

Ромасевич П.В.

D-Link, Волгоград, Россия

**ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ТРАФИКА И ПРЕДЕЛОВ КАНАЛЬНОЙ ЕМКОСТИ
ОДНОКАНАЛЬНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ОГРАНИЧЕННОЙ
ПАМЯТЬЮ ВВОДА-ВЫВОДА В УСЛОВИЯХ САМОПОДОБНОГО ТРАФИКА**

АННОТАЦИЯ

В данной работе предложены формулы оценки средней скорости трафика и, как нижней, так и верхней границы величины канальной емкости интерфейса телекоммуникационной системы с учетом самоподобия трафика, вариации трафика как функции пиковой скорости и объема всплеска трафика, коэффициента использования и ограниченного размера памяти ввода-вывода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Канальная емкость, самоподобный трафик, коэффициент использования, память ввода-вывода, пиковая скорость, объем всплеска трафика, средняя скорость трафика.

Romasevich P.V.

D-Link, Volgograd, Russia

**ASSESSMENT TRAFFIC AVERAGE RATE AND CHANNEL CAPACITY LIMSTS OF
SINGLE-CHANNEL TELECOMMUNICATION SYSTEM WITH LIMITED INPUT-OUTPUT
MEMORY IN THE SELF-SIMILAR TRAFFIC CONDITIONS**

ABSTRACT

In this article is offered an assessment formulas traffic average rate and both the lower and upper bound value of channel capacity interface of telecommunication system taking into account self-similarity of traffic, a traffic variation as functions of peak speed and volume of surge of traffic, utilization coefficient and the limited size of input-output memory.

KEYWORDS

Channel capacity, self-similar traffic, utilization coefficient, memory of input-output, peak speed, volume of traffic surge, average rate.

В связи с динамичным ростом рынка телекоммуникационных услуг и «облачных» сервисов, технология предоставления которых предполагает удаленное и зачастую динамически меняющееся местоположение контента, важнейшее значение имеет непрерывное их обеспечение при разумных финансовых затратах и в связи с этим автоматически встает задача не только кардинальной модернизации телекоммуникационной инфраструктуры, но и предварительной оценки её ключевых параметров, ответственных за качественное предоставление сервисов.

С точки зрения эксплуатации телекоммуникационных сетей, которые, как правило, построены на различном оборудовании с различными параметрами, на практике важна оценка границ значений канальной емкости возможной средней скорости интерфейса узла сети в текущих условиях эксплуатации, который по сути и является одноканальной телекоммуникационной системой, в зависимости от его параметров, при которой потерь пакетов не происходит. Или же, если потери пакетов все же есть, превентивно оценить возможную среднюю скорость трафика с учетом этого факта.

Многочисленные зарубежные и отечественные исследования последнего десятилетия также показали, что трафик в сетях передачи данных проявляет свойства самоподобия [4]. Эффект самоподобия трафика оказывает негативное влияние на производительность сетей передачи данных ввиду значительно большей потребности в буферной памяти телекоммуникационных систем, что является одним из основных факторов, влияющих на величину задержки [4].

Необходимо отметить, что как объект исследования одноканальные телекоммуникационные системы весьма важны, т.к. именно они осуществляют соединения между уровнями иерархии телекоммуникационных сетей и могут являться «узким местом» для всё возрастающих объемов агрегированного трафика с необходимым качеством обслуживания (QoS).

Как показано в [1], [2] и [3], предположение о независимости интервалов между поступающими пакетами и их длинами действительно имеет место в телекоммуникационных сетях с большим количеством интерфейсов и позволяет произвести декомпозицию сложных телекоммуникационных устройств на элементы «канал+интерфейс», рассматривая их отдельно как одноканальные телекоммуникационные системы, найденные параметры которых являются слагаемыми для получения общего результата [6].

Это также справедливо с точки зрения аппаратной архитектуры большого числа сетевых устройств. Со своей стороны, примем допущение, что данные результаты распространяются на сети с самоподобным трафиком.

Зачастую, при построении моделей телекоммуникационных систем принимается допущение, что пакеты в системе не теряются [6]. Это предполагает бесконечность буферной памяти интерфейсов (ввода/вывода), что на практике невыполнимо.

При этом, получаемые в работах по данной тематике результаты напрямую неприменимы на практике ввиду сложности аналитических выражений и наличия в них параметров, которые интуитивно непонятны сетевому инженеру и не могут быть получены им напрямую из технической документации, системы управления устройством или системы мониторинга телекоммуникационной сети при работе специалиста с оборудованием непосредственно на объекте.

Поэтому цель данной работы состояла в получении простых выражений для оценки пределов необходимой канальной емкости и средней скорости трафика интерфейса телекоммуникационного оборудования с ограниченным буфером в условиях самоподобия трафика, которые могут помочь инженеру эксплуатации для конфигурации активного сетевого оборудования в «полевых» условиях.

Особенностью данной работы является то, что оценка необходимой канальной емкости получена не только «снизу», но и «сверху», что может избавить оператора от затрат, связанных с неоправданным расширением каналов.

В [8] получено выражение для оценки необходимой емкости канала при его планируемой загрузке в зависимости от размера буферной памяти используемого интерфейса:

$$C > \left[\frac{1}{2\rho a} \left(\frac{1-\rho}{H} \right)^{2H} \left(\frac{x}{1-H} \right)^{2(1-H)} \right]^{\frac{1}{1-2H}} \quad (1)$$

Где:

C – полоса пропускания канала;

H – параметр Херста;

a – коэффициент вариации трафика;

m – средняя скорость трафика;

x – объем памяти ввода/вывода.

Коэффициент вариации трафика a можно вычислить через его пиковую скорость и объем всплеска следующим образом [7]:

$$a = \frac{h^{2H-1} \cdot \left(\frac{2-2H}{3-2H} \cdot b \right)^{2-2H}}{(3-2H) \cdot (2H-1) \cdot H}, \quad (2)$$

где:

h – скорость всплеска трафика;

b – средний объем всплеска трафика.

С другой стороны, в [9] получена формула для средней задержки одноканальной телекоммуникационной системы:

$$T = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)} \left[\sqrt{\frac{\rho}{C}} \cdot \frac{1}{1-\rho} \right]^{\frac{2H-1}{1-H}} \quad (3)$$

Разрешая данное соотношение относительно H , и выражая $\rho = \frac{m}{C}$, получаем

$$H = \frac{\lg \frac{T\lambda}{\sqrt{m}}}{\lg \frac{T\lambda}{C-m}} \quad (4)$$

Соотношение (4) позволяет без использования трудоемких вычислений сделать оценку параметра Херста, как критерия степени самоподобия, которая, при необходимости, может быть уточнена другими методами [5].

Из формулы (4) можно получить интересное следствие. Поскольку параметр Херста не может быть по определению больше единицы, и среднее значение трафика в канале m по определению меньше C , то после несложных преобразований мы получаем неравенство:

$$m < C < m + \sqrt{m} \quad (5)$$

Как известно, при стремлении параметра Херста к единице, размеры входных очередей начинают бесконечно расти [4], и телекоммуникационная система становится неработоспособной.

Объединяя (1) и (5), как показано автором данной работы в [12], получаем

$$m + \sqrt{m} > C > \left[\frac{1}{2\rho a} \left(\frac{1-\rho}{H} \right)^{2H} \left(\frac{x}{1-H} \right)^{2(1-H)} \right]^{\frac{1}{1-2H}} \quad (6)$$

Поэтому, чтобы в одноканальной телекоммуникационной системе при среднем значении трафика не произошло перегрузки входных очередей, необходимо, чтобы значение пропускной способности C находилось в пределах, определяемом неравенством (6), что может позволить быстро делать предварительные оценки пропускных способностей каналов на этапах эскизного проектирования телекоммуникационных систем. Кроме того, из (5) следует, что необязательно расширять канальную емкость по принципу «чем больше - тем лучше», что может вылиться в дополнительные финансовые затраты.

В многолетней практической работе автора в области телекоммуникаций достаточно часто возникала необходимость превентивной оценки не самого «диаметра трубы» C , который чаще всего уже известен, а средней скорости трафика в канале в зависимости от аппаратных параметров телекоммуникационной системы и параметров трафика.

Если вспомнить работу Норрса [10] и полученный в ней результат

$$C = m + (-2 \cdot (k(H)^2) \cdot \ln \varepsilon)^{\frac{1}{2H}} \cdot a^{\frac{1}{2H}} \cdot x^{\frac{1-H}{H}} \cdot m^{\frac{1}{2H}} \quad (7)$$

то, сравнив его с (5), после несложных преобразований получаем инженерную формулу оценки средней скорости трафика в канале в зависимости от размера памяти ввода-вывода, коэффициента вариации, процента потери пакетов и степени самоподобия трафика:

$$m \approx \left(2a \cdot k(H)^2 \cdot (-\ln \varepsilon) \right)^{\frac{1}{H-1}} x^2 \quad (8)$$

или

$$m \approx \frac{x^2}{(-2a \cdot k(H)^2 \cdot \ln \varepsilon)^{\frac{1}{1-H}}} \quad (9)$$

где $k(H) = H^H (1-H)^{1-H}$, ε - процент потери пакетов.

Из формулы (9) видно, что для достижения определенного значения средней скорости при прочих равных условиях необходимо нелинейно увеличивать размер памяти ввода-вывода, что существенно сказывается на стоимости активного сетевого оборудования.

При этом, данная формула имеет смысл при $0 < H < 1$ и $0 < \varepsilon < 1$, т.к. иначе математически имеет место неопределенности, а в реальности при стремлении этих параметров к единице трафика в канале, по сути, просто не будет из-за полной потери пакетов и перегрузки памяти ввода-вывода [6].

Поскольку ε есть, по сути, является вероятностью потери пакетов и может быть величиной переменной, изменяющейся от 0 до 1, то формула (8) может быть обобщена для конкретного канала связи подстановкой конкретной аналитической функции вероятности потери пакетов, которую

можно достаточно просто получить аппроксимацией эмпирического ряда потери пакетов и оценкой параметра Херста на основе данных из системы мониторинга оператора связи, что и составляет дальнейшие планы по развитию данной работы.

Примером подобного подхода для других параметров конкретной телекоммуникационной системы является работа [11].

Полученные формулы оценки канальной емкости (6) и средней скорости канала (8) достаточно просты и поэтому могут быть применимы в практической работе инженерами служб эксплуатации телекоммуникационных сетей для адекватной конфигурации активного сетевого оборудования и предварительной оценки параметров телекоммуникационных инфраструктур различного назначения для качественного предоставления услуг через них.

Литература

1. Л.Клейнрок, Коммуникационные сети, М., Наука, 1970, 255 с.
2. Л.Клейнрок, Вычислительные системы с очередями, М., Мир, 1979, 598 с.
3. Л.Клейнрок, Теория массового обслуживания, М., Машиностроение, 1979, 432 с.
4. О.И.Шелухин, А.М.Тенякшев, А.В.Осин. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. – М., Радиотехника, 2003. – 479 с.
5. П.В.Ромасевич, Оценка влияния параметров телекоммуникационной системы на среднее время задержки в условиях самоподобного трафика // Инфокоммуникационные технологии. – 2005. – №3. – С. 21-26.
6. В.Столлинкс, Современные компьютерные сети – М., Питер, 2003. – 782 с.
7. Ромасевич П.В., Адаптивная телекоммуникационная система как средство реализации качества обслуживания в сетях с интенсивным трафиком // Инфокоммуникационные технологии, 2006, - №3. С. 21-26.
8. Ромасевич П.В., Оценка необходимой канальной емкости телекоммуникационной системы с ограниченной буферной памятью в условиях самоподобного трафика, Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», Москва, 2014, с.456-461, ISBN 978-5-9556-0165-6
9. П.В.Ромасевич, Метод первоначальной оценки канальной емкости телекоммуникационной системы при самоподобном трафике, III научно-практической конференции «Проблемы передачи информации в телекоммуникационных системах». – Волгоград, 2011.
10. Norros I. On the Use of Fractal Brownian Motion in the Theory of Connectionless Networks// IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – Aug. 1995. – Vol.13, №6. – Pp.953-962.
11. П.В.Ромасевич, Аналитическая модель магистрального канала оператора MetroEthernet, Ученые записки Института социальных и гуманитарных знаний. – Казань, 2016, с. 69-73, ISSN 2078-6980
12. П.В.Ромасевич, Оценка пределов канальной емкости телекоммуникационной системы с ограниченной памятью ввоза-вывода в условиях самоподобного трафика, Ученые записки Института социальных и гуманитарных знаний. – Казань, 2016, с. 74-78, ISSN 2078-6980

References

1. L.Kleyrnok, Kommunikatsionnye seti, M., Nauka, 1970, 255 s.
2. L.Kleyrnok, Vychislitel'nye sistemy s ocheredyami, M., Mir, 1979, 598 s.
3. L.Kleyrnok, Teoriya massovogo obsluzhivaniya, M., Mashinostroenie, 1979, 432 s.
4. O.I.Shelukhin, A.M.Tenyakshv, A.V.Osin. Fraktal'nye protsessy v telekommunikatsiyakh. – M., Radiotekhnika, 2003. – 479 s.
5. P.V.Romasevich, Otsenka vliyaniya parametrov telekommunikatsionnoy sistemy na srednee vremya zaderzhki v usloviyakh samopodobnogo trafika // Infokommunikatsionnye tekhnologii. – 2005. – №3. – S. 21-26.
6. V.Stollings, Sovremennyye komp'yuternye seti – M., Piter, 2003. – 782 s.
7. Romasevich P.V., Adaptivnaya telekommunikatsionnaya sistema kak sredstvo realizatsii kachestva obsluzhivaniya v setyakh s intensivnym trafikom // Infokommunikatsionnye tekhnologii, 2006, - №3. S. 21-26.
8. Romasevich P.V., Otsenka neobkhodimoy kanal'noy emkosti telekommunikatsionnoy sistemy s ogranichennoy bufernoy pamyat'yu v usloviyakh samopodobnogo trafika, Sbornik izbrannykh trudov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie», Moskva, 2014, s.456-461, ISBN 978-5-9556-0165-6
9. P.V.Romasevich, Metod pervonachal'noy otsenki kanal'noy emkosti telekommunikatsionnoy sistemy pri samopodobnom trafike, III nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy peredachi informatsii v telekommunikatsionnykh sistemakh». – Volgograd, 2011.
10. Norros I. On the Use of Fractal Brownian Motion in the Theory of Connectionless Networks// IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – Aug. 1995. – Vol.13, №6. – Pp.953-962.
11. P.V.Romasevich, Analiticheskaya model' magistral'nogo kanala operatora MetroEthernet, Uchenye zapiski Instituta sotsial'nykh i gumanitarnykh znaniy. – Kazan', 2016, s. 69-73, ISSN 2078-6980
12. P.V.Romasevich, Otsenka predelov kanal'noy emkosti telekommunikatsionnoy sistemy s ogranichennoy pamyat'yu vvoza-vyvoda v usloviyakh samopodobnogo trafika, Uchenye zapiski Instituta sotsial'nykh i gumanitarnykh znaniy. – Kazan', 2016, s. 74-78, ISSN 2078-6980.

Поступила 11.10.2016

Об авторах:

Ромасевич Павел Владимирович, региональный менеджер компании D-Link по Волгоградской, Астраханской областям и республике Калмыкия, доцент кафедры «Телекоммуникационных систем» Волгоградского государственного университета, кандидат технических наук, romasevich@dlink.ru.