

УДК 681.324 : 621.325

А.А. Можаяев, А.В. Любченко, О.В. Богацкая

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДОСТУПНОЙ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ГЕТЕРОГЕННОЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Проведен анализ управления процессом передачи данных в мультисервисных сетях. Изучаются причины возникновения перегрузки и потери пакетов в сетях передачи данных. Для повышения качества функционирования телекоммуникационной сети предлагается создать систему оценки параметров сети. В результате проведенных теоретических исследований пропускной способности сети, управляемой протоколом TCP, на основе подхода, ориентированного на изучение структуры сети, предложен новый метод исследования.*

*протокол TCP, мультисервисная сеть, пропускная способность, потери пакетов*

### Введение

Задача управления процессом передачи данных продиктована необходимостью поддерживать в сети трафик необходимого объема с определенными требованиями качества обслуживания. Когда требуемый размер полосы пропускания соединения превышает доступный, может проявиться перегрузка. Для надежной передачи данных, потерянные пакеты в дальнейшем должны быть переданы повторно, что приведет к увеличению загрузки сети. Зачастую перегрузка в сети может поддерживаться повторными передачами даже в то время, когда истинная причина этой перегрузки уже отсутствует [1 – 5].

Возможными причинами, которые порождают перегрузки, являются следующие: высокоскоростные соединения с большим временем передачи пакетов; временные перегрузки; неоптимальные топологии и несогласованные скорости каналов; протоколы, несущественно снижающие скорость отправки пакетов в сеть при возникновении перегрузки.

Диагностика процесса передачи данных и определения момента наступления перегрузки в сети является актуальной научной задачей.

**Цель данной статьи** можно сформулировать, как анализ процесса создания системы оценки параметров сети передачи данных.

### Результаты теоретических исследований

Все подходы к анализу и оценке пропускной способности различных методов передачи данных, используемых в протоколе TCP, можно разделить на два основных класса: сквозной подход, предполагающий, что сеть между двумя узлами является неким черным ящиком с неизвестным содержимым. Функционирование механизмов протокола TCP оценивается и улучшается как функция различных форм, описывающих выход пакетов из этого «черного ящика»; подход, ориентированный на структуру сети, рассматривающий проблему на основании кон-

кретного типа сети и увеличивающий пропускную способность TCP добавлением некоторых механизмов в сеть.

Средства, которые используются для изучения пропускной способности методов передачи данных, можно разделить на три категории.

**Эксперименты.** Исследование реальных соединений (протоколом TCP) в сети Интернет или экспериментальных сетях (в последнем случае необходима обязательная генерация фонового трафика для эмуляции трафика реальных сетей).

**Имитационное моделирование.** Моделирование всех сетей и протокола транспортного уровня производится программным способом. Для изучения протокола TCP в наибольшей степени в настоящее время используется The Network Simulator (ns-2) [6]. Это программный пакет моделирования сети, основанный на событиях, разработанный Lawrence Berkeley National Laboratory (США), позволяющий проводить с хорошей точностью как моделирование протокола TCP, так и других протоколов.

**Математическое моделирование.** Может относиться как к протоколу, так и к сети в целом.

Мы будем проводить исследования пропускной способности сети, управляемой протоколом TCP с помощью имитационного моделирования на основе подхода, ориентированного на изучение структуры сети. Пространственно-временной измеритель доступной полосы пропускания (STAB), можно рассматривать как новый метод исследования, на основе электронной системы сбора данных, который позволяет определять местонахождение соединений с меньшей доступной полосой пропускания, чем все предыдущие соединения на исследуемом маршруте.

Под доступной полосой пропускания маршрута передачи данных мы будем понимать разницу между максимальной шириной полосы пропускания и средней нагрузкой по потоку сообщений: 100 Мб/с связь, передающая 12 Мб/с трафика имеет доступную полосу пропускания 88 Мб/с. Доступная полоса пропускания дорожки непрерывной сети – это минимальная дос-

тупная полоса пропускания каналов ее составляющих. Доступная полоса пропускания канала тесно связана со скоростью передачи битов, которой она может достигнуть при использовании маршрута, управляемого протоколом TCP. Однако, эти понятия не идентичны, потому что существуют и другие факторы, включая задержку полного цикла передачи, числа конкурирующих протоколов TCP, которые влияют на пропускную способность маршрута.

Определяя местонахождение узких участков с помощью STAB можно облегчить сетевые операции и поиск неисправностей, обеспечить понимание того, что привело к перегрузке сети, и поддерживать сетевые приложения. При этом используются специальные зондирующие последовательности, которые моделируют процесс передачи пакетов данных в мультисервисной сети. Преимущество предлагаемого метода состоит в том, что используется небольшое количество пакетов и при этом дается точная оценка доступной полосы пропускания.

Определение местонахождения участков сети с ограниченной пропускной способностью (узких мест) дает нам возможность понять, что стало причиной сетевой перегрузки и предлагает способы обхода данных соединений. Наконец, информация, в реальном масштабе времени, о местоположении узких мест линии связи окажет помощь сетевым администраторам в решении различных операционных задачах, например, поиска неисправностей или настройки транспортных маршрутов трафика.

Наш метод за счет использования непрерывного зондирования пакетами, для определения местонахождения узких мест, помогает оценивать доступную полосу пропускания сегментов на сквозных маршрутах сети, что в свою очередь помогает отыскать ее узкие места. При передаче информационных пакетов одного за другим используется несколько пар близко расположенных пакетов; первый пакет в каждой паре является длительным, но обладает заголовком с небольшим временем жизни (TTL), в то время как последующий пакет является коротким, но имеет большую область TTL. Поскольку каждый маршрутизатор на маршруте уменьшает длительность TTL пакета на единицу и отбрасывает пакет, если значение TTL равно нулю, первый пакет в каждой паре, обнуляется после связи; второй пакет доходит до получателя.

Хотя мы не можем получить временные отметки нахождения пакета в произвольном соединении  $m$ , мы можем довольно точно аппроксимировать их с временными отметками получателя пакетов, которые передаются один за другим. Зондирующие пакеты представляют увеличивающимися. Поскольку большие пакеты исчезают после соединения  $m$ , а уменьшение скорости передачи информации существенно после  $m$ -го соединения, следовательно, маленькие пакеты приходят получателю, а их промежуточный интервал на соединении  $m$  остается более или менее постоянным.

## Результаты имитационного моделирования

В качестве объекта исследования предложена модель участка телекоммуникационной сети (ТКС), с наличием нескольких (рис. 1) участков с ограниченной пропускной способностью (узких мест).

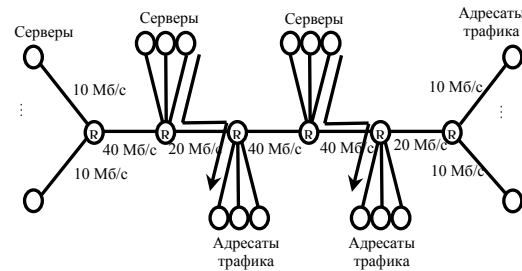


Рис. 1. Модель участка телекоммуникационной сети

Каждый сетевой участок состоит из 420 клиентов, загружающих данные от 40 серверов по каналам с ограниченной пропускной способностью 20 Мб/с; все другие каналы в ТКС характеризуются полосой пропускания 40 Мб/с. Определяя случай каждого использования узкого места ТКС, мы проводим моделирование соответствующего числа сетевых сеансов; например, для 200 сетевых сеансов, мы устанавливаем использование узкого места в 5 Мб/с, а для 400 сетевых сеансов, мы устанавливаем использование узкого места в 10 Мб/с, и так далее. Все источники, включая источники STAB, используют килобайтовые пакеты, которые являются сопоставимыми по размеру с типичными интернет-пакетами. Фактическая доступная полоса пропускания участка ТКС до  $m$ -го соединения при различном числе соединений  $m$  представлена на рис. 2.

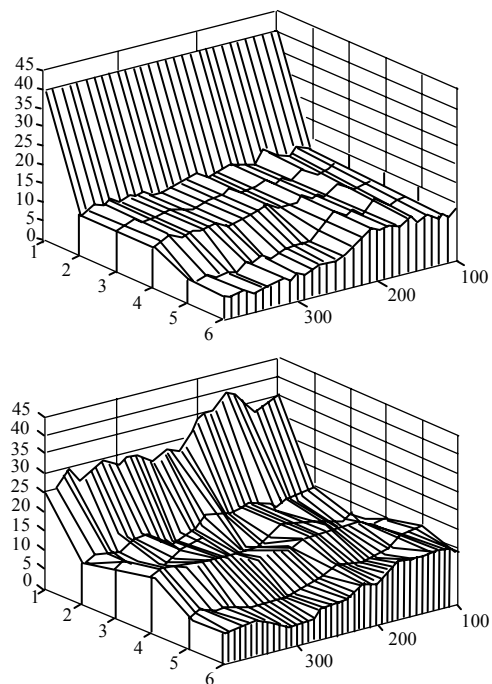


Рис. 2. Фактическая доступная полоса пропускания телекоммуникационной сети

Кривая доступной полосы пропускания сглаживается после второго соединения в интервале времени до 200 секунд и стремится к значению порядка 15 Mbps. В случае, когда оба сервера генерируют трафик, и поскольку интенсивность трафика второго сервера выше чем у первого, то теперь пятое соединение является непрозрачным соединением и доступная полоса пропускания уменьшается после временного интервала 200 секунд. Доступная полоса пропускания достигает значения 5 Mbps.

Анализируя рис. 2, б можно установить, что СТАВ достаточно точно оценивает доступную полосу пропускания канала. Мы вычисляем эту полосу пропускания до  $m$ -го соединения в любой момент времени. Сравнивая рис. 2, а и рис. 2, б, видно, что СТАВ занижает доступную полосу пропускания первого соединения. Это можно объяснить тем фактом, что последующие соединения на маршруте оказывают незначительное влияние на пробный, состоящий только из следующих один за другим пакетов, блок пакетов. Графики, представленные на рис. 2, б могут оказаться очень полезными для оптимизации функционирования сети. Выбирая запасной маршрут, который минует непрозрачное соединение 5 по истечению 200 секунд, а также обходит первое узкое место маршрута (соединение 2), он может потенциально иметь доступную полосу пропускания текущего маршрута в восемь раз больше, чем существующую. Практически, мы можем получить запасные маршруты с помощью множественной адресации, при использовании оверлейных сетей, или с помощью зеркальных сайтов.

### Выводы

В результате проведенных теоретических исследований и имитационного моделирования

установлено, что предлагаемая система оценки параметров сети позволяет определять местоположение участков телекоммуникационной сети с ограниченной пропускной способностью.

Применение СТАВ позволяет достаточно точно оценивать доступную полосу пропускания канала, за счет ее вычислений до  $m$ -го соединения в любой момент времени.

Управляя распределением передаваемых пакетов по маршрутам в сети, возможно в восемь раз увеличить доступную полосу пропускания по сравнению с существующей.

### Список литературы

1. Tutschku K., Leskien T., Tran-Gia P. *Traffic estimation and characterization for the design of mobile communication networks* // COST257TD(97)47, 1997. – 460 p.
2. Schuster H.G. *Deterministic Chaos: An Introduction*. VCH, NewYork, 1988. 2nd Edition. – 360 p.
3. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов: Коллективная монография / Г.А. Кучук, А.А. Можяев, Р.Э. Пащенко, К.М. Руккас и др. – Х.: ЭкоПерспектива, 2006. – 360 с.
4. Кучук Г.А. Управління трафіком мультисервісної розподіленої телекомунікаційної мережі // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – Вип. 2. – С. 18-27.
5. Можяев О.О. Моделирование трафика телекоммуникационных сетей на базе масштабной инвариантности // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУ ПС. – 2006. – Вип. 6 (12). – С. 79-82.
6. Кучук Г.А., Можяев А.А. Прогнозирование трафика для управления перегрузками интегрированной телекоммуникационной сети // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 8 (27). – С. 261-271.

Поступила в редколлегию 12.03.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.И. Стрелков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### МЕТОД ДОСЛІДЖЕНЬ ДОСТУПНОЇ СМУГИ ПРОПУСКАННЯ ГЕТЕРОГЕННІЙ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Можяев О.О., Любченко О.В., Богацька О.В.

*Проведено аналіз управління процесом передачі даних в мультисервісних мережах. Вивчаються причини виникнення перевантаження і витрати пакетів в мережах передачі даних. Для підвищення якості функціонування телекомунікаційної мережі пропонується створити систему оцінки параметрів мережі. В результаті проведених теоретичних досліджень пропускної спроможності мережі, керованої протоколом TCP, на основі підходу, орієнтованого на вивчення структури мережі, запропоновано новий метод дослідження.*

**Ключові слова:** протокол TCP, мультисервісна мережа, пропускна спроможність, витрати пакетів.

### METHOD OF RESEARCH OF ACCESSIBLE BAR OF ADMISSION TO HETEROGENEOUS MULTISERVICE NETWORK OF TELECOMMUNICATIONS

Mozhaev A.A., Lyubchenko A.V., Bogatskaya O.V.

*The analysis of process of communication of data control is conducted in multiservice networks. Cause of origin of overload and loss of packet are studied in the networks of telecommunications. For upgrading functioning telecommunication a network it is suggested to create the system of estimation of parameters of network. As a result of the conducted theoretical researches of carrying capacity of network, guided protocol of TCP, on the basis of approach, oriented to the study of network structure, the new method of research is offered.*

**Keywords:** protocol of TSR, multiserviservice network, carrying capacity, losses of packages.