

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОММУТАТОРОВ ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ

Институт компьютерных технологий
Национального авиационного университета

Рассмотрена необходимость разработки адекватных математических моделей, отражающих свойства сетевых процессов. Получена сравнительная оценка коэффициентов относительной эффективности коммутаторов третьего уровня по сравнению с маршрутизаторами в зависимости от степени самоподобия трафика и загрузки сети, позволяющая сделать вывод о целесообразности применения коммутаторов третьего уровня в современных сетях

Введение

Современные сети передачи данных характеризуются сложной многоуровневой архитектурой и широким спектром устройств, но развитие сетевых технологий, совершенствование сетевого и терминального оборудования происходит в настоящее время, фактически, «методом проб и ошибок». Предлагается новое решение имеющейся проблемы (технология, устройство, протокол, алгоритм и др.), которое продвигается для немедленного внедрения параллельно с публичным обсуждением, апробацией и опытной эксплуатацией, несмотря на имеющиеся недоработки, как явные, так и, тем более, скрытые. В дальнейшем недостатки обнаруживаются, и разрабатываются способы и устройства для их устранения. Такой подход обусловлен следующими причинами.

Прежде всего, производитель в условиях конкуренции на рынке информационно-телекоммуникационных услуг хочет как можно быстрее внедрить новое решение, чтобы получить максимальную прибыль на пике популярности.

Часто инженеры-разработчики увлекаются нагромождением новых технических решений просто «из любви к искусству» – в ущерб стоимости, простоте производства и эксплуатации, что, в конечном счете, приводит к снижению эффективности функционирования разрабатываемого оборудования или программного обеспечения.

Исследования, разработки и производство высокотехнологичного оборудования для сетей сосредоточены в нескольких крупнейших компаниях, которые никогда не раскрывают детали новых технологий. Пользователь не имеет возможности ремонта и, тем более, модернизации приобретенного оборудования. Отказавшие узлы и элементы заменяются производителем или его уполномоченными представителями.

Потребителю, не успевающему глубоко изучить все теоретические и технические тонкости предлагаемых решений, приходится верить на слово производителю и соглашаться на усложнение и удорожание своих сетей, часто совершенно необоснованное и ненужное.

Если раньше при развертывании компьютерных сетей достаточно было пользоваться интуитивными соображениями и здравым смыслом, то теперь становится необходимым владеть математическим аппаратом, позволяющим рассчитать оптимальную структуру отдельных сегментов и устройств, а подчас и облик всей сети в целом. В сложных современных задачах при помощи интуиции и «физического смысла» удается сконструировать лишь весьма посредственные структуры, которые, как правило, могут быть заменены более совершенными, если обратиться к систематической теории.

В настоящее время наблюдается большой интерес к методам анализа и оптимизации компьютерных и объединен-

ных сетей, их интеллектуализации, конвергенции, созданию так называемых «сетей новых поколений», к внедрению самонастраивающихся систем управления в компьютерные сети. Существует достаточно примеров таких систем, разработок различных протоколов и технологий, но возникает проблема с систематизацией в этой области знаний, с освещением вопроса, какое место математический аппарат теории сетей занимает в задачах построения сетей, и, наконец, с разработкой обоснованной терминологии. Пробелы в указанных отношениях имеют место даже в работах ведущих специалистов в этой области.

Таким образом, смена технологий, технических решений и самих принципов построения сетей сопровождается закрытостью характеристик сетевого оборудования и, как результат, низкой эффективностью использования сетевых ресурсов. Одновременно теоретическая наука не успевает за технологическими разработками и попытками скорейшего внедрения новых решений.

Долгое время считалось, что природа сетевого трафика соответствует пуассоновскому процессу, но многочисленные современные исследования свидетельствуют о том, что поведение трафика компьютерных сетей успешно моделируется при помощи так называемого самоподобного процесса. Самоподобный процесс часто носит взрывной характер, что выражается в возможности наличия выбросов во время относительно низкой скорости поступления событий. Применительно к трафику самоподобие выражается в неизменности поведения при изменении временных масштабов наблюдения и сохранения склонности к всплескам при усреднении по шкале времени. Самоподобие можно расценивать как фундаментальное статистическое свойство сетевого трафика, которое необходимо учитывать при расчете характеристик качества обслуживания в сетях, измерении и управ-

лении основными параметрами качества обслуживания реальных систем и сетей, а также в процессе разработки оптимальных с точки зрения *QoS* технических решений при проектировании новых сетей [1].

Таким образом, для повышения эффективности управления процессами в высокоскоростных компьютерных сетях необходимо формирование адекватных математических моделей, отражающих свойства сетевых процессов.

Постановка задачи

В работе [2] были рассмотрены преимущества использования коммутаторов третьего уровня по сравнению с маршрутизаторами в компьютерных сетях. Сделан вывод, что заменяя маршрутизатор коммутатором 3-го уровня, можно обеспечить скорости маршрутизации, близкие к скоростям коммутации, таким образом повышая производительность сети. Подчеркивалось, что для самоподобного трафика, характеризующегося «пачечностью» и высокой степенью группирования пакетов, наиболее выгоден метод потоковой маршрутизации, который предполагает идентификацию потоков IP-пакетов с одними и теми же отправителем и получателем и использование классического способа маршрутизации только для первого пакета потока с последующей обработкой остальных пакетов на основании опыта первого (или нескольких первых).

Также была получена формула, позволяющая найти отношение изменения задержки запроса в системе для коммутатора $\Delta\tau_s$ к изменению задержки запроса для маршрутизатора $\Delta\tau_r$ при изменении коэффициента использования сети ρ для маршрутизатора от ρ_{or} до ρ_r в зависимости от степени самоподобия трафика, характеризующегося параметром Херста H :

$$\frac{\Delta\tau_s}{\Delta\tau_r} = N^{\frac{1-H}{H-1/2}} \times \left(\frac{(1-\rho_r)(1-\rho_{or})}{(N-\rho_r)(N-\rho_{or})} \right)^{\frac{H}{1-H}} \times \frac{\rho_r^{\frac{1}{2(1-H)}} (N-\rho_{or})^{\frac{H}{1-H}} - \rho_{or}^{\frac{1}{2(1-H)}} (N-\rho_r)^{\frac{H}{1-H}}}{\rho_r^{\frac{1}{2(1-H)}} (1-\rho_{or})^{\frac{H}{1-H}} - \rho_{or}^{\frac{1}{2(1-H)}} (1-\rho_r)^{\frac{H}{1-H}}}, \quad (1)$$

где N – константа, показывающая, во сколько раз интенсивность обслуживания запросов для коммутатора выше, чем для маршрутизатора.

Как было показано в работе [2], эффективность использования коммутаторов по сравнению с маршрутизаторами целесообразно рассматривать для значений коэффициента использования сети, начиная с $\rho=0,5$. Поэтому расчеты по формуле (1) производились для $\rho_{or}=0,5$. Анализировались значения $2 \leq N \leq 10$.

По результатам расчетов был сделан вывод, что при увеличении параметра Херста H отношение $\Delta\tau_s/\Delta\tau_r$ уменьшается, т. е. эффективность применения коммутатора по сравнению с маршрутизатором возрастает с увеличением свойства самоподобия трафика. Однако необходимо исследовать степень увеличения этого выигрыша для различных видов трафика

в зависимости от параметра Херста H , а также при различных значениях коэффициента использования сети ρ .

Оценка эффективности коммутаторов третьего уровня

На основании формулы (1) введем коэффициент эффективности применения коммутатора по сравнению с маршрутизатором K , равный

$$K = \left(\frac{\Delta\tau_s}{\Delta\tau_r} \right)^{-1}. \quad (2)$$

По формулам (1) и (2) рассчитаем зависимость коэффициента эффективности K от коэффициента использования сети ρ для самоподобного трафика с параметром Херста $H=0,8$, допуская, что интенсивность обслуживания запросов для коммутатора выше, чем для маршрутизатора, в $N=2$ и $N=10$ раз (рис. 1.).

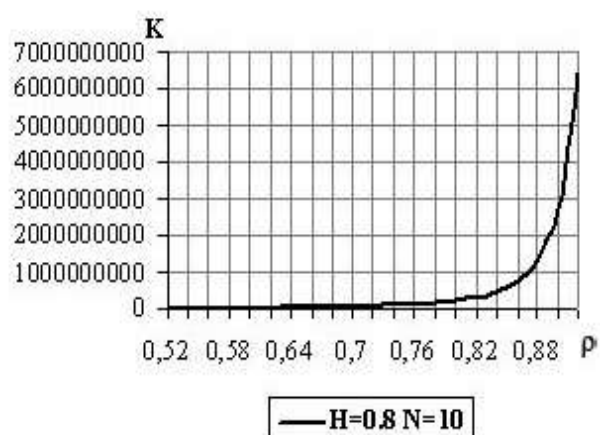
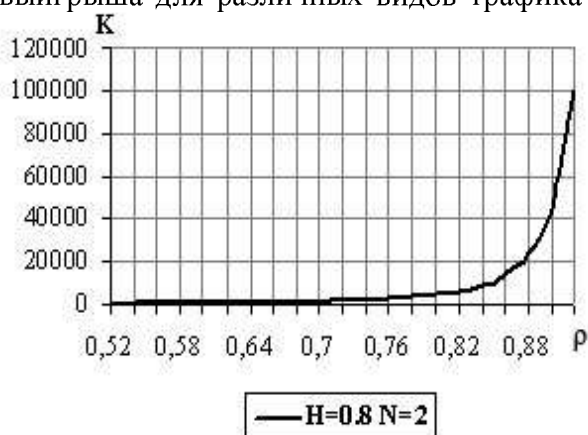


Рис. 1. Зависимость коэффициента эффективности применения коммутатора по сравнению с маршрутизатором K от коэффициента использования сети ρ

Из рис. 1 видно, что характер изменения коэффициента эффективности K не зависит от значения N . Также наблюдается резкое увеличение K при $\rho > 0,88$, т. е. эффективность применения коммутатора по сравнению с маршрутизатором увеличивается при увеличении коэффициента использования сети ρ , особенно, когда сеть нагружена более, чем на 80%.

Пользуясь формулами (1) и (2), рассчитаем также значения коэффициента эффективности K для самоподобного трафика с параметром Херста H от 0,5 до 0,95 при значениях коэффициента использования сети ρ от 0,52 до 0,98, принимая $N=5$, $\rho_{or}=0,5$. Результаты расчетов прологарифмируем по основанию 10 для большей графической наглядности полу-

ченной зависимости и сведем в таблицу, на основании которой построим трехмерный график (рис. 2).

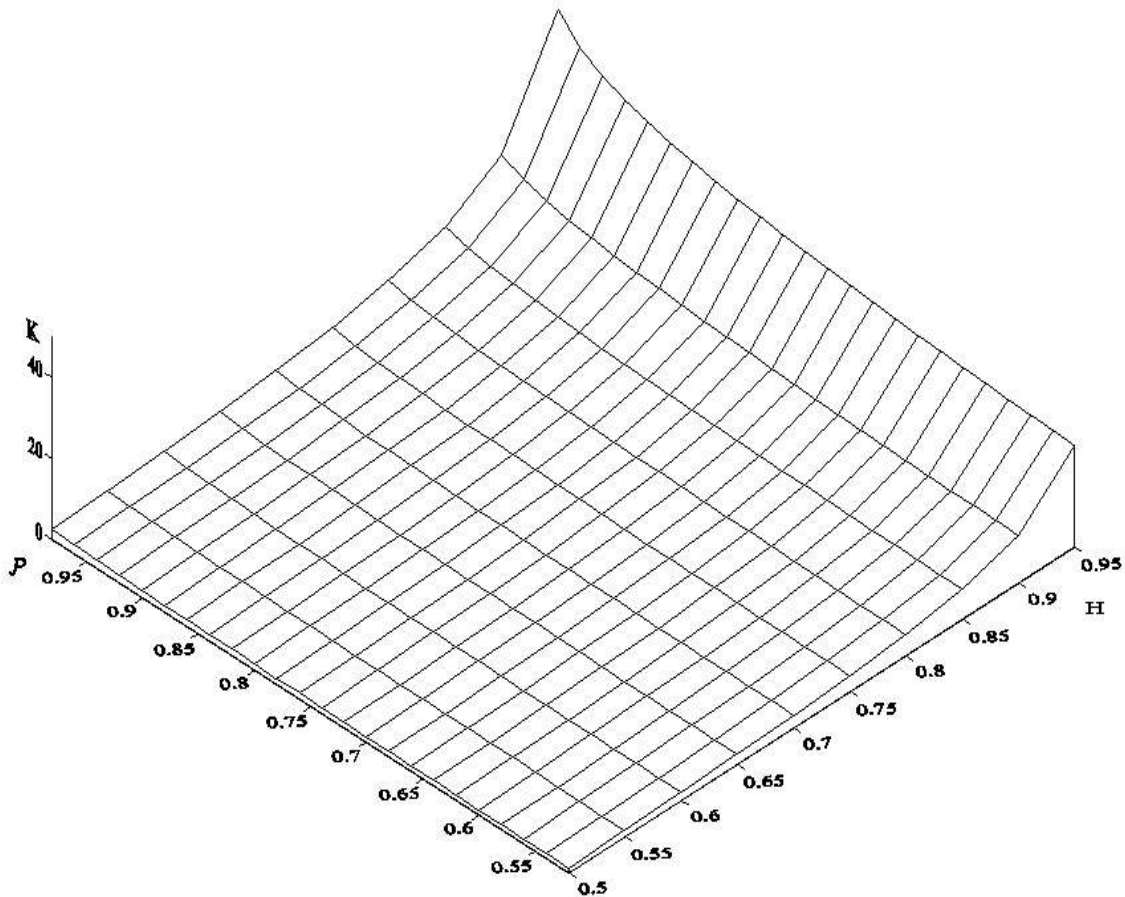


Рис. 2. Зависимость коэффициента эффективности применения коммутатора по сравнению с маршрутизатором K от параметра Херста H и коэффициента использования сети ρ

Полученный график позволяет сделать вывод, что эффективность применения коммутатора по сравнению с маршрутизатором возрастает при увеличении параметра Херста H и коэффициента использования сети ρ .

Выводы

Математические методы синтеза, расчета и проектирования компьютерных сетей с течением времени приобретают все большее значение. Для разработки оптимальных с точки зрения качества обслуживания технических решений при проектировании сетей необходима разработка адекватных математических моделей, учитывающих, в частности, свойство самоподобия сетевого трафика. Проведенные исследования подтверждают целесообразность использования коммута-

торов третьего уровня вместо маршрутизаторов в современных сетях, трафик которых характеризуется высокой степенью самоподобия.

Список литературы

1. Крылов В.В., Самохвалова С. С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2005. – 288 с.
2. Кудзиновская И.П. Исследование относительной эффективности коммутаторов третьего уровня // Проблемы інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 2(24). – С. 120–124.