

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

E.806

(06/2019)

СЕРИЯ E: ОБЩАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕТИ,
ТЕЛЕФОННАЯ СЛУЖБА, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
СЛУЖБ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Качество услуг электросвязи: концепции, модели, цели
и планирование надежности работы – Термины
и определения, связанные с качеством услуг
электросвязи

**Мероприятия по измерению, системы
мониторинга и методики формирования
выборок для контроля качества
обслуживания в сетях подвижной связи**

Рекомендация МСЭ-Т E.806

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ E

ОБЩАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕТИ, ТЕЛЕФОННАЯ СЛУЖБА, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЛУЖБ
И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ	
Определения	E.100–E.103
Общие положения, касающиеся администраций	E.104–E.119
Общие положения, касающиеся пользователей	E.120–E.139
Эксплуатация услуг международной телефонной связи	E.140–E.159
План нумерации для услуг международной телефонной связи	E.160–E.169
Международный план маршрутизации	E.170–E.179
Тональные сигналы в национальных системах сигнализации	E.180–E.189
План нумерации для услуг международной телефонной связи	E.190–E.199
Морская подвижная служба и сухопутная подвижная служба общего пользования	E.200–E.229
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К НАЧИСЛЕНИЮ ПЛАТЫ И РАСЧЕТАМ ЗА УСЛУГИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ	
Начисление платы за услуги международной телефонной связи	E.230–E.249
Измерение и регистрация продолжительности разговоров в целях расчетов	E.260–E.269
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ, НЕ СВЯЗАННЫХ С ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗЬЮ	
Общие сведения	E.300–E.319
Фототелеграфная связь	E.320–E.329
ВОЗМОЖНОСТИ ЦСИС, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ	E.330–E.349
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПЛАН МАРШРУТИЗАЦИИ	E.350–E.399
УПРАВЛЕНИЕ СЕТЬЮ	
Статистические данные по международным услугам	E.400–E.404
Управление международной сетью	E.405–E.419
Осуществление контроля качества услуг международной телефонной связи	E.420–E.489
ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАФИКА	
Измерение и регистрация трафика	E.490–E.505
Прогнозирование трафика	E.506–E.509
Определение количества каналов при ручном обслуживании	E.510–E.519
Определение количества каналов при автоматическом и полуавтоматическом обслуживании	E.520–E.539
Категория обслуживания	E.540–E.599
Определения	E.600–E.649
Технические аспекты трафика для IP-сетей	E.650–E.699
Технические аспекты трафика в ЦСИС	E.700–E.749
Технические аспекты трафика в сети подвижной связи	E.750–E.799
КАЧЕСТВО УСЛУГ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ: КОНЦЕПЦИИ, МОДЕЛИ, ЦЕЛИ И ПЛАНИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ	
Термины и определения, связанные с качеством услуг электросвязи	E.800–E.809
Модели для услуг электросвязи	E.810–E.844
Показатели качества обслуживания и понятия, связанные с услугами электросвязи	E.845–E.859
Использование показателей качества обслуживания для планирования сетей электросвязи	E.860–E.879
Сбор эксплуатационных данных и оценка качества работы оборудования, сетей и служб	E.880–E.899
ДРУГИЕ	E.900–E.999
МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ	
План нумерации для услуг международной телефонной связи	E.1100–E.1199
УПРАВЛЕНИЕ СЕТЬЮ	
Управление международной сетью	E.4100–E.4199

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

Рекомендация МСЭ-Т E.806

Мероприятия по измерению, системы мониторинга и методики формирования выборок для контроля качества обслуживания в сетях подвижной связи

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т E.806 описана базовая концепция передового опыта измерения качества обслуживания (QoS) в сетях подвижной связи. Приведен общий обзор мероприятий по измерениям, характеристик систем мониторинга и требований к ним, общих рекомендаций по последующей обработке данных и методик формирования выборок для мониторинга электронных услуг подвижной связи.

Настоящая Рекомендация является нейтральной в отношении технологий, но в нее могут быть включены различные требования, зависящие от измеряемых услуг.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Дата утверждения	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т E.806	29.06.2019 г.	12-я	11.1002/1000/13924

Ключевые слова

KPI, мероприятия по измерениям, сети подвижной связи, системы мониторинга, QoS, методики формирования выборок.

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого следует 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 в целях 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	2
3.1 Термины, определенные в других документах	2
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации	2
4 Сокращения и акронимы	3
5 Соглашения	3
6 Мероприятия по измерениям для контроля качества обслуживания	3
6.1 Условия выполнения измерений	3
6.2 Методы измерений	4
6.3 Руководящие принципы измерения параметров качества обслуживания в сетях подвижной связи	7
7 Характеристики систем мониторинга и предъявляемые к ним требования	11
8 Общие рекомендации по последующей обработке	12
9 Методики формирования выборок	13
Приложение А – Рекомендации по статистическому анализу для получения репрезентативных результатов	14
А.1 Репрезентативные выборки для мониторинга качества обслуживания на национальном уровне	14
А.2 Проверка гипотез	16
Библиография	18

Рекомендация МСЭ-Т E.806

Мероприятия по измерению, системы мониторинга и методики формирования выборок для контроля качества обслуживания в сетях подвижной связи

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации описана базовая концепция передового опыта измерения качества обслуживания (QoS) по всей отрасли. Приведен общий обзор мероприятий по измерению QoS сетей подвижной связи, характеристик систем мониторинга и требований к ним, сценариев последующей обработки данных и методик формирования выборок, используемых регуляторными органами, поставщиками измерительного оборудования, компаниями, выполняющими измерения сетей, аналитиками данных и поставщиками услуг для контроля QoS на национальном уровне.

2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок 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 изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [ITU-T E.802] Рекомендация МСЭ-Т E.802 (2007 г.), *Принципы и методики определения и применения параметров QoS.*
- [ITU-T E.804] Recommendation ITU-T E.804 (2014), *QoS aspects for popular services in mobile networks.*
- [ITU-T E.807] Recommendation ITU-T E.807 (2014), *Definitions, associated measurement methods and guidance targets of user-centric parameters for call handling in cellular mobile voice service.*
- [ITU-T E.840] Recommendation ITU-T E.840 (2018), *Statistical framework for end-to-end network performance benchmark scoring and ranking.*
- [ITU-T G.1031] Recommendation ITU-T G.1031 (2014), *QoE factors in web-browsing.*
- [ITU-T P.863.1] Recommendation ITU-T P.863.1 (2019), *Application guide for Recommendation ITU-T P.863.*
- [ITU-T P.1401] Recommendation ITU-T P.1401 (2012), *Methods, metrics and procedures for statistical evaluation, qualification and comparison of objective quality prediction models.*
- [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.1545.1] Recommendation ITU-T Y.1545.1 (2017), *Framework for monitoring the quality of service of IP network services.*
- [ETSI TR 125 942] ETSI Technical Report 125 942, V15.0.0 (2018), *Universal mobile telecommunications system (UMTS); Radio frequency (RF) system scenarios.*
- [ETSI TR 138 900] ETSI Technical Report 138 900, V15.0.0 (2018), *LTE; 5G; Study on channel model for frequency spectrum above 6 GHz.*
- [IETF RFC 7799] IETF RFC 7799 (2016), *Active and passive metrics and methods (with hybrid types in-between).*

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

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

3.1.1 Сторона А (A-party) [ITU-T E.804]: Иницирующая сторона соединения (также иницирующая сторона подвижного вызова (Mobile Originating (MO)) или, при прямых транзакциях, сторона, иницирующая транзакцию (вызывающая сторона).

ПРИМЕЧАНИЕ. – При транзакциях с промежуточным хранением данных – сторона, передающая данные.

3.1.2 Сторона В (B-party) [ITU-T E.804]: При прямых транзакциях – окончательное оборудование или контрагент транзакции.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При транзакциях с промежуточным хранением данных – сторона, получающая данные.

3.1.3 коэффициент доверия, доверительный уровень (confidence coefficient; confidence level) [b-ITU-T E.800]: Значение вероятности, соответствующее доверительному интервалу или статистическому интервалу допусков.

3.1.4 загрузка (download) [ITU-T E.800]: Передача данных или программ с сервера или главного компьютера на чей-либо компьютер или устройство.

3.1.5 сквозное качество (end-to-end quality) [b-ITU-T E.800]: Качество, связанное с рабочими характеристиками системы связи, включая все окончательное оборудование.

3.1.6 мера измерения (measure) [b-ITU-T E.800]: Единица, с помощью которой может быть выражен параметр.

3.1.7 оператор сети (network operator) [ITU-T E.804]: Организация, обеспечивающая сеть для предоставления услуг электросвязи общего пользования.

3.1.8 рабочие характеристики сети (network performance) [b-ITU-T E.800]: Возможность сети или части сети обеспечивать функции, относящиеся к связи между пользователями.

3.1.9 зонд (probe) [ITU-T Y.1545.1]: Инструмент тестирования в конечной точке с использованием пакетов зондирования для сбора данных измерений.

3.1.10 качество обслуживания (quality of service (QoS)) [b-ITU-T E.800]: Совокупность характеристик услуги электросвязи, которые отражают ее способность удовлетворять сформулированные и подразумеваемые потребности пользователя услуги.

3.1.11 потоковая передача (в мультимедийных услугах) (streaming) [ITU-T E.800]: Мультимедийные данные (обычно сочетание голоса, текста, видео и аудио), передаваемые в потоке пакетов, которые расшифровываются и отображаются программным приложением по мере поступления пакетов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Потоковая передача – это метод передачи мультимедийных данных.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Потоковая передача может осуществляться в режиме реального или иного времени.

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определены следующие термины.

3.2.1 сбор данных методом краудсорсинга (crowdsourced data collection): Метод сбора результатов активных или пассивных измерений качества обслуживания от большого количества устройств конечных пользователей.

3.2.2 тестирование в транспортном средстве (drive testing): Метод тестирования с использованием транспортных средств, оснащенных оборудованием для тестирования сетевых устройств.

3.2.3 система мониторинга (monitoring system): Инструмент или оборудование, способные выполнить оценку рабочих характеристик сети.

3.2.4 пользователь системы мониторинга (monitoring system user): Пользователь, которым может быть регуляторный орган, поставщик измерительного оборудования, компания, специализирующаяся на измерениях сетей, аналитик или поставщик услуг.

3.2.5 Автономный зонд (unattended probe) Дистанционно управляемая подвижная или стационарная система мониторинга (смартфон, устройство с одной SIM-картой, устройство с двумя SIM-картами, устройство с виртуальной SIM-картой), которую можно установить в помещении, вне помещения или в транспортном средстве.

3.2.6 Тестирование при пешем движении (walk testing) – метод тестирования с использованием переносного измерительного оборудования, обычно применяемый там, где невозможно использовать транспортные средства.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения.

2G	Second generation	Второе поколение
3G	Third generation	Третье поколение
4G	Fourth generation	Четвертое поколение
BS	Base Station	БС Базовая станция
BTS	Base Transceiver Station	Приемо-передающая базовая станция
GIS	Geographic Information System	ГИС Географическая информационная система
GPS	Global Positioning System	Глобальная система определения местоположения
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Протокол передачи гипертекста
KPI	Key Performance Indicator	Ключевой показатель качества
MMS	Multimedia Messaging Service	Услуга передачи мультимедийных сообщений
MNO	Mobile Network Operator	Оператор сети подвижной связи
OMC	Outdoor Measurement Campaign	Мероприятия по наружным измерениям
QoS	Quality of Service	Качество обслуживания
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	Отношение сигнала к помехам плюс шуму
SMS	Short Message Service	Услуга передачи коротких сообщений
UPS	Uninterruptible Power Supply	ИБП Источник бесперебойного питания

5 Соглашения

Отсутствуют.

6 Мероприятия по измерениям для контроля качества обслуживания

Мероприятия по измерениям QoS проводятся в целях сбора информации для оценки QoS сетей подвижной связи по ключевым показателям качества (KPI), проведения рейтингового тестирования и оценки соответствия существующим законодательным нормам.

Предполагаемый объем измерений QoS, зависящий от географического охвата, графика и частоты тестирования, определяется главным образом целями мероприятий по измерениям и условиями измерений.

6.1 Условия выполнения измерений

Для сетей подвижной связи условия выполнения измерений можно разделить на две основные категории – внутренние и наружные. Возможны сценарии как внутренних, так и наружных измерений на месте и в движении, охватывающие самые разные условия, в которых конечные

пользователи получают услуги подвижной связи. В настоящее время имеет место высокий уровень трафика подвижных сетей, генерируемого из помещений, поэтому желательно в дополнение к наружному измерению QoS измерять QoS внутри помещений.

6.1.1 Внутреннее тестирование

Следующие рекомендуемые методы измерений помогут пользователю системы мониторинга определить состояние QoS в помещении:

- тестирование при пешем движении;
- автономные зонды;
- сбор данных методом краудсорсинга.

6.1.2 Наружное тестирование

Следующие рекомендуемые методы измерений помогут пользователю системы мониторинга определить состояние QoS вне помещения:

- тестирование при пешем движении/в транспортном средстве;
- автономные зонды;
- сбор данных методом краудсорсинга.

В пункте 6.2 приведено общее описание четырех разных методов измерений, которые пользователь системы мониторинга может применять для внутреннего и наружного тестирования.

6.2 Методы измерений

6.2.1 Тестирование при пешем движении

Такие места, как железнодорожные станции, платформы метрополитена, аэропорты, стадионы, торговые центры, университетские городки и пешеходные зоны становятся зонами беспроводного доступа. В сценариях наружных измерений тестирование при пешем движении обычно проводится там, где невозможно использовать транспортные средства. Многофункциональное переносное измерительное оборудование обеспечивает удобный способ работы при рейтинговом тестировании услуг нескольких операторов или тестировании покрытия для разных услуг и технологий радиодоступа.

Однако мероприятия по измерениям на основе тестирования при пешем движении имеют ограничения в отношении количества выборок, операторов сети подвижной связи (MNO) и услуг в силу таких физических параметров, как габариты и масса оборудования, а также в силу технических требований, таких как изолирование антенны, которые в конечном итоге могут повлиять на разрешение выборки. Перед началом измерения на основе тестирования при пешем движении рекомендуется выполнить следующие действия:

- 1) в случае внутренних измерений подготовить план здания;
- 2) составить график и список целевых точек или мест;
- 3) размер целевой выборки для каждой услуги или каждого MNO зависит от количества смартфонов, которые могут быть включены в состав оборудования. Однако размер и распределение выборки должны соответствовать, в частности, типу измеряемых переменных и целевому статистическому представлению. Например, покрытие более широкой области или измерение в течение более длительного периода времени может обеспечить более репрезентативные статистические результаты. Для справок см. Приложение А и [ITU-T E.840];
- 4) принять и выполнить общую рабочую процедуру проверки функциональности аппаратного или программного обеспечения;
- 5) предусмотреть легкий переносной блок управления для передачи результатов или состояния измерительного оборудования в режиме реального времени;
- 6) функция автоматического выбора сети должна быть заблокирована и настроена на работу внутри сети.

6.2.2 Тестирование в транспортном средстве

Мероприятия по измерениям на основе тестирования в транспортном средстве включают процедуры предварительного планирования, исходя из целей и масштабов мероприятий. Целевые услуги, демографическое распределение и социально-экономические факторы могут обуславливать различные расчетные параметры мероприятия. По сути успешные мероприятия тестирования на транспортном средстве должны обеспечить такой размер выборки, чтобы собранные данные были репрезентативными для населения целевого района.

При проведении мероприятий по измерениям на основе тестирования в транспортном средстве пользователи системы мониторинга должны принять во внимание следующие рекомендации.

- 1 Размер выборки должен быть таким, чтобы результаты отражали поведение сетей подвижной связи в исследуемой области. Для этого пользователи системы мониторинга должны определить методику формирования выборок. Справочная информация приведена в Приложении А и в [ITU-T E.802].
- 2 Для планирования требуется составить отправной план радиопокрытия или указать MNO/технологии.
- 3 Антенны, используемые для измерений, устанавливаются на высоте среднего роста человека.
- 4 В случае рейтингового тестирования, выполняемого регуляторным органом, измерения проводятся случайным образом для всех технологий доступа и всех MNO одновременно.
- 5 Должны быть установлены профили измерений (техническую информацию см. в [ITU-T E.804]).
- 6 Маршруты должны охватывать районы, в которых осуществляется деятельность человека; если измерения используются для получения KPI широкой области, следует избегать повторяющихся маршрутов.
- 7 Для услуг, которые оцениваются в движении, скорость транспортного средства выбирается с учетом того, что одно устройство может находиться в фиксированной точке, а другое – в движении.
- 8 Функция автоматического выбора сети должна быть заблокирована и настроена на работу внутри сети.
- 9 До начала измерений необходимо изучить распределение населения в целевом районе, с тем чтобы гарантировать:
 - а) что собранная выборка будет учитывать концентрацию людей в жилых и торговых зонах;
 - б) что будут учтены факторы развития субрегионов.
- 10 Периоды тестирования следует планировать преимущественно на рабочие дни и дневные часы.

6.2.3 Автономные зонды

Автономные зонды могут обеспечить информацию о динамике сквозного QoS в режиме квазиреального времени и используются для сбора детальных данных, помогающих выявить ухудшение QoS. При проведении мероприятий по измерениям на основе автономных зондов пользователям системы мониторинга рекомендуется учитывать нижеследующие рекомендации по работе и планированию.

- 1 Автономные зонды должны быть надежно установлены в выбранных местах или на транспортных средствах и обеспечены электропитанием; выбор этих мест или транспортных средств зависит от цели измерений.
- 2 Автономные зонды внутри помещений устанавливаются в местах с соответствующими условиями радиопокрытия и интенсивным использованием сети. В зависимости от зоны охвата измерения это может быть место с наилучшим возможным покрытием, если отслеживается пиковая пропускная способность сети. В случае если автономные зонды предназначены для контроля минимального радиопокрытия, выбирается местоположение с неоптимальными условиями покрытия.

- 3 Все автономные зонды должны работать с подключением к глобальной системе определения местоположения (GPS) (либо к другой подходящей глобальной навигационной спутниковой системе).
- 4 Количество автономных зондов на каждое целевое местоположение зависит от требований к формированию выборок, количества оцениваемых услуг или операторов, плотности пользователей и происходящих событий (концерты, спортивные соревнования и т. д.).

В местах, характеризующихся высокоинтенсивной деятельностью человека, нагрузка на сеть может существенно меняться, поэтому для эффективного использования измерительных ресурсов пользователям системы мониторинга рекомендуется применять управляемые автономные зонды, которые можно включать дистанционно, когда местоположение становится активной зоной беспроводного доступа.

6.2.4 Сбор данных методом краудсорсинга

Мероприятия по сбору данных методом краудсорсинга возможно использовать для получения данных измерений QoS, которые являются значимыми только в том случае, если собрано репрезентативное количество выборок от разных конечных пользователей. Чтобы глубже оценить эти результаты, можно контролировать условия окружающей среды с помощью устройств конечных пользователей с поддержкой передачи данных. Для любых выводов рекомендуется использовать только результаты измерений, репрезентативные для соответствующей цели измерения. Следует принимать во внимание ограничения, вызванные разрывами в данных. Решения для сбора данных методом краудсорсинга должны соответствовать национальному законодательству о защите данных и гарантировать надлежащее обращение с персональными данными.

В отличие от обычного (моделирующего) сбора данных QoS, частота сбора результатов может быть непрерывной, поэтому измерения с использованием краудсорсинга могут служить постоянным круглосуточным источником измерений QoS.

Методы сбора данных с помощью краудсорсинга можно разделить на две основные категории – активные и пассивные измерения (см. [IETF RFC 7799]).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Альтернативные источники для непрерывного сбора информации по QoS сети рассматриваются в [ITU-T E.804]. В зависимости от законодательной базы в каждой стране регуляторные органы могут иметь доступ к информации о счетчиках пропускной способности сети. В соответствии с законодательством о защите данных и по взаимному согласию операторы и регуляторные органы могут заключать соглашения о неразглашении информации в соответствии с вышеизложенным.

6.2.4.1 Активные измерения

Активные измерения данных – это обычно тестирование скорости передачи данных и тесты конкретных приложений, которые инициируются конечным пользователем или выполняются по его сценарию. При активных измерениях создается искусственный трафик для определения возможностей сети/приложения.

При измерении пропускной способности, возможностей или рабочих характеристик сети с использованием активного краудсорсинга пользователям системы мониторинга рекомендуется проводить измерения QoS с применением автономных и выполняемых по расписанию сценариев с целевыми серверами, расположенными внутри сети и вне сети (например, в ближайшем пункте обмена трафиком интернета). Кроме того, необходимо предусмотреть доступную полосу пропускания на серверах и линиях связи во избежание неблагоприятного влияния ухудшения качества связи, вызванного серверами или тестовыми каналами, на измерения.

Кроме того, для разработанного регуляторным органом приложения для краудсорсинга, которое может быть встраиваемым в SIM-карту оператора или независимо загружаемым, важно не допускать планирования измерений всеми конечными пользователями одновременно для предотвращения возможной перегрузки.

6.2.4.2 Пассивные измерения

Пассивные измерения либо определяются конкретным приложением, либо не зависят от приложений, а также не требуют какого бы то ни было вмешательства со стороны конечного пользователя. Пассивные измерения не создают искусственного трафика или тестовой нагрузки в сети и предназначены для измерения QoS на основе активности конечных пользователей.

Этот подход устраняет зависимость от серверов и линий связи и позволяет использовать популярность мобильных серверных приложений (например, приложений "транспорт", "госуслуги", MNO и т. д.) для обеспечения репрезентативного географического распределения точек получения данных измерений.

Пользователям системы мониторинга рекомендуется учитывать большее количество выборок (конечных пользователей), но с уникальными идентификаторами, так как они обеспечивают для пользователей системы мониторинга более высокую точность данных о сети.

6.3 Руководящие принципы измерения параметров качества обслуживания в сетях подвижной связи

В данном разделе представлены дополнительные сведения о мероприятиях по измерениям для мониторинга некоторых актуальных параметров. Перечисленные здесь параметры возможно измерять с помощью любой из методик, описанных в пункте 6.2, и их следует рассматривать только в качестве примеров; дополнительные сведения можно найти в [ITU-T E.804].

6.3.1 Радиопокрытие

Измерение покрытия заключается в определении уровня принимаемого сигнала в данном географическом местоположении отдельно для каждой технологии радиодоступа, используемой в сети. Эти измерения выполняются автоматически с применением сканера частоты.

Регуляторным органам рекомендуется перед проведением мероприятия по измерениям в транспортном средстве изучить карты покрытия целевой области, используя данные MNO, представленные, собранные или сгенерированные. Карты покрытия отражают область, в которой MNO предоставляют свои услуги. В этом смысле регуляторный орган может использовать их для планирования мероприятий по измерениям и выбора целевых областей. Например, регуляторный орган может выбрать для измерения области, характеризующиеся самым большим количеством жалоб, или области, в которых имеется покрытие у всех операторов сетей подвижной связи, для их сравнения. В ходе мероприятий по измерениям можно также проверить карты покрытия. Для сетей 4G и выше еще одним важным параметром измерения является покрытие услуг. Сведения о методике измерений покрытия сети и покрытия услуг можно найти в [b-ECC Report 103], [b-ECC Report 256], [b-ECC Report 118], [b-ECC Report 231] и [b-ECC Rec (12) 03].

Пользователь системы мониторинга может применить разные способы представления и визуализации покрытия сети подвижной связи. В пунктах 6.3.1.1 и 6.3.1.2 приведено описание двух способов, которые можно использовать отдельно или в сочетании в зависимости от потребностей пользователя системы мониторинга и доступной информации.

6.3.1.1 Методика измерения с теоретическим или аналитическим моделированием

Этот метод основан главным образом на математических и статистических вычислениях с помощью инструментов моделирования для прогнозирования покрытия и рабочих характеристик сети. В число параметров, значимых для таких измерений, входят местоположение базовой станции (БС), отношение сигнала к помехам плюс шуму (SINR), мощность БС, порог услуг SINR, ослабление сигналов при покрытии внутри помещения и информация об антенне или чувствительности для каждого вида услуг.

Пользователь системы мониторинга может применять такие модели, если имеется информация об инфраструктуре MNO, и только в справочных целях, так как они основаны на статистических прогнозах. Дополнительные сведения о моделях распространения см. в [ETSI TR 125 942], [ETSI TR 138 900], а также в справочных документах, перечисленных в настоящей Рекомендации.

6.3.1.2 Географическая информационная система

Географическая информационная система (ГИС) позволяет выполнять расширенный картографический и пространственный анализ для визуализации географической информации на карте. Этот инструмент обеспечивает возможность включать слои данных разного типа, используя пространственное местоположение, так как это карты покрытия услуг MNO. Такими информационными слоями могут служить:

- слой приемопередающих базовых станций (BTS) для MNO;
- итоговые результаты (масштабированные выборки) измерений QoS;

- охват отдельных областей или показатели сети из системы краудсорсинга;
- демографический и административный слои;
- слой рельефа и профиля местности.

Кроме того, созданный ГИС слой легко распространяется через веб-сайты и доступен в веб-браузерах, мобильных телефонах и планшетах.

По этой причине желательно, чтобы пользователи системы мониторинга имели доступ к картам покрытия, совместимым с инструментами ГИС, для предоставления конечным пользователям четкой и надежной информации в доступной, удобной и понятной форме.

Используя ГИС, пользователь системы мониторинга может выполнить анализ, с тем чтобы определить, например, географические регионы для измерений, планировать маршруты для измерений на транспортных средствах и выполнить анализ охвата населения. Примеры анализа с использованием ГИС приведены в [b-ECC Report 103], [b-ECC Report 256], [b-ECC Report 118], [b-ECC Report 231] и [b-ECC Rec (12) 03].

ГИС должна быть способна выполнять объединение, пересечение, перекрытие и определение областей (по точкам и многоугольникам), создавать тепловые карты и тематические карты. Кроме того, она должна позволять проводить матричный анализ с различным разрешением, чтобы характеризовать географические регионы, демонстрировать изменчивость KPI и выполнять анализ плотности населения и застройки.

6.3.2 Измерение голосовых вызовов

Измерение услуги голосовой связи включает выполнение серии попыток вызова для автоматического выбора технологий радиодоступа. Попытки вызова генерируются в разных сценариях и могут осуществляться с мобильных на мобильные, с фиксированных на мобильные или с мобильных на фиксированные устройства. Подходящую выборку измерений голосовых вызовов следует выбирать согласно сценарию. Соответствующая информация содержится в [ITU-T R.863.1] и [ITU-T E.807].

На рисунке 1 представлена временная диаграмма сценария тестирования активных голосовых вызовов, который служит только примером и не содержит конкретных спецификаций. Помимо характеристик радиосети, на общее количество собираемых выборок влияют параметры соответствующего временного интервала и общее время окна тестирования.

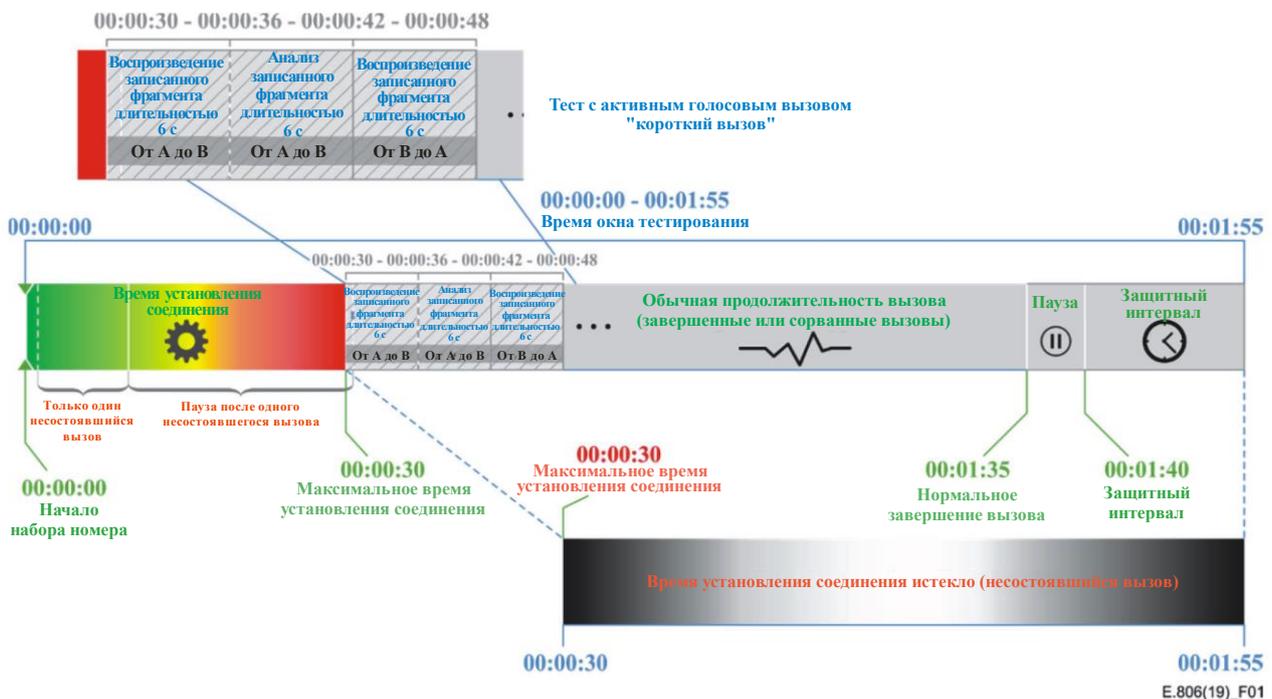


Рисунок 1 – Временная диаграмма измерения голосовых вызовов

Представленный сценарий является примером процедуры тестирования голосовых вызовов; обычная продолжительность вызова может варьироваться в зависимости от цели теста (короткий вызов, длительный вызов), однако почти все другие свойства одинаковы для любого случая, который возможен в ходе тестирования в целях измерения.

Кроме того, следует учитывать конкретные особенности поведения в каждой стране, так как они могут повлиять на структуру сценария; например, если по статистике среднее время вызова для страны А составляет 2 минуты, а для страны В – 4 минуты, более важным параметром будет количество минут использования по сорванным вызовам.

Перед началом теста вызывающая сторона (А) начинает набор номера заранее определенной вызываемой стороны (В), в этом случае в качестве максимального времени установления соединения разрешено определить окно фиксированной длительности для соединения со стороной В, в течение которого длится режим ожидания теста, пока сторона В не ответит на тестовый вызов. Если сторона В не отвечает или у вызывающей стороны возникают проблемы на этапе установления тестового соединения, процедура тестового вызова вводит сообщение "время установления соединения истекло", и тестовый вызов помечается как "несостоявшийся".

6.3.3 Измерение передачи коротких и мультимедийных сообщений

Измерения услуги передачи коротких сообщений (SMS) и услуги передачи мультимедийных сообщений (MMS) возможно выполнять без принудительного использования в оборудовании мобильного терминала какой-либо конкретной технологии доступа для моделирования аналогичного сценария, когда мобильный терминал конечного пользователя постоянно меняет технологию доступа.

Измерение заключается в передаче SMS с фиксированным количеством алфавитно-цифровых символов и MMS фиксированного размера с мобильного зонда, имитирующего абонента подвижной связи, на фиксированный зонд, имитирующий другого абонента подвижной связи того же оператора. SMS/MMS считается полученным, если время доставки меньше установленного максимального времени.

На рисунке 2 показана эталонная временная диаграмма измерения услуги SMS.

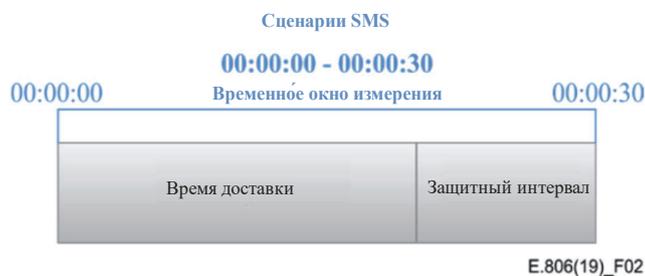


Рисунок 2 – Временная диаграмма измерения услуги передачи коротких сообщений

Измерения услуг голосового вызова и передачи SMS/MMS могут выполняться одновременно в целях более эффективного управления ресурсами времени.

6.3.4 Измерение широкополосной передачи данных

Мероприятия по измерениям услуги широкополосной передачи данных следует распределять по разным системам мониторинга, с тем чтобы уменьшить кадр окна теста и увеличить количество выборок; это позволит расширить зону охвата карты измерений.

Организация сценария зависит от применения измеряемой услуги. На рисунке 3 представлен пример временной диаграммы для оценки услуг передачи данных. Дополнительная информация содержится в [ITU-T Y.1540] и [ITU-T Y.1545.1].

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если при проведении измерения используются конкретные ресурсы сервера, оборудование пользователя или автономные зонды либо используется несколько сетей для достижения желаемого сервера контента или тестового сервера, их вклад в результаты измерений невозможно выделить из рабочих характеристик сети подвижной связи. Пример перечня факторов, которые влияют на результаты, см. в разделе 6 [ITU-T G.1031].

Примеры измерения услуги широкополосной передачи данных приведены в пунктах 6.3.4.1–6.3.4.3.

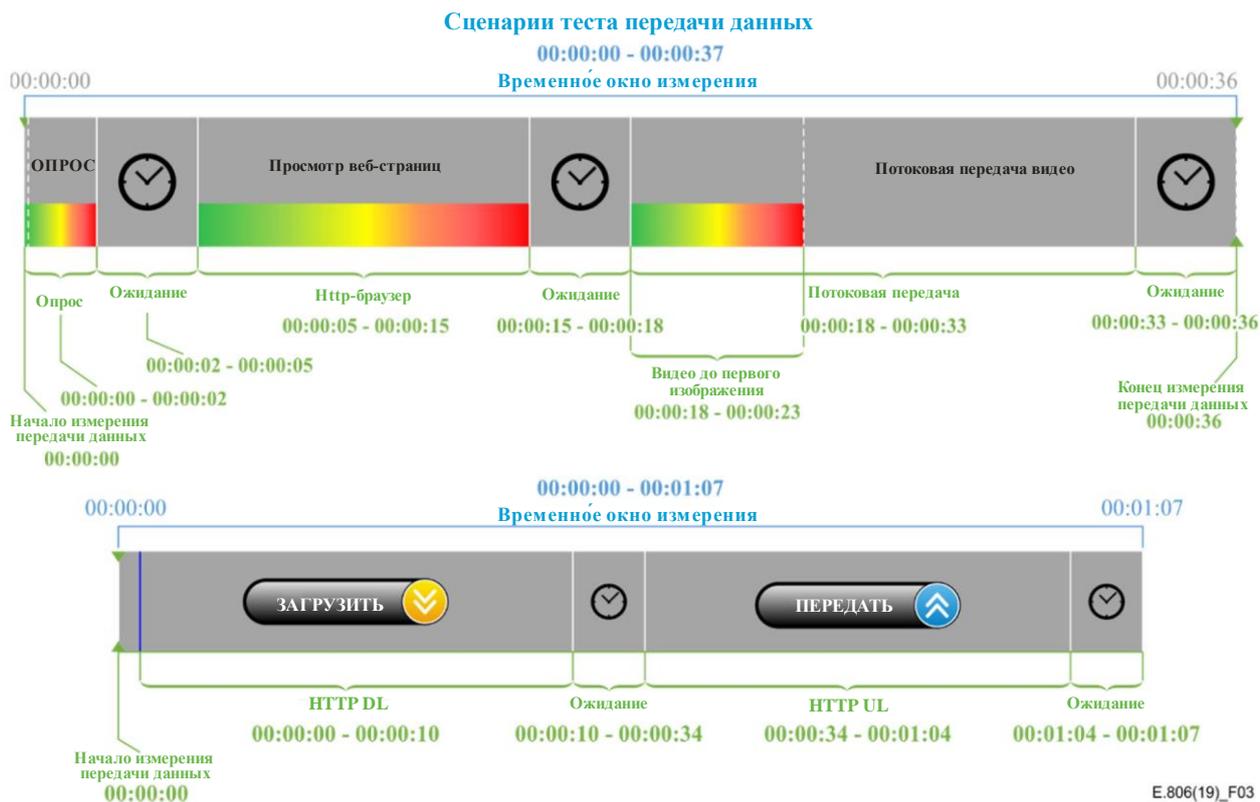


Рисунок 3 – Пример измерения услуги широкополосной передачи данных

6.3.4.1 Измерение просмотра веб-страниц

Измерения, связанные с просмотром веб-страниц, могут характеризоваться, наряду с прочим, по измерениям характеристик навигации в форме времени загрузки страниц и общего показателя успешных попыток загрузки страниц. Тесты просмотра веб-страниц со средней фиксированной продолжительностью запускаются с мобильных устройств или зондов, имитирующих абонента подвижной связи, в ситуации статического или подвижного доступа к заранее определенному набору рекомендуемых веб-сайтов. Попытки доступа распределяются между различными участвующими в тесте веб-сайтами случайным образом.

6.3.4.2 Измерение передачи файлов

Измерения передачи файлов заключаются в отправке и приеме файлов фиксированного размера по восходящим и нисходящим каналам между мобильными устройствами или зондами, имитирующими абонента подвижной связи в фиксированном местоположении, и сервером с выделенными для этих измерений ресурсами. Могут измеряться такие KPI, как коэффициент успешных сеансов загрузки, среднее время загрузки или среднее время выгрузки (с ограничениями на время завершения передачи в любом направлении).

6.3.4.3 Измерение потоковой передачи аудио или видео

Для услуг потоковой передачи аудио или видео можно измерить коэффициент успешных попыток доступа к набору аудио- или видеофайлов, размещенных на потоковых серверах, с помощью тестов со средней фиксированной продолжительностью, которые запускаются с мобильного зонда, имитирующего абонента подвижной связи в фиксированном местоположении, до определенного набора потоковых серверов. Кроме того, в качестве характеристик потоковой передачи возможно использовать продолжительность начальной загрузки видео, частоту и продолжительность событий остановки и общую пропускную способность.

Попытки доступа распределяются между различными участвующими в тесте серверами случайным образом.

7 Характеристики систем мониторинга и предъявляемые к ним требования

Системы мониторинга должны обладать возможностью оценивать, каким образом ухудшенные рабочие характеристики сети влияют на качество обслуживания конечного пользователя. Это дает представление о характеристиках покрытия сети, ее пропускной способности и сквозном QoS.

Нижеследующие характеристики системы мониторинга относятся ко всем методам измерения, описанным в пункте 6.2, если не указано иное, за исключением сбора данных методом краудсорсинга.

- 1 Система мониторинга должна обладать возможностью выполнять одновременные измерения при использовании всех технологий доступа.
- 2 Система мониторинга должна обладать возможностью в случае необходимости выполнять одновременные измерения, например голосовые вызовы, передачу SMS и данных.
- 3 Система мониторинга должна обладать возможностью выполнять измерения в движении, в фиксированных местоположениях или при сочетании обоих способов.
- 4 Система мониторинга должна обладать возможностью автоматического сохранения данных измерений и использования дополнительных внешних запоминающих устройств для резервного копирования.
- 5 Система мониторинга должна иметь GPS (или другую подходящую глобальную спутниковую навигационную систему) для определения и регистрации географического местоположения и скорости для каждого измерения.
- 6 Следует поддерживать оптимальные условия эксплуатации с помощью программ технического обслуживания с учетом всех применимых требований сертификации. Например, оборудование сканера должно быть откалибровано. Срок действия калибровки должен включать период проведения мероприятий по измерениям.
- 7 Антенны должны быть расположены на соответствующем расстоянии для исключения помех.
- 8 Система мониторинга должна обладать возможностью выполнять измерения при использовании любых технологий доступа и, следовательно, возможностью модернизации в соответствии с требованиями, обусловливаемыми развитием технологий.
- 9 Система мониторинга должна обеспечивать возможность настройки и повторного использования шаблонов сценариев измерения.
- 10 В системе мониторинга следует использовать сертифицированное оборудование подвижной связи, аналогичное приобретаемому в обычных магазинах MNO конечными пользователями.
- 11 Система мониторинга должна поддерживать голосовые кодеки для всех технологий доступа.
- 12 Система мониторинга должна обладать возможностью визуальной или звуковой сигнализации для уведомления о любых неисправностях измерительного оборудования; результаты измерений, во время которых получено такое уведомление, следует отбрасывать.
- 13 Измерительное оборудование должно обеспечивать возможность регистрации даты, времени и местоположения с геопривязкой каждого измерения на основе расширенной функциональности или дополнительного оборудования.
- 14 Желательно, чтобы измерительное оборудование обеспечивало возможность регистрации, по крайней мере начала и конца мероприятия по измерениям, перерывов, отказов оборудования и чрезвычайных ситуаций, таких как нетипичное сосредоточение конечных пользователей, вандализм, помехи или стихийные бедствия.
- 15 Следует регистрировать любые ситуации, которые могут повлиять на результаты и не относятся к сети MNO.
- 16 Все зарегистрированные измерительным оборудованием действия, которые упомянуты выше, следует увязывать с файлами журналов регистрации и измерениями, выполненными в течение этих периодов времени, и эту информацию следует отбрасывать на этапе последующей обработки.
- 17 Системы мониторинга должны генерировать зашифрованные файлы журнала регистрации.

- 18 Автономные зонды должны иметь функции самоконтроля (например, датчики температуры или достаточного уровня электропитания) для обнаружения необычных условий эксплуатации. Следует выполнять соответствующую последующую обработку для обеспечения качества данных, а также для обнаружения и исключения искажений данных.
- 19 Автономные зонды должны быть устойчивы к потере внешнего питания, например иметь буферный источник питания для обеспечения процессов безопасного выключения и надежного включения. В случае отсутствия такой возможности в автономных зондах, следует рассмотреть возможность использования источника бесперебойного питания (ИБП) для гарантии устойчивых условий работы. Это имеет критическое значение для того, чтобы избежать повреждения файла журнала регистрации.
- 20 В зависимости от способа передачи результатов измерений (например, по контролируемой сети), а также от типа создаваемой информации автономные зонды и внутренняя инфраструктура должны обеспечивать достаточную функциональность мониторинга. Например, автономные зонды могут быть настроены на регулярную передачу данных измерений или отправку отчетов о состоянии через регулярные промежутки времени с помощью внутренних процессов, которые генерируют сигналы тревоги, если такая информация не была передана или если данные измерений указывают на то, что выбранные параметры сети находятся за пределами предварительно установленных диапазонов.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Характеристики систем мониторинга для сбора данных методом краудсорсинга требуют дальнейшего изучения.

8 Общие рекомендации по последующей обработке

Первым этапом последующей обработки результатов является определение предела радиопокрытия, при котором электронная услуга сети подвижной связи считается предоставленной. Такой предел устанавливается для каждой технологии (например, 2G, 3G, 4G) отдельно. Эти пределы будут определять, какие именно тесты будут учитываться при экспорте конечных результатов. Кроме того, следует установить правила, определяющие, в каких случаях измерение учитывается в результатах. Например, если в ходе измерения в течение определенного периода времени не обеспечивалось соответствие пределу радиопокрытия, каким должен быть этот период, чтобы данный тест учитывался в результатах.

При выполнении последующей обработки для всех методик измерения все пользователи системы мониторинга должны соблюдать следующие общие рекомендации.

- 1 При изучении событий, произошедших во время измерений, следует учитывать информацию сигнализации. При последующей обработке результатов измерений необходимо учитывать все файлы журналов регистрации, полученные в ходе мероприятия по измерениям, и управлять этими журналами. Рекомендуется учитывать все ошибки программного обеспечения. Общий объем результатов измерений, собранных в ходе мероприятия по измерениям, влияет на ошибку оценки результатов. Ошибку оценки можно рассчитать по размеру выборки. Если она больше желаемой, рекомендуется повторить мероприятие по измерениям в целевой области. Более подробная информация представлена в Приложении А, а также в [ITU-T E.802], [ITU-T E.840] и [ITU-T P.1401].
- 2 Пользователи системы мониторинга, выполняющие измерения QoS, должны проверить целостность данных измерений и очистить данные. По разным причинам, например из-за срабатывания сигнализации при неисправности или нарушении функционирования оборудования или программного обеспечения, обновления элементов сети, инцидентов или технического обслуживания, в результатах могут появляться выбросы.
- 3 Все файлы журнала регистрации, собранные с тестового оборудования, должны проверяться на предмет отсутствующих или поврежденных записей.
- 4 Важно установить допустимый процентный порог искаженных или ложных выборок, собранных в ходе мероприятия по измерениям. При использовании всех методов сбора данных, за исключением метода краудсорсинга, важно определить необходимость повторных измерений для поддержания точности и целостности результатов.

9 Методики формирования выборок

В зависимости от плотности размещения или поведения абонентов на каждом рынке электросвязи все измерения могут быть распределены между сценариями внутренних и наружных измерений. Количество измерений должно определяться таким образом, чтобы статистическая относительная точность была ниже максимального установленного значения и обеспечивала доверительный уровень не менее 95%. Более подробная информация представлена в [ITU-T E.802].

Двухэтапная методика, которую можно использовать для получения репрезентативных выборок, включает стратификацию и простую случайную выборку.

Стратификацию можно использовать для расчета количества географических областей (например города, поселки, районы), которые следует охватить во время мероприятия по измерениям, для того чтобы получить результаты, отражающие QoS сети на национальном уровне. В этом смысле стратификация представляет собой инструмент, полезный для получения репрезентативных результатов, когда невозможно провести измерения на большой площади (например, крупные страны).

Далее можно использовать простую случайную выборку для расчета количества измерений, которые необходимо выполнить в каждой из географических областей, отобранных с помощью методик формирования выборок. Более подробная информация представлена в Приложении А.

Важно учитывать результаты, полученные в ходе каждого мероприятия по измерениям, чтобы определить поведение сети в форме ее рабочих характеристик. На основе этих результатов можно рассчитать среднее значение и стандартное отклонение и использовать их вместе со статистическими формулами для контроля параметров QoS.

Для выполнения измерений на большой площади пользователям системы мониторинга рекомендуется разделить основную зону на части и назначить каждой части свой вес в соответствии с критериями, определяющими, где следует проводить больше измерений в зависимости от цели мероприятий по измерениям. Примерами таких критериев могут служить численность населения, плотность электросвязи, плотность трафика и плотность конечных пользователей; для определения этих критериев пользователям системы мониторинга настоятельно рекомендуется получить актуальные данные из официального источника.

Публикация результатов рейтингового тестирования рабочих характеристик не входит в сферу применения настоящей Рекомендации, однако в [ITU-T E.840] представлена статистическая основа для оценки и ранжирования рабочих характеристик сети.

Приложение А

Рекомендации по статистическому анализу для получения репрезентативных результатов

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Пользователь системы мониторинга может получить репрезентативные результаты, отражающие рабочие характеристики QoS сети, на основе выборки, применяемой при проведении мероприятий по измерениям, наряду с использованием статистического вывода в соответствии с процедурой, основанной на проверке гипотез.

А.1 Репрезентативные выборки для мониторинга качества обслуживания на национальном уровне

Подход статистического моделирования, который рекомендуется пользователю системы мониторинга, желающему контролировать QoS на национальном уровне с использованием мероприятий по наружным измерениям (ОМС), основан на двухэтапной модели:

- стратифицированная случайная выборка;
- простая случайная выборка.

Первый этап используется для выбора географических областей, в которых будут выполняться измерения в стране (в данном контексте географическими областями могут считаться города, поселки, деревни или дороги), а на втором этапе определяется размер выборки для каждой области, выбранной на первом этапе, например количество голосовых вызовов, сделанных в городе. Распределение измерений в пределах каждой области можно выбрать в соответствии с целью измерения, например измерения могут быть распределены равномерно, если не требуется дифференциация, или они могут быть взвешенными для придания большей значимости городским областям.

А.1.1 Стратифицированная случайная выборка

В статистике стратификация используется для достижения меньшей границы ошибки оценки, чем при использовании только простой случайной выборки того же размера. При мониторинге QoS стратификация – это инструмент, который можно использовать для уменьшения количества регионов проведения измерений и получения при этом репрезентативных результатов. Например, невозможно объехать всю страну с большой территорией, поэтому такую область можно разделить на группы (страты) и осуществлять выборку для каждой группы отдельно.

В этом смысле стратификация позволяет распределять географические районы по группам, или стратам, которые могут быть однородными или разнородными. Группы определяются по их общим характеристикам, которые оказывают непосредственное влияние на измеряемые КРІ. Примерами однородных страт могут служить, в том числе, географические районы (города или поселки) с аналогичными значениями плотности населения или БС, спроса на трафик, уровня помех, расстояния между станциями и т. д. Затем строятся страты путем выбора неперекрывающихся групп из географических регионов страны (например, если страты выбраны по плотности населения, населенные пункты в стране можно классифицировать как городские или сельские, и каждый населенный пункт относится только к одной группе, то есть населенный пункт не может быть городским и сельским одновременно). Наконец, в каждой страте, подлежащей измерению, случайным образом выбираются географические области, чтобы обеспечить достоверность результатов.

Ниже приведены формулы для статистического расчета стратифицированной выборки, включая пример городских и сельских населенных пунктов в стране.

Количество географических областей, в которых необходимо провести измерения в ходе мероприятия, можно определить по следующей формуле (количество населенных пунктов в стране, в которых будут проведены измерения):

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i)^2}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2},$$

где:

L : общее количество страт (групп, используемых для разделения страны; в случае классификации по городским и сельским группам $L = 2$);

σ_i : ожидаемое стандартное отклонение для страты i ;

N_i : количество географических областей в каждой страте (количество населенных пунктов, классифицированных как городские или сельские);

N : общее количество географических областей (общее количество населенных пунктов в стране);

$D = \frac{B^2}{4}$, где B – граница ошибки оценки:

$$n_i = n \left(\frac{N_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i} \right), \quad i = 1, 2, 3,$$

где:

n_i : количество географических областей, которые должны быть охвачены измерениями в страте i (для $i = 1$ (городская) n_i – количество населенных пунктов городского типа, в которых должны проводиться измерения);

n : общее количество охваченных измерениями географических областей (количество охваченных измерениями городских и сельских населенных пунктов).

A.1.2 Простая случайная выборка

После выбора количества географических областей, охватываемых измерениями в стране, на втором этапе производится простая случайная выборка для определения размера выборки в каждой из ранее выбранных географических областей, то есть количество голосовых вызовов, измерений данных или SMS, которые нужно выполнить или отправить.

На втором этапе статистического моделирования используется простая случайная выборка для определения количества мероприятий, необходимых для измерения конкретного КРІ с определенным доверительным уровнем и ошибкой оценки.

Если исследуемый параметр представляет собой среднее значение, размер выборки рассчитывается следующим образом:

$$m_i = \frac{z_{1-\alpha/2}^2}{\alpha^2} \cdot \left(\frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} \right)^2,$$

где:

m_i : размер выборки для страты i ;

$z_{1-\alpha/2}$: процентиль $1 - \alpha/2$ стандартного нормального распределения;

$1 - \alpha$: доверительный уровень;

α : граница ошибки оценки;

\bar{x}_i : среднее значение исследуемого параметра в страте i ;

σ_i и \bar{x}_i : рассчитываются по итогам предыдущих мероприятий по измерениям.

Если исследуемый параметр представляет собой пропорцию, размер выборки для каждого КРІ рассчитывается по следующей формуле:

$$n \geq \frac{k^2 * P * (1-P)}{d^2},$$

где:

n : размер выборки;

k : доверительный уровень;

- P : целевое значение пропорции (порог исследуемого KPI);
 d : максимально допустимая погрешность оценки (разность фактического значения P и его оценки p).

Для каждой страны стандартное отклонение σ_i и среднее значение \bar{x}_i , соответствующие стране i , которая определена в рамках мероприятия по измерениям, можно вычислить следующим образом:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} (x_k - \bar{x}_i)^2}{n_i - 1};$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} x_k}{n_i};$$

$$x_k = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} p_j}{m_i},$$

где:

- σ_i^2 : дисперсия наблюдаемого параметра в стране i ;
 x_k : среднее значение каждой из n_i выборок, соответствующих стране i ;
 p_j : значение измерения i в выборке размера m_i .

Для того чтобы определить, достигает ли оператор определенного порогового значения, рекомендуется использовать проверку гипотез на основе результатов измерений по всем странам.

А.2 Проверка гипотез

Проверка гипотез – это инструмент статистического вывода, который позволяет определить, являются ли результаты, полученные по выборке, статистически значимыми, предполагая, что MNO соблюдает минимальный порог QoS.

Для проведения статистической проверки гипотез определяется среднее значение и стандартное отклонение взвешенных значений результатов мероприятий по измерениям.

Вес определяется как отношение численности населения в каждой стране N_i к общей численности населения N :

$$w_i = N_i / N.$$

Взвешенные величины среднего значения и стандартного отклонения KPI, основанные на средних значениях для каждой страны i , определяются следующим образом:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^L w_i \bar{x}_i;$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^L w_i^2 \sigma_{\bar{x}_i}^2.$$

После вычисления среднего значения и стандартного отклонения по результатам измерений первый этап проверки гипотез состоит в определении основной и альтернативной гипотез. Затем методом статистической проверки гипотез определяется, является ли верной основная гипотеза с определенной вероятностью, либо принимается альтернативная гипотеза.

С учетом результатов измерений можно выполнить проверку гипотез на основе общего среднего значения и установленного порога KPI. Основная гипотеза (H_0) заключается в том, что MNO соблюдает минимальный порог KPI (μ), а альтернативная (H_α) – что MNO не соблюдает этот порог. Статистическая проверка гипотез имеет уровень значимости α .

Таким образом гипотезы можно выразить следующим образом:

$$H_0 : x_{st} \geq \mu;$$

$$H_\alpha : x_{st} < \mu.$$

На основании данных выборок измерений, полученных в ходе мероприятия по измерениям, с помощью статистической проверки гипотез можно определить, следует ли принять или отклонить основную гипотезу.

Ниже приведен пример применения проверки гипотез, когда пороги КРІ устанавливаются регуляторным органом в форме пропорций. Дополнительная информация и ссылки на различные параметры и процедуры статистической оценки приведены в [ITU-T E.840], [ITU-T P.1401] и в справочных документах, указанных в настоящей Рекомендации.

Решение принимается путем сравнения тестовой статистики (x_{st}), которая может быть рассчитана по критическому значению $Z_{1-\alpha}$:

$$x_{st} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma},$$

где:

μ : порог КРІ, установленный регуляторным органом (среднее значение);

$$X = \frac{p_{st} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}}$$

где:

p : порог КРІ, установленный регуляторным органом (пропорция);

$Z_{1-\alpha}$: значение z , соответствующее стандартному нормальному распределению с уровнем значимости α ;

n : общее количество выборок, полученных в ходе мероприятий по измерениям для каждого параметра QoS и с учетом всех страт.

Наконец, если тестовая статистика (x_{st}) превышает критическое значение $Z_{1-\alpha}$ или равна ему, то в статистическом смысле недостаточно информации для отклонения основной гипотезы с уровнем значимости α (то есть MNO соблюдает пороговое значение, установленное регуляторным органом, и штраф не налагается); в противном случае основная гипотеза отклоняется и принимается альтернативная гипотеза (MNO не соблюдает пороговое значение, установленное регуляторным органом).

Библиография

- [b-ITU-T E.800] Рекомендация МСЭ-Т E.800 (2008 г.), *Определение терминов, относящихся к качеству обслуживания.*
- [b-ECC Report 103] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 103 (2007), *UMTS coverage measurements.*
- [b-ECC Report 256] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 256 (2016), *LTE coverage measurements.*
- [b-ECC Report 118] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 118 (2008), *Monitoring methodology to assess the performance of GSM networks.*
- [b-ECC Report 231] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 231 (2015), *Mobile coverage obligations.*
- [b-ECC Rec (12) 03] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Recommendation (12) 03 (2013), *Determination of the radiated power through field strength measurements in the frequency range from 400 MHz to 6000 MHz.*

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
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
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