

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES**

RODOLPHO GUSTAVO KRAFT

**CONTINUIDADE DA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE VOZ EM REDES DE 4^a
GERAÇÃO: VOICE OVER LTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2016**

RODOLPHO GUSTAVO KRAFT

**CONTINUIDADE DA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE VOZ EM REDES DE 4ª
GERAÇÃO: VOICE OVER LTE.**

Monografia do Curso de Especialização em Gestão de Serviços de Telecomunicações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito para obtenção do título de Especialista em Gestão de Serviços de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Glauber Gomes de Oliveira Brante

**CURITIBA
2016**

RODOLPHO GUSTAVO KRAFT

CONTINUIDADE DA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE VOZ EM REDES DE 4ª GERAÇÃO: VOICE OVER LTE.

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 17 de outubro de 2016, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em MBA em Gestão de Serviços de Telecomunicações, expedido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O estudante foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Msc. Alexandre J. Miziara
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Curitiba, 17 de Outubro de 2016

Prof. Msc. Alexandre J. Miziara

Prof. Glauber Gomes de Oliveira Brante Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

A minha esposa, July Anne, pela parceria incondicional; aos meus filhos João Augusto e Ana Júlia, pelo sentido da vida; e a meus pais João Conrado e Ecleia, pela dedicação sem fim.

AGRADECIMENTOS

Tendo a certeza que estas poucas linhas não serão suficientes para reconhecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram em mais esta importante fase da minha vida desde já peço desculpas àquelas que não recordei em citar.

Agradeço ao meu orientador, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A minha família, pelo sempre apoio e pelo tempo abdicado da minha presença.

Enfim, a todos os que por alguma razão contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

KRAFT, Rodolpho Gustavo. **Continuidade da Prestação do Serviço de Voz em Redes de 4ª Geração: Voice Over LTE**. 2016. 45 f. Monografia Especialização em Gestão de Serviços de Telecomunicações - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

A demanda por altas taxas de transmissão de dados e o crescente aumento da quantidade de dispositivos conectados às redes móveis impulsionou o desenvolvimento de uma nova geração de rede de dados móvel, a tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) padronizada pelo *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). Desenvolvida para oferecer somente serviços de dados e sem suporte para chamadas de voz, esta nova tecnologia obriga as operadoras móveis a buscarem alternativas para não impactar sua receita com o serviço de voz até que uma solução de voz sobre a rede LTE seja implementada, no caso, o VoLTE utilizando a arquitetura IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Neste contexto duas alternativas são propostas, o CSFB (*Circuit Switch FallBack*), que utiliza as redes legadas para a realização de chamadas de voz e o VOLGA (*Voice over LTE via Generic Access*), que adota o princípio da utilização de uma rede de dados genérica para acesso às redes LTE e a transmissão de chamadas de voz. O objetivo principal deste trabalho é de identificar e descrever as principais funcionalidades de cada arquitetura de rede proposta apresentando as vantagens e desvantagens de cada solução existente para a continuidade da prestação do serviço de voz em redes LTE.

Palavras-chave: LTE, VoLTE, CSFB, VoLGA, IMS.

ABSTRACT

KRAFT, Rodolpho Gustavo. **Continuidade da Prestação do Serviço de Voz em Redes de 4ª Geração: Voice Over LTE.** 2016. 45 f. Monografia Especialização em Gestão de Serviços de Telecomunicações - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

The demand for high data transmission rates and the increasing number of connected devices mobile networks has boosted the development of a new generation of mobile data network, LTE (Long Term Evolution) standardized by the 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Designed to provide only data and not support voice calls requires mobile operators to seek alternatives to not impact your revenue from voice service until a voice solution on the LTE network to be implemented in case the VoLTE using IMS (IP Multimedia Subsystem) architecture. In this context two alternatives are proposed, CSFB (Circuit Switch Fallback) that uses the legacy networks for carrying voice calls and Volga (Voice over LTE via Generic Access), which adopts the principle of using a data network generic for access to LTE networks and the transmission of voice calls. The main objective of this work is to identify and describe the main features of each network architecture proposed giving the advantages and disadvantages of each existing solution to the continued provision of voice services in LTE networks.

Keywords: LTE, VoLTE, CSFB, VoLGA, IMS.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVOS GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2.3	JUSTIFICATIVA	13
2.4	METODOLOGIA	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E DESENVOLVIMENTO.....	15
3.1	Evolução do serviço de voz em redes LTE	15
3.2	Arquitetura LTE (<i>Long Term Evolution</i>).....	18
3.3	SOLUÇÕES PARA CHAMADAS DE VOZ SOBRE REDES LTE.....	19
3.3.1	<i>Circuit Switch Fall Back</i> – CSFB.....	19
3.3.2	VoLGA	22
3.3.3	VoLTE.....	26
3.4	COMPARATIVO ENTRE AS SOLUÇÕES PROPOSTAS.....	34
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	36

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura VoLTE Simplificada.....	12
Figura 2 - LTE no Mundo.	16
Figura 3 - Fases de Evolução rede LTE.....	17
Figura 4 - LTE Arquitetura.....	19
Figura 5 – <i>Circuit Switched Fallback</i>	20
Figura 6 - Arquitetura CSFB.....	20
Figura 7 - Chamada Originada utilizando o CSFB.	21
Figura 8 - Chamada Terminada utilizando o CSFB.....	22
Figura 9 - Arquitetura Volga.	23
Figura 10 - Chamada Originada VoLGA.	25
Figura 11 - Chamada Terminada VoLGA.....	26
Figura 12 - Arquitetura VOLTE Core EPS.....	27
Figura 13 - Chamada de voz na rede VOLTE.	30
Figura 14 - Upgrade de rede para suporte do SRVCC.....	31
Figura 15 - Arquitetura SRVCC.....	32
Figura 16 - Procedimento de handover de voz SRVCC rede LTE.	32
Figura 17 - Transferência do serviço de voz para o domínio CS.....	33
Figura 18 – Propostas de Soluções de Rede para Chamadas de Voz em Redes LTE.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro Comparativo das Soluções Propostas para Voz em Redes LTE.....	35
--	----

LISTA DE SIGLAS

3GPP - 3rd Generation Partnership Project

AMPS - Advanced Mobile Phone System

AS - Application Server

BSC - Base Station Controller

BTS - Base Transceiver Station

CDMA - Code Division Multiple Access

CS - Circuit Switched

CSFB - Circuit Switch Fall Back

DTAP - Direct Transfer Application Part

DTM - Dual transfer mode

eNobeB - Enhanced NobeB

EPS - Evolved Packet System

ESR - Extended Service Request

E-UTRAN - Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network

GAN - Generic Network Access

GGSN - Gateway GPRS Support Node

GPRS - General Packet Radio Service

GSM - Global system for mobile communications

GSMA - Group Speciale Mobile Generation

HLR - Home Location Register

HSS - Home Subscriber Server

IMS - IP Multimedia Subsystems

IMT - International mobile communication

LTE - Long term evolution

MME - Mobility Management Entity

MMS- Multimedia messaging Service

MMTel - Multimedia Telephony Service

MSC - Mobile Switching Center

NAS - Non-Access Stratum

NNI-I - Interconnect Network-Network interface

PCRF - Policy and Charging Rules Function

PDN - Packet Data Network
PS - Packet Switched
PSTN - Public Switched Telephone Network
QoE - Quality of Experience
QoS - Quality of Service
RCS - Rich Communication Suite
RNC - Radio network controller
S-CSCF - Serving Call Session control Function
SeGW - Security Gateway
SGSN - Serving GPRS Support Node
SGW - Serving Gateway
SIP - Session Initiation Protocol
SMS - Short Message Service
SRVCC - Single Radio Voice Call Continuity
TDMA - Time Division Multiple Access
UE- User Equipament
UMA - Universal Mobile Access
UMTS - Universal Mobile Telecommunication System
UNI - User Network Interface
VANC - Volga Access Network Controller
VOLGA - Voice over LTE via Generic Access
VoLTE- Voice Over LTE

1 INTRODUÇÃO

O usuário final ao utilizar uma nova geração de serviços móveis provavelmente tem a expectativa que seus dispositivos possam funcionar tão bem ou melhor que seus dispositivos atuais 2G/3G e esta expectativa estende-se não apenas a serviços de dados mas também para os serviços convencionais de telefonia como as chamadas de voz.

Apresenta-se como esta nova geração de serviços a tecnologia LTE como uma tendência natural para a convergência dos sistemas de telefonia móvel de segunda e terceira geração.

A tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) padronizada pelo *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* é orientado para transmissão de dados de alta velocidade, diferentemente das tecnologias GSM (*Global System for Mobile Communications*), GPRS (*General Packet Radio Service*) e UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), que são mais orientadas à voz. Para simplificar e reduzir os custos de implantação, inicialmente o LTE foi desenvolvido para oferecer somente serviços de dados. Esta estratégia para as operadoras, por um lado, teve como vantagem a sua rápida implementação sem que houvesse a necessidade de um investimento em uma solução para o serviço de voz.

Por outro lado, nesse novo modelo de negócio, as operadoras de telefonia sem o serviço de voz poderiam ter impactos em sua receita pois mesmo este serviço em uma decrescente representa ainda uma considerável fonte de receita para as operadoras de telefonia móvel.

Neste contexto as operadores buscam continuar a prestar o serviço de voz seja através do recurso a outras redes (2G e 3G), seja através de extensões do protocolo LTE original. A iniciativa de criação de um padrão de voz nativo LTE nasceu em 2009, quando 12 operadoras móveis formaram um consórcio para criar uma tecnologia que é hoje conhecida por VoLTE (*Voice Over LTE*), ver Figura 1. Esta abordagem baseia o serviço de voz em IP utilizando os subsistemas da arquitetura IMS (*IP Multimedia Subsystems*) e sendo totalmente baseado em comutação de pacotes permite que não haja dependência de outras redes 2G ou 3G para prover o serviço de voz. Além

disso, na existência de cobertura LTE as operadores poderão finalmente de deixar de investir nas redes 2G e 3G.

Para o consumidor, a diferença de qualidade do VoLTE é percebida não apenas pela alta definição do áudio, mas também pela diminuição da latência na chamada.

Um ponto importante, embora a arquitetura IMS seja totalmente padronizada, a interoperabilidade com as redes EPS (*Evolved Packet Switch*) precisa ser amplamente testada e este processo requer das operadoras um investimento com relação a custo e tempo, sendo assim, diversas outras alternativas surgiram para que a rede LTE possa oferecer suporte a chamadas de voz sem depender do core IMS. Entre as alternativas estão o CSFB (*Circuit Switch FallBack*), que utiliza as redes legadas como alternativa para a realização de chamadas de voz e a proposta VOLGA (*Voice over LTE via Generic Access*), que adota o princípio da utilização da rede Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) para acesso às redes LTE e a transmissão de chamadas de voz.

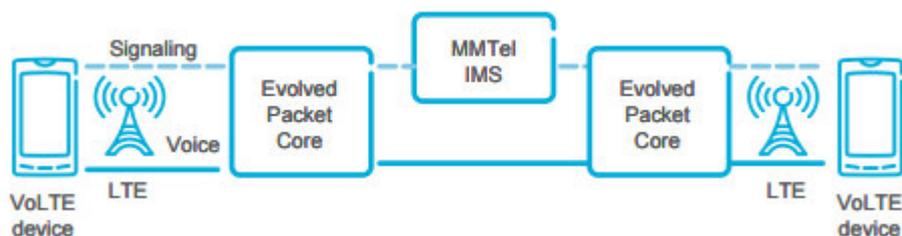


Figura 1 – **Arquitetura VoLTE Simplificada.**

Fonte: (ERICSSON, 2014)

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo de apresentar uma visão geral das diferentes propostas para o suporte de chamadas de voz em redes LTE, destacando as tecnologias que podem ser implantadas rapidamente nas redes comerciais e a solução VoLTE baseada na arquitetura IMS, ao final, serão apresentadas as conclusões.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

Realizar um levantamento de possíveis alternativas documentadas e/ou padronizadas para oferecer suporte a chamadas de voz em redes de 4º geração LTE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar e descrever as principais funcionalidades de cada arquitetura de rede proposta para a transmissão de chamadas de voz em redes LTE.

Apresentar as vantagens e desvantagens de cada solução existente para a continuidade da prestação do serviço de voz em redes LTE.

2.3 JUSTIFICATIVA

A tecnologia LTE tem sido considerada uma tendência natural para a convergência dos sistemas de telefonia celular de segunda e terceira geração, entretanto, vem sendo desenvolvida apenas para o tráfego de dados de alta velocidade deixando o tráfego de voz a cargo dos sistemas das gerações anteriores 2G/3G. As operadoras de telefonia móvel que tem ainda parte de sua receita proveniente dos serviços de voz não podem ignorar a continuidade deste serviço na evolução da rede e muito menos assumir os custos de manter redes legadas paralelas, sendo necessário então buscar alternativas junto aos fornecedores para utilizar a infra do LTE também para a transmissão de voz.

Dessa forma, soluções de rede precisam ser buscadas pelas operadoras de telefonia móvel para atender a necessidade da continuidade da prestação do serviços de voz em redes LTE, mantendo assim a receita com este serviço e a convergência das redes legadas.

2.4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi aplicada uma pesquisa e estudo em artigos científicos, periódicos relacionados a área de Telecomunicações, fóruns de discussão, publicações dos principais fornecedores na área de telecomunicações e normas e recomendações das principais organizações da área a citar: *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)*, *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* e *Request for comments (RFC's)*.

As informações foram utilizadas para promover um análise comparativo entre as soluções propostas para o serviço de voz em redes LTE com base nas características funcionais de cada arquitetura considerando o ponto de vista da experiência do usuário e da prestadora do serviço de telefonia móvel.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E DESENVOLVIMENTO

3.1 Evolução do serviço de voz em redes LTE

No final de 2004, o 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) começou a avaliar uma nova tecnologia de rádio como um sucessor para a tecnologia WCDMA (*wideband code division multiple access*). Este trabalho foi chamado de evolução a longo prazo (LTE) e hoje é o nome da interface de rádio usado na maioria das publicações oficiais. Em paralelo com o trabalho sobre uma nova interface de rádio o 3GPP iniciou um estudo para evoluir a rede de pacotes do core 2G / 3G (conhecido como o núcleo GPRS), a fim de lidar com as novas exigências do LTE. Este estudo foi chamado de *System Architecture Evolution* (SAE) e foi documentado no relatório técnico 3GPP (3GPP TR 23.882 V8.0.0 2008-09).

O resultado final deste trabalho foi a concepção de uma nova rede de pacotes chamada de núcleo de pacote evoluído (EPC), em inglês *Evolved Packet Core*, e documentado no 3GPP Release 8.

Para o assinante, isso significa taxas de acesso mais elevadas e menor latência na conexão, enquanto que para o prestador de serviços de comunicação móvel, a tecnologia LTE oferece menor custo graças ao uso mais eficiente dos recursos de rede como mais flexibilidade na atribuição de frequências, graças à capacidade da rede LTE de operar em um espectro mais amplo.

A tecnologia LTE como especificado no 3GPP Versão 8 foi primeiro implantada comercialmente no final de 2009. Desde então, o número de redes comerciais cresce fortemente em todo o mundo, vide Figura 2.

O LTE se tornou a tecnologia de desenvolvimento mais rápida no sistema móvel. Como outras tecnologias celulares, a LTE é continuamente trabalhada em termos de melhorias. Grupos 3GPP adicionam componentes de tecnologia dentro dos chamados lançamentos. Melhorias iniciais foram incluídas no 3GPP Versão 9, seguidas por melhorias bem mais significativas no 3GPP Versão 10, também conhecido como LTE-Advanced. (QUALCOMM, 2012).

mensagens instantâneas, compartilhamento de vídeo e agendas compartilhadas. Esta fase também utiliza uma solução SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*) que mantém as chamadas de voz estabelecidas mesmo com os usuários móveis deslocando-se entre áreas de cobertura LTE e não LTE. O CSFB continua a ser implantado durante a segunda fase, para fornecer serviços de voz para usuários em roaming e dispositivos que não oferecem suporte ao VoLTE.

A terceira fase converge para uma maior capacidade e serviços de redes *all IP* (voz e vídeo sobre IP e RCS) para cobertura contínua em toda à rede, incluindo LTE, 3G/HSPA e Wi-Fi, com a interoperabilidade entre operadoras e domínios de telefonia legados. (QUALCOMM, 2012).



Figura 3 - Fases de Evolução rede LTE.

Fonte: (QUALCOMM,2012)

3.2 Arquitetura LTE (*Long Term Evolution*)

Basicamente, conforme Figura 4, a arquitetura 4G LTE é composta dos seguintes elementos de rede: (POIKSELIK; HOLMA; HONGISTO; KALLIO; TOSKALA; 2012).

UE: Qualquer dispositivo usado diretamente pelo usuário final para se comunicar.

eNodeB (*enhanced NodeB*): entre outras funções é responsável principalmente por todo o gerenciamento de recursos de rádio, incluindo configuração, controle inicial de admissão e alocação da portadora de rádio, bem como designa dinamicamente recursos de rádio para os UEs.

SGW: realiza o roteamento de pacotes no *User Plane*, enquanto age como gestor da mobilidade durante o processo de *handover inter-eNodeB* ou no *handover* entre o acesso LTE e outras redes 3GPP, direcionando o tráfego dessas redes legadas ao PGW.

MME: é o elemento de controle da rede de acesso. É responsável pela gerência de mobilidade do UE, procedimentos de localização, *paging* e retransmissões. Também tem a tarefa de autenticar o usuário na rede (através da interação com o HSS)

PCRF: O PCRF é responsável por suportar e detectar fluxos de serviço de dados, permitindo ao sistema tarifar e aplicar políticas com base neste fluxo de dados.

PGW: provê conectividade entre o UE e qualquer rede de dados externa, sendo o nó de saída e entrada do tráfego de dados de usuário.

Apresenta como vantagem o fornecimento dos serviços de voz sem a necessidade de fazer grandes alterações na “rede viva” e como desvantagem a interrupção ou o handover dos serviços de dados que estão sendo processados através da rede LTE quando o usuário realizar ou atender uma chamada de voz, além de um atraso nesta conexão que pode afetar a experiência do cliente. Pode ser considerada como uma fase de transição até a implementação de uma rede IMS.

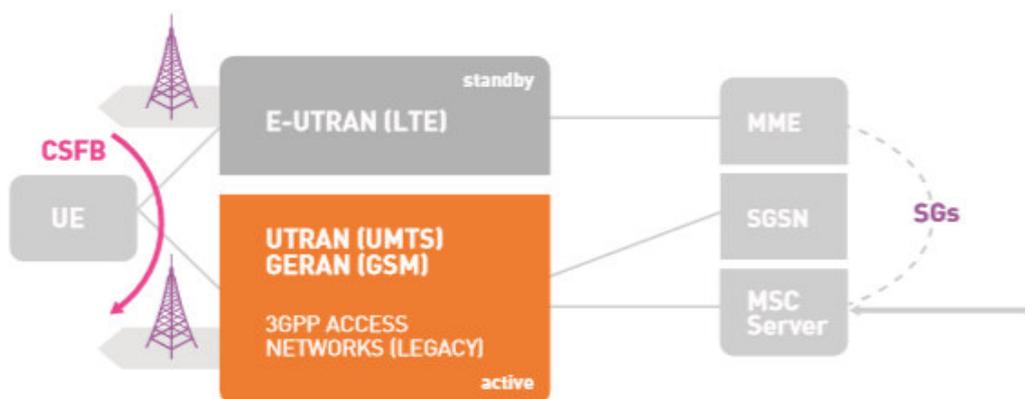


Figura 5 – **Circuit Switched Fallback**
Fonte: (QUALCOMM, 2012)

A Figura 6, apresenta a arquitetura CSFB para a realização de chamadas de voz em redes LTE. A interface SG que interliga a MSC ao MME é responsável por realizar as funções de *paging* e a interface S3 que interliga o MME ao SGSN facilita a continuação de uma sessão ativa de dados enquanto o usuário migra do LTE para a rede 3G.

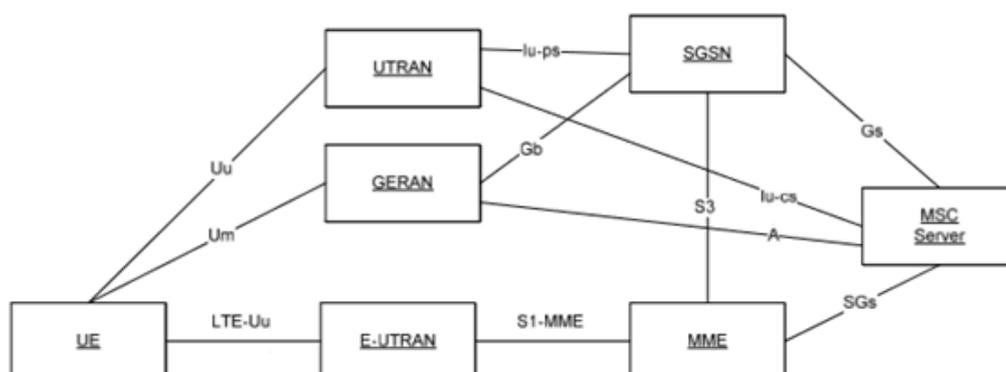


Figura 6 - **Arquitetura CSFB.**
Fonte: (3GPP TS 23.272 version 8.11.0 Release 8)

Na realização de uma chamada, detalhada na Figura 7, o UE envia a solicitação de chamada de voz para o MME, o MME instrui o UE a fazer o “*fall back*” para a rede 2G ou 3G e por fim o UE faz o “*fall back*” e inicia uma chamada baseado no fluxo de operação normal da rede 2G ou 3G.

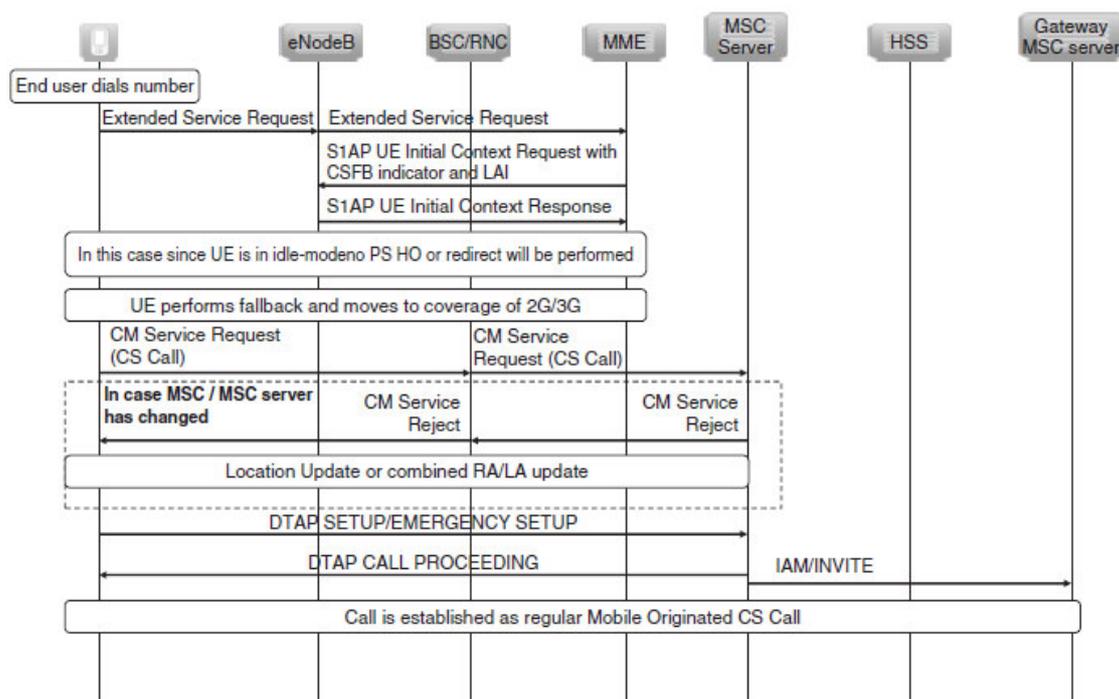


Figura 7 - Chamada Originada utilizando o CSFB.

Fonte: (POIKSELKÄ; HOLMA; HONGISTO; KALLIO; TOSKALA, 2012)

No recebimento de uma chamada, detalhado na Figura 8, a MSC envia um “*paging request*” para o MME sobre a interface SG, o MME envia o “*paging request*” instruindo o UE a fazer o “*fall back*” para a rede 2G ou 3G, o UE faz o “*fall back*” e envia um “*paging response*” para o servidor MSC e por fim atende a chamada baseado nos fluxos normais de chamada da rede móvel.

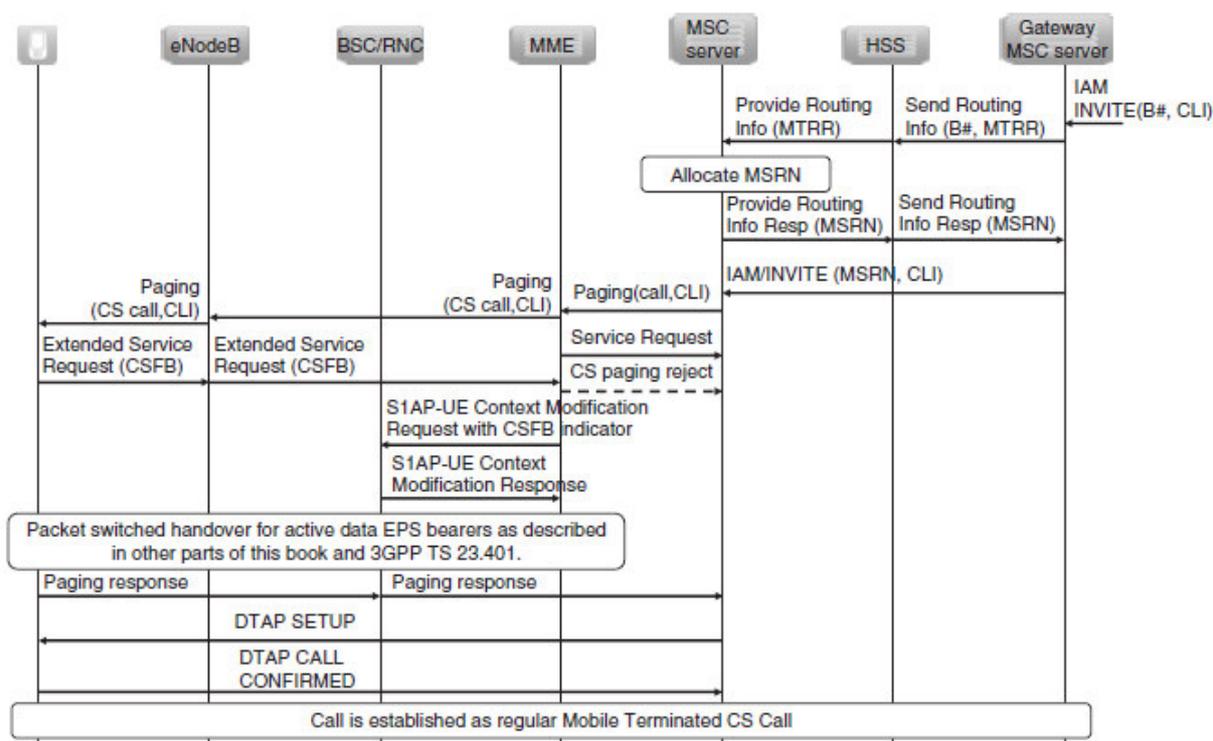


Figura 8 - Chamada Terminada utilizando o CSFB.
 Fonte: (POIKSELKÄ; HOLMA; HONGISTO; KALLIO; TOSKALA, 2012)

3.3.2 VoLGA

A arquitetura VOLGA (*Voice Over LTE via Generic Access*) propõe o fornecimento dos serviços tradicionais de voz e SMS sobre redes de acesso LTE sem a necessidade de uma re-arquitetura da rede. Baseado no GAN (*Generic Access Network*), definido pelo 3GPP, é uma solução que adiciona o Wi-Fi como uma tecnologia de acesso, assim como GSM e UMTS. O objetivo do GAN é estender os serviços móveis através de uma rede de acesso IP (*Internet Protocol*) genérico. (SAUTER, 2009).

Para o funcionamento é necessário que o dispositivo do usuário tenha além dos rádios convencionais para GSM e UMTS, um específico para *Wi-Fi*, ao detectar a existência desta rede o UE registra-se ao core de rede e através

de um *gateway* GAN conectado ao usuário os serviços de voz ou SMS podem ser disponibilizados de forma segura.

Como vantagem no ponto de vista de implementação, e conforme Figura 9, esta arquitetura adiciona o VANC (*Voice Access Network Control*) como único elemento de rede novo, que comparado com o GSM seria equivalente a BSC (*Base Station Controller*) e comparado com o UMTS equivaleria a RNC (*radio network controller*). Todos os outros elementos de rede e as interfaces entre eles são reutilizados sem qualquer modificação de característica funcional. Porém como desvantagem o VoLGA não é ainda um item de trabalho do 3GPP e conseqüentemente não padronizado. Além disso não ganhou muito apelo com os principais fornecedores e operadoras e ainda exige que os aparelhos celulares tenham suporte ao *dual mode* baseado no GAN.

O VANC se conecta ao P-GW (*Packet Gateway*) através da Interface SGI padrão e tanto o tráfego de dados e voz são transportados através desta interface. A MSC e o MME (*Mobility Management Entity*) ficam responsáveis pelo controle de chamadas e serviços relativos às redes GSM, UMTS e LTE. O HLR (*Home Location Register*) e o HSS (*Home Subscriber Service*) respondem pelo registro e pelo controle das informações de cada dispositivo móvel pertencente às redes GSM, UMTS e LTE. (VoLGA Stage 2 V1.7.0 2010-06-14).

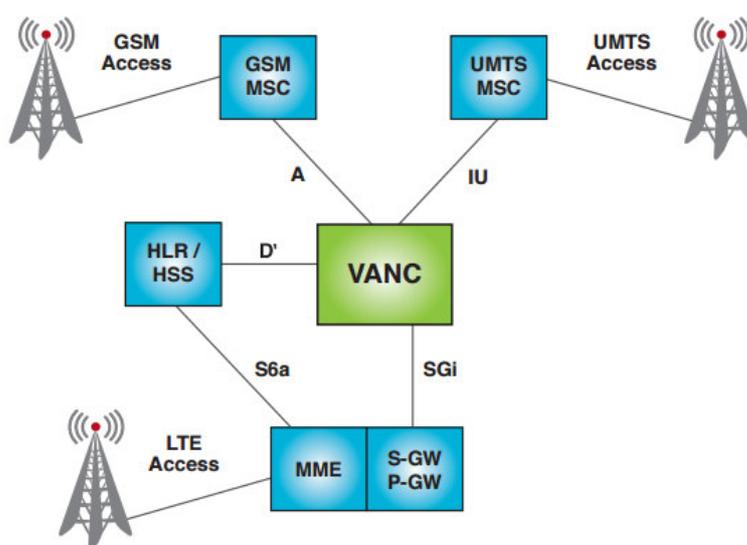


Figura 9 - **Arquitetura Volga.**
Fonte: (SAUTER, 2009)

Quando um dispositivo móvel está ligado e detecta uma rede LTE, ele é registrado primeiramente no MME, e deste ponto é realizada a consulta dos dados de autenticação do assinante no HLR/HSS. Depois de registrado, o usuário solicita uma conexão com o VANC estabelecendo um túnel *IP* seguro através da rede de rádio do LTE. Em seguida o usuário conecta-se a MSC através do VANC utilizando um protocolo já conhecido pelas redes GSM e UMTS, que é o DTAP (*Direct Transfer Application Part*). O VANC por sua vez garante que estas mensagens sejam trafegadas na rede de forma transparente pois simula uma célula GSM ou UMTS seguindo os respectivos padrões das tecnologias. (TELECO, 2014).

Para a realização de uma chamada, detalhado na Figura 10, o dispositivo móvel envia uma mensagem para o VANC solicitando estabelecer uma conexão com a MSC e em seguida envia os dados da chamada como por exemplo o número discado. A MSC reconhece o pedido e como na visão da MSC o VANC é uma BSC ou RNC, envia então uma mensagem solicitando o estabelecimento de um circuito. O VANC traduz essa mensagem preparando-se para a troca dos pacotes *IP* contendo dados de voz. (TELECO, 2014).

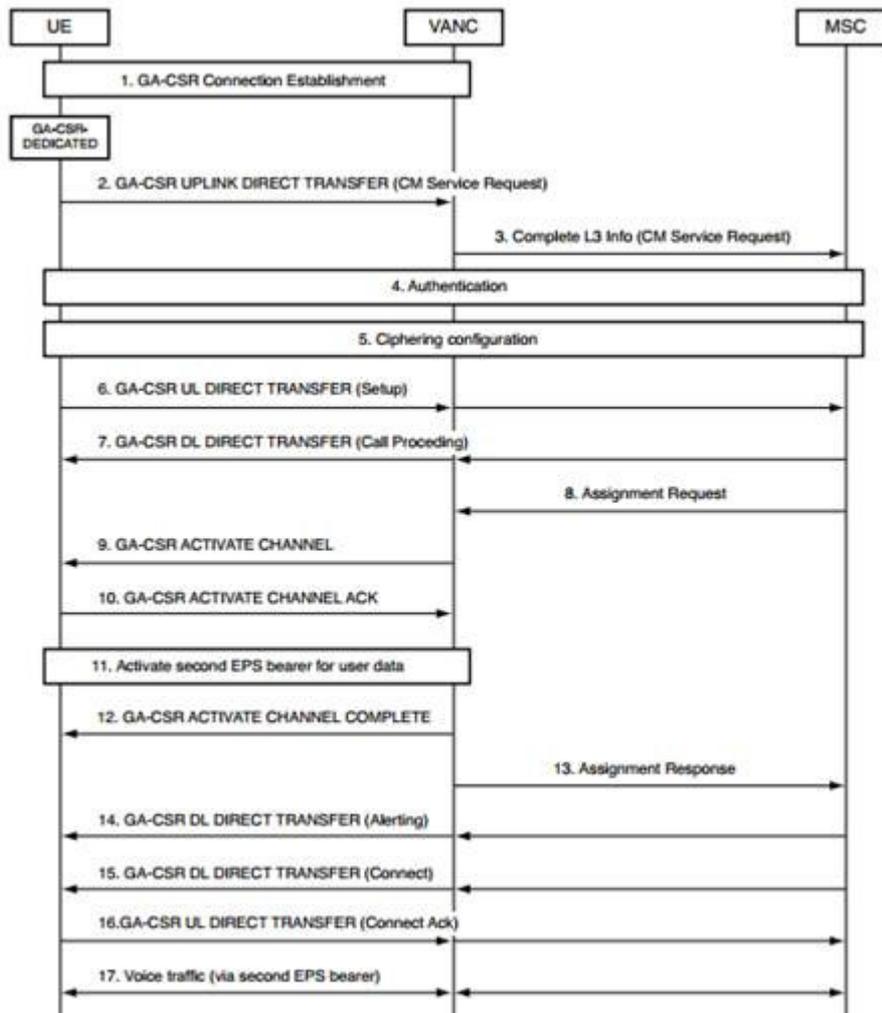


Figura 10 - Chamada Originada VoLGA.
 Fonte: (VoLGA Stage 2 V1.7.0 2010-06-14)

De forma semelhante segue o funcionamento de uma ligação recebida, detalhada na Figura 11. A MSC recebe uma solicitação de chamada e envia uma mensagem de *paging* padrão para o VANC que através do túnel *IP* já estabelecido com o UE encaminha a mensagem. (TELECO, 2014).

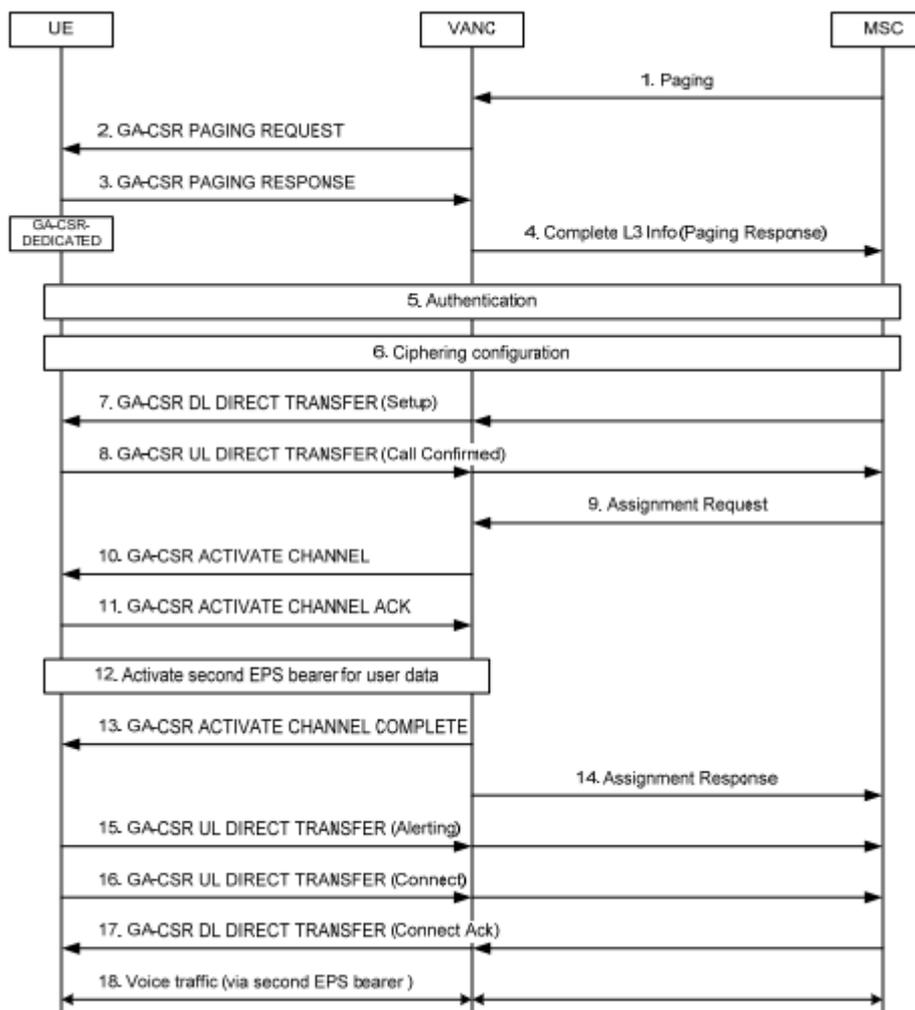


Figura 11 - Chamada Terminada VoLGA.
 Fonte: (VoLGA Stage 2 V1.7.0 2010-06-14)

3.3.3 VoLTE

Voice over LTE, ou VoLTE, é um padrão de normas e especificações definidas pelo 3GPP para a prestação do serviço de voz e SMS sobre uma rede LTE utilizando a arquitetura IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Permite ainda utilizar os serviços fornecidos pela rede CS (*Circuit Switch*) implementando controle de QoS e garantia de qualidade nas chamadas de voz. (GSMA, 2014).

A arquitetura do VoLTE, conforme Figura 12 e descrita a seguir, utilizando o domínio IMS apresenta com vantagem a possibilidade de oferecer

ao usuário diversos serviços de multimídia, como voz HD, chamadas de vídeo e transferência de arquivos de imagem o que pode elevar a experiência do usuário na utilização do serviço. Além do mais garante um tempo de conexão de chamada bem inferior a tecnologias legadas, quase instantaneamente.

Em desvantagem exige que a operadora implemente uma rede IMS, o que torna sua implementação bastante complexa e exige da operadora uma série de testes funcionais para garantir a interoperabilidade com serviços e redes legadas. (TAKAKI; BAZZO, v, 8, n. 2, p. 27-32, jul./dez. 2012)

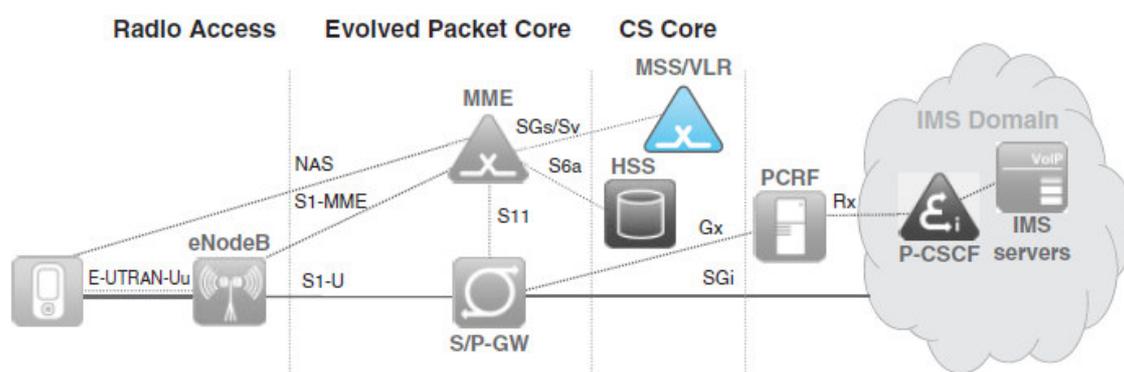


Figura 12 - **Arquitetura VOLTE Core EPS.**

Fonte: (POIKSELKÄ; HOLMA; HONGISTO; KALLIO; TOSKALA, 2012)

A camada de acesso de rádio é composta pelo E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access*) constituído por um único nó, o eNodeB que faz a interface com o UE. O eNodeB executa ainda funções como gerenciamento de recursos de rádio, controle de admissão, negociação de QoS e compressão de cabeçalhos.

O core EPC (*Evolved Packet Core*) contempla os principais elementos da rede VoLTE e que desempenham as principais funções do sistema. Composto pelo MME (*Entidade Mobility Management*), principal elemento de controle para o acesso à rede LTE e responsável pelas funções de autenticação, segurança, gerenciamento de mobilidade, gerenciamento de perfil do usuário, conexão e autorização de serviços. O MME fornece a função

no plano de controle para a mobilidade entre redes de acesso 2G / 3G e LTE e interface com o HSS para usuários em roaming. Neste plano ainda encontram-se o SGW (*Serving gateway*) responsável pelo roteamento dos pacotes de dados dos usuários entre a rede LTE e outras tecnologias como o 2G / 3G e o PGW (*Packet Data Network gateway*) que fornece conectividade entre as redes de dados externas e o core EPC.

No plano do Core CS destacam-se o HSS (*Home Subscriber Server*) que armazena os dados de usuário na rede EPS e o PCRF (*Policy and Charging Rules Function*) que fornece políticas de controle e tarifação.

No domínio IMS, arquitetura de rede para o controle de sessões multimídia, na camada de controle encontram-se o P-CSCF (*Call Session Control Function Proxy*) que funciona como um proxy SIP, encaminhando mensagens SIP entre o UE e o core IMS, o I-CSCF (*Interrogating Call Session Control Function*) que é o ponto de contato na rede para todas as conexões destinadas a um usuário IMS e o S-CSCF (*Serving Call Session Control Function*) responsável pelo controle de sessão e funções de roteamento.

As principais interfaces da arquitetura VoLTE são definidos pelo 3GPP e descritas abaixo. (GSMA, 2014).

LTE-Uu Interface (UE - eNodeB) 3GPP TS 36.300

S1-MME Interface (UE - MME) 3GPP TS 24.301

S1AP interface (eNodeB - MME) 3GPP TS 36.413

S1-U Interface (eNodeB - SGW) 3GPP TS 29.281.

X2 interface (eNodeB - eNodeB) 3GPP TS 36.423.

S5 Interface (SGW - PGW) 3GPP TS 29.274.

S6A Interface (HSS - MME) 3GPP TS 29.272.

S9 Interface (H-PCRF - V-PCRF) 3GPP TS 29.215

S10 Interface (MME - MME) 3GPP TS 29.274 [31].

S11 Interface (MME - SGW) 3GPP TS 29.274

Gx Interface (PCRF - PGW) 3GPP TS 29.212

Rx Interface (PCRF - P-CSCF) 3GPP TS 29.214

SGI Interface (PGW - P-CSCF) 3GPP TS 29.061

Cx Interface (I / S-CSCF - HSS) 3GPP TS 29.228 e 3GPP TS 29.229.

Sh Interface (VoLTE AS - HSS) 3GPP TS 29.328 e 3GPP TS 29.329.

Gm Interface (UE - P-CSCF) 3GPP TS 24.229

Ut Interface (UE VoLTE - AS) 3GPP TS 24.623.

Mx Interface (x-CSCF - IBCF) 3GPP TS 24.229

Mw de interface (X-CSCF - X-CSCF) 3GPP TS 24.229.

Mg Interface (xCSCF - MGCF) 3GPP TS 24.229.

Mi Interface (xCSCF - BGCF) 3GPP TS 24.229.

Mj Interface (BGCF - MGCF) 3GPP TS 24.

ISC interface (S-CSCF -TAS) 3GPP TS 24.229.

Sr Interface (S-CSCF - MRF) 3GPP TS 24.229

Cr Interface (TAS- MRF) 3GPP TS 24.229.

Ici Interface (IBCF - IBCF) 3GPP TS 29.165.

Conforme Figura 13, ao iniciar uma chamada de voz o UE envia uma mensagem *INVITE*, contendo suas informações e as do terminal chamado para o IMS através do P-CSCF. O lado de terminação responde à mensagem com um 183 *SESSION PROGRESS* contendo a informação do codec do terminal chamado. O servidor P-CSCF, por sua vez, pede para o servidor PCRF, da rede LTE/EPC, criar uma portadora para a mídia de voz. O PCRF, em conjunto com o P-GW e o S-GW, configura a portadora para a transmissão e em seguida o P-CSCF envia uma mensagem 183 *SESSION PROGRESS* para o terminal originador que, por sua vez, compara as informações do codec a ser utilizado pelo terminal receptor e determina aquele que este utilizará. Após a confirmação dos terminais sobre a configuração da portadora para a transmissão de voz o terminal de destino inicia o toque de chamada informando o usuário sobre uma chamada recebida. Quando o usuário do terminal chamado atende à chamada, uma mensagem 200 *OK* é enviada para o terminal originador, e a sessão de voz é estabelecida entre os dois terminais. (TAKAKI; BAZZO, v, 8, n. 2, p. 27-32, jul./dez. 2012).

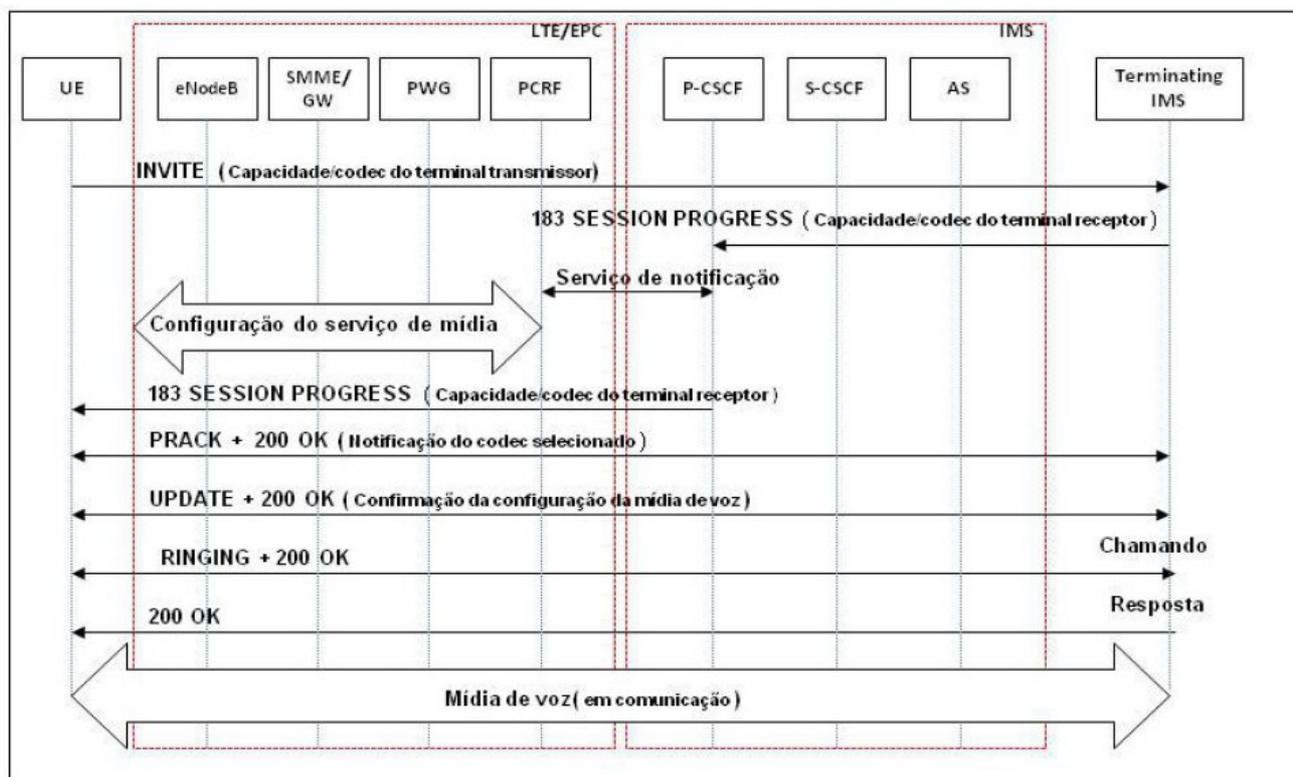


Figura 13 - **Chamada de voz na rede VOLTE.**
 Fonte: (TAKAKI; BAZZO, v, 8, n. 2, p. 27-32, jul./dez. 2012)

3.3.3.1 SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*)

Um dos desafios das operadoras no processo de implantação do VOLTE é a capacidade de transferir as chamadas de voz em andamento estabelecidas em redes LTE para as redes legadas CS quando o usuário sair de uma área de cobertura 4G, mantendo a qualidade do serviço com um tempo mínimo de interrupção durante o processo de *handover*.

A funcionalidade SRVCC surge como uma solução para este requisito de continuidade do serviço de voz garantido a interoperabilidade com as redes legadas. Desde a sua especificação inicial no 3GPP Release 8, o SRVCC evoluiu continuamente e para garantir a interoperabilidade das várias implementações com redes legadas, o GSMA tem proporcionado um conjunto

de diretrizes para o SRVCC (GSMA IR.64), detalhando os requisitos para redes e dispositivos de usuários. (QUALCOMM, 2012).

Para a implementação, o SRVCC requer funcionalidades adicionais e conseqüentemente upgrades nos elementos de rede do core EPC, core IMS e no core da rede CS (Mobile Switching Center). Vide Figura 14.

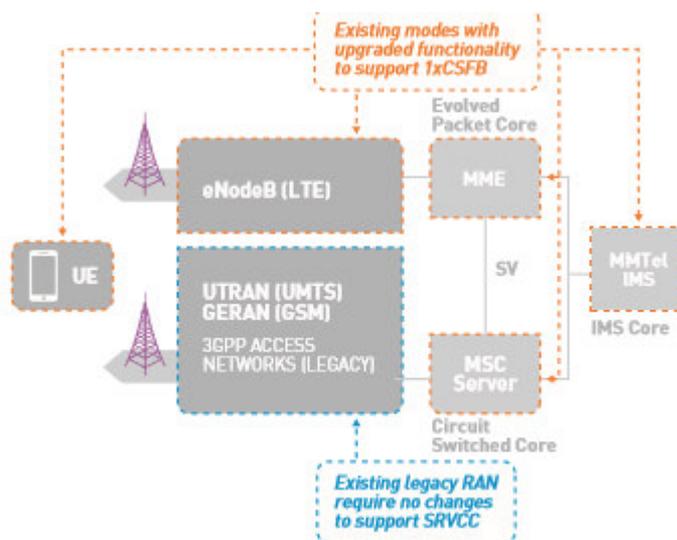


Figura 14 - Upgrade de rede para suporte do SRVCC.
Fonte: (QUALCOMM, 2012)

Estas novas funcionalidades, destacadas na Figura 15, são o SRVCC MSC Server que executa a tarefa de preparar os recursos do lado do acesso de rádio alvo para transferência de domínio imediato e o SCC AS (*Service Centralization and Continuity Application Server*) que tem a função de implementar o fluxo de *handover* no domínio IMS e *update* do SDP (*Session Description Protocol*) do UE remoto. (ETSI TS 123 216 V11.7.0 2013-01)

Para facilitar a transferência do serviço de voz para o domínio CS, as sessões de telefonia multimídia precisam ser ancoradas no domínio IMS. A Figura 16 exemplifica o procedimento de handover de voz SRVCC na rede LTE.

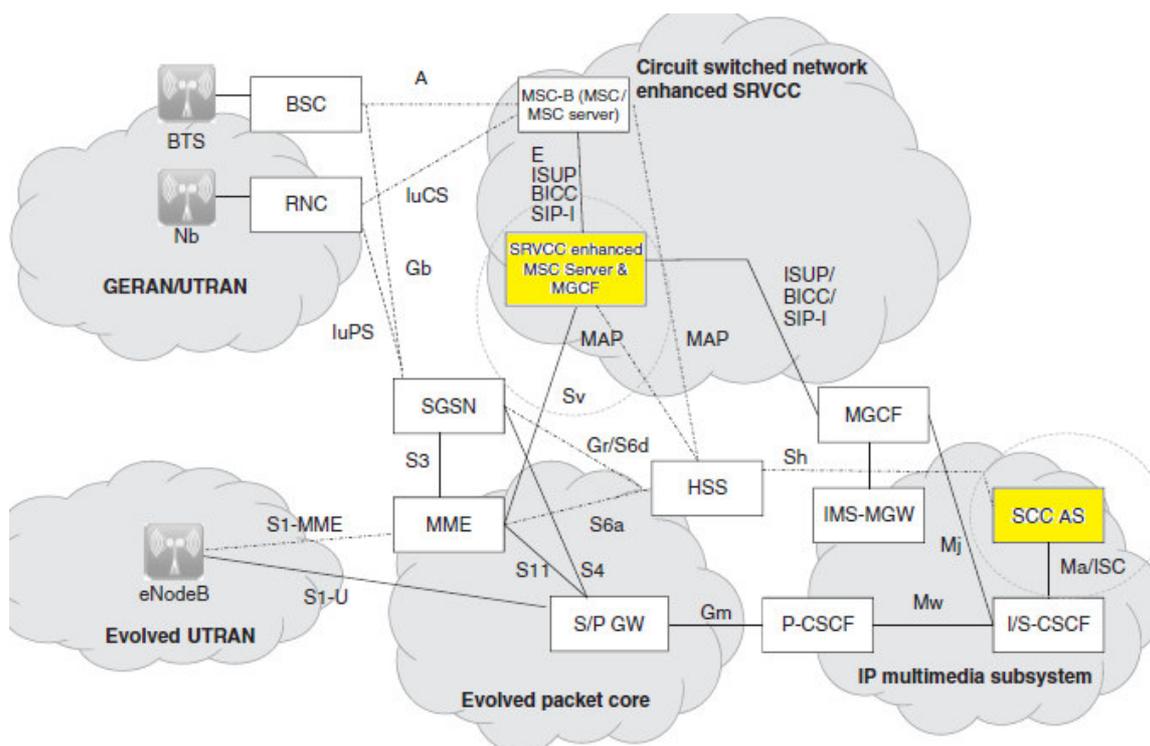
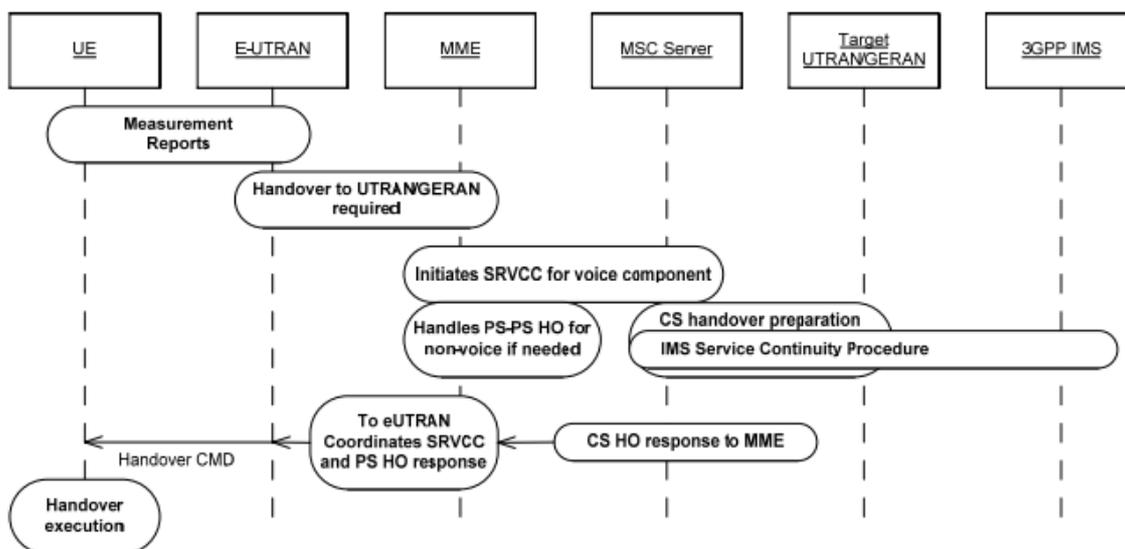


Figura 16 - Procedimento de handover de voz SRVCC rede LTE.
Fonte: (3GPP TS 23.216 V8.0.0 2008-06)



Quando um assinante se move para uma área de não cobertura LTE durante uma chamada de voz estabelecida, o serviço de voz será comutado para o domínio CS. Durante todo o processo de transferência de voz do LTE

para 2G/3G, o IMS/MMTel possui o controle do usuário. O processo de handover é iniciado por um session transfer request para o IMS/MMTel. O IMS/MMTel responde simultaneamente com dois comandos, um para a rede LTE e outro para a rede 2G/3G. A rede LTE, onde está a chamada de voz do usuário em andamento, recebe um comando de execução *handover* IRAT por meio do MME e o LTE RAN instrui o dispositivo do usuário para se preparar para uma chamada de voz numa rede CS. A rede CS, onde a chamada de voz do usuário está sendo enviada, recebe uma *session transfer response* preparando-a para aceitar a chamada em andamento. Com as confirmações de que os comandos foram executados, o dispositivo do usuário e o IMS/MMTel (ainda com controle de chamada de voz do usuário em andamento) transfere para a rede CS continuar a chamada. (QUALCOMM, 2012).

Os dois processos em paralelos, conforme Figura 17, *Handover IRAT* (*Handover* do dispositivo do usuário de uma rede LTE para uma rede 2G/3G) e *Session transfer* (processo de mudança do controle de acesso e mídia de voz ancorados no LTE/EPC para o core CS) devem atender o tempo mínimo de interrupção do serviço de voz estipulado pelo 3GPP inferior a 0,3 segundos.

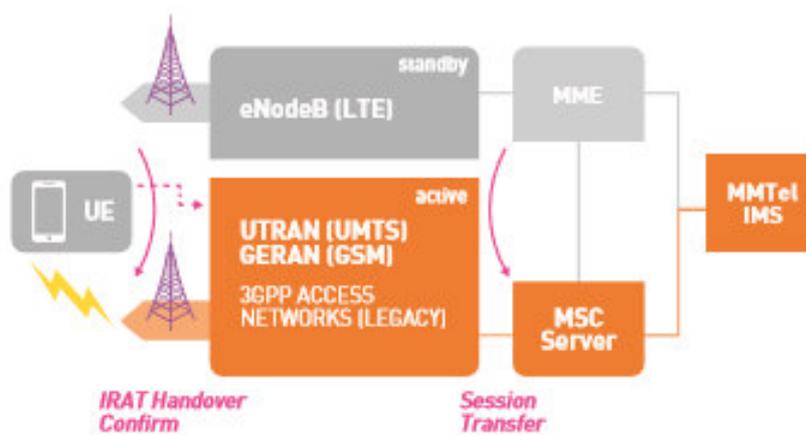


Figura 17 - **Transferência do serviço de voz para o domínio CS.**
Fonte: (QUALCOMM, 2012)

O SRVCC é uma funcionalidade fundamental para a implementação gradativa de uma rede VoLTE garantindo a interoperabilidade com a rede e dispositivos legados atendendo todas as especificações de interrupção e retenção de chamadas de voz. (QUALCOMM, 2012).

3.4 COMPARATIVO ENTRE AS SOLUÇÕES PROPOSTAS

Este capítulo apresenta de forma macro as principais soluções de rede, Figura 18, propostas para o tráfego de chamadas de voz em redes LTE trazendo um quadro comparativo, Tabela 1, com as principais vantagens e desvantagens de cada solução.

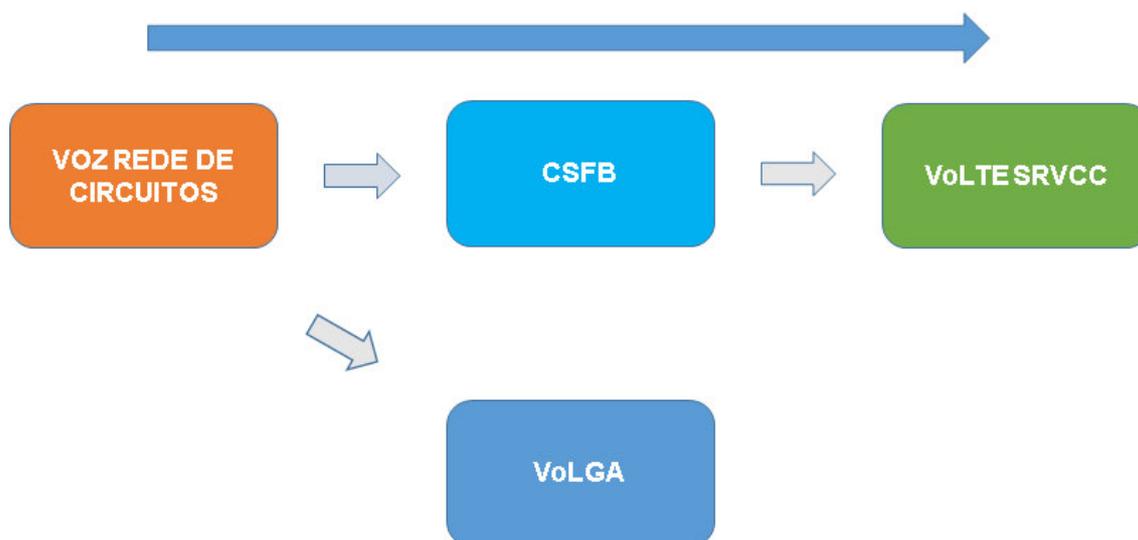


Figura 18 – Propostas de Soluções de Rede para Chamadas de Voz em Redes LTE.
Fonte: Própria

	CSFB	VOLGA	VOLTE
VANTAGENS	<p>Necessário apenas pequenas alterações na rede "viva"</p> <p>Não necessário a implementação de uma rede IMS</p>	<p>Não necessário a implementação de uma rede IMS</p> <p>Necessário apenas a instalação de um novo elemento VANC</p>	<p>Utiliza a mesma infraestrutura para dados e voz</p> <p>Não depende da rede CS</p> <p>Permite a oferta de novos serviços de valor agregado</p> <p>Tempo de conexão da chamada quase instantânea</p>
DESvantagens	<p>Interrupção na conexão de dados LTE durante o atendimento de uma chamada de voz</p> <p>Atraso na conexão da chamada</p> <p>Não permite nenhuma evolução no serviço atualmente oferecido</p>	<p>Não padronizado pelo 3GPP</p> <p>Pouco aderido pelos fornecedores e operadoras</p> <p>Necessário suporte do dispositivo móvel</p>	<p>Necessita da implementação de uma rede IMS</p> <p>Complexidade e alto investimento no core de rede</p>

Tabela 1 – Quadro Comparativo das Soluções Propostas para Voz em Redes LTE
Fonte: Própria

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

A expansão da cobertura 4G no Brasil tem se dado de forma bastante rápida, o que de um lado gera uma experiência superior para o cliente devido as altas taxas de conexões de dados por outro lado gera uma preocupação para as operadoras quando se fala em buscar uma solução de rede para manter a oferta do serviço de voz para dispositivos móveis com acesso a esta rede de 4ª geração.

O propósito deste trabalho foi de abordar possíveis alternativas documentadas e/ou padronizadas para oferecer suporte a chamadas de voz em redes de 4ª geração LTE.

A implantação de uma solução de rede para garantir a continuidade do serviço de voz em redes LTE pode gerar inúmeros desafios para as operadoras, que vão desde o custo, complexidade de implementação até a interoperabilidade com as redes legadas.

Das alternativas apresentadas (CSFB, VoLGA e VoLTE) cada uma apresenta um esforço de implementação e obviamente vantagens e desvantagens, o que vai exigir de cada operadora um análise do momento em que se encontra para decidir qual solução atenderia suas reais necessidades e optar em buscar uma tecnologia que dependa ainda das redes legadas 2G/3G ou uma que exija um investimento no core de rede e que traga uma convergência total com o acesso 4G. Tudo isso, é claro, considerando a experiência do cliente na utilização do serviço ofertado pela operadora.

A solução CSFB permite que as chamadas de voz sejam transferidas ao domínio CS ficando a rede LTE apenas com os serviços de dados. Desta forma as operadoras não precisariam investir no core de rede buscando uma solução "All IP" como a arquitetura IMS e sim apenas realizando upgrades em alguns elementos da rede legada.

Entretanto, o CSFB pode causar a interrupção na conexão de dados LTE durante o atendimento de uma chamada de voz e ainda implicar em um atraso na conexão da chamada afetando a percepção do usuário com a qualidade do serviço. Outro ponto é que esta solução não permite nenhuma evolução no serviço atualmente oferecido ao consumidor. Esta adoção pode-se ser descrita

como uma fase inicial da rede LTE, ou seja, uma solução de transição até uma total convergência.

Outra alternativa que não exige grandes implementações no core de rede sendo necessário apenas a instalação de um novo elemento conhecido como VANC responsável pelo controle dos serviços de voz na rede LTE é o VoLGA. O usuário LTE, por exemplo, pode utilizar uma rede Wi-Fi para o serviço de voz. Porém devido ao fato de não ser amplamente padronizado pelo 3GPP não criou uma grande apelo com os fornecedores e operadoras de telecomunicações.

Por fim a tecnologia VoLTE, que utiliza os subsistemas da arquitetura IMS para prover o serviço de voz sobre redes de 4° geração baseando-se em uma solução “all IP”. Oferece alguns diferenciais comparando-se a outras alternativas, como voz em alta definição e o tempo quase instantâneo de estabelecimento de uma chamada, muito inferior ao tempo de estabelecimento de uma chamada de voz em redes 3G o que pode melhorar a experiência do cliente na utilização do serviço.

O VoLTE na arquitetura IMS além de oferecer os serviços tradicionais de telefonia pode sustentar a oferta de novos serviços multimídia, como por exemplo, vídeo chamadas e transferência de arquivos e imagens.

Com a funcionalidade SRVCC garante ainda o handover entre a rede LTE e a rede 2G/3G de forma transparente garantindo a operadora a possibilidade de implementação gradativa mantendo a interoperabilidade com os sistemas legados.

No Brasil algumas operadoras contando com o apoio dos principais vendedores já iniciaram os testes com o VoLTE no modelo “friendly user” mas ainda sem data para lançamento comercial. Fora do Brasil de acordo com o GSA, em julho de 2016, existiam 521 redes 4G (LTE) no mundo. Nesta data, 82 operadoras com redes LTE já haviam lançado VoLTE (15,7% do total) distribuídas por 43 países no mundo. Uma em cada quatro operadoras com rede LTE estão investindo em VoLTE (146 operadoras em 68 países estão investindo na solução). Nos EUA as operadoras Verizon, AT&T, T-Mobile e KPN já lançaram o serviço.

O VoLTE apoiado pelos fornecedores de dispositivos móveis tende-se a ser a solução adotada pelas operadoras em um novo padrão de cobrança pelas chamadas de voz que passam a serem transmitidas como dados.

A arquitetura VoLTE não necessita da rede legada 2G/3G e suporta os serviços de voz, dados e multimídia avançados convergindo em uma tendência de rede totalmente IP.

Sugere-se como trabalhos futuros a partir do momento que a solução VoLTE esteja em fase comercial nas principais operadoras móveis do Brasil estudos específicos com relação ao desempenho da rede seguindo variáveis de complexidade, custo e tempo de implementação, impactos na rede legada e interoperabilidade e parâmetros de qualidade e experiência do cliente.

REFERÊNCIAS

Takaki Ricardo; Bazzo Juliano Voz para a rede LTE Campinas, v, 8, n. 2, p. 27-32, jul./dez. 2012.

Disponível em:

<https://www.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol8_N2_jul_dez_2012/pdf/artigo3.pdf>

Qualcomm, Circuit Switch fallback. The first phase of voice evolution for mobile LTE devices, 2012.

Disponível em:

<<https://www.qualcomm.com/media/documents/files/circuit-switched-fallback>>

Teleco, Seção Tutoriais; LTE II:Voz para a rede LTE, 2014.

Disponível em:

<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialltevoz2/pagina_2.asp>

ERICSSON. VOICE AND VIDEO CALLING OVER LTE,2014.

Disponível em:

<<https://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-voice-and-video-calling-over-lte.pdf>>

Voice over LTE: VoLTE, First Edition. Miikka Poikselk"ä, Harri Holma, Jukka Hongisto, Juha Kallio and Antti Toskala. 2012.

ETSI TS 123 401 V11.3.0 (2012-11);LTE; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (3GPP TS 23.401 version 11.3.0 Release 11).

Disponível em:

<http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123400_123499/123401/11.03.00_60/ts_123401v110300p.pdf>

ETSI TS 123 272 V8.11.0 (2012-03); Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Circuit Switched (CS) fallback in Evolved Packet System (EPS); Stage 2 (3GPP TS 23.272 version 8.11.0 Release 8).

Disponível em:

<http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123200_123299/123272/08.11.00_60/ts_123272v081100p.pdf>

VoLGA Stage 2 V1.7.0 (2010-06-14); Voice over LTE via Generic Access; Stage 2 Specification; Phase1.

VoLGA – A Whitepaper - Martin Sauter, August 2009; Voice over LTE via Generic Access (VoLGA) A Whitepaper - August 2009.

Disponível em:

<<http://cm-networks.de/volga-a-whitepaper.pdf>>

GSM Association Non-confidential Official Document FCM.01 - VoLTE Service Description and Implementation Guidelines, Version 1.1 26 March 2014.

Disponível em:

<<http://www.gsma.com/network2020/wp-content/uploads/2014/05/FCM.01-v1.1.pdf>>

Qualcomm VoLTE with SRVCC: The second phase of voice evolution for mobile LTE devices. White Paper October 2012.

Disponível em:

<<https://www.qualcomm.com/media/documents/files/srvcc-white-paper.pdf>>

ETSI TS 123 216 V11.7.0 (2013-01); Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC); Stage 2 (3GPP TS 23.216 version 11.7.0 Release 11).

Disponível em:

<http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123200_123299/123216/11.07.00_60/ts_123216v110700p.pdf>

3GPP TR 23.882 V8.0.0 (2008-09); 3rd Generation Partnership Project;
Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP System
Architecture Evolution: Report on Technical Options and Conclusions (Release
8).

Disponível em:

< <http://www.qtc.jp/3GPP/Specs/23882-800.pdf> >