УДК 681.324:621.325

О.В.Воробьев[1], И.В.Ильина[1], А.А.Коваленко[2]

[1]*Харьковский университет Воздушных Сил имени И. Кожедуба*
[2]*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕГРУЗКАМИ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Проведен анализ свойств фрактального телекоммуникационного трафика. Предложена модификация протокола сети, основанная на механизме прогнозирования доступного размера полосы пропускания канала. Проведен сравнительный анализ модели предложенной модификации протокола и современных транспортных протоколов IP сетей.

протокол TCP, трафик, фрактальность, масштабная инвариантность, сетевые протоколы, модель, телекоммуникационная сеть, плавающее окно, предсказание

Введение

Постановка задачи и анализ литературы. При оценке производительности систем, управляемых самоподобным трафиком, необходимо проведение моделирование трафиковых данных на разных уровнях. До сих пор несуществующие модели и реализации протокола TCP не учитывают многоуровневые, иерархические процессы, протекающие в современных телекоммуникационных сетях. Иерархия протоколов может являться возможной причиной мультифрактальности [1-3]. Таким образом, задача создания и исследования модели протокола TCP, учитывающей современные характеристики телекоммуникационного трафика, является **актуальной**.

Целью данной статьи является построение модели протокола TCP, использующей возможность прогнозирования в реальном времени поведения фрактального телекоммуникационного трафика сети в своем механизме управления перегрузками.

Результаты теоретических исследований

В настоящее время существующие и перспективные телекоммуникационные сети строятся на основе полной интеграции всех сетевых ресурсов. Важной особенностью таких сетей является полностью унифицированное представление информационных сообщений, создаваемое различными разнородными источниками информации. Для анализа такой сложной многоуровневой иерархической системы, какой в настоящее время является мультисервисная телекоммуникационная сеть, необходимо провести ее моделирование на основе линеаризуемой системы массового облуживания (СМО) [4 – 6].

В качестве объектов исследования можно предложить следующие модели телекоммуникационной сети, например, модель сети с произвольной топологией, модель сети с наличием нескольких или одним (рис. 1) узким местом. На рис. 1 с помощью s_1, s_2, … s_N обозначены отправители трафика (источники), r_1, r_2, …, r_N – приемники (получатели), а R – маршрутизаторы канала, являющегося узким местом.

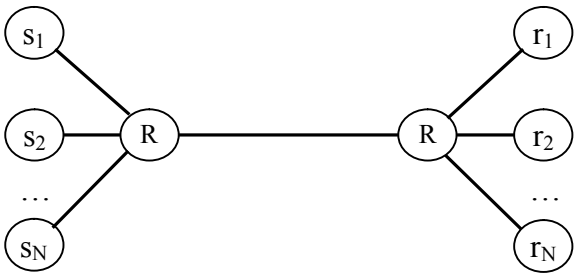

Рис. 1. Топология моделирования с одним узким местом

Воспользуемся самой простой моделью мультисервисной сети – моделью с одним узким местом. Для данной топологии модели сети присущи все характерные особенности телекоммуникационного трафика интегрированной сети с коммутацией пакетов, в том числе его самоподобность и масштабная инвариантность

Процесс определения потерь соответствует аналогичному процессу протокола TCP, использующему в качестве признака потерь процесс приема пакетов подтверждений АСК и длительности пауз, для определения момента наступления и степени перегрузки. Отправитель также должен периодически отслеживать количество подтвержденных переданных данных и достигнутую им производительность. Такое становится возможным при использовании специального фильтра с движущимся средним. Таким образом, если обозначить с помощью t_0 и t предыдущее и текущее измеренные значения, соответственно, то:

$$f(t) = (1-\alpha)\cdot f(t_0) + \alpha\frac{Q}{t-t_0},$$

где Q – количество информации, подтверждение о передаче которой с момента времени t_0 существует.

© О.В.Воробьев, И.В.Ильина, А.А.Коваленко

Прогнозирование трафика в механизме управления перегрузками протокола TCP подразумевает процесс выполнения прогнозирования протокола TCP, с учетом корреляционной структуры во многих масштабах времени.

После такого прогнозирования, соединение TCP определяет свою оптимальную рабочую точку и изменяет размер своего плавающего окна для быстрого достижения этой точки [7]. Механизм регулирования размеров окна разрабатывается для достижения следующих целей: минимизации потерь пакетов, получения оптимального распределения сетевых ресурсов между всеми существующими соединениями и стабильность функционирования алгоритма управления перегрузками (называемого АУМУ [8]).

В предлагаемой модели результаты предсказания трафика используются для определения местонахождения оптимальной рабочей точки соединения TCP. Механизм определения оптимальной рабочей точки представлен на рис. 2.

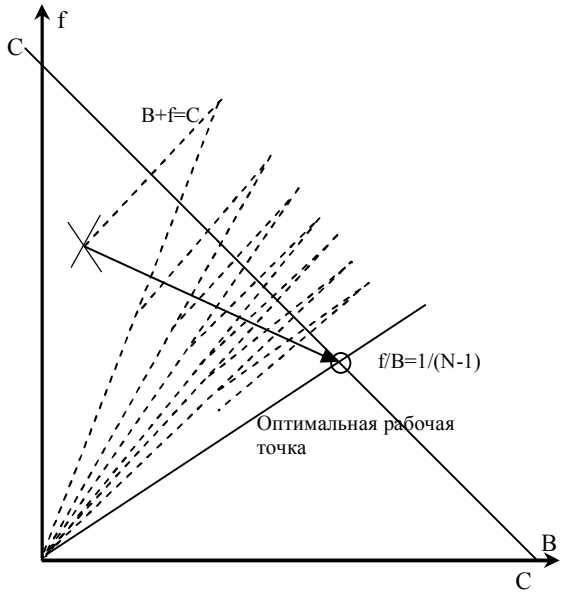

Рис. 2. Процесс достижения оптимальной рабочей точки протоколом TCP при использовании различных механизмов управления перегрузками

На рис. 2 вертикальная ось изображает производительность *f*, достигнутую соединением TCP, а горизонтальная – производительность *B* фонового трафика, присутствующего в канале.

Если количество соединений в канале, являющемся узким местом, обозначить с помощью *N*, а доступный размер его полосы пропускания – *C*, то оптимальной рабочей точкой является точка пересечения линий f+B=C и f/B=1/(N–1). При отсутствии механизма прогнозирования трафика, соединение TCP достигает своей оптимальной рабочей точки через несколько фаз аддитивного увеличения (АУ) и мультипликативного уменьшения (МУ), размеров плавающего окна, что показано на рис. 3 пунктирной линией. В случае использования механизма предсказания будущего трафика можно достичь синхронности в принятии решений, влияющих на управление перегрузками, для всех соединений TCP и достижения оптимальной рабочей точки соединением за среднее время длительности раунда передачи одного пакета для данного соединения (T_p) без запуска фазы МУ, приводящей к потерям пакетов и снижению производительности.

Такая синхронность позволит быстро достигать оптимальной рабочей точки, значительно улучшая такие характеристики, как коэффициент потерь пакетов и скорость передачи данных в сети

Моделирование проводилось с использованием средства моделирования ns-2 [7]. В этих экспериментах моделировались соединения предложенным протоколом и протоколом TCP NewReno.

Были промоделированы топологии сети с одним узким местом при использовании предиктора на основе метода наименьших квадратов для оценки достижимой производительности в следующем интервале.

При сценарии с одним узким местом (рис. 1) устанавливались N соединений TCP, генерирующие пакеты размеров в 1500 байт каждый, согласно модели ON/OFF трафика.

Графики, показывающие зависимость коэффициента потерь пакетов и от числа соединений, показаны на рис. 3.

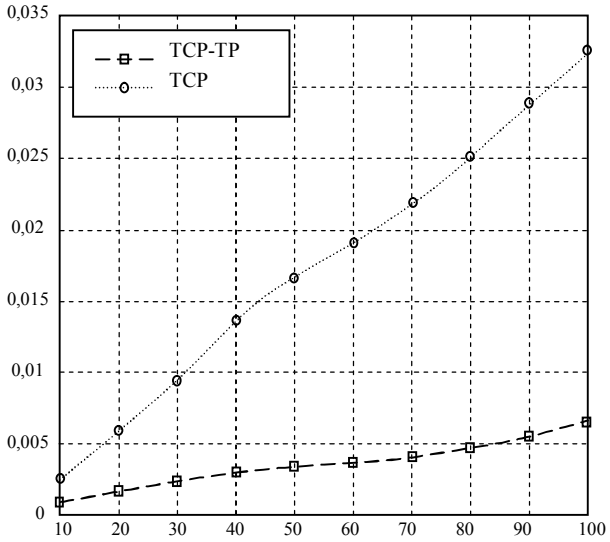

Рис. 3. Зависимость коэффициентов потерь пакетов от числа установленных соединений

Предлагается механизм управления размеров плавающих окон от соединений, предложенным протоколом, и протоколом TCP NewReno. Зависимость мгновенного размера плавающего окна (в пакетах) от времени для модели с одним узким местом представлена на рис. 4.

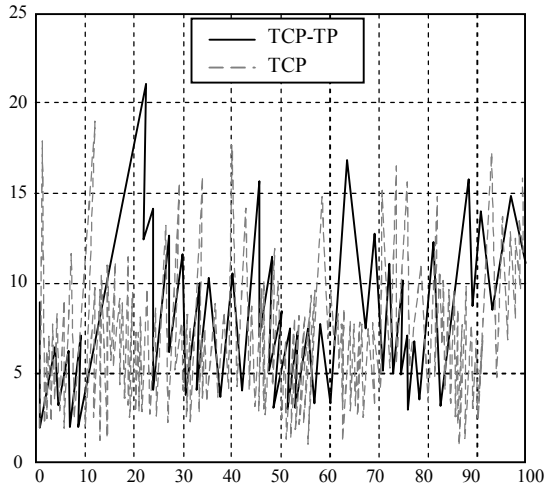

Рис. 4. Зависимость мгновенного размера плавающего окна (в пакетах) от времени для модели с одним узким местом

Выводы

Для управления фрактального телекоммуникационного трафика предложена модификация протокола TCP, использующая механизм прогнозирования трафика для управления размером своего плавающего окна.

В результате проведенных исследований предложенного протокола было установлено, что он позволяет получить значительный прирост производительности (вплоть до 75%) для долгоживущих соединений (играющих значительную роль в использовании каналов), поскольку короткоживущие соединения зачастую не успевают достичь своей оптимальной рабочей точки до момента их закрытия.

Список литературы

1. *Leland W., Taqqu M., Willinger W. On the self-similar nature of IP-trafic // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1997. – № 3. – С. 423 – 431.*
2. *Willinger W., Taqqu M.S., Erramilli A. A Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance for Modern High-Speed Networks // Stochastic Networks: Theory and Applications. – Oxford University Press. – 1996. – P. 282 – 296.*
3. *Кучук Г.А. Метод дослідження фрактального мережного трафіка // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2005. – Вип. 5 (45). – С. 74 – 84.*
4. *Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов: Коллективная монография // Г.А. Кучук, А.А. Можаев, Р.Э. Пащенко, К.М. Руккас – Х.: ЭкоПерспектива, 2006. – 360 с*
5. *Можаев А.А., Ильина И.В., Коваленко А.А. Многоуровневая модель телекоммуникационного трафика системы глобальной навигации // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – Вип. 2.– С. 76-82.*
6. *Кучук Г.А., Можаєв О.О., Воробйов О.В. Метод прогнозування фрактального трафіка // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 8 (27). – С. 181-188..*
7. *Кучук Г.А., Можаєв О.О. Прогнозирование трафика для управления перегрузками интегрированной телекоммуникационной сети // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 6 (18). – С. 261-271*
8. *Van Jacobson. Congestion Avoidance and Control // Proceedings of ACM SIGCOMM'88, 18(4). – Aug 1988. – P. 314-329.*

Поступила в редколлегию 1.02.2007

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