

УДК 004.7

Е.Н. Едемская, ст. преподаватель,  
Д.В. Бельков, канд. техн. наук, доцент,  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина  
belkov@telenet.dn.ua, botba@list.ru

## Исследование видео трафика

*Исследования пакетного трафика компьютерных сетей свидетельствуют о фрактальности этого процесса и неэффективности Марковских моделей. Поэтому важной научной задачей является анализ современного сетевого трафика. Данная статья представляет результаты анализа видео трафика, выполненные в среде Matlab.*

**Ключевые слова:** видео трафик, плотность распределения, спектральная плотность, показатель Херста

### Введение

На рынке телекоммуникационных услуг речевые и видео сервисы, образующие трафик реального времени, занимают одно из лидирующих мест и с каждым годом число пользователей этих услуг возрастает. Последние исследования показывают, что сетевой трафик для большинства видов сервисов является фрактальным. Известно много публикаций о структуре современного трафика, однако очень небольшое число работ посвящено исследованию фрактальной природы видео трафика.

В настоящее время отсутствуют систематизированные исследования оценок воздействия фрактальных свойств видео трафика на качество обслуживания. Общих аналитических результатов построения очередей или влияния фрактальности и долговременной зависимости трафика на QoS телекоммуникационной сети нет. Известны лишь отдельные результаты для частных случаев [1].

Существенный вклад в решение задач этого класса внесли W. Leland, M. Taqqu, W. Wilinger, D. Wilson, V. Paxson, K. Park. Feldmann, P.M. Robinson, A.C. Gilbert, A. Erramilli и др [2]. Среди российских и украинских исследователей необходимо отметить работы О.И. Шелухина, Б.С. Цыбакова, В.В. Петрова, А.В. Осина, А.Г. Ложковского, Е.В. Добровольского, В.С. Заборовского, О.Я. Городецкого.

Исследование видео трафика является важным, поскольку фрактальный трафик в системах передачи речи и видео ухудшает качество обслуживания. Фрактальный трафик сохраняет поведение и внешние признаки при рассмотрении в разном масштабе. Поэтому методы моделирования и расчета сетевых систем, основанные на использовании Пуассоновских потоков, не дают точной картины того, что происходит в сети. В реализации

трафика присутствует большое количество выбросов при относительно небольшом среднем уровне трафика. Это явление ухудшает характеристики (увеличивает потери, задержки, джиттер пакетов) при прохождении трафика через узлы сети. Пакеты поступают на узел не по отдельности, а пачкой, что может приводить к их потерям из-за ограниченности буфера, рассчитанного по классическим методам.

Учет фрактальности трафика позволит более точно описать и воспроизвести видео трафик, что, обеспечит возможность получения заданных показателей качества обслуживания.

Целью настоящей работы является исследование структуры видео трафика для выявления его характерных особенностей. В работе решаются следующие задачи: оцениваются плотности распределения, автоковариационные функции (АКФ), энергетические спектры изучаемых временных рядов, определяется степень фрактальности (показатель Херста). Исследования выполнены в среде Matlab.

### Реализации видео трафика

Для изучения выбраны реализации сжатого видео стандарта H.263. Исследуется поток фреймов фильма «Парк Юрского периода». Согласно лицензии данные свободно доступны для анализа. Первоначально видео данные были обработаны программой bttvgrab (Version 0.15.10) и представлены в виде фреймов с частотой 25 frames/sec в QCIF формате. С помощью кодера tmn (Version 2.0/3.2) был получен поток сжатого видео стандарта H.263 [3].

Изучаемые временные ряды представляют собой измерения объемов (байт) последовательно поступающих фреймов. Ряды показаны на рисунках 1-4. В первом случае (ряд parkH16) трафик имеет постоянную скорость 16

kbit/sec, во втором (ряд parkH64) - 64 kbit/sec.  
Третий ряд (parkH256) – передача со скоростью

256 kbit/sec, четвертый ряд (parkVBR) – передача  
без установки постоянной скорости.

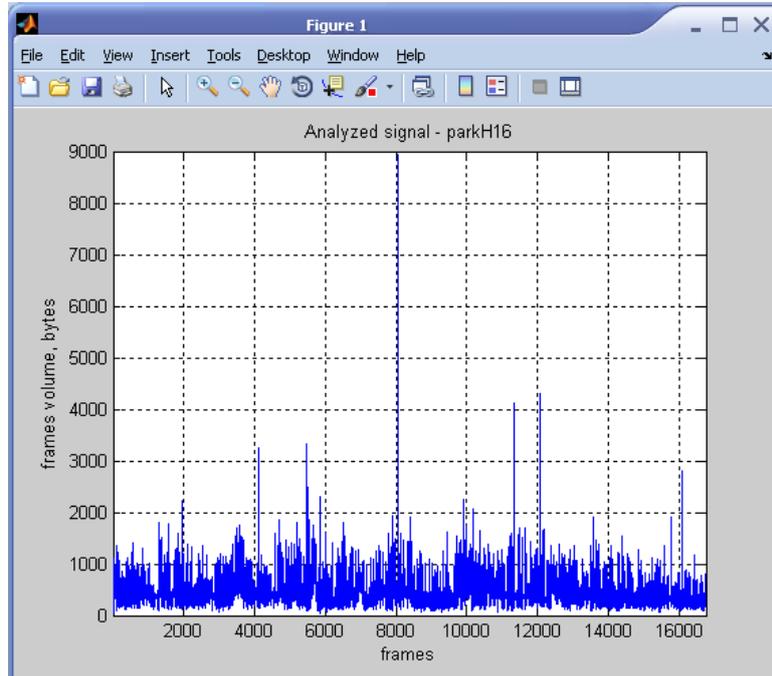


Рисунок 1 – Временной ряд parkH16

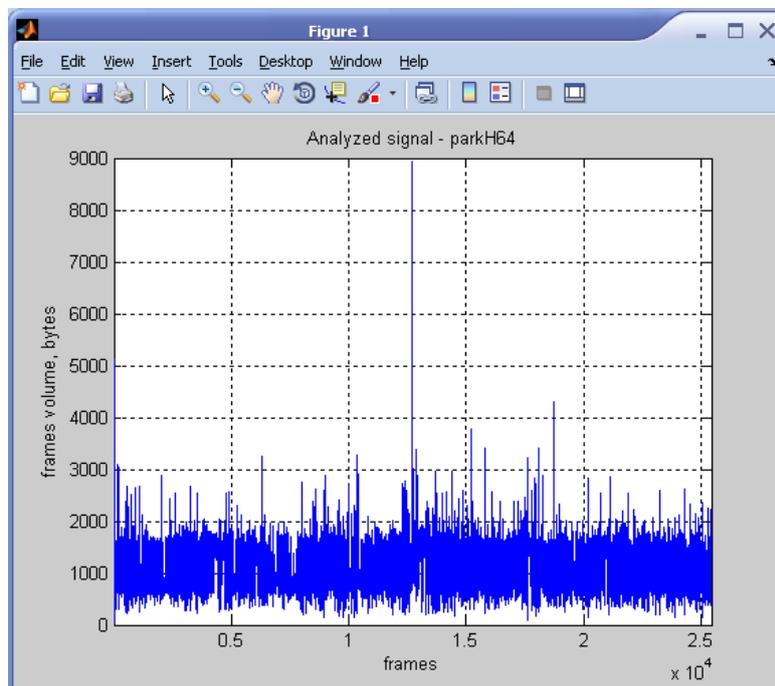


Рисунок 2 – Временной ряд parkH64

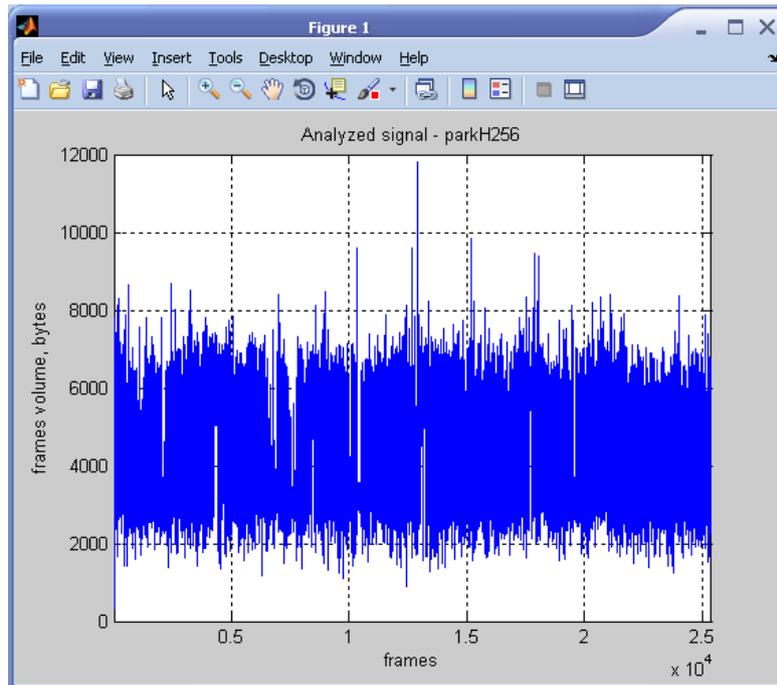


Рисунок 3 – Временной ряд parkH256

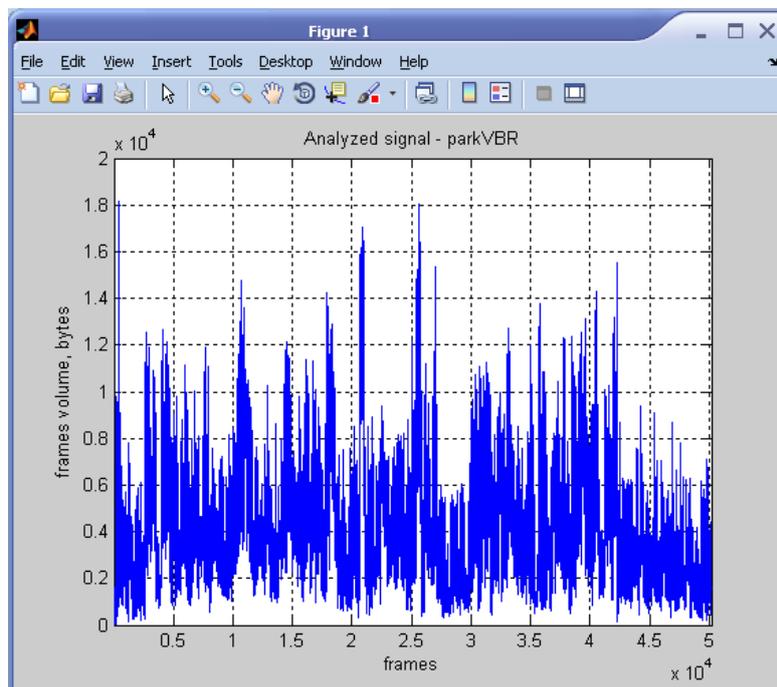


Рисунок 4 – Временной ряд parkVBR

### **Анализ плотности распределения**

В этом разделе выполнен анализ плотностей распределения. Оценка проводится на основании гистограмм относительных частот, показанных на рисунках 5-8. Визуальный анализ

позволяет сделать следующий вывод: изучаемые временные ряды не подчиняются нормальному распределению.

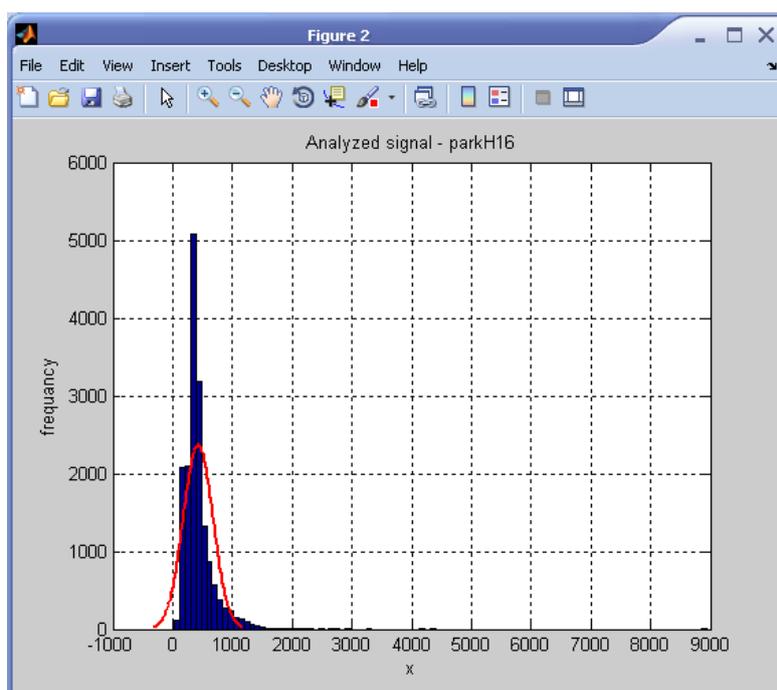


Рисунок 5 – Плотность распределения временного ряда parkH16

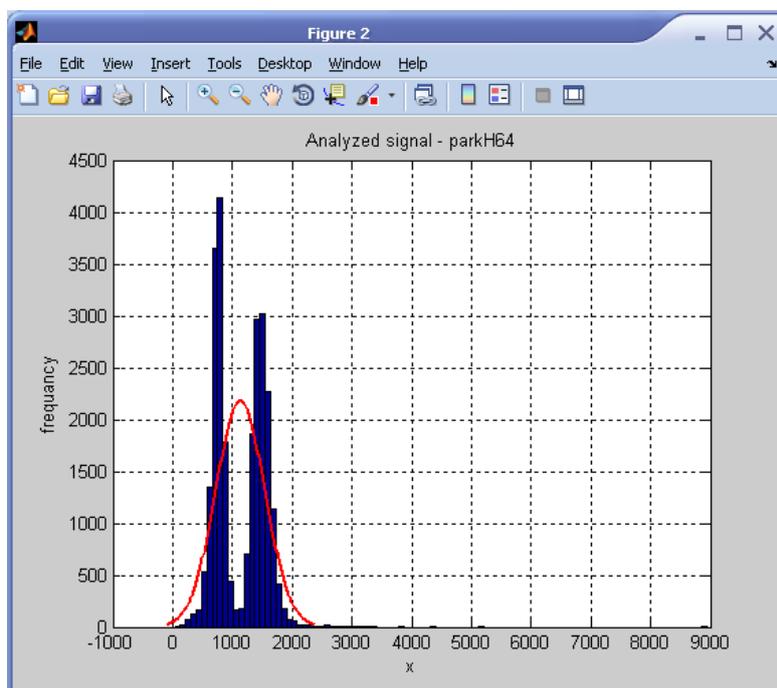


Рисунок 6 – Плотность распределения временного ряда parkH64

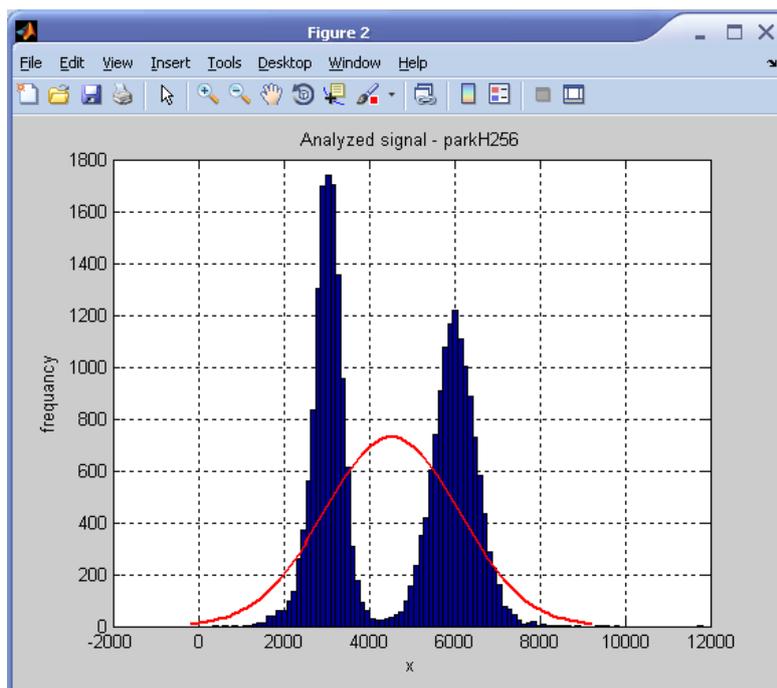


Рисунок 7 – Плотность распределения временного ряда parkH256

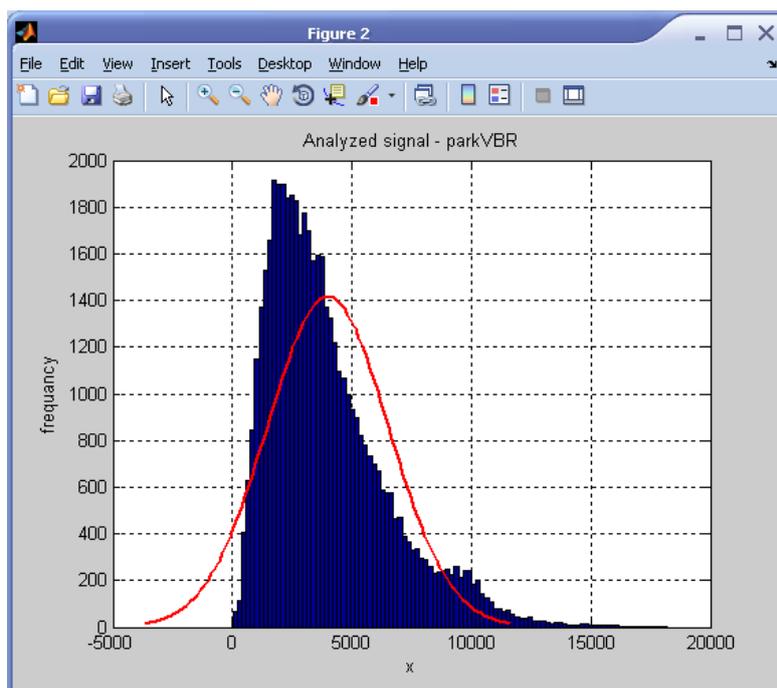


Рисунок 8 – Плотность распределения временного ряда parkVBR

### Анализ автоковариационных функций

В этом разделе необходимо определить обладают ли временные ряды медленно убывающей зависимостью или быстро убывающей зависимостью.

Процесс  $X$  обладает медленно убывающей зависимостью (МУЗ) [long-range dependence], если для его АКФ выполняется условие  $r(k) \sim k^{-\beta}, k \rightarrow \infty$ . Процессы с МУЗ характеризуются автоковариационной функцией, которая убывает по степенному закону при увеличении временной задержки (лага). В отличие от процессов с МУЗ, процессы с быстро

убывающей зависимостью (БУЗ) [short-range dependence] обладают экспоненциально спадающей АКФ вида  $r(k) \sim e^{-k}, k \rightarrow \infty$ .

АКФ изучаемых временных рядов приведены на рисунках 9-12. Они не обращаются

в ноль при больших значениях  $k$ , что говорит о медленном убывании АКФ и присутствии МУЗ во всех исследуемых реализациях трафика.

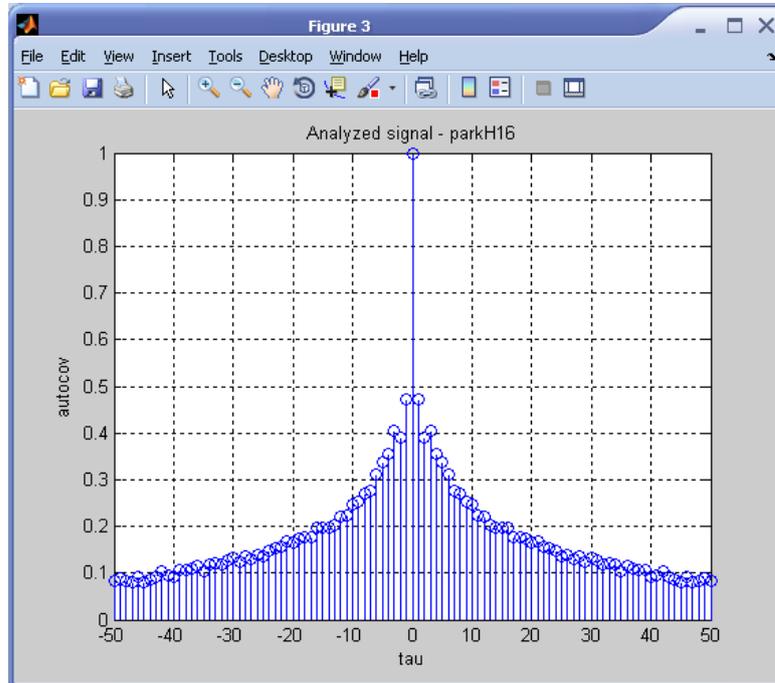


Рисунок 9 – АКФ временного ряда parkH16

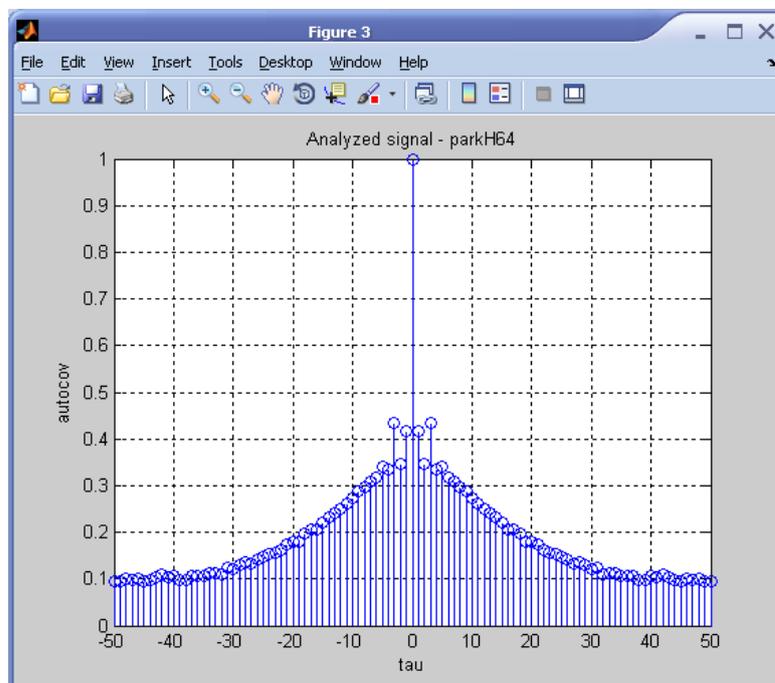


Рисунок 10 – АКФ временного ряда parkH64

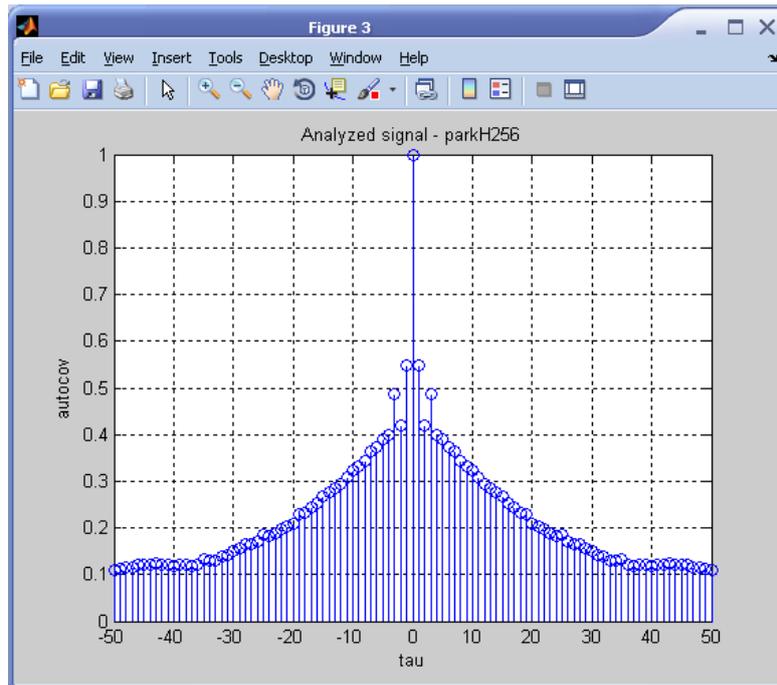


Рисунок 11 – АКФ временного ряда parkH256

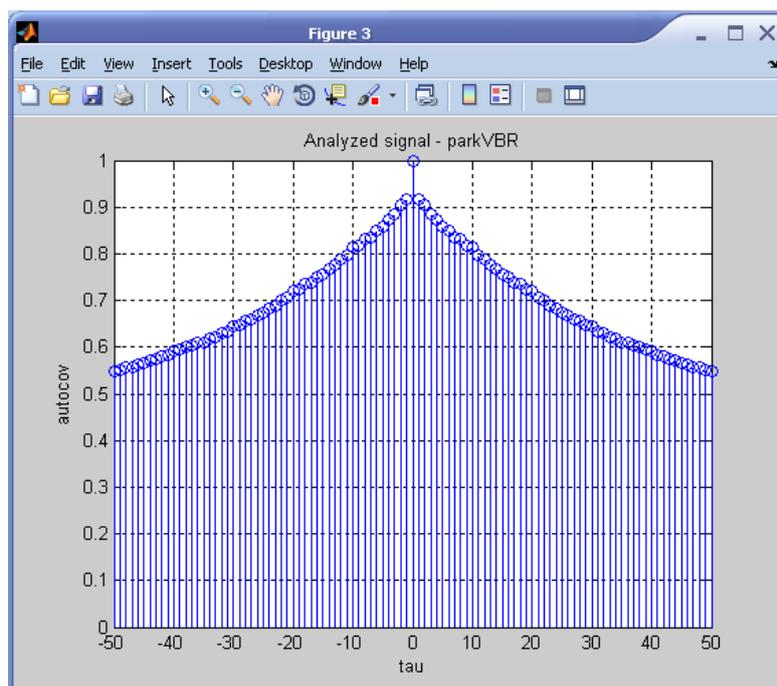


Рисунок 12 – АКФ временного ряда parkVBR

### Спектральный анализ

В этом разделе выполнен расчет энергетических спектров исследуемых временных рядов. В частотной области МУЗ приводит к степенному закону поведения спектральной плотности процесса. Процесс  $X$  обладает МУЗ, если для спектральной плотности

$S(f) = \sum_k r(k) \cdot e^{ikf}$  выполняется условие

$S(f) \sim f^{-b}$ , где  $f \rightarrow 0$ ,  $i = \sqrt{-1}$ ,  $0 < b < 4$

Процесс с МУЗ обладает спектральной плотностью с особенностью в нуле: спектральная плотность стремится к бесконечности, по мере того как частота  $f$  стремится к нулю. Энергетические спектры реализаций представлены на рисунках 13-16.

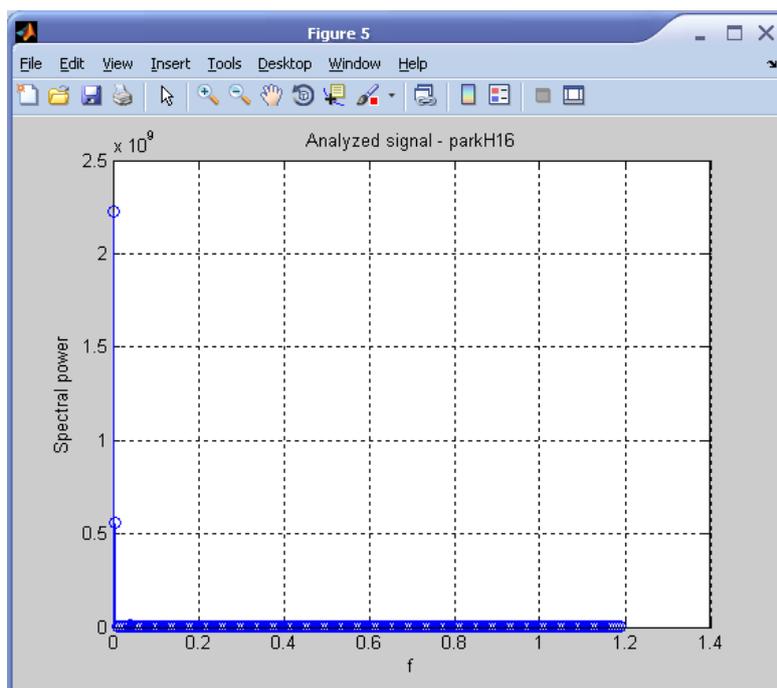


Рисунок 13 – Спектральная плотность временного ряда parkH16

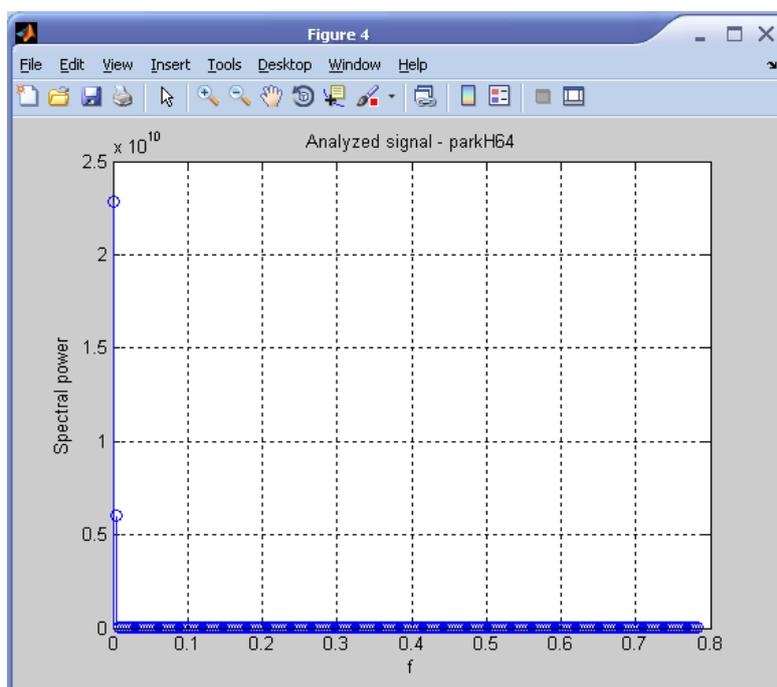


Рисунок 14 – Спектральная плотность временного ряда parkH64

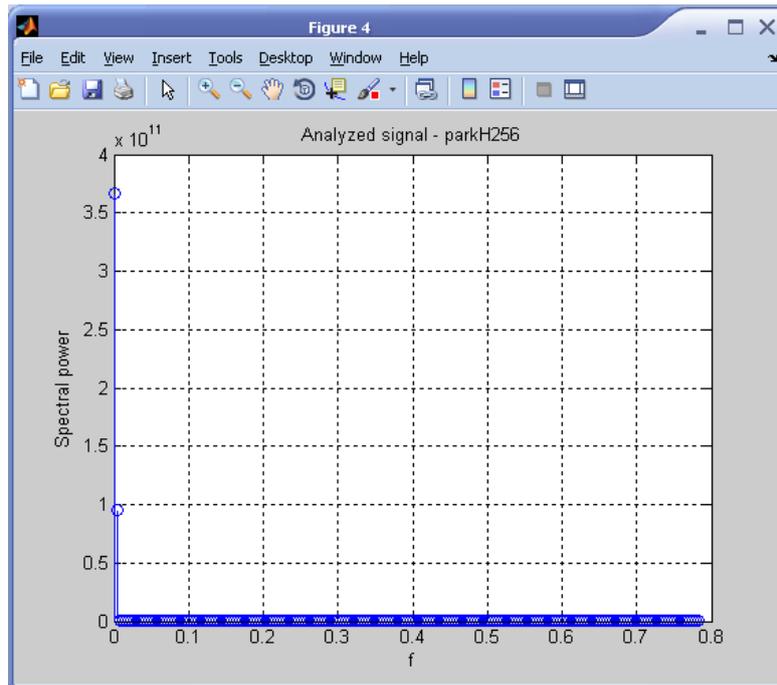


Рисунок 15 – Спектральная плотность временного ряда parkH256

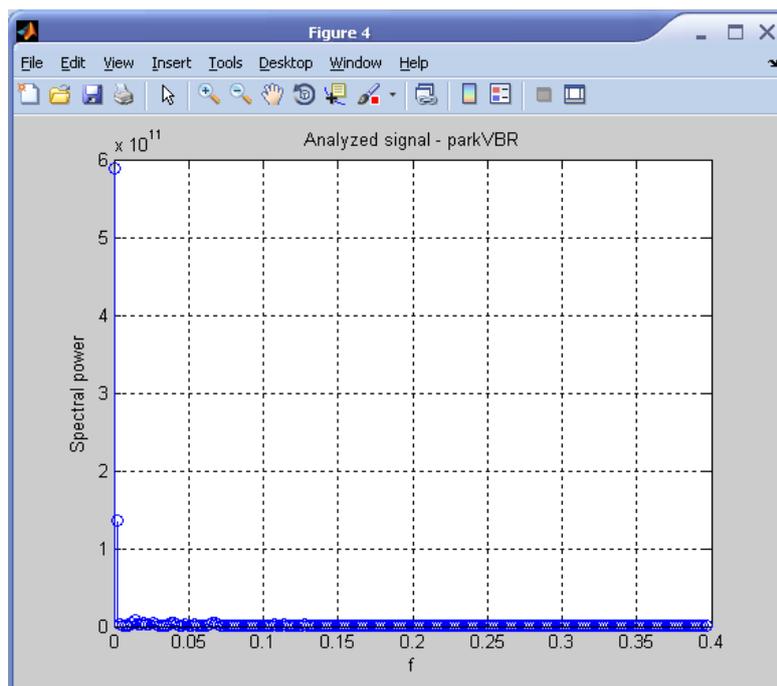


Рисунок 16 – Спектральная плотность временного ряда parkVBR

### Исследование показателя Херста

В этом разделе оценивается показатель Херста  $H$ , который является мерой длительности долгосрочной зависимости процесса. Значение  $H = 0,5$  указывает на отсутствие долгосрочной зависимости. Корреляция между событиями отсутствует. 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 трендонеустойчивым (антиперсистентным). Он более изменчив, чем случайный ряд, поскольку состоит из частых реверсов спад-подъем. При  $0,5 < H \leq 1$  ряд трендоустойчив. Тенденция его изменения может быть спрогнозирована. В данной работе показатель Херста определяется с помощью процедуры [4]: для фрактальных

процессов с увеличением частоты значение спектральной плотности падает по степенному закону с показателем  $b$ , причем  $b = 2H - 1$ . По этой формуле, зная величину  $b$ , можно найти показатель Херста  $H$ .

Полученные значения  $H$ , показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели Херста

Временной ряд	Показатель Херста
parkH16	0,6488
parkH64	0,6249
parkH256	0,6694
parkVBR	0,7487

Поскольку выполняется условие  $0,5 < H < 1$ , изучаемые ряды являются трендоустойчивыми (персистентными) и обладают долговременной памятью.

### Выводы

Для процессов передачи данных пакетным трафиком, характерно обнаруженное на практике свойство фрактальности. В связи с этой особенностью сетевых процессов актуальной

является разработка конструктивных методов исследования пакетного трафика.

В данной работе для реализаций [3] трафика сжатого видео стандарта H.263, выполнен анализ плотности распределения, автоковариационных функций и энергетических спектров. Найдены значения показателя Херста  $H$ . Получены следующие результаты:

1. Изучаемые временные ряды не подчиняются нормальному распределению.
2. Изучаемые временные ряды не обладают экспоненциально спадающей АКФ, свойственной случайным рядам.
3. Изучаемые временные ряды являются персистентными и обладают долговременной памятью.

Перспективным направлением дальнейших исследований может быть анализ видео трафика методами нелинейной динамики. Для повышения эффективности современных компьютерных сетей необходимо создание математических моделей, наиболее полно отражающих фрактальные свойства процессов.

### Список литературы

1. Урьев Г.А. Исследование фрактальных свойств потоков трафика реального времени и оценка их влияния на характеристики обслуживания телекоммуникационных сетей: автореферат диссертации / Г.А. Урьев. – М., 2007. – 21 с.
2. Willinger W. A bibliographical guide to self-similar traffic and performance modeling for modern high-speed networks [Электронный ресурс] / Willinger W., Taqqu M.S., Errimilli A. – 2001. – Режим доступа: <http://linkage.rockefeller.edu/wli/reading/taqqu96.pdf>
3. MPEG-4 and H.263 Video Traces for Network Performance Evaluation [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://www.tkn.ee.tu-berlin.de/research/trace/trace.html>
4. Compute the Hurst parameter for a sequence using the power spectral density method [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [http://www.cs.northwestern.edu/~pdinda/predclass/tools/hurst/hurst\\_psd.m](http://www.cs.northwestern.edu/~pdinda/predclass/tools/hurst/hurst_psd.m)

Надійшла до редакції 28.10.2012

Є.М. ЄДЕМСЬКА, Д.В. БЄЛЬКОВ  
Донецький національний технічний університет

Ye. N. YEDEMSKAYA, D.V. BELKOV  
Donetsk National Technical University

### Дослідження відео трафіку.

Дослідження пакетного трафіку комп'ютерних мереж свідчать про фрактальність цього процесу та неефективність Марковських моделей. Тому важливою науковою задачею є аналіз сучасного мережного трафіку. Дана стаття представляє результати аналізу відео трафіку, виконані в середовищі Matlab.

*Відео трафік, густина розподілу, спектральна густина, показник Херста*

### The Research of The Video Traffic.

Numerous researches of packets traffic in computer networks show that it is a fractal process and its Markov models are ineffective. Therefore it is important to analyze the modern network traffic. The paper presents the results of UDP-traffic analysis, conducted in the Matlab environment.

*Video traffic, closeness of distributing, spectral closeness, Hurst index*