



## ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПРОТОКОЛОМ ТСП МЕТОДАМИ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА И НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

*Карпунин А.В.<sup>1</sup>, Кириченко Л.О.<sup>1</sup>, Грицив Д.И.<sup>2</sup>, Ткаченко А.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> – Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

<sup>2</sup> – Харьковский Национальный Университет имени В.Н. Каразина,

<sup>3</sup> – ПАО «Укртелеком»

На сегодняшний день установлено, что сетевой трафик обладает свойством самоподобия, поскольку протокол ТСП, является основным транспортным протоколом Internet. Этот факт был подтвержден многочисленными работами исследователей [1], в которых анализируются трафик и его статистические характеристики, которые обладают свойством временной масштабной инвариантности. Особенности, проявляются в специфическом для этого случая профиле (форме) трафика: в реализации всегда присутствует некоторое количество достаточно сильных выбросов на фоне относительно низкого среднего уровня. Это явление значительно ухудшает характеристики при прохождении самоподобного трафика [2] через сеть даже в тех случаях, когда средняя интенсивность трафика намного ниже потенциально достижимой скорости передачи в данном канале, что приводит к увеличению времени задержки, потери пакетов. На данный момент показано, что самоподобной структурой обладает сетевой трафик в проводных сетях при работе широко распространенных протоколов Ethernet, VOIP, ТСП и др., а также схожие аналогичные явления были обнаружены в сотовых телефонных сетях с коммутацией пакетов. Современные сети [3] построенные на базе ТСП/IP, склонны к проявлению мощных пиковых выбросов (bursts). Такие своеобразные, локализованные во времени «заторы» (congestions) вызывают значительные потери пакетов, даже когда суммарная потребность всех потоков далека от максимально допустимых значений. Вышеупомянутые особенности сетевого трафика в сетях особенно сильно влияет на их работоспособность в некоторых областях науки и техники.

Цель данного исследования заключалась в оценке работы инфокоммуникационных систем с точки зрения нелинейной динамики. Поэтому необходим подход, который бы позволял оценить работу поведения трафика в сетях с пакетной коммутацией для различных нагрузках, при взаимодействии нескольких потоков данных между собой в одном физическом канале передачи данных. В качестве инструмента, для оценки работы компьютерной сети были выбраны метод мультифрактального анализа [4] и методы нелинейной динамики [5], которые используются для моделирования, анализа и контроля сложных систем. Так как сетевой трафик обладает свойством самоподобия, то игнорирование подобных особенностей может привести к увеличению задержки в передачи данных, уменьшению пропускной способности компьютерной сети и даже к потерям пакетов. Особенно сильно эти свойства стали проявляться с появлением технологий высокоскоростной передачи данных. Это связано с тем, что одним из основных показателей



качества (QoS) работы сетей с пакетной передачей является количество потерянных пакетов. Потеря пакетов приводит к дополнительной нагрузке на сеть и, в конечном счете, к «заторам» (congestions). Это накладывает определенные ограничения на традиционные методы при проектировании современных компьютерных сетей.

Показатель Херста  $H$ ,  $0 < H < 1$ , представляет собой степень самоподобия. Наряду с этим свойством, показатель  $H$  характеризует меру долгосрочной зависимости стохастического процесса. Максимальный показатель Ляпунова  $\lambda$  – это величина, которая характеризует скорость разбегания близких траекторий, положительное значение которой обычно принимается как индикатор хаотического поведения системы.

В результате исследования были вычислены показатель Херста и максимальный показатель Ляпунова, которые характеризуют работу компьютерной сети. Показатель Херста  $H$  практически во всех случаях превышает значение 0.5, что говорит о долгосрочной зависимости исследуемых рядов. В свою очередь максимальный показатель Ляпунова меняется в диапазоне 0.05 – 0.3, что свидетельствует о наличии хаотических процессов в рассматриваемой компьютерной сети. Таким образом, данный подход, дает возможность провести оценку влияния самоподобных процессов в современных компьютерных сетях, которые имеют долгосрочной зависимости, позволяя с определенной долей вероятности предсказать будущее поведение, обладая данными о недавнем прошлом.

1. Sheluchin O. I. Self-Similar Processes in Telecommunications / O. I. Sheluchin, S. M. Smolskiy, A. V. Osin // New York : John Wiley & Sons. – 2007. – 320 p.

2. A. Veres, V. Boda. The chaotic nature of TCP congestion control. InProc. IEEEINFOCOM, 2000.

3. Карпухин А. В. Особенности реализации протокола TCP в современных компьютерных сетях // Системы обработки информации – Х.: ХУПС, 2009. – Вып. 6(80). – С.49–53.

4. Кириченко Л.О. Исследование выборочных характеристик, полученных методом мультифрактального флуктуационного анализа // Вестник НТУУ «КПИ». Информатика, управление и вычислительная техника. – 2011. – №54. – С.101–110.

5. H. Kantz and T. Schreiber. Nonlinear Time Series Analysis, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, 2003. – 388 p.