

УДК 004.7

ИССЛЕДОВАНИЕ UDP-ТРАФИКА С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИИ ХАРСТА

Д.В. Бельков, Е.Н. Едемская

Донецкий национальный технический университет

В статье для анализа сетевого трафика предлагается использовать функцию Харста. При построении ее графика по оси абсцисс откладываются значения $N=2,3,\dots,N_m$, где N_m – максимальная длина временного ряда, N – текущее количество элементов временного ряда. Для каждого N вычисляется показатель Харста $H(N)$ и откладывается по оси ординат.

Для повышения эффективности функционирования сетей важной задачей является анализ структуры трафика. В теории телетрафика используются математические методы и модели, ориентированные на независимые стационарные потоки. Однако, многочисленные исследования [1-4] трафика сетей свидетельствуют о его фрактальности. В процессе передачи возникают большие всплески при относительно низком среднем уровне трафика. Данное явление, которое значительно влияет на потери, задержки и джиттер пакетов, не учитывается в теории телетрафика. Расчет параметров системы распределения информации, предназначенной для обработки сетевого трафика по классическим формулам, дает некорректные, неоправданно оптимистические результаты. Алгоритмы обработки трафика, созданные для работы с простейшим потоком неэффективны для фрактальных потоков.

Фрактальные процессы обладают самоподобием (масштабной инвариантностью) корреляционной функции, спектральной мощности, дисперсии. Масштабная инвариантность сетевого трафика позволяет разработать алгоритмы прогнозирования, которые смогут с помощью анализа трафика на относительно небольшом отрезке времени предсказать его поведение на длительных интервалах. Используя такие прогнозы, можно создавать эффективные методы управления пропускной способностью, что позволит сократить задержки передачи данных и потери пакетов.

Среди иностранных ученых, которые активно занимаются вопросом самоподобия трафика, можно выделить W. Leland, M. Taqqu, W. Wilinger, D. Wilson, V. Paxson, K. Park, Erramilli и др. Среди российских и украинских исследователей нужно отметить работы О.И. Шелухина, Б.С. Цыбакова, В.В. Петрова, А.В. Осина, А.Г. Ложковского, В.С. Заборовского, О.Я. Городецкого. Однако исследование самоподобного трафика с целью прогнозирования его поведения и обеспечения QoS не потеряло своей актуальности.

Для анализа фрактальных процессов используется показатель Харста H , который является мерой устойчивости статистического явления или мерой длительности долгосрочной зависимости процесса. Значение $H=0,5$ указывает на отсутствие долгосрочной зависимости. Корреляция между событиями отсутствует. Временной ряд является случайным, а не фрактальным. Чем ближе значение H к 1, тем выше степень устойчивости долгосрочной зависимости. При $0 \leq H < 0,5$ временной ряд является антиперсистентным. Он более изменчив, чем случайный ряд, поскольку состоит из частых реверсов спад-подъем. При $0,5 < H \leq 1$ ряд называется персистентным. Тенденция его изменения может быть спрогнозирована.

В работах [3,4] показатель Харста является индикатором: если исследуемый трафик имеет $H > 0,5$, то принимается решение о возможности прогнозирования трафика, иначе – такая возможность отвергается. При разработке метода прогнозирования найденное значение H не используется.

В данной статье для анализа трафика предлагается использовать функцию, которую назовем функцией Харста. Ее график строится следующим образом. По оси абсцисс откладываем значения $N=2,3,\dots,N_m$, где N_m – максимальная длина временного ряда, N – текущее количество элементов временного ряда. Для каждого значения N определяем величину показателя Харста $H(N)$ и откладываем ее по оси ординат.

Целью работы является исследование структуры сетевого трафика, направленное на выявление его характерных особенностей. Задача работы - анализ трафика задержки UDP-пакетов с помощью функции Харста. Исследования выполнены в бресе Matlab. Для изучения выбраны две реализации сетевого трафика [5], полученные в университете города Наполи (Италия). Согласно лицензии данные свободно доступны для анализа. Условные обозначения, принятые в работе, показаны в таблице 1.

Таблица 1. Условные обозначения

Обозначение	Описание
UDP_d64	Ряд измерений задержки (с.) UDP-пакетов объемом 64 байт
UDP_d512	Ряд измерений задержки (с.) UDP-пакетов объемом 512 байт

При поведении экспериментов измерения задержки выполнялись каждые 10 миллисекунд. Отправитель имел ADSL-доступ (640 Kbps), на стороне получателя - 100 Mbps Ethernet, операционная система Linux на каждой из сторон, скорость передачи 100 pps.

Временной ряд UDP_d64 и его функция Харста показаны на рисунке 1.

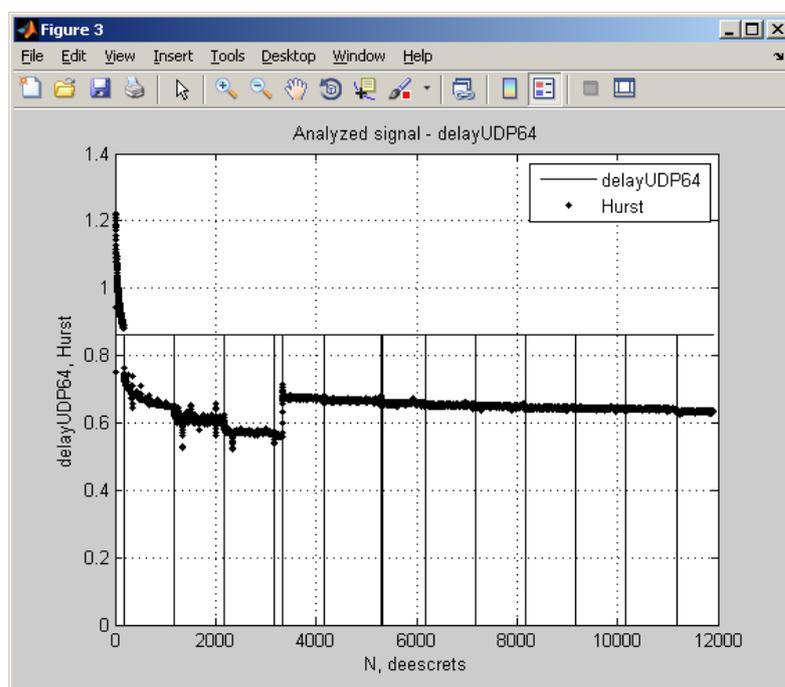


Рисунок 1 – Ряд UDP_d64 и его функция Харста

На рисунке 1 для ряда UDP_d64 заметен порядок, состоящий в том, что длительные (примерно по 1000 тактов) активные интервалы с положительной задержкой чередуются с кратковременными (1-2 такта) пассивными интервалами с нулевой задержкой. Этот порядок существует до значения $N=3300$, когда очередной активный интервал прерывается, происходит всплеск задержки, затем порядок восстанавливается. Еще один всплеск задержки при $N=5000$ не нарушает порядка. Функция Харста имеет две ветви. Переход от

одной ветви к другой происходит за один такт. На каждой ветви есть интервалы с примерно постоянным значением функции, которые соответствуют активным интервалам задержки. Пассивным интервалам соответствует быстрое убывание функции Харста. Скачок функции совпадает по времени со всплеском задержки при $N=3300$ и $H = 0,55 \approx 0,5$. Для наглядного сопоставления с функцией Харста значения задержки на рисунке 1 увеличены в 4 раза.

Таким образом, трафик UDP_d64 состоит из двух персистентных фаз и фазового перехода между ними в момент, когда функция Харста достигает значения $H=0,55$.

На рисунке 2 показан фрагмент временного ряда UDP_d512 и его функция Харста. Анализ функция Харста позволяет сделать следующие выводы: при $N=150$ происходит фазовый переход из антиперсистентного состояния ($H=0,25$) к состоянию однородного трафика ($H=0,5$), затем - цепь фазовых переходов к состоянию при $H=0,4$.

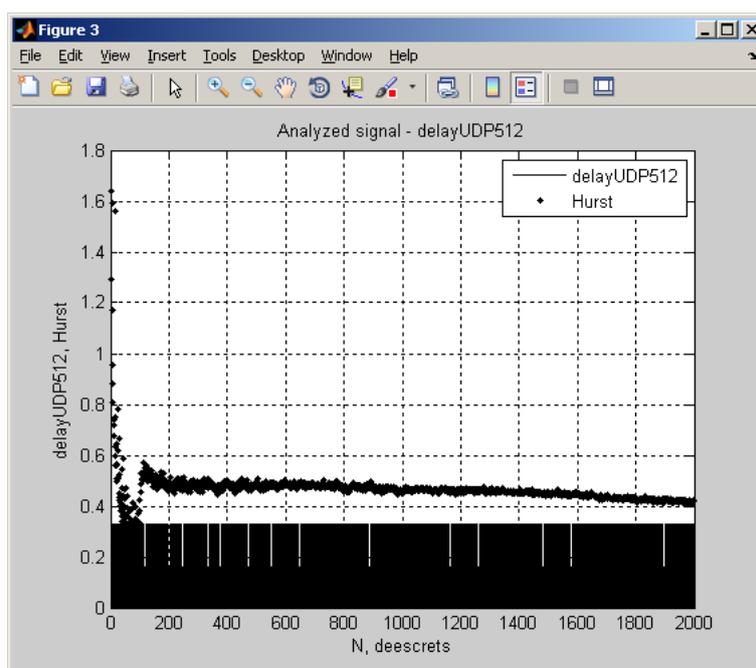


Рисунок 2 –Временной рядUDP_d512 и его функция Харста

В работе предлагается следующая интерпретация результатов исследования трафика. Временной ряд может иметь или не иметь тренд. Тренд предполагает наличие связи между текущим и предыдущим значениями временного ряда. Связь между элементами системы определяет ее внутреннюю структуру. Мерой структурной устойчивости временного ряда является мера его трендоустойчивости (функция Харста).

Имеется два процесса: 1) структурообразующий процесс, нарушающий текущее равновесие системы, обусловленный внутренними изменениями в системе (процесс образования тренда); 2) процесс внутренней релаксации, обеспечивающий диссипацию структуры и возврат системы из сильно неравновесного состояния к состоянию текущего равновесия, где $H=0,5$ (процесс разрушения тренда).

Структурообразование происходит спонтанно на активных тактах, где временной ряд имеет положительное значение. Релаксация идет на каждом такте, пока нет текущего равновесия. Имеются пассивные такты, где трендообразующий процесс не действует (временной ряд имеет нулевое значение). На пассивных тактах релаксация обеспечивает изменение значений функции Харста в сторону $H=0,5$. На активных тактах, где действуют и трендообразующий и трендоразрушающий процессы, происходят колебания значений функции Харста. Поэтому переход системы к состоянию равновесия задерживается на время, пока имеются активные такты. Возникает квазистационарное состояние. После задержки происходит процесс релаксации на пассивных тактах до очередной задержки и т.д.

Выводы

В данной работе для исследования сетевого трафика предложено использовать функцию Харста. Выполнен анализ реализаций [5] трафика задержки UDP-пакетов с помощью функции Харста. Получены следующие результаты: трафик UDP_d64 состоит из двух персистентных фаз и фазового перехода между ними в момент, когда функция Харста достигает значения $H=0,5$; трафик UDP_d512 имеет фазовый переход из антиперсистентного состояния ($H=0,25$) к состоянию однородного трафика ($H=0,5$) и цепь фазовых переходов в антиперсистентное состояние.

Перспективным направлением дальнейших исследований является использование функции Харста для анализа TCP-трафика.

Список литературы

1. Park K. Self-Similar Network Traffic: An Overview. [Электронный ресурс], 2003. – Режим доступа: <http://pi.314159.ru/park1.pdf>
2. Willinger W., Taqqu M.S., Errimilli A. A bibliographical guide to self-similar traffic and performance modeling for modern high-speed networks. [Электронный ресурс], 2001. – Режим доступа: <http://linkage.rockefeller.edu/wli/reading/taqqu96.pdf>
3. Бельков Д.В., Едемская Е.Н., Незамова Л.В. Статистический анализ сетевого трафика. Зб. Наукових праць ДонНТУ. Серія “Інформатика, кібернетика, обчислювальна техніка”. Вип. 13 (185): - Донецьк: ДонНТУ.- 2011.- С. 66 -75.
4. Бельков Д.В., Едемская Е.Н. Статистический анализ трафика сети с беспроводным доступом. Зб. Наукових праць ДонНТУ. Серія “Інформатика, кібернетика, обчислювальна техніка”. Вип. 14 (188): - Донецьк: ДонНТУ.- 2011.- С. 113-122.
5. Network tools and traffic traces. [Электронный ресурс], 2007. – Режим доступа: <http://www.grid.unina.it/Traffic/Traces/ttraces.php>