

*Мирзакулова Ш.А.*

## ӨЛЧӨНГӨН ТРАФИКТИН ИЗИЛДӨӨСҮНҮН АНАЛИЗИ

*Мирзакулова Ш.А.*

### АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕРЕННОГО ТРАФИКА

*Sh. A. Mirzakulova*

#### THE ANALYSIS OF THE MEASURED TRAFFIC

УДК: 004.7(075.8)

*Переход к мультисервисной сети приводит к росту доли приложений реального времени, которые используют транспортный протокол UDP. Эти сети уже обслуживают самоподобный трафик, который отличается от простейшего Пуассоновского потока. При этом описаны способы исследования измеренного трафика.*

**Ключевые слова:** исследование, анализ, трафик, шкала, метод, критерии.

*The transition to multiservice networks leads to growth of the share of real-time applications that use the transport protocol UDP. These networks already serve self-similar traffic, which is different from the simplest Poisson flow. This study describes how the measured traffic.*

**Key words:** research, analysis, traffic, scale, method, criteria.

Реальный измеренный трафик составил 250567 в течении 4 часов. Доля пакетов UDP составила 89,95%. Остальная часть составляли пакеты MPEG, ARP, TCP и другие. Исследованы распределения интервалов между пакетами общего измеренного ряда, а также однородные ряды UDP, MPEG, ARP, TCP и другие. Эти распределения отличались от экспоненциального распределения и выполнены соответствующие критериальные оценки подтвердили это. Исследованы распределения количества пакетов на этом интервале времени общего измеренного ряда и рядов UDP, MPEG, ARP, TCP и др. В результате эти распределения отличались от пуассоновского распределения и были подтверждены соответствующими критериальными оценками. Ряды обладали не кратковременными пульсациями, а интенсивность изменялась в широких пределах, что нужно учитывать на практике при обслуживании. Были вычислены числовые значения ВВХ соответствующих рядов, которые показали, что значения коэффициентов вариации для рассматриваемых распределений были не меньше, а больше единицы. Следовательно будут организовываться очереди. И, для этих целей сетевые устройства имеют буферы для сглаживания пульсаций, однако хватит ли этой емкости для обслуживания пакетов, ряд которых имеет коэффициент пульсации больше единицы то есть большое количество всплесков нагрузки. Все выше перечисленное может привести к ухудшению характеристик сети, могут увеличиваться потери, задержки при обслуживании и джиттер. Последние

параметры очень важны при обработке приложений реального времени.

Для обнаружения свойств самоподобия трафика было осуществлено исследование плотности интервалов и плотность количества пакетов во времени.

Далее были применены методы агрегирования к рядам то есть уменьшения размера шкалы наблюдений в несколько раз. При этом при изменении шкалы в несколько раз, структура вновь построенного ряда была подобна исходной. Для ряда UDP с параметром масштабирования равного 1000 была выделена так названная элементарная единица фрактального трафика. При увеличении значения параметра масштабирования большего чем 1000 признаки самоподобия проявлялись слабо, то есть значения ВВХ стали отличаться. Установлено, что дисперсия выборочного среднего затухает медленнее, чем величина, обратная размеру выборки) с агрегированием процессов ( $m=2, \dots, 250, \dots, 2000$ ) и показано медленное уменьшение дисперсии ряда UDP.

Также был применен метод Detrended Fluctuation Analysis (DFA), который анализирует одномерные случайные блуждания и учитывает эффекты длительных корреляций. Ряд UDP был разделен на 85 неперекрывающихся участков, в которых рассмотрен локальный тренд. Дальнейшая обработка согласно этого метода показала, что временной ряд UDP обладает свойством скейлинга.

При исследовании также рассмотрено как эти распределения убывают, то есть это короткохвостые распределения или они обладают тяжелыми хвостами. Построены соответствующие автокареллограммы, исследованы автокорреляционные функции рядов. Применены критерии Durbin-Watson  $DW$ , который показал, автокорреляция положительна. АКФ имели характерный вид очень медленно спадающей кривой. Выполнены перемешивание соответствующего ряда случайным образом и вновь который исследован. Результаты анализа показали, что АКФ отличаются. Случайным образом перемешанные ряды имеет АКФ, в которых связи между уровнями ослабли.

Для вычисления значения параметра Хёрста соответствующие ряды обработаны на основе метода R/S нормированного размаха и для перемешанного случайным образом ряда. В результате исследования были получены значения параметра Хёрста намного

больше значения равно 0,5, а перемешивание случайным образом показало, что значение этого параметра уменьшилось так как был разрушен порядок данных при перемешивании и эффект долговременной памяти исчез.

Осуществлено оценка тяжести хвостов распределений на основе известного, эффективного и надежного метода Хилла. Получено для ряда ARP параметр тяжести хвоста равен 0,14, а для общего ряда равен 1,2.

Одной из важных научных задач в настоящее время является исследование сетевого трафика методами нелинейной динамики, что представляет особый интерес для оценки наличия хаотической динамики в процессе и её характера, выявления доли детерминированного хаоса и случайного шума. Нелинейная динамика помогает выявить характерные особенности трафика, осуществляет идентификацию аномалий в моделях временных рядов и дает прогноз развития процесса. Хаотический процесс представляет собой нечто среднее между процессами детерминированным и стохастическим.

Исследованы ряды ARP и MPEG методом IFS clumpiness test, который отображает одномерное множество точек на плоскости. И в зависимости от того, однородное или неоднородное заполнение точками пространства, визуально оценен характер исследуемого процесса. Оценка детерминизма в процессе осуществляется на основании: белый шум – заполняет квадрат равномерно, детерминированные процессы приводят к появлению диагональных структур и хаотические процессы – заполняет квадрат неравномерно. Заполнение множества точек исследуемых рядов ARP и MPEG показало, что исследуемые ряды ARP и MPEG в отличие от «белого шума» заполняют квадрат неравномерно, что свидетельствует о наличии либо *квазипериодического режима*, либо хаотической динамики в исследуемых процессах, что диагностировано по наличию положительного ляпуновского показателя.

Для рассмотрения динамики рядов наблюдений (ARP, MPEG) в пространстве состояний или в фазовом пространстве использован метод «задержек» с реконструкцией фазовых портретов на основе программного продукта TISEAN. Построены фазовые портреты рядов TCP, ARP, MPEG и UDP в форматах 2D и 3D соответственно, а также для общего ряда фазовый портрет случайного перемешанного в форматах **2D** и **3D**. Визуальные отличия очевидны.

Осуществлена оценка размерности вложения ряда UDP с применением функционального метода в математическом пакете Matlab.

При этом существование функциональной зависимости между текущим значением и предшествующими  $k$  значениями считается достигнутым, если при выбранном минимальном значении  $k$  в области малых  $\rho$  все участки ломаной расположатся вблизи

начала координат. При этом в результате получили размерность вложения равную трем ( $k=3$ ).

Корреляционная размерность характеризует структурированность аттрактора. Осуществлена оценка корреляционной размерности по экспериментальным данным, не зная всех переменных динамической системы. Корреляционная размерность  $D_c$  показывает степень сложности поведения динамической системы и минимальное количество размерностей пространства, в котором размещаются траектории. Построена зависимость изменения корреляционной размерности  $D_c$  от размерности вложения ( $n$ ) для общего ряда наблюдений и получены значения корреляционной размерности равного 5,721 при размерности вложения  $n$  равного 22. В этой точке корреляционная размерность насыщается. Выполнено перемешивание ряда случайным образом. Построена зависимость изменения корреляционной размерности от размерности вложения ( $n$ ) для случайно перемешанного ряда, при этом после перемешивания ряда, он стал ещё более зашумлен и его корреляционная размерность составила уже 12,739 при размерности вложения  $n$  равного 19. Для ряда MPEG изменения корреляционной размерности от размерности вложения для ряда MPEG размерности вложения равна 12, при которой корреляционная размерность будет равна 7,79. При этом рассматриваемые процессы показывают, что порождающая система является не случайной, а управляемой большим числом параметров.

В работах [1, 2, 3, 4] показано, что по одной временной реализации можно определить корреляционную размерность и узнать «насколько хаотичен» сигнал, а гипотеза Kaplan-Yorke связывает статистическую структуру аттрактора, определяемую размерностями с динамикой движения на аттракторе, связанную ляпуновскими показателями.

В [5, 6, 7, 8, 9] показано, что странный аттрактор выглядит как набор бесконечного числа слоёв или параллельных плоскостей, причём расстояние между некоторыми из них составляет бесконечно малую величину.

Одной из основных характеристик странного аттрактора является чувствительность его траекторий по отношению к начальным условиям. Это означает, что две траектории близкие друг другу в фазовом пространстве в некоторый начальный момент времени, экспоненциально расходятся за малое среднее время. Вместе с тем, поскольку аттрактор имеет граничные размеры, две траектории в нём не могут расходиться бесконечно. Экспоненциальную расходимость-сходимость фазовых траекторий можно оценить с помощью показателей Ляпунова. Для идентификации нелинейных динамических процессов необходимо вычислить наибольший показатель Ляпунова (LLE, Largest Lyapunov Exponent)  $\lambda_1$ . С точки зрения практического применения важно, что показатели Ляпунова, являясь инвариан-

тами, могут быть вычислены на основании экспериментально полученного временного ряда.

Наибольший показатель Ляпунова вычислен в соответствии с известным алгоритмом, разработанным в 1994 году Н. Kantz'ом [10]. Для вычислений использовались процедуры, реализованные в пакете TISEAN. При этом построены семейство графиков пространственно-временного разделения (space-time separation plots) для плотностей вероятности для рядов ARP и общего ряда наблюдения и получены оценки наибольшего показателя Ляпунова для ARP ( $\lambda_1 = 0,096$ ) и общего ряда наблюдений ( $\lambda_1 = 0,036$ ). Так как в пределах аттрактора небольшие изменения начальных условий могут приводить к сильным изменениям в эволюции системы, показатель Ляпунова является мерой того, насколько сильны могут быть эти изменения. Чем чувствительнее система к начальным условиям, тем этот показатель больше.

**Вывод:**

- влияние самоподобия необходимо учитывать при разработке сетевых устройств и при проектировании пакетных сетей.

**Литература:**

1. Mekler, A. Calculation of EEG correlation dimension: Large massifs of experimental data [Текст] / A. Mekler. - Computer Methods and Programs in Biomedicine, 92, (2008), 154-160.
2. Шустер Г. Детерминированный хаос [Текст] / Г.Шустер. - М.: Мир, 1988. 240 с.
3. Grassberger, P. Characterization of strange attractors [Текст]: P. Grassberger, I. Procaccia. - Physical Review Letters, 1983, v.50. P. 346-349.
4. Hentschel, H.G.E. Physica D [Текст]: H.G.E. Hentschel, I. Procaccia. -1983.V.8.P.435444
5. Frederickson, P. The Lyapunov dimension of strange attractors [Текст]: P.Frederickson, J. Kaplan, J. Yorke. - Equat. 1983. V. 49. №2. P. 185 – 207.
6. Басараб, М.А. Анализ сетевого графика корпоративной сети университета методами нелинейной динамики [Текст]: М. А. Басараб, А. В. Колесников, И. П. Иванов. - МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 10 с.
7. The Chaotic Nature of TCP Congestion Control [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// mechatronics.ece.usu.edu](http://mechatronics.ece.usu.edu).
8. Никульчев, Е.В. Геометрический подход к моделированию нелинейных систем по экспериментальным данным: монография. [Текст] / Е.В. Никульчев. – М.: МГУИ, 2007. С. 534-538.
9. Карпунин А.В. Моделирование хаотических явлений в инфокоммуникационных сетях: синергетический подход [Текст]: А.В. Карпунин, А.А. Ткаченко. – Проблемы телекоммуникаций – 2013. № 3(12) – С. 36-52.
10. Turcotte, D.L. Fractals and chaos in geology and geophysics [Текст] / D.L. Turcotte. - Cambridge University Press, Cambridge, 1997.

**Рецензент: д.т.н. Янко Д.В.**