

Влияние характера трафика на эффективность работы конечных и транзитных узлов сетей Ethernet

Traffic nature impact on the effectiveness of Ethernet networks end and transit nodes

Лохтуров А. В.¹, Филимонов А. А.²

¹Лохтуров Андрей Вячеславович / Lohturov Andrey Vjacheslavovich – бакалавр, кафедра компьютерных систем и сетей;

²Филимонов Андрей Александрович / Filimonov Andrey Aleksandrovich – бакалавр, кафедра систем обработки информации и управления, МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва

Аннотация: в статье рассмотрено влияние характера трафика на производительность сети. Изначально общепринятой моделью трафика сети Ethernet было Пуассоновское распределение, однако множество исследований показывает, что трафик в сети является самоподобным. Требования к производительности и объемам буферной памяти для этих моделей существенно разнятся.

Ключевые слова: сеть Ethernet, буферная память узла сети, параметр Херста, производительность сети Ethernet.

Введение

Бурный рост потребности пользователей в Internet-ресурсах значительно опережает развитие технологий передачи данных в локальных и глобальных компьютерных сетях. Вследствие этого требуются постоянная оптимизация и модернизация существующего оборудования с целью увеличения производительности, безопасности и надежности сетей.

Производительность компьютерных сетей зависит от многих параметров, среди них: пропускная способность коммутационных интерфейсов и задержки в сети. Несмотря на то, что при проектировании сети основное внимание обращается на пропускную способность интерфейсов, задержки, производимые в любом коммутационном оборудовании, могут существенно влиять на общую эффективность сети. Одной из причин появления задержек является буферизация информации в конечных и транзитных узлах сети Ethernet. Для определения эффективного размера буферной памяти необходимо учитывать характер трафика, поступающего из сети.

Дополнительную сложность в определении требований к используемому оборудованию создают его разработчики и производители, которые скрывают информацию об внутреннем устройстве оборудования и используют его компонентах из-за коммерческой тайны.

Анализ трафика

Мониторинг и анализ трафика в сегменте сети Ethernet, т.е. установление интенсивности передаваемых кадров и их размеров, дает возможность своевременного обнаружения «узких мест» в сети и принятия надлежащих мер по устранению перегрузки либо путем замены аппаратного обеспечения узла сети, либо путем перенаправления потоков кадров, с целью повышения общей производительности транспортной системы сети и предотвращения возможных потерь кадров.

На ранних стадиях развития компьютерных сетей общепринятой моделью трафика в транспортных системах была модель с пуассоновским распределением интервалов времени между кадрами и экспоненциальным распределением размеров самих кадров в сетях Ethernet, которая при высоких нагрузках на интерфейсы узлов приводила к весьма существенным расхождениям между теоретическими и экспериментальными результатами. Такая ситуация сложилась из-за того, что изначально сети Ethernet рассчитывались так же, как телефонные. Позже было выявлено явление самоподобия (автомодельности) компьютерного сетевого трафика, поэтому, начиная с середины 90-х годов прошлого столетия, началось бурное исследование самоподобных процессов передачи информации в сетях с различными технологиями, которые и продолжается по сей день [1].

Параметр Херста

Одним из признаков самоподобия случайных процессов является параметр Херста. Он был назван по имени Х. Е. Херста, посвятившего свою жизнь изучению Нила и других рек, а также проблемам хранения воды. Херст обнаружил, что уровень воды Нила за 800-летний период наблюдений носит случайный характер и имеет признаки самоподобия. Он заметил, что краткосрочные и долгосрочные характеристики весьма схожи, и занялся проблемой проектирования идеального резервуара для регулирования потока Нила на основании записей наблюдений за его уровнем. Идеальный резервуар должен обеспечивать постоянный поток, равный среднему входному потоку, который никогда не переполнится и никогда не иссякнет. Это очень похоже на идеальный буфер транзитного или оконечного узла сети.

Херст обнаружил, что для многих природных явлений, включая расход воды в реках, отложения осадочных пород и годовые кольца деревьев, отношение R/S , названное им масштабируемым диапазоном (rescaled range) как функция N , хорошо описывается следующей эмпирической формулой для больших значений N : $R/S \sim (N/2)^H$ при $H \geq 0,5$. Здесь R является диапазоном изменения случайной величины со

среднеквадратичным отклонением S в последовательности из N этих случайных величин. Показатель H получил название параметра Херста.

Можно показать, что для любого краткосрочного процесса отношение R/S становится асимптотически пропорциональным, то есть $H=0,5$. Херстом было найдено большое количество явлений со значениями H , варьирующимися в диапазоне от 0,7 до 0,9. Большие значения параметра H предполагают большую степень изменчивости данных. Впоследствии были разработаны и иные методы определения параметра Херста [1].

Большая изменчивость данных заставляет задуматься о резервировании или расширении многих элементов простейших СМО, а именно так можно представить конечные и транзитные узлы сети. Увеличение эффективности СМО может идти тремя путями: увеличение размера буфера, увеличение скорости работы узлов или увеличение количества параллельных узлов. В рамках компьютерных сетей последний путь увеличения эффективности приведёт к неоправданным финансовым затратам, а второй полностью реализует свой потенциал только если смена оборудования на более производительное произошла на этапе проектирования будущей сети. Первый путь позволяет при сравнительно меньших затратах увеличить производительность сети.

Также необходимо учитывать особенности трафика. Если в TCP-соединении возможность потери пакетов существенно снижена за счет постоянной проверки целостности данных и факта получения/отправки пакета, то в UDP-сессии возможность потери части данных вполне вероятна. Рассмотрим влияние характера трафика на сеть более подробно.

Влияние характера трафика на эффективность работы узлов сети Ethernet

Впервые о влиянии характера трафика в Ethernet-сетях на их производительность было заявлено в статьях Леланда, Тегги, Вилленджера и Вильсона [1], которые доказывали недостоверность предположения о пуассоновском потоке при моделировании Ethernet-трафика. В результате исследований они выяснили, что Ethernet-трафик является самоподобным с параметром Херста $H = 0,9$. Важным открытием явилось установление факта зависимости параметра Херста от нагрузки на сеть.

На рис. 1 представлены зависимости задержки пакетов в сетях Ethernet от нагрузки на сеть при использовании модели теории очередей для Пуассоновского процесса и экспериментальных данных [1].

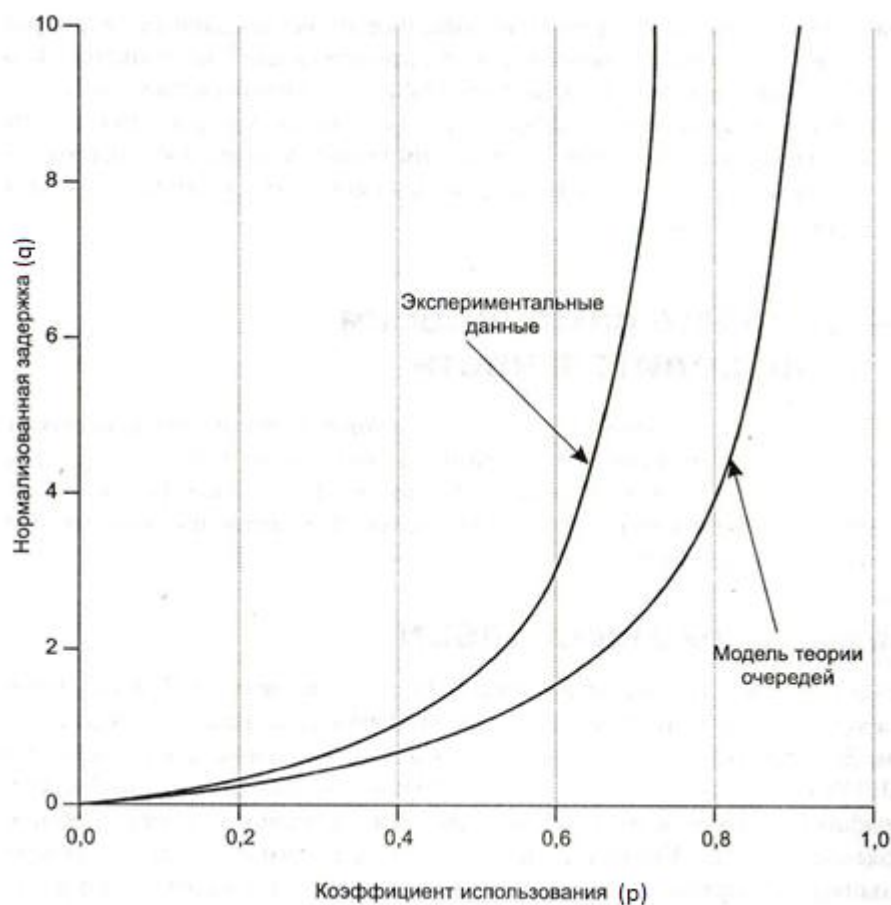


Рис. 1. Зависимость задержки пакетов от коэффициента использования

Модель теории очередей базировалась на предположении о том, что мультиплексирование большого количества независимых потоков даёт в результате Пуассоновский процесс. Результаты анализа показали, что мультиплексирование самоподобных потоков приводит к самоподобному процессу, при котором длительность задержек будет более высокой, чем при Пуассоновском процессе, и, следовательно, потребуются буферы увеличенного размера.

Влияние параметра Херста на эффективность работы узлов сети Ethernet

В работе И. Норроса [2] была разработана аналитическая модель с самоподобным поведением на базе процесса дробного броуновского движения (FBM – Fractional Brownian Motion), являющегося нагрузкой для буферной памяти бесконечного размера с постоянным временем обслуживания. В результате исследований получена зависимость потребного объема буфера q от среднего коэффициента использования (или от нагрузки) ρ :

$$q = \left(\frac{\rho^{\frac{1}{1-H}}}{(1-\rho)^H} \right)^{\frac{1}{1-H}},$$

где H – параметр Херста.

При $H = 0,5$ зависимость упрощается:

$$q = \frac{\rho}{1-\rho}.$$

Этот результат справедлив для классической системы массового обслуживания с экспоненциально распределенным временным интервалом между заявками, поступающими в систему, и экспоненциально распределенной длительностью их обслуживания (система M/M/1). Для системы с постоянным временем обслуживания (M/D/1) классическая теория очередей дает зависимость:

$$q = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{\rho^2}{2 \cdot (1-\rho)}.$$

На рис. 2 представлены результаты расчетов q при параметрах Херста $H = 0,9$ и $H = 0,75$ [1].

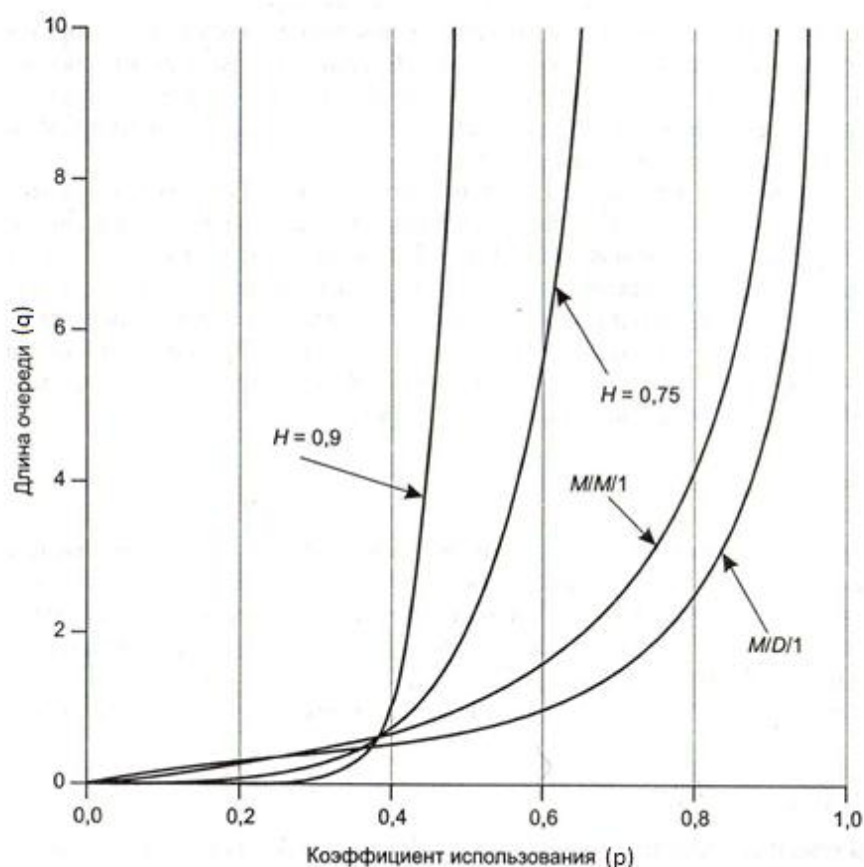


Рис. 2. Зависимости длины очереди от коэффициента использования для различных моделей запоминающих устройств

Заключение

В статье рассмотрено влияние самоподобного трафика на общую эффективность работы конечных и транзитных узлов сети Ethernet.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что для самоподобного трафика потребности в объеме буферной памяти начинают стремительно расти при коэффициенте использования, близком к 0.5. Это факт весьма важен при проектировании буферов транзитных и оконечных узлов компьютерных систем, так как для самоподобного трафика потребуются объемы буферной памяти гораздо большего размера, чем предсказывает классическая теория очередей при стремлении достичь высоких уровней коэффициента использования.

Литература

1. *Столлингс В.* Современные компьютерные сети. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003, – с. 286-289, 782.
2. *Norros I.* A storage model with self-similar input, *Queueing Systems*, vol. 16, PP. 387-396, 1994.
3. *Иванов И. П.* Математические модели, методы анализа и управления в корпоративных сетях. Автореферат дис. докт. техн. наук. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2010, – 34 с.
4. *Иванов И. П., Кондратьев А. Ю., Лохтуров В. А.* Модернизация процесса измерений интервалов времени в операционных системах современных компьютеров. – М.: Вестник МГТУ. Приборостроение. – 2012. - № 4. с. 44-59.
5. *Иванов И. П., Бойченко М. К., Кондратьев А. Ю., Лохтуров В. А., Колобаев Л. И., Рыженко Д. С.* - НИР «Разработка математических моделей сетевых интерфейсов оконечных узлов локальных вычислительных сетей» - МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
6. *Hurst H., Black R. and Simaika Y.* Long-term Storage: An Experimental Study, London: Constable, 1965.
7. *Erramilli A., Narayan O., and Willinger W.* Experimental Queuing Analysis with Long-Range Dependent Packet Traffic, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, April 1996.
8. *Клейнрок Л.* Вычислительные системы с очередями, – М.: Мир, 1979 – 595 с.