ganar cobertura en las principales ciudades puede comenzar inmediatamente, para incrementar la capacidad y la cobertura, dependiendo de la madurez del mercado. Mediante la construcción gradual de la red WCDMA y la introducción gradual de terminales WCDMA, el operador minimiza los riesgos financieros

mientras el mercado madura. Esto es posible debido a la funcionalidad sin fronteras que permite que las terminales usen la red EDGE cuando están fuera de las áreas de cobertura WCDMA.

La base de abonados y el tráfico de las dos redes continuarán creciendo por varios años, hasta que la cobertura WCDMA sea igual a la de GSM. En este punto, el operador podrá poner en el mercado los servicios avanzados de Internet Móvil, combinando la capacidad total de las dos redes de la mejor manera posible, para implementar sus estrategias y alcanzar sus objetivos.

Los operadores que sigan esta estrategia estarán interesados en soluciones que le permitan ofrecer servicios que trabajen en ambas redes (GSM y WCDMA). Deberían considerar las inversiones incrementales para la capacidad en GSM, así como para los nuevos servicios de datos GSM que pueden ser introducidos para tantear el mercado. Al forjar la lealtad entre su base de abonados, este operador estará listo para introducir la capacidad WCDMA, al mismo tiempo que continua reteniendo sus clientes.

Despliegue 3G alternativo

Esta estrategia se basa en que el operador permanece en la Fase II y compite solamente mediante el uso de la red GSM existente. La red WCDMA será desplegada, pero en una etapa posterior.

Considere un operador GSM en América, con un millón de abonados y una participación dominante del mercado del 40%. Su base de abonados está todavía centrada en la voz, pero el operador ha lanzado exitosamente los servicios de datos usando SMS y GPRS. Debido a cuestiones regulatorias, actualmente no hay frecuencias disponibles para WCDMA. Su principal competidor, un rival en CDMA (Code Division Multiple Access), mantiene un 30 por ciento de participación de mercado y está introduciendo agresivamente nuevos servicios de datos móviles.

La feroz competencia en este mercado llevará al operador a planificar cuidadosamente servicios que lo ayuden a diferenciarse de sus rivales, de manera de mantener su participación de mercado.

La estrategia de este operador es continuar la construcción de GSM para mantener su red de alta calidad y apoyarse sobre la red nacional existente de GPRS, para lanzar agresivamente servicios 3G con la actualización del sistema EDGE. El operador puede también prestar atención a la calidad de red y la cobertura, para contrarrestar la fuerte competencia, manteniendo la alta calidad de su actual oferta de voz.

En el corto y medio plazo, los operadores que implementen esta estrategia de transición, requerirán nuevos y sólidos servicios de datos con despliegue de GPRS y EDGE, para competir exitosamente en sus mercados. Es importante para esos operadores invertir en infraestructura GSM que soporte suavemente la futura introducción de WCDMA al mismo tiempo que garantizan que los servicios GSM permanecen competitivos y rentables.

4.6 Ahorros de costos con la Red única

Cuando se evoluciona desde una red GSM pura hacia una Red única GSM/WCDMA, hay dos áreas diferentes que son fuente de ahorros de costos: los gastos de capital (CAPEX) y los gastos de operación (OPEX). Analizaremos aquí ambas, con respecto a los ahorros potenciales.

Áreas de ahorro de CAPEX

La Red única protege las inversiones de un operador GSM cuando evoluciona hacia una red 3G, mediante la reutilización de los recursos GSM. Hay varias áreas en las que los operadores pueden realizar ahorros:

- (1) la red de acceso de radio,
- (2) la red central de conmutación de paquetes,
- (3) la red central de conmutación de circuitos y
- (4) tasación y facturación.

La red de acceso de radio, una de las partes más costosas de una red inalámbrica, ofrece varias áreas para ahorros potenciales cuando se construye la UTRAN. Las más importantes son:

- Compartir la UTRAN con otros operadores.
- Co-ubicación y coexistencia de GSM y WCDMA, que brindan oportunidades para compartir pequeños sitios debido a la pequeña área ocupada por el gabinete, antena y alimentadores, equipos de potencia y líneas de transmisión.

La co-ubicación de equipamientos exclusivos del mismo fabricante en un sitio aumenta el potencial de ahorros debido a que las soluciones WCDMA están diseñadas para coexistir con las soluciones GSM.

- Utilización de subsistemas comunes de operaciones y gestión para las redes de acceso de radio GSM y WCDMA.
- Tener áreas de gabinetes y métodos de instalación similares para 2G y 3G, reduce los costos de capacitación para los ingenieros de instalación.

Red central de conmutación de paquetes. Los productos para la red central de conmutación de paquetes brindan una migración suave desde GSM/GPRS hacia WCDMA. Tanto el SGSN (Serving GPRS Support Node) como el GGSN (Gateway GPRS Support Node) pueden ser totalmente reutilizados en la topología de red WCDMA, permitiendo la mejor protección posible de la inversión de un operador. Mientras se encuentra en una fase inicial, la capacidad vacante en GPRS puede ser utilizada para soporte WCDMA dedicado. Los nodos de la red central soportarán tanto GSM/GPRS como WCDMA.

La reutilización de la infraestructura existente no sólo permite ahorros en las inversiones sino también otras ventajas:

- Reduce la elevada señalización.
- Reduce los costos de operación y mantenimiento.
- Reduce los costos de capacitación.

Gracias a una probada plataforma de gestión de red, la reducción de los costos de operación y mantenimiento y de las actividades de capacitación, produce grandes ahorros en el área de operaciones.

Son posibles ahorros adicionales en el campo de operaciones porque se mantienen todos los procedimientos establecidos para el mantenimiento, soporte técnico y gestión de piezas de repuesto. Además, se requiere poco o ningún entrenamiento adicional para los ingenieros de soporte de campo.

Red central de conmutación de circuitos. Si se actualizan hacia una arquitectura en capas, los MSC/VLRs (Mobile Switching Center/ Visitor Location Center), pueden ser reutilizados para manejar el tráfico tanto de GSM como de WCDMA.

Se han diseñado estos productos para permitir una migración suave. Dependiendo de sus futuras necesidades y del crecimiento del tráfico, los operadores pueden migrar la parte de conmutación de circuitos de la red, hacia una arquitectura combinada o dividida.

Al elegir la arquitectura combinada, las plataformas MSC/VLR de 2G pueden ser migradas hacia MSCs con características 3G completas. Si el operador decide introducir la arquitectura dividida, los MSC/VLRs de 2G pueden ser migrados hacia servidores MSC. En ambos casos, la migración de los productos garantiza la más alta protección posible para las inversiones y genera ahorros de costos. La reutilización de los MSCs 2G también lleva a ahorros de costos en el área operacional.

Tasación y facturación. La elección de reutilizar y migrar los equipos en la red central no requiere la introducción de nuevos dispositivos para interactuar con el sistema de

facturación existente. El Gateway de Facturación, que se usa actualmente en la red GPRS, puede ser completamente reutilizado en la red 3G.

Áreas de ahorros de OPEX

Se obtienen muchos beneficios por operar las redes GSM y WCDMA como una red única, especialmente cuando se refieren al ahorro de costos operacionales. La complejidad de llevar el negocio del operador con dos redes separadas, aumenta exponencialmente. El operador puede, también realizar ahorros significativos al elegir pocos proveedores para su red.

Analizaremos aquí los aspectos más importantes de una red única y de la relación proveedor-operador con respecto a los ahorros potenciales y facilidad de operaciones. Esto incluye:

- (1) gestión del servicio al cliente,
- (2) planificación técnica,
- (3) capacitación,
- (4) servicios de instalación,
- (5) pruebas de interoperabilidad,
- (6) operaciones, mantenimiento y soporte y
- (7) procesos e interfaces humanas.

La gestión de servicios al cliente es uno de los mayores gastos del negocio de un operador móvil. Al tener sistemas comunes para atención al cliente, registro y facturación, se obtienen substanciales ahorros de OPEX, en términos de costos de personal y de capacitación. La arquitectura en capas de la Red única hace posible esos ahorros.

Planificación técnica. Para cada red y proveedor, el operador necesita establecer un equipo de trabajo para planificar y coordinar las operaciones en curso. Esto resulta en costos adicionales de personal altamente calificado de nivel gerencial y técnico.

Capacitación. El mantener dos redes separadas, cada una con sus productos específicos, aumenta significativamente el costo de la capacitación. Al incorporar equipamiento de red de un nuevo proveedor, automáticamente habrá nuevos requerimientos de capacitación para operar, mantener y dar soporte a los nuevos productos.

Los servicios de instalación, especialmente en la red de acceso de radio, abarcan una porción importante de los costos de operación. Cuando se co-ubican equipos de diferentes proveedores, los esfuerzos para el despliegue inicial de todos los elementos de red son mucho más altos.

Al usar equipamiento con pasos de evolución suave, se trabaja sobre interconexiones predefinidas y se facilitan los procedimientos de actualización. Esto requiere menos material y ofrece una instalación más sencilla que cuando se superponen equipos de otros proveedores. También se reduce la carga del personal, lo que también lleva a reducciones de costos.

Pruebas de Interoperabilidad. Al introducir los equipos de un nuevo proveedor en la red, se aumenta la cantidad de pruebas de interoperabilidad para verificar el funcionamiento integrado de los elementos de red. Esto puede provocar retardos en el despliegue de nuevas características y capacidades y requiere la ulterior intervención del operador durante la integración de un sistema con múltiples proveedores. Dicha integración requiere la dedicación del personal del operador y, en muchos casos, obligaciones de compras adicionales de equipamiento.

Operaciones, mantenimiento y soporte. Independientemente del tipo y cantidad de equipamiento involucrado, el operador necesita asegurar los acuerdos para la operación, el mantenimiento y el soporte con todos los suministradores. Esto requiere formar equipos de personas altamente capacitadas (y por lo tanto costosas) tanto del lado del operador como del proveedor. El aumento del número de proveedores, lleva automáticamente a costos más altos.

Procesos e interfaces humanas. El mantenimiento de los contactos con los proveedores, los procesos y las interfaces humanas son importantes aspectos de la relación entre proveedor y operador. La introducción de un nuevo proveedor generará la necesidad de dedicar tiempo a estas cuestiones, lo que reducirá la productividad del trabajo y aumentará los costos.

4.7 Coexistencia entre los sistemas Móviles de 2G y 3G

El extraordinario desarrollo experimentado por los sistemas de comunicaciones móviles en la última década ha dado lugar a la implantación de sistemas de características dispares en un mismo entorno. Es muy frecuente que en un mismo emplazamiento coexistan varios sistemas de radio, que terminales móviles de un sistema pasen cerca de estaciones base de otros sistemas o que terminales móviles de diferentes sistemas estén operando cerca unos de otros.

Se describe los problemas de coexistencia entre los sistemas radio de comunicaciones móviles, centrandó la atención en los que se producen entre los sistemas 2G y 3G. Se

describen los mecanismos de interferencia y las especificaciones relevantes en este problema, destacando las consideraciones recogidas en las normas más recientes para favorecer tanto la coexistencia como la compartición de las instalaciones. Finalmente, la metodología descrita se aplica al análisis de la coexistencia en un mismo emplazamiento de estaciones base de los sistemas GSM y UMTS, con bandas contiguas de subida (up link) y bajada (down link).

La proliferación actual de sistemas de comunicaciones móviles en un mismo entorno compartiendo emplazamiento tiene, junto con evidentes ventajas económicas y medioambientales, el inconveniente en muchos casos de que coexistan sistemas en cuyas especificaciones no está prevista ésta situación de proximidad.

En un futuro próximo es previsible que los sistemas de cuarta generación (4G) incorporen diferentes tecnologías de transmisión, tanto para las comunicaciones móviles como para las redes locales inalámbricas, con objeto de mejorar la eficiencia espectral. En éste escenario, los problemas de interferencia deberán ser considerados de forma relevante, tanto en las especificaciones de los sistemas como en el despliegue de la red. La coexistencia de sistemas radio diferentes, en un mismo entorno geográfico o en una misma ubicación, da lugar a un potencial problema de compatibilidad electromagnética (CEM).

La compatibilidad electromagnética puede definirse como la capacidad de un equipo electrónico de funcionar correctamente en un determinado entorno sin perturbarlo excesivamente. Esta definición incluye los conceptos de inmunidad y emisión. Inmunidad en el sentido de funcionar correctamente en presencia de señales interferentes de determinado nivel y frecuencia.

Emisión en cuanto al límite que se establece a las emisiones generadas por el equipo, que puedan dar lugar a disfunciones en otros.

Los problemas de CEM son comunes a todos los equipos electrónicos, por lo que existen normas de CEM, tanto de emisión como de inmunidad, aplicables a los distintos ámbitos de utilización: militar, comercial, industrial, médico, etc.

Los equipos de radio tienen una problemática peculiar, ya que presentan una emisión deseada de potencia radiada, lo que hace que su normativa de CEM sea específica.

En todas las situaciones de CEM se pueden distinguir tres elementos:

- **El elemento interferente.** Es aquel que genera la señal interferente.
- **El elemento interferido.** Es el que se ve perturbado en su funcionamiento por la presencia de la señal interferente.

- **El camino de acoplamiento.** Es el que sigue la señal interferente entre los anteriores elementos.

Dentro de los sistemas de comunicaciones móviles, los elementos interferentes son habitualmente los transmisores, el camino de acoplamiento es radiado y los elementos interferidos son los receptores.

Se analizan los motivos por los que se presentan los problemas de interferencia entre sistemas radio de comunicaciones móviles, analizando los transmisores como equipos generadores de interferencia y los receptores como elementos cuyo umbral de inmunidad puede verse superado, dejando de funcionar correctamente. Se realiza un exhaustivo análisis de las especificaciones, que es el punto de partida para evaluar los posibles problemas de compatibilidad. Se destacan las relativas a los escenarios planteados, así como aquellas que contemplan la coexistencia con otros sistemas radio, como es el caso del UMTS y del GSM fase 2+.

Finalmente, se analiza la coexistencia en un caso particular, que corresponde a la coexistencia entre los sistemas GSM y UMTS ubicados en la misma Estación Base (BS) en el que se consideran como datos de entrada los valores de las especificaciones (es la situación más desfavorable).

TIPOS DE INTERFERENCIA

En los sistemas de comunicaciones radio, la interferencia de radiofrecuencia (RF) se puede clasificar en:

- **Interferencia cocanal**

La interferencia cocanal es aquella situada en el mismo canal de la señal deseada. Los tipos más habituales de interferencia cocanal son:

- Ruido externo.
- Emisiones en la misma frecuencia desde otras celdas del sistema.
- Productos de intermodulación entre los emisores externos.

La interferencia cocanal es difícil controlarla en el receptor, ya que se presenta en la misma banda que la señal deseada. Por ello debe actuarse sobre el elemento generador de la interferencia o sobre el camino de acoplamiento.

- **Interferencia fuera de canal**

La interferencia fuera de canal es aquella situada fuera del canal asignado a la señal deseada. Los tipos más habituales de interferencia fuera de canal son los siguientes:

- Señales de canales adyacentes.
- Señales que dan lugar a productos de intermodulación en el receptor.
- Emisiones de potencia de otros sistemas.
- Respuesta parásita del receptor, frecuencia imagen.

La interferencia fuera de canal puede controlarse actuando en el receptor, aumentando su selectividad mediante la instalación de filtros adicionales, o actuando sobre el camino de acoplamiento. Asimismo, en algunos casos puede actuarse sobre los elementos generadores de la interferencia mediante filtros que reduzcan su nivel. La Figura 4.6 muestra un resumen de las señales presentes en la recepción de un sistema radio.

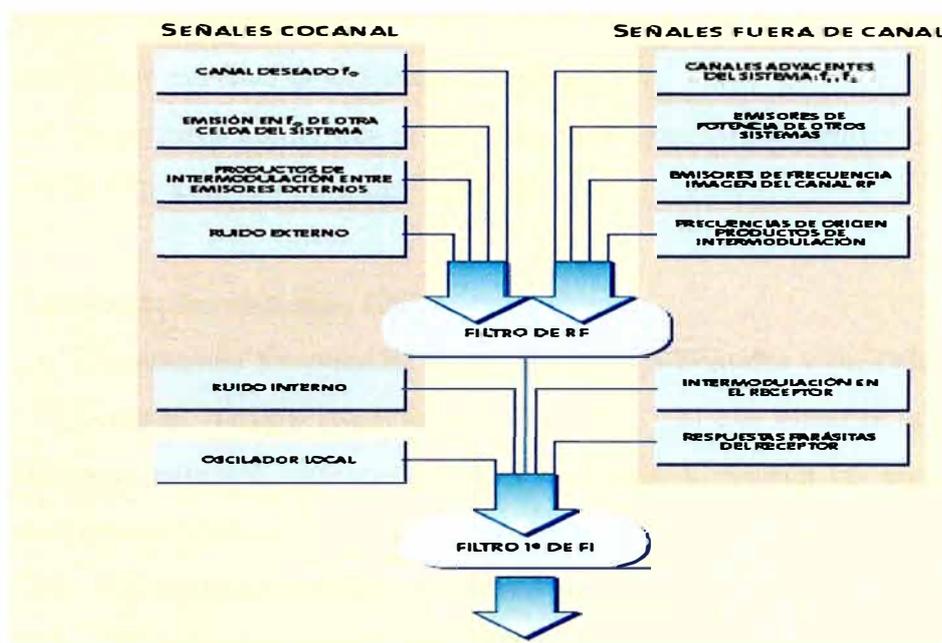


Figura 4.6 Señales presentes en recepción [16]

BANDAS DE FRECUENCIAS

La expansión de las comunicaciones móviles celulares en Europa, ha venido determinada por la implantación del sistema GSM como estándar frente a las diferentes normas analógicas europeas existentes, cuya incompatibilidad y escasa capacidad forzó a fabricantes y operadores europeos a desarrollar el nuevo estándar.

La implantación masiva de esta segunda generación de sistemas móviles (digitales), puso de manifiesto problemas de coexistencia con los sistemas de primera generación (analógicos), en cuyas especificaciones no estaban previstas las medidas de CEM adecuadas para el nuevo sistema. Este hecho será patente en la implantación de los

sistemas de tercera generación (3G), que en muchos casos compartirán las instalaciones con los sistemas de primera y segunda generación del mismo operador, e incluso con los sistemas 3G de otros operadores, tanto por razones técnicas, como de coste y medio-ambientales.

Este problema será especialmente relevante en aquellos países que tienen sistemas digitales 2G de origen americano, en los que la implantación de los sistemas 3G europeos supone compartir las mismas bandas de frecuencias.

A la hora de estudiar un problema de coexistencia, la primera acción es valorar el grado de coordinación de las bandas de frecuencias de los sistemas afectados y el escenario a que corresponde: coexistencia de estaciones base en un mismo emplazamiento, coexistencia de estaciones móviles de diferentes sistemas, etc.

En los párrafos siguientes se presenta la asignación de bandas de frecuencias normalizadas por la ITU para los sistemas 2G y 3G.

Bandas de los sistemas GSM

La "Conferencia Europea de administraciones Postales y de Telecomunicación (CEPT)" de 1982 crea el "Grupo Especial Móvil (GSM)", al que encarga la elaboración de las normas europeas para los sistemas móviles digitales, y reserva las siguientes bandas de emisión para estos sistemas:

890 - 915 MHz para estaciones móviles.

935 - 960 MHz para estaciones fijas.

En 1996 se amplía el estándar a la banda de 1800 MHz, reservándose las siguientes bandas de emisión:

1710 - 1785 MHz para estaciones móviles.

1805 - 1880 MHz para estaciones fijas.

El ETSI (TS 101 087) especifica las siguientes bandas de frecuencias para las estaciones base de los sistemas de comunicación celular GSM fase 2 y fase 2+ (ver la Tabla 1).

SISTEMA	TX(MHz)	RX(MHz)
GSM 900	935,0 - 960,0	890,0 - 915,0
DCS 1800	1805,0 - 1880,0	1710,0 - 1785,0
E-GSM 900	925,0 - 960,0	880,0 - 915,0
R-GSM 900	921,0 - 960,0	876,0 - 915,0
GSM 450	460,4 - 467,6	450,4 - 457,6
GSM 480	488,8 - 496,0	478,8 - 486,0
GSM 850 Y MXM 850	869,0 - 894,0	824,0 - 849,0
PCS 1900 Y MXM 1900	1930,0 - 1990,0	1850,0 - 1910,0

Tabla 4.1 Bandas de frecuencias para estaciones base GSM [16]

Bandas de los sistemas UMTS

La ITU, a través de su grupo de trabajo 8/13, posteriormente IMT 2000, reserva en la Conferencia Mundial de Radiocomunicación de 1992 las bandas de frecuencias para los nodos de la componente terrestre y por satélite de los sistemas 3G (ver la **Tabla 4.2**).

SISTEMA	TX (MHz)	RX (MHz)
3G Terrestre	2110 - 2200	1885 - 2025
3G Satélite	2170 - 2200	1980 - 2010

Tabla 4.2 Bandas de frecuencias de los sistemas 3G [16]

UMTS / FDD		
Zona	TX (MHz)	RX (MHz)
Región 1	2110 - 2170	1920 - 1980
Región 2	1930 - 1990	1850 - 1910

UMTS / TDD	
Zona	TX + RX (MHz)
Región 1	1900 - 1920, 2010 - 2025
Región 2	1850 - 1910, 1910 - 1930, 1930 - 1990

Tabla 4.3 Bandas de frecuencias de UMTS asignadas por el ETSI [16]

La Figura 4.7 muestra las bandas de frecuencias asignadas actualmente por la ITU a los sistemas IMT 2000 y su implantación en diversas zonas y países. Sobre las bandas de PCS correspondientes a China y EEUU se ha solapado la banda de IMT 2000, siendo evidente la problemática que supone la introducción de sistemas 3G en este entorno, ya que requerirá la redistribución de las bandas correspondientes a los sistemas existentes.

El ETSI especifica las bandas de frecuencias para las estaciones base de los sistemas UMTS / FDD y UMTS / TDD para la zona europea (región 1) y americana (región 2), ver la Tabla 4.3

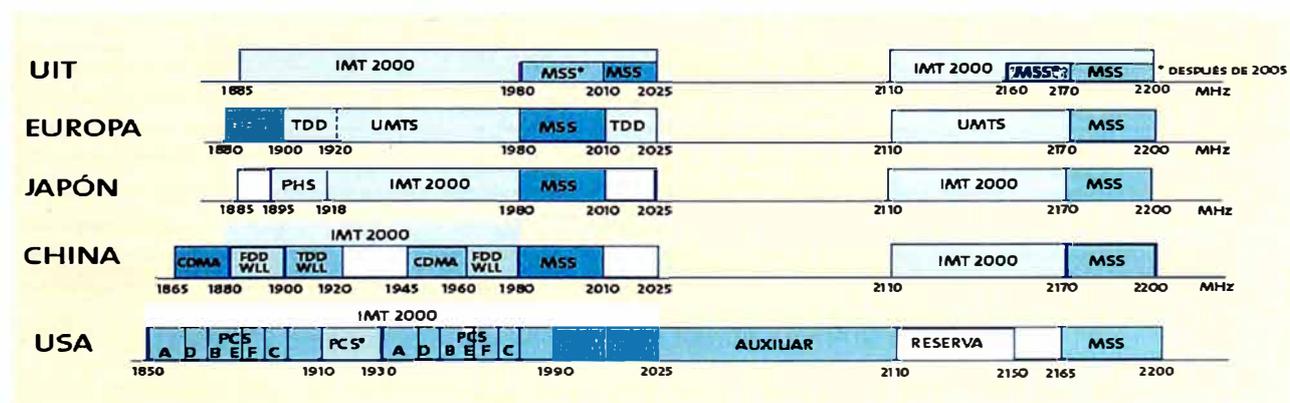


Figura 4.7 Espectro reservado por la ITU para IMT 2000.[16]

En el Perú, el espectro radioeléctrico está gestionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) quién define el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) y es responsable del Registro Nacional de Frecuencias.

Actualmente, hay concedidas dos licencias para operar en la banda de 800 MHz (Telefónica Móviles y América Móvil) y tres en la banda de 1900 MHz (Telefónica Móviles, América Móvil y Nextel del Perú). En las Tablas 4.4 y 4.5 se muestran las bandas utilizadas por los distintos operadores de servicios telefónicos móviles (GSM y/o UMTS) en el Perú.



Bandas 824 - 849 MHz y 869 - 894 MHz (Servicio telefónico móvil)

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Area de Asignación
	Ida	Retorno		
A	824 - 835	869 - 880	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
	845 - 846,5	890 - 891,5		
B	835 - 845	880 - 890	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
	846,5 - 849	891,5 - 894		
sub-Banda	Rango de frecuencias (MHz) BW: 1,25 MHz		Empresa	Area de Asignación
	Ida	Retorno		
B1	846,5 - 847,75	891,5 - 892,75	Disponible	
B2	847,75 - 849	892,75 - 894	Disponible	

Nota P53 PNAF.

Las bandas 824 - 849 MHz y 869 - 894 MHz están atribuidas a título primario a los servicios públicos de telecomunicaciones móviles y/o fijos. El otorgamiento de la concesión y la asignación de espectro para la explotación de dichos servicios serán mediante concurso público. La banda B' (846,5 - 849 MHz y 891,5 - 894 MHz) se encuentra atribuida para servicios públicos de telecomunicaciones en áreas rurales y lugares considerados de preferente interés social en todas las provincias que conforman el territorio del Perú, excepto en las áreas de Lima y Callao consideradas como Área 1, según la R.M. N° 439-91-TC/15.17, y su asignación es a solicitud de parte.

Tabla 4.4 Espectro asignado por el MTC en la banda de 800 MHz.



Bandas 1 850 - 1 910 MHz y 1 930 - 1 990 MHz (Servicios móviles y/o fijos)

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Area de Asignación
	Ida	Retorno		
A	1 850 - 1 865	1 930 - 1 945	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
D	1 865 - 1 870	1 945 - 1 950	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional
B	1 870 - 1 882,5	1 950 - 1 962,5	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
E	1 882,5 - 1 895	1 962,5 - 1 975	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional
C	1 895 - 1 910	1 975 - 1 990	América Móvil Perú S.A.C. (En proceso de Devolución)	A Nivel Nacional

Nota P65 PNAF.

Las bandas 1 710 - 1 850 MHz y 1 850 - 1 910 MHz y 1 930 - 1 990 MHz están atribuidas para servicios públicos de telecomunicaciones móviles y/o fijos. El otorgamiento de la concesión y la asignación de espectro para la explotación de dichos servicios será mediante concurso público de ofertas(...)

Tabla 4.5 Espectro asignado por el MTC en la banda de 1900 MHz.

En el presente año se han subastado y asignado bandas en 900 MHz y 450 MHz para servicios fijos inalámbricos.

CONCLUSIONES

Las interfaces, protocolos y arquitecturas de UMTS se encuentran en un estado de especificación muy avanzado, que permite tener una visión bastante nítida de cual será la evolución de UMTS y la naturaleza de los nuevos servicios integrados multimedia a los que dará soporte. En esa evolución hacia UMTS, el protocolo IP desempeña un papel primordial en el transporte de todo tipo de contenidos y como base para los nuevos protocolos de control de sesiones multimedia.

Puede decirse que IP ya está preparado para dar respuesta a este nuevo entorno de convergencia y movilidad para el que no fue diseñado originalmente, con soluciones que ya están siendo desplegadas por los operadores (Mobile IP, MPLS, Diff Serv) y con la pila de protocolos de su versión IPv6, disponible en las nuevas versiones del sistema operativo de una gran cantidad de equipos de comunicaciones.

Mientras tanto, las redes de tercera generación son hoy una realidad que viene a confirmar la importancia del protocolo IP.

De otro lado se trata de poner de relieve los éxitos económicos y sociales de la 2^a generación de comunicaciones móviles digitales estándar conocida como GSM. Las economías de escala creadas por GSM como un sistema unificado han proporcionado asequibles servicios de comunicaciones móviles para todos. Su rápida aceptación como estándar a nivel mundial de facto ha sido un motor clave para el crecimiento socio-económico de muchas regiones en todo el mundo.

También se trata de demostrar que GSM representa algo más que una interfaz de aire de radio. Se define una red funcional para una completa red de móviles, celulares, de comunicaciones personales. Estamos resaltando cómo el éxito de GSM puede ser atribuida al hecho de que su desarrollo se basa en la entrega de un específico beneficio de usuario - roaming internacional. Las exigencias del roaming internacional dieron lugar a profundos cambios en la arquitectura GSM y procura un estándar abierto a prueba de futuro que garantiza la interoperabilidad, sin desanimar la competencia y la innovación entre los proveedores.

Por otra parte, hemos observado cómo GSM ha sido el catalizador del enorme cambio en el volumen de tráfico de las redes fijas a las redes móviles. Esto ha dado lugar al surgimiento de un paradigma móvil, en el que el teléfono móvil se ha convertido en la primera elección de teléfono personal. Cómo la aparición de un simple, sistema alfanumérico de mensajería de texto (SMS), un singular fenómeno GSM, ha aumentado la aceptación de ubicuidad. Al hacerlo, ha contribuido significativamente elevando el ARPU (promedio de ingresos por usuario) del operador móvil, mientras que enriquece las comunicaciones de persona-a-persona. Tal vez, lo más importante de todo, destacamos cómo el advenimiento de las suscripciones pre-pago, la capacidad y flexibilidad para utilizar el teléfono móvil sin el gravamen de los contratos, se ha convertido en el único y más importante generador de ingresos de servicios para operadores de redes móviles en el Mundo. Pre-pago ha simplificado el servicio y abrió el acceso de telecomunicaciones móviles a los que de otro modo no califican para suscripciones basadas en Planes de contrato. Aunque aceptamos que pre-pago no es exclusivo de GSM, el estándar de arquitectura abierta, de características únicas de diseño facilitó su introducción y omnipresencia. Hoy, la mayoría de las nuevas suscripciones a nivel mundial son pre-pago en lugar de Postpago.

Aunque GSM es sólo uno de los elementos de la agrupación de las actuales, y futuras, redes de telecomunicaciones, ha tenido un profundo efecto en nuestras vidas. Aunque otras formas de tecnología móvil también pueden justificar su apuesta a la reivindicación de la contribución socioeconómica a las comunicaciones móviles, GSM es de naturaleza omnipresente que ha hecho que sea casi sinónimo de telefonía móvil. Si nos fijamos en estos aspectos en términos humanos: GSM, simplemente proporciona comunicaciones básicas y la conexión de las comunidades crónicamente no servidas en África, Asia, y América Latina, ha contribuido a reducir la brecha digital y ha demostrado el más largo alcance social. Considerando que fue una vez promocionada, "la mitad del mundo no ha hecho aún una llamada de teléfono", hoy podemos decir que La mitad del mundo está ahora al alcance de un teléfono - y que es un teléfono móvil GSM. Por último, estamos moviéndonos rápidamente hacia una sociedad de la información inalámbrica móvil que permitirá la convergencia de la movilidad y la Internet. Esta sociedad promete proporcionar una infraestructura de red que ofrece acceso inalámbrico independiente del momento y del lugar a un gran número de aplicaciones de valor añadido y servicios, mientras que en al mismo tiempo prometer para hacer la vida más fácil. Sin embargo, el camino a la sociedad de la información móvil inalámbrica no se alcanzará a

través de la revolución, sino más bien por evolución. Pero evolución no significa que se quedarán sin problemas.

En consecuencia, GSM también está evolucionando para permitir una transición sin problemas a los Sistema de telecomunicaciones móviles de próxima generación. Sea cual sea el trastorno los sistemas de próxima generación deben llevar, la voz y la libertad y la comodidad de Comunicarse sin necesidad de estar conectado físicamente, y seguirá siendo una forma esencial de comunicación de los seres humanos.

Una Red mixta GSM/GPRS/EDGE/WCDMA permite el crecimiento de los servicios actuales así como la creación y crecimiento de Internet Móvil.

El control de la red de radio, la co-ubicación de estaciones base y las soluciones de la red central (core) común, son algunas de las partes de la Red única que ayudan a encarar los desafíos de la evolución de la red.

Las soluciones de la Red única se enfocan en los requerimientos de los operadores antes y después del despliegue de 3G y de los servicios de Internet Móvil. Agregan flexibilidad en el desarrollo de 3G, mejoran el rendimiento del sistema y protegen las inversiones de red a través de la reutilización de los recursos.

Gracias a la interoperabilidad entre WCDMA Y GSM, los usuarios de terminales móviles de tercera generación pueden disfrutar sin problemas de cobertura desde el principio. Los retos de la interoperabilidad entre WCDMA y GSM han sido superadas mediante:

- Terminales móviles modo dual.
- Canal de mediciones en modo comprimido.
- Re-selección de celdas entre WCDMA y GSM.
- Cambio de orden de celdas WCDMA-GSM, y
- Handover entre WCDMA y GSM.

Se ha demostrado con éxito el handover Entre WCDMA y GSM utilizando terminales de modo dual en una red viva. Este evento, que exige una perspectiva holística, fue el resultado de un esfuerzo a largo plazo (diez años) en investigación, normalización, desarrollo del sistema y pruebas de interoperabilidad.

WCDMA es la evolución, y el primer paso para mejorar el enlace descendente utilizando HSDPA. Este Mejora en gran medida la experiencia del usuario final mediante el aumento de las tasas de bit hasta 14 Mbit/ s en el enlace descendente, la reducción de la latencia del sistema y aumentar la capacidad hasta cinco veces.

Grandes mejoras se hacen con la introducción de Mejora de enlace ascendente. Esta aumenta la velocidad binaria en el enlace ascendente hasta 5,8 Mbit / s, reduce la latencia y aumenta la capacidad del sistema al doble.

Actualmente, WCDMA puede proporcionar servicios de voz y datos en la misma portadora simultáneamente. No son necesarios nuevo espectro ni portadora para implementar HSPA en la red.

Con las ventajas de la HSPA, WCDMA además de permitir a los operadores proporcionar a lo usuarios las más avanzadas aplicaciones inalámbricas móviles de banda ancha, con una amplia zona La cobertura y movilidad.

Las redes compartidas pueden desempeñar una función importante en el pronto logro de los servicios de 3G para el mercado masivo por la reducción de las inversiones iniciales y los gastos de funcionamiento de 20-40% en la fase de cobertura. Esto puede llevar a un rápido despegue de los servicios de consumo y tráfico, lo que abrevia el tiempo de expansión de la capacidad.

Existen diversas soluciones, en función de la situación del mercado, las expectativas de tráfico y condiciones de licencia. Los volúmenes de infraestructura de largo plazo no son afectados por la co-ubicación, ya que son determinados por requerimientos de capacidad. El número de acuerdos dependerá de la dinámica del mercado, porque el uso compartido de redes ofrece la oportunidad de maximizar el retorno de las inversiones y mejorar la posición competitiva en un mercado. Redes compartidas ofrece oportunidades a operadores entrantes e incumbentes.

ACRONIMOS

3GPP	Third Generation Partnership Project – Proyecto de Asociación para la Tercera Generación
3GPP2	3rd Generation Partnership Project 2. Foro liderado por TTA, normaliza el cdma2000.
8PSK	8-Phase Shift Keying – Modulación por Desplazamiento de 8 Fases
16QAM	16 Quadrature Amplitude Modulation
64QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation
AB	Access Burst
ACK	Acknowledge
AGCH	Access Grant CHannel
AIS	Alarm Indication Signal
AMPS	Advanced Mobile Telephone Service
ANSI-41	Red troncal (core network) de los sistemas americanos
ARQ	Automatic Repeat request
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control CHannel
BCH	Broadcast CHannels
BEP	Bit Error Probability – Probabilidad de Error de Bit
BER	Bit Error Rate
BERT	Bit Error Rate Test
BSC	Base Station Controller
BSSAP	Base Station System Application Part
BSSMAP	Base Station Management Application Part
BTS	Base Transceiver Station
BTSM	BTS Management
BSC	Base Station Controller – Controlador de Estación Base

BSS	Base Station System – Sistema de Estación Base
CAPEX	Capital Expenditures – Gastos de Capital
CAS	Customer Administration System – Sistema de Administración de Clientes
CC	Call Control
CCCH	Common Control CHannels
CDMA	Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código
cdma2000	Sistema 3G estandarizado por 3GPP2. Basado y compatible con IS-95.
C/I	Carrier-to-Interference ratio – Relación Portadora a Interferencia
CM	Connection Management
CRC	Cyclic Redundancy Check
D-AMPS	Dual Mode AMPS
DB	Dummy Burst
DCCH	Dedicated Control CHannels
DCS 1800	Digital Cellular System 1800 (today: GSM1800)
DECT	Digital Enhanced Telecommunications System
DRX	Discontinuous reception
DTAP	Direct Transfer Application Part
DTX	Discontinuous Transmission
ECSD	Enhanced Circuit-Switched Data – Conmutación de Circuitos de Datos mejorada
E-DCH	Enhanced Dedicated Channel
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution – Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución Global
EGPRS	Enhanced GPRS – GPRS Mejorado
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (3GPP) – Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones
FACCH	Fast Associated Control CHannel
FAS	Frame Alignment Signal
FB	Frequency correction Burst
FCCH	Frequency Correction CHannel
FDD	Frequency Division Duplex. Modo dúplex en el que cada sentido ocupa distinta bandas de frecuencias (bandas pareadas).

FDMA	Frequency Division Multiple Access
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network – Red de Acceso Radioeléctrico GSM/EDGE
GGSN	Gateway GPRS Support Node – Nodo GatewaySoporte de Servicio
GMSC	Gateway MSC
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying – Modulación por Desplazamiento Gausiano Mínimo
GPRS	General Packet Radio Service – Servicio General de radiocomunicaciones por Paquetes
GSM	Global System for Mobile communications – Sistema Global para comunicaciones Móviles
GSM MAP	GSM Mobile Application Part. Es la red troncal del sistema GSM
GSN	GPRS Support Node – Nodo Soporte GPRS
HDLC	High Level Data Link Control
HLR	Home Location Register – Registro de Ubicaciones Locales
HRAN	High-capacity Radio Access Network – Red de Acceso Radioeléctrico Alta Capacidad
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data – Conmutación de Circuitos de Datos de Alta Velocidad
HS-DSCH	High Speed Downlink Shared Channel
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IP	Internet Protocol – Protocolo Internet
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000 – Telecomunicaciones Móviles Internacionales- 2000
IN	Intelligent Network
INAP	Intelligent Network Application Part
IS-136	Sistema americano 2G basado en TDMA. Conocido como TDMA
IS-95 A/B	Sistema americano 2G basado en CDMA. Conocido como cdmaOne o CDMA

ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunications Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones
L2ML	Layer 2 Management Link
LA	Link Adaptation – Adaptación de Enlace
LAP-D	Link Access Protocol for the (ISDN) D-Channel
LAP-Dm	LAP-D for the GSM Um Interface
Iu	WCDMA interface between UTRAN and CN – Interface WCDMA entre UTRAN y CN
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MAP	Mobile Application Part
MCS	Modulation Coding Scheme – Esquema de Codificación de Modulación
ME	Mobile Equipment
MGW	Media Gateway
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MM	Mobility Management
Mobile-PBN	Mobile Packet Backbone Network – Red Troncal de Paquetes Móviles
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center – Centro de Conmutación Móvil
MSISDN	MS ISDN number
MSRN	Mobile Station Roaming Number
MTP	Message Transfer Part
MVNO	Mobile Virtual Network Operator – Operador Virtual de Red Móvil
NACK	Negative Acknowledge
NB	Normal Burst
NFAS	Non-FAS (Frame Alignment Signal)
NMS	Network Management System – Sistema de Gestión de Red
NMT	Nordic Mobile Telephone Network
O&M	Operations and Maintenance
OMC	Operation and Maintenance Center
OML	Operating & Maintenance Link

OPEX	Operating Expenditures – Gastos de Operación
OSS	Operation Support System – Sistema de Soporte de Operaciones
PCH	Paging CHannel
PCM	Pulse Code Modulation
PCS	Personal Communication System. Sistemas americanos (IS-136 y IS-95) que operan en la banda de frecuencias del mismo nombre (1900 MHz).
PCU	Packet Control Unit – Unidad de control de paquetes;
PHS	Personal Handyphone System
PLMN	Public Land Mobile Network
PRBS	Pseudo Random Bit Sequence
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
QoS	Quality of Service – Calidad de Servicio
RACH	Random Access CHannel
RBS	Radio Base Station – Estación Base de Radio
RNC	Radio Network Controller – Controlador de la Red de Radio
RR	Radio Resource management
RSL	Radio Signaling Link
RXLEV	Received Signal Level
RXQUAL	Received Signal Quality
RTT	Radio Transmission Technology.
SACCH	Slow Associated Control CHannel
SB	Synchronization Burst
SCCP	Signaling Connection Control Part
SCH	Synchronization CHannel
SCS	Self-Configuring Systems – Auto-Configuración de Sistemas SDCCH Stand-alone Dedicated Control CHannel
SGSN	Serving GPRS Support Node – Nodo Servidor Soporte do Servicio
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Messaging Service – Servicio de Mensajes Cortos
SS	Supplementary Service Support
SS7	Signaling System Number 7
TA	Time Alignment
TACS	Total Access Communication System

TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TCH	Traffic CHannel
TCP	Transmission Control Protocol
TD/CDMA	Time Division Code Division Multiple Access
TDD	Time Division Duplex. Modo dúplex, cada sentido ocupa distintos timeslots dentro de la misma banda de frecuencias (banda no pareada).
TDMA	Time Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Tiempo
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TRAU	Transcoding and Rate Adaptation Unit
TRX	Transceiver
TS	Timeslot
TTI	Transmission Time Interval
TUP	Telephone User Part
UE	User Equipment
Um	Air interface in GSM
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network – Red Terrestre de Acceso Radioeléctrico UMTS
VLR	Visitor Location Register – Centro de Ubicaciones Visitantes
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha
WRC	World Radiocommunication Conference. Conferencia de la ITU que identifica y define el uso del espectro radioeléctrico.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. GSM-Technik und Messpraxis [GSM technology and practical testing in German]
Redl/Weber, Franzis', Poing
- [2]. Microcells in mobile communications
Tibor RakoÁ , GyoÄ zoÄ Drozdy;
<http://www.pgsm.hu/english/gsm/more.html>
- [3]. Overview of the Global System for Mobile Communications
John Scourias; University of Waterloo;
<http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>
- [4]. White Paper Ericsson: Basic Concepts of HSPA
- [5]. The Global System for Mobile Communications
Michel Mouly, Marie-Bernadette Paulet; Palaiseau, France
- [6]. Sitio web de la UIT sobre IMT-2000: <http://www.itu.int/imt>
- [7]. Sitio web del foro 3GPP: <http://www.3gpp.org>
- [8]. Sitio web del foro 3GPP2: <http://www.3gpp2.org>
- [9]. Sitio web del foro UWCC: <http://www.uwcc.org>
- [10]. 3GPP TS 22, 23, 25 y 43. Especificaciones tecnicas UMTS del 3GPP.
- [11]. JOSE MARIA HERNANDO RABANOS, CAYETANO LLUCH MESQUIDA:
Comunicaciones Móviles de Tercera Generación. Telefonica Moviles Espana.
- [12]. Documento de Referencia Ericsson: La evolución de GSM y WCDMA
- [13]. White Paper Ericsson: Shared Networks for WCDMA
- [14]. Documento de Referencia Ericsson: Introducción de altas velocidades de datos
en redes GSM/GPRS
- [15]. Pocket Guide GSM: Wandel & Goltermann
- [16]. Telecomunicaciones de Telefónica I+D N° 21: Especial UMTS