

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ СПУТНИКОВОГО ДОСТУПА К ИНТЕРНЕТУ В СТАНДАРТЕ DVB /P/ MPEG-2 В УСЛОВИЯХ САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА

**Кириллов А.В.,**

профессор, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

**Окулов К.Ю.,**

аспирант кафедры «Радиотехника и телекоммуникации»,

ФГОУВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса», г. Москва

*The authors investigate the influence of self-similar traffic (in the mixed satellite network for DVB flow) on the network capacity bandwidth for TCP and UDP in different service procedures.*

*Исследовано влияние самоподобия трафика спутниковой сети смешанного типа для DVB потока на пропускную способность сети для протокола TCP и UDP в условиях различных дисциплин обслуживания.*

**Ключевые слова:** трафик, Интернет, стандарт, протокол.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На современном этапе развития цифровой техники и цифровых методов передачи данных с увеличивающимся количеством видео- и аудио- информации, возрастающим количеством предоставляемого мультимедиа-сервиса возрастают требования к существующей Интернет-сети. Увеличение количества мультимедиа приложений расширяет требования к каналам связи и магистральным линиям, что заставляет искать методы предсказания и оптимизации использования доступной полосы передачи информации. Кроме того, современные линии передачи данных характеризуются ярко выраженной его асимметрией.

Большинство используемых сегодня сетей применяет пакетную передачу данных. В сетях с пакетной коммутацией данные передаются посредством хранения и отсылки информации от узла к узлу, от буфера к буферу. Для каждого буфера существует отдельный алгоритм обработки очереди, который определяет, должен ли пакет храниться в памяти, будет ли он отправлен или потерян. Известны алгоритмы активной и пассивной обработки очереди. Пассивный алгоритм отбрасывает проходящий пакет, если только буфер переполнен. Активный алгоритм может отбросить пакет, даже если буфер заполнен не полностью.

В предлагаемой работе для исследования характеристик систем спутникового доступа к Интернет будут исследованы несколько очередей: FIFO, RED, CBO.

Алгоритм работы FIFO (First-In First-Out) является пассивным алгоритмом, он заключается в простом отбрасывании пакета при переполнении очереди. Пакеты подаются на отправку по мере их поступления от источника. Размер очереди влияет на характеристику сети. Наиболее важными из них являются пропускная способность и задержка информации в буфере. При увеличении размера буфера наблюдается увеличение пропускной способности, но вместе с тем и увеличение времени задержки для каждого пакета. Однако, поскольку трафик в сети является достаточно динамичным, были разработаны алгоритмы активного обслуживания очередей.

Один из наиболее известных алгоритмов активного обслуживания получил название RED (Random Early Detection) [5]. RED позволяет маршрутизатору отбрасывать пакеты, даже когда в очереди еще имеется место.

Алгоритм RED использует взвешенное значение длины очереди в качестве фактора, определяющего вероятность отбрасывания пакета. По мере роста средней длины очереди растет вероятность отбрасывания пакетов. Если средняя длина очереди меньше опреде-

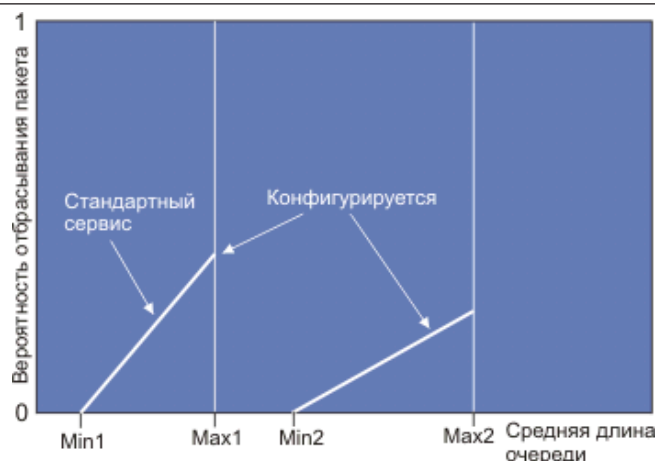


Рис. 1. Механизм очереди RED

ленного порога, вероятность отбрасывания пакета равна нулю. Небольшие кластеры пакетов могут успешно пройти через фильтр RED. Более крупные кластеры могут понести потери. Это приводит к тому, что TCP-сессии с большими открытыми окнами имеют большую вероятность отбрасывания пакетов. Главной целью алгоритма RED является исключение ситуации, когда несколько TCP-поток перегружаются почти одновременно и затем синхронно начинают процедуру восстановления. Работа механизма очереди RED изображена на рис. 1.

Для решения вопросов, связанных с минимизацией задержек для определенного типа соединения, был разработан алгоритм, основанный на приоритете того или иного трафика.

Очередь типа CBQ (Class-based Queuing) [6] характеризуется тем, что при использовании данного типа алгоритма при постановке в очередь каждому пакету присваивается конкретный класс характеристик (пропускная способность, приоритет, способ взаимодействия с другими классами и т.д.)

Основными особенностями работы алгоритма CBQ являются:

- поддержка соединений, которые нуждаются в гарантированной полосе пропускания;
- поддержка необходимого качества обслуживания QoS;
- обеспечение распределения ресурсов между соединениями.
- IP + MPEG-2 через DVB.

Система DVB, принятая европейским объединением радиопередач (EBU), основана на

системе передачи пакетов поддерживающей стандарты [1]. Для передачи аудио и видео потока разработан специальный стандарт, который объединяет мультимедиа информацию в один транспортный поток, который может быть передан различными средствами связи. [2, 3]

По стандарту, описанному в литературе [1], поток данных включает в себя оптимизированную по скорости передачи информацию звука и видео. Причиной возможной оптимизации передаваемой информации послужила переменная скорость смены положения отдельных объектов всего кадра, отображаемого на экране. Таким образом, скорость (VBR) видео трафика имеет пульсирующий характер.

Для удовлетворения постоянного и высокого качества передачи по таким характеристикам, как время задержки и коэффициент ошибок (BER), в соответствии с DVB-стандартом и пульсирующим характером трафика требуются наличие свободной полосы. Для резервирования такой полосы в поток вставляются «набивочные» пакеты, резервирующие свободное место в случае внезапного увеличения скорости потока видео. Очевидно, что использование набивочных пакетов неравномерно во времени, и в DVB потоке они могут быть заменены дополнительной полезной информацией, например, IP дейтаграммами. Отсюда возникает проблема предсказания свободного количества набивочных пакетов в общем потоке или поведения основного трафика на определенном конечном промежутке времени.

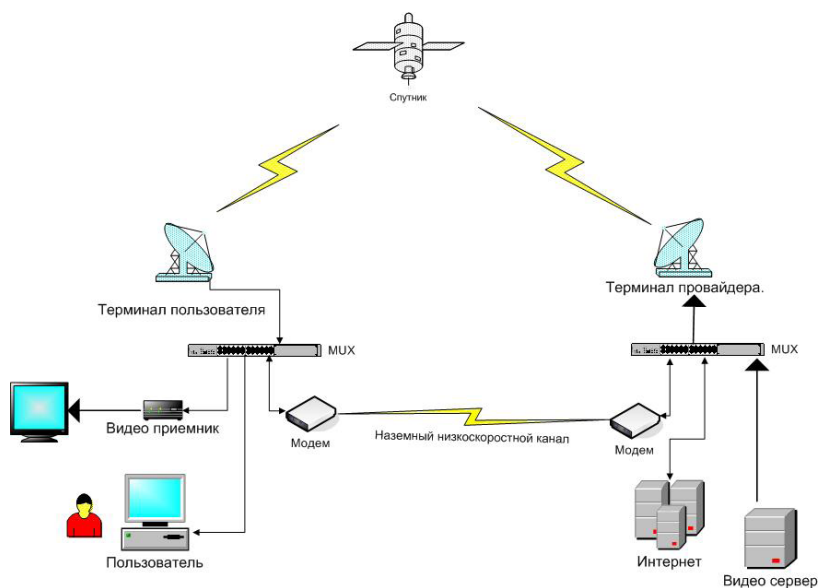


Рис. 2. Архитектура IP через DVB

Современный Интернет, включающий различные мультимедиа сервисы, характеризуется большой асимметричностью в направлении потоков передачи данных. С учетом различной стоимости соединений используются смешанные или гибридные сети связи. В случае гибридной сети используются низкоскоростной прямой канал и высокоскоростной обратный. В качестве низкоскоростного соединения может быть использована обычная телефонная линия.

На рис. 2 показан один из способов передачи IP-пакетов в потоке DVB через спутник. Здесь показан спутниковый канал, через который проходит основной DVB-поток с добавлением в него Интернет-трафика. От ширины выделяемой полосы на спутнике зависит скорость передаваемой информации. В современных спутниках связи, ширина транспондера Ku-диапазона составляет 72 МГц.

Для запросов и подтверждения принятой IP информации используется наземный канал. Он может быть организован с использованием обыкновенной телефонной линии с помощью низкоскоростного модема или через операторов мобильной связи, а также с помощью другого малобюджетного способа соединения.

При изменении сетевой архитектуры с наращиванием видов сервисов, предоставляемых через Интернет, роль моделирования и

анализа поведения того или иного типа трафика неуклонно возрастает. Известно большое количество платформ для эмуляции сетевых топологий. Среди них наиболее доступен симулятор NS, который разрабатывается совместными усилиями большой группы ученых и инженеров. Некоторые распространенные коммерческие варианты сетевых симуляторов носят названия OPNET и SSFNET.

Программный симулятор NS используется для моделирования и расчетов прохождения пакетов разного типа через заданную последовательность различного вида соединений, описанных с помощью специального синтаксиса. В нем реализованы групповые алгоритмы маршрутизации, транспортные протоколы и протоколы сеансов связи, посредством которых предоставляется современный сервис цифровой передачи данных. В дополнение для транспортных протоколов реализованы алгоритмы управления по времени, скорости и управление их очередями.

Пакет программ сетевого симулятора включает в себя огромное количество библиотек для генерации различных видов трафиков, в т.ч. реальных, ранее записанных в файловый поток. В пакете содержится сетевой аниматор NAM, позволяющий визуально увидеть, что происходит в сети с рассматриваемой топологией. Симулятор используется широким кру-

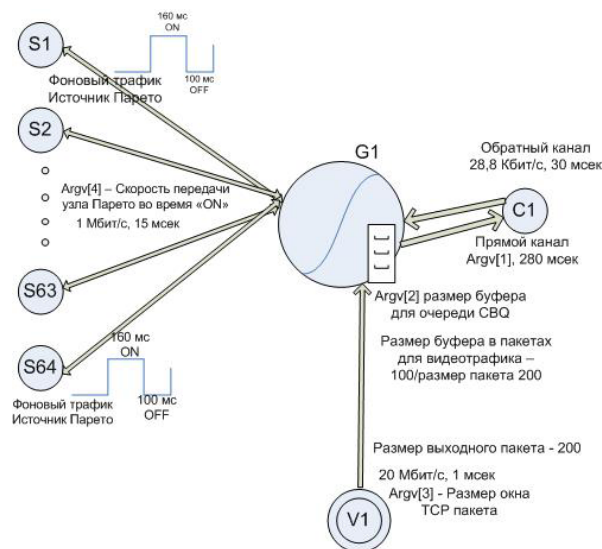


Рис. 3. Исследуемая топология сети

гом исследователей для решения различных задач — от проверки и нахождения проблем в реально действующей сети до построения и исследования проектируемых сетей.

Для исследования влияния самоподобия в выбранной сети будем использовать источник самоподобного Парето-трафика, встроенный в программный симулятор.

### ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Рассматриваемая сеть состоит из 67 узлов и 66 каналов связи. Топология сети изображена на рис. 3. Каждый канал характеризуется размером буфера, полосой пропускания и временем задержки. Узлы S1—S64 представляют собой узлы серверов, которые генерируют фоновый самоподобный TCP трафик с заданными параметрами, генерируемыми встроенными Парето источниками. Узел C1 представляет собой клиентский узел, V1 — узел источника видеосигнала, G1 — спутниковый шлюз. Связь между спутниковым шлюзом и клиентским узлом осуществляется с помощью однонаправленной спутниковой линии связи. Для функционирования IP-протокола используется низкоскоростная линия.

В сети используются два протокола: замкнутый и незамкнутый, т.е. с обратной связью и без нее. Для передачи видео используется незамкнутый широкополосный протокол UDP.

Для передачи фонового трафика, используется широко известный протокол TCP.

Входные переменные параметры моделируемой сети DVB.tcl Argv[0], Argv[1], Argv[2], Argv[3], Argv[4]:

DVB.tcl — файл скрипта, описанный в машинном коде сети,

Argv[0] — задаётся коэффициент формы Парето узла (первое по счёту значение),

Argv[1] — задаётся пропускная способность прямого канала от спутникового шлюза к клиентскому узлу (второе по счёту значение),

Argv[2] — задаётся размер буфера в пакетах для CBQ очереди (третье по счёту значение),

Argv[3] — задаётся размер TCP окна (4-ое по счёту значение),

Argv[4] — задаётся скорость передачи информации Парето узла во время ON состояния (пятое по счёту значение).

Для генерирования Интернет-трафика или IP дейтаграмм применяется Парето ON/OFF источник. Каждый из серверов содержит виртуальный файл определенного размера X, эмулируемый Парето узлом. Каждый файл разделен на  $Q = \lceil X/MSS \rceil$  частей, где MSS — максимальный размер сегмента. В нашем случае  $MSS = 200$  байт.

Для получения различной степени самоподобия трафика изменяется коэффициент

формы Парето-источника  $\alpha$ . Для расчетов выбраны значения  $\alpha$  от 1.1 до 1.9 с шагом 0.1–0.2.

Для симуляции видео трафика используется заранее записанный файл, содержащий в себе информацию о количестве передаваемых пакетов и метках времени, когда они должны быть отправлены. Видеоинформация передается посредством UDP-пакетов, которые в свою очередь не осуществляют гарантированную доставку и в общем потоке имеют наивысший приоритет. Для нахождения скорости передачи видео потока проведем симуляцию работы всей сети без TCP-трафика. Средняя скорость передачи видео составляет 376 кбит/с.

Пакеты от видеоисточника и источника Парето поступают совместно к сетевому шлюзу, в котором применен метод очередности по классу трафика (CBQ). Видеотрафик имеет более высокий приоритет над Интернет-трафиком. Интернет-пакеты проходят только через свободную часть диапазона (ABR), оставшегося от занятого видеотрафика (UBR), т.е. не оказывают влияния на последний.

Для моделирования прохождения основного видеотрафика, был взят реальный кодированный видеопоток фильма «Звездные войны». Этот файл передавался от сервера (V1) к клиенту (C1) через спутниковый шлюз с заданными характеристиками. В качестве протокола для передачи видео был выбран UDP, как наиболее часто используемый при передаче видеоинформации для визуального приема.

Для фонового трафика брались пакеты TCP с более низким приоритетом по сравнению с UDP, гарантирующие доставку информации.

Скорость обратного канала от клиента не менялась. Скорость прямого канала для получения полезной информации изменялась.

## СИМУЛЯЦИЯ СЕТИ

### ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ

В соответствии с синтаксисом исполняемой последовательности команд просчитаем и построим зависимость количества потерянных пакетов от скорости прямого канала при различном значении буфера на спутниковом шлюзе, а также построим значение задержки TCP-пакетов в сети. Проведем исследование потерь в абсолютном и процентном выражениях для различных скоростей прямого канала и при постоянном среднем значении фонового трафика, производимыми Парето источниками, а также при постоянном значении максимального размера передаваемого окна, т.е. при неизменных значениях третьего и четвертого параметра.

Размер буфера очереди CBQ на спутниковом шлюзе примем 75, 150, 300 и 600 пакетов.

В качестве последней точки приведем 1.7 Мбит/с, поскольку далее значение потерь и задержек для TCP и UDP пакетов стремятся к нулю.

Для представленной на рис. 4 топологии сети была проведена симуляция прохождения данных при смешанном трафике TCP и UDP пакетов. С этой целью выбрана фиксирован-

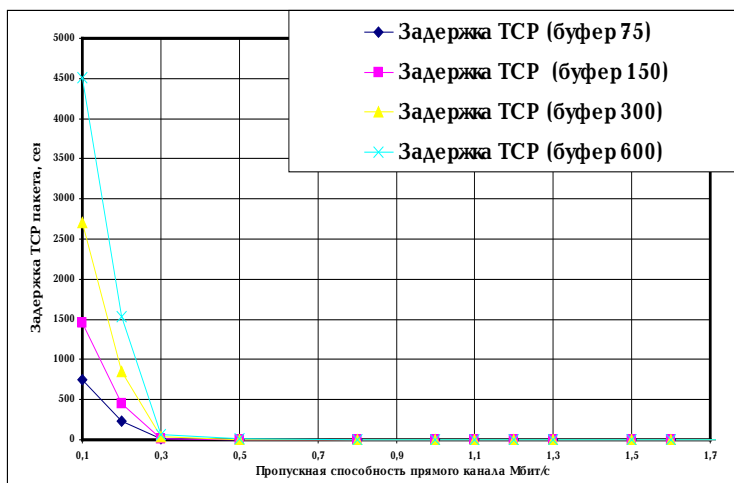


Рис. 4. Задержка TCP пакетов

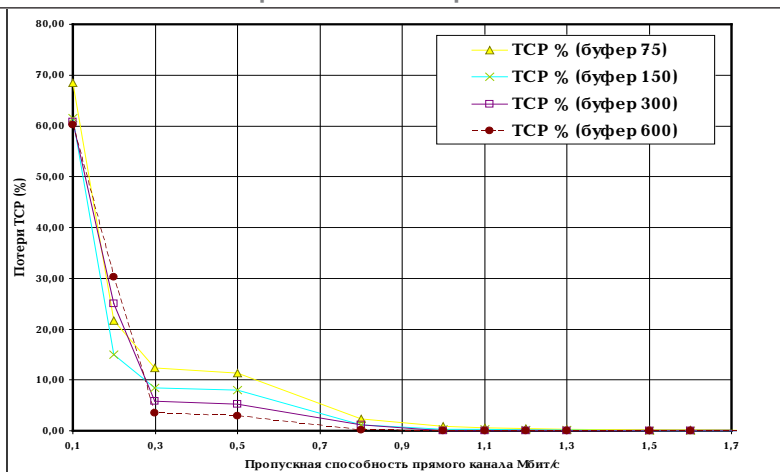


Рис. 5. Процентное значение потерь пакетов TCP

ная скорость Парето-источников 365 кбит/с и проведена симуляция всей топологии сети. При такой скорости передачи Парето-узлов средняя скорость узла составила 224 кбит/с. По результатам работы получены значения задержек и потерь для UDP и TCP-пакетов, представленные на рис. 4, 5. Из рис. 4 следует, что задержка TCP-пакетов увеличивается с увеличением размера буфера.

Оценивая приведенные результаты, представленные на графиках (рис. 4 и 5), можно выбрать необходимые значения буферов, исходя из допустимости задержек и потерь.

Проведем исследование для UDP или видео пакетов. Результаты работы симулятора приведены на рис. 6. Как видно из рис. 4–6,

потери UDP-пакетов от размера задаваемого TCP-буфера, а, следовательно, и от скорости передачи TCP-потока, не зависят. Можно предположить, что организованный класс CBQ для передачи видеoinформации отдает наивысший приоритет видеопотоку, на который, в свою очередь, не оказывает влияние скорость передачи TCP-пакетов. Можно также увидеть четкий механизм работы CBQ-очереди, когда UDP-пакеты имеют зависимость только от ширины прямого канала.

Для передачи видео с принятым качеством изображения, величина задержек не должна превышать 100 мс, а коэффициент потерь не должен быть более 10-5 [3].

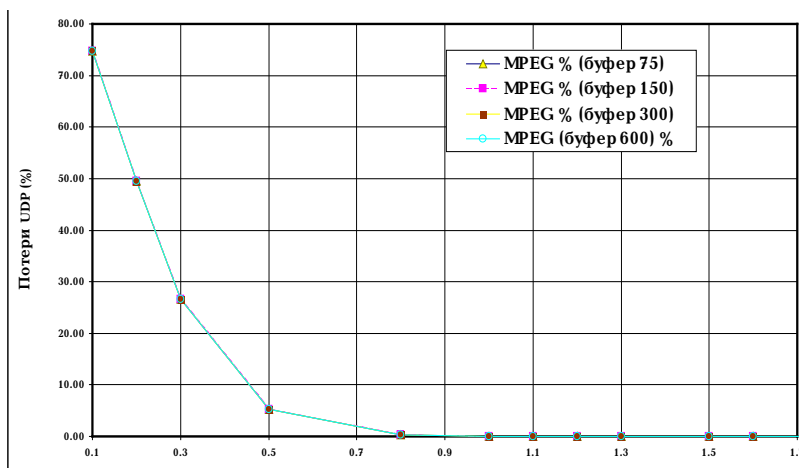


Рис. 6. Зависимость потерь от размера буфера и пропускной способности UDP пакетов

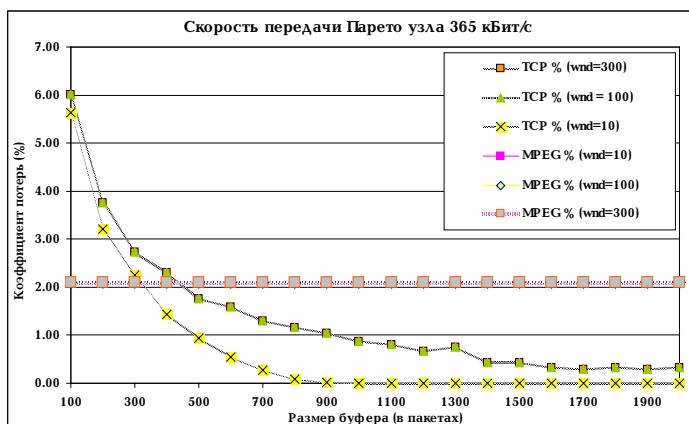


Рис. 7. Зависимость коэффициента потерь TCP пакетов от размера буфера при размере окна 10, 100 и 300 пакетов и скорости обратного канала 0.6 Мбит/сек

Проведем анализ зависимости коэффициента потерь и задержки от значения размера TSP-окна.

Выберем скорость передачи информации обратного канала 0.6 Мбит/с. Размер буфера будем варьировать от 100 до 2000 пакетов. Размер TSP-окна примем 10, 100 и 300 пакетов. Скорость фонового трафика — 365 кбит/с.

Результат эмуляции представлен на рис. 7.

В соответствии с ним размер буфера не оказывает существенного влияния на основной видеотрафик, как и трехкратное увеличение величины окна от 100 до 300 пакетов. Однако при небольшом максимально допустимом значении окна и при одинаковой скорости прямого канала, коэффициент потерь

значительно меньше. При определенном достигнутом пороге, увеличение его размера не приводит к какому-либо изменению процентного отношения потерь, поскольку окно не успевает дорасти до максимальной величины. Для возможности увеличения размера передаваемого окна также необходимо пропорционально увеличить скорость прямого канала на передачу полезной информации, а также, возможно, обратного. Сопоставляя коэффициенты потерь и задержки, приведенные на рис. 8, можно сделать вывод, что после достижения некоторого порогового значения увеличение размера окна также не приносит увеличения полезной скорости передачи информации. Таким образом, сопоставляя желаемые значе-

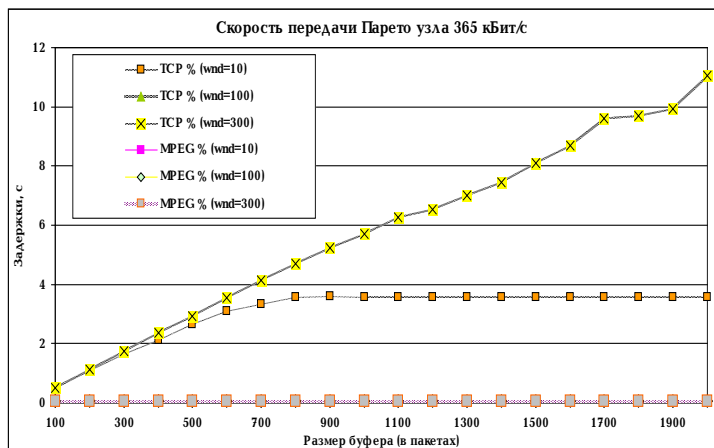


Рис. 8. Задержки TCP пакетов при размерах буфера и окон 10, 100 и 300 пакетов



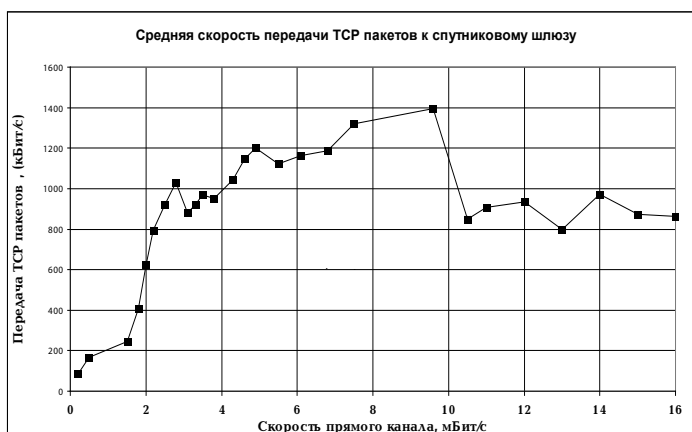


Рис. 9. Суммарная средняя скорость передачи TCP пакетов к спутниковому шлюзу от 64 Парето узлов

ния допустимых потерь (рис. 6, 7, с. 34–35) и приемлемое значение задержек (рис. 8, с. 35), можно выбрать необходимое значение буфера.

#### ВИДЕОТРАФИК НА ФОНЕ СУММАРНОГО ТРАФИКА

Для исследования влияния фонового трафика на характеристики передачи видео трафика, построим зависимость скорости передачи последнего от полосы пропускания прямого канала для присутствия в сети одного видео трафика и смешанного с ним фонового. Показатель самоподобия выберем равным 0.75, что в нашем случае соответствует ожидаемому коэффициенту формы 1.5. Емкость видеобуфера принимаем по 10, 50 и 100 пакетов.

Запуская симуляцию работы сети, в которой присутствует только видео, будем повышать скорость прямого канала до величины, при которой будут отсутствовать пропадания пакетов. Анализ данных симуляции показал, что средние значения скорости передачи видео пакетов или минимальная, средняя и максимальная пиковые скорости на входе спутникового шлюза составляют 159, 376 и 1592 кбит/с, соответственно. Таким образом, можно сделать вывод о том, что выделенная полоса используется видеотрафиком крайне неравномерно.

Была проведена симуляция отдельно для фонового Интернет-трафика. В результате получена зависимость скорости передачи TCP-пакетов к клиенту в зависимости от скорости прямого канала (рис. 9).

Для анализа влияния TCP-потока на UDP и зависимости от скорости прямого канала, была проведена симуляция как для суммарного трафика, так и отдельно для видеотрафика при одинаковых параметрах сети. Эти результаты представлены на рис. 10–13 (с. 37–38). Зависимости задержки UDP-пакета для выбранных значений UDP и TCP-буфера представлены на рис. 14, 15 (с. 39). Анализ этих графиков позволяет сделать вывод, что добавление к видеопотоку Интернет TCP-пакетов, не вносит видимого замедления на скорость доставки видеoinформации к клиентскому узлу.

Из рисунков видно, что величина размера TCP-буфера не влияет на величину задержки, как в случае объединенного трафика, так и в случае присутствия только видеотрафика. На задержки UDP-пакетов, как для отдельного, так и для смешанного трафика, влияние оказывает только изменение размера видеобуфера, но не TCP, что иллюстрирует особенности CBQ-очереди. Увеличение размера буфера дает эффект снижения количества потерянных пакетов, но вместе с тем увеличивает задержку в сети. Для видеопотока это влияние оказывает видеобуфер, для TCP-потока это влияние оказывает TCP-буфер.

#### ЭФФЕКТ САМОПОДОБИЯ ДЛЯ TCP ТРАФИКА

Оценим влияние степени самоподобия Интернет-трафика, характеризуемого параметром Херста, на качество сети путем изменения коэффициента формы Парето-узлов, а также влияние степени самоподобия тра-



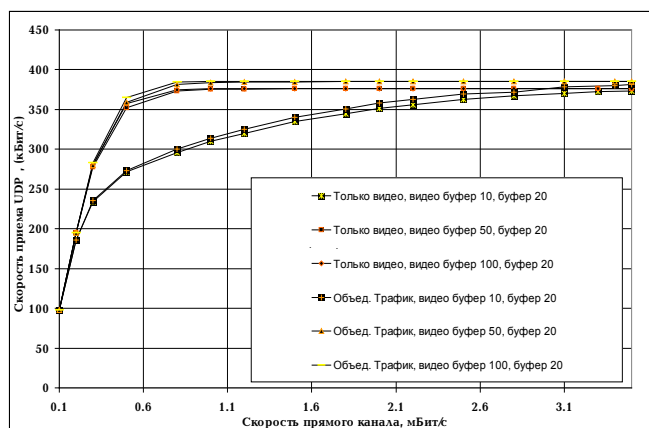


Рис. 10. Скорость передачи видеопакетов в отдельном и смешанном трафике при размере буфера 20

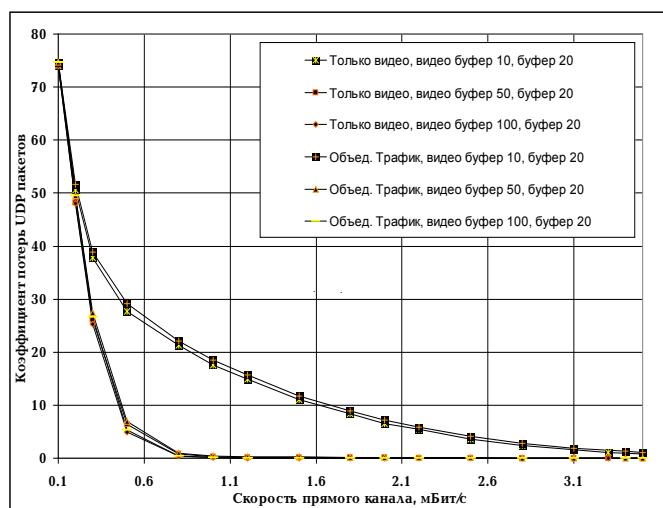


Рис. 11. Коэффициент потерь видеопакетов в отдельном и смешанном трафике при размере буфера 20

фика на коэффициент потерь в присутствии видеотрафика для TCP-пакетов. С этой целью будем варьировать коэффициент формы Парето-источников от 1.1 до 1.9. Выбранное изменение коэффициента формы соответствует изменению параметра Херста в диапазоне от 0.95 до 0.55. Скорость передачи по обратному каналу при расчетах была выбрана равной 602 кбит/с, (376 кбит/с + 226 кбит/с), что соответствует средней скорости передачи видеосигнала и Интернет-трафика.

Как видно из приведенных графиков, коэффициент формы, устанавливаемый при симуляции выбранной топологии, не оказывает

влияния на коэффициент потерь как для TCP, так и для UDP-пакетов. Очевидно, это является следствием выбранного механизма передачи данных по протоколу TCP, в котором пакеты передаются только по подтверждению принятых предыдущих порций информации.

Отообразим на графике зависимости скорости выхода TCP-данных из Парето-источников, а также скорости их поступления на клиентский узел. Обозначим скорость поступления TCP-пакетов на вход спутникового шлюза как «Nodes/Packets», а скорость приема — клиентским узлом «CInt/Packets». Измерения проведем при нескольких значениях

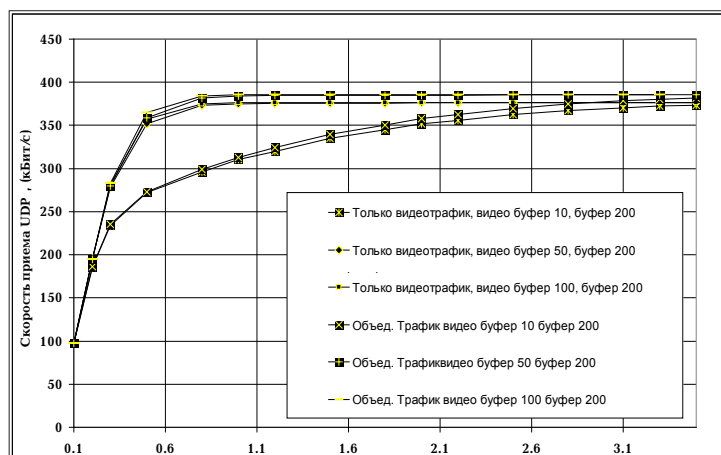


Рис. 12. Скорость передачи видео пакетов в отдельном и смешанном трафике при размере буфера 200

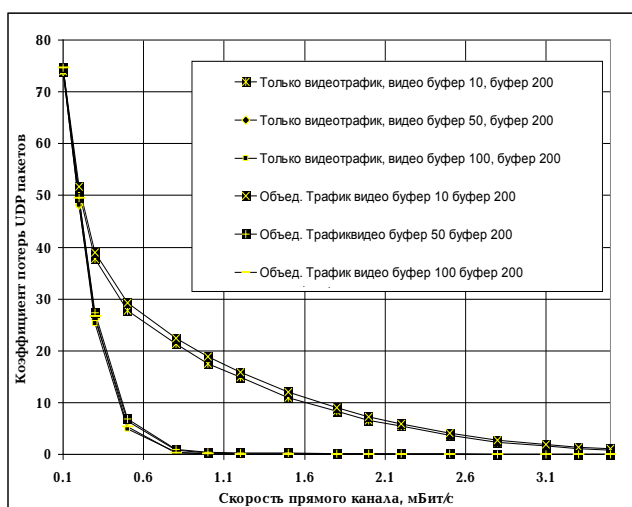


Рис. 13. Коэффициент потерь видео пакетов в отдельном и смешанном трафике при размере буфера 200

буфера — 30, 100 и 500 пакетов. Результаты измерений представлены на рис. 18 (с. 41).

Для подтверждения предположения влияния на скорость передачи типа протокола, заменим транспортный протокол от Парето-источников на UDP.

Для рассмотрения влияния самоподобия трафика на потери в узком канале заменим также выбранную ранее CBQ очередь на очередь типа FIFO с алгоритмом работы «Drop tail». Поскольку передача происходит через UDP-пакеты, скорость генерации узлов выберем равной 4, 8 и 16 кбит/с, соответственно. Скорость прямого канала оставим равной

602 кбит/с. Для этого проведем соответствующие изменения в исходном коде эмуляции. Передачу видео оставим без изменения. Результаты полученного исследования приведены на рис.19 и 20 (с. 41).

Из приведенных графиков следует, что при смене транспортного протокола от Парето-источников на UDP самоподобие трафика оказывает определенное влияние на потери и, как следствие, на пропускную способность канала. При значении параметра Херста 1.1 потери увеличиваются до 12% от значения параметра при коэффициенте формы 1.8, что наиболее явно выражено при скорости пере-

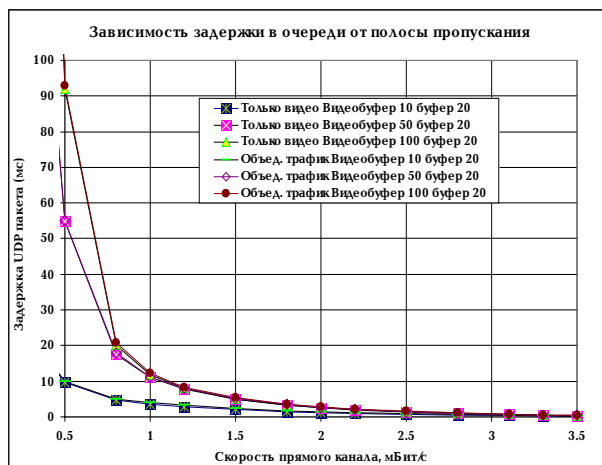


Рис. 14. Время задержки UDP пакетов при размере TCP буфера 20 пакетов

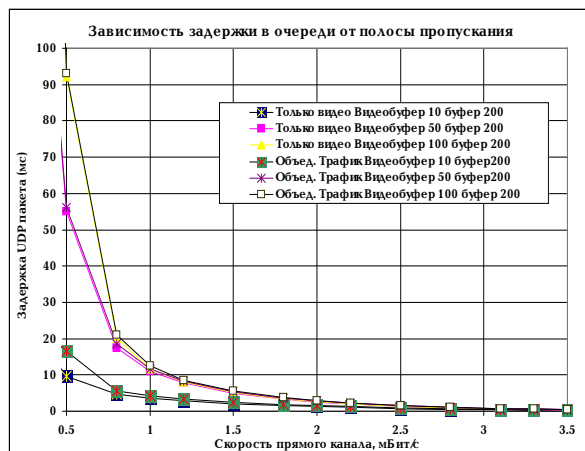


Рис. 15. Время задержки UDP пакетов при размере буфера 200 пакетов

дачи 16 кбит/с. Таким образом, самоподобие трафика при большей скорости вызывает наибольшие потери. Анализ количества передаваемых и принимаемых пакетов на клиентской стороне производился с помощью специальной программы анализирующей выходной лог файл событий движения пакетов в сети.

#### ВЛИЯНИЕ САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА ПРИ ОТСУТСТВИИ МЕХАНИЗМА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПРИЕМА

Для оценки влияния коэффициента формы на самоподобие трафика заменим применяемый нами TCP-протокол на UDP. Для

этого изменим используемый протокол фонового трафика для передачи от 64 Парето-источников, а также организацию очереди на FIFO. Изменим также характер фонового трафика, задав длину UDP-пакета 78 бит, а скорость передачи установим равной 31.2 кбит/с для каждого Парето-источника. Для эмуляции трафика выберем значения On/Off, установив их равными 0.5 и 1.5 с, соответственно. Для исключения эффекта ограничения полосы пропускания примем размер видеобуфера 100 тыс. пакетов, а скорость прямого канала – 2 Мбит/с. Для чистоты эксперимента исключим видеотрафик. По результатам выход-

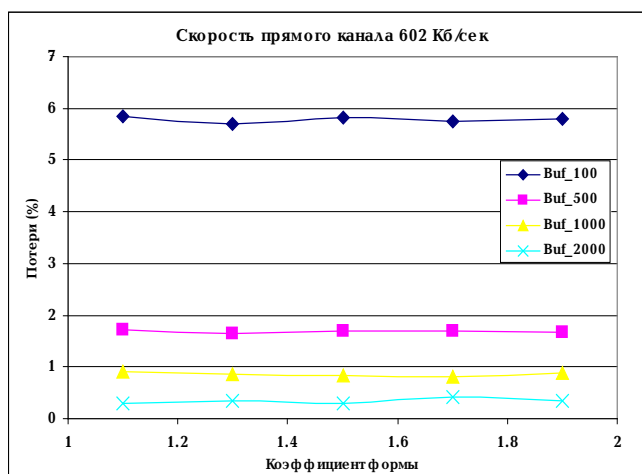


Рис. 16. Потери TCP пакетов в зависимости от размера видеобуфера и ожидаемого значения коэффициента Херста

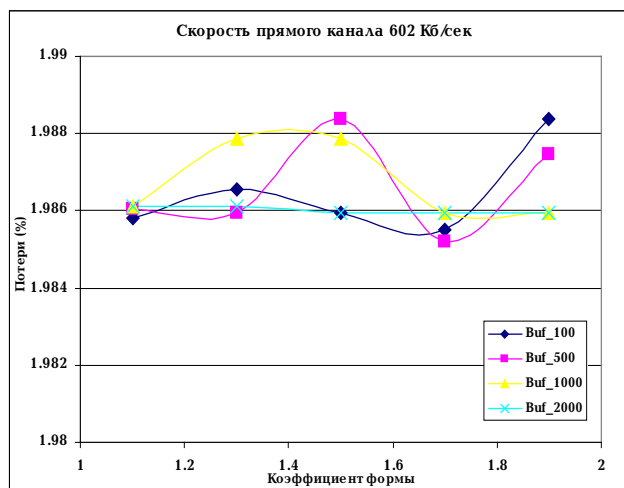


Рис. 17. Потери UDP пакетов в зависимости от размера видеобуфера и ожидаемого значения коэффициента Херста

ного файла событий симулятора подсчитаем, сколько UDP пакетов пришло к клиенту за каждые 0.1 с. Полученный результат проверим на самоподобие при помощи специальной программы SELFIS [8]. По результатам обработки нескольких значений коэффициента формы построим график (рис. 21 на с. 42). Из него можно увидеть влияние генератора Парето-узла и соответствующее ему значение параметра Херста.

Для оценки степени влияния типа очереди (FIFO, RED, CBQ) при заданном коэффи-

циенте формы на пропускную способность канала проведем дополнительные симуляции с включенным видеотрафиком. В качестве фонового трафика будем использовать голосовой трафик от 64 Парето-источников, а значения буфера и ширины канала уменьшим до значений 1000 пакетов и 0.95 Мбит/с, соответственно. По результатам симуляции построим график, приведенный на рис. 22 (с. 42).

Графики изменения скорости приема видео пакетов на стороне клиентского узла для всех трех очередей показаны на рис. 23 (с. 43).

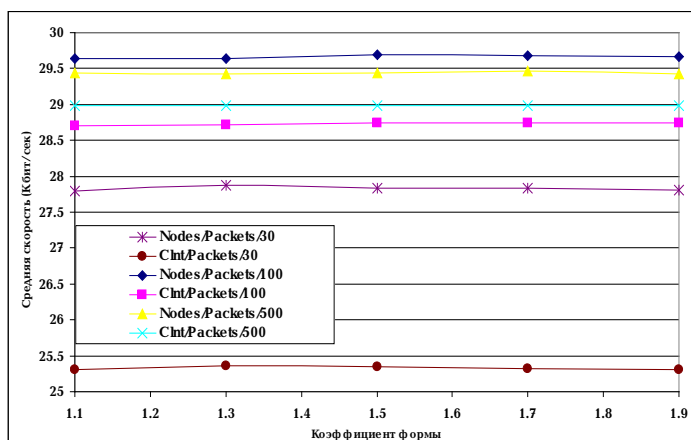


Рис. 18. Зависимость скорости прохождения TCP пакетов от коэффициента формы

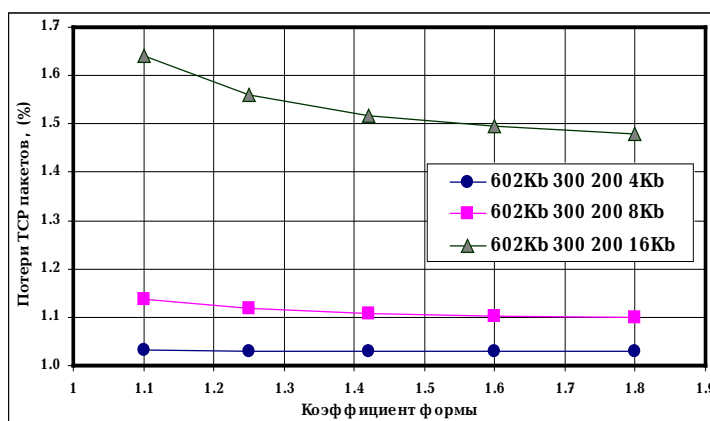


Рис. 19. Потери TCP в зависимости от размера видеобуфера и коэффициента формы

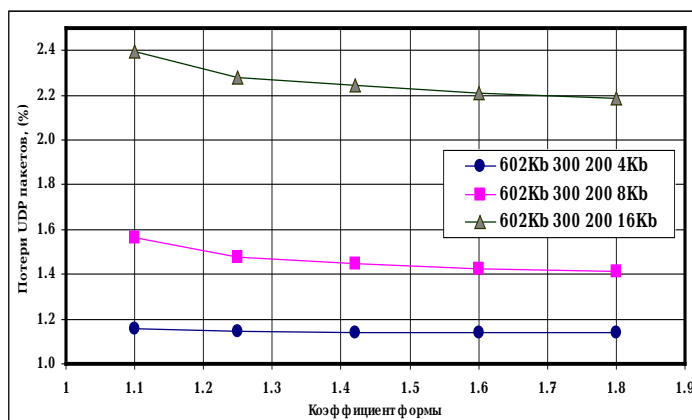


Рис. 20. Потери UDP в зависимости от размера видеобуфера и коэффициента формы

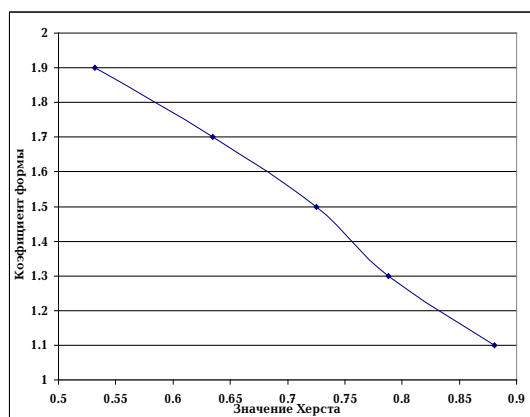


Рис. 21. Зависимость значения параметра Херста от коэффициента формы

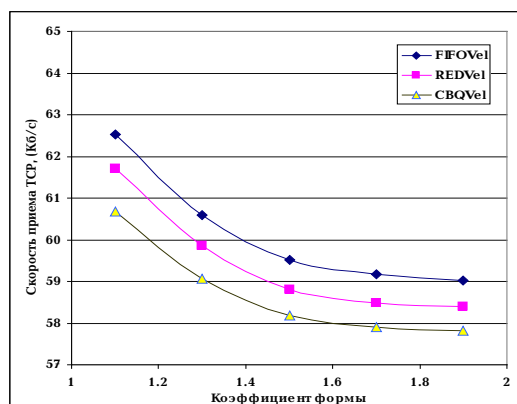


Рис. 22. Зависимость скорости приёма TCP пакетов на клиентском узле от коэффициента формы для очереди типа FIFO, RED и CBQ

Из полученных зависимостей видно, что наиболее эффективным для приема TCP-пакетов является использование алгоритма FIFO. В этом случае буфер на передачу заполняется полностью в отличие от очереди типа RED, где происходит раннее отбрасывание пакетов для исключения переполнения. При работе алгоритма CBQ-пакеты от Парето-источников в данной конфигурации сети не имеют преимуществ. В то же время можно предположить, что преимущества RED основываются на динамичном изменении величины буфера, что в свою очередь сказывается на величине задержек пакетов.

Использование очереди типа CBQ для фонового трафика дает худший результат при передаче, чем FIFO и RED. Использование очереди с подобным алгоритмом работы для

UDP-пакетов дает преимущество в установке приоритетов пересылки данных через шлюз от источника к приемнику (рис. 24 на с. 43).

### ВЛИЯНИЕ СЕТЕВОЙ АСИММЕТРИИ

В процессе моделирования было установлено, что на асимметричном канале коэффициент формы не оказывает существенного влияния на скорость передачи. Можно предположить, что в данной конфигурации сети пакеты получают довольно большое дробление. Таким образом, эффекта «хвоста», который присущ самоподобному трафику, не наблюдался. Проведем моделирование изменения значения параметра Херста от задаваемого коэффициента формы для случая с симметричным каналом между спутниковым шлюзом и клиентом. Организация симме-

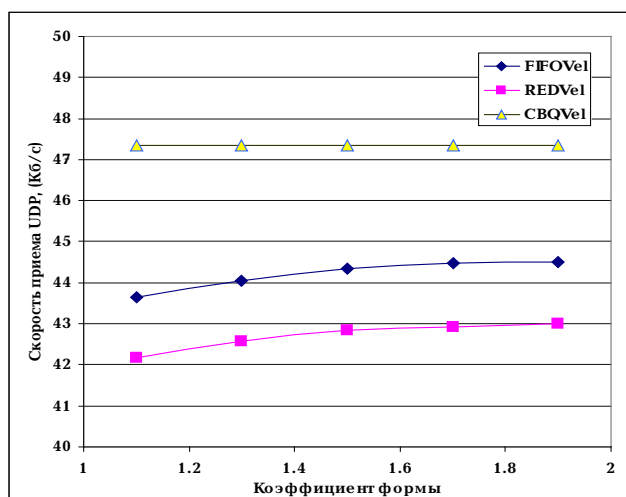


Рис. 23. Зависимость скорости приёма UDP пакетов на клиентском узле от коэффициента формы для очереди типа FIFO, RED и CBQ

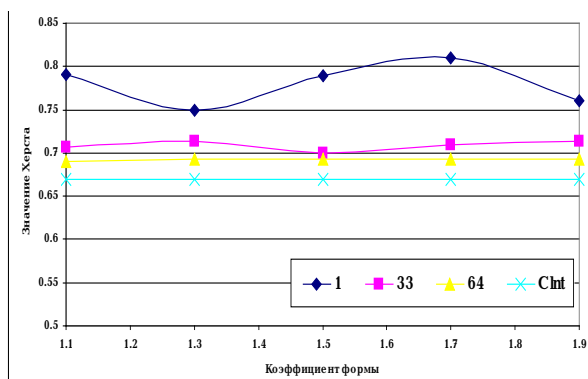


Рис. 24. Зависимость значения Херста от коэффициента формы

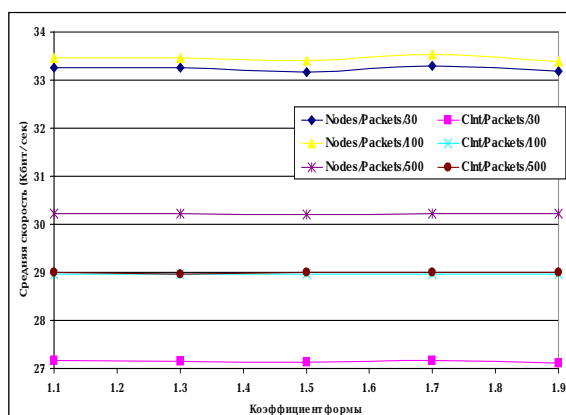


Рис. 25. Зависимость скорости прохождения TCP пакетов от коэффициента формы



тричного канала для связи с клиентом также не показывает изменения значения Херста от коэффициента формы (рис. 24). Для данной конфигурации с симметричным каналом построим графики скорости прохождения ТСП-данных от коэффициента формы. На графике введем обозначения для скорости отправленных пакетов как «Nodes/Packets», а для скорости приема пакетов на клиентской стороне как «Clnt/Packets». Результаты расчетов приведены на рис. 25 (с. 43).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований мы пришли к выводу, что явление степени са-

моподобия источников Интернет-трафика не оказывает влияния на передаваемую скорость при выборе транспортного потока с механизмом подтверждения приема. Асимметрия каналов связи также не оказывает влияния на скорость передачи самоподобного трафика.

Получены зависимости значений коэффициента формы внутреннего Парето-источника и соответствующих значений показателя Херста. Показано поведение нескольких типов буферов (FIFO, RED, CBQ) и их влияние на пропускную способность сети. Показана возможность передачи фоновых трафика в общем DVB потоке, а также их взаимовлияние друг на друга.

### Литература

1. EBU/ETSI, Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications. ETR 154. September 1997.
2. MPEG, Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information. Part 1: Systems. ISO/IEC 13818-1. November 1994.
3. *Haskell, B. G., A. Puri and A. N. Netravali*, Digital Video: An Introduction to MPEG-2, Chapman & Hall, USA, 1997.
4. The NS Manual. Kevin Fall [hkfall@ee.lbl.gov](mailto:hkfall@ee.lbl.gov), Editor Kannan Varadhan [hkannan@catarina.usc.edu](mailto:hkannan@catarina.usc.edu), Editor. December 14, 2005.
5. *Семенов Ю.А.* Модели реализации протокола TCP и его перспективы. <http://www.citforum.ru/net/semenov>.
6. Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks. Sally Floyd, Lawrence Berkeley Laboratory, February 7, 1995
7. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance. Sally Floyd and Van Jacobson, August 1993.
8. *Шелухин О.И., Тенякиев А.М., Осин А.В.* Фрактальные процессы в телекоммуникациях/ Под ред. О.И. Шелухина. М.: Радиотехника, 2003.



### Белюченко И. М.

Основы эргономики и дизайна радиоэлектронных средств бытового назначения. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2007. 240 с: ил.

*Изложены основы эргономики радиоэлектронных средств на этапах разработки, производства, сбыта и эксплуатации РЭС бытового назначения. Рассмотрены задачи эргономики РЭС с позиции оптимизации систем «человек—РЭС—среда» на разных этапах жизненного цикла; основы инженерной психологии операторов РЭС; особенности формообразования и комплексирования РЭС, обеспечивающие защиту РЭС от различных воздействий; вопросы безопасности производства и эксплуатации РЭС. Показано назначение стандартизации РЭС и изложены принципы построения систем международной и отечественной стандартизации. Описаны методы художественного конструирования и основные направления инженерного дизайна РЭС БН. Предназначается для студентов вузов, изучающих дисциплины «Основы эргономики и дизайна РЭС БН» и «Основы конструирования и технологии производства РЭС».*