

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНОГО ТРАФИКА В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Карташевский И.В., Тарасов В.Н.

В статье рассмотрены типичные агрегированные трафики в ЛВС и сетях NGN. Показано, что реальные потоки в таких сетях могут сильно отличаться от пуассоновских. В статье приведены основные подходы к анализу и расчету таких потоков.

Ключевые слова: пуассоновский поток, SIP-протокол, моментные характеристики распределений, коэффициент Херста, агрегированный трафик, самоподобный процесс.

Введение

Как известно, в сетях NGN отсутствуют выделенные каналные ресурсы для передачи сигнального трафика. Последний в составе трафика протокола SIP обслуживается на основе общих транспортных механизмов, и в этом случае важным является вопрос исследования вероятностно-временных характеристик трафика SIP-серверов. Сам же протокол SIP может использовать различные протоколы транспортного уровня, а для передачи голоса и видео в рамках организованного средствами SIP сеанса связи обычно используется протокол RTP. SIP-устройства для передачи звука и видео используют различные алгоритмы сжатия и кодирования данных (кодеки). Известно, что используемые для кодирования речи кодеки (G.711, G.723.1, G.729 и др.) порождают трафик, обладающий свойствами самоподобного случайного процесса [1]. Следовательно, такими же свойствами должен обладать и агрегированный трафик, обрабатываемый SIP-серверами, в чем мы и хотим убедиться.

Съем и анализ трафика

Были произведены измерения сигнального и агрегированного трафиков (числа пакетов в минуту) абонентов услуги IP-телефонии одного из самарских операторов по схеме, приведенной на рис. 1, а также пользователей внутренней сети вуза (университетский трафик) с помощью программы Netflow Analyzer.

Из полученных трасс были выделены периоды активности пользователей, примерно с 8.30 до 20.30 местного времени. Сигнальный трафик одного такого периода представлен на

рис. 2. Для него среднее значение равно 20,46; дисперсия – 3,6; коэффициент вариации – 0,04.

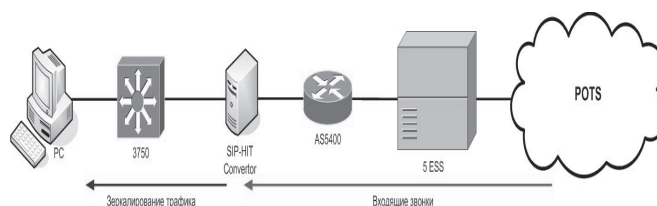


Рис. 1. Схема фиксации трафика IP-телефонии

Ввиду достаточной ровности почти регулярно сигнального трафика и его малой величины из рассмотрения его можно исключить. Для агрегированного SIP-трафика (см. рис. 3) среднее значение в пакетах 693,45; дисперсия – 155642,36; коэффициент вариации – 0,57.

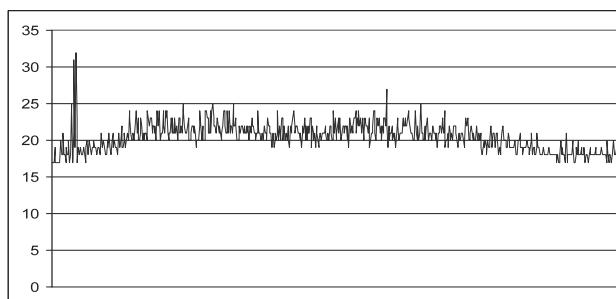


Рис. 2. Реализация сигнального трафика

Для трафика сети кафедры вуза (см. рис. 4) среднее значение 23,2; дисперсия – 595,36; коэффициент вариации – 1,05; а для сети двух факультетов вуза (см. рис. 5) среднее значение 191,67; дисперсия – 33502; коэффициент вариации – 0,955.

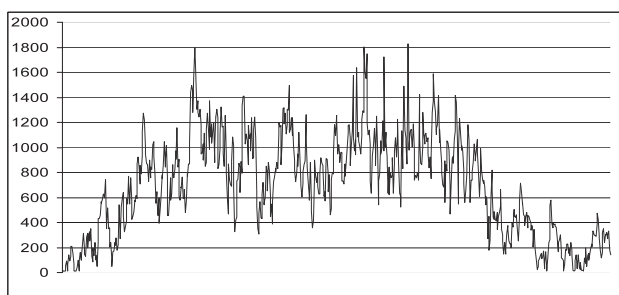


Рис. 3. Реализация агрегированного трафика

Учитывая, что для пуассоновского потока математическое ожидание и дисперсия случайного числа пакетов трафика должны совпадать, в нашем случае мы имеем, что все три вида трафика представляют собой далеко не пуассоновские потоки.

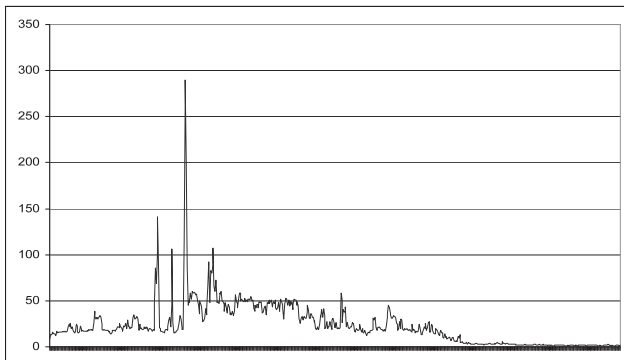


Рис. 4. Реализация трафика локальной сети кафедры

Отсюда следует важный вывод о том, что реальные трафики отличаются от пуассоновских потоков. Следовательно, для их анализа применение классических моделей массового обслуживания неправомерно, так как они занижают вероятностно-временные показатели функционирования системы (см. таблицы 1-3).

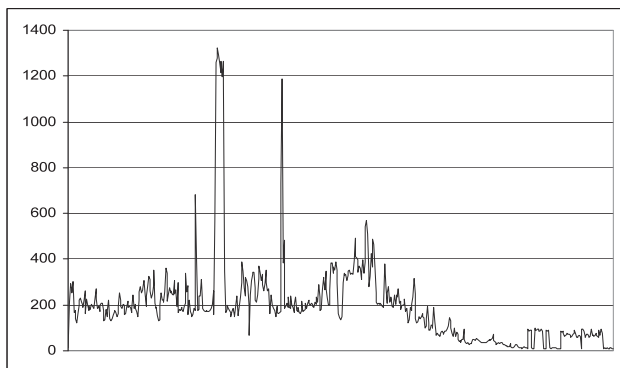


Рис. 5. Реализация трафика локальной сети факультета

Анализ вида распределений данных трасс показал, что для всех трех трафиков с наибольшей вероятностью в качестве модели подходит распределение Wakeby [6]. Это распределение используется, например, в гидрологии для исследования паводковых явлений:

$$F(x) = 1 - \left(1 - \frac{x-u}{\alpha}\right)^{n-1}. \quad (1)$$

Числовые характеристики (1) представляют собой

$$m = u + \frac{\alpha}{n}, \quad D = \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n-1}{n+1}\right), \quad (2)$$

$$C_V = \left(\frac{n-1}{n+1}\right) \left(1 + m\alpha/\alpha\right).$$

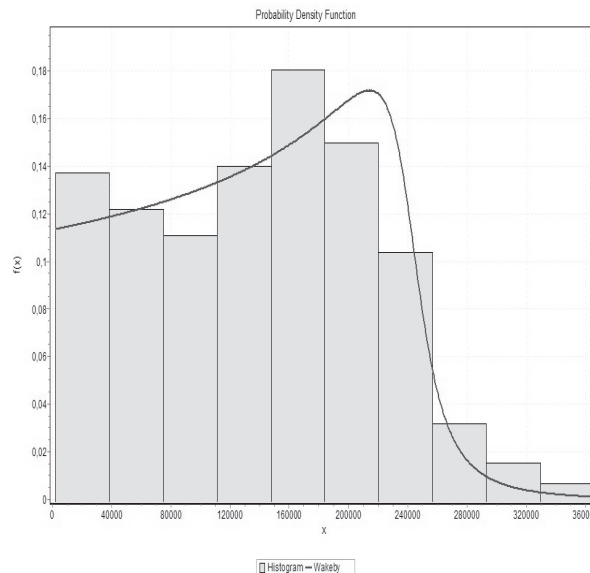


Рис. 6. Аппроксимация гистограммы распределением Wakeby

Для агрегированного SIP-трафика параметры этого распределения $n = 8,197$; $u = 2,214$; $\alpha = 4876,102$. Вид распределения Wakeby применительно к SIP-трафику показан на рис. 6. Оно имеет среднее значение $m = 611,7$ и дисперсию $D = 275014$. Для трафика сети кафедры параметры распределения Wakeby: $n = 0,132$; $u = 31,381$; $\alpha = -0,756$; а числовые характеристики равны $m = 25,65$; $D = 456,4$. Аналогично для сети двух факультетов: $n = 1,62 \cdot 10^{-4}$; $u = 0,023$; $\alpha = 0,035$; $m = 218,45$; $D = 47708$.

Сравнение числовых характеристик распределения Wakeby для всех трех типов трафика с их найденными выше моментными характеристиками показывает, что это распределение вполне подходит в качестве модели для исследования трафика. Для перехода от случайного потока к анализу интервалов времени между событиями в потоке были использованы приближенные соотношения из [3], которые позволяют оценить распределение интервалов времени на уровне двух первых моментов. Для этого обозначим $N(t)$ – число событий (количество пакетов) за время t .

Тогда среднее $N(t)$: $\bar{N} = t/\bar{\tau}$, где $\bar{\tau}$ – среднее время между событиями в потоке $N(t)$. Тогда дисперсия числа событий $N(t)$ $D_N = D_{\tau} \cdot t/\bar{\tau}^3$ выражается через среднее значение и дисперсию интервала времени между событиями [2].

Для сигнального трафика оценка математического ожидания составила 2,928 с, дисперсии – 0,00212; коэффициент вариации – 0,0156. Таким образом, мы снова убеждаемся в том, что сигнальный трафик является почти регулярным, и, как было отмечено выше, его далее можно не рассматривать.

Преобразование входного трафика применительно к системе массового обслуживания (СМО)

В связи с тем, что процессы поступления N_1 и обслуживания N_2 в СМО являются ступенчатыми вероятностными процессами с единичными приращениями в случайные моменты времени поступления пакетов (см. рис. 7) [2], исходный трафик, представляющий собой совокупность случайных отсчетов (количества пакетов) за минутные промежутки времени, должен быть соответствующим образом преобразован. Для этого на каждом промежутке времени длиной в одну минуту случайным образом генерируем количество интервалов, равное количеству пакетов за эту минуту, с использованием генератора СЧ random. После этого исходный трафик и преобразуется к ступенчатому процессу поступления.

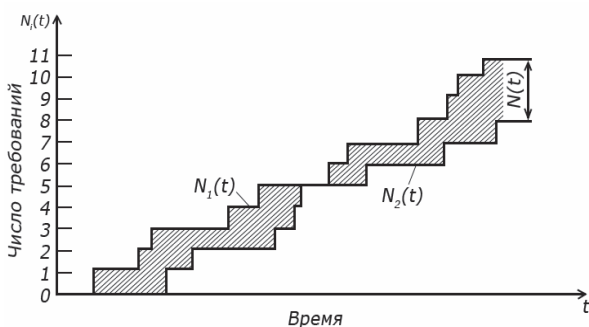


Рис. 7. Реализация процессов поступления и обслуживания

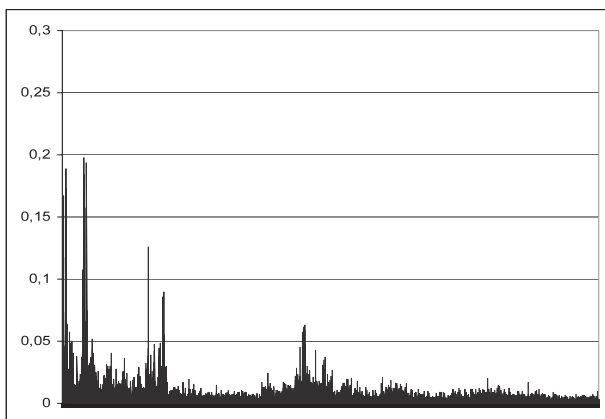


Рис. 8. К расчету коэффициента Херста

Результат такого преобразования для агрегированного SIP-трафика представлен на рис. 8. Для подбора типа СМО исследуем числовые характеристики распределения интервалов времени между пакетами преобразованных трафиков. В результате получили следующие статистические характеристики для агрегированного трафика: среднее значение – 0,0864; дисперсия – 0,0432; коэффициент вариации – 2,41. Для сети кафедры среднее значение – 2,4384; дисперсия – 0,3618; коэффициент вариации – 1,91. Для университетского-2 трафика среднее значение – 0,3126; дисперсия – 21,708; коэффициент вариации – 2,12. Таким образом, анализ вида распределений интервалов времени между пакетами показывает, что все они в данном случае имеют «тяжелые хвосты». Распознавание закона распределения интервалов времени между пакетами в трафике и проверка гипотезы о виде распределения не всегда могут дать конкретный результат с высокой вероятностью.

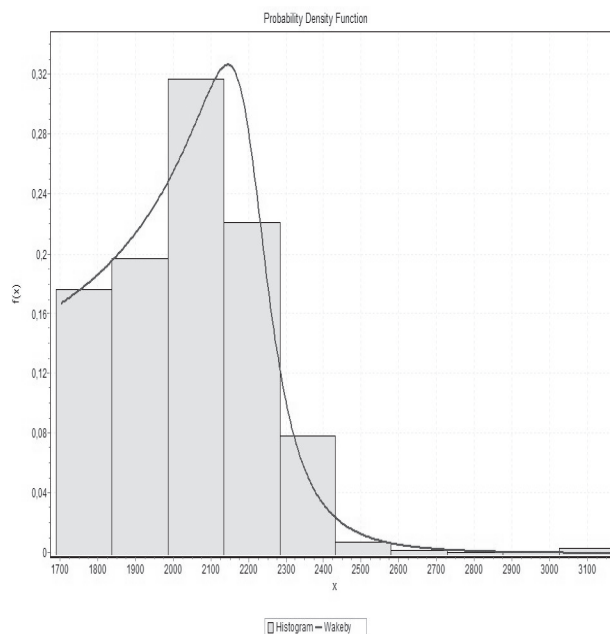


Рис. 9. Аппроксимация гистограммы распределением Wakeby для SIP-трафика

На рис. 9 показан результат распознавания закона распределения для интервалов времени между пакетами агрегированного SIP-трафика, в то же время для остальных двух трафиков подобрать распределение с достаточной вероятностью не удалось. Тем не менее, в данном случае мы располагаем достаточными сведениями о характере распределения рассматриваемых трафиков (среднее значение, дисперсия и коэффициент вариации). Кроме того, результаты [5] позволяют анализировать имеющиеся трафики на самоподо-

бие. Для этого определим значения коэффициента Херста H .

Коэффициент Херста для агрегированного SIP-трафика составляет $H = 0,89$ (см. рис. 10). Для университетских трафиков коэффициент Херста составил $H = 0,87$ и $H = 0,89$ соответственно. Следовательно, подтверждается гипотеза о том, что распределения с коэффициентами вариаций, большими 1, имеют показатель Херста выше 0,5.

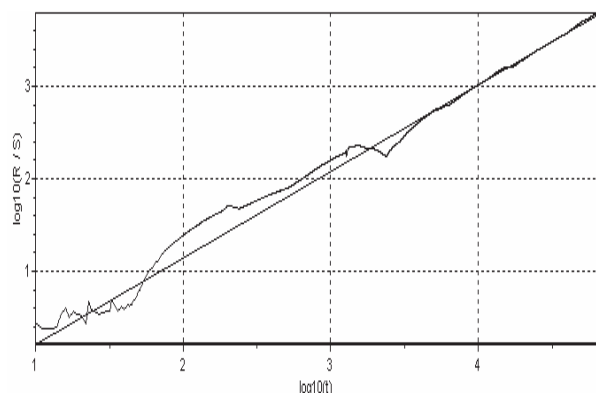


Рис. 10. К расчету коэффициента Херста для SIP-трафика

Результаты анализа приведенного SIP-трафика позволяют представить модель передачи данных между SIP-устройствами по IP-сети в виде соединения однолинейных СМО с неограниченным буфером типа G/D/1.

Таблица 1. Система G/D/1, $C_v = 2,41$

ρ	$\bar{U}_{им}$	Результаты дифф. аппр.	Результаты M/D/1
0,1	1,223	1,167	1,056
0,3	2,211	2,122	1,214
0,5	3,789	3,646	1,50
0,7	7,021	6,498	2,167
0,9	21,434	19,95	5,5

Таблица 2. Система G/M/1, $C_v = 1,91$

ρ	$\bar{U}_{им}$	Результаты дифф. аппр.	Результаты M/M/1
0,1	1,420	1,275	1,111
0,3	2,138	2,099	1,429
0,5	3,574	3,473	2,0
0,7	6,729	6,381	3,333
0,9	21,578	20,36	10,0

Таблица 3. Система G/M/1, $C_v = 2,12$

ρ	$\bar{U}_{им}$	Результаты дифф. аппр.	Результаты M/M/1
0,1	1,423	1,341	1,111
0,3	2,438	2,341	1,429
0,5	3,992	3,963	2,0
0,7	7,775	7,359	3,333
0,9	24,553	23,53	10,0

При помощи программы, описанной в [4], получим результаты, приведенные в таблицах 1-3. Здесь приведены расчетные данные для средней задержки (время ожидания плюс время обслуживания), причем среднее время обслуживания для удобства взято нормированным, то есть равно единице. Для сравнения в таблицах 1-3 приведены также результаты двумерного диффузионного приближения СМО [3] и классических СМО M/D/1 и M/M/1. Их сравнение показывает достаточную близость результатов двух разных подходов: метода Монте-Карло и метода двумерной диффузионной аппроксимации СМО для расчета характеристик СМО G/G/1/.

Выводы

Предложен подход к анализу трафика сети методами СМО, который требует соответствующего преобразования трафика для приведения его к ступенчатому процессу. Подтверждено, что реальные трафики отличаются от пуассоновских потоков и могут быть самоподобными. Сравнение полученных результатов с классическими моделями показывает, с одной стороны, их степень различия, а с другой – насколько классические модели могут занижать качественные и количественные показатели производительности системы. Следовательно, классические модели в случае самоподобного трафика показывают слишком оптимистичные результаты.

Литература

1. Моделирование информационных систем. Под ред. О.И. Шелухина. М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.
2. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями: Пер. с англ. под ред. Б.С. Цыбакова. М.: Мир, 1979. – 597 с.
3. Бахарева Н.Ф., Тарасов В.Н. Обобщенная двумерная диффузионная модель массового об-

- служивания типа GI/G/1 // Телекоммуникации. №7, 2009. – С. 2-8.
4. Тарасов В.Н., Карташевский И.В. Программно реализованная имитационная модель массового обслуживания общего вида // ИКТ. Т. 7, №2, 2009. – С. 63-68.
5. Бахарева Н.Ф., Карташевский И.В., Тарасов В.Н. Анализ и расчет непуассоновских моделей трафика в сетях ЭВМ // ИКТ. Т. 7, №4, 2009. – С. 61-66.
6. Griffiths G.A. A theoretically based Wakeby distribution for annual flood series // Hydrological Sciences Journal – des Sciences Hydrologiques. V. 34, 1989. – P. 231-248.

TRAFIC RESEARCH IN TELECOMMUNICATION AND COMPUTER NETWORKS

Tarasov V.N., Kartashevsky I.V.

Consider typical traffics in LAN and NGN. We show that real flows in these networks may differ from Poisson flows. Given a basic attitude to analysis and calculation characteristics of these traffics.

Keywords: poisson flow, session initiation protocol, Hurst coefficient, self-similar process, distribution characteristics.

Карташевский Игорь Вячеславович, заместитель начальника отдела ИПО Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 333-32-04. E-mail: ivk@psati.ru

Тарасов Вениамин Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой «Программное обеспечение и управление в технических системах» ПГУТИ. Тел. (8-846) 228-00-13. E-mail: vt@ist.psati.ru

УДК 681.3.06(075.8)

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ НА ОСНОВЕ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОБРАБОТКОЙ СПЕКТРА

Шакурский М.В.

Рассматривается новый алгоритм синтеза цифровых фильтров в рамках частотного метода. Представлена структура алгоритма. Получена математическая модель фильтра. Построены частотные характеристики фильтра и описаны его основные свойства.

Ключевые слова: алгоритм, цифровые фильтры, спектр, синтез фильтров, импульсная характеристика, амплитудно-частотная характеристика, фазочастотная характеристика, быстродействие, математическая модель, метод наложения, выборка отсчетов, частотные методы.

Постановка задачи

Развитие цифровых систем обработки сигналов (ЦОС), работающих в реальном времени, связано с эффективностью алгоритмов реализации цифровых фильтров. Основным методом синтеза цифровых фильтров является временной метод, в основе которого лежит свертка текущей выборки отсчетов сигнала и отсчетов импульсной характеристики фильтра. Алгоритмы таких фильтров требуют хранения отсчетов импульсной характе-

ристики, которых может быть несколько тысяч, а операция свертки выполняется на каждом интервале дискретизации. Это существенно снижает быстродействие фильтров [1].

Менее исследованным и менее распространенным является частотный метод синтеза цифровых фильтров, в основе которого лежит прямое и обратное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) с промежуточным преобразованием спектра. Данный метод может быть использован в реальном времени для текущей выборки отсчетов сигнала, а алгоритмы ДПФ ускорены из-за отсутствия необходимости вычислений всех отсчетов спектра и всех отсчетов восстановленного сигнала.

Основной задачей работы является исследование возможностей частотного метода и синтез соответствующих алгоритмов работы цифровых фильтров.

Алгоритм работы цифрового фильтра

На первом этапе (см. рис. 1) по выбранной длительности окна T и выбранному интервалу