

3GPP BANDA ANCHA MÓVIL: LTE/LTE-ADVANCED

PEDRO MANUEL COHEN PEREIRA
CARMELO DE JESUS VANEGAS ARIAS

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
CARTAGENA D.T. y C.

2012

3GPP BANDA ANCHA MÓVIL: LTE/LTE-ADVANCED

PEDRO MANUEL COHEN PEREIRA
CARMELO DE JESUS VANEGAS ARIAS

Monografía para optar al título de Especialista en Telecomunicaciones

Director:
GONZALO LOPEZ VERGARA
Magister en Telemática

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
CARTAGENA D.T. y C.

2012

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

| | Pg. |
|---|-----|
| INTRODUCCION | |
| 1. <u>Evolución de 3GPP hacia Internet de Banda Ancha Móvil</u> | 7 |
| 2. <u>IMT-Advanced: El Estándar ITU para 4G</u> | 18 |
| 3. <u>Estandarización de LTE/LTE-Advanced (3GPP Ver-8 a 3GPP Ver-12)</u> | 28 |
| 4. <u>Sistema de Paquetes Evolucionado (EPS), E-UTRAN</u> | 45 |
| 5. <u>Red de Organización Automática (SON) para LTE/LTE-Advanced</u> | 58 |
| 6. <u>Administración de los Recursos de Radio LTE/LTE-Advanced</u> | 66 |
| 7. <u>Implementación de la Red de Radio y Planificación de Frecuencia</u> | 79 |
| 8. <u>Gestión del espectro (ITU WRC 2012)</u> | 86 |
| 9. <u>Modelos de Negocio y Proyecciones para LTE/LTE-Advanced</u> | 96 |
| CONCLUSIONES | |
| REFERENCIAS..... | 104 |

INTRODUCCIÓN

La demanda global de servicios de datos móviles está creciendo continuamente. Casi todos los que usan un teléfono móvil o dispositivo en cualquier parte del mundo están exigiendo un acceso más rápido a más datos multimedia. Más concretamente, están pidiendo que todas las aplicaciones que les gusta y están instaladas en sus computadores estén disponibles en sus dispositivos móviles. Desde la perspectiva de un operador, esto requiere un mayor ancho de banda. Además, la sobrecarga de la capacidad de la red y una crisis potencial en las comunicaciones móviles están guiadas por dos factores principales: espectro limitado y crecientes demandas de datos. Numerosas proyecciones indican un crecimiento exponencial del tráfico de información, así como el uso de datos móviles se ha duplicado en los últimos cinco años.

Las principales novedades del año pasado no sólo incluyen la tercera generación (3G) que es la más expandida en la actualidad, sin embargo el rápido despliegue de las redes de cuarta generación (4G); ha aumentado la capacidad de los Smartphone (móviles inteligentes); el acceso de banda ancha móvil, la disponibilidad de cientos de miles de aplicaciones multimedia móviles en todos los entornos de múltiples dispositivos; el desarrollo de nuevos factores de forma, tales como tabletas, y una mejor comprensión de lo que la industria necesita hacer para hacer frente a las demandas de datos, que están creciendo de manera exponencial. Durante este último año, la necesidad de espectro adicional se ha convertido particularmente en urgente, dando lugar a una serie de nuevas iniciativas de la industria y gobierno.

Esto trae como consecuencia, impulsar la necesidad de continuas innovaciones en redes inalámbricas y tecnologías de datos móviles hacia internet de banda ancha

móvil, con el fin de proporcionar más capacidad y una mayor calidad de servicio (QoS). Hablando de las tecnologías 3GPP, estas evolucionaron a partir de GSM-EDGE, hacia UMTS-HSPA-HSPA+, hasta ahora las implementaciones iniciales de LTE / LTE-Advanced, para proporcionar una mayor capacidad de banda ancha y experiencia al usuario. Además, se supervisó el enfoque evolutivo del 3GPP a banda ancha móvil en más detalle.

1. EVOLUCIÓN DE 3GPP HACIA INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL

El desarrollo de estándares 3GPP se divide en tres áreas principales: interfaces de radio, redes troncales y servicios.

Con respecto a las interfaces de radio, éstas en lugar de enfatizar sobre cualquier red inalámbrica y enfoque móvil, el plan evolutivo del 3GPP es reconocer las fortalezas y debilidades de cada tecnología y aprovechar las capacidades de cada una respectivamente. GSM, basada en un enfoque de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), está desarrollada y ampliamente desplegada. Es extremadamente eficiente, sin embargo hay oportunidades para optimizaciones adicionales y mejoras. Los organismos de normalización ya han definido "EDGE-Evolved", que estuvo disponible para su despliegue en el año 2011. EDGE-Evolved, más que duplica el rendimiento respecto a los actuales sistemas EDGE, disminuye la latencia, aumenta la eficiencia espectral y de seguro tiene abierto el camino hacia el Internet de banda ancha móvil.

Mientras tanto, CDMA fue elegido como la base de las tecnologías 3G incluyendo WCDMA para el modo de División de Frecuencia Duplex (FDD) de UMTS y División de Tiempo CDMA (TD-CDMA) para el modo de División de Tiempo Dúplex (TDD) de UMTS. La evolución de los sistemas de datos desarrollado para UMTS como HSPA y HSPA+ aportaron mejoras y optimizaciones que ayudan a sistemas basados en CDMA, principalmente igualando las capacidades de los sistemas de la competencia, sobre todo en las asignaciones de 5 MHz de espectro.

Las innovaciones HSPA, tales como HSPA de doble portadora, la cual se explica con más detalle en la sección "Evolución de HSPA (HSPA+)", coordina la

operación de HSPA en dos portadoras de 5 MHz para las tasas de rendimiento más altas. En combinación con MIMO, HSPA de doble portadora alcanzará velocidades máximas de 84 Mbps y HSPA de cuatro portadoras alcanzará velocidades máximas de 168 Mbps. Las capacidades de la versión 11 como el funcionamiento del enlace descendente (descarga) de 8-portadoras duplicará la máxima tasa de rendimiento teórica a un total de 336 Mbps, lo que garantizará los servicios de internet banda ancha móvil con un alto nivel de soporte QoS.

Teniendo en cuenta algunas de las ventajas de un sistema de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonales (OFDM), OFDMA 3GPP especificada como la base de su esfuerzo LTE. LTE incorpora las mejores técnicas de radio en su clase, para lograr niveles de desempeño más allá de lo que puede ser práctico con algunos enfoques CDMA, en particular en anchos de banda más grandes. De la misma manera que 3G coexiste con los sistemas 2G como redes integradas, los sistemas LTE coexistirán con ambos sistemas 3G y 2G. Los dispositivos híbridos funcionarán a través de LTE/3G y LTE/3G/2G. Más allá de la tecnología de radio, EPC (Núcleo de Paquetes Evolucionado) proporciona una nueva arquitectura de núcleo que permite tanto las arquitecturas más planas como la integración de LTE con ambas redes persistentes GSM-HSPA, así como otras tecnologías inalámbricas. La combinación de EPC y LTE es conocido como el Sistema de Paquetes Evolucionado (EPS), que se discutirá en la sección 1.4.

HSPA+ y LTE son importantes para los operadores desde que estas tecnologías proporcionan la eficiencia y capacidad requerida por el rápido crecimiento del mercado de internet de banda ancha móvil. El coste para los operadores al ofrecer datos (por ejemplo, coste por GB) es casi directamente proporcional a la eficiencia espectral de las tecnologías. LTE tiene la mayor eficiencia espectral que cualquier tecnología desarrollada hasta la fecha, haciéndola una de las tecnologías esenciales en el mercado.

Con el aumento de las demandas del mercado, HSPA+ es atractivo para algunos operadores desde que ésta maximiza las eficiencias en las implementaciones existentes y proporciona alto rendimiento con el uso de nuevas técnicas avanzadas tanto en el espectro que está siendo utilizado así como en el nuevo espectro. En conclusión:

- Gran Utilización del Espectro. HSPA+ ahora se pueden implementar en mayor anchos de banda, tales como 10Mhz y 20Mhz. Esta funcionalidad aumenta tanto la tasa de transferencia máxima como también la eficiencia espectral.
- MIMO Avanzada. La introducción de mejoras en MIMO y la adición de más antenas de transmisión y recepción proporciona una mejor eficiencia espectral en el espectro existente.
- Buenas Técnicas en Cobertura. La rápida transferencia y otras técnicas proporcionan una mejor cobertura, especialmente en el borde de la célula.

Como las presiones competitivas en el mercado de banda ancha móvil se han intensificado, la demanda de mayor capacidad no ha disminuido. LTE está desarrollando el despliegue momentáneo por la razón de que ofrece una muy eficiente y eficaz manera de proveer alto rendimiento, especialmente en el nuevo espectro. En concreto:

- Canales de Radio Amplio. LTE se pueden implementar en los canales de radio amplio (por ejemplo, 10 MHz o 20 MHz). Esto aumenta las tasas máximas de datos y también provee la utilización del espectro más eficientemente.
- Fácil Implementación de MIMO. Mediante el uso de nuevos radios y antenas, LTE facilita el despliegue MIMO en comparación con los desafíos

logísticos de la adición de antenas para MIMO en las implementaciones existentes de tecnologías tradicionales. Además, las ganancias MIMO se maximizan, porque todos los equipos de usuario lo soportan desde el principio.

- Mejor Rendimiento de Latencia. Para algunas aplicaciones de banda ancha móvil, la baja latencia (retardo en el recorrido del paquete) es tan importante como el alto rendimiento. Con un bajo intervalo de tiempo de transmisión (TTI) de 1 ms y una arquitectura plana (menos nodos en la red troncal), LTE tiene la más baja latencia de cualquier tecnología celular.

LTE está disponible tanto en el modo FDD como en TDD. Muchas implementaciones estarán basadas en FDD en el espectro emparejado. El modo TDD, sin embargo, será importante al permitir implementaciones donde el espectro emparejado no está disponible. LTE TDD será implementado en China, estará disponible en Europa a 2,6 GHz, y operará en el servicio de radio de banda ancha de EE.UU en la banda de 2.6 Ghz.

Para abordar los requerimientos de IMT-Advanced de la ITU, 3GPP está desarrollando LTE-Advanced, una tecnología que tendrá velocidades máximas teóricas de más de 1Gbps. *Ver las siguientes dos secciones para una explicación detallada.*

Sin embargo, LTE es una de las más prometedoras plataformas en tecnología inalámbrica del futuro. La versión implementada hoy es el comienzo de una serie de innovaciones que aumentarán el rendimiento, la eficiencia y capacidades, como se describe en la figura 1.1. Las mejoras mostradas en el período 2013 a 2016 son las esperadas a partir del lanzamiento 3GPP 10 y 11, y se denominan comúnmente como LTE-Advanced. Las versiones posteriores tales como la

versión 12 y 13, sin embargo, continuarán esta innovación a finales de esta década.

Aunque las secciones posteriores (en este módulo) cuantifica el rendimiento y presenta detalles funcionales de las tecnologías LTE/LTE-Advanced, aquí vamos a dar un resumen de la intención de proporcionar un marco de referencia para la discusión subsiguiente para las tecnologías 3GPP orientadas a internet de banda ancha móvil. Tabla 1.1 Resumen de las tecnologías 3GPP y sus características.

Figure 1.1. LTE como una Plataforma en Tecnología Inalámbrica para el Futuro.

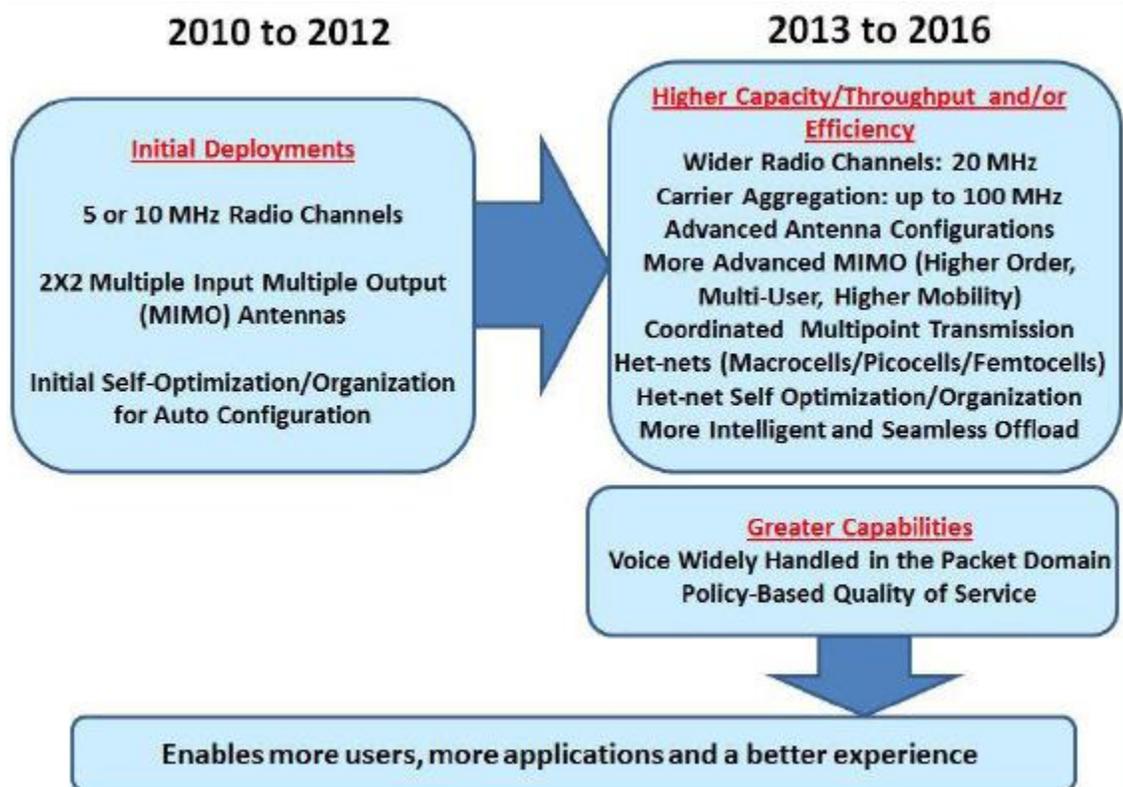


Tabla 1.1. Características de las tecnologías 3GPP

| Technology Name | Type | Characteristics | Typical Downlink Speed | Typical Uplink Speed |
|-----------------|------|---|--|-------------------------------|
| GSM | TDMA | Most widely deployed cellular technology in the world. Provides voice and data service via GPRS/EDGE. | | |
| EDGE | TDMA | Data service for GSM networks. An enhancement to original GSM data service called GPRS. | 70 kbps to 135 kbps | 70 kbps to 135 kbps |
| Evolved EDGE | TDMA | Advanced version of EDGE that can double and eventually quadruple throughput rates, halve latency and increase spectral efficiency. | 175 kbps to 350 kbps expected (Single Carrier) 350 kbps to 700 kbps | 150 kbps to 300 kbps expected |

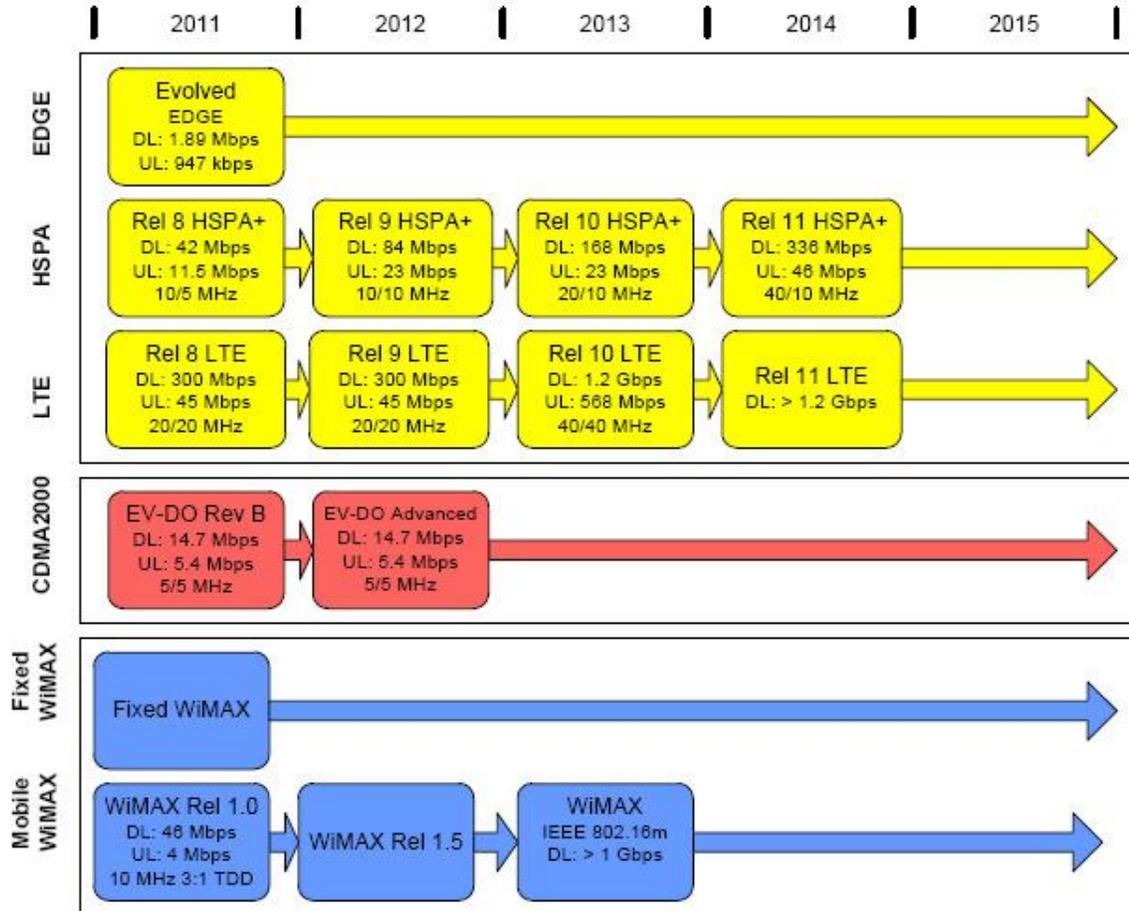
| Technology Name | Type | Characteristics | Typical Downlink Speed | Typical Uplink Speed |
|--------------------|-------|--|---|--|
| | | | expected (Dual Carrier) | |
| UMTS | CDMA | 3G technology providing voice and data capabilities. Current deployments implement HSPA for data service. | 200 to 300 kbps | 200 to 300 kbps |
| HSPA ²⁸ | CDMA | Data service for UMTS networks. An enhancement to original UMTS data service. | 1 Mbps to 4 Mbps | 500 kbps to 2 Mbps |
| HSPA+ | CDMA | Evolution of HSPA in various stages to increase throughput and capacity and to lower latency. | 1.9 Mbps to 8.8 Mbps in 5/5 MHz 3.8 Mbps to 17.6 Mbps with dual carrier in 10/5 MHz. | 1 Mbps to 4 Mbps in 5/5 MHz or in 10/5 MHz |
| LTE | OFDMA | New radio interface that can use wide radio channels and deliver extremely high throughput rates. All communications handled in IP domain. | 6.5 to 26.3 Mbps in 10/10 MHz | 6.0 to 13.0 Mbps in 10/10 MHz |
| LTE-Advanced | OFDMA | Advanced version of LTE designed to meet IMT-Advanced requirements. | | |

Por otra parte, la Figura 1.2 muestra la evolución de las diferentes tecnologías móviles e inalámbricas y sus capacidades máximas de rendimiento de red hacia internet de banda ancha móvil. El desarrollo de GSM y UMTS-HSPA ocurren en etapas denominadas versiones 3GPP, y los proveedores de equipos producen hardware compatible con versiones particulares de cada especificación. Es importante darse cuenta de que las versiones 3GPP abordan múltiples tecnologías. Por ejemplo, Versión 7 optimizado de VoIP (Voz sobre IP) para HSPA, pero también mejorando considerablemente la funcionalidad de datos GSM con EDGE-Evolved. Un resumen de las diferentes versiones de 3GPP son las siguientes:

- Versión 99: Completamente desarrollada. Primera versión desplegable de UMTS. Mejoras de datos GSM (EDGE). La mayoría de las implementaciones de hoy en día están basadas en la versión 99. Proporcionan soporte para redes GSM/EDGE/GPRS/ WCDMA y enlaces de radio.
- Versión 4: Completamente desarrollada. Soporte de mensajería multimedia. Primeros pasos hacia el uso de transporte IP en la red troncal.
- Versión 5: Completamente desarrollada. HSDPA. Primera fase del Subsistema Multimedia IP (IMS). Capacidad completa para usar transporte basado en IP en lugar de modo de transferencia asíncrona (ATM) en la red troncal.
- Versión 6: Completamente desarrollada. HSUPA. Soporte multimedia mejorado a través de servicios Broadcast/Multicast Multimedia (MBMS). Especificaciones de rendimiento para receptores avanzados. Opciones de integración de redes de área local inalámbricas (WLAN). Mejoras de IMS. Capacidad inicial de VoIP.
- Versión 7: Completamente desarrollada. Proporciona una mejora en la funcionalidad de los datos GSM Evolved EDGE. Especifica HSPA+, que

incluye una orden superior en la modulación y MIMO. Mejoras en el rendimiento, eficiencia espectral mejorada, una mayor capacidad y una mejor resistencia a las interferencias. La conectividad continua de paquetes (CPC) habilita un servicio eficiente "always-on" y una capacidad de enlace de subida mejorado en VoIP, así como las reducciones en el retardo del establecimiento de una llamada por Push-to-Talk sobre Celular (PoC). Mejoras de radio para HSPA incluye 64 QAM en el enlace de bajada y 16 QAM en el enlace de subida. También incluye optimización de las capacidades de MBMS a través de la función multidifusión/difusión, red de frecuencia simple para multidifusión-difusión (MBSFN).

Figure 1.2. Evolución de TDMA, CDMA, y Sistemas OFDMA.



Throughput rates are peak theoretical network rates for that technology release. Dates refer to expected initial commercial network deployment except 2011, which shows technologies that year. There are no public announcements of deployment of WiMAX Rel 1.5 nor IEEE 802.16m. X/Y MHz indicates X MHz used on the downlink and Y MHz used on the uplink.

- Versión 8: Completamente desarrollada. Incluye otras características de Evolución HSPA tal como el uso simultáneo de MIMO y 64 QAM. Incluye doble portadora HSDPA (DC-HSDPA) en el que dos portadoras del enlace de bajada pueden ser combinados por una duplicación del rendimiento del dispositivo. Especificaciones 3GPP LTE basadas en OFDMA. Define EPC y EPS.
- Versión 9: Completamente desarrollada. Las mejoras de HSPA y LTE incluyen doble portadora de enlace descendente HSPA en combinación con

MIMO, la doble banda de operación HSDPA, doble portadora de enlace ascendente HSPA, mejoras EPC, soporte femtocell, soporte para funciones reguladoras, tales como el posicionamiento de equipos de emergencia, un Sistema Comercial de Alerta Móvil (CMAS), y una evolución de la arquitectura IMS.

- Versión 10: Completamente desarrollada. Especifica LTE-Advanced que se encuentra con los requisitos establecidos por la IMT-Advanced del proyecto ITU. Las características claves incluyen portadoras adicionales, mejoras multi-antena; como un mejor enlace de subida y bajada MIMO, relevos, capacidades mejoradas en la organización automática de LTE (SON), eMBMS (Servicio de radiodifusión multimedia evolucionado), mejoras Het-net que incluyen Coordinación de interferencia mejorada Inter-Cell (eICIC), acceso a paquetes IP locales y nuevas bandas de frecuencia. HSPA, incluye operación de cuatro portadoras y opciones adicionales de MIMO. También incluye mejoras femtocell, optimizaciones para comunicaciones M2M (máquina a máquina), y la descarga de tráfico IP local.
- Versión 11: En desarrollo, previsto para finales del año 2012. Para LTE, se hace hincapié en Multipuntos Coordinado (CoMP), mejoras en el aumento de portadoras y mejoras adicionales en eICIC (Coordinación de interferencia inter-celdas evolucionado), incluyendo dispositivos con cancelación de interferencia. La versión incluye además mejoras DL y UL MIMO para LTE. Para HSPA, ofrece 8 portadoras en el enlace de bajada, mejoras en el enlace de subida para reducir la latencia, doble antena beamforming y MIMO, mejoras del estado del canal de acceso directo (FACH) para el tráfico que manejan los smartphome, mejoras de cuatro ramificaciones MIMO y transmisiones para HSDPA, 64 QAM en el enlace ascendente, transmisión multipunto en el enlace descendente, y agregación de portadoras no contiguas HSDPA.

- Versión 12: En la planificación inicial y las etapas de discusión. Mejoras potenciales incluyen pequeñas células/HetNets (Redes Heterogéneas) mejoradas para LTE; tecnologías multi-antena/sitio en LTE, tales como 3D MIMO/beamforming y además mejoras CoMP/MIMO, nuevos procedimientos y funcionalidades de LTE para soportar diversos tipos de tráfico; mejoras para interworking con Wi-Fi; mejoras para el tipo de máquina de comunicaciones (MTC), SON, minimización de dispositivos de prueba (MDT), y receptores avanzados; comunicaciones de dispositivo a dispositivo, la eficiencia energética, más flexibilidad para agregar portadora, y aún más mejoras para HSPA+, incluyendo además mejoras DL/UL e interworking con LTE.

Considerando que los operadores y proveedores participan activamente en el desarrollo de la tecnología inalámbrica están muy centrados en versiones de lanzamiento 3GPP, la mayoría de los usuarios de la tecnología están más interesados en las particularidades y capacidades tales como si un dispositivo es compatible con HSDPA. Por esta razón, la discusión detallada de la evolución de 3GPP continuará en la sección 1.3, donde el 3GPP Versión 8 hasta 3GPP Versión 12 son presentadas en más detalles.

2. IMT-ADVANCED: EL ESTÁNDAR ITU PARA 4G

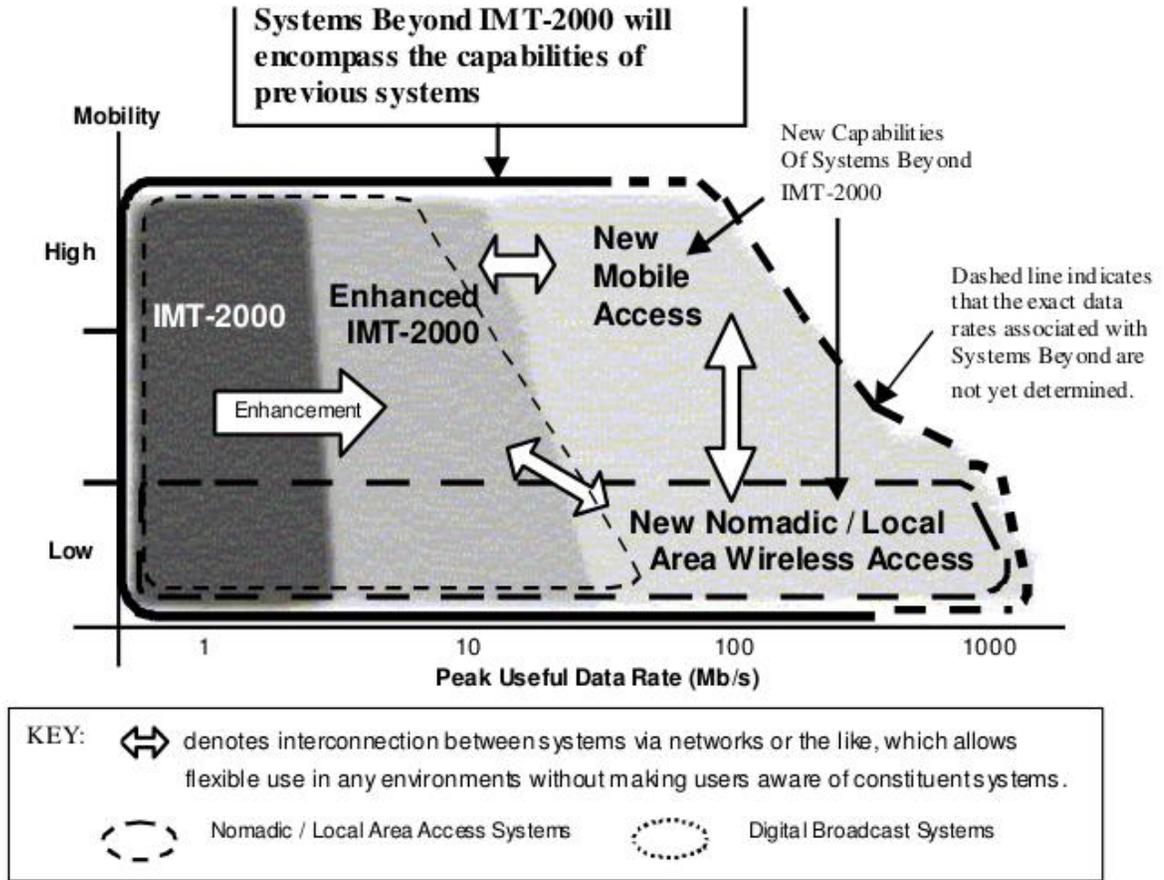
Los sistemas internacionales de Telecomunicaciones avanzadas móviles (IMT-Advanced) son sistemas móviles que incluyen las nuevas capacidades de IMT que van más allá de la bien conocida IMT-2000. Estos sistemas proporcionan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, incluyendo servicios móviles avanzados, apoyada por redes móviles y fijas, que son cada vez más basada en paquetes y mueven el Internet de banda ancha para ser realmente móviles. Los sistemas IMT-Advanced soportan aplicaciones de baja y de alta movilidad y una amplia gama de velocidades de datos de acuerdo con las demandas del usuario y de servicio en múltiples entornos de usuario. IMT-Advanced también tiene capacidades de aplicaciones multimedia de alta calidad dentro de una amplia gama de servicios y plataformas, proporcionando una mejora significativa en el rendimiento y la calidad de servicio (QoS). Por otra parte, las demandas de los consumidores darán forma al futuro desarrollo de las IMT-2000 y las IMT-Advanced. La recomendación ITU-R M.1645 describe estas tendencias en detalle, algunas de las cuales incluyen la creciente demanda de servicios móviles, crecientes expectativas de los usuarios, y la naturaleza cambiante de los servicios y aplicaciones que puedan estar disponibles. Asimismo, el Informe ITU-R M.2072 detalla un análisis y pronóstico de la evolución del mercado de telefonía móvil y los servicios para el futuro desarrollo de las IMT-2000, IMT-Advanced y otros sistemas. Este informe ofrece previsiones para 2010, 2015, y 2020.

Si nos remontamos a los sistemas IMT-2000, éstos proveen acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, soportado por las redes de telecomunicaciones fijas (por ejemplo, PSTN/ISDN/IP), y para otros servicios que son específicos para usuarios móviles. Para satisfacer la siempre creciente demanda de comunicación inalámbrica (por ejemplo, no aumentó de los usuarios,

mayores velocidades de transmisión, servicio de vídeo juegos que requieren un incremento de la calidad del servicio, etc), IMT-2000 ha sido, y seguirá siendo mejorado.

La figura 1.3 es tomada directamente de la Recomendación ITU-R M.1645 y refleja la terminología en uso, en el momento de su adopción. La Resolución ITU-R 56 define la relación entre las "IMT-2000", el futuro desarrollo de las IMT-2000 y sistemas posteriores "IMT-2000" para lo cual también proporciona un nuevo nombre: IMT-Advanced. La Resolución ITU-R 56 resuelve que el término IMT 2000 abarca también sus mejoras y desarrollos futuros. El término "IMT-Advanced" debe aplicarse a los sistemas, componentes del sistema y aspectos relacionados que incluyen nuevas interfaces de radio que soportan las nuevas capacidades de los sistemas posteriores a las IMT-2000. El término "IMT" es el nombre raíz que engloba tanto IMT-2000 y como IMT-Advanced de forma colectiva. En octubre de 2010, sólo dos tecnologías son aceptadas dentro del grupo IMT-Advanced: LTE-Advanced (LTE Versión 10 y posteriores) y WiMAX Móvil 2.0 (802.16m, también conocido como WirelessMAN-Advanced). Por otra parte, la ITU define IMT-Advanced como redes móviles 4G.

Figura 1.3. Relación entre IMT-2000 (3G LTE) e IMT-Advanced (4G).



El color gris oscuro indica las capacidades existentes, el color gris medio indica las mejoras de ITU 2000, y el color más claro indica las nuevas capacidades de sistemas posteriores de IMT-2000.

El grado de movilidad como el usado en esta figura es descrito como sigue: Baja velocidad en la movilidad peatonal y alta velocidad en carreteras o trenes rápidos (60km/h a 250km/h o más)

Durante los últimos 20 años, la ITU ha coordinado esfuerzos del gobierno, la industria y el sector privado en el desarrollo de un sistema global de multimedia banda ancha de telecomunicaciones móviles internacionales, conocido como IMT. Desde el 2000, el mundo ha sido testigo de la introducción de la primera familia de

normas derivadas del concepto IMT. La ITU estima que los abonados al servicio móvil en todo el mundo es probable que alcancen la marca de 4 billones antes de finalizar este año de los cuales los sistemas de tecnología IMT constituirá una parte importante teniendo en cuenta que ya en 2007 (durante la Conferencia Mundial de Radio comunicaciones (WRC-07) en Ginebra), hubo más de 1 billón de suscriptores IMT-2000 en el mundo. Se evidenció que para el año 2010 hay 1.700 millones de suscriptores móviles terrestre en todo el mundo. Y por otra parte, se prevé que, para el año 2020, potencialmente toda la población del mundo podría tener acceso a avanzados dispositivos de comunicaciones móviles, sujeto a otras consideraciones, se están alcanzando estructuras de costos favorables. Ya son más fáciles de transportar teléfonos que cualquiera de los teléfonos de línea fija o equipos de telefonía fija como PCs que puede acceder a Internet, y el número de dispositivos móviles se espera que continúe creciendo más rápidamente que los dispositivos de línea fija. Los terminales móviles serán los dispositivos más utilizados para acceder e intercambiar información. Las expectativas de los usuarios están aumentando continuamente con respecto a la variedad de servicios y aplicaciones. En particular, los usuarios esperan un flujo dinámico y continuo de nuevas aplicaciones, capacidades y servicios que son muy abundantes y disponibles a través de una gama de dispositivos que utilizan una sola suscripción y una sola identidad (número o dirección). Los sistemas versátiles de comunicación ofrecen servicios personalizados y ubicuos basados en las diversas necesidades individuales que requerirán flexibilidad en la tecnología con el fin de satisfacer las múltiples demandas simultáneamente. Sin embargo, en el proceso de planificación para el desarrollo futuro de IMT-Advanced, es importante considerar las líneas de tiempo asociadas con su realización, la cual dependerá de un número de factores:

- Tendencias de los usuarios, las necesidades y demanda de los usuarios;
- Capacidades técnicas y desarrollos tecnológicos;
- Elaboración de normas;

- La disponibilidad de espectro, incluyendo el permitir tiempo suficiente para volver a localizar sistemas que puedan estar utilizando bandas propuestas;
- Consideraciones reglamentarias;
- Desarrollo e implementación de sistemas (móvil e infraestructura).

Todos estos factores están interrelacionados. Los cinco primeros han estado y seguirán estando dentro de la ITU. El desarrollo y despliegue del sistema se refiere a los aspectos prácticos de la implementación de las nuevas redes, teniendo en cuenta la necesidad de minimizar la inversión en la infraestructura adicional y para dar tiempo a la adopción del cliente de los servicios de un importante nuevo sistema de banda ancha móvil, tales como IMT-Advanced.

La línea de tiempos asociados con estos diferentes factores se representa en la figura 1.4. Cuando se habla de las fases de tiempo para los sistemas posteriores a las IMT-2000 (IMT-Advanced), es importante especificar el tiempo en que se completen las normas, cuándo el espectro debe estar disponible, y cuándo la implementación comience a funcionar. Exactamente la progresión hacia las IMT-Advanced se presenta en la Figura 1.4. El IMT-Advanced puede ser considerado desde múltiples perspectivas, incluidos los usuarios, fabricantes, desarrolladores de aplicaciones, operadores de redes y de servicios, y los proveedores de contenido como se muestra en la Tabla 1.2. Por lo tanto, se reconoce que las tecnologías para IMT-Advanced se pueden aplicar en una variedad de escenarios de implementación y puede soportar una amplia gama de entornos, diferentes capacidades de servicio y opciones de tecnología. Considerando la cantidad de variables no es posible abarcar todas las situaciones, sin embargo, el trabajo de la ITU-R ha sido determinar una visión representativa de la IMT-Advanced consistente con el procedimiento definido en la Resolución ITU-R 57 -Principios para el proceso de desarrollo de las IMT-Advanced.

Figura 1.4. Progresión hacia IMT-Advanced.

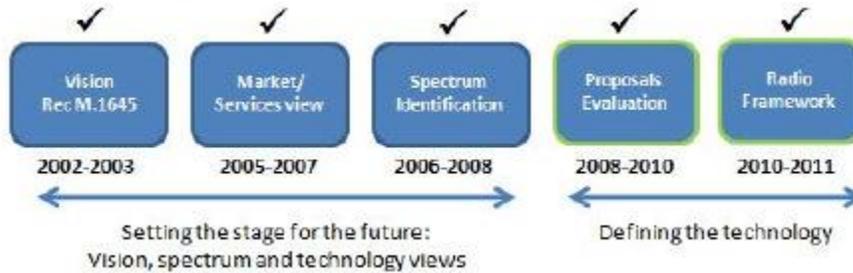


Tabla 1.2. Objetivos de múltiples perspectivas en IMT-Advanced.

| Perspectiva | Objetivos |
|------------------------|--|
| Usuario Final | <p>Acceso ubicuo a móviles.</p> <p>Fácil acceso a aplicaciones y servicios.</p> <p>Calidad adecuada a un costo razonable.</p> <p>Fácil entendimiento de la interfaz de usuario.</p> <p>Larga duración de la batería del equipo.</p> <p>Gran variedad de terminales.</p> <p>Reforzar la capacidad de servicio.</p> <p>Capacidades de facturación fáciles de usar.</p> |
| Proveedor de Contenido | <p>Flexible capacidad de facturación.</p> <p>Capacidad para adaptar el contenido a las necesidades del usuario en función de terminal, ubicación y preferencia del usuario.</p> <p>Acceso a un mercado muy grande a través de una alta similitud de interfaces de programación de aplicaciones.</p> |
| Proveedor de Servicio | <p>Rápido, creación de servicios abiertos, validación y aprovisionamiento.</p> <p>Calidad de servicio (QoS) y gestión de la</p> |

| | |
|------------------------------|---|
| | <p>seguridad.</p> <p>Adaptación automática del servicio como una función de la transferencia de datos disponibles y tipo de terminal.</p> <p>Las flexibles capacidades de facturación.</p> |
| Operador de red | <p>Optimización de los recursos (espectro y equipo).</p> <p>Calidad de servicio y gestión de la seguridad.</p> <p>Capacidad para proporcionar servicios diferenciados.</p> <p>Configuración de red flexible.</p> <p>Reducción del coste de los terminales y equipos de red basados en economías de escala globales.</p> <p>Transición suave de las IMT-2000 hacia los sistemas posteriores de IMT-2000 (IMT-Advanced).</p> <p>Maximización de las capacidades compartidas entre los sistemas IMT-2000 y 4G IMT-Advanced (reparto de la telefonía móvil, UMTS módulo de identidad de abonado (USIM), elementos de red, sitios de radio).</p> <p>Autenticación individual (independiente de la red de acceso).</p> <p>Las flexibles capacidades de facturación.</p> <p>Selección de los tipos de acceso optimizando la prestación de servicios.</p> |
| Fabricante /Desarrollador de | Reducción del coste de los terminales y equipos |

| | |
|--------------|--|
| Aplicaciones | <p>de red basados en economías de escala global.</p> <p>Acceso a un mercado global.</p> <p>Abrir interfaces físicas y lógicas entre subsistemas modulares e integrados.</p> <p>Plataformas programables que permiten un desarrollo rápido y de bajo costo.</p> |
|--------------|--|

Los servicios que los usuarios quieren en Internet de banda ancha móvil y el creciente número de usuarios, colocará crecientes demandas en redes de acceso de radio. Estas demandas no son encontradas por la mejora de sistemas de acceso de radio IMT-2000 (en términos de tarifa de bit máxima a un usuario, el rendimiento agregado, y la flexibilidad mayor para apoyar muchos tipos diferentes de servicio simultáneamente). Por lo tanto está previsto que habrá una exigencia para una nueva tecnología de acceso de radio, como IMT-Advanced, o tecnologías en algún punto en el futuro para satisfacer las demandas esperadas por la movilidad de usuario y servicios de amplitud de banda ancha más altos.

Hoy en día, las futuras y actuales recomendaciones de ITU-R desarrollarán estos conceptos más detalladamente. Otras nuevas recomendaciones dirigirán las exigencias de espectro para sistemas IMT-Advanced, en las cuales las bandas de frecuencia podrían ser apropiadas, y en que período tal espectro sería necesario con el fin de acomodar los nuevos servicios de banda ancha y aplicaciones. Se espera que las nuevas necesidades de espectro documentadas en estas recomendaciones sean tratadas en una futura Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones.

Los sistemas IMT-Advanced 4G apoyarán una amplia gama de servicios simétricos, asimétricos, y unidireccionales. Ellos también proporcionarán la gestión

de diferentes niveles de QoS para alcanzar el objetivo subyacente de transporte eficiente de servicios basados en paquetes. Al mismo tiempo, habrá una mayor penetración de servicios inalámbricos nómadas y móviles, de acceso multimedia a través de Internet. Las tecnologías, aplicaciones y servicios relacionados con los sistemas IMT-Advanced 4G podrían ser radicalmente diferentes de las actuales, desafiar las percepciones de lo que puede ser considerado viable por las normas de la actualidad y va más allá de lo que puede lograrse por la futura mejora de otros sistemas de radio. La nueva interfaces de radios de acceso se han previsto para manejar una amplia gama de velocidades de datos de acuerdo con la economía y la demanda de servicios de banda ancha en entornos multi-usuario con velocidades de transferencia máximas de hasta aproximadamente 100 Mbps para una alta movilidad, tales como el acceso móvil y hasta aproximadamente 1 Gbps para baja movilidad, como el acceso inalámbrico nómada/local. Estas velocidades de datos son objetivos para la investigación. Estos no deberían ser tomados como las exigencias definitivas para los sistemas 4G.

Además, estas velocidades de datos serán compartidas entre usuarios activos. El rendimiento logrado para cualquier usuario individual depende de muchos parámetros, incluyendo el número de usuarios activos, características de tráfico, parámetros de servicio, argumentos de despliegue, la disponibilidad de espectro, y condiciones de interferencia y propagación. Estas velocidades son el valor máximo de la suma de las velocidades de datos para todos los usuarios activos sobre un recurso de radio; es posible que la velocidad máxima necesaria en la dirección de flujo ascendente sea diferente en la dirección de flujo descendente. Las velocidades en el transporte de datos pueden deben ser más altas debido a gastos generales, como la señalización y la codificación. Dependiendo de los servicios para cual tecnología (o tecnologías, tal: LTE, LTE-Advanced, 802.11n, 802.16m) será usada, la cobertura de radio continua puede no ser necesario con el fin de satisfacer los requisitos de servicio.

Por último, aquí se resumen las principales características (que cubren los requisitos de 4G) de IMT-Advanced:

- Un alto grado de concordancia de funcionalidad por todo el mundo conservando la flexibilidad para apoyar una amplia gama de servicios y usos en un coste manera eficiente;
- Compatibilidad de los servicios dentro de las IMT y con las redes fijas;
- Capacidad de inter-funcionamiento con otros sistemas de acceso de radio;
- Servicios móviles de alta calidad;
- Equipo de usuario apropiado para uso mundial;
- Las aplicaciones, servicios y los equipos son fáciles de usar;
- Capacidad de itinerancia a escala mundial;
- Aumento de las tasas máximas de datos para soportar servicios y aplicaciones avanzadas (100 Mbit/s para alta movilidad y 1 Gbit/s para baja movilidad, fueron establecidos como objetivos de la investigación).

Estas características permiten a las IMT-Advanced mejorar la experiencia del usuario, datos móviles actuales y futuros servicios multimedia y hará que el internet de banda ancha sea verdaderamente móvil con alto nivel de provisión QoS. Por otra parte, las capacidades de las IMT-Advanced están siendo continuamente mejoradas en línea con las tendencias de los usuarios y desarrollos tecnológicos.

3. ESTANDARIZACIÓN DE LTE/LTE-ADVANCED (3GPP VERSIÓN 8 A 3GPP VERSIÓN 12)

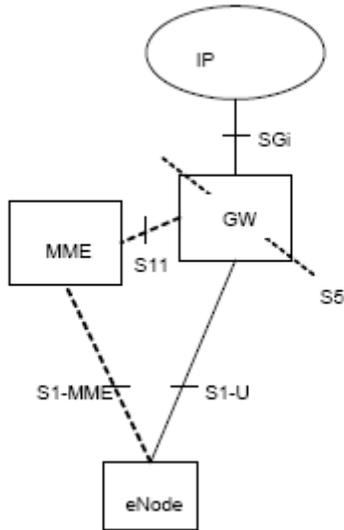
La búsqueda de la velocidad de datos más alta, la capacidad más alta, el rendimiento más alto, retardo más bajo, la mejor eficacia y flexibilidad del espectro, el nivel alto de aprovisionamiento de QoS, la velocidad móvil diversificada y la mayor cobertura sobre celular, resultó en GPRS/EDGE (2.5/2.75G) desarrollando a UMTS (3G) a HSPA (3.5G) a HSPA+ (3.75G). En otras palabras, todo se está desarrollando hacia el acceso de internet de banda ancha móvil. Comparado a una transferencia de datos de 180 kbps en EDGE, HSPA+ promete las tasas de datos de 42 Mbps downlink y 22 Mbps uplink. Claramente la tendencia indica que el teléfono móvil pronto permitirá velocidades de banda ancha. Ahora, con el advenimiento de LTE (3.9G o Súper 3G) y LTE-Advanced (4G), la banda ancha móvil se hizo más amplia.

Por otra parte, a partir de 3GPP Rel-8, ésta proporcionó nuevas y significativas capacidades, no sólo a través de mejoras en la tecnología WCDMA, sino también a través la adición de tecnología OFDM por la introducción de LTE. Sobre el lado WCDMA, Rel-8 proporcionó la capacidad de realizar modulaciones 64-QAM con 2X2 MIMO sobre HSPA+, así como la capacidad de realizar la operación de portador dual para HSPA+ (por ej. la agregación de portador a través de dos portadoras 5 MHz HSPA-HSPA+). Ambas versiones permitieron el HSPA+ la tecnología para alcanzar las tasas altas de 42 Mbps. Rel-8 también introdujo mejoras de E-DCH a los estados comunes (URA_PCH, CELL_PCH y CELL_FACH) para mejorar tasas de datos y latencia e introdujo la recepción discontinua (DRX) para reducir considerablemente el consumo de batería.

Además de las mejoras HSPA-HSPA+, Rel-8 también introdujo el Sistema de Paquete Evolucionado (EPS) consistiendo en una nueva red Plana-IP principal llamada Núcleo de Paquete Evolucionado (EPC) acoplado con una nueva interfaz de aire basada en OFDM llamada Evolución a Largo Plazo (LTE) o UTRAN evolucionado (la E-UTRAN). En su forma más básica, EPS consiste en sólo dos nodos en el plano de usuario: una estación base y un Gateway principal (GW). El nodo que realiza la funcionalidad del plano de control (MME) es separado del nodo que realiza la funcionalidad del plano de portador (la Entrada). La arquitectura básica EPS es ilustrada en la Figura 1.5 con la mejor política de control y carga, una gama más amplia de capacidades QoS, mecanismos de seguridad/autenticación avanzados y roaming flexible.

La arquitectura EPS fue diseñada, no sólo para proporcionar una evolución regular de las arquitecturas de paquete 2G/3G que consisten en NodeBs, RNCs (Controladores de Redes de Radio), SGSNs (Nodo de Soporte de Servicio GPRS) y GGSNS (Nodos de Soporte de Pasarela GPRS), pero también proporcionar el apoyo a accesos non-3GPP (por ej. WLAN, WiMAX y etc.) con la ayuda del sistema de núcleo de paquete optimizado por paquete (el Núcleo de Paquete Evolucionado) que apoya múltiples tecnologías de acceso, incluyendo 3GPP la Red de Acceso de Conectividad de Protocolo de Internet (IP CANs) como la Red de Acceso de Radio de EDGE GSM (GERAN), UTRAN y UTRAN Evolucionado (la E-UTRAN) y también la mencionada non-3GPP IP CANs (WLAN, WiMAX y etc.) y tecnologías fijas. Para más detalles sobre EPS mirar la sección 1.4.

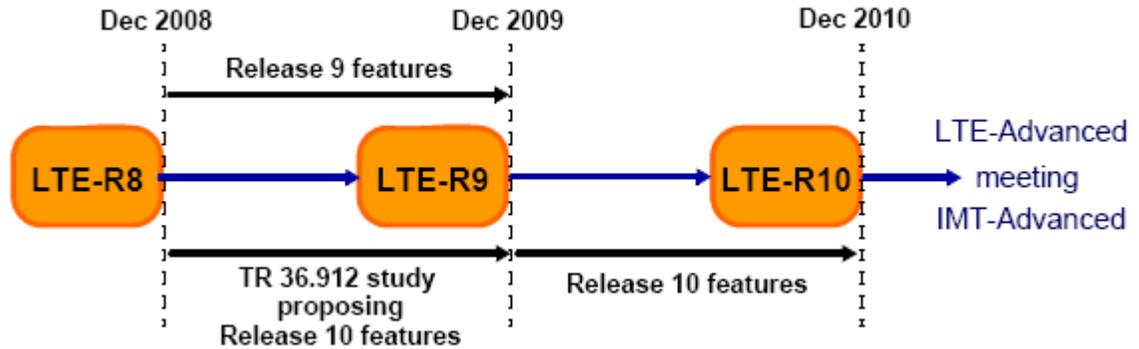
Figura 1.5. Arquitectura Básica EPS (basado en 3GPP TS 23.401).



Este acceso de evolución, independiente de la arquitectura de sistema de núcleo de paquete es el primer paso principal hacia la realización de una Red Todo-IP y el alcance del punto de encuentro entre LTE-Advanced e IMT-Advanced. La línea de tiempo de las versiones LTE y el desarrollo de LTE-Advanced se muestran en la Figura 1.6.

3GPP no sólo ha desarrollado más allá de la dirección de la Red de Acceso de Radio Universal Terrestre (UTRAN) los requisitos para proporcionar ancho de banda que provee servicios intensivos. Esto también ha puesto en un esfuerzo significativo para desarrollar y simplificar la red de paquete de núcleo. Catalogado como la Evolución de Arquitectura del Sistema (SAE), 3GPP ha propuesto un marco para desarrollar el sistema 3GPP a una transferencia de datos más alta, con menor latencia.

Figura 1.6. Línea de tiempo de las versiones 3GPP LTE.



En Rel-8, LTE define nuevas especificaciones de la capa física que consiste en una OFDMA basado en enlace descendente y enlace ascendente SCFDMA99 que soporta portadora con anchos de banda de 1,4 MHz hasta 20 MHz. En Rel-8 define opciones tanto para FDD como para portadoras TDD LTE. Rel-8 también definió una suite de capacidades MIMO que apoyan técnicas de lazo abiertas y cerradas, la Multiplexación Espacial (SM), esquemas y Beamforming (BF) MIMO Multiusuario (MU-MIMO). Como OFDMA Y SC-FDMA son tecnologías basadas en banda estrecha, LTE apoya varias formas de anulación de interferencia o técnicas de coordinación llamada Coordinación de Interferencia de InterCell (ICIC). Finalmente, Rel-8 proporcionó varias mejoras relacionadas a IMS, el servicio prioritario de la multimedia, soporte para acceso de paquetes por cable e intermediación de servicio, mejoras VCC, Servicios Centralizados IMS (ICS), la Continuidad de Servicio (SC), la continuidad de llamada de voz entre LTE-HSPA VoIP y el dominio CS (la Radio llamada Sola VCC o SRVCC) y mejoras en el Canal de Control de Interfaz de Usuario (UICC).

Aunque haya grandes cambios de en el paso entre LTE y su 3G precursores, sin embargo es considerado como una evolución de las normas UMTS/3GPP 3G. A pesar de ello usa una forma diferente de interfaz de radio, usando OFDMA/SC-

FDMA en vez de CDMA, hay muchas semejanzas con las primeras formas de la arquitectura 3G y hay alcance para mucha reutilización. Además, 3GPP LTE puede ser visto para proporcionar una remota evolución de funcionalidad, velocidades aumentadas y un funcionamiento general mejorado. Además de esto, LTE es toda una red basada en IP, con soporte tanto IPV4 como IPV6. No hay también ninguna provisión básica para la voz, aunque esto pueda ser llevado como VoIP.

Déjenos resumir cuales nuevas tecnologías tienen LTE introducido, cuando comparado a los sistemas de celulares anteriores. Ellos permiten a LTE ser capaces de funcionar de una manera más eficiente en lo que concierne a la utilización del espectro, y también proporcionar tasas de datos mucho más altas que se requiera.

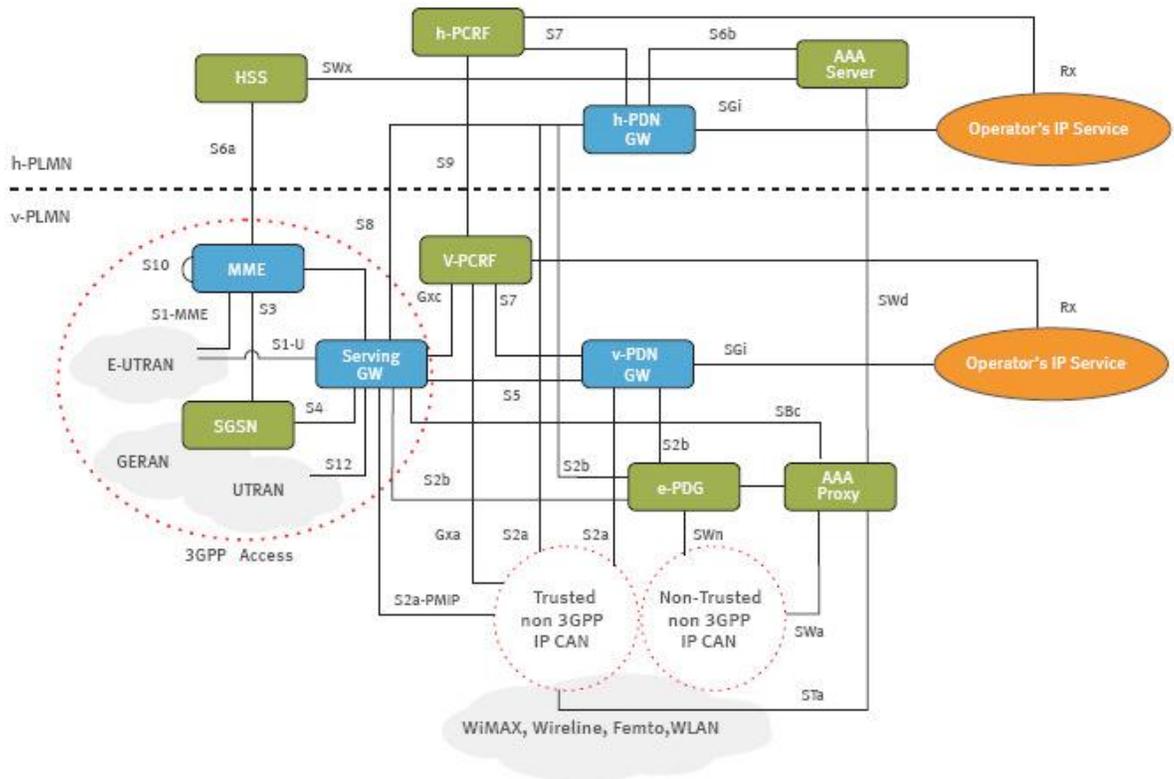
- OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales): La tecnología OFDM ha sido incorporada en LTE ya que permite altas cantidades de datos ser transmitidas por banda ancha eficientemente proporcionando un alto grado de resistencia a reflexiones e interferencia. Los esquemas de acceso se diferencian entre el uplink y downlink: OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal) es usado en el downlink; mientras SC-FDMA (única portadora - Acceso múltiple por división de frecuencia) es usado en el uplink. SC-FDMA se utiliza en vista del hecho de que su pico de relación de potencia media es pequeño y el poder más constante permite la alta eficacia del poder del amplificador RF en los teléfonos móviles - un factor importante para la energía de la batería del equipo.
- MIMO (Múltiple Entrada Múltiple Salida): Uno de los principales problemas que los anteriores sistemas de telecomunicaciones han encontrado es las de múltiples señales que provienen de muchas reflexiones que se encuentran. Mediante el uso de MIMO, estas señales adicionales pueden

ser usados como una ventaja y puede ser usado para aumentar el rendimiento. Usando MIMO, es necesario usar múltiples antenas para permitir a los diferentes caminos ser distinguido. En consecuencia los esquemas que usan 2x2, 4x2, o 4x4 matrices de antena pueden ser usados. Mientras es relativamente fácil agregar más antenas a una estación base, no es igual para los teléfonos móviles, donde las dimensiones del equipo de usuario limitan el número de las antenas que deberían tener, al menos media longitud de onda aparte.

- SAE (Evolución de la Arquitectura del Sistema): como una parte del Núcleo de Paquete Evolucionado (EPC). Con la alta tasa de datos y requerimientos de baja latencia para 3G LTE, es necesario desarrollar la arquitectura de sistema para permitir la mejora del funcionamiento para ser logrado. Un cambio es que un número de las funciones antes manejadas por la red principal han sido transferidas hacia fuera a la periferia. Esencialmente esto provee mucha forma "plana" de la arquitectura de red. De este modo pueden reducir la latencia y los datos pueden ser encaminados más directamente a su destino.

Además, en la Figura 1.7 podemos ver la descomposición funcional de la EPC para 3GPP y la red de acceso principal non-3GPP IP. La arquitectura EPC se guía por el principio de separación lógica de la señalización y redes de transporte de datos. El hecho que algunas funciones de EPC residen en el mismo equipo que algunas funciones de transporte, no significa que las funciones de transporte sea una parte de EPC. Es también posible que un elemento de red físico en el EPC ponga en práctica múltiples nodos lógicos.

Figura 1.7. Arquitectura del sistema de núcleo de paquete evolucionado 3GPP



Además, en la Tabla 1.3 las especificaciones 3GPP LTE están resumidas. Aquellos datos específicos dan una visión total del funcionamiento que 3G LTE (Rel-8) ofrece. Cumple con los requisitos de la industria para altas velocidades de datos descargados, así como la latencia reducida - un factor importante para muchos usos de VoIP, al juego y el uso interactivo de datos. Esto también proporciona mejoras significativas del empleo del espectro disponible.

Tabla 1.3. Especificaciones destacadas en 3GPP LTE

| Parámetros | Detalles |
|---|--|
| Pico velocidad de descarga 64QAM (Mbps) | 100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO) |

| | |
|---------------------------------|---|
| Pico velocidad de subida (Mbps) | 50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM) |
| Tipo de dato | Todos los paquetes de datos son conmutados (Voz y Datos). |
| Canal de banda ancha (Mhz) | 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 |
| Esquemas dúplex | FDD y TDD |
| Movilidad | 0 - 15 km/h (optimizado), 15 - 120 km/h (alto rendimiento) |
| Latencia | Inactivo-Activo, inferior a 100 ms Paquetes pequeños ~ 10 ms |
| Eficiencia espectral | Downlink: 3 - 4 veces Rel 6 HSDPA Uplink: 2 -3 x Rel 6 HSUPA |
| Esquemas de acceso | OFDMA (Downlink) SC-FDMA (Uplink) |
| Tipo de modulación soportada | QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink and downlink) |

Con las definiciones de normas disponibles para LTE, evolución a largo plazo de los servicios de 3G, todo ahora gira hacia el siguiente desarrollo, la tecnología 4G llamada IMT-Advanced. La nueva tecnología está siendo desarrollada bajo los auspicios de 3GPP para encontrar estas exigencias a menudo es llamada LTE-Advanced (LTE Versión 10 y más allá).

Mientras 3GPP Rel-9 está enfocado en las mejoras hacia HSPA+ y LTE, Rel-10 se enfoca hacia la siguiente generación de LTE para las exigencias IMT-Advanced de ITU y ambos fueron desarrollados casi simultáneamente por 3GPP grupos de normas en funcionamiento. Varios hitos han sido alcanzados por vendedores en los últimos años tanto para Rel-9 como para Rel-10. El más significativo era la

ratificación final por la ITU de LTE-Advanced (Rel-10) como 4G IMT-Advanced en noviembre de 2010.

HSPA+ fue mejorado en Rel-9 y fue demostrado con múltiples portadoras en 56 Mbps y tecnologías MIMO en Beijing en P&T/Wireless & Networks Comm China en 2009. Los vendedores esperan que los pasos en curso para HSPA+ conducirán hasta 168 Mbps downlink en velocidades de rendimiento teóricas y más de 20 Mbps uplink en Rel-10 en los años que viene. En el Congreso Mundial Móvil 2010, la primera llamada de datos HSPA+ fue demostrado con un rendimiento máximo de 112 Mbps por un proveedor principal. Los módulos de identidad M2M (MIM) con los factores de forma Versión 9 M2M (MFF) están siendo transportados en el mundo entero para dispositivos, ya que le adaptan red inalámbrica a vehículos y entornos ásperos donde la humedad y la vibración no permitirían el tradicional 2FF y 3FF para cumplir con los requisitos. Estos MFF MIM también incluyen características de software adicionales para permitir la esperanza de la vida esperada para tales dispositivos.

Los proveedores están progresando más allá de LTE con la siguiente generación de tecnologías en Ver-10 para IMT-Advanced, LTE-Advanced, demostrando que la evolución de LTE es segura y preparada para el futuro. En octubre de 2009, 3GPP sometió ante ITU a LTE-Advanced como propuesta la tecnología IMT-Advanced para la cual las especificaciones podrían estar disponibles en 2011 por Ver-10. Los hitos ya han sido alcanzados en la comercialización de Ver-10 y más allá. Tan pronto como en diciembre de 2008, los investigadores condujeron la primera demostración líder mundial de la tecnología Ver-10 LTE-Advanced, abriendo camino a las comunicaciones móviles de banda ancha más allá de LTE. Los investigadores de la empresa principal de infraestructura satisfactoriamente demostraron con éxito la tecnología de retransmisión para LTE-Advanced en Alemania. La demostración ilustró como los avances de la tecnología de

retransmisión podrían mejorar aún más la calidad y la consistencia de cobertura de una red en el borde de la celda - donde los usuarios estaban lejos de un ancho de banda móvil de la estación base. La tecnología de retransmisión - que también puede ser integrado en plataformas de estación bases - es rentable y fácil de implementar ya que no requiere backhaul adicional.

La demostración de LTE-Advanced indicó como los operadores podrían planificar sus inversiones de red de LTE, ya que el rendimiento de radio en LTE son lo mejor en su clase, incluyendo tasas de datos del borde de la celda, más lejos podría ser mejorado y que el camino de desarrollo tecnológico para la siguiente etapa de LTE es segura y preparada para el futuro.

Además, las mejoras en el rendimiento fueron alcanzadas en la demostración por la combinación de un sistema LTE con soporte a un sistema de antenas 2X2 MIMO y una estación retransmisora. La retransmisión fue operada en banda, es decir que las estaciones retransmisoras insertadas en la red no necesitaron los datos externos backhaul; ellos fueron conectados a las estaciones bases más cercanas usando recursos de radio dentro de la cinta de frecuencia de operaciones de la estación base. La cobertura de célula mejorada y la imparcialidad del sistema, significa que ofrece tasas de datos más altas para el usuario y el tratamiento justo de usuarios distantes de la estación base, permitirán a operadores utilizar la infraestructura de red LTE existente y todavía encontrarán crecientes demandas de ancho de banda. La demostración de LTE-Advanced usó un nodo de relevo inteligente de demostración integrado en una red de prueba formando un FDD en la banda auto-backhauling solución para mejoras de cobertura. Con esta demostración, el funcionamiento en el borde de la celda se podría aumentar hasta el 50 por ciento del rendimiento máximo.

El funcionamiento y las capacidades de 4G LTE (Rel-10) serán incomparables en el mercado, permitiendo a clientes hacer cosas nunca antes posibles en un entorno inalámbrico y móvil. Aunque no se ha definido en las especificaciones, hay muchos objetivos de alto nivel para la nueva especificación LTE-Advanced. Estos tendrán que ser verificados quedando mucho trabajo por realizar en las especificaciones antes que todos estos sean denidos. En la actualidad algunas características principales de la implementación inalámbrica y móvil de LTE-Advanced son los siguientes:

- Máxima velocidad de datos: downlink - 1 Gbps; uplink - 500 Mbps.
- Eficiencia del espectro: 3 veces mayor que LTE. LTE-Advanced funcionará en las asignaciones de espectro de tamaños diferentes incluyendo más amplias asignaciones de espectro que los de LTE Versión 8. El principal objetivo para soluciones de amplitud de banda más amplio que 20MHz debería estar sobre el espectro consecutivo. Sin embargo, la agregación del espectro para LTE-Advanced debería tener en cuenta la complejidad del equipo de usuario (UE). La división de frecuencia duplex (FDD) y la división de tiempo duplex (TDD) debería ser apoyada para la existencia de bandas de frecuencia apareadas e inapareadas, respectivamente.
- Máxima eficiencia del espectro: downlink - 30 bps/Hz; uplink - 15 bps/Hz.
- Uso del espectro: la capacidad de apoyar el uso de la amplitud de banda escalable y la agregación de espectro donde el espectro no contiguo tiene que ser usado.
- Latencia: de ocioso a conectado en menos de 50 ms y luego un camino más pequeño de 5 ms para transmisión de paquete individual.
- Rendimiento en el borde de la celda para el usuario que equivale al doble de LTE.
- Rendimiento promedio para el usuario que es 3 veces mayor que la de LTE.
- Soporte simultáneo al usuario: LTE proporciona la capacidad de realizar la previsión de recurso bidimensional (en tiempo y frecuencia), permitiendo la

ayuda de múltiples usuarios en un intervalo de tiempo, dando por resultado una mejor experiencia mientras que permite la proliferación de aplicaciones /sistemas inalámbricos integrados (en cambio, la tecnología existente 3G realiza la previsión unidimensional, lo que limita el mantenimiento de los usuarios por cada intervalo de tiempo).

- Movilidad: Igual que en LTE: El sistema apoyará la movilidad entre la red celular para las varias velocidades en móviles de hasta 350 km/h (o incluso hasta 500 km/h dependiendo de la banda de frecuencia). En comparación con LTE Versión 8, el rendimiento del sistema será mejorado de 0 hasta 10 km/h.
- Compatibilidad: LTE Advanced será capaz de inter-funcionar con LTE y sistemas 3GPP heredados.
- Seguridad: LTE proporciona una seguridad mejorada a través de la implementación de una tarjeta universal de circuito integrado (UICC) módulo de identificación del suscriptor (SIM) y el sólido asociado y no invasivo almacenamiento de claves y la autenticación de clave simétrica de 128 bits en claves privadas. LTE incorpora adicionalmente una fuerte autenticación, confidencialidad de identidad de usuario, protección de la integridad de todos los mensajes de señalización entre la UE y la MME y multi-niveles opcionales de portador de datos cifrado.
- Simplificado Worldwide Roaming: el estándar extensamente adoptado 3GPP de la siguiente generación, ofrecerá las mayores oportunidades de fisuras itinerancia internacional.
- Despliegue total: La ayuda inherente de LTE para la versión 6 (IPV6) del protocolo IP, la dirección y la identidad del suscriptor móvil internacional (IMSI) – basados en identificadores hacen despliegues masivo de las posibles aplicaciones de máquina-a-máquina sobre LTE-Advanced.

Éstas son muchas de las metas de desarrollo para LTE-Advanced. Sus figuras reales y la puesta en práctica real de ellos necesitarán ser resueltas durante la etapa de la especificación del sistema avanzado LTE (más allá de Rel-10).

Por otra parte, como lo mencionado en la sección 1.1, la versión 11, no habrá finalizado hasta finales del año de 2012. Para LTE, el énfasis está en los multi-puntos coordinados (CoMP), agregación de portadoras mejoradas, y nuevas mejoras incluyendo los dispositivos con cancelación de interferencia eICIC. La versión incluye mejoras de DL y de UL MIMO para LTE. HSPA, proporciona 8 portadoras en el enlace descendente, mejoras en el enlace ascendente con el fin de mejorar la latencia, dual-antena beamforming y MIMO, el aumento del estado del canal de acceso de DLCELL_Forward (FACH) para el tráfico en teléfonos inteligentes, mejoras en las cuatro ramificaciones MIMO y las transmisiones para HSDPA, 64 QAM en el enlace de subida, transmisión de múltiples puntos en el enlace descendente, y agregación no-contigua del portador de HSDPA.

Tabla 1.4. Temas estudiados por la versión 11.

| Function | Requirements |
|---|--|
| System Improvement for Machine-type Communications | Study network optimization for MTC |
| Alternative to E.164 for Machine-Type Communications | Study allocation of new identifiers different from telephone numbers to MTC devices |
| Non-Voice Emergency Services | Study non-voice methods for contacting emergency authorities |
| IMS Network independent public User Identities | Study requirements for methods that provides SIP URI portability |
| Mobile Data Applications Impact | Establish countermeasures to network load caused by smartphone applications |
| USSD Simulation Service in IMS | Provide for IMS the same function as the current one that provides USSD for controlling applications by inputting a character string during communications |
| QoS Control Based on Subscriber Spending Limits | Lower communications quality (such as transmission speed) once the user has exceeded pre-established spending and data limits |
| Interworking between Mobile Operators Using Evolved Packet System and Data Application provider | Provide resource allocation, authentication, etc. in a 3GPP system through interworking between the operator's network and a 3rd-party using the latter's applications as a trigger |
| Support for BBF Accesses Interworking | When accommodating fixed-network access to EPS (system that accommodates LTE access), enable the EPS to provide resource allocation, authentication, and policy control with respect to QoS requirements from the fixed-network access |

USSD : Unstructured Supplementary Service Data

En la versión 11, por ejemplo, un mecanismo para el alojamiento, la autenticación y control de QoS solicitada de las redes de acceso fijas en EPS y el interfuncionamiento con la asignación de recursos QoS y funciones de

autenticación activada por la tercera parte de las aplicaciones se han añadido como nuevos requisitos en las especificaciones. Por otra parte, en la Tabla 1.4 se resumen los requisitos de la versión 11.

Además, en el área de carga, el requisito de que la red deberá ser capaz de reducir la velocidad de transmisión de datos de un usuario una vez que éste ha superado el límite del uso de datos establecido por el operador de telecomunicaciones.

Por último, LTE Ver-12 proporciona las facilidades para satisfacer estas demandas desafiantes, así como una manera armoniosa en más allá de la era 4G. Las mejoras de la versión 12 se centran en cuatro áreas como la capacidad, cobertura, coordinación (entre las células) y el costo. Las mejoras en estas áreas se basan sobre el uso de posibilitar varias mejoras tecnológicas: mejoras de las celdas pequeñas, macro celdas, nuevo tipo de portadora (NCT) y Comunicación Tipo de Máquina-(MTC). Las pequeñas mejoras de celdas son conocidas también como acceso local mejorado. NCT ayuda a lograr los cambios requeridos en la capa física y proporciona inicialmente estaciones base de ahorro de energía, la flexibilidad en el despliegue y las maneras de reducir la interferencia en redes heterogéneas (HetNets). Las mejoras en la capacidad y un rendimiento de red más robusta se consigue mediante 3D Beamforming/MIMO, avanzados receptores en los equipos de usuario (UE) y evolucionadas técnicas de multipuntos coordinados (comp), así como a través de auto-Organización de redes para las implementaciones de pequeñas celdas. Por último, la huella de un nuevo espectro y los nuevos negocios se abrirán para optimizar el sistema de las máquinas de tipo comunicaciones, así como, por ejemplo, usando LTE para la seguridad pública.

La evolución de LTE continúa con fuerza en la versión 12 y más allá mediante la mejora de la operación LTE y LTE-Advanced. En la figura 1.8 se presenta la

evolución de radio en la presente década. Las características de la versión 12 apuntan a impulsar el rendimiento y entrar en nuevas áreas y espectro. Al final, las tablas 1.5 y 1.6 resumen las características más prometedoras de la versión 12.

Figura 1.8. Ilustración de la evolución de radio en la presente década.

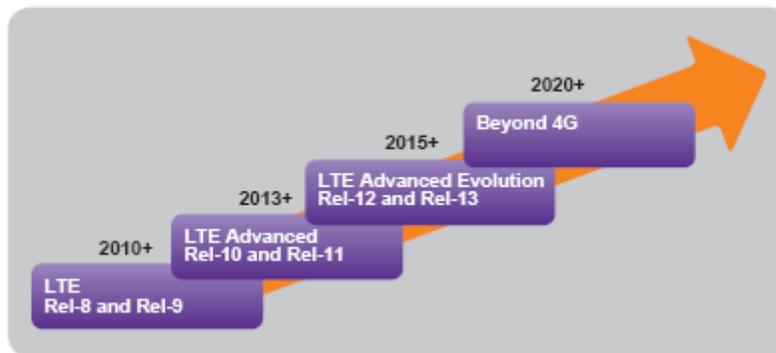


Tabla 1.5. Los beneficios de 3GPP Versión 12 - Aumenta el rendimiento.

| Rel12 feature | Benefit |
|--|--|
| Small Cell Enhancement based on Inter-site CA | <ul style="list-style-type: none"> Optimized small cell mobility by reducing Radio Access Network to Core Network signaling Improved data rates by using macro and small cells together Efficient use of TDD spectrum |
| New Carrier Type (NCT) | <ul style="list-style-type: none"> Minimized inter-cell interference Lowered energy consumption Significant overhead reduction for downlink 4-8 antenna transmission modes, hence resulting in an improved downlink spectral efficiency |
| UE-specific elevation beamforming/3D-MIMO | <ul style="list-style-type: none"> Significantly enhanced macro cell capacity and coverage |
| Advanced receivers | <ul style="list-style-type: none"> Removing interference to increase uplink and downlink capacity |
| Enhanced DL Coordinated Multi-Point (DL eCoMP) | <ul style="list-style-type: none"> Enhanced coverage by exploiting coordination in case of non-ideal backhaul |
| Enhanced SON | <ul style="list-style-type: none"> Efficient operation of dense small cell deployments Energy savings in small cell capacity layers |

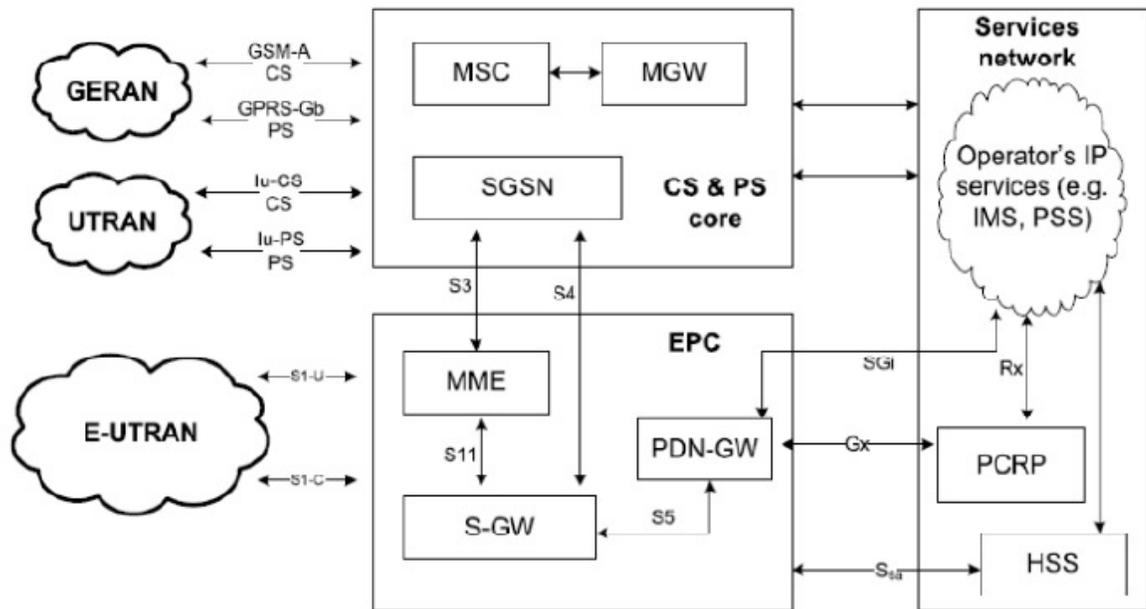
Tabla 1.6. Los beneficios de 3GPP Versión 12 - Expandirse a nuevas áreas y un nuevo espectro.

| Rel12 feature | Benefit |
|-----------------------------------|---|
| LTE-WLAN Integration | <ul style="list-style-type: none"> • 10 Mbps minimum downlink data rate • 1000x hot spot capacity in present decade |
| LTE-HSPA Integration | <ul style="list-style-type: none"> • Enhanced multi-technology support |
| Machine-Type Communications (MTC) | <ul style="list-style-type: none"> • Get prepared for 50 Bn connected devices or 100.000 devices per cell |
| Public Safety | <ul style="list-style-type: none"> • Secure operator's market share by expanding LTE footprint |

4. SISTEMA DE PAQUETES EVOLUCIONADO (EPS), E-UTRAN

3GPP Rel-8 especifica los elementos y requisitos del sistema de paquetes evolucionado (EPS), arquitectura que servirá de base para la nueva generación de redes. Las especificaciones contienen dos elementos de trabajo principales: LTE y la evolución de la arquitectura de sistemas (SAE), que condujo a la especificación del núcleo de paquetes evolucionado (EPC), La Red de Acceso Terrestre Universal Evolucionado (E-UTRAN), y el Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado (E-UTRA), cada uno de los cuales corresponde a la red central, la red de acceso de radio, y la interfaz de aire de todo el sistema, respectivamente. La EPS proporciona conectividad IP entre un equipo de usuario (UE) y una red externa de paquetes de datos utilizando E-UTRAN. En la Figura 1.9, se ilustra una visión general de las EPS, otra clase de paquetes, elementos de circuitos conmutados y las redes de acceso de radio 3GPP (3GPP RANs), junto a las interfaces más importantes. En la red de servicios, por simplicidad solo la función de política y reglas de carga (PCRF) y el Servidor de Abonado Local (HSS) son incluidos. En el contexto de los sistemas 4G, tanto la interfaz aérea y la red de acceso de radio se están mejorando, pero hasta ahora la arquitectura de red básica, es decir, el EPC, no ha pasado por cambios importantes desde la estandarización de la arquitectura SAE.

Figura 1.9. Ilustración de las EPS para accesos 3GPP



Como se mencionó en las secciones anteriores, 3GPP ha propuesto un marco para desarrollar el sistema 3GPP a una tasa de transferencia mayor, menor latencia, paquetes optimizados, el núcleo de paquetes evolucionado (EPC) que soporta tecnologías de múltiple acceso, incluyendo el Protocolo Internet de Conectividad de Acceso a la Red de 3GPP (IP CANs) como la Red de radio-acceso GSM/EDGE (GERAN), UTRAN y EUTRAN Evolucionado (E-UTRAN) y no 3GPP IP CANs como WLAN, WiMAX e incluso con tecnologías cableadas. Esta evolución de acceso independiente de la arquitectura del sistema de paquetes de núcleo, es el primer paso importante hacia la realización de una red completamente IP y totalmente compatible con LTE-Advanced, la nueva tecnología 4G.

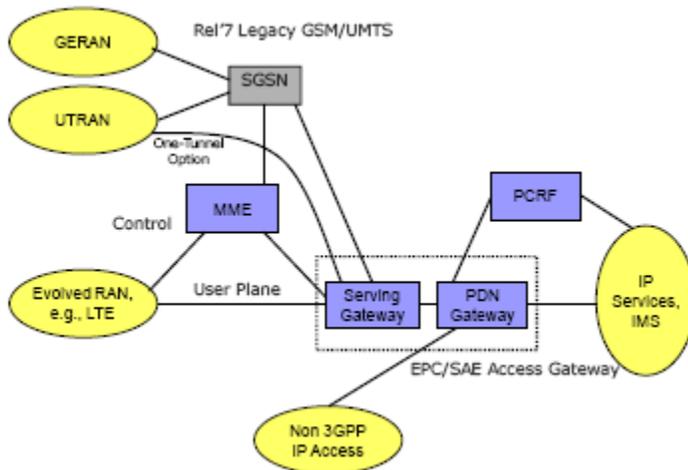
La nueva red de SAE se basa en las redes GSM/WCDMA que permiten simplificar las operaciones y fácil despliegue. A pesar de ello, la red de SAE introduce algunos cambios importantes, y permite una transferencia de datos más eficiente.

Además, hay varios principios comunes que se utilizan en el desarrollo de la red LTE SAE:

- Un nodo de pasarela común y un punto de anclaje para todas las tecnologías.
- Una arquitectura optimizada para el plano de usuario con sólo dos tipos de nodos.
- Un sistema basado en IP con todos los protocolos IP utilizados en todas las interfaces.
- Una división en el plano de control /usuario entre el MME, entidad de gestión de movilidad y pasarela.
- Una red de acceso de radio red/núcleo funcionalmente dividida, similar a la utilizada en WCDMA / HSPA.
- Integración de las tecnologías de acceso que no son 3GPP (por ejemplo, cdma2000, WiMAX, etc) por medio del cliente así como en las redes basadas en IP.

El elemento principal de la red LTE SAE es lo que se denomina el núcleo de paquetes evolucionado. Este se conecta con los eNodeBs (radio bases). Antes, en la Figura 1.7 y 1.9 se manifestaron la división funcional del núcleo de paquete evolucionado para redes de acceso de radio IP 3GPP y las diferentes a 3GPP. También es posible que una red física de elementos de la EPC implemente múltiples nodos lógicos. Además, en la Figura 1.10 hay una ilustración detallada de la arquitectura EPC/SAE

Figura 1.10. Arquitectura EPC/SAE: línea de base.



Como se ve en la figura anterior, la arquitectura SAE LTE, consta de cuatro elementos principales que se enumeran a continuación:

- Entidad de Gestión de Movilidad, MME: El MME es el nodo principal de control para la red de acceso LTE SAE, manejando una serie de características:
 - El modo de Espera de seguimiento de usuario.
 - Portador de activación / desactivación.
 - Elección de pasarela (SGW) para usuarios.
 - Transferencia Intra-LTE involucrando el núcleo de la red y la ubicación del nodo.
 - Interacción con HSS para autenticar usuarios e implementar restricciones de roaming.
 - Actúa como una terminación NAS.
 - Proporciona identidades temporales para UEs.
 - El MME SAE actúa como punto de terminación para el cifrado de protección de señalización NAS. Como parte de esto, también se encarga de la administración de la clave de seguridad. En

consecuencia, el MME es el punto en el que puede hacerse una interceptación legal.

- Procedimiento de paginación.
- La interfaz S3 termina en la MME proporcionando de ese modo la función plano de control para la movilidad entre LTE y las redes de acceso 2G/3G.

El MME SAE también termina la interfaz S6a del HSS de casa para el roaming de UEs. Por lo tanto, puede verse que MME SAE proporciona un nivel considerable de funcionalidad de control general.

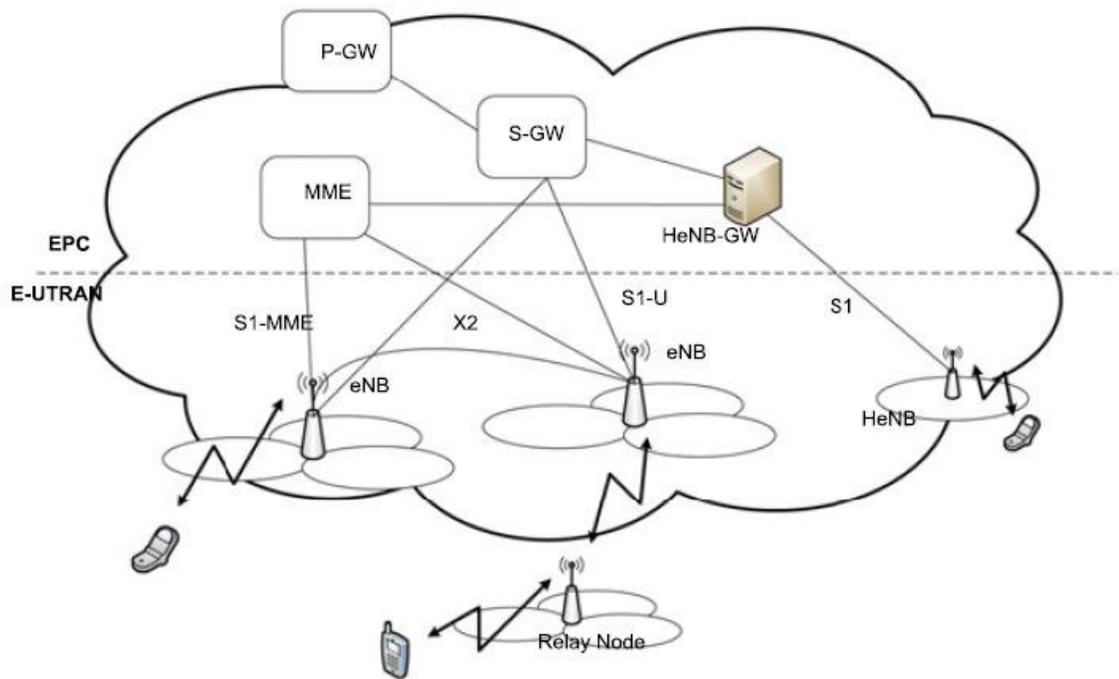
- Servicio de pasarela, SGW: El servicio de pasarela, SGW, es un elemento plano de datos dentro SAE LTE. Su objetivo principal es la gestión de la movilidad del usuario y también actúa como la principal frontera entre la Red de Acceso de radio (RAN) y la red central. La SGW también mantiene la ruta de datos entre los eNodeBs y las pasarelas PDN. De esta manera, la SGW forma una interfaz para la red de paquetes de datos en el E-UTRAN. Por otra parte, cuando los UEs se mueven a través áreas atendidas por eNodeBs diferentes, el SGW funciona como un anclaje de movilidad asegurando que la ruta de datos sea mantenido.
- PDN Gateway, PGW: La pasarela PDN LTE SAE proporciona conectividad para el equipo de usuario a redes externas de paquetes de datos, el cumplimiento de la función de puntos de entrada y salidas para los datos de UE. El Equipo de Usuario puede tener conectividad con más de un PGW para acceder a múltiples PDNs.
- Política y función de Reglas de Cobro, PCRF: Este es el nombre genérico para la entidad dentro del EPC LTE SAE que detecta el flujo de servicio, hace cumplir la política de tarificación. Para aplicaciones que requieren una política dinámica o control de carga, es utilizado un elemento de red titulado Función de Aplicaciones, AFs.

Con los requisitos de aumentar la capacidad de datos y disminuir la latencia, se cumplan, junto con el cambio a una red ALL-IP, es necesario adoptar un nuevo enfoque para la estructura de la red. Para 3G UMTS / WCDMA la UTRAN (UMTS redes de acceso de radio terrestres, que comprende los nodos Bs o estaciones base y controladores de red de radio) emplea un bajo nivel de autonomía. Los Nodos B se conectaron en una formación de estrella a la Red de controladores de radio (RNCs) que llevan a cabo la mayor parte de la gestión de los recursos de radio. Estos conectados a la red central, que a su vez se conecta a la red Principal.

Para proporcionar la funcionalidad requerida en LTE SAE, la arquitectura básica del sistema considera la eliminación de una capa de gestión. El RNC se retira y la gestión de recursos de radio se transfiere a las estaciones base. El nuevo modelo de estaciones base son llamados eNodeBs o eNBs.

Los eNBs están conectados directamente a la pasarela de red de núcleo a través de la recién definida "interfaz S1". Además de esto los nuevos eNBs también se conectan a eNBs adyacentes en una malla a través de una "interfaz X2". Esto proporciona un nivel mucho mayor de interconexión directa. Esto permite enrutar muchas llamadas como un gran número de llamadas a otros móviles en la misma celda o celdas adyacentes. La nueva estructura permite que muchas llamadas se enruten directamente y con una mínima interacción con la red central. Por otra parte, desde una perspectiva de usuario solo existen los eNBs y las pasarelas, por esto el sistema se considera plano. El resultado es una reducida complejidad en comparación con las arquitecturas anteriores.

Figura 1.11, Arquitectura LTE-Advanced E-UTRAN.

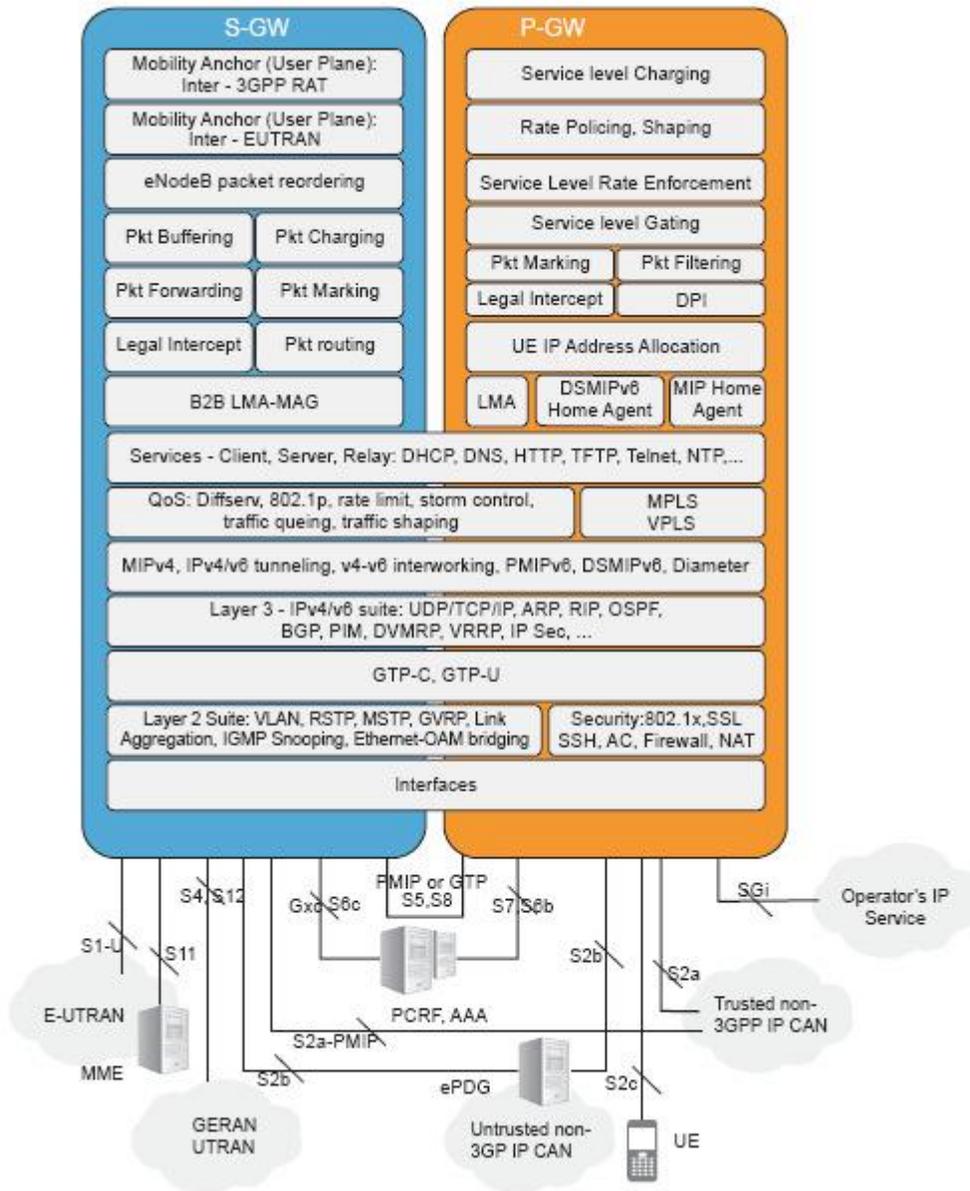


En la Figura 1.11, se ilustra la arquitectura de E-UTRAN para LTE-Advanced. La parte central en la arquitectura E-UTRAN, como hemos dicho antes, es el nodo B mejorado (eNodeB o eNB), que proporciona la interfaz de aire con el usuario y el protocolo de control plano de terminaciones para el equipo de usuario (UE). Cada uno de los eNBs es un componente lógico que sirve a una o varias células E-UTRAN, y la interfaz de interconexión de los eNBs a través de la interfaz X2. Adicionalmente, los eNBs caseros (HeNBs, también llamados femtocells), que son eNBs de menor costo para mejorar la cobertura en interiores, se pueden conectar a la EPC directamente o a través de una pasarela que proporciona soporte adicional para un gran número de HeNBs. Además, 3GPP está considerando nodos y estrategias sofisticadas de retransmisión para mejorar el rendimiento de la red. Los objetivos de esta nueva tecnología son el incremento de la cobertura, mayores velocidades de transmisión, mejor calidad de servicio y equidad para diferentes usuarios. Además de las nuevas capas de funcionalidad 1 y 2, los eNBs

manejan otras funciones. Esto incluye el control de recursos de radio que incluye control de admisión, balanceo de carga y control de movilidad de radio, incluyendo decisiones de transferencia para los móviles o equipos de usuario (UE). Los niveles adicionales de flexibilidad y funcionalidad dada a los nuevos eNBs significan que son más complejos que el UMTS y las generaciones anteriores de estación base. Sin embargo, la nueva estructura de red 3G LTE SAE permite niveles mucho más altos de rendimiento. Además de esto su flexibilidad les permite ser actualizados para manejar nuevas actualizaciones del sistema, incluyendo la transición de 3G LTE a 4G LTE-Advanced.

Además, el EPC especifica dos tipos de funciones lógicas de pasarelas IP-IP para el plano de usuario – el servicio de pasarela (S-GW) y la pasarela PDN (P-GW). La S-GW y P-GW son las funciones del acceso basado en redes principales E-UTRAN. Ellos pueden ser puestos en práctica en un nodo físico o en nodos físicos separados. Las primeras implementaciones son parecidas a un solo nodo de implementación de funciones S-GW y P-GW con la futura prueba de diseño para desacoplar estas funciones tal que la S-GWs en las redes visitadas puede unirse a P-GWs de redes caseras para PLMN caseras encaminadas a servicios IP.

Figura 1.12. Arquitectura de Puerta de enlace SAE (S-GW) y puerta de enlace PDN (P-GW).



Como se muestra en la Figura 1.12, tanto la S-GW como P-GW son construidos sobre enrutamiento de comunicación de datos de núcleo y tecnologías conmutadas que soporta las capas 2 y 3 de la suite de una Red ALL-IP. Por lo tanto, está previsto que la S-GW y P-GW son la migración lógica y caminos de evolución para las líneas de productos tradicionales de pasarelas IP-IP. Cada

proveedor de pasarela IP-IP tendrá su propio hardware y plataforma USP que apoya la conmutación de tarifa de línea y la expedición de paquete con la latencia muy baja de alto volumen de tráfico IP. Allí existe una semejanza asombrosa entre funciones de P-GW y la S-GW. Otro que la capa de comunicación de datos de núcleo, ambos actúan como Puntos de Aplicación de Política (PEP) para políticas dinámicas QoS. Mientras la S-GW se dedica a la política y la ejecución QoS a nivel de paquetes, el P-GW funciona como el PEP a nivel de servicio. En el frente de carga, tanto la S-GW como P-GW tienen un rol que jugar. Mientras la S-GW está implicada en la generación de registros de carga a nivel de paquetes, el P-GW asume la responsabilidad de producir registros de carga a nivel de servicio. La inspección profunda de Paquete y la interceptación legal son funciones dedicadas del P-GW, pero nada impide a la S-GW poner en práctica estas funciones. Considerando que la S-GW es el punto de interfaz directo para el eNodeB E-UTRAN (interfaz de S1-U), funciona como anclaje de movilidad en E-UTRAN para el plano de usuario (coordinado con el MME) y la ordenación de paquetes eNodeB están diseñados exclusivamente para la implementación de S-GW. Desde que la S-GW interactúa directamente con el GERAN y redes de UTRAN (interfaces S4 y S12), esto también actúa como punto de ancla para la movilidad en las tecnologías de acceso de radio (RAT) 3GPP.

El P-GW por otra parte es principalmente responsable de la asignación de direcciones IP de los equipos de usuarios en las redes todos sobre IP (AIPN) y actúa como el punto de anclaje de movilidad a través de la conectividad a redes de acceso IP non-3GPP (tanto confiables y no confiables). Para las redes basadas en movilidad, el P-GW actúa como Anclaje de Movilidad Local de la pasarela (LMA) terminando en un proxy móvil IPv6 (PMIPv6) para el control de señalización y tunelización IPV4/IPV6 para el plano de usuario. Esto corresponde a las interfaces S2a y S2b para IP-CAN non-3GPP confiables y no confiables, donde las IP-CANs non-3GPP terminan directamente en la P-GW, evitando la S-GW (como

en el caso de la arquitectura de no itinerancia para EPS o arquitectura encaminada casera o el caso de la ruptura local dentro de la PLMN visitada). Las non-3GPP IP-CAN confiables o no confiables típicamente emula la función MAG de la red basada en arquitectura de movilidad. Para arquitecturas de implementación donde la S-GW está en la trayectoria de la solución encaminada a casas, la S-GW desempeña además el papel de una entrada continua LMA y de la función del MAG. En tales escenarios, las interfaces confiables y no confiables S2a y S2b en non-3GPP IP-CAN respectivamente, son encaminadas a la P-GW a través de la S-GW.

Hay dos modelos de implementación para abordar la movilidad basada en host. En el primer modelo de implementación, las interfaces S2a y S2b están basadas en tecnología MIPv4. El P-GW actúa como agente casero MIPv4 y los non-3GPP IP-CAN confiables y no confiables proporcionan la función del agente extranjero para el nodo móvil (UE). El plano de usuario se basa en hacer un túnel de IPv4 de punta a punta sobre el transporte IPv4. El segundo modelo de implementación asume que el UE es capaz de actuar como un cliente DSMIPv6 y el P-GW es el agente casero DSMIPv6. El resto de los nodos en la red son sistemas IP router de acceso. Este modelo de implementación se aplica de igual manera tanto a IP-CANs 3GPP Y no 3GPP (la interface S2c entre el UE y el P-GW). La interfaz formal entre el S-GW y el P-GW se llama S5 (donde S-GW y P-GW están dentro de la misma PLMN) y S8 (donde S-GW pertenece a la PLMN visitada y el P-GW a la PLMN casera). Las interfaces S5 y S8 son funcionalmente similares. Hay dos opciones de protocolo para estas interfaces. La primera opción es apoyar los túneles de GTP entre S-GW y P-GW, GTP-C para el control de señalización y la tunelización IP sobre GTP-U para el plano de usuario. Esto se aplica típicamente a las implementaciones de acceso 3GPP, donde S-GW actúa como un relé entre la red de acceso 3GPP y la P-GW. Si el equipo de usuario sobre la red del acceso

3GPP soporta DSMIPv6, entonces es posible ejecutar la interfaz de S2c sobre GTP sobre la conexión de P-GW y de conexiones S-GW.

El segundo modelo de implementación permite que PMIPv6 corra como protocolo de control de señalización en las interfaces S5 y S8. Para el acceso 3GPP, esto implica que el S-GW termina los túneles de GTP-U y túneles IP de usuario sobre el transporte IP hacia la P-GW. Las implementaciones iniciales posiblemente comenzarán con arquitecturas de no-itinerancia, con interfaz de S-GW y de P-GW siendo enfocado inicialmente en S5. Además, los proveedores de equipo mirarán en funciones fusionadas de S-GW y de P-GW dentro de un solo nodo físico. Por lo tanto, los proveedores de equipos buscan establecer la interfaz S5 en implementaciones propietarias ligeras. Sin embargo, el diseño de interfaz debe ser una prueba futura para que sea un camino hacia la interfaz más formal S5 y evolucionar a la interfaz S8 para las soluciones desacopladas de S-GW y de P-GW, pues los operadores comienzan a insistir en arquitecturas de itinerancia y servicios de IP encaminados a PLMN caseras.

El S-GW y P-GW tendrán interfaces de diámetro hacia la Política y Función de Reglas de Cobro (PCRFs) y funciones de políticas de decisión (SPDFs) /Funciones de control de acceso de radio (RACFs). El diámetro basado en las interfaces Gxc y S7 controla la aplicación de políticas y función de cobro (PCEF) dentro de las funciones de S-GW y de P-GW. También es probable que el operador pueda no tener un punto centralizado de políticas de decisión – en este caso el S-GW y el P-GW deben estar en posición para aceptar políticas dinámicas y decisiones de QoS de PDPs distribuido en la red después de ejecutar de una PDP local dentro de la pasarela para resolver conflictos de políticas. Las pasarelas también deben realizar interfaces de diámetro (S6b y S6c) hacia las funciones externas AAA para accesos non-3GPP.

Como conclusión se puede decir claramente que la nueva arquitectura de SAE/EPC así como E-UTRAN para LTE/LTE-Advanced proporciona un nuevo acercamiento para las redes principales y de acceso, permitiendo a niveles más altos para transporte de datos para permitirle soportar transferencia de datos mucho más grande que serán posibles con tecnologías 3GPP. Además de esto, otras características que permiten al CAPEX y el OPEX ser reducidos en comparación con los sistemas existentes, de tal modo permitiendo niveles más altos de eficacia sean alcanzadas.

5. RED DE ORGANIZACIÓN AUTOMÁTICA (SON) PARA LTE/LTE-ADVANCED

Como cada red móvil, los sistemas LTE/LTE-Advanced también necesitan ser gestionados. Dado que LTE es una evolución de UMTS, la administración también debería evolucionar de UMTS. Hay una tendencia a simplificar la administración por la configuración y optimización automática. Sin embargo, la complejidad del sistema de LTE también reside en nuevas demandas sobre las operaciones y mantenimientos de la red. Las redes de organización automática (SON) es un campo prometedor para un operador ahorrar gastos de funcionamiento. SON tiene como objetivo dar un salto a un nivel superior de operación automatizada en las redes móviles. Por lo tanto SON se está debatiendo actualmente en la estandarización 3GPP.

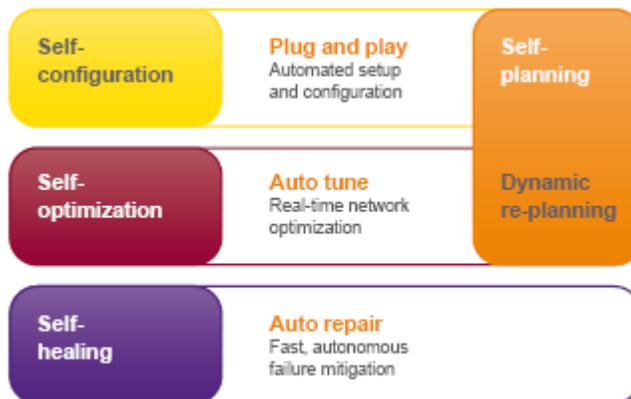
Sin embargo, en el mismo principio, nos permite ver cuáles son los principales impulsores de SON:

- El número y la estructura de los parámetros de red se han convertido en grandes y complejo;
- La rápida evolución de las redes inalámbricas ha llevado a la operación en paralelo de 2G, 3G, infraestructuras de EPC;
- El rápido aumento del número de estaciones base (especialmente eNB casero) necesita ser configurado y gestionado con la menor interacción humana posible.

Además, SON pretende configurar y optimizar la red de forma automática, de modo que se reduzca la interacción humana y la capacidad de la red pueda ser aumentada. Una red inteligente con la capacidad de optimizarse rápida y autónomamente podría sostener la calidad de la red y satisfacer la experiencia del

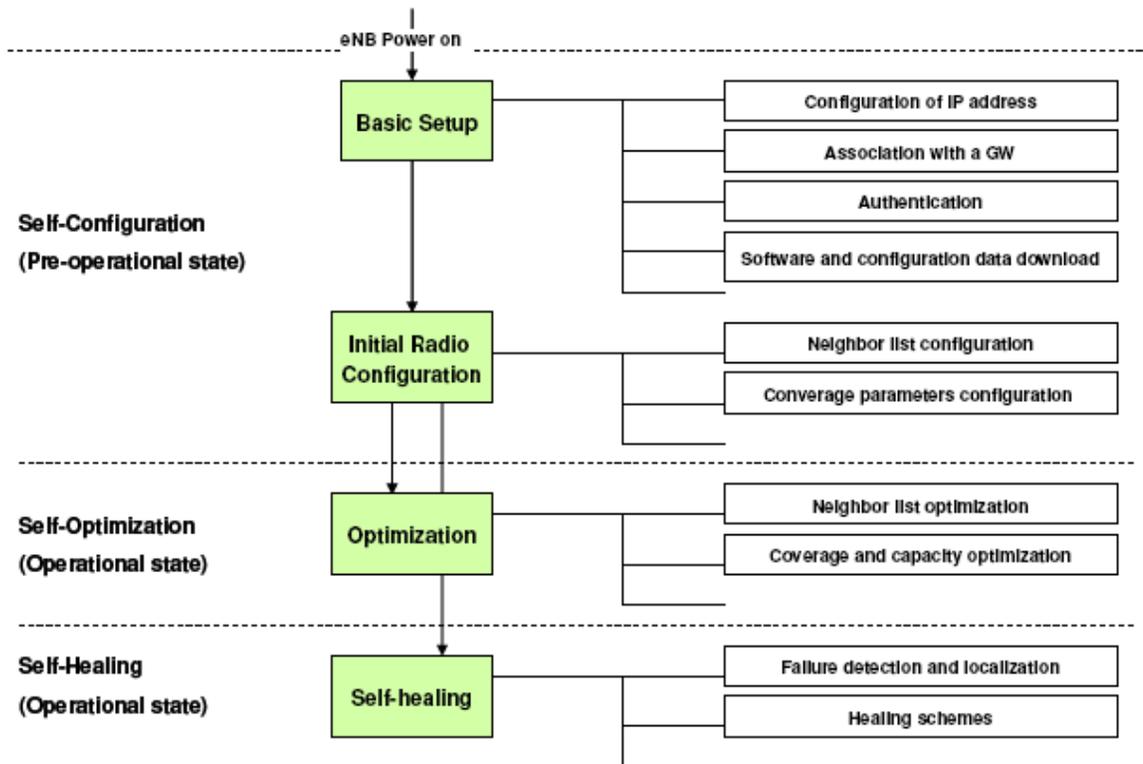
usuario. SON ofrece un enorme potencial y muchas maneras de mejorar la eficacia operativa. En la figura 1.13 ilustra un repaso de la funcionalidad de SON para LTE/LTE-Advanced, es decir las tres clases de funciones más prominentes en “SON” son las siguientes.

Figura 1.13. Repaso de la funcionalidad de SON.



La autoconfiguración comprende todas las tareas necesarias para automatizar el despliegue y puesta en servicio de redes y la configuración de parámetros. Los elementos de red operan autónomamente, corriendo rutinas de configuración, autenticación y conectividad de la OSS, así como intercambiar parámetros con los vecinos. Mejor dicho, el proceso de autoconfiguración se define como el proceso donde los nodos implementados recientemente (eNBs) son configurados por procedimientos de instalación automáticos para conseguir la configuración básica necesaria para la operación de sistema. Los procesos de la autoconfiguración trabajan en estado preoperacional, los cuáles inicial desde que el eNB es encendido y tiene conectividad con el backbone hasta que se encienda el transmisor del RF.

Figura 1.14. Marco de trabajo de SON.

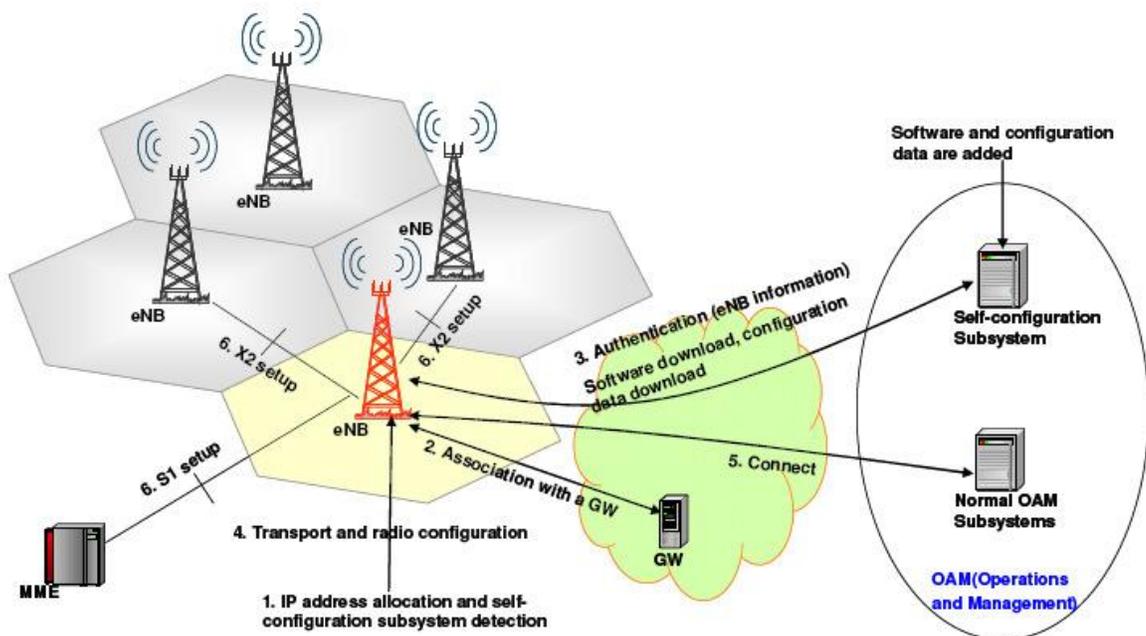


Tal y como se muestra en la figura 1.14 (donde se muestra el marco de trabajo de SON), la autoconfiguración incluye dos etapas: disposición básica y configuración inicial de radio. El procedimiento entero se muestra en la figura 1.15:

1. Una dirección IP es asignada al nuevo eNB y la información del subsistema de autoconfiguración de OAM (Operación y Administración) son entregados al eNB.
2. Una GW es configurada para el nuevo eNB siendo que el eNB puede intercambiar paquetes IP con otros nodos de internet.
3. El nuevo eNB provee su información, incluyendo el tipo, hardware, etc, para la configuración automática del subsistema para autenticación. Software e información de configuración son descargados desde el subsistema de configuración.

4. El nuevo eNB es configurado basado en el transporte y datos de configuración de radio.
5. El nuevo eNB se conecta a los subsistemas de OAM normales para otras funciones de administración.
6. Las interfaces S1 y X2 son establecidas necesariamente.

Figura 1.15. Procedimiento de autoconfiguración.



Optimización Automática sirve mejorar o recuperar la calidad de la red mediante la regulación parámetros de la red sobre la marcha. Las principales tareas implican traspasos de intermediación y equilibrar cargas entre las células vecinas. Contribuir a una red más amigable con el medio ambiente, SON ofrece avanzadas funciones de ahorro energético. Los procesos de auto-optimización se definen mejor como el proceso donde las mediciones del UE & eNB y las mediciones del rendimiento son usadas para el autoajuste de la red. Este proceso trabaja en estado de operacional, que se inicia cuando la interfaz RF es encendido. El

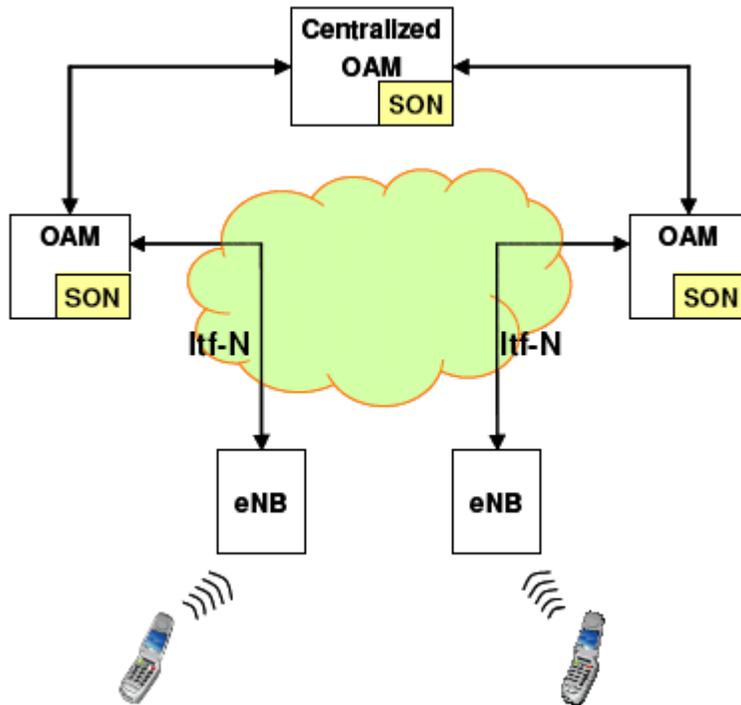
proceso de auto-optimización recoge información de medidas desde el UE y el eNB y luego con la ayuda de la herramienta de optimización externa, se auto-sintoniza los datos de configuración para optimizar la red. Un ejemplo típico es la optimización de lista de vecino.

Por último, la auto-recuperación abarca un conjunto de funciones esenciales destinadas a hacer frente a las interrupciones de servicio más importantes, incluyendo la detección, análisis de causa raíz, y mecanismos de interrupción de mitigación. El auto-reinicio y otras características de alarma automáticas le avisa el operador de red con la finalidad de tener más opciones de respuesta rápida. Auto planificación combina capacidades de configuración y optimización para volver a calcular de forma dinámica partes de la red, con el objetivo de mejorar los parámetros que afectan la calidad de servicio.

Otro problema es la asignación de funciones y algoritmos SON. Un subsistema de configuración automática puede ser creado en OAM para ser responsable de la autoconfiguración eNB. Para las funciones de auto-optimización, pueden estar situados en OAM o eNB, o en ambos. Así que de acuerdo a la ubicación de algoritmos de optimización, SON puede dividirse en tres clases: SON centralizado, SON distribuida y SON híbrido.

En SON centralizado, los algoritmos de optimización se ejecutan en el sistema OAM. Tales soluciones de funcionalidad SON residen en un pequeño número de ubicaciones, en un alto nivel en la arquitectura. La Figura 1.16 muestra un ejemplo de SON centralizado.

Figura 1.16. SON centralizadas.



En SON centralizada, todas las funciones SON se encuentran en los sistemas OAM, por lo que es fácil implementarlas. Pero desde que los diferentes proveedores tienen sus propios sistemas OAM, hay poco apoyo para los casos de optimización entre los diferentes proveedores. Y tampoco soporta esos casos sencillos y rápidos de optimización. Para implementar SON centralizado, la interfaz Itf-N necesita ser ampliada.

En SON distribuida, los algoritmos de optimización se ejecutan en eNB. En tal funcionalidad de las soluciones SON reside en muchos lugares en un nivel relativamente bajo en la arquitectura. La Figura 1.17 muestra un ejemplo de SON distribuido. En SON distribuido, todas las funcionalidades SON se encuentran en eNB, por lo que provoca una gran cantidad de despliegue de trabajo. Y esto

dificulta permitir la optimización de esquemas complejos, las cuales requieren de la coordinación de muchas eNBs. Pero en SON Distribuida es fácil para soportar esos casos, que sólo afectan a una o dos eNBs y requieren respuestas rápidas de optimización. Para SON Distribuida, la interfaz X2 necesita ser extendida.

En SON híbrido, parte de los algoritmos de optimización se ejecutan en el sistema OAM, mientras otros se ejecutan en eNB. La figura 1.18 muestra un ejemplo de SON híbrido. En SON híbrido, los esquemas de optimización simple y rápida son implementados en eNB y los esquemas complejos de optimización son implementados en OAM. Así que es muy flexible para soportar diferentes tipos de casos de optimización. Y también es compatible con la optimización entre diferentes proveedores a través de la interfaz X2. Por otra parte, cuesta mucho esfuerzo para implementar y extender una interfaz de trabajo.

Figura 1.17. SON distribuidas.

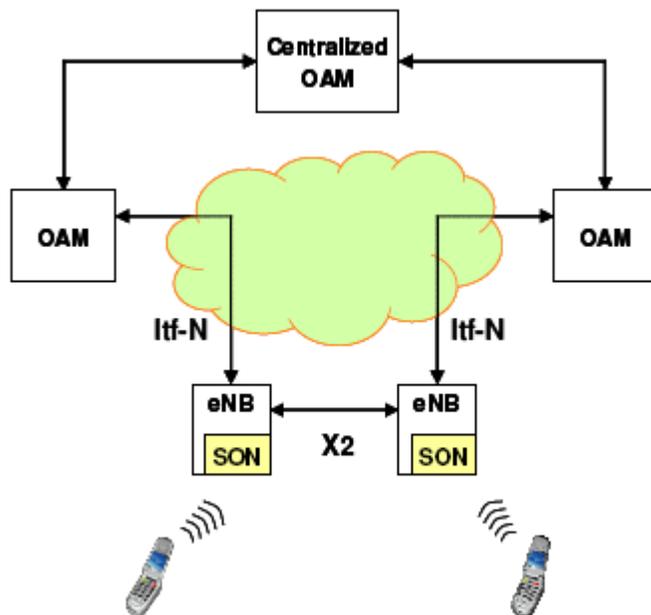
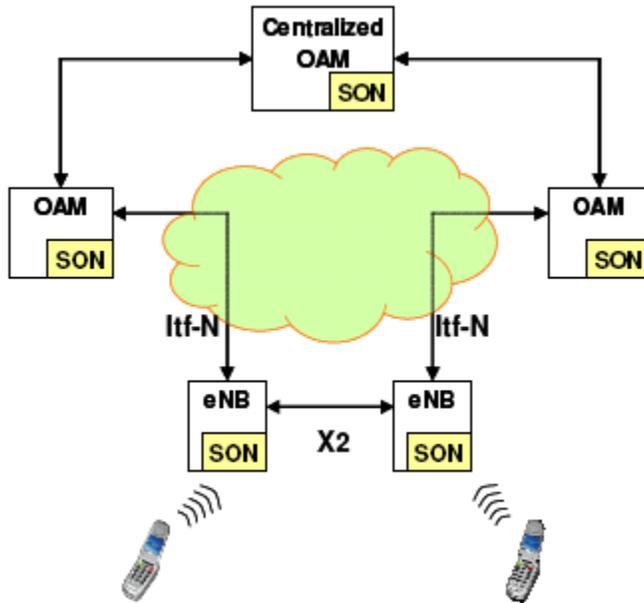


Figura 1.18. SON híbridas.



En general se puede concluir que SON para LTE/LTE Advanced, está diseñado para saltar al siguiente nivel de funcionamiento automático con el doble objetivo de mejorar la calidad de la red y reduciendo los costos operacionales (OPEX). Varias configuraciones automáticas, optimizaciones, funciones de recuperación y atender a los casos de uso especificado SON, trayendo grandes beneficios a una amplia gama de escenarios de operación. Si bien los esfuerzos de estandarización 3GPP puede asegurar la interoperabilidad necesaria, el verdadero poder detrás del desempeño de SON es la arquitectura y los algoritmos. Esto desafía a los vendedores subir implementaciones viables y eficientes, funciones robustas SON LTE/LTE-Advanced – y les brinda muchas oportunidades para diferenciar sus ofertas. De hecho, la falta de una clara aplicación obliga a los vendedores a persistir con la investigación rigurosa.

6. ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS DE RADIO LTE/LTE-ADVANCED

Una inteligente gestión de recursos de radio (RRM) es el sistema principal de las redes LTE/LTE-Advanced con el fin de proveer las necesidades de movilidad de banda ancha en los próximos años. El sistema RRM planifica los recursos de radio disponibles de una mejor manera, por lo que todos los usuarios serán atendidos por la capacidad de transmisión suficiente y nivel requerido de calidad de servicio y movilidad, y también el sistema de RRM se asegurará de que los recursos asignados no interferirán con los recursos asignados previamente. Con la agresiva reutilización de frecuencias (factor de 1) en las redes LTE/LTE-Advanced significa que el espectro de frecuencias estarán disponibles en un solo eNodeB que crea gran efecto de interferencia entre células (ICI), especialmente al borde de la célula. Además, las técnicas de implementación de organización automáticas de redes (vista en la sección anterior), algoritmos y normas estándar es un paso crítico en implementaciones femtocell LTE/LTE-Advanced y una gran importancia de la administración de recurso de radio.

El sistema LTE requiere señalización optimizada, como también transmisiones de radio optimizadas y acceso a redes de radio. La red de acceso de radio del sistema LTE, E-UTRAN se acepta para tener solamente un tipo de nodo – eNodeB. El sistema LTE prefiere UEs para ser menos inteligente, y permite que la red tenga todo el control sobre servicios y recursos. Estas características del sistema deben ser consideradas suficientemente en el diseño de los algoritmos optimizados de protocolos de señalización de LTE y de la gestión de algoritmos de recursos de radio. E-UTRAN se discute con más en detalle en la sección 1.4.

Además, como hemos mencionado, LTE-Advanced debe ser una red inalámbrica de banda ancha móvil que proporciona velocidades de datos iguales o mayores

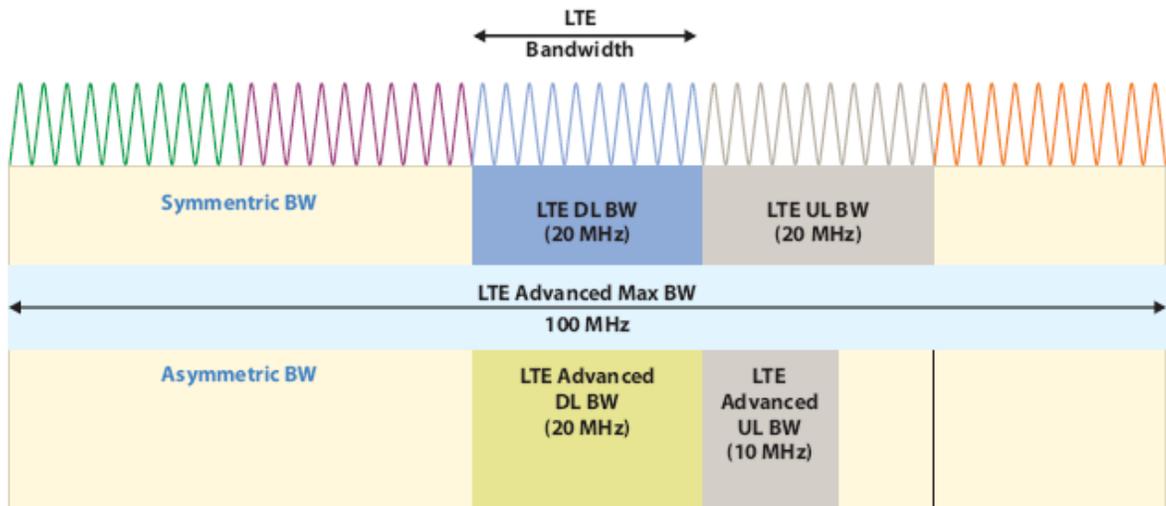
que los de las redes de cable, por ejemplo FTTH (FiberToThe Home), mientras que proporciona mejor QoS. Los principales requisitos de alto nivel de LTE-Advanced son lo reducidos costos de la red (costo por bit), la mejora de la prestación de servicios y la compatibilidad con sistemas 3GPP. Sólo para mencionar que LTE-Advanced es una evolución de LTE y es compatible con versiones anteriores. A continuación se resumen algunas de las principales tecnologías propuestas de LTE-Advanced:

- Ancho de banda de transmisión asimétrica.
- Capas de OFDMA.
- Técnicas avanzada de Transmisión /Recepción multi-celdas.
- Técnicas avanzadas para la transmisión multi-antena.
- Técnicas avanzadas para extender el área de cobertura.
- Soporte para un mayor ancho de banda en LTE-Advanced.

El acceso como División de Frecuencia Duplex (FDD) y División de Tiempo Duplex (TDD) son los dos esquemas más utilizados en redes inalámbricas fijas de banda ancha. FDD utiliza dos canales de radio distintos y soporta dos vías de comunicación de radio y TDD utiliza una sola frecuencia para transmitir señales en ambas direcciones subida y bajada. La transmisión simétrica resulta cuando los datos de enlace de bajada y subida transmiten a la misma velocidad de datos. Este es uno de los casos en la transmisión de voz, el cual transmite la misma cantidad de datos en ambas direcciones. Sin embargo, para las conexiones a internet o radiodifusión de datos (por ejemplo, transmisión de vídeo), es probable que los demás datos se envíen desde el servidor al UE (enlace de bajada).

Basado en las demandas de tráfico actuales y futuras en la red celular, el ancho de banda requerido será más estrecho que en el enlace de bajada. En la transmisión asimétrica el ancho de banda será una mejor solución para la utilización eficiente del mismo (véase la Figura 1.19).

Figura 1.19. Soporte de anchos de banda asimétricos para LTE Advanced.



En estructura de capas de OFDMA, todo el ancho de banda existente comprende múltiples bloques de frecuencia básica. El ancho de banda del bloque básico de frecuencia es 15-20 MHz. El esquema de acceso de radio de las capas OFDMA en LTE-Advanced tendrá ancho de banda acodado, soporte de ambientes acodados y formatos de control de señal. El soporte de entornos por capas ayuda en la realización de la alta tasa de transferencia de datos (rendimiento de usuario), QoS, y la más amplia cobertura según ambientes de radio tales como macro, micro, indoor, y celdas hotspot.

Los formatos de control de señales son extensiones directas de las capas 1 y 2 de los formatos de control de señal de LTE a LTE-Advanced. La estructura de control independiente para cada componente de la portadora. El control de canal soporta solo un canal compartido que pertenece al mismo componente de portadora.

En un entorno multi-usuario multi-celda empleando dispositivos de múltiples antenas de transmisión/recepción para cada celda tiene varias unidades de

primera y segunda unidades de comunicación inalámbrica. Las primeras unidades se componen de una antena predeterminada y la segunda unidad consta de las siguientes subunidades:

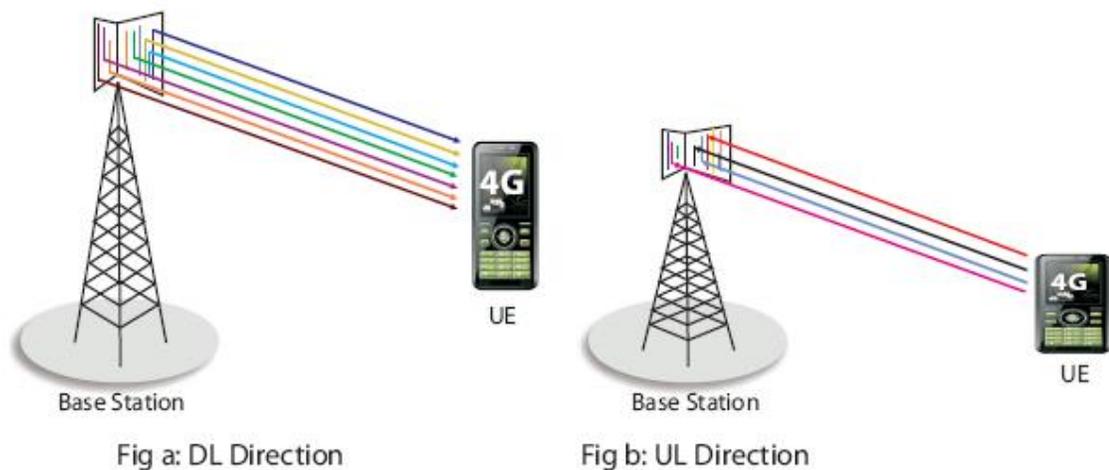
- Unidad de estimación: Estima la información del canal sobre señales desde las primeras unidades individuales y estima la información de ruido y las señales de interferencia desde las celdas adyacentes.
- Unidad de cálculo: Calcula la suma de las tasas de transferencia para cada grupo de usuarios que tiene al menos una primera unidad usando la información estimada por la unidad de estimación.
- Unidad de determinación: Determina un grupo de usuarios mediante la comparación de la suma de las tasas de transferencia de cada grupo de usuarios calculado por la unidad de cálculo.
- Unidad Feedback: La información sobre el grupo de usuarios determinado por la unidad de determinación alimenta de nuevo a las primeras unidades de las celdas correspondientes.

En LTE-Advanced, los procesos avanzados de transmisión y recepción multi-celdas (también llamados como multi-puntos coordinados de transmisión/recepción) ayudan en el incremento de la eficiencia de la frecuencia y el rendimiento del usuario cercano a la celda. Transferencias más rápidas entre diferentes sitios inter-celdas son alcanzadas empleando la gestión de interferencia de Inter-Celda (ICI) (es decir, la coordinación de interferencia inter-celdas (ICIC) que tiene como objetivo la ortogonalización inter-celda).

Además, el tráfico de banda ancha móvil en las comunicaciones inalámbricas se ha incrementado en pliegues múltiples a través de los años, que amplifica el requisito de transmisiones del canal de MIMO y la eficacia de frecuencia máxima más alta de LTE. En LTE-Advanced, el esquema MIMO tiene que ser mejorado aún más en el ámbito de la eficiencia del espectro, transmisión por medio de la

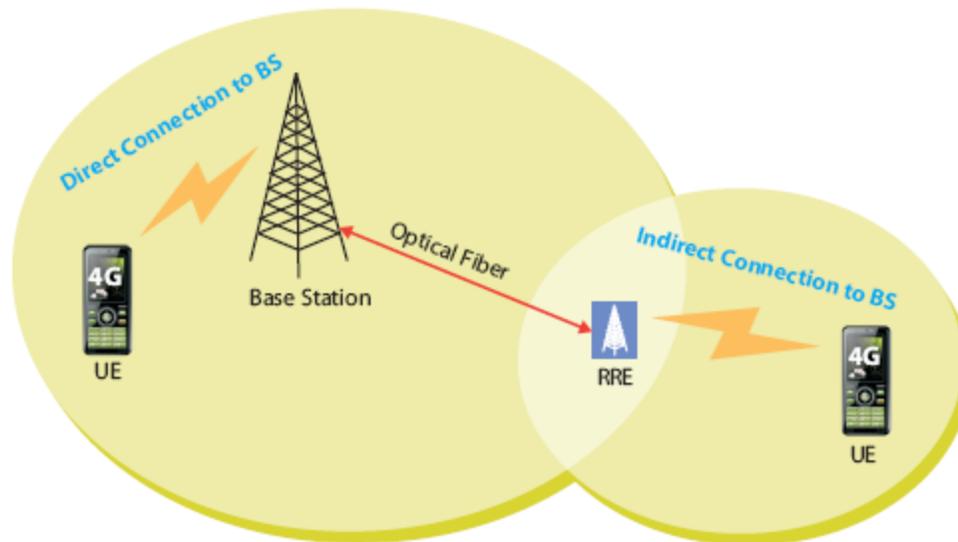
celda y el rendimiento cercano a ella (ver Figura 1.20). Con multi-puntos de transmisión/recepción, donde las antenas de sitios multi-celdas se utilizan de tal manera que las antenas de transmisión/recepción de la celdas de servicio y las células vecinas puedan mejorar la calidad de la señal recibida en el UE/eNodeB y reduce las interferencias co-canal desde celdas vecinas. La eficiencia máxima del espectro es directamente proporcional al número de antenas utilizadas. En LTE-Advanced se han previsto las configuraciones de antena de 8x8 en el DL y 4x4 en UL.

Figura 1.20. Esquemas MIMO Tx y Rx de LTE-Advanced (8 X 4 MIMO).



Por otra parte, los requerimientos de equipos de radio remoto (RREs) usando fibra óptica deberían usarse en LTE-Advanced como una técnica efectiva para extender la cobertura celular (véase la Figura 1.21). Los transmisores de capa 1 con la transmisión no regenerativa, es decir, los repetidores también pueden utilizarse para mejorar la cobertura en áreas de celdas existentes. Los transmisores de capa 2 y Capa 3 pueden alcanzar una mayor cobertura a través del incremento en la relación señal/ruido (SNR).

Figura 1.21. Utilización de fibras ópticas RRE.



Finalmente, las tasas máxima transferencia de hasta 1 Gbps se prevé en anchos de banda de 100MHz. OFDM adiciona una sub-portadora para aumentar el ancho de banda. El ancho de banda disponible no puede ser continuo como resultado de espectro fragmentado. Para garantizar compatibilidad con versiones anteriores a la actual LTE, los canales de control, como la sincronización, transmisión, o PDCCH/PUCCH podrían ser necesarios por cada 20MHz.

Además, se discuten los dos tipos fundamentales de RRM; el primer tipo es el esquema general de RRM y el segundo tipo es la consideración de los requerimientos de SON. Como ya está en LTE Ver-8 y también en LTE-Advanced robustos requisitos generales mínimos RRM que garantiza buen rendimiento en la movilidad a través de la red celular para las varias velocidades móviles y diferentes implementaciones de red. Los requisitos mínimos de RRM se definen tanto en el modo de espera y en el modo activo. En el modo activo los requisitos se definen en ambos sin DRX y con DRX para garantizar que un buen rendimiento de movilidad en todos los casos se minimiza el consumo de batería en los UE,

especialmente con grandes ciclos DRX. Diferentes valores de parámetros de red controlados para la nueva selección de la celda en modo inactivo y para la transferencia en modo activo puede ser utilizado para optimizar el rendimiento en la movilidad en diferentes escenarios, que incluyen también los escenarios de baja y alta movilidad.

Los algoritmos generales de planificación de recursos son los siguientes:

- Algoritmo de asignación de recurso de imparcialidad proporcional: la prioridad para cada usuario en cada bloque de recursos se debe calcular primero y entonces como el usuario tiene la mayor prioridad el RB (bloque de recursos) le será asignado a él y el algoritmo continúa asignando los RB a las siguientes prioridades máximas entre los usuarios hasta que todos los usuarios hayan sido atendidos. Esta prioridad del k-ésimo usuario será asignado con el j-ésimo bloque de recurso en función del tiempo (t) está dada por:

$$P_{kj}(t) = RDR_{kj}(t) / R_k(t)$$

Cuando $RDR_{kj}(t)$ es la tasa de transferencia de datos solicitada por el k-ésimo usuario sobre el j-ésimo RB en el tiempo (t) y $R_k(t)$ es la velocidad promedio de datos filtrados con paso bajo para el k-ésimo usuario. El valor de RDR se estima mediante el uso de selección AMC (modulación y codificación adaptativa) que depende de las condiciones actuales del canal de transmisión. En caso de retransmisión RDR es diferente del que está para la nueva petición de usuario del recurso para garantizar la transmisión exitosa, así que la fórmula RDR estimada es:

$$RDR_{kj} = R_{MCS}(SNR_{AC})$$

Donde R_{MCS} es la función de la tasa de estimación SNR_{AC} es la relación S/N acumulada sobre el canal de transmisión. En cualquier intervalo de tiempo de planificación es actualizado así:

$$R_k(t+1) = (1-a)R_k(t) + aDRD_k(t)$$

Donde (a) es el tamaño promedio de la ventana de transferencia de datos y $DRD_k(t)$ son la tasa de transferencia agregada para el usuario k en función del tiempo.

- Una reutilización más suave de frecuencias basados en algoritmos de planificación de recursos: Con el objetivo de la reducción de la pérdida de previsión selectiva de aumento de frecuencia y el incremento de velocidad en el borde de la celda, se propone este esquema. Con este algoritmo el factor de rehusó de frecuencia es de 1 en el centro y borde de la celda. El planificador de frecuencia trabaja de una forma que los usuarios del borde de la celda tengan una mayor probabilidad de utilizar la banda de frecuencia con mayor potencia y los usuarios del centro de la celda tengan mayor probabilidad de usar banda de frecuencias con menor potencia. Aquí la prioridad es calculado por: $P_{kj}(t) = RDR_{kj}(t) / R_k(t) F_{kj}$. Esta fórmula es la modificación del algoritmo anterior donde F_{kj} es el factor de prioridad y puede tomar valores entre 0 y 1 en los siguientes casos:
 - Usuario k en el centro de la celda, RB j es de baja potencia.
 - Usuario k en el centro de la celda, RB j es de alta potencia.
 - Usuario k el borde de la celda, RB j es de baja potencia.
 - Usuario k el borde de la celda, RB j es de gran potencia.
 Dando valores a F_{kj} se controla la asignación de recurso en el borde y centro de la celda.
- El algoritmo de planificación Round Robin: este método se utiliza para asignar recursos de radio a los usuarios, el primer usuario será atendido con todo el espectro de frecuencia para un periodo de tiempo especificado. Luego el servidor coloca al usuario en la cola de espera para ser atendido nuevamente en la siguiente ronda. Todas las solicitudes de nuevos recursos también se colocan final de la cola de espera. Este esquema

ofrece gran equidad en la asignación de recursos de radio entre los usuarios, pero bajando el rendimiento de todo el sistema.

- Esquema de planificación de recurso basado en la máxima interferencia: este algoritmo clasifica todos los usuarios en la celda de acuerdo a la interferencia experimentada por lo que el usuario con la peor CQI (indicador de calidad de canal) estará en la parte superior de clasificación y programado para asignarle RBs, y a la vuelta, el usuario con peor CQI le será asignado su RBs. La clasificación K se presenta así:

$$K = \operatorname{argmax} (Y_k(t))$$

Donde Y es el vector de interferencia experimentada por los usuarios en la celda en función del tiempo (t).

- Los algoritmos de planificación de recursos basados en asignación dinámica: este algoritmo de asignación utiliza un tipo de proceso de señalización por pequeños bloques del tráfico más pequeño que los paquetes de tipo streaming que se transmiten en la red, este algoritmo da asignación equitativa de los recursos de radio pero no con la capacidad de tráfico que puede ser manejado por estos bloques de recursos físicos (PRB). Este algoritmo depende de tres parámetros principales:

M = número total de PRBs disponibles.

U = total de usuarios a multiplexar en un PRB.

RB = bloques de recursos que son asignados al usuario k.

Así, el usuario k selecciona el mejor PRB de la red basada en la condición del canal.

Por otra parte, la gestión de recursos de radio para SON en LTE/LTE-Advanced es el siguiente:

- Gestión conjunta de recursos de radio (JRRM): todos los operadores tienen que lidiar con la convivencia de las RATs y la integración entre las redes

LTE/LTE-Advanced y otras redes inalámbricas, se necesitará explotar los aspectos complementarios entre tecnologías a través de JRRM. Este sistema se basa en un refuerzo de aprendizaje (RL). El RRM a través de mecanismos inteligentes que conjuntamente tienen en cuenta los recursos disponibles en todas las RATs para realizar las asignaciones adecuadas, estos son definidos como la gestión conjunta de recursos de radio (JRRM) o la gestión común de recursos de radio (CRRM). El mecanismo pone el agente de recurso de aprendizaje RL en cada celda que funciona en tiempo real independientemente de los agentes en otras celdas, y es responsable de la distribución entre usuario y tecnologías y las decisiones que pueden tomar al iniciar sesión, o durante el tiempo de vida de la sesión, que podría conducir a un traspaso vertical. Por ejemplo, en este modelo si asumimos que el factor de rehusó en LTE es 3, de modo que sólo 8 de 24 partes de frecuencia (bloques de recursos) son asignados a una celda que esté activa. Las 16 partes restantes pueden ser usadas por las celdas vecinas.

- Gestión múltiple de recursos de radio: incorpora múltiples recursos de radio y administración de movilidad, permitiendo la selección de acceso a las redes centrales inteligente, entregas handovers sin fallas y balanceo de carga optimizado a través de un número de diferentes tipos de redes de acceso, incluyendo las redes 3GPP y no 3GPP. Este sistema consta de tres partes: la primera es MRM-TE situado en el terminal de usuario y proporciona una función de medición entre sistemas, y un algoritmo de selección de acceso inicial que se utiliza siempre que la terminal no ha establecido ha establecido conexión con la red de acceso. La segunda parte MRM-NET se encuentra en la red de acceso y está asociada con todos los usuarios activos dentro de su área de servicio. La última parte (MRM-HAM) es la función de administración de acceso heterogénea y su función principal es realizar las decisiones de selección de acceso basados

en varios parámetros de entrada como en rendimiento del enlace, uso de recursos y mediciones de disponibilidad.

- Gestión cognitiva de recursos de radio: la idea es enriquecer el sistema LTE con funciones cognitivas que pueden utilizarse para dotar al sistema con una base de conocimiento que deriva de las interacciones pasadas con el entorno. La función de autogestión de los sistemas cognitivos pueden ser introducidos en el nivel terminal, punto de acceso o nivel de segmento de red. El sistema examina el contexto actual de operación que ha sido tratado en el pasado para una mejor experiencia y conocimiento que pueden usarse para producir decisiones y acciones RRM más certeras. A continuación debemos explicar el concepto de RRM Intra Celda: la configuración Intra-celda que incluye asignación de portadoras, energía y modulación adaptativa. Cada uno de ellos se refleja por DSA (acceso de espectro dinámico), APA (Asignación de energía adaptable) y AM (Modulación adaptativa), respectivamente. Se les permite asignar Múltiples sub-portadoras a un solo usuario. Sin embargo, la misma sub-portadora no se le permite ser asignada a más de un usuario, y el número de sub-portadoras que pueden ser asignado a cualquier usuario depende de muchos parámetros de factores como la ubicación del usuario, servicio solicitado, perfil de usuario y las políticas de red (NOs).
- Reutilización dinámica de rehusó de frecuencia fraccional: En el sistema de una mezcla de altos y bajos recursos de reutilización de frecuencia (por ejemplo, reutilización 1 y 3, respectivamente) están permitidas en cada celda. La distancia del usuario desde el centro de la celda es un el factor por el cual el rehúso 1 es para los usuarios cercanos al centro de la celda, mientras que los recursos de rehúso más bajo se les asignan a los usuarios con interferencia limitada en el borde de la celda. En el enlace de bajada FRR: por la consideración de la distribución de carga móvil o tráfico, la idea

básica es el uso de un indicador del poder relativo de transmisión de banda estrecha (RNTP), que se intercambian entre estaciones base en la interfaz X2. La RNTP es un indicador por cada bloque de recurso físico (PRB) que transporta una máscara de transmisión de potencia de la densidad espectral que sea utilizada por cada celda. Esta característica da lugar a los modelos suaves arbitrarios de la reutilización que son creados a través del sistema. Cada celda tendría una sub banda especial para generar bajas interferencias con su reducida transmisión de densidad espectral. Basado en el conocimiento de cuyas celdas está causando interferencia en el enlace de bajada, el planificador puede consultar el informe RNTP en que celda para saber en qué sub-banda se transmite a potencia reducida y por lo tanto generar menos interferencia, y puede seleccionar la programación móvil en las sub-bandas de manera que experimente una mayor relación de señal/ruido SINR. Para el enlace de subida FFR otro indicador es usado (indicador de alta interferencia HII), que se define por PRB, este se puede intercambiar entre celdas a través de la interfaz X2 para implementar el enlace de subida FFR. Cuando el bit HII se establece en 1 para un particular PRB, por lo que tiene una alta sensibilidad a la interferencia de enlace de subida para esta celda; cuando el bit HII se pone en 0 significa que este PRB es poco sensible a interferencia en el enlace de subida y por el intercambio de informes HII entre las celdas permite creación de patrones de reutilización fraccionarios mediante la programación de enlace de subida y control de energía.

Por último, con el fin de diseñar un mecanismo de reacción rápida inteligente para redes LTE/LTE-Advanced, muchos problemas deben ser considerado el reuso eficiente de frecuencia; justicia; QoS; control de interferencia entre celdas (ICIC); óptimo asignación de energía, requerimientos SON y el traspaso vertical.

7. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE RADIO Y PLANIFICACIÓN DE FRECUENCIAS

La actualización a LTE/LTE-Advanced es relativamente sencilla, con la nueva infraestructura de LTE que tiene la capacidad de reutilizar una gran cantidad significativa de los sitios de celdas y estaciones base de UMTS-HSPA usando el mismo refugio, torre, antenas, fuente de alimentación y control de temperatura. Diversos proveedores tienen diferentes soluciones llamadas “zero-footprint”, permitiendo que los operadores utilicen el espacio vacío para permitir la reutilización de sitios existentes sin la necesidad de buscar nuevos espacios.

Un operador puede añadir capacidad de LTE simplemente añadiendo una tarjeta de banda base LTE. Las nuevas unidades de radio multi-estándar (HSPA y LTE), así como las tarjetas de banda base de LTE-only, son mecánicamente compatibles con las prácticas de construcción más antiguas, de modo que los operadores puedan utilizar el espacio vacío en una vieja estación base para las tarjetas de banda base de LTE, así permitiendo la reutilización de sitios existentes sin la necesidad de cualquier nuevo espacio, según lo mencionado previamente.

El equipo de estación base está disponible en EE.UU para muchas bandas incluyendo las bandas 1.7/2.1 Ghz AWS y las bandas de 700 Mhz. (para más detalles sobre otras bandas de frecuencia de LTE/LTE-Advanced y su administración de espectro vea la siguiente sección 1.8). Al lado del dispositivo, los chipsets con varios modos de funcionamiento permitirán a los dispositivos actuar fácilmente a través de las redes de UMTS y LTE.

Hay muchos escenarios que los operadores utilizarán para emigrar de sus redes actuales a las tecnologías futuras tales como LTE/LTE-Advanced. La figura 1.22

presenta diversos escenarios incluyendo los operadores que están utilizando hoy CDMA2000, UMTS, GSM y WiMAX. Por ejemplo, tal y como se muestra en de la primera barra, un operador CDMA2000 en el escenario A podría postergar más la implementación de LTE a largo plazo. En el escenario B, en mediano plazo, el operador podría implementar una combinación de 1xRTT, Rev A/B de EV-DO Rev A/B y de LTE, y a largo plazo, podría emigrar el tráfico de datos EV-DO a LTE. En el escenario C, un operador CDMA2000 con apenas 1xRTT podría introducir LTE como un servicio de banda ancha, y a largo plazo, podría emigrar a los usuarios 1xRTT hacia LTE incluyendo el servicio de voz.

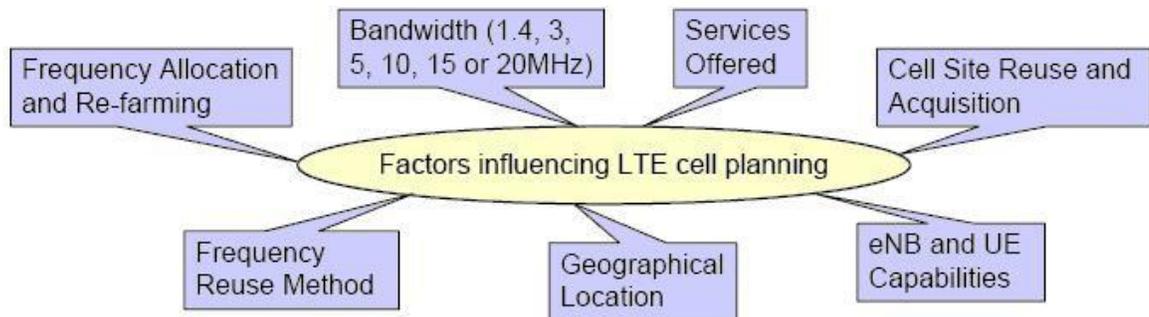
Tanto 3GPP y 3GPP2 han especificado detalladamente las opciones de migración hacia LTE. Una opción para los operadores de GSM que no hayan sido comprometidos aún al UMTS, y no tienen una necesidad inmediata de hacerlo, es para migrar directamente desde GSM/EDGE o EDGE-Evolved hacia LTE con redes y dispositivos que admitan la operación en modo dual de GSM-EDGE/LTE.

Además, con el fin de conseguir un rendimiento efectivo y movilidad de banda ancha, se necesita realizar una cuidadosa planificación de radio. Desde que LTE y LTE-Advanced han sido flexibles, es decir, pueden ser implementados en diversas bandas de frecuencia utilizando canales de ancho de banda mixto, la decisión la planificación actual se basa en diversos factores, algunos de los cuales se ilustran en la Figura 1.23.

Figura 1.22. Diferentes escenarios de implementación para LTE.

| | Previously | Current | Future |
|---------------|------------|--|-----------------------------|
| CDMA to LTE | Scenario A | 3G1X EV-DO RevA | 3G1X EV-DO RevA/B LTE |
| | Scenario B | 3G1X EV-DO RevA | 3G1X EV-DO RevA/B LTE |
| | Scenario C | 3G1X | 3G1X LTE |
| W-CDMA to LTE | Scenario A | GSM WCDMA | GSM WCDMA LTE |
| | Scenario B | GSM WCDMA | GSM WCDMA LTE |
| GSM to LTE | GSM | GSM LTE | GSM LTE |
| WiMAX to LTE | WiMAX | WiMAX, 16 ⁺ evol some 16m features | WiMAX LTE |

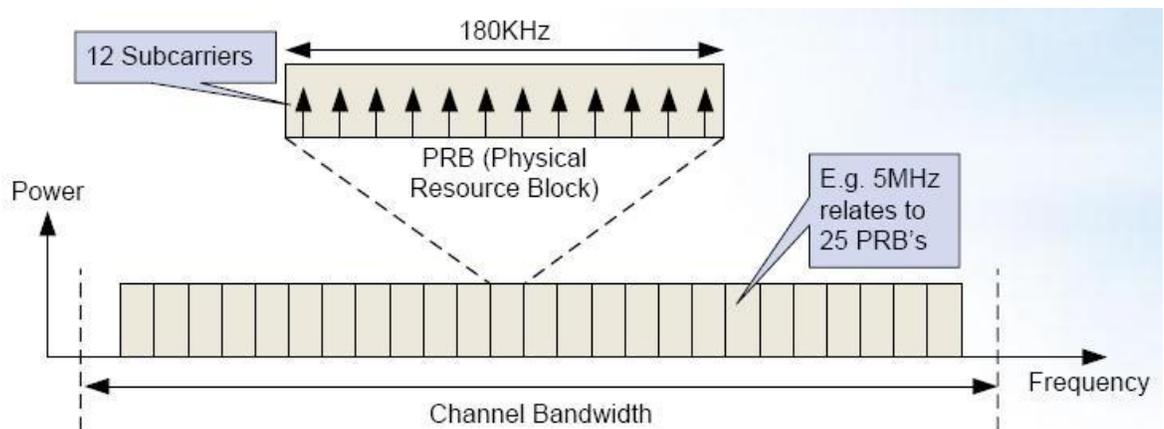
Figura 1.23. Factores que influyen en la planificación celular LTE.



La implementación típica se basa en un sitio de tres sectores. Esto es evidente debido a los métodos históricos del planeamiento de frecuencia, a la puesta en práctica de los proveedores y también al hecho de que la asignación de LTE PCI (identificación física de la celda) que incluye un Cell_{ID}1 (número de grupo de identificador de celda) y Cell_{ID}2 (número de identificación de celda), el último se codifica como 0, 1, o 2 para reflejar uno de los tres sectores. Hay también varios escenarios cuando un sitio de dos sectores o un sitio omni-direccional podrían ser implementados.

Además del rehuso de frecuencias estándar, la planificación de radio LTE/LTE-Advanced también puede emplear SFR (reutilización suave de frecuencia). Para explicar el concepto de SFR, en primer lugar es mejor describir los esquemas FFR (reutilización fraccional de frecuencia) y PFR (Reutilización parcial de frecuencias). En estas dos tecnologías de red, se define OFDMA y SC-FDMA. Ambas utilizan sub-portadoras de 15KHz, las cuales son agrupadas dentro del PRB (Bloques de recursos físicos), cada una contiene 12 sub-portadoras que equivale a 180KHz de espectro. La figura 1.24 presenta este concepto.

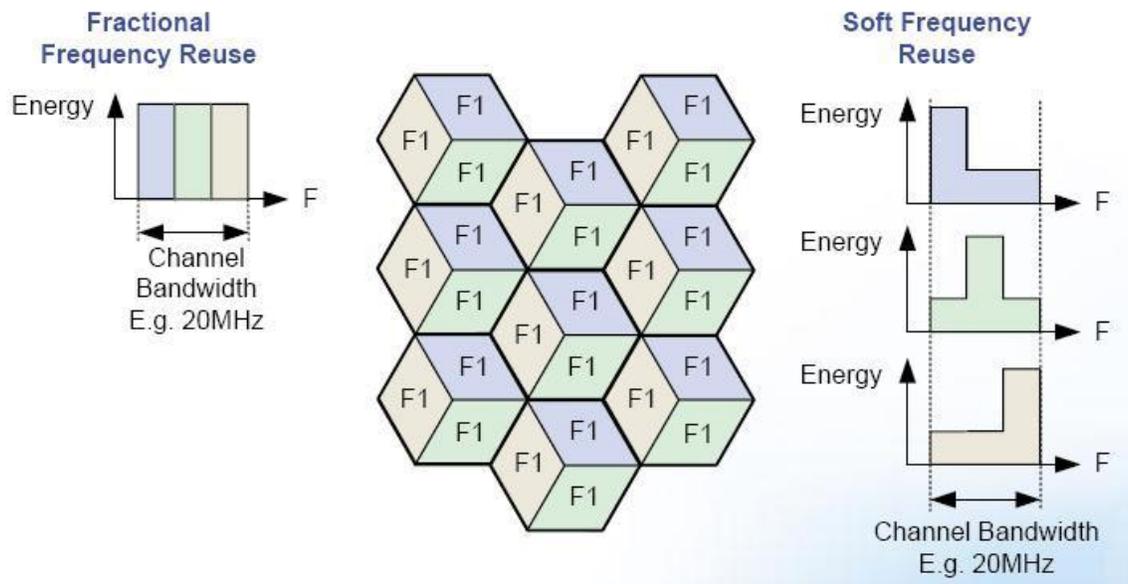
Figura 1.24. La utilización de sub-portadoras de 15KHz.



Hay varias opciones de cómo estos bloques de recursos físicos pueden ser asignado, así como para implementar FFR, PFR y SFR. Los esquemas de rehuso de frecuencia fraccional y parcial se basan fundamentalmente en la asignación de un número de estos PRBs en un sector. El principal problema con esto es que limitan el rendimiento máximo disponible para un usuario - ya que no son capaces de asignar un completo ancho de banda.

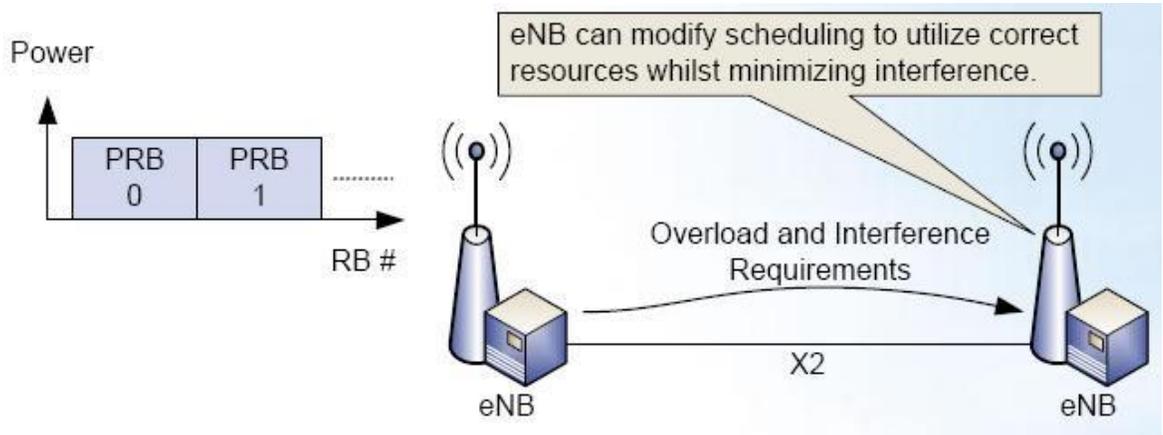
En comparación, el concepto de rehuso suave de frecuencia permite al sistema maximizar la capacidad de la red al permitir a cada sector utilizar todo el ancho de banda. Para hacer esto, SFR ajusta la energía asignada a ciertos PRB con el fin de mitigar la ICI (Interferencia Inter Celda). También permite que al eNB asignar todo en ancho de banda (todos los PRBs a una baja potencia) a usuarios cercano a la celda, alcanzando de este modo las máximas transferencia de datos. Este proceso se muestra en la Figura 1.25.

Figura 1.25. La reutilización suave de frecuencias.



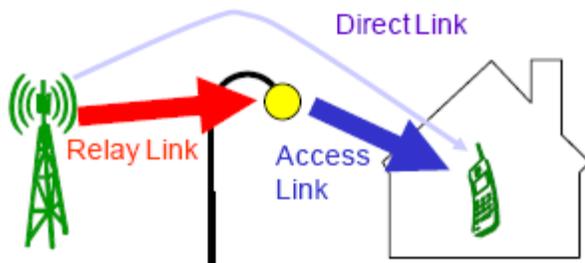
Además, el sistema LTE/LTE-Advanced incluye técnicas ICIC que habilitan al eNB (Nodo B evolucionado), a través de la interfaz X2 (eNB a eNB), para pasar información de sobre carga y alta interferencia. Esto a su vez puede ser utilizado por el eNB para ajustar dinámicamente el número y potencia de PRBs asignados en una celda. En la siguiente figura 1.26 se ilustran las técnicas anteriores.

Figura 1.26. Técnicas de Coordinación de interferencia inter-celdas.



Otra capacidad que está prevista para LTE-Advanced es la retransmisión como se muestra en Figura 1.27. La idea es retransmitir tramas al nodo intermedio, resultando una mejor penetración en edificaciones, y con mejor calidad de señal, la tasa de transferencia de usuario será mucho mejor. Los nodos de retransmisión también puede mejorar el rendimiento al borde de la celda por lo que es más fácil añadir picocells en lugares estratégicos. Las retransmisiones proveen proporcionan un medio para reducir los costos de implementación en las primeras implementaciones en los que el uso es relativamente bajo. A medida que aumenta el uso y la necesidad de espectro que se asignarán solo para acceder, los operadores pueden emplear esquemas alternativos de backhaul.

Figura 1.27. Retransmisiones LTE-Advanced.



La fase final de la planificación de radio frecuencias e implementación de proceso implica la optimización continua del plan frecuente de radio para dar cabida a cambios en el entorno o requisitos adicionales de servicio (por ejemplo, cobertura o capacidad). Esta fase se inicia desde la primera implementación de la red e implica la recolección de datos de medición sobre una base regular que podría ser a través de pruebas o recolección centralizada. Los datos se utilizan para planificar nuevos sitios u optimizar los ajustes de parámetros de los sitios existentes (por ejemplo, orientación de la antena, plan de frecuencia).

8. GESTIÓN DEL ESPECTRO (ITU WRC 2012)

Espectro sigue siendo uno de los problemas más importantes de la industria. Hay dos cuestiones a tener en cuenta. Uno de ellos es la cantidad limitada de espectro disponible para apoyar esta industria dinámica y el otro es cómo la industria está respondiendo para aprovecharse de la tecnología disponible. Dado que el espectro es un recurso limitado, la industria está llevando a cabo las siguientes iniciativas para aprovechar todo el espectro disponible:

- El aumento de la eficiencia espectral de tecnologías para aumentar continuamente los bits por segundo en un ancho de banda por cada Hertz disponible.
- La adaptación de las especificaciones para permitir la operación de UMTS-HSPA y LTE/LTE-Advanced en todas las bandas disponibles.
- Diseño de versiones de tecnologías tanto FDD y TDD para permitir la operación entanto emparejados y no emparejados bandas.
- Diseño de técnicas de agregación de portadoras en HSPA+ y LTE-Advanced que enlaza juntos los múltiples canales de radio (tanto en bandas de frecuencia intra e inter) para mejorar tanto las tasas máximas de datos y la eficiencia.
- Implementar el mayor número de celdas nuevas (grandes y pequeñas) como sea posible.

Se podría pensar que las nuevas tecnologías como las celdas pequeñas y antenas inteligentes, se evitaría la necesidad de espectro. Estas tecnologías, sin embargo, ya se encuentra encaminada para la evolución de 3GPP y, por sí mismas, no aumentar la suficiente capacidad para satisfacer la creciente demanda.

Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (WRC) que se celebra cada tres o cuatro años, tienen el mandato de examinar y revisar el Reglamento de Radiocomunicaciones, el tratado internacional que rige la utilización de espectro de radio-frecuencia (gestión del espectro) y los recursos de órbita satélites. El orden del día de una Conferencia Mundial de radiocomunicaciones puede incluir cualquier otra pregunta de carácter mundial que esté relacionada a la conferencia.

La WRC para el año 2012 se llevó a cabo en Ginebra, Suiza, del 23 de enero hasta al 17 de febrero de 2012, y fue el evento de activación para la comunicación mundial de radio y el ámbito de administración de frecuencias. El número sin precedentes de propuestas (más de 1700) que abordan los diversos temas de la agenda WRC-12 cubren casi todos los servicios de radio y aplicaciones, e ilustró la importancia de esta conferencia para gobiernos y empresas.

El alcance y la complejidad de la agenda de la WRC-12 hacen que sea imposible considerar todos los elementos de una sección tan breve como ésta. Resumiendo los principales temas que serán tratados en la conferencia, inevitablemente se descuidarán las preocupaciones e intereses específicos de algunos grupos o entidades. Con estas advertencias en mente, aquí resumimos en pocas palabras la WRC-12 (para más detalles, ver las referencias), y podemos decir que se centrará en:

- el examen y la posible revisión del marco normativo internacional para radiocomunicaciones, a fin de reflejar en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la mayor convergencia de los servicios de radio procedentes de la rápida evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), y adaptarse a las nuevas y potencialmente tecnologías desestabilizadoras, como los sistemas definido de software definido y sistemas cognitivos de radio o dispositivos de corto alcance;

- la administración de las órbitas satélites y los recursos de espectro asociados para que el aumento de la demanda pueda superar la disponibilidad actual;
- la asignación de los escasos recursos del espectro de radiofrecuencias para ofrecer nuevas oportunidades para los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los relativos a la seguridad y protección de transporte marítimo y aeronáutico, así como las dedicadas a propósito investigación científica relacionados con el medio ambiente y predicción de desastres, mitigación y alivio;
- la introducción y el desarrollo de la banda ancha móvil y otras tecnologías avanzadas, como el uso del dividendo digital resultante de la transición de la radiodifusión analógica a la televisión digital terrestre y el desarrollo de avanzadas aplicaciones digitales de radiodifusión por satélite.

Otros temas de actualidad que se tratarán, incluyen la ciencia, radio determinación y asuntos de radionavegación por satélite. La conferencia también tiene la tarea de identificar elementos para la agenda de la próxima conferencia, que tendrá lugar en 2015.

¿Por otra parte, puede el actual marco normativo internacional cumplir adecuadamente los requisitos cambiantes para el espectro de la radiocomunicación de una manera que permita que las tecnologías innovadoras sean ejecutadas a tiempo? La conferencia está contestando a esa pregunta. El tema del programa correspondiente tiene por objeto abordar los cambios al Reglamento de Radiocomunicaciones que los harán más responsable a la convergencia y desarrollo de nuevas tecnologías. Los debates sobre este tema comenzaron con la WRC-03, y concluyeron con la WRC-12.

Uno de los temas más complejos en cuanto a las regulaciones satelitales, que la conferencia probablemente encuentre preocupaciones en una serie de procedimientos, procesos y provisiones que más parecen ser alineadas con los principios en los que fueron basados. Esto se refiere, en particular, el principio de acceso equitativo contenida en el artículo 44 de la Constitución de la ITU. Los procedimientos descritos en el punto de mira incluyen aquellos relacionados con los procesos de publicación, coordinación, notificación, grabación, puesta en servicio, la suspensión y la debida diligencia aplicable a las redes satelitales. Voluminosas y complejas propuestas han sido presentadas y cada propuesta de cambio en los procedimientos podría afectar las actuales y futuras operaciones satelitales. Es probable que este artículo ocupe toda la conferencia, y los informes de la Oficina de Radiocomunicaciones y el Consejo de Reglamento de Radiocomunicaciones ayudarán a impulsar estos debates. La banda de 22 Ghz es una de las bandas de frecuencia más favorables para los usos digitales avanzados de la difusión por satélite, que requieren una capacidad más grande del ancho de banda nunca antes necesitada. Estas aplicaciones incluyen televisión ultra-alta definición, televisión 3D, sistemas de información de videos digitales multimedia, televisión de alta definición multi-canal, imágenes digitales en pantalla grande, y muy alta resolución de imágenes. Estas aplicaciones han sido ampliamente estudiadas en ITU-R para mejorar el servicio de radiodifusión. A pesar de la complejidad del tema, la conferencia es probable que haga los arreglos permanentes para el uso de la banda 21.4-22 GHz por el servicio de radiodifusión por satélite, para facilitar el uso de esta banda para los usos digitales avanzados de la difusión por satélite que requieren una capacidad más grande del ancho de banda.

En la WRC-07, la banda 790-862 MHz fue atribuida al servicio móvil en la región 1 (Europa y África), como complemento de los ejercicios anteriores a ese servicio en las Regiones 2 (América) y 3 (Asia y Australia), y fue identificado por las

Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) en todo el mundo. En ese momento, las preocupaciones se han planteado acerca de la protección de los servicios (principalmente radiodifusión y servicios de radionavegación aeronáutica) que fueron asignados en esta banda de frecuencia en el caso de que las administraciones vecinas puedan implementar el servicio móvil. La WRC-12 por lo tanto, tendrá en cuenta los resultados de los estudios de compartición en esta banda para garantizar la protección adecuada de los servicios involucrados, y tomar la acción apropiada. En un esfuerzo sin precedentes para resolver este difícil problema, las administraciones de CEPT y RCC han adoptado un acercamiento pragmático desarrollando y concluyendo una serie de acuerdos bilaterales de la coordinación de la frecuencia que se espera que allanen las visiones de oposición que habían sido expresadas inicialmente en la compatibilidad entre el móvil y los servicios aeronáuticos de la radionavegación en esta banda.

Los estudios y las discusiones sobre este asunto del orden del día también han destacado la necesidad en varios países de la región 1 de la revisión urgente la asignación WRC-07 para el servicio móvil en la banda de la UHF para hacer frente a la creciente demanda de banda ancha móvil. La presión es por lo tanto probablemente crecer a favor de una asignación móvil mundial de la banda de 700 Mhz, que se está considerando en las regiones 2 y 3 para el dividendo digital.

Además, la comunidad aeronáutica está tratando de facilitar la introducción de nuevos sistemas móviles aeronáuticos en la banda 112-117.975 MHz, 960-1164 MHz y 5000-5030 MHz. Estos sistemas proporcionan los enlaces por radio que son críticos para la seguridad y la regularidad de vuelos, y las comunicaciones de los aeropuertos. Los estudios de compatibilidad del ITU-R mostraron que el intercambio es generalmente posible. La utilización de las bandas de 1.5/1.6 GHz por el servicio móvil aeronáutico por satélite tiene prioridad con respecto a otros

sistemas de servicios móviles por satélite. Esto es necesario para asegurar las comunicaciones libres de interferencias con los aviones, teniendo en cuenta la seguridad de los aspectos de la vida de estos enlaces. En la actualidad, esta prioridad es establecida a través de reuniones de coordinación de frecuencias multilaterales o bilaterales entre los operadores de servicios móviles por satélite. Las propuestas a la WRC-12 sugieren procedimientos adicionales para resolver las preocupaciones que se han expresado acerca de la capacidad de esta práctica para dar cabida a las necesidades aeronáuticas. Además, la WRC-12 examinará las necesidades de espectro y las posibles acciones reglamentarias, incluyendo la identificación de espectro armonizado a nivel mundial, con el fin de apoyar el funcionamiento seguro de sistemas de aeronaves no tripuladas en el espacio aéreo no segregado utilizados por la aviación civil. Aunque los sistemas de aviones no tripulados tienen que ser utilizado en el espacio aéreo segregado en que la separación de tráfico aéreo puede estar asegurada, las administraciones esperan un amplio despliegue de sistemas de aeronaves no tripuladas en espacio aéreo no segregado junto a los aviones tripulados.

El desarrollo de sistemas de aeronaves no tripuladas se basa en los recientes avances tecnológicos de aviación, la electrónica y los materiales estructurales, lo que hace los aspectos económicos de las operaciones de aeronaves no tripuladas del sistema más favorable, particularmente para aplicaciones repetitivas y rutinarias de larga distancia y duración. El espectro requerido será utilizado para el mando y control de aeronaves no tripuladas, para la retransmisión de comunicaciones de control de tráfico aéreo, y para la retransmisión de datos. Los sistemas de aeronaves no tripuladas se compone de un componente terrestre (enlaces de radio entre la aeronave no tripulada y su estación de control) y un componente de satélite (enlaces de radio entre el satélite y estaciones de control de aviones no tripulados, y entre el satélite y los aviones no tripulados).

Por otra parte, el tema principal que se discutirá bajo componente terrestre son las nuevas asignaciones posibles al servicio móvil aeronáutico (de la ruta) en todas las o algunas porciones de las bandas de 5000-5150 Mhz y 15.4-15.5 Ghz. Los temas principales referentes al componente por satélite son, primero, el uso de los enlaces de comunicaciones dentro de asignaciones existentes al servicio aeronáutico del satélite móvil, y en segundo lugar, el uso del servicio existente de satélite fijo, del servicio de satélite móvil y de las asignaciones aeronáuticas del servicio de satélite móvil para los enlaces de comunicaciones entre los aviones no tripulados y el satélite, y entre la estación de control de aviones no tripulados y el satélite. Hay un entendimiento general de la necesidad urgente de sistema de asignación para los aviones no tripulados, en particular para el componente terrestre, y la discusión se centra en la banda y la cantidad exacta de espectro. En cuanto a la seguridad marítima, la WRC-12 se espera que adopten medidas especiales para mejorar los sistemas de seguridad marítima para los buques y puertos. Se proponen mejoras en tres áreas principales:

- Proporcionar un sistema de detección automática de señales para la identificación de los barcos (mediante la adopción de una nueva asignación de servicio móvil por satélite en torno a 156 MHz para la detección automática de señales para la identificación del sistema, proporcionar un rastreo mundial de buques y mejorar la búsqueda y rescate);
- Mejorar la difusión de información de seguridad y la seguridad de los buques y puertos (Haciendo una atribución mundial al servicio móvil marítimo en la banda 495-505kHz, así como una asignación regional en la banda de 510-525 kHz en la Región 2 -lo que aumentaría la transmisión de información sobre seguridad y protección en los puertos y aguas costeras);
- Mejorar las comunicaciones VHF para las operaciones portuarias y movimiento de barcos (es previsto revisar el Apéndice 18 del Reglamento de Radiocomunicaciones a fin de aplicar nuevas tecnologías digitales en la banda de 156-174 MHz y aumentar el número de canales simples para

hacer más canales disponibles para los puertos con tráfico pesado donde las comunicaciones están congestionadas).

Dada la situación actual, la comunidad marítima mundial ha acordado medidas especiales para incrementar los sistemas de seguridad marítima para los buques y puertos, reconociendo que los canales adicionales de satélite puede ser necesaria para mejorar y acomodar capacidades globales de seguimiento de buques. Todo el mundo está dispuesto a ponerse de acuerdo sobre los métodos y opciones propuestas. En el otro lado, varios ítem de la agenda WRC-12 están relacionados con importantes temas ambientales, en particular el uso de las TIC en la lucha contra el cambio climático y la mitigación de sus efectos, y en la predicción de desastres naturales y disminuir los esfuerzos. Desde la década de 1970, el interés y el uso del radar oceanográfico operativo en el rango de 3 a 50 MHz se ha incrementado significativamente. El trabajo preparatorio tiene identificados potenciales asignaciones de espectro tanto en términos de compatibilidad con otros usuarios y la eficacia de las mediciones oceánicas. La necesidad de datos adicionales para mitigar los efectos de desastres, incluidos los tsunamis, para entender el cambio climático, y para garantizar un viaje marítimo seguro ha llevado a la consideración del uso operativo de las redes de radares oceanográficos a nivel mundial. Aumentado dependencia de los datos de estos sistemas para la seguridad marítima y la respuesta a desastres, así como para operaciones oceanográficas, climáticas y meteorológicas, ha llevado a la necesidad de mejorar la situación reglamentaria del espectro utilizado por los radares oceanográficos, teniendo en cuenta la protección de los servicios existentes asignados. Los Miembros de la ITU parecen apoyar plenamente realizando asignaciones para esta aplicación.

Desde 1939, la detección de largo alcance del rayo usando observaciones cercanas a los 10 Khz, originalmente con un sistema necesitando mucho trabajo

para medir la dirección de la cual las señales fueron recibidas. Desde 1987, ha habido un sistema automatizado para obtener las ubicaciones de ataque: una red distribuida basadas en sensores de tierra puede localizar el origen del rayo, usando la diferencia de tiempo entre la llegada de la emisión de un rayo en los sitios de sensores individuales. Las emisiones máximas espectrales de rayos son entre 9 y 20 kHz. En estas frecuencias, las ondas del cielo reflejadas fuera de la ionosfera se propagan a grandes distancias con una atenuación relativamente baja. Por tanto, es posible recibir las emisiones de la caída de un rayo en miles de kilómetros de la ubicación del ataque. La conferencia tendrá en cuenta la posibilidad de una asignación en el rango de frecuencias por debajo de 20 kHz para sistemas pasivos de detección de rayos en el servicio de ayudas meteorológicas. El sistema de satélite meteorológico operacional no geoestacionario (MetSat) utilizan ahora la banda 7750-7850 MHz para recopilar datos del instrumento de las estaciones terrestres dedicadas con un ancho de banda de hasta 63 Mhz. Las mediciones y observaciones realizadas por los sistemas MetSat proporcionan los datos utilizados en operaciones meteorológicas, la vigilancia del clima y la detección de los cambios climáticos globales. Los datos han mejorado significativamente las operaciones meteorológicas, en particular con respecto a la predicción numérica del tiempo. La próxima generación de sistemas de satélites MetSat no geoestacionarios tendrá que asegurar la continuidad de datos, alineados con las mediciones y observaciones realizadas por el sistema actual. Estos futuros sistemas también realizará adicional y mayor medidas con alta resolución y observaciones de los parámetros meteorológicos y climáticos, que requiere mayores velocidades de datos y ancho de banda en comparación con los sistemas actuales. El ancho de banda necesario para los futuros sistemas de satélites MetSat no geoestacionarios para cumplir estos requisitos sería de hasta 150 MHz. La conferencia espera apoyar la ampliación correspondiente del ancho de banda.

Por último, la conferencia de WRC-12 considera la necesidad de medidas reglamentarias para fomentar el desarrollo de sistemas inalámbricos y aplicaciones avanzadas, tales como radio definido por software, los sistemas de radiocomunicaciones inteligentes, dispositivos de corto alcance, sistemas inalámbricos fijos por encima de 71 GHz, enlaces de pasarela de estaciones en plataformas a gran altitud, y el periodismo electrónico. Las regulaciones de radio, en su forma actual, son generalmente consideradas para proporcionar un marco adecuado para el desarrollo de estos sistemas y aplicaciones. Los requisitos específicos se pueden abordar a través de los trabajos de normalización de las Comisiones de Estudio del ITU-R.

Las anteriores WRCs han proporcionado con éxito para las mejoras oportunas para las regulaciones de radio para hacer frente a los avances técnicos y reglamentarios, para hacer frente a las necesidades de los miembros de la ITU para la asignación, manejo y el uso del espectro radio eléctrico y los recursos de órbita. De acuerdo con la tradición de la buena voluntad y la cooperación internacional, que siempre ha prevalecido en estas circunstancias, la WRC-12, sin duda es otro exitoso hito en la historia de la ITU.

9. MODELOS DE NEGOCIO Y PROYECCIONES PARA LTE/LTE-ADVANCED

El mercado de las Telecomunicaciones ha experimentado enormes cambios y esta tendencia continuará. Los nuevos operadores entrantes y existentes siguen adoptando e integrando nuevas tecnologías de telecomunicaciones, reinventando y revitalizando sus modelos de negocio. Hoy en día estamos viendo los límites de las telecomunicaciones tradicionales empañarse con los operadores móviles tradicionales que se trasladan al negocio de banda ancha de línea fija y los operadores fijos queriendo ampliar su alcance fuera del hogar, hacia Internet de banda ancha móvil. En la Cumbre Mundial de LTE de 2008, el conjunto de industrias de las telecomunicaciones pensaba la posibilidad de elegir entre LTE y WiMAX. En ese momento, LTE era indeciso, y se habló mucho de su rápido enlace de bajada a 150 Mbps. Sin embargo, en la Cumbre Mundial de LTE en 2009, la industria llegó a entender la importancia de LTE y comenzaron a discutir los desafíos que enfrenta LTE. Tales desafíos incluyen la cobertura de banda de los 2,6 GHz y voz sobre LTE (VoLTE). Como hemos dicho antes, las tecnologías de radio están pasando de la voz a los datos, a partir de una banda estrecha hacia una banda ancha móvil, del modo simple hacia multi-modo, a partir de múltiples tecnologías hacia tecnologías esenciales dominadas por OFDM y MIMO. Sin embargo, sólo hay un objetivo que subyace a estas tendencias: para proporcionar más ancho de banda inalámbrico. LTE, y además, la LTE-Advanced son pasos importantes en este camino evolutivo.

¿Pero, en primer lugar, qué ha impulsado el rápido desarrollo de LTE/LTE-Advanced en los últimos años? Uno de los factores más importantes ha sido el crecimiento de las demandas del mercado para servicios de datos inalámbricos. Los usuarios necesitan servicio de datos de forma rápida y cómoda a través de

sus terminales y los operadores necesitan redes all-IP para conectividad de datos en alta velocidad. La competencia entre los operadores de telefonías fija y móvil también ha impulsado la evolución de las tecnologías de radio. Además, el crecimiento del tráfico de datos inalámbricos ha generado más ingresos para los operadores, lo cual a su vez impulsó las tecnologías de radio. Otra fuerza impulsora ha sido los operadores que buscan mayores beneficios y menores costos.

En primer lugar, la pregunta importante que se hacen los operadores: Cuándo se implementará LTE/LTE-Advanced? El tiempo de implementación de la red LTE es afectada por el progreso de la normalización de LTE/LTE-Advanced y la madurez de los sistemas y terminales comerciales de LTE y también por el nivel económico, la demanda de servicios de datos inalámbricos, hábitos de usuario, y las licencias del espectro publicadas por el gobierno. Esto significa que el tiempo de despliegue de LTE puede variar de un país a otro. Únicamente la implementación en el momento adecuado trae el mejor rendimiento de inversión. Esto es fundamental para un modelo de negocio rentable LTE. Como evidencia de la prematura implementación de la 3G, existen riesgos relacionados con especificaciones inconclusas de 3GPP, baja interoperabilidad (incluso entre los terminales y sistemas del mismo fabricante), la movilidad de 2G y 3G, la baja cobertura, y la falta de terminales y servicios. Estas cuestiones también se pueden considerar como una lista de comprobación para la implementación exitosa de LTE. Así también, la implementación tardía puede significar que se pierdan oportunidades de negocio. Así que si queremos responder a la pregunta: ¿Cómo debe un operador decidir el momento adecuado para implementar LTE? La respuesta es: Esta es una pregunta difícil. Sin embargo, se pueden considerar los siguientes puntos:

- Los servicios de 3G han crecido rápidamente, el tráfico de datos de banda ancha inalámbrica están surgiendo, y los hábitos de los usuarios se han

desarrollado plenamente. Las ventas de las terminales 3G y tarjetas de datos también han crecido rápidamente.

- Los ingresos por datos inalámbricos han aumentado considerablemente y ahora representan una porción mayor de los ingresos totales de los operadores. Las estadísticas recogidas por Qualcomm de Vodafone, Telstra, Verizon, y AT&T muestran que servicios de datos inalámbricos aumentó en un promedio de 30% entre 2008 y 2009. Estos operadores móviles de primer nivel están realizando pruebas de LTE. Verizon anunció su red LTE comercial en diciembre de 2010.
- Volumen de datos inalámbricos supera a la de voz, y el ingreso de datos es ahora mayor que los ingresos de voz. CSL, el principal operador móvil de Hong Kong, ha visto crecimiento explosivo del tráfico de datos desde el lanzamiento oficial de HSPA+ en marzo de 2009. CSL continuó su cooperación de LTE con ZTE, con miras a futuras aplicaciones móviles que pueden satisfacer fuertes demandas de servicios de banda ancha de alta velocidad.
- Los planes de prueba y comerciales de LTE de los competidores deberían ser considerado. Los principales operadores multinacionales y el más grande operador de un país son los líderes en la implementación LTE. Las versiones de pruebas de LTE son por lo general utilizadas para construir una imagen de marca de alta gama. El segundo mayor operador en un país también desarrolla LTE con el fin de ponerse al día con el principal operador o superarlo.

Una red LTE proporciona una velocidad de datos de hasta 100 Mbps en el enlace descendente y 50 Mbps en el enlace ascendente. En el otro lado, LTE-Advanced proporciona una velocidad de datos de hasta 100 Mbps para alta movilidad y de 1 Gbps para baja movilidad que se establecieron como objetivos de la investigación. Estas altas velocidades de datos mejoran en gran medida la experiencia del

usuario. Con una mayor eficiencia del espectro, una arquitectura simple y la capacidad de reutilizar el espectro de baja frecuencia, LTE/LTE-Advanced contará con una capacidad mucho mayor tanto para voz y datos entregados a un coste significativamente inferior en comparación con las tecnologías anteriores. Estas mejoras contribuyen a un menor costo por bit para servicios de voz y datos. De hecho, algunas simulaciones muestran que los servicios de voz UMTS es varias veces más caro que en LTE. El costo total relativo de propiedad (TCO) en LTE por GB/mes de suscriptores también presenta importantes oportunidades de mejora a través de las redes existentes 3,5 G.

Por otra parte, los estudios sobre los modelos de negocio de LTE/LTE-Advanced están en curso, y recientes estudios se han centrado en Internet de banda ancha móvil. En los futuros modelos de negocio previsible, LTE/LTE-Advanced se puede encontrar servicio de internet de alta velocidad y un gran ancho de banda, plataformas de Internet móvil, comunicaciones inalámbricas on-line y comunicaciones de máquina a máquina (M2M).

LTE/LTE-Advanced está proporcionando a los usuarios una experiencia de servicio de alta velocidad. Según algunos estudios, las personas que se suscribieron a LTE/LTE-Advanced pronto les comenzaron a gustar dicha tecnología. Más del 90% de los encuestados originalmente eran usuarios de 3G y el 43% de propietarios de iPhones. El 65% utiliza LTE para complementar ancho de banda fijo y el 54% no considera dar marcha atrás a 3G. La nueva tecnología está dando forma a los hábitos de uso de Internet móvil: el 26% de los encuestados dicen usar el teléfono mayormente para el trabajo, el 23% para descargar archivos más grandes que antes, el 19% para ver tv o videos streaming online, y el 16% utilizan internet con más frecuencia como resultado de la suscripción a LTE.

Todo esto demuestra que los usuarios están demandando una mejor experiencia de banda ancha móvil, siempre y cuando las condiciones lo permitan. Una vez que tengan una mejor experiencia, es difícil dar marcha atrás a un servicio inferior a éste. Como dice el viejo refrán, "Es difícil convertirse en frugal después de estar acostumbrado al lujo". El surgimiento de la nube informática está incrementando aún más el desarrollo próspero de los servicios de datos en internet.

Por otra parte, desde los teléfonos móviles de voz, solamente a los teléfonos multimedia de iPhone y terminales Android, los móviles tienden a convertirse en las plataformas de banda ancha móvil de Internet (ver la figura 1,28). Ésta es también la tendencia de desarrollo de ordenadores. Los terminales se están desarrollando en las plataformas de servicio de Internet donde todo el proceso se completa mediante aplicaciones de servicio en la nube y usando una red de datos móvil de alta velocidad.

Figura 1.28. Los ordenadores y dispositivos móviles evolucionan hacia plataformas de internet de banda ancha móvil.



El último objetivo de las comunicaciones es conectar cualquier cosa o cualquier persona a cualquier cosa o cualquier persona desde cualquier parte en cualquier tiempo y en cualquier lugar. Las nuevas tecnologías tales como la convergencia de redes todo-IP, y RFID han hecho posible esta meta. LTE y LTE-Advanced son pasos importantes en el camino hacia este objetivo final. Las plataformas de internet móvil han sido introducidas para proporcionar a los usuarios un rápido y fácil acceso a una variedad de aplicaciones locales y en Internet. Las personas cambiarán el uso de terminales fijas para el uso de terminales móviles y de conexiones punto a punto con las comunidades online y círculos de juegos.

Con la tendencia de redes todo-IP de banda ancha, la tecnología M2M, la cual permite que el flujo de datos sea transferido en tiempo real entre máquinas o entre personas y máquinas que utilizan redes inalámbricas y redes de servidores de backgrounds han sido comercialmente desplegados en Europa, Corea y Japón. Las aplicaciones M2M se pueden encontrar en la vigilancia de seguridad, servicios mecánicos y reparación, transporte público, gestión de flotas, la automatización industrial, y en todas las redes de información de la ciudad. Los operadores que

prestan actualmente los servicios M2M incluyen BT, Vodafone UK, T-Mobile, NTT-
Docomo, y SK. El desarrollo de los servicios M2M empezaron en China.

Por último, la evolución en la industria de las telecomunicaciones es incesante.
Habrá desafíos acompañadas de oportunidades. En la era LTE/LTE-Advanced,
operadores, reguladores y proveedores de equipo deben entender los últimos
cambios y adaptarse rápidamente mediante la elaboración de nuevos modelos de
negocio y nuevas fuentes de ganancias.

CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo concluimos que la evolución de 3gpp hacia internet de banda ancha móvil es un proceso que se viene gestando desde mucho tiempo atrás. En sus inicios nunca se pensó que la tecnología evolucionara tanto, y de igual forma aumentara la demanda de los usuarios finales. Gracias a la continua evolución de de las TICs, se podría encarar la creciente demanda de servicios que exigen un mayor ancho de banda por los usuarios.

Entendemos que el despliegue de las redes 4G es algo complejo, ya que los operadores deben hacer grandes inversiones de capital para lograr este propósito. Por tal razón se ha optado por conservar las tecnologías aún vigentes y tratar de migrar poco a poco hacia 4G mientras se da el retorno de capital de éstas.

Todo este estudio nos hace ver, cómo todas las comunicaciones entre dos o más puntos tienden a ser redes inalámbricas, mejorándolas aún más para que el usuario no note tanta diferencia entre navegar en un terminal por cable o un terminal inalámbrico.

REFERENCIAS

GHADIALI, Zahid. Mobile Broadband Explosion. Rysavy Research/ 4G Americas, Agosto 2012.

GHADIALI, Zahid. 4G Mobile Broadband Evolution: 3GPP. Rysavy Research/4G Americas Release 10 and Beyond, HSPA+, SAE/LTE and LTE-Advanced, Febrero 2011.

[3] Mobile Broadband: The Global Evolution of UMTS/HSPA, 3GPP Release 7 and Beyond, Diciembre 14, 2006.

3G LTE Tutorial - 3GPP Long Term Evolution

Radio-electronics.com: <http://www.radio-electronics.com/info/cellularcomms/lte-long-term-evolution/3g-lte-basics.php>

4G LTE Advanced Tutorial

Radio-electronics.com: <http://www.radio-electronics.com/info/cellularcomms/lte-long-term-evolution/3gpp-4g-imt-lte-advanced-tutorial.php>

The Mobile Broadband Estandard

<http://www.3gpp.org/>

http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/

ITU-R M.2134, 'Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)'

ITU Paves the Way for Next-Generation 4G Mobile Broadband Technologies, ITU, Octubre 21 de 2010.

3GPP TR 23.882: '3GPP system architecture evolution, report on technical options and conclusions'.

ETSI: 'Long term evolution of the 3GPP radio technology' and 'System architecture evolution'.

Sayan Kumar Ray, "Fourth Generation (4G) Networks: Roadmap- Migration to the Future", IETE Technical Review Vol 23, No 4, pp 253-265, Julio-Agosto 2006.

Savo G Glisic, "Advanced Wireless Networks: 4G Technology", John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2006.

Sujuan Feng and Eiko Seidel, Self-Organizing Networks (SON) in 3GPP Long Term Evolution, Nomor Research GmbH, Munich, Germany, Mayo 2008.

Self-Organizing Network (SON): Introducing the Nokia Siemens Networks SON Suite – an efficient, future-proof platform for SON, Nokia Siemens Networks, 2009.

Modar Safir Shbat and Vyacheslav Tuzlukov, Combined Radio Resource Management for 3GPP LTE Networks, Advances in Mathematical and Computational Methods, ISSN: 2160-0643 Volume 1, Number 1, Septiembre 2011.

Gunther Auer, Thierry Clessienne, Nikolaos Doulamis, David Martín-Sacristán, Jose F. Monserrat, Arif Otyakmaz, Nikolaos Papaoulakis, Simone Redana, Roberto Rossi, Andreas Saul, Rainer Schoenen, Pawel Sroka,

“D 1.1 Initial Report on Advanced Radio Resource Management”, CELTIC / CP5-026, Enero 2009.

K. N Shantha Kumar, Madhu Kata, Paruchuri Chaitanya, Dinesh Mukkollu.
LTE-Advanced: Future of Mobile Broadband, Tata Consultancy Services Limited, 2009.

LTE planning principles Part II - Soft Frequency Reuse, empirical, Telecoms Training, Septiembre 2009.

International Telecommunication Union, 2012 World Radiocommunication Conference Agenda and References (Resolutions and Recommendations), 2010, <https://itunews.itu.int/En/2061-World-Radiocommunication-Conference-2012.note.aspx>

World Radiocommunication Conference 2012 (WRC-12), (Geneva, Switzerland, 23 January-17 February 2012)

<http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=wrc-12&lang=en&general-information=1>

LTE Business Model 2011-01-17, By Guo Jin

http://www.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2011/no1/articles/201101/t20110117_201776.html

Este trabajo integrador está basado en el documento:

*ITU Centres of Excellence for Europe
Mobile Broadband: LTE/LTE-Advanced,
WiMAX and WLAN
Module 1:
3GPP mobile broadband: LTE/LTE-Advanced*

ANEXOS

GLOSARIO

APA: poder de adaptación asignación
AWS: Servicios inalámbricos avanzados
CAPEX: Costos de Capitales
CELL_FACH: Canal de acceso directo de celda
CELL_PCH: Canal de paginación de celda
CoMP: Multipuntos coordinados
DSMIP: Movilidad IP de Doble Pila
E-DCH: Canal dedicado mejorado
E-UTRA: Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado
E-UTRAN: Red de Acceso Terrestre Universal Evolucionado
EPC: Núcleo de Paquetes Evolucionado
EPS: Sistema de Paquetes Evolucionado
FACH: Canal de Acceso Directo
FDD: División de Frecuencia Duplex
Femtocell: Estación base de celular de bajo poder destinado a pequeños negocios y casas familiares.
FRR: Reutilización dinámica de re-uso de frecuencia fraccional
GERAN: Red de radio-acceso GSM/EDGE
GGSNS: Nodos de Soporte de Pasarela GPRS
GTP: Protocolo de Tunelización GPRS
HetNet: Redes Heterogéneas
ICIC: Coordinación de interferencia inter-celdas
IMS: Subsistema Multimedia IP
IMT: Telecomunicaciones Móviles Internacioneales
IP-CAN: Conectividad a Redes de Acceso IP
ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones

LMA: Anclaje de Movilidad Local
LTE: Evolución a Largo Plazo
MBMS: Multibroadcast Multiservicio
MBMS: servicios de radiodifusión multimedia
MIMO: Múltiple Entrada Múltiple Salida
MME: Entidad de Gestión de Movilidad
OFDM: Multiplicación por División de Frecuencias Ortogonales
OFDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal
OPEX: Costos Operacionales
PCRF: Política y Función de Reglas de Cobro
PDP: Protocolo de Paquetes de Datos
PEP: Punto de Aplicación de Política
Picocell: Pequeñas Estación base celular
PLMN: Red Pública Móvil Terrestre
RAT: Tecnología de Acceso de Radio
RREs: Equipo radio remoto
RRM: Gestión de Recurso de Radio
SAE: Evolución de la Arquitectura del Sistema
SGSN: Nodo de Soporte de Servicio GPRS
SIM: módulo de identificación del suscriptor
SON: Red de Organización Automática
UICC: Es la simcard de telefonos móviles
URA_PCH: Canal de paginación URA
URA: Area de registro UTRAN