

## АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСЦИПЛИН ОБСЛУЖИВАНИЯ С ГАММА РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

### ANALYSIS OF PROBABILISTIC- TEMPORAL CHARACTERISTICS OF SERVICE DISCIPLINES WITH GAMMA DISTRIBUTION

**A. Pugach  
D. Stepanova  
K. Gaipov**

*Summary.* This article analyzes the parameters that affect the bandwidth of traffic with Gamma distribution. When analyzing Internet traffic, a graph will be built showing the correctness of the data received from the generator. After that, graphs for different packet lengths will be obtained at bandwidths of different values. On their basis, the traffic most sensitive to losses will be identified. Then, based on the application of one of the congestion avoidance methods, results will be obtained showing a reduction in losses for sensitive packet lengths. Also, based on this method, concepts will be identified in which losses will be minimal. This article includes 16 pages, 14 figures and 8 references.

*Keywords:* gamma distribution, traffic generator, IP packet, bandwidth.

**Пугач Алексей Витальевич**

Сибирский государственный университет науки  
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,  
Красноярск

**Степанова Дарья Семёновна**

Сибирский государственный университет науки  
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,  
Красноярск  
052299@bk.ru

**Гаипов Константин Эдуардович**

К.т.н., доцент, Сибирский государственный  
университет науки и технологий имени академика  
М.Ф. Решетнева, Красноярск

*Аннотация.* В данной статье производится анализ параметров, влияющие на пропускную способность трафика с Гамма распределением. При анализе интернет-трафика будет построен график, показывающий правильность полученных данных с генератора. После на пропускных способностях различной величины будут получены графики для разных длин пакетов. На их основании будет выявлен наиболее чувствительный к потерям трафик. После, на основании применения одного из методов предотвращения перегрузок, будут получены результаты, показывающие снижение потерь для чувствительных к ним длин пакетов. Также на основании данного метода будут выявлены концепции, при которых потери будут минимальны. Данная статья включает в себя 16 страниц, 14 рисунков и 8 источников списка литературы.

*Ключевые слова:* гамма распределение, генератор трафика, IP пакет, пропускная способность.

### Введение

**Н**а сегодняшний день, большинство компаний, работающих с огромным количеством данных интернет-трафика, сталкиваются с проблемой того, что нет какого-либо единого закона, которому подчиняется данный трафик. Исходя из этого возникают задержки сети, потери данных, а также сбой в программах и устройствах из-за неспособности обработки запросов всех пользователей. Одним из решений данной проблемы является проверка того, подчиняется ли интернет-трафик какому-либо из математических распределений, чтобы после, зная параметры данного распределения, повышать эффективность работы сети, уменьшая задержки и количество потерь данных

Для осуществления такой задачи прибегают к натурному моделированию. Для его проведения, с целью исследования вероятностно временных характеристик различных дисциплин обслуживания, необходимы источники трафика с контролируруемыми статистическими параметрами. Для того, чтобы создать симуляцию интернет-трафика, используются различного рода генераторы, позволяющие выбрать, по какому из распределений будут создаваться данные. Но, помимо этого, следует произвести проверку того, есть ли сходство между теми данными, под которые подстраивается генератор трафика с теоретическими. Для того, чтобы произвести данную проверку, используем теорию о том, что если графики плотности вероятности практических данных и данных, полученных при тех же параметрах с точки

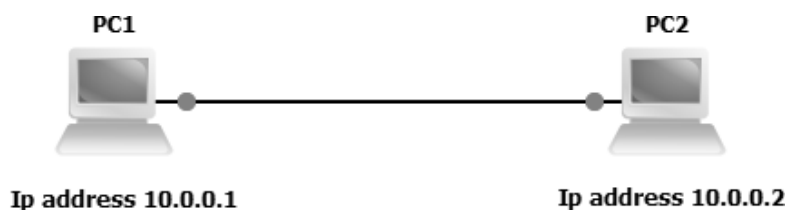


Рис. 1. Топология для проверки распределения



Рис. 2. Проверка подлинности данных

зрения общеизвестных значений совпадут, то можно сделать вывод, что генератор может при определенных параметрах создать трафик, подчиняющийся данному распределению.

Исходя из результатов симуляции, можно сделать вывод о том, что и для реальной ситуации в проводных и беспроводных системах связи можно высчитать потери при приеме и передаче данных. После данной проверки, необходимо будет совершить анализ пропускной способности для того, чтобы выявить определенные рамки, в которых будет работать применяемое распределение.

#### Основная часть

Для анализа используется такой генератор как DITG (Distributed internet traffic generator) [1], так как в нем есть большое разнообразие распределений, которым

подчиняются такие величины как длина полезных данных, инкапсулируемых в IP пакет, интервал времени между кадрами, скорость генерации пакетов. Также немаловажным плюсом является его простота. Среди всех распределений, которые являются часто используемыми и имеющимися в данном генераторе, можно выделить такие, как экспоненциальное, гамма, Пуассона, а также нормальное. Для самого анализа выбор падает на гамма распределение, ибо оно подразумевает большой диапазон разброса длины пакетов, что делает возможной ситуацией, максимально приближенной к трафику, который используется в самом интернете.

После необходимо определиться, какой тип пакетов необходимо использовать для генерации трафика, а именно на базе какого протокола. Логичным будет использовать пакеты с протоколом TCP и UDP [2], так как в процессе приема и передачи каких-либо данных они являются наиболее распространенными. В данном

Таблица 1. Фиксированные значения коэффициента формы длин пакетов

10240	Коэффициент масштаба интервалов между вызовами	Коэффициент формы интервалов между вызовами	Коэффициент масштаба длин пакетов	Коэффициент формы длин пакетов
	1.7812	0.1	200	1
	0,21718	1	250	1
	0,025624	10	300	1

Таблица 2. Фиксированные значения коэффициента масштаба длин пакетов

10240	Коэффициент масштаба интервалов между вызовами	Коэффициент формы интервалов между вызовами	Коэффициент масштаба длин пакетов	Коэффициент формы длин пакетов
	0,8906	0,2	200	1
	0,41795	0.8	200	2
	0,49063	1	200	3

Таблица 3. Фиксированные значения коэффициента формы интервалов между вызовами

10240	Коэффициент масштаба интервалов между вызовами	Коэффициент формы интервалов между вызовами	Коэффициент масштаба длин пакетов	Коэффициент формы длин пакетов
	0,56876	1	700	1
	0,88123	1	550	2
	0,9984	1	250	5

Таблица 4. Фиксированные значения коэффициента масштаба интервалов между вызовами

10240	Коэффициент масштаба интервалов между вызовами	Коэффициент формы интервалов между вызовами	Коэффициент масштаба длин пакетов	Коэффициент формы длин пакетов
	0,5	1,9187	400	3
	0,5	0,98123	600	1
	0,5	1,1375	350	2

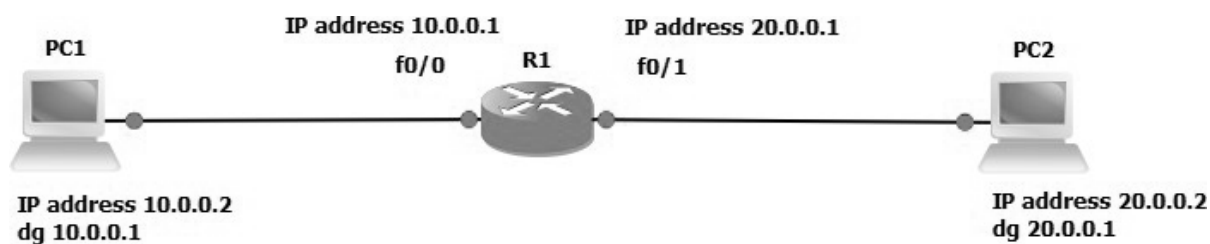


Рис. 3. Топология проводной сети

варианте рассматриваются пакеты протокола UDP, которые после прохождения всех уровней стека TCP/IP, формируются как кадры типа Ethernet II [3].

Топология, которая будет определять совпадения теоретических данных с практическими, представляет из себя проводное соединение двух компьютеров (рис. 1).

В процессе сбора данных с генератора, все их необходимо обработать. Для этого использовалась программа Wireshark [4], позволяющая отследить генерируемые пакеты UDP, идущие к получателю. После захвата всех данных, их необходимо отфильтровать, ибо за время генерации, в данной программе были выявлены данные, свидетельствующие о состоянии подключения

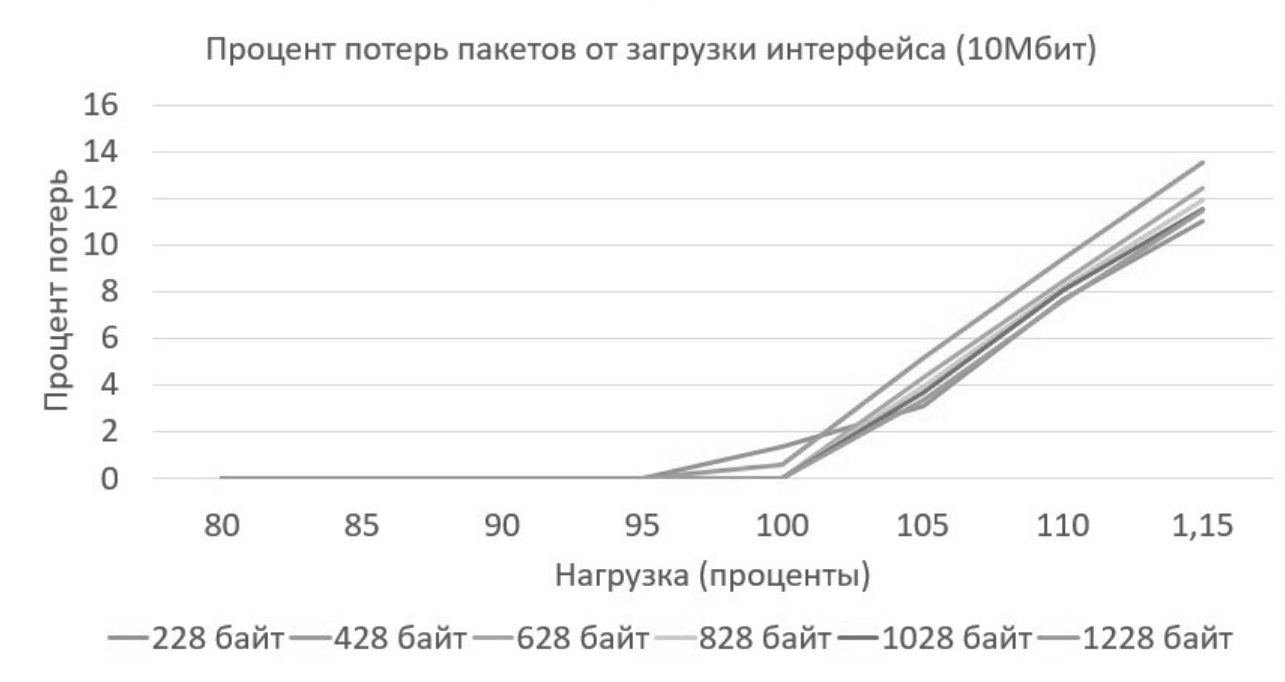


Рис. 4. Зависимость потерь от нагрузки на интерфейс для 10 Мбит

и проверке соединения между компьютерами, а также данные о получении MAC адресов в виде запросов ARP. Поэтому, в Wireshark необходимо выставить ограничение в виде UDP пакетов, позволяющее убрать лишние данные за время генерации трафика.

После просеивания, все данные о пакетах необходимо перенести в Excel, чтобы после вычленить из них необходимую информацию для построения практического графика, показывающего Гамма распределение с точки зрения генератора. После чего, исходя из тех же данных, используя встроенные функции Excel, строим теоретический график. Если данные графики сойдутся между собой, следовательно, можно сделать вывод о том, что генератор выдает истинные значения для выбранных параметров shape и scale для такой случайной величины, как длина пакета [5]. Но, стоит учитывать тот факт, что Гамма распределения в данной ситуации работает только с «чистыми» данными, исключая служебную информацию, потому для получения истинных значений, необходимо от длины каждого пакета отнимать часть, которую занимает служебная информация (в данном случае, размер служебной информации равен 42 байтам), рис. 2.

Все измерения были произведены для длин пакетов в диапазоне от 200 байт до 1400 байт, которые показали аналогичный результат, показанный на Рисунке 7. Исходя из этого можно сделать вывод, что данное распределение работает для всех основных длин пакетов.

Для дальнейшего анализа, будет использоваться топология, которая будет включать в себя 2 устройства, выступающих в роли передатчика и приемника, а также маршрутизатор для контроля нагрузки и наложения на поток трафика определенных ограничений (рис. 3).

Маршрутизатор будет ограничивать пропускную способность для выявления параметров Shape и Scale случайной величины как интервалы между вызовами.

Пропускная способность в генераторе DITG, настроенном на Гамма распределении, регулируется путем четырех переменных, представленных в виде shape и scale для длины пакета, а также shape scale для интервалов между вызовами. В качестве примера, рассмотрим ситуацию, когда пропускная способность ограничена 10 мегабитами в секунду. Тогда для получения данных 10 мегабит, будет выявлено 4 ситуации с описывающими переменными, а именно когда одна из четырех переменных является статической, то есть неизменной, во время изменения других переменных. Данные вариации указаны в таблицах 1, 2, 3, 4.

После проведения измерений, были получены статистические данные, на основе которых были построены графики зависимости потерь пакетов от загрузки для различных длин пакетов. Данные графики представлены на рис. 4, 5, 6, 7, 8.

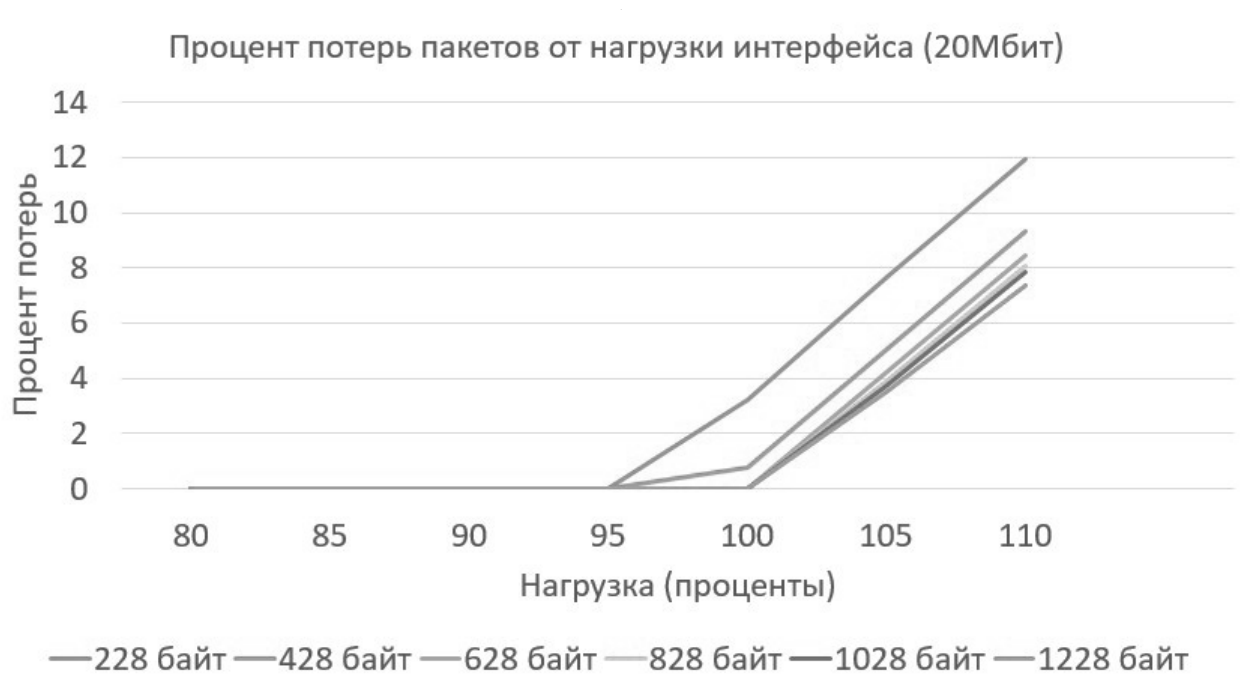


Рис. 5. Зависимость потерь от нагрузки на интерфейс для 20 Мбит

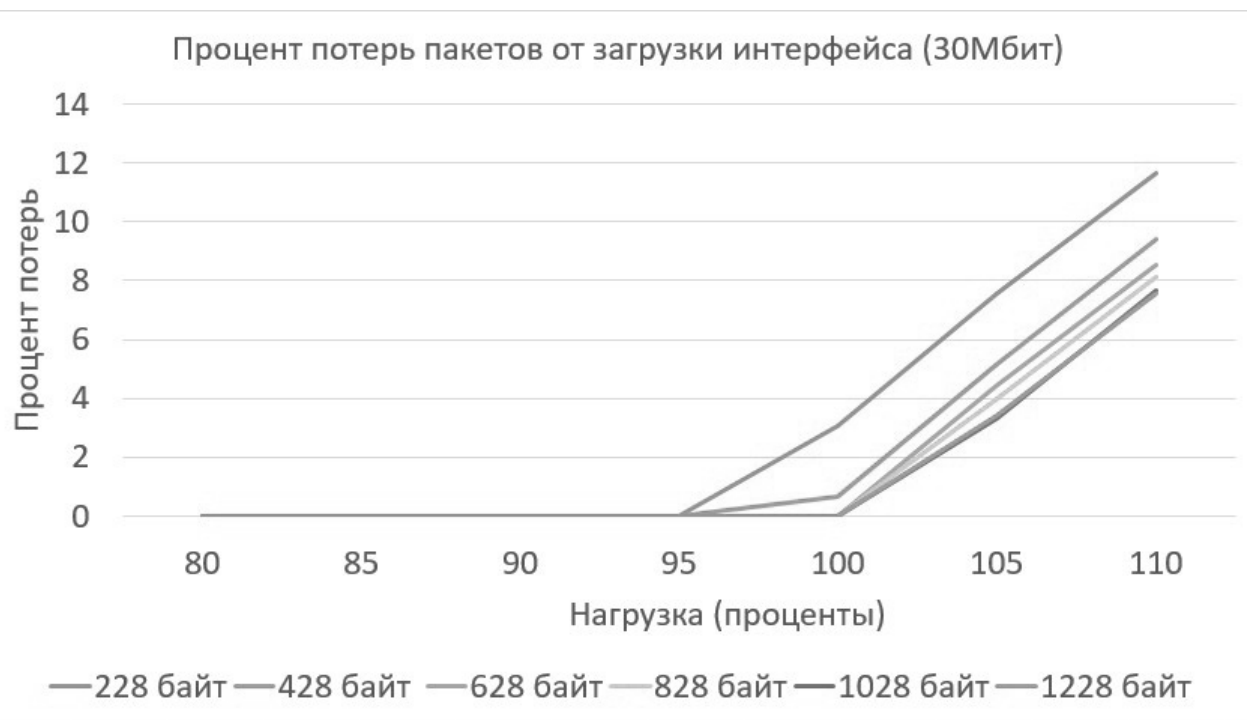


Рис. 6. Зависимость потерь от нагрузки на интерфейс для 30 Мбит

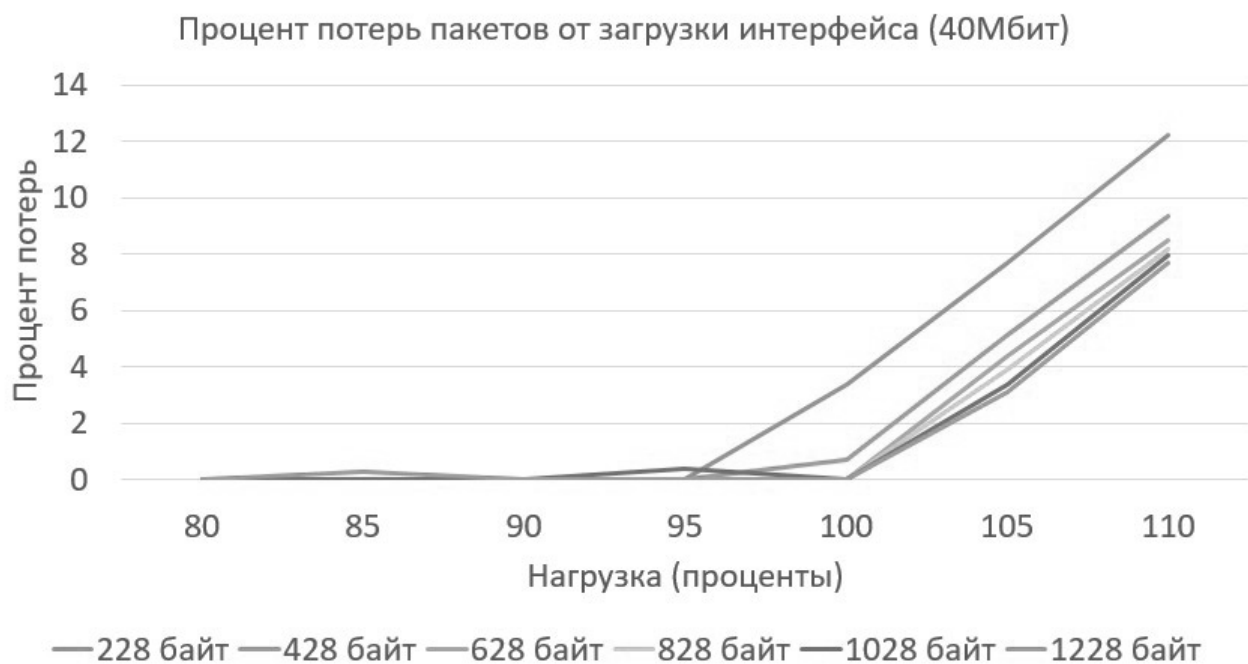


Рис. 7. Зависимость потерь от загрузки на интерфейс для 40 Мбит

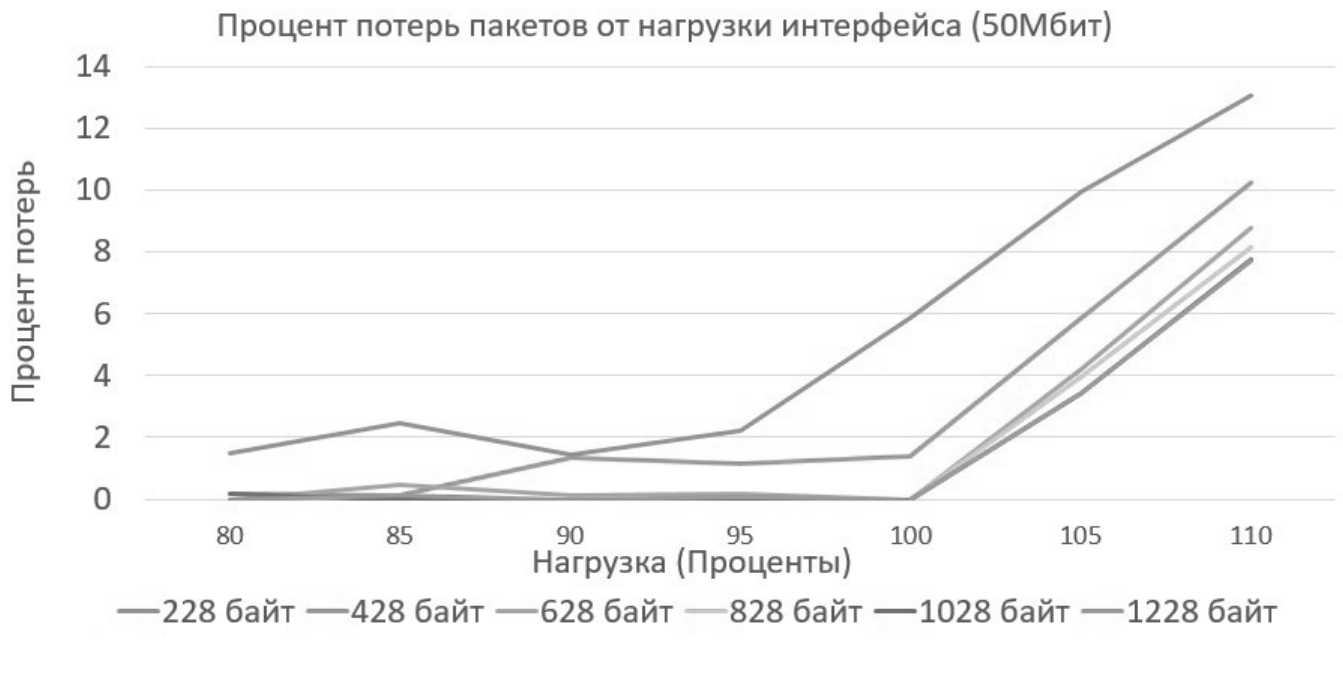


Рис. 8. Зависимости потерь от загрузки на интерфейс для 50 Мбит

Таблица 5. Вариации распределения трафика для 25 мест в очереди

Количество мест в очереди	Процент данных для первого потока	Процент данных для второго потока	Процент данных для третьего потока
25	75	12,5	12,5
	50	25	25
	35	35	30

Таблица 6. Вариации распределения трафика для 25 мест в очереди

Количество мест в очереди	Процент данных для первого потока	Процент данных для второго потока	Процент данных для третьего потока
50	75	12,5	12,5
	50	25	25
	35	35	30

Таблица 7. Вариации распределения трафика для 25 мест в очереди

Количество мест в очереди	Процент данных для первого потока	Процент данных для второго потока	Процент данных для третьего потока
100	75	12,5	12,5
	50	25	25
	35	35	30

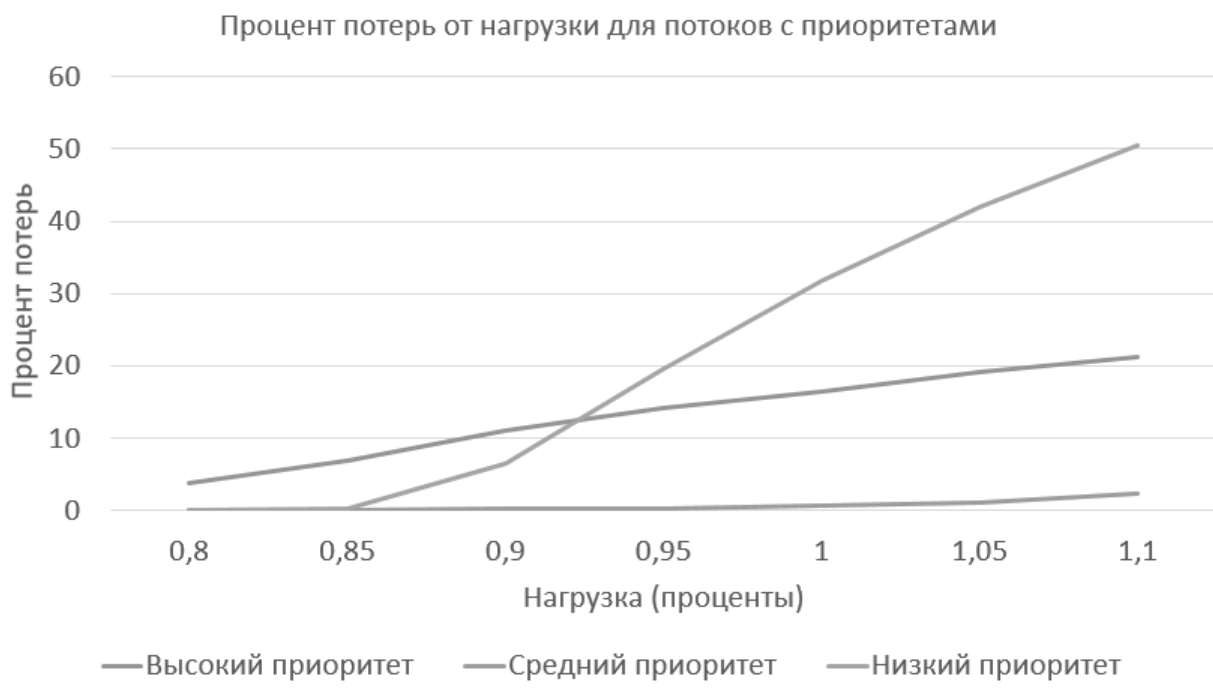


Рис. 9. Зависимость потерь от нагрузки для 3 потоков 2 комбинации

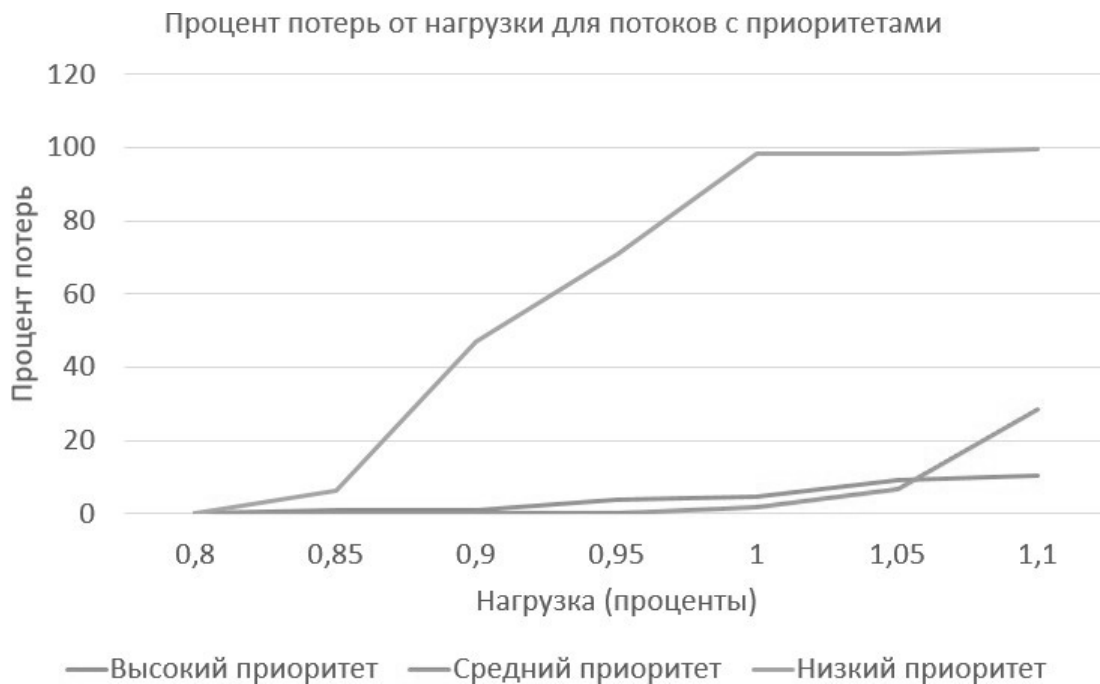


Рис. 10. Зависимости потерь от нагрузки для 3 потоков 4 комбинации

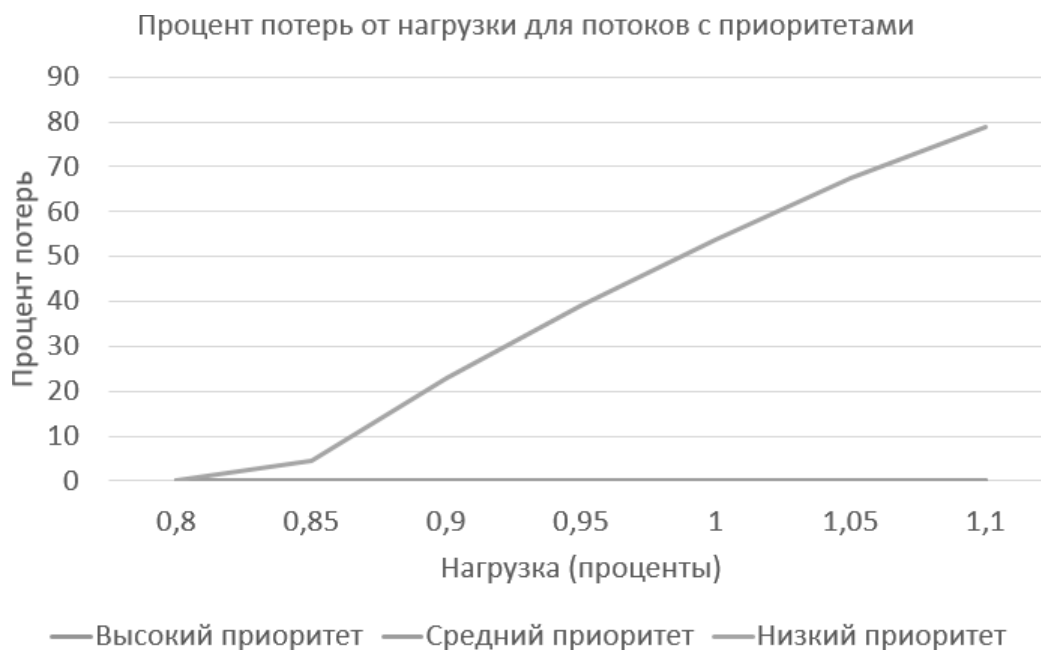


Рис. 11. Зависимости потерь от нагрузки для 3 потоков 6 комбинации



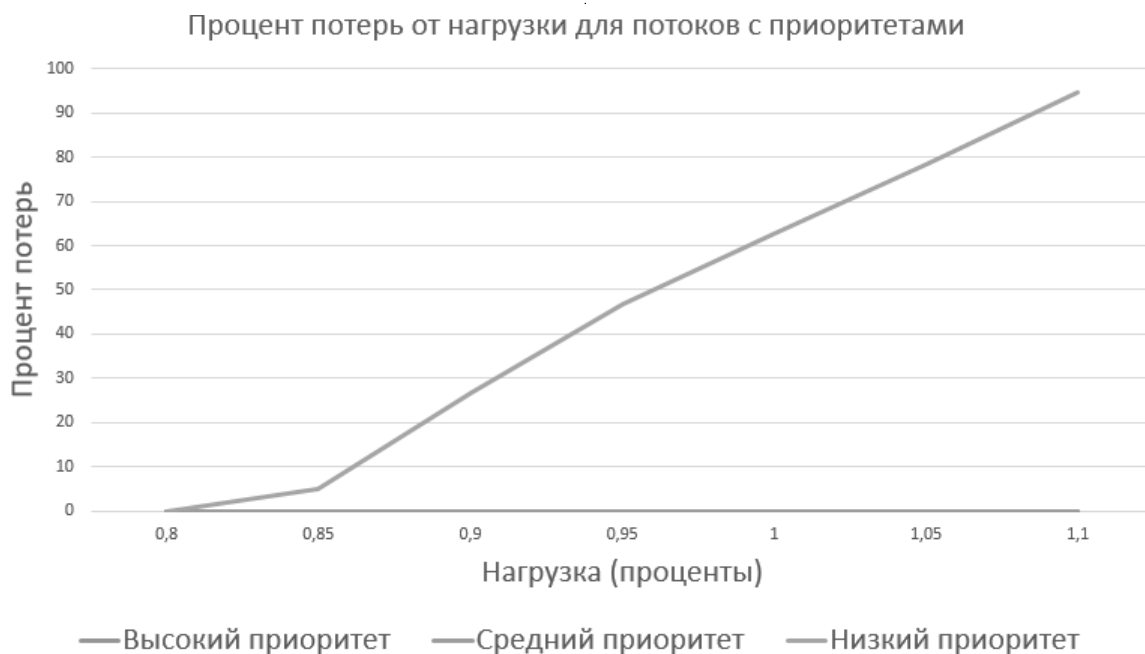


Рис. 12. Зависимости потерь от нагрузки для 3 потоков 8 комбинации



Рис. 13. Зависимость потерь от нагрузки для 50 мест в очереди

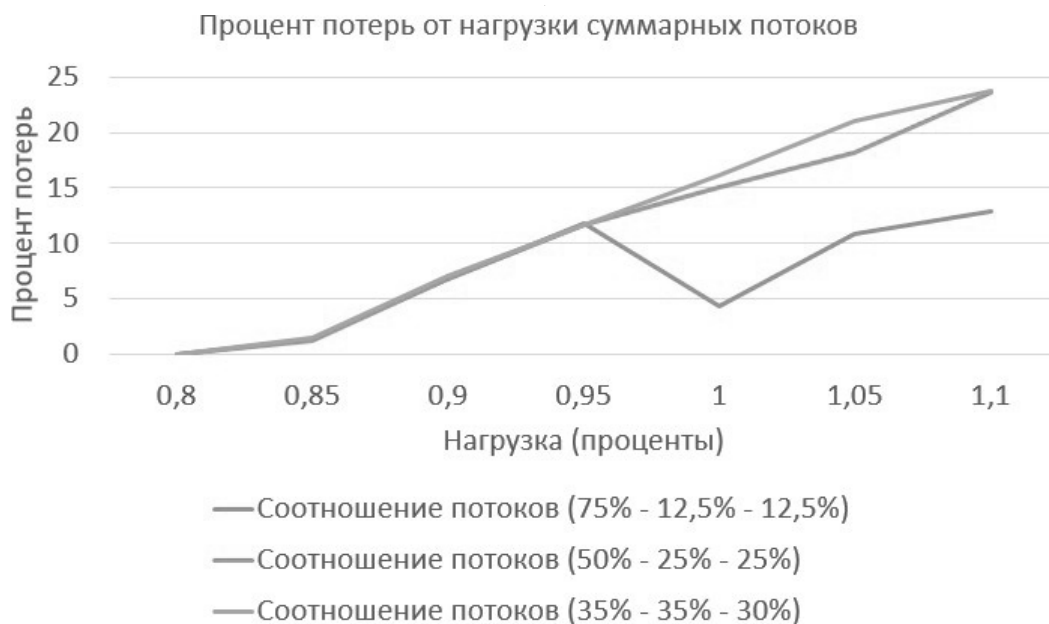


Рис. 14. Зависимость потерь от нагрузки для 100 мест в очереди

Исходя из графиков, представленных выше, наиболее чувствительным к потерям является трафик с маленькими длинами пакетов. Для того, чтобы уменьшить процент потерь данного трафика, необходимо использовать методы предотвращения перегрузок [6], разработанные компанией Cisco для их выпускаемых продуктов. Для данной статьи использовался метод приоритетной очереди.

Механизм приоритетного обслуживания трафика разделяет весь сетевой трафик на небольшое количество потоков с присвоением каждому потоку приоритета. Разделение на потоки можно производить различными способами. Пакеты могут разбиваться на очереди по приоритетам в соответствии с классом сетевого протокола, например, IP, по адресам получателя и отправителя, номеру порта TCP/UDP и других признаков, содержащихся в пакетах.

Приоритетное обслуживание применяется в случае, когда в сети есть чувствительный к задержкам трафик, с небольшой интенсивностью, так как его наличие не ущемляет другой трафик. Для примера можно привести голосовой трафик, он чувствителен к задержкам, но его скорость небольшая и примерно равна 8–16 Кбит/с, назначив ему высокий приоритет остальной трафик не будет подавляться. Но, с другой стороны, существует видеотрафик, который требует высокого приоритета, но имеет также высокую скорость.

Данная дисциплина работает с приоритетными потоками, если таковых не будет, все пакеты будут

помещаться в очередь по умолчанию. Она обеспечивает приоритет одних пакетов над другими. Имеет всего четыре очереди: высокий, средний, нормальный, низкий. Обработка пакетов происходит последовательно от очереди высокий до очереди низкий. Из-за последовательной обработки возможна монополизация канала высокоприоритетными очередями [8].

После настройки маршрутизатора для метода приоритетной очереди, необходимо рассчитать потери для пакетов длиной 228 байт, ибо они являются наиболее чувствительными к ним. Так как потери при данном методе зависят от двух составляющих, а именно от длины очереди и процент данных, приходящийся на каждый отдельный поток с разным приоритетом, необходимо сделать анализ при разной длине очереди, а также разным объемом данных для каждого потока, чтобы было достаточно объективно.

Варианты распределения трафика и количество мест в очереди изображены на таблицах 5,6,7.

Первый поток имеет высокий приоритет, у второго средний, а у третьего низкий.

Исходя из вышеприведенных комбинаций, необходимо составить графики потерь (рис. 9, 10, 11, 12).

После необходимо составить итоговые графики, состоящие из суммы 3 потоков для каждой комбинации (рис. 13, 14).

## Заключение

Из вышеприведенных графиков, можно сделать вывод, что при распределении трафика в соотношении 75% — 12,5% — 12,5% и количестве мест в очереди

выше 25, наблюдаются маленькие потери. То есть, если рассматривать реальную ситуацию, где поток данных составляет пакеты разных протоколов, то в вышеописанном соотношении будет наблюдаться балансировка, при которой потери важных данных будут минимальны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. D-ITG MANUAL [Электронный ресурс]: Grid.unina.it, официальный сайт URL: <http://www.grid.unina.it/software/ITG/manual/> (дата обращения: 1.06.2020).
2. Джозеф Филипс, Томас Ли. Windows server 2003. Протоколы и службы TCP/IP. М.: «СП ЭКОМ», 2005. — 752 с.
3. Одом Уэнделл Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA ISND1 100–105, акад. изд.: Пер. с англ. — СПб.: ООО «Диалектика», 2019. — 1088 с.
4. Крис Сандерс Анализ пакетов: практическое руководство по использованию Wireshark и tcpdump для решения реальных проблем в локальных сетях, 3-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: ООО «Диалектика», 2019—448с.
5. Гамма распределение [Электронный ресурс]: Statistica, официальный сайт URL: <http://statistica.ru/theory/gamma-raspredelenie/> (дата обращения: 1.06.2020).
6. Виджей Боллапрагада, Кэтрис Мерфи, Расс Уайт. Структура операционной системы Cisco IOS. М.: «Вильямс», 2002. —208с.
7. Леонард Клейнрок Теория массового обслуживания. Пер с англ./Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. — М.: Машиностроение, 1979. — 432с.
8. Ш. Вегешна. Качество обслуживания в сетях IP. // М.: Изд-во «Вильямс», 2003. — 356с

© Пугач Алексей Витальевич, Степанова Дарья Семёновна ( 052299@bk.ru ), Гаипов Константин Эдуардович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва