

В.В. Гнатушенко, Пройдак Ю.С., Данладі Алі

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ САМОПОДІБНОГО ТРАФІКА ПРИ ЗМІНЕНІ ФОРМИ ПАРЕТО-РОЗПОДІЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОТОКУ

Анотація. Створено імітаційну модель передачі даних від джерела з самоподібним трафіком та проведені дослідження впливу параметра форми розподілення Парето.

Ключові слова: самоподібність, ON/OFF модель, інформація, трафік.

Постановка проблеми

Для ефективного вибору параметрів архітектури мережі, розробки швидких алгоритмів аналізу пакетів, оптимального використання ресурсів мережевого процесора важливим є дослідження властивостей вхідних потоків, що надходять у систему на обробку. Дослідження показують, що потоки в сучасних мережах не є найпростішими, мають істотну післядію й самоподібність. Необхідність забезпечення різних категорій мережевих додатків високою якістю обслуговування, урахування періодично виникаючих затримок у передачі даних і втрати пакетів при недостатній продуктивності й обмежених ресурсах пам'яті роблять дослідження властивостей самоподібного трафіка дійсно актуальними. У зв'язку з цим важливим питанням є визначення параметрів розподілу інформаційного потоку даних і дослідження властивостей трафіка [1].

Аналіз останніх досліджень

В області трафікового моделювання проведено багато досліджень [1-4], в яких інформаційні потоки аналізуються на наявність, ідентифікацію і якісну оцінку ряду характеристик. В [5] показано, що трафік практично всіх сучасних додатків має самоподібні властивості, а характерними законами розподілу є розподіли з «важкими хвостами».

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Мета роботи полягає в розробці імітаційної моделі мережі з властивостями самоподібності, дослідження трафіка при зміні форми розподілення потоку.

Основна частина

Технологія передачі інформації передбачає, що потік байтів розбивається на окремі пакети фіксованої довжини й інформація далі передається на пакетному рівні по дуплексному каналу взаємодії. На прийомному кінці дані знову збираються в потік байтів. Для надійної (безпомилкової) доставки пакетів необхідно затратити додатковий час на передачу пакетів підтвердження й повторення передачі загублених пакетів. На зазначеному відрізку часу процес передачі інформації блокується. Відзначимо також, що через нерегулярний вплив перерахованих факторів при передачі й розподілі інформації поведіння мережевого графіка здобуває випадковий характер, тобто трафік у мережі формується випадковим образом. Для наочної інтерпретації вищевказаних особливостей поведіння процесів у мережі й пошуку шляхів параметризації цих процесів найбільш придатним є моделювання мережевого трафіка режимом ON/OFF.

Найважливішим параметром, що характеризує ступінь самоподібності, є параметр Херста H , обумовлений для часового ряду $x(t_i)$, t_i – дискретні моменти часу, $1 \leq i \leq N$. Параметр Херста описується емпіричним співвідношенням

$$M \left[\frac{R}{S} \right] \sim ax(t)^H, \quad (1)$$

де a – константа, R – розмах відхилення значень ряду x , S – стандартне відхилення x .

Нехай середнє значення випадкової величини

$$\overline{x(N)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(t_i). \quad (2)$$

Стандартне відхилення x визначається з формули

$$S(N) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x(t_i) - \overline{x(N)}]^2}. \quad (3)$$

Позначимо через

$$X(t, N) = \sum_{u=1}^t [x(u) - \overline{x(N)}] \quad (4)$$

накопичене відхилення значень випадкової величини $x(t)$ від її середнього значення за час t .

Різниця між максимальним і мінімальним значеннями $X(t, N)$ називається розмахом

$$R(N) = \max X(t, N) - \min X(t, N), \quad (5)$$

де $1 \leq t \leq N$.

Трафік практично всіх сучасних мереж має самоподібні властивості, а характерними законами розподілу є розподіли з «важкими хвостами», такі як, наприклад, розподіл Вейбулла й Парето. У роботі було проведене дослідження вплив параметра форми α розподілу Парето, що має функцію розподілу:

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha \quad (6)$$

де α – параметр форми, β – мінімальне значення випадкової величини x .

Параметр α пов'язаний з показником Херста H виразом (7)[8]:

$$a = 3 - 2H \quad (7)$$

При значеннях H в інтервалі від 0,5 до 1 трафік є самоподібним, а, отже, згідно (7) α повинне мати значення від 1 до 2. При цьому ступінь самоподібності стає тим більше, чим ближче параметр форми до одиниці. Як порівняння були обрані значення параметра форми розподілу Парето.

Різні типи потоків даних мають властивості самоподібності. Ethernet трафік є самоподібним зі значеннями параметра Херста H між 0.7 й 0.9 та розподілом Парето від 1.2 [6]. Трафік браузера WWW (відправлений й отриманий, обмірюваний як packets/s або bits/s) є також самоподібним, при цьому розподіл щільності може бути заданий за допомогою розподілу Парето між 1.16 й 1.5 [7].

Можна використовувати різні генератори трафіка при моделюванні передачі потоку даних, що розподілені за певним законом. У даній роботі мережевий трафік моделюється у системі OPNET окремими джерелами, які передають дані з однаковою інтенсивністю, але з тривалостями, що мають розподіл з «важким хвостом».

Тривалості ON і OFF періодів розглядаються як випадкові величини з розподілом Парето. Параметр Херста дорівнює 0.7 і середній час посилки пакетів 10.000 packets/sec.

FOST (Fractal Onset time Scale) - фрактальний масштаб часу настання використовується з параметром Херста для визначення параметра зсуву розподілу Парето.

Source activity - визначає відсоток часу, коли хоча б одне з незалежних ON-OFF джерел трафіка є активним.

Варіації цих параметрів наведені у таблиці 1 .

Таблиця 1

FOTS	source activity	№ моделі
0,0001	50	1
	75	2
	90	3
0,001	50	4
	75	5
	90	6
0,01	50	7
	75	8
	90	9

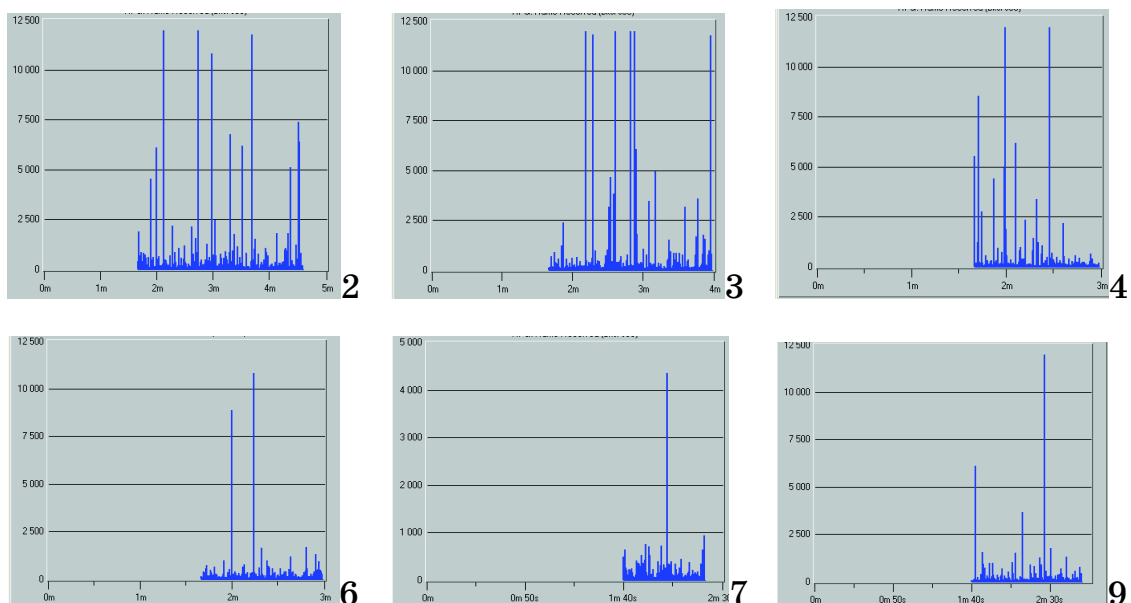


Рисунок 1 - Кількість відправлених пакетів для різних значень FOST у відповідності за номером моделі

Розглянемо випадок, коли один сервер посилає повідомлення тільки одному клієнту (рис. 2). В іншому випадку використовуються два сервери, кожен з яких з'єднаний зі світчем, який посилає інформацію одному клієнту (рис. 3). Мережа містить вузли-генератори самоподібного трафіка, а також вузли приймача, які з'єднані між собою перемикачами. Імітаційне моделювання здійснено у системі створення прототипу комп'ютерної мережі OPNET.

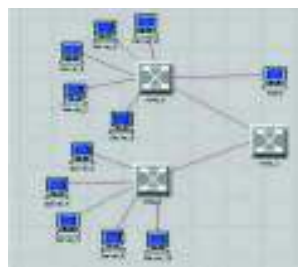
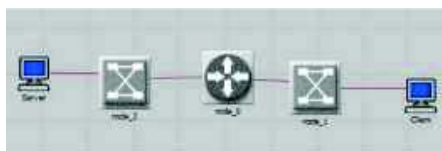


Рисунок 2 - Модель мережі 1

Рисунок 3 - Модель мережі 2

Досліджуємо ефект самоподібності, змінюючи параметр Парето (рис.4).

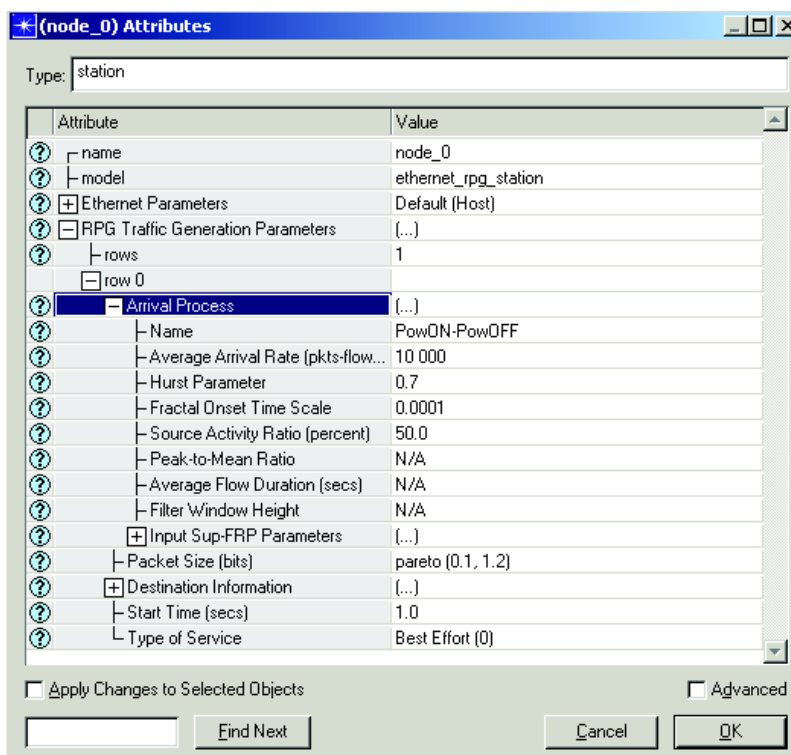


Рисунок 4 - Параметри джерела трафіка у OPNET

Таблиця 2

Моделювання мережі 1 та розрахунок оцінок

	Параметр періода ON/OFF	Aggregate оцінка	R/S оцінка	Periodogram оцінка	Whittle оцінка	Середнє значення H	Теоретичне значення H
1	Pareto(10,0.8)	0. 203	0. 496	0. 416	0. 514	0.41	
2	Pareto(10,1)	0. 558	0. 498	0. 454	0.500	0.50	
3	Pareto(10,1.2)	0. 555	0. 508	0. 425	0. 502	0.50	0.90
4	Pareto(10,1.4)	0. 601	0. 527	0. 476	0. 509	0.53	0.80
5	Pareto(10,1.6)	0. 573	0.55	0. 541	0. 538	0.55	0.70
6	Pareto(10,1.8)	0.64	0. 528	0. 805	0. 561	0.63	0.60

Моделювання мережі 2 та розрахунок оцінок

	Параметр періода ON/OFF	Aggregate оцінка	R/S оцінка	Periodogram оцінка	Whittle оцінка	Середнє
1	Pareto(10,0.8)	0.459	0.485	0.315	0.502	0.44
2	Pareto(10,1)	0.397	0.426	0.786	0.514	0.53
3	Pareto(10,1.2)	0.458	0.419	0.75	0.537	0.54
4	Pareto(10,1.4)	0.489	0.278	0.77	0.582	0.53
5	Pareto(10,1.6)	0.613	0.253	0.89	0.71	0.62
6	Pareto(10,1.8)	0.627	0.241	1.069	0.789	0.68

Відомо, що самоподібність залежить від характеристик періоду ON/OFF, а також від α (трафік володіє більш вираженими властивостями самоподібності при значеннях α більше 1). У проведених дослідженнях виявлена інша залежність: з більш високими α трафік є більш самоподібним. На іншому етапі моделювання було змінено кількість джерел від 5 до 40 у моделі мережі 2. Перевірено взаємозв'язок між самоподібністю трафіка й кількістю джерел. При збільшенні кількості ON/OFF станцій, H також збільшується. З аналізу проведених досліджень можна зробити висновок, що існує мінімальна залежність самоподібності від кількості ON / OFF джерел.

Висновки та перспективи подальших досліджень

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок про те, що при найбільшому ступеню самоподібності переданого мережевого трафіка (при $H \rightarrow 0,7$), величина затримки мінімізується. Для того, щоб параметри трафіка, який передається, задовольняли необхідній якості обслуговування, варто враховувати не тільки розміри пакета й швидкість передачі, але також і характер розподілу. З одного боку, значення Херста самоподібного трафіку та його оцінки не стабільні й відрізняється від теорії. З іншого боку, збільшення кількості джерел не мають великого впливу на самоподібність трафіку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городецкий А.Я., Заборовский В.С. Информатика. Фрактальные процессы в компьютерных сетях. – С.-Пб.: СПбГТУ, 2000. – 102с.
2. Олійник В.Ф. Основи теорії зв'язку. – К.: Техніка, 2000. – 150с.
3. Королёв А.В., Кучук Г.А., Пашнев А.А. Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях. – Х.: ХВУ, 2003. – 224с.
4. В.В. Гнатушенко Дослідження управління трафіком GPRS-мережі за допомоги імітаційної моделі / В.В. Гнатушенко, Данладі Алі, О.І. Михальов // Системні технологій. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (80). – Дніпропетровськ, 2012. – С. 67-78
5. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. – М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
6. Leland W. (February 1994). On the selfsimilar nature of ethernet traffic (extended version). IEEE/ acm transactions on networking, Vol. 2, No 1. P. 1-15.
7. Norros, I. A storage model with self-similar input / I. Norros // Queueing System. – 1994. – V. 8.
8. Влияние параметра формы распределения Парето на временные характеристики трафика [Электронный ресурс] /Поздняк И.С., Буранова М.А.// – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua>