

***В. М. ПОШТАРЕНКО***, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПИ»;  
***А. Ю. АНДРЕЕВ***, магистр, НТУ «ХПИ»;  
***МЕРСНИ АМАЛЬ***, аспирант, НТУ «ХПИ»

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ НА КРИТИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ**

Обеспечение качества обслуживания имеет большое значение в современных телекоммуникационных сетях. Важным также становится обеспечить гарантированное QoS в транспортной сети. Предлагается методика обеспечения QoS в MPLS-сетях с использованием технологий балансировки и прогнозирования трафика.

**Ключевые слова:** качество обслуживания, транспортная сеть, прогнозирование трафика.

Основой современных информационно-телекоммуникационных сетей являются мультисервисные сети. Как показывают исследования процессов в различных системах передачи данных, основанных на мультисервисных сетях [4, 5], физическое выведение из строя каналов связи приводит к уменьшению общей пропускной способности, но не только за счет потери каналов связи. Изменение структуры сети влечет за собой рост объемов служебной информации, направленной на обеспечение функционирования системы передачи данных, а следовательно к уменьшению доли вычислительного ресурса элементов сети, направленного на выполнение основной функции – передачи данных. Кроме того, увеличение объема интегральных потоков данных (объединенных информационных потоков различных форматов, направленных от одного источника к одному получателю) и уменьшение пропускной способности сети может приводить к качественному изменению статистических характеристик самих потоков, что не укладывается в общепринятые модели и не учитывается в существующих информационных технологиях, на основе которых разработаны методы и средства управления сетевыми процессами.

Как показывают теоретические и экспериментальные исследования процессов обмена информацией в сети [5], трафик интегральных потоков данных обладает структурой, не позволяющей использовать при проектировании привычные методы, основанные на пуассоновских моделях и формулах Эрланга [6]. Особенности трафика сети проявляются в его специфическом профиле, определяющим фрактальный характер соответствующих процессов: в реализации всегда присутствует некоторое количество достаточно сильных выбросов на фоне относительно низкого среднего уровня, т.е. увеличивается коэффициент отклонения пиковых значений интенсивности информационного потока, определяемый выражением [6]:

$$k = \lambda_{\max} / \lambda_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{\max}$  – максимальное значение интенсивности информационного потока;  $\lambda_{\text{ср}}$  – среднее значение интенсивности информационного потока.

Описанное явление значительно ухудшает характеристики (увеличивает потери пакетов, время задержек) при прохождении трафика даже в случаях, когда средняя интенсивность трафика намного ниже потенциально достижимой скорости передачи в данном канале.

К настоящему времени показано, что такой структурой обладает трафик в информационно-телекоммуникационных сетях при работе широко распространенных протоколов Ethernet, LAN, WAN, TCP при передаче сжатого видео, WWW – трафика и пр. Также обнаружены аналогичные эффекты в сотовых телефонных сетях с коммутацией пакетов и в каналах беспроводной связи [5].

Управление мультисервисной сетью предполагает использование системных методов и алгоритмов управления трафиком (TE, traffic engineering), связанных с оптимизацией рабочих характеристик сетей и включающих технологию и научные принципы измерения, моделирования, описания и управления трафиком для получения требуемых рабочих характеристик [3]. TE включает набор взаимосвязанных сетевых элементов, систему мониторинга состояния сети, и набор средств управления конфигурацией как отклик на текущее состояние сети, и позволяет превентивно, используя прогнозирование состояния и тенденций развития трафика, предпринимать действия, предотвращающие нежелательные будущие состояния. TE ориентировано на минимизацию потерь пакетов и задержек, оптимизацию пропускной способности и согласование наилучшего уровня услуг. Полоса пропускания является критическим ресурсом современных мультисервисных сетей. Следовательно, центральной функцией TE является эффективное управление пропускной способностью. Большинство из них предполагает возможность внешней параметризации, то есть передачи параметров трафика непосредственно используемым алгоритмам управления. Некоторые из методов, как, например, метод мультипротокольной коммутации пакетов по меткам (MPLS), позволяющий инкапсулировать различные протоколы передачи данных и независимый от каких-либо протоколов механизмов передачи данных, допускают модификацию или замену алгоритмов управления, входящих в реализуемую технологию управления. Исходя из вышесказанного и в соответствии с рассмотренной во втором разделе схемой взаимодействия программных средств при обработке запросов в телекоммуникационной сети (рис. 1) была предложена информационная технология управления интегральными потоками трафика.

Нижний уровень управления предполагает использование алгоритмов управления TE, в которые будут передаваться оценки параметров сети, полученные при помощи методов, учитывающих характерные особенности мультисервисных сетей.

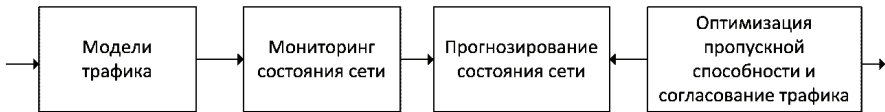


Рисунок 1 – Информационная технология управления

Для получения оценок параметров сети предлагается использовать следующие методы:

- метод оценки размеров буферов фильтрации коммуникационного оборудования, позволяющий повысить пропускную способность виртуальных каналов за счет уменьшения задержки, вызываемой подтверждениями о передаче пакетов, ожидающими в очередях коммуникационного оборудования путем выбора оптимального размера буферов фильтрации для интегральных потоков данных, обслуживаемых виртуальным каналом;

- метод синтеза устойчивой оценки функции плотности распределения трафика, создаваемого интегральным потоком данных, который позволяет получить в случае фрактального характера трафика оценки параметров управления более адекватные реальным, чем в аналогичных методах;

- метод оценки отклонения трафика сети с долговременной зависимостью от стационарного режима, позволяющий уточнить оценки параметров, связанных с характеристиками выбросов;

- метод оперативной идентификации параметров трафика мультисервисной сети, предполагающий построение аппроксимирующего вейвлета по выбранному ортогональному базису на основе агрегирования отсчетов различных масштабов, что позволило с применением асимптотического свойства самоподобия трафика при агрегировании провести количественную оценку границ изменения масштабных и частотных свойств трафика.

- методы управления перераспределением пропускной способности виртуального соединения с учетом приоритетов и конкуренции между интегральными потоками данных при динамическом резервировании пропускной способности;

- метод определения профиля нагрузки звена информационно-телекоммуникационных сети, который на основе анализ пропускной способности звена и расчета статистических характеристик обслуживаемых интегральных потоков данных позволяет рассчитать профиль нагрузки при заданных требованиях к качеству обслуживания;

- метод прогнозирования фрактального трафика, использующий оценки статистических характеристик второго порядка и свойство масштабной инвариантности трафика, позволяющий на основе данных об отсчетах, полученных до фиксированного момента времени  $t_n$ , получить оценки отсчетов и возможного числа сингулярностей в поведении трафика на интервале прогнозирования  $(t_n, t_n+k)$  при выборе кратномасштабных коэффициентов корреляции отсчетов;

- метод динамического управления распределением нагрузки виртуаль-

ных соединений, обеспечивающих прохождение сети, учитывающий при прогнозировании фрактальный характер создаваемого трафика.

В результате воздействия внешних факторов в информационно-телекоммуникационных сетях возможен выход из строя большого количества каналов связи и коммутационных центров, что приводит к изменению структуры сети передачи данных, возникновению перегрузок и снижению оперативности передачи мультисервисной сети. Особенно заметно снижение оперативности на образуемых «узких местах» сети (то есть на трактах передачи данных, которые в топологии сети представляются ребром типа «мост»), представляющих критические участки сети. Здесь трафик на входе участка приобретает ярко выраженный фрактальный характер, что не учитывается стандартными методами ТЕ при борьбе с перегрузками.

Для анализа качества предложенного метода управления пропускной способностью «узкого места» было проведено моделирование с использованием средства моделирования OPNET Modeler [2]. Были промоделированы топологии сети с несколькими (рис. 2) узкими местами при использовании предиктора на основе метода наименьших квадратов для оценки достижимой производительности. На «узких местах» устанавливались N соединений TCP, генерирующие трафик с различными требованиями к качеству обслуживания (трафик BestEffort и Interactive Multimedia – AF43).

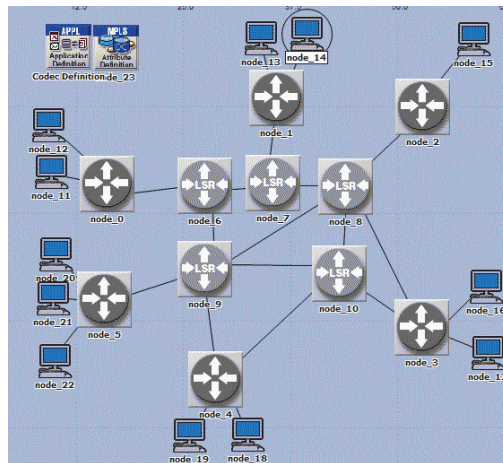


Рисунок 2 – Топология сети в OPNET Modeler

Результаты экспериментов обобщены на графиках, показывающих достигнутую производительность, а также задержки передачи в сети для различных сценариев (без использования предложенного метода и с использованием) (рис. 3 и 4).

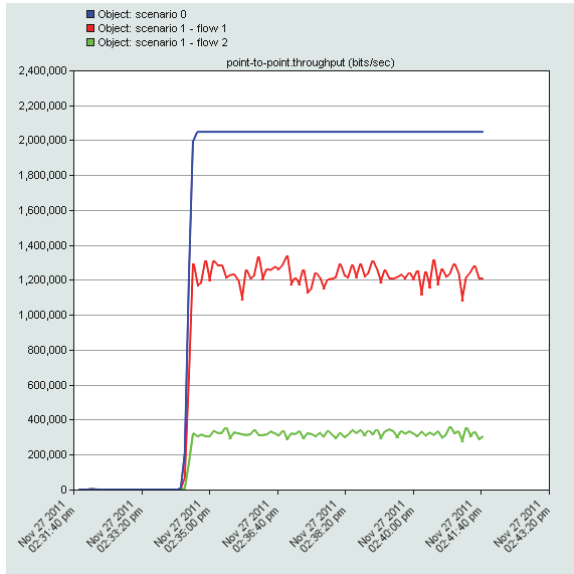


Рисунок 3 – Производительность сети без использования предложенного метода (scenario 0) и с использованием предложенного метода (scenario 1)

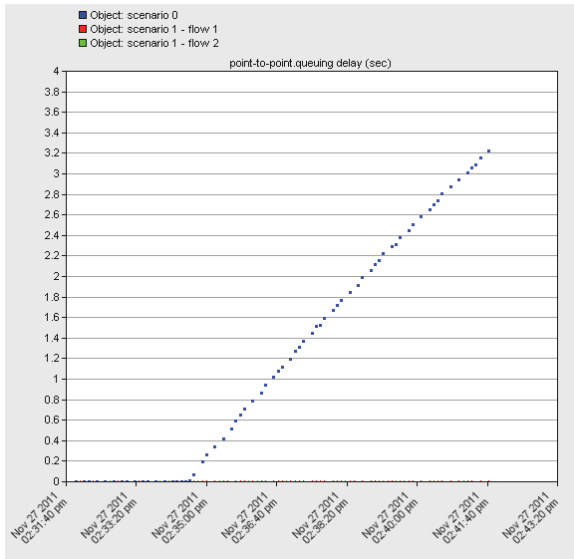


Рисунок 4 – Задержки в сети без использования предложенного метода (scenario 0) и с использованием предложенного метода (scenario 1)

Таким образом, при использовании стандартных средств мультисервисной MPLS сети, критический участок связи перегружается, наблюдаются потери пакетов и постоянный рост задержек передачи. В таком случае, качество обслуживания, запрашиваемое приложениями, не обеспечивается. При использовании предложенного метода, выполняется балансировка нагрузки между несколькими участками сети на основе прогноза поведения трафика, что позволяет разгрузить критический участок и обеспечить выполнение показателей QoS.

**Список литературы:** 1. MPLS Fundamentals / *Luc De Ghein*. – Cisco Press, 2006. – 672 p. 2. *Panwar Li Y.* On the Performance of MPLS TE Queues for QoS Routing / *Li Y. Panwar, S. Liu C.J.* // Simulation series. – 2004. – Vol. 36; part 3. – P. 170-174. 3. *Кучук Г.А.* Многошкальное вейвлет-моделирование трафика мультисервисных сетей / *Г.А. Кучук, А.А. Можжаев, А.А. Коваленко* // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 6 (40). – С. 231-239. 4. *Алгазинов, Е.К.* Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / *Е.К. Алгазинов, А.А. Сирота*. – М.: Диалог МИФИ, 2009. – 414 с. 5. *Ершов В.А.* Мультисервисные телекоммуникационные сети / *В.А. Ершов, Н.А. Кузнецов*. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 432 с. 6. *Крылов В.В.* Теория телетрафика и ее приложения / *В.В. Крылов, С.С. Самохвалова*. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с. 7. *Бородакий Ю.В.* Эволюция информационных систем (современное состояние и перспективы) / *Ю.В. Бородакий*. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2011. – 368 с.

*Поступила в редколлегию 28.10.2013*

УДК 621.391

**Обеспечение качества обслуживания на критических участках мультисервисной сети** / **В.М. Поштаренко, А.Ю. Андреев, Мерсни Амаль** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 60 (1033). – С. 94-100. – Бібліогр.: 7 назв.

Забезпечення якості обслуговування має велике значення у сучасних телекомунікаційних мережах. Важливим також стає забезпечення гарантованого QoS у транспортній мережі. Запропоновано методику забезпечення QoS в MPLS – мережах із використанням технологій балансування і прогнозування трафіку.

**Ключові слова:** якість обслуговування, транспортна мережа, прогнозування трафіку.

Quality of service is important in modern telecommunication networks. Therefore it should be guaranteed in the transport network. Method of ensuring quality of service in MPLS-networks is proposed in this paper, using load balancing and traffic forecast techniques.

**Key words:** quality of service, transport network, traffic forecast.