

Таблица 1. Результаты эксперимента по определению скорости передачи данных

Число узлов		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В обычных условиях	Скорость, Мбит/с	3,587	1,960	1,385	1,093	0,904	0,776	0,682	0,612	0,557	0,511
	Полезная составляющая трафика, %	94,17	91,85	89,68	87,78	85,84	83,95	82,10	80,36	78,66	77,00
	Составляющая заголовков, %	5,83	8,15	10,32	12,22	14,16	16,05	17,90	19,64	21,34	23,00
В условиях метода оптимизации	Скорость, Мбит/с	8,023	6,810	6,196	5,850	5,704	5,633	5,360	5,220	5,059	5,034
	Полезная составляющая трафика, %	95,65	94,96	94,56	94,29	94,20	94,14	93,95	93,81	93,71	93,67
	Составляющая заголовков, %	4,35	5,04	5,44	5,71	5,80	5,86	6,05	6,19	6,29	6,33
Соотношение скоростей		2,24	3,47	4,47	5,35	6,31	7,26	7,86	8,52	9,09	9,85

## RESEARCH AND OPTIMIZATION TCP/IP FOR DATA TRANSFER PERFORMANCE

Timoshina M.M.

**In this work is considered the practical research of influence settings tcp / ip on the data rate. Received during the research results show the influence of the packet fragmentation on the speed of data transmission. Developed method allowing fix the effect of the packet fragmentation and thereby increase the data rate.**

**Keywords:** telecommunications, broadband, TCP/IP protocol.

Тимошина Мария Михайловна, начальник службы эксплуатации сети связи ЗАО «Самарасвязьинформ». Тел. 8-927-692-73-53. E-mail: timoshinamm@gmail.com

УДК 681.324

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕВЫХ КОММУТАТОРОВ

Воронцов И.В., Ефимушкина Н.В.

Рассмотрены основные структуры и принципы работы современных коммутаторов, используемых в вычислительных системах с телекоммуникационным доступом и сетях, а также принципы построения их моделей. С помощью имитационных моделей выполнен анализ наиболее важных характеристик этих устройств и определены эффективные режимы их работы.

**Ключевые слова:** имитационная модель, коммутатор, пакет, кадр, дисциплина обслуживания, входящая и выходящая очередь.

### Введение

Одним из основных устройств современных компьютерных сетей и систем с телекоммуникационным доступом является коммутатор [1].

Он обеспечивает передачу данных по заданному адресу. При этом используется специальная таблица соответствия (content-addressable memory – CAM), которую коммутатор формирует в процессе «самообучения». Стоит порту получить ответ от устройства с физическим адресом  $X$ , как в CAM таблице появляется соответствующая строка. Пакеты или кадры данных с адресом назначения (source address – SA) направляются на порт, связанный с ним.

В настоящее время существует широкое разнообразие типов коммутаторов: от простейших, первого уровня, до управляемых, второго и третьего уровня, которые реализуют такие функции, как контроль и измерение трафика и др. В сети, построенной с использованием коммутаторов,

коллизии отсутствуют, нет понятия максимальной длины линии и максимального количества подключенных устройств.

### Объект исследования

Объектом исследования является типовой коммутатор, реализующий наиболее важные функции передачи данных в компьютерных сетях и системах с телекоммуникационным доступом. Основным элементом информации, передаваемой в указанных системах, является кадр или пакет, структура которого приведена на рис. 1 [1]. В заголовке содержится адрес пункта назначения. В концевики находится полезная информация. Прототипом для такой структуры кадров стала ячейка АТМ (Asymmetric Transfer Mode) коммутации. Размер этих ячеек фиксирован.



Рис. 1. Структура кадра

Коммутатор обеспечивает управление трафиком. Он может рассматриваться как узел, в который прибывают потоки пакетов, демультиплексируются, коммутируются на выходной канал адресата, снова мультиплексируются и передаются на выход. Коммутаторы содержат буферную память для хранения пакетов.



Рис. 2. Общая схема работы коммутатора

Любой реальный коммутатор имеет определенное количество портов [1-2]. Каждый порт содержит буфер фиксированной длины, в котором содержится необработанная информация. В модели коммутатор имеет три очереди, как показано на рис. 2.

Обычно коммутатор работает в дуплексном режиме, поэтому входящее и исходящее направления представлены разными очередями [3-4]. Две входящие очереди отличаются приоритета-

ми. В реальных коммутаторах количество очередей варьируется и зависит от конкретной марки устройства. В них могут быть реализованы различные дисциплины обслуживания, например, FIFO и приоритетные [2-3].

При большой интенсивности поступления пакетов в любую очередь может возникнуть перегрузка. Она приводит к потере части пакетов. Одним из возможных способов решения проблемы перегрузки является алгоритм RED (Random Early Detection). Он позволяет маршрутизатору отбрасывать пакеты, даже когда в очереди еще имеется место. Выбор удаляемых пакетов осуществляется случайным образом. Благодаря этому достигается равномерное обслуживание разных абонентов. При определенных настройках удастся полностью избежать снижения пропускной способности сети, но количество потерянных пакетов при этом может возрасти.

Использование приоритетов позволяет реализовать дисциплину, учитывающую различные требования к качеству обслуживания отдельных пакетов. Например, пакет, который требует малого времени задержки, может иметь высокий приоритет, а пакет, который не требует срочной передачи, – низкий. Размеры буферной памяти могут быть различными для каждого класса приоритета. Пакет из низкоприоритетной очереди передается в канал только в случае, если буферная память высокого приоритета пуста. При этом заявки высокого приоритета могут блокировать длинную очередь низкого.

### Метод исследования

Экспериментальное исследование коммутаторов реализовать довольно сложно. Для этого используются специальные дорогостоящие стенды. Альтернативой является имитационное моделирование. В статье описывается имитационная модель типового коммутатора, которая разработана под руководством одного из авторов [5]. Она позволяет исследовать структуру и важнейшие особенности работы устройства, в том числе приоритетные и беспriorитетные дисциплины обслуживания.

Для обеспечения большей адекватности модель обеспечивает имитацию дополнительных сервисов: RED и CLP [1-2]. Исходными данными для моделирования являются количество портов коммутатора, размеры всех буферов, дисциплина обслуживания, а также наличие или отсутствие сервисов RED и CLP. Результатами моделирования служит количество обработанных и потерянных пакетов.

### Результаты исследования типового коммутатора

С помощью модели были исследованы следующие режимы работы коммутатора:

- стационарного без сервисов (эксперимент №1);
- в условиях пиковой нагрузки (эксперимент №2);
- стационарного с сервисом RED (эксперимент №3).

Эксперимент №1 выполнялся при следующих исходных данных:

- дисциплина обслуживания FIFO;
- сервисы выключены;
- длины очередей одинаковы и максимальны для всех портов;
- период пакетов с низким приоритетом 1000 мс;
- период пакетов с высоким приоритетом 10000 мс;
- время коммутации 1000 мс;
- время задержки в коммутаторе 1000 мс

График изменения числа переданных и потерянных пакетов в зависимости от времени работы коммутатора (времени моделирования) приведен на рис. 3. Время моделирования – 2 мин. Потерянных пакетов – 14, успешно переданных – 1306. По результатам видно, что система работает стабильно. Потери связаны с неравномерностью генерации пакетов, которая выполнялась с помощью датчика случайных чисел. Система довольно успешно справляется с нагрузкой и успевает восстановиться при перегрузках.

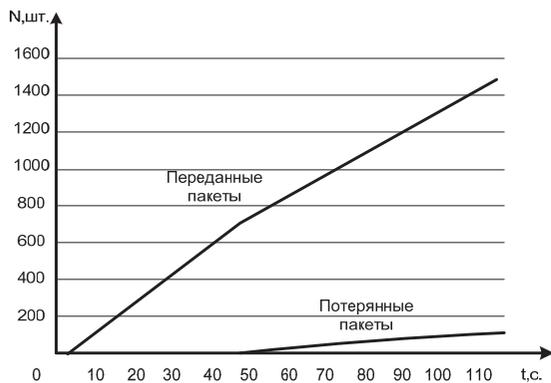


Рис. 3. Результаты исследования стационарного режима работы коммутатора без сервисов (эксперимент №1)

Эксперимент №2 (исследование работы коммутатора в условиях пиковой нагрузки) выполнялся при удвоенном времени задержки в коммутаторе, то есть при следующих исходных данных:

- дисциплина обслуживания FIFO;
- сервисы выключены;

- длины очередей одинаковы и максимальны для всех портов;
- период пакетов с низким приоритетом 1000 мс;
- период пакетов с высоким приоритетом 10000 мс;
- время коммутации 1000 мс;
- время задержки в коммутаторе 2000 мс.

По результатам видно, что исходящие очереди начинают переполняться. Через минуту возникают потери. После 1,5 мин. моделирования почти все вновь прибывшие пакеты теряются. Коммутатор полностью теряет работоспособность. Графики числа переданных и потерянных пакетов представлены на рис. 4. Аналогичный результат получается при увеличении времени задержки во время коммутации.

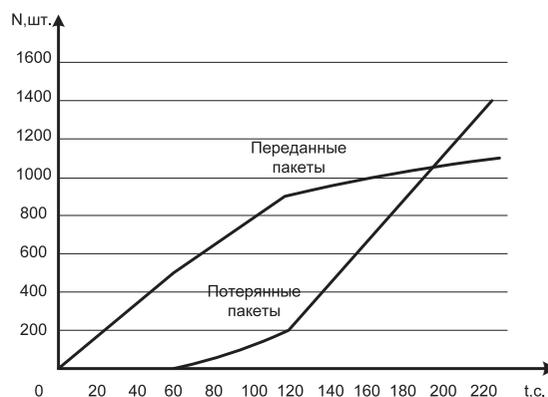


Рис. 4. Результаты исследования работы коммутатора в условиях пиковой нагрузки (эксперимент №2)

Эксперимент №3 (исследование влияния сервиса RED на работу коммутатора в стационарном режиме) выполнялся при следующих исходных данных:

- дисциплина обслуживания FIFO;
- сервисы RED;
- длины очередей одинаковы и максимальны для всех портов;
- период пакетов с обычным приоритетом 1000 мс;
- период пакетов с высоким приоритетом 10000 мс;
- время коммутации 1000 мс;
- время задержки в коммутаторе 1000 мс.

В процессе моделирования наблюдаются большие потери пакетов, чем в первом эксперименте, но переполнения очередей не возникает. Считается, что потери пакетов менее важны, чем перегрузка сети. Графики основных характеристик коммутатора представлены на рис. 5.

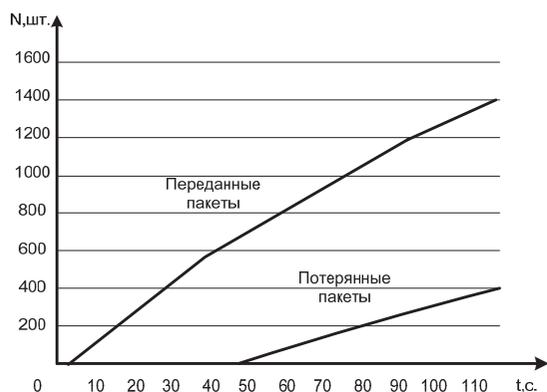


Рис. 5. Результаты исследования работы коммутатора в стационарном режиме с применением сервиса RED (эксперимент №3)

### Выводы

Таким образом, результаты исследований доказали адекватность модели и позволили выявить диапазоны параметров нагрузки, при которых коммутатор работает в стационарном режиме и в условиях пиковой нагрузки.

Последняя возникает, если время коммутации в два и более раз превышает интервал между моментами поступления пакетов. При этом количество потерянных пакетов возрастает ла-

винообразно и коммутатор практически теряет работоспособность.

Достоинством предлагаемого авторами подхода является возможность анализа наиболее важных факторов функционирования устройства и исключения влияния второстепенных.

### Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: СПб.: Питер, 2008. – 958 с.
2. Горелов Г.В. Ромашкова О.Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных. СПб.: ИТМО, 2003. – 45 с.
3. Тютин В.А. Проблемы создания средств проектирования телекоммуникационных сетей. М.: Наука, 2005. – 130с.
4. Башарин Г.П., Бочаров П.П., Коган Я.А. Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и методы расчета. М.: Наука, 2001. – 453с.
4. Ефимушкина Н.В., Миронов А.А. Модели вычислительных систем с телекоммуникационным доступом // Труды 7 РНПК «Компьютерные технологии в науке, практике и образовании». Самара, СГТУ, 2008. – С. 216-219.

## RESEARCH OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF MODERN NETWORK SWITCHES

Voronzov I.V., Efimushkina N.V.

The basic structures and principles of work of the modern switches used in computing systems with telecommunication access and networks, and principles of construction of their models are considered. By means of imitating models the analysis of the most important characteristics of these devices is made and effective modes of their work are defined.

**Keywords:** imitating model, switch, a package, a shot, the discipline of service, entering and leaving turn.

Воронцов Игорь Васильевич, доцент Кафедры вычислительной техники (ВТ) Самарского государственного технического университета (СГТУ). Тел. (8-846) 337-12-86; 8 -927-685-74-15. E-mail: vt@vt.samgtu.ru

Ефимушкина Наталья Владимировна, к.т.н., доцент, заместитель заведующего Кафедрой ВТ СГТУ. Тел. (8-846) 337-12-86; 8-904-730-56-73. E-mail: efimushkina@vt.samgtu.ru

УДК 004.4, 621.391

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСЛЯЦИИ И ПАРАДИГМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНИМОСТИ К ЗАДАЧЕ РАЗРАБОТКИ ФОРМАЛЬНОГО ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Милоткин М.Г., Полукаров Д.Ю.

Поставлена задача систематизации современных парадигм программирования. Проведен анализ проблемы формального описания протоколов маршрутизации. Рассмотрена возможность применения декларативной парадигмы

программирования для решения задачи маршрутизации.

**Ключевые слова:** парадигмы программирования, языки программирования, протокол маршрутизации.