

ПОРТФОЛИО АСПИРАНТА

| | |
|---|---|
| ФИО | Ромасевич Егор Павлович |
| Год рождения | 1991 |
| Образование | ВолГУ, 2014, Инфокоммуникационные технологии и системы связи |
| Образовательный опыт до поступления в аспирантуру | Диплом бакалавра, диплом магистра |
| Достижения в результате освоения основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре | История и философия науки: отлично Иностранный язык: отлично |

Ромасевич Е.П.

Волгоградский государственный университет, г.Волгоград, аспирант кафедры
«Телекоммуникационных систем», eromasevich2@mail.ru

Исследование влияния передачи трафика IPv6 на работоспособность сети MetroEthernet на основе имитационной модели

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Протокол IPv6, сеть MetroEthernet, потеря пакетов, имитационная модель.

АННОТАЦИЯ

В работе проведено исследование процесса потери пакетов в зависимости от размера MTU и объёма полезных данных при передаче самоподобного трафика в IPv6-сети масштаба города со смешанной архитектурой с помощью имитационной модели и выработаны рекомендации оператору по качественному предоставлению услуг при использовании в сети протокола IPv6.

Введение

В связи с динамичным ростом рынка «облачных» услуг, технологии предоставления которых предполагают удаленное и динамически меняющееся местоположение контента, связанного с миграцией виртуальных машин между ЦОД, важнейшее значение имеет непрерывное их качественное обеспечение при разумных финансовых затратах. В связи с этим актуальна задача не только кардинальной модернизации телекоммуникационной инфраструктуры, но и предварительной оценки её ключевых параметров, ответственных за качественное предоставление сервисов.

Это предполагает использование скоростных каналов связи и сетевого оборудования для обработки трафика различной природы с QoS, а также определенных архитектур телекоммуникационной инфраструктуры сети

Современной тенденцией развития телекоммуникационных сетей станет переход Интернет на протокол IP версии 6, очевидным преимуществом которого является увеличенное адресное пространство по сравнению с IPv4. Если у протокола IPv4 – 2^{32} адресов, то у IPv6 – 2^{128} адресов. IPv6 содержит немало и функциональных улучшений, прежде всего в области маршрутизации. Адресация теперь имеет иерархическую структуру, что облегчает передачу пакетов по сети. Также на уровне IP больше нет подсчёта контрольных сумм, что позволяет маршрутизаторам

не разбивать пакеты, экономя время обработки. Появились также новые возможности QoS и многоадресное вещание, а IPSec стал обязательным. Максимальный размер пакетов у шестой версии протокола может достигать 4 Гб, что несомненно приведёт к изменениям принципов передачи данных в будущем [1].

В настоящее время крупные операторы переводят свои сети на протокол IPv6. Однако при этом нет чёткого понимания, какое влияние работу телекоммуникационных сетей и на качество предоставляемых услуг окажет миграция на новый сетевой протокол.

При анализе действующих телекоммуникационных систем, ввиду риска постановки масштабных экспериментов на сети, с помощью моделирования определяют границы работоспособности системы, выполняют имитацию экстремальных условий, которые могут возникнуть в процессе ее функционирования. Искусственное создание таких условий на действующей системе затруднено и может привести к катастрофическим последствиям, если система не справится со своими функциональными обязанностями. Целесообразность использования моделирования для действующей системы состоит также в том, что можно опытным путем проверить адекватность модели и оригинала и более точно определить те параметры телекоммуникационной системы и внешних воздействий на нее, которые служат исходными данными для моделирования. Это позволяет выявить ее резервы и прогнозировать ее работу. [2]

Поэтому целью данной работы является исследование влияния миграции на сетевой протокол IPv6 сети MetroEthernet на её работоспособность на основе построенной имитационной модели.

Имитационная модель

Современная сетевая инфраструктура позволяет передавать данные практически без потерь и искажений в каналах между устройствами. Этим также продиктовано увеличение минимального размера MTU канального уровня до 1280 байт, с которым работает шестая версия IP. Однако сейчас, в сетях MetroEthernet используется MTU размером приблизительно от 1400 до 1500, в зависимости от используемого туннелирования. Очевидно, что при увеличении количества передаваемых в одном пакете данных, транзитные устройства будут тратить меньше времени на обработку заголовков.

Имитационная модель – совокупность описания системы и внешних воздействий, алгоритмов функционирования системы или правил изменения состояния системы под влиянием внутренних и внешних возмущений. Эти алгоритмы и правила не дают возможности использования имеющихся математических методов аналитического и численного решения, но позволяют имитировать процесс функционирования системы и производить измерения интересующих характеристик. [2]

Основной задачей работы являлось изучение изменения потерь в

зависимости размера MTU при передаче трафика IPv6.

Исследование проводилось с помощью сетевого симулятора NS-3 – одного из самых динамично развивающихся продуктов в этой области. Для анализа результатов работы сетевого симулятора предназначен ряд инструментов. Симулятор NS-3 позволяет выбирать пользователю из нескольких видов трассировок. Первый вид трассировки даёт возможность производить анализ с помощью приложений-снифферов, таких, например, как Wireshark. Формат таких файлов трассировки называется PacketCapture и имеет расширение *.PCAP. К достоинствам такого формата можно отнести небольшой размер выходных данных, а также удобство фильтрации полученной информации, которую предлагают снифферы. Но есть также важный недостаток, из-за которого невозможно применение данного формата. PCAP создаёт информацию так, как если бы её снимали с сетевого устройства в режиме реального времени, и показывает лишь захваченные, то есть принятые, пакеты. Остаётся две неизвестных: количество потерянных пакетов и количество отправленных пакетов (так как количество отправляемых пакетов определяется в ходе моделирования с помощью вероятностного распределения).

Второй вид трассировки, который предлагает NS-3, является текстовым форматом ASCII. Формат представляет собой набор строк. Каждая строка представляет собой событие в модели. Первое значение в строке сообщает о том, что происходит с пакетом, далее следует время события, затем информация об узле и устройстве, которое создаёт событие в имитационной модели. После этого представлено содержимое пакета, а именно его заголовки, вложенные друг в друга, со всеми полями. Благодаря этому возможно легко анализировать пакеты, например, с помощью приложения обработки трассировок TraceMetrics, или таких инструментов фильтрации, какие есть, например, у MS Excel.

При всех преимуществах данного формата, использование известных приложений для обработки трассировочных файлов оказалось невозможным, ввиду их ограничения примерно до миллиона строк, тогда как выходные данные содержали 27-45 миллионов строк. Для решения данной проблемы была разработана программа подсчёта потерь. Данное приложение подсчитывает количество потерянных и полученных пакетов в сети, и автоматически приводит процент потерь как показано на рис. 1.

Также в данной программе реализована возможность указать номера узлов, которые необходимо исключить из подсчёта. Эта возможность необходима из-за особенностей трассировочных данных симулятора. Каждый пакет, проходя по сети, вызывает событие получения на каждом маршрутизирующем узле, через который проходит. Следовательно, количество «полученных пакетов» также будет выше реального, то есть в модели без потерь количество полученных пакетов будет в несколько раз больше, чем количество отправленных, что является абсурдом. Однако, и эти данные полезны, так как с их помощью можно дать приблизительную

оценку того, в какой части сети происходит большее количество потерь, не отслеживая каждый пакет в отдельности.

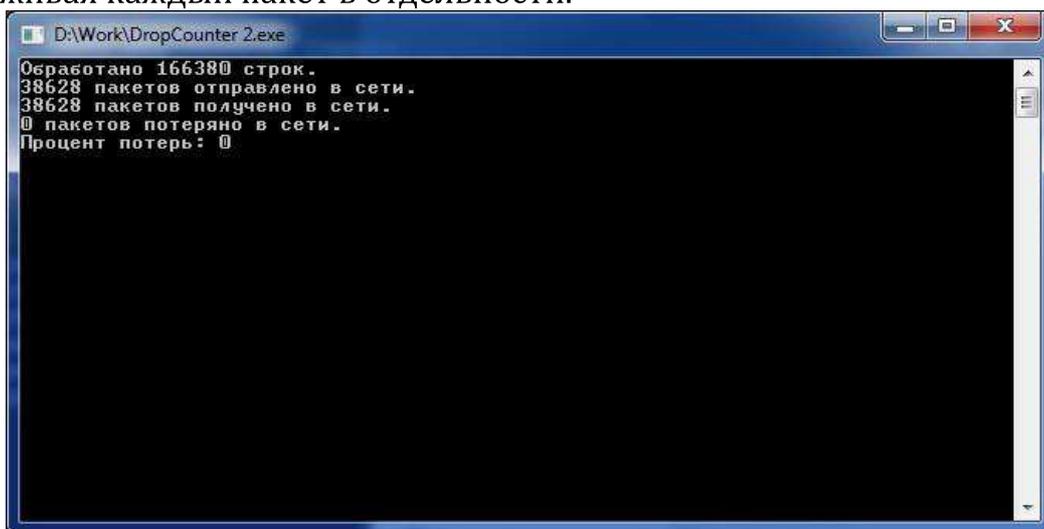


Рис. 1 – Результат работы программы подсчёта потерь (экранная копия)

Для исследования была создана имитационная модель. Структурная схема моделируемой сети показана на рис. 2. Модель имитирует работу сети примерно соответствующей мультисервисной сети одного из операторов города Волжского Волгоградской области. Сеть представляет собой топологию смешанного типа. Здесь представлена сложная звездообразная топология, а также кольцевая на уровне распределения.

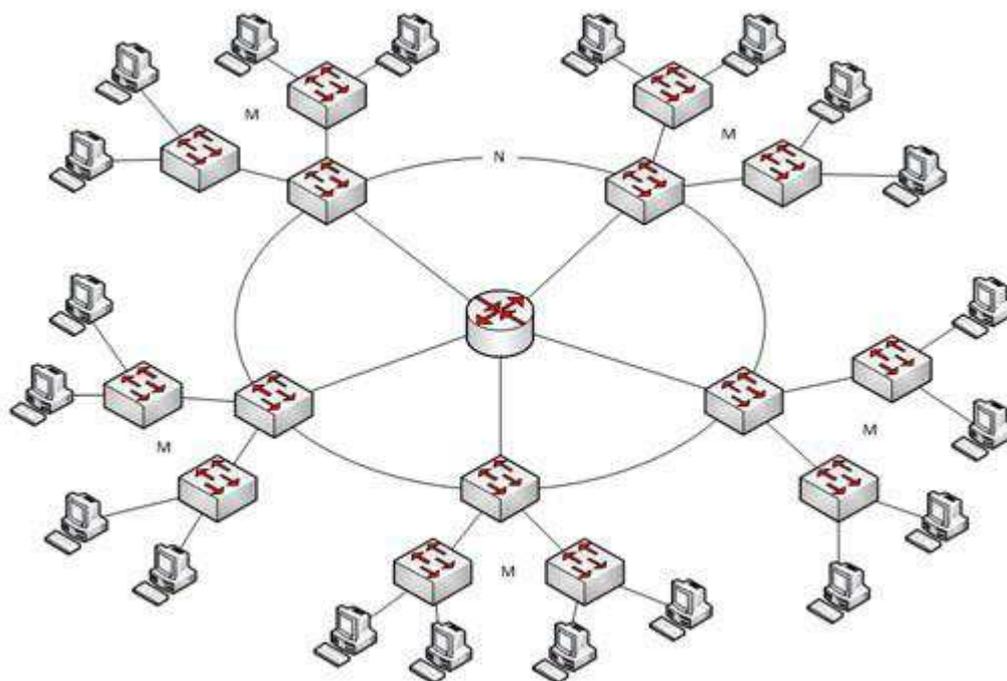


Рис. 2. Топология моделируемой сети

За основу были взяты значения характеристик, наиболее распространённые в сетях в настоящее время. В модели проводилась имитация устройств компании D-Link, ввиду массовости использования оборудования этого производителя в телекоммуникационных сетях

операторов России различного уровня.

Учитывалось также наличие самоподобия трафика в современных сетях. Было принято решение привести количество узлов к средним значениям реальной сети, имитируемой данной моделью. Таким образом, имитационная модель приобрела следующие характеристики:

- на уровне ядра:
 2. количество узлов: 1-2;
 3. нисходящая скорость: 10 Гбит/с;
 4. скорость по уровню: 40 Гбит/с;
 5. имитируемая модель: DXS-3600-32S;
- на уровне распределения:
 7. количество узлов: 20;
 8. нисходящая скорость: 1 Гбит/с;
 9. скорость по уровню: 1 Гбит/с и 10 Гбит/с;
 10. имитируемая модель: DGS-3620-xx;
- на уровне доступа:
 12. количество узлов: 400 (по 20 у каждого узла распределения);
 13. скорость: 100 Мбит/с;
 14. имитируемая модель: DES-3200-xx;
- количество хостов: 4800 (по 12 у каждого узла доступа);
- использование стека Интернет, интернет-протокола версии 6;
- использование протокола UDP для передачи данных;
- масштабируемость;
- учёт самоподобия трафика;
- использование OnOff-генератора с распределением Вейбулла.

Наиболее часто для моделирования фрактального трафика используется распределение Парето. Достоинством такого распределения является возможность определения фрактальности трафика по его параметрам. Недостатком является то, что оно имеет бесконечную дисперсию, что означает высокую изменчивость входного трафика. Это создает определенные трудности использования данного распределения при моделировании реальных процессов в телекоммуникационных системах. Наряду с распределением Парето, наиболее часто используется при моделировании фрактального трафика распределение Вейбулла, которое хорошо подходит, в частности, для моделирования процессов потери пакетов при переполнении буфера [3].

Распределение Вейбулла – это распределение с «тяжёлым хвостом», широко применяемое при моделировании сетевого трафика, с плотностью распределения вероятностей вида

$$\omega(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta}, \quad (1)$$

и с функцией распределения

$$F(x) = 1 - e^{-\alpha x^\beta}. \quad (2)$$

Генерировать значения для трассы с плотностью распределения вероятностей Вейбулла можно так же, как для экспоненциального распределения, используя инверсию функции распределения Вейбулла [4].

Исследование потерь пакетов в сети MetroEthernet

Модель была приведена в максимально возможное соответствие сети, которую имитирует. Количество узлов в модели превысило число 5000, время построения модели и моделирования передачи данных возросло. Было принято решение оставить два значения MTU: стандартное – 1500 байт, и большое – 4500 байт. Значения объёма полезной нагрузки: 1000 байт и 4000 байт.

Таким образом, были определены следующие условия моделирования:

- полезная нагрузка равна 1000 байт, MTU – 1500 байт;
- полезная нагрузка равна 4000 байт, MTU – 1500 байт;
- полезная нагрузка равна 4000 байт, MTU – 4500 байт.

Поставленные условия рассматривают три варианта событий.

Первый вариант, когда значения полезной нагрузки и MTU типичны для нынешних сетей.

Второй вариант показывает ситуацию, при которой происходит фрагментация IP-пакета.

Третий вариант предполагает использование как пакетов, так и MTU большего размера, по сравнению со значениями в современных.

В ходе исследования был проведён ряд экспериментов при каждом условии. По каждому эксперименту был получен и обработан файл трассировки. Каждый трейс-файл несёт в себе информацию о 10 секундах модельного времени. Работа модели с меньшим количеством узлов в аниматоре NetAnim представлена на рис. 3.

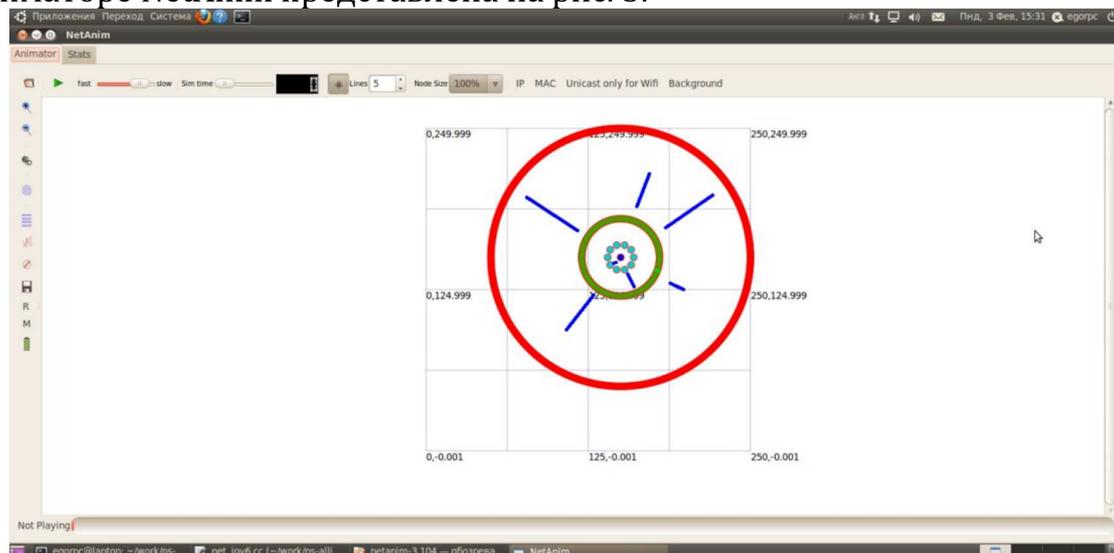


Рис. 3 – Работа модели в визуализаторе NetAnim (экранный снимок)

В первом эксперименте трафик проходил в соседний сегмент через уровень ядра в одном случае и между коммутаторами распределения в

другом. Под сегментом подразумевается часть сети находящаяся за коммутатором распределения. Результаты представлены на рис. 4.

Как видно из графика на рис. 4 и значений, представленных на нём, каналы между узлами распределения являются узким местом сети, при том, что коммутатор ядра справляется с поступающей нагрузкой. Таким образом, при отказе коммутатора ядра, сеть становится неработоспособной. Далее пропускная способность каналов уровня распределения была увеличена с 1 Гбит/с до 10 Гбит/с. Результаты показаны на рис. 5.

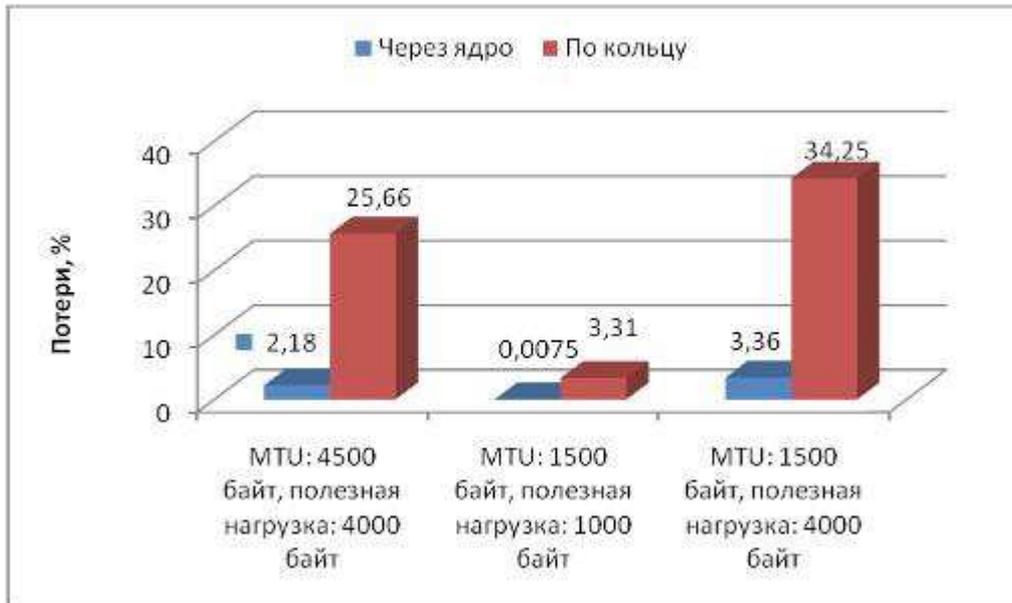


Рис. 4 – Потери при разных путях движения трафика

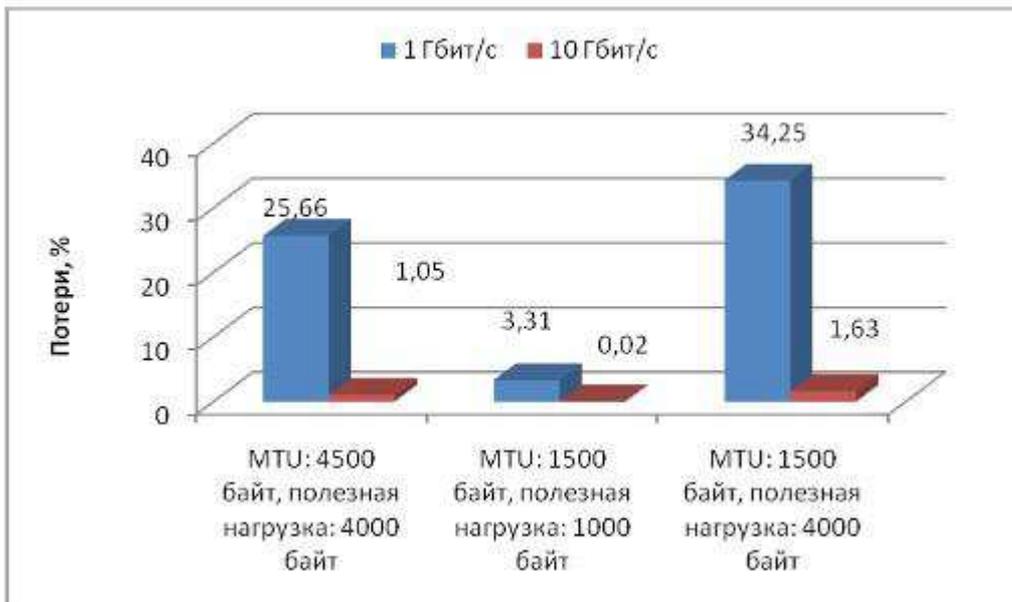


Рис. 5 – Потери при разной пропускной способности кольца распределения

Из графика видно, что пропускной способности достаточно, чтобы

компенсировать сравнительно небольшой буфер пакетов, и без критических потерь передать трафик.

Для предотвращения возможного отказа ядра, о котором было упомянуто выше, а также для разгрузки коммутатора ядра, в модель был добавлен ещё один узел с теми же характеристиками, что и первый узел уровня ядра. Между собой два коммутатора объединялись каналами с пропускной способностью 40 Гбит/с, и имели маршруты в каждый сегмент сети через подключённые к ним коммутаторы распределения. В свою очередь, коммутаторы распределения имели маршрут по умолчанию только к одному из коммутаторов ядра, тем самым распределяя нагрузку пополам. Данные, полученные в результате эксперимента, представлены на рис. 6.

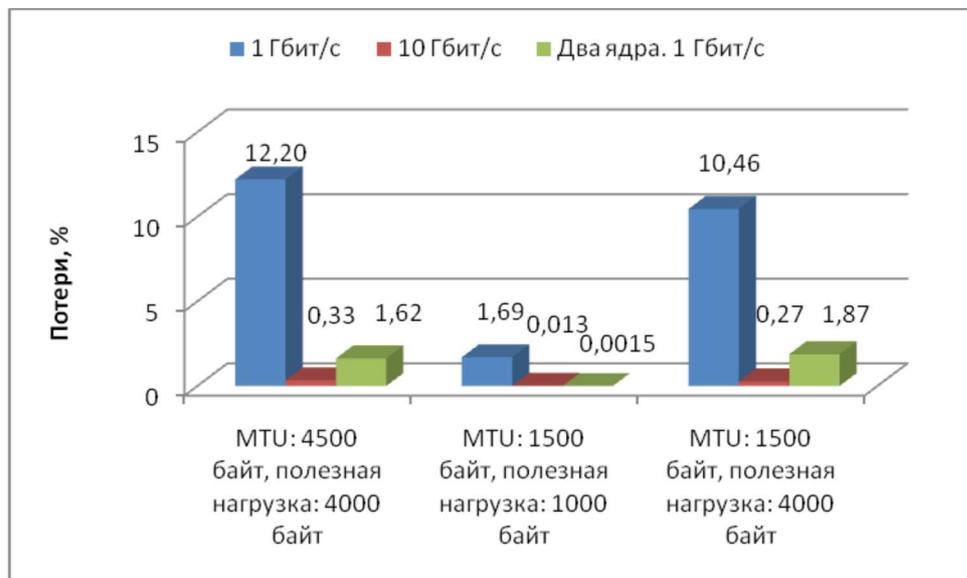


Рис. 6 – Потери при разных вариантах топологии ядра сети

Каждый узел в этом эксперименте генерировал трафик в двух направлениях: в соседний сегмент и в сегмент противоположный по кольцу распределения. Таким образом, проверялись как коммутатор ядра, так и коммутаторы распределения и каналы между ними. В случае пропускной способности канала кольца распределения в 1 Гбит/с потери, как и ожидалось, оставляют желать лучшего. Хороший результат показывает случай с каналом 10 Гбит/с. Интерес представляет случай, где используются два коммутатора уровня ядра, распределяя между собой нагрузку. Даже при том, что пропускная способность каналов кольца распределения составляла 1 Гбит/с, сеть справлялась с передачей проходящего через неё трафика с допустимыми потерями.

Следует вернуться к трём условиям моделирования, о которых говорилось выше. Как видно из графиков, в основном, наименьшие потери имел случай с MTU равным 1500 байт и полезной нагрузкой равной 1000 байт, а наибольшие – случай с MTU равным 1500 байт и полезной нагрузкой равной 4000 байт. Это объясняется тем, что современное оборудование хорошо адаптировано для передачи трафика с MTU до 1500 байт. Несмотря

на то, что оборудование поддерживает передачу пакетов большой длины, объём буфера пакетов недостаточно велик, чтобы вмещать необходимое количество продвигаемых пакетов. А наибольшие потери имеет случай, где происходит фрагментация, благодаря которой устройства тратят больше времени на обработку пакетов. Этот случай сегодня редок, так как фрагментация, как правило, происходит на транспортном уровне, и разбивать пакет в правильно настроенной сети на сетевом уровне нет необходимости.

Также была промоделирована ситуация, при которой трафик передавался «напротив» только по уровню распределения. Это может быть в том случае, если уровня ядра в сети нет, или, например, оно вышло из строя, и трафик начал передаваться по кольцу. Результаты данного эксперимента представлены на рис. 7.

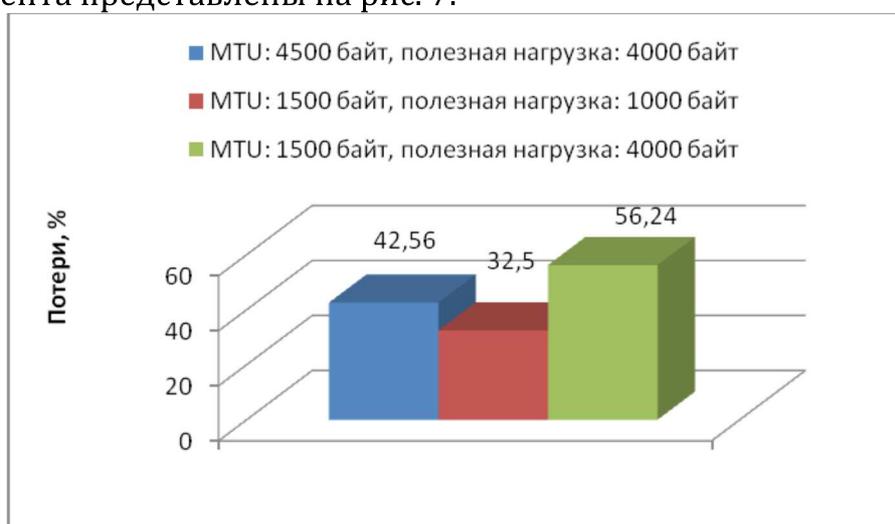


Рис. 7 – Потери пакетов при передаче по «кольцу»

Выводы

Переход на IPv6 неизбежен и провайдерам доступа придётся модернизировать сеть под новый протокол. Также вероятно, что в скором будущем операторы смогут увеличить размер MTU для использования пакетов большой длины и тем самым сократить время на обработку заголовков сетевыми устройствами, тем более что функционал современного оборудования позволяет это сделать.

Подводя итог, на основании результатов данной работы можно сформулировать следующие практические рекомендации операторам:

1. Увеличение пропускной способности каналов распределения для ускорения продвижения «горизонтального» трафика;
2. Использование нескольких коммутаторов или маршрутизаторов на уровне ядра для распределения нагрузки, поступающей на этот уровень, и для повышения отказоустойчивости сети;
3. Увеличение пропускной способности каналов уровня ядра для перемещения больших объёмов трафика с необходимым качеством обслуживания;

4. Использование оборудования с возможно большим размером буфера пакетов;
5. Использование пакетов большой длины. Современное оборудование позволяет передавать пакеты большой длины, а растущий с каждым днём объём трафика делает целесообразным использования этого функционала.

Построенная имитационная модель масштабируема и позволяет проводить исследование телекоммуникационных сетей различного уровня и архитектуры.

Ввиду тенденции резкого роста доли мобильных приложений как источников трафика современных телекоммуникационных сетей, дальнейшим направлением работы является введение в модель функционала поддержки мобильных устройств, определения методики и исследования параметров телекоммуникационных сетей при различных режимах их эксплуатации на основе протокола IPv6.

Литература

1. Дериев И. IPv6, не дожидаясь провайдера. 28.07.2011. URL: <http://www.ixbt.com/soft/ipv6.shtml>;
2. Построение широкополосной телекоммуникационной сети пакетной коммутации с интеграцией услуг с учётом свойств сетевого трафика [Текст]: учеб. Пособие / П.В. Ромасевич; Гос. образоват. учреждение высш. проф. Образования «Волгогр. гос. ун-т», Каф.телекоммуникац. систем. – Волгоград :Изд-во ВолГУ, 2009. – 92 с.
3. Ю.И.Лосев, К.М.Руккас. Анализ моделей вероятности потери пакетов в буфере маршрутизатора с учетом фрактальности трафика // Вісник Харківського національного університету, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління» – 2008, №833, с.163-169.
4. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. Монография. / Под ред. О.И. Шелухина. – М.:Радиотехника, 2003. – 480 с.