

Модель элементарного потока данных в Интернете

Н. А. Филимонова

Поток от единичного пользователя Интернета – элементарный поток, является потоком смешанного (составного) типа, состоящего из некоторых типовых фрагментов (элементарных фрагментов) потоков с сильно различными свойствами. Собраны статистические данные и получены статистические характеристики некоторых элементарных фрагментов потока данных в Интернете, позволяющие проводить моделирование сумм элементарных потоков.

Ключевые слова: Интернет, трафик, моделирование.

1. Введение

Исследование случайных потоков в сетях передачи дискретных потоков данных привлекает внимание, начиная с классических работ А. К. Эрланга [1] и К. Пальма [2]. По мере усложнения систем передачи данных, предположение о простейшей форме случайного потока начинает не выполняться [3, 4], в связи с чем необходимо переходить к потокам общего вида, что позволяет осуществлять более адекватное моделирование процессов в сетях передачи данных.

В данной работе проводится экспериментальное исследование выходного потока от персональной ЭВМ. Поток, теоретически, может строиться исходя из протоколов работы различных служб Интернета и локальных сетей. Однако взаимодействие этих протоколов как между собой, так и с внешней средой, настолько неоднозначно и подвержено столь многим случайным воздействиям, что задача оказывается очень сложной. В этой связи представляется оправданным чисто статистический анализ, то есть сбор данных о трафике пользователя и последующий статистический анализ данных.

2. Постановка задачи

Целью работы является изучение характерных свойств элементарного потока данных, в данном случае – потока данных, создаваемых работой одного пользователя. Автор разделяет входной и выходной потоки (что делается и другими авторами, см., например, [5, 6]) и в этой статье ограничился рассмотрением только выходного потока ЭВМ.

Основными характеристиками потоков являются: время между событиями (сек.), скорость передачи данных (Кбайт/сек). На графиках, приводимых в статье, по оси ординат откладывается скорость передачи данных, обозначенная символом «К», имеющим смысл «Кбайт/сек».

Простой взгляд на фрагмент трафика единичного пользователя, рис. 1, позволяет заметить, что структура трафика существенно неоднородна. В трафике явно выделяются непрерывные (выделено серым прямоугольником снизу) и дискретные фрагменты. В свою очередь, дискретные фрагменты выходного потока также имеют различия. На рис. 1 видны не-

зависимые дискретные события (выделены чёрным прямоугольником снизу) и фрагмент потока, который может быть оценен как квазипериодический (выделено белым прямоугольником снизу).

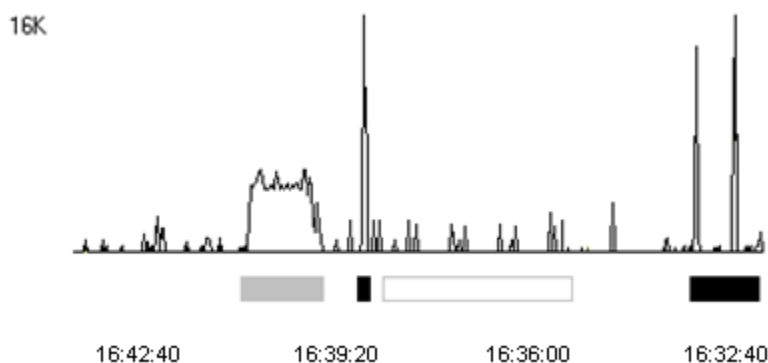


Рис. 1. Фрагмент выходного сетевого трафика ЭВМ единичного пользователя

Элементарный поток от единичного пользователя представляет собой набор фрагментов разнообразных случайных потоков – от простейших дискретных потоков до непрерывных. Поток такого вида является неклассическим. Потоки такого вида, в частности, суммирование таких потоков, рассматривалось в [4, 7, 8].

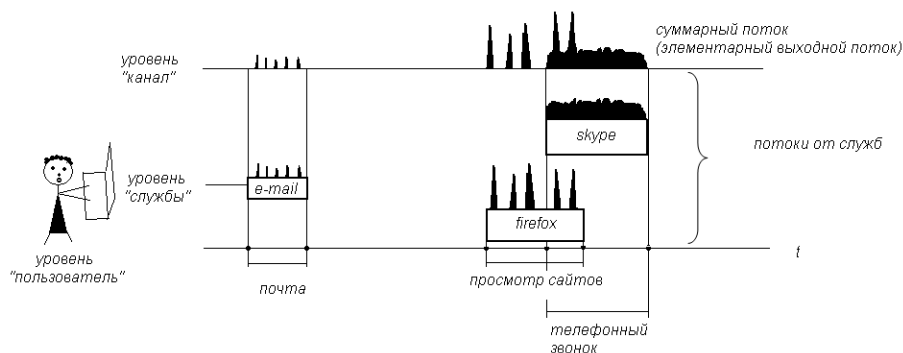


Рис. 2. Схема декомпозиции элементарного выходного потока по признаку его происхождения

Основным положением работы является наблюдение, что элементарный поток ЭВМ генерируется в два приёма – на двух уровнях, рис. 2. На первом уровне пользователь (таковым может быть человек, устройство или программа) запускает некоторую программу, имеющую выход в Интернет – службу Интернет. На следующем уровне служба Интернет, в зависимости или не зависимо от пользователя, в зависимости от специфики службы, создает собственно выходной поток.

Работа пользователя является индивидуальной – зависит от его рабочего графика и определяется параметрами этого графика (распорядок дня, должностные обязанности, и т.п.). Службы Интернет являются программами для ЭВМ, которые в терминах системного анализа являются агрегатами (объектами, обладающими входным и выходным потоками, внутренним состоянием и законами внутренней динамики) [9]. Таким образом, модель генерирования элементарного выходного потока пользователем может быть представлена как декомпозиция: пользователь по некоторому закону запускает работу одного или нескольких агрегатов из заданного набора, а запущенные таким образом агрегаты генерируют свойственные им выходные потоки. В результате возникает существенно неоднородный суммарный поток, который мы и называем элементарным потоком.

Как было отмечено, работа пользователя является индивидуальной, в силу чего ее исследование является предметом социальных наук. А вот работа компонент второго уровня, служб Интернета, может быть рассмотрена в рамках статистических методов, традиционно применяемых в связи. Статистический анализ выходных потоков основных служб Интернета является основной целью данной работы.

3. Методика исследования трафика и сбора статистики

Использовалась программа учёта трафика TrafAdmin. Программа TMeter – это средство учета трафика и организации доступа в Интернет для операционных систем Microsoft Windows. Из документации на программу TrafAdmin [10]: «Используя TMeter, Вы можете производить гибкий и точный подсчет трафика по любому признаку (IP-адрес источника/назначения, протокол, порт и т.д.) в реальном масштабе времени с немедленным выводом на экран собранной статистики в графическом или цифровом виде».

4. Структура элементарного потока – последовательность потоков от служб Интернета. Статистические характеристики потоков от служб Интернета

Целью проводимых автором исследований является изучение суммы случайных потоков, возникающих в сетях передачи данных, в частности Интернете, путём построения моделей элементарных потоков, пригодных для реализации на ЭВМ и последующего исследования их сумм методами статистического анализа. Первым шагом исследования является построение моделей элементарных потоков, установление их характеристик.

Как отмечалось выше, элементарный поток ЭВМ генерируется на двух уровнях – уровне пользователя и уровне служб Интернета. При этом выходной поток есть сумма потоков от служб Интернета, запущенных на компьютере пользователя. Мы рассмотрим потоки от основных служб Интернета.

4.1. Обмен ЭВМ с сетью

Определённую трудность в анализе трафика создает обмен ЭВМ с сетью, который присутствуют постоянно и который следует исключать при анализе трафика, порождаемого конкретным видом работы пользователя. То есть мы в любом случае наблюдаем сумму потоков – потока, порождённого работой пользователя, и потока, порождённого обменом ЭВМ с сетью. Поток, порождённый обменом ЭВМ с сетью, имеет характерный вид, и его удаётся достаточно надёжно вычленить из суммарного потока.

На рис. 3 показан трафик обмена ЭВМ с сетью при отсутствии работающих программ, использующих Интернет. Показаны входной и выходной потоки. Потоки являются составными (явно выделяются дискретные и непрерывные составляющие потоков). Потоки близки к периодическим со случайной точкой старта (поток стартует при подключении ЭВМ к сети).

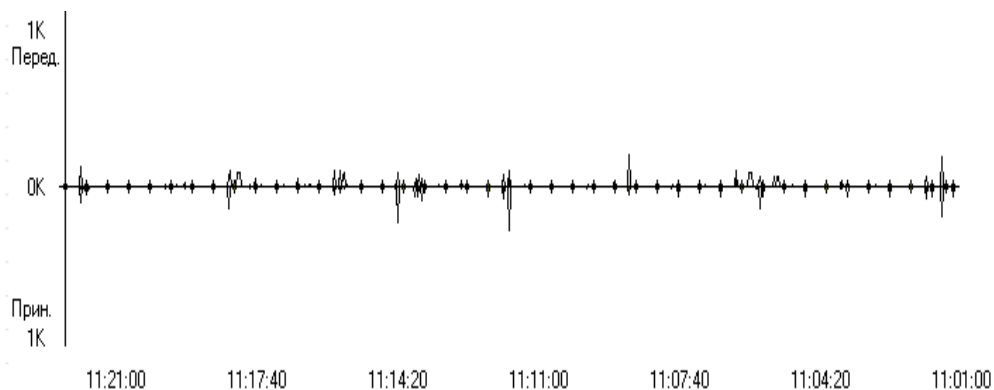


Рис. 3. Трафик обмена ЭВМ с сетью при отсутствии программ, использующих Интернет

4.2. Работа с почтовой программой через удалённый почтовый сервер

Фрагмент трафика, соответствующий отправке письма, представленный на рис. 4, является статистически типичным.

Фрагменты трафика, выделенные внизу чёрным цветом и подписями «сеанс 1» и «сеанс 2», соответствуют набору двух электронных писем. Фрагменты трафика, выделенные внизу серым цветом, соответствуют отправке электронных писем. Фрагменты трафика, выделенные внизу серым цветом пунктиром, соответствуют отсутствию активности пользователя. Трафик в этот период определяется взаимодействием ЭВМ с сетью.

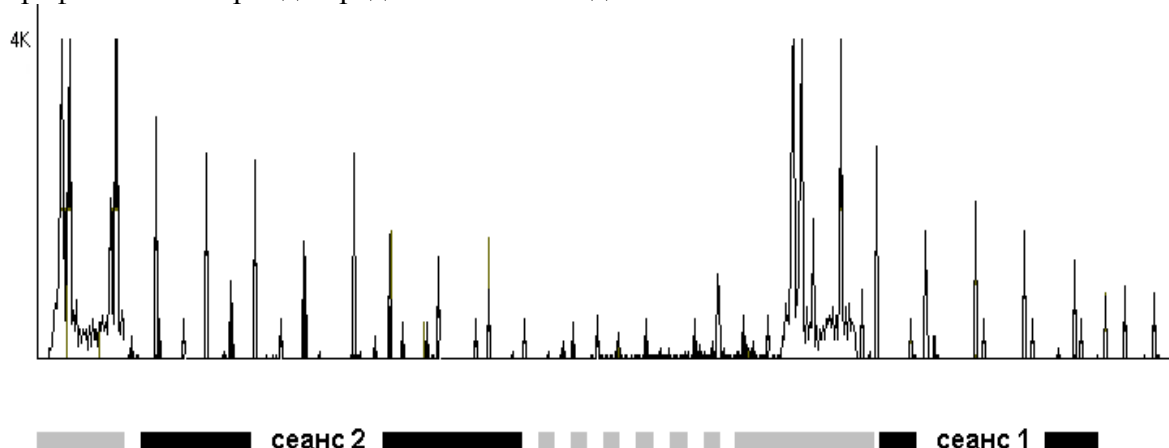


Рис. 4. Выходной поток, соответствующий набору и отправке письма через удалённый сервер (Кбайт/сек)

Были измерены время между соседними событиями и скорости передачи данных (100 сеансов набора электронных писем, более 500 событий передачи данных). Для иллюстрации часть собранных данных приведена в таблице 1. Данные о физическом объеме писем из таблицы 1 приведены в таблице 2.

Таблица 1. N – номер письма, T – время между соседними импульсами передачи данных, k – корреляция, MT – среднее T , DT – дисперсия T

N	T сек	Скорость, байт/сек	k	MT	DT	N	T сек	Скорость, байт/сек	k	MT	DT
1	68	1488	-0.48	65.67	1.51	13	66	1680	0.16	61.67	37.94
	64	1776					132	2016			
	66	2304					66	2400			
	66	2448					40	1104			
	66	2832					26	2544			
	64	3216					40	1200			
2	32	1872	-0.97	32.67	15.01	14	16	2145	0.10	43.33	25.32
	48	624					48	3803			
	18	2304					66	4583			
3	32	1584	0.55	60	13.74	15	24	2340	0.94	49	19.90
	66	1536					42	3120			
	66	2495					66	3803			
	64	2784					64	4485			
	66	3360				16	64	2535	0.99	65	1.41
	66	3552					66	2828			

Таблица 2. Физический объём писем

N	Количество слов	Количество знаков с учётом пробелов	Количество строк
1	127	888	10
2	49	342	4
3	133	930	11
13	103	720	8
14	320	1597	18
15	274	1353	15
16	154	768	10

События имеют дискретный характер и могут быть описаны при помощи модели дискретных случайных событий. На рис. 5 приведена гистограмма (выборочная функция распределения) времён T (в секундах) между событиями, а на рис. 6 – гистограмма (выборочная функция распределения) скорости передачи данных (в Кбайт/сек). Экспериментальная функция распределения приближается к функции распределения Вейбулла. На рис. 5 также приведен график плотности распределения Вейбулла с параметрами $\alpha=55$, $\beta=66$. Факт интересен тем, что распределение Вейбулла относится к распределениям с «тяжелыми хвостами» [11]. Как видно, значения экспериментальной функции распределения в «хвосте» - на интервале [7–58], значительно превосходит значения плотности распределения Вейбулла. То есть имеет место «сверхтяжёлый хвост». Сам факт существования в Интернете процессов со «сверхтяжёлыми хвостами» фиксировался ранее [11]. Обнаруженный факт интересен тем, что процесс со «сверхтяжёлым хвостом» появляется уже на уровне элементарного потока данных – потока данных от единичной ЭВМ.

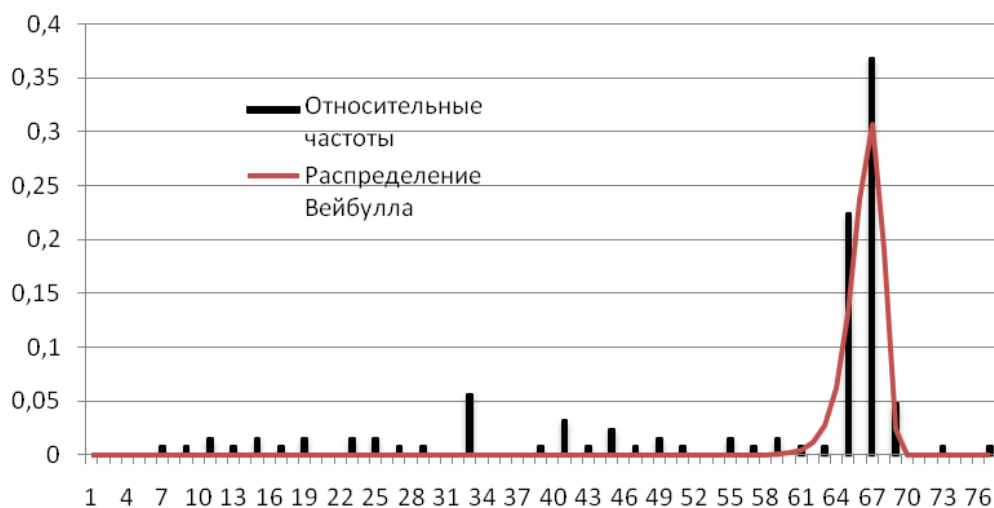


Рис. 5. Гистограмма (выборочная функция распределения) времён между соседними событиями

Для данных, представленных на рис. 5, выборочное математическое ожидание равно 54.768, выборочная дисперсия равна 18.97614, коэффициент асимметрии равен -0,65899, коэффициент эксцесса равен 2.042415. Выборочное распределение (экспериментальные данные) существенно несимметрично («длинная часть» распределения расположена слева от математического ожидания) и имеет существенно более острую и высокую вершину, чем нормальная кривая [13].

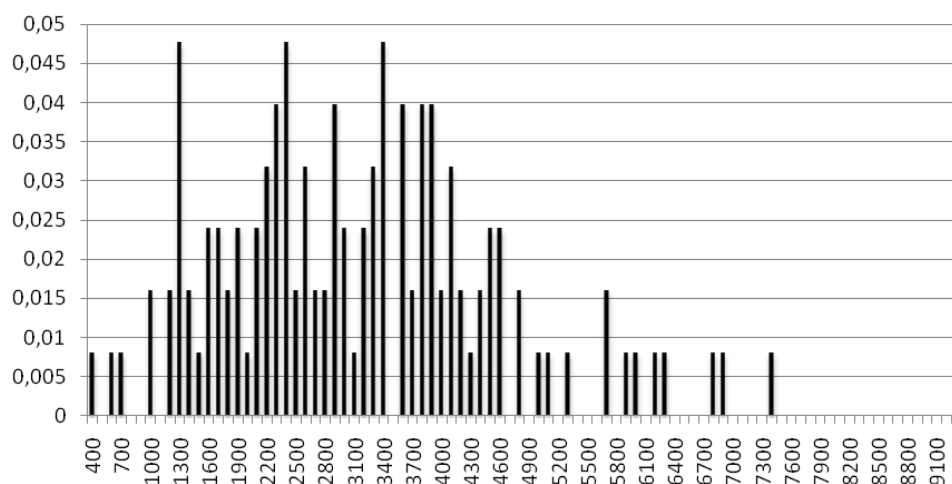


Рис. 6. Гистограмма (выборочная функция распределения) скорости передачи данных

Для данных, представленных на рис.6, выборочное математическое ожидание равно 3139.683, выборочная дисперсия равна 1407.591. Коэффициент асимметрии равен 0.587995, коэффициент эксцесса равен 0.249154. Выборочное распределение существенно несимметрично («длинная часть» распределения расположена справа от математического ожидания) и имеет более острую и высокую вершину, чем нормальная кривая [13].

На рис.7 представлена гистограмма коэффициента корреляции случайных величин «время между соседними событиями» и «скорость передачи данных», подсчитанных для каждого письма (внутригрупповая корреляция). Видно, что достаточно типичным является наличие положительной и отрицательной внутригрупповой корреляции.

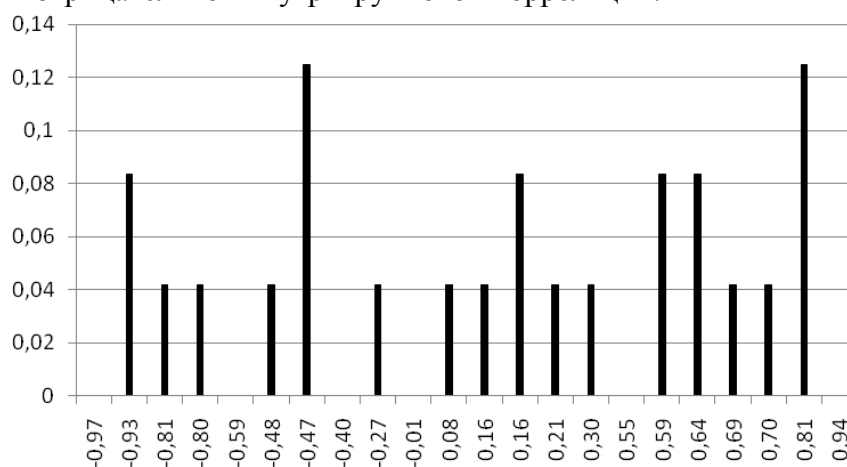


Рис. 7. Гистограмма коэффициента корреляции времён между соседними событиями и скорости передачи данных

4.3. Просмотр Web-сайтов

Фрагмент трафика, соответствующий просмотру web-страниц, представленный на рис. 8, является качественно статистически типичным. События имеют дискретный характер. Время между событиями определяются действиями пользователя. Случайными являются скорости передачи данных. Для анализа последних были проведены просмотры web-страниц (с паузами) (более 100 просмотров) в режиме поиска заданной тематической информации. Средний темп просмотра не более 1 сайта в течение 10 секунд.

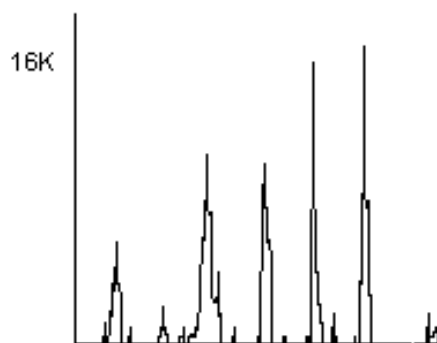


Рис. 8. Выходной поток, соответствующий посещению пяти web-страниц (с паузами).
Сеть с подключением к Интернету по выделенному каналу

Скорость колеблется в интервале от 2000 до 40000 байт/сек. Математическое ожидание скорости равна 15589. На рис. 9 приведена гистограмма (выборочная функция распределения) скорости передачи данных при просмотрах web-страниц (с паузами). Для сравнения приведены графики функции плотности вероятности для распределения Пуассона $p(k) = \lambda^k e^{-\lambda} / k!$ с указанным выше математическим ожиданием. Видно, что экспериментальная функция распределения существенно отлична от распределения Пуассона. Экспериментальная функция распределения лучше приближается функцией распределения Вейбулла

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^\alpha} \text{ с параметрами } \alpha = 2, \beta = 8.$$

Асимметрия экспериментальной функции распределения и медленное затухание в правой части графика хорошо видны на рис. 9. Таким образом, появление распределений с «тяжёлыми хвостами» происходит уже на уровне элементарного потока – потока от единичной ЭВМ.

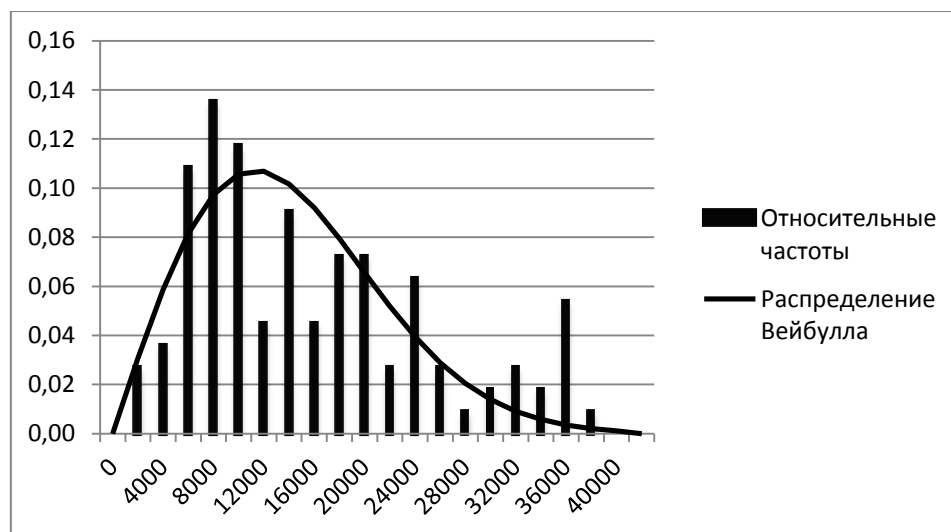


Рис. 9. Гистограмма (выборочная функция распределения) скорости передачи данных при просмотрах web-страниц (с паузами) и график функции плотности вероятности для распределения Вейбулла с параметрами (2, 8)

Для данных, представленных на рис. 9, выборочное математическое ожидание равно 15589.29, выборочная дисперсия равна 9395.617. Коэффициент асимметрии равен 0.761881, коэффициент эксцесса равен -0.32556. Выборочное распределение существенно несимметрично («длинная часть» распределения расположена справа от математического ожидания) и имеет более низкую и «плоскую» вершину, чем нормальная кривая [13].

4.4. Использование аудиовидеопрограммы Skype

На рис. 10, 11 представлен выходной поток аудиовидеопрограммы Skype. Имеет место непрерывный поток данных (время между событиями внутри потока – нуль).

Случайными величинами являются начало и конец сеанса связи, определяемые активностью пользователя. Скорости передачи данных испытывают случайные колебания в интервале от 5 до 8 Кбайт/сек для аудиорежима и от 50 до 70 Кбайт/сек для видеорежима. В качестве простейшей модели может быть использована ступенчатая функция со случайными началом и концом сеанса связи и скоростью передачи 6.5 Кбайт/сек для аудиорежима и 60 Кбайт/сек для видеорежима.

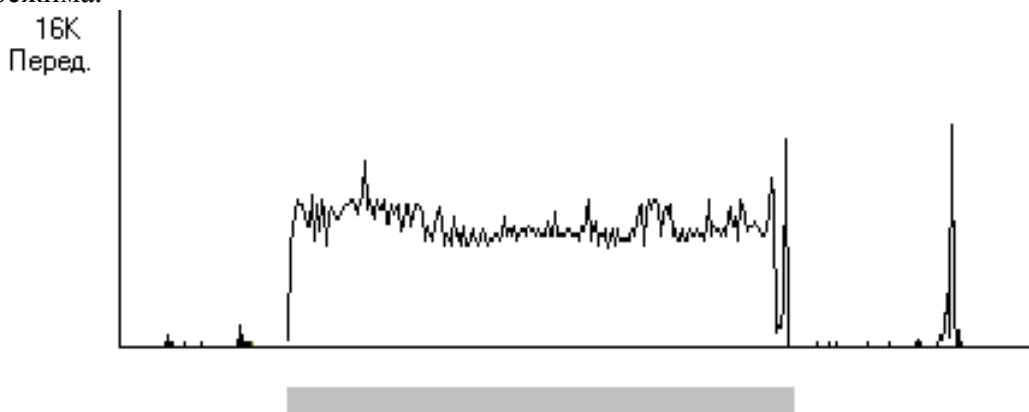


Рис. 10. Выходной поток аудиовидеопрограммы Skype, аудиорежим (Кбайт/сек)

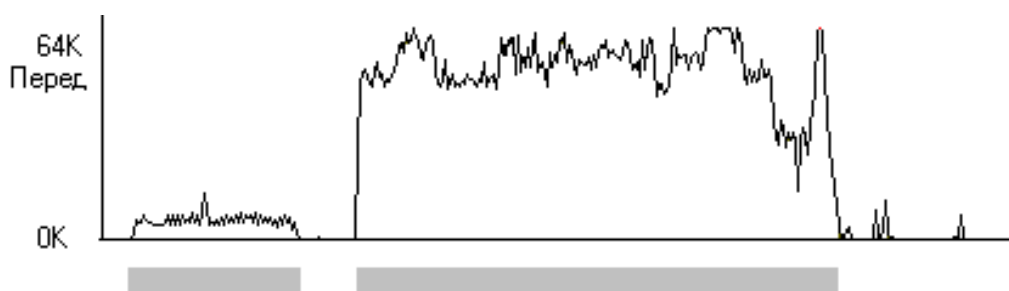


Рис. 11. Выходной поток аудиовидеопрограммы Skype, слева – аудиорежим, справа – видеорежим (Кбайт/сек)

4.5. Пересылка файлов

На рис. 12 показан трафик при пересылке на удалённый компьютер единичных файлов (пересылаются файлы размером от 100 до 2000 Кбайт с шагом 100 Кбайт, произведены три серии пересылок файлов на удалённый сервер). События имеют дискретный характер. Время между событиями определяются действиями пользователя. Средняя скорость передачи данных в зависимости от размера файлов показана на рис. 13 (объём файла – по оси ординат, скорость передачи Кбайт/сек – по оси абсцисс).

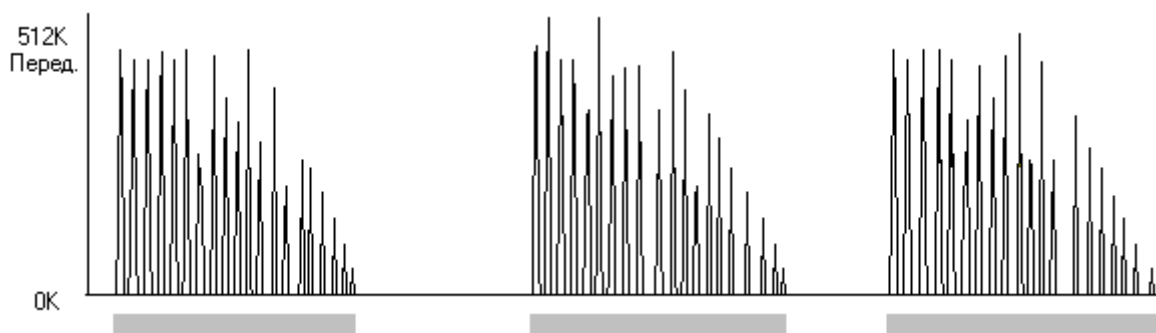


Рис. 12. Выходной поток при пересылке файлов на удалённый компьютер (Кбайт/сек), три серии пересылок файлов

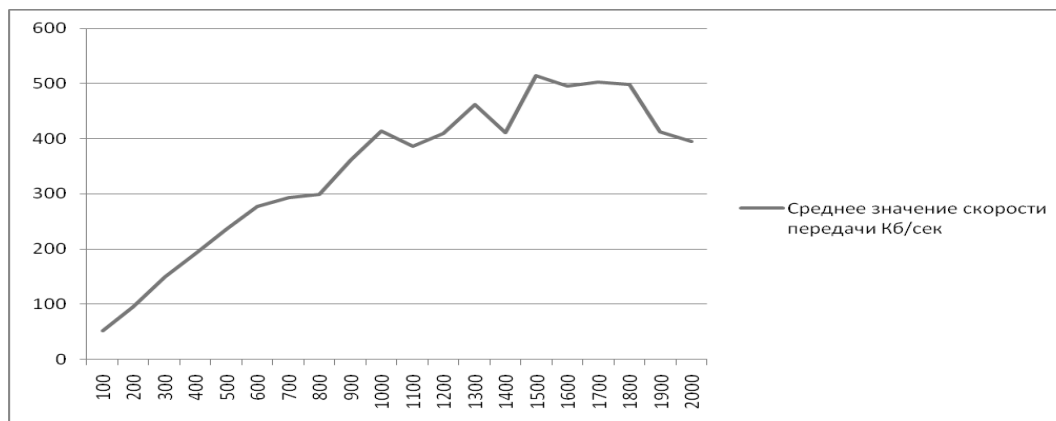


Рис. 13. Скорость передачи данных при пересылке файлов разного размера (объём файла Кбайт, скорость передачи Кбайт/сек)

Как видно из рис. 13, сначала, для файлов размером до 500 Кбайт, зависимость между размером файла S и скоростью передачи данных V практически линейная и может быть аппроксимирована функцией $V = 0.46771(S - 100) + 50$ (справедливо для $100 \leq S \leq 500$). При увеличении размера файла зависимость V - S становится нелинейной.

4.6. Наложение (сложение) потоков

На рис. 14 показан трафик при наложении событий (выполнении пользователем нескольких интернет-программ), в данном случае – программы аудиосвязи Skype и просмотра интернет-страниц.

Фрагмент 1 соответствует выполнению одной программы Skype, фрагмент 2 соответствует просмотру интернет-страниц при отсутствии Skype, фрагмент 3 соответствует выполнению программы Skype и одновременному просмотру (в процессе сеанса аудиосвязи) тех же интернет-страниц.

Как видно, при наложении процессов их скорости передачи суммируются (скорость передачи для процесса 3 равна, с незначительной погрешностью, сумме скоростей для процессов 1 и 2). Данный факт был проверен для большого числа (более 50) случаев наложения потоков данных. Вывод справедлив при условии, что потоки не исчерпывают пропускной способности канала.

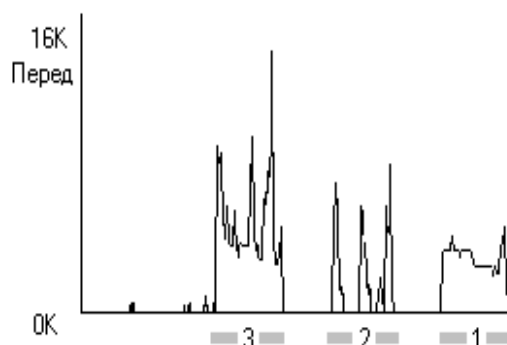


Рис. 14. Суммирование скорости передачи данных при наложении событий
(1 – Skype, 2 – просмотр интернет-страниц, 3 – Skype и просмотр интернет-страниц)

5. О зависимости выходного потока от подключения ЭВМ к конкретной сети

Службы Интернета обмениваются информацией с Интернетом, будучи установлены на конкретной ЭВМ, работающей под управлением конкретной операционной системы и подключённой к Интернету через конкретную сеть.

Любой из указанных факторов может влиять на формирование выходного потока ЭВМ. Насколько существенно это влияние? Данный вопрос был изучен применительно к следующему (наиболее широко распространённому в настоящее время) случаю: тип ЭВМ – IBM PC, операционная система – Windows, интернет-протокол – http. В этом случае влияние возможно за счёт сети. Это влияние и изучалось.

5.1. Просмотр Web-сайтов

Описание методики измерений дано в п.3.3. Скорость передачи данных колеблется в интервале от 3000 до 68000 байт/сек. На рис.15, 16 приведены гистограммы скорости передачи данных при просмотрах web-страниц (с паузами) для двух разных сетей: сеть с подключением к Интернету по выделенному каналу и локальная сеть, использующая технологии Ethernet.

Число замеров для локальной сети 90, для сети с выделенным каналом 40. Расчёт параметров α , β распределения Вейбулла производился методом наименьших квадратов.

Для данных, представленных на рис. 15, 16, выборочные математические ожидания равны 14659.09 и 21523.81, выборочные дисперсии равны 10157.64 и 13877.14, коэффициенты асимметрии равны 1.6986669 и 1.417417, коэффициенты эксцесса равны 2.929988 и 1.765499 соответственно. Выборочное распределение существенно несимметрично («длинные части» распределения расположены справа от математического ожидания) и имеет значительно более острую и высокую вершину, чем нормальная кривая.

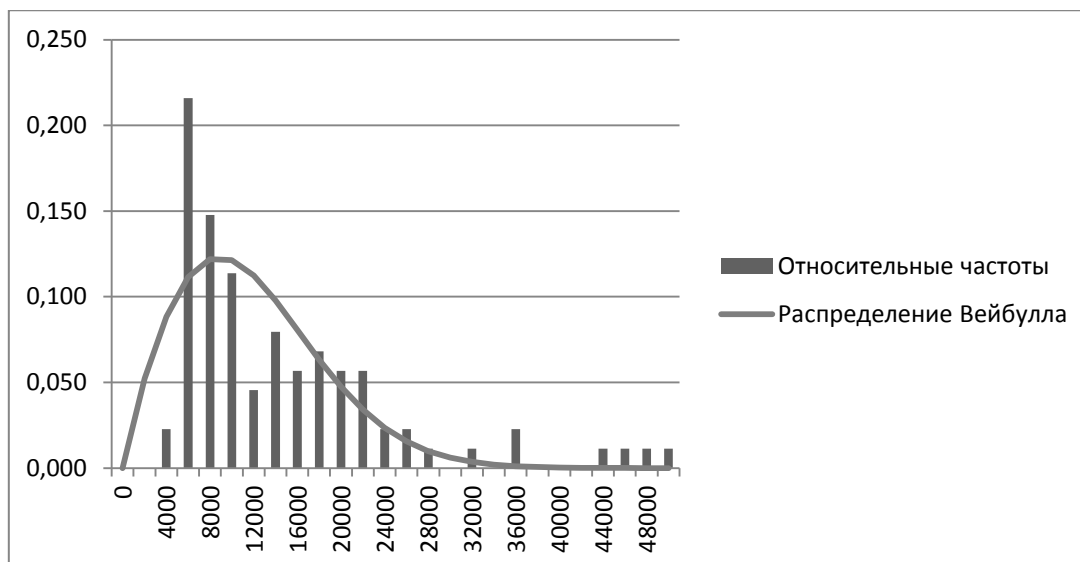


Рис. 15. Гистограмма скорости передачи данных при просмотрах web-страниц (локальная сеть поисковая система Yandex) и график функции плотности вероятности для распределения Вейбулла с параметрами $(\alpha, \beta) = (1.868021; 6.684452)$

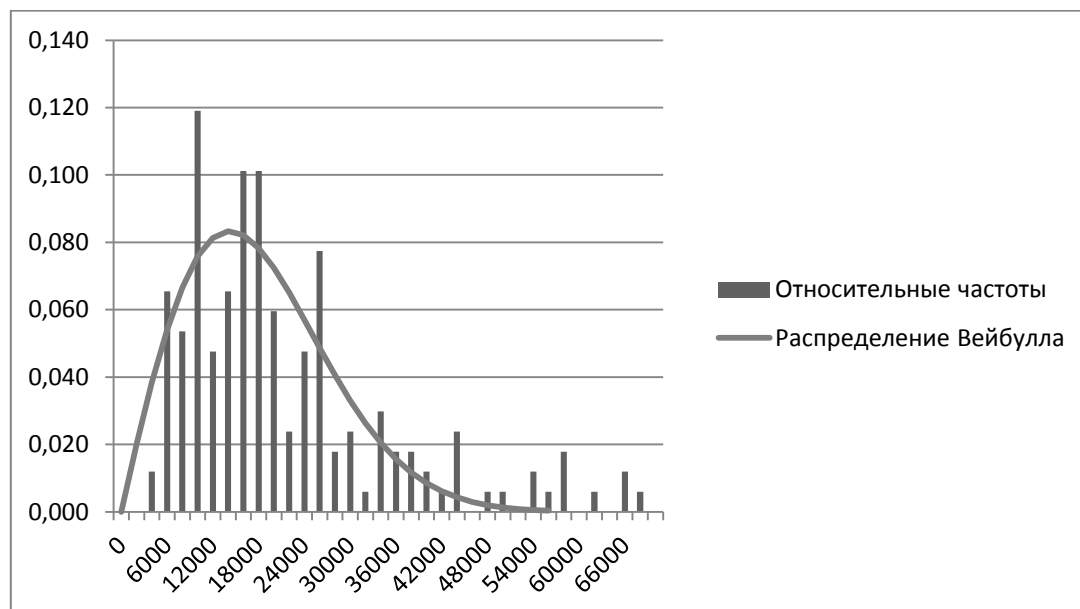


Рис. 16. Гистограмма скорости передачи данных при просмотрах web-страниц (выделенный канал, поисковая система Yandex) и график функции плотности вероятности для распределения Вейбулла с параметрами $(\alpha, \beta) = (1.969763; 10.18987)$

Графики на рис. 15, 16 и значения коэффициентов асимметрии и эксцесса для экспериментального распределения указывают на сильную несимметрию экспериментальных функций распределения и неприменимость для описания таких потоков распределения Пуассона или нормального распределения.

5.2. Использование аудиовидеопрограммы Skype

На рис. 17 представлены выходные потоки аудиовидеопрограммы Skype при подключении по выделенному каналу и локальной сети (режим «молчания»). Скорости передачи данных практически совпадают. В режиме «разговор» скорости передачи данных также близки (в режиме «разговор» скорость передачи данных несколько выше и имеет место больший разброс скорости, см. рис. 10).

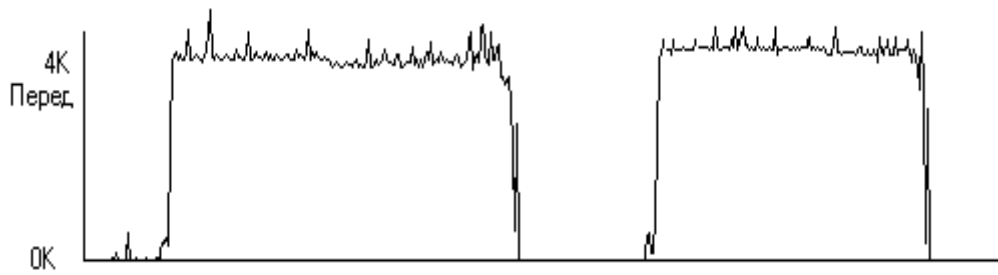


Рис. 17. Выходной поток аудиовидеопрограммы Skype, аудиорежим (Кбайт/сек) по локальной сети (слева) и выделенному каналу (справа)

5.3. Пересылка файлов

На рис.18 – 21 показаны графики скорости передачи данных при пересылке единичных файлов через различные сети (пересылались файлы размером от 100 до 1900 Кбайт с шагом 100 Кбайт), объём файла – по оси ординат, скорость передачи Кбайт/сек – по оси абсцисс. Для каждой сети проводилось 2 серии экспериментов с различными удалёнными компьютерами – приёмниками файлов.

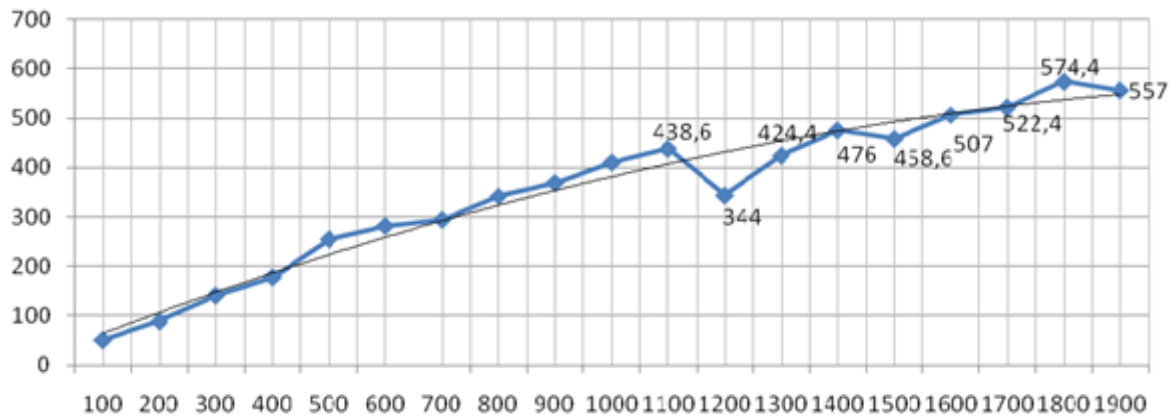


Рис. 18. Скорость передачи данных при пересылке файлов разного размера (выделенный канал, 1 серия экспериментов)

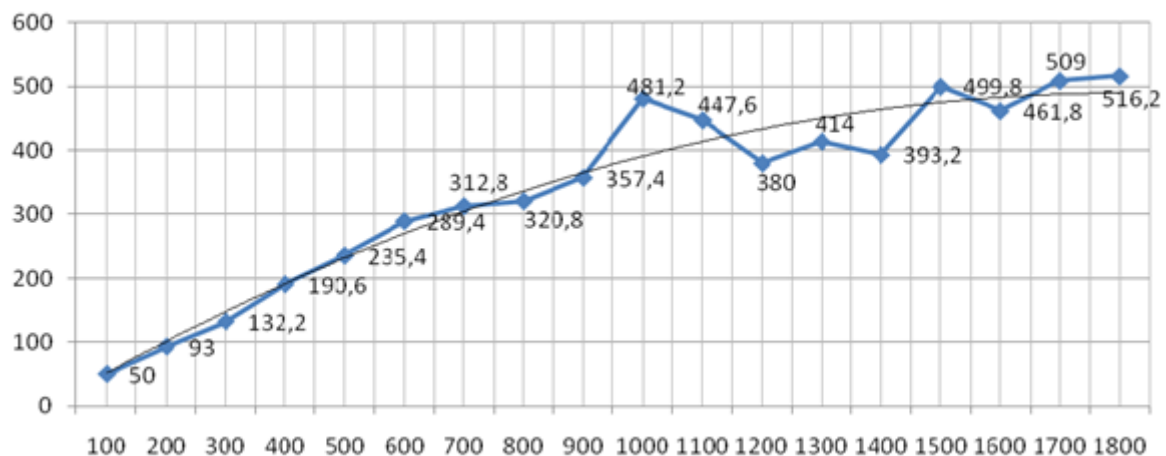


Рис. 19. Скорость передачи данных при пересылке файлов разного размера (выделенный канал, 2 серия экспериментов)

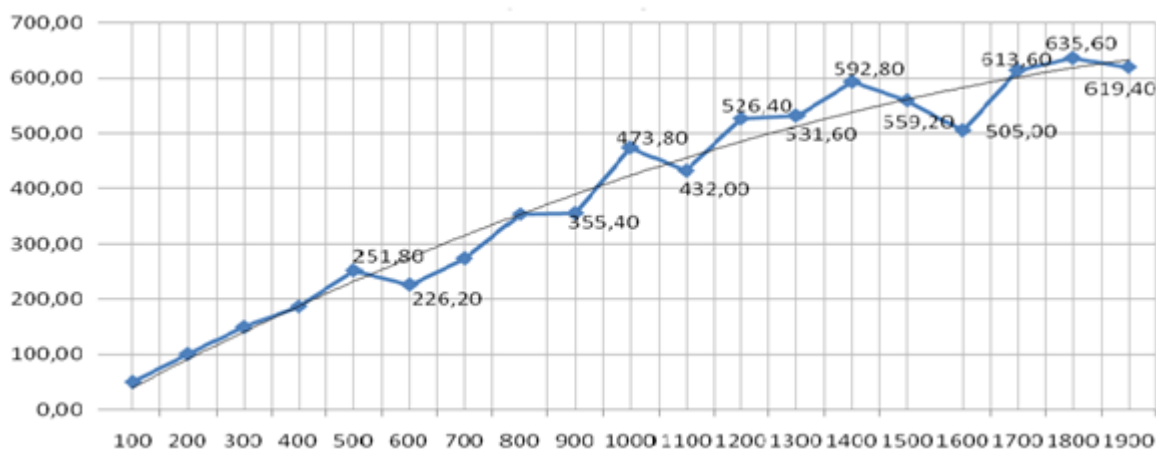


Рис. 20. Скорость передачи данных при пересылке файлов разного размера (локальная сеть, 1 серия экспериментов)

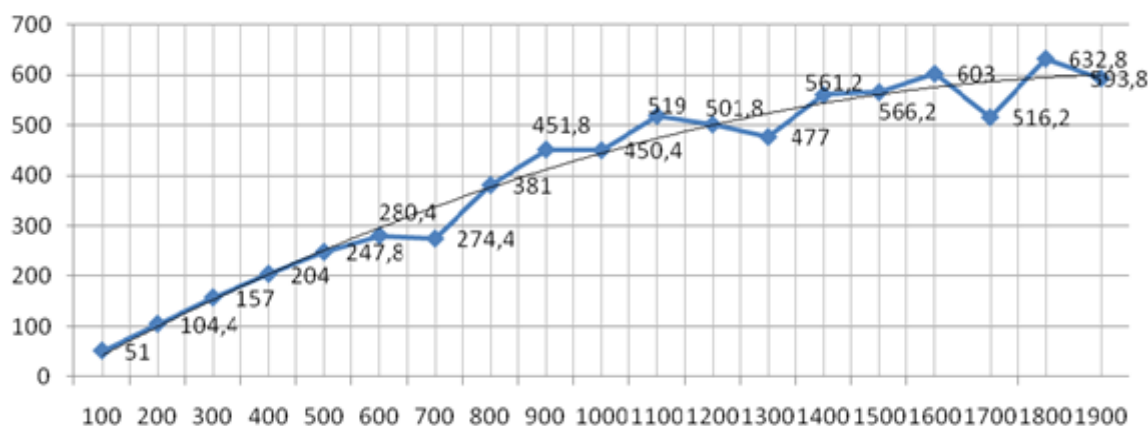


Рис. 21. Скорость передачи данных при пересылке файлов разного размера (локальная сеть, 2 серия экспериментов)

Для получения связи скорости передачи данных с размером файла использовались линейная и квадратичная аппроксимации. На всем интервале данных лучшей оказалась квадратичная аппроксимация (справедливо для $100 \leq S \leq 1900$)

$$V = a(S - 100)^2 + b(S - 100) + c$$

V – скорость передачи данных Кбайт/сек., S – размер файла, Кбайт. Коэффициенты a , b , c приведены в табл. 3. Относительно большое среднее отклонение коэффициента a обусловлено его малыми значениями.

Среднее отклонение подсчитывалось по формуле $\frac{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 |x_i - \bar{x}|}{|\bar{x}|}$, где $\bar{x} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 x_i$.

Таблица 3. Коэффициенты a , b , c

Конфигурация сети / службы Интернета		a	b	c
Локальная сеть	1 серия	-0.00010716	0.54351	40
	2 серия	-0.00015235	0.61439	40
Сеть с выделенным каналом	1 серия	-0.00009296	0.45483	65
	2 серия	-0.00014905	0.54103	50
Среднее		-0.00012538	0.53844	48.75
Среднее отклонение %		20%	1.9%	4.5%

На рис.18 – 21 видно, что до 500 Кбайт скорость передачи практически линейная в локальной сети и до 900 Кбайт в сети с выделенным каналом и может быть аппроксимирована функцией (справедливо для $100 \leq S \leq 500$)

$$V = b(S - 100) + c.$$

Коэффициенты b и c приведены в табл. 4.

Таблица 4. Коэффициенты b , c

Конфигурация сети / службы Интернета		b	c
Локальная сеть	1 серия	0.4896	45
	2 серия	0.4932	48
Сеть с выделенным каналом	1 серия	0.4984	50
	2 серия	0.4684	55
Среднее		0.4874	49.5
Среднее отклонение %		1.9%	1.5%

Из приведённой таблицы видно, что скорость передачи данных при пересылке файлов имеет типичный вид, который слабо зависит от используемой сети.

6. Выводы

Элементарный выходной поток от ЭВМ единичного пользователя представляет собой поток составного типа, образованного фрагментами с сильно различными свойствами: от потоков, близких к простейшему, до непрерывных со случайными началом и концом.

Элементарный поток от ЭВМ единичного пользователя может быть представлен как сумма двух потоков: потока, связанного с обменом ЭВМ с сетью, и потока, инициированного работой пользователя. В режиме активности пользователя основной вклад даёт поток, инициированный работой пользователя.

Последний поток состоит из типовых элементарных фрагментов, связанных с выполнением пользователем конкретных действий с использованием конкретных программ. То есть при выполнении конкретного вида работы пользователем порождается некоторый специфический, определяемый используемой пользователем программой, поток случайных событий.

При выполнении пользователем одновременно нескольких действий, потоки, порождённые элементарными фрагментами, суммируются (по крайней мере, при использовании общеупотребимых интернет-программ).

При подключении ЭВМ к Интернету через разные каналы, скорость передачи данных конкретной службой меняется. Однако при этих изменениях не происходит качественного изменения статистических характеристик потока от службы (служба «сохраняет своё лицо»).

Потоки рассмотренного вида являются неклассическими и вопрос об их свойствах, в частности, свойствах сумм таких потоков (в данном случае, потока от ЭВМ многих пользователей), не может быть решён в рамках классических теорем о свойствах случайных процессов.

Автор благодарит доктора технических наук, профессора А.Б. Мархасина за консультации при выполнении работы.

Литература

1. Erlang A.K. Sandsynlighedsregning of Telefonsamtaler // *Nyt Tidsskrift for Matematik B*, 1909, V. 20. С. 33-39 (Calculus des probabilités et conversations téléphoniques, *Revue general de l'Electricite*, V.18, 1925. С.305-311)
2. Palm C. Intensity variations in telephone traffic. North-Holland, Amsterdam, 1988 (book edition of Ph.D. thesis of 1943, transl. from German to English by C. Jacobæus). 129 с.
3. Мархасин А.Б. Архитектура радиосетей передачи данных. Новосибирск: Наука, 1984. 145 с.
4. Мархасин А.Б. Асимптотическая модель суммирования нестационарных потоков однородных событий с последствием в беспроводных сетях множественного доступа // *Вестник СибГУТИ*, 2011, N 4. С.19-31.
5. Головкин Н.И. Исследование моделей систем массового обслуживания в информационных сетях // Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Владивосток 2007. 39 с.
6. Семёнов Ю.А. Протоколы и ресурсы Интернет. М.: Радио и связь. 1996. 320 с.
7. Мархасин А.Б. Свойства одного класса нестационарных случайных потоков с последствием // В сб.: Большие системы. Массовое обслуживание. Надежность. 1970. С. 326-337.
8. Филимонова Н.А. Построение и исследование класса потоков случайных событий, ориентированных на имитационное моделирование передачи данных в беспроводных сетях // *Вестник СибГУТИ*, 2012, N 2. С.24-34.
9. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 487 с.
10. TMeter Freeware Edition [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tmeter.ru/> (дата обращения: 11.02.2013).
11. Borovkov A.A., Borovkov K.A. Asymptotic Analysis of Random Walks Heavy-Tailed Distributions. Cambridge University Press, Cambridge, 2008. 656 с.
12. Джамалинур, А. Беспроводный мобильный Интернет: архитектура, протоколы и сервисы. М.: Техносфера, 2009. 496 с.
13. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшее образование, 2008. 479 с.

Статья поступила в редакцию 27.03.2013

Филимонова Нина Анатольевна

аспирант кафедры ТСиВС, СибГУТИ, (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86),
тел.(383) 269-83-83, e-mail:filipok@mail.ru

Elementary data flow model on the Internet

N.A. Filimonova

The flow from a single Internet user - elementary flow is a flow of mixed (composite) type consisting of several typical fragment (elementary fragments) flows with very different properties. Statistical data are collected and statistical characteristics of some elementary fragments of data flow on the Internet are obtained enabling the simulation of elementary flow sums.

Keywords: Internet, traffic, simulation.