

УДК 621.373.42

О.И. Кадацкая, С.А. Сабурова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

МЕТОДЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА NGN-СЕТЕЙ

Проведено исследование методов метрологического обеспечения метрик параметров качества в NGN-сетях.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, измерения, метрики, параметры качества, QoS, NGN.

Введение

В технике измерений в телекоммуникациях используется как классический метод (анализ погрешностей измерений, параметров сигналов, используемых в телекоммуникациях) так и метод “технологический”, для которого необходимы параметры сигналов и алгоритмы взаимодействия логических устройств, используемых в современных системах телекоммуникаций новых поколений.

Противоречия между классической метрологической и технологической точкой зрения возникают при рассмотрении вопросов классификации измерительного оборудования и спецификации измеряемых параметров. Цифровые телекоммуникационные системы имеют “пороговый эффект деградации”. Ухудшение параметров не приводит долгое время к ухудшению качества связи, а при достижении определенного порога параметры качества изменяются скачкообразно. В этом случае сложно выделить сразу причину нарушения связи, поскольку причиной является накопленные в течение длительного времени отклонения от нормы нескольких параметров.

Исследование метрик измерений параметров качества в сетях NGN

Концепция сетей связи следующего поколения (NGN) является основной концепцией развития сетей связи общего пользования в настоящее время. За основу построения NGN взяты пакетные сети, что принципиально позволяет предоставить пользователю подобной сети все возможные услуги по передаче речи, данных, а также других мультимедийных услуг. Такие возможности NGN приводят к существенной модернизации сетей и технических средств ее составляющих по сравнению с существующими сетями. Изменяются структура сети, технические характеристики и сигнализация.

Характеристики QoS (Quality of Service) особенно важны в случае, когда NGN-сеть передает одновременно трафик различного типа, например, голосовой трафик и трафик web-приложений. Это связано с тем, что различные типы трафика предъявляют разные требования к характеристикам QoS.

В рамках требований QoS к параметрам качества работы NGN-сети используется метрологическое обеспечение в качестве набора метрик. Метрика – это количественный масштаб и метод, который может использоваться для измерения. Введение и использование метрик необходимо для улучшения контроля над процессом разработки методов тестирования и управления параметрами качества в NGN-сети

В связи с тем, что постоянно увеличивается объем мультисервисной информации (данные, голос, видео), передаваемой в современных мультисервисных сетях, возрастают требования к качеству обслуживания трафика, генерируемого пользователями, абонентскими системами и самой NGN-сетью.

Значимыми характеристиками метрик в тестах QoS являются следующие параметры: круговая задержка (roundtrip delay); колебание пакетов (jitter); потеря пакетов (packet lost).

Для расчета временной задержки на сети учитываются такие параметры как длина оптического кабеля и его тип, потери в волокне, данные по дисперсии, отношение оптический сигнал/шум, частота и уровень канала, тип и параметры оборудования, в том числе транспондеров, количество сетевых элементов и точек регенерации. Основная величина задержки вносится длиной оптического кабеля. Задержка, вносимая оборудованием, незначительно отражается на общей величине временной задержки канала.

Измерение метрик указанных параметров может производиться для разных классов сервиса: real-time (реального времени), business critical (критичный для бизнеса) и best effort (наилучшей попытки).

Рассчитаем теоретические значения метрик для параметров QoS. Расчетные параметры QoS могут быть использованы при заключении соглашения об уровне обслуживания (SLA) со сторонними операторами в обеспечении заданного качества обслуживания в сквозном соединении (end-to-end) для различных видов трафика.

Необходимо определить следующие параметры: потеря пакетов, круговая задержка, задержка распространения, время ожидания пакета в очереди на маршрутизаторе, задержка, вносимая активным оборудованием, колебание пакетов (jitter).

Пример. Пусть в NGN-сети количество переданных пакетов 115303, а потерянных (или поврежденных) – 488, при этом количество доставленных пакетов – 114800. Коэффициент потери пакетов определяется следующей формулой:

$$K_{\text{потерь}} = \frac{N_{\text{потерь}}}{N_{\text{потерь}} + N_{\text{получ}}} \times 100\%, \quad (1)$$

где $N_{\text{потерь}}$ – количество потерянных пакетов; $N_{\text{получ}}$ – количество пакетов, полученных успешно.

Рассчитаем коэффициент потери пакетов (1):

$$K_{\text{потерь}} = \frac{488}{488 + 114800} \times 100\% = 0,004 \times 100\% = 0,4\%.$$

В исследуемой NGN сети рассмотрен фрагмент без установления соединения с коммутацией пакетов, состоящий из двух узлов и соединяющих их дуплексных каналов. Интенсивность потока во входящем узле $\lambda = 50$ пак/с, пропускная способность дуплексного канала между узлами равна:

$$C_T = N \times C_L, \quad (2)$$

где $N = 30$ – число исходящих каналов;

$C_L = 64.0$ кбит/с – пропускная способность абонентской линии.

Каждый принятый пакет генерирует отдельное подтверждение фиксированной длины:

$L_1 = 160$ байт = 1280 бит, $m_c = 4000$ байт = 32000 бит – поле случайной длины.

Найдем среднее время отклика T_D от узла к узлу. Разработаем программу для расчета данного параметра, а также построим зависимость среднего времени отклика T_D от величины поля случайной длины m_c .

В NGN-сети, не ориентированной на соединение, каждый пакет доставляется индивидуальным маршрутом, и передача пакета считается завершённой только после получения подтверждения о его приеме. Простая NGN-сеть состоит из двух узлов и соединяющих их дуплексных каналов. Для сопоставимости результатов с сетью с коммутацией каналов будем считать полную интенсивность потока во входящем узле, равной λ , пропускную способность дуплексного канала между узлами положим равной $C_T = N \cdot C_L$ в каждом направлении, где величина C_L определяет максимальную скорость доступа к узлу от индивидуального абонента (пропускная способность абонентской линии).

Очевидно, что здесь можно использовать модель системы массового обслуживания (СМО) с произвольным распределением времени обслуживания в силу специфики структуры пакетов. Поставим задачу: найти среднее время отклика T_D от узла до узла, используя модель M/G/1. Найдем среднее значение времени обслуживания на один пакет. Поскольку весь выходной поток узла считается в канал со скоростью C_T , можно представить в виде, где время на передачу будет равно:

$$\frac{(L_1 + m_c)}{C_T} = t_h + t_m. \quad (3)$$

Первая составляющая представляет собой время на передачу «заголовков», а вторая составляющая – время на передачу собственно данных. Средняя длина подтверждений также равна t_h . Таким образом, среднее «эквивалентное» время обслуживания в системе M/G/1 следует принять равным

$$M\langle\tau\rangle = \frac{1}{2} \times (t_h + t_m) + \frac{1}{2} \times t_h. \quad (4)$$

Поскольку поступления двух типов входящих сообщений равновероятны, и обслуживание происходит в порядке поступления, можно считать, что коэффициент использования для данной системы будет определяться как:

$$\begin{aligned} \rho &= 2 \times \lambda \times M\langle\tau\rangle = \lambda \times (t_m + 2 \times t_h) = \\ &= \rho_M \times (1 + 2 \times t_h / t_m). \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь был введен параметр $\rho_M = \lambda \cdot t_m$ – эффективный коэффициент использования передаваемых через канал битов. Его смысл полностью совпадает с введенным выше с тем же обозначением коэффициента для NGN-сети. Действительно,

$$\rho_M = \lambda \times \frac{T_M}{N}; \quad T_M = \frac{m_c}{C_L}; \quad t_m = \frac{m_c}{C_L};$$

$$C_T = N \times C_L \Rightarrow t_m = \frac{T_M}{N}.$$

Таким образом, ввели для NGN-сети параметр сравнения, совпадающий с параметром сети, ориентированной на соединение.

Для СМО типа M/G/1 среднее время ожидания зависит от второго момента распределения времени обслуживания. Найдем:

$$M\langle\tau^2\rangle = 0,5 \times (t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2). \quad (10)$$

Используя формулу Полячека-Хинчина, получаем выражение для среднего значения времени ожидания пакета в системе:

$$I\langle W \rangle = \frac{\lambda}{2} \times \left[t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2 \right] / (1 - \rho); \quad (11)$$

$$I\langle W \rangle = \rho_M \times \left(t_m + t_h + \left(t_h^2 / t_m \right) \right) / (1 - \rho). \quad (12)$$

В конечном счете общее время отклика от узла до узла складывается из только что полученного времени задержки в очереди в узле А и задержки в очереди подтверждений в узле В, а также среднего времени передачи пакета и времени передачи подтверждения. Искомое время равно:

$$T_D = t_m + 2 \times t_h + 2 \times M\langle W \rangle. \quad (13)$$

По полученным результатам построены графики зависимости среднего времени отклика NGN-сети от поля случайной длины (рис. 1). Зависимость коэффициента IP пакетов, потерянных при передаче данных от скорости транспортного потока и периода потерь для изолированных событий потерь для при-

оритетного класса QoS представлена на рис. 2. Кривые на графике (рис. 2) отражают периоды потерь равные 1 событие/час (верхняя), 0,5 событий/час (средняя) и 0,25 событий/час (нижняя).

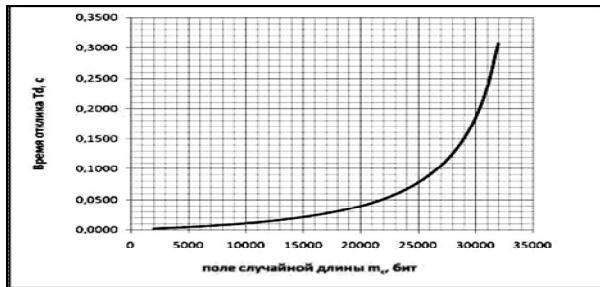


Рис. 1. Зависимость времени отклика от поля случайной длины

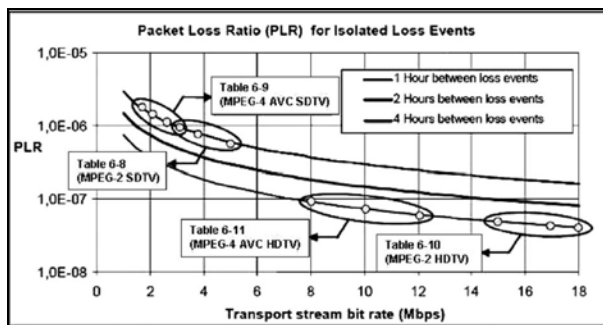


Рис. 2. Зависимость коэффициента потери IP-пакетов от скорости транспортного потока и периода потерь для изолированных событий потерь

На рис. 3 и 4 представлены графики зависимости коэффициентов потерь IP пакетов (потерянных при передаче данных) от скорости транспортного потока и периода потерь для изолированных и неизолированных событий потерь при их длительности 8 и 16 мс соответственно.

Выводы

Исследованы методы метрологического обеспечения по расчету характеристики набора метрик параметров качества обслуживания в NGN-сетях. По результатам расчетов, анализа и оценки обеспечены в пределах нормативных требований QoS основные качественные показатели, такие как среднее время отклика от узла к узлу (0,307 с) при пропускной способности абонентской линии CL = 64 кбит/с.

Построены графики зависимости времени отклика от поля случайной длины пакета. При увеличении поля случайной длины, начиная с длины,

МЕТОДИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ NGN-МЕРЕЖ

О.Й. Кадацька, С.О. Сабурова

Проведено дослідження методів метрологічного забезпечення набору метрик параметрів якості в NGN-мережах.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, вимірювання, метрики, параметри якості, QoS, NGN.

METHODS OF NGN-NETWORKS QUALITY PARAMETERS METROLOGICAL SUPPORT

O.I. Kadackaya, S.A. Saburova

The research methods of metrological support set of metrics of parameters of quality in NGN-networks.

Keywords: metrological support, measurement, metrics, quality parameters, QoS, NGN.

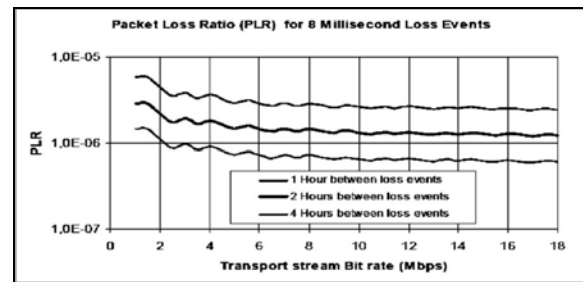


Рис. 3. Зависимость коэффициента потери IP-пакетов от скорости транспортного потока и периода потерь для неизолированных событий потерь при длительности потери 8 мс

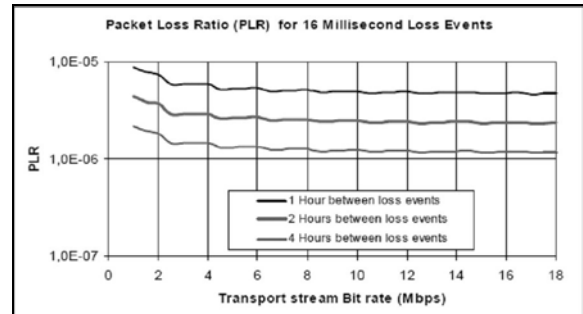


Рис. 4. Зависимость коэффициента потери IP-пакетов от скорости транспортного потока и периода потерь для неизолированных событий потерь при длительности потери 16 мс

равной 25000 бит, происходит резкое увеличение времени отклика (суммарное время задержки на передающем узле, задержки в очереди подтверждения на принимающем узле и среднего времени передачи пакета и времени подтверждения), что вызывает потребность коррекции поля случайной длины в пределах классов обслуживания в соответствии с нормативными значениями метрик QoS.

Список литературы

1. Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології [Текст]: підручник. Част. 11. – Х.: ТОВ "Компанія СМІТ", 2010. – 470 с.
2. Кох Р. Эволюция и конвергенция в электросвязи / Р. Кох, Г.Г. Яновский. – М.: Радио и связь, 2011. – 279 с.
3. Коляденко Ю.Ю. Технологии измерений и метрологическое обеспечение в телекоммуникациях / Ю.Ю. Коляденко, С.А. Сабурова. – Х.: ТОВ "Компанія СМІТ", 2007. – 640 с.

Поступила в редколлегию 21.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.