

УДК 621.391

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ при оказании услуги доступа в сеть интернет

Статья посвящена вопросам оценки скорости передачи данных при оказании услуги доступа в сеть интернет. Дан обзор терминов и определений скорости передачи данных. Приведены проблемы и методы измерения скорости передачи данных на прикладном уровне системной модели OSI.

Статья предназначена для специалистов, занимающихся контролем показателей качества услуг передачи данных, и всех, кто интересуется вопросами улучшения качества услуг передачи данных.



Я.С. ЯЗЛОВЕЦКИЙ,
старший научный сотрудник
ОАО «Гипросвязь»,
yazlavetski@giprosvjaz.by

Актуальность темы состоит в том, что в различных источниках существует множество терминов и определений, связанных со скоростью передачи данных. Вопросы не только в терминологии, но даже в правильности единиц измерения. Кроме того, пользователи и поставщики (или провайдеры) услуги доступа в сеть интернет заинтересованы в объективной и независимой оценке показателей качества услуги.

Одним из показателей качества услуги доступа в сеть интернет является заявленная в договоре между пользователем и поставщиком услуги скорость передачи данных. Для определения термина «скорость передачи данных» при оказании услуги доступа в сеть интернет следует рассмотреть среду (физическую реализацию), в которой производится передача данных, и влияние внешних факторов на значение скорости передачи данных.

Определение услуги доступа в сеть интернет

Терминологические статьи 3.2.7 и 3.2.8 стандарта СТБ 1439 [1] определяют термины «услуга постоянного доступа в сеть интернет» и «услуга коммутируемого доступа в сеть интернет». Каждый из терминов определяется как «услуга передачи данных по организации постоянного (соответственно коммутируемого) соединения между окончным

оборудованием данных пользователя услуг электросвязи и сеть интернет».

Терминологическая статья 3.2.13 стандарта СТБ 1439 [1] определяет «услугу доступа к информационным ресурсам»: «телепатическая услуга по получению доступа к информационным (в том числе развлекательным и познавательным) ресурсам пользователем услуг электросвязи по его запросу».

Существует и термин «услуга широкополосного доступа в сеть интернет». Граница использования между услугой коммутируемого (или постоянного) доступа и широкополосного доступа обозначена в терминологической статье 3.2.27 стандарта СТБ 1439 [1]. Услуга широкополосного доступа должна обеспечивать передачу данных «со скоростью для проводного доступа не менее 256 кбит/с, а для соединения, обеспечивающего с использованием технологии беспроводного широкополосного доступа (W-CDMA, HCDPA, CDMA 2000 1xEV-DO, CDMA 2000 1xEV-DV, UMTS и др.), – не менее 384 кбит/с».

Терминологическая статья 3.2 стандарта СТБ П 2236 [2] определяет термин «интернет-услуга» с точки зрения информационных технологий: «услуга по обеспечению доступа юридических и физических лиц к сети интернет и (или) размещение в сети информации, ее передаче, хранению, модификации».

Как видно из приведенных терминов, услуга доступа в сеть интернет имеет различные вариации в зависимости от вида сети электросвязи, через которую пользователь соединяется с сетью интернет. Чтобы понять, как происходит оказание услуги доступа в сеть интернет, рассмотрим ее физическую реализацию.

Физическая реализация услуги доступа в сеть интернет

В отличие от других (традиционных) телекоммуникационных услуг «доступ в сеть интернет» состоит из различных соединений и услуг,



обеспечивающих функциональный доступ в сеть интернет.

Возможно предположить, что услуга является от-дельно законченной. Однако с технической точки зрения реализация такой слуги разбивается на две составляющие. Одна из них реализует доступ в сеть общего пользования через физическое соединение (например, с помощью технологий xPON, xDSL), а другая – подключение к оборудованию поставщика интернет-услуг IAP (Internet Access Provider) для получения доступа к сети интернет. Такое разделение функций является реальным, так как через физическое соединение оказываются и другие услуги – от услуги коммутируемой телефонной сети общего пользования до услуги IPTV.

Вторая составляющая, устанавливающая соеди-нение с IAP, может быть реализована при наличии первой. Сам доступ в сеть интернет осуществляет оператор электросвязи (или поставщик услуги) че-рез транзитную сеть. В большинстве случаев тран-зитная сеть может быть локальной LAN (Local Area Network) или беспроводной локальной WLAN (Wireless LAN) сетью.

Чтобы понять процессы, происходящие при ока-зании услуги доступа в сеть интернет, приведем пример обычного соединения между компьютером пользователя (ПК) и сервером web-сайта.

Реальный процесс передачи данных обычно про-исходит при выдаче интернет-страниц по запросу пользователя. Пользователи запрашивают и про-сматривают интернет-страницы, используя прило-жения интернет-браузеров, таких как Firefox, Opera или Mozilla.

Для формирования запроса пользователи вво-дят единообразный указатель ресур-сов (URL – Uniform Resource Identifier) сервера web-сайта по его доменному имени (FQDN – Fully Qualified Domain Name) и пути до требуе-мого ресурса. На-пример, чтобы уви-деть домашнюю страницу интернет-сайта «giprosvjaz», пользователь дол-жен ввести до-менное имя фор-мата FQDN в виде: www.giprosvjaz.by.

Наиболее распространенный протокол, исполь-зуемый для передачи интернет-страниц, – это ги-пертекстовый протокол передачи (HTTP) [3]. Для передачи и получения файлов используются протокол HTTPS (HTTP поверх SSL) [4] и прото-кол передачи файлов (FTP) [5].

Структурная схема, отражающая процесс соедине-ния между оборудованием пользователя (ПК) и сер-вером web-сайта «giprosvjaz», показана на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что соединение ПК с се-тью общего пользования производится через фи-зическое соединение. В рассматриваемом случае – с помощью оборудования технологии xDSL или xPON. А при наличии договора пользователя с по-ставщиком услуги доступа в сеть интернет (с IAP) пользователь подключается логически, т. е. с по-мощью коммутации пакетов, через маршрутиза-тор (router). Допуск передаваемых пакетов пользо-вателя к сети интернет производится по адресному признаку (например, IP-адресу ПК). Маршрутиза-ция пакетов к соответствующему серверу web-сайта сети интернет выполняется по доменному адресу, т. е. «giprosvjaz.by». При этом путь от ПК (точка NTP 1) до сервера web-сайта «giprosvjaz.by» (точка NTP 2) называют интернет-соединением.

Следует заметить, что маршрутизация пакетов от ПК в другой сегмент, например национальный сегмент Российской Федерации, происходит через точки обмена национальным трафиком, так назы-ваемые точки пиринга (peering) Республики Бела-русь и Российской Федерации. Такая маршрутиза-ция отражена в доменном имени «.ru». На рисунке 1 показано интернет-соединение пользователя с сер-вером web-сайта «yandex.ru».

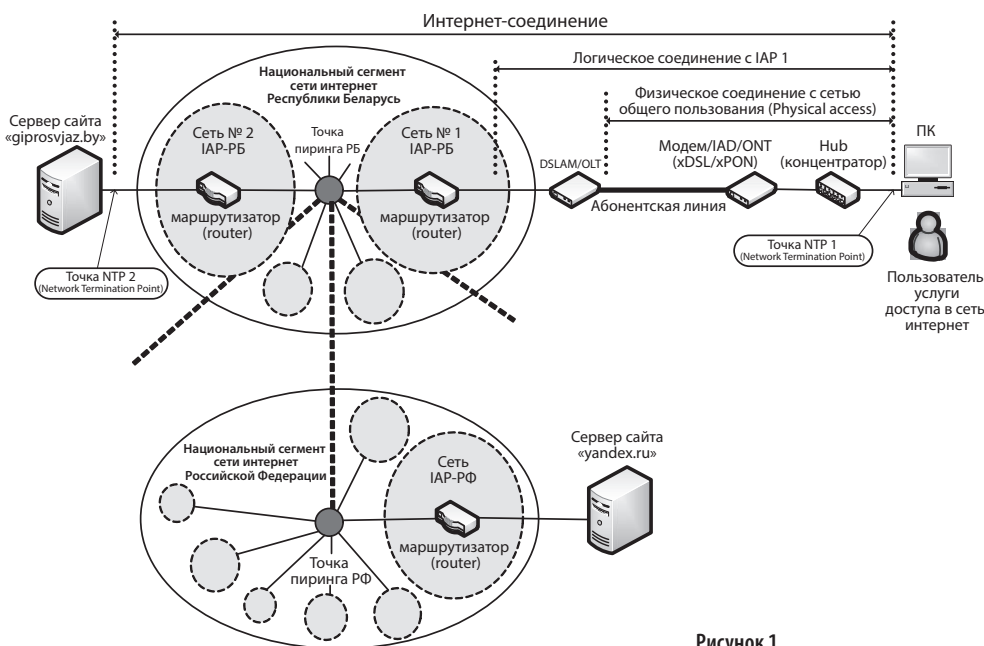


Рисунок 1

Рисунок 1 отражает физические и логические соединения между оборудованием пользователя (ПК) и сети интернет. Однако существуют процессы формирования запроса и получения информации от web-сайтов, происходящие в самом оборудовании, которые влияют на скорость передачи данных. Эти процессы отражены в виде семиуровневой сетевой модели OSI (Open systems interconnection) [6] на рисунке 2.

Временная диаграмма, поясняющая процесс формирования потоков данных от прикладного уровня до физического, представлена на рисунке 3.

Из рисунков 2 и 3 видно, что для передачи файла данных, сформированного на прикладном уровне, требуется формирование заголовков сообщений на каждом уровне сетевой модели OSI. Это вносит дополнительную суммарную избыточность в передачу данных на физическом уровне.

Определение скорости передачи данных при оказании услуги доступа в сеть интернет

Согласно примечанию 7 технического регламента ТР 2007/003/ВУ [7] и международного стандарта ИЕС 60027-2 [8] единицей количества информации является бит (русское обозначение «бит», международное – «bit») и байт (русское обозначение «Б», международное – «B»). Соответствие между этими единицами отражается в равенстве:

$$1 \text{ Б} = 8 \text{ бит.} \quad (1)$$

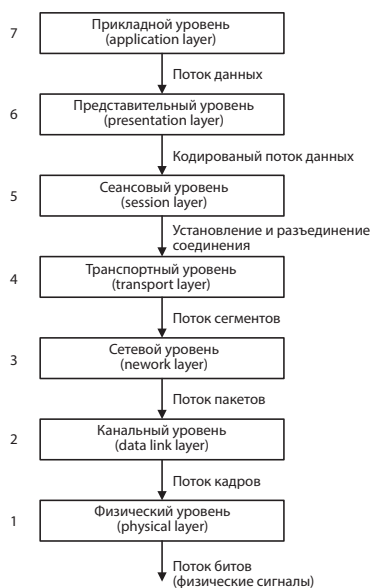


Рисунок 2

Скорость передачи данных определяется как отношение числа бит данных (L) ко времени (t), за которое переданы эти биты, т. е.

$$C = \frac{L}{t}, \text{ бит/с.} \quad (2)$$

Согласно таблице 2 технического регламента ТР 2007/003/ВУ [7] множителями и приставками, используемыми для образования наименований и обозначений кратных единиц СИ, формируемыми на основе единицы «бит/с», являются следующие русские и международные приставки:

- 1 кбит/с = 1000 бит/с; 1 kbit/s = 1000 bit/s;
- 1 Мбит/с = 1000 кбит/с; 1 Mbit/s = 1000 kbit/s;
- 1 Гбит/с = 1000 Мбит/с; 1 Gbit/s = 1000 Mbit/s;
- 1 Тбит/с = 1000 Гбит/с; 1 Tbit/s = 1000 Gbit/s.

На основе единицы байт, обозначенной «Б», имеются обозначения в русских и международных приставках в десятичной системе:

- 1 кБ/с = 1000 Б/с = 8000 бит/с;
- 1кВ/с = 1000 В/с = 8000 бит/с;
- 1 МБ/с = 1000 кБ/с = 8000000 бит/с;
- 1МВ/с = 1000 кВ/с = 8000000 бит/с.

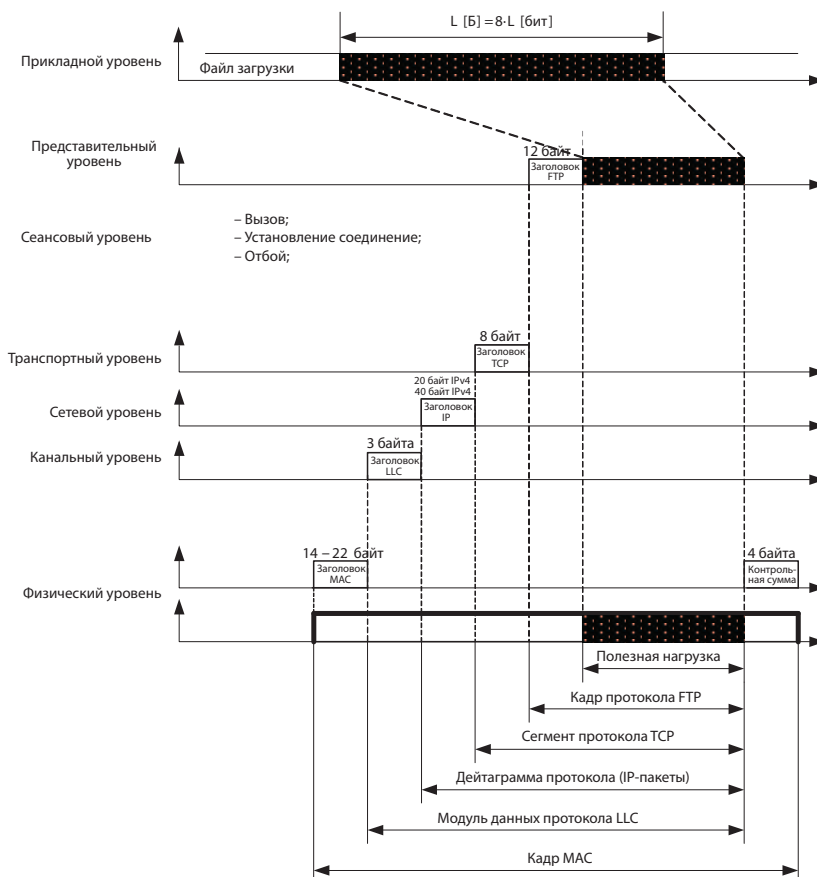


Рисунок 3



Программисты и компьютерщики используют множители и приставки в двоичной системе исчисления:

$$1 \text{ Кибит/с} = 2^{10} \text{ бит/с} = 1024 \text{ бит/с};$$

$$1 \text{ Kibit/s} = 2^{10} \text{ bit/s} = 1024 \text{ bit/s};$$

$$1 \text{ Мибит/с} = 2^{10} \text{ Кибит/с} = 2^{10} \cdot 2^{10} \text{ бит/с} = 1048576 \text{ бит/с};$$

$$1 \text{ Mibit/s} = 2^{10} \text{ Kibit/s} = 1048576 \text{ bit/s}.$$

Однако существуют единицы, которые используются на различных сайтах, но не относятся к международной системе единиц (СИ).

Неправильное обозначение единиц скорости передачи данных ведет к недостоверным результатам измерения. Например, на некоторых страницах web-сайтов приводят сокращенные обозначения: вместо единицы СИ «Кибит/с» записывают «Кбит/с», или «Кб/с», что вносит путаницу у пользователей и разработчиков сайтов. Можно, например, единицу «МВ/с» принять за единицу СИ «MiB/s», опуская букву «i». Но в СИ это разные размерности. Если сравнивать их, то они имеют следующие значения:

$$1 \text{ MB/s} = 1000000 \text{ B/s} = 800000 \text{ bit/s};$$

$$1 \text{ MiB/s} = 1048576 \text{ bit/s}.$$

Сравнивая полученные значения, можно увидеть, что, принимая единицу «МВ/с» за «MiB/s», значение скорости будет увеличено в $1048576/800000 = 1,31$ раза по сравнению с истинным.

Поэтому рекомендуется приводить единицы измерения скорости передачи данных в соответствии с ТР 2007/003/ВУ [7]. Тогда можно гарантировать объективность и достоверность измерений.

Расчет скорости передачи по формуле (2) представлен в общем виде. Задача оценки скорости передачи данных при оказании услуги доступа в сеть интернет сводится к «вычленению» из общего потока данных физического уровня числа бит L , относящегося к потоку данных пользователя (рисунк 3).

Рассмотрим проблемы, связанные с такой задачей.

Проблемы измерения скорости передачи данных при оказании услуги доступа в сеть интернет

Обычно в договоре, заключенном между оператором и пользователем на оказание услуги доступа в сеть интернет, приводится параметр качества и его значение в виде «заявленной скорости передачи данных до максимального значения». Очевидно, никаких измерений в этом случае оператору или поставщику услуги проводить

не требуется, так как ограничение сверху скорости передачи данных легко обосновывается с помощью паспортных данных установленного в сети конкретного абонентского и сетевого оборудования.

Существует большое количество определений термина «скорость передачи данных», зависящих от обработки результатов измерений. Например, с точки зрения статистических значений: мгновенная, среднестатистическая, долговременная или в зависимости от распределения значений. С точки зрения направленности потока передачи данных: скорость передачи данных исходящего потока (upstream) или входящего потока (downstream). Кроме того, существует влияние скорости передачи на качество обслуживания приложений, таких как IP-телефония, IP-телевидение, видеоконференции и т. д.

Еще раз можно подчеркнуть актуальность поднятых в этой статье вопросов наличием большого количества серверов в сети интернет для оценки скорости передачи данных. Примерами являются следующие: «speedtest.net», «2ip.ru», «telecom.by», «internet.yandex.ru», «testinternet.ru», «iping.ru», «providers.by», «bravica.net» и др.

Анализ обложек страниц этих сайтов показал, что в них используют ненормированные по СИ единицы «Кбит/с», «Mbit», «Mb/sec». Для обозначения скорости передачи используют такие термины, как «скорость соединения», «скорость получения», «скорость передачи», «исходящая скорость», «входящая скорость», «Макс.», «Мин.».

Думаю, что следует использовать нормативные обозначения единиц информации в соответствии с СИ [7].

Варианты определения термина «скорость передачи данных» при оказании услуги доступа в сеть интернет

1. В Российской Федерации существует стандарт ГОСТ Р 53728–2009 [9], в котором упоминается показатель качества «скорость передачи данных в точке доступа к службе ПД». В стандарте услуги передачи данных разделяются на услуги для целей передачи голосовой информации и на услуги, за исключением передачи голосовой информации. Точка доступа к службе передачи данных (ПД) оператора определяет границы ответственности оператора за качество предоставляемой услуги.

Известна методика «Временная инструкция по проверке наличия и оценке качества услуг, предоставляемых службой передачи данных общего

пользования с ретрансляцией кадров» [10]. В этой инструкции присутствует термин «обязательная информационная скорость», который связан с качественной характеристикой при предоставлении услуг как для «постоянного виртуального канала (ПВК)», так и «коммутируемого виртуального соединения (КВС)». Обязательная информационная скорость (C) вычисляется как отношение размера переданного массива (L , бит) к обязательному интервалу измерения скорости передачи (T_c):

$$C = \frac{L}{T_c}, \text{ бит/с.} \quad (3)$$

В этой же инструкции [10] приводится метод измерения обязательной информационной скорости. Оператором подготавливается и помещается в память терминала пользователя-отправителя тестовый файл, который передается от пользователя-отправителя к пользователю-получателю. Как правило, используемое оператором программное обеспечение (ПО) дает возможность фиксировать время пересылки файла (T_c) и отображать значение этого времени на экране терминала. В случае если ПО пользователя не предоставляет такую возможность, то для измерения времени пересылки файла используется секундомер. Время фиксируется с момента начала передачи файла до момента окончания его приема получателем. Далее производится вычисление по формуле (3).

2. В европейском стандарте ETSI EG 202 057-4 [11] дано определение Data transmission speed achieved, в переводе на русский язык – «достижимая скорость передачи данных».

В пункте 5.2.3 этого стандарта есть следующее определение: «Достижимая скорость передачи данных (C_d) – это отношение размера тестового файла (L , бит) ко времени его полной передачи без ошибок (t_n), т. е. в виде формулы:

$$C_d = \frac{L}{t_n}. \quad (4)$$

Время t_n определяется как интервал

от момента, когда сеть доступа принимает необходимую информацию от пользователя-отправителя, до момента окончания, когда последний бит тестового файла будет принят пользователем-получателем.

Требования к тестовому файлу, с помощью которого производится измерение скорости передачи, указаны в приложении D стандарта [10] и заключаются в следующем:

тестовый файл должен быть в виде последовательности случайных чисел;

тестовый файл не должен быть сжатым, т. е. не должен иметь расширение «.zip», «.rar», «.jpg» и т. д.;

размер тестового файла, представленный в размерности кбит, должен, по крайней мере, быть не меньше двойного размера теоретической максимальной скорости передачи данных размерности кбит/с в месте доступа к сети интернет.

На рисунке 4 показан процесс измерения скорости передачи данных на прикладном уровне при оказании услуги доступа в сеть интернет. Пример на рисунке 4 демонстрирует передачу файла по протоколам прикладного уровня FTP [5] и транспортного TCP [11] в одном из двух направлений, например от пользователя-отправителя к пользователю-получателю. Такой процесс измерения может применяться при использовании других протоколов. Главное, чтобы при передаче пакетов со стороны пользователя-получателя приходило подтверждение о безошибочном приеме пакетов прикладного уровня. Такому требованию отвечает транспортный протокол TCP. Для того чтобы зафиксировать безошибочный прием пакета, в протоколе транспортного уровня TCP имеется сигнал ответа SACK [12].

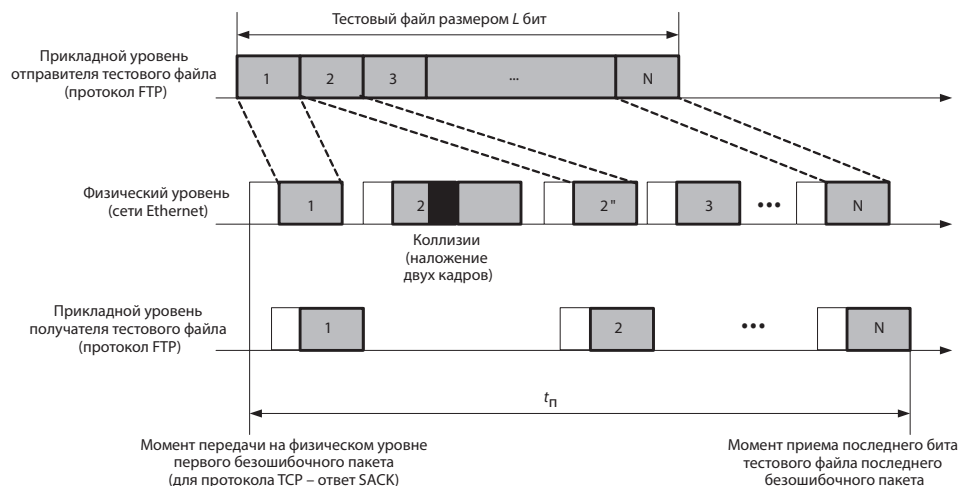


Рисунок 4



Также рисунок 4 отражает одну из причин уменьшения скорости передачи данных – явление «коллизии», т. е. столкновение или наложение двух кадров Ethernet. Это столкновение исказило информацию пакета № 2, что вызвало его повторную передачу и привело к увеличению времени t_{Π} . Как видно из (4), это снижает скорость передачи данных на прикладном уровне.

Кроме реальных измерений можно оценить скорость передачи данных теоретически.

В этом случае скорость передачи данных оценивается в виде зависимости от следующих мешающих факторов:

коэффициента избыточности в передаваемых кадрах физического уровня (формирование заголовков всех семи уровней системной модели OSI) ($K_{\text{изб}}$);

задержек времени, связанных с прохождением промежуточных узлов коммутации (анализ и обработка поступающих пакетов) ($T_{3, \text{ao}}$); с повышением нагрузки сети и, как следствие, увеличением числа коллизий ($T_{3, \text{к}}$); с ожиданием ответа об успешном приеме пакета ($T_{3, \text{отв}}$).

Тогда формула для расчета теоретической оценки скорости передачи данных может быть представлена в виде:

$$C_{\tau} = \frac{L}{K_{\text{изб}}(T + T_{3, \text{ao}} + T_{3, \text{к}} + T_{3, \text{отв}})}, \quad (5)$$

где $K_{\text{изб}} = \frac{N_{\text{Ethernet}}}{N_{\text{FTP}}}$ – отношение числа бит в одном кадре физического уровня сети Ethernet (N_{Ethernet}) к числу бит в одном пакете FTP (N_{FTP});

$T = N \frac{N_{\text{Ethernet}}}{V_{\text{Ethernet}}}$ – суммарное время передачи самих пакетов (V_{Ethernet} – скорость передачи бит/с на физическом уровне; N – число кадров в тестовом файле).

Таким образом, прогнозируя значения задержек $T_{3, \text{ao}}$; $T_{3, \text{к}}$; $T_{3, \text{отв}}$; скорость передачи физического уровня (V_{Ethernet}); размер кадра Ethernet (N_{Ethernet}) и число пакетов FTP в тестовом файле (N), можно рассчитать теоретическую оценку скорости передачи для интернет-соединения (5).

Приведенный анализ терминов «скорость передачи данных» позволяет пользователю понять, каким образом должна измеряться скорость передачи, от чего зависит снижение скорости передачи, а оператору – объективно и достоверно контролировать качество услуги доступа в сеть интернет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Услуги электросвязи. Термины и определения: СТБ 1439–2008. Введ. 01.07.09. – Минск: Госстандарт: Проектный и научно-исследовательский РУП «Гипросвязь» (УП «Гипросвязь»), 2010. – 20 с.
2. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Информационные технологии. Требования к показателям качества интернет-услуг: СТБ П 2236–2011. Введ. от 01.03.2012 до 01.03.2014. – Минск: Госстандарт: Государственное предприятие «НИИ ТЗИ», 2011. – 12 с.
3. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1: 2616. 1999 – Mode of access: <http://www.rfc-editor.org/rfc-index2.html>. Data of access: 27.11.2013.
4. Over TLS: 2818. 2000 – Mode of access: <http://www.rfc-editor.org/rfc-index2.html>. Data of access: 27.11.2013.
5. FTP FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP): 959. 1985 – Mode of access: <http://www.rfc-editor.org/rfc-index2.html>. Data of access: 27.11.2013.
6. OSI International Telecommunication Union. SERIES X: GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT-GENERATION NETWORKS X.200 (11/93): Open Systems Interconnection – Basic Reference Model.
7. Технический регламент ТР 2007/003/БҮ Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь.
8. IEC 60027-2:2005 Обозначения буквенные, применяемые в электронике. Ч. 2. Телекоммуникации и электроника.
9. ГОСТ Р 53728–2009 Качество услуги передачи данных. Показатели качества.
10. «Временная инструкция по проверке наличия и оценке качества услуг, предоставляемых службой передачи данных общего пользования с ретрансляцией кадров», утв. приказом начальника Главгоссвязьнадзора России от 23.09.1998 г. № 68.
11. ETSI EG 202 057-4 V1.2.0 (2008-05) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access.
12. TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL: 959. 1981 – Mode of access: <http://www.rfc-editor.org/rfc-index2.html>. Data of access: 27.11.2013.