



**Master en Redes y Servicios de  
Comunicación Móviles**

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE  
INGENIERIA DE TELECOMUNICACION**

**PROYECTO FIN DE MASTER**

**TRASPASO DE LLAMADAS DE VOZ LTE A CS (3G/2G)**

**Autor: Beatriz Elena Olarte Zúñiga**

**Tutor: José María Recio Peláez**

**Curso Académico 2010/2011**

## ACTA DE EVALUACION

Alumno: Beatriz Elena Olarte Zúñiga

Titulación: Master en redes y servicios de comunicación móviles

Título del proyecto: Traspaso de llamadas de voz LTE a CS (2G/3G)

¿Es el proyecto resultado de Prácticas en empresas? SI / NO

Tutor: José Maria Recio Pelaez

### TRIBUNAL

Presidente:

Vocal:

Secretario:

### CALIFICACION DETALLADA DEL PROYECTO

|   | Presidente | Vocal | Secretario |
|---|------------|-------|------------|
| <b>Presentación escrita</b> (MB-B-R-M-MM) |            |       |            |
| <b>Presentación oral</b> (MB-B-R-M-MM)    |            |       |            |
| <b>Complejidad técnica</b> (MB-B-R-M-MM)  |            |       |            |
| <b>Metodología empleada</b> (MB-B-R-M-MM) |            |       |            |
| <b>Resultados obtenidos</b> (MB-B-R-M-MM) |            |       |            |
| <b>Esfuerzo realizado</b> (MB-B-R-M-MM)   |            |       |            |

### CALIFICACION FINAL DEL PROYECTO

|  |  |
|--|--|
|  | <b>SB/ NOT/ AP/ SS/ NP</b><br>Enmarcar la calificación alcanzada |
|--|--|

PROYECTO PROPUESTO PARA MATRICULA DE HONOR: SI / NO

(Sólo si la nota numérica final es igual a 9.5)

Fuenlabrada, de de 2011

**El presidente**

**El Vocal**

**El Secretario**

## **RESUMEN**

En 2G la red se basa exclusivamente en la conexión de circuitos, en la red 3G un teléfono móvil tiene una conexión de circuitos para voz y SMS y una conexión de paquetes para servicios basados en IP. Pero en LTE (Long Term Evolution), la conexión de circuitos ha sido eliminada y no se puede transportar tráfico de voz ó SMS de la misma manera que las redes de transporte 2G y 3G, porque es una red de datos basada en paquetes IP, por tanto los operadores deben desarrollar algún tipo de tecnología para permitir realizar llamadas de voz en LTE y soportar una rica variedad de aplicaciones de mensajería y también SMS.

Para garantizar la introducción sin problemas y la prestación de servicios de voz y SMS sobre las redes LTE en todo el mundo, los líderes de las telecomunicaciones han desarrollado conjuntamente un perfil técnico para los servicios de voz y SMS sobre LTE, que la GSMA tomó y está desarrollando como PRD (Permanent Reference Document) IR.92-IMS Profile for Voice and SMS.

El traspaso a CS (Conmutación de circuitos) es la mayor prueba que los operadores deben superar para competir con las compañías de Internet en el dominio de la voz. Para el traspaso a un canal de CS 2G/3G una vez se sale de cobertura de LTE se requiere SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity), que es una característica de red radio que controla el proceso de traspaso desde el acceso de paquetes (PS) al acceso de circuitos (CS), para llamadas que están fijadas en IMS cuando el UE (Equipo de Usuario) es capaz de transmitir/recibir en una sola de esas redes de acceso a la vez. También se requiere que el IMS interactúe con el MSC (Mobile Switching Center) de conmutación de circuitos.

La red deberá soportar los procedimientos SRVCC para el traspaso desde LTE como se describe en la especificación de la ETSI TS 23.216, que especifica las mejoras de arquitectura para SRVCC entre el acceso LTE y el acceso 3G/2G de 3GPP para las llamadas de CS que están fijadas en IMS. Y el UE deberá soportar los procedimientos como se describen en la especificación TS 23.216.

# INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCION</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>3.1 MATERIALES</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>3.2 METODOLOGIA</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>4. RESULTADOS</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>4.1 DESCRIPCION A ALTO NIVEL DE LTE</b> .....  | <b>10</b> |
| 4.1.1 Arquitectura de sistema con LTE y redes de acceso 3GPP.....   | 12        |
| 4.1.2 Diferencias en movilidad entre LTE y 3G.....  | 16        |
| 4.1.3 Redes comerciales LTE del mundo.....  | 16        |
| <b>4.2 DESCRIPCION A ALTO NIVEL DE IMS (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM)</b> .....  | <b>18</b> |
| 4.2.1 ICS (Servicios Centralizados IMS).....  | 21        |
| <b>4.3 REALIZACION DE LA VOZ SOBRE LTE</b> .....  | <b>24</b> |
| 4.3.1 VoIP basado en IMS.....   | 25        |
| 4.3.2 Circuit Switch Fallback (CSFB).....   | 28        |
| 4.3.3 Voz sobre LTE a través de Acceso Genérico (VoLGA).....  | 29        |
| 4.3.4 Comparación entre las posibles soluciones de voz sobre LTE.....   | 30        |
| <b>4.4 SOLUCION IR.92 PARA TRASPASOS DE LA RED LTE A LA RED 2G/3G</b> .....   | <b>32</b> |
| 4.4.1 Traspaso entre-LTE (Entre-MME usando la interfaz S1).....   | 33        |
| 4.4.2 SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity).....   | 35        |
| 4.4.3 Arquitectura para SRVCC.....  | 36        |
| 4.4.3.1 Interfaces.....   | 38        |
| 4.4.3.2 Entidades funcionales para SRVCC.....   | 39        |
| 4.4.4 Determinación de la lista de celdas vecinas.....  | 47        |
| 4.4.5 Procedimiento de attach LTE para SRVCC.....   | 50        |
| 4.4.6 Procedimientos de traspaso.....   | 52        |
| 4.4.6.1 Procedimiento de traspaso intra-LTE.....  | 52        |
| 4.4.6.2 Procedimiento de traspaso SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM.....  | 53        |
| 4.4.6.3 Procedimiento de traspaso SRVCC desde LTE a 2G con DTM pero sin soporte de HO DTM y desde LTE a 3G sin PS HO..... | 58        |
| 4.4.6.4 SRVCC desde LTE a 3G con PS HO ó 2G con soporte de HO DTM.....  | 59        |
| <b>4.5 COMPARACION DE VOLGA Y SRVCC</b> .....   | <b>65</b> |
| <b>4.6 COMPARACION DE SRVCC Y CSFB</b> .....  | <b>67</b> |
| <b>4.7 PROBLEMAS DE SRVCC</b> .....   | <b>68</b> |
| <b>4.8 MEJORAS A SRVCC EN LOS PROXIMOS RELEASES</b> .....   | <b>70</b> |
| 4.8.1 Procedimiento de transferencia de información de estado de sesión.....  | 71        |
| 4.8.2 eSRVCC (SRVCC mejorado).....  | 74        |
| 4.8.3 rSRVCC (Continuidad de llamada de voz de radio única inversa).....  | 77        |
| 4.8.4 SRVCC con fase de alerta.....   | 77        |
| <b>4.9 LLAMADAS DE EMERGENCIA</b> .....   | <b>79</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES</b> .....  | <b>82</b> |
| <b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....  | <b>85</b> |

## 1. INTRODUCCION

LTE (Long Term Evolution) es el siguiente paso en la evolución hacia las Redes de Cuarta Generación ó 4G, surge en el 3GPP en el 2004 a partir de la necesidad de satisfacer la creciente demanda de los usuarios y redes y será la tecnología que acabe sustituyendo a la actual 3G.

Dentro de 3GPP TS 22.129 el traspaso se define de la siguiente manera: “Traspaso es el proceso en el que la red de acceso radio cambia los transmisores de radio ó el modo de acceso de radio ó sistema de radio utilizado para proporcionar los servicios portadores, mientras que se mantiene una calidad de servicio de portador definida”. El traspaso es un mecanismo clave para la movilidad en los sistemas celulares, si los UE (equipos de usuario) se desplazan dentro de una tecnología de acceso ó entre distintas tecnologías de acceso.

Las redes core juegan un papel crucial en el proceso de traspaso, pero en la mayoría de los casos, la decisión de traspaso se basa en las condiciones de radio. Además del proceso de cambiar las entidades de red core y radio, el proceso de traspaso también debe garantizar la continuidad del servicio. Un sistema puede utilizar un mecanismo de traspaso ó re-selección de celda para lograr la continuidad de servicio para un UE que participa activamente en una sesión (transmitiendo y recibiendo datos).

La continuidad de servicio provee continuidad general de todo tipo de sesiones IMS, ya no limitado a sólo llamadas de voz bi-direccionales. IMS en principio permitió servicios multimedia basados en IP sobre sistemas 2G y WCDMA, pero posteriormente fue ampliado para soportar también a otras redes de acceso.

Uno de los aspectos especiales del acceso de radio LTE es que es un sistema de solo paquetes y por tanto no tiene soporte para portadores de conmutación de circuitos y dominio CS en el sistema evolucionado, por esta razón se hizo necesario que el 3GPP desarrollara el traspaso de la voz IMS sobre LTE EPS a voz CS en 2G/3G, el cual es conocido como SRVCC. El SRVCC es una solución que aborda el problema de que

no puede haber una cobertura total para los servicios de VoIP utilizados en LTE, resuelve este problema ofreciendo un mecanismo donde el UE lleva a cabo un traspaso coordinado a nivel de radio en combinación con un cambio de IMS VoIP a voz de conmutación de circuitos usando los procedimientos IMS para la continuidad del servicio.

En este trabajo de fin de master solamente se toma en cuenta el traspaso de llamadas de voz en la dirección de LTE a 3G/2G, dado que este caso es considerado mas importante que el caso de la dirección contraria de traspaso, debido a la cobertura limitada de LTE. Por esta razón solamente esta dirección de traspaso también es soportado por los estándares actuales.

El 3GPP TS 23.216 contiene información sobre el procedimiento SRVCC, mientras que el 3GPP TS 23.237 detalla cómo el IMS maneja la continuidad del servicio.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo principal de este trabajo final de master es el estudio de la gestión de los trasposos de las llamadas de voz LTE a CS (3G/2G) al salir de la cobertura de una red LTE. Ya que en LTE la conmutación de circuitos (CS) que se tenía en las redes de telefonía móvil 2G y 3G ha sido eliminada totalmente y la red LTE será basada completamente en paquetes IP, se debe definir una solución específica para el transporte de la voz sobre LTE, así como también una solución para la gestión de los trasposos de LTE a 2G/3G. El método conocido como SRVCC es el que se va a tomar como base para la estandarización de dichas soluciones.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Estudiar el método de implementación de los servicios de voz sobre las redes LTE.
- Investigar el estado del arte del manejo de la voz sobre LTE en las diferentes publicaciones de noticias de la GSMA, 3GPP y los diferentes medios de comunicación relacionados con la telefonía móvil.
- Estudiar el papel que juega IMS en la solución de voz sobre LTE.
- El estudio de la gestión de los trasposos de llamadas de voz LTE a un canal de CS 2G ó 3G una vez se salga de la cobertura LTE, conocido como SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity).
- El estudio de los estándares del 3GPP relacionados con SRVCC.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### **Libros:**

1. G. Punz, "Evolution of 3G Networks. The concept, architecture and realization of mobile networks beyond UMTS", Springer Wien New York, 2010.
2. H. Holma y A. Toskala, "LTE for UMTS - OFDMA and SC-FDMA based radio access", John Wiley & Sons Ltd., 2009.
3. M. Poikselka y G. Mayer, "The IMS IP multimedia concepts and services", John Wiley & Sons Ltd., 2009.
4. P. Lescuyer y T. Lucidarme. "Evolved packet system (EPS). The LTE and SAE evolution of 3G UMTS". John Wiley & Sons, Ltd. 2008.
5. S. Sesia, I. Toufik and M. Baker, "LTE – The UMTS Long Term Evolution. A Pocket Dictionary of Acronyms", Wiley.
6. M. Olsson, S. Sultana, S. Rommer, L. Frid, C. Mulligan, "SAE and the evolved packet core. Driving the mobile broadband revolution", Academic Press, 2009.

##### **Documento de la GSMA:**

GSMA PRD IR.92 – "IMS Profile for Voice and SMS" 3.0, de 22 de Diciembre 2010.  
<http://www.gsmworld.com/documents>

**Especificaciones:** Listadas en la bibliografía.

**Internet:** noticias de la GSMA, artículos de revistas de telecomunicaciones.

## 3.2 METODOLOGIA

Leer y analizar la bibliografía a la luz de los conocimientos adquiridos en el master.

Describir LTE a alto nivel, identificando sus principales objetivos, entendiendo su arquitectura de EPC (Core de paquetes evolucionado) y E-UTRAN (UTRAN evolucionada) y las principales funciones de sus elementos.

Describir IMS (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM) a alto nivel, conociendo los elementos que lo componen y sus principales funciones.

Entender las soluciones que ha propuesto la industria para la realización de la voz sobre LTE, tales como VoIP basado en IMS, CSFB (Circuit Switch Fallback) y VoLGA (Voz sobre LTE a través de Acceso Genérico).

Entender las soluciones actuales de traspaso de llamadas de voz desde la red LTE a la red 2G/3G, más conocido como SRVCC. Estudiando su arquitectura, con sus interfaces, entidades que lo componen y sus principales funciones.

Entender los diferentes procedimientos que se llevan a cabo para SRVCC, tales como la determinación de la lista de celdas vecinas, el procedimiento de attach LTE, el traspaso SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM, el traspaso SRVCC desde LTE a 3G con PS HO ó 2G con soporte de HO DTM y el traspaso SRVCC desde LTE a 2G con DTM pero sin soporte de HO DTM y desde LTE a 3G sin PS HO.

Estudiar los posibles problemas que se pueden presentar en el procedimiento SRVCC y conocer las mejoras que se están elaborando para SRVCC en los próximos Releases, como el procedimiento de transferencia de información de estado de sesión, el video SRVCC, la SRVCC con fase de alerta, la rSRVCC (Continuidad de llamada de voz de radio única inversa) y la eSRVCC (SRVCC mejorada).

Entender el procedimiento de SRVCC para las llamadas de emergencia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 DESCRIPCION A ALTO NIVEL DE LTE

LTE y SAE (System Architecture Evolution) forman las bases de 3GPP Release 8. SAE es una evolución de la red Core 2G/WCDMA hacia una arquitectura plana, con simplificación máxima de la jerarquía de nodos y redes IP, de sólo paquetes y basada en todo-IP. El resultado de los esfuerzos de normalización del 3GPP es el EPS (Sistema de Paquetes Evolucionado) que consiste en la parte de la red core EPC (core de paquetes evolucionado) y la parte de evolución de la red radio E-UTRAN (UTRAN evolucionada), también conocido como LTE.

El EPS soporta una variedad de sistemas de acceso diferentes asegurando movilidad y continuidad de servicio entre esos sistemas de acceso, soporta selección del sistema de acceso basado en una combinación de políticas de operador, preferencia de usuario y condiciones de red de acceso.

El trabajo en LTE se inició a finales del 2004 y principios del 2005 con la definición de un conjunto de objetivos que pueden encontrarse en el reporte técnico 3GPP 25.913. Los objetivos más importantes incluyen:

- Velocidades pico de datos para enlace descendente de 100Mbps y para enlace ascendente de 50Mbps, asumiendo que un espectro amplio de 20Mhz se está usando.
- El tiempo que se toma en cambiar un dispositivo de usuario del estado desocupado al estado activo no debe ser más de 100ms. La transmisión entre los estados activo y en espera debe ser menor que 50ms.
- La latencia (retardo) de los datos de usuario no debe ser más de 5ms en la red de acceso radio.
- Coexistencia con 2G/3G en canales adyacentes; con otros operadores en canales adyacentes; espectro adyacente ó superpuesto en las fronteras de los países; traspaso con 2G/3G.
- El tiempo de interrupción durante un traspaso desde LTE a 2G ó 3G debe ser

máximo 300 ms para servicios que son en tiempo real ó máximo 500ms para servicios que no son en tiempo real.

- Soporte para esquemas de multiplexación FDD y TDD con la misma tecnología de acceso radio.

- Flexibilidad de espectro, con soporte para un amplio rango de anchos de banda de canal operando en 1.4Mhz, 2.5Mhz, 5Mhz, 10Mhz, 15Mhz y 20Mhz.

- La conectividad de usuario a través de la red celular debe ser mantenida a velocidades desde 120 a 350Km/h ó incluso hasta 500Km/h, dependiendo de la banda de frecuencia.

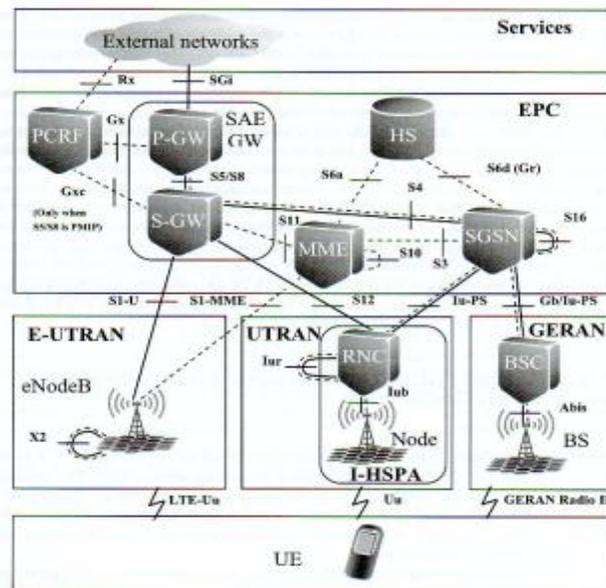
- Bajo costo de operación.

Los diseñadores de dispositivos móviles deben tomar en cuenta que se necesitan procesadores más poderosos para ejecutar servicios más avanzados, soportar velocidades de datos mayores y alimentar pantallas de alta resolución. También deben tener en cuenta que hay requerimientos de los usuarios sobre disminuir el peso y grosor de los teléfonos móviles. Para asegurar que un terminal se pueda utilizar en cualquier país del mundo se deben soportar múltiples bandas de frecuencia ya que se tienen diferentes bandas de frecuencia en diferentes países. El teléfono LTE debe proveer alta velocidad de datos con baja latencia, además proveer características, funcionalidad y desempeño equivalente ó mejor que las tecnologías inalámbricas anteriores. Los teléfonos móviles, computadoras portátiles, dispositivos de juegos, cámaras y reproductores portátiles de música tendrán incorporado conectividad LTE, al igual que el concepto de un carro conectado LTE se ha lanzado también de una alianza entre Toyota y varios proveedores y otras empresas que lo soportan.

El Foro de certificación global (GCF) ha anunciado en su pagina web [48] que ha ampliado su sistema de certificación de dispositivos móviles para incluir LTE. A partir del 16 de Diciembre de 2010, el proceso de certificación GCF se puede aplicar a los dispositivos LTE diseñados para funcionar en la banda de 700 MHz o la banda Europea Dividendo Digital de 800Mhz. El GCF espera que la certificación este disponible para otras bandas FDD y TDD LTE en el primer semestre de 2011.

#### 4.1.1 Arquitectura de sistema con LTE y redes de acceso 3GPP

La arquitectura de las redes LTE, 3G y 2G es diferente, pero estas proveen servicios de conectividad muy similares y desde el punto de vista del usuario final la única diferencia puede ser las diferentes velocidades de datos y el desempeño mejorado. La siguiente figura representa las interacciones EPC con los nodos del core de paquetes 2G/3G. Esto es conocido como la configuración de arquitectura de sistema de interfuncionamiento 3GPP.



**Figura 1**

Arquitectura de sistema para redes de acceso 3GPP. Fuente: [16]

- **EPC (Core de paquetes evolucionado)**

El EPC provee soporte para múltiples tecnologías de acceso y permite a los usuarios moverse entre ellas, por ejemplo LTE y otros accesos 3GPP y no-3GPP (WLAN ó una tecnología de acceso fijo). El EPC está compuesto de varias entidades funcionales y a continuación se define cada una de ellas:

**MME (Entidad de gestión de movilidad):** Es el nodo de control que procesa la señalización entre el UE y la red core y provee la funcionalidad VLR para el EPS. Soporta funciones relacionadas a gestión de la conexión. Realiza las siguientes funciones:

- Manejo de señalización desde y hacia el UE.
- Procedimientos de seguimiento y paging para los usuarios en el modo desocupado.
- Selección del S-Gw para un usuario durante el attach inicial y también durante el traspaso entre las redes LTE.
- Selección del PDN-Gw en el attach inicial ó para propósitos de reubicación.
- Selección de una MME destino en el caso de traspasos con cambio de MME.
- Manejo de datos del suscriptor.
- Funciones de gestión de portador.
- Funcionalidad de plano de control para movilidad entre LTE y 2G/3G.
- Gestión de la lista de áreas de seguimiento.

**S-Gw (Gateway de servicio):** Es el punto de terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia LTE y cada UE que se attacha a un EPS es asociado con un S-Gw. Cuando el UE se mueve a través del eNodeB en LTE, el S-Gw sirve como ancla de movilidad local, entonces los paquetes son enrutados a través de ese punto para movilidad intra-LTE y movilidad con otras tecnologías 3GPP, como 2G y 3G. Realiza las siguientes funciones:

- Soporte para reordenar paquetes: durante el traspaso entre eNodeB y entre RAT (Tecnologías de acceso radio).
- Almacena paquetes IP de enlace descendente destinados a los terminales que pasan a estar en modo desocupado. Si llegan nuevos paquetes, el S-Gw activa el paging hacia el UE.
- Interceptación legal de tráfico de datos de usuario.
- Marcado de paquetes en el enlace ascendente y descendente para soporte de QoS a nivel de transporte.

**PDN-Gw (Gateway de red de paquetes de datos):** Es el punto de interconexión hacia las redes IP externas a través de la interfaz SGi, es el ancla de movilidad entre

los accesos 3GPP y no-3GPP como WiMAX y 3GPP2 (CDMA/HRPD). Puede haber varios PDN-Gw por usuario para diferentes servicios IP. Realiza las siguientes funciones:

- Asignación de direcciones IP para los UEs.
- Interceptación legal.
- Marcado de paquetes a nivel de transporte en el enlace ascendente y descendente.
- Facturación a nivel de servicio de enlace ascendente y descendente.
- Control de sincronización a nivel de servicio de enlace ascendente y descendente.

El S-Gw y PDN-Gw están conectados sobre una interfaz llamada S5 (si el usuario no está en roaming) ó S8 (si el usuario está en roaming).

**HSS (Servidor de suscriptores local):** es la concatenación del HLR y el AuC que son dos funciones presentadas en las redes 2G y 3G pre-IMS. La parte HLR del HSS está a cargo del almacenamiento y actualización de toda la información de suscripción de usuario, incluyendo identificación de usuario y direccionamiento (IMSI (International Mobile Subscriber Identity) y MSISDN (Mobile Subscriber ISDN number)). La parte AuC del HSS está a cargo de generar información de seguridad de claves de identidad de usuario, esta información de seguridad es provista al HLR y comunicada a otras entidades en la red.

**PCRF (Función de reglas de facturación y políticas):** Es el elemento de control de políticas y facturación de la arquitectura SAE. Realiza control de QoS, control de acceso y control relacionado a facturación en el EPC.

#### • LTE

La red de acceso LTE está compuesta de un solo tipo de nodo, el eNodeB.

**eNodeB:** Es la estación base radio que transmite y recibe a través de su antena en un área limitada. Realiza las siguientes funciones:

- Gestión de portador radio: el establecimiento y liberación del portador radio.
- Transmisión y recepción en la interfaz radio.
- Gestión de recursos radio dinámica en el enlace ascendente y descendente.
- Gestión de movilidad radio: manejo de la movilidad del terminal mientras que esta en el estado activo. Esta función implica la configuración de medidas radio y el procesamiento, así como los algoritmos de traspaso para la decisión de movilidad y la determinación de la celda destino.
- Compresión y encriptación del encabezado IP de datos de usuario.
- Seguridad de señalización de red.
- Programación y transmisión de mensajes de paging.

El eNodeB no tiene interfaz directa con las otras redes de acceso 3GPP, pero un eNodeB puede coordinar las mediciones del UE de las celdas 3G y 2G y tomar decisiones de traspaso basadas en los resultados de las medidas. El eNodeB esta interconectado a otros eNodeB a través de la interfaz X2 y los eNodeB están conectados al EPC a través de la interfaz S1. Ambas tienen una parte de control, para señalización y una parte de plano de usuario, para la carga de datos.

En las redes celulares de CS tradicionales el terminal de usuario puede estar solamente en dos estados diferentes:

- El modo desocupado: es un estado en el cual el móvil es alcanzable, por ejemplo para el caso del establecimiento de llamada terminante de usuario, pero no se tienen sesiones de comunicación activas.
- El modo activo: donde los datos son transmitidos activamente hacia y desde el terminal de usuario, como en una llamada de voz ó sesión de datos de CS.

En LTE se tienen el modo desocupado, el modo activo y el modo en espera. El modo en espera fue inicialmente definido en el alcance de GPRS 2G, en este estado el terminal de usuario está en silencio pero siempre conectado y permite un periodo de tiempo muy corto para la transición al modo activo en caso de que la actividad de sesión de usuario sea reanudada.

#### **4.1.2 Diferencias en movilidad entre LTE y 3G**

Las principales diferencias de movilidad entre LTE y 3G son:

En 3G el UE debe actualizar la localización en la red core de CS (áreas de localización) y en la red core de paquetes (áreas de enrutamiento), mientras que en LTE solamente se usan las áreas de seguimiento (core de paquetes). La red LTE conoce la localización del UE con la exactitud del área de seguimiento y se adiciona la flexibilidad para que el UE pueda ser asignado a múltiples áreas de seguimiento.

En 3G se usa el traspaso suave para WCDMA en el enlace ascendente y descendente y en HSUPA para el enlace ascendente, en cambio LTE no tiene traspasos suaves, en los cuales el UE siempre mantiene al menos un enlace radio a UTRAN y varios enlaces radio pueden estar activos al mismo tiempo.

En LTE no se tienen traspasos suaves ya que se espera que los teléfonos móviles LTE estén en el modo de LTE ó en el modo 2G/3G, pero no en ambos modos a la vez. La razón es la eficiencia de la batería y también algunos desafíos técnicos para combinar 2G/3G basado en TDM con LTE basado en IP puro. La razón principal por la que no se producen terminales capaces de estar en LTE y en 2G/3G al mismo tiempo es la interferencia y se requerirían filtros de frecuencia muy costosos para separar la señal LTE de la señal 2G/3G. Entonces un teléfono móvil en el modo LTE no puede escuchar a 2G/3G y por lo tanto necesita retroceder (hard fallback) a 2G/3G a través de CSFB ó de un retroceso más suave a SRVCC, de lo cual se hablara más adelante.

#### **4.1.3 Redes comerciales LTE del mundo**

Actualmente se tienen 7 sistemas LTE comerciales en el mundo: TeliaSonera en Noruega, Telia Sonera en Suecia, MTS y Ucell en Uzbekistán, Mobyland & Centernet en Polonia, MetroPCS en Estados Unidos y Mobilkom en Austria.

La GSA (Global Mobile Suppliers Association) publicó el 26 de Octubre de 2010, en su página [47] la noticia de que 156 operadores en 64 países están invirtiendo en LTE, de los cuales 43 operadores están haciendo pruebas y estudios y 113 operadores han

hecho compromisos firmes de desplegar redes LTE en 46 países. La GSA prevé que al menos 55 redes LTE estén en servicio a finales de 2012.

TeliaSonera es el primer operador del mundo ofreciendo un servicio comercial LTE desde el 15 de Diciembre de 2009, disponible en Oslo y Estocolmo. Planea desplegar sus redes LTE en 25 ciudades de Suecia y en 4 ciudades de Noruega para finales del 2010. Los usuarios reciben un paquete con dos módems, que son una memoria USB de Samsung que proporciona acceso LTE y un módem HSPA para su uso fuera de Oslo y Estocolmo. El servicio LTE es hasta 8 veces más rápido que la oferta HSPA del operador, con velocidades LTE probadas de enlace descendente de hasta 80 Mbps.

MTS Uzbekistan anunció el 28 de Julio de 2010, el lanzamiento comercial de un sistema LTE, el primero en Asia Central, inicialmente en la ciudad de Tashkent.

Telecom Asia publicó un artículo [69] donde se habla del estado de las redes LTE en Japón, donde NTT DoCoMo inició los test de verificación de su red LTE en Tokio, el pasado Junio y planea el lanzamiento comercial de su red LTE en Diciembre del 2010, inicialmente sirviendo a Tokio, Nagoya y Osaka. Ofrecerá velocidades pico de datos en DL de 37.5Mbps y en algunas áreas 75Mbps. Los primeros terminales LTE serán capaces de hacer roaming con otras redes GSM/LTE externas y se esperan que salgan al mercado en Abril 2011. Su red inicial LTE en 2 GHz se sobrepondrá a su red 3G y se tendrán estaciones base W-CDMA nuevas equipadas con unidades de equipo radio remoto (RRE) LTE/W-CDMA.

En Polonia Mobyland & CenterNet lanzó el primer sistema comercial LTE 1800 Mhz (20Mhz), el cual tiene un área de cobertura dos veces mayor que la de LTE 2600 Mhz y tiene la posibilidad de desplegar BTS multi-RAN con LTE&GSM simultáneamente [47].

En USA el operador Metro PCS lanzó la primera red LTE de USA, el 21 de Septiembre de 2010 [70], en las Vegas, aunque en esta red la voz es entregada por su red 3G. Tiene el primer teléfono inteligente multimodo CDMA-LTE en USA, el Samsung SCH-R900, que incluye un teclado deslizable, una pantalla táctil y una cámara de 3.2MP, se espera que cueste 300 dólares fuera de un contrato. El dispositivo hace fallback a las redes CDMA cuando esta afuera de la cobertura LTE.



creación de servicios IP estándar e interoperables como push to talk, presencia ó mensajería instantánea, en una forma consistente a través de redes inalámbricas 3GPP. IMS está basado en protocolos flexibles como SIP desarrollados por el IETF (Internet Engineering Task Force) como un protocolo de señalización para establecer y administrar sesiones media (llamadas de voz y multimedia) sobre redes IP.

Después apareció el Release 6 que introdujo el interfuncionamiento de voz CS-IMS y el acceso de WLAN a IMS. El Release 7, adicionó telefonía multimedia IMS incluyendo servicios suplementarios, SMS sobre cualquier acceso IP, sesiones de emergencia IMS y VCC (Continuidad de llamada de voz) que permite traspasos controlados de llamadas de voz bidireccionales entre el dominio CS y la red IMS. El Release 8 se terminó en el 2008 y en este Release la VCC fue sustituida por la continuidad de servicio y por ICS. El Release 9 se refiere a funciones críticas como el manejo de servicios de localización de emergencia.

LTE/SAE soporta las NGN (Next Generation Networks) <sup>1</sup> y FMC (Fixed Mobile Convergence) <sup>2</sup> a través del IMS. Para el usuario, esto quiere decir proveer una experiencia de usuario siempre conectado a alta velocidad. Para el proveedor de servicios esto quiere decir proveer una red integrada que sea simple y de bajo costo de despliegue y permitir la integración de la red core para facturación y gestión de la red.

Debido a que LTE es una tecnología inalámbrica de datos todo-IP, es capaz de proveer la conectividad de banda ancha que IMS requiere para la entrega de servicios basados en SIP como la voz. Aunque IMS fue diseñado para soportar VoIP desde el principio, la adaptación de VoIP e IMS a las redes móviles ha sido lenta. Los estándares 3GPP describen la voz sobre IMS como la única solución de voz sobre la

---

<sup>1</sup> La tendencia básica de las NGN es hacia una red todo IP, para proporcionar un método simple para la ampliación de las redes y para permitir la adición simple de nuevas tecnologías para acceder a la red.

<sup>2</sup> FMC es la tendencia hacia la conectividad entre redes de telecomunicaciones fijas e inalámbricas. El objetivo de la FMC es optimizar la transmisión de todas las comunicaciones de datos, voz y vídeo hacia y entre los usuarios finales, sin importar su ubicación o dispositivos.

interfaz radio LTE. Para incorporar la voz sobre IMS en un ecosistema LTE, el IMS y los estándares de red LTE han sido mejorados para incluir múltiples funciones nuevas y nodos como el MSC SRVCC, del cual se hablará más adelante.

IMS se define como un subsistema dentro de la arquitectura de red móvil y se compone de una serie de entidades lógicas interconectadas a través de interfaces estandarizadas:

- La CSCF (Función de control de sesión de llamada): es el elemento central en la señalización SIP entre el UE y el IMS. Se divide en 4 partes: P-CSCF (Proxy CSCF), S-CSCF (Serving CSCF), I-CSCF (Interrogating CSCF) y E-CSCF (Emergency CSCF), que pueden residir como características software diferentes sobre el mismo producto físico ó en nodos separados conectados a través de la interfaz Mw.

Cuando un UE se registra, se le asigna una P-CSCF como punto de entrada hacia el IMS. La P-CSCF gestiona la calidad del servicio y autoriza el uso de los servicios portadores específicos en relación con los servicios basados en IMS. La S-CSCF es el nodo central de la arquitectura IMS, se encarga del registro del UE cuando este se enciende. También interactúa con los servidores de aplicaciones AS y con la MGCF para interfuncionamiento con redes CS ó con otras redes multimedia para servicios solicitados por el UE. La I-CSCF es el punto de contacto para las solicitudes SIP desde redes externas. La E-CSCF es una funcionalidad dedicada para manejar las solicitudes de emergencia IMS.

- El HSS (Servidor de abonados local): que se definió anteriormente en el capítulo 4.1.1.

- El MRFP (Procesador de función de recursos multimedia): se encarga de mezclar los flujos de información entrantes, es la fuente de flujos de información para anuncios multimedia y hace el procesamiento de estos flujos.

- El MRFC (Controlador de función de recursos multimedia): es un nodo de plano de

señalización que interpreta la información que viene desde un AS y S-CSCF para controlar el MRFP. El MRFC también puede ser usado para administrar el control de conferencias y facturación.

- La BGCF (Función de control de gateway de ruptura): habilita el interfuncionamiento de voz y video entre IMS y la red core CS.

- La MGCF (Función de control de Media Gateway): proporciona la lógica para el interfuncionamiento IMS con redes de CS externas, hace la conversión entre la señalización SIP de IMS y la señalización utilizada en redes de CS (ISUP, BICC, SIP-I).

- La Media-GW: provee el enlace de plano de usuario entre las redes core CS y el IMS, ejecuta transcodificación y procesamiento de señalización para el plano de usuario cuando es necesario, además provee tonos y anuncios a los usuarios CS.

- El SBC (Session Border Controller): es el gateway IP entre el dominio de IMS y una red IP externa. Maneja las sesiones IMS y proporciona soporte para controlar la seguridad y la calidad de la sesión.

- Los AS (servidores de aplicaciones): no son nodos puros IMS, sino entidades que proveen servicios multimedia de valor agregado en el IMS. Entre sus funciones están la posibilidad de procesar una sesión SIP entrante recibida desde el IMS, la capacidad de originar solicitudes SIP y la capacidad de enviar información de facturación a las funciones de facturación.

#### **4.2.1 ICS (Servicios Centralizados IMS)**

Los ICS (Servicios Centralizados IMS) permiten que todos los servicios de telefonía sean centralizados en el IMS, entonces los servicios de CS se sustituyen por servicios equivalentes de IMS.

3GPP ICS es una capacidad opcional y define mecanismos de señalización entre el UE e IMS para el transporte de información requerida para continuidad de servicio entre redes de acceso cuando se usa el acceso CS para transporte media (llamadas de voz y multimedia).

La continuidad de servicio CS 2G/3G es implementada con la ayuda de ICS y SRVCC, lo cual asegura continuidad de servicio a los abonados en roaming entre una red LTE sin cobertura completa nacional y una red 2G/3G a nivel nacional. Con la solución de voz sobre IMS con ICS y SRVCC, el suscriptor experimenta los mismos servicios de voz en donde esté en la red LTE ó 3G/2G, es decir el usuario tiene un solo número de directorio, plan de marcación, correo de voz, conjunto de servicios de suscriptor, etc.

Para los operadores con redes LTE sin cobertura nacional completa, se recomienda que la VoIMS sea implementada con acceso LTE y acceso UMTS PS, con cobertura HSPA+ llenando los huecos de LTE. La ventaja de este método de implementación es que permite traspasos simultáneos de voz y datos basados en PS entre las dos redes. En caso de que HSPA+ no este disponible, se recomienda que la VoIMS sea desplegada con acceso LTE y 2G/3G CS, utilizando SRVCC e ICS basado en UE para garantizar la continuidad del servicio entre las redes LTE y las redes GSM/UMTS.

Para la implementación de ICS en la red, la arquitectura introduce lo siguiente, aunque no todo esto sea requerido en una red implementando ICS:

- El AS SCC (Servidor de aplicaciones de continuidad y centralización de servicio)
- Mejoras al servidor MSC para ICS.
- Mejoras al UE para ICS

El AS SCC es una aplicación IMS basada en la red que provee la funcionalidad requerida para habilitar servicios centralizados IMS. El AS SCC realiza T-ADS (Selección de dominio de acceso – Terminante) para direccionar una sesión entrante a un usuario ICS, lo cual se realiza seleccionando una dirección de contacto entre las

direcciones de contacto registradas para el usuario ICS, tomando en cuenta un número de criterios tales como las capacidades de la red de acceso, las capacidades del UE, el estado de registro IMS, las sesiones activas existentes, preferencias de usuario y políticas del operador. Posteriormente selecciona una red de acceso para la entrega de la sesión a la dirección de contacto seleccionada. El AS SCC genera la información de facturación para todas las transferencias de sesión para una sesión IMS con el propósito de facturar y cobrar.

En el UE mejorado para ICS la función ICS es soportada directamente por el UE usando un cliente dedicado en el propio dispositivo móvil. El UE ICS es un UE IMS mejorado con capacidades ICS y provee las siguientes funciones:

- Se comunica con el AS SCC para señalización de control de servicio, como el establecimiento de llamada.
- Establece la ruta de señalización de control de portador.
- Ejecuta ADS (Selección de dominio de acceso) para sesiones originantes.
- Soporta los servicios ICS incluso cuando el suscriptor esta en roaming.

Un servidor MSC es responsable por el control de movilidad originada y movilidad terminada de llamadas de dominio CS. Termina la señalización usuario-red y la traduce a la señalización red-red adecuada. El servidor MSC también contiene un VLR para los datos de servicio del suscriptor móvil.

Un servidor MSC mejorado para ICS es un servidor MSC que soporta la funcionalidad ICS basada en la red, es responsable por el interfuncionamiento entre el lado de CS y el lado de IMS y procesa la señalización usuario-red recibida sobre el acceso CS (interfaz A/Iu y E) y traduce esto en señalización SIP en IMS y viceversa, para soportar llamadas multimedia IMS. El servidor MSC mejorado para ICS controla las funciones del MGW para permitir el interfuncionamiento entre los portadores CS y portadores RTP (protocolo de tiempo real). El gran beneficio para un operador al introducir el servidor MSC mejorado para ICS es que soporta que los UE CS se puedan conectar al IMS, lo que permite intercambiar sus abonados a IMS sin necesidad de equiparlos con terminales habilitados para IMS. Para usuarios que no sean identificados como usuarios ICS, la funcionalidad de servidor MSC no se

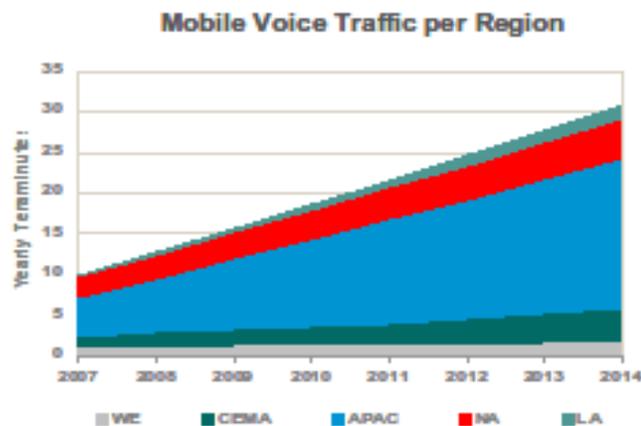
modifica.

Al usar un UE ICS se permite el soporte del servicio completo ICS sin la necesidad de mejorar el servidor MSC. Este es un concepto alternativo para un operador que no quiere tocar los nodos en los dominios CS. En caso de que el UE y el MSC no se mejoren para ICS, el comportamiento del servicio VCC Release 7 está garantizado. La opción del UE mejorado para ICS se considera mas desplegable que la del servidor MSC mejorado para ICS, ya que esta ultima requiere una importante inversión en actualizaciones ICS de todos los MSCs en la red.

En las redes 2G/3G, la implementación de ICS y SRVCC requiere el despliegue de una MGCF, que puede opcionalmente ser integrada con la MSC y es requerida para el establecimiento de las interconexiones IMS.

#### 4.3 REALIZACION DE LA VOZ SOBRE LTE

Los servicios de voz han sido la fuente principal de ganancias para los operadores móviles desde el inicio de los servicios móviles básicos. La siguiente figura muestra los pronósticos de crecimiento anual del tráfico de voz móvil para las regiones de America Latina, Norte America, Asia Pacífico y Europa:



**Figura 3**  
Tráfico de voz por region. Fuente: [60]

En GSM la red se basa exclusivamente en la conexión de circuitos, luego apareció la red UMTS donde se tiene una conexión de circuitos para voz y SMS y una conexión de paquetes para servicios basados en IP, posteriormente apareció LTE donde la conexión de circuitos ha sido eliminada y la conexión con el móvil es puramente de paquetes, por tanto los operadores deben desarrollar algún tipo de tecnología para permitir realizar llamadas de voz en LTE.

Algunas de las principales opciones para el transporte de voz sobre LTE son las siguientes:

#### **4.3.1 VoIP basado en IMS**

Es una solución aprobada por el 3GPP que soporta la voz sobre IP a través de redes LTE directamente. En la página de 3G Américas se publicó un artículo [1] donde se menciona que para garantizar la introducción sin problemas y la prestación de servicios de voz y SMS sobre las redes LTE en todo el mundo, los líderes de las telecomunicaciones AT&T, Orange, Telefonica, TeliaSonera, Verizon, Vodafone, Alcatel-Lucent, Ericsson, Nokia Siemens Networks, Nokia, Samsung Electronics Co. Ltd y Sony Ericsson han desarrollado conjuntamente un perfil técnico basado en los estándares 3GPP actuales para los servicios de voz basado en IMS y servicios de SMS sobre LTE, conocido como iniciativa One Voice, el cual tiene como objetivo acelerar el proceso de despliegue de la red todo-IP y reducir el costo de implementar LTE/IMS. El 15 de febrero de 2010 la GSMA anunció [3] que adoptó el trabajo de la iniciativa One Voice para llevar a la industria móvil hacia una forma estándar de entregar la voz y los servicios de mensajería en LTE (VoLTE). La GSMA lo está desarrollando como un PRD IR.92 – IMS Profile for Voice and SMS [2].

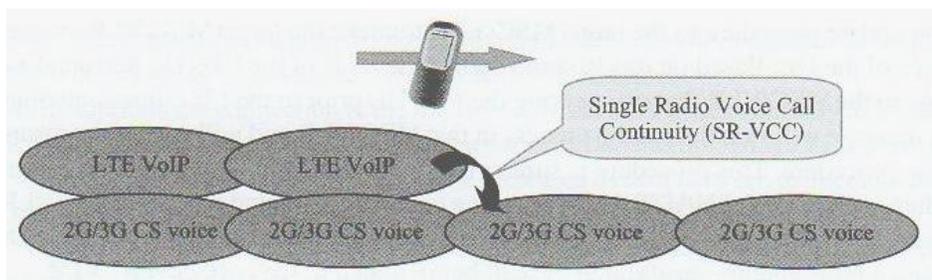
El documento propone la utilización de la infraestructura estandarizada IMS, la red core de paquetes y de acceso radio y se centra en la interacción con el dispositivo (UE), es un documento que define un conjunto de características que un dispositivo inalámbrico y la red tienen que implementar para garantizar servicios interoperables

de voz de alta calidad basada en IMS sobre LTE, sin importar quién sea el vendedor. Habla de los siguientes aspectos:

- Las capacidades básicas IMS y de voz incluyendo los servicios suplementarios.
- La negociación, transporte y codecs en tiempo real.
- Las capacidades de radio LTE y core de paquetes evolucionado.
- La funcionalidad que es relevante a través de la pila de protocolos y subsistemas.

La solución basada en IMS beneficia a los operadores móviles al permitirles ofrecer simultáneamente acceso de banda ancha LTE, voz y SMS en una forma eficiente y continua, evitando la fragmentación de las soluciones técnicas, además ofrece preparación para aplicaciones adicionales de voz (voz enriquecida). La solución de voz sobre IMS soporta RCS (Rich Communication Suite) la cual incluye aplicaciones como imagen y video compartido, presencia, chat y una libreta de direcciones de red. La solución también beneficia al usuario final permitiéndole el uso simultáneo de los servicios de voz LTE y de datos, dentro de la red de origen y en roaming en todo el mundo, además la usabilidad y experiencia de la voz y SMS en redes de conmutación de paquetes igual ó mejor que en las redes de conmutación de circuitos actuales y permite la disponibilidad de una amplia gama de dispositivos certificados.

Además esta solución aprovecha SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity) para subsanar las deficiencias de cobertura en las redes LTE. Cuando una llamada de voz inicialmente se establece sobre la red LTE, si el usuario sale del área de cobertura de LTE la llamada se pasa a la red core CS 2G/3G a través del soporte del core IMS.



**Figura 4**  
SRVCC. Fuente: [16]

En la página de noticias del 3GPP se encuentra un artículo [5] donde se menciona que

la solución 3GPP para voz sobre LTE es una combinación de múltiples esfuerzos, primero en el Release 7 donde se optimiza la señalización IMS y la codificación VoIP para que sea tan buena ó mejor que la voz CS en terminos de calidad y eficiencia. También se agregan los requerimientos de llamada de emergencia IMS y lo adapta a los requerimientos regulatorios en LTE y GPRS en Release 9. En el Release 8 se desarrolla una evolución optimizada de red radio y core para la transferencia de paquetes de datos y se agregan los requerimientos de conectividad siempre-conectado IP en LTE.

En la página del IMTC (International Multimedia Telecommunications Consortium) [6] se publicó un artículo que menciona que el IMTC fue seleccionado por la GSMA para desarrollar perfiles de uso y especificaciones y luego realizar eventos de prueba de interoperabilidad para la voz sobre LTE. El IMTC IMS AAG (Activity Group) ya ha llevado a cabo su primer evento de prueba de interoperabilidad VoLTE [7] en Estocolmo, Suecia, del 2 al 4 de Febrero de 2010. Se logró el establecimiento de una llamada de voz IMS y se empezó también con algunos SS (servicios suplementarios).

### **Fast Track, la solución de NSN (Nokia Siemens Networks) para voz sobre LTE**

La solución Fast Track de NSN proviene de la introducción de una actualización de software para su MSC server softswitch móvil en el 2006, para que este pudiera soportar VoIP y convertirse en el NVS (Nokia VoIP Server). En febrero de 2009, NSN presentó el "Fast Track" para la implementación completamente normalizada de servicios de voz sobre LTE antes del pleno despliegue de IMS que será el mecanismo estándar para proveer servicios de voz y multimedia a través de las redes LTE.

El enfoque VoLTE Fast Track de NSN es más o menos un subconjunto de la solución compatible con IR.92 basada completamente en IMS. Fast Track se centra sólo en la voz y SMS, no es posible el soporte de multimedia o aplicaciones de IMS en su forma completa, pero re-utiliza todas las interfaces estándar que se requieren para servir a los móviles. También es fácilmente actualizable a la solución IMS en su forma completa. La ventaja de esto es que permite la introducción de la voz sobre LTE, solamente actualizando los switches existentes. Se pueden re-utilizar las

soluciones ya desplegadas de facturación, interceptación legal, llamadas de emergencia CS. La desventaja es, que como se mencionó solamente soporta voz y SMS, nada más y trabaja únicamente con MSC-Ss de Nokia Siemens Networks.

El enfoque VoLTE Fast Track de NSN es totalmente compatible con las especificaciones PRD IR.92. Y como se dijo anteriormente es un subconjunto de IR.92, que se puede ver como el primer paso hacia la solución completa IMS IR.92. Lo bueno es que todo puede re-utilizarse. Así que no es una alternativa, es una opción en el camino a IMS completo o una estrategia de introducción sin problemas, si un cliente no quiere hacer la introducción completa de IMS desde el principio.

En diciembre de 2009 NSN publicó un artículo [8] que menciona que una llamada de voz compatible con los estándares de LTE se realizó por NSN en sus centros de I + D en Alemania y Finlandia. La llamada fue hecha desde un ordenador portátil equipado con la aplicación softphone NSN Communication Suite y una tarjeta de datos USB LTE de LG Electronics.

NSN publicó un artículo [9] donde se anunció que se demostró la interoperabilidad de la voz sobre LTE (VoLTE) basada en estándares usando dos clientes diferentes corriendo sobre dispositivos LTE Samsung. La llamada VoLTE cumple con los estándares y ha sido demostrada entre clientes VoLTE de diferentes vendedores.

#### **4.3.2 Circuit Switch Fallback (CSFB)**

El EPS prevé en principio IMS para el manejo de sesiones, pero durante la fase de diseño los operadores del sistema 3GPP evolucionado difirieron en sus planes de despliegue previstos, algunos de ellos no se decidían a desplegar IMS con el acceso de radio LTE y el despliegue del core EPC, por lo tanto apareció CSFB que es una solución de transición aprobada por el 3GPP [10] para cuando las capacidades de VoIP IMS no son soportadas.

CSFB esta disponible solamente en el caso en que la cobertura de LTE se superponga

por cobertura 2G ó cobertura 3G. No se requieren nuevos nodos de red, sólo actualizaciones de la infraestructura existente (MSC, RNC, SGSN, eNodoB, MME). Los cambios en el terminal para CSFB también son menores, haciendo esta opción relativamente fácil de implementar y económica, pero no es una solución de voz sobre LTE porque la voz no se está llevando sobre LTE, sino que sigue siendo llevada a través de la red 3G ó 2G.

En la solución CSFB cuando el UE se registra en LTE/EPC y se hace ó recibe una llamada de voz ó un SMS y el terminal LTE está habilitado con CSFB, la MME y MSC/VLR mantienen una asociación a través de la interfaz S-Gs que permite al UE, con el soporte de la red, activar el retroceso en LTE, suspender la conexión de datos con la red LTE y establecer la conexión de voz a través de la red 2G/3G y llevar a cabo la señalización para continuar la llamada ó el manejo de servicios suplementarios. El principal problema de CSFB son los largos tiempos de establecimiento de llamada lo cual resulta en una degradación significativa de la experiencia de usuario.

En [2] también se indica soporte para CSFB en el caso de los servicios de emergencia, de los cuales se habla mas adelante. CSFB será una característica esencial en el despliegue de LTE y todas las tarjetas de datos iniciales de LTE soportarán CSFB debido a los requerimientos para soportar SMS, ya que este es un requisito establecido por NGMN (Next Generation Mobile Network).

#### **4.3.3 Voz sobre LTE a través de Acceso Genérico (VoLGA)**

VoLGA es una solución cuyo objetivo es facilitar la continuación de los servicios de voz y SMS en las redes LTE, se basa en el estandar 3GPP GAN (Generic Access Network), soporta trasposos de llamadas activas entre LTE y 2G/3G, es de bajo riesgo y bajo costo operacional. Deutsche Telekom anunció a principios de Diciembre de 2009 que completó la primera llamada de voz LTE utilizando la tecnología VoLGA [36].

3GPP GAN provee un nodo controlador GANC (Controlador GAN) insertado entre la

red de acceso IP y la red core 3GPP. La arquitectura de VoLGA introduce un nuevo elemento de red denominado VANC (Controlador de red de acceso VoLGA), que es un GANC que ha sido modificado para soportar servicios CS sobre EPS, el controlador se conecta al switch móvil de voz existente del operador y al ser un controlador externo puede ser desplegado e integrado a la red sin cambiar el software en las MSC en la red. El controlador VoLGA toma toda la voz de circuitos estándar y los mensajes SMS, los pone en paquetes IP y los enruta sobre LTE en el teléfono. VoLGA provee la misma experiencia de usuario para los servicios de voz y SMS sobre LTE, que se tendría a través de redes 2G ó 3G.

El VANC gestiona la conexión del UE al servicio VoLGA e interactúa con el MSC usando las interfaces estándar A ó Iu. Soporta interfaces 2G hacia una red core en la que los servicios VoLGA se comportan con la red core como si fueran procedentes de una BSC y soporta interfaces UTRAN hacia una red core en la que los servicios VoLGA se comportan con la red core como si fueran procedentes de una RNC. El VANC soportará funciones de traspaso CS hacia la MSC de la misma manera como un BSC/RNC.

Kineto Wireless anunció el primer cliente software de la industria que soporta simultáneamente VoLGA y voz IMS para terminales LTE [18].

#### **4.3.4 Comparación entre las posibles soluciones de voz sobre LTE**

IMS ha emergido como el camino preferido para voz sobre LTE, pero el movimiento hacia IMS involucrará inversiones sustanciales en infraestructura por parte de los operadores, por tanto los operadores que no deseen moverse a IMS en la primera etapa tienen la alternativa de usar CSFB (Circuit Switch Fallback) y VoLGA (Voz sobre LTE a través de Acceso Genérico), que ya tienen sus especificaciones completamente definidas. El trabajo en IMS aún está en progreso.

CSFB y la solución VoLTE basada en IMS están estandarizadas de acuerdo al 3GPP Release 8, al igual que los terminales. Una diferencia entre la solución propuesta en [2] y la solución CSFB, es que CSFB no permite a los operadores ofrecer simultáneamente acceso de banda ancha LTE, voz y SMS sobre LTE y tampoco soporta IMS/RCS (Rich Communication Suite).

Para la solución CSFB la red que provee la cobertura radio de voz es la red 2G/3G, para la solución VoLGA e IMS la red es LTE. La solución CSFB esta estandarizada de acuerdo al 3GPP Release 8, al igual que los terminales, en cambio la solución VoLGA y sus terminales no lo están. VoLGA requiere un cliente específico en los teléfonos LTE, que tendrían que tener su firmware modificado con el fin de soportar VoLGA, en cambio la solución CSFB requiere pequeños cambios en el terminal para soportar CSFB.

En la solución VoLTE sobre IMS el terminal debe soportar los procedimientos SRVCC para una llamada activa, además el terminal debe detectar que la red soporta SRVCC de la respuesta del MME en el mensaje de solicitud de attach. El terminal debe ser capaz de indicar al EPS que se va a usar SRVCC para traspasos a la red 2G/3G. Los terminales usando las capacidades ICS están fuera del alcance de la última versión del IR.92.

La solución VoLGA requiere el VANC, gateway de seguridad y un servidor AAA, la solución de voz sobre IMS por su parte requiere una inversión considerable en la red LTE ya que el proveedor de servicios móvil necesita desplegar el core IMS.

La solución VoLGA requiere que la cobertura LTE y 2G/3G se solape, también una configuración similar para áreas de seguimiento y localización. La solución CSFB no permite para 2G el soporte simultáneo de voz y datos, pero si lo permite para 3G, en cambio las soluciones VoLGA y voz sobre IMS si lo permiten. La solución CSFB y VoLGA no permiten hacer un traspaso de 3G/2G a LTE durante una llamada en curso, pero la solución VoIMS si lo va a permitir en el Release 10 3GPP.

VoLGA no es compatible con las especificaciones de [2]. En [2] se usa puramente la red basada en IP, mientras que VoLGA usa la red core de CS para el control del servicio de voz, por tanto debido a que IMS no esta siendo usado, VoLGA no se da cuenta de todos los beneficios de una red todo-IP.

En la solución VoLGA no existe un retardo adicional de llamada ó pérdida de llamadas asociadas con retroceder (falling back) a otra red (2G/3G), como en CSFB [13]. VoLGA ofrece tiempos de establecimiento de llamada de hasta 65 por ciento más rápidos que las tecnologías alternativas de voz LTE, como el CSFB [14].

#### **4.4 SOLUCION IR.92 PARA TRASPASOS DE LA RED LTE A LA RED 2G/3G**

En la red LTE la cobertura radio puede ser asumida como no-continua al menos en las etapas iniciales del despliegue, pero la voz como un servicio se basa en una cobertura de servicio continua. El soporte para cobertura de servicio continuo en una red móvil es realizado a través de traspasos entre celdas radio y entre estaciones base, por tanto la cobertura completa del servicio de voz se basa en que:

- Otras redes de acceso como 2G/3G están complementando la red de acceso LTE en términos de cobertura.
- El dispositivo usado para hacer la llamada de voz también soporta esas tecnologías de acceso.
- Los traspasos entre sistemas son posibles.

Los objetivos de los procedimientos de traspaso son:

- Mantener la QoS (calidad de servicio) antes, durante y después del traspaso.
- No agotar la potencia de batería del UE.
- Mantener la continuidad de servicio (mínima latencia de traspaso).
- Traspaso sin problemas hacia la tecnología 3G/2G.

Existen dos formas con las que un traspaso puede ser decidido:

- Evaluado por la red: donde la red toma la decisión de traspaso.
- Evaluado por el móvil: el UE toma la decisión de traspaso e informa a la red sobre eso. La decisión final será tomada por la red basada en la gestión de recursos radio.

En las redes 3G y LTE, se usa un enfoque híbrido para decidir sobre el traspaso, donde el UE asistirá en la decisión de traspaso tomando medidas de las celdas vecinas y reportando esas medidas a la red, la cual decide sobre el tiempo de traspaso y la celda de destino. Los parámetros para medir y los umbrales para el reporte son decididos por la red.

En LTE existen tres tipos de trasposos:

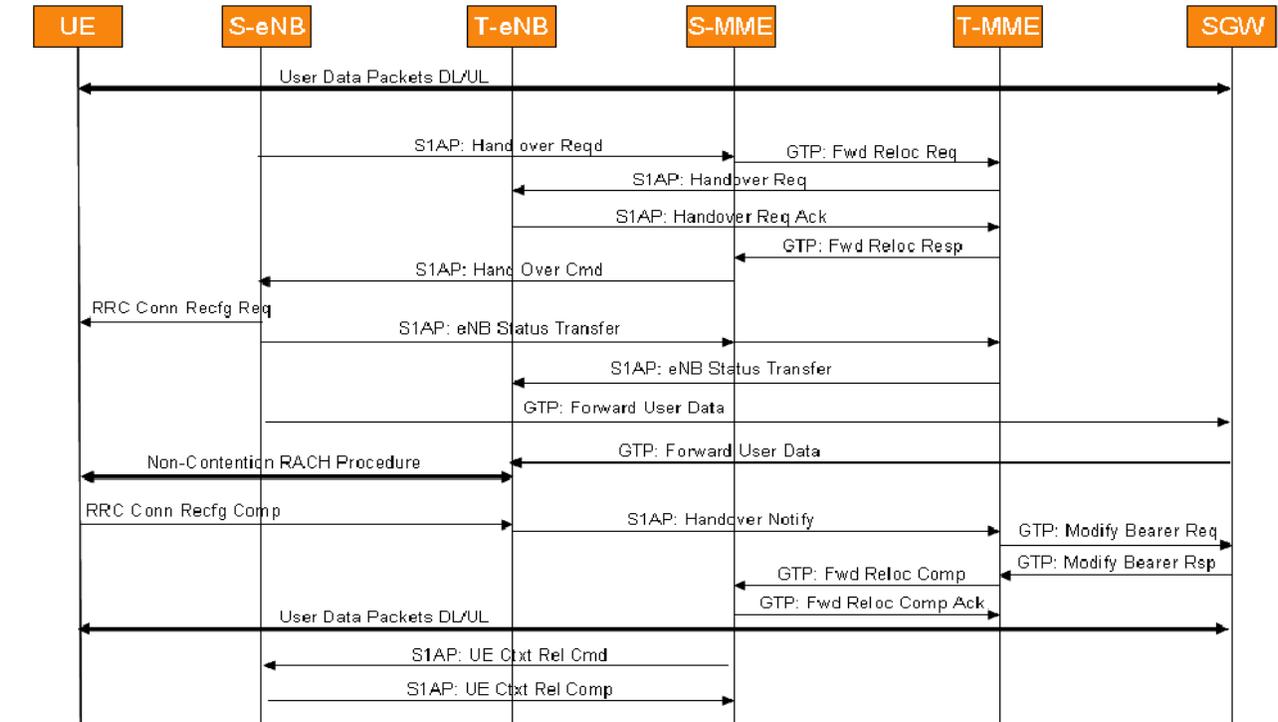
- Intra-LTE: el traspaso pasa dentro de los nodos actuales LTE (intra-MME e intra-SGw)
- Entre-LTE: el traspaso pasa hacia los otros nodos LTE (entre-MME y entre-SGw)
- Entre-RAT: el traspaso se da entre redes de tecnología radio diferente para servicios de tiempo real y de no-tiempo real, por ejemplo 2G/3G y LTE. El traspaso entre sistemas es controlado por el sistema de acceso origen para el inicio de las mediciones y decidir la ejecución del traspaso. Es un traspaso hacia atrás donde los recursos de radio son reservados en el sistema de destino antes de que el comando de traspaso sea enviado por el UE y toda la información desde el sistema destino es transportada al UE a través del sistema de origen de forma transparente.

Un comando de traspaso incluye información describiendo los recursos CS y PS asignados al UE (identidad de celda destino, frecuencia portadora, especificación de canal de tráfico).

A continuación se describe brevemente un traspaso entre-LTE:

#### **4.4.1 Traspaso entre-LTE (Entre-MME usando la interfaz S1)**

En un traspaso entre-MME, dos MMEs se ven involucrados en el traspaso, el MME de origen (S-MME) y el MME de destino (T-MME). El S-MME controla el eNodeB de origen (S-eNB) y el T-MME controla el eNodeB de destino (T-eNB); ambos MMEs están conectados al mismo SGW. Este traspaso es activado cuando el UE se mueve desde el área de un MME al área de otro MME.



**Figura 5.**

Traspaso entre-MME. Fuente [45]

Basado en el reporte de medidas del UE, el S-eNB decide hacer el traspaso del UE a otro eNodeB (T-eNB). Dos MMEs coordinan la señalización de traspaso entre los eNodeBs de origen y de destino. Después de recibir el HANDOVER REQUIRED S1, el S-MME detecta que la celda destino solicitada para traspaso pertenece a otro MME e inicia el mensaje GTP FORWARD RELOCATION REQ al T-MME.

El T-MME crea la conexión lógica S1 hacia el T-eNB y envía la HANDOVER REQ S1. El T-eNB prepara los recursos solicitados y responde con un HANDOVER REQ ACK al T-MME. El T-MME envía una GTP FORWARD RELOCATION RESP al S-MME, para notificar la reserva de recursos en el T-eNB. El S-MME envía el comando de traspaso al S-eNB.

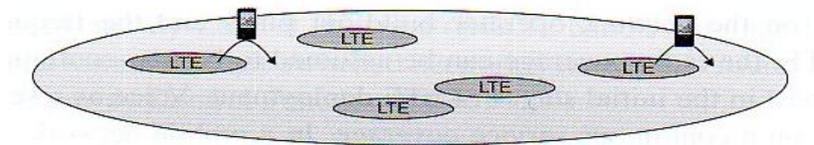
Los paquetes de datos DL son reenviados desde el S-eNB al T-eNB a través del SGW durante el traspaso. Una vez el T-eNB detecta el UE en su área, este notifica al T-MME con un mensaje HANDOVER NOTIFY S1. El T-MME notifica que se ha

completado el traspaso al S-MME con un mensaje GTP FORWARD RELOCATION COMPLETE NOTIFY.

El S-MME envía un mensaje de reconocimiento del GTP FORWARD RELOCATION COMPLETE NOTIFY al T-MME y procede a liberar la conexión lógica S1 y los recursos portadores asociados.

#### 4.4.2 SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity)

La siguiente figura muestra unas áreas oscuras pequeñas (Sistema A) que ilustran la cobertura LTE y un área grande más clara (Sistema B) que ilustra una tecnología como 2G/3G con mucha mejor cobertura radio:



**Figura 6**

Necesidad del soporte de movilidad. Fuente: [43]

Existen tres casos de uso que deben ser considerados:

- El caso en que una llamada de voz es establecida cuando se está en cobertura LTE y el usuario no se está moviendo fuera de cobertura LTE durante la duración de la llamada. IMS podría ser usado para proveer el servicio de voz sobre LTE.
- El caso en que una llamada es establecida cuando se está fuera de cobertura LTE.
- El caso de un traspaso entre-RAT. En este caso una llamada de voz es establecida cuando se está en cobertura LTE y durante la llamada de voz el usuario se mueve fuera de la cobertura LTE. Si el sistema B puede soportar servicios IMS, esto podría ser manejado a través de un traspaso de paquetes entre LTE y los otros sistemas como WCDMA/HSPA y el servicio de voz podría ser prestado como un servicio basado en IP y manejado por la infraestructura IMS. Si no es así, para asegurar la continuidad de servicio la solución 3GPP para esto es

conoce como SRVCC. SRVCC elimina la necesidad de que los UEs estén attachedos simultáneamente a dos redes diferentes.

En un procedimiento de radio única como SRVCC, los terminales móviles no pueden soportar simultáneamente señalización en el acceso radio LTE y 3G/2G. El estándar no se opone a la operación de radio dual, pero las diferentes redes de acceso a menudo operan en frecuencias que están muy cercanas unas de otras y la operación de radio dual podría causar mucha interferencia dentro del terminal. Si se tuvieran que mantener las conexiones simultáneas a dos sistemas (En la figura anterior al Sistema A y el Sistema B) el terminal del usuario requeriría filtros de radio, antenas y procesamiento de señales más complejos y costosos.

#### **4.4.3 Arquitectura para SRVCC**

La siguiente figura muestra la arquitectura SRVCC LTE a 3G/2G presentada en [15]:

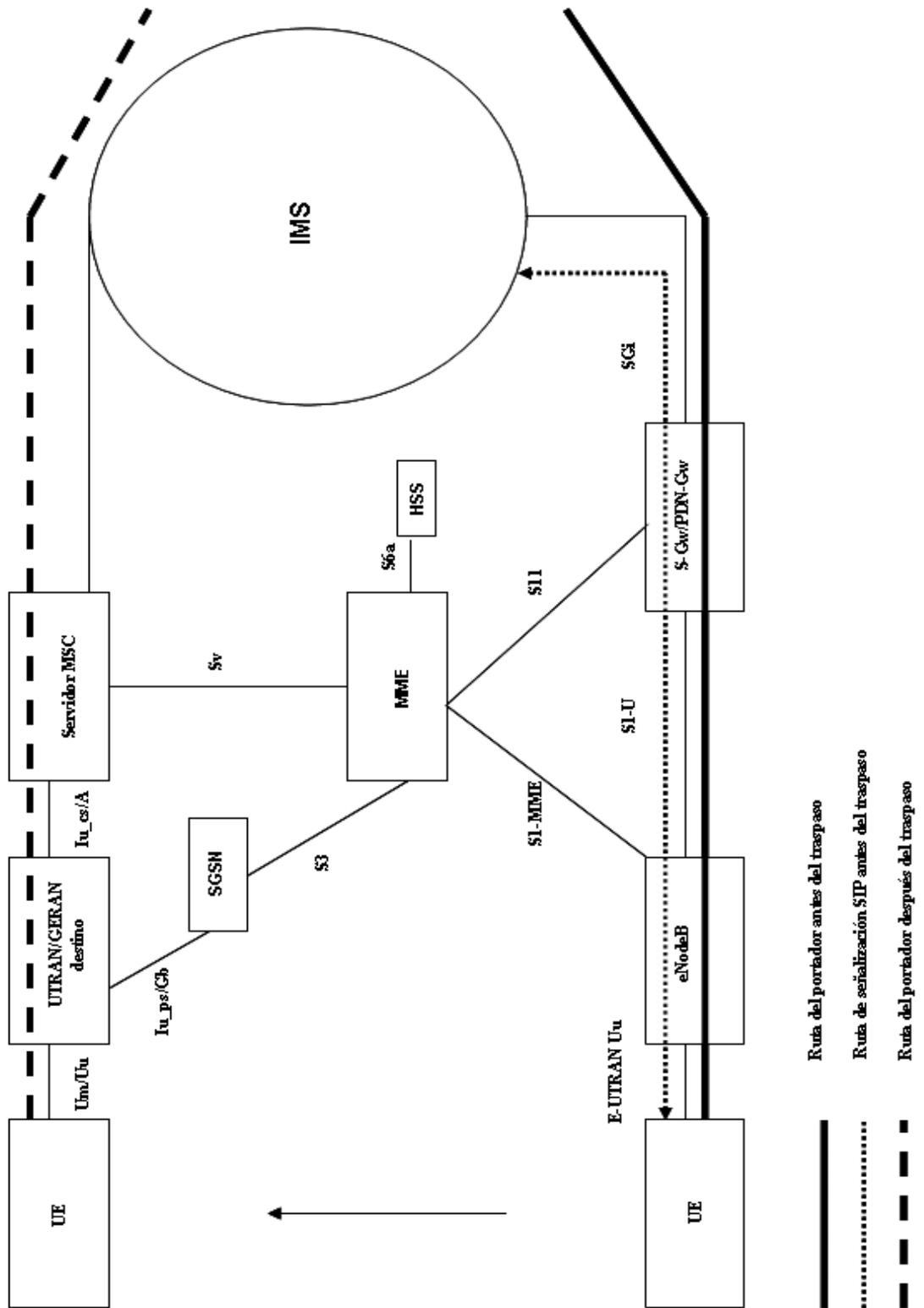


Figura 7

Arquitectura SRVCC LTE a 3G/2G. Fuente: [15]

#### 4.4.3.1 Interfaces

Se definen las siguientes interfaces:

- **Interfaz Sv (Entre la MME y el servidor MSC)**

La interfaz de plano de control Sv es usada para señalización de control en el traspaso entre-RAT desde VoIP/IMS sobre EPS, al dominio CS sobre el acceso 3G/2G. La interfaz Sv se basa en GTPv2 (GPRS tunnelling protocol) y permite la preparación de los recursos en el sistema de destino, sin dejar de estar conectado al acceso de origen.

- **Interfaz S1**

Los eNodeB están conectados al EPC a través de la interfaz S1 que se divide en dos partes:

1. S1-MME (interfaz de plano de control): permite señalización de traspaso entre el eNodeB y la MME. Provee soporte para funcionalidades como paging, gestión de contexto de UE, gestión de E-RAB (Radio Access Bearer) y traspasos. La capa de red de transporte está construida sobre transporte IP y para el transporte confiable de mensajes de señalización se adiciona SCTP sobre IP. El protocolo de señalización de capa de aplicación es referido como S1-AP (Application Protocol). Los traspasos entre-RAT deben ser iniciados a través de la interfaz S1 con la función de traspaso entre-RAT, que comprende la preparación, ejecución, finalización y cancelación del traspaso.

2. S1-U (interfaz de plano de usuario): lleva datos de usuario entre el eNodeB y el S-Gw. La capa de red de transporte es construida sobre el transporte IP y se usa GTP-U sobre UDP/IP para llevar los PDUs de plano de usuario entre el eNodeB y el S-Gw.

La interfaz S1 además realiza funciones de soporte de restricción de área y roaming, funciones de balance de carga MME, funciones de reporte de localización y funciones de gestión de información RAN.

- **Interfaz S6a (Entre el HSS y la MME)**

Esta interfaz permite el intercambio de datos relacionados al suscriptor entre la MME y el HSS, que puede ocurrir cuando el suscriptor móvil requiere un servicio particular, cuando quiere intercambiar algunos datos relacionados a su suscripción ó cuando algunos parámetros de la suscripción son modificados por vía administrativa. El protocolo de interfaz S6a está basado en Diameter. Los mensajes Diameter sobre S6a deben usar el SCTP (Stream Control Transmission Protocol) como un protocolo de transporte. La interfaz S6a permite:

–Intercambiar información de localización: por ejemplo si el UE se attacha a una nueva MME, la MME baja información desde el HSS sobre la MME que sirvió previamente al UE.

–Autorizar a un usuario a acceder al EPS: el perfil de suscripción es bajado desde el HSS a la MME y es usado cuando se le garantiza el acceso a un UE al EPS.

–Intercambiar información de autenticación: el HSS provee datos de autenticación a la MME cuando el usuario está siendo autenticado.

–Bajar y manejar cambios en los datos de suscriptor almacenados en el servidor: cuando los datos de suscriptor en el HSS son modificados, se bajan a la MME que está sirviendo actualmente al UE. Basado en los datos de suscriptor actualizados, la MME puede modificar la sesión en curso ó desattachar al UE completamente.

La interfaz S6a se utiliza para descargar información relacionada con SRVCC a la MME durante el procedimiento de attach LTE ó para informar a la MME de que la información STN-SR en el HSS ha cambiado.

#### **4.4.3.2 Entidades funcionales para SRVCC**

Para SRVCC se definen las siguientes entidades funcionales:

## • UE (Equipo de Usuario)

Dado que el estándar LTE soporta el traspaso y roaming a las redes móviles existentes, la mayoría de dispositivos asegurarán cobertura ubicua de banda ancha móvil desde el primer día. Los servicios de voz en curso y las características deben mantenerse mientras se viaja desde las zonas de servicio LTE a las áreas de cobertura 2G/3G. Como se mencionó anteriormente un dispositivo que soporte 2G y LTE simultáneamente es considerado complicado y costoso de diseñar, requiriendo filtros avanzados para cancelar la interferencia entre las tecnologías radio, por esto se han diseñado soluciones para soportar traspasos eficientes entre tecnologías radio.

El UE le indica a la red en el procedimiento de attach que esta habilitado con SRVCC al estar configurado para utilizar el servicio de voz IMS soportado por el operador de origen. La solución para SRVCC no exige un UE con capacidad de múltiples RATs para señalar simultáneamente en dos RATs diferentes y el cambio de RAT debe estar bajo control de la red.

El UE SRVCC incluye en el mensaje de solicitud de attach y en los mensajes de TAU (actualización de área de seguimiento) no periódicos el MS Classmark 3 (indicando si el MS soporta SRVCC a 2G, o no), MS Classmark 2 (indicando si el MS soporta SRVCC a 2G ó 3G ó ambos) y el IE (Elemento de Información) de codecs soportados (Lista de codecs soportados en el dominio CS, usados si el MS soporta SRVCC a 2G ó 3G ó ambos).<sup>3</sup> Donde el IE es un elemento de definición de protocolo, como por ejemplo el tipo de mensaje.

La idea de LTE es que la red guía al terminal sobre que cosas debe hacer y en el caso de SRVCC, la red decide si el traspaso va a 2G ó 3G. Existen ciertas cosas que se deben configurar en el terminal, pero no relacionadas directamente con SRVCC.

## • eNodeB

La movilidad desde y hacia otras redes de acceso 3GPP es la única adición al eNodeB LTE comparado con la configuración de arquitectura del sistema básico. Desde la

---

<sup>3</sup> El Classmark es la manera que tiene el móvil de informar a la red sobre sus capacidades, para que la red sepa que puede hacer el móvil y así tener cuidado de no ordenarle hacer algo que el móvil no es capaz de realizar.

perspectiva del eNodeB las funciones son muy similares independientemente de si la otra red de acceso es 3G ó 2G.

El eNodeB analiza los reportes de mediciones enviados por el UE y los utiliza para activar un traspaso SRVCC a 2G/3G y determinar la celda 2G/3G concreta que se utilizará después del traspaso.

Cuando el eNodeB selecciona una celda destino para traspaso SRVCC, envía un mensaje de traspaso requerido a la MME. El mensaje de traspaso requerido contiene:

- El ID de destino que identifica el destino para el traspaso y puede ser el ID de RNC para traspaso LTE-3G ó el ID Global de Celda del destino de traspaso en caso de traspaso LTE-2G.

- El contenedor transparente genérico de origen a destino. El origen genérico es una referencia para que se pueda "unir" la llamada inicial con la nueva en el otro medio radio y es genérico en el sentido de que según las tecnologías radio origen y destino el contenido será diferente.

Un contenedor transparente es la información que se pasan los subsistemas radio para poder hacer el traspaso. El contenedor transparente de origen a destino, es un IE usado para pasar de forma transparente información relacionada con radio desde el origen de traspaso al destino de traspaso a través del EPC, esto es producido por el nodo RAN (Red de acceso radio) de origen.

- El contenedor transparente adicional de origen a destino, que se envía en el caso de que el destino sea 2G. El eNodeB pone el IE (Elemento de información) de información de vieja BSS a nueva BSS para el dominio CS. Este IE se usa para indicar a la BSC destino que la estación móvil se encuentra en DTM (Modo de transferencia dual), que es la existencia simultánea de una conexión CS y una sesión PS.

- La indicación de traspaso SRVCC. Si el destino es 2G y no se tiene soporte de traspaso DTM, se indica a la MME que el destino solamente esta habilitado para CS, la solicitud será para una operación de traspaso SRVCC solamente hacia el dominio CS, el mensaje incluye también una indicación de que el UE no esta habilitado para el servicio PS en la celda destino. En cambio, si el destino es 3G (es decir, es capaz de

mantener simultáneamente voz y datos), se indica a la MME que el destino está habilitado para CS y PS y que esta solicitud es para un traspaso CS + PS.

- **MME (Entidad de gestión de movilidad)**

La MME también debe soportar SRVCC y es informada a través de la solicitud de traspaso del eNodeB de que un traspaso SRVCC es requerido. La MME realiza el procedimiento de traspaso SRVCC para el traspaso del componente de voz a la celda de destino a través de la interfaz Sv, enviando al servidor MSC un mensaje de solicitud SRVCC PS a CS (IMSI, ID de destino, STN-SR, C-MSISDN, contenedor transparente de origen a destino, contexto MM). El mensaje incluye información relevante solamente al dominio CS.

El servidor MSC es seleccionado basado en un algoritmo usando como entrada el C-MSISDN y la identidad de la MME. El C-MSISDN es un MSISDN (MS international ISDN number) que es usado para la correlación de sesiones en la transferencia de acceso y para enrutar una llamada desde el IMS al mismo usuario en el dominio CS [71]. El AS SCC puede obtener del HSS, el C-MSISDN ligado a la identidad privada de usuario IMS almacenada en el perfil de usuario en el HSS. Si un usuario no está registrado en IMS, los nodos de interworking CS/IMS incluyen el C-MSISDN como número que llama en la solicitud de transferencia de sesión.

Los nodos de interworking CS/IMS son elementos funcionales CS/IMS que existen entre el UE y el AS SCC entre los que se incluyen el servidor MSC mejorado para ICS, el servidor MSC mejorado para SRVCC o una MGCF y un servidor MSC que no está mejorado para ICS.

El contexto MM (Gestión de movilidad) contiene información relacionada a seguridad. Para el caso de UEs operando en el estado de servicio limitado, la MME también incluye el identificador de equipo en el mensaje de solicitud al servidor MSC. El estado de servicio limitado son una serie de situaciones en las que el suscriptor móvil no está en condiciones de obtener un servicio normal de la PLMN y

pueden ser: un fallo al encontrar una celda adecuada de la PLMN seleccionada, no se tiene SIM en el suscriptor móvil, una respuesta "suscriptor móvil ilegal", "equipo móvil ilegal" ó "IMSI desconocido en el HLR" a un LR (Registro de localización).

La MME también pasa el STN-SR (número de transferencia de sesión de procedimientos SRVCC) en el mensaje de solicitud al servidor MSC. El STN-SR es un número E.164 asignado por el HSS y se descarga a la MME durante el procedimiento de attachment de cada UE a LTE, es usado por el servidor MSC para solicitar al AS SCC IMS la transferencia de sesión desde el dominio PS al dominio CS.

#### • Servidor MSC

El servidor MSC se mejora para SRVCC e interconecta la solicitud de traspaso PS a CS que recibe de la MME con una solicitud de traspaso CS entre MSCs, mediante el envío de un mensaje de solicitud de preparación de traspaso al MSC destino. El propósito del procedimiento de preparación de traspaso es solicitar la preparación de recursos en el lado destino a través del EPC.

Si el sistema de destino es 2G, el servidor MSC asigna un SAI (Identificador de área de servicio) por defecto como ID de origen en la interfaz al BSS destino y usa BSSMAP encapsulado para la solicitud de preparación de traspaso. Si el sistema de destino es 3G, el servidor MSC usa RANAP encapsulado para la solicitud de preparación de traspaso.

El SAI se utiliza para identificar un área formada por una ó más celdas que pertenecen a la misma área de localización. El área de localización se llama área de servicio y puede ser usada para indicar a la red core la localización de un UE. El valor del SAI por defecto se configura en el MSC y permite a una BSC Release 8 ó posterior, identificar que el origen del traspaso SRVCC es LTE. Para garantizar unas estadísticas correctas en la BSS destino el SAI por defecto debería ser diferente de los SAIs usados en 3G.

- **S-Gw y PDN-Gw**

Cuando una sesión de datos esta activa con una llamada de voz, la sesión de datos puede ser traspasada a la red 2G/3G ó suspendida, dependiendo de las características de la red. Si el traspaso es a 3G, el eNodeB realizará un traspaso PS habilitando la sesión de datos para que continúe con la llamada de voz CS. Sin embargo, si el traspaso es a 2G, un traspaso PS puede solamente ocurrir si la red 2G y el terminal soportan DTM. De lo contrario, la sesión de datos será suspendida.

Cuando la celda 2G/3G soporta los servicios PS y CS en paralelo (DTM), la sesión de voz es reubicada desde el S-Gw/PDN-Gw al servidor MSC y la sesión que no es de voz es reubicada desde la interfaz S1-U (entre el eNodeB y el S-Gw) a la interfaz S4 (entre el SGSN y S-Gw/PDN-Gw) y luego a una celda 2G/3G a través del SGSN. El IE de conexiones PDN incluye la información de portador para los portadores que no son de voz y los que son de voz.

No se tienen requerimientos adicionales debido a SRVCC.

- **HSS**

El HSS requiere actualizaciones menores para soportar los parámetros SRVCC. El HSS informa a la MME cuando el STN-SR es modificado ó removido.

- **SGSN**

El SGSN se encarga de la señalización entre nodos EPC para movilidad entre redes de acceso 2G/3G y LTE. También realiza la selección de los PDN-Gw/S-Gw y selección de la MME para traspasos a redes de acceso LTE.

El SGSN destino debe soportar la funcionalidad SRVCC. Si el SGSN usa interacción

basada en la interfaz S4 con el S-Gw y PDN-Gw, el IE de conexiones PDN incluye la información de portador para los portadores que no son de voz y los que son de voz. El indicador de traspaso PS a CS debe ser establecido para los portadores de voz.

Si el SGSN destino usa interacción basada en la interfaz Gn/Gp con el GGSN la solicitud de reubicación contendrá el contexto PDP, en lugar del IE de conexiones PDN.

- **UTRAN**

En UTRAN la funcionalidad de control radio es manejada por la RNC (Radio Network Controller) y bajo su control están los NodosB. El interfuncionamiento con LTE requiere que UTRAN desarrolle como el eNodeB el mismo control de medidas y funciones de análisis, así como la información de traspaso entregada en el comando de traspaso.

- **GERAN**

GERAN siempre está conectada al SGSN en el plano de control y plano de usuario y esta conexión es usada para toda la funcionalidad de interfuncionamiento. También GERAN usa una lógica similar a la que se tiene para LTE y UTRAN para los trasposos.

- **MSC destino**

Después de que la MSC destino recibe del servidor MSC el mensaje de solicitud de preparación de traspaso, la MSC destino envía el mensaje de solicitud de traspaso /solicitud de reubicación al BSS/RNS destino, para que se prepare para el traspaso asignando los recursos necesarios para la reubicación CS.

- **AS SCC**

Las sesiones IMS desde y hacia un UE están ancladas en el AS SCC en el IMS para proporcionar la continuidad del servicio para el usuario durante la transición entre dos

redes de acceso.

El AS SCC divide en dos partes la sesión entre el UE y el extremo remoto: una parte entre el UE y el AS SCC, conocida como parte de acceso y otra parte entre el AS SCC y el extremo remoto, conocida como parte remota. Esta división es realizada cuando la sesión es iniciada.

El AS SCC IMS actualiza el extremo remoto con el SDP (Protocolo de descripción de sesión) de la parte de acceso CS, durante la ejecución del procedimiento de transferencia de sesión. Luego el flujo de enlace descendente de paquetes de VoIP es conmutado hacia la parte de acceso CS.

La transferencia de sesión es una transferencia a nivel IMS, de una ó más de las rutas de señalización de sesión y/o rutas de flujo de información asociadas a una sesión IMS en curso, mientras se mantiene la continuidad del servicio. Cuando un UE está activo en una sesión IMS, el procedimiento de transferencia de sesión provee continuidad de servicio entre las redes de acceso y entre los UE. La transferencia de sesión incorpora la transferencia de acceso y/o Transferencia entre-UE.

El AS SCC proporciona mecanismos basados en IMS para permitir la continuidad de servicio. Utiliza la interfaz ISC hacia la S-CSCF para la ejecución de la transferencia de acceso, realizando las siguientes acciones:

- Analiza la información requerida para la transferencia de acceso y rechaza la solicitud de transferencia de acceso si no se alinea con la política del operador.
- Puede obtener el C-MSISDN del HSS.
- Correlaciona la solicitud de transferencia de acceso con la sesión anclada, utilizando la información proporcionada en el INVITE SIP entrante.
- Ejecuta la transferencia de la sesión IMS entre diferentes redes de acceso.
- Proporciona datos de facturación específicos a la transferencia de acceso.

#### 4.4.4 Determinación de la lista de celdas vecinas

Para LTE la tarea de gestionar las celdas vecinas se convierte en un reto para los operadores, ya que además de definir las relaciones de vecindad dentro de LTE para eNodeBs, el operador también tiene que proveer celdas vecinas 2G/3G.

En los sistemas 2G y 3G las listas de relaciones de celdas vecinas se llenan usando herramientas de planificación de celdas por medio de predicciones de cobertura, antes de la instalación de una estación base. También se hacen drive tests para identificar todas las regiones de traspaso y los móviles necesitan las listas de relaciones de celdas vecinas para informar de las celdas candidatas de traspaso.

Una lista de celdas vecinas puede contener los siguientes parámetros:

- Información de sincronización, indicando si la celda vecina esta sincronizada con la celda actual.
- Identidad de PLMN e identidad del área de seguimiento.
- Algunos parámetros de capa 1.

En LTE el eNodeB instruye al UE para que tome medidas de la RSRP (Potencia recibida de señal de referencia) y la RSRQ (Calidad recibida de señal de referencia) en la celda en la que se encuentra y en las celdas vecinas y la lista de celdas vecinas es necesaria para iniciar dichas medidas. El UE envía a la red los reportes de estas medidas, junto con información sobre el PCI (Identificador físico de celda) y con esto se decide sobre el tiempo de traspaso y la celda adecuada para el traspaso. Para traspaso a 3G ó 2G, un UE en una celda LTE recibirá una lista de celdas vecinas 3G conteniendo hasta 32 scrambling codes primarios por portadora 3G y en 2G en la lista de celdas vecinas puede haber 32 celdas entre-frecuencia y 32 celdas 2G. Basándose en los reportes del UE, el eNodeB puede decidir si adiciona una celda en la lista de relaciones de celdas vecinas.

Cuando un reporte de medidas es recibido desde un UE, este es manejado de acuerdo al siguiente esquema:

Se determina si el PCI de la celda candidata para traspaso ya es conocido en la celda que está sirviendo al UE, es decir si la relación de vecindad ya está establecida:

- En el caso de que si este establecida la relación de vecindad se inicia el procedimiento de decisión de traspaso.

- En el caso en que no esté establecida la relación de vecindad, se considera a la celda candidata de traspaso como un candidato de la lista de relaciones de celdas vecinas y se le ordena al UE reportar el CGI (Identificador global de celda), se obtiene información de conectividad para la celda candidata para traspaso y se hace una adición mutua de celdas en la lista de relaciones de celdas vecinas de las dos celdas. Después se mira si la celda candidata de traspaso confirma la adición a la lista de relaciones de celdas vecinas:

- En el caso de que si se confirme, se adiciona la celda candidata de traspaso a la lista de relaciones de celdas vecinas, se almacena información relevante sobre la celda y se inicia el procedimiento de decisión de traspaso.

- En el caso en que no se confirme la adición, la celda candidata de traspaso ha detectado un conflicto de PCI en el procedimiento de adición a la lista de relaciones de celdas vecinas. La celda candidata informa al sistema de soporte de operaciones (OSS) sobre el PCI. El traspaso puede ser iniciado a través de la red core, usando el CGI como identificador. Es importante detectar y resolver los conflictos de PCI, es decir cuando dos celdas en la vecindad de cada uno usan el mismo PCI, para evitar ambigüedades en los reportes de medidas.

En LTE se tiene la función ANR (Relación automática de celdas vecinas) que se encuentra en el eNodeB y gestiona la lista de relaciones de celdas vecinas. Se encarga de liberar al operador de la carga de administración manual de relaciones de celdas vecinas. Tiene una función de detección de vecinos que encuentra nuevos vecinos y los agrega a la lista. La ANR también contiene la función de eliminación de vecinos que elimina relaciones de celdas vecinas obsoletas.

Una relación de celdas vecinas existente de una celda de origen a una celda destino significa que el eNodeB controlando la celda de origen conoce el ECGI (Identificador global de celda LTE) y PCI de la celda de destino y tiene una entrada en la lista para

la celda de origen identificando la celda de destino. La función ANR se basa en difundir el ECGI y un sistema de O&M puede gestionar la lista y agregar y eliminar relaciones de celdas vecinas, así como también puede cambiar los atributos.

Para cada celda que tiene el eNodeB, este mantiene una lista de relaciones de celdas vecinas. Para cada relación de celdas vecinas, la lista contiene el TCI (Identificador de celda de destino) que identifica la celda de destino (ECGI y PCI de la celda destino).

Para SRVCC el eNodeB puede ser capaz de determinar la lista de celdas vecinas y activar un traspaso SRVCC, basado en la indicación de posible operación SRVCC y/o presencia de portadores establecidos QCI = 1 (Identificador de clase de QoS)<sup>4</sup> para un UE específico. En [15] se define como el eNodeB puede determinar la lista de celdas vecinas:

- Si el EPC y el UE están habilitados para SRVCC, las celdas que no están habilitadas para VoIP pueden ser incluidas como celdas destino candidatas en la lista de celdas vecinas, independientemente de la presencia de portadores QCI=1 establecidos para ese UE. Además:
  - Si existe un portador QCI = 1 establecido para este UE y la celda de destino seleccionada esta habilitada para VoIP, entonces el eNodeB no incluye una indicación SRVCC en el mensaje de traspaso requerido.
  - Si existe un portador QCI = 1 establecido para este UE y la celda de destino seleccionada no esta habilitada para VoIP, entonces el eNodeB incluye una indicación SRVCC en el mensaje de traspaso requerido.
  - Si no hay un portador QCI = 1 establecido para este UE, entonces el eNodeB no incluye una indicación SRVCC en el mensaje de traspaso requerido.
  
- Si el EPC ó el UE no están habilitados para SRVCC, el eNodeB no incluye una indicación SRVCC en el mensaje de traspaso requerido. Además:

---

4 El QCI determina que tratamiento de plano de usuario deberían recibir los paquetes IP transportados sobre un portador dado. 3GPP ha especificado un QCI para servicios VoIP para asegurar que la VoIP LTE eleve la calidad de experiencia de usuario final. (Cap. 8 [43])

- Si existe un portador QCI = 1 establecido para este UE, entonces las celdas que no están habilitadas con VoIP no son incluidas en la lista de celdas vecinas.
- Si no hay un portador QCI = 1 establecido para este UE, entonces las celdas que no están habilitadas con VoIP pueden ser incluidas en la lista de celdas vecinas.

#### **4.4.5. Procedimiento de attach LTE para SRVCC**

El attach es el primer procedimiento que el UE ejecuta después de que se ha encendido ó también se activa si el UE pierde completamente la cobertura de red por algún tiempo y necesita registrarse de nuevo. Su propósito es identificar el UE en la red y hacer posible recibir servicios que requieren registro de la red. Hasta que el attach sea completado exitosamente el usuario no tiene acceso a la red, excepto en caso de emergencia.

En un sistema basado en LTE existen dos tipos de establecimiento de sesiones de datos. El primero es un portador EPS por defecto, establecido por la MME entre el UE y el PDN-Gw, el cual puede ser usado por el terminal una vez se completa el procedimiento de attach para iniciar por ejemplo el registro a IMS, este portador es establecido como parte del procedimiento de attach a la red de paquetes de datos y es una optimización en el sistema SAE, ya que permanece establecido por todo el tiempo que dure la conexión y provee al usuario conectividad siempre-conectado. El segundo es un portador EPS dedicado, que es cualquier portador adicional establecido para el soporte de un servicio específico. La posibilidad de agrupar el registro y el establecimiento de portador inicial no existe en GPRS ó 3G, ya que estos dos sistemas separan estos dos procedimientos.

El procedimiento de attach en 3G es usado para alertar al SGSN de que el UE se ha encendido, después de que esto se ha completado, el UE hace una activación de contexto PDP primario que establecerá la sesión de datos y asignará una dirección IP al UE. Si el UE necesita tener múltiples sesiones de datos debido a varias QoS, el UE hará una activación de contexto PDP secundario.

Se puede decir que el attach y portador EPS por defecto de LTE es equivalente al attach y el procedimiento de establecimiento de contexto PDP primario de 3G. La

activación de contexto PDP secundario es similar al procedimiento de establecimiento de portador EPS dedicado. La única diferencia entre los dos tipos de procedimientos es que existe una optimización en LTE que reduce el número de mensajes de señalización que deben ser enviados por el aire y el tiempo de procesamiento para la red y el terminal.

En LTE el procedimiento de attach para un UE SRVCC requiere que:

- El UE SRVCC incluya en el mensaje de solicitud de attach y en los mensajes de TAU una indicación de capacidad SRVCC como parte de la capacidad de red del MS.
- La MME incluya una indicación de posible operación SRVCC en la solicitud de establecimiento de contexto inicial.
- El UE SRVCC incluya en el mensaje de solicitud de attach y en los mensajes de TAU no periódicos el MS Classmark y codecs soportados.
- Durante el procedimiento de attach de LTE se baja a la MME desde el HSS la información relacionada a SRVCC (STN-SR SRVCC, C-MSISDN y la bandera opcional ICS).

La TAU es un procedimiento iniciado por el UE para actualizar el estado de registro con la red. Existen muchas razones por las que el UE hace una TAU y esto puede ser en modo desocupado ó en modo activo:

- Cuando el UE se mueve a una nueva área de seguimiento (TA).
- Periódicamente, basado en un temporizador (independiente de la TA).
- Cambio entre-sistemas.
- Para balanceo de carga MME.
- Para informar a la red si ciertos parámetros específicos del UE han cambiado.
- Para recuperación de algunos casos de error.

## **4.4.6 Procedimientos de traspaso**

### **4.4.6.1 Procedimiento de traspaso intra-LTE**

El procedimiento de traspaso intra-LTE se divide en tres partes: preparación de traspaso, ejecución de traspaso y terminación de traspaso. En la fase de preparación de traspaso existe la conexión de señalización S1 entre el eNodeB y la MME. El eNodeB de origen configura los procedimientos de medidas del UE con el mensaje de control de medidas y el mensaje define los umbrales de reportes de medidas. Cuando la celda de destino cumple el umbral del reporte, el UE envía el reporte de medidas al eNodeB. El eNodeB de origen toma la decisión de traspaso basado en el reporte y envía una solicitud de traspaso al eNodeB de destino. El eNodeB de destino realiza el control de admisión y envía la confirmación de solicitud de traspaso al eNodeB de origen.

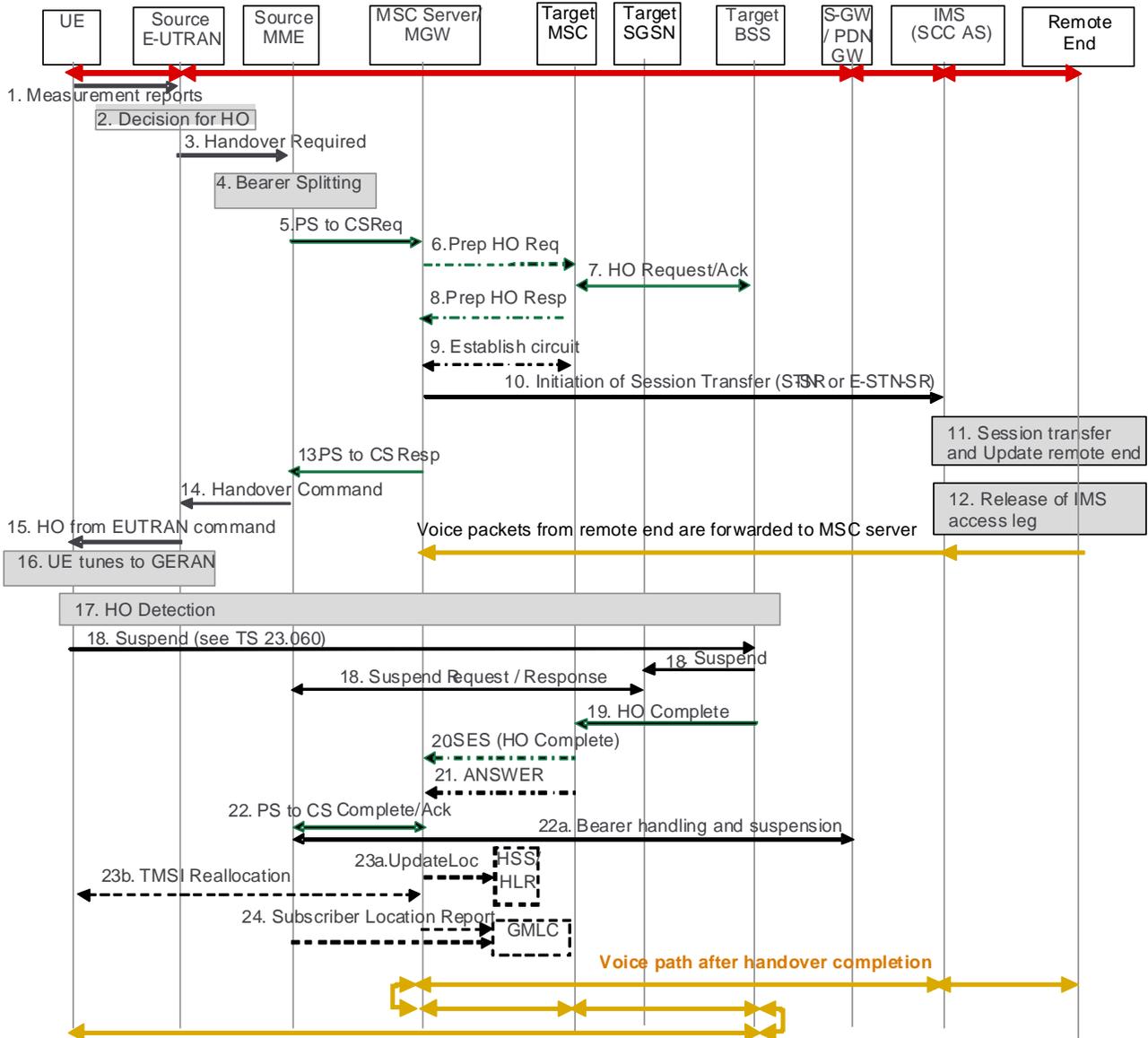
En la fase de ejecución de traspaso, cuando el eNodeB de destino tiene los recursos disponibles, el eNodeB de origen envía el comando de traspaso al UE. El eNodeB de origen empieza a enviar los paquetes de enlace descendente al eNodeB de destino y envía la información de estado al eNodeB de destino indicando los paquetes que fueron confirmados por el UE. El UE hace la sincronización final al eNodeB de destino y accede a la celda. El eNodeB de destino da la asignación de enlace ascendente al UE y este le envía la confirmación de traspaso. Después el eNodeB de destino puede empezar a enviar los datos al UE.

En la fase de terminación de traspaso, el eNodeB de destino envía un mensaje de conmutación de ruta a la MME para informarle que el UE ha cambiado de celda. La MME envía un mensaje de solicitud de actualización de plano de usuario al S-Gw, quien conmuta la ruta de datos de enlace descendente al eNodeB de destino. El S-Gw envía un mensaje de respuesta de actualización de plano de usuario a la MME y la MME confirma el mensaje de conmutación de ruta. Luego el eNodeB de destino le indica al eNodeB de origen que libere los recursos y este libera los recursos relacionados al plano de control radio.

#### **4.4.6.2 Procedimiento de traspaso SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM**

Cuando un UE se mueve en la red, puede llegar a un punto donde la cobertura LTE disminuya y un traspaso SRVCC se debe realizar a CS 2G ó 3G. El requisito principal para el traspaso SRVCC es proveer continuidad de servicio ó por lo menos continuidad de sesión. La continuidad de servicio significa que después de que una sesión en curso se ha trasladado a la red 2G/3G, todos los servicios siguen funcionando de una manera que es transparente para el usuario. La continuidad de sesión significa que todas las sesiones se conservan durante el traspaso, aunque algunos de los servicios se vean comprometidos. El traspaso SRVCC usualmente satisface los requisitos de continuidad pero en algunos casos en el Release 8 puede tumbar las sesiones (falta de continuidad de sesión) ó reducir las capacidades de servicio (falta de continuidad de servicio).

La siguiente figura es un flujo de llamadas para SRVCC desde LTE a 2G sin soportar DTM (Modo de transferencia dual). El flujo requiere que el eNodeB pueda determinar que el destino es 2G sin soporte de DTM ó que el UE no tiene soporte DTM.



**Figura 8**  
 SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM. Fuente: [15] y [56]

En este escenario el MSC destino no tiene que ser mejorado para SRVCC. Si el servidor MSC controla el BSS destino, no se ejecutan los pasos que se muestran con líneas punteadas representando el procedimiento de traspaso MSC-MSC y las funciones del servidor MSC se fusionan con las de la MSC destino.

Las líneas rojas en la figura indican la ruta de la voz antes del traspaso, que pasa por el subsistema IMS y después se enruta al UE a través del S-GW y eNodeB. Las líneas amarillas indican la ruta de la voz después de que se ha completado el traspaso.

Durante una sesión activa de voz el UE, por orden del eNodeB toma medidas de la celda LTE en que se encuentra y cuando se reduce la fuerza de la señal de LTE, el UE mide el nivel de señal en las celdas 2G vecinas. El UE transmite los reportes de las mediciones al eNodeB y estos reportes son la entrada a los algoritmos de decisión de traspaso. La celda LTE que sirve al UE conoce si el UE está habilitado para SRVCC, si las celdas vecinas 2G pueden soportar VoIP y si el UE tiene una llamada de voz activa. Basándose en esta información, la celda LTE que sirve al UE decide cuándo un traspaso SRVCC es necesario y selecciona la celda de destino 2G, que en este caso puede soportar únicamente servicios de voz en el dominio tradicional CS.

Cuando se toma la decisión de traspaso SRVCC, el eNodeB envía un mensaje de traspaso requerido al MME, este mensaje tiene una indicación de traspaso SRVCC que le indica al MME que es una operación de traspaso SRVCC solamente hacia el dominio CS. Y el mensaje incluye una indicación de que el UE no está habilitado para el servicio PS en la celda de destino.

Luego para una conexión simultánea de voz y datos no vocales, la MME separa los portadores de voz de los portadores que no son de voz, basado en el QCI asociado con el portador de voz ( $QCI = 1$ ) y la indicación de traspaso SRVCC y hace la solicitud de traspaso PS a CS al servidor MSC. El servidor MSC envía un mensaje de solicitud de preparación de traspaso al MSC destino y este envía el mensaje de solicitud de traspaso al BSS, quien responde con una confirmación de la solicitud de traspaso al MSC destino y hace la reserva de los recursos en el lado destino. La MSC destino envía un mensaje de respuesta de preparación de traspaso al servidor MSC y se establece el circuito de conexión entre la MSC destino y la MGW asociada con el servidor MSC.

Después el servidor MSC inicia el procedimiento de transferencia de sesión hacia el

IMS, que es una solicitud de una nueva llamada de voz hacia un número especial, STN-SR. El servidor MSC incluye el C-MSISDN como el número que llama. Después la S-CSCF enruta la solicitud de llamada al AS SCC, el cual correlaciona el STN-SR recibido con la sesión de voz entre el UE y el extremo remoto. La recepción de una solicitud de nueva llamada es una señal para el AS SCC de que la sesión de voz asociada IMS debe ser redireccionada al servidor MSC, por lo tanto esto activa el procedimiento de transferencia de sesión IMS. Durante la ejecución de este procedimiento, el extremo remoto es actualizado con nuevos detalles de contacto SDP (Protocolo de descripción de sesión) y el flujo de enlace descendente de paquetes de voz es reenviado al MGW asociado con el servidor MSC.

La MME recibe el mensaje de respuesta de SRVCC PS a CS del servidor MSC y el BSS de destino envía a través de la MME al eNodeB, la información necesaria para el comando de traspaso (contenedor transparente destino a origen), incluyendo información únicamente sobre el componente de voz. El eNodeB le envía al UE el comando de traspaso desde LTE y después el UE ajusta los canales de radio al sistema destino 2G.

Cuando el DTM no es soportado y después de que ocurre la detección de traspaso en la BSS destino, el UE realiza un procedimiento de suspensión para notificar a la red de destino que los portadores PS tienen que ser suspendidos por un tiempo predeterminado. En el procedimiento de suspensión el UE envía un mensaje de suspensión (TLLI, RAI) al BSS y el BSS puede terminar cualquier portador que no sea de voz para esta TLLI. Después el BSS envía un mensaje de suspensión (TLLI, RAI) al SGSN.

La TLLI (Identidad de enlace lógica temporal) y la RAI (Identidad de área de enrutamiento) son derivadas desde la GUTI (Identidad de UE temporal única global) y esto activa al SGSN de destino para que envíe un mensaje de notificación de suspensión a la MME. Después la MME retorna una respuesta de suspensión al SGSN de destino. La MME puede suprimir el traspaso de un portador que no es de voz durante el procedimiento SRVCC y esto ocurre si el sistema 2G de destino no soporta la funcionalidad de voz y datos simultáneos (DTM).

Para dirigirse a los recursos utilizados para GPRS, se utiliza una TLLI, que es construida por el suscriptor móvil ó por el SGSN, ya sea sobre la base del P-TMSI (TLLI local ó externo), o directamente (TLLI aleatorio ó auxiliar). El P-TMSI (Identidad temporal de suscriptor móvil - paquetes) es un identificador temporal emitido a un móvil habilitado para GPRS, único dentro de una RA (Routing Area) y es utilizado por la red GPRS para buscar el móvil especificado.

La RAI está compuesta por una LAI (Identidad de área de localización) y por un RAC (Código de área de enrutamiento) que es un código para identificar un área de enrutamiento dentro de un área de localización. La GUTI es un identificador único global que apunta a un contexto de suscriptor específico en una MME específica, es decir a las capacidades de voz del UE y a los ajustes recibidos como parte de la capacidad de red del UE.

El BSS debe almacenar la TLLI y la RAI con el fin de solicitar al SGSN que reanude los portadores suspendidos que no son de voz, cuando el traspaso para el portador de voz se ha completado y el UE se mueve al lado de destino 2G.

Después del procedimiento de suspensión, la RNS/BSS envía un mensaje de reubicación/traspaso completado al MSC de destino. Si la MSC destino no es el servidor MSC, entonces la MSC destino envía un mensaje de traspaso completado al servidor MSC. El servidor MSC envía al MME un mensaje de notificación de SRVCC completado PS a CS, informándole que el UE ha llegado al lado destino.

Si el IMSI es desconocido en el VLR, el servidor MSC realiza un procedimiento de actualización de localización MAP al HSS/HLR y si varios MSC/VLRs sirven al mismo LAI, el servidor MSC realiza una reasignación TMSI (Identidad temporal de suscriptor móvil) hacia el UE, ya que la lógica es asignar al usuario que acaba de transferir, un LAI que este bajo control único de esa MSC, para no actualizar el resto de VLRs.

La MME desactiva los portadores usados para voz y otros portadores GBR

(Velocidad de bit garantizada, que es la velocidad de bit mínima solicitada por una aplicación), para este caso en que no se soporta DTM. Todos los portadores GBR son desactivados borrando el contexto de portador GBR en la MME y S-Gw/PDN-Gw. El indicador de traspaso PS a CS es notificado al PDN-Gw para el portador de voz. La MME también suspende los portadores no-GBR (no garantizan ninguna velocidad de bit particular, como los usados para web browsing) hacia el S-Gw/PDN-Gw. Y la MME almacena en el contexto del UE, que el UE esta en estado suspendido.

Si el eNodeB de origen decide dar por terminado el procedimiento de traspaso antes de su finalización, la MME/SGSN se vuelve al estado que tenía antes de que el procedimiento de traspaso fuera activado. La MME/SGSN intenta activar, en el servidor MSC, los procedimientos de cancelación de traspaso. El servidor MSC no tomará ninguna acción específica SRVCC hacia IMS.

A través de la interfaz Sv van mensajes de notificación de cancelación SRVCC PS a CS, desde la MME al servidor MSC para solicitar la cancelación de un traspaso SRVCC en curso y mensajes de reconocimiento como respuesta a la notificación de cancelación.

Cuando la llamada de voz CS se ha terminado y si el UE aún está en 2G, el UE reanuda los servicios PS. El SGSN usa la interacción basada en la interfaz Gn con el GGSN y reanuda el contexto PDP. El SGSN usa la interacción basada en la interfaz S4 con el S-Gw/PDN-Gw para reanudar los portadores y además informa al S-Gw/PDN-Gw que reanude los portadores suspendidos.

Si el UE ha retornado a LTE después de que la llamada de voz CS fue terminada, entonces el UE reanuda el servicio PS enviando una TAU a la MME. La MME además informa al S-Gw/PDN-Gw que reanude los portadores suspendidos.

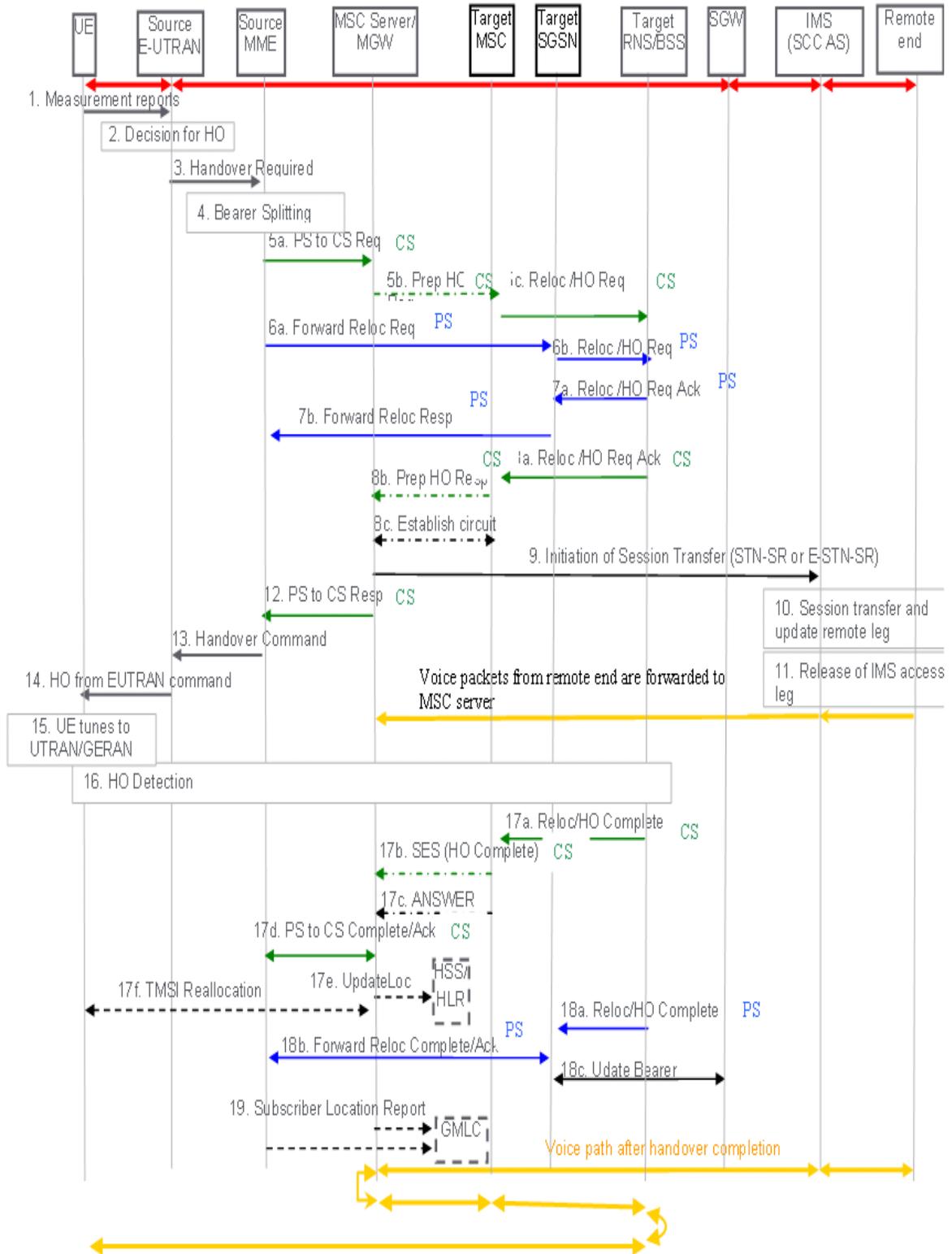
#### **4.4.6.3 Procedimiento de traspaso SRVCC desde LTE a 2G con DTM pero sin soporte de HO DTM y desde LTE a 3G sin PS HO**

En este escenario el flujo de llamadas es similar al flujo que se mostró en la figura

anterior, pero no se realiza el procedimiento de suspensión (paso 18 y paso 22a). El escenario requiere que el eNodeB pueda determinar que el destino es 2G con DTM pero sin soporte de HO DTM y que el UE soporta DTM ó que el destino es 3G sin soporte de PS HO. El mensaje en el paso 3 incluye una indicación a la MME de que el UE esta disponible para servicio PS en la celda destino. Al final del procedimiento, el UE restablece los recursos PS realizando el procedimiento de actualización de área de enrutamiento.

#### **4.4.6.4 SRVCC desde LTE a 3G con PS HO ó 2G con soporte de HO DTM**

La siguiente figura es un flujo de llamadas para SRVCC desde LTE a 3G con traspaso PS ó 2G con soporte de traspaso DTM, donde el UE tiene sesiones activas de voz y sesiones que no son de voz en paralelo. Como un prerrequisito, el UE tiene que indicar en el procedimiento de attach que tiene capacidad SRVCC y la MME debe también estar habilitada para SRVCC. La sesión de voz está anclada en IMS y termina en el extremo remoto.



**Figura 9**

SRVCC desde LTE a 3G con PS HO ó 2G con soporte de HO DTM. Fuente: [15] y [56].

Si el servidor MSC controla la BSS/RNS destino, no se ejecutan los pasos que se muestran con líneas punteadas que representan el procedimiento de traspaso MSC-MSC y las funciones del servidor MSC se agrupan con las del MSC de destino.

Las líneas rojas en la figura indican la ruta de la voz antes del traspaso, que pasa por el subsistema IMS y después se enruta al UE a través del S-GW y eNodeB.

Al principio el UE toma medidas de la celda LTE en que se encuentra y de las celdas vecinas. Luego transmite los reportes de las mediciones al eNodeB e incluye la indicación de traspaso SRVCC en el mensaje de traspaso requerido que envía al MME. La indicación de traspaso SRVCC se configura de acuerdo a la capacidad de la celda destino y como en este escenario se soporta el traspaso DTM, el eNodeB debe indicar al MME que el destino está habilitado para PS y CS, entonces es una operación de traspaso SRVCC hacia el dominio CS y PS.

Después la MME divide el portador de voz de todos los otros portadores que no son de voz e inicia dos procedimientos de traspaso que son típicamente ejecutados en paralelo, pero en la figura se muestran en secuencia, primero el traspaso de portadores de voz al dominio CS del core 2G/3G y después el traspaso de los portadores que no son de voz al dominio PS.

En uno de los procedimientos de traspaso, representado con líneas verdes en la figura, la MME envía un mensaje de solicitud SRVCC PS a CS al servidor MSC con información relevante solamente al dominio CS. El servidor MSC envía el mensaje de preparación de traspaso al MSC destino y éste envía al RNS/BSS el mensaje de solicitud de reubicación/traspaso CS.

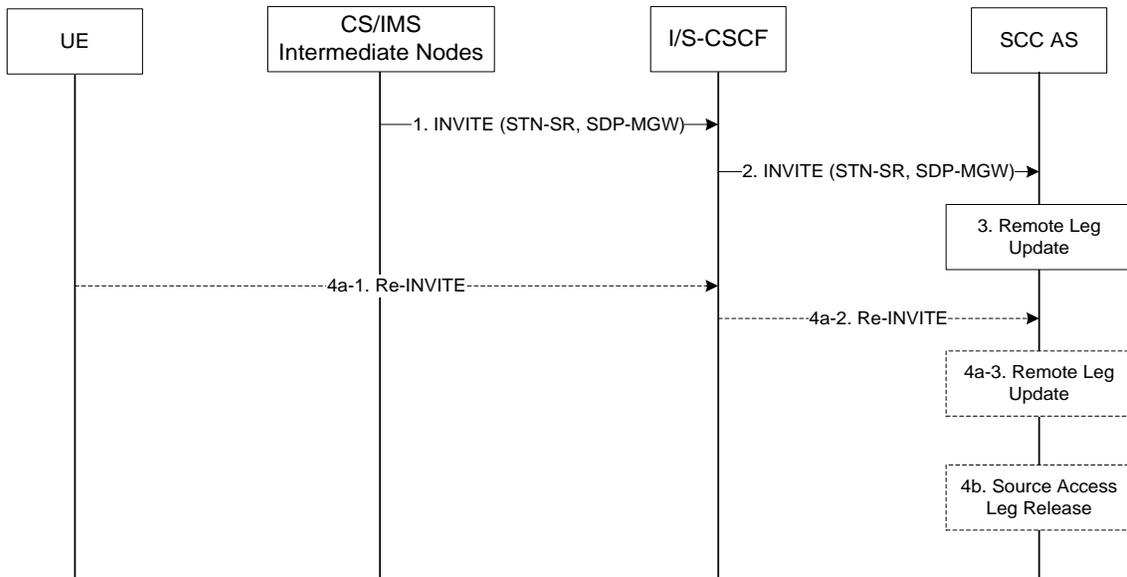
Y en el otro procedimiento de traspaso, representado con líneas azules en la figura, la MME solicita al SGSN la reubicación de recursos PS con un mensaje (contenedor transparente de origen a destino, contexto MM, IE de conexiones PDN) para los portadores que no son de voz, tomando en cuenta que para este escenario se tiene soporte de traspaso DTM. El SGSN de destino solicita la asignación de recursos para la reubicación PS, mediante el envío del mensaje de solicitud de reubicación/solicitud

de traspaso PS al RNS/BSS destino.

Después de que el RNS/BSS destino recibe la solicitud de traspaso/solicitud de reubicación PS y CS, asigna los recursos apropiados CS y PS. El RNS/BSS de destino envía al SGSN un mensaje de reconocimiento de la solicitud de reubicación/traspaso PS y el SGSN envía a la MME un mensaje de respuesta de reubicación PS. También el RNS/BSS de destino envía al MSC destino un mensaje de reconocimiento de la solicitud de reubicación/traspaso CS y el MSC destino establece el circuito de conexión con el servidor MSC.

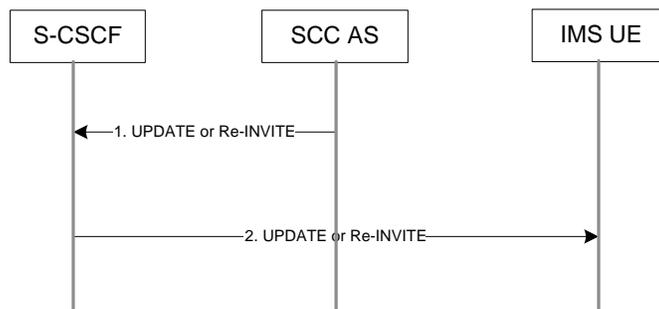
Cuando los recursos se han reservado en el lado de destino, el servidor MSC inicia el procedimiento de transferencia de sesión hacia el IMS. IMS se mantiene como el sistema sirviendo a los usuarios por la duración completa de la llamada, también cuando el usuario es servido por el sistema 2G/3G.

La siguiente figura, proporciona un flujo de información para transferencia de acceso del flujo de información de una sesión IMS en la dirección PS a CS. Se requiere que no se use la característica mid-call asistida por el servidor MSC, de la cual se hablará más adelante. En la figura los nodos intermedios CS/IMS, representan los elementos funcionales que existen entre el UE y el AS SCC, que pueden ser el servidor MSC mejorado para ICS, el servidor MSC mejorado para SRVCC.



**Figura 10**  
PS a CS – Radio única. Fuente: [24]

En la figura anterior, para iniciar la transferencia de sesión hacia IMS, el servidor MSC envía un INVITE con un STN-SR indicando el uso de los procedimientos SRVCC para transferencia de acceso al acceso CS. El servidor MSC incluye el C-MSISDN como el número que llama. Después la S-CSCF enruta el INVITE al AS SCC y éste utiliza el STN-SR para determinar que se solicita la transferencia de acceso utilizando SRVCC. El AS SCC puede recuperar el C-MSISDN desde el HSS y procede con la transferencia de acceso de la sesión activa con voz bi-direccional al UE, usando el procedimiento de actualización de parte remota, que se muestra en la siguiente figura:



**Figura 11**  
Actualización de la parte remota. Fuente: [24]

El AS SCC actualiza la parte remota mediante la comunicación del SDP (Protocolo de descripción de sesión) de la parte de acceso de destino, establecida para el extremo remoto a través de la S-CSCF del usuario. La actualización de la parte remota se realiza de acuerdo a los procedimientos de modificación de sesión SIP.

Si la interfaz Gm (Entre el UE y el CSCF) es mantenida después de la finalización del procedimiento de traspaso PS entonces:

- El UE envía un Re-INVITE a través del acceso PS para actualizar el resto de flujos de información que no son de voz asociados con la sesión activa recientemente adicionada.
- La S-CSCF enruta el Re-INVITE al AS SCC.
- El AS SCC procesa el Re-INVITE y actualiza la parte remota si es necesario.

Por otro lado si la interfaz Gm no se conserva después de la finalización del procedimiento de traspaso PS ó si no había otros flujos de información que no son de voz en la sesión IMS, además de la voz que fue transferida al acceso de destino, la parte de acceso origen se libera, iniciando una liberación de sesión.

Después de recibir el mensaje de respuesta de SRVCC PS a CS del servidor MSC, la MME de origen sincroniza las dos porciones de flujo de mensaje preparadas (para CS y PS) y responde al mensaje de traspaso requerido con un comando de traspaso enviado al eNodeB.

Para cumplir con los requerimientos de transferencia perfecta de voz, ósea realizar la transferencia de voz imperceptible para el usuario, el proceso de traspaso debe crear la interrupción de voz por no más de algunos centenares de milisegundos. Para la sesión que no es de voz, sin embargo, la transferencia perfecta no se puede garantizar dada la escasez de ancho de banda ofrecido por 3G/2G en comparación con las capacidades de datos de banda ancha de LTE. Por lo tanto, aunque se puedan transferir sesiones que no son de voz y continuar en el dominio de conmutación de paquetes 3G/2G, no hay garantía de que la transferencia sería perfecta y la calidad del servicio sostenida después de la transferencia.

El eNodeB le envía al UE el comando de traspaso desde LTE y después el UE ajusta los canales de radio al sistema destino 2G/3G. Se realiza la detección de traspaso en la RNS/BSS destino. Y cuando el traspaso se ha completado, se envían los mensajes de traspaso completado del RNS/BSS al MSC destino y del MSC destino al servidor MSC. El servidor MSC envía al MME un mensaje de notificación de SRVCC completado PS a CS, informándole que el UE ha llegado al lado destino.

El RNS/BSS de destino también envía un mensaje de reubicación/traspaso completado al SGSN de destino. Luego el SGSN de destino envía un mensaje de reubicación completada a la MME de origen. La MME de origen envía un mensaje de reconocimiento al SGSN de destino y el SGSN de destino actualiza el estado del portador con el S-Gw/PDN-Gw, excluyendo el portador usado antes para voz sobre IMS PS.

Las líneas amarillas indican la ruta de la voz después de que se ha completado el traspaso.

La sesión de voz es reubicada desde el S-Gw/PDN-Gw al servidor MSC y la sesión que no es de voz es reubicada desde la interfaz S1-U a la interfaz S4 y luego a una celda 2G/3G a través del SGSN. La celda 2G/3G soporta los servicios PS y CS en paralelo (DTM).

#### **4.5 COMPARACION DE VOLGA Y SRVCC**

VoLGA soporta traspasos desde LTE a las redes 2G/3G. El traspaso desde CS 2G/3G a LTE por medio de VoLGA no es parte de VoLGA Fase 1. El mecanismo de traspaso VoLGA podrá utilizar SRVCC para permitir interoperabilidad entre los distintos mecanismos definidos para soportar voz en el EPS. Para habilitar los traspasos desde la red LTE a 2G/3G el eNodeB y la MME deben soportar SRVCC.

La MME también debe soportar la interfaz Sv al VANC. No se requieren cambios en la MSC 2G/3G para soportar VoLGA y dado que el VANC es percibido como una BSC/RNC por la MSC, la entrega del servicio VoLGA es transparente a la red CS.

Sin embargo, todas las MSCs habilitadas con VoLGA deben ser redimensionadas para soportar el incremento en carga de tráfico desde las interfaces adicionales A ó Iu.

Cuando el eNodeB detecta la necesidad de un traspaso basado en los reportes de medidas recibidos desde el dispositivo móvil, este envía un mensaje de traspaso requerido a la MME, iniciando el proceso, tal como los pasos 1 al 3 del escenario de traspaso SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM. La MME informa al VANC que un traspaso es requerido enviándole un mensaje de solicitud SRVCC PS a CS sobre la interfaz Sv. El VANC convierte esta solicitud en una solicitud de traspaso CS y la envía a la MSC instruyéndola para que se prepare para el traspaso. Una vez se ha completado la preparación, la MSC informa al VANC que esta lista para el traspaso y el VANC notifica a la MME.

Después se realizan los pasos 14 al 21 del escenario de traspaso SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM que se definió en el capítulo 4.4.6.2. Al completarse el traspaso el VANC libera todos los recursos usados por la llamada e instruye a la MME a hacer lo mismo enviándole la notificación de SRVCC PS a CS completado. En este punto, el VANC puede también desregistrar el UE y liberar el portador de señalización VoLGA.

Como se mencionó anteriormente, si una sesión de datos esta activa con la llamada de voz, puede ser traspasada a la red 2G/3G ó suspendida, dependiendo de las características de la red. Si el traspaso es a 3G, el eNodeB también realizará un traspaso PS habilitando la sesión de datos para que continúe con la llamada de voz CS. Sin embargo, si el traspaso es a 2G, un traspaso PS puede solamente ocurrir si la red 2G y el terminal soportan DTM. De lo contrario, la sesión de datos será suspendida.

Las soluciones basadas en IMS y VoLGA usan SRVCC como el medio para traspasar una conversación de voz basada en IP a una conexión de conmutación de circuitos a través de un MSC en la red 2G/3G pero todavía existe un debate sobre si la solución VoLGA prevalecerá.

IMS aún está siendo desarrollado, pero la idea es que la llamada use señalización basada en SIP cuando la llamada esta en LTE y cuando deba ocurrir un traspaso se utilice SRVCC.

## 4.6 COMPARACION DE SRVCC Y CSFB

Las principales fortalezas de la solución IMS SRVCC son:

- Permitir el uso simultáneo de servicios de paquetes de alta velocidad y llamadas de voz sobre LTE.
- Ofrecer una experiencia mejorada al usuario, lo que permite la adición de componentes media (Llamadas de voz y multimedia) extra dentro de la llamada de voz en sí misma.

Mientras que las principales fortalezas de CSFB son:

- No hay necesidad de contar con un despliegue de infraestructura IMS y servicios antes de ofrecer la voz como un servicio a los usuarios LTE.
- Se tiene la misma función y el conjunto de servicios ofrecido para servicios de voz cuando se está en el acceso LTE como cuando se está en un sistema soportando llamadas de voz de conmutación de circuitos. La infraestructura de red core de conmutación de circuitos puede ser utilizada también por los usuarios LTE.

Los enfoques IMS SRVCC y CSFB se basan en que el dispositivo del usuario utilizado para la llamada de voz tiene capacidad de soportar el acceso no sólo a LTE, sino también a los sistemas con cobertura radio más amplia (2G/3G), así como las capacidades para ejecutar llamadas de voz con conmutación de circuitos. Las dos soluciones pueden ser soportadas simultáneamente en la misma red y se puede suponer que los operadores desplegando inicialmente CSFB pueden migrar a través del tiempo hacia la solución IMS SRVCC.

Un UE puede soportar una o más opciones para la prestación de servicios de voz sobre LTE (CSFB, Fast Track, VoIMS), pero la opción que utilice para conectarse a la red LTE se rige en el siguiente orden:

- Capacidades del UE
- Información de suscripción HSS del usuario
- Las políticas del operador

La política del operador se aprovisiona en la red y se descarga al UE durante su configuración inicial. La política determina el orden de las opciones con las que el UE intenta attacharse y más tarde registrarse en la red LTE y permite al operador bloquear las opciones que son soportadas por el UE pero no por la red.

Por ejemplo, si un terminal está programado para intentar utilizar VoIMS como primera opción y CSFB como segunda opción, en primer lugar intenta registrarse en la red LTE usando VoIMS. Si el registro tiene éxito, los servicios VoIMS son activados y no se intentan otras opciones. Si el registro falla, el terminal reintenta conectarse con CSFB. Si estas dos opciones fallan, no se intentan otras opciones porque solamente se especificaron las opciones VoIMS y CSFB por las políticas del operador.

#### **4.7 PROBLEMAS DE SRVCC**

- Como se mencionó en la sección 4.4.4, para evitar ambigüedades en los reportes de medidas que envía el UE al eNodeB, es importante detectar y resolver los conflictos de PCI (Identificador físico de celda) que se presentan cuando dos celdas en la vecindad de cada una usan el mismo PCI. En [62] se muestra un estudio de una serie de algoritmos desarrollados para detectar y resolver los conflictos de PCI y generar y actualizar las listas de NCR (relación de celdas vecinas) usando las mediciones asistidas por el móvil. Los algoritmos son totalmente automatizados y se ejecutan continuamente, por lo tanto, no requieren la intervención del operador. Cuando un conflicto de PCI es detectado se reporta al OSS, quien puede iniciar una re-planeación a lo largo de la red de los PCI. Sin embargo, la propuesta que se hace en [62] es realizar un ajuste local que sólo consiste en la actualización de PCI de una de las celdas en conflicto basado en la información local de la celda en conflicto, sus vecinos y los vecinos de ellos.

- Si el UE encuentra una falla después de que recibe el comando de traspaso del eNodeB y no tiene éxito en el traspaso a 2G/3G, el UE tratará de recuperar la sesión de voz de nuevo a LTE e iniciará la señalización para transferencia de sesión de

nuevo a LTE.

En ese caso el eNodeB envía una PDU (Unidad de datos de protocolo) de cancelación de traspaso al MME ó SGSN, con el fin de liberar los recursos reservados para el traspaso en el sistema de destino.

– Cuando un UE intenta todas las opciones permitidas para la entrega de servicios de voz (CSFB, Fast Track, VoIMS) mientras que esta en roaming en una red LTE y todas fallan y si el UE fue configurado por el operador para estar centrado en datos, el UE permanece en la red LTE. De lo contrario, si el usuario se configuró para estar centrado en la voz, se attacha y recibe los servicios de voz de la red 2G/3G.

Al evaluar las opciones para la entrega de servicios de voz sobre LTE se debe tomar en cuenta que para que un usuario en roaming reciba servicios de voz mientras que esta en una red LTE, el UE y la red visitada deben soportar las mismas opciones para proporcionar voz. Cuando el UE y la red LTE soportan las opciones disponibles (CSFB o Fast Track o VoIMS), el número de posibles usuarios en roaming casi se duplica, en comparación con el caso en que solamente soporten una de las opciones posibles.

–Se puede experimentar un corte del flujo de voz durante el traspaso SRVCC y como se mencionó anteriormente el tiempo de interrupción durante un traspaso desde LTE a 2G ó 3G debe ser máximo 300 ms para servicios que son en tiempo real ó máximo 500ms para servicios que no son en tiempo real. Por esto existe el trabajo del 3GPP en [50], SRVCC mejorado, en el cual se presentan varias alternativas para minimizar el corte del flujo de voz durante un traspaso.

El retraso de un traspaso incluye los retrasos debidos a la transmisión del reporte de medidas, la recepción y el procesamiento del comando de traspaso y la recepción y el procesamiento del mensaje de confirmación de traspaso.

- La solución rSRVCC (SRVCC a la inversa) también debe soportar que el UE vuelva a la RAN/BSS de origen cuando el traspaso falla y no debe producir ninguna

interrupción audible en la llamada de voz.

#### **4.8 MEJORAS A SRVCC EN LOS PROXIMOS RELEASES**

En el Release 9 se define el procedimiento de transferencia de información de estado de sesión y el interfuncionamiento con el procedimiento UE ICS definido en [24], que se describe en la sección 4.8.1.

Además existe un trabajo del 3GPP en [50], llamado SRVCC mejorado, en el cual se presentan varias alternativas para minimizar el corte del flujo de voz durante un traspaso. La solución que se escogió al final se describe en la sección 4.8.2.

Hasta el Release 9, SRVCC cubre solamente la dirección LTE a 2G/3G, por lo tanto un UE se mantendrá en el dominio CS hasta el final de la llamada después de que el traspaso SRVCC se ha realizado, aunque la cobertura de LTE vuelva a estar disponible. En [41] se estudia una solución para soportar SRVCC desde el acceso CS 3G/2G al acceso LTE, para una llamada de voz iniciada en el acceso LTE y previamente traspasada al acceso CS 3G/2G, para las llamadas que se anclan en IMS, cuando el UE es capaz de transmitir/recibir en una sola de esas redes de acceso en un momento dado. Así como también se estudia el caso de una llamada de voz directamente iniciada en el acceso CS 3G/2G. Los cambios relacionados a esto se esperan en el Release 11.

Además en el Release 10 el procedimiento SRVCC también es mejorado para soportar un procedimiento de fase de alerta, donde SRVCC puede llevarse a cabo mientras que el UE esta alertando al usuario con un tono de llamada y se describe en la sección 4.8.4.

Para el Release 11, en [57] se estudia una solución para soportar continuidad de video llamada de radio única desde LTE a 3G CS basado en la arquitectura SRVCC Release 8 y 9.

#### **4.8.1 Procedimiento de transferencia de información de estado de sesión**

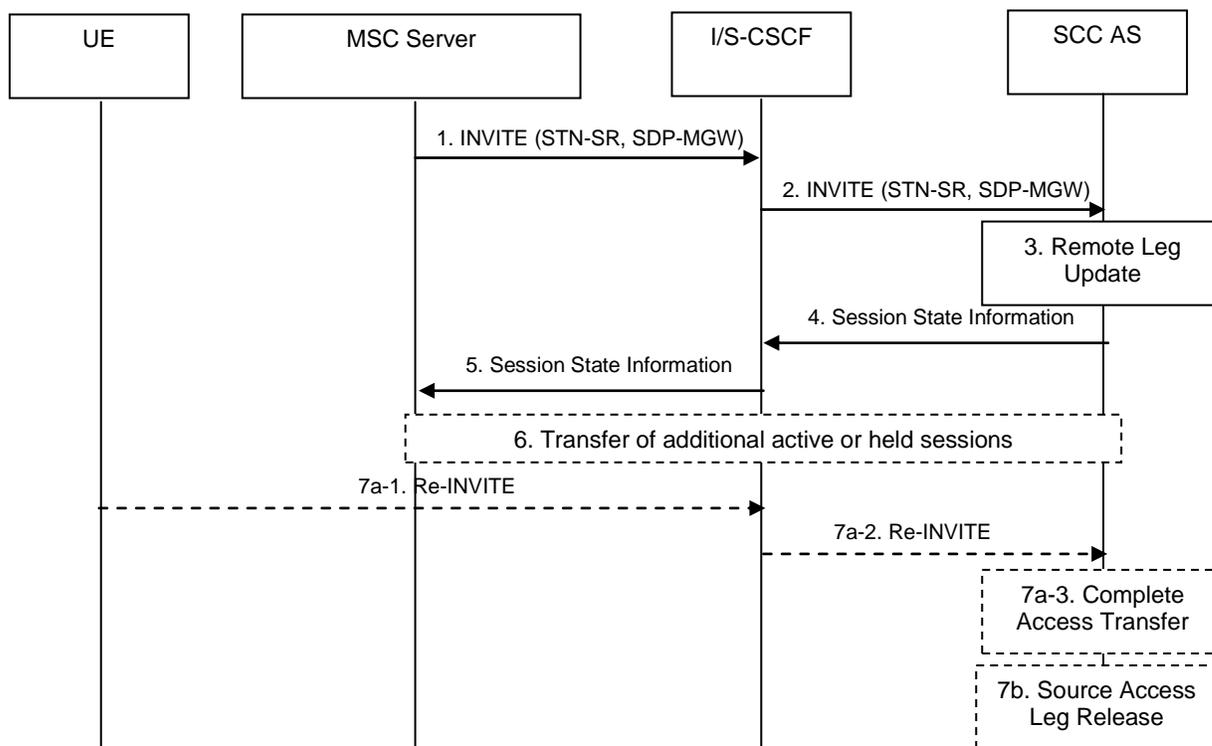
El servidor MSC es mejorado para soportar la característica mid-call permitiendo que la información de estado de sesión sea transferida entre el AS SCC y el MSC. Los servicios mid-call pueden ser por ejemplo las llamadas en espera.

La información del estado de sesión IMS es la información enviada por el AS SCC para la habilitación de transferencia de acceso PS-CS y CS-PS de sesiones multimedia IMS cuando no se pueden usar las capacidades UE ICS.

La información de estado de sesión enviada por el AS SCC puede contener:

- La parte que llama
- La parte llamada
- STI (Identificador de transferencia de sesión) necesario. Que es un identificador usado por el UE para solicitar al AS SCC que realice la transferencia de sesión.
- Información adicional de sesión según sea necesario

La siguiente figura muestra el caso donde el servidor MSC inicia la transferencia de sesión durante el procedimiento SRVCC con información de estado de sesión. El flujo requiere que el usuario este activo en una sesión IMS.



**Figura 12**

PS a CS – Radio **única** con información de estado de sesión. Fuente: [52]

La información de estado de sesión permite al MSC recrear el estado de llamada sostenida (HELD) para la segunda llamada cuando se necesite. Esta característica requiere que la MSC soporte la interfaz I2 (Entre el servidor MSC – CSCF) que debe ser usada para enrutar señalización de control de servicio entre el servidor MSC mejorado para ICS y la red IMS.

Después de que la preparación de traspaso con la red de acceso radio de destino ha sido exitosa, el servidor MSC envía al I/S-CSCF un INVITE con un STN-SR indicando el uso de procedimientos SRVCC para la transferencia de acceso al acceso CS. La S-CSCF enruta el INVITE al AS SCC.

El AS SCC identifica la sesión anclada y procede con la transferencia de acceso de la sesión activa recientemente adicionada con voz bidireccional para el UE, mediante la actualización de la parte remota con la descripción de la llamada (procedimiento de actualización de parte remota).

Después el AS SCC proporciona la información del estado de sesión al I/S-CSCF. Si hay más de dos sesiones de voz, el AS SCC realiza lo siguiente:

- Si hay dos ó más sesiones activas, selecciona la segunda sesión de voz activa más reciente, la pone en HELD (sostenida) y libera todas las sesiones que permanecen activas.
- Selecciona la sesión sostenida que ha sido recientemente desactivada. Cualquier otra sesión inactiva es liberada.
- La sesión activa junto con la sesión inactiva seleccionada, se envían en la información de estado de sesión al servidor MSC.

Si sólo hay sesiones inactivas, el AS SCC realiza lo siguiente:

- Selecciona la sesión inactiva que fue activada más recientemente y libera todas las otras sesiones restantes inactivas.
- Incluye la información de que la sesión está inactiva en la respuesta enviada al servidor MSC.

La S-CSCF reenvía la información de estado de sesión al servidor MSC. Si el servidor MSC recibe la información de estado de sesión, de más de una sesión de voz activa ó inactiva, se inicia la transferencia de acceso hacia el AS SCC para la sesión adicional.

Si la interfaz Gm (Entre el UE y la CSCF) se mantiene después de la finalización del procedimiento de traspaso PS de los flujos de información que no son de voz, entonces:

- El UE envía un re-INVITE a través del acceso PS, para actualizar los flujos de información restantes que no son de voz asociados a la sesión activa adicionada recientemente.
- La S-CSCF enruta el re-INVITE al AS SCC.
- El AS SCC procesa el re-INVITE y actualiza la parte remota si es necesario.

Si la interfaz Gm no se conserva después de la finalización del procedimiento de traspaso PS ó si no había otra información en la sesión IMS además de la voz que fue transferida al acceso destino, entonces la parte de acceso de origen es liberada.

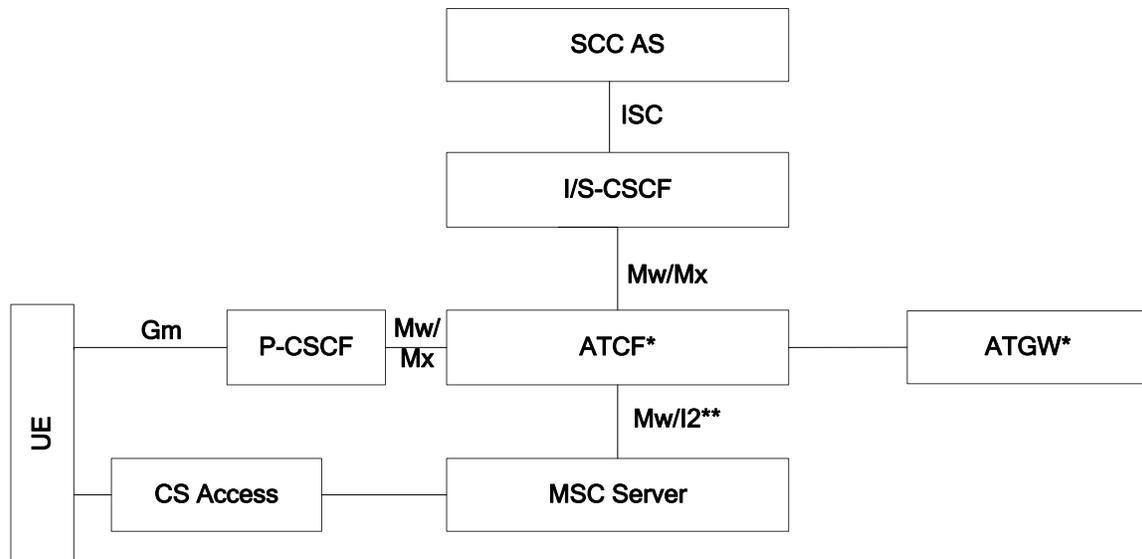
#### **4.8.2 eSRVCC (SRVCC mejorado)**

En [50] se hace un análisis del desempeño del traspaso SRVCC desde LTE a 3G/2G y se menciona que el período de pérdidas de trama de voz durante un traspaso no debe exceder la duración de unos pocos fonemas, osea que el traspaso no debe ser más que un click audible para el usuario final. El tiempo de interrupción de la voz debe ser menor que 300ms durante un traspaso LTE a 2G/3G para habilitar la continuidad del servicio para una llamada de voz en curso.

De acuerdo a [15], el procedimiento de transferencia de sesión IMS es ejecutado en paralelo con el traspaso desde LTE a 3G/2G. En muchos escenarios, el tiempo requerido para el procedimiento de transferencia de sesión IMS puede ser largo, entonces el requerimiento de tiempo de interrupción de 300 ms no puede ser cumplido. Para proveer un desempeño de traspaso SRVCC comparado al de la red 3G/2G, el tiempo de interrupción del traspaso SRVCC debe ser optimizado.

En la especificación [50] se definen doce alternativas para eSRVCC y se llega a la conclusión de seleccionar la "Alternativa consolidada – Solución basada en SIP para eSRVCC", que es la unión de dos alternativas (Alternativas 4 y 11), no tiene impacto en el UE SRVCC, pero si tiene impacto en los elementos AS SCC, HSS, P-CSCF/IBCF que contienen a la ATCF (Funcionalidad de control de transferencia de acceso) y ATGW (Gateway de transferencia de acceso).

La arquitectura de referencia de esta solución se presenta en la siguiente figura, donde si la característica mid-call asistida por el servidor MSC y el servidor MSC mejorado para ICS no son soportados, se tiene la interfaz Mw entre el servidor MSC y ATCF; en caso contrario se tiene la interfaz I2.



\*: Location of functionality depends on deployment and collocation scenario

\*\* : Reference point dependent on MSC Server capability.

**Figura 13**

Arquitectura de referencia de continuidad y centralización de servicio IMS cuando se usan las mejoras de ATCF. Fuente [50]

La ATCF es incluida en el plano de control de sesión por la duración de la llamada antes y después de la transferencia de acceso, si la red que presta el servicio desea proveer mejoras a SRVCC para este suscriptor, la ATCF, basada en la política del operador, decide asignar un STN-SR. Realiza la transferencia de acceso y actualiza el ATGW con la nueva ruta de los datos para la parte de acceso (CS), sin la necesidad de actualizar la parte remota y maneja los casos de fallos durante la transferencia de acceso. Se recomienda que la ATCF este co-localizada con una de las entidades funcionales existentes (P-CSCF, IBCF o servidor MSC).

El ATGW es una funcionalidad para el plano de usuario, que es controlada por la ATCF y permanece en la ruta de los datos por la duración de la llamada y después de la transferencia de acceso, con base en la política local de la red que presta el servicio.

El HSS debe permitir al AS SCC actualizar el perfil de usuario con un nuevo STN-SR. En el caso de que la ATCF este involucrada, el STN-SR se asignará al ATCF, en

caso contrario se asignará al AS SCC. Existe una opción de implementación en la que el HSS puede almacenar la capacidad SRVCC del UE.

El AS SCC provee el C-MSISDN y un ATU-STI (Identificador de transferencia de sesión – actualización de transferencia de acceso) a la ATCF durante el establecimiento de sesión. Además decide si realizar el procedimiento de eSRVCC basado en la capacidad SRVCC del UE y la información de suscripción SRVCC que es retomado durante el procedimiento de registro de un tercero. Informa a la ATCF si el AS SCC debe o no anclar la información.

La mejora del desempeño de traspaso de esta solución es cercana a la óptima donde  $T_d = T_u = \text{Max}(T_{m1} + T_{b3}, T_{b3})$ , sin que  $T_{b3}$  exceda los 300ms. Donde  $T_d$  es el tiempo de interrupción del flujo de datos de enlace descendente y  $T_u$  es el tiempo de interrupción del flujo de datos de enlace ascendente,  $T_{b3}$  es la duración del procedimiento de traspaso y  $T_{m1}$  es el tiempo entre cuando el ATGW conmuta los datos y antes de que el UE se mueva al acceso destino. El ATGW es requerido para toda la sesión de voz, además de una interacción adicional entre el HSS y el nodo que presta el servicio SGSN/MME cuando el STN-SR es proveído durante el registro inicial.

En caso de falla para completar la transferencia de acceso PS-CS antes de que la transferencia de sesión sea iniciada por el servidor MSC, no se tiene diferencia con respecto a lo que se mencionó en el capítulo 4.7, pero en el caso de falla al completar la transferencia de acceso PS-CS después de que el UE reciba el comando de traspaso, el UE intenta retornar a LTE/3G e inicia la señalización para transferir la sesión de nuevo a LTE/3G usando los procedimientos descritos en [15], con la diferencia de que la transferencia de sesión de nuevo a LTE es manejada por la ATCF, si la ATCF identifica esto como una transferencia de sesión. También en el caso de cancelación de traspaso y cuando se recibe el mensaje de cancelación de traspaso, el UE inicia el procedimiento de reestablecimiento, requiriendo una transferencia de la sesión a LTE/3G, de acuerdo a los procedimientos descritos en [15], con la diferencia de que la transferencia de sesión de nuevo a LTE es manejada por la ATCF, si la ATCF identifica esto como una transferencia de sesión.

### **4.8.3 rSRVCC (Continuidad de llamada de voz de radio única inversa)**

Un requisito previo para que las llamadas pueden hacer traspaso desde 3G/2G a LTE es que se han anclado en IMS en el momento de su establecimiento y para las llamadas establecidas en el lado 3G/2G sin soporte de voz sobre IMS implica la existencia de capacidades ICS en la red ó en el UE. La rSRVCC se define en [41].

Durante la llamada el UE se encuentra en modo conectado, donde toda la asignación de canal para ese móvil se encuentra en control de la red. La red ordena la configuración de canales, así que incluso en Release 10 cuando se tenga disponible SRVCC de 2G/3G a LTE, será la elección de la red mantener el UE en 2G/3G después de que LTE esté disponible de nuevo ó realizar SRVCC de nuevo a LTE.

En el caso de traspaso desde 3G/2G a LTE, el eNodoB no necesita hacer ninguna preparación específica comparada a otros traspasos donde la solicitud de preparación de traspaso viene a través de la MME. El eNodoB asignará los recursos solicitados y preparará la información para el comando de traspaso.

Después de que la llamada se ha terminado el UE regresa al modo desocupado, donde es responsable de su propia configuración de canal (re-selección de celdas en la PLMN seleccionada). Y así el UE siempre seleccionará la mejor celda disponible de la PLMN seleccionada en cualquiera de las tecnologías de acceso disponibles que son soportadas por el UE y provistas por la PLMN. Por lo tanto en el modo desocupado las reselecciones entre LTE y la otra red (2G/3G) se producen en ambos sentidos desde el Release 8.

### **4.8.4 SRVCC con fase de alerta**

La característica mid-call asistida por el MSC fue especificada para el escenario de radio única en el Release 9. En el Release 10 la solución fue completada adicionando los escenarios de fase de alerta donde el servidor MSC y el AS SCC son mejorados para soportar SRVCC con fase de alerta. La idea es mejorar el procedimiento de información de estado de sesión para llevar la información de estado de alerta entre el

AS SCC y el MSC. Esta característica requiere que el servidor MSC soporte la interfaz I2 (Entre el servidor MSC – CSCF).

La siguiente figura muestra una llamada saliente en la fase de alerta.



**Figura 14**

PS a CS – Radio única, llamada saliente en fase de alerta. Fuente: [52]

Al iniciarse una sesión SIP desde el UE hacia el extremo remoto, este alerta al usuario de la sesión de voz. Luego al iniciarse los procedimientos SRVCC y después de que

la preparación de traspaso con la red de acceso radio de destino ha tenido éxito, el servidor MSC envía al S-CSCF un INVITE con un STN-SR. El servidor MSC indica su capacidad de soportar la característica mid-call asistida por el servidor MSC durante la transferencia de acceso.

La S-CSCF enruta el INVITE al AS SCC y el AS SCC usa el STN-SR para determinar que se solicita la transferencia de acceso usando SRVCC. El AS SCC puede obtener el C-MSISDN desde el HSS y usarlo para identificar la sesión anclada. El AS SCC procede con la transferencia de acceso de la sesión activa adicionada recientemente con voz bi-direccional para el UE, actualizando la parte remota con la descripción de la información.

Después el AS SCC provee a la S-CSCF la información de estado de sesión en la llamada de voz saliente en estado de alerta. La S-CSCF reenvía la información de estado de sesión al servidor MSC y el servidor MSC se mueve al estado de llamada CS entregada.

El UE recibe el comando de traspaso desde el procedimiento SRVCC y se mueve a CS 2G/3G. El UE se asegura de que el mismo tono de llamada se reproduce al usuario final.

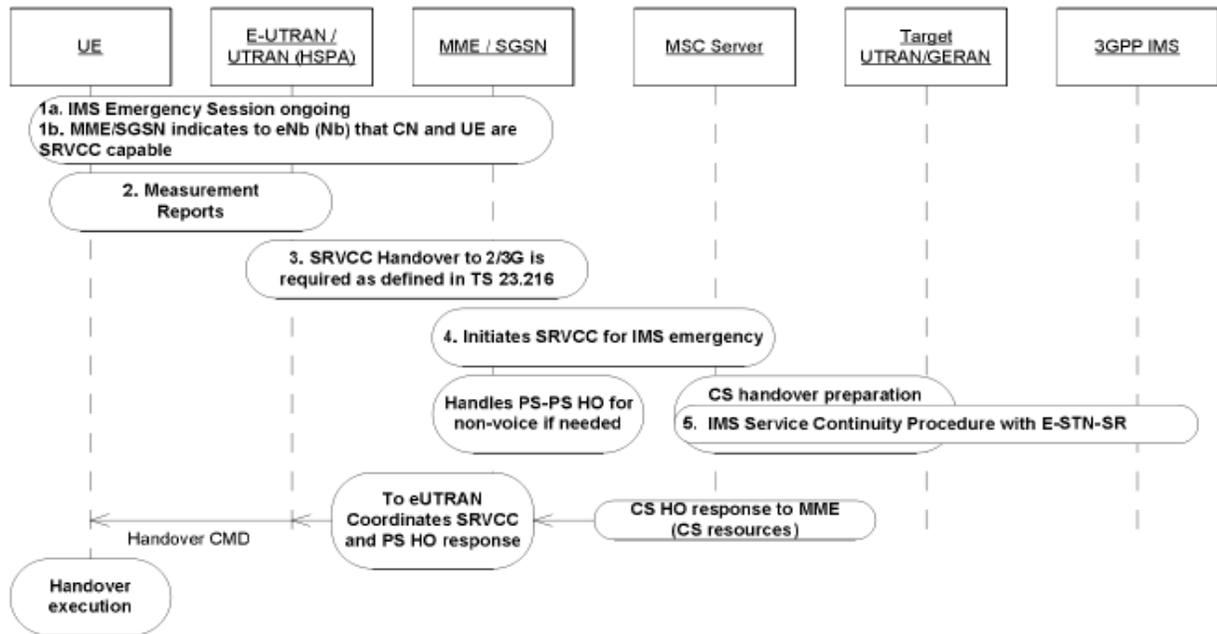
Después el extremo remoto responde a la llamada. El servidor AS SCC notifica a la S-CSCF que el extremo remoto ha respondido la llamada y la S-CSCF enruta la notificación al servidor MSC. El servidor MSC envía el mensaje CS conectado al UE. El servidor MSC se mueve al estado activo y el UE se mueve al estado activo.

#### **4.9 LLAMADAS DE EMERGENCIA**

En el Release 8 los dispositivos habilitados para LTE deben confiar en el core de voz existente 2G/3G para proveer los servicios de emergencia. Las técnicas de posicionamiento de UE en LTE aun no están definidas por completo y por esto las compañías tendrán que redirigir las llamadas de emergencia a 2G/3G. Un UE en LTE que necesite hacer una llamada indicará a la red que quiere hacer CSFB para llamada

de emergencia, donde la red soportará mover el terminal móvil al dominio CS de una red 2G/3G.

En el Release 9, la arquitectura SRVCC soporta la transferencia de sesiones de emergencia IMS desde LTE a CS 2G/3G. En la siguiente figura se muestra una sesión IMS de emergencia en curso:



**Figura 15**

Flujo de llamada para el procedimiento SRVCC para una sesión IMS de emergencia con E-STN-SR. Fuente: [42]

En la figura, la MME/SGSN sabe que una sesión IMS de emergencia está en curso y le indica al eNodeB que el UE y la red core soportan SRVCC. Luego el UE envía los reportes de medidas al eNodeB y el eNodeB determina que el traspaso SRVCC a 2G/3G es necesario.

La MME/SGSN inicia el procedimiento SRVCC para emergencia, a través de la interfaz Sv, con el servidor MSC. La MME también puede enviar la información relacionada a localización al servidor MSC para soportar la continuidad de localización y para el caso de UEs que operan en modo de servicio limitado la MME/SGSN incluye el identificador de equipo en este mensaje.

El servidor MSC inicia el procedimiento de continuidad de servicio IMS con el E-STN-SR (Número de transferencia de sesión de emergencia para radio única). El E-STN-SR se configura localmente en la MME y es transferido al servidor MSC. Puede ocurrir también que la MME envíe una indicación de emergencia al servidor MSC y le permita al MSC utilizar su E-STN-SR configurado localmente. El resto de procedimientos SRVCC siguen a la especificación [15].

En la transferencia de sesiones de emergencia IMS desde LTE a CS 2G/3G se siguen básicamente los procedimientos básicos SRVCC y la diferencia es que la transferencia de sesión IMS se realiza en la red que sirve al UE por la función de transferencia de acceso de emergencia (EATF). La EATF realiza una función similar al AS SCC en el IMS. Entonces la E-CSCF (Emergency CSCF) en el IMS enruta la llamada a la EATF de forma similar a la que el S-CSCF invoca al SCC AS para un sesión IMS común. En la especificación [42] se trata en detalle el traspaso SRVCC de llamadas de emergencia.

El 3GPP está trabajando en proveer las siguientes capacidades en el Release 9:

- Como soportar E911 para un terminal que no se ha registrado.
- Como proveer información de localización.
- Como dar prioridad a las llamadas E911 sobre las llamadas que no son de emergencia.
- Como soportar E911 en áreas restringidas, por ejemplo, donde el roaming no está permitido.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo final de master describió LTE e IMS a alto nivel, conociendo los elementos que los componen y sus principales funciones y el papel que juega en la solución de voz sobre LTE. Se observó que ya que la red LTE se basa completamente en paquetes IP, se definen diferentes opciones para el transporte de la voz sobre LTE: CSFB, VoLGA y VoLTE sobre IMS.

Se ha concluido que la solución VoLTE sobre IMS se considera como el camino preferido para voz sobre LTE, pero los operadores que no deseen moverse a IMS en la primera etapa, debido a las altas inversiones en infraestructura, tienen la alternativa de usar CSFB. También se estudió el documento “ PRD IR.92 – IMS Profile for Voice and SMS”, el cual define un conjunto de características que la red tienen que implementar para garantizar servicios interoperables de voz de alta calidad basada en IMS sobre LTE.

El objetivo principal de este trabajo de fin de master era el estudio de la gestión de los traspasos de las llamadas de voz LTE a CS (3G/2G) al salir de la cobertura de una red LTE, conocido como SRVCC. Del estudio se pudo concluir que SRVCC resuelve el problema de que no existe cobertura total para los servicios de VoIP utilizados en LTE y ofrece un mecanismo donde el UE lleva a cabo un traspaso en combinación con un cambio de IMS VoIP a voz de CS usando los procedimientos IMS para la continuidad del servicio, además de que permite el uso simultáneo de servicios de paquetes de alta velocidad y llamadas de voz sobre LTE.

Se estudió la arquitectura de SRVCC: interfaces, entidades que lo componen y sus principales funciones, revisando los estándares del 3GPP relacionados con SRVCC y las diferentes publicaciones realizadas por diferentes empresas, así como los últimos libros publicados relacionados con LTE.

Del estudio también se pudo concluir que el requisito principal para el traspaso SRVCC es proveer continuidad de servicio CS 2G/3G, la cual es implementada con la

ayuda de ICS y SRVCC. Con la solución de voz sobre IMS con ICS y SRVCC, el suscriptor experimenta los mismos servicios de voz en donde esté en la red LTE ó 3G/2G. ICS permite que todos los servicios de telefonía sean centralizados en el IMS, entonces los servicios de CS se sustituyen por servicios equivalentes de IMS.

También se pudo concluir que en la solución VoLTE sobre IMS el terminal debe soportar los procedimientos SRVCC para una llamada activa y el terminal debe detectar que la red soporta SRVCC e indicar al EPS que se va a usar SRVCC para trasposos a la red 2G/3G. Además del lado del terminal es necesario configurar IMS APN, preferencia de dominio de voz, indicación de SMS y se debe definir si el dispositivo esta centrado en voz ó en datos.

Además en este trabajo de fin de master se describieron los diferentes procedimientos que se llevan a cabo para SRVCC, tales como el traspaso SRVCC desde LTE a 2G sin soporte de DTM, donde la celda LTE que sirve al UE decide cuándo un traspaso SRVCC es necesario y selecciona la celda de destino 2G que puede soportar únicamente servicios de voz en el dominio tradicional CS. Cuando el DTM no es soportado y después de que ocurre la detección de traspaso en la BSS destino, el UE realiza un procedimiento de suspensión para notificar a la red de destino que los portadores PS tienen que ser suspendidos por un tiempo predeterminado. El otro procedimiento es el traspaso SRVCC desde LTE a 2G con DTM pero sin soporte de HO DTM y desde LTE a 3G sin PS HO, el cual se diferencia con el procedimiento sin soporte de DTM en que no se realiza el procedimiento de suspensión. Y el tercer procedimiento es el traspaso SRVCC desde LTE a 3G con PS HO ó 2G con soporte de HO DTM, donde el UE tiene sesiones activas de voz y sesiones que no son de voz en paralelo.

Del estudio de la documentación se pudo ver que en SRVCC se pueden presentar algunos problemas entre los que se encuentran los conflictos de PCI y el corte del flujo de voz durante el traspaso SRVCC. Y también se observó que se tienen algunas mejoras al procedimiento SRVCC, tales como el procedimiento de transferencia de información de estado de sesión y el interfuncionamiento con el procedimiento UE ICS, además existe el SRVCC mejorado, la solución en estudio que soporta SRVCC

desde el acceso CS 3G/2G al acceso LTE y el procedimiento SRVCC mejorado para soportar un procedimiento de fase de alerta.

## 6. BIBLIOGRAFIA

[1]

<http://3gamericas.com/index.cfm?fuseaction=pressreleasedisplay&pressreleaseid=2561>

[2] GSMA PRD IR.92 – “IMS Profile for Voice and SMS” 3.0, de 22 de Diciembre 2010.

<http://www.gsmworld.com/documents>

[3] <http://www.gsmworld.com/newsroom/press-releases/2010/4634.htm>

[4] G. Punz, “Evolution of 3G Networks. The concept, architecture and realization of mobile networks beyond UMTS”, Springer Wien New York, 2010.

[5] <http://www.3gpp.org/Dispelling-LTE-Myths>

[6] P. Ritchie, A. Levine, "IMTC is Selected by GSMA's VoLTE Initiative to Lead Interoperability Testing of Voice over LTE Profile", Marzo 15 de 2010.

[http://imtc.org/press/press\\_releases.asp](http://imtc.org/press/press_releases.asp)

[7] <http://blog.imtc.org/index.php/2010/02/22/volte-the-first-iot-event/>

[8] <http://www.nokiasiemensnetworks.com/press/press-releases/nokia-siemens-networks-rings-another-first-lte-3gpp-standardized-voice-calls>

[9] <http://www.nokiasiemensnetworks.com/press/press-releases/world%E2%80%99s-first-call-between-different-volte-clients-showcased-ctia-2010>

[10] TS 123.272 V9.2.0 (2010-01), 3GPP.

[11] <http://www.volga-forum.com/>

[12] VoLGA Forum, “Voice over LTE via Generic Access, Requirements Specification”, V1.3.1.

[13] [http://www.kineto.com/ask\\_CSFB\\_vs\\_VoLGA.php](http://www.kineto.com/ask_CSFB_vs_VoLGA.php)

[14] <http://hosted.verticalresponse.com/205028/de3ff1858f/89003341/46e4b2df70/>

[15] TS 23.216 V9.2.0. 3GPP.

- [16] H. Holma y A. Toskala, “LTE for UMTS - OFDMA and SC-FDMA based radio access”, John Wiley & Sons Ltd., 2009.
- [17] Alcatel Lucent, “Options for providing voice as LTE is introduced, and their impact on the GSM/UMTS network”, Julio 2009.
- [18] Kineto Wireless, “Kineto announces combined VoLGA/IMS client for voice over LTE”, Noviembre 18 del 2009.
- [19] TS 148 018 V9.1.0 (2010-03), 3GPP.
- [20] TS 36.413 V9.2.0 (2010-03), 3GPP.
- [21] TS 125 413 V9.1.0 (2010-02), 3GPP.
- [22] TS 148 008 V9.2.0 (2010-03), 3GPP.
- [23] TS 123 292 V9.4.0 (2010-01), 3GPP.
- [24] TS 23 237 V10.0.0 (2009-12), 3GPP.
- [25] TS 123 228 V9.2.0 (2010-01), 3GPP.
- [26] TS 123 271 V9.3.0 (2010-03), 3GPP.
- [27] TS 123 401 V9.3.0 (2010-01), 3GPP.
- [28] TS 123 060 V9.3.0 (2010-01), 3GPP.
- [29] TS 123 122 V9.2.0 (2010-04), 3GPP.
- [30] TS 133 401 V9.2.0 (2010-01), 3GPP.
- [31] TS 123 003 V9.2.0 (2010-04), 3GPP.
- [32] TS 123 107 V9.0.0 (2010-01), 3GPP.
- [33] P. Lescuyer, T. Lucidarme. “Evolved packet system (EPS). The LTE and SAE evolution of 3G UMTS”. John Wiley & Sons, Ltd. 2008.
- [34] TS 129 280 V9.1.0 (2010-01), 3GPP.
- [35] S. Sesia, I. Toufik and M. Baker, “LTE – The UMTS Long Term Evolution. A Pocket Dictionary of Acronyms”, Wiley.
- [36] <http://www.cellular-news.com/story/41004.php>
- [37] TS 129 274 V9.1.0 (2010-01), 3GPP.

- [38] H. Hietalahti, “3GPP Core Network migration path for HSPA+ and LTE“, Nokia, Mayo 2010.
- [39] 3G Americas, “GSM-UMTS Network migration to LTE. LTE and 2G-3G interworking functions”, 2010.
- [40] Northstream, “LTE – The Bigger Picture”, White Paper, Junio 2010.
- [41] TR 23.885 V0.3.0 (2010-05), 3GPP.
- [42] TR 23.870 V9.0.0 (2009-06), 3GPP.
- [43] M. Olsson, S. Sultana, S. Rommer, L. Frid, C. Mulligan, “SAE and the evolved packet core. Driving the mobile broadband revolution”, Academic Press, 2009.
- [44] T. Magedanz, M. Corici y D. Vingarzan, “Open EPC – A Short Overview”, Fraunhofer FOKUS, Competence Center NGNI.
- [45] S. Rao, R. Gajula, “Interoperability in LTE”, Marzo 12 de 2010. [www.webbuyersguide.com](http://www.webbuyersguide.com).
- [46] [www.mobilebusinessbriefing.com](http://www.mobilebusinessbriefing.com)
- [47] [www.gsacom.com](http://www.gsacom.com)
- [48] [http://www.globalcertificationforum.org/WebSite/public/Launch\\_LTE\\_Certification.aspx](http://www.globalcertificationforum.org/WebSite/public/Launch_LTE_Certification.aspx)
- [49] M. Poikselka y G. Mayer, “The IMS IP multimedia concepts and services”, John Wiley & Sons Ltd., 2009.
- [50] TR 23.856 V2.0.1 (2010-09), 3GPP.
- [51] TS 36.300 V10.0.0 (2010-06), 3GPP.
- [52] Nokia Siemens Networks, “The 3GPP IP Multimedia Subsystem”, White Paper V1.0.1 (2010-06).
- [53] TS 22.101 V10.3.0 (2010-06), 3GPP.
- [54] TS 23.002 V9.3.0 (2010-06), 3GPP.
- [55] TS 44.018 V9.5.0 (2010-06), 3GPP.
- [56] K. Salkintzis (Motorola), M. Hammer (Cisco), I. Tanaka (NTT DOCOMO), C.

Wong (Nokia Siemens Networks), "Voice Call Handover Mechanisms in Next-Generation 3GPP Systems", IEEE Communications Magazine, Febrero 2009.

[57] TR 23.886 V0.2.0 (2010-05), 3GPP.

[58] Guía de la Universidad Rey Juan Carlos para la elaboración de la bibliografía.

[http://www.urjc.es/z\\_files/ac\\_biblio/mostoles/serv\\_inf\\_bibliografica/citar%20bibliografia.htm#2](http://www.urjc.es/z_files/ac_biblio/mostoles/serv_inf_bibliografica/citar%20bibliografia.htm#2)

[59] VoLGA Forum, "Voice over LTE via Generic Access, Stage 2 Specification", V1.2.0.

[60] <http://www.ovumkc.com/>

[61] TS 24.292 V10.1.0 (2010-09), 3GPP.

[62] M. Amirijoo, P. Frenger, F. Gunnarsson, H. Kallin, J. Moe, K. Zetterberg, "Neighbor Cell Relation List and Physical Cell Identity Self-Organization in LTE", Ericsson Research, Ericsson AB, Sweden.

[63] <http://iteworld.org/blog/automatic-neighbour-relation-lte>

[64] TS 124 301 V9.1.0 (2010-01), 3GPP.

[65] <http://dwikasudrajat.blogspot.com/2010/04/lte-packet-services.html>

[66] <http://www.wipo.int/pctdb/es/wo.jsp?WO=2007062474&IA=KR2009003202&DISPLAY=DESC>

[67] TS 43.129 V9.1.0 (2010-05), 3GPP.

[68] TS 123 009 V9.1.0 (2010-04), 3GPP.

[69] <http://www.telecomasia.net/content/sea-change-coming-japan?page=0%2C0>

[70] <http://gigaom.com/2010/09/21/metropcs-this-isnt-the-lte-network-youre-looking-for/>

[71] TS 23.003 V10.0.0 (2010-12), 3GPP.