

Абу-Абед Ф.Н., Мартынов Д.В. Имитационное моделирование трафика в виртуальных каналах IP-сети. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2015. – С. 42-47.

УДК 519.876.5:519.872.6

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАФИКА В ВИРТУАЛЬНЫХ КАНАЛАХ IP-СЕТИ

Ф.Н. Абу-Абед, Д.В. Мартынов

### TRAFFIC SIMULATION ON VIRTUAL CHANNELS BASED ON IP-NETWORK

F.N. Abu-Abed, D.V. Martynov

**Аннотация.** Самоподобный трафик имеет особую структуру, сохраняющуюся при многократном масштабировании. В реализации обычно присутствует некоторое количество выбросов при относительно невысоком среднем уровне трафика. Указанное явление ухудшает характеристики (увеличивает задержки, потери, джиттер пакетов) при прохождении самоподобного трафика по узлам сети. Это может приводить к их потерям вследствие ограниченности буфера, который рассчитан по классическим методикам. Эти особенности сетевого трафика вызвали лавинообразный рост исследований и публикаций по методам прогнозирования, моделирования и анализа самоподобного трафика.

**Ключевые слова:** IP-сети, мультисервисный трафик, самоподобный трафик, модель доставки информационных ресурсов, джиттер пакета.

**Abstract.** Self-similar traffic has a special structure continuing at multiple zooming. The implementation is usually present a certain amount of emissions at a relatively low average level of traffic. This phenomenon degrades the characteristics (increases the delay, loss, packet jitter) during the passage of self-similar traffic network nodes. This can lead to their loss due to the limited buffer, which is calculated by classical methods. These features of network traffic caused the avalanche growth of research and publications on methods of forecasting, modeling and analysis of self-similar traffic.

**Keywords:** IP-based networks, multiservice traffic, self-similar traffic delivery, information resources model, packet jitter.

Модели трафика в IP-сетях кардинально отличаются от традиционных моделей, например пуассоновских, которые применяются в телефонии. В IP-сетях распределение количества пакетов в единицу времени, или трафик, хорошо описывается самоподобным случайным процессом, имеющим параметр *Херста* около 0,65–0,8 [1].

Самоподобный трафик имеет особую структуру, сохраняющуюся при многократном масштабировании. В реализации обычно присутствует некоторое количество выбросов при относительно невысоком среднем уровне трафика. Указанное явление ухудшает характеристики (увеличивает задержки, потери, джиттер пакетов) при прохождении самоподобного трафика по узлам сети. На практике это проявляется в том, что пакеты при высокой скорости их движения по сети попадают на узел не по отдельности, а целой пачкой. Это может приводить к их потерям вследствие ограниченности буфера, который рассчитан по классическим методикам.

Эти особенности сетевого трафика вызвали лавинообразный рост исследований и публикаций по методам прогнозирования, моделирования и анализа самоподобного трафика.

Несмотря на большую популярность этой тематики и продолжительность периода (более двух десятков лет) ее активного изучения, приходится констатировать, что до сих пор остаётся множество нерешённых задач и вопросов.

Так, например, нет общепринятых универсальных достаточно точных и лёгких в использовании методов прогнозирования и моделирования поведения самоподобного трафика, а также методов проектирования мульти-сервисных сетей.

### **Влияние самоподобного трафика на показатели качества обслуживания**

Требуемое качество обслуживания потребителей услуг при самоподобном трафике обеспечивается путём перераспределения пропускной способности устройств (маршрутизаторов).

Модель сети в качестве технологической базы ориентирована на протокол IP, по которому предполагается передача трафика различного типа, что позволяет отказаться от дублирующих друг друга сетей и позволяет внедрять новые услуги, обеспечивая выполнение их требований к скорости и качеству передачи.

На качество обслуживания в IP-сетях влияют следующие основные факторы [2]:

задержка – время, которое требуется пакету для его передачи из одного пункта в другой. Эта величина зависит от доступной полосы пропускания, загрузки ресурсов сетевых устройств, расстояния между узлами. Уменьшить задержки можно за счёт проектирования инфраструктуры сети с минимальными задержками и за счет уменьшения времени обработки информационного трафика в шлюзе и/или на транспортном узле;

джиттер – вариация задержки находится в прямой зависимости от загруженности каналов. Уменьшение этой величины, возможно либо назначив высокий приоритет обслуживания трафику, либо увеличить размер джиттер-буфера;

потеря пакетов происходит при перегрузке сетей или устройств. Методы QoS позволяют ограничить полосу пропускания, которую могут использовать те или иные протоколы или соединения, таким образом, предотвращая или ограничивая перегрузку;

контроль над использованием полосы пропускания.

Данные, полученные в результате измерений, говорят о том, что мультисервисный трафик имеет достаточно сильную неравномерность интенсивности прохождения пакетов. Они рассредоточены по временной шкале и могут полностью отсутствовать в одних временных интервалах, а также группироваться в «пачки» в других интервалах [3]. Это показано на рис. 1.

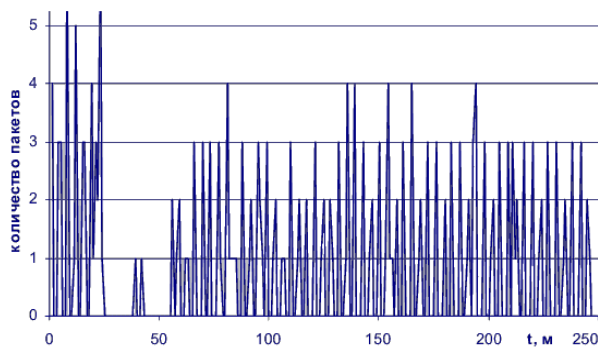


Рис. 1. Интенсивность поступления пакетов

В пачечном трафике при небольшом среднем значении интенсивности трафика присутствует большое количество относительно крупных выбросов.

### Математическая модель системы доставки информационных ресурсов

Использование стандартных методов управления сетью обычно приводит к существенному увеличению доли служебной информации, т.е. в итоге уменьшает полезное использование пропускных способностей узлов и каналов связи сети.

Эффективное решение этой проблемы за счёт введения адаптивного управления сетью с использованием метода прогнозирования трафика в реальном масштабе времени на основе имитационного моделирования [4].

Для реализации этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка и обоснование критерия эффективности широкополосной сети при адаптивном управлении доставкой информационных ресурсов, позволяющего учитывать производительность сети и показатели качества обслуживания Q-запросов пользователей.

2. Разработка концептуальной модели доставки информационных ресурсов в IP-сетях, на основе которой строятся аналитические модели для оценки эффективности процесса доставки информационных ресурсов.

3. Построение аналитической модели доставки информационных ресурсов в IP-сетях с использованием разработанного критерия эффективности и аппарата теории массового обслуживания. Результаты, получаемые на этом этапе, могут быть использованы для приближенной оценки показателей качества функционирования IP-сети при алгоритме адаптивного управления доставкой информационных ресурсов.

4. Разработка и машинная реализация имитационной модели доставки информационных ресурсов в IP-сетях, необходимой для получения экспериментальной оценки функционирования IP-сети при адаптивном управлении доставкой информационных ресурсов. В результате решения этой задачи проверяются теоретические результаты, полученные на предыдущих этапах.

Одним из основных показателей качества обслуживания Q является величина среднего времени задержки пакета в виртуальных соединениях широкополосной сети [5].

*Характеристики времени задержки пакета в IP-сети:*

- задержка на формирование пакета (*Packetization Delay – PD*) – зависит от скорости генерации пакетов источником сообщений;

- задержка на обслуживание в узле коммутации (*Switching Delay – SD*) – зависит от производительности узла;
- задержка в буферном накопителе узла коммутации (*Queuing Delay – QD*) – зависит от нагрузки входящих каналов связи;
- задержка на формирование информационного сообщения из пакетов (*Depacketization Delay – DD*) – зависит от скорости работы приёмника.

При построении аналитической модели доставки информационных ресурсов в магистральной части IP-сети можно пренебречь временными задержками PD и DD. Также можно пренебречь временем, необходимым узлу коммутации на формирование сообщения-подтверждения.

Для дальнейшего анализа представим модель доставки информационных ресурсов в IP-сети в символической Q-схеме [6] (рис. 2).

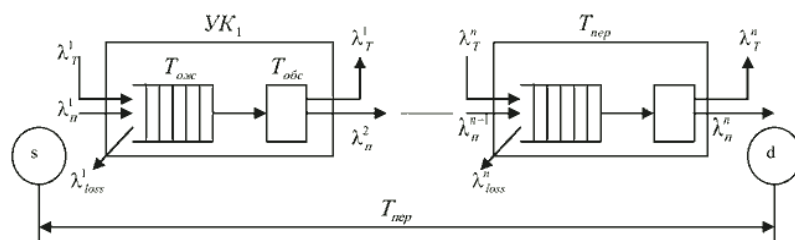


Рис. 2. Модель доставки информационных ресурсов в символической Q-схеме

На рис. 2 приняты следующие обозначения:  $\lambda_T$  – интенсивность потока собственных пакетов;  $\lambda_n$  – интенсивность потока транзитных пакетов;  $\lambda_{LOSS}$  – интенсивность потока пакетов, которым было отказано в обслуживании; УК – узлы коммутации IP-сети; s – источник, генерирующий пакеты; d – источник, принимающий пакеты;  $T_{ож}$  – время ожидания пакета в буфере узла коммутации или канала связи;  $T_{обс}$  – время обслуживания пакета узлом коммутации или каналом связи.

#### Библиографический список

1. Крылов В.В., Самохвалов С.С. Теория телетрафика и её приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 288 с.
2. Стивен Браун. Виртуальные частные сети. – М.: Лори, 2010.
3. Кеннеди Кларк, Кевин Гамильтон. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco. – М.: Вильямс, 2013.
4. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979.
5. Ложковский А.Г. Модель мультисервисного трафика и метод расчёта параметров QoS при его обслуживании // Радиотехника. – 2009. – Вып. 157. – С. 48–52.
6. Юнусов Т.Р. Моделирование трафика терминал-сервера на основе анализа нечётких тенденция временных рядов // Инфокоммуникационные технологии. – 2009. – Т. 6. – №1. – С. 55–64.

**Абу-Абед Фарес Надимович**

Тверской государственный  
технический университет,

г. Тверь, Россия

E-mail: [aafares@mail.ru](mailto:aafares@mail.ru)

**Мартынов Дмитрий Валентинович**

Тверской государственный техни-  
ческий университет,

г. Тверь, Россия

E-mail: [idpo@tstu.tver.ru](mailto:idpo@tstu.tver.ru)

**Abu-Abed F.N.**

Tver State Technical  
University, Tver, Russia

**Martynov D.V.**

Tver State Technical  
University, Tver, Russia