

УДК 621.391

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА ВИДЕОКОНФЕРЕНЦ-СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРА ХЕРСТА

Ю.А. СЕЛИВАНОВА, У.М. АЛЬ-ХАСНАВИ, Л.Я. ВАРЕЦ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 14 марта 2012

Предложена методика относительной оценки самоподобия трафика видеоконференц-связи на основе параметра Херста. Сущность методики состоит в использовании разности между параметрами Херста, вычисленными с помощью одинаковых методов для видеопотоков в различных системах видеоконференц-связи при одинаковых условиях. Оценка самоподобия осуществляется по величине разности между параметрами Херста, которая должна быть положительной и может быть получена в результате усреднения по нескольким методам определения параметра Херста. Показано, что методика позволяет оценить эффективность систем видеоконференц-связи без использования специального измерительного оборудования.

*Ключевые слова:* параметр Херста, самоподобие, видеоконференц-связь.

### Введение

Структура и параметры трафика оказывают существенное влияние на качество его обслуживания в сети. Наиболее остро проблема обеспечения качества обслуживания стоит для мультимедийного трафика, структура и параметры которого зависят от используемых методов кодирования. В связи с ростом популярности сервисов видеоконференц-связи данная проблема актуальна для локальных и глобальных сетей. Оценка необходимых сетевых ресурсов для обеспечения качества обслуживания видеотрафика часто производится на основе коэффициента использования канала [1], коэффициента пачечности трафика [2] и т.д. Эти методы достаточно просты, однако требуют специального измерительного оборудования и не учитывают самоподобную структуру видеотрафика и, как следствие, дают неверную оценку. На оценку самоподобия ориентированы методы анализа трафика, основанные на вычислении параметра Херста [3], однако они часто дают противоречивые результаты. Возможным решением проблемы является использование относительных оценок самоподобия.

Целью работы является разработка методики относительной оценки самоподобия трафика видеоконференц-связи на основе параметра Херста.

### Параметр Херста и методы его оценки

Для оценки самоподобных свойств трафика часто используется коэффициент Херста –  $H$ . Если данный коэффициент находится в пределах  $0,5 < H < 1$ , то исследуемый процесс проявляет самоподобные свойства. Приближение  $H$  к 1 говорит о высокой самоподобности процесса и о том, что поведение процесса является персистентным или процесс обладает длительной памятью. Т.е., если на некотором временном промежутке наблюдалось приращение показателей процесса, то и в будущем в среднем будет происходить увеличение.

При  $H=0,5$  отклонение процесса от среднего является случайными и не зависит от предыдущих значений.

При  $0 < H < 0,5$  процесс является переменчивым, т.е. увеличение относительно среднего в прошлом, в будущем сменится в противоположном направлении.

Для анализа самоподобного мультимедийного трафика применяется несколько методов. Метод анализа изменения дисперсии [4] основан на том, что для агрегированных временных серий  $X(k)^{(m)}$  самоподобного процесса дисперсия при больших значениях  $m$  подчиняется формуле  $Var[X(k)^{(m)}] \sim \frac{Var[X(t)]}{m^\beta}$ . Здесь параметр самоподобия  $H = 1 - (\beta/2)$ . В результате логарифмирования этой формулы получается:

$$\log[Var[X(k)^{(m)}]] \sim \log[Var[X(t)]] - \beta \log(m). \quad (1)$$

Т.к.  $\log[Var[X(t)]]$  не зависит от  $m$ , то график зависимости  $Var[X(k)^{(m)}]$  от  $m$  в логарифмическом масштабе представляет прямую линию с наклоном, равным минус  $\beta$ . График можно построить по набору данных  $X(t)$ , если сгенерировать агрегированный процесс на разных уровнях агрегации  $m$ , а затем вычислить дисперсию. После этого по графику находится значение параметра  $H$ . Тангенс угла наклона от минус одного до нуля предполагает наличие самоподобия.

При анализе нормированного размаха [5] для стохастического процесса  $X(t)$ , определенного в дискретные моменты времени  $\{X_t, t = 0, 1, 2, \dots\}$ , диапазон  $X(t)$  в измененном масштабе шкалы за интервал времени  $N$  определяется как отношение

$$\frac{R}{S} = \frac{\max_{1 \leq j \leq N} \left[ \sum_{k=1}^j (X_k - M(N)) \right] - \min_{1 \leq j \leq N} \left[ \sum_{k=1}^j (X_k - M(N)) \right]}{\sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N (X_k - M(N))^2}}, \quad (2)$$

где  $M(N)$  – выборочное среднее за период времени  $N$ , определяемое с помощью выражения

$$M(N) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N X_j. \quad (3)$$

В числителе формулы (2) находится величина интервала процесса, а в знаменателе – выборочное среднеквадратичное. Для самоподобного процесса это отношение при больших значениях  $N$  обладает следующей характеристикой:

$$R/S \sim (N/2)^H. \quad (4)$$

В результате логарифмирования обеих частей выражения (4) получается:

$$\log[R/S] \sim H \cdot \log(N) - H \cdot \log(2). \quad (5)$$

Если построить график зависимости  $\log[R/S]$  от  $N$  в логарифмическом масштабе, то получается прямая линия с наклоном, равным  $H$ .

Оценка, основанная на графике спектральной плотности, составляет суть периодограммного метода, который обеспечивает большую статистическую строгость, чем рассмотренные выше оценки [6]. Однако для использования данного метода необходимо, чтобы параметризованная модель процесса была известна. Периодограмма (функция интенсивности)  $I_N(\omega)$  представляет собой спектральную плотность дискретного стохастического процесса  $X(t)$  и может быть оценена следующим рядом на интервале времени  $N$  при  $\omega \in [0, \pi]$ :

$$I_N(\omega) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot \left| \sum_{k=1}^N X_k \cdot e^{jk \cdot \omega} \right|^2. \quad (6)$$

При  $\omega \rightarrow 0$  формируется зависимость спектральной плотности вида:

$$I_N(\omega) \sim \omega^{1-2H}. \quad (7)$$

Для зависимости  $\log[I_N(\omega)]$  от  $\log(\omega)$  (только для нижних частот), подбирается касательная прямая линия к кривой. Наклон линии приблизительно равен  $1 - 2 \cdot H$ .

### Методика относительной оценки самоподобия трафика видеоконференц-связи на основе параметра Херста

Предлагается методика относительной оценки самоподобия трафика видеоконференц-связи на основе параметра Херста. Сущность методики состоит в использовании разности между параметрами Херста, вычисленными с помощью одинаковых методов для видеопотоков в различных системах видеоконференц-связи при одинаковых условиях. Оценка самоподобия осуществляется по величине разности между параметрами Херста, которая должна быть положительной и может быть получена в результате усреднения по нескольким методам определения параметра Херста. На рисунке приведена схема измерения характеристик трафика для вычисления параметра Херста.

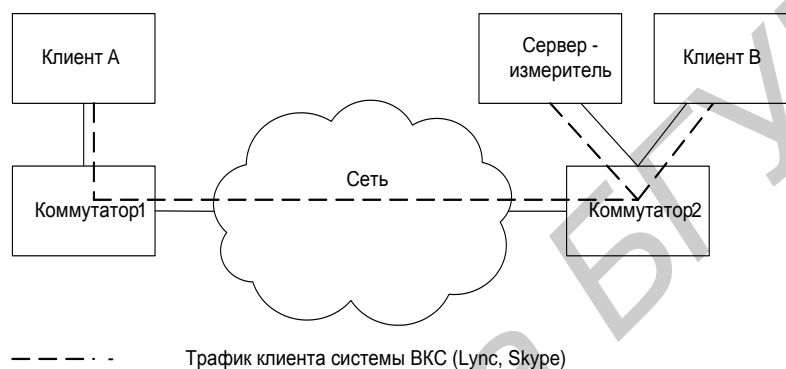


Схема измерения характеристик трафика для вычисления параметра Херста

К порту коммутатора 2 (Cisco 1900) по интерфейсу RJ-45 (10 Мбит/с) подключен компьютер с измерительным ПО Wireshark. Выбранный порт устройства сконфигурирован в режиме SPAN для зеркального отображения данных, поступающих в коммутатор, т.е. симплексный Rx-канал. Измерительное ПО выполняет измерение задержек поступающих пакетов с точностью до 1 мкс.

### Результаты экспериментов по относительной оценке самоподобия

Для сравнения выбраны две системы видеоконференц-связи: Microsoft Lync 2010 и Skype. Для каждой из систем протестировано три режима работы в течении 60 сек: трансляция видео без звука, трансляция видео со звуком и трансляция рабочего стола компьютера. В результате захвата пакетов получены шесть реализаций сетевого трафика: Dump-1 – Dump-6. Реализация Dump-1 получена при трансляции видео с низкой динамикой (low motion) и Dump-2 – при трансляции видео с высокой динамикой (high motion) в режиме без звука; Dump-3 – при трансляции видео (low motion) и Dump-4 – при трансляции видео (high motion) одновременно с аудио; Dump-5 – при трансляции презентации (low motion) и Dump-6 – при трансляции презентации (high motion).

В данной работе для исследования структуры трафика видеоконференцсвязи и иллюстрации его фрактального (самоподобного) характера использовались три метода оценки коэффициента Херста: анализ изменения дисперсии (AggrVar), анализ нормированного размаха (R/S) и периодограммный анализ (Period), реализованные в математическом пакете Matlab. Использование разнообразных методов оценки показателя Херста преследовало цель получить более достоверные результаты.

Результаты оценки различными методами представлены в таблице. Значение показателя Херста для всех рассмотренных реализаций близко к 0,5, что свойственно для белого шума. Усредненное значение  $H$  для сетевого трафика системы Lync больше ( $H \sim 0,5252$ ), чем для системы Skype ( $H \sim 0,4349$ ). Это свидетельствует о более эффективном кодировании видеоданных в Lync.

### Результаты оценки показателя самоподобия

System	Lync				Skype			
	AggrVar	R/S	Period	Avg	AggrVar	R/S	Period	Avg
Dump-1	0,5968	0,5507	0,6213	0,5896	0,1163	0,2629	0,4791	0,2861
Dump-2	0,4293	0,4774	0,4119	0,4395	0,4983	0,4458	0,4835	0,4759
Dump-3	0,5212	0,5681	0,5770	0,5554	0,4369	0,4397	0,4132	0,4299
Dump-4	0,5787	0,5023	0,5483	0,5431	0,5223	0,5215	0,4738	0,5059
Dump-5	0,5382	0,5739	0,4717	0,5279	0,4765	0,4421	0,4683	0,4623
Dump-6	0,6019	0,5458	0,5393	0,5623	0,4139	0,4399	0,3430	0,3989
Среднее значение по Dump-1 – Dump-6				0,5252	Среднее значение по Dump-1 – Dump-6			0,4349

### Заключение

Предложена методика относительной оценки самоподобия трафика видеоконференц-связи на основе параметра Херста. Сущность методики состоит в использовании разности между параметрами Херста, вычисленными с помощью одинаковых методов для видеопотоков в различных системах видеоконференц-связи при одинаковых условиях. Оценка самоподобия осуществляется по величине разности между параметрами Херста, которая должна быть положительной и может быть получена в результате усреднения по нескольким методам определения параметра Херста.

## COMPARATIVE EVALUATION OF SELF-SIMILARITY OF A VIDEOCONFERENCING TRAFFIC BASED ON HURST PARAMETER

Y.A. SELIVANOVA, O.M. AL-HASNAWI, L.Y. VARETS

### Abstract

The technique for a relative assessment of self-similarity of a video conferencing traffic based on Hurst's parameter is offered. The entity of this technique consists in use differences between Hurst's parameters calculated by means of identical methods for videostreams in various systems of a videoconferencing under identical conditions. The estimation of self-similarity is carried out on difference in size between Hurst's parameters which should be positive and can be obtained by averaging over a number of methods of determining the Hurst parameter. It is shown that the technique allows to estimate the efficiency of videoconferencing systems without the use of special measuring equipment.

### Литература

1. Васькин Ю.А. // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. Технологии информационного общества. 2009. С. 4-7.
2. Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети М., 2005.
3. Leland W.E. // IEEE/ACM Transactions on Networking. 1994. Vol. 2, №1. P. 1-15.
4. Park K. // Self-Similar Network Traffic: An Overview. 2003. P.19-22.
5. Beran J. Statistics For Long-Memory Processes. 1994.
6. Taqqu M. // A practical guide to heavy tails. 1996. P. 177-217.