ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики**

**Архипова О. Н.**

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАФИКА В ПАКЕТНЫХ СЕТЯХ

Методические указания
по выполнению лабораторной работы

**Самара - 2016**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра автоматической электросвязи

О.Н. Архипова

# Исследование трафика в пакетных сетях

Методические указания
по выполнению лабораторной работы

Самара
2016

УДК
БКК
А

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,
протокол № 26 от 10.06.2016 г.

**Рецензент:**
зав. кафедрой МСИБ ПГУТИ,
д.т.н., профессор Карташевский Вячеслав Григорьевич.

**Архипова, О. Н.**
А **Исследование трафика в пакетных сетях:** методические указания по выполнению лабораторной работы / О. Н. Архипова. – Самара: ПГУТИ, 2016. –12 с.

Методические указания «Исследование трафика в пакетных сетях» содержат указания для исследования SIP-трафика на признаки самоподобия в пакетных сетях передачи данных, разработаны в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи и предназначено для студентов, имеющих профиль подготовки «Оптические и проводные сети и системы связи» для выполнения лабораторной работы.

ISBN

**1. Цель работы**

Исследование SIP-трафика на признаки самоподобия.

**2. Литература**

1. Программа FRACTAN v4.4, предназначенная для фрактального анализа временных реализаций, 2003. – Режим доступа: http://www.impb.psn.ru/~sychyov/soft.html- Загл. с экрана.

2. Крылов, В.В. Теория телетрафика и её приложения [Текст]/ В.В. Крылов, С.С. Самохвалова – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 37с.

**3. Подготовка к работе**

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Пройти тест.
3. Ознакомиться с методикой работы в программе Fractan, Microsoft Excel.

**4.Контрольные вопросы**

1. Проанализировать построенные графики.
2. Пояснить полученный показатель Хёрста.
3. Что такое фрактал?
4. Пояснить процедуру агрегирования.
5. Что такое автокорреляционная функция?
6. Пояснить понятие медленно убывающей зависимости.
7. Что такое лаг?
8. Что определяет показатель Хёрста?
9. При каком значении H случайный процесс не обладает признаком самоподобия?
10. При каком значении H процесс считается самоподобным?
11. Перечислите типы случайных процессов.

**5.Порядок выполнения работы**

1. Построить графики функции распределения исходного и агрегированного рядов, используя программу Microsoft Excel.

2. С помощью программы Fractan построить фазовый портрет сигнала, а также рассчитать для этого сигнала показатель Хёрста. Проанализировать и объяснить полученные результаты.

**6. Содержание отчёта**

1. График исходного и агрегированных рядов полученный в программе Microsoft Excel.
2. Расчётное значение показателя Хёрста для отсчётов: 4000, 2000, 1000 и 400.

**7. Методические указания**

**7.1 Понятие фрактал**

Простейшими самоподобными объектами являются фракталы. Фрактал (лат. fractus — дроблёный, сломанный, разбитый) — сложная геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, то есть составленная из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком.

Другое важное свойство, которым обладают почти все фракталы, - свойство самоподобия (масштабная инвариантность). Оказывается, фрактал можно разбить на сколь угодно малые части так, что каждая часть окажется просто уменьшенной частью целого.

**7.2 Основные свойства самоподобных процессов**

Корреляция — это статистическая взаимосвязь двух или нескольких случайных величин, либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми. При этом изменения одной или нескольких из этих величин приводят к систематическому изменению другой или других величин.

Автокорреляция – корреляционная связь между значениями одного и того же случайного процесса в разнесённые моменты времени. Автокорреляционная функция (АКФ) характеризует эту связь.

В общем случае, АКФ характеризует внутреннюю зависимость между временным рядом и тем же рядом, но сдвинутым на некоторый промежуток (сдвиг) времени, который называется лагом.

Понятие медленно убывающей зависимости имеет ключевое значение в теории самоподобных процессов. На интуитивном уровне её можно интерпретировать следующим образом: будущее процесса определяется его прошлым, причём с убывающей степенью влияния по мере того, как прошлое удаляется от настоящего.

Считается, что процесс обладает медленно убывающей зависимостью (МУЗ, long range dependence), если он характеризуется АКФ, которая убывает гиперболически (по степенному закону) при увеличении лага. В противоположность МУЗ существует понятие быстро убывающей зависимости (БУЗ).

**7.3 Показатель Хёрста**

Г. Э. Хёрст экспериментально обнаружил, что для многих временных рядов справедливо выражение:

$$\frac{R}{S} = \left(\frac{N}{2}\right)^H,$$

где $H$ – показатель Хёрста;

$R$ – вычисляемый определённым образом «размах» соответствующего временного ряда;

$S$ – стандартное отклонение;

$N$ – объём выборки или время наблюдения.

Таким образом, показатель Хёрста определяет коэффициент нормированного размаха $R/S$ временного ряда.

Параметр H называется параметром самоподобия. Точнее, H представляет собой меру устойчивости статистического явления, или меру длительности долгосрочной зависимости стохастического процесса.

Значение H = 0,5 указывает на отсутствие долгосрочной зависимости. Чем ближе значение H к 1, тем выше степень устойчивости долгосрочной зависимости.

Используя значение показателя Хёрста H, выделяют три типа случайных процессов:

0 < H < 0,5 - случайный процесс, который не обладает самоподобием;

H = 0,5 - полностью случайный ряд, аналогичный случайным смещениям частицы при классическом броуновском движении;

H > 0,5 - самоподдерживающийся процесс, который обладает длительной памятью и является самоподобным.

Различными исследованиями было подтверждено, что трафик телекоммуникационных сетей с коммутацией пакетов обладает свойством самоподобия (подобия трафика как процесса части себя самого). Одним из условий самоподобия является стационарность процесса. Также, для таких процессов характерно возникновение долговременной зависимости – персистентности.

### 7.4 Пример работы с Microsoft Excel

Вставить отсчёты в Microsoft Excel. Построить графики функции распределения исходного и агрегированного рядов.

Для исследования наличия признаков самоподобия в исходном ряде следует произвести его агрегирование, то есть приведение его к ряду с постоянным шагом $m$ по шкале времени, где $m$ будем называть уровнем агрегации. Процедура происходит следующим образом: исходный ряд $X$ разбивается на интервалы времени длительностью $m$. Каждый отчёт нового агрегированного ряда будет являться отношением количества пришедших за данный интервал сообщений к длительности интервала $m$. Полученные ряды в дальнейшем будут использоваться для проверки наличия эффекта самоподобия в исследуемом трафике. В качестве исходного ряда возьмём исходный ряд, состоящий из 4000 временных отсчётов, далее его будем обозначать как $X$. Уровни агрегации $m = 2$, 4 и 10 секунд.

1. Сначала строим график исходного ряда. В диапазоне A1:A4000 вставляем отсчёты. Далее выделяем весь ряд временных отсчётов и выбираем «Вставка» - «Диаграмма» - «График».

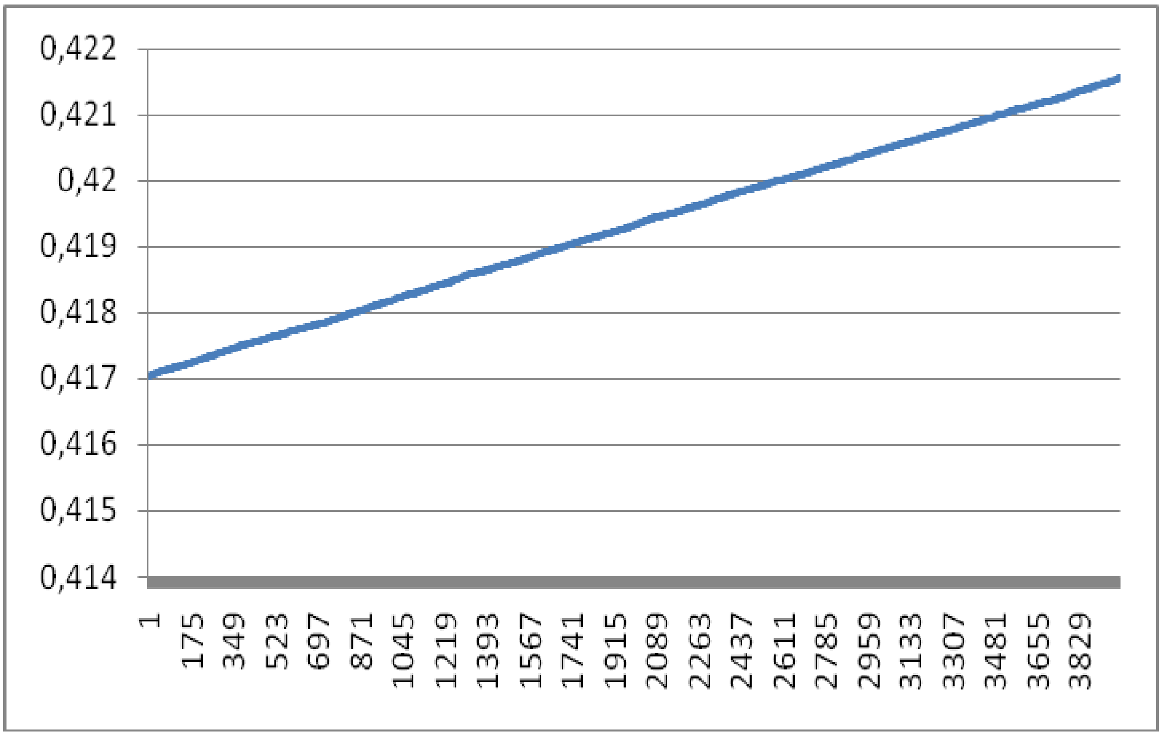


Рис. 7.1 – Исходный ряд

2. Выполним уменьшение размера шкалы наблюдений в 2 раза. Новый ряд будет состоять из 2000 событий (табл. 7.1), то есть фактически произошло уменьшение рассматриваемой шкалы в 2 раза. Это означает, что каждое единичное деление новой шкалы содержит 2 единицы исходной.

Таблица 7.1

Уровень агрегации m=2

B2 $f_x$ =(A2+A3)/2

| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Исходный ряд | m=2 | | |
| 2 | 0,417045197 | 0,417048 | | |
| 3 | 0,417050174 | 0,41705 | | |
| 4 | 0,417050405 | 0,417051 | | |
| 5 | 0,417050868 | 0,417052 | | |
| 6 | 0,41705353 | 0,417054 | | |

Формула в ячейке B2=(A2+A3)/2; B3=(A4+A5)/2 и т.д.

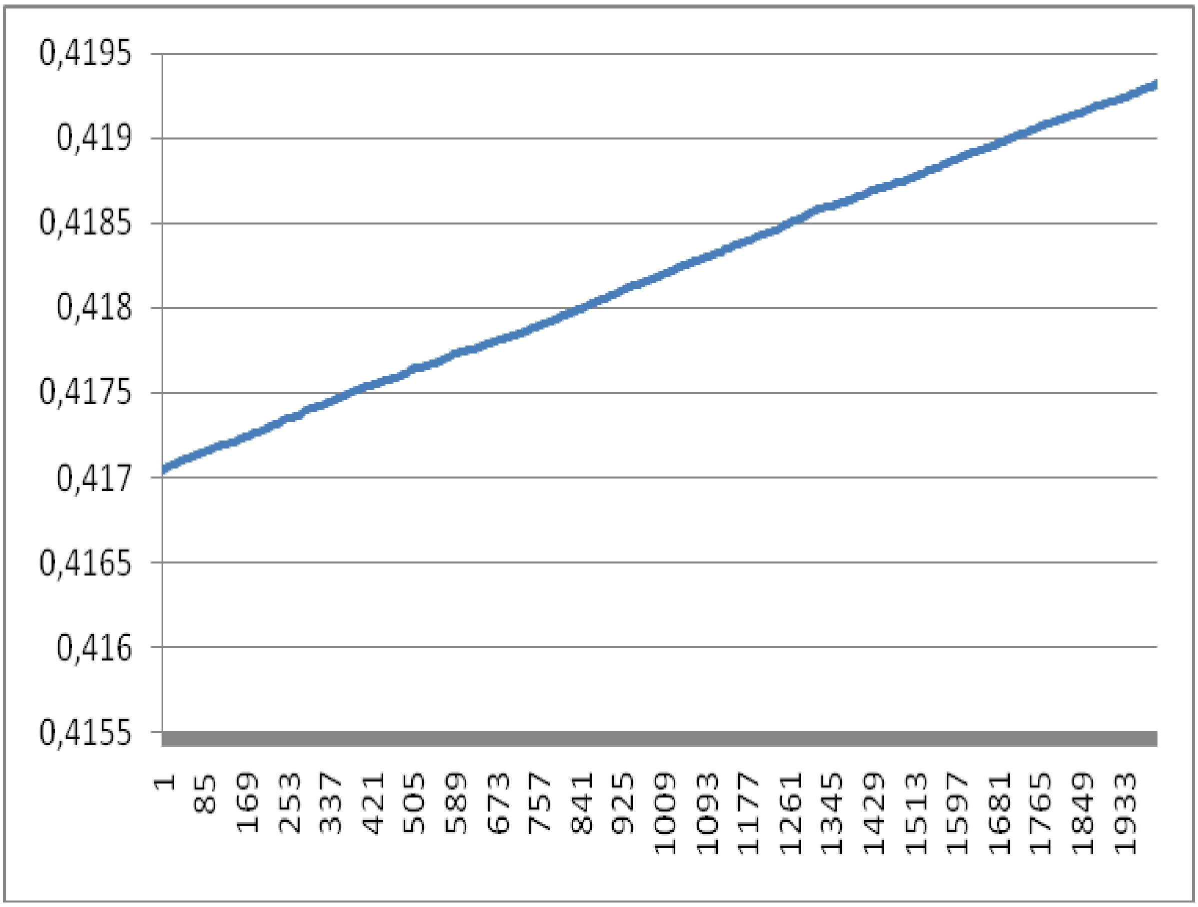


Рис. 7.2 – Объединение данных по 2 секунды

3. Далее проделаем такую же процедуру с исходным рядом, но уменьшив значения делений уже в 4 раза (табл. 7.2). Таким образом, одно

деление будет содержать 4 единиц исходной. Завершим преобразования ещё одной итерацией, аналогичной предыдущей, где единица итоговой шкалы будет соответствовать 10 единицам исходной (табл. 7.3).

Формула в ячейке C2=(A2+A3+ A4+A5)/4; C3=( A6+A7+ A8+A9)/4 и т.д.

Таблица 7.2

Уровень агрегации m=4

C2 =(A2+A3+A4+A5)/4

| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Исходный ряд | m=2 | m=4 | |
| 2 | 0,417045197 | 0,417048 | 0,417049 | |
| 3 | 0,417050174 | 0,41705 | 0,417051 | |
| 4 | 0,417050405 | 0,417051 | 0,417052 | |
| 5 | 0,417050868 | 0,417052 | 0,417053 | |
| 6 | 0,41705353 | 0,417054 | 0,417056 | |
| 7 | 0,417054109 | 0,417055 | 0,417058 | |
| 8 | 0,417054919 | 0,417058 | 0,417061 | |
| 9 | 0,417060706 | 0,417061 | 0,417064 | |

Таблица 7.3

Уровень агрегации m=10

D2 $f_x$ =(A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10+A11)/10

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Исходный ряд | m=2 | m=4 | m=10 | |
| 2 | 0,417045197 | 0,417048 | 0,417049 | 0,417055 | |
| 3 | 0,417050174 | 0,41705 | 0,417051 | 0,417057 | |
| 4 | 0,417050405 | 0,417051 | 0,417052 | 0,417059 | |
| 5 | 0,417050868 | 0,417052 | 0,417053 | 0,417061 | |
| 6 | 0,41705353 | 0,417054 | 0,417056 | 0,417063 | |
| 7 | 0,417054109 | 0,417055 | 0,417058 | 0,417065 | |
| 8 | 0,417054919 | 0,417058 | 0,417061 | 0,417067 | |
| 9 | 0,417060706 | 0,417061 | 0,417064 | 0,417068 | |
| 10 | 0,417060706 | 0,417063 | 0,417066 | 0,41707 | |

Формула в ячейке D2=(A2+A3+ A4+A5+A6+A7+ A8+A9+A10+A11)/10; D3=( A12+A13+ A14+A15+A16+A17+ A18+A19+A20+A21)/10 и т.д.

4. Проанализировать визуально полученные графики. Убедиться в том, что структура ряда, полученного усреднением групп элементов, остаётся такой же, как и структура исходного. Так же следует обратить внимание на то, что при увеличении уровня агрегации график становится менее сглаженным, более неравномерным (т.е. обладает большей дисперсией). Этот факт является предпосылкой для предположения о самоподобной структуре рассматриваемого трафика и основанием для проведения дальнейшего анализа.

### 7.5 Пример работы с Fractan

Для того чтобы Fractan позволил работать с открытыми данными, их необходимо загрузить, выбрав в меню «Обработка» (“Process”) пункт «Загрузить отсчёты» (“Load Samples”) или один раз нажав кнопку «Обработка» (“Process”). При этом Fractan может отмасштабировать данные, чтобы диапазон их значений удовлетворял значения начального и конечного отсчётов в полях «Первый отсчёт» (“First Sample”) и «Последний отсчёт» (“Last Sample”).

1. Для расчёта показателя Хёрста необходимо в меню «Обработка» (“Process”) выбрать пункт «Показатель Хёрста» (“Hurst Exponent”). При этом Fractan попросит выбрать файл для сохранения результатов расчёта. Также рассчитанный показатель Хёрста отображается в строке состояния.

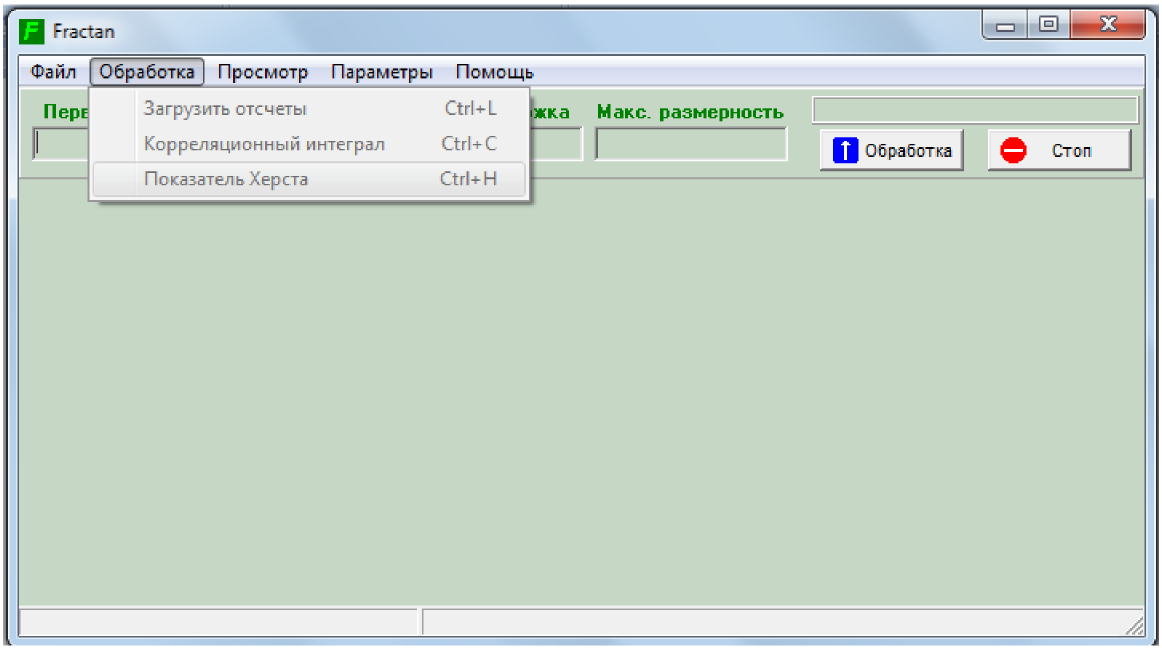


Рис. 7.3 – Рабочее окно программы Fractan

2. Выполнить расчёт показателя Хёрста для следующих отсчётов: 4000, 2000, 1000 и 400. Проанализировать и объяснить полученные результаты (лог-файлы следует сохранять на Рабочем столе).

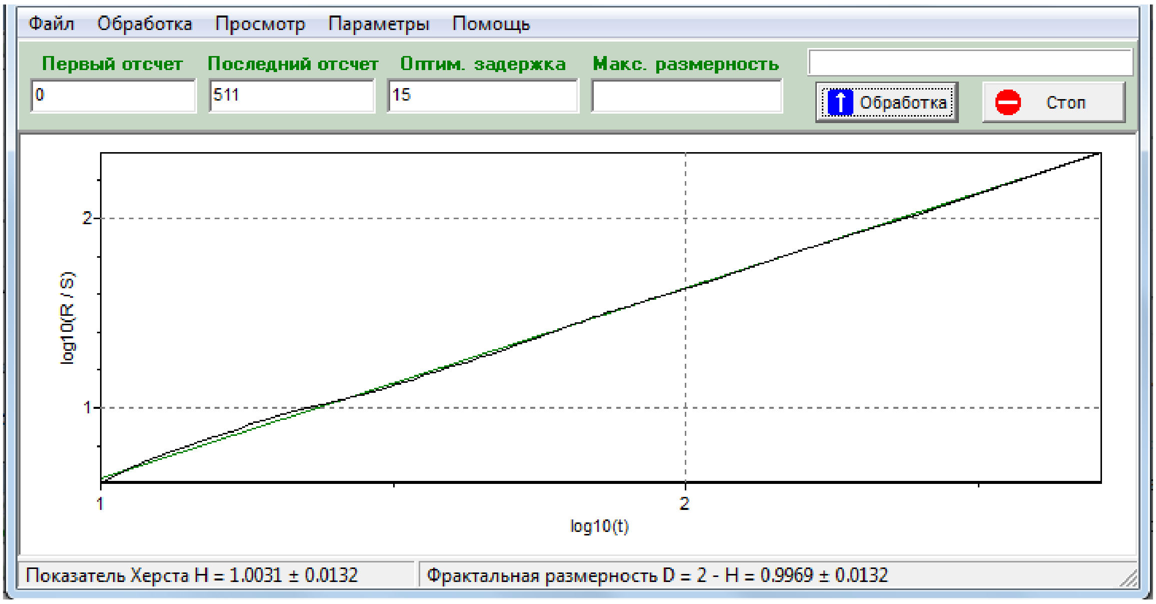


Рис. 7.4 – Расчёт показателя Хёрста

3. После окончания работы с программой Fractan, удалить с Рабочего стола созданные в процессе лабораторной работы лог-файлы.