

## **АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЧАСУ ОБРОБКИ ПОВІДОМЛЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЮ МЕРЕЖЕЮ**

### **Анотація:**

*Продуктивність є одним із головних критеріїв ефективного функціонування системи управління телекомунікаційною мережею. В свою чергу час обробки повідомлень визначає продуктивність системи управління. Для оцінки часу обробки повідомлень в системі управління була застосована теорія телетрафіка. Результати дослідження, представлені в статті, показують методику визначення необхідної швидкості каналів управління, яка може використовуватися в процесі проектування систем управління.*

### **Аннотация:**

*Производительность является одним из главных критериев эффективного функционирования системы управления телекоммуникационной сетью. В свою очередь время обработки сообщений определяет производительность системы управления. Для оценки времени обработки сообщений в системе управления была применена теория телетрафика. Результаты исследования, представленные в статье, показывают методику определения необходимой скорости каналов управления, которая может использоваться в процессе проектирования систем управления.*

### **Abstract:**

*Productivity is one of the main criteria of effective functioning of telecommunication network management system. Messages delay is used to determine management system productivity. There are teletraffic theory is used to define messages delay in telecommunication management systems. Results of research which used in this article are showing the method of determining the throughput of operation and maintenance links and can be used in design processes of management systems.*

Одним з основних показників ефективності функціонування системи управління (СУ) телекомунікаційною мережею (ТКМ) є пропускна спроможність мережі, яка відображає величину навантаження напрямку зв'язку із заданою якістю.

Затримка інформації в циклі управління понад допустиму величину може призвести до значного зниження пропускної спроможності, а в деяких випадках – до виникнення перевантажень і порушення режиму нормального функціонування напрямків зв'язку [1]. При цьому, якщо ситуація на мережі змінюватиметься швидше, ніж тривалість циклу управління, то дії з управління, можуть взагалі дезорганізувати роботу мережі.

Аналіз часу обробки повідомлень в процесі управління телекомунікаційною мережею дозволяє визначити вузькі місця і шляхи підвищення ефективності функціонування системи в цілому. При цьому важливо мати математичний апарат, що дозволяє кількісно оцінити значення обробки інформації в циклі управління.

У сучасній науково-технічній літературі [2, 3, 4] опубліковано низку методик, що дозволяють оцінити час виконання транзакції (операції) в СУ телекомунікаційною

мережею. У [2] наведено математичну модель для каналу управління і співвідношення для якісної оцінки часу обробки повідомлень в СУ ТКМ. Але при цьому не враховуються особливості практичної реалізації наведеної моделі, формати повідомлень і типи протоколів транспортного рівня, які використовуються при передачі інформації управління.

Сьогодні найдинамічніше розвиваються телекомунікації операторів мобільного зв'язку. Це пов'язано з тим, що в цьому секторі телекомунікаційного ринку найбільш жорстка конкуренція. Тому в даній галузі питання організації ефективного управління мережею і сервісами є особливо актуальним. У зв'язку з цим оператори мобільного зв'язку використовують найбільш передові технології і рішення в галузі управління телекомунікаціями.

Структура системи управління мережею радіодоступу оператора мобільного зв'язку складається з таких складових:

- об'єкти управління (*Base Transceiver Station, Base Station Controller, Transcoder/Rate Adaptation Unit*);
- сервери управління (*Operation & Maintenance Servers*);
- робочі станції системи управління (*Operation & Maintenance Terminals*);
- канали управління між мережевими елементами і серверами СУ.

Канали управління, які з'єднують територіально рознесені елементи СУ через корпоративну *Wide Area Network (WAN)*, викликають особливий інтерес при аналізі часу виконання транзакцій управління.

Інтегральний трафік між об'єктами управління (мережевими елементами) і серверами СУ визначається:

- трафіком, згенерованим в результаті операцій управління конфігурацією мережеских елементів і мережі в цілому (частота і обсяг трафіка – величини випадкові та досить невеликі) [2];
- трафіком, отриманим унаслідок періодичного збору статистичних даних про стан елементів мережі (залежить від періоду опитування і кількості мережеских елементів);
- трафіком, сформованим в результаті операцій управління при пошкодженнях і аваріях на мережі (частота і обсяг трафіка – величини випадкові, непередбачувані, що може призвести до перевантаження мережі).

Найчастіше для управління телекомунікаційними мережами використовується протокол прикладного рівня *Simple Network Management Protocol (SNMP)* [5].

Для оцінки часу обробки інформації пропонується застосовувати математичний апарат теорії телетрафіка. Створення моделей на основі цієї теорії дозволяє одержати рішення з достатньо точною апроксимацією реальних процесів.

Приведемо у відповідність реальні фізичні об'єкти і елементи моделі. З позицій теорії телетрафіка канал управління між мережевими елементами і серверами СУ можна розглядати як систему масового обслуговування з загальним накопичувачем (буфером) та повнодоступними обслуговуючими приладами (серверами управління)  $m$  без втрат типу  $M/M/m$  (із вхідним Пуассонівським потоком повідомлень і експоненціальним розподілом обслуговування повідомлень в сервері).

Повідомлення надходять у випадкові моменти часу з інтенсивністю  $\lambda$  повідомлень в секунду (інтенсивність надходження повідомлень), чекають обслуговування в

накопичувачі і обслуговуються серверами СУ з інтенсивністю  $\mu$  повідомлень в секунду (інтенсивність обслуговування повідомлень) (рис. 1).

Початковими даними для такої моделі можуть бути:

- інтенсивність надходження повідомлень в СУ ( $\lambda$ , повідомлень/с; Мбіт/с);
- кількість органів управління  $m$  – серверів;
- обсяг (розмір) повідомлення транспортного рівня, яке використовується для передачі інформації з використанням протоколу *SNMP* ( $N$ , кількість біт в повідомленні).

При цьому використовувались такі обмеження:

- не враховується конфігурація мережі передачі повідомлень управління;
- канали управління абсолютно надійні, тобто ймовірність помилки в каналі дорівнює нулю;
- виходячи з того, що для передачі повідомлень управління використовується, як правило, *User Datagram Protocol*, вважатимемо, що час на встановлення з'єднання дорівнює нулю.

На рис.1 подано спрощену модель системи масового обслуговування (СМО)  $M/M/m$ .

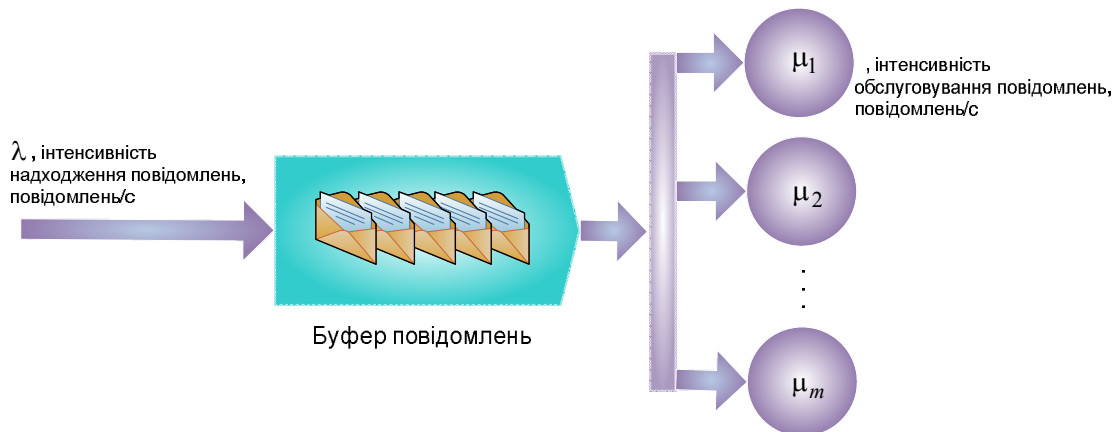


Рис. 1. Спрощена модель обслуговування повідомлень

У результаті моделювання необхідно визначити:

- залежність часу обробки повідомлень в системі управління від інтенсивності вхідного потоку заявок та інтенсивності обслуговування і кількості серверів  $t_s = f(\lambda, \mu, m)$ ;
- необхідну каналну швидкість передачі інформації при заданій інтенсивності надходження заявок і протоколу транспортного рівня, який використовується та визначає обсяг повідомлення.

Така постановка задачі дозволяє визначити вимоги до продуктивності каналів зв'язку в контурі управління елементами телекомунікаційної мережі.

Середній час обробки повідомлень  $t_s$  в системі управління може бути визначений на основі використання математичного апарата теорії телетрафіка для моделі  $M/M/m$ , наведеного в [4]. При цьому, для набуття чисельних значень цього параметра необхідне знання ймовірнісних показників системи управління, таких як ймовірність  $P_0$

знаходження сервера у вільному стані та ймовірність  $P_Q$  постановки заявки в чергу на обслуговування.

Ймовірність  $P_0$  знаходження сервера у вільному стані визначається наступним аналітичним виразом [6]:

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{m-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^m}{m!} \left( \frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}, \quad (1)$$

де  $A$  – коефіцієнт завантаження каналу системи управління,  $\rho$  – коефіцієнт завантаження одного сервера.

Дані параметри визначається наступним чином:

$$A = \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{та} \quad \rho = \frac{\lambda}{m \times \mu}.$$

При чому необхідне виконання умови (2), що забезпечує стаціонарний режим роботи даної СМО:

$$\rho = \frac{\lambda}{m \times \mu} = \frac{A}{m} < 1. \quad (2)$$

Ймовірність  $P_Q$  постановки повідомлення в чергу залежить від значення ймовірності  $P_0$  знаходження сервера у вільному стані, коефіцієнта завантаження  $A$  каналу системи управління,  $\rho$  коефіцієнта завантаження сервера і кількості  $m$  обслуговуючих приладів:

$$P_Q = \frac{\left( \frac{A^m}{m!} \right) \left( \frac{1}{1 - A/m} \right)}{\left[ \sum_{k=0}^{m-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^m}{m!} \left( \frac{1}{1 - A/m} \right) \right]} = \frac{A^m}{m!(1-\rho)} \times P_0. \quad (3)$$

З урахуванням виразу (3), що також називають  $C$  – формулою Ерланга, середня кількість заявок в черзі визначається згідно з формулою (4):

$$N_Q = \frac{\rho}{1-\rho} \times P_Q. \quad (4)$$

Середня кількість заявок, які знаходять на обслуговуванні на серверах, визначається згідно з формулою (5):

$$N_m = m \times \rho = A. \quad (5)$$

Відповідно до відомих формул Літла [4] та наведених формул (4), (5) загальний час обробки повідомлення в системі  $t_S$  можна визначити наступним чином:

$$t_S = \frac{1}{\mu} + \frac{N_Q}{\lambda}.$$

Використовуючи математичний апарат, наведений вище, та базуючись на результатах експериментів, викладених в [7, 8, 9] проведемо аналіз обробки повідомлень в системі управління. Відповідно до представлених даних „експериментальна мережа управління” включає одного менеджера та 178 агентів. У результаті аналізу *SNMP* трафіка протягом 168 годин встановлюється середня кількість *SNMP* пакетів, що циркулюють в мережі управління, яка становить 5136 пакетів/сек. Отже, середня кількість пакетів, оброблених менеджером від одного агента становитиме приблизно  $5136 / 178 \approx 30$  [повідомлень/с]. Проведемо розрахунки для експериментально отриманої інтенсивності надходження повідомлень в канал управління:  $\lambda_1 = 30$  [повідомлень/с]. А також проведемо аналіз для інших значень інтенсивностей надходження повідомлень в канал управління:  $\lambda_2 = 40$ ;  $\lambda_3 = 50$  [повідомлень/с] при використанні одного сервера  $m_1 = 1$ , в першому випадку, та п'яти серверів в системі управління  $m_2 = 5$ , в іншому випадку при тих самих значеннях вхідного навантаження  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ . Залежності середнього часу затримки повідомлень віддаленим сервером (або групою серверів) СУ від співвідношення інтенсивностей надходження і обслуговування заявок та кількості серверів в СУ –  $t_S = f(\lambda, \mu, m)$  подано на рис. 2.

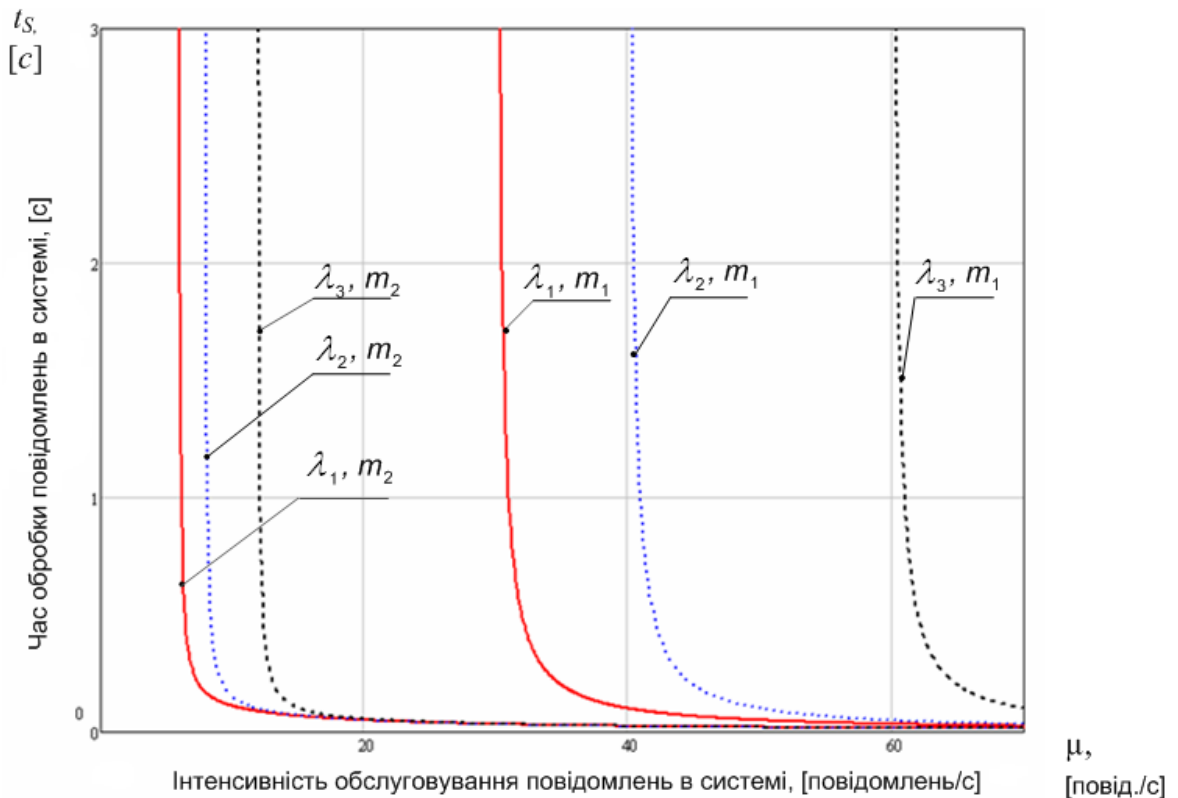


Рис. 2. Залежність обробки повідомлень в СУ від інтенсивності обслуговування і інтенсивності надходження повідомлень в СУ та кількості серверів

На рис. 2 подано залежності у відносних одиницях вимірювання. Для того, щоб визначити чисельні значення параметрів, конкретизуємо тип протоколу, що використовується. Зазвичай як транспорт для повідомлень протоколу *SNMP* використовують дейтаграми *User Datagram Protocol (UDP)* [10]. Максимальна довжина *SNMP* повідомлення обмежена максимальною довжиною *UDP* дейтаграми ( $N_{UDP_{max}} = 524120$  [біт]). Однак відповідно до наведених результатів експерименту середня довжина *SNMP* повідомлення складає приблизно 1500 байт. Виходячи з цього, середній розмір *UDP* дейтаграми, що використовується для транспорту *SNMP* повідомлення, становитиме  $1500 + 8 = 1508$  [байт] = 12064 [біт] [11]. Проведемо розрахунки за формулами (1–5) з урахуванням середньої довжини *UDP* дейтаграми. Результати розрахунків середнього часу обробки повідомлень транспортного рівня в СУ показано на рис. 3.

Аналіз залежностей, наведених на рис. 3, показує:

- суттєве зменшення часу обробки повідомлень спостерігається при збільшенні швидкості передачі інформації в каналі управління до значення 8 Мбіт/с. Подальше збільшення швидкості передачі інформації в каналі практично не впливає на час обробки інформації управління;

- використання групи серверів для обслуговування вхідного потоку приводить також до зменшення загального часу обробки повідомлення в системі управління  $t_S = f(\lambda, \mu, m_1) > t_S = f(\lambda, \mu, m_2)$ .

Наведений приклад можна використовувати при складанні методики вимоги до пропускної спроможності каналу управління, яка залежить від швидкості передачі інформації і надмірності, що вноситься протоколами 1, 2 і 3-го рівня моделі *Open System Interconnection*.

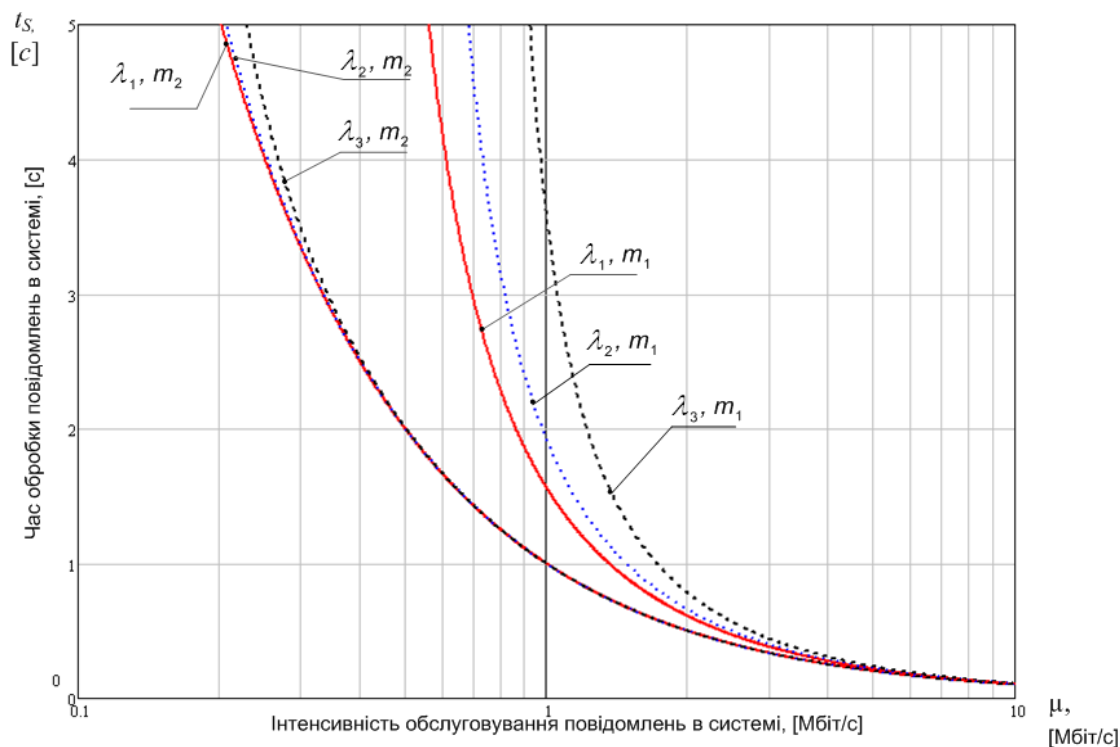


Рис. 3. Аналіз часу обробки повідомлень в СУ

Таким чином, в роботі запропоновано аналітичну модель, що дозволяє оцінити час обробки повідомлень з урахуванням особливостей практичної реалізації принципів обміну інформацією між органами і об'єктами управління, а саме: протокол транспортного рівня і формати повідомлень, які використовуються при передачі інформації управління.

На основі отриманих результатів можна вирішувати і зворотну задачу – визначати вимоги до каналів обміну інформацією між органами і об'єктами управління, що забезпечують задану величину часу обробки.

Результати наведеної методики можуть бути використані при проектуванні і оптимізації СУ для визначення необхідної пропускнуєї спроможності каналів в СУ.

#### Література:

1. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление. – К.: ВПЦ „Киевский Университет”, 2003. – 247 с.
2. Слюсарь В.А. К вопросу об оценке некоторых критериев функционирования систем управления телекоммуникационными сетями // Научные записки УНДІЗ. – Київ, 2007. – Вип. №1. – С. 20 – 24.
3. Brandon Matt. Comparison of SNMP Version 1, 2, 3/ Xin Tang, April 17, 2006.
4. Крылов В. В., Самохвалова С.С. Теория телеграфика и ее приложения. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 288 с.
5. RFC1157 – Simple Network Management Protocol (SNMP), May 1990.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. / Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 423 с.
7. Jurgen Schonwalder. SNMP Traffic Measurements. International University Bremen Campus Ring 1, 28725 Bremen, Germany, 2007.
8. Gijis van den Broek, Sietse ten Hoeve, Giovane C. M. Moura, Aiko Pras. SNMP Trace Analysis: Results of Extra Traces. University of Twente Enschede, The Netherlands. December 15, 2009.
9. Harrington D., Presuhn R., Wijnen B. An Architecture for Describing SNMP Management Frameworks. – IETF. – April, 1999.
10. RFC 768 – User Datagram Protocol, 28 August 1980.
11. Harrington D., Presuhn R., Wijnen B. An Architecture for Describing SNMP Management Frameworks. – IETF. – April, 1999.