



# ИННОВАЦИИ В ИНФОРМАТИКЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

---

---

DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2021.3.1>

УДК 621.39(043)

ББК 32.88я43



## АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ТРАФИКА ПРИ ПЕРЕХОДЕ С ОДНОГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ СЕТИ НА ДРУГОЙ

**Людмила Константиновна Гомазкова**

Ассистент кафедры телекоммуникационных систем,  
Волгоградский государственный университет  
tks@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Олег Николаевич Безбожнов**

Ассистент кафедры телекоммуникационных систем,  
Волгоградский государственный университет  
tks@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Усама Джабер Гаиб Аль-Кадри**

Аспирант кафедры телекоммуникационных систем,  
Волгоградский государственный университет  
tks@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Сергей Владимирович Галич**

Кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникационных систем,  
Волгоградский государственный университет  
tks@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

## Денис Иванович Чадаев

Кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникационных систем,  
Волгоградский государственный университет  
tks@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** С помощью иерархической модели можно более рационально распределить имеющиеся ресурсы и создать сеть, имеющую более устойчивую структуру и более высокую степень защиты данных, поэтому такая модель наиболее предпочтительна при проектировании компьютерных сетей. В работе проведено исследование поведения трафика при переходе от одного уровня иерархии сети к другому, выполненное на основе исследования значений степени самоподобия трафика при данном переходе.

**Ключевые слова:** самоподобие, иерархическая модель, компьютерные сети, коэффициент Хёрста, структура сети.

В настоящее время существует множество организаций и компаний, имеющих собственные компьютерные сети, построенные в соответствии с иерархической моделью сети. С помощью иерархической модели можно более рационально распределить имеющиеся ресурсы и создать сеть, имеющую более устойчивую структуру и более высокую степень защиты данных, поэтому такая модель наиболее предпочтительна при проектировании компьютерных сетей.

Описание структуры сети в данной модели сводится к трем уровням иерархии. Этими тремя уровнями являются уровень доступа, уровень агрегации (или другими словами, уровень распределения) и уровень ядра, что показано на рисунке 1 [1; 3].

Среди преимуществ, достижение которых становится возможно при использовании иерархии в процессе разработки сетей, можно выделить, например, масштабируемость, управляемость, производительность и др. Помимо этого, при правильном использовании иерархии можно впоследствии определять и предвидеть, на каких конкретно уровнях следует выполнять определенные функции, то есть иерархия позволяет сделать сеть более предсказуемой [2]. Однако при использовании иерархической модели сетевой трафик «вынужден» переходить с одного уровня иерархии на другой, что может сказываться на работе сети, поэтому существует необходимость исследования поведения трафика сети при этом переходе.

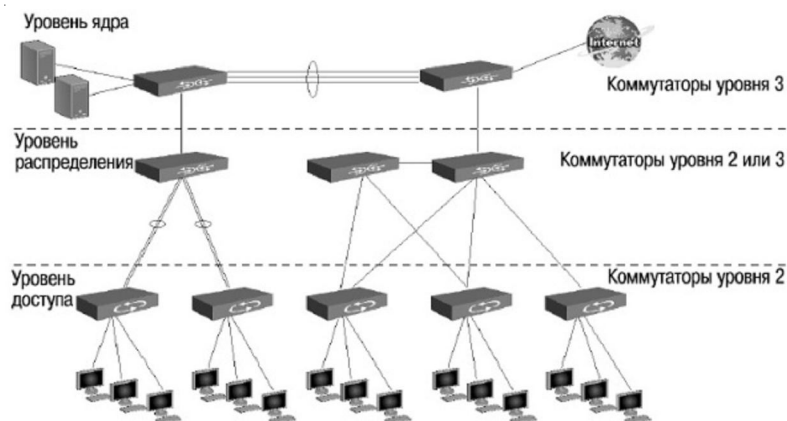


Рис. 1. Структура иерархической модели сети

В течение продолжительного времени считалось, что Пуассоновский процесс максимально точно описывает и соответствует характеру сетевого трафика. Однако за последние годы были проведены многочисленные исследования и измерения параметров и характеристик сетевого потока. Результаты этих исследований выявили, что в условиях Пуассоновского процесса моделирование потока пакетов в сетях различного масштаба является не всегда возможным. Таким образом, был сделан вывод, что так называемый самоподобный процесс более точно отражает поведение сетевого трафика, по сравнению с пуассоновскими процессами. В связи с этим разработка инструментальных средств для понимания самоподобия трафика сети и синтеза искусственного сетевого трафика, стала важной задачей.

В связи с этим исследование поведения трафика при переходе от одного уровня иерархии сети к другому следует проводить при условии, что исследуемый трафик является самоподобным.

Таким образом, необходимость исследования поведения трафика при его переходе от одного уровня иерархии сети к другому сводится к необходимости исследования степени самоподобия трафика при данном переходе.

Самоподобные процессы обладают двумя основными параметрами, или характеристиками – глобальной (параметр, или коэффициент Хёрста  $H$ ) и локальной (фрактальная размерность  $d$ ). Их взаимосвязь можно видеть на рисунке 2 [4; 5].

Глобальная характеристика используется в качестве удобной единицы измерения степени самоподобия того или иного фрактального процесса и отражается параметром  $H$  – коэффициентом Хёрста.

Параметр Хёрста является важнейшим параметром трафика, определяющим степень его самоподобия, так как представляет собой меру устойчивости статистического явления. То есть, суть этого параметра заключается в определении меры длительности долгосрочной зависимости случайного процесса. Таким образом, параметр Хёрста можно считать ключевой мерой самоподобия.

Если процесс обладает длительной памятью или, другими словами, его поведение является персистентным (поддерживающимся), то в таком случае можно сделать вывод, что значение коэффициента Хёрста находится в интервале  $(0,5; 1]$ . Это означает, что вероятность одинаковых отклонений на  $(i+1)$  и  $i$  шагах, велика настолько, насколько параметр  $H$  близок к единице.

Однако в случае если велика вероятность, что отклонение на  $(i+1)$  будет иметь противоположное направление по сравнению с  $i$  шагом, можно говорить о том, что случайный процесс *антиперсистентен*, а значит коэффициент Хёрста принадлежит интервалу  $[0; 0,5)$ . При этом чем ближе параметр  $H$  к нулю, тем выше эта вероятность. В таком процессе низкие значения могут следовать за высокими и наоборот.

Помимо этого, бывают процессы, в которых невозможно определить зависимость между отклонениями на  $(i+1)$  и  $i$  шагах, и по

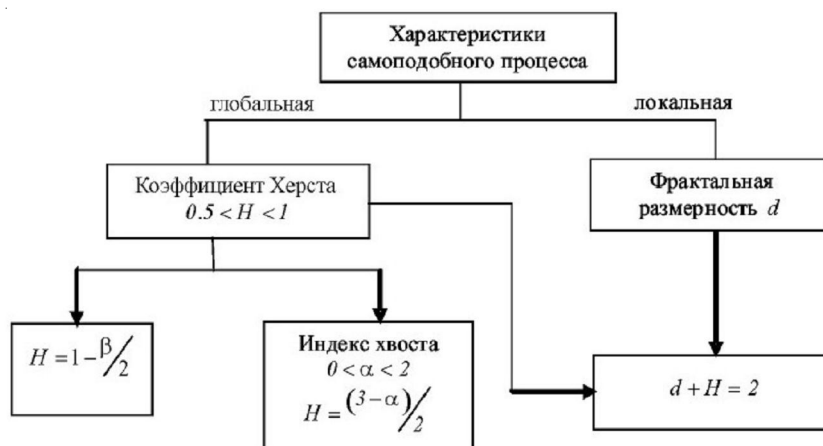


Рис. 2. Связь между характеристиками самоподобных процессов

своей сути отклонение на  $(i+1)$  шаге является случайным. В таком случае можно говорить о точном значении параметра  $H = 0,5$ . Другими словами, данная картина соответствует пуассоновскому процессу [4].

Для проведения исследования была разработана с помощью симулятора NS-3 имитационная модель компьютерной сети с иерархической топологией, схема которой представлена на рисунке 3. В результате моделирования сети был получен файл трассировки, который затем был обработан с целью получения выборок данных, исследованных впоследствии.

Также на языке программирования Visual C# было разработано оконное приложение, с помощью которого на основе файлов, полученных в результате обработки файла трассировки, была исследована степень самоподобия трафика. Исследуемые файлы представляли собой данные о трафике, поступающем на коммутатор третьего уровня на уровне распределения и на узлы сети, расположенные на уровне доступа. При этом были смоделированы различные ситуации, например, когда на уровне распределения объединялся самоподобный и не самоподобный трафики.

После проведения ряда экспериментов были получены следующие результаты.

При переходе с уровня распределения на уровень доступа степень самоподобия трафика уменьшалась. Так, значение параметра Хёрста на уровне распределения в среднем равно 0,87, а на уровне доступа – 0,84 и 0,83.

При переходе с уровня доступа на уровень распределения при условии объединения на уровне распределения только самоподобных трафиков степень самоподобия результирующего трафика увеличивается. Так, значение параметра Хёрста на уровне доступа в среднем равно 0,84 и 0,83, а на уровне распределения – 0,87.

При переходе с уровня доступа на уровень распределения при условии объединения на уровне распределения самоподобного и не самоподобного трафиков степень самоподобия результирующего трафика уменьшается для самоподобных трафиков и увеличивается для не самоподобных. Так, значение параметра Хёрста на уровне доступа в среднем равно 0,84 для самоподобного трафика и 0,35 для не самоподобного трафика, а на уровне распределения – 0,63.

Таким образом, благодаря проведенному исследованию можно сделать вывод, что изменение степени самоподобия при переходе трафика от одного уровня иерархии к другому зависит от такого условия как направление движения трафика, а также от изначальной степени самоподобия трафика.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баскаков, И. В. Построение коммутируемых компьютерных сетей. Трехуровневая иерархическая модель сети / И. В. Баскаков. – Электрон. текстовые



Рис. 3. Схема моделируемой сети

дан. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/3591/833/lecture/14251?page=9>. – Загл. с экрана.

2. Гергель, А. В. Компьютерные сети и сетевые технологии: учебно-методические материалы по программе повышения квалификации / А. В. Гергель. – Нижний Новгород : НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2007. – 107 с.

3. Купер, Дж. Архитектура корпоративных сетей. Краткое руководство / Дж. Купер. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://blog.netskills.ru/2014/01/2.html>. – Загл. с экрана.

4. Петров, В. В. То, что вы хотели знать о самоподобном телетрафике, но стеснялись спросить / В. В. Петров. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://pi.314159.ru/petroff1.pdf>. – Загл. с экрана.

5. Федорова, М. Л. Об исследовании свойства самоподобия трафика мультисервисной сети / М. Л. Федорова, Т. М. Леденева // Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 46–54.

*model' seti* [Construction of Switched Computer Networks. Three-Level Hierarchical Network Model]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/3591/833/lecture/14251?page=9>.

2. Gergel' A.V. *Komp'yuternye seti i setevye tekhnologii: uchebno-metodicheskie materialy po programme povysheniya kvalifikacii* [Computer Networks and Network Technologies: Educational and Methodological Materials for the Advanced Training Program]. Nizhnij Novgorod, NGU im. N.I. Lobachevskogo, 2007. 107 p.

3. Kuper Dzh. *Arhitektura korporativnyh setej. Kratkoe rukovodstvo* [Enterprise Network Architecture. Quick Guide]. URL: <http://blog.netskills.ru/2014/01/2.html>.

4. Petrov V.V. *To, chto vy hoteli znat' o samopodobnom teletrafike, no stesnyalis' sprosit'* [What You Wanted to Know About Self-Similar Traffic, but Were Too Shy to Ask]. URL: <http://pi.314159.ru/petroff1.pdf>.

5. Fedorova M.L., Ledeneva T.M. Ob issledovanii svojstva samopodobiya trafika mul'tiservisnoj seti [On the Study of the Self-Similarity Property of Multiservice Network Traffic]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii*, 2010, no. 1, pp. 46-54.

#### REFERENCES

1. Baskakov I.V. *Postroenie kommutiruemyh komp'yuternykh setej. Trekhurovnevaya ierarhicheskaya*

## TRAFFIC BEHAVIOR ANALYSIS DURING THE TRANSITION FROM ONE LEVEL OF THE NETWORK HIERARCHY TO ANOTHER

**Lyudmila K. Gomazkova**

Assistant, Department of Telecommunication Systems,  
Volgograd State University  
tks@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Oleg N. Bezbozhnov**

Assistant, Department of Telecommunication Systems,  
Volgograd State University  
tks@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Osamah Jaber Gaib Al-Qadi**

Postgraduate Student, Department of Telecommunication Systems,  
Volgograd State University  
tks@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Sergey V. Galich**

Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Department of Telecommunication Systems,  
Volgograd State University  
tks@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Denis I. Chadaev**

Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Department of Telecommunication Systems,  
Volgograd State University  
tks@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** The hierarchical network model is the most preferable in the design of computer networks, as it allows you to create a more stable structure of network, rationally allocate available resources, and also provide a higher degree of data protection. In this work, the study of the behavior of the traffic during the transition from one level of the network hierarchy to another, based on the study of the values of the traffic self-similarity degree during this transition. For the study, a simulation model of a computer network with a hierarchical topology was developed using the NS-3 simulator. Also, a window application was developed in the Visual C# programming language. With the help of this application the degree of self-similarity of the traffic was investigated using the files obtained as a result of processing the trace file. Thus, as a result of the study, it can be stated that any changes in the degree of self-similarity of the network traffic when this traffic moves from one level of the hierarchy to another level depends on such a condition as the direction of traffic movement. The initial degree of self-similarity of network traffic also effects on the network traffic self-similarity degree.

**Key words:** self-similarity, hierarchical model, computer networks, Hurst coefficient, network structure.