

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ТРАФИКА В СЕТЯХ LTE

Кадацкая О.И, Ндулуе Виктор Изучукву, Сабурова С.А.  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166 г. Харьков, пр. Науки, 14, ХНУРЭ, факультет ИК, E-mail:  
[d\\_ts@nure.ua](mailto:d_ts@nure.ua)

Abstract. VoLTE (Voice over LTE) is a solution to transfer voice packets over the LTE network, with low latency and high QoS (Quality of Service). Used to calculate the different QoS Performance Indicators such as Delay, Packet loss Rate (PLR), Jitter and MOS (mean Opinion Score) which were taken as performance metrics.

Ключевые слова: LTE, VoLTE, MOS, система QoS, параметры, качество.

### Введение

Высокое качество обмена данными, в том числе голосовыми, в беспроводных сетях подразумевает, в первую очередь, стабильность и высокую скорость передачи информации. Работа над улучшением качества мобильных сетей ведётся постоянно и надо отметить, за последние несколько лет в этой области было достигнуто немало успехов. Становятся доступными всё более новые и совершенные стандарты связи, к примеру, Long Term Evolution (LTE), стандарт 4G. Согласно спецификации, максимальная скорость, которую могут обеспечить сети 3G, составляет 42 Мб/с, однако в реальности она редко превышает 2-3 Мб/с, сеть же четвёртого поколения уже сейчас позволяет передавать данные на скорости порядка 20 Мб/с. Сеть LTE/4G полностью совместима с 3G на базе UMTS/HSPA и CDMA, что позволяет внедрять её без существенной реконструкции инфраструктуры. Но есть у LTE и свои недостатки, из которых едва ли не основным является отсутствие поддержки телефонной голосовой связи, для совершения звонков пользователь должен переключаться на 3G.

IP-телефония обладает универсальностью, доступностью, гибкостью.

### Основная часть

VoLTE представляет собой технологию передачи голоса через LTE-сеть, позволяющую совершать звонки с высокой скоростью, пользуясь при этом всеми преимуществами, которые предоставляет сеть четвёртого поколения. Все голосовые вызовы, инициируемые в сети LTE, осуществляются в 2G/3G сетях в режиме коммутации каналов (CS-Voice). Для реализации такой возможности применяется CS Fallback (CSFB, Voice Redirection). Среднее время установления вызова при использовании CSFB составляет 3-6 сек, по завершению звонка телефон переключается на LTE. Однако, при использовании CSFB создается излишняя нагрузка на мобильную сеть, увеличивается время соединения, в LTE же звонки совершаются внутри самой сети. Для работы CSFB необходимо перекрытие радиосетей LTE и GSM/UMTS. Также необходима поддержка CSFB на абонентском оборудовании и на MSC-коммутаторах мобильной связи. На MSC реализуется специальный интерфейс в сторону оборудования LTE/EPC, который предназначен для пейджинга абонентских устройств и управления их переключением между сетями LTE и GSM/UMTS, а также для доставки входящих и исходящих SMS.

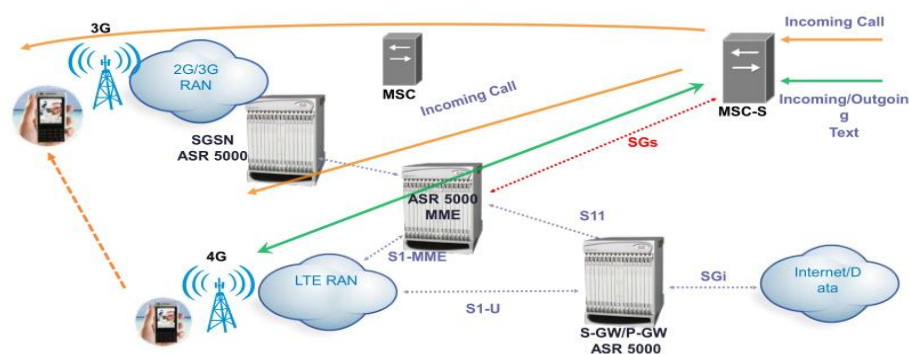


Рисунок 1. Технология Circuit-Switched Fallback

Недостатки технологии CSFB:

- необходима модернизация MME и MSC для сигнализации и SMS;
- перекрытие зон GERAN/UTRAN и E-UTRAN;
- увеличение задержки установления голосового соединения;
- снижение скорости передачи данных до скоростей 2,5G/3G;
- необходимо время возвращения мобильного терминала в сеть LTE после окончания разговора.

В сетях LTE доставку производят с помощью сквозных каналов с соответствующим качеством обслуживания (Quality of Service, QoS). Кроме этого, организуемые для передачи трафика сквозные каналы, подразделяются на 2 группы в соответствии с типом выделяемого ресурса: GBR (Guaranteed Bit Rate) и Non-GBR.

В качестве проверки производительности сети VoLTE рассмотрим различные параметры QoS, такие как MOS, задержка E2E, скорость потерь пакетов и джиттер пакетов.

#### 1. Расчеты MOS для VoLTE- вызовов

Значение R может быть рассчитано с использованием уравнения (1), что является упрощенной формой E-модели[1], учитывающей только влияние на значение R-фактора кодеков и потерь пакетов:

$$R = 100 - I_e - (95 - I_e) \times Vpl / (Vpl + Ppl), \quad (1)$$

где:  $I_e$  - потери пакетов от эха в сети,

$Vpl$  - коэффициент устойчивости потери пакетов,

$Ppl$  - индикатор PLR. Значения  $I_e$  и  $Vpl$  относятся к скорости передачи битов кодеков.

Оценочная MOS в масштабе 1-5 получена на основе R-фактора с использованием следующих преобразований:

MOS	R-factor
1	$R \leq 0$
$1 + 0.035R + 7 \cdot 10^{-6}R(R-60)$	$0 \leq R \leq 100$
4.5	$R > 100$

## 2. Расчет задержки E2E

Задержка E2E - очень важный фактор QoS, который оказывает большое влияние на QoS VoLTE. Уравнение, используемое для расчета задержки E2E :

Задержки E2E VoLTE = задержка сети + задержка кодирования / декодирования  
\* задержка сжатия / декомпрессии + задержка буфера джиттера  
(4).

Значение задержки буфера джиттера составляет около 30 мс, что зависит от производителя мобильного устройства, вся задержка обработки для мобильного устройства составляет от 80 мс до 100 мс. Задержка E2E может быть рассчитана путем добавления задержки сети в дополнение к среднему времени мобильной обработки, которое составляет почти 85 мс. Для достижения качества передачи голоса, не хуже, чем голос с коммутацией каналов, задержка E2E для обслуживания VoIP должна быть меньше 250 мс[2]. Принимая во внимание задержку обработки пакета и задержку распространения в базовой сети около 100 мс, запас задержки, оставшейся для сети радиодоступа, должен составлять около 150 мс. Предполагая, что оба конечных пользователя являются пользователями E-UTRAN, допустимая задержка для планирования и буферизации MAC должна быть строго в пределах 80 мс.

## 3. Оценка скорости потери пакетов и джиттер

Скорость потери пакетов VoLTE - еще один важный фактор QoS . PLR обычно относится к проценту пакетов, которые теряются при переходе от отправителя к получателю в сети. В идеале не должно быть потерь пакетов. Однако, пользователи VoLTE по-прежнему удовлетворены, если этот процент составляет максимум от 1% до 2% в зависимости от требований 3GPP . Это означает, что по крайней мере, от 99% до 98% от общего количества передающих пакетов должны успешно прибыть в конечный пункт назначения. Рекомендуется, чтобы джиттер 25 мс был приемлемым значением для измерения задержки.

Применяя программный пакет Wireshark, можно определить скорость потери пакетов и джиттер, исходя из интерфейса S1-U , используя журнал сообщений RTCP для трассировки вызовов VoLTE. Необходимо сообщение INVITE отправить из VoLTE UE в P-CSCF в основной сети IMS для инициирования вызова VoLTE. Сообщение «200 ОК» отправляется из P-CSCF в UE, на который отвечает вызов, отсюда начинается отсчет отправки двухсторонних данных для расчета PLR «Скорость потери пакетов». Вызов VoLTE завершается отправкой BYE из UE. Потери, соответствующие потокам, анализируются для отображения всех пакетов RTP с их порядковым номером, и если их немного, отображается соответствующая ошибка. Чтобы получить PLR и джиттер пакетов VoLTE RTCP, можно выполнить следующие шаги:

- открыть файл p-cap, декодировать все UDP-пакеты как RTP, активировать любой пакет UDP -> Decode as -> RTP.

- как только получены все пакеты RTP, осуществляется переход по адресу: Telephony -> RTP -> показать все потоки.

Определяем потери, соответствующие потокам, и анализируем потоки с большой потерей пакетов, выбрав поток и активировав «Анализировать», после чего отображаются все пакеты RTP с их порядковым номером.

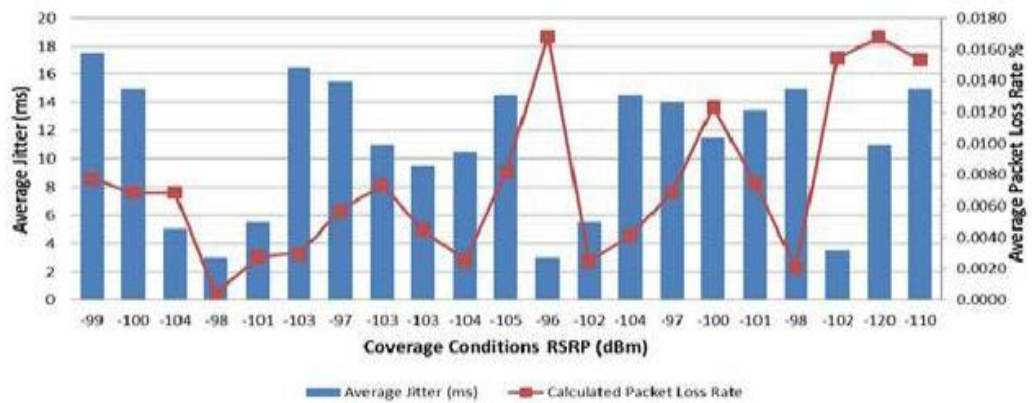


Рисунок 2. Джиттер и потери пакетов VoLTE для плохих условиях беспроводной связи

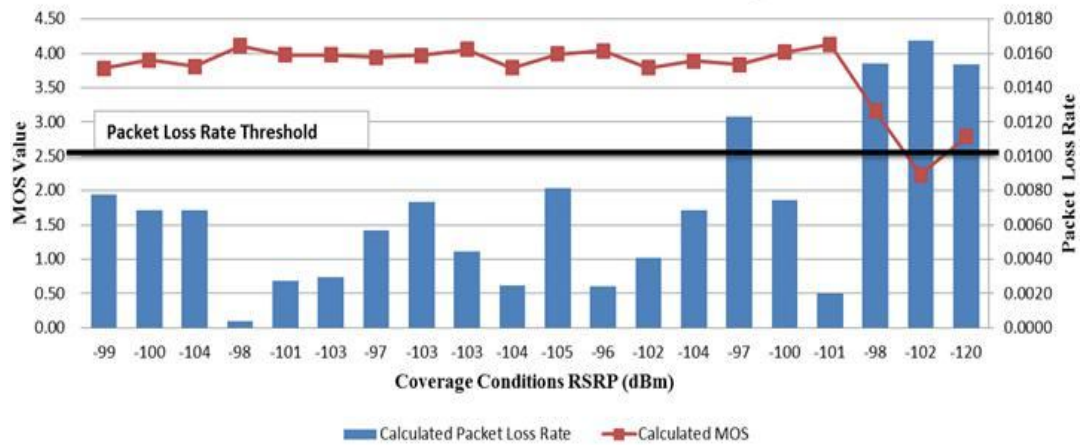


Рисунок 3. Скорость потери пакетов (PLR) в условиях плохого покрытия

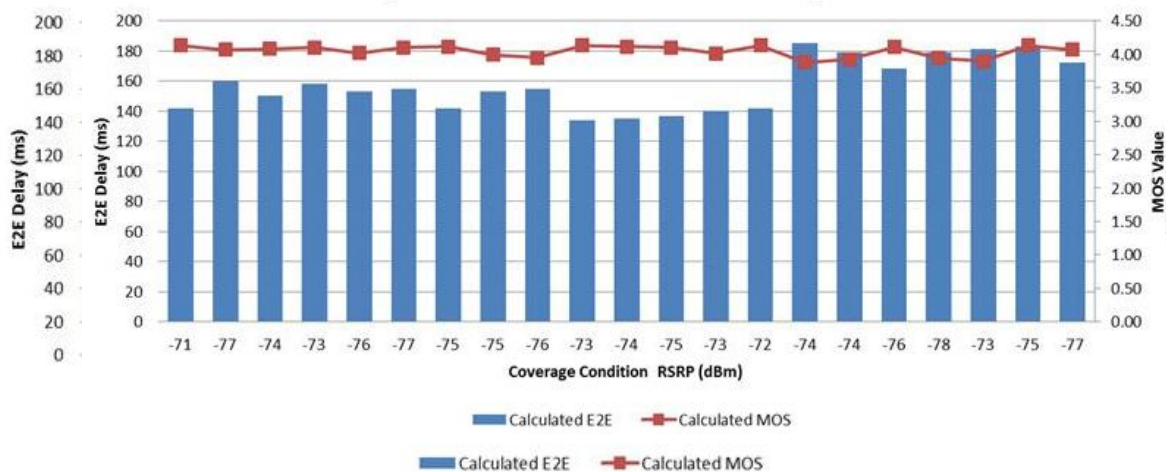


Рисунок 4. Влияние PLR и условий покрытия беспроводной сети на качество MOS вызова VoLTE

Моделирование выполняется для ЧНН при охвате загруженных сайтов eNodeB с использованием RB (Radio Block) более 99%. Многочисленные вызовы VoLTE продолжительностью не менее 2 минут выполнялись в разных условиях

покрытия LTE от «-70 дБм» до «- 85 дБм» для хороших условий беспроводной связи и достигли диапазона «-95 дБм» до «-110 дБм» для плохих условия покрытия. Различные вызовы VoLTE осуществлялись во время движения с разной скоростью, начиная с 20Km / h, до достижения 100Km / h. Были собраны и проанализированы результаты случайных вызовов VoLTE.

Значения MOS рассчитываются с использованием коэффициента R, для кодека WB-AMR(23,85 Кбит/с). Задаваясь допустимыми расчетными значениями для параметров QoS, большая часть значений PLR будет меньше 1%. Значения джиттера пакетов (рис 2.) увеличились при плохих условиях покрытия, но все еще меньше 25 мс. На рисунке 3 показано отношение рассчитанных значений MOS к PLR в условиях плохого покрытия, среднее значение MOS равно 3,91, что отражает хорошее качество передачи голоса даже для плохих условий покрытия. Когда числовое значение PLR увеличилось выше 1%, соответствующие значения MOS резко снизились до более низких значений, которые отражают низкое качество голоса. Показана зависимость (рис. 4) между задержкой и качеством голоса в разных условиях покрытия LTE.

#### Выводы

В работе рассматриваются технологии CSFB и VoLTE для передачи голоса в сетях 4G, получены значения параметров QoS. Представлена методика расчета, анализ и оценка качества голоса для соединения end-to-end. Построены графики зависимости оценки MOS. Показаны графики скорости потери пакетов и джиттер пакетов для разных условий покрытия, из которых следует, что PLR увеличивается для плохих условиях беспроводного покрытия, среднее значение MOS равно 3,91, что отражает хорошее качество передачи голоса даже для таких условий. Показана зависимость между средней задержкой и качеством голоса в разных условиях покрытия LTE, среднее значение MOS 4,05 составляет 157,7 мс при хороших условиях покрытия для вызовов VoLTE с использованием кодека WB-AMR со скоростью 23,85 Кбит / с, что указывает на очень хорошее качество вызовов VoLTE.

Технология VoLTE, основанная на IP Multimedia Subsystem (IMS), используется для передачи голоса как потока данных по сети LTE. Однако внедрению данной технологии препятствует ряд проблем, это высокие затраты на установку IMS платформы, отсутствие качественного LTE покрытия, малое количество устройств с поддержкой данной функции.

#### Список литературы:

1. ITU-T G.107, "The E-Model, a computational model for use in transmission planning", June 2015.
2. 3GPP TS 22.173 V14.1.0. "IP Multimedia Core Network Subsystem (IMS) Multimedia Telephony Service and supplementary services". Stage 1 (Release 14), March 2016.