



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**SERVICIOS DE VALOR AGREGADO EN TECNOLOGÍA 4G  
MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELECTRICISTA**

**PATRICIO RAFAEL ARZOLA OGAZ**

**PROFESOR GUÍA:**

**Patricio Valenzuela**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN**

**Héctor Augusto**

**Alfonso Ehijo**

SANTIAGO DE CHILE

JUNIO 2011

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL ELECTRICISTA  
POR: PATRICIO ARZOLA O.  
FECHA: 27/03/2011  
PROF. GUIA: Sr. PATRICIO VALENZUELA

## “SERVICIOS DE VALOR AGREGADO EN TECNOLOGÍA LTE”

El objetivo general de esta memoria de título, es estudiar la tecnología LTE (*Long Term Evolution*) y el impacto que podría tener, la incorporación de ésta, en Chile. Específicamente, se contempla el desarrollo de los Servicios de Valor Agregado (SVA), tomando como modelo de referencia la evolución del mercado internacional, en esta incipiente tecnología y, con este análisis, se pretende pronosticar el futuro del mercado móvil nacional. Este estudio se centra en dos puntos relevantes de una implementación de tecnología: por un lado, la tecnología misma y las capacidades que ésta puede entregar y, por otro, el mercado nacional en conjunto con los SVA existentes.

En sus inicios, la telefonía móvil fue diseñada para la transmisión de voz, debido a las limitaciones que poseía la tecnología de esa época. Hoy en día, la tecnología móvil permite dar servicio de datos de banda ancha, por lo que es posible brindar una mayor gama de servicios y aplicaciones. Se ha comprobado que el crecimiento en el ARPU de los clientes, va directamente ligado con el despliegue de más y mejores servicios de valor agregado. En particular, estos servicios mejoran la experiencia de usuario, lo cual tiene una directa relación con el aumento de la fidelidad de los clientes. Además de esto, se debe considerar que el mercado chileno se caracteriza por gran demanda de servicios tecnológicos y la rápida absorción de éstos.

Los sistemas móviles de tercera generación (3G), se han desarrollado como evolución de los sistemas existentes de segunda generación (2G) a saber, GSM y CDMA (IS-95). Los principales criterios del desarrollo de la 3G, recogidos por el proyecto de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en [IMT2000], fueron el proporcionar una interfaz radio de mayor capacidad de usuarios y que ofreciera mayores velocidades de usuario (en teoría 2 Mbps), objetivos que se lograron en la primera entrega de las especificaciones conocidas como *Release 99*, en UMTS y *Release-A* en CDMA2000. Desde el punto de vista de servicios, no se plantearon innovaciones importantes, lo cual incidió en la adopción inicial de la tecnología 3G, por parte de los usuarios. El trabajo ha continuado dentro del 3GPP y 3GPP2 (organismos encargados de la especificación técnica de los sistemas 3G UMTS y CDMA2000 respectivamente), para evolucionar los sistemas 3G, produciendo nuevas entregas que incluyen mejoras sustanciales en la gestión de recursos radio, proporcionando nuevos canales radio que soportan mayores velocidades: el HSPA; un nuevo dominio de comunicaciones multimedia sobre IP que abre la puerta a un nuevo escenario de servicios de tiempo real, sobre el dominio de conmutación de paquetes; asimismo, se ha completado la especificación de la integración de otras redes de acceso, tales como LCR-TDD (*Low Chip Rate TDD*, especificado por China) y WLAN (*Wireless LAN*).

Posterior a esto, tanto el 3GPP como el 3GPP2, entregan la especificación pública de nuevos modelos de red (*LTE – Long Term Evolution* para UMTS y *UMB – Ultra Mobile Wideband* para cdma2000), con interfaces radio con más capacidad, más simples, mejor adaptados a las redes IP y con una mejor estructura de costes operacionales y de despliegue, que algunos ya denominan 4G.

Se espera que con la entrada de LTE al mercado internacional, se logre finalmente el despegue del internet móvil, de servicios como la transmisión de datos a más de 300 metros y videos en HD.

La novedad de LTE, es la interfaz radioeléctrica basada en OFDMA, para el enlace descendente (DL) y SC-FDMA, para el enlace ascendente (UL). La modulación elegida por el estándar 3GPP, hace que las diferentes tecnologías de antenas (MIMO), tengan una mayor facilidad de implementación, esto favorece, según el medio, de hasta cuadruplicar la eficacia de transmisión de datos.

En el área de redes, el principal aspecto de la investigación en las redes 4G, es la integración de distintas tecnologías radio, sobre una red basada en IP, que proporcione movilidad de usuario y que soporte la calidad de servicio requerida por las aplicaciones. Las redes de acceso móvil en la 4G y los servicios de valor agregado que éstas puedan soportar, constituyen el marco general en que se encuadra esta memoria de título.

## AGRADECIMIENTOS

Éste es el capítulo que se supone debiese ser el menos complejo de todos los que componen esta memoria, sin embargo termina siendo el más complejo de redactar, ya que al minuto de realizarlo, uno comienza a recordar a todas esas personas que fueron parte del proceso de vida universitaria, proceso que en algunos casos es más corto y en otros más largo.

Si existen personas a las que debo agradecer, las primeras en la lista son mis padres, quienes siempre se han preocupado por mí, para que logre convertirme en una persona íntegra y con una excelente educación.

Después de ellos, claramente, debo darle las gracias a mi hija, quien ha sido mi más fuerte inspiración, para superar todos los obstáculos que se me han presentado en estos casi 8 años, desde su nacimiento.

No puedo dejar de agradecer a mis hermanas, amigos y compañeros de trabajo, quienes siempre me apoyaron y me mostraron que este proceso podía y debía terminarlo.

Y para finalizar, pero no menos importante, doy gracias a mi profesor guía, por darme la oportunidad de desarrollar este tema junto a él y entregarme una parte valiosa de su tiempo, para poder finalizar este trabajo.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	3
II.	TECNOLOGÍAS MÓVILES .....	5
	2.1 Tecnologías 1G .....	5
	2.2 Tecnologías 2G .....	6
	2.3 Tecnologías 3G .....	34
	2.4 Tecnologías 4G .....	50
III.	SERVICIOS 4G .....	68
IV.	DISCUSIONES .....	87
V.	CONCLUSIONES .....	94
VI.	BIBLIOGRAFÍA .....	97

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo general del presente trabajo de título, es estudiar la tecnología 4G, en forma particular LTE, y su posible comportamiento en Chile; con foco especial en los Servicios de Valor Agregado (SVA)

Este estudio, se centra en dos puntos relevantes de una implementación de tecnología; por un lado, la tecnología misma y las capacidades que esta puede entregar y, por otro, el mercado nacional en conjunto con los SVA existentes.

Los sistemas de telecomunicaciones de segunda generación, tales como el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), permitieron el tráfico inalámbrico de voz. Actualmente, el número de teléfonos móviles excede el número de teléfonos fijos y la penetración de la telefonía móvil se acerca al 100% en varios mercados. Este crecimiento explosivo en el número de usuarios de telefonía móvil, unido al estado tecnológico actual, hace pensar en una fuerte demanda de aplicaciones móviles de banda ancha, tales como: la navegación por Internet de alta velocidad, el envío y recepción de e-mail, la televisión en el móvil, la descarga rápida de contenidos multimedia o los juegos interactivos. Satisfacer dicha demanda, consiguiendo que los servicios resulten atractivos para el usuario y al mismo tiempo que, los operadores puedan reducir principalmente los gastos de operación, requiere continuar avanzando en el desarrollo de las redes móviles actuales.

En consecuencia, se ha presentado una gran evolución de la banda ancha móvil y en el camino hacia ella, se han desplegado tecnologías vanguardistas como GSM, GPRS, EDGE, WCDMA (UMTS), HSPA y, en la actualidad, se espera LTE, en lo que respecta a las tecnologías 3GPP.

La evolución a largo plazo (Long Term Evolution) de UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network – Red de Acceso de Radio Terrestre Universal), es una tecnología desarrollada para el acceso de radio de paquetes optimizados con alta velocidad de datos y baja latencia, que permite además, soportar los servicios de voz.

El propósito que abarca este trabajo, es principalmente el desarrollo de un estudio teórico, sobre las características técnicas y comerciales de LTE, basado en publicaciones actualizadas; analizando la estructura necesaria para el despliegue de las redes LTE, las cuales se basan en la Evolución de Arquitectura del Sistema (SAE-System Architecture Evolution). Esto permite la evolución a una red llamada ALL-IP, la cual soporta la continuidad de servicio y movilidad, entre redes de acceso heterogéneas. Además, se evalúa LTE con otras tecnologías, con el fin de

demostrar las ventajas que presenta y sus técnicas de acceso al medio y de modulación; con el fin de otorgar un contenido claro y global del tema.

## II. TECNOLOGÍAS MÓVILES

Las tecnologías móviles se han segmentando por generaciones, las que dependen básicamente de su modo de operación y de las potencialidades que éstas brindan. El detalle de cada una de las tecnologías, se presenta a continuación.

### 2.1 Tecnologías 1G

La primera generación de la telefonía móvil, hizo su aparición en 1979, la que se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy disminuida, baja velocidad [2400 bauds], la transferencia entre celdas era muy imprecisa, mínima capacidad [basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access] y la seguridad no existía.

Había un sinnúmero de estándares reinando alrededor del mundo, lo que hacía impracticable la existencia del roaming. Dentro de los estándares de esta generación, se puede citar: NMT (Nordic Mobile Telephone), usado inicialmente en los países Nórdicos y luego en Holanda, Europa del Este y Rusia, entre otros; TACS (Total Access Communications System) en el Reino Unido; C-450 en Alemania Oriental, Portugal y el Sur de África; Radiocom 2000 en Francia y RTMI en Italia. Pero sin duda, la tecnología predominante de esta generación, es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

FDMA es una técnica de multiplexación usada en distintos protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia y, entre ellos, en los teléfonos móviles de redes AMPS. En FDMA, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales, que corresponden a distintos rangos de frecuencia, asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar, sin interferirse entre sí.

#### 2.1.1 AMPS

Estándar de telefonía móvil analógica, desarrollada por los laboratorios Bell, fue puesto oficialmente en servicio, por primera vez en 1984, en Estados Unidos.

Inicialmente, sólo se asignó a AMPS un bloque de 40 MHz del espectro, en la banda de los 800 a 900 MHz. Éste fue repartido en dos bloques de 20 MHz, uno para canal directo y otro

para canal inverso, los cuales se encuentran separados por un espacio de 45 MHz. Cada uno de estos bloques, fue dividido en 666 canales, con un ancho de banda de 30 kHz cada uno. Así, un par de canales (uno desde cada banda), representa un canal de radiofrecuencia de operación. Años más tarde, se le sumó un bloque adicional de 10 MHz, lo que añadió 166 canales al grupo original, dejando disponibles 832 canales de comunicación. La banda de frecuencias usada, va de 824 a 849 MHz, para los canales de transmisión y de 869 a 894 MHz, para los canales de recepción. No todos éstos se usan para comunicación de los usuarios, sino que hay también canales destinados a control y asignación de canales de conversación, además de alertar las llamadas entrantes.

AMPS fue el primero en utilizar el concepto de celular, esto debido al uso de pequeñas celdas donde se ubica una estación base, para transmitir y recibir información. La forma hexagonal de éstas, se debe a que de esta manera, se cubre una mayor área geográfica, con el menor número de estaciones base.

AMPS fue originalmente estandarizado por ANSI, como EIA/TIA/IS-3. Éste fue reemplazado después, por EIA/TIA-553 y el estándar TIA IS-91.

Desde el lanzamiento del estándar analógico, fue muy susceptible a la estática, al ruido y no tenía protección para escuchar las conversaciones a través de equipos escáner. A comienzos de los años 90, la clonación de celulares fue una epidemia que costó a la industria, millones de dólares. Algunas personas, utilizando equipos especializados, podían interceptar los códigos ESN (*Electronic Serial Number*) y MIN (*Mobile Identification Number*). El ESN es un código creado por la FCC, para identificar los teléfonos móviles, el que posee 32 dígitos de longitud y el MIN un número de 10 dígitos que identifica unívocamente a una unidad móvil en la red de un operador móvil (número de teléfono). Si los códigos ESN y MIN son interceptados, se podrían clonar sin problema en otro equipo y utilizarlo en otra área, generando llamadas sin ser pagadas.

## **2.2 Tecnologías 2G**

La segunda generación de la telefonía móvil, no es un estándar o un protocolo, sino que es una forma de marcar el cambio de protocolos de telefonía móvil, de analógica a digital. La llegada de la segunda generación, fue alrededor de 1990 y su desarrollo deriva de la necesidad de poder tener un mayor manejo de llamadas, en prácticamente los mismos espectros de radiofrecuencia asignados. Para esto, se introdujeron protocolos de telefonía digital que, además de permitir más enlaces simultáneos en un mismo ancho de banda, permitían integrar otros servicios que anteriormente eran independientes en la misma señal, como es el caso del envío de mensajes de texto en un servicio denominado Short Message Service o SMS.



Dentro de los protocolos utilizados en esta generación, los predominantes son GSM y CDMA.

### **2.2.1 GSM**

GSM es el estándar europeo de telefonía celular digital de segunda generación, se trata de un estándar abierto y evolutivo. Desarrollado por el Grupo Spéciale Mobile (fundada en 1982), que fue una iniciativa de la CEPT (Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones). En la actualidad la responsabilidad de la normalización de GSM reside en el grupo móvil especial en el ETSI (European Telecommunication Standards Institute). El primer set completo de especificaciones de la fase I, se dispuso en 1990. En el ETSI, GSM es nombrado como "el sistema global para comunicaciones móviles"

GSM opera en las bandas de 900MHz y 1.8GHz, en Europa y las bandas de 1,9 GHz y 850MHz, en EE.UU. Al tener un espectro armonizado en la mayor parte del mundo, la capacidad de roaming internacional de GSM, permite a los usuarios acceder a los mismos servicios de su operador local, cuando viajan al extranjero. Esto da a los consumidores la conectividad, usando el mismo número de móvil en más de 218 países.

Las redes GSM cubren más del 80% de la población del mundo.

#### **2.2.1.1 Arquitectura GSM**

La arquitectura de la red GSM, se subdivide en 4 subsistemas. Para mayor comprensión, estos subsistemas son:

- Terminal Móvil (MS: Mobile Station)
- Subsistema de Estaciones Base (BSS: Base Station Subsystem)
- Subsistema de Conmutación de Red (NSS: Network Switching Subsystem)
- Subsistema de Soporte a la Operación (OSS: Operation Support Subsystem)

A continuación, se presenta un diagrama de bloques que representa la conexión de los elementos básicos que forman parte de una red GSM:

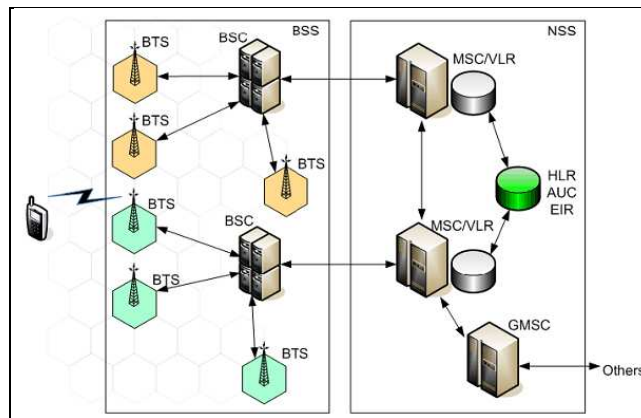


Figura N°1: Esquema de Bloques para una red GSM

### 2.2.1.1.1 Terminal Móvil

Este subsistema está compuesto por el Equipo Móvil (ME: Mobile Equipment) y la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module). Es el encargado de proporcionar la interfaz de aire, para el usuario en las redes GSM, permitiendo servicios como voz, sms y datos.

El equipo móvil se identifica mediante un número único llamado IMEI (International Mobile Equipment Identity), que es un código pre-grabado en los teléfonos, el cual identifica al aparato unívocamente a nivel mundial y es transmitido por el aparato a la red, al conectarse a ésta. Habitualmente, está impreso en la parte posterior del equipo, bajo la batería. El IMEI tiene 15 caracteres y se subdivide en varios campos (TAC, FAC, SNR y SPARE).

El equipo es el encargado de monitorear la potencia y la calidad de la señal, en células adyacentes, para ejecutar adecuados *handover*. Se entiende por *handover*, al proceso de transferir de manera automática, el servicio de una estación base a otra, cuando la calidad del enlace es insuficiente.

La SIM es una tarjeta inteligente (Smart Card), la que se introduce en el terminal y contiene la identidad internacional del abonado móvil (IMSI), ésta se identifica internacionalmente, por su ICCID (International Circuit Card ID, 'Identificador Internacional de la Tarjeta de Circuitos') que tienen un largo de 19 ó 20 dígitos. Los ICCIDs se almacenan en las tarjetas SIM y también se graban o imprimen sobre el cuerpo de plástico de las mismas, en un proceso de personalización. Permite al usuario enviar y recibir llamadas y recibir otros servicios suscritos. Cuenta con los datos que permiten la identificación y autenticación en la red del operador móvil de manera codificada, utilizando los algoritmos A3, A5 y A7, los que requieren las llaves Ki y Kc. Ésta se encuentra protegida por una contraseña o PIN. Una importante característica de este módulo, es que puede ser movido de un equipo móvil a otro, conteniendo la información necesaria para activar el teléfono, además de aportar la movilidad al número.

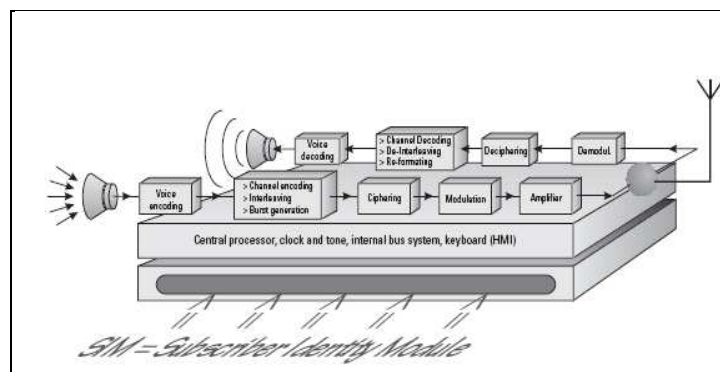


Figura N°2: Esquema de Bloques del terminal móvil

### 2.2.1.1.2 Subsistema de Estaciones Base

El subsistema de estaciones base, que corresponde a la red de acceso al terminal móvil, se compone de dos partes, la BTS (Base Transceiver Station, 'Estación Base') y el BSC (Base Station Controller, 'Controlador de Estaciones Base'), los que se comunican entre sí, a través de la interfaz estandarizada (Abis) que permite la cooperación, entre componentes fabricados por distintos proveedores.

La estación base (BTS), corresponde al elemento físico encargado de proveer la cobertura vía radio de un servicio móvil, es decir, proporciona la conectividad entre la red y el terminal móvil. Son responsables de la recepción y transmisión aérea, permitiendo la configuración a distancia (canales, potencia), además de generar un continuo monitoreo ante perturbaciones y fallas. Codifica, encripta, multiplexa y alimenta las señales de radiofrecuencias a la antena. Los usuarios del sistema de telefonía móvil, pueden comunicarse siempre que se encuentren en "zona de cobertura" o área geográfica cubierta por una estación base. Las zonas de cobertura, se dividen en espacios hexagonales denominados células o celdas, asignándose una estación base por célula de cobertura. Esta configuración, permite el uso más eficiente de las frecuencias utilizadas y, por lo tanto, la posibilidad de conexión de muchos usuarios al mismo tiempo.

Durante una comunicación, el usuario se conecta a través de la estación base más cercana que, a su vez, está comunicada con el resto de células y con los demás sistemas de telefonía. Este hecho garantiza la comunicación en movimiento, es decir, cuando el usuario atraviesa distintas celdas de cobertura.

Un componente importante del BSS, que está considerado en la arquitectura canónica de GSM, como formando parte del BTS, es la TRAU (Unidad Transcoder y Adaptadora de Velocidad). La TRAU, es el equipo en el cual se lleva a cabo la codificación y decodificación de la voz, así como la adaptación de velocidades, en el caso de los datos.

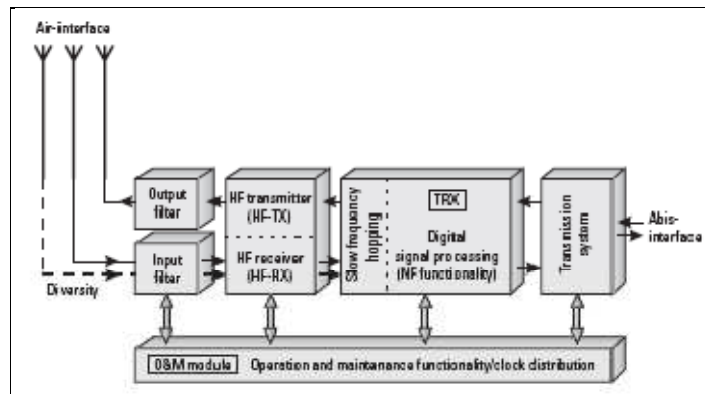


Figura N°3: Esquema de Bloques de una BTS

El Controlador de estaciones base (BSC), es el encargado de administrar un grupo de estaciones base que se conectan en diferentes tipos de configuración al BSC (punto a punto, cadena, estrella, etc.), con el fin de recuperar la información y entregarla al centro de conmutación (MSC). Asigna frecuencias y time-slot, a todos los terminales móviles en su área. Su principal función es controlar al Handover entre celdas, lo que permite mantener la comunicación móvil.

Se denomina Handover (también Handoff), al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares, con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra, cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza la entrega del servicio, cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

El proceso Handover, puede llevarse a cabo por diferentes motivos:

1. Cuando el teléfono se está moviendo de un área cubierta por una celda y entra en el área de cobertura de otra celda, la llamada es transferida a la segunda celda, con la finalidad de evitar la finalización de la misma, en el momento que el teléfono sale de la primera zona.

2. Cuando la capacidad para la conexión de nuevas llamadas, de una determinada celda, se está utilizando y una existente o nueva llamada de un teléfono entra, que se encuentra en una zona superpuesta a otra celda, se transfiere a ésta con el fin de liberar cierta capacidad en la primera celda para otros usuarios, que sólo pueden ser conectados a ésta.

3. Cuando el canal utilizado por el teléfono, pasa a ser interferido por otro teléfono que está en una celda diferente, pero que utiliza el mismo canal; la llamada se transfiere a un canal diferente en la misma celda o en un canal diferente en otra celda, a fin de evitar la interferencia.

4. Cuando los cambios de comportamiento del usuario; por ejemplo, un viaje rápido, conectado a una celda grande, si se detiene, la llamada puede ser transferida a una macro celda más pequeña o incluso a una micro celda, a fin de liberar capacidad en la primera, para otros

usuarios que se muevan también rápidamente y así reducir las posibles interferencias a otras células o usuarios (esto funciona también en sentido inverso, cuando un usuario se detecta que se desplaza más rápido que un determinado umbral, la llamada puede ser transferida a una celda más grande, a fin de minimizar la frecuencia de la Handoff debido a este movimiento).

Además, gestiona el tráfico por las celdas, para mantener una buena distribución de canales ocupados. Otra de sus funciones, es calcular la potencia de salida adecuada para el terminal móvil y la estación base, recibiendo mediciones del enlace ascendente y descendente, cada cierto tiempo predeterminado.

#### **2.2.1.1.3 Subsistema de Conmutación de Red (NSS: Network Switching Subsystem)**

El NSS desempeña el papel central en todas las redes móviles. Mientras que el BSS proporciona el acceso radio para el MS, los elementos de red del NSS deben asumir la responsabilidad del conjunto completo de funciones de control y bases de datos necesarias, para configurar conexiones de llamadas, utilizando una o más de estas funciones: encriptación, autenticación y roaming. Para satisfacer esas tareas, el NSS consta de los siguientes elementos:

- MSC (Mobile Switching center)
- HLR (Home Location Register)/Authentication Center (AuC)
- VLR (Visitor Location Register)
- EIR (Equipment Identity Register)

Los subsistemas están interconectados directa o indirectamente, a través de la red SS7, en todo el mundo. La topología de red del NSS, es más flexible que la estructura jerárquica de las normas básicas. Varios MSCs pueden, por ejemplo, utilizar un VLR común, el uso de un EIR es opcional y el número de abonados determina el número requerido de HLRS.

La figura 4, proporciona una visión general de las interfaces entre los diferentes elementos de la red en el NSS. La mayoría de las interfaces son virtuales, es decir, se definen como puntos de referencia para la señalización entre los elementos de red.

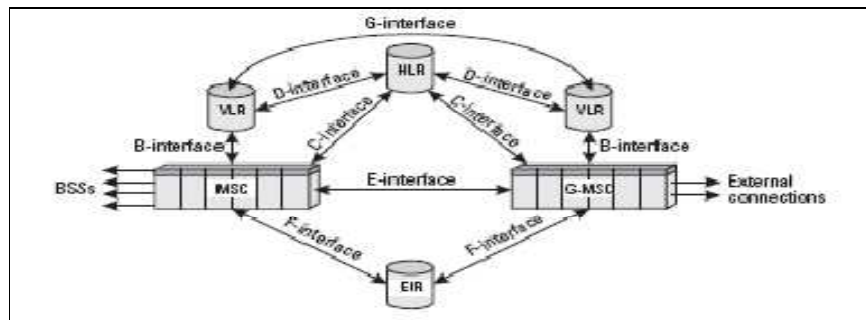


Figura N°4: Subsistema de Conmutación de Red

Cada PLMN (Public Land Mobile Network), requiere el acceso a, por lo menos, un HLR como almacén permanente de datos. El HLR puede ser considerado como una gran base de datos, con tiempos de acceso que deben ser lo más reducidos posibles. Mientras más rápida es la respuesta de la base de datos, antes puede ser conectada la llamada. Esta base de datos es capaz de gestionar los datos para, literalmente, cientos de miles de abonados. En el HLR se mantienen los parámetros específicos de suscriptores, como el parámetro Ki, que forma parte del manejo de la seguridad. Éste nunca se transmite en cualquier interfaz y es conocida sólo por el HLR y el SIM.

Cada suscriptor es asignado a un HLR específico que actúa como punto de referencia fijo y donde se almacena la información sobre la ubicación actual del usuario. Para reducir la carga en el HLR, se introdujo el VLR para apoyar el HLR, manejando muchas de las consultas relacionadas al abonado (por ejemplo, la localización y la aprobación de las características).

Debido a la función central del HLR y la sensibilidad de los datos almacenados, es esencial que se contemple todos los esfuerzos posibles, destinados a prevenir interrupciones del HLR o la pérdida de datos de suscriptor.

El AUC es una parte integral del HLR. La razón de esto, es que aunque las normas de GSM mencionan la interfaz entre los AUC y el HLR (H-interfaz), nunca se especificó, en suficiente detalle, como para ser una entidad independiente. La única función importante asignada al AUC, es calcular y proporcionar la autenticación, triadas, es decir, la respuesta firmada (SRES), el número aleatorio (RAND), y Kc. Por cada abonado, hasta cinco triadas se pueden calcular en el HLR, en forma simultánea. El HLR, a su vez, reenvía las triadas al VLR que las utiliza como parámetros de entrada, para la autenticación y cifrado.

El VLR, como el HLR, es una base de datos donde su función es diferente de la del HLR. Aunque el HLR es responsable de más funciones estáticas, el VLR proporciona suscripción dinámica de gestión de datos. Consideremos el ejemplo de un abonado móvil: A medida que el suscriptor va de un lugar a otro, los datos se pasan entre el VLR de la antigua localización del abonado ("viejo" VLR), para el VLR de la ubicación a la que se ha movido ("nuevo" VLR). Hay momentos en que el nuevo VLR tiene que solicitar HLR del abonado, para obtener datos adicionales. Otra diferencia entre ellos, es que al VLR se le asigna un área geográfica limitada, mientras que las tareas del HLR son independientes de la ubicación de un suscriptor. Por lo general, pero no necesariamente, un VLR es unido con un único MSC.

A continuación, se indica los datos más importantes contenidos en el HLR y VLR.

Parameter	HLR/AuC	VLR
<b>Subscriber specific:</b>		
IMSI	●	●
K <sub>i</sub>	●	
TMSI		●
Service restrictions	●	
Supplementary services	●	●
MSISDN (basic)	●	●
MSISDN (other)	●	
<b>Authentication and ciphering:</b>		
A3	●	
A5/X (in BSS)		
A8	●	
RAND up to five triplets	●	●
SRES up to five triplets	●	●
K <sub>c</sub> up to five triplets	●	●
C KSN		●
<b>Subscriber location/call forwarding:</b>		
HLR number		●
VLR number	●	
MSC number	●	●
LAI		●
IMSI detach		●
MSRN		●
IMSI	●	●
Handover number		●

Figura N°5: Datos relevantes contenidos en HLR y VLR

El MSC es el centro neurálgico de la red. Éste agrupa un conjunto de BSS, cubriendo una amplia zona geográfica. Es el sistema encargado de rutear el tráfico de llamadas entrantes y salientes y asignar los canales de usuarios en la interfaz, entre el MSC y las BSC. Provee y maneja la comunicación entre la red móvil GSM y otras redes. Además, realiza funciones de Administración de Movilidad, tales como la actualización de la localización, la autenticación y la función de Administración de Radio, como es el handover entre MSC. Adicional a esto, también es el encargado de interconectar todos los demás subsistemas de la red de conmutación NSS.

La separación de la identidad de abonados, desde el identificador de la MS, también supone un problema potencial para los suscriptores de GSM, debido a que es posible hacer funcionar cualquier MS con cualquier tarjeta SIM válida, además de la existencia de la posibilidad de un mercado negro de equipos robados. Para combatir esto, el EIR fue introducido para identificar, rastrear y excluir los MS que puedan ser utilizados en la red. Como ya se mencionó con anterioridad, cada MS tiene un identificador único, su IMEI, el que no puede ser alterado sin destruir el teléfono.

Al igual que el HLR o VLR, el EIR consiste básicamente en una base de datos, que mantiene tres listas: (1) la "lista blanca" que contiene todos los teléfonos móviles aprobados, (2) la "lista negra" que contiene los IMEI que se sabe que fueron robados o que se prohibió su uso por razones técnicas y (3) la "lista gris" que hace posible la trazabilidad de los móviles sospechosos.

Si el EIR está instalado, no hay ninguna especificación sobre cuándo el EIR debe ser interrogado. El EIR puede ser consultado en cualquier momento, durante el establecimiento de una llamada o de una actualización de posición.

#### **2.2.1.1.4 Subsistema de Soporte a la Operación**

El Subsistema de Soporte a la operación (OSS) o centro de operación y mantenimiento (OMC), está conectado a todo el equipo en el sistema de conmutación y el BSC.

Algunas de las funciones de éste son:

- Administración y operación comercial (suscripción, terminales extremos, charging y estadísticas).
- Gestión de la Seguridad.
- Configuración de red, operación y gestión del rendimiento.
- Tareas de mantenimiento.

Las funciones de operación y mantenimiento, se basan en los conceptos de la Gestión de Red de Telecomunicaciones (TMN) que es estándar de la serie M.30 de la UIT-T.

El OSS es la entidad funcional, desde la cual el operador de red supervisa y controla el sistema. El propósito del OSS es ofrecer un rentable soporte al cliente, para las actividades operacionales centralizadas, regionales/locales y el mantenimiento que es requerido, para una red GSM. Una función importante del OSS es proporcionar una visión general de la red y apoyar las actividades de mantenimiento y organización de las operaciones.

#### **2.2.1.2 Arquitectura GPRS (General Packet Radio System)**

Poco después que las primeras redes GSM comenzaron a operar (a principios de 1990) y el uso de los servicios de datos comenzó, se hizo evidente que los servicios basados en la conmutación por circuitos, no fueron particularmente bien adaptados para ciertos tipos de aplicaciones. Las comunicaciones basadas en conmutación de circuitos, presentan un tiempo de acceso a la red extenso y el cobro de la llamada se basa en el tiempo de conexión. En redes de conmutación de paquetes, las conexiones no reservan recursos de red de manera permanente, pero al hacer uso de un recurso común, se requiere que la conexión sea muy eficiente, en particular, para aplicaciones con una naturaleza a ráfagas. La transferencia de datos en GPRS,



se cobra por volumen de información transmitida (en kilo o megabytes), mientras que la comunicación de datos, a través de conmutación de circuitos tradicionales, se factura por tiempo de conexión, independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en un estado de inactividad. Por este motivo, se considera más adecuada la conexión conmutada, para servicios como la voz que, requieren un ancho de banda constante durante la transmisión, mientras que los servicios de paquetes, como GPRS, se orientan al tráfico de datos, por lo que no requieren un ancho de banda constante. La tecnología GPRS, como bien lo indica su nombre, es un servicio (Service) orientado a radio enlaces (Radio) que otorga mejor rendimiento, a la conmutación de paquetes (Packet).

La red GPRS integra la conmutación de paquetes a la arquitectura de GSM. En GPRS, un usuario puede tener acceso directo a las redes de datos públicas, utilizando sus protocolos estándar (IP, X-25) que, puede ser activado cuando el MS se atacha a la red GPRS. El MS puede utilizar entre uno y ocho canales, a través de la interfaz de aire, dependiendo de sus capacidades y, éstos son los canales que se asignan dinámicamente a un MS, cuando se requiere enviar o recibir paquetes con información. En la red GPRS, el enlace ascendente y descendente, son canales reservados por separado, por lo que es posible tener varios MS con enlaces ascendentes y descendentes conectados simultáneamente. La asignación de recursos en la red GPRS, es dinámica y depende de la demanda y la disponibilidad de recursos. Los paquetes pueden ser enviados durante el tiempo de inactividad entre las llamadas de voz. Con el sistema GPRS, no sólo es posible la comunicación punto-a-punto (PTP) o punto a multipunto (PTM), sino que también soporta el SMS y el acceso anónimo a la red. El throughput máximo teórico en GPRS, es de 160 kbps por MS, utilizando los ocho canales sin necesidad de corrección de errores.

Una conexión GPRS, está establecida por la referencia a su nombre del punto de acceso (APN). Con GPRS, se puede utilizar servicios tales como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web(WWW). Para fijar una conexión de GPRS, en un módem inalámbrico, un usuario debe especificar un APN, opcionalmente un nombre de usuario y su respectiva contraseña y, muy raramente, una dirección IP; todos estos valores son proporcionados por el operador de red.

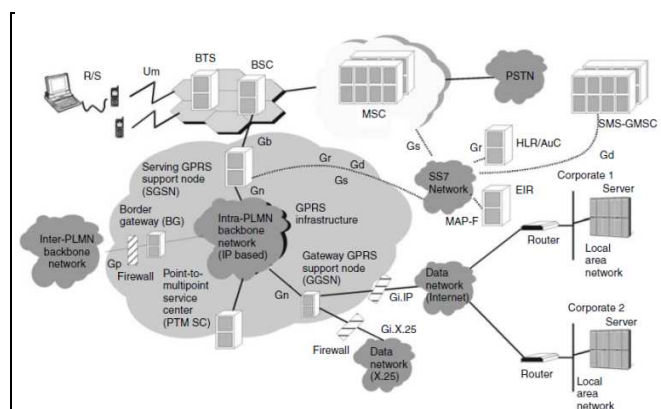


Figura N°6: Arquitectura de una red GPRS

En la imagen anterior, se da una visión de la arquitectura de una red GPRS. Ésta incorpora una serie de nuevos elementos de red a GSM. Los más importantes son el SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node). Un nuevo elemento importante, es el centro de servicio de conexiones punto a multipunto (PTM-SC), que se dedica a los servicios de PTM, en la red GPRS. Otro nuevo elemento de red es el Border Gateway (BG), que se necesita principalmente, por razones de seguridad. Si bien el sistema de GSM fue diseñado originalmente, con un énfasis en sesiones de voz, el objetivo principal del GPRS, es ofrecer un acceso a las redes de datos estándar, como TCP/IP y X.25. El GGSN en la red GPRS, se comporta como un router y esconde las características específicas de GPRS, de la red de datos externo. El usuario móvil, puede tener una dirección estática o una dinámica y el tráfico de datos, va a utilizar siempre, la puerta de enlace indicado por esta dirección. Una dirección estática está permanentemente asignada a un suscriptor. Como se apuntará a una puerta de enlace de la red de local, los paquetes de datos siempre serán enviados a través esta red.

GPRS integra el concepto de calidad de servicio (abreviado QoS) que representa la capacidad de adaptar el servicio a las necesidades de una aplicación.

El estándar GPRS, especifica 4 esquemas de codificación, llamados CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4. Cada uno define el nivel de protección de los paquetes, contra interferencias para poder degradar la señal, según la distancia entre el MS y las BTS. Cuanto mayor sea la protección, menor será el rendimiento:

Esquema de Codificación	Rendimiento	Protección
CS-1	9,05 Kbit/s	Normal (señalización)
CS-2	13,4 Kbit/s	Ligeramente menor
CS-3	15,6 Kbit/s	Reducida
CS-4	21,4 Kbit/s	Sin error de conexión

El estándar GPRS también introduce protocolo GTP (Protocolo de túnel de GPRS), que es un grupo de protocolos de comunicaciones basados en IP, los que usan para portar el servicio GPRS, dentro de las redes GSM. El protocolo GTP se puede descomponer en varios protocolos independientes, GTP-C, GTP-U y GTP'.

El protocolo GTP-C, se usa en la red GPRS para señalización, entre el SGSN y GGSN. Éste le permite al SGSN activar una sesión de usuario (activación del contexto PDP) y, para desactivar la misma sesión, se deben ajustar los parámetros de calidad de servicio o actualizar una sesión.

El protocolo GTP-U se usa para portar datos de usuario dentro de la red GPRS, la Red de Acceso de Radio (RAN) y la red GSM. Los datos de usuario transportados, pueden estar los formatos de paquetes IPv4, IPv6 y PPP.

El protocolo GTP' (GTP prima), usa la misma estructura de mensaje del GTP-C y GTP-U, pero tiene una función independiente. Éste puede usarse para portar datos de tasación, desde la función de tasación (CDF) de la red GSM, hasta la función de compuerta de tasación (CGF). Esto generalmente quiere decir que, desde varios elementos individuales de la red, tales como el GGSN hasta el computador centralizado, proporcionan los datos de tasación, al centro de facturación del operador.

El protocolo GTP, se ha diseñado sólo para los nodos SGSN y GGSN. El protocolo GTP puede usarse con UDP o TCP. La versión uno del GTP, sólo usa UDP.

#### **2.2.1.2.1 Definición equipos GPRS**

Al incorporar GPRS a la red GSM, se definieron 3 tipos de clases de equipos, éstas son:

- Clase A: El MS se atacha a los dos servicios GPRS y GSM. El usuario móvil puede hacer y/o recibir llamadas, en los dos servicios al mismo tiempo, esto sujeto a la calidad de servicio (QoS), por ejemplo, tener una llamada de voz GSM normal y recibir paquetes de datos GPRS, al mismo tiempo.
- Clase B: El MS se atacha a los dos servicios GPRS y GSM, pero éste sólo puede operar un servicio a la vez. El MS en modo de reposo (y el paquete en modo de inactividad), es necesario para monitorear los canales de paging (PCHs), tanto para los servicios de conmutación de circuitos, como conmutación de paquetes. Sin embargo, el comportamiento del MS depende del modo de funcionamiento de la red.
- Clase C: El MS sólo puede atacharse a la red GSM o a la red GPRS. La selección se hace en forma manual y no existen operaciones simultáneas.

#### **2.2.1.2.2 SGSN**

El SGSN es uno de los componentes principales de la red GPRS que maneja, por ejemplo, la gestión de la movilidad, la autenticación y realiza las funciones de registro. El SGSN se conecta al BSC y es el punto de acceso, para el MS a la red GPRS. El SGSN se encarga de la conversión de protocolo de IP que se utiliza en la red troncal, a SNDCP (sub-Network-Dependent Convergence Protocol) y LLC (Logical Link Control), protocolos utilizados entre el SGSN y el MS. Estos protocolos, son los encargados de manejar la compresión y el cifrado. El SGSN también maneja la autenticación de los móviles GPRS y, cuando la autenticación es satisfactoria, el SGSN se encarga del registro de un MS, a la red GPRS y también de la gestión de su movilidad. Cualquier SGSN de la red puede prestar servicio a un abonado GPRS, dependiendo de dónde éste se ubique. Cuando los MS quieren enviar (o recibir) datos a (desde) las redes externas, el SGSN opera como selector de los datos, entre el SGSN y los GGSN pertinentes (y viceversa). El tráfico se dirige desde el SGSN al BSC y al MS, mediante la BTS.

Las funciones del SGSN son:

- Cifrado y autenticación
- Gestión de la movilidad
- Gestión lógica del enlace hacia el MS
- Entrega de datos de facturación
- Routing y transferencia de paquetes
- Conexión con el HLR, MSC y BSC

#### **2.2.1.2.3 GGSN**

El GGSN es el elemento de red que se conecta a las redes externas, como Internet y X.25. Desde el punto de vista de las redes externas, el GGSN es un router a una sub-red, ya que el GGSN oculta la infraestructura GPRS, de las redes externas. Cuando el GGSN recibe datos dirigidos a un usuario específico, comprueba si la dirección está activa. Si es así, forwardea los datos al SGSN y éste los envía al MS, pero si la dirección está inactiva, los datos se descartan. Los paquetes originados por los móviles, son enrutados hacia la red, por el GGSN.

Las funciones del GGSN son:

- Interface hacia las redes IP y X.25
- Asignación de los abonados al SGSN
- Direccionamiento hacia las redes fijas
- Gestión de la seguridad
- Entrega de datos de facturación

#### 2.2.1.2.4 EDGE

Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE), también conocida como EGPRS (Enhanced GPRS), es una importante mejora en las tasas de datos GSM. EDGE es el puente entre las redes 2G y 3G, se considera una evolución de GPRS.

Aunque EDGE funciona con cualquier red GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además de proveer los teléfonos móviles adecuados, ya que no todos soportan esta tecnología.

En EDGE, la tasa de datos por timeslot se triplicará y el rendimiento máximo, con los ocho timeslot en la interfaz de radio, llegará a 473 kbps. La mejora, detrás de triplicar la velocidad de transmisión, es la introducción de la modulación 8-PSK (8 Phase Shift Keying), en adición de la existente GSMK (Gaussian Minimum-Shift Keying). Una señal modulada con 8-PSK, tiene el poder de llevar 3 bits por símbolo por la ruta de acceso radio, mientras que una señal GSMK, lleva sólo 1 bit por símbolo.

	8-PSK	GMSK
Symbol rate	270.833 kbps	270.833 kbps
Number of bits/symbol	3 bits/symbol	1 bit/symbol
Payload/burst	342 bits	114 bits
Gross rate/timeslot	68.4 kbps	22.8 kbps

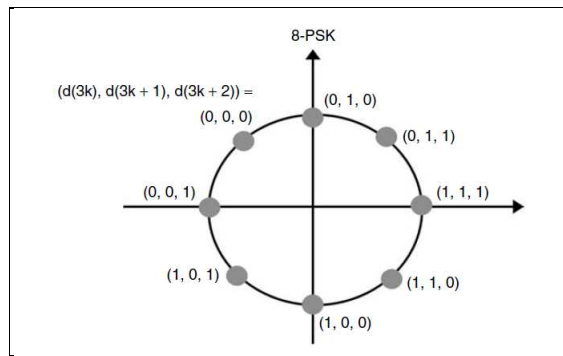


Figura N°7: Modulación 8-PSK

Al igual que GPRS, EDGE usa un algoritmo de adaptación de tasas que adapta el esquema de modulación y codificación (MCS) usado para la calidad del canal de radio, el índice binario (bit rate) y la robustez de la transmisión de datos. EDGE agrega una nueva tecnología que no se encuentra en GPRS, la Redundancia Incremental, la cual, en vez de re-transmitir los paquetes de información alterados, envía más información redundante que se combina en el receptor, lo cual incrementa la probabilidad de una correcta decodificación.

Modulation and coding scheme	Code rate	Modulation	Data rate/ timeslot (kbps)	Family
MCS-9	1.0	8-PSK	59.2	A
MCS-8	0.92		54.4	A
MCS-7	0.76		44.8	B
MCS-6	0.49		29.6	A
MCS-5	0.37		22.4	B
MCS-4	1.0	GMSK	17.6	C
MCS-3	0.80		14.8	A
MCS-2	0.66		11.2	B
MCS-1	0.53		8.8	C

Figura N°8: Esquemas de Modulación y Codificación

EDGE puede alcanzar una velocidad de transmisión de 384 Kbps en modo de paquetes, con lo cual cumple los requisitos de la ITU, para una red 3G. También ha sido aceptado por la ITU como parte de IMT-2000, de la familia de estándares 3G. Además, mejora el modo de circuitos de datos llamados HSCSD, aumentando el ancho de banda para el servicio. EDGE fue estrenado en las redes GSM de Estados Unidos, en el año 2003.

Para la implementación de EDGE por parte de un operador, el core network no necesita ser modificado, sin embargo, las estaciones bases BTS sí deben serlo. Se debe instalar transceptores compatibles con EDGE, además de nuevos terminales (teléfonos) y un software que pueda decodificar/codificar los nuevos esquemas de modulación.

### 2.2.1.3 Interfaces en una red GSM

El estándar GSM define la existencia de una interfaz, entre cada uno de los elementos de red que la componen. Cada una de estas interfaces, requiere de su propio conjunto de protocolos. A continuación, se muestra las principales interfaces y se da una explicación de cada una de ellas.

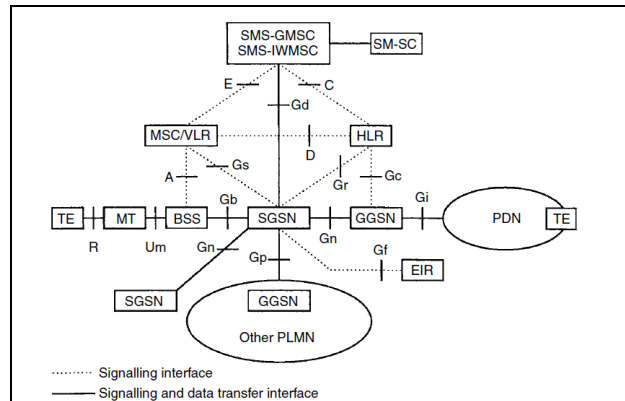


Figura N°9: Arquitectura red GSM

- Interfaz R (entre equipos terminales y terminal móvil)

Punto de referencia que conecta equipos terminales con terminales móviles lo que permite, por ejemplo, a un laptop transmitir datos a través del teléfono GSM. La interfaz física R puede ser, por ejemplo, la UIT-T V.24/V.28o la PCMCIA.

- Interfaz Um (entre el MS y la BTS)

La Um es el interfaz de acceso para los MS a la red GSM. Esta interfaz radioeléctrica, posee la característica de poder operar en 14 bandas de frecuencia distintas, las que fueron especificadas por el 3GPP. A continuación, se muestran dichas bandas.

Sistema	Banda	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Número de canal
T-GSM-380	380	380.2–389.8	390.2–399.8	dinámico
T-GSM-410	410	410.2–419.8	420.2–429.8	dinámico
GSM-450	450	450.4–457.6	460.4–467.6	259–293
GSM-480	480	478.8–486.0	488.8–496.0	306–340
GSM-710	710	698.0–716.0	728.0–746.0	dinámico
GSM-750	750	747.0–762.0	777.0–792.0	438–511
T-GSM-810	810	806.0–821.0	851.0–866.0	dinámico
GSM-850	850	824.0–849.0	869.0–894.0	128–251
P-GSM-900	900	890.2–914.8	935.2–959.8	1–124
E-GSM-900	900	880.0–914.8	925.0–959.8	975–1023, 0-124
R-GSM-900	900	876.0–914.8	921.0–959.8	955–1023, 0-124
T-GSM-900	900	870.4–876.0	915.4–921.0	dinámico
DCS-1800	1800	1710.2–1784.8	1805.2–1879.8	512–885
PCS-1900	1900	1850.0–1910.0	1930.0–1990.0	512–810

Figura N°10: Frecuencias en GSM

- P-GSM, Banda GSM-900 Estándar o Primaria.
- E-GSM, Banda GSM-900 Extendida (incluye la banda GSM-900 Estándar)
- R-GSM, Banda GSM-900 Railways (incluye la banda GSM-900 Estándar y la Extendida).
- T-GSM, TETRA-GSM.

Sin embargo, las bandas más utilizadas son la GSM 800, GSM 900, GSM 1800 y GSM 1900.

El método de acceso utilizado para la interfaz Um, es la combinación TDMA / FDMA. En FDMA, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales que corresponden a distintos rangos de frecuencia, asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar, sin interferirse entre sí. En GSM se realiza la división de Uplink y Downlink, en 124 portadoras de 200 [KHz] de ancho de banda, cada una. A cada estación base, se le asigna un cierto número de portadores.

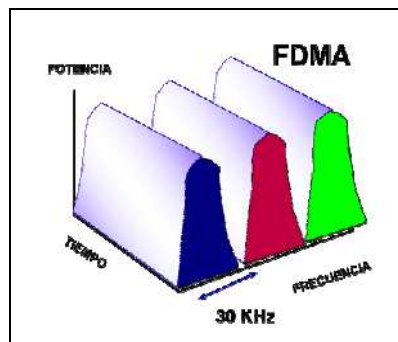


Figura N°11: FDMA

Mediante el uso de TDMA, se divide cada canal de frecuencia de radio en varias time slot. A cada persona que hace una llamada, se le asigna un time slot específico para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal, simultáneamente, sin interferir entre sí. Este estándar utiliza frames de largo 4,615 [ms], el cual se divide en 8 time-slot, por lo que cada time-slot contiene 156,25 bits y una tasa de 33,9kbps.

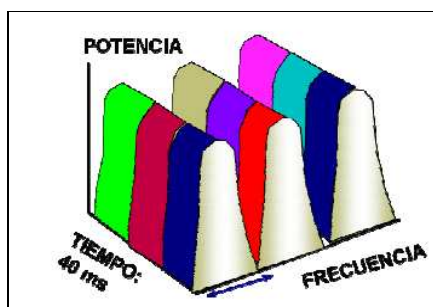


Figura N°12: TDMA

Se utiliza, además, dos tipos de canales lógicos, uno de tráfico y otro de señalización.

- Interfaz A-bis (entre la BTS y el BSC)



La interconexión entre BTS y BSC ocurre a través de la interfaz estandarizada A-bis (la mayoría de las interfaces A-bis son específicas del vendedor). Esta interfaz soporta dos tipos de enlaces: canales de tráfico a 64 kbit/s que lleva voz o datos del usuario y canales de señalización BSC-BTS a 16 kbit/s. La capa física es basada en la G.703.

- Interfaz A (entre el BSC y el MSC)

La interfaz A tiene como objetivo, permitir el intercambio de información, sobre la gestión de las estaciones bases, de las llamadas y de la movilidad. A través de ella, se negocian los circuitos que serán utilizados entre el BSS y el MSC. Utiliza un protocolo de señalización SS7, llamado SCCP (*Signaling Connection Control Part*). Permite al operador utilizar estaciones bases y equipamiento de conmutación, provenientes de diferentes proveedores.

- Interfaces C, D, F y G

Las interfaces C, D, E, F, G; fueron estandarizadas por el protocolo MAP que a su vez, utiliza los servicios de transacción y transferencia de mensajes del Sistema de Señalización número 7 (SS7).

En un sistema de telefonía fija es necesario que exista entre las centrales telefónicas, a parte de las trocales con los canales de voz, un sistema de señalización por donde son intercambiados mensajes requeridos para establecer una llamada telefónica entre dos suscriptores.

El Sistema de Señalización número 7, es el patrón adoptado por la UIT y utiliza un canal dedicado para la comunicación. El SS7 es un protocolo complejo cuya estructura es presentada en la figura a continuación.

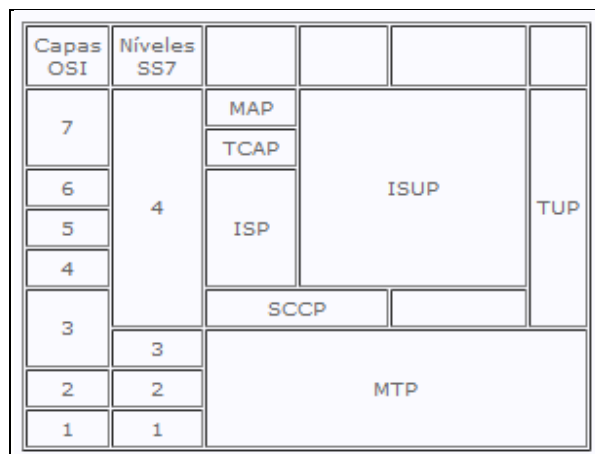


Figura N°13: Estructura SS7

El SS7 puede ser dividido en dos partes:

1. User Part: Implementa funciones del usuario como:

- TUP (Telephone User Part): Comprende todos los mensajes de señalización necesarios, para que una red telefónica fija, establezca una llamada.

- ISUP (Integrated Services User Part): Agrega al TUP la señalización, para redes de datos conmutadas a circuito.

2. MTP (Message Transfer Part): Es responsable por la transferencia de los mensajes de manera confiable, en la red de señalización.

Además de las aplicaciones relacionadas al tráfico telefónico, el SS7 estableció en la parte del usuario, capas que posibilitan el intercambio de información entre centrales o bases de datos, no relacionadas al establecimiento de circuitos telefónicos. Se visaba la implementación de servicios de red inteligente.

Estas capas son SCCP (Signaling Connection Control Part), ISP (Intermediate Service Part) y TCAP (Transaction Capabilities Application Part).

La necesidad de implementar señalización en una red celular, es mucho mayor que en una red fija, debido a la movilidad del usuario. Para suplir estas funciones, GSM desarrolló la capa Mobile Application Part (MAP) que usa como soporte, algunas capas del SS7 como el TCAP, SCCP y el MTP.

La interconexión entre MSC y redes fijas, utiliza el patrón SS7 TUP o ISUP.

- Interfaces B y H: Las interfaces B entre MSC y VLR y H entre HLR y AUC; no están estandarizadas, pues se trata normalmente de interfaces internas del MSC/VLR y del HLR/AUC.

- Interfaz Gb (entre un SGSN y un BSS): La interfaz Gb es la portadora del tráfico y señalización GPRS, entre la red de radio GSM (BSS) y la red GPRS. Esta interfaz está basada en Frame relay.

- Interfaz Gc (entre el HLR y el GGSN): Esta interfaz es opcional y permite que el GGSN solicite update de la información de localización, a la red. La norma también define el uso de un proxy GSN que se utiliza para convertir el GTP (GPRS Tunnelling Protocol), al protocolo MAP (Mobile Application Part), evitando así la implementación de MAP en GGSN.

- Interfaz Gd (entre el SMS-GMSC y un SGSN, y entre SMS-IWMSC un SGSN): La interfaz Gd permite un uso más eficiente de los servicios de SMS.

- Interfaz Gf (entre un SGSN y el EIR): La interfaz Gf da acceso al SGSN, a la información del equipo que se encuentra en el EIR, con el fin de permitir la navegación para un equipo que se encuentra en la lista blanca o gris, o bloquearla, para uno que se encuentra en la lista negra.

- Interfaz Gn (entre dos GSN dentro de la misma PLMN): La interfaz Gn proporciona una interfaz de datos y de señalización en la columna vertebral dentro de la PLMN. El protocolo que se utiliza en esta interfaz es el GTP, a través del backbone IP.
- Interfaz Gp (entre dos GSN en PLMNs diferentes): La interfaz Gp proporciona la misma funcionalidad que la interfaz Gn, con la salvedad que también proporciona la interfaz al BG y al Firewall; con esto se soportan todas las funciones necesarias para la creación de redes inter-PLMN, es decir, la seguridad, enrutamiento, etc. Esta interfaz, también utiliza el protocolo GTP.
- Interfaz Gr (entre un SGSN y el HLR): La interfaz Gr permite el acceso al SGSN a los datos del suscriptor que se encuentran en el HLR que, a la vez, puede estar ubicado en una PLMN diferente que el SGSN.
- Interfaz Gs (entre un SGSN y el MSC): Esta interfaz es opcional y permite al SGSN enviar los datos de localización al MSC o recibir de éste solicitudes de paging. La interfaz Gs mejora en gran medida, el uso de los recursos de radio y de red, en las redes GSM/ GPRS. Esta interfaz utiliza el protocolo BSSAP.
- Interfaz Gi (entre un GGSN y una red externa): Permite a la red GPRS conectarse a datos en redes externas. El sistema GPRS se puede conectar a una gran variedad de redes externas, por lo que la interfaz Gi no es una interfaz estándar, sino simplemente un punto de referencia.

### **2.2.2 CDMA**

A diferencia del sistema GSM que fue diseñado y desarrollado por diferentes organizaciones que trabajaron en conjunto, la tecnología cdmaOne fue diseñada solamente por la compañía Qualcomm. Sin embargo, la compañía Hutchison fue quien puso en operación la primera red comercial cdmaOne. Esto, en Hong Kong, en septiembre de 1995 y tiempo después, Corea del Sur y Estados Unidos adoptarían, también, esta misma tecnología.

La tecnología CDMA de Qualcomm, de manera inicial, era conocida como IS-95 (Interim Standar-95), por ser éste el estándar que describía a la tecnología de Qualcomm; sin embargo en 1997, fue renombrada como cdmaOne.

La tecnología cdmaOne, fue diseñada originalmente, para proveer una mayor capacidad con relación al sistema de primera generación AMPS, el cual operaba en la banda celular de los 800 MHz en Estados Unidos. Esto daba la posibilidad a un operador AMPS, de incrementar su capacidad en la red en áreas específicas, remplazando portadoras AMPS de 30KHz, por sólo una o dos portadoras cdmaOne de 1.25MHz y contar con más usuarios en esas áreas. De esta manera, se contó con un sistema dual cdmaOne/AMPS, así las unidades móviles eran capaces de usar cdmaOne, donde hubiese cobertura, de lo contrario podían trabajar con el sistema AMPS.

Al introducirse los Sistemas Personales de Comunicaciones (Personal Communications Systems PCS) en Estados Unidos, la tecnología cdmaOne fue modificada para trabajar en la banda de los 1900MHZ, siendo esta versión conocida como cdmaOne-PCS

### 2.2.2.1 Arquitectura CDMA

La arquitectura de sistema CDMA ofrece las mismas funcionalidades básicas asociadas a la movilidad, como roaming y handover entre células.

Los elementos básicos, para el despliegue de una red de CDMA (basado en IS-95), se presentan en la figura siguiente.

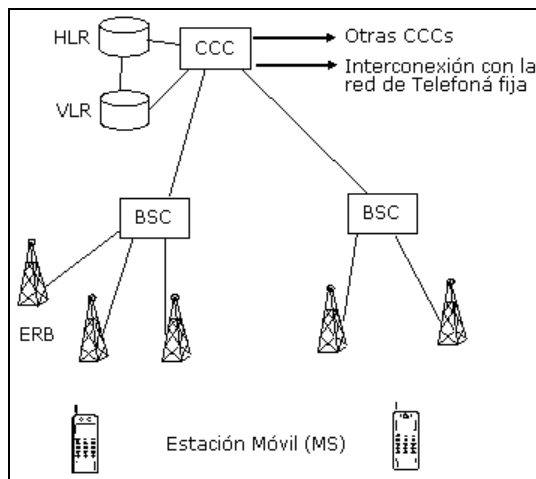


Figura N°14: Arquitectura básica CDMA

Mobile Station (MS) o Estación Móvil, es el terminal utilizado por el suscriptor. La estación móvil es identificada por un MIN (Mobile Identification Number). El MS se distingue por un número de serie electrónico (ESN).

Estación Radio Base (ERB) es el equipo encargado de la comunicación con las estaciones móviles, en una determinada área que constituye una célula.

Base Station Controller (BSC) tiene la función de controlar un grupo de ERBs. En algunos sistemas CDMA, las funciones del BSC son implementadas en la CCC.

Central de Conmutación y Control (CCC) es la central responsable por las funciones de conmutación y señalización, para las estaciones móviles localizadas en un área geográfica, designada como el área de la CCC.

Home Location Register (HLR) o Registro de Suscriptores Locales, es la base de datos que contiene información sobre los suscriptores de un sistema móvil celular.

Visitor Location Register (VLR) o Registro de Suscriptores Visitantes, es la base de datos que contiene información sobre los suscriptores en visita (roaming), a un sistema móvil celular.

#### **2.2.2.2 Estándar CDMA IS-95**

El estándar IS-95 define que todas las señales pueden transmitirse en la misma frecuencia, con el mismo ancho de banda y simultáneamente, es decir, varios usuarios puedan acceder a un mismo canal de comunicaciones; la diferencia radica en la codificación de la información que porta cada una de ellas.

Sin embargo, al utilizar el mismo canal en un instante determinado, cada usuario se vuelve interferente para los demás; por esta razón, si el número de usuarios simultáneos, no excede un cierto límite, es posible recuperar la información de cada uno. Pero si el número de usuarios, excede el límite y la potencia recibida de señales interferentes es muy grande, entonces las señales no podrán ser recuperadas.

En CDMA es necesario que la señal que porta la información se haya expandido en frecuencia, para lograr su distinción entre las demás. Utilizando el código asignado, el transmisor expande su señal en frecuencia, mediante un codificador y la transmite al medio. El receptor, conociendo el código utilizado por el transmisor, puede recuperar la señal mediante un decodificador y regresar la señal a banda base. El ancho de banda de la señal codificada, debe ser mucho mayor que el de la señal que porta la información.

Debido al proceso de expansión de la señal, la modulación que utiliza esta técnica, es llamada de espectro expandido o SS (spread spectrum). Entonces, CDMA es una técnica para señales en espectro expandido y sus variantes son conocidas como técnicas de acceso múltiple, por espectro expandido o SSMA (Spread Spectrum Múltiple Access).

Cada bit de información, se representa por un símbolo que consiste en un largo número de bits codificados, llamados chips, los cuales se obtienen utilizando las funciones de Walsh (ver tabla Ejemplo código Walsh). La información es codificada en diversas formas para aumentar la posibilidad de detección y corrección de errores. Después, la secuencia obtenida modula una señal portadora con una frecuencia y, finalmente, se emplea un código, para expandir la señal que tendrá una velocidad y requerirá un cierto ancho de banda.

Los símbolos de código largo requieren mayor ancho de banda que la señal de información misma, es aquí donde se lleva a cabo la expansión en frecuencia.

Los códigos de expansión son códigos de seudoruido o PN (pseudo-Noise) y se eligen debido a sus excelentes propiedades de autocorrelación, ortogonalidad y facilidad de generación (se utilizan registros de corrimiento y X-OR).

La señal transmitida es afectada por ruido e interferencia. Si el receptor conoce el código largo, entonces puede comprimir la señal expandida, utilizando un correlador y después filtrar la señal y demodularla en frecuencia, para recuperar la información en forma exitosa.

Número de secuencia del código Walsh	Valor binario del código Walsh
0	11111111
1	10101010
2	11001100
3	10011001
4	11110000
5	10100101
6	11000011
7	10010110

Tabla Ejemplo Código Walsh

Las señales de los demás usuarios aparecen como ruido, para la señal de interés, pues han sido generadas por distintos códigos de expansión. Al momento de contraer la señal en la recepción, ese ruido permanecerá expandido y afectará mínimamente a la información (por las propiedades de ortogonalidad). El ruido selectivo de ancho de banda angosto, afecta sólo una parte del espectro, por lo tanto su influencia también es mínima, pues no afecta por entero la señal.

El sistema celular definido en el estándar IS-95, tiene asignada la banda de los 800 MHz. Por otro lado, los sistemas PCS tienen reservado el espectro en la banda de 1.9 GHz. El ancho de banda de cada canal es 1.25 MHz.

#### **2.2.2.2.1 Transferencia de Llamadas o Handoff**

Existen tres tipos de transferencia de llamadas en CDMA:

1. No rígida o soft Handoff
2. Rígida o hard Handoff
3. De CDMA a analógico

En el soft Handoff se aprovecha que en CDMA varias celdas adyacentes utilizan el mismo canal de frecuencia, por lo tanto, es posible iniciar la comunicación con otra estación base, sin haber terminado el enlace con la anterior. Cuando las frecuencias entre celdas son distintas (o disjuntas) se hace un hard Handoff, como en FDMA o TDMA: se realiza una señalización y se transfiere la llamada a otra frecuencia. Dado que los sistemas CDMA pueden coexistir con los analógicos, el sistema CDMA puede ordenar al móvil la transferencia a los canales analógicos de banda angosta, en los 800 MHz.

#### **2.2.2.2.2 Temporizado**

Las transmisiones de todas las estaciones base, están sincronizadas al tiempo marcado por la referencia de tiempo coordinado universal, UTC (Universal Temps Coordiné).

El inicio del sistema CDMA está marcado el 6 de enero de 1980, es cuando se inicia la generación la secuencia PN de longitud 42 (con periodo  $2^{42}-1$ ), junto con las secuencias I y Q del canal piloto, con offset cero. Estas tres secuencias volverán a estar alineadas del mismo modo, dentro de 37 siglos.

Cuando una estación móvil adquiere el tiempo del sistema, adquiere la sincronización con el UTC y el estado del código largo en ese momento (el estado de los registros de corrimiento), por lo cual se conserva el corrimiento de la secuencia PN, con las secuencias I y Q.

De acuerdo con la celda con la que establezca contacto, se le indicará el momento de iniciar la generación de los polinomios I y Q, con un offset de entre 512 distintos, distribuidos en dos segundos. El offset cero coincide con la marca de los segundos pares en el tiempo.

### 2.2.2.3 Asignación de frecuencias para canales de CDMA

Las frecuencias asignadas para cada canal CDMA válido se dan en forma de tabla.

Sistema	Número de canal CDMA	Rango de frecuencias Canal inverso (MHz)	Rango de frecuencias Canal directo (MHz)
A	1-311	825.00-834.33	870.00-879.33
B	356-644	835.65-844.32	880.65-889.32
A'	689-694	845.64-845.82	890.64-890.82
B'	739-777	847.14-848.31	892.14-893.31
A''	1013-1023	824.67-825.00	869.67-870.00

Tabla Distribución de canales CDMA.

Enlace	Número de canal CDMA	FREC. Asignada (MHz)
Inverso	$1 < N < 777$	$0.030N + 825.00$
	$1013 < N < 1023$	$0.030(N - 1023) + 825.00$
Directo	$1 < N < 777$	$0.030N + 870.00$
	$1013 < N < 1023$	$0,030(N - 1023) + 870.00$

Tabla Asignación, de frecuencias a canales CDMA

En los sistemas celulares el espaciamiento entre canales primarios es de 30 kHz; en cambio, para PCS, cada canal es de 1.25 MHz, a pesar que la transmisión en espectro expandido es a 1.2288 Mcps (chips por segundo) o bien ocupa 1,23 MHz de ancho de banda. La diferencia se debe a que se deja una banda de aislamiento de 20 kHz, entre canales adyacentes, resultando en total 50 kHz por canal.

Los canales que utiliza la modulación DS-CDMA son de ancho de banda extendido, por lo tanto, para DS-CDMA se eligen las frecuencias centrales, de entre el conjunto de canales disponibles, de tal forma que estén separados por 1.23 MHz.

#### **2.2.2.2.4 Canales de CDMA**

Un canal en DS-CDMA es una señal centrada en una frecuencia determinada, modulada en cuadratura, usando las secuencias I y Q con un offset de tiempo asignado que la distingue entre las demás celdas. En el enlace inverso (del móvil a la estación base), es imposible sincronizar todas las transmisiones de los móviles, por lo tanto, se utiliza detección no coherente y se necesita usar direcciones extremadamente largas, utilizando las secuencias PN de  $2^{42}-1$  chips, para realizar la modulación asíncrona. En este enlace, se utiliza las funciones de Walsh, para crear códigos largos y distinguir diferentes señales.

Las funciones de Walsh en el enlace inverso, dependen de la información que se transmite. Mientras que en el enlace directo, las funciones de Walsh son determinadas por el canal que asigna la estación base a la móvil.

El canal directo en CDMA, el cual enlaza a la estación base con la móvil, consta de un canal piloto, un canal de sincronización y 63 canales repartidos entre paging y tráfico: de cero a siete canales de paging o búsqueda y los restantes canales de tráfico. El canal inverso, consta de varios canales de acceso (asociados a algún canal de paging) y canales de tráfico. Las funciones de los canales en general son las siguientes:

##### **2.2.2.2.4.1 Enlace directo**

- Canal piloto: Define la cobertura de las celdas.
- Canal de sincronización: Lo utiliza la estación móvil, para adquirir el tiempo inicial de sincronización.
- Canal de paging o de búsqueda: Lo utiliza la estación base, para transmitir información de encabezado (porta información general del sistema) y mensajes específicos a las estaciones móviles.
- Canal de tráfico directo: Se utiliza por la estación, base para la transmisión de datos del usuario y para señalización con una estación móvil específica, durante una llamada.

##### **2.2.2.2.4.2 Enlace inverso**



- Canal de acceso: Lo utiliza la estación móvil, para iniciar la comunicación con la estación base y responder a los mensajes de los canales de paging.
- Canal de tráfico inverso: Se utiliza para transmitir información del usuario y para señalización con la estación base durante una llamada.

#### 2.2.2.2.5 Velocidades de transmisión

Existen ocho tasas de transmisión para los canales de tráfico, los cuales se dividen en:

**Grupo I:** con 9.6, 4.8, 2.4 y 1.2 kbps; y **Grupo II** con 14.4, 7.2, 3.6 y 1.8 kbps. Esto hace que los formatos de Frame, para dichos canales, varíen según la tasa de transmisión.

En la tabla 2.5 se resume el tamaño de los frames en bits y la tasa de transmisión para cada canal. Todos los frames tienen una duración de 20 ms, excepto los del canal de sincronización, que duran 26.666... ms. Todos los frames tienen una codificación de cola, para protección de errores y diferentes subcampos, para manejar la información que portan. Por ejemplo, los frames de canales de tráfico, manejan varios subcampos para poder determinar la tasa de transmisión, el tipo de tráfico (primario, de señalización, secundario o una combinación de primario con otro) y manejar información extra, necesaria para el funcionamiento del sistema.

Canales lógicos	Velocidad de transmisión (kbps)	Longitud del frame (bits)
Acceso (enlace inverso)	4.8	96
Tráfico (enlace inverso)	Grupo I	
	9.6	192
	4.8	96
	2.4	48
	1.2	24
	Grupo II	
	14.4	288
	7.2	144
Sincronización (enlace directo)	1.2	32
	9.6	192
Paging (enlace directo)	4.8	96
	Tráfico (enlace directo)	Grupo I
9.6		192
4.8		96
2.4		48
1.2		24
Grupo II		
14.4		288
7.2		144
3.6	72	
1.8	36	

Tabla Velocidades de transmisión y tamaño de los frames en CDMA.

#### 2.2.2.2.6 Procesamiento digital de la información

La información que porta cada canal es apropiada, para encajar en su formato de Frame correspondiente y, después sufre un proceso de codificación, para dar robustez contra ruido e interferencia para expandir el espectro y proporcionar seguridad y privacidad a la comunicación. Las diferentes velocidades de transmisión darán por resultado una transmisión de chips, a una tasa fija de 1.2288 Mcps.

#### **2.2.2.2.6.1 Formación de los frames**

Los bits de información generados por las señales de datos o por la voz digitalizada, son agrupados o encuadrados, para cumplir el formato del canal en que se mandan, atendiendo a la velocidad del mismo.

#### **2.2.2.2.6.2 Codificación convolucional**

El codificador convolucional, es un registro de corrimiento con capacidad de  $k$  bits que efectúa operaciones X-Or a los bits de ciertas posiciones y, genera bits de salida, según se van desplazando en él.

Las posiciones que se utilizan en la generación de cada bit, se expresan en octal. Por ejemplo, un codificador de  $k = 3$  bits de capacidad puede generar los bits  $g_0=5$  y  $g_1=3$ , que significa que el bit  $g_0$  se genera de 101 (5 octal = 101 binario) o de la suma (o X-Or) de las posiciones 1 y 3; y el bit  $g_1$  de las posiciones 2 y 3. En el estándar, se efectúa una codificación convolucional con  $g_0=753$  y  $g_1=561$  bits de salida, por bit de entrada en el canal directo y  $g_0=557$ ,  $g_1=663$  y  $g_1=711$  en el canal inverso, ambos con una longitud  $k = 9$ .

#### **2.2.2.2.6.3 Repetición de símbolos**

Los símbolos que salen del codificador se repiten adecuadamente, para tener una sola velocidad de símbolos en las siguientes etapas. Para la velocidad de 9.6 kbps no se hace repetición de símbolos, para 4.8 kbps se hace una repetición, etc., de tal modo que a la salida se logren 28.8 ksps en el enlace inverso y 19.2 ksps en el enlace directo.

#### **2.2.2.2.6.4 Inserción de bits de control de potencia**

En el canal de tráfico del enlace directo se añaden a la señal modulada por las funciones de Walsh, los bits de control de potencia que permiten a la estación base regular la potencia de transmisión de los móviles.

#### **2.2.2.2.6.5 Modulación**

DS-CDMA usa modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) que brinda ortogonalidad a la señal. La cadena de chips es codificada por dos secuencias PN diferentes, llamadas secuencia I (In-phase) y secuencia Q (Quadrature), dando por resultado dos cadenas paralelas que modulan la fase de la portadora. Se utiliza cuatro fases, para representar dos chips.

#### **2.2.2.2.7 Procesamiento de llamadas**

La operación del sistema se describe mejor por medio de los diferentes estados en que puede encontrarse la estación móvil, éstos son:

1. **Estado de inicialización:** La estación móvil entra en este estado, inmediatamente después que es encendida. En esta etapa, inicializa sus parámetros de registro, elige el sistema a utilizar y usando el código apropiado (función de Walsh 0), adquiere el canal piloto de la estación base que reciba con mayor potencia. Una vez establecido el enlace con el canal piloto, de donde obtiene la sincronía para la demodulación, la estación móvil cambia de código para adquirir del canal de sincronización (función de Walsh 32), información de configuración, el identificador de sistema (para poder generar códigos largos), la identificación de la red, el offset del código PN (que lo distingue entre celdas adyacentes), el estado de la secuencia PN, la temporización del sistema y la tasa de transmisión del canal de paging. Finalmente, sincroniza su código largo y su temporización.

2. **Estado de supervisión:** La estación móvil supervisa constantemente, la potencia del canal piloto de la celda a la que está enlazada y de otros pilotos que se reciba con suficiente intensidad; de esta forma, guarda un registro de los posibles pilotos con los que puede iniciar un procedimiento de Handoff.

3. **Estado ocioso:** A este estado puede llegarse después de la inicialización o desde el estado de acceso. En esta etapa, la estación móvil monitorea el canal de paging y realiza Handoff ociosos.

4. **Estado de acceso:** Al estado de acceso puede llegarse por solicitud de la estación base o de la estación móvil. Se utilizan los canales de acceso y paging, para transmitir diferentes tipos de mensaje y establecer la conexión permanente con la estación base, ya sea para establecer una llamada de usuario, responder a un mensaje de búsqueda o paging, efectuar un registro o enviar mensajes en ráfagas de datos.

5. **Estado de control e intercambio de tráfico:** Cuando se logra establecer una llamada, la estación móvil pasa al estado de control, en el canal de tráfico, en el cual la estación móvil verifica que puede recibir el canal e intercambia tráfico con la estación base, hasta desconectar la llamada. En este estado, la estación móvil supervisa posibles Handoff y errores de Frame, de modo que si recibe varios frames erróneos y no puede realizar exitosamente un Handoff, apaga el transmisor. Además, es en este período donde se realiza el control de potencia de lazo, cerrado por medio de los bits de control de potencia, inserto en los frames de tráfico.

Por otro lado, la estación base transmite el canal piloto y mensajes en el canal de sincronización de manera constante, para permitir a los móviles sincronizarse y entrar al estado de inicialización. Cuando se origina una llamada desde fuera del sistema, la estación base transmite mensajes en el canal de paging, para buscar la estación móvil solicitada; también envía otro tipo de mensajes (inclusive ociosos), en este canal. La estación base monitorea constantemente el canal de acceso, para procesar las llamadas originadas en el sistema por los móviles. Por último, la estación base utiliza el canal de tráfico para comunicarse con las estaciones móviles, mientras dura una llamada.

## **2.3 Tecnologías 3G**

### **2.3.1 UMTS**

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System / Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de “tercera generación” de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), sucesora de GSM, debido a que la tecnología GSM propiamente tal, no podía seguir un camino evolutivo, para llegar a brindar servicios considerados de Tercera Generación.

Aunque inicialmente esté pensada para su uso en teléfonos móviles, la red UMTS no está limitada a estos dispositivos, pudiendo ser utilizada por otros.

La tecnología 3G se caracteriza por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

Sus tres grandes características son las capacidades multimedia, una velocidad de acceso a Internet elevada, la cual también le permite transmitir audio y video en tiempo real y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha reconocido dos principales sistemas propuestos para 3G:

- UMTS: Compuesto de dos modos diferentes pero relacionados:
  - CDMA-direct spread: CDMA de banda ancha, también llamado FDD (Frequency Division Duplex)
  - CDMA-TDD (Time Division Duplex)
- CDMA 2000: CDMA Multicarrier. Evolución de cdmaOne.

A pesar de existir más de un sistema 3G, la tecnología predominante a nivel mundial es UMTS.

En 1992, la Conferencia Mundial de Radio (WRC-92) identificó las bandas de frecuencias de 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz para los futuros sistemas IMT-2000, destinando las bandas de 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz, para la parte satelital de estos sistemas. Posterior a esto, en junio de 2003, la UIT-R aprobó el uso de las bandas de 806-960 MHz, 1710-2025 MHz, 2110-2200 MHz y 2500-2690 MHz, para su utilización en redes 3G.

Comprende una nueva interfaz de aire y nuevos componentes de radio, denominada UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access). Dicha interfaz está basada en tecnología CDMA (Code Division Multiple Access), permitiendo aumentar considerablemente la velocidad de transferencia de datos. Soporta además, dos modos de operación:

- FDD (Frequency Division Duplex): Basado en un esquema de secuencia directa CDMA y soporta velocidades de hasta 384 Kbits/s.
- TDD (Time Division Duplex): Basado en la multiplexación en tiempo y en código, se ha diseñado y optimizado para ser utilizado en zonas con alta densidad de tráfico.

A su vez, UMTS integra la transmisión de datos en paquetes y por circuito de conmutación de alta velocidad.

### 2.3.1.1 Arquitectura UMTS

UMTS presenta una arquitectura en la que, principalmente se describen tres elementos, el UE o equipo de usuario, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y la red central. Dicho esquema, se muestra en la figura siguiente. La interfaz Uu se encuentra entre el UE y la red UTRAN y entre ésta y la red central o Core Network, se encuentra la interfaz Iu. Cabe destacar, que la interfaz entre el UE y la red UTRAN es la tecnología WCDMA, es decir, la conexión entre el equipo del usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA.

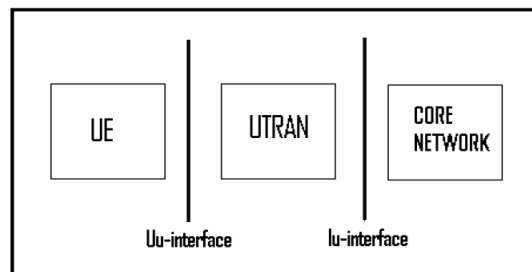


Figura N°15: Esquema de Bloques básico para una red UMTS

Si consideramos una arquitectura más detallada de la red de UMTS, podemos encontrar diferentes elementos como lo son: el BSS, BTS, RNS, Nodo B, RNC, MSC, VLR, HLR, entre otros y diferentes interfaces como lo son: la interfaz Iu, Uu, Iub y Iur; las que interconectan dichos elementos. Con el objetivo de un mejor entendimiento de las tramas de comunicación de WCDMA, más adelante, explicaremos en detalle dichos elementos e interfaces.

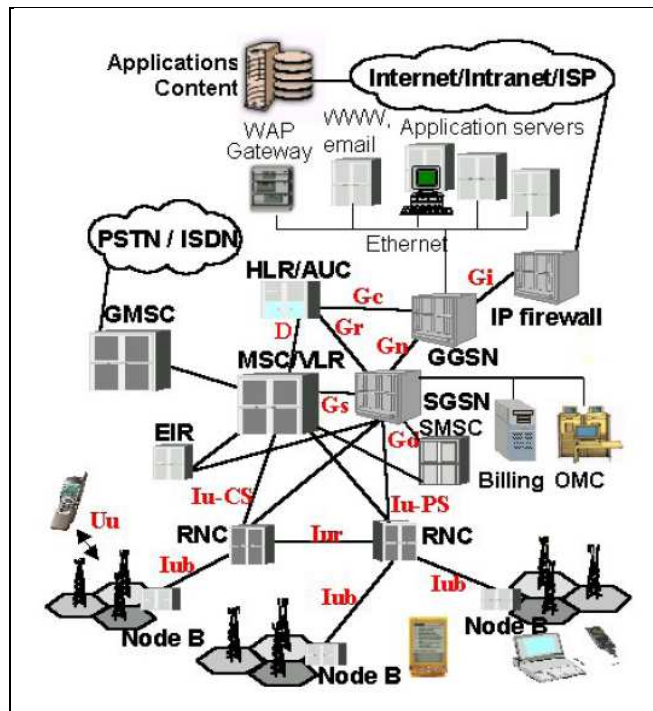


Figura N°16: Arquitectura detallada red UMTS

### 2.3.1.2 WCDMA-DS (Wideband Code Division Multiple Access)

La tecnología de acceso múltiple de radio que ha sido elegida para UMTS, es CDMA, con expansión por secuencia directa. En este esquema, el ancho de banda es de 5 [MHz], por lo que se habla de WCDMA.

Posee las ventajas adicionales de transferencia a alta velocidad, capacidad del sistema y calidad de comunicaciones mejoradas mediante multiplexación estadística. WCDMA logra utilizar el espectro de radio, para proporcionar una velocidad de datos máxima de 2 Mbit/s.

Para entender de manera correcta la tecnología de acceso al medio de UMTS y WCDMA, es necesario tratar ciertos puntos de interés de manera general, con la finalidad de poder aplicarlos, dentro de una descripción más detallada y específica.

Aspectos como lo son técnicas de modulación digitales, códigos existentes en UMTS y los procesos como el esparcimiento (spreading), la canalización (channelization), el scrambling y la codificación; son indispensables para entender el manejo de los datos, a través de las tres primeras capas, dentro de una pila de protocolo basado en el modelo OSI. WCDMA se basa, para su descripción, en un protocolo formado por varias capas, cada una con diferentes

funciones y servicios, con interfaces para comunicarse entre ellas y con una serie de procesos para conseguir la comunicación entre móviles (transferencia de voz y datos), en una red celular de tercera generación.

El proceso combinado de Esparcimiento/Modulación, en el manejo de los datos en la capa 1, sigue un orden en el que primero intervienen los códigos de canalización, enseguida actúan los códigos de scrambling y, por último, la modulación de los datos.

Es por ello que se seguirá dicho orden para la explicación de los conceptos, dando así, una secuencia lógica, para finalizar con la codificación de los canales en UTRAN.

### 2.3.1.2.1 Spreading.

El término spreading significa aumentar el ancho de banda, más allá del ancho de banda requerido por una señal para acomodar la información. La figura siguiente, muestra el proceso de spreading para la transmisión de una señal en banda base, así como el proceso inverso. Se puede apreciar además, algunas de las interferencias más comunes en un canal de comunicación de un sistema celular.

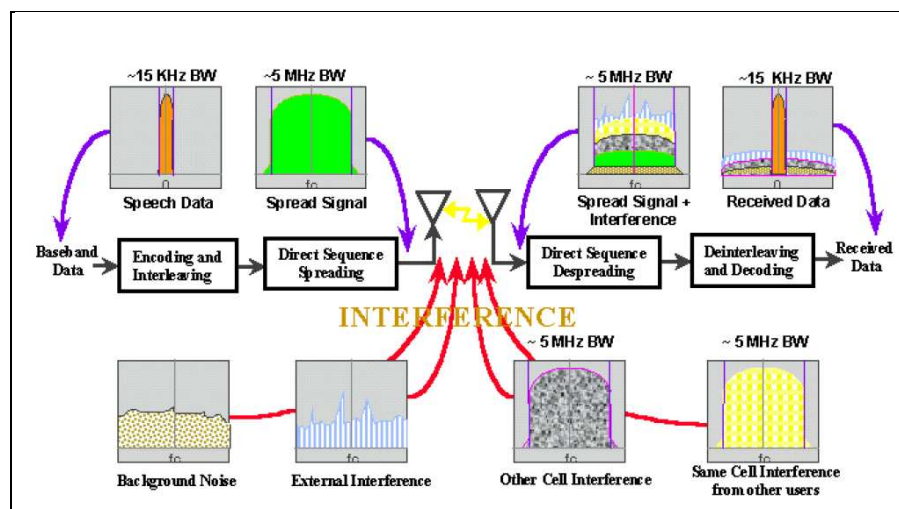


Figura N°17: Spreading en WCDMA

CDMA utiliza códigos de spreading únicos para lograr extender el ancho de banda de los datos, en banda base antes de la transmisión. La señal es transmitida en un canal con un nivel bajo de ruido. En el receptor se utiliza el mismo código para recuperar la señal original, la cual pasa por un filtro pasa banda. Las señales no deseadas, no serán recuperadas y no pasarán el



filtro pasa banda. Los códigos de spreading tienen la forma de una secuencia de unos y ceros diseñada cuidadosamente, de tal manera que la velocidad de estos códigos, es mucho mayor (por lo menos el doble), que la velocidad de los datos en banda base. La velocidad de un código de spreading es llamada velocidad de chip, en lugar de velocidad de bit.

Las ventajas de una señal de espectro extendido, sobre otra en banda base, son la seguridad, la resistencia a la interceptación y la resistencia al desvanecimiento multirruta. Éstas son capaces de soportar las técnicas de acceso múltiple.

El proceso de spreading, consiste de dos operaciones para UTRAN, la canalización y el scrambling. De la misma forma, en UTRAN se utilizan dos familias de códigos de spreading, los que tienen diferentes propiedades: los códigos ortogonales y los códigos de pseudo ruido.

#### **2.3.1.2.2 Técnicas de modulación de espectro extendido.**

La información puede ser modulada en una señal de espectro extendido, por muchos métodos. Esta modulación puede ser de fase o de frecuencia, como también, una combinación de estos dos esquemas. Cuando el spreading del espectro, se realiza por una modulación de fase, se le llama señal de espectro extendido de secuencia directa. Cuando el spreading del espectro, se obtiene por un cambio rápido en la frecuencia de la portadora, se le llama señal de espectro extendido, por salto de frecuencia. Otra forma de obtener una señal de espectro extendido es mediante el salto en el tiempo, en este caso, el tiempo de transmisión es dividido en intervalos llamados "tramas". Cada trama, después es dividida en slot de tiempo.

En la red de acceso de radio de UMTS (UTRAN), se utiliza la técnica de DSSSS.

#### **2.3.1.2.3 Códigos de spreading.**

Como se mencionó en la sección anterior, en un transmisor DS-SS la señal de información es modulada por un código de extendido (con el objetivo de hacerla una señal con un ancho de banda extendido) y en el receptor, la señal original es recuperada con un réplica del mismo código.

Extender el espectro como primera idea no suena muy bien, ya que el espectro de RF es muy solicitado y cada vez es más escaso, por lo tanto, incrementar el ancho de banda se puede

convertir en un recurso muy costoso. Sin embargo, existen algunas razones para creer que esto puede ser una buena opción. Una de ellas es que una señal con un ancho de banda amplio, es más resistente contra la interferencia y puede sobrevivir en un ambiente de mucho ruido. Es muy difícil de interceptar, ya que el nivel de energía que contiene la señal se esparce en todo el ancho de banda, haciéndola difícil de ubicar. También, permite el acceso múltiple y brinda privacidad y protección contra la interferencia multiruta.

Los códigos de spreading son llamados con frecuencia, secuencias de spreading. Para la red UTRAN existen dos códigos de spreading en su interfaz aérea: los códigos ortogonales y los códigos de pseudo ruido (PN-Pseudo noise). Ambos son usados tanto en el Uplink, como en el Downlink.

#### **2.3.1.2.4 Códigos ortogonales.**

Los códigos ortogonales son aquéllos que en un ambiente ideal, no interfieren unos con otros. Para lograr esto, los códigos deben estar sincronizados en tiempo. Por lo tanto, pueden ser utilizados en el Downlink, para separar diferentes usuarios de una misma celda, pero en el Uplink, sólo pueden separar servicios de un solo usuario. No se pueden utilizar para separar diferentes usuarios de la misma celda, debido a que los móviles no se encuentran sincronizados en tiempo unos con otros y, por lo tanto, sus códigos no pueden ser ortogonales (con la excepción que el sistema esté utilizando el modo TDD, con su enlace de subida sincronizado). Además, los códigos ortogonales no se pueden utilizar en el Downlink, entre estaciones base. La razón es que existe un número limitado de códigos ortogonales, los que deben ser reutilizados en cada celda, lo que puede ocasionar que un UE reciba el mismo código de dos estaciones base diferente, al mismo tiempo, cuando éste se encuentre en los límites de la misma. Uno de estos códigos está dirigido al UE y el otro a otro usuario. Si se utilizara un solo código ortogonal, esta señal podría interferir con otra de manera severa. Sin embargo, en el enlace de subida las señales de un solo usuario están sincronizadas en tiempo, lo que permite que los códigos sean ortogonales y se puedan separar los canales del mismo usuario.

En el enlace de bajada, el mismo árbol de códigos ortogonales es utilizado por la estación base, para todos los móviles en esa celda. Un manejo cuidadoso es necesario, para que una estación base no utilice otros códigos de canalización. Esto, porque los códigos de canalización se utilizan en el enlace de bajada para separar conexiones de diferentes usuarios en la misma celda.

La transmisión en el enlace de bajada de estaciones base separadas no es ortogonal, así que el UE debe distinguir primero a la estación base correcta, mediante el código de scrambling y, a

continuación, extraer los datos utilizando los códigos de canalización. En conclusión, en el mundo real, el enlace de bajada nunca será completamente ortogonal, ni libre de ruido.

#### **2.3.1.2.5 Códigos de Pseudo ruido.**

Los códigos ortogonales no podrían realizar las funciones de spreading por sí solos, en la interfaz aérea de UTRAN. Como se mencionó anteriormente, sólo pueden ser utilizados cuando las señales a las que se aplica están sincronizadas; lo que no sucede, con los usuarios que no tienen sincronía en el Uplink. Algo más es necesario debido a que, si se utilizan los códigos ortogonales en el Uplink, éstos se cancelarían fácilmente y sólo se pueden utilizar dentro de una sola estación base. Para solucionar este problema se requiere los códigos de pseudo ruido, los que son utilizados en la segunda parte del proceso de spreading, llamado scrambling.

En el proceso de scrambling, la señal es multiplicada por la función XOR con los códigos de scrambling de pseudo ruido. Estos códigos de scrambling, pueden ser códigos largos (códigos dorados con periodos de 10 ms) o códigos cortos (códigos S (2)). Estos códigos de pseudo ruido tienen una muy buena auto correlación. La auto correlación, mide la correlación entre la señal y la versión de la misma que ha sido retardada en tiempo. Así que, si la señal recuperada en el receptor es multiplicada por el código de pseudo ruido que la generó y si la señal es correcta, se debe encontrar una buena auto correlación. Para esto, la señal fue modulada usando el mismo código de pseudo ruido en el transmisor. Esta propiedad, puede utilizarse para la secuencia de sincronización inicial y para separar los componentes generados por las diferentes rutas que sigue una señal, al encontrar distintos obstáculos en su camino.

Existen muchos códigos de pseudo ruido disponibles en el enlace de subida; así que, no se necesita un manejo cuidadoso de ellos. Esto se refiere a que no existen problemas de sincronía ni de cancelación entre ellos. Un código de spreading identifica a un UE a una estación base específica.

En el Downlink, los códigos de scrambling son utilizados para reducir la interferencia entre estaciones base ya que, cada Nodo B tiene sólo un código de scrambling primario y el UE puede utilizar esta información para separar las estaciones base. Existen 512 códigos de scrambling primarios en el Downlink, éstos se dividen en 64 grupos y cada uno consta de 8 códigos. El propósito de estos grupos es mejorar el proceso desincronización.

Las especificaciones también definen códigos de scrambling secundarios. Cada uno de los códigos primarios contiene 16 códigos secundarios. Una posible aplicación de los códigos

secundarios es en celdas sectorizadas donde, para separar sectores, los códigos no pueden ser ortogonales entre ellos.

### 2.3.1.2.6 Códigos de canalización.

Los códigos de canalización, tanto para el Uplink como para el Downlink, son códigos ortogonales con factor de spreading variable (OVSF). Estos códigos conservan las propiedades de ortogonalidad entre los canales físicos de diferentes usuarios. La creación de dichos códigos se basa en un algoritmo, el cual produce árboles de códigos, donde cada nivel define un código de canalización con longitud SF. En UTRAN se utiliza el SF de 4 a 512, donde del 4 al 256 se utilizan en el Uplink y el 512 es añadido en el catálogo de SF para el Downlink. Un SF de 4 (que es un SF muy bajo, el más bajo que puede utilizar UTRAN), por ejemplo, significa que por cada dato de la señal existen cuatro chips en el código de spreading y que el ancho de banda de la señal resultante, es cuatro veces mayor que el original.

Todos los códigos dentro del árbol de códigos no pueden ser utilizados al mismo tiempo dentro de una celda; esto debido a que se puede utilizar un código en una celda si y sólo si éste no pertenece a la misma ruta hacia la raíz de árbol de otro código previamente en uso. Es decir, dos códigos que pertenecen a la misma ruta, no se pueden utilizar simultáneamente; lo que se traduce en un número limitado de códigos de canalización dependientes de la velocidad y el SF de cada canal físico. Un ejemplo de dichos árboles de códigos de canalización se puede apreciar en la siguiente figura.

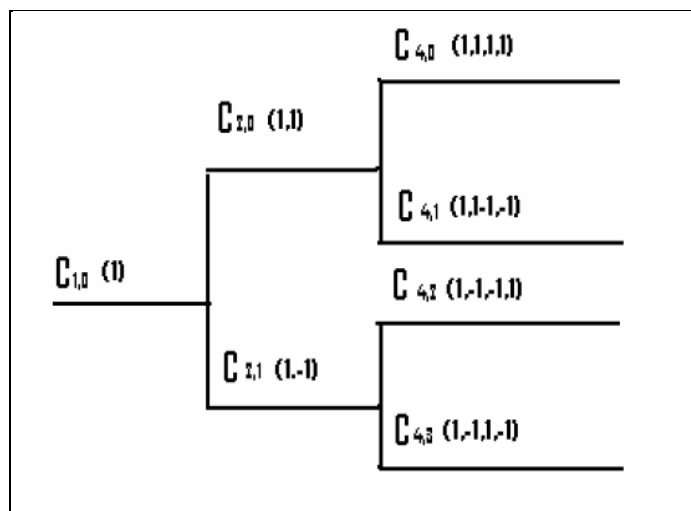


Figura N°18: Árboles de códigos de canalización

Cuando se realiza el proceso de recuperación con el código correcto, la señal original se obtiene, así como también, el ancho de banda inicial. Un código erróneo da como resultado

ruido en el proceso de recuperación, aunque se espera que en un sistema completamente ortogonal dicho ruido no exista, ya que, la salida del integrador en cada instante es cero. De la misma forma, el control de potencia no sería necesario si se cumpliera esta condición. Sin embargo, esto no se da en la práctica, siempre existe ruido en el sistema y es necesario un control de potencia para reducirlo.

#### **2.3.1.2.7 Códigos de scrambling.**

Existen 224 códigos de scrambling en el Uplink. Tanto los códigos cortos (la familia extendida de los códigos S (2)) como los códigos largos (códigos dorados de 10 ms) pueden ser usados en este enlace. El código de scrambling utilizado es seleccionado por la red. El móvil es informado por un mensaje en el enlace de bajada acerca de cuál código utilizar. Dicho código, en raros casos puede cambiar durante una conexión, pero si se da este caso, el código es negociado sobre el canal de control dedicado.

Para los códigos en el Downlink, un total 262,143 pueden ser generados. Sin embargo, no todos los códigos son utilizados. Los códigos de scrambling son divididos en 512 juegos, cada uno consta de un código primario y 15 secundarios.

A cada celda se le asigna un código de scrambling primario. El canal de control común primario, es transmitido usando el código de scrambling primario. Los demás canales en el enlace de bajada, son transmitidos con el juego de códigos que pertenecen al código primario asignado a la celda.

#### **2.3.1.2.8 Códigos de sincronización.**

Los canales de sincronía no son multiplicados por los códigos ortogonales ni por los códigos de scrambling, éstos son multiplicados por los códigos de sincronía (primarios y secundarios).

Los códigos de sincronía primarios, son utilizados en los canales de sincronía primarios (P-SCH). Estos códigos son similares en todas las celdas. Esta propiedad es muy útil, ya que se puede utilizar para sincronizar el timeslot en la fase de búsqueda de celda por parte del UE. Esta ráfaga de bits es enviada los primeros 256 chips de cada timeslot.

Existen 16 diferentes códigos de sincronía secundarios, los cuales son enviados vía los canales de sincronía secundarios, pero sólo durante los primeros 256 chips de cada timeslot. Estos códigos son conocidos por todos los UE's. La estación base puede cambiar los códigos

transmitidos cada timeslot. Existen 64 diferentes secuencias de códigos de sincronía. Una secuencia en particular le dice al UE acerca del grupo de códigos de scrambling en la celda.

#### **2.3.1.2.9 Spreading/Modulación en UTRAN.**

El proceso de spreading en UTRAN consiste en dos operaciones separadas: canalización y scrambling. La canalización transforma cada símbolo de datos en un número mayor de chips. Este cociente (número de chips/símbolo) es llamado SF (Spreading factor). Así que este proceso es el que incrementa el ancho de banda de la señal. El scrambling utiliza los códigos de pseudo ruido. El proceso de canalización se da antes del proceso de scrambling.

Los códigos de canalización son ortogonales, lo que significa que en un ambiente ideal no interfieren unos con otros. Sin embargo, esta propiedad se logra si los códigos están sincronizados en el tiempo. Esto es usado en el enlace de bajada para separar los diferentes usuarios dentro de una celda y en el enlace de subida, para separar los canales físicos de un usuario. Este no puede ser usado por la estación base para separar diferentes usuarios, ya que los móviles no se encuentran sincronizados en tiempo y por consecuencia, sus códigos no son ortogonales. Sin embargo, en el modo TDD es posible tener una sincronización en el enlace de subida.

En el proceso de scrambling las fases en los planos I y Q son multiplicadas por los códigos de scrambling. Estos códigos tienen propiedades de auto correlación.

El esquema de modulación en UTRAN es QPSK. La modulación es el proceso en el que los símbolos transmitidos multiplican a una portadora. Los símbolos modulados se llaman chips y su velocidad de modulación es de 3.84 Mcps.

#### **2.3.1.2.10 Modulación de los datos.**

Las técnicas de modulación más utilizadas son ASK, FSK y PSK. Un esquema de modulación de datos define cómo los bits de datos son combinados con la señal portadora, la cual siempre es una señal senoidal.

En PSK, es la fase de la portadora de radio, la que varía con la señal digital. En los sistemas de telefonía celular modernos, las diferentes variaciones de la modulación PSK como lo son BPSK, QPSK, GMSK, M-ary PSK, entre otras, son las más utilizadas. Una representación matemática del esquema de modulación PSK, es mostrado en la siguiente ecuación

$$s(t) = \sin[2\pi f_c t + \phi(t)]$$

El sistema UTRAN utiliza la modulación QPSK en el enlace de bajada. La velocidad de chip en la modulación es de 3.84 Mcps. Por su parte, en el enlace de subida, UTRAN utiliza un esquema de scrambling complejo. Este esquema adquiere varios nombres aunque UTRAN, generalmente utiliza el nombre de QPSK de canal dual. Otros nombres pueden ser HPSK (Hybrid Phase Shift Keying) u OCQPSK (Orthogonal Complex QPSK). La razón principal es que WCDMA debe resolver los problemas de la transmisión discontinua en el enlace de subida y el del consumo de potencia innecesario en el UE o móvil.

En el caso del esquema de modulación QPSK (Quaternary PSK) existen cuatro fases posibles: 0,  $2\pi$ ,  $\pi$  y  $3\pi$  radianes. Dos bits son transformados en un símbolo de datos complejo.

Existen además algunas variaciones de la modulación QPSK; como lo es el M-aryPSK, el cual tiene M fases dadas como  $2\pi m/M$ ; donde  $m=0,1\dots M-1$ . Además, existe también el MSK (Minimum Shift Keying).

El número de veces en el que un parámetro de la señal, ya sea amplitud, frecuencia o fase; varía por segundo, se le conoce como velocidad de símbolo. Esta velocidad es medida en Baudios y, 1 Baudio es igual a un cambio por segundo. En los esquemas demodulación binarios, como lo son ASK, FSK y PSK, la velocidad de símbolo es la misma que la velocidad de bit. En la modulación QPSK y M-ary PSK, la velocidad de símbolo excede la velocidad de un baudio. Cuando hablamos de CDMA, la velocidad demodulación se denomina velocidad de chip. El proceso de convertir a los símbolos en chips es la última etapa en el proceso de modulación, aplicado a una señal en el transmisor. El término chip se utiliza para describir cómo la operación de extendido acomoda la trama original de datos en partes más pequeñas o chips.

#### **2.3.1.2.11 Codificación de canal en UTRAN.**

Más allá de verificar los errores ejecutando una función de codificación UTRAN utilizados esquemas de corrección de errores: los códigos convolucionales y los turbo códigos.

En la actualidad, existe un tercer esquema el cual es no corrección de errores, en absoluto. Esto hace un total de cuatro mecanismos de corrección de errores: codificación de bloque, codificación turbo, codificación convolucional y ninguna codificación de canal en absoluto. Los códigos convolucionales son otra forma de proteger a la información libre de errores.

Mientras la codificación de bloque se usa para detectar errores y el esquema ARQ lo corrige, los códigos convolucionales combinan ambas funciones. Los códigos convolucionales son diferentes de los códigos de bloque, ya que estos operan continuamente sobre las tramas de datos. Ellos tienen memoria que les permite que los bits de salida no dependan totalmente de los bits de entrada, es decir, que puedan predecir algunos bits de entrada. Un código convolucional puede ser descrito usando el formato  $(n, k, m)$ , donde  $n$  es número de bits de salida, por palabra de datos,  $k$  es el número de bits de entrada y  $m$  es la longitud de la memoria.

Los turbo códigos han sido encontrados muy eficientes, ya que pueden operar muy cerca del límite descrito por la ley de Shannon. En los turbo códigos, la salida del proceso de decodificación es usada para ajustar la entrada de datos. Este proceso iterativo mejora la calidad de la salida del decodificador.

### **2.3.1.3 Equipo de usuario (UE)**

El equipo de usuario o UE, también llamado móvil, es el equipo que el usuario trae consigo para lograr la comunicación con una estación base, en el momento que lo desee y en el lugar en donde exista cobertura. Éste puede variar en su tamaño y forma, sin embargo debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. Por ejemplo, si un móvil trabaja bajo el sistema UMTS debe ser capaz de acceder a la red UTRAN mediante la tecnología de WCDMA; para lograr la comunicación con otro móvil con la PSTN, ISDN o un sistema diferente como GSM de 2.5G, tanto para voz, como para datos.

Algunas de las propuestas para no perder la inversión en la infraestructura de GSM es crear equipos con sistemas duales, es decir, que puedan acceder a ambas redes.

### **2.3.1.4 Red de acceso de radio UMTS.**

UTRAN es el nombre de la nueva red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS. Tiene dos interfaces que lo conectan con la red central y con el equipo de usuario. La interfaz Iu y la interfaz Uu respectivamente.

La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los que se encuentran los RNC (Radio Network Controller) y los Nodo B (en UTRAN las estaciones base tienen el nombre de Nodo B). Ambos elementos juntos forman el RNS (Radio Network Subsystem).



Las interfaces internas de UTRAN incluyen la interfaz Iub la cual se encuentra entre el Nodo B, el RNC y la interfaz Iur que conecta a los RNC, entre sí.

#### **2.3.1.4.1 RNC (Radio Network Controller).**

El RNC controla a uno o varios Nodos B. El RNC se conecta con el MSC mediante la interfaz IuCS o con un SGSN, mediante la interfaz IuPs. La interfaz entre dos RNC's es lógica y es la interfaz Iur, por lo tanto, una conexión directa entre ellos no es necesario que exista. Si comparamos al RNC con la red de GSM, éste es comparable con el BTS (Base Station Controller).

Dentro de las funciones ejecutadas por el RNC están:

- Manejo de los recursos de transporte de la interfaz Iu.
- Control de los recursos lógicos de O&M del Nodo B.
- Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- Manejo de tráfico en los canales comunes.
- Comb. en la Macro d/d de las tramas de datos, transferidas sobre muchos Nodos B.
- Modificación del grupo activo de celdas, lo que se traduce en un Soft Handover.
- Asignación de códigos de canalización, en el enlace de bajada.
- Control de potencia de lazo abierto, para el enlace de subida.
- Control de potencia para el enlace de bajada.
- Control de admisión.
- Manejo de los reportes.
- Manejo del tráfico en los canales compartidos.

#### **2.3.1.4.2 Nodo B.**

El nodo B es el equivalente en UMTS del BTS de GSM (Base Transceiver Station). El Nodo B puede dar servicio a una o más celdas, sin embargo las especificaciones hablan de una sola célula por Nodo B.

Dentro de las funciones ejecutadas por el Nodo B están:

- Implementación lógica del O&M.
- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware.
- Transmisión de los mensajes de información del sistema, de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- Combinación para la Macro diversidad y división de las tramas de datos internas, Nodo B.
- En el modo FDD el control de potencia de lazo cerrado y el enlace de subida.

- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia, en el enlace de bajada.

### **2.3.1.5 Red Central (Core Network)**

La red central se encuentra formada por varios ¿qué? los que amplían las funcionalidades que ya cumplían en GSM, para soportar UTRAN.

### **2.3.1.6 HSDPA / HSUPA**

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) se estandarizó como parte de 3GPP Release 5 con la primera versión de la especificación, en marzo de 2002. HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) era parte de 3GPP Release 6, con la primera versión de la especificación, en diciembre de 2004. HSDPA y HSUPA juntos se llaman HSPA (High-Speed Packet Access).

En HSDPA la tasa peak de datos disponible en los terminales es inicialmente 1.8Mbps y luego aumentó a 3,6 y 7,2 Mbps en 2006 y 2007, llegando hasta 14,4 Mbps en el último Release entregado por el 3GPP. El peak de velocidad de datos HSUPA, en la fase inicial, fue 2.1 Mbps llegando a los 5,76 Mbps, en el último Release.

HSPA es desplegado en la parte superior de la red WCDMA compartiendo todos los elementos básicos de red y en la red de radio, incluyendo los Nodos B, Radio Network Controller (RNC), Serving GPRS Support Node (SGSN) y Gateway GPRS Support Node (GGSN).

La actualización de WCDMA a HSPA requiere de un nuevo paquete de software y, potencialmente, nuevas piezas de hardware en los nodos B y en RNC para soportar; tanto las tasas de transferencia de datos, como las mayores capacidades disponibles. Debido a la infraestructura compartida entre WCDMA y HSPA, el costo de la actualización de WCDMA a HSPA es muy bajo, comparado con la construcción de una nueva red de datos independiente.

El performance del sistema de radio define cómo las aplicaciones pueden ser utilizadas sin problemas usando la interface de radio. Los parámetros clave que definen el performance de las aplicaciones serán la tasa de transferencia de datos y latencia de red. Hay aplicaciones que se comportan bien con velocidades bajas de unas pocas decenas de kbps, pero requieren muy bajo

retardo, como voz sobre IP (VoIP) y juegos en real time. Por otro lado, el tiempo de descarga de un archivo de gran tamaño sólo se define por la máxima velocidad de datos y la latencia no juega ningún papel. GPRS Release 99 proporciona típicamente 30-40 kbps con una latencia de 600 ms. EGPRS Release 4 llega a velocidades 3-4 veces superior y también reduce la latencia por debajo de 300 ms. WCDMA permite velocidades de datos peak de 384 kbps con una latencia de 100-200 ms, En la práctica, HSDPA lleva las tasas de datos de hasta 1 - 2 Mbps e incluso, en buenas condiciones, más allá de 3Mbps. HSPA incrementa aún más estas velocidades llegando hasta 14,4 Mbps. Desde HSPA, también se reduce la latencia de la red, a menos de 100 ms, permitiendo al usuario final contar con una experiencia similar a las conexiones DSL de línea fija. Se requiere poco esfuerzo para adaptar las aplicaciones de Internet y ser desplegadas en el móvil. En esencia, HSPA es un acceso de banda ancha con perfecta movilidad y amplia cobertura.

La evolución de HSPA es HSPA+, también conocido como HSPA Evolved, que aumenta la velocidad modulando los datos con 64QAM, si la señal es suficientemente buena. La modulación 64QAM transporta más información con los mismos recursos radioeléctricos. Dentro del Release 7 puede alcanzar velocidades de pico de hasta 28 Mbps de descarga y 11,5 Mbps de subida. En una segunda fase, HSPA+ utilizará MIMO para transmitir varias señales en paralelo, llegando a 42 Mbps

En el diagrama siguiente se muestra la evolución ofrecida por los distintos releases del 3GPP

Nombre	Release	Velocidad descarga	Velocidad subida
HSDPA	Release 5	14,4 Mbps	384 Kbps
HSUPA	Release 6	14,4 Mbps	5,76 Mbps
HSPA+	Release 7	28 Mbps	11,5 Mbps
HSPA+ MIMO	Release 8	42 Mbps	11,5 Mbps

Figura N°19: Evoluciones WCDMA

### 2.3.1.7 Interfaces en una UMTS

El estándar UMTS define la existencia de una interfaz entre cada uno de los elementos de red que la componen; la mayoría de éstas se mantienen desde el estándar de GSM. Cada una de estas interfaces requiere de su propio conjunto de protocolos. A continuación, se explicita las principales interfaces que han sufrido cambios debido al cambio de tecnología de acceso.

- Interfaz Uu: La interfaz Uu se encuentra entre el equipo de usuario y la red UTRAN. Esta interfaz utiliza la tecnología WCDMA para acceder al medio radioeléctrico.

- Interfaz lu: Esta interfaz conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS (URAN). Cabe mencionar que URAN es un concepto genérico y puede tener muchas implementaciones físicas. La primera a ser implementada es la UTRAN, la cual utiliza a la tecnología de WCDMA como interfaz aérea. Es la interfaz central y la más importante para el concepto de 3GPP. La interfaz lu puede tener dos diferentes instancias físicas, para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basada en conmutación de paquetes. En el primer caso, es la interfaz lu-CS la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC y es la interfaz lu-PS la encargada de conectar a la red de acceso de radio con el SGSN de la red central. Dentro de las funciones de esta interfaz, también se encuentra el servir como enlace en BRAN (Broadband Radio Access Network). BRAN es otra implementación física al concepto genérico de URAN, el cual conecta a la red central con la red de acceso de radio HIPERLAN21.

### **2.3.1.8 Servicios en UMTS**

En UMTS únicamente se especifican los mecanismos básicos para construir servicios. La definición de éstos queda bajo control del mercado (market driven). Aparecen las figuras de Proveedor/Operador de Servicios sobre redes UMTS de otros operadores. Se están desarrollando lenguajes específicos API (Application Program Interfaces) para la implantación de aplicaciones en redes con independencia de los detalles de operación de éstas. Otro concepto importante es el VHE (Virtual Home Environment) que permite a un usuario conservar su perfil de servicios, edición de éstos e interfaz de acceso, con independencia de la red utilizada.

## **2.4 Tecnologías 4G**

### **2.4.1 LTE**

LTE (Long Term Evolution) es parte de la evolución GSM, más allá de la tecnología 3G, a partir de EDGE, UMTS, HSPA y HSPA Evolution (HSPA+). Aunque HSPA y su evolución son fuertemente posicionadas para ser la tecnología dominante de datos móviles para la próxima década; la familia de normas de GSM debe continuar su evolución. HSPA Evolution proporcionará el escalón inicial hacia LTE para muchos operadores. El trabajo sobre LTE por parte del 3GP comenzó en 2004, completando la versión 9 (3GPP Rel 9) de la especificación en marzo de 2009.

El objetivo general de LTE es proporcionar un rendimiento extremadamente alto en la tecnología de acceso para ofrecer movilidad total que, fácilmente puede coexistir con redes HSPA y anteriores.

LTE supone una arquitectura de red totalmente IP y está diseñada para soportar voz sobre la red de datos. Incorpora técnicas top of the line en la interfaz radioeléctrica, para alcanzar niveles de rendimiento, más allá de lo obtenido con los enfoques CDMA, sobre todo en los canales de gran ancho de banda. Sin embargo, de la misma manera que las redes 3G coexisten con la segunda generación (2G) en redes integradas, los sistemas LTE coexistirán con 3G y 2G. Se espera la existencia de dispositivos multimodo que funcionarán a través de LTE/3G o LTE/3G/2G incluso, dependiendo de las circunstancias del mercado.

En la infraestructura de red ,los aspectos más importantes a considerar son los siguientes:

- Movilidad del Terminal: Para poder ubicar al móvil en los distintos sistemas, incluyendo los traspasos dentro del mismo sistema y entre ellos.
- Las infraestructuras de red con soporte a calidad de servicio: Integra los servicios tradicionalmente asociados al protocolo IP, con aquéllos asociados a las tecnologías de conmutación de circuitos con soporte a calidad de servicio.
- Seguridad: Es la gestión que se vuelve más compleja en un ambiente de acceso multitecnología.

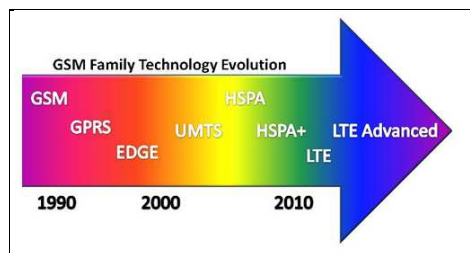


Figura N°20: Evolución familia GSM

#### 2.4.1.1 Arquitectura LTE

LTE busca minimizar la complejidad de la red. Debido a esto es que cuenta con 4 elementos funcionales:

- Evolved Radio Access Network (ERAN)
- Serving Gateway (SGW)
- Mobility Management Entity (MME)
- Packet Data Network Gateway (PDNGW/PGW)

Estos elementos, junto a las interfaces en LTE, se pueden apreciar en la siguiente figura.

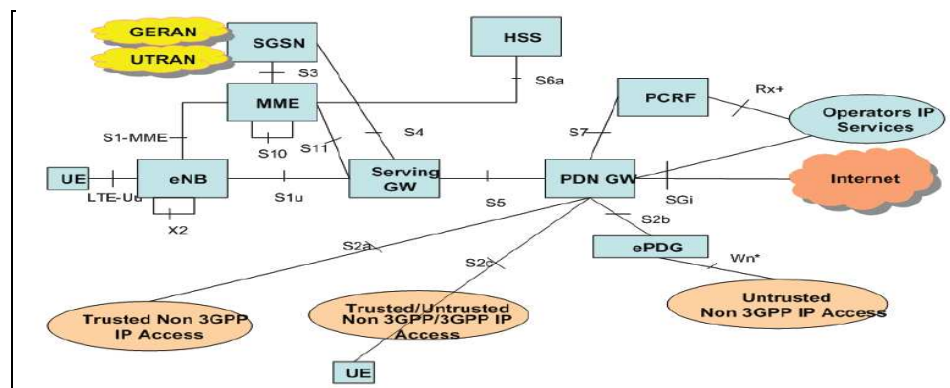


Figura N°21: Arquitectura LTE

#### 2.4.1.1.1 Evolved Radio Access Network (eRAN)

La RAN evolucionada para LTE se compone de un solo nodo, es decir, el eNodeB (eNB) que interactúa con la UE. El sede de la eNB cuenta con las capas hosts the PHYsical (PHY), Medium Access Control (MAC), Radio Link Control (RLC), and Packet Data Control Protocol (PDCP), que incluyen las funcionalidades de compresión y encriptación, del user-plane header. También ofrece recursos Radio (RRC) funcionalidad que corresponde al plano de control. Realiza muchas funciones incluyendo la gestión de recursos de radio, control de admisión, la programación, la aplicación de QoS negociados al Uplink, difusión de información de celda, cifrado / descifrado de datos de usuario y el plano de control y la compresión / descompresión de los paquetes del header del User plane, tanto en el Uplink, como en el Downlink.

La multiplexación utilizada es distinta en el Uplink de la utilizada en el Downlink, en el caso del primero, se utiliza SC-FDMA y en el segundo OFDMA.

##### 2.4.1.1.1.1 OFDMA

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ha sido aprobado como el sistema de transmisión de enlace descendente del 3GPP LTE y también se utiliza para otras tecnologías como WiMAX y DVB broadcast. La transmisión por medio de OFDM puede ser apreciada como una especie de transmisión multi-portadora. Las características básicas de la transmisión de OFDM son:

- El uso de un número relativamente grande de subportadoras de banda estrecha, es decir, una simple multi-portadora consistirá en pocas subportadoras, cada una con un relativo ancho de banda. Por ejemplo, una multi-portadora WCDMA con 20 MHz de ancho de banda podría consistir en cuatro subportadoras, cada una con un ancho de banda en el orden de los 5 MHz. En comparación con los otros sistemas, la transmisión OFDM puede implicar que varios cientos de subportadoras se transmiten en el mismo enlace de radio, al mismo receptor.

Posee un simple pulso rectangular, en el dominio del tiempo configurado, como se ilustra en la Figura siguiente. Esto corresponde a una forma de función sinc en el dominio de frecuencia, también ilustrado.

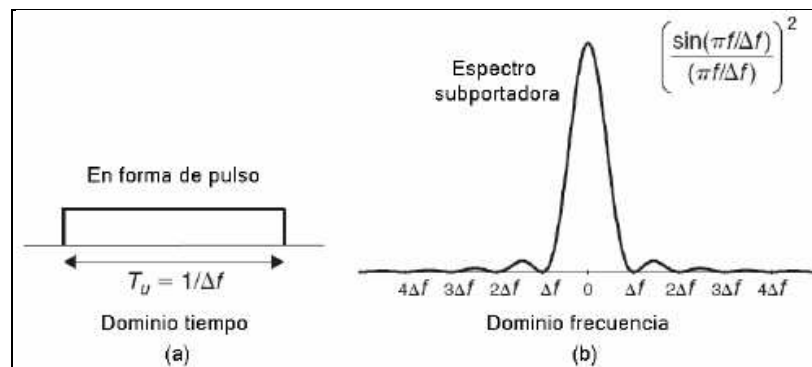


Figura N°22: Subportadoras OFDM

- El compacto dominio de frecuencia de las subportadoras con una desviación  $\Delta f = 1/T_u$ , donde  $T_u$  es el tiempo de la modulación del símbolo, por subportadoras.

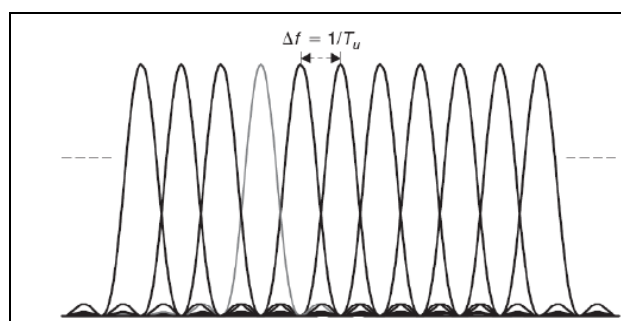


Figura N°23: Desviación en portadoras OFDM

El número de subportadoras OFDM puede variar desde menos de cien a varios miles, con una desviación de subportadoras que van desde cientos a unos pocos KHz. La desviación de subportadora a utilizar, depende de los tipos de ambientes en el que va a operar el sistema, incluyendo tales aspectos como el máximo esperado de selectividad de frecuencia del radio canal (máximo esperado del tiempo de dispersión) y el máximo de velocidad de transmisión de variación canal (máximo esperado de propagación Doppler).

Como ejemplo, para LTE, la básica desviación es igual a 15 KHz. Por otra parte, el número de subportadoras depende del ancho de banda de transmisión, en el orden de 600 subportadoras, en caso de operación en un espectro asignado de 10 MHz y menos o más subportadoras, en el caso de los pequeños o grandes anchos de banda de transmisión, respectivamente.

El “recurso físico”, en el caso de la transmisión OFDM, es a menudo ilustrado como una rejilla (grid) de tiempo-frecuencia, donde cada columna corresponde a un símbolo OFDM y cada fila corresponde a una subportadora OFDM.

Los principios básicos para la demodulación OFDM consisten en un banco de correladores, uno para cada subportadora. Teniendo en cuenta la ortogonalidad entre subportadoras, en el caso ideal, dos subportadoras OFDM no causan ninguna interferencia entre sí después de la demodulación, teniendo en cuenta que en el espectro las subportadoras vecinas claramente se solapan.

La ausencia de interferencias entre subportadoras no se debe a una separación del espectro de una subportadora, por el contrario, la ortogonalidad se debe a la estructura de dominio de frecuencia de cada una, en combinación con la elección específica de  $\Delta f$ , sin embargo, con el tipo de transmisión multi-portadora, la corrupción del dominio de frecuencia, como por ejemplo, debido a una frecuencia selectiva del canal de radio, puede dar lugar a una pérdida de ortogonalidad intersubportadora y así, una interferencia intersímbolo (ISI). Para manejar esto y hacer una señal verdaderamente sólida se usa la inserción del prefijo cíclico (intervalo de guarda), al añadir el prefijo cíclico de  $N_{PC} < N$  muestras a la señal de salida del modulador OFDM se obtiene una señal de longitud  $N_s = N + N_{PC}$ , por lo que la duración del símbolo aumenta, pero de manera que no se pierde ortogonalidad entre portadoras, ya que se copia al inicio una parte de señal de portadoras ortogonales entre ellas.

Entonces, este sistema de transmisión en el enlace descendente es atractivo por varias razones. Debido al correspondiente largo de tiempo del símbolo OFDM en combinación con un prefijo cíclico, OFDM proporciona un alto grado de robustez frente al canal selectivo de frecuencia. Aunque hay corrupción de la señal, este puede ser manejado en un principio por medio de la igualación en el lado receptor, la complejidad de esto se torna algo desagradable para la implementación en un terminal móvil de un ancho de banda por encima de los 5MHz.

Además OFDM es óptimo para el enlace descendente, especialmente cuando se combina con multiplexación espacial. Los beneficios adicionales de OFDM son:

- OFDM proporciona acceso de dominio de frecuencia, así se permite un adicional grado de libertad al canal dependiente comparado con HSPA.
- Flexibles asignaciones de ancho de banda, son fácilmente respaldadas por OFDM, al menos desde una perspectiva de banda base por la variación de números de subportadoras que OFDM utiliza para su transmisión.



- Transmisión broadcast/multicast donde la misma información es transmitida por múltiples estaciones base que es sencillo con OFDM.

#### **2.4.1.1.1.2 SC-FDMA**

Para el enlace ascendente de LTE se ha seleccionado un tipo de transmisión con portadora única basado en DFT-spread OFDM (DFTS-OFDM) debido a la combinación de las propiedades tales como:

- Pequeñas variaciones en la potencia instantánea de la señal transmitida.
- Posibilidad de baja complejidad para una alta calidad de igualación en el dominio de frecuencia.
- Posibilidad de FDMA con asignación flexible de ancho de banda.

El principio básico de la transmisión de DFT-OFDM es similar a la modulación OFDM y se basa en un bloque adaptado para la generación de la señal.

También, al igual que en OFDM, es preferible insertar un prefijo cíclico para cada bloque en la transmisión. La presencia de un prefijo cíclico permite una complejidad menor de igualdad del dominio de frecuencia en el lado receptor. El principal beneficio de DFT-OFDM en comparación con una transmisión multi-portadora OFDM es que reduce las variaciones en la potencia de transmisión instantánea, lo que conlleva a la posibilidad de aumentar la eficiencia del amplificador de potencia.

El uso de una modulación con una sola portadora en el enlace ascendente es originado por un valor inferior en la relación peak-promedio de la señal transmitida, en comparación con la transmisión multi-portadora. La relación peak-promedio de la señal transmitida y el promedio de la potencia transmitida puede ser para un dado amplificador de potencia. La transmisión de portadora única permite por lo tanto, el uso más eficiente de la potencia del amplificador, lo que se traduce en un aumento de cobertura que es muy importante para la limitada potencia del terminal. Por otro lado, la igualación requerida para manejar la corrupción de la señal de portadora única debido al desvanecimiento de frecuencia selectiva es un tema menor en el enlace ascendente, por las pocas restricciones en los recursos de procesamiento de señal en la estación base, en comparación con el terminal móvil.

En contraste con los enlaces ascendente no ortogonales WCDMA/HSPA, los que también funcionan por medio de transmisión de portadora única, el enlace ascendente en LTE se basa en la separación ortogonal de usuarios en tiempo y frecuencia. En un principio, la separación del usuario ortogonal puede lograrse en el dominio del tiempo sólo por la asignación del total de ancho de banda en la transmisión del enlace ascendente a un usuario a la vez. La separación ortogonal es beneficiosa ya que evita la interferencia intercelda (ICI). Sin embargo, la asignación de un gran recurso instantáneo de ancho de banda a un único usuario no es una estrategia suficiente en situaciones en las que la velocidad de transmisión de datos es limitada, principalmente, por la transmisión de potencia más que el ancho de banda. En tales situaciones, un terminal es designado para transmitir sólo en una parte del total del ancho de banda y otros terminales pueden transmitir en paralelo con el resto del espectro. Por lo tanto, como el enlace ascendente de LTE contiene un componente de dominio de frecuencia de múltiple acceso, el sistema de transmisión de este enlace es llamado también como Single Carrier – Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA).

La característica clave de estas transmisiones es normalmente la rapidez y las variaciones significativas en condiciones instantáneas del canal. Estas variaciones se deben a: desvanecimiento por sombra, pérdida de camino dependiente en la distancia que afectará significativamente el promedio de señal recibida y, por último, interferencia en el receptor, debido a las transmisiones de otras celdas y por otras terminales que también impactarán el nivel de interferencia. Todas estas variaciones deben tenerse en cuenta para una mejor calidad del enlace.

#### **2.4.1.1.1.3 Programación del canal y Adaptación de la velocidad de datos**

El corazón del sistema de transmisión de LTE es el uso de transmisión de canales compartidos, el que está bien adaptado a las diferentes necesidades de recursos planteados por los paquetes de datos y también, posibilita varias de las otras tecnologías claves utilizadas por LTE.

La programación (scheduling) de controles en cada instante de tiempo debería ser asignado para aquellos usuarios que comparten recursos. Esto también determina la velocidad de transmisión de datos que se utilizará para cada enlace, velocidad de transmisión adaptada que puede ser vista como una parte de la programación. La programación es un elemento clave y, en gran medida, determina el rendimiento global del enlace descendente, especialmente en una red muy cargada. Ambas transmisiones de enlace están sujetas a una ajustada programación. En relación con HSPA la programación del enlace descendente transmite a un usuario cuando las condiciones del canal tienen la ventaja de aprovechar al máximo la velocidad de transmisión de datos y, en cierta medida, hace posible el Enhanced Uplink (enlace ascendente mejorado), sin embargo, como LTE posee dominio del tiempo y acceso al dominio

de frecuencia debido al uso de OFDM y SC-FDMA en sus respectivos enlaces. El programador (scheduler) para cada frecuencia regional puede seleccionar el canal de usuario con las mejores condiciones. En otras palabras, la configuración del canal de usuario en LTE puede tomar en cuenta variaciones no sólo en el dominio del tiempo, como HSPA, sino que también en dominio de la frecuencia, esto se ilustra en la figura siguiente.

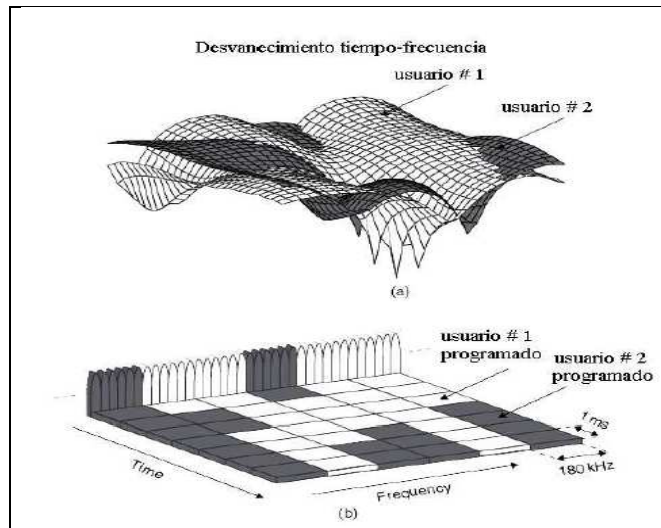


Figura N°24: Scheduling de controles

El canal de programación se basa en las variaciones de la calidad del canal que hay entre los usuarios para obtener una ganancia en la capacidad del sistema. Para servicios sensibles al retraso (delay), una programación con dominio sólo en el tiempo puede ser realizada para un usuario en particular, a pesar de que la calidad del canal no está en todo su auge. En situaciones como ésta, la explotación de las variaciones de la calidad del canal también en el dominio de la frecuencia ayudará a mejorar el rendimiento global del sistema. En LTE, las decisiones de programación pueden tomarse tan a menudo como una vez cada 1 ms y la granularidad en el dominio de la frecuencia es 180 KHz.

#### 2.4.1.1.2 Mobility Management Entity (MME)

El MME (Mobility Management Entity) es el elemento principal de control en el EPC (Evolved Packet Core). Normalmente, el MME podría ser un servidor en una ubicación segura, en las instalaciones del operador. Funciona sólo en el Control plane, y no participa en la ruta de los datos del Uplink. El MME también tiene una conexión lógica directa, en el control plane, al UE, y esta conexión se utiliza como el canal de control principal entre el UE y la red. A continuación, se listan las funciones principales del MME:

- **Autenticación y seguridad:** Cuando un UE se registra en la red por primera vez, el MME inicia la autenticación realizando lo siguiente: se descubre la identidad permanente del UE, ya sea desde la red visitada previamente, o desde la propia UE; las solicitudes del HSS en la red local del UE de los vectores de autenticación que contienen la solicitud de autenticación – respuesta en pares de parámetros; envía la solicitud al UE, y compara la respuesta del UE a la que se recibió de la red. Esta función es necesaria para asegurar que el UE es quien dice ser. El algoritmo de autenticación utilizado es el EPSAKA. El MME puede repetir la autenticación cuando sea necesario o periódicamente. El MME calculará las llaves de cifrado y protección de la integridad para los UE's de la clave maestra recibida en el vector de autenticación de la red, y controla los ajustes relacionados en E-UTRAN para el User plane y el control plane por separado. Estas funciones se utilizan para proteger la comunicación del espionaje y de la alteración por terceros no autorizados. Para proteger la privacidad del UE, el MME también asigna a cada UE una identidad provisional denominada Globally Unique Temporary Identity (GUTI), de modo que la necesidad de enviar la identidad permanente al UE a través del interfaz de radio se reduce al mínimo. La GUTI puede ser re-asignada, por ejemplo, periódicamente para evitar el seguimiento no autorizado del UE.

- **Gestión de la Movilidad:** El MME realiza un seguimiento de la ubicación de todos los UE's en su área de servicio. Cuando un UE se registra por primera vez en la red, el MME va a crear una entrada para la UE, y la señal de la ubicación para el HSS en la red del UE. Las MME realiza las solicitudes de los recursos necesarios para el setup en el eNB, así como la selección del SGW para el UE. A continuación el MME, mantendrá el seguimiento de la ubicación de la UE, ya sea en el nivel de eNB, si la UE permanece conectado, es decir, es en la comunicación activa, o en el nivel de seguimiento de la zona (TA), que es un grupo de eNBs en caso de que la UE va al modo idle, mantener conectada una ruta para los datos no es necesario. El MME controla la creación y liberación de recursos basado en los cambios en el modo de actividad del UE. El MME también participa en el control de señalización al realizar el handover de un UE en modo activo entre eNBs, SGWs o MMEs. El MME está involucrado en cada cambio de eNB, ya que no existe separada la funcionalidad de Radio Network Controller en LTE. Un UE en modo idle informará su ubicación sea de manera periódica, o cuando se mueve a otra área de seguimiento. Si los datos se reciben de las redes externas para un UE en modo idle, el MME será notificado.

- **Gestión del perfil del suscriptor y servicio de conectividad:** En el momento de registrar un UE en la red, el MME se encargará de recuperar su perfil desde la red de origen del móvil. El MME almacena esta información durante el período que se le entregue servicio al UE. Este perfil determina qué conexiones de red de paquetes de datos deben ser asignados al UE en la red. El MME automáticamente creará un portador por defecto, que otorga al UE la base para la conectividad IP. Esto incluye la señalización en el control plane con el eNB, y el SGW. En cualquier instante posterior, el MME posiblemente tenga que participar en la creación de portadoras dedicadas a los servicios que requieran un mayor tratamiento. El MME puede recibir la solicitud para establecer un portadora dedicada ya sea desde el SGW, si la petición se origina en el dominio de servicios del operador, o directamente desde la UE, si la UE requiere una

conexión para un servicio que no es conocido por el operador de dominio de servicio, y por lo tanto no se puede iniciar desde allí.

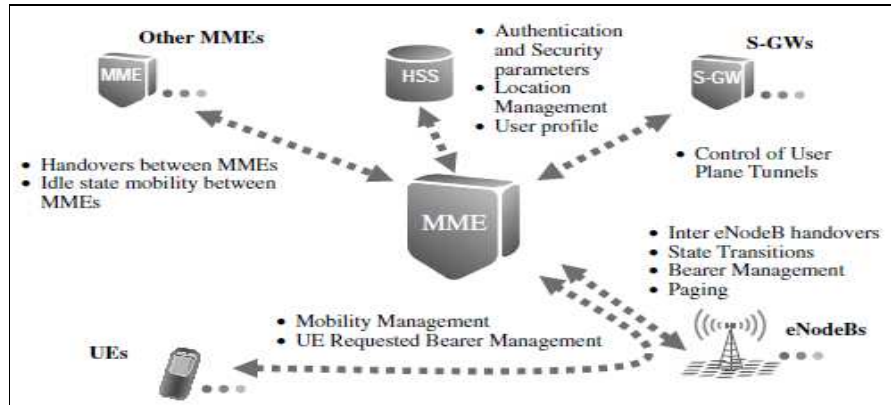


Figura N°25: Conexiones MME

En la figura anterior se muestran las conexiones que el MME tiene con los nodos que lo rodean, y se resumen las funciones principales de estas interfaces. En principio el MME puede ser conectado a cualquier otro MME en el sistema, pero normalmente la conectividad se limita a un sólo operador de red. La conectividad remota entre MMEs se puede utilizar cuando un UE que ha viajado muy lejos, mientras se encuentra apagado para enviar sus registros a una nueva MME, que a continuación, recupera identidad permanente del UE, de los MME visitados anteriormente. La conexión entre el MME con MMEs vecinos se utiliza para realizar handover. La conectividad a una serie de HSSs también tendrá que ser apoyada. El HSS es ubicado en la red local de cada usuario y se puede establecer una ruta para que se puedan ubicar basados en la IMSI. Cada MME se puede configurar para controlar una serie de SGWs y eNBs. Tanto los SGWs como los eNBs pueden ser conectados a otros MMEs. El MME puede servir un número de UEs, al mismo tiempo, mientras que cada UE sólo se conectará a una MME a la vez.

#### 2.4.1.1.3 Serving Gateway (SGW)

En la configuración básica de la arquitectura del sistema, la función de alto nivel del SGW es la gestión de los túneles y conmutación en el user plane. El SGW es parte de la infraestructura de red gestionada centralmente.

Cuando la interfaz S5/S8 se basa en GTP, el SGW tendrá túneles GTP en todas sus interfaces en el user plane. El mapeo entre los flujos de servicios IP y túneles de GTP es hecho en PGW y SGW no necesita estar conectado al PCRF. Todo el control está relacionado con los túneles GTP, y viene desde el MME o bien del PGW. Cuando la interfaz S5/S8 utiliza PMIP (Proxy Mobile IP: PMIP es el protocolo alternativo para la interfaz S5/S8. Se ocupa de la gestión de la movilidad,

pero no incluye funciones de gestión, como tal. Todo el tráfico que pertenece a una conexión del UE a una PDN particular, se maneja en conjunto.), el SGW realizará el mapeo entre los flujos de servicios IP en S5/S8 y los túneles de GTP en las interfaces S1-U, y se conectará al PCRF para recibir la información de asignación.

El SGW tiene un papel secundario en las funciones de control. Es únicamente responsable de sus propios recursos, y los asigna sobre la base de las solicitudes del MME, PGW o PCRF, que a su vez actúan sobre la necesidad de crear, modificar o eliminar portadoras para el UE. Si la solicitud fue recibida del PGW o PCRF, el SGW también transmitirá el comando del MME de manera que pueda controlar el túnel al eNB. De manera parecida, cuando el MME inició la solicitud, el SGW dará una señal al PGW o al PCRF, dependiendo de si la interfaz S5/S8 se basa en GTP o PMIP respectivamente. Si la interfaz S5/S8 se basa en PMIP, los datos de esa interfaz serán flujos IP mediante un túnel GRE para cada UE, mientras que si la interfaz S5/S8 se basa en GTP cada portador tendrá su propio túnel GTP. Por lo tanto el SGW soporta el mapeo de los flujos IP de interfaz S5/S8 para los portadores de la interfaz S1. Esta función del SGW se llama Bearer Binding and Event Reporting Function (BBERF). Independientemente de donde comience la portadora con la señalización, el BBERF siempre recibe el portador con la información del PCRF.

Durante la movilidad entre eNBs, el SGW actúa como pilar para la movilidad. El SGW es el encargado de switchear el túnel desde un eNB a otro. El MME también podrá solicitar al SGW la entrega de un túnel para la transmisión de datos, cuando es necesario enviar sus datos desde un eNB a otro para que el UE pueda realizar el handover. Los escenarios de la movilidad también incluyen el cambio de un SGW a otro, y el MME controla este cambio mediante la eliminación de los túneles del SGW antiguo y el seteo de estos en el SGW nuevo.

Para todos los flujos de datos que pertenecen a un UE que se encuentre en modo conectado, el SGW transmite los datos entre el eNB y el PGW. Sin embargo, cuando un UE está en modo idle, los recursos se liberan en la eNB, y la ruta de datos termina en el SGW. Si el SGW recibe paquetes de datos del PGW en cualquier túnel, debe almacenar los paquetes, y solicitar al MME iniciar el paging del UE. El paging hará que el UE se vuelva a conectar, y cuando los túneles se vuelven a conectar, los paquetes que se encuentren almacenados serán enviados. El SGW hará un seguimiento de los datos en los túneles, y también podrá coleccionar los datos necesarios para el accounting y el charging al usuario. El SGW también incluye la funcionalidad para la interceptación legal, lo que significa la capacidad de entregar a las autoridades los datos del usuario a controlar para continuar la inspección.

La figura siguiente muestra cómo el SGW está conectado a otros nodos lógicos, y se indican las principales funciones de estas interfaces. Todas las interfaces tienen que ser configuradas de un modo uno-a-muchos, desde el punto de vista del SGW. Un SGW puede estar sirviendo sólo para una zona geográfica determinada con un conjunto limitado de eNBs, y también puede haber un conjunto limitado de MMEs que tengan el control de esa zona. El SGW debe ser capaz

de conectarse a cualquier PGW en toda la red, porque el PGW no va a cambiar gracias a la movilidad, mientras que el SGW se puede reubicar, cuando se mueve la UE. Para las conexiones relacionadas con un UE, el SGW siempre mantendrá una señal con un único MME, y el user plane a un eNB al mismo tiempo. Si un UE tiene permitido conectarse a múltiples PDNs a través de PGWs diferentes, entonces el SGW necesita conectar a estos por separado. Si la interfaz S5/S8 se basa en PMIP, el SGW se conecta a un PCRF de cada PGW que el UE este utilizando. Esta figura también muestra el caso de reenvío de datos indirectos donde los datos del user plane se envían entre eNBs a través de los SGWs. No hay nombre específico asociado a la interface entre SGWs, ya que el formato es exactamente el mismo que el de la interfaz S1-U, y los SGWs involucrados pueden considerar que se está comunicando directamente con una eNB.

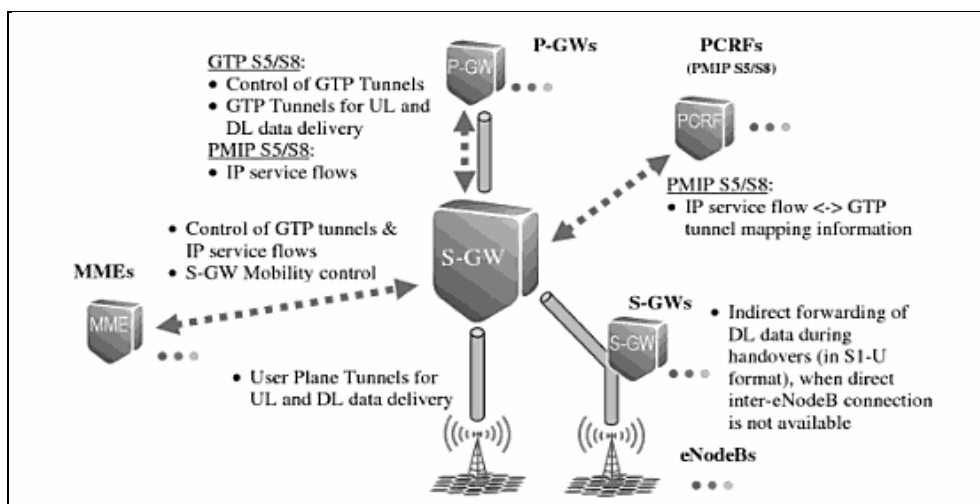


Figura N°26: Conexiones SGW

#### 2.4.1.1.4 Packet Data Network Gateway (PGW)

El PGW (también abreviado como PDN-GW) es el router frontera entre el EPS y redes de paquetes externas. Es el elemento más importante del sistema para las tareas de movilidad, y por lo general, actúa como el punto de conexión IP de los UE. Este realiza las funciones de sincronización y filtrado del tráfico según lo requiera el servicio en cuestión. Al igual que el SGW, el PGW se mantienen de manera centralizada. Normalmente, el PGW asigna la dirección IP al UE, y el UE utiliza esta para comunicarse con otros hosts IP en redes externas, por ejemplo, Internet. También es posible que PDN externos al que el UE está conectado asignen la dirección que se va a utilizar por la UE. La dirección IP asignada siempre cuando el UE pide una conexión al PDN, esto sucede al menos cuando la UE se atache a la red, y puede ocurrir con posterioridad, cuando se necesita una nueva conexión al PDN. El PGW lleva a cabo las funcionalidades requeridas de Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), o consultas externas a un servidor DHCP, y ofrece la dirección al UE. También es soportada la auto-configuración dinámica de acuerdo con las normas. Sólo IPv4, sólo IPv6 o ambos tipos de direcciones pueden ser asignados en función de la necesidad, y el UE puede señalar si desea

recibir la dirección (es) en la señalización de Attach, o si desea realizar una configuración de dirección después que la capa de enlace se encuentra conectada. El PGW incluye el PCEF, lo que significa que realiza las funciones de sincronización y filtrado según sea necesario por las políticas establecidas por el UE y el servicio en cuestión, y se acumula y reporta la información relacionada con el charging.

El tráfico del user plane entre PGW y redes externas se presenta en forma de paquetes IP que pertenecen a flujos de diversos servicios IP. Si la interfaz S5/S8 hacia el SGW se basa en GTP, el PGW realiza la asignación entre los flujos de datos IP a los túneles de GTP, que representan a los portadores. El PGW establece las portadoras, según la petición sea a través del PCRF o del SGW, que retransmite la información del MME. En este último caso, el PGW también debe interactuar con el PCRF para recibir la información adecuada acerca de la política de control, si no se configura en el PGW a nivel local. Si la interfaz S5/S8 se basa en PMIP, el PGW mapea todos los flujos de los servicios IP a las redes externas que pertenecen a un UE a un solo túnel GRE, y toda la información de control se intercambia solamente con el PCRF. El PGW también tiene la funcionalidad para el control del flujo de datos para efectos contables, así como para la interceptación legal. Cuando se mueve un UE de un SGW a otro, los portadores tienen que ser swichados en el P-GW. El PGW recibirá una indicación para cambiar los flujos del nuevo SGW.

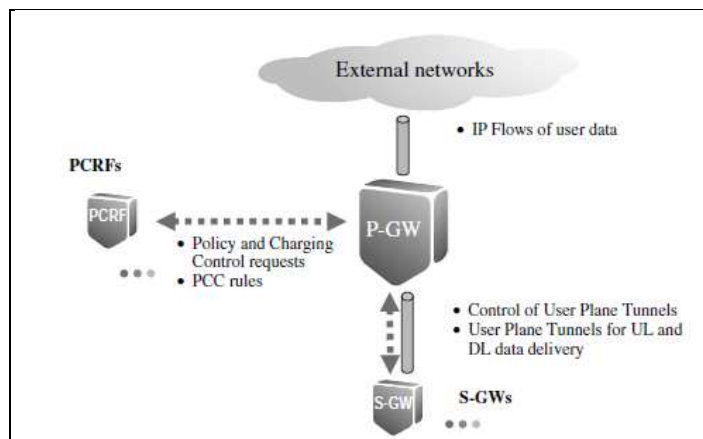


Figura N°27: Conexiones PGW

La figura anterior muestra las conexiones que el PGW tiene con los nodos que lo rodean, y se enumeran las funciones principales de estas interfaces. Cada PGW puede ser conectado a una o más PCRF, SGW y redes externas. Por un UE que se asocia con el PGW, sólo hay un SGW, pero muchas conexiones a redes externas.

Tres elementos que también forman parte de la arquitectura de LTE son el PCRF, el HSS y el Service Domain que se describen a continuación:



#### 2.4.1.1.5 Policy and Charging Resource Function (PCRF)

El PCRF es el elemento de red que es responsable de la política y el control del charging (PCC). Es el encargado de la toma de decisiones sobre la forma de manejar los servicios en términos de calidad de servicio, y proporciona información al PCEF situado en el PGW, y si es aplicable también al BBERF situado en el SGW, de modo que se puedan establecer las portadoras y políticas adecuadas. El PCRF es un servidor que normalmente se encuentra con otros elementos del CN en los centros de conmutación del operador. La información que el PCRF proporciona al PCEF, se llama reglas PCC. El PCRF enviará las reglas PCC cada vez que una portadora nueva se establezca. Se requiere establecer una portadora, por ejemplo, cuando el UE inicia el attach a la red y una portadora por defecto será creada, y, posteriormente, cuando uno o más portadoras dedicadas se establezcan. El PCRF será capaz de establecer normas PCC, según la petición sea de del PGW y también con el SGW en el caso de PMIP, como en el caso de attach, y también, con una petición de la Application Function (AF) que reside en el Services Domain. En este escenario, el UE ha señalado directamente con el Services Domain, por ejemplo, con IMS, y la AF lleva la información del QoS del servicio para el PCRF, que toma una decisión PCC, y empuja las normas PCC al PGW, y el mapeo de la información de la portadora al SGW en el caso que la interfaz S5/S8 sea PMIP. Las portadoras del EPC luego se establecen en base de estos. Las conexiones entre los PCRF y los otros nodos se muestran en la figura siguiente. Cada PCRF puede estar asociada con una o más de AF, PGW y SGW. Sólo hay un PCRF asociado con la conexión que ha establecido la PDN con un solo UE.

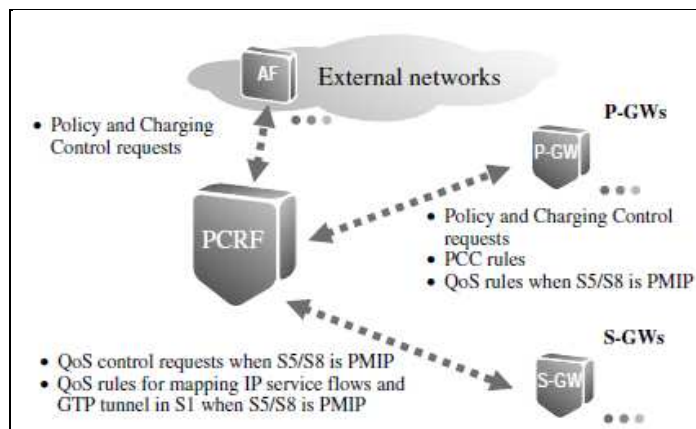


Figura N°28: Conexiones PCRF

#### 2.4.1.1.6 Home Subscription Server (HSS)

El HSS es el repositorio de los datos permanentes de suscripción para todos los usuarios. También registra la ubicación del usuario en el nivel de nodo de control de red visitado, tales como el MME. Es un servidor de base de datos gestionado de manera centralizada. El HSS almacena una copia del perfil maestro del suscriptor, que contiene información sobre los servicios que son aplicables al usuario, incluyendo información sobre las

conexiones PDN autorizadas, y si el roaming se permite o no. Para el soporte a la movilidad entre no 3GPP ANs, el HSS también almacena la identidad de los P-GW que están en uso. La llave permanente, que se utiliza para calcular los vectores de autenticación que se envían a una red de visitada para la autenticación de usuario y llaves derivadas para el cifrado y posterior protección de la integridad, se almacenan en el AUC, que suele ser parte del HSS. En toda la señalización relacionada con estas funciones, el HSS interactúa con el MME. El HSS tendrá que ser capaz de conectarse con cada MME en toda la red, donde sus UEs puedan circular. Para cada UE, los registros del HSS apuntarán a un MME a la vez, y tan pronto como una nueva MME reporte que está sirviendo a un UE, el HSS cancelará la ubicación del MME anterior.

#### **2.4.1.1.7 Services Domain**

El Services domain puede incluir diversos sub-sistemas, que a su vez pueden contener varios nodos lógicos. La siguiente es una categorización de los tipos de servicios que estarán disponibles, y una breve descripción de qué tipo de infraestructura sería necesario para proporcionar estos:

- Servicios basados en IMS: IMS es una maquinaria de servicios que el operador puede utilizar para proporcionar servicios a través del protocolo SIP. La arquitectura de IMS es definida por el 3GPP.
- Servicios no basados en IMS: La arquitectura de servicios basados en no-IMS no están definidos en las normas. El operador simplemente puede colocar un servidor en su red, y los UEs se conectan con este a través de alguno de los protocolos acordado lo que es soportado con alguna aplicación en el UE. Un servicio de streaming de vídeo proporcionado desde un servidor de streaming es un ejemplo de ello.
- Otros servicios no prestados por el operador de red móvil, por ejemplo servicios prestados a través de Internet: Esta arquitectura no responde estándares 3GPP y la arquitectura depende del servicio en cuestión. La configuración típica sería que el UE se conecte a un servidor en Internet, por ejemplo, a un servidor web para la navegación web de servicios, o en un servidor SIP para telefonía usando servicios de Internet (es decir, VoIP).

#### **2.4.1.2 Frecuencias en LTE**

Las especificaciones LTE indican que se heredarán todas las bandas de frecuencias definidas para UMTS, la que es una lista que continúa creciendo. Contando lo definida en las últimas especificaciones ya operan 15 bandas FDD y 8 bandas TDD. Existe una significativa superposición entre algunas de las bandas, pero esto no implica necesariamente simplificar los diseños ya que no puede haber requisitos específicos de rendimiento de banda basados en las necesidades regionales. No hay consenso sobre la banda en que LTE será desplegado, ya que la respuesta depende en gran medida de las variables locales. Esta falta de consenso es una complicación significativa para los fabricantes de equipos y contrasta con el inicio de GSM y W-CDMA, los cuales fueron especificados para una sola banda. Lo que está ahora firmemente establecido es que uno ya no puede asumir que cualquier banda estará reservada exclusivamente para alguna tecnología de acceso. En la figura siguiente se muestran todas las bandas en que podría operar LTE.

E-UTRA operating band	Uplink (UL) operating band	Downlink (DL) operating band	Duplex mode
	BS receive UE transmit	BS transmit UE receive	
	$F_{UL,low} - F_{UL,high}$	$F_{DL,low} - F_{DL,high}$	
1	1920 – 1980 MHz	2110 – 2170 MHz	FDD
2	1850 – 1910 MHz	1930 – 1990 MHz	FDD
3	1710 – 1785 MHz	1805 – 1880 MHz	FDD
4	1710 – 1755 MHz	2110 – 2155 MHz	FDD
5	824 – 849 MHz	869 – 894 MHz	FDD
6	830 – 840 MHz	875 – 885 MHz	FDD
7	2500 – 2570 MHz	2620 – 2690 MHz	FDD
8	880 – 915 MHz	925 – 960 MHz	FDD
9	1749.9 – 1784.9 MHz	1844.9 – 1879.9 MHz	FDD
10	1710 – 1770 MHz	2110 – 2170 MHz	FDD
11	1427.9 – 1452.9 MHz	1475.9 – 1500.9 MHz	FDD
12	698 – 716 MHz	728 – 746 MHz	FDD
13	777 – 787 MHz	746 – 756 MHz	FDD
14	788 – 798 MHz	758 – 768 MHz	FDD
...			
17	704 – 716 MHz	734 – 746 MHz	FDD
...			
33	1900 – 1920 MHz	1900 – 1920 MHz	TDD
34	2010 – 2025 MHz	2010 – 2025 MHz	TDD
35	1850 – 1910 MHz	1850 – 1910 MHz	TDD
36	1930 – 1990 MHz	1930 – 1990 MHz	TDD
37	1910 – 1930 MHz	1910 – 1930 MHz	TDD
38	2570 – 2620 MHz	2570 – 2620 MHz	TDD
39	1880 – 1920 MHz	1880 – 1920 MHz	TDD
40	2300 – 2400 MHz	2300 – 2400 MHz	TDD

Figura N°29: Frecuencias disponibles para LTE

#### 2.4.1.3 Interfaces en LTE

- S1-MME: Interface entre el eNB y el MME. Es el punto de referencia para el protocolo del plano de control entre EUTRAN y el MME. El protocolo sobre este punto de referencia es eRANAP y utiliza el protocolo Stream Control Transmission Protocol (SCTP) como protocolo de transporte.

- S1-U: Interface entre eNB y el SGW. Es el punto de referencia entre EUTRAN y el SGW para las portadoras de los túneles en el user plane y la ruta entre eNBs para la conmutación durante el handover. El protocolo de transporte en esta interfaz es GPRS Tunnelling Protocol-User plane (GTP-U).
- S2A Proporciona el user plane relacionado con el control y el soporte a la movilidad entre los accesos de confianza IP no 3GPP y el Gateway. S2A se basa en Proxy Mobile IP. Para habilitar el acceso seguro para vía IP a dispositivos no 3GPP que no soportan PMIP, S2A también soporta el modo de cliente móvil IPv4 FA.
- S2b Proporciona el user plane relacionado con el control y el soporte a la movilidad entre el evolved Packet Data Gateway (ePDG) y el PGW. Se basa en protocolo Proxy Mobile IP.
- S2C Proporciona el user plane relacionado con el control y el soporte a la movilidad entre el UE y el PGW. Este punto de referencia se implementa para accesos seguros y/o no seguros no 3GPP y/o accesos 3GPP. Este protocolo se basa en el modo Mobile IP co-located.
- S3 es la interfaz entre el SGSN y el MME y permite el intercambio de información del usuario y las portadoras para la acceso a la movilidad entre redes 3GPP en estado idle y/o activo. Se basa en la interface Gn que es la definida entre SGSNs.
- S4 Proporciona el user plane relacionado con el control y el soporte a la movilidad entre el SGSN y el SGW y se basa como referencia en la interfaz Gn que es la existente entre el SGSN y el GGSN.
- S5 Proporciona los túneles del user plane y la gestión de túneles entre el SGW y el PGW. Se utiliza para la relocalización del SGW debido a la movilidad del UE y si el SGW necesita conectarse a un PGW no-localizado para la necesidad de conectividad del PDN. Dos variantes de esta interfaz se están estandarizando en función del protocolo utilizado, es decir, GTP y el IETF basado en la solución Proxy Mobile IP.
- S6a Permite la transmisión de datos de suscripción y autenticación para la autenticación / autorización del usuario durante el desarrollo del acceso al sistema (interfaz AAA) entre MME y HSS.
- S7 Esta interface permite la transferencia de políticas (QoS) y reglas de charging desde el Policy and Charging Rules Function (PCRF) al Policy and Charging Enforcement Function (PCEF) en el PGW. Esta interfaz se basa en la interfaz de Gx.
- S10 Es la interface entre MMEs para la relocalización del MME y la transferencia de información entre un MME y otro
- S11 Interface entre el MME y el SGW.
- SGi es la interface entre el PGW y la red de paquetes de datos. La red de paquetes de datos puede ser una red pública de un operador externo o una red privada de paquetes de

datos o una red de paquetes dentro de la red del operador, por ejemplo para la prestación de servicios IMS. Esta interfaz equivale a la Gi para accesos 2G/3G.

- Rx + La interfaz Rx se encuentra entre la Application Function y el PCRF.
- Wn \* Es la interfaz entre los accesos IP sin confianza no 3GPP y el ePDG. El tráfico en esta interfaz para los túneles iniciados por el UE debe ser forzado hacia el ePDG.

## III SERVICIOS 4G

### 3.1 Antecedentes

En la actualidad, los esfuerzos están volcados en realizar las acciones necesarias para la implementación de la tecnología LTE/SAE y, a su vez, su funcionalidad para el ámbito comercial (pruebas de interoperabilidad, ensayo sobre terreno y desarrollo de prototipos).

Con el propósito de asegurar el buen funcionamiento de esta nueva tecnología se ha creado la iniciativa global llamada LSTI (LTE/SAE TRIAL INITIATIVE). Esta iniciativa está conformada por proveedores y operadores de equipos, los cuales coordinan los lineamientos necesarios para que, cuando esta tecnología sea adoptada, el conocimiento y la comprensión sobre la funcionalidad y rendimiento esperado sobre LTE sea verídica.

En mayo de 2007, LSTI a través de un grupo de operadores junto con fabricantes de infraestructura de red (Alcatel-Lucent, Ericsson, Nokia, Nokia Siemens Networks, Nortel, Orange, T-Mobile y Vodafone) pretenden apresurar la comercialización de LTE/SAE. Además, se encargan de realizar ensayos de la tecnología sobre las actuales implementaciones del estándar, compara las mediciones de los equipos en laboratorios, revisa los requisitos de pruebas de campo y de los objetivos de ambos organismos NGMN (Next Generation Mobile Networks) y 3GPP.

Con el objetivo de demostrar que LTE/SAE cumplirán con los objetivos propuestos, se acordaron un número de puntos de prueba, en relación con diversos aspectos de funcionalidad y rendimiento. Una actividad de prueba, PoC-Proof of Concept, viene junto a los resultados de los prototipos de los proveedores y las pruebas al aire libre, para ver si los requisitos técnicos de rendimiento pueden ser alcanzados en ejecuciones pre-comerciales (figura 30). Estas pruebas son:

- Velocidad de transmisión de datos *peak* y eficiencia espectral.
- Velocidad de transmisión de datos esperada para los usuarios finales.
- Pruebas de campo individual y multi-celda.
- Latencia.
- Handover y tiempo de interrupción.
- Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) y Calidad de Servicio (QoS) de apoyo.



Figura N° 30 Pruebas de Proff of Concept de LTE

Esta tecnología pretende romper las economías de escalas propias de las redes habituales y ofreciendo crecientes capacidades. A raíz de esto, el Gobierno de Chile, ha tomado la decisión de impulsar los mercados de telecomunicaciones móviles, para que obtengan la consolidación de la tecnología, a través de futuros concursos de espectro radioeléctrico y regulaciones apropiadas y así, lograr su máximo desarrollo.

### 3.2 Velocidad de transmisión de datos

En los sistemas móviles de banda ancha, la velocidad de datos al usuario final va a depender de la calidad de su enlace radio hasta la estación base, y sobre el número de otros usuarios con los que comparte la celda. LSTI busca las condiciones óptimas para la velocidad peak y las tarifas que pueden esperar los usuarios finales.

#### 3.2.1 Velocidades Peak

Los objetivos de 3GPP para la velocidad de datos en el peak son de 100 Mbps para el Downlink y 50 Mbps para el Uplink. El 3GPP realizó, en el año 2007, simulaciones para el NGMN, las cuales arrojaron la posibilidad de las velocidades de 173 Mbps para el Downlink y 56 Mbps del Uplink. Esto fue asumido con los 20 MHz de ancho de banda, MIMO 2x2 en el Downlink y SIMO 1x2 en el Uplink, y con un terminal limitado para las transmisiones con 16QAM.

En la figura 31, se grafica las velocidades peak de datos medidos por seis diferentes proveedores, tanto en entornos de laboratorio y campo.

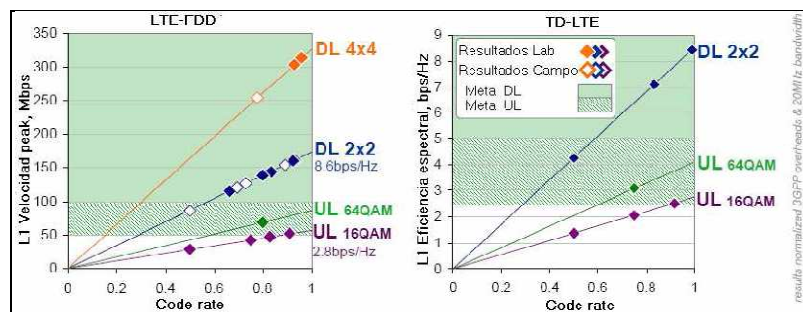


Figura N°31 Velocidades peak de datos medidos en diferentes proveedores LSTI.

En el canal codificado, los resultados medidos incorporados asientan un intercambio flexible entre la velocidad de datos y robustez en errores de bits. Los resultados son asociados en base del "code rate" que es la relación de bits de información con los bits transmitidos. La figura anterior muestra varios resultados, downlink encontrando la meta original de 100 Mbps. Con MIMO 4x4, se puede superar una velocidad DL de 300 Mbps. En el uplink es más difícil alcanzar el objetivo con 16QAM en terminales disponibles al momento de la prueba, sin embargo, los resultados muestran que se puede lograr. Con 64QAM los terminales también son incluidos en el estándar LTE y, en teoría, pueden alcanzar hasta 86 Mbps en el uplink.

Existe mucha discusión sobre la relevancia de las velocidades peak de transmisión de datos, y si constituyen lo que recibirán en la práctica los usuarios finales. Estas velocidades representan la velocidad máxima de la interfaz de aire, realizadas en óptimas condiciones de radio y con sólo un usuario conectado a la celda. La razón principal para la utilización de éstas, es que son verificables con facilidad y con una sencilla base de pruebas de laboratorio. La actual velocidad del usuario final dependerá del número de usuarios que comparten la celda, el tipo de tráfico, y las condiciones radio de los usuarios. Especificar una combinación adecuada de condiciones en la práctica es muy difícil. Cabe destacar, la iniciativa LSTI ha sido capaz de reunir los resultados de las velocidades reales medidas que experimentan los usuarios finales, los cuales se verán afectados por: las cabeceras de aplicación, las condiciones RF y múltiples usuarios en la celda.

### 3.2.2. Consecuencias de las condiciones RF

Con respecto a las velocidades peak son alcanzadas en buenas condiciones de RF con una alta relación señal a ruido, sólo se experimenta cerca del eNB o estación base. Las velocidades se reducen cuando la UE se distancia del eNB. El throughput es reducido a través de la velocidad del UE, debido a las velocidades rápidas de desvanecimiento de múltiple trayectoria. LTE es recomendado para soportar velocidades de hasta 350 Km/h, con una mínima atenuación del desempeño de hasta 120 Km/h.

La imagen a continuación, hace referencia a la medida típica de laboratorio de esos efectos de uno de los proveedores LSTI. Los resultados iniciales demuestran que se puede soportar hasta 350 Km/h y se ve muy poco impacto en el rendimiento, con velocidades de hasta 120 Km/h que es sólo el 10% comparado con los 3 Km/h. Resultados de otros proveedores mostraron un rendimiento similar.



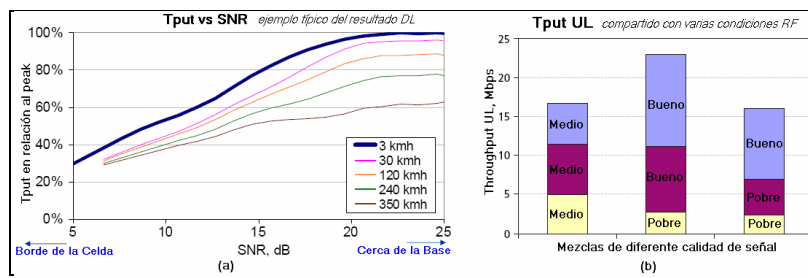


Figura N° 32 Impactos del Tput sobre el usuario final: Condiciones RF e Intercambio de celda.

### 3.2.3 Intercambio throughput de celda entre muchos usuarios

Las velocidades de transmisión de datos para el usuario final en LTE dependerán de la demanda de la celda. Ésta es compartida exclusivamente entre los usuarios activos que realizan transferencias de datos al mismo tiempo. Los resultados de laboratorio en los canales ideales sin desvanecimiento muestran que el throughput de la celda es compartido, en consecuencia, si se duplicara la cantidad de usuarios, sus rendimientos individuales se reducen a la mitad. Otras pruebas en canales con desvanecimiento manifiestan un incremento de la programación de la frecuencia selectiva, la cual mediante el eNB puede medir y aprovechar las diferencias en el canal UE para aumentar el throughput de la celda.

Conjuntamente, el enlace ascendente LTE soporta MIMO multi-usuario, el cual puede emparejar los UEs para utilizar el mismo recurso cuando sus señales logran ser "ortogonalizadas" por el eNB. Esta práctica mejora el throughput de la celda sin ningún tipo de conocimiento o de procesamiento en la parte del UE.

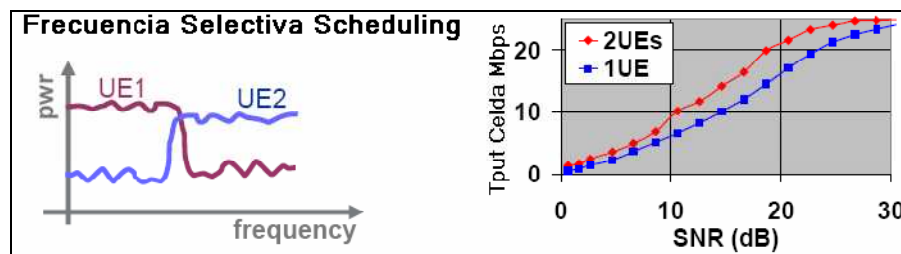


Figura N° 33 Respuesta de diferentes frecuencias e incremento del Tput.

### 3.2.4 Impacto de la cabecera de protocolo sobre el throughput de una aplicación final.

En una aplicación final, la utilidad throughput puede ser considerada como el throughput de capa física (bits de información transmitidos por el aire), menos cualquier retransmisión o cabeceras de paquete añadidas por las capas superiores y por la propia aplicación.

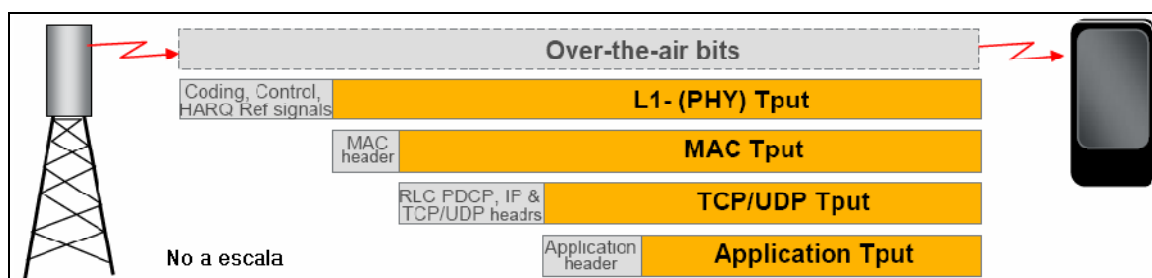


Figura N° 34 Tput en la capa de aplicación.

El tamaño de las cabeceras, en proporción a los datos, puede variar dependiendo del tipo de tráfico transportado. Las transferencias de archivos tienden a utilizar paquetes grandes, por lo que la cabecera es relativamente pequeña. Por el contrario, los paquetes de VoIP tienen pequeños tamaños de carga útil, e incurrirían en mayores cabeceras sin el uso de técnicas como la compresión robusta de cabecera (ROHC). Para dar una visión independiente del tráfico de las capacidades throughput LTE, las exigencias de la velocidad de transmisión peak son definidos en la capa física las cuales son los números vistos en la figura anterior. El LSTI, también ha reunido resultados comparando las velocidades de transmisión de la capa física con la velocidad de descarga real de las transferencias de archivos. Las desigualdades son menores, por lo general inferiores al 5%.

### 3.2.5 Velocidades de Datos del Usuario Final.

Se requiere un gran despliegue de una red completamente cargada, decenas de celdas que sirven a cientos de terminales usando aplicaciones prudentes, para caracterizar realmente las velocidades de datos del usuario final. La iniciativa LSTI está trabajando con otros organismos como el NGMN y el proyecto de investigación Easy-C, con el fin de desarrollar nuevos métodos para calcular las velocidades representativas de usuario final, a partir de un ensayo pequeño. Una clave de esto es generar altos niveles de carga y la interferencia vista durante la “hora punta”.

Entretanto, los throughput medidos en el laboratorio para un sólo usuario por celda se han extrapolado para pronosticar el rango de velocidades que pueden ser experimentados.

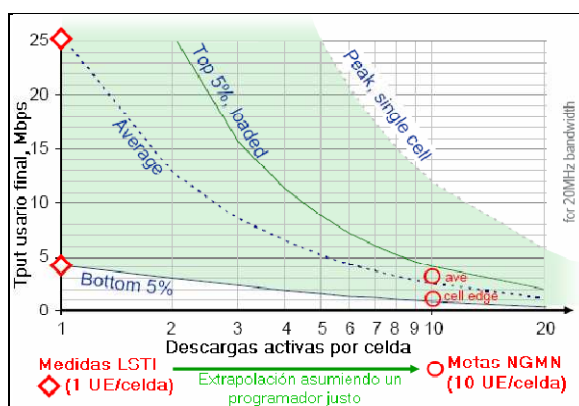


Figura N°35 Velocidades de datos esperadas, basadas en mediciones de laboratorio.

La parte inferior de la celda indica un 5% menor, el promedio (average) y las mejores velocidades del 5% (*top 5%*) están marcados por una red completamente cargada con reutilización de N = 1 (red de frecuencia única). En condiciones de celdas aisladas o sin carga, las velocidades peak pueden ser alcanzadas. Conjuntamente, un "justo" programador es asumido asignándoles una mayor cantidad de recursos espectrales a los usuarios del borde de la celda a expensas de dar una buena calidad de señal. Estos pronósticos basados en las mediciones LSTI están alineados en conjunto con las simulaciones de verificación de rendimiento del 3GPP y las metas del NGMN.

### 3.3 Ensayos de atención al cliente

La etapa final para corroborar una tecnología antes de que sea comercializada es la realización de ensayos de atención al cliente. Los usuarios atendidos serán probados en aplicaciones móviles de banda ancha, utilizando plataformas precomerciales, conectados a un gran grupo de eNBs y 112 EPCs del mismo estilo. La LSTI está actualmente trabajando para definir un conjunto de métodos de pruebas y configuraciones que caracterizarán a los operadores y expectativas claves, junto con los casos de experiencia del usuario. Claros ejemplos, son la capacidad de la celda y las velocidades de transferencia de datos del usuario final. El PoC ha demostrado que los resultados serán altamente dependientes de factores como las condiciones RF y la carga de la celda; además, deben ser evaluados antes del lanzamiento comercial de las redes. Las actividades de prueba LSTI son adaptadas a los requisitos de la NGMN y facilitará a los operadores y proveedores la construcción de una interpretación realista de lo que es alcanzable.

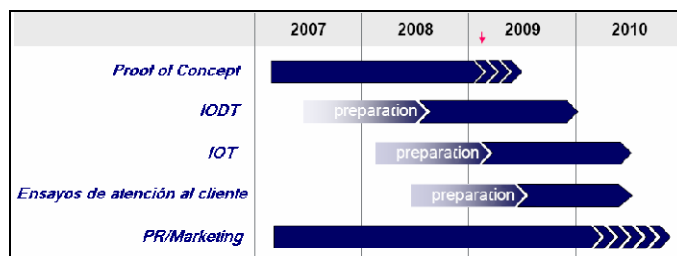


Figura N° 36 Resumen de la duración de la Actividad LSTI.

### 3.3 Desarrollo e implantación de LTE en el mundo.

Los operadores móviles que piensan implantar la tecnología LTE, están en busca de asesoramiento para optimizar y evolucionar sus redes de próxima generación, estructurar los servicios y servir mejor a los mercados claves, y necesitarán respuestas rápidas, ya que se considera que la demanda de ésta es muy fuerte.

Según estudios, se alcanzarán los 136 millones de usuarios LTE hacia el año 2014, creciendo a una velocidad mucho más rápida que los estándares móviles anteriores. Las ventajas para consumidores y empresas en forma de comunicación más rápida, creciente productividad, servicios innovadores y flexibilidad serán claves para la adopción de esta tecnología en el mundo.

El desarrollo de LTE en este momento, ésta siendo respaldado por importantes operadores alrededor del mundo. En América del Norte por las empresas estadounidenses AT&T y Verizon. En Europa con los operadores de redes móviles T-Mobile, TeliaSonera y Telenor Group. En China y Japón con los operadores SmarTone Vodafone, China Mobile, Ntt Docomo y SoftBank. Por último, en Australia, con su mayor proveedor de servicios móviles Telstra. La mayoría de estos operadores pretenden lanzar sus redes en el periodo 2010-2011.

Más de 74 operadores móviles de todo el mundo se han comprometido a realizar planes, pruebas o implementaciones de LTE, y se espera anunciar el compromiso de más operadores para el próximo año. TeliaSonera lanzó la primera red comercial de LTE del mundo a fines de 2009 en Suecia, mientras que NTT DoCoMo en Japón se preparaba para unirse a China Telecom y Verizon Wireless en la implementación de los servicios comerciales de LTE para fines de este año. Se espera que LTE experimente un importante crecimiento durante los próximos tres años, según las predicciones de la empresa de investigación Infonetics.

Según el último informe de ABI Research hay 12 operadores móviles comprometidos con implementaciones de LTE (Long Term Evolution) para 2010. Esto es muy interesante, incluso antes de que quede formalizado el standard, pues permite que los fabricantes identifiquen la evolución natural de las redes de comunicaciones móviles de banda ancha.

Los primeros 10 operadores de calibre que han hecho anuncios formales son Verizon Wireless, MetroPCS Wireless y U.S. Cellular en Estados Unidos, NTT-DOCOMO y KDDI en Japón, TeliaSonera, Tele2 y Telenor en Europa, KT y SK Telecom en Corea. Otro operador importante anotado en la carrera del LTE es China Mobile, pero para 2011, pues primero está invirtiendo en 3G TD-SCDMA.

Estos operadores están buscando socios fuertes y que les garanticen que tendrán el equipo listo en el momento adecuado, además de que sean lo suficientemente fuertes, en lo financiero, como para colaborar en el desarrollo de nuevos servicios y soluciones en LTE.

Según la nota de ABI, algunos de los adjudicatarios de esas redes son Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Starent, NEC y Fujitsu, pero no descontamos otros fabricantes con implementaciones.

Además, empresas proveedoras de equipamiento LTE, han desarrollado redes prototipo para demostrar la tecnología a más operadores para que se unan al proceso de ésta. Como fue en el caso de la empresa Motorola que realizó un tour móvil de LTE en países europeos. Durante el recorrido, los invitados pudieron comprobar el rendimiento de la banda ancha móvil así como una experiencia multimedia en movimiento, en un ambiente urbano por medio de una camioneta con conectividad LTE. La demostración también incluyó un handover, entre sectores y cierto número de aplicaciones de vídeo funcionando con LTE, que requieren un gran ancho de banda, como la televisión en directo por LTE.

La red LTE fue desplegada y optimizada en sólo 10 días, la cual se constituía por dos eNBs funcionando con hardware comercial, y por los productos de backhaul y EPC de Motorola operando en la banda de 2,6 GHz. Dentro de la camioneta, que recorrió con éxito las calles de Barcelona en el Mobile World Congress (Congreso Mundial Móvil 2009) hace unos meses, los visitantes vieron vídeo streaming de Alta Definición (HD) desde un servidor de vídeo bajo demanda de Motorola, así como llamadas de voz sobre IP, navegación en la Web, descargas de archivos y otras aplicaciones de Internet de alto ancho de banda y baja latencia.

### **3.4 Despliegue de LTE en Chile.**

El despliegue de LTE está siendo considerado por las principales empresas de telefonía móvil en el país, debido a las características técnicas favorables que presenta la tecnología. Movistar Chile realizó la primera demostración de LTE en conjunto con Nokia Siemens Networks, durante el congreso "Conecta 2009" que se realizó en junio del 2009. Entel Chile paralelamente en el evento "Entel Summit 2009", realizó pruebas con LTE, de la mano del proveedor sueco de equipamiento Ericsson (Nasdaq: ERIC). Ambas empresas indican que LTE estará disponible en Chile para el año 2012, ya que están a la espera de la aprobación del gobierno, esperando que se abra una licitación del espectro LTE para el segundo trimestre, por lo que habrá que seguir de cerca hacia donde apuntan los principales operadores y fabricantes para decidir adecuadamente la sub-banda a instalar. En este aspecto la SUBTEL agregará una nueva variable al criterio de adjudicación del espectro radioeléctrico de la banda de 2,6 GHz, siendo este que el operador elegido sea capaz de conectar al 5% de localidades rurales y aisladas que se encuentran desligadas de los sistemas de comunicación telefónica y de internet, actualmente.

Esta tecnología en Chile se ve destinada a aquellos clientes que gustan de la innovación tecnológica y que tienen la capacidad de pagarla. Pero, también, apunta a un segmento empresarial que se verá beneficiado con las posibilidades que se le ofrecen, dependiendo de los servicios que llegue a ofrecer el operador.

### **3.5 Regulación del espectro LTE en Chile.**

El regulador de telecomunicaciones, Subtel, espera licitar espectro para redes de LTE antes de fines del año 2011, inicialmente en la banda 2,6 GHz que se encuentra en este momento despejadas, ya que hay bastante interés por parte de los operadores locales y extranjeros en el proceso. Entre otros factores se incluye el desarrollo de LTE y la disponibilidad de equipos de esta incipiente tecnología.

La regulación es el principal obstáculo para la adopción de LTE en Latinoamérica, ya que los países han impuesto límites de espectro a los operadores, por ejemplo, con un máximo de 60 MHz en el caso de Chile, 50MHz en Argentina, 65MHz en México; y 80MHz en Brasil y 40 MHz en el caso de Colombia. Aunque el razonamiento detrás de los límites impuestos es válido desde un punto de vista, ya que los reguladores están tratando de que entren nuevos competidores al mercado.

¿Cuánto espectro necesitan los operadores?- La mayoría de los operadores en el mundo están usando entre 40 y 60 MHz. LTE requiere 5, 10 ó 20 MHz por canal e idealmente un mínimo de 10 MHz por canal. Por ello, las empresas de telecomunicaciones tratarán de conseguir cerca de 20 a 40 MHz extra. La asociación de GSM (GSMA) recomienda 100 MHz por operador. La International Communications Union (UTI) estima que se requerirán alrededor de 820MHz por país, para dar cobertura a la demanda por ancho de banda móvil.

Las cifras de demanda de los usuarios indican la necesidad de proveerlos de la mejor cobertura posible, en la que operadores y países están trabajando en conjunto. Las proyecciones indican que hacia 2012 ya se hará disponible la señal 4G para uso de consumidores finales, lo que va a depender de si se dan las condiciones técnicas fundamentales, como un ancho de banda superior.

### **3.6 Aplicaciones y servicios**

Los operadores móviles enfrentan una realidad en la disminución paulatina, pero segura de los ingresos por conceptos de servicios de voz que, continúan cayendo debido al mayor uso de mensajes de texto y comunicación vía redes sociales. Por ello, los Servicios de Valor Agregado (SVA) son cada vez más importantes en la estrategia de negocios y a pesar de que actualmente representan el 15% de la contribución mensual por usuario, el objetivo es que esta cifra represente pronto un 25%.

A continuación, describiremos algunos de los servicios típicos que se pueden ejecutar en la red LTE. La mayoría de estos servicios no son específicos para las redes EPS (EVOLVED PACKET SYSTEM). Nos centraremos en cómo los servicios se soportan en EPS, para poner énfasis en cuál es el valor agregado y aspectos específicos de la implementación de servicio sobre estas nuevas redes basadas en paquetes. Los servicios son:

- Push-to-talk Over Cellular (PoC): Puede verse como una mejora de la mensajería instantánea basada en texto o una alternativa para el servicio de voz tradicional.
- Presencia: Considerada en ocasiones como un servicio complementario a PoC o mensajería instantánea.
- Broadcast Multimedia y multicast. Telefonía multimedia, que incluye voz sobre IP, así como videotelefonía.

### **3.7.1 El Rol de OMA**

La disponibilidad de servicios atractivos para el usuario final es una de las principales condiciones para el éxito de una tecnología de comunicación. Sin embargo, ser atractivo no es la única condición para la adopción en mercados masivos y el éxito. También, es fundamental que los servicios estén diseñados con un enfoque específico en la interoperabilidad, no sólo entre dispositivos y plataformas de servicios, sino también cuando se mueve a través de las tecnologías de acceso, los operadores de redes y las fronteras del país.

En el área de la interoperabilidad de servicios, la Open Mobile Alliance (OMA) desempeña un papel central. La OMA es responsable de la entrega de un conjunto de especificaciones técnicas abiertas para aplicaciones y marcos de servicios. La OMA es una organización global, que incluye una larga lista de miembros, principalmente los fabricantes de productos y servicios; la mayoría de ellos también está representada en organizaciones tales como el 3GPP o 3GPP2.

La actividad de la OMA está orientada hacia la definición de servicios existentes o próximos a venir y de la evolución de estos.

### 3.7.2 Push-to-talk Over Cellular

El Push-to-talk Over Cellular (PoC) es muy similar al servicio de comunicación de transmisor-receptor portátil conocido. Este provee el servicio de discurso " uno a muchos " en el modo dúplex, el que significa que sólo un participante puede hablar en un tiempo dado, mientras los demás escuchan. Como servicios de transmisor-receptor portátil tradicionales, un participante solicita el inicio de la sesión presionando el botón talk sobre su terminal. Como el participante deja de hablar, el botón de conversación se libera, permitiendo a otro participante solicitar el canal de discurso.

Sin embargo, hay algunas diferencias básicas con el análogo o las soluciones digitales económicas que cada uno puede comprar y fácilmente desplegar, debido al hecho que PoC no sólo es apoyado por el terminal, sino que también confía en una infraestructura de red. La provisión de PoC no es limitada por un área geográfica. El hecho que PoC es apoyado sobre la cima de arquitectura IMS lo hace disponible a cada suscriptor de red, independientemente de su posición dentro de la cobertura de red y la tecnología de acceso.

En una sesión PoC, el acceso al canal de discurso está controlado por un servidor PoC y no se deja totalmente al comportamiento del ser humano. Esto ofrece muchas posibilidades de definir algoritmos desarrollados para la resolución de contención de acceso de discurso. Por ejemplo, un servidor PoC puede hacer una cola y servir peticiones basadas en la prioridad del usuario, hacer cumplir la política de servicio específica, o permitir apropiarse al hablante del acceso de discurso, en caso de urgencia.

PoC es mucho más eficiente que servicios de discurso convencionales en términos de uso de recurso.

El servicio, sin embargo, no es exactamente el mismo. Como PoC confiere por mandato a cada usuario para solicitar el canal antes de la conversación, no hay el mismo nivel de interactividad entre usuarios y la calidad de experiencia. Como PoC no es en realidad un servicio conversacional en tiempo real, es más tolerante al jitter, la pérdida de paquete y los delay de transmisión de paquete.



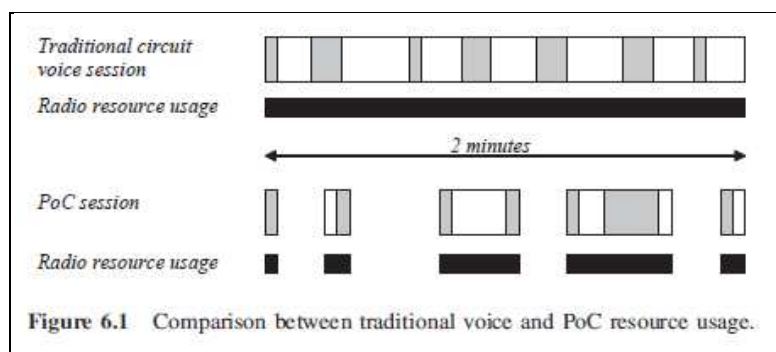


Figura N° 37 Comparación entre voz tradicional y PoC

A modo de ejemplo, la figura anterior se compara dos tipos de sesiones de voz. En el caso de una sesión de voz legacy, casi no hay periodo de silencio. Con el fin de garantizar la calidad de servicio, los recursos se reservan para toda la duración de la llamada y sólo se liberan cuando la llamada es derivada. En el caso de una sesión de PoC, puede haber algunos períodos de silencio durante el cual los recursos pueden ser liberados por la red. Debido a que es un servicio muy eficiente en términos de consumo de radio y recursos de red, este servicio es muy popular para los servicios profesionales y se proporciona en la parte superior de la mayoría de los sistemas PMR (Radio Móvil Privada). Este servicio, también, se está haciendo popular en las redes públicas, como una declinación de la evolución de la voz o del servicio de mensajería de texto instantánea.

Cabe señalar que PoC es independiente de la tecnología de acceso, siempre que el ancho de banda disponible y latencia sean lo suficientemente buenos. Por ejemplo, se podría proporcionar PoC a través de sistemas 2G EDGE / GPRS. Sin embargo, la experiencia de usuario se beneficiará de la latencia muy baja de LTE y la capacidad de salir de los estados de espera. Los requisitos de alto nivel y capacidad de LTE permitirán optimizar las estrategias de los fabricantes de red para ofrecer esquemas eficientes de gestión de recursos para los servicios PoC.

Para ser eficiente, PoC depende de dos servicios adicionales, que también se definen por OMA: El Grupo de Gestión de servicio. Proporciona a PoC un modo de comunicación uno-a-muchos, el servicio de administración de grupos es una forma fácil de definir previamente los grupos para que las sesiones de PoC se puedan iniciar fácilmente.

El servicio de Presencia indicará a cualquier usuario de PoC si otras personas del grupo que es parte pueden llegar o siguen siendo parte de la sesión. Como se describe a continuación, PoC hace uso de la suite de protocolos existentes IETF. Las sesiones de PoC se gestionan mediante el protocolo SIP, y la señalización de sesión y de transporte al portador se realiza a través de RTP / RTCP. En la parte superior de RTCP, PTT ha definido su propia extensión - conocido como TBCP (Talk Burst Control Protocol) - con el propósito de gestión de canal de expresión.

### 3.7.3 Presencia

El propósito de Presencia es permitir que un suscriptor obtenga información de su presencia y de otros usuarios de servidores de aplicaciones en la red. Por extensión, el servicio de presencia no se limita a la disponibilidad de información del usuario. Durante los últimos años, ha habido un incremento de nuevas extensiones a este servicio, procedentes de las actividades del IETF y las especificaciones OMA. Estos también pueden incluir un cúmulo de información diferente que es definida por los documentos de IETF, o por las especificaciones OMA. Estas extensiones proporcionan una información más completa sobre el estado de abonados, tales como:

- La actividad actual (viajar, dormir,...).
- La ubicación actual (en el hogar, oficina,...).
- El estado de ánimo (miedo, hambre,...).
- Tiempo de desplazamiento (especifica la zona horaria actual de la persona).
- Dirección de contacto (una dirección en la forma de una URL a la que el usuario se pueden unir).
- Los servicios que el usuario tiene acceso, por ejemplo, PoC, mensajería instantánea.
- La lista de dispositivos y conectividad de red que el usuario tiene acceso a (802.11, GPRS, IMS, etc.)

### **3.7.4 Broadcast Multimedia y multicast**

En esta sección se describe el servicio de difusión y multidifusión, según lo especificado por los documentos 3GPP. Este servicio se conoce como MBMS (Multimedia Broadcast y Multicast Service).

Desde una perspectiva general, el beneficio de broadcast y multicast en redes es que varios suscriptores pueden recibir los mismos datos al mismo tiempo. Para la interfaz de radio, la ventaja obvia es que en una celda dada, el costo de los recursos de radio se limita a lo que se necesita para una transmisión en una celda, en aras de la interferencia de radio y de la capacidad. El aumento en las interfaces terrestres no es tampoco despreciable, como las interfaces entre, la fuente de contenido y el equipo de radio; también, se beneficiarán de las técnicas de difusión.

Volviendo a la historia, las redes GSM ya ofrecen un servicio de difusión basado en texto conocido como SMSCB (Short Message Service Cell Broadcast). El SMSCB se limita a la baja tasa de bits de datos, transmitidos a todos los abonados en un determinado conjunto de celdas sobre un canal de radio común. La capacidad del canal de transmisión GSM es bastante limitada, ya que sólo se permite el envío de un bloque de 88 bytes del texto, de cada ocho 51-multitrama (aproximadamente 2 segundos), que proporciona una velocidad máxima de alrededor de 350 bits por segundo.

#### **3.7.4.1 Algunas definiciones**

El servicio 3GPP MBMS se compone realmente de dos servicios distintos: la difusión y multidifusión. Hay muchas áreas en común entre difusión y multidifusión. Sin embargo, aunque el apoyo en la interfaz de radio es la misma, los dos servicios se distinguen, ya que hay una diferencia clave entre ellos.

El servicio de difusión puede ser recibida por todos los abonados situados en la zona en la que se ofrece el servicio. Por el contrario, los servicios de multidifusión sólo pueden ser recibidos por los usuarios que se hayan suscrito al servicio y que se hayan unido al grupo de multidifusión asociados con el servicio.

En el ámbito MBMS, los servicios de broadcast y multicast son transmisiones unidireccionales de punto a multipunto de datos multimedia. Estos dos servicios se pueden utilizar para la difusión, por ejemplo, texto, fotografía, audio, vídeo de una sola fuente (que se llama el bloque BM-SC para la difusión Multicast Service Center) a cualquier usuario que se encuentran en el área de servicio (en el caso de un servicio de difusión) y a sólo los miembros de un grupo de multidifusión (en el caso de un servicio de multidifusión).

Difusión sólo requiere que el servicio sea activado por el usuario en su terminal. Por esta razón, el operador no puede aplicar reglas de aplicación para el usuario final, como la red no sabe que los suscriptores han recibido el servicio y por cuánto tiempo los usuarios han estado recibiendo. Para este servicio, sólo los proveedores de servicios de difusión se pueden encargar, posiblemente basada en la cantidad de datos transmitidos, el tamaño del área de servicio o duración del servicio de radiodifusión.

Multicast está sujeta a la suscripción de servicios, y requiere que el usuario final se una explícitamente al grupo para recibir el servicio. Debido a que está sujeta a la suscripción, el servicio de multidifusión permite al operador fijar reglas de aplicación de usuario específico para este servicio.

### 3.7.4.2 Aplicaciones típicas

A continuación, encontraremos algunos ejemplos de aplicaciones típicas de MBMS. La lista no es exhaustiva, sino que trata de explorar la gama de servicios posibles, junto con las tasas correspondientes y las características en tiempo real.

#### (i) Audio y Video / o Streaming

Este conjunto de aplicaciones incluye todo tipo de noticias o distribución de mensajes de publicidad. Esto podría ser, por ejemplo, un informe del tiempo, un anuncio de descuento por tiempo limitado en una tienda o de pay-per-view. En cuanto a aplicaciones de streaming, este servicio pone un poco de calidad en las restricciones de servicio en la red, en términos de ancho de banda, retardo de la transferencia de paquetes y jitter.

Los requisitos de velocidad de bits van desde 32 Kb/s a más de 300 Kb/s, dependiendo del tipo de calidad y los medios de comunicación.

#### (ii) de audio y / o descarga de vídeo

MBMS también podría ser utilizado para la distribución de contenidos multimedia, para su uso fuera de línea. A diferencia de la transmisión, el suministro de servicios de transferencia en tiempo real no es necesario. Sin embargo, el ancho de banda suficiente facilitará al servidor de multidifusión / especialmente para la descarga de contenidos de gran tamaño.

#### (iii) La descarga de archivos

Una aplicación menos obvia de MBMS es la posibilidad de descargar los datos de manera eficiente a grandes poblaciones de terminales. Esto podría ser, por ejemplo, con el propósito de actualizar un software o la descarga de virus de la lista de actualizaciones. Aquí, una vez más, vemos el interés de la multidifusión en comparación con la radiodifusión, ya que permite restringir el servicio al conjunto de usuarios finales que se han suscrito a ella.

#### (iv) de imágenes fijas y texto de distribución

Este tipo de aplicación está más cerca de lo que GSM SMSCB ya ofrece. Los requisitos en términos de ancho de banda son similares a lo que es un servicio de mensajería clásica, es decir, una tasa de bits máxima de alrededor de 10 Kb/s, sin limitación específica en tiempo real.

### **3.7.5 de voz y multimedia de telefonía**

Desde las redes UMTS ha evolucionado en Video de telefonía, ya que se propone como un servicio a través de redes 3G utilizando dos alternativas:

- La solución de conmutación de circuitos, basado en el estándar ITU H.324M (M. Mobil.H.324M) es en realidad la variante baja de H.324, 3GPP con la voz de codificación de algoritmos especialmente diseñados para la transmisión inalámbrica.
- La solución basada en paquetes, a través de protocolos del IETF para la señalización y el transporte de datos como la solución IMS de 3GPP.

En el ámbito de las redes LTE ha evolucionado. En su definición más general, una sesión de IMS multimedia puede incluir cualquier combinación de los siguientes tres tipos de medios de comunicación: voz, video y texto.

Mientras que los medios de comunicación de voz y vídeo son flujos muy restrictivos de tiempo real y perspectivas de los recursos solicitados, la transmisión de texto sólo requiere un portador de velocidad de bits de baja, ya que la tasa de transmisión no supere los 30 caracteres por segundo. A diferencia de los servicios de mensajería de texto, el flujo de tipo carácter es simplemente el tiempo en la muestra para lo que no hacen falta medidas específicas por parte del usuario a petición de la transmisión. En principio, los caracteres escritos en un teclado o dibujar en una pantalla en el terminal de envío debe ser prestado en tiempo real en la pantalla de la terminal de recepción.

Los medios de comunicación están creando flujos para una sesión de multimedia, lo que pueden no estar dispuestos en modo dúplex. Esto significa que, por ejemplo, la transmisión de vídeo sólo se puede configurar desde la terminal A a la terminal B, pero no en la otra dirección.

#### **3.7.5.4 Acerca de los servicios complementarios**

El concepto de los servicios suplementarios fue inicialmente relacionado con la infraestructura existente de conmutación de circuitos. Se refiere a los servicios que no se proporcionan de forma predeterminada al suscriptor, pero puede ser suscrito, además de otros servicios. Los servicios complementarios se introdujeron por primera vez en las redes de telefonía fija, y también fueron parte de los estándares inalámbricos de red 2G/GSM desde el principio.

Los servicios complementarios abarcan un conjunto muy grande de servicios y funciones, algunos de ellos muy conocidos y populares, como desvío de llamadas a un sistema de mensajería de voz.

Como principio básico, los servicios complementarios se han definido y aplicado, independientemente de la tecnología de acceso, utilizando un conjunto específico de protocolos de mensajería a permitiendo todas las posibles acciones para el usuario final. Sin embargo, cuando se mueve hacia redes IMS basadas en un sistema de señalización completamente diferente a la infraestructura, la pregunta clave que los operadores y suscriptores es: ¿Cómo es posible preservar y poner en práctica estos servicios a fin de mantener el servicio al cliente y los ingresos del operador?

Para responder a esta pregunta, un nuevo conjunto de servicios basados en SIP ha sido definido, que tiene por objeto proporcionar el mismo apoyo que los servicios complementarios. Toda esta actividad estuvo a cargo del cuerpo técnico TISPAN (Telecommunication and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking), que forma parte de la ETSI, y todos los resultados han sido tomados como base para los servicios multimedia basados en IMS. Sin embargo, ya que puede haber algunas diferencias en la forma en que algunas funciones son compatibles, los servicios de TISPAN a menudo se conocen como servicios de simulación de PSTN. Los servicios definidos por TISPAN emulan los servicios complementarios PSTN los que se han agrupado en varias categorías, que cubren más o menos todos ellos:

- PMI / OIR (originarios de identidad Presentación / Restricción)
- TIP / TIR (terminación de identidad Presentación / Restricción)
- CDIV (Comunicación Diversión) - Esta categoría contiene los equivalentes a todos los servicios complementarios, como el desvío de llamadas CFNR (Desvío de llamadas cuando no hay respuesta) y CFB (Desvío de llamadas de usuarios ocupados).
- HOLD (Comunicación HOLD).
- CB (Bloqueo de llamadas) - Esta categoría contiene los equivalentes a todos los servicios de restricción de llamadas PSTN como BAOC.
- MWI (Indicación de mensaje en espera) - este servicio permite a la red indicar a un suscriptor que hay al menos un mensaje en espera en su buzón de correo.
- CONF (Conferencia) - Este servicio permite a un abonado establecer un período de participación de varios usuarios simultáneamente.
- TEC (Transferencia explícita de llamadas) - Este servicio permite a un abonado que participa en una comunicación, la transferencia de esa comunicación a un tercero, como una oposición a los servicios CDIV, que sólo se aplican a la fase de preparación del servicio.

En general, la emulación de los servicios complementarios permita a IMS el uso de extensiones del protocolo SIP, el protocolo SDP (cuando los titulares de los medios de

comunicación están involucrados en el servicio), así como el apoyo cuando sea necesario desde el servidor de aplicaciones de telefonía o CSCF nodos de control IMS.

(i) OIP / OIR (Presentación de origen de identidad o de restricción); TIP / TIR (Presentación de terminación de identidad o de restricción)

OIP y OIR son los servicios que posibilitan presentar o restringir la identidad de su autor, para su interlocutor. Del mismo modo, los servicios de TIP y TIR permiten visualizar o restringir la identidad del interlocutor que está llamando. Los cuatro servicios son los equivalentes en IMS del CLIP, CLIR, COLP y COLR en conmutación de circuitos y servicios complementarios.

Para permitir la presentación o restricción de la identidad del suscriptor, el servicio hace uso de los campos de cabecera de extensión SIP para transmitir información útil y requiere acciones específicas de las terminales y los nodos de S-CSCF para añadir información útil cuando se necesita.

(ii) Hold (Comunicación)

El servicio complementario HOLD permite a un usuario suspender una sesión establecida y reanudarla en otro momento. Esta función se utiliza normalmente cuando un suscriptor recibe una llamada entrante mientras se dedica a una sesión activa. Si no se toman medidas concretas, la llamada es desviada al buzón de voz.

De lo contrario, si el servicio HOLD está activo, el suscriptor podrá poner por un período las sesiones activas que se encuentren en curso en espera, aceptar la llamada entrante, y reanudar la sesión.

En el mundo de IMS, este servicio se proporciona a través del protocolo SDP cuyo papel (en el ámbito de aplicación del servicio de HOLD) es suspender o reanudar los flujos de medios de la sesión.

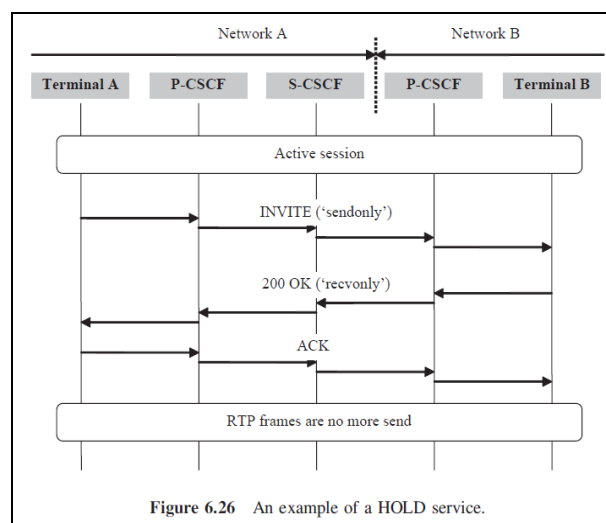


Figure 6.26 An example of a HOLD service.

Figura N° 38 Ejemplo de un servicio de Hold.

Para el servicio HOLD, todas las señales se transmiten a través de los nodos de IMS P-CSCF y S-CSCF, como cualquier otro mensaje SIP que se intercambian entre las dos terminales. Más adelante, cuando la primera sesión se reanuda, el atributo de media Stream se vuelve a establecer.

### **3.7.5.5 Servicios Multimedia en Sistemas de EPS**

Las razones más importantes para apoyar un servicio de conversación en tiempo real sobre una red de paquetes son: jitter y pérdida de paquetes. Sistemas de radio basados en paquetes como LTE experimentarán las condiciones de radio igual que los sistemas de radio basados en los recursos dedicados (como 2G/GSM o 3G/UTRAN). Sin embargo, para compartir los sistemas de radiocomunicaciones como EPS son más sensibles a la carga de tráfico, por lo que los algoritmos de planificación tienen que ser diseñados de una manera muy específica, a fin de garantizar que los valores de latencia y jitter no comprometen la calidad ni la experiencia al usuario final.

EL jitter no es un problema por sí mismo, siempre y cuando se mantenga dentro de un rango aceptable. Como en la mayoría de las aplicaciones existentes en tiempo real basado en IP, puede ser fácilmente compensado mediante el uso de un buffer en la terminal de recepción, de modo que la variación de tiempo en los paquetes puede ser regenerado. Esto es exactamente lo que los protocolos de transporte en tiempo real como RTP proponen.

Cada paquete de datos RTP contiene una marca de tiempo que tiene por objeto reconstruir la secuencia de datos de la hora exacta. Sin embargo, la compensación del jitter de un servicio de conversación en general no comprometerá el plazo de transmisión. Además, los schedulers de los paquetes de datos tienen que hacer frente a los puntos adicionales que pueden afectar a la asignación de recursos en tiempo real:

- Informes del remitente y el Informe del receptor (SR y RR) - estos mensajes forman parte de la capa de RTCP, que se envía de vez en cuando. Estos informes se envían periódicamente y la carga de tráfico provocado no debe superar el 5% del ancho de banda total de las sesiones, según lo solicitado por el documento de IETF de RTP.
- ROHC Full packet header transmission -En algún momento, o cuando se produce un error de transmisión, máquinas ROHC de compresión y descompresión tiene la necesidad de volver a sincronizar, ya que el descompresor no puede ser capaz de recuperar con éxito la información comprimida. La resincronización se logra por el compresor mediante el envío de un encabezado completo sin comprimir.



## IV DISCUSIONES

En el mundo, específicamente en Asia y Norteamérica, la implementación de las tecnologías móviles se ha desarrollado con anterioridad a América Latina, debido a aspectos económicos y culturales, lo que genera que en esos países el desarrollo de la telefonía móvil esté más avanzado.

Dado esto, existen modelos que permitan analizar el comportamiento y la evolución de la tecnología 4G en el mundo, específicamente para el caso de Chile.

El mercado de la telefonía móvil en Chile, ha crecido fuertemente en los últimos años, según los datos mostrados en los capítulos anteriores, esto ha reflejado un mayor uso del equipo móvil en la población chilena, por lo que el negocio ha tomado mayor fuerza, comportamiento similar al que se ha vivido en el resto del mundo.

Debido a las altas penetraciones que posee en el país, los servicios de valor agregado crean un nicho de negocio donde los operadores pueden invertir y así crear fidelidad de sus clientes, debido a lo cambiante que es el mercado de la telefonía móvil.

Además, con la inclusión de nuevos servicios como es Internet Móvil (los que han demostrado una gran demanda desde su salida comercial hasta la fecha) para notebook o Smartphone, se han agregado nuevos consumidores que no necesariamente poseen equipos celulares pero que utilizan la red. El ingreso de la tecnología 4G al país, específicamente para este servicio es fundamental, debido a las velocidades que ésta ofrece, donde la experiencia del usuario se asemeja a las de las otras tecnologías de internet, como banda ancha.

Si comparamos nuestro país con otros que posean una alta capacidad tecnológica, como Japón, podemos observar que en ese país el desarrollo de los servicios de valor agregado es mucho mayor, debido a la masificación de ellos en la población japonesa.

Si se analiza el futuro de la implementación de 4G en Chile, se puede observar que Japón posee uno de los mayores desarrollos de servicios, por lo que se espera que nuestro mercado tienda a comportarse como el mercado japonés, debido a los diferentes SVA que ya se tienen implementados.

En Japón, los SVA son la base de la telefonía móvil y las llamadas de voz son parte de un mix de servicios que se encuentra disponible en el equipo, que es el modelo que se ha ido adoptando en el último tiempo en Chile.

De los factores que pueden influir en el desarrollo de los SVA en el país se pueden discutir los siguientes:

#### **4.1. Masificación de Smartphone**

En el mercado corporativo la conexión a toda hora y en todo lugar, se ha convertido en uno de los requerimientos principales para mantener una comunicación fluida entre clientes y proveedores. Así, y a pesar de los costos, los usuarios coinciden en que esta tecnología agiliza los procesos de gestión empresarial. La tecnología de estos nuevos celulares inteligentes aún es muy nueva en Chile, sin embargo, se espera que sea el futuro de las comunicaciones. Se espera que en la proximidad sean tan masivos como los celulares actuales.

En tanto, en el mercado masivo, la incorporación de móviles con cámaras de mayor resolución, browser, touch, etc., genera equipos móviles más pequeños, con mayores utilidades, mejores resoluciones de pantalla, nuevos browser para Internet, mayor capacidad de almacenaje, TV móvil, radio, Bluetooth, Internet, etc. Estos hechos han permitido un aumento explosivo de la demanda de este tipo de terminales, lo que da la potencialidad de inclusión de una gran variedad de servicios de valor agregado.

#### **4.2. Nuevos operadores**

Se espera que para el segundo semestre del 2011 comiencen sus operaciones VTR y Nextel, para sumarse a Movistar, Entel y Claro, en la oferta de telefonía celular en Chile, luego que estas empresas se adjudicaran en 2009, la licitación abierta por la SUBTEL que comprendía un total de 90 MHz repartido en 3 bloques de 30 Mega Herzios cada uno, del espectro radioeléctrico para telefonía móvil 3G, que permite comunicarse por voz y también acceder a internet. VTR Móvil es propiedad de VTR, el mayor proveedor de televisión pagada y filial en Chile de Liberty Global Inc. Nextel opera en el país frecuencias de radio y siempre mostró su interés por entrar al mercado de telefonía móvil.

Ninguna de las tres empresas que hoy operan en el mercado chileno de telefonía móvil se presentó al concurso, ya que las bases les exigían, entre otras cosas, renunciar al espectro que ya tienen para poder postular a los nuevos bloques, de 30 Mhz cada uno.

Durante agosto de 2010, VTR dio un paso crucial en su ingreso al negocio de la telefonía móvil, luego que firmara un contrato con la empresa norteamericana American Tower, para externalizar el uso de infraestructura.

### 4.3. MVNO's

Operadora Móvil con Red Virtual (sigla MVNO correspondiente en inglés a "Mobile Virtual Network Operator"), consiste en la prestación de un servicio móvil celular, a través del uso de la red de una operadora tradicional, sin que se disponga de una red propia.

La MVNO debe tener una marca fuerte, estructura para la atención al cliente, ventas y marketing, por ello no necesita de las áreas técnicas de desarrollo, como Ingeniería y TI.

Desde el punto de vista del Cliente, la operadora que da el servicio real al OMV, no es percibida en ningún proceso de negocio.

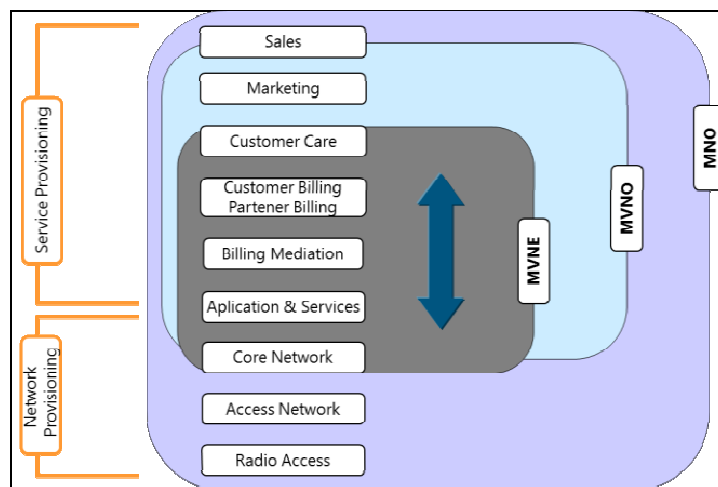


Figura N°39 Clasificación MVNO's

El paradigma de las MVNO tiene un potencial para aquellas compañías que en esencia disponen de dos parámetros fundamentales, para el core de su negocio: Una fuerte presencia de marca y una gran base de datos de sus clientes (customer data). En especial bancos y empresas de retail, se encuentran a la cabeza en cuanto al gran potencial. Normalmente, estas compañías se deciden por el lanzamiento de un MVNO íntimamente relacionado con sus programas de fidelización de su cartera de clientes. Por lo tanto, parece que MVNO's es la clave

diferenciadora, frente a los competidores de su mismo business core. Lanzar una MVNO permitirá a la compañía telecom ganar una gran ventaja competitiva respecto a sus competidores.

Una MVNO's aumenta claramente la fidelización de la cartera de clientes en el core business llegando incluso a ser el propio terminal móvil una tarjeta de fidelización, además se cuenta con otra ventaja, el periodo de compromiso de uso en estos casos es significativamente amplio.

La MVNO provee un excelente canal de comunicación con el cliente. Envío personalizado de mensajes, facilidad para recibir el feedback por parte del cliente, en múltiples opciones o simplemente, siendo un excelente canal de comunicación. Se genera la capacidad para acceder a determinados nichos de mercado. Los operadores móviles reales que contengan un MVNO, extenderán su radio de acción, debido a la elección del propio cliente que se encuentre en esos nichos. Además, de este nuevo retail y canales de marketing, los clientes buscarán la mejor y óptima solución personalizada, de acuerdo a sus intereses. Esto también permitirá al operador conocer mejor su propia cartera de clientes.

El host mobile operator, puede eliminar costos de marketing y adquisición, subsidios de terminales y los costos corrientes de mantenimiento e incluso, costos específicos de alto valor que correrán a cargo del MVNO.

La principal estrategia del modelo de negocio, viene determinada principalmente, por la estructura de costos, ya que los MVNO pueden evitar gran parte de los costos fijos a los que están sometidos los tradicionales MNO, como por ejemplo, licencias, infraestructura de red y plataformas para nuevos servicios. Así las dos principales ventajas son los niveles significativamente menores en cuanto al gasto de capital y el tiempo para obtener un cash flow positivo es mucho menor que en el caso de los MNO.

Aunque los MVNO's paguen una gran proporción de sus ingresos, en acuerdos fijos previos como "fees" hacia los operadores reales, los márgenes operacionales son menores que los de los MNO's.

#### **4.4. Portabilidad Numérica**

En muchos países ya se ha implementado la portabilidad numérica, con la finalidad de fomentar la competencia entre los operadores y, a la vez, optimizar el uso de la numeración como recurso escaso.

En todos los casos el Gobierno o la Entidad Reguladora correspondiente, han trabajado para definir un procedimiento administrativo y técnico que permita implementar de manera eficiente la portabilidad numérica, velando por el desarrollo de un mercado competitivo.

Aún existiendo diferentes tipos de portabilidad y siendo variadas las alternativas tecnológicas, todos los operadores, sean existentes o entrantes, han tenido que enfrentarse a la implementación de los procesos de Portabilidad se han encontrado ante sí, el reto de definir su estrategia comercial de captación y retención frente al cambio regulatorio, y gestionar eficientemente el impacto de la Portabilidad en sus Procesos, Sistemas y Organización.

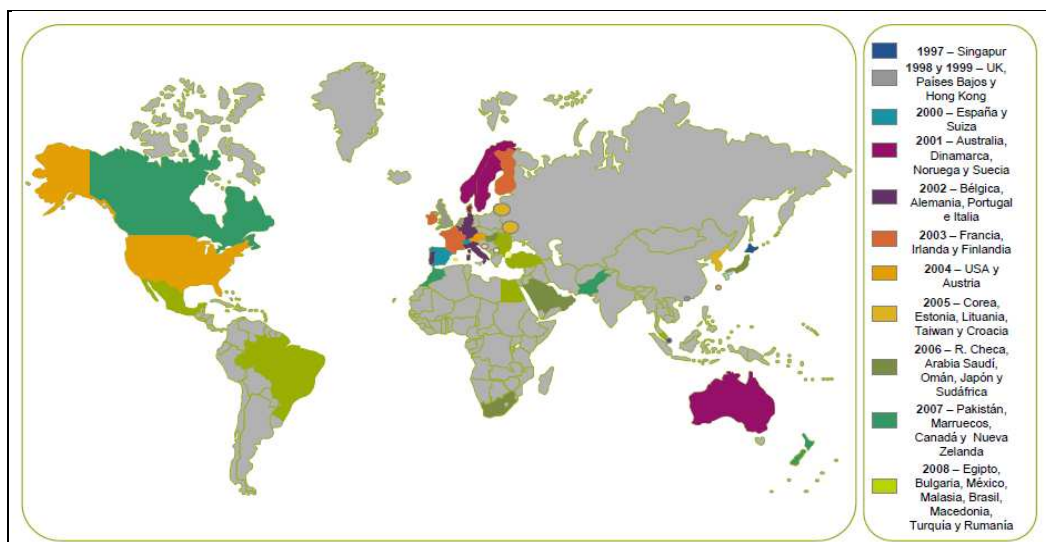


Figura N°40 Evolución Portabilidad Numérica

Si bien la portabilidad tiene el objetivo final de beneficiar a los clientes, puede suponer, para las operadoras, una gran oportunidad o un riesgo en función de la estrategia que se defina.

Además, la implantación de la Portabilidad Numérica es un proyecto de alta complejidad, en el que tiene especial relevancia el alto impacto que se produce en los procesos de negocio y el alto costo de implementación a nivel de sistemas y redes.

En el caso chileno, la Subtel ya ha definido algunas características básicas del modelo de portabilidad:

- Modelo de enrutamiento All Call Query (ACQ)

- Entidad Administradora (EA) independiente que centraliza el proceso.
- Bases replicadas en los operadores, con integración TI.
- Libertad para instalar la solución técnica más conveniente dentro de cada operadora.

Para las Operadoras, la implementación de la Portabilidad supone un gran reto de gestión comercial, operacional y técnico, incluyendo tan diversos como el Enrutamiento de llamadas, la Interconexión, la Mediación y Tarificación de llamadas, la Facturación, la Activación de servicios, el Aseguramiento del servicio, la Atención al Cliente, la Retención, la Gestión de Campañas y la Fidelización.

Uno de los principales objetivos de las operadoras es la captación "selectiva", donde se busca conseguir los mejores clientes de la competencia en cada momento, pasando de pre-pago a pos-pago para aprovechar el scoring.

Además de la captación de clientes, a través de la portabilidad, es fundamental la contención y el control permanente del Churn, con el objetivo de no desperdiciar los beneficios y mantener la cartera, ante las acciones directas de los competidores.

#### **4.5. Cultura**

Dentro de las mayores diferencias que existen en los distintos países, son las costumbres culturales que posee cada zona del planeta. Un ejemplo, es el uso del equipo móvil para los japoneses, donde el celular puede tener la misma importancia que la cédula de identidad o una tarjeta bancaria, debido a los servicios que se pueden realizar con éste.

Considerando las costumbres que Chile posee, el desarrollo de los servicios de valor agregados se encuentran limitados en la usabilidad que los clientes le den a la telefonía móvil; ya que existe una amplia gama de usuarios que utiliza el equipo móvil sólo para llamar por celular, pero las nuevas generaciones de usuarios, utilizan una mayor cantidad de servicios como mensajes de texto y multimedia, además de las capacidades de música y fotografía.

Las nuevas generaciones que están acostumbradas a utilizar los nuevos servicios de los equipos móviles, podrían generar un cambio en el mercado de la telefonía móvil de la misma manera que sucedió con los computadores.

Por lo tanto, se espera que un futuro próximo el mercado de la telefonía móvil, específicamente los SVA, tengan una mayor participación que la comunicación por voz, de manera similar a lo que sucedió en Japón, debido a la usabilidad de los equipos móviles.

#### **4.6. Tendencias servicios 4G**

Las aplicaciones en los teléfonos inteligentes, están cambiando a la industria y están creando un nuevo modelo en internet. Esta tendencia continuará creciendo y se incrementará fuertemente, con la entrada de 4G a los mercados.

En la actualidad hay más de 400.000 apps disponibles, para varios celulares en una amplia gama de sistemas operativos. Uno de los principales beneficios de las aplicaciones, es la habilidad de transformar un dispositivo en algo más que para lo que fue creado. Hoy en día fácilmente un teléfono celular se convierte en una consola de videojuegos, un recetario, o una revista.

Lo anterior se ve reforzado considerando que, además del incremento de velocidad, las tecnologías y protocolos usados en 4G, buscan garantizar la calidad de servicio y la seguridad de las comunicaciones, incluso en movimiento; lo que permitirá la aparición de nuevas aplicaciones sobre internet y masificación de algunas ya existentes que facilitarán la vida de los ciudadanos.

Entre las aplicaciones y beneficios que entregará LTE, se encuentran los siguientes: Televisión en vivo: La mayor velocidad de este servicio no sólo permitirá tener servicios de streaming de videos, sino que éstos podrán ser vistos en alta definición y ser recibidos en vivo; Juegos en línea: Para jugar en línea, la latencia es fundamental, porque permite mantener el juego fluido. La norma 4G reduce estos tiempos de espera a casi cero, permitiendo jugar de forma instantánea; Mejores llamadas: Esta tecnología no sólo sirve para transmitir datos, sino que puede usarse en servicios como Skype, para mejorar la calidad del audio en las llamadas e incorporar videochat; Más que celulares: Al igual que ahora, esta tecnología no está pensada sólo en móviles. También es posible usar módems para notebooks o FemToCell para proveer de internet a toda la casa.

Se espera que LTE lleve a que los usuarios comiencen a dejar de lado sus conexiones tradicionales de internet, para conectar todos sus dispositivos en casa a través de la red celular.

## V CONCLUSIONES

LTE es el último estándar en tecnología de redes móviles y asegurará la competitividad del 3GPP en el futuro, pudiendo ser considerada una tecnología puente, entre las redes 3G - 3,5G actuales y las futuras redes 4G, de las que se espera alcanzar velocidades de hasta 1 Gbs. Desde el punto de vista de los servicios, las aplicaciones basadas en IP, comienzan a dominar y en este sentido LTE proporcionará a los operadores, una arquitectura simplificada pero robusta a la vez, soportando servicios sobre tecnología IP.

Las tecnologías 3G que han sido desarrolladas por los distintos organismos de estandarización, presentan una gran cantidad de características comunes, ya que abordan el mismo tipo de aplicación y operan bajo las mismas condiciones y escenarios. Sin embargo, LTE se distingue de las demás, por su mejora en las tasas de transferencias, latencia, velocidad de usuario, movilidad, cobertura, difusión multicast y flexibilidad en la asignación del espectro. Con esto, la tecnología responde al salto tecnológico que se requiere, apurando el desarrollo de un nuevo sistema, con mayor velocidad y utilizando la mayor cantidad de infraestructura existente, abriéndose de manera importante el camino, hacia la 4G de telecomunicaciones móviles.

Con la intención que en el transcurso de unos años, LTE se encuentre disponible comercialmente, los objetivos que se persigue con su implantación son ambiciosos. Por una parte, el usuario dispondrá de una amplia oferta de servicios de valor agregado, con capacidades similares a las que disfruta actualmente, con accesos de banda ancha residencial y a precios competitivos, mientras que el operador dispondrá de una red basada en un entorno totalmente IP, reduciéndose la complejidad y el costo de la misma.

No menos importante, es la ventaja que supone la armonización de LTE con las redes existentes, asegurando su interconexión con las mismas, aumentando la actual cobertura y permitiendo que una conexión de datos, establecida por un usuario en el entorno LTE, continúe cuando la cobertura LTE se desvanezca. Por su parte, el operador tiene la ventaja de desplegar la red LTE de forma gradual, comenzando inicialmente por las áreas de gran demanda de servicios de banda ancha y ampliarla progresivamente en función de ésta.

Los organismos reguladores deben desempeñar un papel de "promotor/facilitador", sobre el acceso a las tecnologías innovadoras como LTE y considerar las medidas necesarias, para estimular el crecimiento de la banda ancha móvil en los mercados de América Latina, suprimiendo los obstáculos de ingreso a éstos y así poder garantizar el beneficio tecnológico, para toda la población.



La demanda de acceso a Internet de banda ancha, es el servicio con una mayor tasa de crecimiento. En este momento, las redes fijas ADSL y Cable Módem, sólo están satisfaciendo las zonas más densamente pobladas y constituyen en Chile un duopolio, presentando costos muy altos, en relación con el ancho de banda ofrecido, llegando a una penetración de un 33% de los hogares chilenos conectados a Internet. Para que este desafío sea positivo en la oferta de servicios de banda ancha, la nueva tecnología móvil LTE, que se implementará sobre las redes de telefonía móvil actualmente existentes, se presenta como una herramienta eficaz y factible, para incrementar el acceso a Internet e introducir una competencia en el mercado de las telecomunicaciones.

El cambio cultural que se ha comenzado a observar, por la presión ejercida por las nuevas generaciones y el impacto que están provocando las empresas productoras de equipos móviles, con el desarrollo de nuevas tecnologías que potencian los SVA, está provocando una transformación en la que los operadores móviles han debido cambiar su forma de manejar el mercado e incluir en su mix, los servicios de datos.

Dentro de lo que se espera para LTE, es que permita continuar con la tendencia de crecimiento de las conexiones inalámbricas, las que han presentado un crecimiento muy por encima del de las conexiones tradicionales. Este punto dependerá de la estabilidad de las conexiones y los costos de las mismas, ya que mientras se mantengan relativamente competitivas, frente a las conexiones tradicionales, tendrán un importante mercado dentro del país.

Se puede mencionar que al dar paso a la portabilidad numérica, se rompe una de las barreras de salida más relevantes para el cliente, al cambiarse de operador, por lo que se presionaría a nuevas formas de fidelización de parte de estos últimos; haciendo una necesidad la implementación de nuevos SVA. Por todo lo anterior, es inminente que las compañías operadoras generarán planes de fidelización distintos a los actuales y en este sentido, la tendencia mundial es seguir el ejemplo de Japón, el que a través de un aumento de sus SVA, ha creado un nuevo modelo de negocio.

Si bien ya se encuentra en implementación por parte de todas las compañías, tanto de telefonía fija como móvil, se entiende que éste es sólo el primer paso hacia la portabilidad, entre servicios fijos y móviles. Se espera que posterior a la puesta en marcha de esta etapa final de la portabilidad y con la entrada de redes 4G al mercado chileno, los servicios móviles predominen sobre los servicios fijos, ya que van a entregar velocidades de conexión de gran ancho de banda y con servicios complementarios muy superiores a los servicios que puede prestar la telefonía fija. La forma en que se podría mitigar, en parte, esta tendencia, sería la entrega de servicios totalmente digitales directo al hogar, en los que se podría tener un grado de interactividad mayor al actual.

En definitiva, LTE es la evolución natural de los actuales sistemas de telecomunicaciones móviles que demanda la sociedad de la información en su continuo avance, tanto para los usuarios finales, como para los fabricantes y proveedores de tecnología, operadores de telecomunicaciones y empresas del sector.

## VI BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld and Per Beming, HSPA and LTE for Mobile Broadband, 1ª Edición, ELSEIVER, San Diego, USA, 2007.
- [2]. Blanca Seguro Velasco, Tecnología de Núcleo de Red, bit 162, pag 61-65, Abril-Mayo 2007.
- [3]. Farooq Khan, LTE for 4G Mobile Broadband Air Interface Technologies and Performance, 1ª Edición, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, New York, USA, 2009.
- [4]. Luís Fernando Real Martín, Estándares y liderazgo de mercado, Antena de Telecomunicación, pag. 26-31, Marzo 2009.
- [5]. Pierre Lescuyer, Thierry Lucidarme, Evolved Packet System (EPS) The LTE and SAE Evolution of 3G UMTS, 1ª Edición, WILEY, England, 2008.
- [6]. Alfonso Miñarro López, LTE/SAE, una apuesta segura en la evolución de las redes móviles, Antena de Telecomunicación, pag. 27-31, Junio 2009.
- [7]. Harri Holma, Antti Toskala, WCDMA for UMTS – HSPA Evolution and LTE, 4ª Edición, WILEY, England, 2007.
- [8]. Julius Robson, The LTE/SAE Trial Initiative: Taking LTE/SAE from Specification to Rollout, IEEE Communications Magazine, pag. 82-88, Abril 2009.
- [9]. Miguel Ángel Fernández, UMTS LTE - Rumbo a la Nueva Generación de Telefonía Móvil, Telecomunicaciones, Dpto de Instrumentación de Rohde & Schwarz España, pag. 74-77, 2007.
- [10] “3G Applications and Services: Asia Pacific”, Global Mobile Suppliers Association, Abril 2008.
- [11] “3G Applications and Services: Part I Europe”, Global Mobile Suppliers Association, Febrero 2008.
- [12] “3G Applications and Services: Part II Europe”, Global Mobile Suppliers Association, Febrero 2008.
- [13] “3G Applications and Services: Latin America”, Global Mobile Suppliers Association, Abril 2008.
- [14] “3G Applications and Services: Middle East & Africa”, Global Mobile Suppliers Association, Abril 2008.
- [15] “CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication”, Andrew J. Viterbi, 1995
- [16] “GSM-UMTS Network Migration to LTE, 3G AMERICAS, Febrero 2010”
- [17]. Michael W. Thelander, La evolución de 3G Llevando CDMA2000 a la próxima década, CDMA Development Group, 2005.

[18]. Rysavy Research and 3G Americas, EDGE, HSPA, LTE - The Mobile Broadband Advantage, 2007.

[19]. Ulrich Barth, 3GPP Long-Term Evolution / System Architecture Evolution Overview, ALCATEL, 2006.

[20]. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Network Architecture (Release 7), General Packet Radio Service (GPRS); Service Description; Stage 2 (Release 7)'3GPP.

[21]. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP System Architecture Evolution: GPRS, Enhancements for LTE Access; Release 8, 3GPP.

[22]. Comsys communication and Signal Processing Ltd, The four W's of LTE, 2007.

[23]. Comsys communication and Signal Processing Ltd, LTE & WiMAX Evolution to 4G, 2008.

[24]. Don Zelmer, AT&T's Vision of LTE, AT&T Radio Standards, 2009.

[25]. ETSI, Digital Video Broadcasting (DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television', ETS EN 300 744 v 1.1.2.

[26]. Jaewook Shin, Kwangryul Jung and Aesoon Park, Design of Session and Bearer Control Signaling in 3GPP LTE System.

[27]. Stefan Parkvall, and Erik Dahlman, Performance Comparison of HARQ with Chase Combining and Incremental Redundancy for HSDPA, 2001.

[28]. Thomas Norén, LTE Overview Webinar, Ericsson AB, 2009.

[29]. Weimin Xiao, Rapeepat Ratasuk<sup>1</sup>, Amitava Ghosh, Robert Love, Yakun Sun and Ravi Nory, Uplink Power Control, Interference Coordination and Resource Allocation for 3GPP E-UTRA, 2006.