

УДК 681.324:621.325

Г.А. Кучук, О.В. Воробьев, А.М. Бычков

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## **ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕТЕВОГО РЕСУРСА КРИТИЧЕСКОГО УЧАСТКА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ**

*Предложен метод, позволяющий уменьшить интенсивность потока служебного трафика на критическом участке мультисервисной сети и увеличить размер сетевого ресурса, выделяемого информационному трафику. При прогнозировании интенсивности трафика критического участка учитывается фрактальный характер его информационной и служебной компонент.*

*мультисервисная сеть, информационный трафик, служебный трафик, сетевой ресурс, критический участок, фрактальный характер*

### **Введение**

В настоящее время все большее развитие получают мультисервисные сети (МСС) с децентрализованным управлением услугами, функционирующие в универсально транспортной среде с распределенной коммутацией пакетов [1, 2]. В состав МСС, кроме традиционных сетевых узлов (мультиплексоров, коммутаторов, маршрутизаторов и др.) могут входить контроллеры сигнализации и шлюзовое оборудование различного назначения. В МСС пред-

полагается как очень широкий перечень различных услуг, таких как передача голоса, данных и видео, так и конвергенция мобильных и фиксированных сетей. Поэтому в МСС более острым становится вопрос рационального использования сетевого ресурса критических участков (КУ) сети, образующихся в результате выхода из строя ряда сетевых компонент (например, при какой-либо чрезвычайной ситуации), в графовой структуре топологии которых имеется, по крайней мере, одно ребро типа

«мост».

Данный вопрос рассматривается многими авторами [3, 4], одним из предлагаемых подходов является уменьшение объема вычислительного ресурса, выделяемого служебному трафику [5, 6], однако в большинстве предлагаемых методов не учитывается фрактальный характер как информационного, так и служебного трафика на входе критического участка.

**Целью данной статьи** является обоснование метода, позволяющего уменьшить интенсивность потока служебного трафика на критическом участке мультисервисной сети и увеличить размер сетевого ресурса, выделяемого информационному трафику, за счет учета фрактального характера трафика на входе КУ при прогнозе его интенсивности.

### Результаты исследований

**1. Методы поиска доступного сетевого ресурса.** Для повышения оперативности обмена информацией (в условиях ограниченной пропускной способности критических участков сети и самоподобного характера трафика) наиболее рационально использовать методы, основанные на использовании свойств самоподобия, обуславливающих прогнозируемость изменения интенсивности информационных потоков на входе критического участка сети.

Поиск доступного ресурса для сетевого соединения осуществляется с помощью методов, основанных на обратной связи между источником и потребителем. Сетевые протоколы определяют точку распределения (ТР) с помощью отбрасывания пакетов при превышении интенсивности потока доступного сетевого ресурса. Рассмотрим функционирование основных режимов поиска.

**Быстрый старт.** Задача – максимально быстро определить допустимую скорость передачи. Скорость передачи возрастает экспоненциально. При достижении максимального значения, складывающегося из значения доступной пропускной способности и допустимого пространства буфера, из-за отсутствия подтверждения о получении пакета осуществляется переход в режим мультипликативного сброса скорости передачи [6].

**Мультипликативный сброс.** Скорость передачи заведомо устанавливается ниже доступной пропускной способности (ПС) и осуществляется переход в режим восстановления.

**Восстановление.** Скорость медленно линейно возрастает до уровня ПС и осуществляется переход в режим тонкой настройки. Далее происходит настройка чередованиями аддитивного роста и мультипликативного сброса. Это время характеризуется потерей пакетов при превышении доступного значения ПС, что приводит к увеличению времени задержки.

**Предотвращение перегрузки.** По истечении времени на получение подтверждения и в его отсут-

ствии осуществляется сброс.

**2. Пропорциональное распределение сетевого ресурса критического участка.** Пусть  $S_{кд}$  – сетевой ресурс (СР) критического участка сети передачи данных (СПД),  $S_{сл}$  – СР КУ, предоставленный служебному трафику (СТ),  $S_{д}$  – СР КУ, предоставленный информационному трафику (ИТ);  $(S_{д}^{(0)}, S_{сл}^{(0)})$  – начальное (в момент времени  $t_0$ ) распределение СР КУ с условием  $S_{д}^{(0)} + S_{сл}^{(0)} < S_{ку}$ .

Поиск ТР потоков  $(S_{д}^{(x)}, S_{сл}^{(x)})$  в существующих способах осуществляется последовательным изменением фаз аддитивного увеличения скорости передачи и быстрого уменьшения при потере пакета. Учитывая приоритетность СТ, это приводит к непропорциональному распределению СР. Каждое превышение скорости передачи доступного ресурса ведет к потере пакетов. Кроме того, при наличии свойств самоподобия входящих потоков, характерных для фрактального трафика критического участка, процесс определения ТР становится продолжительным.

Предлагаемый подход предполагает определение ТР на основе прогнозирования значений интенсивности не отдельных потоков, проходящих через КУ, а на основе прогнозирования суммарного ИТ с помощью предложенной в [7, 8] модели, позволяющей определить максимальные значения интенсивности ИТ на интервале прогнозирования. Для этого проводится анализ статистических характеристик входных потоков и их проверка на наличие свойств самоподобия.

Если значение показателя Херста указывает на самоподобность трафика ( $0,75 \leq H < 1$ ), то проводится прогнозирование с помощью разработанной усовершенствованной ON/OFF-модели трафика на входе КУ СПД [8, 9]. В противном случае ТР определяется по средним значениям СТ и ИТ или используются существующие способы поиска ТР.

После проведения прогнозирования определяется прогнозируемое соотношение ИТ и СТ –  $(S_{д}^{(пр)}, S_{сл}^{(пр)})$ .

Учитывая значение  $S_{кд}$ , ТР  $(S_{д}^{(x_i)}, S_{сл}^{(x_i)})$  определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} S_{д}^{(x_i)} &= \frac{S_{кд}}{S_{д}^{(пр)} + S_{сл}^{(пр)}} \cdot S_{д}^{(пр)}; \\ S_{сл}^{(x_i)} &= \frac{S_{кд}}{S_{д}^{(пр)} + S_{сл}^{(пр)}} \cdot S_{сл}^{(пр)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $S_d^{(прi)}$  – прогнозируемое значение интенсивности ИТ на  $i$ -м интервале;  $S_{сл}^{(прi)}$  – прогнозируемое значение интенсивности СТ на  $i$ -м интервале.

Если точка начального распределения имеет координаты  $(S_d^{(0i)}, S_{сл}^{(0i)})$ , то перемещение от начальной точки  $(S_d^{(0i)}, S_{сл}^{(0i)})$  к точке  $(S_d^{(xi)}, S_{сл}^{(xi)})$  рассчитывается с помощью выражения:

$$|\varpi_i| = S_d^{(0i)} + \frac{S_{кд} \cdot S_d^{(прi)} - S_d^{(0i)} (S_d^{(прi)} + S_{сл}^{(прi)})}{S_{кд} \cdot S_{сл}^{(прi)} - S_{сл}^{(0i)} (S_d^{(прi)} + S_{сл}^{(прi)})} \times (S_{сл}^{(прi)} - S_{сл}^{(0i)}). \quad (2)$$

Аналогично определяются и последующие точки для последующих интервалов ( $i+1$  и т.д.). Пример пошагового изменения соотношения СТ и ИТ показан на рис. 1.

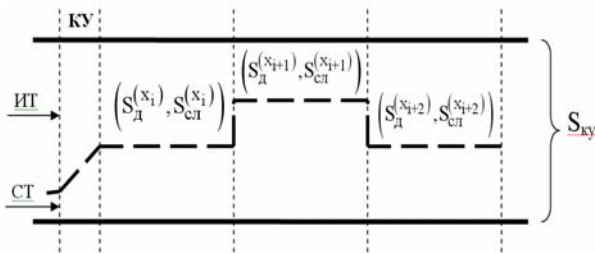


Рис. 1. Соотношение СР предоставленного ИТ и СТ на КУ СПД при пропорциональном перераспределении

Особенностью предложенного подхода является отказ от приоритетности на КУ при определении ТР и пропорциональное распределение СР между потоками СТ и ИТ. Влиянием возможного увеличения времени задержки пакетов СТ можно пренебречь, так как время реакции сети на изменение топологии на порядок больше, чем время прохождения пакета через КУ.

**3. Перераспределение дополнительного сетевого ресурса.** Учитывая возможность перераспределения СР на основе прогнозирования интенсивности потока на входе  $\lambda_{прог}$ , рассмотрим такую характеристику, как  $S_{доп}$  – дополнительный СР, полученный на интервале времени  $\tau \ll t$ .  $\tau$  – интервал времени на котором прогнозируется значение интенсивности  $\lambda_{прог}$ , и в соответствии с которым ПС перераспределяется на нем так, что выполняется условие:

$$\min(S_{прог}(\tau)) \rightarrow \max(\lambda_{прог}(\tau)), \quad (3)$$

где  $S_{прог}$  – СР, перераспределенный для информационного потока с интенсивностью  $\lambda_{прог}$  [2].

Исходя из (3) можно записать условие, необхо-

димое при перераспределении СР с учетом прогнозирования значения интенсивности информационного потока (трафика) на входе КУ СПД:

$$\Delta\lambda_{ку} = \sum_{i=1}^{N_{вк}} \left( (S_{выд}^{(i)} + S_{доп}^{(i)}) - \lambda_{прогн}^{(i)} \right) \rightarrow 0, \quad (4)$$

где  $S_{выд}^{(i)}$  – выделенная ПС для  $i$ -го виртуального канала СПД, проходящего через КУ ( $i = \overline{1, N_{вк}}$ );  $S_{доп}^{(i)}$  – дополнительная ПС для  $i$ -го виртуального канала СПД, проходящего через КУ;  $\lambda_{прогн}^{(i)}$  – прогнозируемая интенсивность для  $i$ -го виртуального канала СПД, проходящего через КУ.

Пусть на вход КУ поступает два информационных потока с разными приоритетами и интенсивностями  $\lambda_i$  и  $\lambda_j$ , которые при объединении являются ИТ [7, 8]. Тогда, если информационный поток с интенсивностью  $\lambda_i$  имеет более высокий приоритет, выделяемая для него пропускная способность  $S_i$  соответствует максимальному значению  $\lambda_i$ .

Для информационного потока с интенсивностью  $\lambda_j$  выделяется оставшийся сетевой ресурс  $S_j$ , т.е. выполняется условие  $S_{ку} = S_i + S_j$ . При этом должно быть  $\lambda_{jmax} > S_j$ , что обуславливает потерю пакетов или их задержку, количественно характеризуемые величиной  $v_3$ .

Суть перераспределения СР состоит в том, что в каждый интервал времени  $\tau$  для каждого информационного потока  $\lambda_i$  выделяется количество СР в соответствии с (4), т.е. для информационного потока с интенсивностью  $\lambda_j$  выделяем

$$S_{доп} = S_i - S_{прог}. \quad (5)$$

Таким образом, при неизменном СР КУ  $S_{ку}$ , увеличивается ПС КУ СПД. Полученный дополнительный СР  $S_{доп}$  можно использовать либо для увеличения скорости передачи данных информационного потока с интенсивностью  $\lambda_j$ , либо для создания нового виртуального маршрута, проходящего через КУ, либо для передачи СТ в СПД, объем которого возрастает при динамичном изменении структуры сети и может быть в 3 – 4 раза больше, чем суммарная интенсивность потоков данных [9].

Анализ факторов снижения оперативности обмена информацией в качестве показателя эффективности задачи повышения оперативности обмена информацией в СПД, позволяет выбрать целевую функцию минимизации времени передачи пакета данных на КУ, которая определяется выражением:

$$\sum_{i=1}^{N_{BK}} T_{кд}^{(i)} \xrightarrow{\Omega} \min, \quad (7)$$

где  $\Omega$  – множество вариантов перераспределения СР на КУ между  $N_{BK}$  виртуальными каналами с интенсивностью информационного потока  $i$ -го виртуального канала, равной  $\lambda_{BK}^{(i)}$ .

При этом необходимо учитывать ограничение, связанное с максимально возможным использованием сетевого ресурса критического участка

$$\Delta\lambda_{ку} = \sum_{i=1}^{N_{BK}} \left( \left( S_{вид}^{(i)} + S_{доп}^{(i)} \right) - \lambda_{прогн}^{(i)} \right) \xrightarrow{\Omega} 0$$

и ограничение, при выполнении которого действуют предположения предлагаемого подхода

$$\sum_{i=1}^{N_{BK}} \lambda_{BK}^{(i)} \gg S_{ку}.$$

### Выводы

Предложен метод, позволяющий уменьшить интенсивность потока служебного трафика на критическом участке мультисервисной сети и увеличить размер сетевого ресурса, выделяемого информационному трафику, за счет учета фрактального характера трафика на входе КУ при прогнозе его интенсивности. Предложенный метод и алгоритм, разработанный на его основе, позволяют уменьшить количество итераций, которые сопровождаются потерей пакетов. В условиях КУ СПД обеспечивается прохождение большего количества пакетов ИТ с меньшими задержками и потерями пакетов, а также рациональное распределение СР между всеми соединениями. Это обеспечивает стабильность работы алгоритмов управления перегрузками. Увеличение выделенного размера СР КУ СПД, характеризующееся увеличением ПС для данного потока информации, приводит к уменьшению времени передачи пакета данных за счет дополнительного СР при неизменной ПС КУ. **Направление дальнейших исследований** связано с разработкой программной реализации предложенного метода, согласованной с действующими протоколами.

### Список литературы

1. Кучук Г.А., Гахов Р.П., Пашнев А.А. Управление ресурсами инфотелекоммуникаций. – М.: Физматлит, 2006. – 220 с.
2. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3. Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
3. Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа. – М.: Наука и техника, 2003. – 400 с.
4. Кучук Г.А. Управління трафіком мультисервісної розподіленої телекомунікаційної мережі // Системи

управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2007. – Вип. 2. – С. 18-27.

5. Основы информационных систем / Под ред. В.Ф. Ситника. – К: КНЕУ, 2001. – 420 с.

6. Ромашикова О.Н. Обработка пакетной нагрузки в информационных сетях. – М.: МИИТ, 2001. – 244 с.

7. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов: Коллективная монография // Г.А. Кучук, А.А. Можжаев, Р.Э. Пащенко и др. – Х.: ЭкоПерспектива, 2006. – 360 с.

8. Воробйов О.В. Метод перерозподілу обчислювального ресурсу критичної ділянки мережі передачі даних АСУ // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 5(63). – С. 26-35.

9. Кучук Г.А., Можжаев А.А. Прогнозирование трафика для управления перегрузками интегрированной телекоммуникационной сети // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 8 (27). – С. 261- 271.

Поступила в редколлегию 15.02.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко, Харьков.