

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРУ САМОПОДІБНОСТІ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СМО

Уривський Л. О., Сколець А. В.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

E-mail: leonid_uic@ukr.net, krikliyanastya@gmail.com

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE SELF-SIMILARITY FACTOR ON THE FUNCTIONING OF THE QS.

One of the characteristics of modern telecommunications networks is the self-similarity property, due to which load ripples occur in the network at different random time intervals, which can lead to long delays and packet losses. The paper compares the traditional QS model with the Poisson distribution and QS with the Weibull distribution, which describes the self-similarity property. A quantitative assessment of the difference in the characteristics of the models is given, and the importance of taking into account the self-similarity factor when calculating QS quality indicators is shown.

Останнє десятиліття ознаменувалося істотним досягненням у сфері теорії телетрафіку [1, 2] – відкриттям самоподібних властивостей процесів, що протікають у сучасних мережах. Вперше про самоподібний телетрафік заговорили з моменту його відкриття в 1993 році групою вчених W.Leland, M.Taqqu, W.Willinger і D.Wilson [3], які досліджували Ethernet-трафік у мережі корпорації Bellcore і виявили, що вхідні потоки від джерел дискретної інформації є корельованими (на відміну від властивостей речового трафіку із незалежними вхідними потоками), тобто мають властивість самоподібності.

Г. Херст [4] був першим, хто використав специфічний показник для виміру в явищах ступені самоподібності, яка зараз визнається присутньою в багатьох процесах, що пояснюють природні та штучні події.

Отже, кількісною мірою ступеня самоподібності трафіку є показник Херста H , який може набувати значень в інтервалі від 0,5 (фактична відсутність прояву самоподібності) до 1 (максимальна ступінь самоподібності, яка на практиці не зустрічається). Що ближче цей параметр до одиниці, то яскравіше проявляються самоподібні властивості [5].

Для опису СМО використано розподіл Вейбулла [6], як найбільш адекватний в моделях СМО із самоподібністю. Оригінальність дослідженню надає акцент на характеристики, що забезпечують необхідну якість обслуговування.

Для доведення важливості врахування фактору самоподібності проведено графічне порівняння показників якості обслуговування при розподілі Пуассона і розподілі Вейбулла, використовуючи програмне забезпечення “Matlab” для

розрахунку значення σ (сігми) для параметру Херста рівним 0.6, 0.7 та 0.8, та ПЗ “Еxcel” для розрахунку формул для отриманих значень та побудови самих графіків.

Розглядаючи розподіл Пуассона і розподіл Вейбулла для дослідження показника $W_{оч}$ (Середній час очікування заявки в черзі) використано формули [7, 8]:

$$W_{оч} = \frac{\rho}{\mu \cdot (1 - \rho)} \quad (1) \quad \text{Пуассон (М/М/1/}\infty\text{)}$$

$$W_{оч} = \frac{\sigma}{\mu \cdot (1 - \sigma)} \quad (2) \quad \text{Вейбулл (М/М/1/}\infty\text{)}$$

Для наглядного порівняння розраховано залежність показника $W_{оч}$ у відсутності самоподібності в трафіку при розподілі Пуассона ($H = 0.5$) та при урахуванні самоподібності ($H > 0.5$). В Таблиці 1 досліджено даний показник при інтенсивності обслуговування $\mu = 1,25$.

Табл. 1. Залежність показника $W_{оч}$ при розподілах Пуассона ($H = 0.5$) та Вейбулла ($H > 0.5$).

ρ	0,5				0,6				0,7				0,8			
H	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{оч}$	0,75	1,1	1,9	4,5	1,2	1,7	2,5	6,7	1,9	2,5	4,1	10,7	3,2	4,4	7	19,2
Розбіжність	1	1,47	2,53	6	1	1,42	2,08	5,58	1	1,32	2,16	5,63	1	1,38	2,19	6

Тоді отримуємо такі графічні залежності при заданих значеннях параметру Херста:

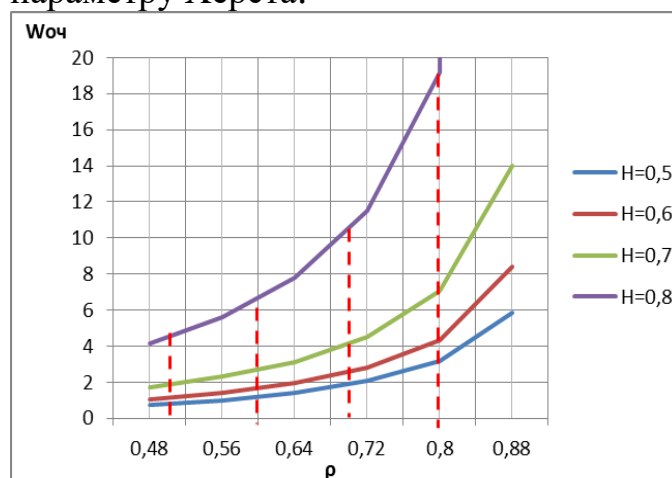


Рис. 1. Середній час очікування при різних значеннях параметру Херста.

Графік залежностей зображений в діапазоні інтенсивності обслуговування від 0.48 до 0.88 і середнього часу очікування від 0 до 20.

Характер наданої залежності такий, що розбіжність в показниках зростає по мірі зростання інтенсивності вхідного потоку та, одночасно, фактору самоподібності і досягає значень близько 6 при суттєвій мірі самоподібності ($H = 0,8$).

При інтенсивності обслуговування $\mu = 2$ таблиця з залежностями має вигляд:

Табл. 2. Залежність показника $W_{оч}$ при розподілах Пуассона та Вейбулла ($\mu = 2$).

P	0,3				0,4				0,5				0,6			
H	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{оч}$	0,2	0,3	0,5	1,4	0,3	0,5	0,8	2	0,5	0,7	1,2	2,8	0,8	1	1,7	4,1
Розбіжність	1	1,5	2,5	7	1	1,67	2,67	6,67	1	1,4	2,4	5,6	1	1,25	2,13	5,13

Для даного набору значень отримуємо таку графічну залежність:

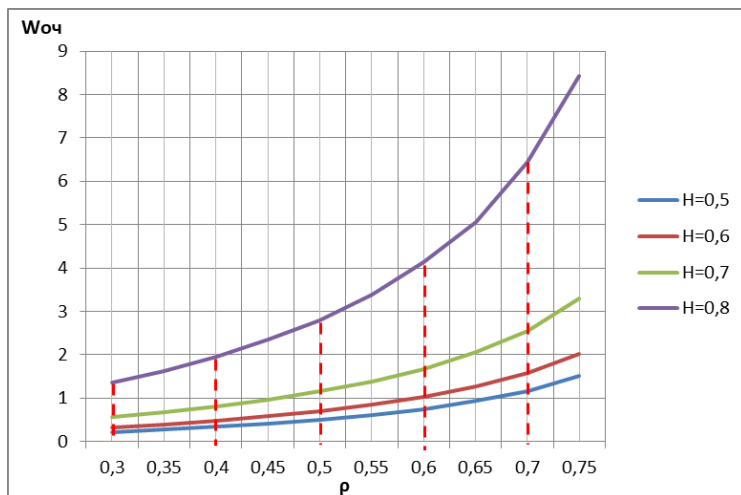


Рис. 2. Середній час очікування при різних значеннях параметру Херста.

Розбіжність досягає значень від 5 до 7 при суттєвій мірі самоподібності ($N = 0,8$).

Для порівняння дослідимо залежності при $\mu = 2.25$.

Табл. 3. Залежність показника $W_{оч}$ при розподілах Пуассона та Вейбулла ($\mu = 2,25$).

ρ	0,3				0,4				0,5				0,6			
N	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{оч}$	0,2	0,3	0,5	1,1	0,3	0,4	0,6	1,7	0,5	0,7	1	2,5	0,7	0,9	1,5	3,7
Розбіжність	1	1,5	2,5	5,5	1	1,33	2	5,67	1	1,4	2	5	1	1,29	2,14	5,29

Далі отримуємо графічну залежність:

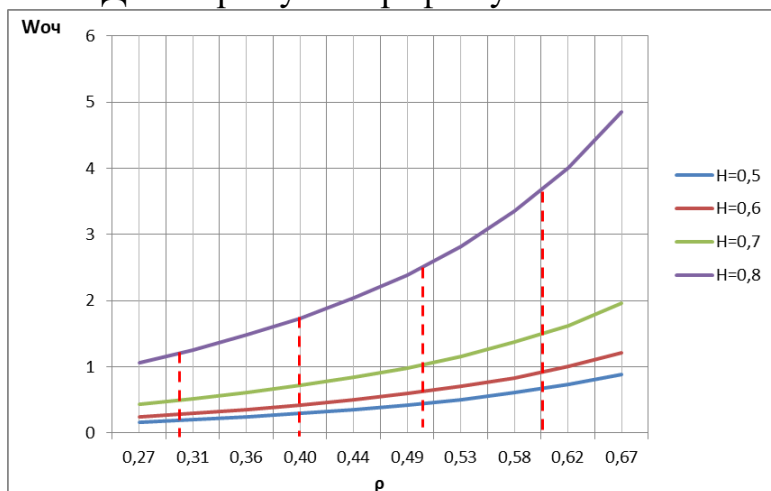


Рис. 3. Середній час очікування при різних значеннях параметру Херста

Аналізуючи отримані графіки, можна зробити загальний висновок, що, якщо не враховувати характеристику ступені самоподібності трафіку, тобто параметр Херста N , то неможливо адекватно представити характеристики для задоволення якості обслуговування в хмарному середовищі.

Висновки. В статті досліджено, як зміни інтенсивності обслуговування впливають на якісні показники системи масового обслуговування, коли має місце самоподібний трафік. Самоподібність описується параметром Херста в інтервалі від 0.5 до 1.

Методики знаходження значень параметрів якості обслуговування в СМО досліджено за допомогою формул Літтла, який є одним із основоположників теорії масового обслуговування.

На графіках зображена залежність середнього часу від інтенсивності навантаження при певних значеннях інтенсивності обслуговування і параметру

Херста. Можна помітити, що збільшення середнього часу очікування обумовлено як збільшенням інтенсивності навантаження, так і збільшенням ступені самоподібності. При $\mu = 2$ і зміні інтенсивності обслуговування в діапазоні від 0,3 до 0,75 отримані результати демонструють зміну значення середнього часу змінюється від 0,2 до 1,5 при найпростішому потоці ($H = 0,5$) та від 1,4 до 8,4 при самоподібності з параметром Херста $H = 0,8$. При $\rho = 0,3$, розбіжність в часі очікування досягає 7, а при $\rho = 0,7$ розбіжність значень досягає 5,4.

Отже, в разі ігнорування фактору самоподібності система обслуговування не буде відповідати очікуваним параметрам, що може призвести до суттєвої помилки у визначенні кількісних значень характеристик СМО, необхідних для забезпечення потрібної якості обслуговування користувачів.

Література

1. Kleinrock L., Queueing Systems, Vol. I, II, John Wiley & Sons, 1975.
2. Little, J.D.C. (1961): A Proof for the Queueing Formula $L = \lambda W$. Operations Research, Vol. 9 (1961), pp. 383–387.
3. Leland W.E., Taqqu M.S., Willinger W., and Wilson D.V. On the self-similarity of ethernet traffic // IEEE/ACM Transactions of Networking, 2(1), 1994. — P.1-15.
4. Hurst, H.E. (1951). "Long-term storage capacity of reservoirs". Transactions of the American Society of Civil Engineers. v.116, p.770.
5. Струбицький Р. П. «Самоподібна модель завантаженості хмарових сховищ даних». Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2015. – № 14. – С. 147–156.
6. Weibull, W. A statistical distribution function of wide applicability. J. Appl. Mech. 1951, 18, 293–297.
7. Уривський Л.О., Криклива А. В..(2022) ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ В СМО ІЗ САМОПОДІБНИМ ТРАФІКОМ./ XVI Міжнародна науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем» ПРИТС-2022: Збірник матеріалів конференції К.: НТУУ «КПІ». – 2022. – с.53-58.
8. Uryvsky L., Kryklyva A. Analysis of Differences in the Characteristics of Queueing Systems with the Dynamics of Input Streams Self-Similarity / Information & Telecommunication Sciences. – V. 13, № 1, 2022. – p.p. 22-26.