

УДК 004.725.4:519.216

А.О. Недоспасов, О.І. Михальов

ОЦІНЮВАННЯ МІРИ САМОПОДІБНОСТІ ІНТЕРНЕТ – ТРАФІКУ МЕТОДАМИ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Анотація: дана робота присвячена виконати оригінальний експеримент по збору мережевого трафіку та дослідженню існуючих методів фрактального та мультифрактального аналізу за допомогою яких можна визначити фрактальну розмірність різними методами, показник Хьорста та наявність мультифрактальності у трафіку.

ЧАСОВІ РЯДИ, САМОПОДІБНІСТЬ, ТРАФІК, ФРАКТАЛ, МУЛЬТИФРАКТАЛ.

Аналіз реалізації мережевого трафіку

В якості реалізації візьмемо Інтернет - трафік мережі Національної Металургійної Академії України. Збір інформації з передачі трафіку тривав протягом трьох діб. Реалізація почалася 26.04.2010 в 13:47:00 і завершилася 29.04.2010 в 13:47:00 через 72 години [1].

Подивимося залежність розміру трафіку від часу у вигляді графіка (рисунок 1).

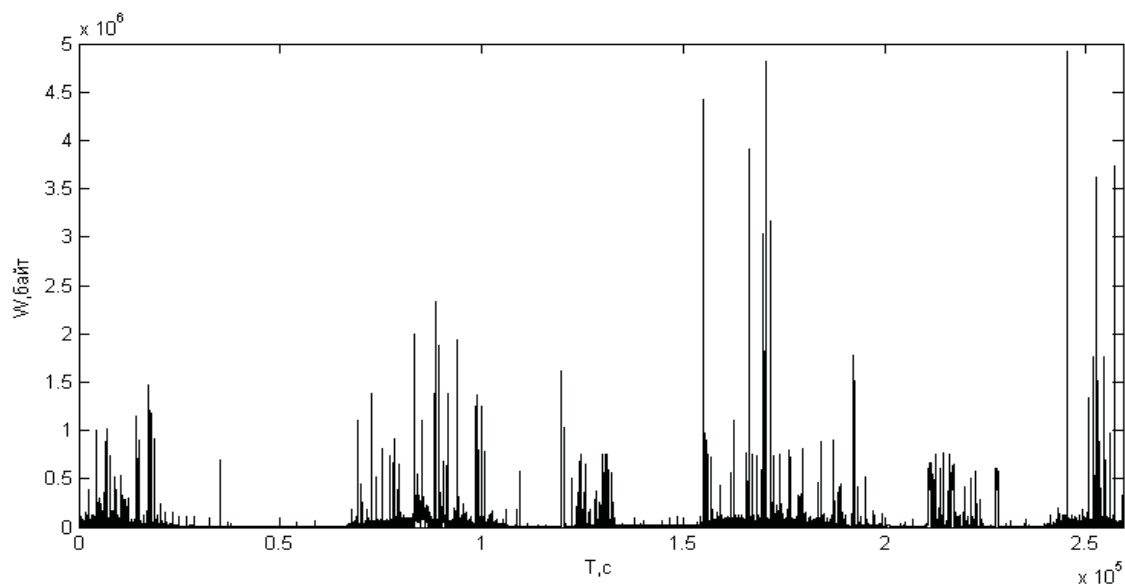


Рисунок 1 - Залежність розміру трафіку від часу

Аналізуючи візуально графік, наведений на рисунку 1 можна помітити, що Інтернет - трафік є значно нерівномірним процесом: є

© Недоспасов А.О., Михальов О.І., 2012

викиди досить сильною амплітуди, в той час як середнє значення трафіку - відносно мале [2]. Описуючи таку поведінку, часто говорять, що даний процес підпорядковується одному із законів розподілу з "важкими хвостами" (типу Парето) [3].

Розрахунок фрактальних розмірностей

Для знаходження більш ефективного метода розрахунку фрактальної розмірності, розрахуємо спочатку фрактальну розмірність Броунівського руху різними методами, для цього згенеруємо Броунівський рух, з коефіцієнтом Хьорста $H=0,7$, де фрактальну розмірність $D=2-0,7=1,3$. В таблиці 1 наведені результати розрахунків.

Таблиця 1
Розрахунки похибок методів

Метод розрахунку	Оцінка	Відхилення від теоретичного значення		Похибка метода, %
		Абсолютне	Відносне, %	
R / S - аналізу	$D=1,2937$	$\Delta=0,0063$	$\delta=0,3621$	$\delta=4,3416$
BOX COUNTING	$D=1,2131$	$\Delta=0,0869$	$\delta=10,1237$	$\delta=12,5408$
Розкладання в ряд Фур'є	$D=1,4582$	$\Delta=0,1582$	$\delta=8,9307$	$\delta=25,3479$
Агрегування	$D=1,5364$	$\Delta=0,2364$	$\delta=23,2853$	$\delta=3,3103$

З результатів тестування видно, що для подібного виду сигналу актуально використовувати метод R / S - аналізу.

Далі розрахуємо фрактальну розмірність трафіку реалізації різними методами, та отримаємо наступні данні представлені в таблиці 2.

Таблиця 2
Розрахунки фрактальної розмірності трафіку методами

Метод розрахунку	Оцінка
R/S – аналізу	$D=1,5166$
BOX COUNTING	$D=1,7970$
Розкладання в ряд Фур'є	$D=1,8058$
Агрегування	$D=1,8225$

Мультифрактальний аналіз мережевого трафіку в основі якого лежить вейвлет-перетворення

На першому етапі (1⁰) алгоритму аналізу – здійснимо вейвлет-перетворення мережевого трафіку. Результат вейвлет-перетворення можна інтерпретувати, як поверхню у трьохмірному просторі. Найбільш важлива інформація о ній міститься в скелетоні, або лініях локальних екстремумів поверхні коефіцієнтів $W = (a, x)$, пошук якості Інтернет – трафіку методами мультифрактального аналізу их проводиться на кожному масштабі a [3].

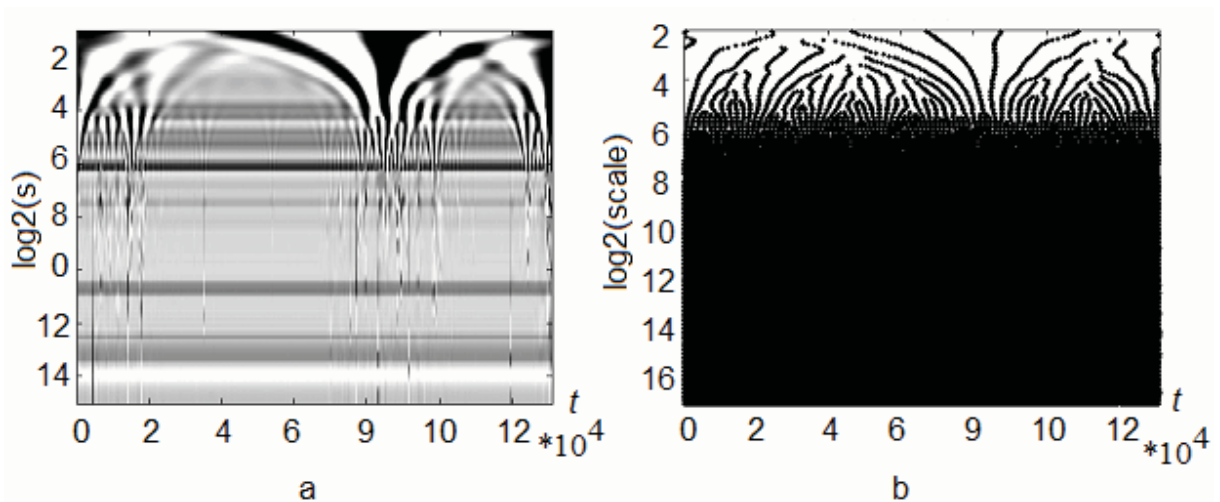


Рисунок 2 – Вейвлет-перетворення

а) результат вейвлет-перетворення;

б) лінії локальних екстремумів поверхні коефіцієнтів $W = (a, b)$

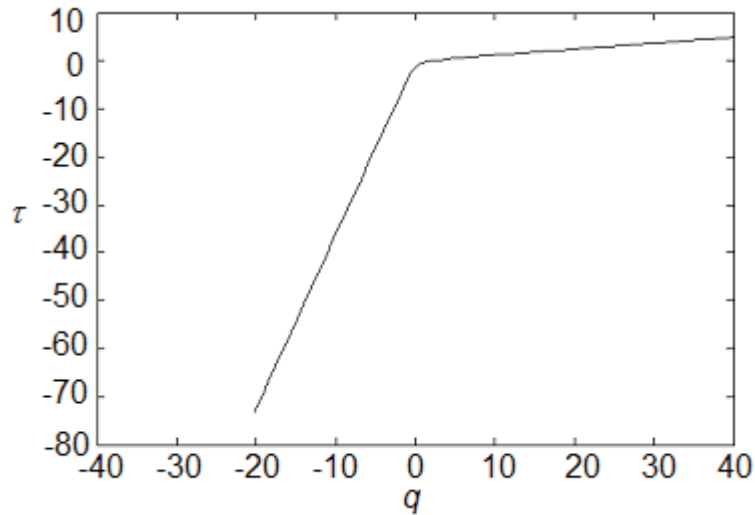
На рисунку 2а темні області відповідають позитивним, а світлі – негативним значенням $W = (a, x)$, відтінками сірого кольору в кожній з областей виділені діапазони значень $W = (a, x)$.

2⁰. Проаналізуємо виділення ліній локальних максимумів моделей вейвлет-перетворення рисунок 2б.

3⁰. Розрахуємо узагальнену статистичну суму $Z(q, a)$.

4⁰. Розрахуємо оцінку експоненти узагальненої статистичної суми $\tau(q)$.

Побудуємо графік залежності τ від q (рисунок 3а).

Рисунок 3 – Залежність τ від q

З графіку на рисунку 3 видно, що $\tau(q)$ зростає і виконується умова $\tau(q_1) \leq \tau(q_2)$. Графік відповідає канонічному вигляду.

5⁰. Розрахуємо спектр розмірності Реньї (рисунку 4а).

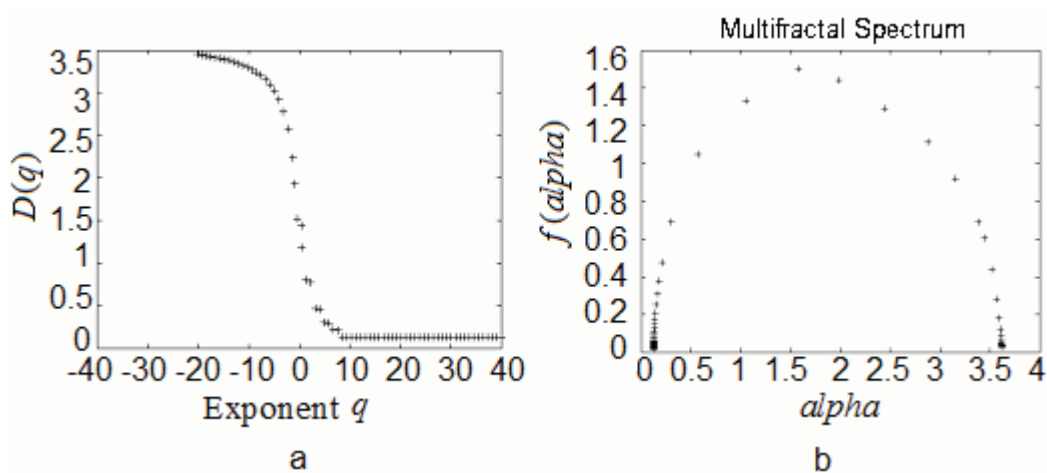


Рисунок 4 – а) спектр розмірності Реньї; б) спектр сингулярності

З графіку (рисунку 4а) видно, що $D(q)$ має спадаючий вид і виконується умова $D(q_1) \geq D(q_2)$. Аналізуючи графік визначимо фрактальну розмірність:

$$D(q_0) = 1,5579.$$

Цей результат приблизно сходиться з методом R/S – аналізу.

6⁰. Розрахуємо спектр сингулярності (рисунку 4б).

Проаналізував спектр сингулярності визначимо фрактальну розмірність:

$$D = \max(f(\alpha)) = 1,5002.$$

Мультифрактальний аналіз підтверджує малу самоподібність мережевого трафіку НМетАУ.

Фрактальний та мультифрактальний аналіз бездротового Інтернет – трафіку

Розрахуємо фрактальну та мультифрактальну розмірність для бездротового Інтернет – трафіку.

Таблиця 3

Розрахунки фрактальної та мультифрактальної
розмірності бездротового Інтернет - трафіку

Метод розрахунку	Фрактальна розмірність
R / S - аналізу	$D = 1,2464$
BOX COUNTING	$D = 1,3845$
Розкладання в ряд Фур'є	$D = 1,6869$
Агрегування	$D = 1,6934$
За допомогою спектра розмірності Ренні	$D = 1,2169$
За допомогою спектра сингулярності	$D = 1,2392$

Висновки

В даній роботі досліджувався мережевий трафік зібраний з одного із серверів НМетАУ в порівнянні с трафіком бездротового Інтернет – провайдера. В результаті аналізу Інтернет - трафіку, з'ясували наступне: мережевий трафік є значно нерівномірним процесом, мають місце викиди досить сильної амплітуди, в той час як середнє значення трафіку - відносно мале. Підтвердженням малої самоподібності трафіку є коефіцієнт Хьорста, який, як з'ясувалося, дорівнює 0,4834 та знаходиться в межах $0 < H < 0,5$. Це говорить про те, що мережевий трафік відноситься до класу антиперсистентних процесів. У роботі досліджено чотири методи розрахунку фрактальної розмірності одновимірного сигналу: метод R / S - аналізу, метод BOX COUNTING, метод розкладання в ряд Фур'є, метод агрегування. Як з'ясувалося за допомогою тестової генерації Броунівського руху з відомою фрактальною розмірністю трафіку, найбільш придатним методом для розрахунку фрактальної розмірності трафіку, що аналізувався є метод R / S -аналізу, використання якого дало $D = 1,5166$. У той же час така фрактальна розмірність також свідчить

про малу самоподібність трафіку. У свою чергу, трафік був досліджений за допомогою мультифрактального аналізу, який ґрунтується на безперервному вейвлет-перетворенні, з використання якого був отриманий спектр розмірності Рені та спектр сингулярності.

Результати аналізу дають можливість більш детально оцінити трафік і довести його самоподібність, що, у свою чергу, дозволяє прогнозувати трафік і планувати навантаження на сервери мережі при його подальшому наростанні та розробити методи забезпечення якості обслуговування мереж за допомогою динамічного розподілу пропускної властивості каналів мережевого трафіку. К трафіку також можна застосувати фрактальне стиснення для зберігання та передачі.

Порівняно результати дослідження Інтернет - трафіку мережі НМетАУ і трафік бездротового Інтернет – провайдера. Показано, що трафік бездротового Інтернет - провайдера є більш самоподібний, так як коефіцієнт Хьорста знаходиться в межах $0,5 < H < 1$. Це говорить, що трафік відноситься до класу персистентних процесів. Фрактальний та мультифрактальний аналіз також підтверджують самоподібність бездротового Інтернет – трафіку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михальов О.І., Недоспасов А.О. Дослідження ефективності алгоритмів оцінювання самоподібності мережевого трафіку // IX міжнародна науково практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2011)». – м. Дніпропетровськ, 2011. – С.187-188.
2. Михалев А.И., Недоспасов А.А. Исследование алгоритмов мультифрактального анализа в задачах оценивания сетевого трафика // Материалы международной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта» (ISDMCI'2011). - Том 2. - Херсон: ХНТУ, 2011.
3. Павлов А.Н., Аніщенко В.С. Мультифрактальний аналіз складних сигналів. Методичні вказівки. - Успіхи фізичних наук. – 2007.
4. Шелухин О.И., Осин А.В., Смольский С.М. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. / Под ред. О.И. Шелухина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
5. Петров В.В. Структура телетрафіка та алгоритм забезпечення якості обслуговування при впливі ефекту само подібності /Автореферат дисертації. - Москва. - 2004.
6. Божокін С.В., Паршин Д.А. Фрактали та мультифрактали. - Ижевськ: НДЦ "Регулярна та хаотична динаміка", 2001. – 94 с.
7. Шишкін Е.І. Моделювання й аналіз просторових і часових фрактальних об'єктів. Методичні вказівки. Єкатеринбург. - 2004.

8. Бельков Д.В. Дослідження мережевого трафіку. Наукова праця. Донецьк. - 2009.
9. Городецький О.Я. Заборовський В.С. Фрактальні процеси в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник. Санкт-Петербург. - 2000.
10. Федер Е. Фрактали. Москва. - 1991.
11. Встовський Г.В., Колмаков О.Г., Бунін І.Ж. Введення в мультифрактальну параметризацію структур матеріалів. – М.: Металлургия, 2001.
12. Астафьева Н.М. Вейвлет-аналіз: основи теорії та приклади застосування. Успіхи фізичних наук. – 1996.
13. Дремін І.М., Іванов О.В., Нечитайло В.О. Вейвлети та їх використання. Успіхи фізичних наук. – 2001.
14. Урьєв Г.А. Дослідження фрактальних властивостей трафіка реального часу і оцінка їх впливу на характеристики обслуговування телекомунікаційних мереж. Автореферат дисертації. Москва. – 2007.