

## **Posibles Escenarios de Migración de Redes Móviles de 2G y 3G a Cuarta Generación en Colombia**

### ***Reflection on Migration Scenarios 2G and 3G Mobile Networks to Fourth Generation in Colombia***

Sergio A. Sepúlveda-Leiva<sup>1</sup>

Julio E. Suárez-Páez<sup>2</sup>

Mayra L. Salcedo-González<sup>3</sup>

---

1 Universidad Santo Tomás sede Bogotá  
Bogotá-Colombia  
sergiosepulveda@usantotomas.edu.co

2 Universidad Santo Tomás sede Bogotá  
Bogotá-Colombia  
juliosuarez@usantotomas.edu.co

3 Universidad Santo Tomás sede Bogotá  
Bogotá-Colombia  
mayrasalcedo@usantotomas.edu.co

**Resumen**

En el desarrollo del siguiente artículo se realiza un estudio de los escenarios de migración de tecnologías móviles de tercera generación a tecnologías móviles de cuarta generación, para analizar el escenario de migración más propicio para los operadores móviles en Colombia, para que se adapten de forma más recomendable a las necesidades de los operadores móviles en el país. Este estudio está enfocado en operadores que cuentan con infraestructura propia, es decir, no se analizan las características de migración para los operadores móviles virtuales.

**Palabras clave**

Circuit Switched fallback (CSFB); Single Radio Voice Continuity (SR-VCC); Voice Over LTE Via Generic Access (VOLGA); Voice over LTE (VoLTE).

**Abstract**

In the development of the following article is an analysis of some of the migration scenarios third generation mobile technologies for fourth generation mobile technologies, in order to select which is the most suitable migration scenario for mobile operators Colombia, taking into account the characteristics of the market and the needs that are more optimally suited for the needs of mobile operators in the country, the whole development of the article is based on operators with own infrastructure is not analyzed migration characteristics of mobile virtual network operators.

**Keywords**

Circuit Switched fallback (CSFB); Single Radio Voice Continuity (SR-VCC); Voice Over LTE Via Generic Access (VOLGA); Voice over LTE (VoLTE).

## 1. INTRODUCCIÓN

Con la llegada de la cuarta generación, los operadores móviles enfrentan el gran desafío de realizar la migración de sus redes establecidas (2G y 3G) a la nueva tecnología LTE, este artículo realiza una descripción de los principales métodos de migración entre los cuales se tienen: Circuit Switched fallback (CSFB), Single Radio Voice Continuity (SR-VCC), Voice Over Lte, Via Generic Access (VOLGA), Voice over LTE (VoLTE), para finalmente proponer un escenario de migración para los operadores móviles en Colombia.

## 2. POSIBLES ESCENARIOS DE MIGRACIÓN DE REDES MÓVILES HACIA 4G

Dentro de las opciones con las que cuentan los operadores móviles para migrar sus redes a LTE, sin importar la tecnología que tengan implementada actualmente, se tienen las siguientes (Alcatel-Lucent, 2008): Desplegar servicios de datos usando tecnología LTE y prestar servicios de voz sobre las redes existentes (Stepaniuk, 2010); la segunda opción sería implementar redes datos con tecnología LTE, agregando a su red el core IMS (IP Multimedia Sub System) que permita prestar servicios de voz sobre la Red LTE VoLTE (Sun, Dong, Zhao, & Wen, 2010) (Ghosdm, Zhang, Andrews, & Rias, 2011), a continuación se presenta un análisis de los diferentes escenarios de migración que utilizan estas dos opciones.

### 2.1 Circuit Switched Fallback (CSFB)

Puede ser considerado como la primera fase para brindar servicios de voz en LTE, para este proceso los terminales de usuario acceden a servicios 2G/3G como por ejemplo GSM o UMTS. Para que este procedimiento pueda ser llevado a cabo es necesario que elementos de red como el MSC (Mobile Switching Center)/VLR (Visiting Location Register) y el MME (Mobility Management

Entity), tengan capacidad de interconexión (Holman & Toskala, 2009) (Jouihri & Guennoun, 2012).

Cuando el usuario se comunica con una red LTE, la red se encarga de hacer una transferencia de posición a la red de conmutación de circuitos, que anuncia la presencia de un terminal en la red de conmutación de circuitos a través de la red LTE (Holman & Toskala, 2009). El terminal de usuario envía un indicador *CS Fall Back* a MME, el cual se encarga de realizar una actualización de posición a la MSC/VLR utilizando la interfaz SGs. El usuario realiza una petición de acceso al servicio de voz al eNodeB, el cual realiza el traspaso a la red de destino lo que permite al usuario establecer la llamada. Una vez el usuario finaliza la llamada puede acceder nuevamente a la red LTE, este proceso se puede observar en la Fig. 1 (Holman & Toskala, 2009).

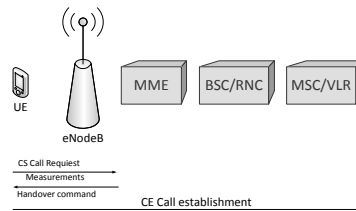


Fig. 1. Establecimiento de llamada CS Fallback. Fuente (Holman & Toskala, 2009)

Si durante una sesión de paquetes se presenta una llamada y el sistema CS es capaz de mantener sesiones de datos, es esta la que soporta la transferencia de paquetes. Si el sistema destino no es capaz de soportar sesiones de voz y datos simultáneamente, la sesión de datos es suspendida dando continuidad a la sesión de voz, este escenario se da cuando un usuario LTE se traslada a una GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network) que no soporta ambas sesiones, este modo se denomina DTM (Dual Transfer Mode). Entre las ventajas de implementar CSFB se pueden enumerar las siguientes:

Debido a que la QoS se encuentra establecida en las redes 2G/3G no es necesario implementar QoS en LTE, por otro lado no sería necesario implementar una red IMS para ofrecer servicios de voz debido a que este tipo de servicio es ofrecido por las redes 2G/3G, por últimos Los operadores pueden utilizar la infraestruc-

tura de las tecnologías 2G/3G para realizar una llamada de voz sobre LTE (Holman & Toskala, 2009).

Para ofrecer servicios de voz utilizando la técnica CS Fallback es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: Los operadores deben comercializar dispositivos móviles que soporten este tipo de tecnología, también deben actualizar sus MSC (Mobile Switching Center) para que soporten la interfaz SGs utilizada para realizar la interconexión lógica entre el MSC y el MME de LTE, finalmente es necesario que implementen una nueva interfaz en SAE denominada SGs, la cual es el punto de referencia entre la MME y el servidor MSC. Esta interfaz es utilizada para la gestión de la movilidad y los procedimientos de Paging entre EPS y CS, basado en los procedimientos de interfaz Gs (Fig. 2).

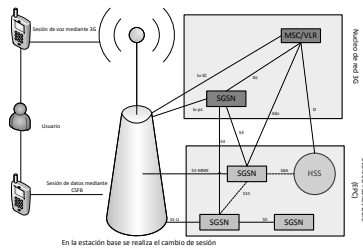


Fig. 2. Arquitectura CS Fallback. Fuente (Holman & Toskala, 2009)

En forma general, CS Fallback presenta una nueva interfaz SGs, entre la unidad de manejo de movilidad (MME) de LTE y el centro de conmutación móvil (MSC) en 2G/3G. El punto de referencia SGs se utiliza para el manejo de la movilidad y para el proceso de Paging entre el sistema de paquetes mejorado (EPS) y el dominio CS, es basado en la interfaz denominada en este caso Gs, entre el nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN) y el MSC (Holman & Toskala, 2009).

Para una llamada realizada desde un móvil, el UE solicita al MME la realización de CS Fallback, que a su vez envía la solicitud al eNodeB para realizar la llamada enviándole una señal de mensaje apropiado. El equipo de usuario inicia la llamada de voz, cuyo destino es una red de acceso de radio terrestre (UTRAN) o bien una red de acceso de radio GPRS-EDGE (GERAN). Entre tanto, si el terminal tiene como fuente de tecnología LTE, este puede tener

otras conexiones PS en curso, esas conexiones PS son suspendidas o continuadas basadas en la capacidad de la celda. En cualquiera de los casos, el usuario experimenta una degradación de QoS (Holman & Toskala, 2009).

Para una llamada que termina en un dominio CS, el MSC recibe el mensaje para una llamada entrante y envía una solicitud de paging al MME, que a su vez envía la paging al eNodeB, quien inicia el procedimiento para la entrega al UE, quien recibe la llamada después de trasladarse al destino 2G/3G (Holman & Toskala, 2009). Este método tiene repercusiones sobre el UE (Equipo de Usuario), el eNodeB, el MME y el MSC. En el caso del UE este debe ser capaz de acceder a las redes LTE y al mismo tiempo acceder a las redes 2G o 3G y debe ser capaz de realizar una conexión combinada EPS/IMSI, es decir, conectar MME a la red LTE, así como la MSC a la red 2G/3G (Holman & Toskala, 2009).

CS Fallback es un método que permitiría proporcionar el servicio de voz sobre LTE combinando el manejo de 3G y el bloque EPC durante el despliegue inicial de LTE, antes de la prestación del servicio de voz como VoIP, permitiendo el pronto despliegue de servicio en terminales de voz a través de los servicios LTE sin tener que esperar la implementación de toda una infraestructura VoIP/IMS (Holman & Toskala, 2009).

## **2.2 Single Radio Voice Continuity (SR-VCC)**

En la Fig. 3 se muestra la estructura de las redes que usan como soporte a SR-VCC, se observa la interconexión de elementos de red 2G/3G tales como UTRAN/GERAN y elementos de red 4G como E-UTRAN, estos elementos son interconectados mediante SGSN y MME.

SR-VCC (Single Radio Voice Call Continuity) permite realizar Handover desde la red LTE a redes de antigua generación tales como GSM, WCDMA o CDMA y es considerada como la transición que implementa servicios de voz mediante IMS aunque carece de una total cobertura LTE. Uno de los principales objetivos de SR-VCC es proporcionar un servicio continuo, es decir, que al cambiar de una conexión 2G/3G a LTE o viceversa el servicio se continúe

prestando sin que exista pérdida en la comunicación y que este cambio o al menos la continuidad de la sesión sea completamente transparente para el usuario (Holman & Toskala, 2009).

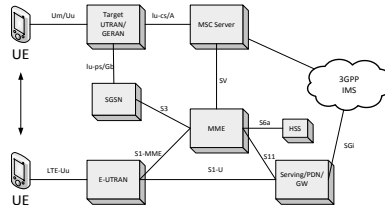


Fig. 3. Estructura de red con soporte SR-VCC. Fuente (Holman & Toskala, 2009)

Al proporcionar un sistema continuo, está considerado que todos los servicios sigan funcionando a pesar de que la continuidad de alguno de ellos este comprometida. Para realizar handover entre las redes es necesario que el MSC sea capaz de soportar el procedimiento utilizado por SR-VCC incluyendo el establecimiento de la interfaz Sv (Holman & Toskala, 2009) (Abuhaija & Al-Begain, 2012). Es denominada *Single Radio Solución* debido a que no es necesario que el terminal del usuario tenga la capacidad de acceder a dos señales simultáneamente de diferentes tecnologías. En la Fig. 4, se pueden observar las diferentes interfaces que deben ser usadas para permitir *Handover* entre redes 2G/3G y LTE utilizando SR-VCC.

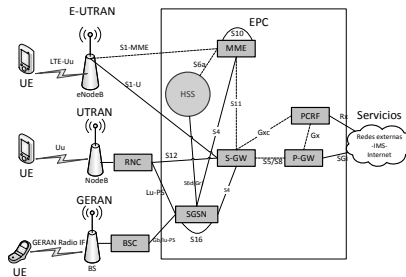


Fig. 4. Arquitectura de red LTE con accesos 3GPP. Fuente (Holman & Toskala, 2009)

Como condiciones importantes para implementar SRVCC están, que el UE (User equipment) debe iniciar la llamada de voz

usando IMS en la cobertura LTE y el servidor en la cobertura LTE y el servidor de aplicaciones usado para la transferencia de sesión IMS debe ser introducido en la ruta de señalización IMS durante el establecimiento de la llamada de voz (Holman & Toskala, 2009). SRVCC utiliza un procedimiento de transferencia para el acceso a la red y un proceso de continuidad de servicio en el IMS. El UE indica su capacidad SRVCC al MME (Mobile Management Entity) durante el manejo de la movilidad, este a su vez activa el procedimiento SRVCC y se lo indica el eNodeB. Cada vez que el UE está perdiendo la capacidad LTE el eNodeB la detecta e inicia el procedimiento hacia el MME que soporta una nueva interfaz Sv hacia el servidor mejorado MSC y envía la solicitud de entrega SRVCC hacia la red de destino 2G/3G a través del servidor MSC. MSC actúa como medio de interconexión y prepara el destino para la transferencia correspondiente (Holman & Toskala, 2009).

Para realizar una llamada de voz con SRVCC es necesario que el UE tenga cambios con el fin de mantener la llamada de voz CS y además tenga la capacidad de señalización SRVCC hacia la red. Por otro el eNodeB necesita mejorar con el fin de preparar la información adecuada para el destino a la red de acceso de radio y activar la entrega SRVCC (Holman & Toskala, 2009). Una de las ventajas que presenta SRVCC frente a otros sistemas de circuitos conmutados es que se activa únicamente cuando el UE está perdiendo la cobertura LTE, esto se nota principalmente cuando el usuario experimenta una degradación del servicio de datos. Entre las principales desventajas que presenta SRVCC está, que al ser un sistema basado en IMS involucra aspectos como elevados costos de implementación, además de representar una solución bastante compleja que seguramente tomaría un tiempo en lograr un crecimiento significativo y posicionarse comercialmente.

### **2.3 VOLGA - Voice Over LTE Via Generic Access**

El objetivo de esta opción es facilitar a los operadores prestar servicios de voz y servicios de mensajería. La solución propuesta por el VOLGA Fórum, permite proporcionar servicios de voz y mensajería sin necesidad de desplegar una red IMS, en vez de esto se considera instalar un nuevo elemento de red llamado VANC



(VOLGA Access Network Controller), el cual será el núcleo de la red GSM-UMTS y que se comporte como una BTS (*A-Mode*) o RNC (*lu-Mode*) (Ghosdm, Zhang, Andrews, & Rias, 2011) (Stepaniuk, 2010).

VANC es considerada como una modificación de 3GPP GANC (*Generic Access Network Controller*) que es capaz de soportar conmutación de circuitos en LTE mediante el uso de un túnel IP. En la Fig. 5, Se observa la estructura de la red utilizando la solución VOLGA, en donde se observa el nuevo elemento denominado VANC y la interconexión con los elementos ya existentes en las redes GSM y UMTS (Paisal, 2010).

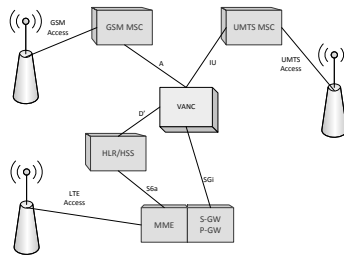


Fig. 5. Arquitectura de red utilizando Volga. Fuente: (Holman & Toskala, 2009)

En el lado de LTE, VANC se conecta a P-GW Packet Data Network Gateway utilizando la interfaz SGi, en la que se envían datos de usuario (paquetes de voz); VANC es un nodo transparente para EPC (Evolved Packet Core) de LTE. La interfaz A es utilizada para conectar el VANC con la MSC (Mobile Switching Center) de GSM, mientras la interfaz *lu* es utilizada para interconectar al nodo VANC a la RNC de UMTS (Holman & Toskala, 2009). Debido a que las interfaces A y *lu* van conectadas directamente al VANC, son conexiones transparentes para los elementos de las redes GSM y UMTS, por tal razón estos nodos no deben ser modificados. El método VOLGA fue detenido en marzo del 2009 para redes 3G por lo que no es presentado como una alternativa de migración hacia redes LTE.

Dentro de las principales ventajas proporcionadas por VOLGA está, que el operador no debe realizar modificaciones en la arquitecturas de su red ya sean GSM o UMTS, esto permite agilizar la

implementación de VOLGA, ya que todo el funcionamiento se centra en VANC (*Volga Access Network Controller*), además permite al usuario acceder a otros servicios de conmutación de circuitos como mensajería instantánea SMS. La principal desventaja de VOLGA es el hecho de no estar estandarizada y 3GPP no está trabajando actualmente en el desarrollo de esta solución.

## **2.4 One Voice (VoLTE)**

De esta forma es denominado el grupo de operadores (AT&T, Verizon, TeliaSonera, Telefonica, Vodafone y Orange), quienes han decidido que la mejor forma de ofrecer servicios de voz y SMS sobre redes LTE es implementar una red IMS (Holman & Toskala, 2009) (Yang, Wen, Zheng, & Lu, 2011) (Le, Nguyen, & Crespi, 2012). IMS es una solución compleja debido al costo y a la implementación de la misma, aunque esta arquitectura cuenta con el patrocinio de 3GPP/3GPP2 con el apoyo de organismos de estandarización como ITU y ANSI, entre otros.

IMS (IP Multimedia Subsystem): Son redes con la capacidad de brindar servicios multimedia fijos y móviles, se caracterizan por estar comprendidas por una arquitectura de red independiente de la red de acceso, lo que permite que sea utilizada por diferentes redes de acceso de radio o redes inalámbricas (3G Americas, 2008). IMS es utilizado para prestar servicios como Voz, Datos y Video, entre otras haciendo uso del protocolo IP (*Internet Protocol*) para el transporte de la información y el uso del protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) para la señalización. Los operadores interesados en ofrecer los servicios sobre IMS deben actualizar los UICC (*Universal Identity Cryptographic Computer*), algunos operadores realizan este procedimiento mediante la actualización de la tarjeta USIM e ISIM en un proceso denominado como Over-the-Air Activation (OTA) (3G Americas, 2008) (Oredope, Pham, & Evans, 2011).

### 3. RECOMENDACIÓN PARA EL ENTORNO COLOMBIANO

Como se ha mostrado en el desarrollo del artículo, existen varias opciones que permiten a los operadores realizar la migración de las actuales tecnologías 2G y 3G a redes de cuarta generación (LTE), estos escenarios de migración, en general están enfocados a operadores que cuentan con infraestructura propia (Jouihri & Guennoun, 2012) (Stepaniuk, 2010) (Koshimizu, Tanaka, & Nishida, 2012). Existen escenarios de migración en los que se plantea realizar un cambio completo de los equipos, antenas, torres, por nombrar solo algunos de los elementos que se deberían cambiar; este tipo de migración aunque prepara y actualiza al operador, supone un alto riesgo financiero, debido a que teniendo en cuenta los casos actuales en algunos países como por ejemplo Estados Unidos donde según un estudio realizado por la Piper Jaffray (Piper Jaffray - Neil Hughes, 2012) el 47% de los usuarios de servicios móviles en Estados Unidos sienten que no necesitan servicios 4G, por esto se espera que la adopción de LTE sea gradual.

Por otro lado, se cuenta con escenarios de migración donde el operador realizando algunos cambios y adiciones en su infraestructura, podría prestar servicios de voz sobre su infraestructura actual (servicios de voz sobre redes de tercera generación) y servicios de datos de alta velocidad haciendo uso de las tecnologías de cuarta generación (LTE), aunque en estos escenarios igualmente se debe realizar inversión en infraestructura (Jouihri & Guennoun, 2012), la inversión realizada es baja comparada con la inversión de una migración completa a LTE. Partiendo de esta premisa, considerando el aspecto económico de los operadores, el escenario de migración más conveniente sería hacer uso de la infraestructura con la que cuentan actualmente (redes 2G y 3G), actualizándola con los elementos de red necesarios para los servicios de cuarta generación (LTE), por lo tanto, luego de analizar los diferentes escenarios de migración se propone que para el caso específico de los operadores móviles en Colombia que previamente cuentan con infraestructura propia, deberían empezar la migración hacia redes de cuarta generación (LTE) utilizando Circuit Switched Fallback (CSFB) pues al realizar la migración por medio

de este método se tendrían las siguientes características favorables:

La transferencia sencilla del dominio de conmutación de paquetes (LTE) al dominio de conmutación de circuitos (GSM/UMTS) que depende de la necesidad del usuario, otra característica sería que el equipo de usuario (UE) cambie automáticamente al dominio que requiera, estando constantemente en el dominio de paquetes y cambiando al dominio de circuitos solo cuando se registra un llamada entrante, o el usuario realice una petición para dar inicio a una llamada (Qualcomm-Ericsson, 2012). Por otra parte según (Qualcomm-Ericsson, 2012) los tiempos de establecimientos de llamas entrantes y salientes utilizando CSFB en comparación con el establecimiento de llamadas entrantes y salientes en GSM/UMTS no es demasiado alto, por tanto CSFB no comprometería la calidad de servicios de voz prestados por la red (Qualcomm-Ericsson, 2012).

Como se puede observar, según las características anteriormente mencionadas la implementación de CSFB (Circuit Switched FallBack), traería varios beneficios a los operadores móviles, dándoles la posibilidad de prestar servicios de cuarta generación (LTE), con una buena calidad de servicio de voz en comparación con las tecnologías predecesoras (GSM/UMTS) (Qualcomm-Ericsson, 2012) (Mueller, Magedanz, Corici, & Vingarzan, 2011). Por otro lado, CSFB propone una arquitectura que podría ser implementada con relativa facilidad sin desechar la infraestructura anterior del operador, esto haría que el operador tenga costos de migración más bajos, (mientras se llega a una implementación total de VoLTE), lo que finalmente se debería reflejar en los costos del servicio para el usuario final, por lo anteriormente dicho se propone CSFB como el modelo de migración más recomendable a implementar en Colombia.

#### **4. CONCLUSIÓN**

En el caso colombiano existen operadores móviles con un gran número de usuarios, estos operadores tienen implementadas redes GSM y UMTS que implicaron grandes inversiones de capital.

Cuando estos operadores tengan espectro disponible para realizar despliegues de red móvil de cuarta generación, no será económicamente recomendable que se desechen de un momento a otro sus redes previamente establecidas, por tanto los operadores deberán escoger un modelo de migración paulatino entre sus redes de tercera y cuarta generación. Por las ventajas anteriormente mencionadas, el modelo más recomendable para los operadores previamente establecidos en Colombia es CSFB (Circuit Switched Fall Back), sin embargo ente este modelo sea provisional mientras la red LTE se implementa con todos sus servicios y elementos tales como IMS y VoLTE.

## 5. REFERENCIAS

- 3G Americas. (Junio de 2008). UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA and SAE/LTE.
- Abuhaija, B., & Al-Begain, K. (2012). Browse Conference Publications, Next Generation Mobile Applic. Back to Results. Fourth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST) .
- Alcatel-Lucent. (10 de Octubre de 2008). Alcatel-Lucent. Recuperado el 25 de Septiembre de 2012, de [www.alcatel-lucent.com](http://www.alcatel-lucent.com)
- Ghosdm, A., Zhang, J., Andrews, J. G., & Rias, M. (2011). Fundamentals of LTE. Prentice Hall.
- Holman, H., & Toskala, A. (2009). LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access. John Wiley & sons LTD.
- Jouihri, Y., & Guennoun, Z. (2012). Best selection for operators starting LTE deployment towards voice services. International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS) .
- Koshimizu, T., Tanaka, I., & Nishida, K. (2012). Improvement on the VoLTE (Voice over LTE) Domain Handover with Operator's Vision. World Telecommunications Congress (WTC) .
- Le, T. A., Nguyen, H., & Crespi, N. (2012). IMS-based distributed multimedia conferencing service for LTE. Wireless Communications and Networking Conference (WCNC) .
- Mueller, J., Magedanz, T., Corici, M., & Vingarzan, D. (2011). UE & network initiated QoS reservation in NGN and beyond. International Conference on the Network of the Future (NOF) .

- Oredope, A., Pham, V., & Evans, B. (2011). Deploying IP Multimedia Subsystem (IMS) services in future mobile networks. National Conference on Communications (NCC) .
- Paisal, V. (2010). Seamless voice over LTE. IEEE 4th International Conference on Internet Multimedia Services Architecture and Application (IMSAA) (ISBN 978-1-4244-7930-6).
- Piper Jaffray - Neil Hughes. (22 de 8 de 2012). 47% of US consumers feel they don't need 4G LTE. Apple Insider .
- Qualcomm-Ericsson. (2012). Circuit-Switched Fallback, the first plane of voice evolution for mobile LTE devices.
- Stepaniuk, O. (2010). Voice over LTE via Generic Access (VoLGA) as a possible solution of mobile networks transformation. Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2010 Modern Problems of Radio Engineering .
- Sun, Y., Dong, Y., Zhao, Z., & Wen, X. (2010). Enhanced Multimedia Services Based on Integrated IMS-MBMS Architecture in LTE Networks. (ISSN 978-1-4244-3708-5).
- Yang, S., Wen, X., Zheng, W., & Lu, Z. (2011). Convergence architecture of Internet of Things and 3GPP LTE-A network based on IMS. Global Mobile Congress (GMC).