

Виноградов Н.А., д-р. техн. наук
Лесная Н.Н.,
Савченко А.С., канд. техн. наук
Колисник Е.В., канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕЗНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ

Институт компьютерных технологий
Национальный авиационный университет

Исследованы характеристики полезной пропускной способности сетей различного назначения в условиях переменной нагрузки, наличия потерь пакетов и повторных передач. Приведены графики расчетных зависимостей полезной пропускной способности от относительной нагрузки на сеть

Введение

К современным компьютерным сетям предъявляются высокие требования, в первую очередь, передача различных видов трафика, например, данных и мультимедиа (голос, видео), с заданным уровнем качества. Решение данной задачи может быть достигнуто путем избыточного резервирования ресурсов сети. Очевидным недостатком такого подхода является высокая плата за ресурсы, которые не используются.

Другим путем достижения цели может быть перераспределение ресурсов между пользователями таким образом, чтобы обеспечить требуемый уровень *QoS*. В таком случае необходимо чтобы сеть могла справиться с пиковыми нагрузками, т.е. необходимы эффективные методы управления сетью, в частности борьбы с перегрузками.

Следует отметить, что эффективного алгоритма управления сетью в критических ситуациях не существует. Функции существующих систем управления сводятся в основном к мониторингу состояния сети и распространении информации о наступившей перегрузке на определенном участке. В ориентированных на установление соединения сетях управление потоком осуществляется, как правило, по индивидуальным соединениям. В таком случае применяются методы явной сигнализации о перегрузке. Чаще всего от

точки возникновения перегрузки в обратном направлении посылаются пакеты, предупреждающие о заторе. В сетях, не ориентированных на соединение, например, в объединенных *IP*-сетях, обычно используется неявная сигнализация о перегрузке. Источник приходит к выводу о наличии перегрузки, основываясь на локальных наблюдениях, например, по значению интервала времени, требующегося для получения подтверждения.

Основной задачей эффективного алгоритма управления сетью должна быть не борьба с перегрузками, а именно их предотвращение, то есть создание таких условий работы сегмента сети, при которых вероятность потерь пакетов и, как следствие, повторных передач является малой величиной, а сами такие события – редкими. Соответственно, коэффициент использования полезной пропускной способности сети будет близок к единице [2].

Традиционно применяемое грубое правило [5], что 80-процентное заполнение очереди считается предупреждением о перегрузке, а при самоподобном трафике – значительно раньше, может оказаться не всегда адекватным. Кроме того, у сетей, построенных на разных технологиях, эти значения могут сильно отличаться друг от друга.

При анализе влияния коэффициента загрузки сети на процент передачи полезной пропускной способности использу-

ються, в основному, якісні характеристики типу «управляемая» або «серьезная» навантаження, які не несуть ін-

формації про кількісне значення (рис. 1).

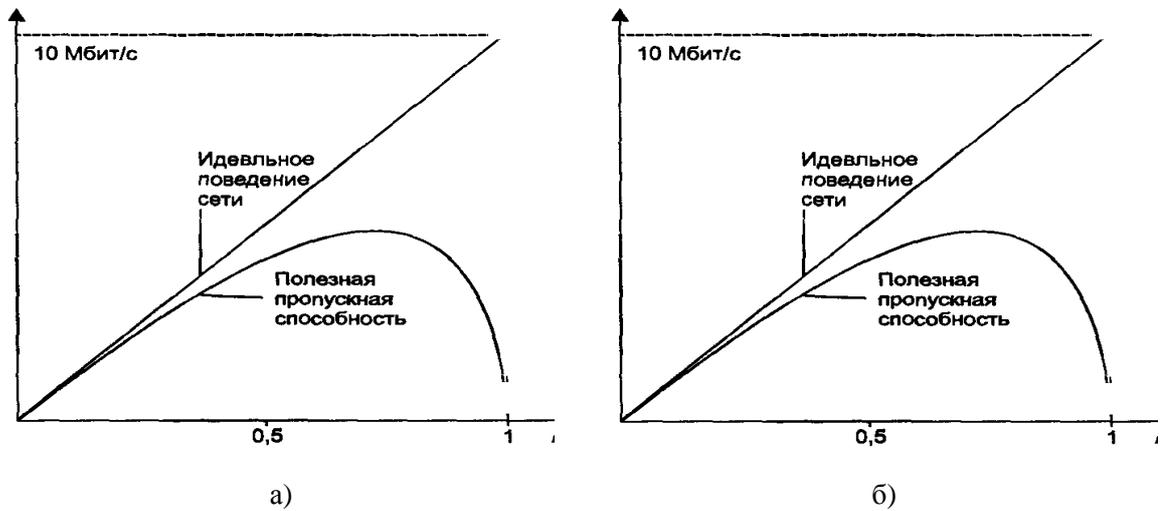


Рис. 1. Залежність корисної пропускної спроможності мережі від коефіцієнта використання: а) [4]; б) [6]

Кількісні характеристики і методи розрахунку критичних значень коефіцієнта навантаження для різних типів мереж не приводяться. Тому актуальною задачею є дослідження корисної пропускної спроможності при різних характеристиках потоків і технологіях побудови мережі.

На рис. 2 зображені графіки загальної і корисної пропускної спроможності мережі для різних співвідношень між початковою інтенсивністю входного потоку λ_0 і інтенсивністю обслуговування

μ при найпростішому і самоподібному входному потоку.

Таким чином, корисна, або реальна, пропускна спроможність мережі з комутуємим доступом (ATM або «чистих» IP мереж) близька до теоретичної пропускної спроможності тільки при достатньо малих коефіцієнтах використання. При насиченні мережі до теоретичного межі доводиться обробляти все більше число повторно передаваних пакетів. Мережа починає працювати практично «на себе».

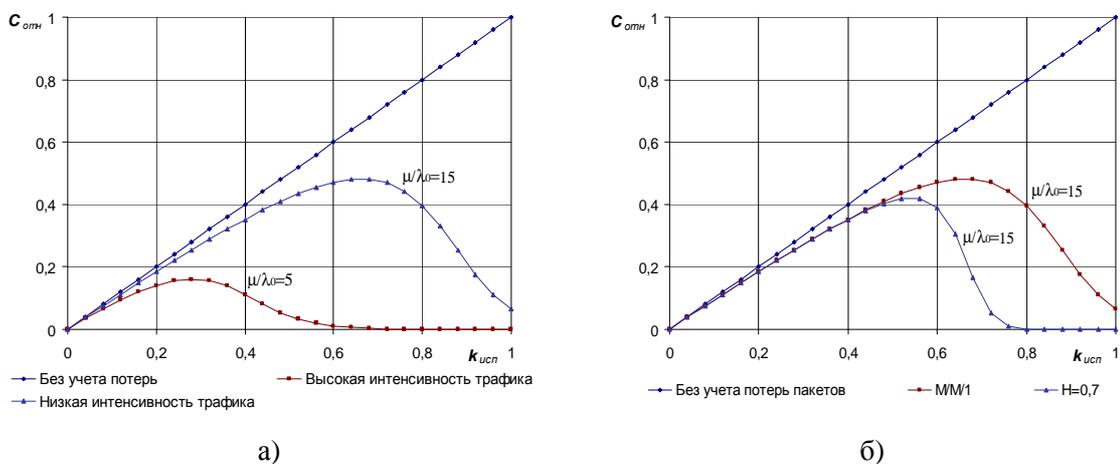


Рис. 2. Реальна пропускна спроможність мережі з комутацією пакетів при втраті та повторних передачі пакетів: а) для моделі М/М/1; б) для моделі М/М/1 і моделі з самоподібними властивостями трафіка при значенні параметра Херста $H = 0,7$

Поэтому необходимо предусматривать большой «запас прочности» – пропускная способность сети должна быть значительно больше, чем максимальная ожидаемая интенсивность трафика. Соответственно, и перегрузка в сегменте сети наступает раньше, чем это предполагалось. При этом запас коэффициента использования сети для случая самоподобного трафика должен быть еще больше, чем для пуассоновского трафика.

При наличии последствия в последовательности заявок (пакетов) поток уже не является простейшим, однако, он хорошо описывается распределением Эрланга различных порядков [3]. На рис. 3 изображены графики зависимости полезной пропускной способности сети от коэффициента использования для трафика с распределением Эрланга и разными значениями порядка k .

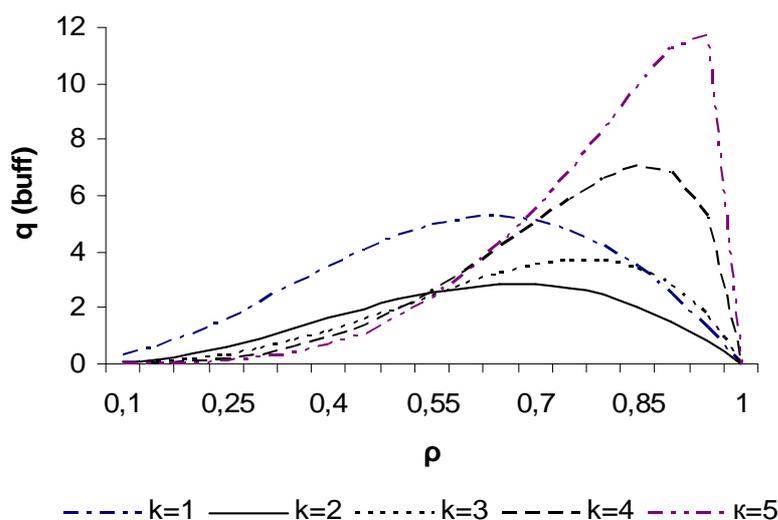


Рис. 3. Зависимость относительной пропускной способности сети от коэффициента использования при разных видах трафика с распределением Эрланга

Проанализируем влияние эффекта самоподобия трафика на уровень критической загрузки локальной сети, построенной по технологии *Ethernet* со случайным доступом к общей разделяемой среде. Поэтому проблема ограничения коэффициента использования сети является еще более острой по причинам, связанным именно с принципами работы, заложенными в этой технологии.

Под идеальным трафиком будем понимать отсутствие коллизий. Видно, что производительность сети убывает уже при коэффициенте использования, превышающем значение 0,5...0,6.

Как отмечалось выше, при увеличении коэффициента использования сети – отношения пропускной способности к интенсивности трафика – все большая часть ресурса тратится на обработку коллизий. При стремлении коэффициента к

единице, будет стремиться к единице вероятность коллизий и, соответственно, появление все новых и новых *jam*-последовательностей. Пытаясь обрабатывать коллизии, сеть перестает пропускать полезную информацию и будет работать только на повторные передачи. При обосновании предельно допустимого коэффициента использования сети необходимо учитывать риск возникновения такой ситуации.

Решение таких задач требует в первую очередь исследования входящего потока, а также длительности обслуживания отдельного требования. В теории массового обслуживания доказано, что поток без последствия, являющийся суммой большого числа независимых между собой случайных потоков, каждый из которых мал по сравнению с суммой остальных, был близок к простейшему

[3]. Пуассоновский поток появляется не только при суммировании большого числа независимых стационарных потоков, но и при других операциях.

Рассчитаны асимптотические характеристики критического уровня за-

грузки сети с общей разделяемой средой для пуассоновского трафика и самоподобного трафика с разными параметрами Херста (рис. 4).

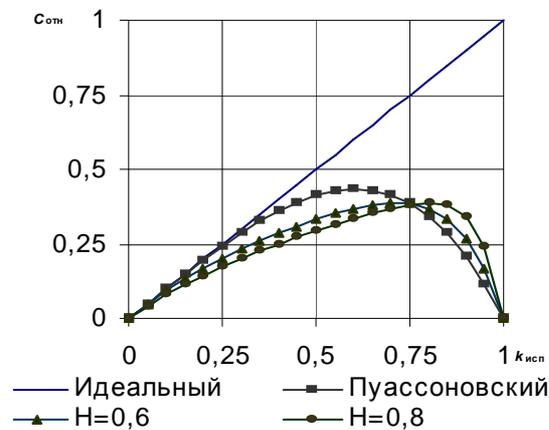


Рис. 4. Зависимость относительной пропускной способности сети *Ethernet* от коэффициента использования при разных видах трафика данных (N – параметр Херста самоподобного трафика)

Выводы

1. Гетерогенность современных сетей, в которых циркулирует разнородный трафик с заданным уровнем качества обслуживания – объективный процесс. Для учета гетерогенности требуется совершенствование существующих алгоритмов управления сетью или хотя бы сегментом сети.

2. Для управления необходимо знать, какой коэффициент загрузки может стать критическим для сети, построенной по той или иной технологии. В литературе приводятся характеристики типа «управляемая» или «серьезная» перегрузка, которые не несут информации о количественных оценках. Критические значения и методики их расчета для различных типов сетей не приводятся.

3. В статье приведены результаты анализа полезной пропускной способности для наиболее распространенных технологий построения сетей, а именно: сетей с коммутируемым доступом (ATM и «чистые» IP сети) и сетей с разделяемой средой передачи данных (сети *Ethernet*). Учитывался также характер входного потока (пуассоновский, Эрланга, самопо-

добный). Количественные оценки критического уровня загрузки для различных сетей можно получить по графикам, приведенным в статье.

Список литературы

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
2. Виноградов Н.А., Дровозов В.И., Лесная Н.Н., Зембицкая А.С. Анализ нагрузки на сети передачи данных в системах критичного применения // Зв'язок. – 2006. – №1. – С. 9–12.
3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания, 2-е изд. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы. – СПб: Питер, 2001. – 287 с.
5. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. – СПб: Питер, 2003. – 295 с.
6. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. – СПб: Питер, 2003. – 444 с.