

# МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

# G.1028

(06/2019)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,  
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Качество обслуживания и технические характеристики  
мультимедийных систем – общие и связанные  
с пользователем аспекты

---

**Сквозное качество обслуживания  
для передачи голоса по сетям  
подвижной связи 4G**

Рекомендация МСЭ-Т G.1028

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G  
**СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

|  |                      |
|--|----------------------|
| МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ   | G.100–G.199          |
| ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ   | G.200–G.299          |
| ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ  | G.300–G.399          |
| ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ | G.400–G.449          |
| КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ   | G.450–G.499          |
| ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ  | G.600–G.699          |
| ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  | G.700–G.799          |
| ЦИФРОВЫЕ СЕТИ  | G.800–G.899          |
| ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ  | G.900–G.999          |
| <b>КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ</b>                                  | <b>G.1000–G.1999</b> |
| ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ  | G.6000–G.6999        |
| ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ  | G.7000–G.7999        |
| АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ   | G.8000–G.8999        |
| СЕТИ ДОСТУПА   | G.9000–G.9999        |

*Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.*

## Рекомендация МСЭ-Т G.1028

### Сквозное качество обслуживания для передачи голоса по сетям подвижной связи 4G

#### Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.1028 представлены руководящие указания по ключевым аспектам, которые влияют на сквозные рабочие характеристики управляемых голосовых приложений, предоставляемых по сетям LTE, и способы их надлежащей оценки с использованием современных элементов знаний.

Описаны некоторые типовые сквозные сценарии, включающие случаи доступа к LTE на обеих сторонах канала связи или с использованием другой технологии доступа на одной стороне (беспроводной или проводной доступ). Эти сценарии основаны на типовых эталонных соединениях, определенных в настоящей Рекомендации, которые включают различные сегменты, в том числе терминал, беспроводной доступ, сеть передачи транзитного трафика, базовую сеть. Приведены соображения о совместном использовании бюджета некоторых ключевых параметров и местоположении, в котором они могут оцениваться в целом по этим сегментам.

Информация и материалы о конкретном влиянии, которое оказывает на качество обслуживания (QoS) процедура переключения на коммутируемую сеть (CSFB), приведены в сопутствующей Рекомендации МСЭ-Т G.1028.2 "Оценка переключения сети LTE на коммутируемую сеть – влияние на качество обслуживания при передаче голоса".

#### Хронологическая справка

| Издание | Рекомендация | Утверждена | Исследовательская комиссия | Уникальный идентификатор*   |
|---------|--------------|------------|----------------------------|---|
| 1.0     | МСЭ-Т G.1028 | 06.04.2016 | 12-я                       | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12748">11.1002/1000/12748</a> |
| 2.0     | МСЭ-Т G.1028 | 29.06.2019 | 12-я                       | <a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13927">11.1002/1000/13927</a> |

#### Ключевые слова

Качество обслуживания, QoS, телефония, голосовая связь, VoLTE, 4G, LTE.

\* Для доступа к Рекомендации наберите URL <http://handle.itu.int/> в вашем веб-браузере, а затем уникальный идентификатор Рекомендации. Например: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

## ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2020

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| 1 Сфера применения .....   | 1    |
| 2 Справочные документы .....   | 1    |
| 3 Определения.....   | 3    |
| 3.1 Термины, определенные в других документах .....  | 3    |
| 3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации.....  | 3    |
| 4 Сокращения и акронимы .....  | 3    |
| 5 Соглашения по терминологии .....   | 7    |
| 6 Краткое введение в технологию передачи голоса по сетям LTE и принятые допущения.....   | 7    |
| 7 Гипотетические эталонные модели.....   | 9    |
| 7.1 Связь LTE – LTE в одной и той же сети.....   | 11   |
| 7.2 Соединение LTE – LTE между двумя взаимосвязанными сетями (включая роуминг).....  | 12   |
| 7.3 Связь LTE – 3G .....   | 12   |
| 7.4 Связь LTE – КТСОП.....   | 13   |
| 8 Аспекты качества услуг передачи голоса по сетям LTE .....  | 13   |
| 9 Надлежащие индикаторы и целевые показатели качества .....  | 15   |
| 10 Рекомендации по мониторингу и диагностике QoS .....   | 22   |
| 10.1 Рекомендуемые точки мониторинга QoS .....   | 22   |
| 10.2 Стратегия мониторинга.....  | 26   |
| 10.3 Инструменты в стандартах МСЭ-Т .....  | 29   |
| Приложение А – Перечень факторов ухудшения качества, с которыми сталкиваются конечные пользователи услуг VoLTE, и их возможные причины ..... | 33   |
| А.1 Проблема QoS, связанная с характеристиками сеанса связи.....   | 33   |
| А.2 Проблема QoS, связанная с воспринимаемым качеством речи .....  | 34   |
| Библиография .....   | 37   |



## Рекомендация МСЭ-Т G.1028

### Сквозное качество обслуживания для передачи голоса по сетям подвижной связи 4G

#### 1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации принято, что служба передачи голоса по сетям LTE (Voice over LTE (VoLTE)) представляет собой так называемую управляемую службу голосовой связи – в отличие от работающих по технологии over the top (OTT) приложений – без использования сигнализации на основе протокола инициализации сеанса/мультимедийной IP-подсистемы (SIP/IMS) и без приоритетного трафика. Еще одна служба – видеотелефония по сетям LTE (Video-telephony over LTE (ViLTE)) – рассмотрена в отдельной Рекомендации [ITU-T G.1028.2].

В настоящей Рекомендации представлены ключевые аспекты, влияющие на сквозные рабочие характеристики управляемых голосовых приложений, предоставляемых по сетям LTE, для наиболее распространенных случаев вызова (без учета IMS-тромбонирования, равно как и непрерывности отдельного телефонного вызова (SRVCC) или подвижной связи через беспроводную сеть локального доступа), в том числе для переключения на коммутируемую сеть, и способы их надлежащей оценки с использованием современных знаний.

Соответствующие механизмы обеспечения качества обслуживания (QoS), используемые для управления службой голосовой связи, такие как надежное сжатие заголовков (RoHC), пакетирование с использованием объединения интервалов времени передачи (TPI), полупостоянная диспетчеризация (SPS), прерывистая передача (DTX) и прерывистый прием (DRX), выбор домена обслуживания (SDS) или предварительные условия SIP, не рассматриваются в настоящей Рекомендации как обязательная часть службы VoLTE, но их влияние на воспринимаемое сквозное качество обслуживания учитывается.

Анализ влияния VoLTE на качество дополнительных услуг (таких как потоковая передача данных) или на функции устройства (срок службы батареи) выходит за рамки сферы применения настоящей Рекомендации.

#### 2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в данной Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статуса Рекомендации.

|                 |   |
|-----------------|---|
| [ITU-T E.800]   | Рекомендация МСЭ-Т E.800 (2008 год), <i>Определение терминов, относящихся к качеству обслуживания.</i>                |
| [ITU-T E.804]   | Recommendation ITU-T E.804 (2014), <i>Quality of service aspects for popular services in mobile networks.</i>         |
| [ITU-T G.107]   | Рекомендация МСЭ-Т G.107 (2015 год), <i>E-модель – вычислительная модель, используемая при планировании передачи.</i> |
| [ITU-T G.107.1] | Рекомендация МСЭ-Т G.107.1 (2015 год), <i>Широкополосная E-модель.</i>  |
| [ITU-T G.109]   | Recommendation ITU-T G.109 (1999), <i>Definition of categories of speech transmission quality.</i>                    |
| [ITU-T G.114]   | Рекомендация МСЭ-Т G.114 (2003 год), <i>Время односторонней передачи.</i>   |
| [ITU-T G.711]   | Recommendation ITU-T G.711 (1988), <i>Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies.</i>                           |

- [ITU-T G.1000] Recommendation ITU-T G.1000 (2001), *Communications quality of service: A framework and definitions.*
- [ITU-T G.1028.1] Recommendation ITU-T G.1028.1 (2019), *End-to-end quality of service for video telephony over 4G mobile networks.*
- [ITU-T G.1028.2] Recommendation ITU-T G.1028.2 (2019), *Assessment of the LTE circuit switched fall back – impact on voice quality of service.*
- [ITU-T P.10] Recommendation ITU-T P.10/G.100 (2017), *Vocabulary for performance, quality of service and quality of experience.*
- [ITU-T P.563] Recommendation ITU-T P.563 (2004), *Single-ended method for objective speech quality assessment in narrow-band telephony applications.*
- [ITU-T P.564] Recommendation ITU-T P.564 (2007), *Conformance testing for voice over IP transmission quality assessment models.*
- [ITU-T P.800.1] Recommendation ITU-T P.800.1 (2016), *Mean opinion score (MOS) terminology*
- [ITU-T P.862] Recommendation ITU-T P.862 (2001), *Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs.*
- [ITU-T P.863] Recommendation ITU-T P.863 (2018), *Perceptual objective listening quality prediction.*
- [ITU-T P.863.1] Recommendation ITU-T P.863.1 (2019), *Application guide for Recommendation ITU-T P.863.*
- [ITU-T Y.1540] Recommendation ITU-T Y.1540 (2016), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters.*
- [ITU-T Y.1541] Recommendation ITU-T Y.1541 (2011), *Network performance objectives for IP-based services.*
- [ETSI TS 122 105] ETSI TS 122 105 v15.0.0 (2018), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Services and service capabilities.*
- [ETSI TS 123 203] ETSI TS 123 203 v 15.4.0 (2018), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Policy and charging control architecture.*
- [ETSI TS 124 229] ETSI TS 124 229 v 15.6.0 (2019), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; IP multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP); Stage 3.*
- [ETSI TS 126 114] ETSI TS 126 114 v 15.5.0 (2019), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; IP Multimedia Subsystem (IMS); Multimedia telephony; Media handling and interaction.*
- [ETSI TS 126 131] ETSI TS 126 131 v 15.1.0 (2018), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Terminal acoustic characteristics for telephony; Requirements.*
- [ETSI TS 101 563] ETSI TS 101 563 v 1.4.1 (2015), *Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); IMS/PES/VoLTE exchange performance requirements.*
- [ETSI TR 102 775] ETSI TR 102 775 v 1.6.3 (2014), *Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Guidance on objectives for Quality related Parameters at VoIP Segment-Connection Points; A support to NGN transmission planners.*
- [ETSI TR 103 219] ETSI TR 103 219 v1.1.1 (2015), *Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Quality of Service aspects of voice communication in an LTE environment.*



|                   |  |
|-------------------|--|
| [ETSI TR 125 912] | ETSI TR 102 912 v 15.0.0 (2018), <i>Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Feasibility study for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) and Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)</i> . |
| [IETF RFC 6076]   | IETF RFC 6076 (2011), <i>Basic Telephony SIP End-to-End Performance Metrics</i> .  |
| [IETF RFC 3095]   | IETF RFC 3095 (2001), <i>Robust Header Compression (RoHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed</i> .  |

### 3 Определения

#### 3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах.

**3.1.1 Время установления соединения (call set-up time)** [ITU-T E.800] – период, который начинается с момента получения сетью информации об адресе, требуемой для установления соединения (признаваемого на линии доступа вызывающего абонента), и завершается в момент получения вызывающей стороной тонального сигнала "занято", или тонального сигнала вызова, или сигнала ответа от вызываемой стороны (то есть признаваемого на линии доступа вызывающего абонента). Следует учитывать местные, национальные и служебные вызовы, но не вызовы других лицензированных операторов, поскольку данный оператор не может контролировать QoS, обеспечиваемое другой сетью.

**3.1.2 Качество речи (speech quality)** [ITU-T P.10] – качество разговорного языка, воспринимаемое при акустическом воспроизведении. Результат восприятия и процесс оценки, при котором участник оценки устанавливает отношение между воспринимаемыми характеристиками, то есть акустическим событием, и желаемыми или ожидаемыми характеристиками.

**3.1.3 Характеристика доступности услуги (service accessibility performance)** [ITU-T E.800] – возможность получения услуги в рамках определенных допусков и других заданных условий при ее запросе пользователем.

**3.1.4 Среднее время прохождения в одном направлении (mean one-way propagation time)** [ITU-T P.10] – при установлении соединения это среднее арифметическое времени прохождения в двух направлениях передачи.

#### 3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

Отсутствуют.

### 4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 2G  | Second Generation of radio access network (also called GSM) | Сеть радиодоступа второго поколения (также называемая GSM)    |
| 3G  | Third Generation of radio access network (also called UMTS) | Сеть радиодоступа третьего поколения (также называемая UMTS)  |
| 4G  | Fourth Generation of radio access network (also called LTE) | Сеть радиодоступа четвертого поколения (также называемая LTE) |
| ACK | Acknowledgment  | Подтверждение   |
| AEC | Acoustical Echo Cancellation                                | Акустическое эхоподавление                                    |
| AF  | Application Function  | Функция приложения  |
| AGC | Automatic Gain Control                                      | Автоматическая регулировка усиления                           |
| AGW | Access Gateway  | Шлюз доступа  |

|          |  |   |
|----------|--|---|
| AMR      | Adaptive Multi Rate coding                               | Адаптивное многоскоростное кодирование                                    |
| AMR-WB   | Wide-Band Adaptive Multi Rate coding                     | Широкополосное адаптивное многоскоростное кодирование                     |
| BGCF     | Border Gateway Control Function                          | Функция управления пограничным шлюзом                                     |
| BTS      | Base Transceiver Station                                 | Базовая приемопередающая станция  |
| CDR      | Call Detail Record                                       | Детальная регистрация вызова  |
| CNG      | Comfort Noise Generation                                 | Создание комфортного шума   |
| CS       | Circuit Switched   | Коммутация каналов  |
| CSFB     | Circuit Switched Fall Back                               | Переключение на коммутируемую сеть  |
| DL       | Downlink   | Линия вниз  |
| DRX      | Discontinuous Reception                                  | Прерывистый прием   |
| DTX      | Discontinuous Transmission                               | Прерывистая передача  |
| EEC      | Electrical Echo Cancellation                             | Электрическое эхоподавление   |
| eNodeB   | Enhanced Node B  | Усовершенствованный узел В  |
| EPC      | Evolved Packet Core                                      | Улучшенная базовая сеть пакетной передачи данных                          |
| E-UTRAN  | Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network            | Сеть расширенного наземного радиодоступа UMTS                             |
| EVS      | Enhanced Voice Services                                  | Расширенные услуги голосовой связи  |
| GBR      | Guaranteed Bit Rate                                      | Гарантированная скорость передачи данных                                  |
| GERAN    | GSM/Edge Radio Access Network                            | Сеть радиодоступа GSM/Edge  |
| GGSN     | Gateway GPRS (General Packet Radio Service) Service Node | Сервисный узел шлюза GPRS (службы пакетной радиосвязи общего пользования) |
| GSM      | Global System for Mobile Communications                  | Глобальная система подвижной связи  |
| GSMA     | The GSM Association                                      | Ассоциация GSM  |
| GW       | Gateway  | Шлюз  |
| HARQ     | Hybrid Automatic-Repeat-Request                          | Гибридный автоматический запрос на повторную передачу данных              |
| HD voice | High Definition voice                                    | Голосовая связь высокой четкости  |
| HO       | Hand Over  | Передача обслуживания   |
| HSS      | Home Subscriber Server                                   | Сервер собственных абонентов  |
| I-CSCF   | Interrogating Call Session Control Function              | Запрашивающая функция управления сеансом связи                            |
| IMS      | IP Multimedia Subsystem                                  | Мультимедийная IP-подсистема  |
| IPDV     | Internet Packet Delay Variation                          | Изменение задержки интернет-пакетов                                       |
| IPER     | Internet Packet Error Ratio                              | Интенсивность ошибок интернет-пакетов                                     |

|        |   |       |   |
|--------|---|-------|---|
| IPLR   | Internet Packet Loss Ratio                        |       | Интенсивность потери интернет-пакетов                   |
| IPTD   | Internet Packet Transfer Delay                    |       | Задержка передачи интернет-пакетов                      |
| IRA    | Ineffective Registration Attempt                  |       | Неудачная попытка регистрации                           |
| KPI    | Key Performance Indicator                         |       | Ключевой показатель эффективности                       |
| LTE    | Long Term Evolution<br>(of radio access networks) |       | Долгосрочная эволюция (сетей радиодоступа)              |
| MGCF   | Media Gateway Controller Function                 |       | Функция управления шлюзом среды                         |
| MGW    | Media Gateway                                     |       | Шлюз среды  |
| MME    | Mobility Management Entity                        |       | Объект управления мобильностью                          |
| MOS    | Mean Opinion Score                                |       | Средняя экспертная оценка                               |
| MOS-LQ | Mean Opinion Score – Listening Quality            |       | Средняя экспертная оценка слышимости                    |
| MTAS   | Multimedia Telephony Application Server           |       | Сервер приложений мультимедиа-телефонии                 |
| MTSI   | Multimedia Telephony Service for IMS              |       | Служба мультимедиа-телефонии IMS                        |
| NB     | Narrow Band (voice spectrum)                      |       | Узкая полоса (спектра речевого сигнала)                 |
| NER    | Network Error Rate                                |       | Интенсивность ошибок в сети                             |
| O-SDS  | Originating Service Domain Selection              |       | Выбор исходного домена обслуживания                     |
| OTT    | Over-The-Top                                      |       | Технология Over-The-Top                                 |
| PCC    | Policy and Charging Control                       |       | Управление политикой и начислением платы                |
| PCEF   | Policy and Charging Enforcement Function          |       | Функция обеспечения политики и начисления платы         |
| PCRF   | Policy and Charging Rule Function                 |       | Функция регулирования политики и начисления платы       |
| P-CSCF | Proxy Call Session Control Function               |       | Функция управления сеансом прокси-вызова                |
| PDD    | Post Dialling Delay                               |       | Задержка после набора номера                            |
| PGW    | Packet Data Network Gateway                       |       | Сетевой шлюз сети передачи данных с коммутацией пакетов |
| PLC    | Packet Loss Concealment                           |       | Сокращение потерь пакетов                               |
| PLMN   | Public Land Mobile Network                        |       | Сеть сухопутной подвижной связи общего пользования      |
| PSTN   | Public Switched Telephone Network                 | КТСОП | Коммутируемая телефонная сеть общего пользования        |
| QCI    | Quality Classification Identifier                 |       | Идентификатор классификации качества                    |
| QoS    | Quality of Service                                |       | Качество обслуживания                                   |
| RACH   | Random Access Channel                             |       | Канал случайного доступа                                |
| RoHC   | Robust Header Compression                         |       | Надежное сжатие заголовка                               |

|        |  |  |
|--------|--|--|
| RRC    | Radio Resource Control                                   | Управление радиоресурсами  |
| RTCP   | Real-time Transport Control Protocol                     | Протокол управления транспортированием в режиме реального времени          |
| RTP    | Real-time Transport Protocol                             | Протокол транспортирования в режиме реального времени                      |
| S-CSCF | Serving Call Session Control Function                    | Функция управления сеансом обслуживаемого вызова                           |
| SCR    | Session Completion Ratio                                 | Коэффициент завершенных сеансов  |
| SDP    | Session Description Protocol                             | Протокол описания сеанса   |
| SDS    | Service Domain Selection                                 | Выбор домена службы  |
| SEER   | Session Establishment Effectiveness Ratio                | Коэффициент эффективности установления сеанса                              |
| SGSN   | Service GPRS (General Packet Radio Service) Support Node | Узел поддержки службы GPRS (службы пакетной радиосвязи общего пользования) |
| SGW    | Serving Gateway  | Сервисный шлюз   |
| SIP    | Session Initiation Protocol                              | Протокол инициации сеанса  |
| SIP-I  | Session Initiation Protocol with encapsulated ISUP       | Протокол инициации сеанса с инкапсулированным ISUP                         |
| SPR    | Subscriber Profile Repository                            | Репозиторий профилей абонентов   |
| SPS    | Semi-Persistent Scheduling                               | Полупостоянная диспетчеризация   |
| SRD    | Session Request Delay                                    | Задержка запроса сеанса  |
| SRVCC  | Single Radio Voice Call Continuity                       | Непрерывность отдельного телефонного вызова                                |
| SWB    | Super Wide Band (voice spectrum)                         | Сверхширокая полоса (спектра речевого сигнала)                             |
| T-ADS  | Terminating Access Domain Selection                      | Выбор окончного домена доступа   |
| TDM    | Time Domain Multiplication                               | Мультиплексирование с временным разделением каналов                        |
| TrFO   | Transcoding Free Operation                               | Операция без транскодирования  |
| TrGW   | Trunking Gateway   | Магистральный шлюз   |
| T-SDS  | Terminating Service Domain Selection                     | Выбор окончного домена обслуживания  |
| TTI    | Transmission Time Interval                               | Интервал времени передачи  |
| UDP    | User Datagram Protocol                                   | Протокол дейтаграмм пользователя   |
| UE     | User's Equipment   | Абонентское оборудование   |
| UL     | Uplink   | Линия вверх  |
| UMTS   | Universal Mobile Telecommunication System                | Универсальная система подвижной связи                                      |
| UTRAN  | UMTS Terrestrial Radio Access Network                    | Сеть наземного радиодоступа UMTS   |
| VAD    | Voice Activity Detection                                 | Обнаружение голосовой активности   |
| ViLTE  | Video-telephony over LTE                                 | Видеотелефония по сетям LTE  |

|        |  |   |
|--------|--|---|
| VoWiFi | Voice over Wi-Fi                       | Передача голоса по сетям Wi-Fi            |
| VoLTE  | Voice over LTE                         | Передача голоса по сетям LTE              |
| VQE    | Voice Quality Enhancement              | Повышение качества передачи голоса        |
| WB     | Wide Band (voice spectrum)             | Широкая полоса (спектра речевого сигнала) |
| Wi-Fi  | Wireless Fidelity radio access network | Беспроводной интернет                     |

## 5 Соглашения по терминологии

Отсутствуют.

## 6 Краткое введение в технологию передачи голоса по сетям LTE и принятые допущения

В настоящей Рекомендации сделаны следующие допущения в отношении передачи голоса по сетям LTE (VoLTE) в соответствии с профилем IMS для голосовой связи, определенным Ассоциацией глобальной системы подвижной связи (GSMA) в документе [b-GSMA IR.92], и процедурами управления средой передачи службы мультимедиа-телефонии IMS (MTSI) (только голосовая часть), определенными 3GPP в документе [ETSI TS 126 114].

- Голосовые вызовы инициируются и/или принимаются терминалом, подключенным к сети радиодоступа 4G (сеть расширенного наземного радиодоступа UMTS, или E-UTRAN).
- Терминалы, подключенные к E-UTRAN, по умолчанию содержат встроенный клиент VoLTE – либо непосредственно на чипе, либо как отдельное приложение.
- Сеть E-UTRAN подключена к улучшенной базовой сети пакетной передачи данных (EPC). Точкой соединения является расширенный узел B (eNodeB).
- EPC обеспечивает связь между терминалами 4G и базовыми платформами IMS для установления соединений с использованием протокола инициации сеанса (SIP). Другие возможности установления соединения отсутствуют.
- EPC поддерживает классификацию качества обслуживания (QoS) (между функцией обеспечения политики и начисления платы (PCEF) и терминалом), как определено в документах [ETSI TS 122 105] (раздел 5) и [ETSI TS 123 203] (пункт 6.1.7 и соответствующая таблица, частично воспроизведенная в таблице 1).
- SIP-сигнализации назначается идентификатор классификации качества QoS (QCI) 5.
- Голосовой сигнал реального времени во время сеансов связи переносится с помощью протокола транспортирования в режиме реального времени/протокола дейтаграмм пользователя (RTP/UDP), и ему назначается QCI 1.
- Применение QCI 5 для канала сигнализации SIP и QCI 1 для голосового канала реального времени придает им высокий приоритет по отношению к любому каналу данных, что исключает ухудшение качества голосовой связи при параллельном использовании сеанса передачи данных в одном и том же устройстве.
- Могут устанавливаться бесшовные голосовые соединения с любым удаленным пользователем услуг голосовой связи с коммутацией каналов (CS), подключенным к телефонной коммутируемой сети общего пользования (КТСОП) или к сети подвижного доступа 2G или 3G. Иными словами, предполагается, что служба VoLTE развернута по всей сети 4G. Случаи, когда терминалы VoLTE находятся в сети 4G без VoLTE-покрытия, не рассматриваются.
- Голосовые соединения между двумя клиентами VoLTE могут устанавливаться с использованием любой скорости передачи данных и в любом режиме кодека адаптивного многоскоростного кодирования (AMR) и широкополосного адаптивного многоскоростного кодирования (AMR-WB), как указано в пункте 3.2.1 [b-GSMA IR.92]. В ближайшем будущем также будут поддерживаться расширенные услуги голосовой связи (EVS) со сверхширокополосным (SWB) кодеком. Оконечные устройства плоскости пользователя (терминал, шлюзы среды (MGW)) поддерживают работу без транскодирования (TrFO).

- Функция TrFO в протоколе иницирования сеанса SIP с инкапсулированным ISUP (SIP-I) активирована, что означает, что согласование взаимодействия кодеков между VoLTE и другими сетями выполняется из конца в конец.

**Таблица 1 – Идентификаторы классификации качества, используемые для передачи голоса по сетям LTE (источник: [ETSI TS 123 203])**

| QCI | Тип ресурса | Уровень приоритета | Бюджет задержки пакетов | Коэффициент потерь, связанных с ошибками пакетов | Примеры услуг    |
|-----|-------------|--------------------|-------------------------|--|------------------|
| 1   | GBR         | 2                  | 100 мс<br>(Примечание)  | $10^{-2}$  | Голосовая связь  |
| 5   | Без GBR     | 1                  | 100 мс<br>(Примечание)  | $10^{-6}$  | Сигнализация IMS |

**ПРИМЕЧАНИЕ.** – Для получения бюджета задержки пакетов, относящегося к радиоинтерфейсу, из указанного бюджета задержки пакетов вычитается задержка на 20 мс между RCEF и базовой радиостанцией. Эта задержка представляет собой среднее значение между случаем, когда RCEF находится "близко" к базовой радиостанции (примерно 10 мс), и случаем, когда RCEF находится "далеко" от базовой радиостанции, например при роуминге трафика домашней зоны обслуживания (односторонняя задержка пакетов между Европой и западным побережьем Северной Америки составляет примерно 50 мс). Считается, что в среднем роуминг является менее типичным сценарием. Ожидается, что в большинстве типичных случаев вычитание этой средней задержки в 20 мс из заданного бюджета задержки пакетов приведет к желаемой сквозной характеристике. Также следует отметить, что бюджет задержки пакетов определяет верхнюю границу. Фактическая задержка пакетов, в частности для трафика с гарантированной скоростью передачи данных (GBR), обычно меньше бюджета задержки пакетов, указанного для QCI, если терминал обладает достаточным качеством радиоканала.

Эти элементы являются составной частью так называемой управляемой службы голосовой связи – в отличие от приложений OTT без использования сигнализации SIP/IMS и без приоритетного трафика.

Представляется, что две последние характеристики QCI в таблице 1 (бюджет задержки пакетов, бюджет потери пакетов) приводят к целевым показателям QoS, потенциально противоречащим приведенным в таблицах 4–7. В действительности, как указано в примечании под таблицей 1, эти бюджеты относятся только к сообщениям сигнализации, которыми сеть радиодоступа обменивается с платформой IMS (и в частности RCEF, то есть главным образом к процедурам начисления платы).

В таблице 2 приведены некоторые реалистичные максимальные значения бюджета задержки пакетов радиодоступа для плоскости пользователя VoLTE, измеренные в некоторых действующих сетях для вызовов 4G с одного мобильного телефона на другой в пределах одной и той же сети, взятые из [ETSI TR 102 775] (см. таблицы A.13 и A.14) и [ETSI TR 125 912] (см. таблицу 13.4).

**Таблица 2 – Бюджет задержки пакетов для плоскости пользователя в сети доступа 4G (вызов 4G – 4G)**

| Шаг | Описание  | В направлении вниз             | В направлении вверх            |
|-----|---|--------------------------------|--------------------------------|
| 1   | Задержка обработки eNB (S1-U->Uu)                             | 1 мс                           | 1 мс                           |
| 2   | Согласование кадров   | 1,022 мс                       | 1,423 мс                       |
| 3   | TTI ПАКЕТА ДАННЫХ   | 0,675 мс                       | 0,675 мс                       |
| 4   | Повторная передача HARQ                                       | Пропорционально<br>5 мс × HARQ | Пропорционально<br>5 мс × HARQ |
| 5   | Задержка обработки UE   | 1 мс                           | 1 мс                           |
| 6   | Задержка передачи S1-U и aGW                                  | 7 мс                           | 15 мс                          |
|     | <b>Общая задержка в одном направлении (пример с HARQ 30%)</b> | <b>12,2 мс</b>                 | <b>20,6 мс</b>                 |

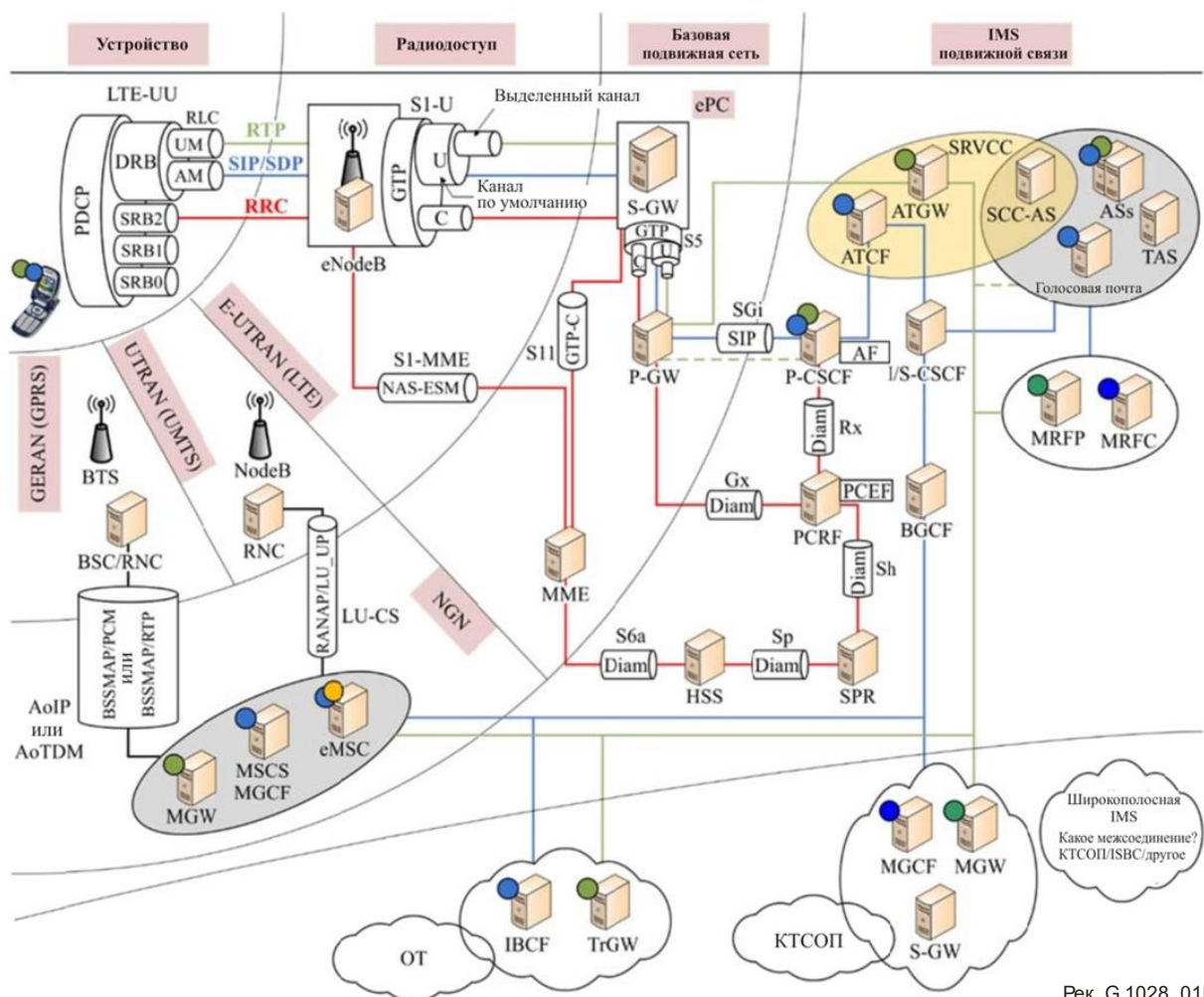
В тех случаях, когда один из указанных выше критически важных элементов (VoLTE-совместимый терминал, платформа IMS) недоступен, вызов обрабатывается в соответствии с процедурой переключения на коммутируемую сеть (CSFB) (см. раздел 7). В дальнейшем, всякий раз когда положение настоящей Рекомендации применимо в обоих случаях – с использованием как VoLTE, так и CSFB, это указывается явным образом. Когда оно неприменимо, но соответствующая информация представлена в [ITU-T G.1028.2], дается прямая ссылка на эту Рекомендацию.

Соответствующие механизмы QoS, используемые в сетях доступа 4G или на платформах EPC и IMS для управления службой голосовой связи, в настоящей Рекомендации не рассматриваются как обязательная часть службы VoLTE, но их влияние на сквозное воспринимаемое качество учитывается по мере возможности. Наиболее распространенные из этих функций:

- надежное сжатие заголовков (RoHC, см. [IETF RFC 3095]) – способ сократить размер голосовых пакетов (заголовок часто составляет 60% от общего размера пакета и благодаря RoHC может быть уменьшен в 20 раз) и таким образом ограничить занимаемую полосу пропускания сети;
- объединение интервалов времени передачи (TTI) – механизм улучшения покрытия на границе ячеек сети 4G или при плохих условиях радиосвязи путем передачи каждого пакета четыре раза подряд (без служебных сигналов);
- полупостоянная диспетчеризация упрощает распределение и перераспределение радиоресурсов в ячейке и таким образом позволяет принимать больше одновременных вызовов VoLTE и меньше расходовать ресурс батареи в устройствах;
- прерывистая передача (DTX) – метод, позволяющий сузить полосу, занимаемую голосовым соединением, не передавая данные во время периодов молчания;
- при прерывистом приеме (DRX) терминал периодически переходит в режим ожидания и режим пробуждения (для прослушивания сообщений из сети), что позволяет экономить ресурс батареи;
- к сообщениям протокола описания сеанса (SDP), которыми обмениваются терминалы и IMS, можно добавить предварительные условия SIP, указанные в пункте 2.4.1 [b-GSMA IR.92] и в [ETSI TS 124 229], для того чтобы гарантировать наличие выделенных радиоканалов перед установлением соединения. Это повысит надежность процесса установления соединений, но может сделать его длиннее на несколько секунд;
- выбор окончного или исходного домена обслуживания (T-SDS или O-SDS) позволяет выбирать между доменами CS и IMS, чтобы обеспечить голосовую связь для VoLTE-терминала в зоне покрытия VoLTE и CS. Механизм выбора домена для передачи сигнала завершения соединения от сети к терминалу называется выбором окончного домена доступа (T-ADS).

## **7 Гипотетические эталонные модели**

На рисунке 1 представлена глобальная архитектура, поддерживающая услуги VoLTE.



Рек. G.1028\_01

**Рисунок 1 – Общая архитектура услуг VoLTE**

Основные элементы эталонной модели составляют несколько присутствующих блоков:

- терминал;
- E-UTRAN;
- сеть EPC;
- базовая сеть подвижной связи IMS;
- другие сети радиодоступа (GERAN и UTRAN);
- базовые сети подвижной связи 2G и 3G;
- присоединение к другим системам EPC или фиксированным сетям.

Приведенное выше описание в упрощенном виде представлено на рисунке 2.





**Рисунок 2 – Упрощенная общая архитектура услуг VoLTE**

В настоящей Рекомендации приводится обзор влияния различных проблем на воспринимаемое качество связи с дискретизацией этого влияния с использованием конструктивных блоков гипотетической эталонной модели для нескольких сквозных сценариев, входящих в сферу применения настоящей Рекомендации.

Потребитель услуг VoLTE может делать вызовы разного типа.

- Базовый вызов – с другим абонентом VoLTE, подключенным к той же сети 4G (см. пункт 7.1), или с пользователем другой сети голосовой связи (CS или КТСОП, см. пункты 7.3 и 7.4).
- Переключение на коммутируемую сеть (CSFB) – вызов другого терминала 4G, когда перед установлением соединения на одном из двух концов выполняется переключение на CS-соединение поверх 3G или 2G. С точки зрения пользователя CSFB выполняется автоматически и прозрачно, никаких действий для этого не требуется. Характеристики CSFB в отношении установления соединения считаются подмножеством характеристик базового соединения и конкретно рассматриваются в Рекомендации МСЭ-Т G.1028.2. При выполнении CSFB целевые характеристики целостности и непрерывности соединения аналогичны характеристикам базового соединения (см. пункты 7.3 и 7.4).
- Присоединение – соединение между двумя терминалами VoLTE, подключенными к двум разным присоединенным сетям (см. пункт 7.2).
- IMS-тронбонирование – когда терминал VoLTE находится в зоне покрытия CS, сигналы сигнализации и плоскости пользователя проходят через домен IMS. С точки зрения характеристик E2E такое IMS-тронбонирование должно влиять только на сквозную задержку и задержку после набора номера (PDD). Этот случай соединения не входит в сферу применения настоящей Рекомендации.

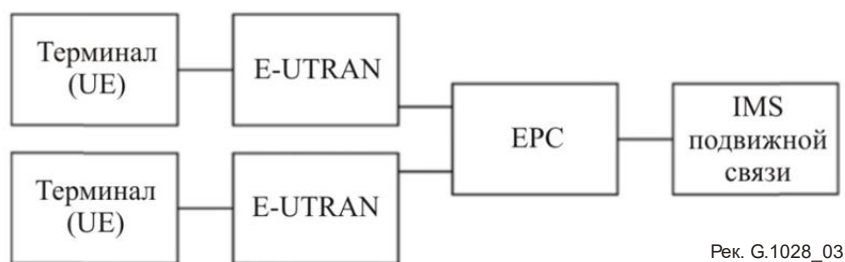
В силу подвижности для продолжения соединения, инициированного в зоне покрытия VoLTE 4G, может потребоваться передача его обслуживания (HO) в зону покрытия CS. Этот процесс, называемый SRVCC, также выходит за рамки сферы применения текущей версии настоящей Рекомендации и будет рассмотрен в одной из следующих версий.

Также может потребоваться передача соединения, инициированного в зоне покрытия VoLTE 4G, в зону покрытия беспроводной локальной сети доступа. В этой зоне радиопокрытия терминал 4G также может сразу инициировать голосовой вызов на платформе IMS. Этот случай, называемый "голос по сетям Wi-Fi" (VoWiFi), также выходит за рамки сферы применения текущей версии настоящей Рекомендации и будет рассмотрен в одной из следующих версий.

Ниже подробно описаны наиболее распространенные сценарии, рассматриваемые в настоящей Рекомендации.

### **7.1 Связь LTE – LTE в одной и той же сети**

На рисунке 3 показано соединение между двумя абонентами одной и той же службы VoLTE. Предполагается, что они не расположены в зоне покрытия одной и той же ячейки.

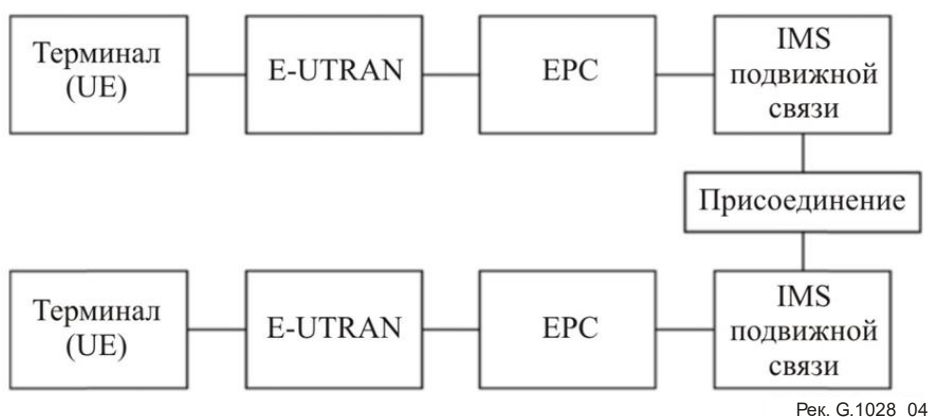


**Рисунок 3 – Гипотетическая эталонная модель соединения LTE – LTE в одной и той же сети**

## 7.2 Соединение LTE – LTE между двумя взаимосвязанными сетями (включая роуминг)

На рисунке 4 показано соединение между абонентами служб VoLTE двух разных операторов связи. Базовые сети IMS присоединены, что позволяет обеспечить бесперебойную передачу сигналов сигнализации и плоскости пользователя.

Предполагается, что это присоединение основано на IP (решение мультиплексирования с временным разделением каналов (TDM) не рассматривается). Также предполагается, что в обеих сетях включена функция TrFO поверх SIP – SIP-I.



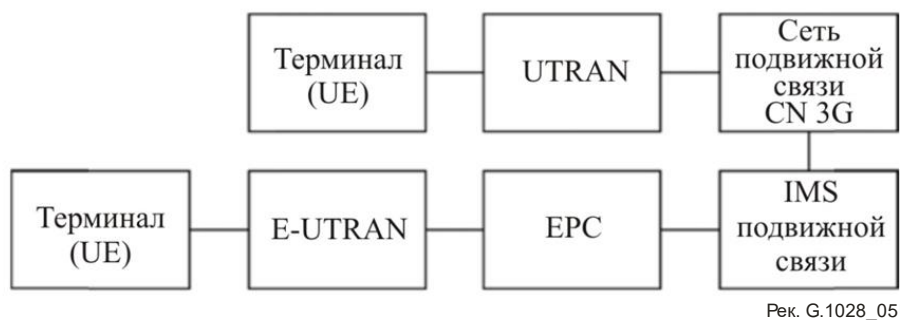
**Рисунок 4 – Гипотетическая эталонная модель соединения LTE – LTE между двумя присоединенными сетями**

Можно рассмотреть два случая соединения VoLTE:

- две сети присоединены напрямую, что дает возможность использовать один и тот же кодек – как в случае сети сухопутной подвижной связи общего пользования (PLMN) – и короткие PDD и сквозную задержку;
- две сети присоединены через промежуточную сеть CS, что увеличивает PDD и сквозную задержку, снижает скорость кодирования и даже может привести к потере высокой четкости голоса (HD-голоса) (если сеть CS не поддерживает кодек WB AMR).

## 7.3 Связь LTE – 3G

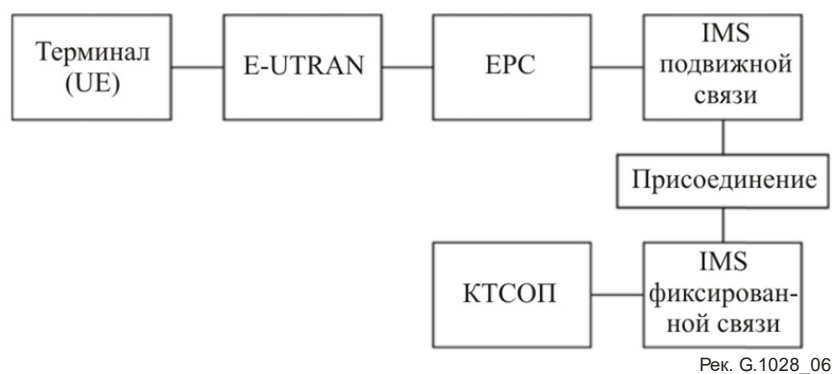
При соединении абонента VoLTE с абонентом CS IMS подвижной связи подключается к базовой сети подвижной связи 3G (см. рисунок 5), что позволяет обеспечить бесперебойную передачу сигналов сигнализации и плоскости пользователя.



**Рисунок 5 – Гипотетическая эталонная модель соединения LTE – 3G**

#### 7.4 Связь LTE – КТСОП

При соединении абонента VoLTE с абонентом КТСОП IMS подвижной связи подключается к фиксированной IMS (см. рисунок 6), что позволяет обеспечить бесперебойную передачу сигналов сигнализации и непрерывность плоскости пользователя.

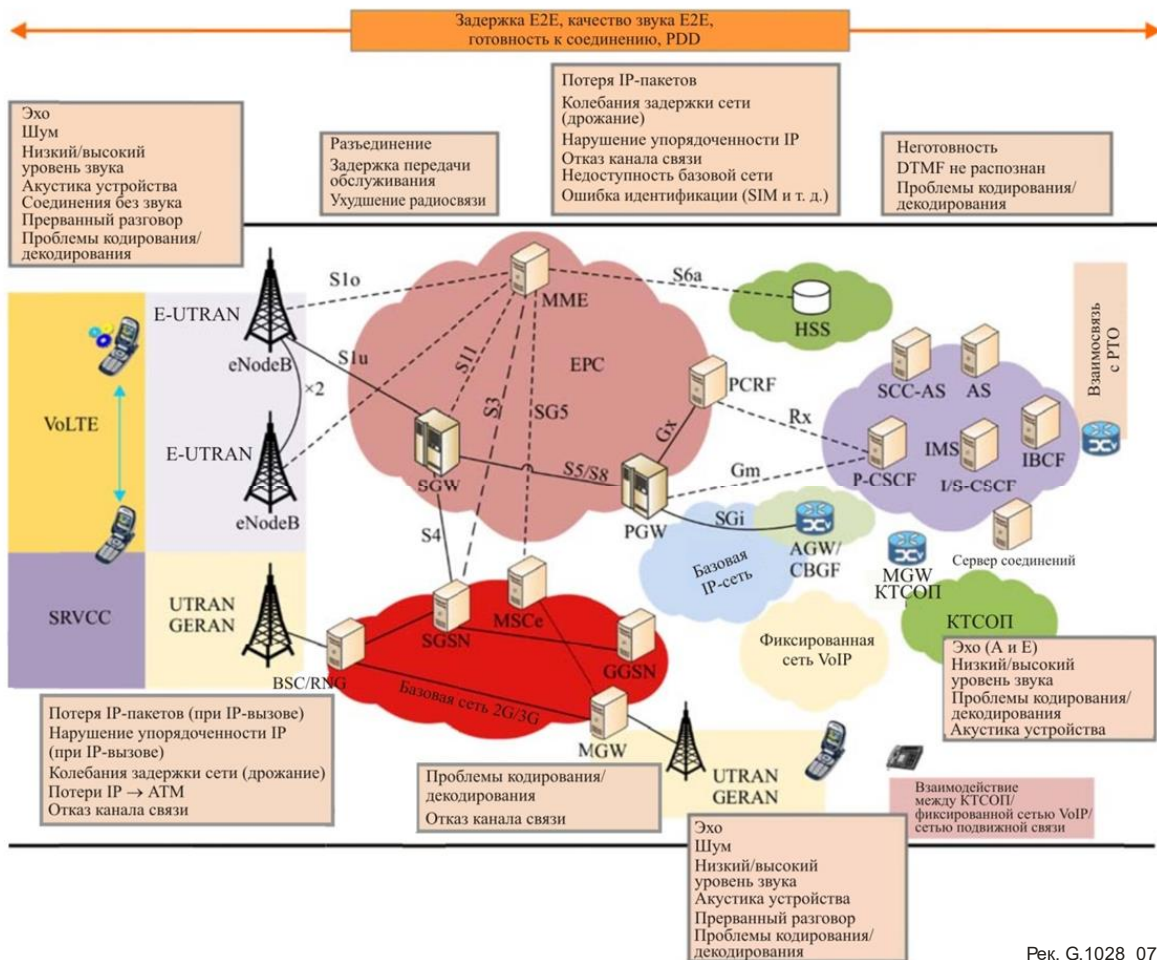


**Рисунок 6. Гипотетическая эталонная модель соединения LTE – КТСОП**

Все сценарии, включая присоединение к другой сети, могут включать очень длинные международные пути. Это рассматривается как отдельный случай и не влияет на общее бюджетирование задержек.

#### 8 Аспекты качества услуг передачи голоса по сетям LTE

На рисунке 7 показаны факторы ухудшения QoS, которые обычно встречаются при VoLTE-соединениях. Здесь QoS понимается так, как оно определено в [ITU-T E.800]. Показаны основные элементы сети для демонстрации элементов сигнализации и среды передачи, а также соединений с КТСОП или платформами подвижной связи.



Рек. G.1028\_07

**Рисунок 7 – Типичные факторы ухудшения качества связи VoLTE**

С точки зрения клиента (требуемое и воспринимаемое QoS, как указано в [ITU-T G.1000]), эти факторы делятся на следующие категории:

- характеристики сеанса связи:
  - проблемы регистрации в службе (IMS/SIP);
  - проблемы установления соединения (плохая доступность);
  - нарушение непрерывности (или сохраняемости) соединения, в том числе под влиянием подвижности (передача обслуживания радиосоединений и событий SRVCC);
- воспринимаемое качество речи во время соединения (целостность):
  - частотное наполнение – это относится к речевому спектру сигнала, слышимого конечным пользователем (NB, WB или SWB), и его потенциальным искажениям;
  - прерывания – касается всех событий, приводящих к исчезновению речевого сигнала во время разговора;
  - сквозная задержка (влияние на интерактивность разговора);
  - наличие нежелательных шумов, исходящих из любого источника.

Более подробный список типичных признаков ухудшения связи, ощущаемых конечными пользователями службы VoLTE, вместе с их потенциальными причинами, составленный для конкретных случаев CSFB в соответствии с разделом 9 [ITU-T G.1028.2], приведен в Приложении А.

VoLTE также может влиять на другие службы или функциональные возможности устройства. Например:

- использование VoLTE в той же ячейке может влиять на характеристики передачи данных;

- если при использовании приложения (в данном случае VoLTE) расходуется слишком много энергии, критическим фактором может стать автономность аккумуляторной батареи.

Вместе с тем эти аспекты не входят в сферу применения настоящей Рекомендации.

Чтобы знать, контролировать и устранять эти проблемы QoS, испытываемые клиентами, необходимо построить согласованную архитектуру измерений с соответствующими параметрами. Она рассматривается в следующих разделах.

## 9 Надлежащие индикаторы и целевые показатели качества

В таблице 3 приведены надлежащие показатели качества сквозного соединения, воспринимаемого конечным пользователем, находящимся в зоне покрытия сети 4G, и исходящих вызовов в соответствии с требованиями VoLTE вместе с возможными влияющими на него ключевыми показателями качества работы сети.

**Таблица 3 – Показатели качества сквозного соединения и соответствующие KPI сети**

| Показатели качества сквозного соединения | Определение  | KPI IP-сети   |
|--|--|---|
| Коэффициент успешности регистрации       | Интенсивность успешных попыток регистрации в службе VoLTE.<br>Эквивалент коэффициента успешности регистрации IMS, определенного в [ETSI TR 103 219].<br>Этот показатель неприменим к CSFB  | <u>Коэффициент успешности регистрации</u><br>KPI, относящийся к IMS и основанный на счетчиках P-CSCF.<br>Эквивалент 1 – интенсивность неэффективных попыток регистрации (IRA), согласно определению [IETF RFC 6076]   |
| Готовность службы                        | Возможность установления сквозного соединения клиентом VoLTE и с клиентом VoLTE.<br>Эквивалент 1 – интенсивность отказов при установлении сеанса связи VoLTE, согласно определению [ETSI TR 103 219].<br>Эквивалент 1 – недоступность телефонной службы, согласно определению [ITU-T E.804] (пункт 7.3.6.1).<br>Специальный показатель для CSFB приведен в разделе 7.1 [ITU T G.1028.2]  | <u>Коэффициент эффективности сети</u><br>Измеряет способность сети доставлять вызовы клиенту VoLTE с точки зрения сервисной платформы.<br>Интенсивность ошибок сети (NER), основанная на протоколе SIP, эквивалентна коэффициенту эффективности установления сеансов связи (SEER), согласно определению [IETF RFC 6076] |
| Задержка после набора номера             | Интервал времени (в секундах) между окончанием набора номера вызывающим абонентом и приемом им соответствующего тонального сигнала вызова или записанного объявления.<br>Эквивалент времени установления соединения, согласно определению [ITU-T E.800].<br>Эквивалент времени установления телефонного соединения, согласно определению [ITU-T E.804] (пункт 7.3.6.2).<br>Этот показатель применим к CSFB с некоторыми особенностями, указанными в разделе 7.2 [ITU-T G.1028.2] | <u>Время установления сеанса SIP</u><br>Интервал времени между отправкой сообщения INVITE (с SDP) и сообщения ACK (180 или 200) со стороны исходящего вызова.<br>Эквивалент задержки успешного запроса сеанса (SRD), согласно определению [IETF RFC 6076]   |

Таблица 3 (окончание)

| Показатели качества сквозного соединения             | Определение  | KPI IP-сети  |
|--|--|--|
| Качество речевого сигнала (MOS-LQO)                  | Эквивалент качества речевого сигнала, согласно определению [ITU-T P.10].<br>Модели, подобные тем, которые определены в [ITU-T P.862] и [ITU-T P.863], обеспечивают объективное представление о качестве голосового сигнала, каким оно может восприниматься клиентом.<br>Его можно определять для каждого вызова или выборочно (см. [ITU-T E.804], пункты 7.3.6.3 и 7.3.6.4)<br>Этот показатель применим к CSFB | <u>Индекс качества сети</u> ([ITU-T G.107], [ITU-T P.564])<br><u>Коэффициент потерь IP-пакетов</u> (см. определение коэффициента потерь интернет-пакетов (IPLR) в [ITU-T Y.1540]) – несколько возможных точек измерения  |
| Задержка ото рта к уху                               | Время, необходимое для передачи речевого сигнала ото рта говорящего к уху слушателя.<br>Этот показатель применим к CSFB  | <u>Задержка передачи IP-пакетов</u> (см. определение задержки передачи интернет-пакетов (IPTD) в [ITU-T Y.1540]).<br><u>Время прохождения сигнала туда и обратно</u> соответствует примерно удвоенной задержке сквозного распространения.<br>Может измеряться на основе сообщений протокола RTCP |
| Коэффициент прерванных соединений                    | Непрерывность обслуживания в отношении способности поддерживать соединения до их нормального завершения.<br>Эквивалент интенсивности прерываний телефонного соединения, согласно определению [ITU-T E.804] (пункт 7.3.6.5).<br>Этот показатель применим к CSFB   | <u>Коэффициент завершенных сеансов</u> KPI, относящийся к IMS и основанный на счетчиках P-CSCF.<br>Эквивалент коэффициента завершенных сеансов (SCR), согласно определению [IETF RFC 6076]   |
| Полоса пропускания речевого сигнала (NB, WB или SWB) | Мера используемой полосы пропускания (нормальная NB или WB или даже частичное и нежелательное ограничение полосы пропускания).<br>Этот показатель применим к CSFB  | <u>Статистика кодека</u><br>Информация, относящаяся к выбору кодека (AMR или AMR WB) и режимам кодека, а также к переключению между ними, доступна посредством сообщений протокола SIP   |

Следует отметить, что определение задержки после набора номера в таблице 3 эквивалентно определениям других параметров, данным в разных местах. "Эквивалентно" в данном случае не означает, что задержка после набора номера и время установления соединения есть два наименования одного и того же параметра. Единственно верное определение задержки после набора номера приведено в таблице 3. Другие параметры – это лишь "PDD-подобные" параметры, полезные для оценки величины и вариаций PDD.

В таблице 3 KPI IP-сети, связанный с задержкой после набора номера (время установления сеанса SIP), определяется двумя возможными завершающими сообщениями: 180 Ringing или 200 OK. Тем не менее эти два SIP-сообщения имеют конкретные и разные значения. Ниже даны указания по их использованию для измерения времени установления сеанса SIP.

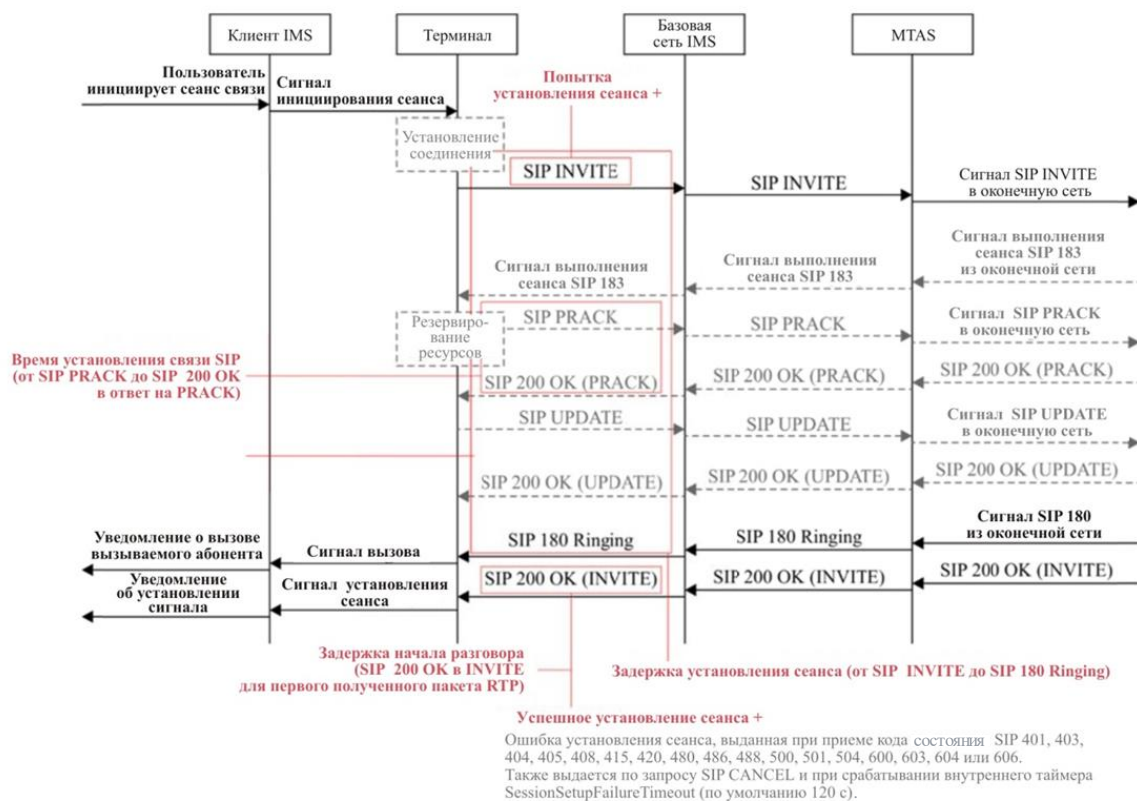
- С точки зрения пользователя значимой информацией является сигнал вызова, который раздается в его телефоне. Этот сигнал обычно запускается при получении сообщения 180 Ringing.
- В ситуациях роуминга некоторые сети LTE направляют вызываемому абоненту сообщение 180 Ringing независимо от реального состояния вызываемого абонента и сети (в некоторых

сетях сообщение 180 Ringing может передаваться независимо от состояния входных условий). Вызывающий абонент может услышать ответный сигнал вызова, даже если процедура установления вызова не удалась. Только получение сообщения 200 OK после сообщения 180 Ringing может гарантировать, что этого не произошло. Но это сообщение 200 OK может поступить через некоторое время после того, как в терминале вызывающего абонента раздался сигнал, что приводит к завышенной оценке воспринимаемой PDD.

В связи с этим рекомендуется:

- использовать сообщение 180 Ringing в качестве события запуска измерения PDD, воспринимаемой конечными пользователями, с жестким ограничением теми случаями, когда имеется 100%-ная уверенность в том, что сеть не отправила это сообщение раньше, чем вызываемая сторона и сеть примут вызов;
- во всех случаях, когда вышеупомянутое ограничение не может быть соблюдено, использовать сообщение 200 OK для измерения времени установления IP-сеанса и определения установления вызова при выполнении входных условий, а также для запуска измерения PDD, воспринимаемой конечными пользователями.

На рисунках 8 и 9 зафиксированы точки измерения в процедурах установления и завершения сеанса VoLTE.



Рек. G.1028\_08

Рисунок 8 – Схема измерения параметров установления сеанса VoLTE



Ошибка завершения сеанса выдается, если в течение интервала внутреннего таймера SessionDropTimeout (по умолчанию 15 с) не получен пакет RTP, ИЛИ если в течение интервала внутреннего таймера SessionHangupTimeout (по умолчанию 3 с) не получен запрос SIP Status Code 200 OK (BYE), ИЛИ в случае присла сигнала SIP Status Code 481 (BYE).

Рек. G.1028\_09

**Рисунок 9 – Схема измерения параметров завершения сеанса VoLTE**

Для большинства индикаторов, указанных в таблице 3, различным сегментам, составляющим сквозные пути, можно выделить свой бюджет, как показано в разделе 6. В таблицах 4–7 указаны целевые значения, достижимые для каждого из этих сегментов при каждом из гипотетических эталонных соединений, указанных в разделе 7. Общий бюджет не обязательно является точной суммой всех индивидуальных бюджетов.

Эти целевые значения представляют собой примеры реалистичных значений, которых операторы сетей могут достичь при использовании инструментов, соответствующих современным стандартам. Например, средние оценки качества передачи речи (MOS), приведенные в таблицах 4–7, представляют собой средние значения при применении [ITU-T P.863] с правильным эталонным предложением (то есть с соблюдением [ITU-T P.863.1]) и выполнении непродолжительного измерения покрытия сети с использованием современных устройств. Для более длительных измерений, например для событий передачи обслуживания (НО), эти значения можно рассматривать как максимальные. Для лабораторных испытаний в чистой стабильной среде их можно рассматривать как минимальные значения. Следует также отметить, что в будущем с появлением новых устройств и сетевых систем это положение может измениться.

### Связь LTE – LTE в пределах одной и той же сети

**Таблица 4 – Бюджеты качества для связи LTE – LTE в пределах одной и той же сети**

| Показатели качества сквозного соединения | ОБЩИЙ бюджет  | Терминал                     | E-UTRAN                      | ЕРС                          | IMS подвижной связи          | Сеть передачи                |
|--|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Коэффициент успешности регистрации       | 99,9%   | 99,9%                        | 99,9%                        | 100%                         | 99,9%                        | Целевое значение отсутствует |
| Готовность службы                        | 99%<br>Примечание 1   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует |
| Задержка после набора номера (PDD)       | LTE – LTE 3,5 с<br>(Примечание 2)<br>CSFB 6 с<br>(Примечание 3) | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует |



**Таблица 4 (окончание)**

| Показатели качества сквозного соединения  | ОБЩИЙ бюджет             | Терминал                                       | E-UTRAN                      | ЕРС                          | IMS подвижной связи          | Сеть передачи                                  |
|---|--------------------------|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| Качество речевого сигнала (MOS-LQxSW)   | 4<br>(Примечание 4)      | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                   |
| Задержка ото рта к уху  | 400 мс<br>(Примечание 5) | 190 мс<br>(передача + прием)<br>(Примечание 6) | 5 мс                         | 15 мс                        | 0                            | 10 мс<br>(может быть больше для крупных стран) |
| Коэффициент прерванных соединений   | 2%                       | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                   |
| <p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Целевой показатель обработки вызовов в соответствии с [ETSI TS 101 563] выше 99,9%.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – [ETSI TS 101 563] рекомендует 5,9 с при вероятности 95% значения менее 2,4 с.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Здесь учитывается только переключение на коммутируемую сеть со стороны подвижного вызова.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Предполагается использование AMR-WB со скоростью 23,85 кбит/с. Использование других кодеков и/или битовых скоростей приведет к другим значениям.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 5. – В [ITU-T G.114] указано предпочтительное максимальное значение 150 мс, которого в настоящее время достичь невозможно; некоторые операторы сетей могут предоставлять соединения внутри страны с задержкой менее 250 мс.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Согласно [ETSI TS 126 131].</p> |                          |  |                              |                              |                              |  |

**Соединение LTE – LTE между двумя присоединенными сетями (включая роуминг)**

**Таблица 5 – Бюджеты качества соединений LTE – LTE между двумя присоединенными сетями**

| Показатели качества сквозного соединения | ОБЩИЙ бюджет                                   | Терминал                     | E-UTRAN                      | ЕРС                          | IMS подвижной связи          | Сеть (международной) передачи |
|--|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Коэффициент успешности регистрации       | 99,9%  | 99,9%                        | 99,9%                        | 100%                         | 99,9%                        | Целевое значение отсутствует  |
| Готовность службы                        | 99%  | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует  |
| Задержка после набора номера (PDD)       | LTE – LTE<br>4 с<br>CSFB 6 с<br>(Примечание 1) | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует  |

**Таблица 5 (окончание)**

| <b>Показатели качества сквозного соединения</b>   | <b>ОБЩИЙ бюджет</b>  | <b>Терминал</b>                                | <b>E-UTRAN</b>               | <b>ЕРС</b>                   | <b>IMS подвижной связи</b>   | <b>Сеть (международной) передачи</b>              |
|---|--|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Качество речевого сигнала (MOS-LQxSW)   | 4<br>(для HD-голоса + TrFO)<br>(Примечание 2)<br>2,8<br>(в противном случае) | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                      |
| Задержка ото рта к уху  | 400 мс<br>(Примечание 3)   | 190 мс<br>(передача + прием)<br>(Примечание 4) | 80 мс<br>с обеих сторон      | 50 мс                        | 0                            | Типичные значения см. в [b-GSMA IR.34], таблица 7 |
| Коэффициент прерванных соединений   | 2%   | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                      |
| <p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Здесь учитывается только переключение на коммутируемую сеть со стороны подвижного вызова.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Предполагается использование AMR-WB со скоростью 23,85 кбит/с. Использование других кодеков и/или битовых скоростей приведет к другим значениям.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В [ITU-T G.114] указано предпочтительное максимальное значение 150 мс, которого в настоящее время достичь невозможно; некоторые операторы сетей могут предоставлять соединения внутри страны с задержкой менее 250 мс.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Согласно [ETSI TS 126 131].</p> |  |  |                              |                              |                              |   |

**Связь LTE – 3G**

**Таблица 6 – Бюджеты качества связи LTE – 3G**

| <b>Показатели качества сквозного соединения</b> | <b>ОБЩИЙ бюджет</b>   | <b>Терминал</b>              | <b>E-UTRAN</b>               | <b>ЕРС</b>                   | <b>IMS подвижной связи</b>   | <b>Сеть (международной) передачи</b> | <b>Сеть доступа на удаленном конце</b> | <b>Удаленный терминал</b>    |
|---|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|
| Коэффициент успешности регистрации              | 99,9%   | 99,9%                        | 99,9%                        | 100%                         | 99,9%                        | Целевое значение отсутствует         | Целевое значение отсутствует           | Целевое значение отсутствует |
| Готовность службы                               | 98%   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует         | Целевое значение отсутствует           | Целевое значение отсутствует |
| Задержка после набора номера (PDD)              | 4,5 с<br>CSFB: предмет дальнейшего изучения                                 | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует         | Целевое значение отсутствует           | Целевое значение отсутствует |
| Качество речевого сигнала (MOS-LQxSW)           | 3,8<br>(для HD-голоса + TrFO)<br>2,8 (в противном случае)<br>(Примечание 1) | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует         | Целевое значение отсутствует           | Целевое значение отсутствует |

**Таблица 6 (окончание)**

| Показатели качества сквозного соединения | ОБЩИЙ бюджет             | Терминал                                       | E-UTRAN                      | ЕРС                          | IMS подвижной связи          | Сеть (международной) передачи                      | Сеть доступа на удаленном конце | Удаленный терминал           |
|--|--------------------------|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|------------------------------|
| Задержка ото рта к уху                   | 400 мс<br>(Примечание 2) | 190 мс<br>(передача + прием)<br>(Примечание 3) | 80 мс                        | 50 мс                        | 0                            | Типичные значения см. в [b-GSM A IR.34], таблица 7 | UTRAN: 90                       | 0                            |
| Коэффициент прерванных соединений        | 3%                       | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                       | Целевое значение отсутствует    | Целевое значение отсутствует |

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предполагается использование AMR-WB со скоростью 12,65 кбит/с. Использование других кодеков и/или битовых скоростей приведет к другим значениям.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В [ITU-T G.114] указано предпочтительное максимальное значение 150 мс, которого в настоящее время достичь невозможно; некоторые операторы сетей могут предоставлять соединения внутри страны с задержкой менее 300 мс.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Согласно [ETSI TS 126 131].

**Связь LTE – КТСОП**

**Таблица 7 – Бюджеты качества связи LTE – КТСОП**

| Показатели качества сквозного соединения | ОБЩИЙ бюджет                              | Терминал                                       | E-UTRAN                      | ЕРС                          | IMS подвижной связи          | Сеть (международной) передачи                     | КТСОП                        |
|--|---|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| Коэффициент успешности регистрации       | 99,9%                                     | 99,9%  | 99,9%                        | 100%                         | 99,9%                        | Целевое значение отсутствует                      | Целевое значение отсутствует |
| Готовность службы                        | 99%                                       | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                      | 100%                         |
| Задержка после набора номера (PDD)       | 4 с<br>CSFB: предмет дальнейшего изучения | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                      | Целевое значение отсутствует |
| Качество речевого сигнала (MOS-LQxSW)    | 3,1<br>(Примечание 1)                     | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                      | Ухудшение отсутствует        |
| Задержка ото рта к уху                   | 400 мс<br>(Примечание 2)                  | 190 мс<br>(передача + прием)<br>(Примечание 3) | 80 мс                        | 50 мс                        | 0                            | Типичные значения см. в [b-GSMA IR.34], таблица 7 | 10 мс                        |
| Коэффициент прерванных соединений        | 2%  | Целевое значение отсутствует                   | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует | Целевое значение отсутствует                      | 0%                           |

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предполагается использование AMR со скоростью 12,2 кбит/с. Использование других кодеков и/или битовых скоростей приведет к другим значениям.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В [ITU-T G.114] указано предпочтительное максимальное значение 150 мс, которого в настоящее время достичь невозможно; некоторые операторы сетей могут предоставлять соединения внутри страны с задержкой менее 250 мс.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Согласно [ETSI TS 126 131].

## 10 Рекомендации по мониторингу и диагностике QoS

### 10.1 Рекомендуемые точки мониторинга QoS

Точки измерения имеют решающее значение для выявления проблем как экономических, так и эксплуатационных, которые необходимо решить для ограничения количества зондов, роботов и других инструментов.

Цель состоит в том, чтобы обеспечить хорошее представление покрываемой территории в статистическом плане для учета, мониторинга и диагностики с применением соответствующих источников или инструментов измерения (зондов, роботов, счетчиков и регистраторов вызовов – CDR).

Можно предусмотреть три вида точек измерения (см. рисунок 10 ниже):

- в конечных точках, где конечные пользователи получают доступ к услугам и используют их (в данном случае A и J);
- в интерфейсах, где доступен абонентский план, в общем случае в пограничных точках между сетевыми магистралями или технологиями передачи; в данном случае B, D, E и G;
- в точках присутствия служебных элементов, относящихся к плану сигнализации; в данном случае в точках C, F и H (но также и E).

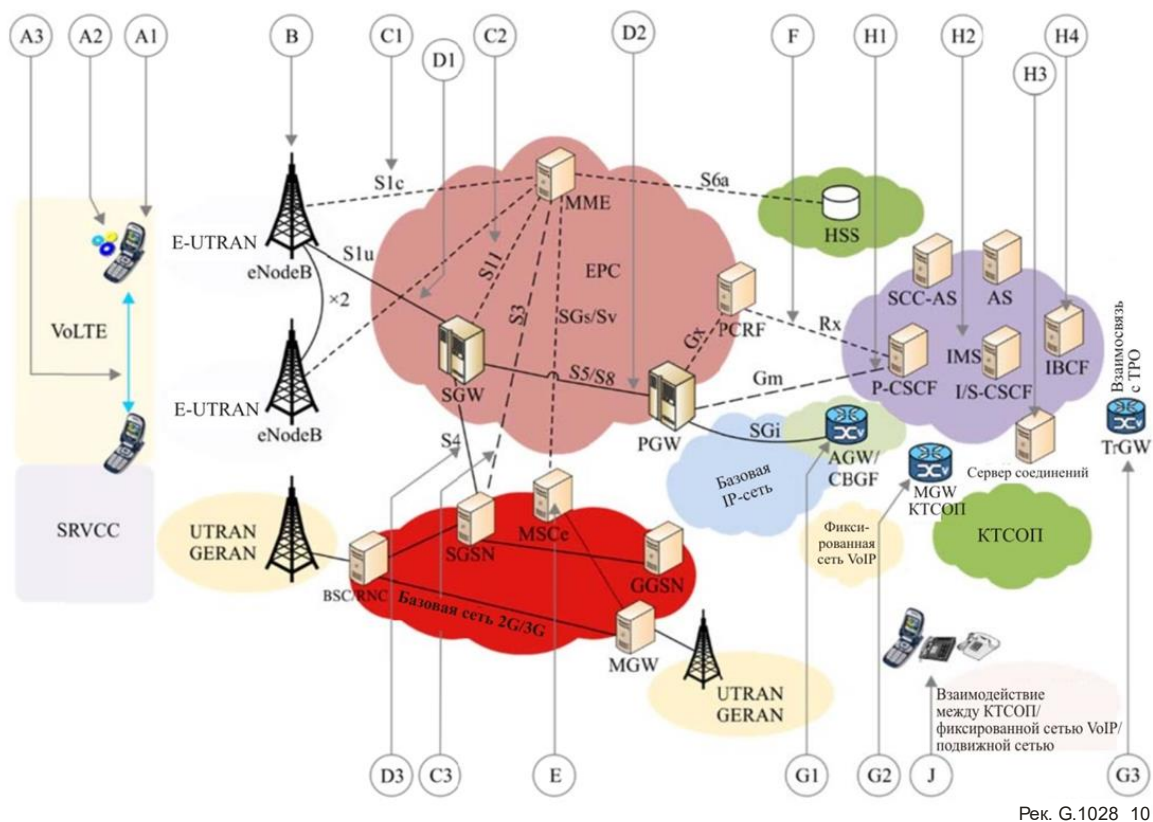


Рисунок 10 – Точки измерения QoS в сети VoLTE

#### 10.1.1 Точки измерения A1, A2 и A3

Измерение в помещениях заказчика абсолютно необходимо для ответа на важный вопрос о том, как качество обслуживания воспринимается конечными пользователями. Оно дает реальное представление о сквозном соединении, получить которое больше нигде.

Разумеется, возникает вопрос о представленности: сколько требуется точек измерения, каково их географическое распределение? Ответ зависит от возможных решений в соответствующих точках измерения.

Возможны различные варианты.

Точка измерения **A1** предназначена для измерений в целях учета (кампании ручных измерений).

Фактически эта точка не обязательна для наблюдения. Но со стороны оператора многие оценки QoS с использованием этой методики проводятся каждый год по всей сети в целях нормативного регулирования или контроля. Таким образом, это способ проверить QoS и попытаться решить возникшие проблемы.

Он позволяет проверить сквозные показатели – в основном точности, но также и доступности и непрерывности. Такая методика обычно основана:

- на хорошем и представительном покрытии территории страны (сельские районы, города разного размера и т. д.);
- на подборке репрезентативных ситуаций соединений (в помещении, на улице, в автомобиле, в поезде и т. д.);
- на подборке репрезентативных устройств в сети оператора;
- на подборке репрезентативных периодов времени суток вызова;
- на подборке репрезентативных вызовов. Необходимо учитывать узкополосные и широкополосные вызовы;
- на достаточном количестве измерений для получения точного представления о QoS оператора и соответствующих статистических данных.

Точки измерения **A2** и **A3** предназначены для измерений, в которых присутствие конечного пользователя в точке **A1** заменено инструментами, моделирующими его поведение и оценку качества. Они рекомендуются для целей учета, в основном по сквозным показателям точности, а также доступности, непрерывности и скорости обслуживания. В этом случае требуются интрузивные роботы, инструменты для измерения покрытия сети, анализаторы радиоинтерфейсов и программные агенты. Ввиду высокой стоимости таких решений может осуществляться лишь стратегия выборочной проверки. Выбор мест измерения, устройств и периодов времени соответствует аналогичным критериям для **A1**, но с меньшими ограничениями, поскольку это автоматические инструменты.

Точка **A2** находится внутри терминала. Там программный агент может получить доступ к декодированному сигналу и/или информации о том, как обрабатывается связь (установление соединения, прерывание соединения, поведение буфера IP-дрождания и т. д.). Такие решения, как правило, очень рентабельны, способны собирать данные по очень большим группам пользователей и устройств, но могут потребовать участия или обратной связи со стороны конечных пользователей.

Для **A3** требуются интрузивные инструменты. Это могут быть либо статичные решения, основанные на роботах (тогда внимание должно быть сосредоточено на скорости, точности и непрерывности обслуживания), либо подвижные решения (так называемые инструменты измерения покрытия сети, в которых большое внимание также уделяется характеристикам радиосети). Как уже говорилось, по экономическим и эксплуатационным причинам можно предусмотреть лишь стратегию выборочной проверки с использованием таких инструментов (как правило, менее десяти точек измерения для общенациональной сети). Более того, если инструмент измерения выявит проблему, то это означает, что она, возможно, в равной мере затрагивает многих пользователей. Вследствие небольшого числа измерений, полученных в результате этой выборочной стратегии, такие инструменты используются в основном для целей учета. Инструменты для измерения покрытия сети также часто используются для диагностики, когда повышение QoS связано с оптимизацией покрытия сети.

Важно понимать, что это сквозное измерение позволяет обнаружить или подтвердить наличие проблемы, но редко указывает на источник ухудшения, если только оно не исходит от самого устройства.

### **10.1.2 Точка измерения В**

Часть сети, относящаяся к доступу, является важным источником сбоев (наибольшее количество сетевых элементов). Поэтому контроль за ней также необходим. Одной из основных трудностей является учет радиочастотной части, которая, несомненно, различается в зависимости от выбранной области.

Точка **B** локализована в узле eNodeB, который является первой точкой входа в сеть LTE. Эта точка измерения предполагает мониторинг как радиointерфейса, так и направления EPC. Стратегия предполагает отделение трафика VoIP от остального трафика данных на основе соответствующего индикатора класса трафика (QCI).

Она направлена на измерение:

- радиохарактеристик в ячейках – рекомендуется специально для целей диагностики по рабочим характеристикам сети. Вместе с точкой A2 eNodeB обеспечивает правильное представление характеристик радиопокрытия зоны;
- потоков сигнализации для определения статистики вызовов – настоятельно рекомендуется для целей учета, мониторинга и диагностики сквозных показателей доступности, непрерывности, точности и степени использования услуг, а также рабочих характеристик сети.

Инструменты наблюдения от поставщиков RAN могут допускать глобальное агрегирование этих видов информации по всем узлам eNodeB.

Стратегия измерения для этой точки должна быть скорее дешевой в реализации (счетчики производительности, доступные из устройства), чем исчерпывающей.

### 10.1.3 Точки измерения C1, C2 и C3

Точки **C1–C3** соответствуют интерфейсам EPC (фактически все они расположены близко к объекту управления подвижностью (MME)), где можно вводить и анализировать наиболее важные сообщения сигнализации. Они рекомендуются для целей учета, мониторинга и диагностики сквозных показателей доступности, непрерывности, точности и степени использования услуг. Рекомендуется исчерпывающий доступ ко всем данным всех сеансов, в основном посредством использования зондов или регистрации вызовов (CDR) элементов сети.

**C1** охватывает сигнализацию между MME и радиодоступом (интерфейс S1), **C2** контролирует связь с обслуживающим GW (интерфейс S11), а **C3** нацелена на интерфейс Sgs с сервером MSC (для оценки процедур CSFB необходимо контролировать этот интерфейс и интерфейс S3, соответствующие точке извлечения сигнала C3).

Следует отметить, что трафик, собранный по всем интерфейсам, покрываемым точками C, туннелируется (GTP v2-C).

Эти точки измерения особенно важны для анализа:

- статистики канала EPS;
- управления подвижностью (статистика HO, обновление области маршрутизации);
- управления абонентами (прямое подключение к HSS).

### 10.1.4 Точки измерения D1 и D2

Как и C1, C2 и C3, эти точки расположены внутри EPC, но покрывают интерфейсы, в которых можно вводить и анализировать потоки реального времени (с использованием протокола RTP).

**D1** расположена на выходе между EPC и радиодоступом (интерфейс S1u обслуживающего GW), а **D2** охватывает связь между обслуживающим GW и GW PDN (интерфейсы S5–S8).

Обслуживающий GW представляет собой опорную точку для обеспечения подвижности внутри LTE, а также между GSM/GPRS, 3G/HSPA и LTE. Он поддерживает QoS транспортного уровня путем маркировки IP-пакетов соответствующими кодовыми точками DiffServ на основе параметров, связанных с соответствующим каналом.

GW PDN – это точка подключения к внешним IP-сетям через интерфейс SGi. Он также играет ключевую роль в поддержке QoS IP-услуг для конечных пользователей.

Эти важные точки измерения делают доступной всю информацию о качестве связи. Они настоятельно рекомендуются для целей учета, мониторинга и диагностики сквозных показателей доступности, непрерывности, точности, скорости и рабочих характеристик сети. Рекомендуется исчерпывающий доступ ко всем данным всех сеансов, в основном посредством использования зондов или CDR элементов сети.

### 10.1.5 Точка измерения E

Точка измерения **E** расположена на границе между EPC и базовой сетью 3G. Соответствующим оборудованием является сервер MSC, который управляет вызовами и подвижностью в сетях 2G и 3G (например, в случае SRVCC). Сервер MSC также отвечает за функции TFO и TrFO. Во многих случаях сервер MSC совмещен с функцией контроллера шлюза среды (MGCF), отвечающей за создание и аннулирование соединений в MGW между доменами IMS и CS.

Ввиду этого данная точка рекомендуется для целей мониторинга и диагностики большинства показателей, касающихся соединений, при которых происходит роуминг между сетями LTE и 2G или 3G. Соответствующие показатели в основном относятся к доступности, непрерывности и скорости предоставления услуг.

### 10.1.6 Точка измерения F

Функция регулирования политики и начисления платы (PCRF) является центральным органом принятия решений, связанных с управлением политикой и начислением платы (PCC). Эти решения могут основываться на данных из разных источников, в том числе:

- на конфигурации оператора в PCRF, которая определяет политику, применяемую к данным услугам;
- на информации о контракте данного пользователя, полученной из репозитория профилей абонентов (SPR);
- на информации об услугах, получаемых от функции приложения (AF);
- на информации из сети доступа об используемой технологии доступа и т. д.

Точка измерения **F** предназначена для мониторинга радиоинтерфейса между PCRF и функцией управления сеансом прокси-вызова (P-CSCF) домена IMS. Она рекомендуется для целей учета, мониторинга и диагностики показателей доступности, непрерывности, скорости и степени использования услуг.

### 10.1.7 Точки измерения G1, G2 и G3

Эта группа точек измерения соответствует шлюзам среды (GW). GW – это важные места для получения конкретной информации об оценке состояния базовой сети (потери IP-пакетов, задержки и дрожание), кодека в базовой сети, транскодирования и использования TrFO. Это точки, представляющие интерес для целей мониторинга и диагностики в отношении таких показателей, как точность обслуживания и рабочие характеристики сети.

GW разного типа поддерживают надлежащий мониторинг медиапоток (RTP) не только для взаимодействия служб между EPC и другими сетями:

- **G1** – MGW IMS – это GW, используемый для закрепления медиаканалов между двумя пользователями VoLTE, а также в случае SRVCC (НО от VoLTE к CS подвижной связи) или взаимодействия VoLTE с CS подвижной связи предыдущего поколения. Этот шлюз также обеспечивает функциональность взаимодействия между VoLTE и пользователями фиксированной сети VoIP (с перекодировкой AMR/AMR-WB – ITU-T G.711);
- **G2** – MGW КТСОП – это место, где можно производить мониторинг, учет и диагностику (рабочих характеристик сети) для исходящих IP-поток (из IP в КТСОП). Это также то место, где выполняется эхоподавление сигналов, исходящих из КТСОП (что наиболее интересно);
- **G3** – шлюз транкинга (TrGW) при взаимодействии с другим оператором IP-домена.

### 10.1.8 Точки измерения H1, H2, H3 и H4

Это группа точек измерения внутри платформ IMS. Информация мониторинга, которую можно здесь собирать, связана с трафиком сигнализации. Данные зондов, которые можно развернуть со стороны платформы, должны дополняться информацией, полученной от CDR и счетчиков. Информация мониторинга, собранная в соответствующих точках измерения, относится к готовности, непрерывности и степени использования услуг. В зависимости от услуг (голосовая почта, конференц-связь и т. д.) контроль точности и рабочих характеристик сети также может представлять интерес для выявления проблем слышимости.

Вместо единственной точки рекомендуется разделить ввод параметров на разных уровнях:

- **Н1** – расположена в интерфейсе между EPC (PDN GW) и IMS (P-CSCF). Эта точка охватывает пассивный мониторинг интерфейса Gm – первого интерфейса, в котором централизована нетуннелированная SIP-сигнализация, поступающая от всех пользователей в сети;
- **Н2** – глобальная точка мониторинга, расположенная на платформе IMS (включающая по меньшей мере такие элементы, как I- и S-CSCF, AS и SCC-AS), которая идеально подходит для учета использования услуг, поскольку анализ будет статистически очень достоверным. Данные мониторинга, собранные в этой точке, сосредоточены на счетчиках выполнения и данных о начислении платы. Поскольку наиболее подходящий элемент платформы для сбора статистики может зависеть от показателя, в определениях показателей должна быть указана подробная информация об интерфейсе сбора данных;
- **Н3** – точка измерения (на сервере вызовов/MGCF) может использоваться для исчерпывающего анализа протокола сигнализации, связанного со всеми вызовами, исходящими в сеть КТСОП, поскольку сервер соединений задействован во всех операциях согласования вызова. В этой точке измеряются показатели готовности услуг (и другие показатели с меньшим приоритетом, относящиеся к непрерывности и рабочим характеристикам сети);
- **Н4** – управляет IBCF, где выполняется соединения между двумя доменами операторов (включая запись данных о начислении платы). Здесь можно отслеживать информацию сигнализации SIP по межсетевому соединению.

#### 10.1.9 Точка измерения J

Точка измерения **J** – это аналог точки **A** для сети с коммутацией каналов. Здесь можно измерить те же показатели в тех же целях (за исключением рабочих характеристик радиосети) и с той же стратегией выборки.

Коммутация каналов в данном случае означает все возможные интерфейсы: КТСОП, 2G/3G PLMN, а также фиксированный VoIP-доступ через порт FXS DSL-маршрутизатора.

### 10.2 Стратегия мониторинга

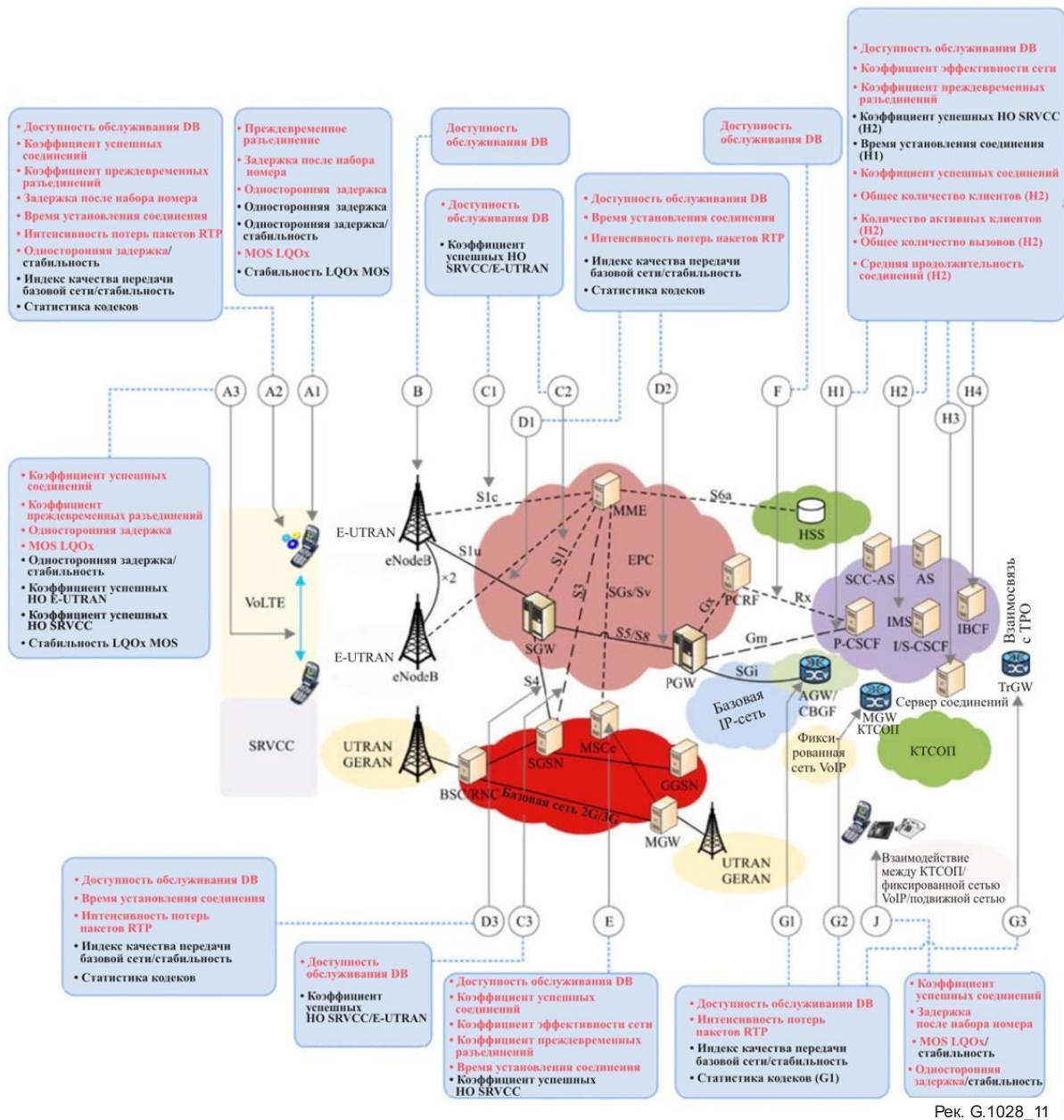
В этом разделе указано местоположение измеряемых показателей в соответствии с их назначением. В частности, определяется:

- что требуется измерять, как это измеряется (источник информации, частота измерений) и почему эти измерения необходимы;
- какие требуются измерительные инструменты и где должны проводиться эти измерения (описание и количество мест измерения).

#### 10.2.1 Учет

Учет дает общее представление о значении услуги QoS, возможно в сравнительной перспективе (между странами или с отечественными конкурентами), и о его изменении со временем (продольное представление). Он также позволяет определить категории клиентов, которые получают услуги ухудшенного качества.





Рек. G.1028\_11

Рисунок 11 – Точки измерения QoS в сети VoLTE – учет

Фактически данные для целей учета могут обеспечивать все точки измерения. Для этой цели могут быть полезны даже не полностью репрезентативные данные, например собранные методом интрузивных измерений.

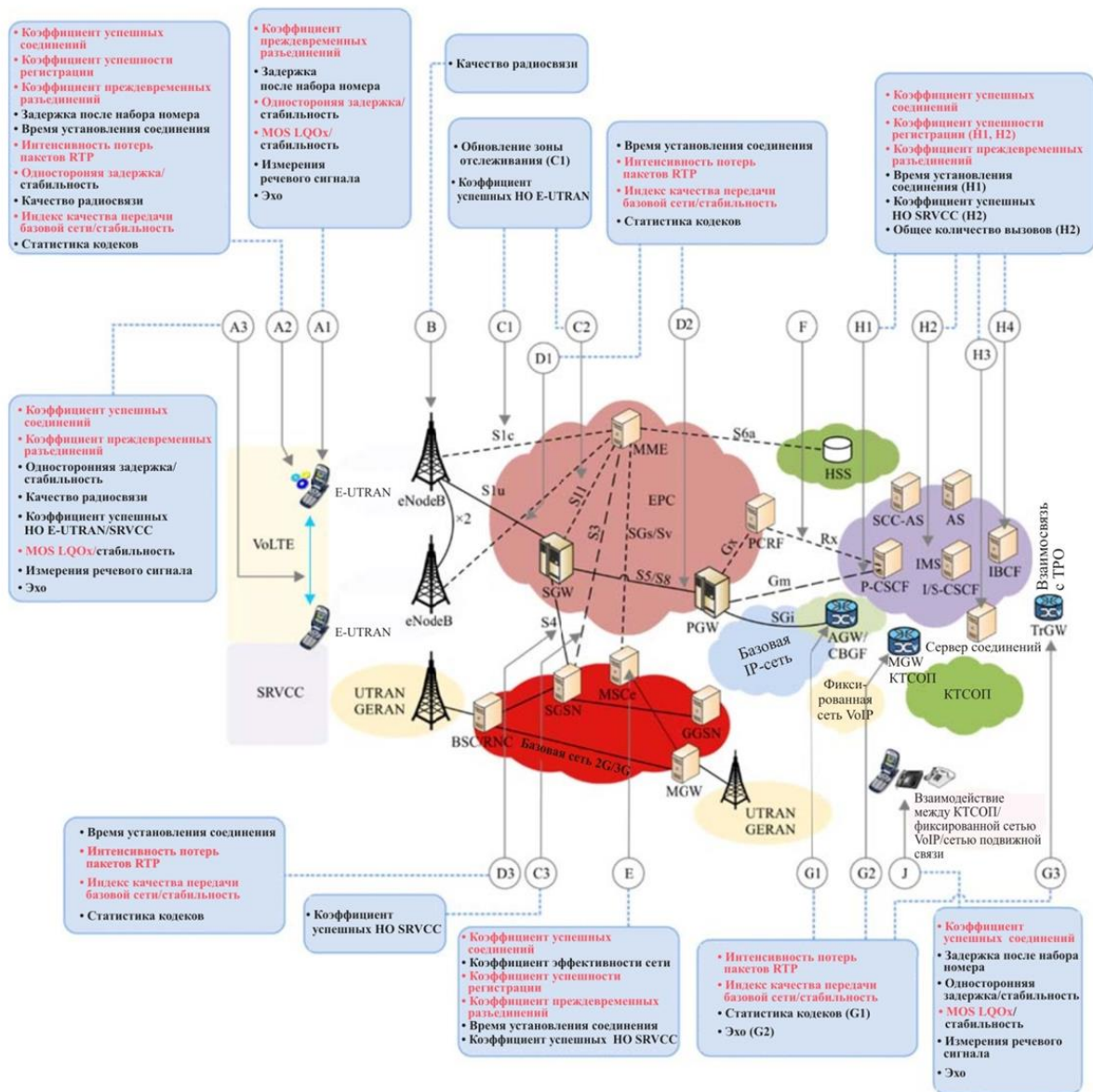
На основе таких измерений могут быть построены следующие информационные панели:

- общее представление об использовании услуг (количество клиентов, количество вызовов, продолжительность соединений, коэффициент оттока);
- характеристики сервисных платформ и сетевого оборудования (доступность услуг и непрерывность обслуживания);
- счетчики QoS (готовность, PDD, средняя экспертная оценка (MOS), непрерывность соединений).

### 10.2.2 Мониторинг

Данные мониторинга могут обеспечивать все точки измерения, способные дать представление о сквозном значении QoS или о вкладе участка сети в это значение.

Мониторинг горячего режима (с предупредительной сигнализацией) обеспечивает информацию в режиме реального времени, связанную с ухудшением качества обслуживания, влияющим на большое количество клиентов.



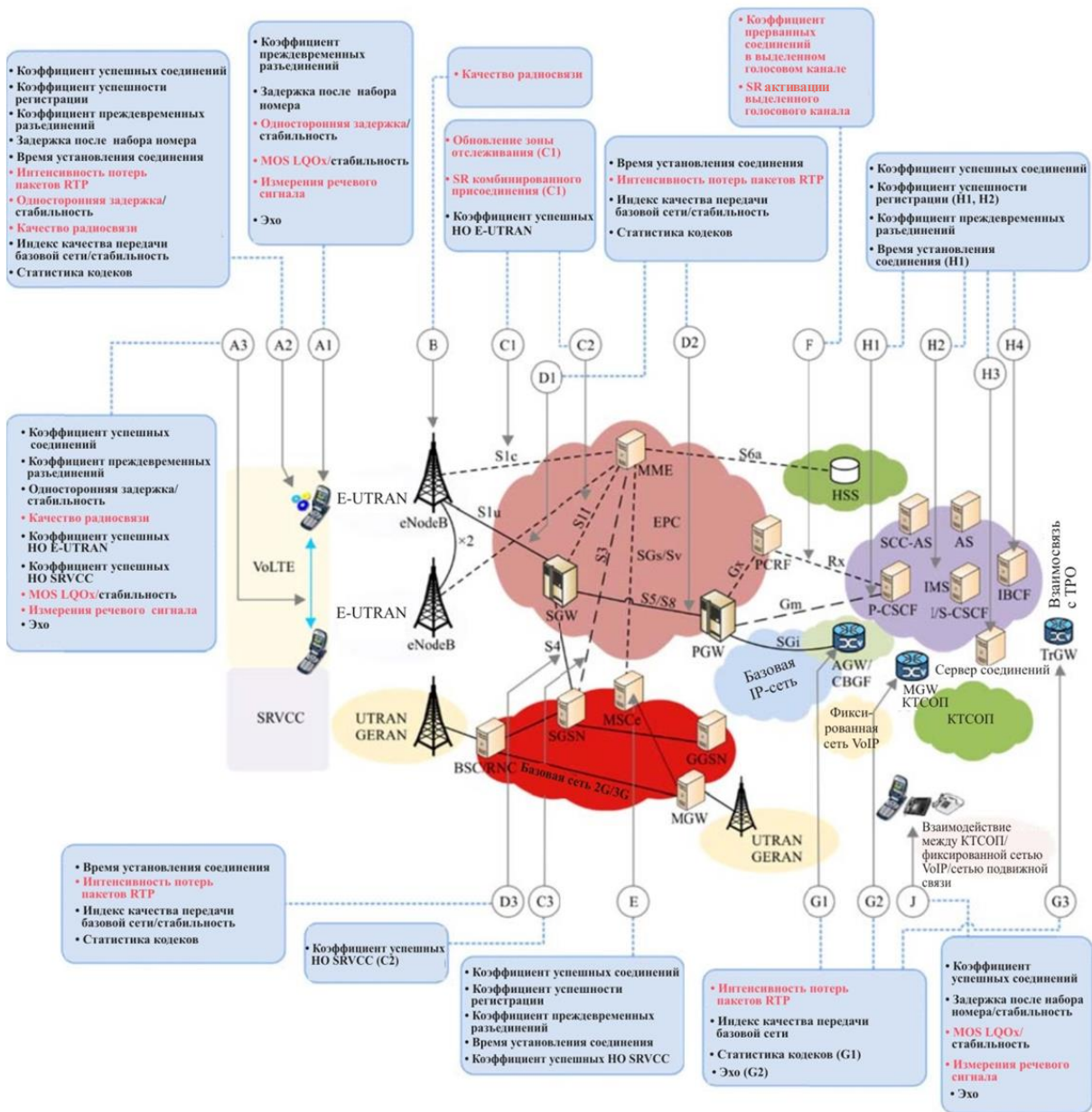
Рек. G.1028\_12

Рисунок 12 – Точки измерения QoS в сети VoLTE – мониторинг

### 10.2.3 Диагностика

Диагностика обеспечивает дополнительную информацию посредством:

- глубокого анализа клиентов или доступа ниже порога в попытке установить причины возникающих проблем и проанализировать данные из разных источников (CDR, зонды), собранные во время проявления проблемы;
- дистанционного тестирования/проверки конфигурации, включая трассировку и анализ в основных узлах сети;
- исследования на месте, включая трассировку в помещении клиента или в сети доступа.



Рек. G.1028\_13

Рисунок 13 – Точки измерения QoS в сети VoLTE – диагностика

### 10.3 Инструменты в стандартах МСЭ-Т

Несмотря на то что VoLTE основана на новых сетевых технологиях, она остается службой телефонии, использование которой подчиняется всем требованиям, предъявляемым конечными пользователями, в частности в отношении QoS. Поэтому положения, уже содержащиеся в существующих Рекомендациях МСЭ-Т, касающиеся измерения и оценки воспринимаемого качества услуг голосовой связи, в большинстве случаев также относятся и к VoLTE.

#### 10.3.1 Определение ключевых показателей качества

Как видно из предыдущих разделов (в частности, таблицы 3), показатели, характеризующие качество обслуживания, воспринимаемое конечными пользователями, относятся не только к VoLTE. Большинство из них уже определены в [ITU-T P.10], и эти определения применяются и в данном контексте. Ниже приведены ссылки на эти определения:

- готовность услуг: см. характеристику доступности услуг (пункт 3.1.1.2.2 [ITU-T E.800]);

- задержка после набора номера: см. время установления соединения (пункт 3.1.1.2.1 [ITU-T E.800]);
- качество передачи голоса (MOS-LQ, см. "качество передачи речи" (S-28) в [ITU-T P.10] или различные определения, приведенные в [ITU-T P.800.1]);
- задержка ото рта к уху: в Рекомендациях ITU-T как таковая не определена; однако см. среднее одностороннее время распространения (M-1) в [ITU-T P.10], а также объяснение в [ITU-T G.114];
- коэффициент прерванных соединений: см. коэффициент прерывания телефонной связи в [ITU-T E.804];
- полоса пропускания голосового сигнала (NB, WB или SWB) – в поправке 4 к [ITU-T P.10] дано очень подробное определение различных значений ширины полосы аудиосигнала, используемых в телефонии.

Коэффициент успешности регистрации для VoLTE в Рекомендациях не определен. В [ITU-T E.804] (пункт 7.2.2.1) дано определение интенсивности отказов при выборе и регистрации сети, но при этом не учитывается специфика регистрации IMS.

Что касается основных измерений QoS, то в контексте VoLTE также полезны четыре точки зрения на QoS (см. рисунок 14), определенные в [ITU-T G.1000].



Рек. G.1028\_14

**Рисунок 14 – Четыре точки зрения на QoS (источник: [ITU-T G.1000])**

Некоторые сведения о показателях, характеризующих нижележащие сетевые уровни, содержатся в [ITU-T Y.1540], где предоставлена информация о показателях, связанных с IP, однако показатели радиосети в стандартах МСЭ-Т не учитываются.

### **10.3.2 Инструменты и модели для измерения и прогнозирования качества передачи голоса**

Существует два подхода к оценке качества сквозной передачи голоса.

- Параметрические инструменты используют хорошую корреляцию между технической информацией о соединении и соответствующим качеством сквозной передачи, воспринимаемым конечными пользователями, для получения относительно точной оценки при низкой стоимости реализации. Такой инструмент можно предусмотреть в пограничных точках, близких к конечным пользователям, для лучшего прогнозирования индивидуального качества связи или внутри сети для хорошей оценки общего влияния рабочих характеристик

сети на качество сквозной передачи. В [ITU-T P.564] описан общий класс параметрических моделей прогнозирования качества передачи голоса, которые обеспечивают высокомасштабируемую оценку качества с использованием информации заголовка пакетов IP/UDP/RTP. Кроме того, в [ITU-T P.564] приведены критерии эффективности моделей этого типа, которые работают с узкополосной передачей речи.

- Еще один тип параметрических инструментов – E-модель, описанная в [ITU-T G.107], которая широко используется в качестве инструмента диспетчеризации передачи. Большинство факторов, присутствующих в модели (теперь она адаптирована для IP-передачи и WB-телефонии, см. [ITU-T G.107.1]), применимы к VoLTE.
- Сигнальные модели намного сложнее параметрических инструментов, поскольку они требуют ввода и анализа речевого сигнала. Поэтому они в основном используются в ракурсе точка-точка для очень точного измерения качества сквозной передачи голоса в данный момент времени и в определенном месте (и главным образом для данной службы с данным конечным устройством). Несколько таких инструментов разработал МСЭ-Т: в [ITU-T P.862] и [ITU-T P.863] описаны модели с полным эталоном, а в [ITU-T P.563] – односторонняя реализация (ограниченная узкополосной телефонией).

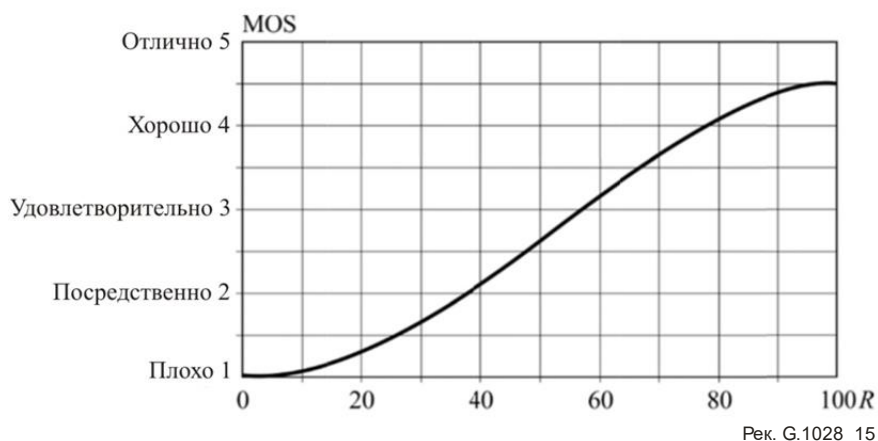
### 10.3.3 Применимые пороговые значения и целевые показатели приемлемости

Как правило, МСЭ-Т не указывает целевых значений приемлемости показателей для конечного пользователя. Тем не менее существует важное исключение для сквозной задержки, для которой в [ITU-T G.114] указаны (в разделе 4) первый порог 150 мс, ниже которого большинство пользователей не замечают задержку, и второй 400 мс, выше которого качество считается неприемлемым.

С порогом приемлемости также можно сравнивать значения коэффициента  $R$ , рассчитанные с помощью E-модели из [ITU-T G.107] (и переведенные в оценки MOS-CQE, как показано на рисунке 15). Такие категории (только для NB-телефонии) определены в Рекомендации [ITU-T G.109] и приведены в таблице 8.

**Таблица 8 – Определение категорий качества передачи речи (источник: [ITU-T G.109])**

| Диапазон значений $R$ | Категория качества передачи речи | Удовлетворенность пользователя    |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| $90 \leq R < 100$     | Наилучшее                        | Вполне удовлетворен               |
| $80 \leq R < 90$      | Высокое                          | Удовлетворен                      |
| $70 \leq R < 80$      | Среднее                          | Некоторые пользователи недовольны |
| $60 \leq R < 70$      | Низкое                           | Многие пользователи недовольны    |
| $50 \leq R < 60$      | Плохое                           | Почти все пользователи недовольны |



**Рисунок 15 – MOS-CQE в зависимости от оценки (источник: [ITU-T G.107])**

В Рекомендации [ITU-T Y.1541] также приведены целевые значения рабочих характеристик для разных классов QoS (см. таблицу 9) в зависимости от показателей IP-сети, определенных и указанных в [ITU-T Y.1540]. VoLTE относится к классу 0 или 1.

**Таблица 9 – Определения классов QoS для IP-сети и целевые значения рабочих характеристик сети (источник [ITU-T Y.1541])**

| Характеристика сети | Характер целевого значения характеристики сети                                  | Классы QoS         |                    |
|---------------------|---|--------------------|--------------------|
|                     |   | Класс 0            | Класс 1            |
| IPTD                | Верхняя граница среднего значения IPTD  | 100 мс             | 400 мс             |
| IPDV                | Верхняя граница квантиля $1-10^{-3}$ IPTD за вычетом минимального значения IPTD | 50 мс              | 50 мс              |
| IPLR                | Верхняя граница вероятности потери пакетов                                      | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-3}$ |
| IPEP                | Верхняя граница   | $1 \times 10^{-4}$ |                    |

## Приложение А

### Перечень факторов ухудшения качества, с которыми сталкиваются конечные пользователи услуг VoLTE, и их возможные причины

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Это Приложение относится к конкретным причинам CSFB в соответствии с разделом 9 [ITU-T G.1028.2].

#### А.1 Проблема QoS, связанная с характеристиками сеанса связи

**Таблица А.1 – Ухудшение качества, связанное с характеристиками сеанса связи, и его потенциальные причины**

| Вид ухудшения                           | Возможные причины  | Местоположение |
|---|--|----------------|
| Ошибка идентификации                    | – Проблема MME, HSS или PCRF   | EPC            |
| Недоступность базовой сети              | – Ошибка диспетчеризации<br>– Ошибка установления соединения при управлении радиоресурсами (получение отказа в RRC-соединении или срабатывание таймера T300, отсутствие сигнала завершения установления RRC-соединения после приема сигнала установления RRC-соединения)   | E-UTRAN        |
|   | – Сеть недоступна из-за нагрузки (обслуживающего шлюза (SGW) или шлюза пакетной сети передачи данных (PGW))<br>– Ошибка согласования (невыделение QCI, несоответствие кодеков, невыполнение предварительных условий SIP и т. д.)<br>– Прием нескольких кодов ошибок SIP (например, 401 – попытка несанкционированного доступа, 405 – недопустимый метод и т. д.)<br>– Получение сигнала SIP CANCEL от IMS<br>– Сработал внутренний таймер, вызвав состояние SessionSetupFailureTimeout | EPC            |
| Длительная задержка после набора номера | – Нагрузка<br>– Взаимодействие между системами<br>– Использование предварительных условий SIP<br>– Переключение на CS или IMS-тромбонирование при установлении соединения  | Все            |
| Отказ канала связи                      | – Неудачное согласование между двумя сетевыми устройствами во время установления соединения (плохое управление кодеками)   | E-UTRAN/EPC    |
| Соединение без звука                    | – Терминал не может кодировать или декодировать речь, хотя сигнализация связи в порядке  | Терминал       |

**Таблица А.1 (окончание)**

| <b>Вид ухудшения</b> | <b>Возможные причины</b>   | <b>Местоположение</b> |
|----------------------|--|-----------------------|
| Разъединение         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ошибка терминала, плохое покрытие, ошибки передачи обслуживания/SRVCC из-за проблем в соседних ячейках и т. д.</li> <li>– Прерывание RRC-соединения (отказ в восстановлении RRC-соединения, или срабатывание таймера T301, или если до попытки установления нового RRC-соединения получен сигнал разъединения RRC)</li> </ul>   | Терминал/<br>E-UTRAN  |
|                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отказ канала связи – отказ системы, безуспешная попытка восстановления связи между двумя сетевыми устройствами во время соединения</li> <li>– Получение кода состояния SIP 500 (внутренняя ошибка сервера)</li> <li>– Отсутствие пакетов RTP в течение периода, превышающего интервал внутреннего таймера SessionDropTimeout</li> <li>– Отсутствие сигнала SIP 200 ОК в ответ на сигнал BYE в течение интервала внутреннего таймера SessionHangupTimeout</li> </ul> | EPC                   |

**А.2 Проблема QoS, связанная с воспринимаемым качеством речи**

**Таблица А.2 – Ухудшения, связанные с воспринимаемым качеством речи, и их потенциальные причины**

| <b>Вид ухудшения</b>          | <b>Возможные причины</b>   | <b>Местоположение</b> |
|-------------------------------|--|-----------------------|
| Шум                           | – Создание шума, вызывающего дискомфорт (CNG), из-за плохого шумоподавления  | Терминал              |
|                               | – Шум, вызванный некачественной реализацией электронного терминала (например, аналого-цифрового преобразователя)   |                       |
|                               | – Раздражающий остаточный шум из-за плохого шумоподавления   |                       |
|                               | – Фоновый шум (улица, автомобиль и т. д.)  |                       |
|                               | – Дополнительный шум из-за ошибки конфигурации E-UTRAN   |                       |
| Эхо                           | – Низкое качество системы акустического эхоподавления (АЕС)/отсутствие АЕС. В качестве напоминания: акустическое эхо – это связь между громкоговорителем и микрофоном телефонного терминала  | Сети                  |
|                               | – Низкое качество электрического эхоподавления (ЕЕС)/отсутствие ЕЕС. Напоминание: электрическое эхо вызвано цифро-аналоговым преобразованием при соединении между мобильным терминалом и КТСОП (при соединении между мобильными терминалами электрическое эхо отсутствует) |                       |
| Низкая/высокая громкость речи | – Низкое качество автоматического управления усилением (AGC)/отсутствие AGC  | Терминал              |



Таблица А.2 (продолжение)

| Вид ухудшения                      | Возможные причины  | Местоположение       |
|------------------------------------|--|----------------------|
| Проблемы кодирования/декодирования | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Качество речи, характерное для узкополосной связи, вместо широкополосной:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• неширокополосный удаленный терминал</li> <li>• НО в направлении 2G</li> <li>• соединение с КТСОП, 2G, мобильными платформами и т. д., где широкополосная связь не реализована</li> <li>• неширокополосное взаимодействие с CS 3G</li> </ul> </li> </ul>  | Терминал/<br>E-UTRAN |
|                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкая скорость передачи данных WR-AMR/AMR (загруженная ячейка, автономный режим и т. д.), что приводит к искажению речевого сигнала</li> <li>– Множество перекодировок (например, при обращении к голосовой почте) приводит к искажению речевого сигнала</li> <li>– Повторная буферизация и масштабирование времени, вызывающие искажение</li> </ul>   | Терминал/<br>E-UTRAN |
| Акустика терминала                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Хотя кодек WB-AMR поддерживается, акустические характеристики терминала (на стороне приема и/или передачи) несовместимы с широкополосной связью</li> <li>– Несбалансированный акустический терминал может создавать звук, который кажется слишком агрессивным, слишком приглушенным и т. д.</li> <li>– Искажение, вызванное преобразователями</li> </ul>  | Терминал             |
| Прерванный разговор                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкокачественный VAD/DTX/DRX</li> <li>– Проблема алгоритма повышения качества воспроизведения речи (VQE)</li> </ul>  | Терминал             |
|                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Потеря IP-пакетов или дрожание в сети (перегрузка, приоритетность QoS, задержки диспетчеризации UL/DL, повторные передачи радиосвязи, передача обслуживания)</li> <li>– Плохая обработка потери IP-пакетов и дрожания между последовательными прибытиями пакетов буферами дрожания или скрытая потеря пакетов (PLC) внутри терминалов</li> </ul>  | Все                  |
| DTMF не распознается               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Проблема внутрисполосной или внеполосной обработки</li> </ul>   | Все                  |
| Задержка E2E                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Нагрузка в сети – управление средой передачи (составление пакетов, управление буфером дрожания)</li> <li>– Обработка речи в терминалах</li> <li>– Канал произвольного доступа (RACH) после приема команды передачи обслуживания</li> <li>– Процедура разрешения конфликтов/RACH</li> <li>– Дополнительные попытки RACH</li> <li>– Динамическая диспетчеризация, адаптация канала</li> <li>– Отказ/восстановление радиоканала во время передачи обслуживания (возможно в другой ячейке)</li> </ul> | Все                  |

**Таблица А.2 (окончание)**

| <b>Вид ухудшения</b>                 | <b>Возможные причины</b>   | <b>Местоположение</b> |
|--------------------------------------|--|-----------------------|
| Потеря пакетов RTP/IP                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Перегрузка сети (несколько причин: например, загрузка трафика, расстояние от центра ячейки, вызывающее группирование ТТТ)</li> <li>– Буферы дрожания не адаптированы к фактической величине дрожания или размеру пакетов (может зависеть от использования RoHC)</li> </ul>  | ЕPC/терминал          |
| Нарушение упорядоченности RTP/IP     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Новый маршрут после таких проблем, как перегрузка</li> </ul>  | ЕPC                   |
| Колебания задержки и сети (дрожание) | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Перегрузка сети</li> <li>– Неадаптированные буферы дрожания</li> </ul>  | ЕPC/терминал          |
| Ухудшение радиосвязи                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Предел покрытия ячейки</li> <li>– Помехи</li> <li>– Недостаточное покрытие области (препятствия и т. д.)</li> <li>– Плохая оптимизация радиосигнала</li> <li>– Профиль потерь радиосигнала</li> <li>– Плохая диспетчеризация радиосигнала</li> <li>– Отсутствие или неэффективное использование механизмов гибридного автоматического запроса на повторную передачу (HARQ)</li> <li>– Другое</li> </ul> | Е-UTRAN               |
| Задержка передачи обслуживания       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Задержка из-за выбора нового маршрута после НО или SRVCC</li> </ul>   | Сеть ЕPC/CS           |

## Библиография

- [b-GSMA IR.34] GSMA IR.34 v 9.1 (2013), *Guidelines for IPX Provider networks*.
- [b-GSMA IR.92] GSMA IR.92 v 7.0 (2013), *IMS Profile for Voice and SMS*.







## СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

|                |   |
|----------------|---|
| Серия А        | Организация работы МСЭ-Т  |
| Серия D        | Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ  |
| Серия E        | Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы   |
| Серия F        | Нетелефонные службы электросвязи  |
| <b>Серия G</b> | <b>Системы и среда передачи, цифровые системы и сети</b>  |
| Серия H        | Аудиовизуальные и мультимедийные системы  |
| Серия I        | Цифровая сеть с интеграцией служб   |
| Серия J        | Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов   |
| Серия K        | Защита от помех   |
| Серия L        | Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений |
| Серия M        | Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей  |
| Серия N        | Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ   |
| Серия O        | Требования к измерительной аппаратуре   |
| Серия P        | Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий  |
| Серия Q        | Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания  |
| Серия R        | Телеграфная передача  |
| Серия S        | Оконечное оборудование для телеграфных служб  |
| Серия T        | Оконечное оборудование для телематических служб   |
| Серия U        | Телеграфная коммутация  |
| Серия V        | Передача данных по телефонной сети  |
| Серия X        | Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность  |
| Серия Y        | Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города   |
| Серия Z        | Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи  |