

АНАЛІЗ ІМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАФІКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

Проведено аналіз трафіку інфокомунікаційної корпоративної мережі та досліджено його імовірно-статистичні властивості.

This paper has proposed an analysis of multimedia corporate network traffic. Its statistic and probabilistic properties had been researched.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В теорії аналізу телекомунікаційних мереж достатньо тривалий період загальноприйнятою була концепція, що будь-який пристрій обслуговування може бути описаний засобами систем масового обслуговування та теорії телетрафіку. З деякими засадами згаданого підходу можна погодитись і сьогодні, однак все частіше виникають ситуації, коли розраховані таким способом мережі в певні моменти входять у режим перевантаження і перебувають у такому стані доволі тривалий період часу, що призводить до значних втрат провайдера послуг.

Проведений аналіз показав, що так відбувається через невідповідність обраних моделей реальному мережевому трафіку до і після обслуговування. Це, в свою чергу, пояснюється відмінностями у імовірнісних характеристиках випадкових процесів, які прийняті для моделювання реального трафіку.

2. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Самоподібні процеси характеризуються декількома типовими ознаками:

- дисперсія таких процесів прямує до безмежності;
- автокореляційна характеристика є повільно спадною, що ще називають терміном «важкий хвіст АКХ»;
- параметр Херста такого процесу знаходиться в межах від 0 до 1.

Для проведення статистично-імовірнісного аналізу трафіку корпоративної мережі використовувались наступні методи дослідження:

- RS-аналіз для оцінки параметру Херста випадкового процесу, що відображає трафік мультисервісної мережі.

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

- Оцінка відповідності експериментального розподілу аналітичним відомим розподілам проведена із застосуванням критерію Колмогорова.

Метод RS-аналізу відображається наступною послідовністю кроків:

Визначається математичне сподівання випадкового ряду X_k ($k = 1 \dots N$):

$$M_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k \quad (1)$$

Визначається дисперсія вибірки:

$$S_N^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (X_k - M)^2 \quad (2)$$

Визначається інтегральне відхилення:

$$D_j = \sum_{k=1}^j X_k - jM, \quad j \in [1; N]. \quad (3)$$

Визначається рознесення випадкового процесу:

$$R_N = \max_{1 \leq j \leq N} D_j - \min_{1 \leq j \leq N} D_j \quad (4)$$

З встановленого Херстом співвідношення:

$$\frac{R}{S} \approx \left(\frac{N}{2} \right)^H, \quad (5)$$

визначається параметр Херста H :

$$H = \frac{\log\left(\frac{R}{S}\right)}{\log\left(\frac{N}{2}\right)} \quad (6)$$

3. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

В роботі проведено аналіз трафіку мультисервісної мережі великої організації. Протягом 541 хвилини велося спостереження за інтенсивністю вхідного і вихідного трафіку агрегуючого маршрутизатора. Було зафіксовано значення кількості поступлених пакетів з інтервалом 1 хв.

Спершу було проаналізовано трафік від одного абонента при завантаженні файлу із фіксованим значенням швидкості з'єднання (рис. 1). Виходячи із RS-методу оцінки параметру Херста, визначено, що даний параметр для такого випадкового процесу становить 0,58. Це означає, що даний процес схильний до персистентності і можна очікувати, що

при агрегації декількох таких процесів згадана тенденція буде збільшуватись, що буде доведено нижче на прикладі аналізу трафіку агрегуючого маршрутизатора.

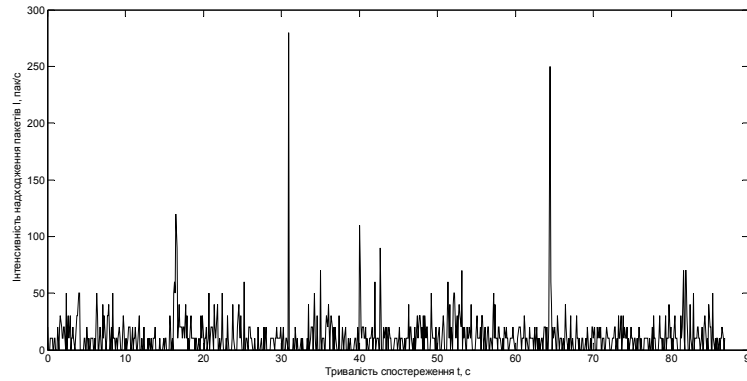


Рис. 1. Інтенсивність трафіку від одного абонента при завантаженні файлу зі швидкістю з'єднання 512 кбіт/с

На рис. 2 наведено трафік, що проходить через агрегуючий маршрутизатор. Штриховою лінією показано вихідний трафік, а суцільною – вхідний. На графіку можна спостерігати, що пік-фактор даного процесу значний, що дозволяє зробити припущення про те, що коефіцієнт Херста близький до 1.

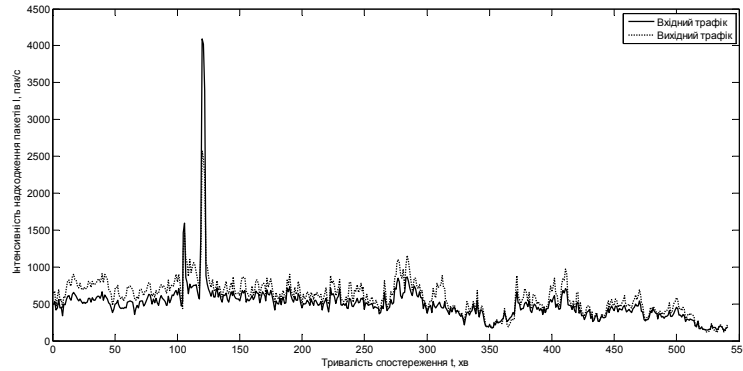


Рис. 2. Інтенсивність агрегованого трафіку корпоративної інфокомунікаційної мережі

На рис. 3 і 4 запропоновано імовірно-статистичний аналіз вхідного і вихідного трафіку та проведено підбір аналітичного розподілу імовірностей.

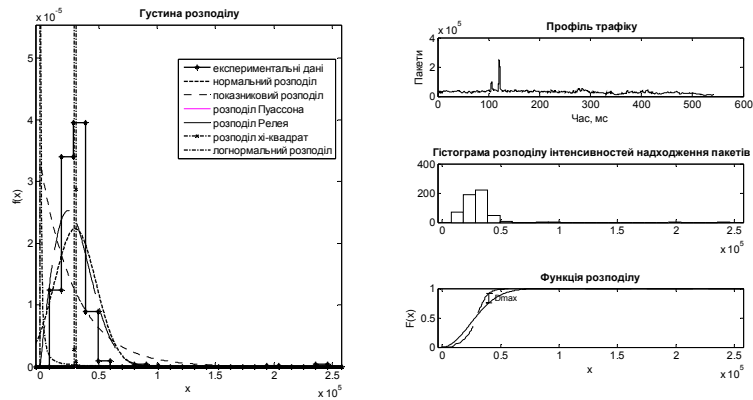


Рис. 3. Імовірнісно-статистичний аналіз вхідного трафіку корпоративної інфокомунікаційної мережі

Результати проведених статистичних досліджень:

- Об'єм вибірки $n=541$;
- Число степенів свободи $f=n-1=540$;
- $x_{\min}=8109$, $x_{\max}=245727$;
- Кількість інтервалів $k=23$;
- Ширина інтервалу $h=10331.217$;
- Вибіркові параметри розподілу:
- Математичне очікування $Mx=30064.553$;
- Середньоквадратичне відхилення $Sx=17853.044$;
- Дисперсія $Dx=318731179.87$;
- Асиметрія $Ax=8.1444271$;
- Екссес $Ex=89.7885207$;
- Варіація $Vx=0.5938237$.

Таблиця 1

Рівні значущості і деякі параметри розподілів

p_0	p	$t(1-p/2, f)$	$\chi^2(1-p/2, f)$	$\chi^2(p/2, f)$
0.9000	0.1000	1.64768	595.16833	487.10527
0.9600	0.0400	2.05872	609.61842	474.67087
0.9900	0.0100	2.58496	628.40237	459.10785
0.9990	0.0010	3.30863	654.72840	438.36749

Довірчі інтервали для генерального математичного очікування:

- $p=0.1000$: $28799.85538 < Mx < 31329.24998$;
- $p=0.0400$: $28484.35538 < Mx < 31644.74998$;

- $p=0.0100$: $28080.43143 < Mx < 32048.67393$;
- $p=0.0010$: $27524.96937 < Mx < 32604.13599$.

Довірчі інтервали для генеральної дисперсії:

- $p=0.1000$: $289186820.35371 < Dx < 353342177.39300$;
- $p=0.0400$: $282332080.45341 < Dx < 362598274.45093$;
- $p=0.0100$: $273892724.89080 < Dx < 374889770.87974$;
- $p=0.0010$: $262879748.54527 < Dx < 392626828.50489$.

Довірчі інтервали для генеральної асиметрії:

- $p=0.1000$: $7.81293 < Ax < 8.47592$;
- $p=0.0400$: $7.62029 < Ax < 8.66856$;
- $p=0.0100$: $7.09616 < Ax < 9.19270$;
- $p=0.0010$: $4.82950 < Ax < 11.45935$.

Довірчі інтервали для генерального ексцесу:

- $p=0.1000$: $89.13163 < Ex < 90.44541$;
- $p=0.0400$: $88.74988 < Ex < 90.82716$;
- $p=0.0100$: $87.71124 < Ex < 91.86580$;
- $p=0.0010$: $83.21959 < Ex < 96.35745$;

Виражено параметри гіпотетичних розподілів через статистичні параметри експериментального розподілу:

1. нормальний розподіл: $m_x=30064.5526802$; $s_x=17853.0439945$
2. показниковий розподіл: $\lambda=0.0000333$
3. розподіл Пуассона: $L=30064.5526802$;
4. Релеєвський розподіл: $\sigma=23988.0424110$
5. χ^2 -квадрат: $\chi^2=30064.5526802$;
6. Логнормальний: $\mu=0.5211728$; $\sigma=4.4249134$

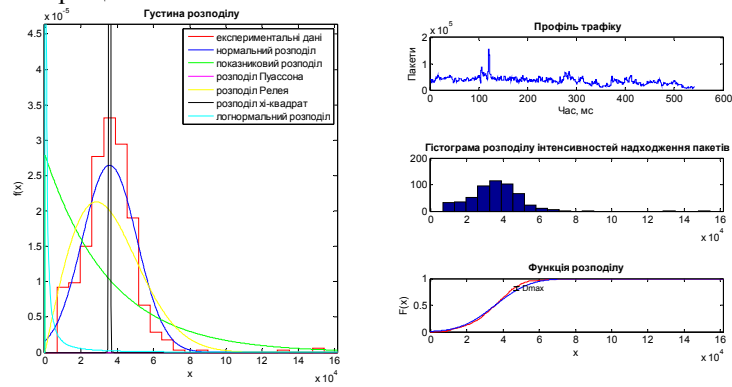
Вибираємо рівень значущості для критерію Колмогорова $p=0.30$. Найбільш підходящий – розподіл Релея. Максимальна різниця $D_{\max}=0.16562$ досягається при $x=40012$. Статистика Колмогорова $\lambda = 3.85223$. Квантиль розподілу Колмогорова $\lambda(0.70)=0.97306$. Розподіл підібрано неправильно, так як $\lambda > \lambda(1-p)$.

Параметр Херста вхідного трафіку 0,837.

Результати проведених статистичних досліджень:

- Об'єм вибірки $n=541$;
- Число степенів свободи $f=n-1=540$;
- $x_{\min}=6817$, $x_{\max}=154189$;
- Число інтервалів $k=23$;
- Ширина інтервалу $h=6407.478$;
- Вибіркові параметри розподілу:
- Математичне очікування $Mx=35723.675$;
- Середньоквадратичне відхилення $Sx=15068.627$;

- Дисперсія $Dx=227063523.475$;
- Асиметрія $Ax=2.1395800$;
- Експес $Ex=14.7511545$;
- Варіація $Vx=0.4218107$.



• *Рис. 4. Імовірнісно-статистичний аналіз вихідного трафіку корпоративної інфокомунікаційної мережі*

Таблиця 2

Рівні значущості і деякі параметри розподілів

p_0	p	$t(1-p/2, f)$	$\chi^2(1-p/2, f)$	$\chi^2(p/2, f)$
0.9000	0.1000	1.64768	595.16833	487.10527
0.9600	0.0400	2.05872	609.61842	474.67087
0.9900	0.0100	2.58496	628.40237	459.10785
0.9990	0.0010	3.30863	654.72840	438.36749

Довірчі інтервали для генерального математичного очікування:

- $p=0.1000$: $34656.22354 < Mx < 36791.12581$;
- $p=0.0400$: $34389.92992 < Mx < 37057.41944$;
- $p=0.0100$: $34049.00321 < Mx < 37398.34614$;
- $p=0.0010$: $33580.17276 < Mx < 37867.17659$.

Довірчі інтервали для генеральної дисперсії:

- $p=0.1000$: $206016174.50473 < Dx < 251720336.31629$;
- $p=0.0400$: $201132870.03823 < Dx < 258314363.33450$;
- $p=0.0100$: $195120688.20309 < Dx < 267070803.44509$;
- $p=0.0010$: $187275063.51714 < Dx < 279706651.62944$.

Довірчі інтервали для генеральної асиметрії

- $p=0.1000$: $1.80809 < Ax < 2.47107$;
- $p=0.0400$: $1.61544 < Ax < 2.66372$;
- $p=0.0100$: $1.09131 < Ax < 3.18785$;

- $p=0.0010$: $-1.17534 < A_x < 5.45450$.

Довірчі інтервали для генерального ексцесу

- $p=0.1000$: $14.09426 < E_x < 15.40805$;
- $p=0.0400$: $13.71252 < E_x < 15.78979$;
- $p=0.0100$: $12.67388 < E_x < 16.82843$;
- $p=0.0010$: $8.18222 < E_x < 21.32009$.

Виражено параметри гіпотетичних розподілів через статистичні параметри експериментального розподілу:

1. нормальний розподіл: $m_x=35723.6746765$; $s_x=15068.6271264$
2. показниковий розподіл: $\lambda=0.0000280$
3. розподіл Пуассона: $L=35723.6746765$;
4. Релеєвський розподіл: $\sigma=28503.3684795$
5. хі-квадрат: $\chi^2=35723.6746765$;
6. Логнормальний: $\mu=0.8631987$; $\sigma=4.3864268$

Вибираємо рівень значущості для критерію Колмогорова $p=0.30$. Найбільш підходящий – нормальний розподіл. Максимальна різниця $D_{\max}=0.07037$ досягається при $x=47355$. Статистика Колмогорова $\lambda=1.63669$. Квантиль розподілу Колмогорова $\lambda(0.70)=0.97306$. Розподіл підібрано неправильно, так як $\lambda > \lambda(1-p)$.

Параметр Херста вихідного трафіку 0,907.

4. ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень доведено, що агрегований трафік інфокомунікаційної мережі є самоподібним з параметром Херста близьким до одиниці. Це свідчить про неможливість точної апроксимації такого випадкового процесу аналітичними розподілами імовірностей. Дане припущення перевірене на основі проведено підбору аналітичного розподілу за критерієм Колмогорова. Найбільш близьким для вхідного трафіку виявився розподіл Релея, а для вихідного – нормальний розподіл. Однак для жодного з цих розподілів не виконана умова критерію Колмогорова, тому найбільш придатними для аналітичного моделювання трафіку мультисервісних корпоративних мереж можна вважати самоподібні процеси.

1. Ложковський А.Г. Исследование системы обслуживания с ожиданием и рекуррентным потоком вызовов // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2004. – № 2. – С. 56–59. 2. Ложковський А.Г., Ганифаєв Р.А. Оценка параметров качества обслуживания самоподобного трафика энтропийным методом // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2008. – № 1 – С. 57–62. 3. Лаврів О.А. Моделювання та дослідження параметрів QoS в системі розподілу інформації з самоподібним вхідним потоком і обслуговуванням за порядком черги. Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми телекомунікацій – 2011». – 2011 р.