

МЕТОДЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

METHODS FOR ANALYZING THE QUALITY OF WIRELESS NETWORKS

N. Zigangirov

Summary. The problem of growing user needs in the quality and capabilities of a wireless network is considered. Quality is the main parameter that users pay attention to, therefore network operators need to constantly analyze the quality of their services. To do this, you need to understand which parameters are responsible for quality. This article proposes to consider 3 levels of wireless network quality: the quality of perception, service and functioning.

Keywords: wireless network, internet of things, analysis, quality, quality of perception, quality of service, quality of functioning.

Зигангиров Нафис Ильгизович

Аспирант, Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева–КАИ
nafis — zigangirov@mail.ru

Аннотация. Рассматривается проблема роста потребностей пользователей в качестве и возможностях беспроводной сети. Качество является главным параметром на которое обращают внимание пользователи, поэтому операторам сетей необходимо постоянно анализировать качество своих услуг. Для этого необходимо понимать, какие параметры отвечают за качество. В данной статье предлагается рассмотреть 3 уровня качества беспроводной сети: качества восприятия, обслуживания и функционирования.

Ключевые слова: беспроводная сеть, интернет вещей, анализ, качество, качество восприятия, качество обслуживания, качество функционирования.

Введение

Увеличение потребностей пользователей происходит с каждым годом, как и количество устройств, при помощи которых пользователи подключаются к сети. Как прогнозируют эксперты, в последние годы, ежегодно мобильный трафик растет на 50%, такая тенденция сохранится и на 2022 год. Приводит к этому активное распространение телекоммуникационных беспроводных сетей связи на базе технологии LTE, а также увеличивающееся число интеллектуальных устройств, который подключаются к сети без участия человека и не требующие его постоянного внимания, такие как элементы умного дома, носимые устройства (смарт-часы), прочие сенсоры и датчики. Ещё одной причиной растущего трафика является возросшее требование к высокоскоростным услугам (видео и аудио стриминг).

Согласно прогнозам компании Cisco Systems, в ближайшем будущем объем трафика, передаваемого в мобильных сетях, будет составлять около 79 экзабайт в месяц [1]. С учетом того, что требования к качеству предоставляемых услуг тоже растут, можно сделать вывод, что текущие распространенные в технологии сетей четвертого поколения в ближайшее время не справятся с увеличивающимися нагрузками.

В России, к 2023 году, пользоваться интернетом будут 78% населения (113,3 млн. чел.). На одного человека

будет приходиться 6,1 подключенных к сети устройств. 58% (523,8 млн) всех подключенных устройств в России будет приходиться на межмашинные (Machine-to-machine, M2M) соединения, поддерживающие широкий спектр приложений интернета вещей.

Вместе с ростом нагрузки мультимедийного трафика беспроводные сотовые сети должны постоянно развиваться, обеспечивая более высокие скорости передачи данных, меньшие задержки передачи и лучшее качество обслуживания для конечных пользователей. Однако требования пользователей растут даже быстрее, чем возможности сети.

Эксперты прогнозируют, что все виды устройств интернета вещей будут использовать широкий спектр, уже привычных, беспроводных технологий — микроволновые телекоммуникационные стандарты. К таким стандартам можно отнести LTE, IEEE, 3GPP. Помимо этих технологий, также будут использоваться новые системы на основе миллиметровых волн или как их ещё называют, сети связи 5G.

При разработке типовых решений, следует учитывать, что разные сегменты интернета вещей развиты по-разному. Если сегмент потребительского интернета вещей уже долгое время популярен на рынке (так как в большинстве случаев этот сегмент касается автоматизации быта человека) и за это время прошел большой путь развития, то сегмент индустриального интернета

вещей только начинает свой путь в различные сферы бизнеса и его автоматизации [2].

Устройства, подключенные к сети очень чувствительны к показателям надежности, задержкам в передаче данных беспроводных соединений. Это связано с тем, что традиционные средства связи не были заточены под новейшие промышленные приложения интернета вещей, так как главное применение было в удовлетворении требований пользователей [3]. Для того, чтобы избежать возможные трудности, необходимо повышать качество беспроводной сети под использование промышленных приложений интернета вещей.

Анализ качества беспроводных сетей

Международный союз электросвязи «ITU» (англ. International Telecommunication Union) опубликовала документ, в котором, в рекомендательном порядке описаны требования к предоставляемым телекоммуникационным услугам [4]. Изучив документ, можно выделить три уровня анализа и оценки качества беспроводных сетей.

Первый уровень оценки качества, уровень простого пользователя, является самым простым. Он основан на мнении человека. Например то, как человек воспринимает определённую информацию. Вторым уровнем является уровень услуг. На этом уровне оценивается качество предоставляемых услуг. Такими качественными показателями являются, например, скорость передачи данных в сети. Третий уровень — транспортный. Этот уровень отвечает за анализ производительности беспроводной сети. Для этого анализируются задержки потери данных, задержки и другие показатели производительности [5].

Отсюда можно понять, что каждый уровень отвечает за свои критерии оценки качества беспроводной сети: качество восприятия (Quality of Experience, QoE), качество обслуживания (Quality of Service, QoS) и качество функционирования сети (Network Performance, NP).

Качество восприятия

Качество восприятия QoE — «качество пользовательского опыта» или степень удовлетворенности пользователя. Этот показатель определяет степень удовлетворенности конечного пользователя услугами, предоставляемыми провайдером связи [6]. Качество восприятия зависит от двух типов факторов: субъективных и объективных. Субъективные факторы основываются на опыте пользователя при работе с другими операторами связи. Этот опыт позволяет конечному пользователю сравнивать предоставляемые услуги и оценивать их

в плане цены, технической поддержки и других факторов. Объективные факторы QoE определяются через качество обслуживания (QoS), которое будет рассмотрено позже.

Несмотря на то, что часть факторов качества восприятия QoE субъективны, их всё же можно измерить. Метод измерения зависит от типа услуги (аудио, видео и др). Ниже рассмотрим некоторые из них.

Речь и аудио. Предложенная ITU E-модель предсказывает пользовательский опыт во время разговора по VoIP-связи. Для этого используются параметры сети и характеристики оборудования. Эти данные подставляются в специальную формулу (1), для которой, путем субъективных экспериментов, подобраны необходимые коэффициенты:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A. \quad (1)$$

Здесь, R_0 определяет соотношение сигнал/шум, I_s — определяет уровень громкости речи и присутствие посторонних звуков, I_d — определяет уровень искажений, которые возникают из-за задержек сигнала, I_e — определяет влияние используемых кодеков с низкой битовой скоростью, A — показывает уровень допустимых искажений, на которые пользователь готов согласится, в замен на что-то (например мобильность при беспроводном подключении). В документации ITU более подробно расписаны точные значения для каждого параметра. Полученное значение R используется в Mean Opinion Score (MOS), для получения среднего значения качества восприятия пользователей.

Видео. При просмотре видеоматериала, на качество восприятия влияют множество факторов. Такими факторами являются: яркость, контрастность, цветопередача, наличие артефактов. Качество восприятия могут определить путем серии субъективных тестов, либо же использовать специализированное программное обеспечение. В первом случае, пользователи смотрят видеоматериалы и выставляют оценку просмотренному и итоговый результат получает по средней оценке. Во втором случае, ПО находит на видеоматериале различные искажения, артефакты и иные дефекты, тем самым исключая человеческий фактор.

В конечном счете, на результат качества восприятия может повлиять работа всех элементов сети. Это может быть как оборудование самого клиента и иная техника с его стороны, так и его субъективные ожидания от получаемых услуг. Различные дефекты клиента, такие как проблемы со зрением или слухом также могут повлиять на это. Поэтому, оценка качества восприятия зависит только от того, как конечный пользователь воспринимает получаемые услуги.

Качество обслуживания

Качество обслуживания QoS является совокупностью показателей качества услуг в сетях. QoS технология указания приоритета обслуживания для разных типов трафика. Показатели QoS определяют характеристики определенных приложений интернета вещей, но для каждого приложения могут быть свои, совершенно разные требования [7].

Качество обслуживания сети определяются следующими параметрами:

- ◆ Потери. Данный параметр указывает, какое число отправленных пакетов данных дошло до получателя. Причины потери пакетов могут быть как проблемы в кабеле, так и перегрузки сети, и другие. В случае потерь, приложение решает, как поступить: при телефонном разговоре потерянный пакет уже не нужен, поэтому он игнорируется, а при отправке данных, пакет запрашивается повторно, что гарантировать точность передачи данных.
- ◆ Задержка. Это время, за которое пакет данных добирается от источника, до получателя. Задержка складывается из времени, которое уходит на разложение пакета по битам, передачи сигнала из точки А в точку Б, возможное ожидание пакета в очереди и время обработки полученного пакета. Задержка не критична при передаче файлов, но не допустима для телефонных разговоров, иначе качество разговора будет не самым лучшим.
- ◆ Дрожание. Это разница между доставкой последовательных пакетов. К примеру, если один из пакетов данных придет с задержкой относительно остальных, то такая задержка и называется дрожанием. Это не так страшно, как потеря данных, но для некоторых услуг, дрожание равнозначно потере пакета данных, например при телефонном разговоре: запоздалый пакет уже не актуален во время разговора, поэтому он игнорируется.

Для реализации QoS существует три модели:

- ◆ Best-Effort — это модель по умолчанию. Она применяется для множества сетевых приложения, например передача файла. Приложение отправляет любое количество пакетов данных, не беспокоясь ни о чем. Дальше уже сама сеть пытается доставить все пакеты до получателя. Такая модель идеально подходит для тех услуг, которым не важны требования к потере пакетов и задержки.
- ◆ IntServ — модель, в которой приложение перед отправкой пакета данных уведомляет сеть о не-

обходимых параметрах трафика для передачи. Получив требования, сеть резервирует необходимые ресурсы для приложения. Получив подтверждение о резервировании ресурсов от сети, приложение начинает отправку пакетов данных в рамках выделенных ресурсов.

- ◆ DiffServ — наиболее часто используемая модель QoS. Она разделяет пакеты данных на классы и для каждого класса выполняет свои действия. В сети, пакеты обрабатываются на основе приоритетов. В отличие от IntServ, в DiffServ требования QoS определены не заранее приложением, а указаны в самих пакетах. Откуда уже сеть может узнать эти требования для каждого класса. Пакеты одного класса объединяются в блоки и передаются вместе [8].

Основная задача QoS — гарантировать передачу пакетов данных. Её можно использовать во всех сферах деятельности человека: дом, работа, места развлечения. Технология QoS позволяет пользователям избежать проблемы при аудио/видео-разговорах, скачивании файлов и других действиях в сети [9].

Качество функционирования

Качество функционирования сети NP определяется параметрами, которые определяют операторы связи и используют при построении сети и его обслуживании [10]. Ниже рассмотрим характеристики, которые определяют NP:

- ◆ Пропускная способности сети (эффективность обслуживания трафика сети) — это свойство, определяющее возможности сети обслуживать поступающий трафик с заданным качеством обслуживания и определенном техническом состоянии оборудования сети.
- ◆ Качество передачи — уровень воспроизведения полученных данных у получателя.
- ◆ Надежность — свойство, отражающее возможность сети выполнять свои функции в реальных сценариях использования.
- ◆ Готовностью сети — способность сети обрабатывать трафик в произвольный момент времени.
- ◆ Ремонтопригодностью — свойство сети, которое отражает возможность предупредить и обнаружить причину отказа сети и восстановление её работоспособности при техническом ремонте

Заключение

Требования к качеству предоставляемых услуг телекоммуникации растут также стремительно, как и количество устройств, которые пользуются этими услугами.

Уже сейчас становится понятно, что в скором времени, текущие технологии не справятся с растущими требованиями. Провайдерам связи, для удовлетворения потребностей клиентов, необходимо постоянно держать руку на пульсе и следить, чтобы качество предоставля-

емых услуг не только не падало, но и росло вверх. Иначе, такими темпами, растущая нагрузка на сеть быстро отразится на её качестве. Если поддерживать в норме все те параметры, которые были описаны выше, то эта задача не будет такой уж сложной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cisco, 2017. The Zettabyte Era: Trends and analysis. White Paper. URL: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index/vni-hyperconnectivity-wp.html> (Дата обращения: 13.11.2021)
2. Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Кучерявый Е.А. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета. — М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. — 296 с.
3. Наумов В.А., Самуйлов А.К. Модель выделения ресурсов беспроводной сети объемами случайной величины // Вестник РУДН. Серия: Математика, информатика, физика. — 2015. — № 2. С. 38–45.
4. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей // М.: Изд-во «Эко-Трендз». — 2010. — 392 с.
5. Степанов С.Н., Степанов М.С. Планирование ресурса передачи при совместном обслуживании мультисервисного трафика реального времени и эластичного трафика данных // Автоматика и Телемеханика. — 2017. — № 11.
6. Orsino A., Ometov A., Fodor G., Moltchanov D., Militano L., Andreev S., Yilmaz O., Tirronen T., Torsner J., Araniti G., Iera A., Dohler M., Koucheryavy Y. Effects of Heterogeneous Mobility on D2D- and Drone-Assisted Mission-Critical MTC in 5G. IEEE Communications Magazine 55(2). — 2017. Pp. 79–87.
7. Бегишев В.О., Молчанов Д.А., Самуйлов А.К. Анализ сотовой технологии интернета вещей NarrowBand IoT // М.: РУДН. — 2017, — С. 98–100.
8. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е., Сети связи пост-NGN // СПб: БХВ-Петербург. — 2013. — С. 160.
9. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. Учебник для вузов. — М.: Радио и связь. — 1996. — С. 272.
10. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей // М.: Изд-во «Эко-Трендз». — 2010. — С. 392.

© Зигангиров Нафис Ильгизович (nafis — zigangirov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ