

УДК 004.056.

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.042740

О. А. ЛАПТЄВ¹, доктор техн. наук, ст. наук. співробітник;Р. В. БАБЕНКО², ад'юнкт;А. М. ПРАВДИВИЙ¹, аспірант;С. А. ЗОЗУЛЯ¹, аспірант;О. Р. СТЕФУРАК¹, ст. інженер,¹ Державний університет телекомунікацій, Київ² Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ВИБОРУ ПОСЛІДОВНОСТІ ПРІОРИТЕТІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ

Аналіз роботи системи зв'язку щодо передавання потоків інформації, яка має різну вагомість та необхідний час на оброблення, зумовлює потребу пошуку шляхів максимізації сумарної вагомості обробленої інформації під час виконання службових завдань.

Метою статті є удосконалення методики, яка дасть змогу підвищити ефективність (продуктивність) роботи системи зв'язку завдяки збільшенню обсягу всієї обробленої інформації.

Удосконалена методика додатково враховує пріоритет типів потоків інформації, за яким надається право першочергового обслуговування в системі зв'язку. Зазначена методика може бути використана для організації роботи в різних установах та організаціях із метою збільшення сумарної вагомості всіх прийнятих рішень щодо службових завдань, які надійшли для виконання.

Ключові слова: система зв'язку; пріоритет; потоки інформації; прийняття рішень.

Вступ

Постановка проблеми. Робота системи зв'язку пов'язана з опрацюванням інформації, яка має різну вагомість та необхідний час на своє оброблення. Тому постає питання щодо організації роботи системи зв'язку в такий спосіб, аби отримати максимум обробленої інформації з потоків різної інтенсивності, тривалості та вагомості за умови, що в разі зайнятості всіх каналів зв'язку інформацію буде втрачено [4–7].

Отже, виникає потреба застосування наукового підходу до розв'язання задачі максимізації обсягу інформації, яка обробляється системою зв'язку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Щоб оцінити ефективність системи зв'язку, було вивчено та проаналізовано низку використовуваних раніше методик. Зауважимо, що методики, розроблені авторами розглянутих робіт, дають можливість дослідити якість роботи системи зв'язку, опис закономірностей, відповідно до яких змінюються показники ефективності виконання завдань. Водночас, проведений детальний аналіз розроблених у них методик свідчить про те, що вони не повною мірою зважають на характеристики інтенсивності, тривалості та вагомості інформації, яка циркулює в системі зв'язку, а питання, що стосуються пріоритетності типів потоків інформації, за якою надається право першочергового обслуговування в системі зв'язку, потребують більш детального дослідження, а отже, вдосконалення методики, яка б враховувала зазначені недоліки [1–3].

Метою статті є удосконалення методики вибору послідовності пріоритетів обслуговування потоків інформації, яка уможливить підвищення ефективності (продуктивності) роботи системи зв'язку завдяки збільшенню обсягу всієї переданої інформації за умови незмінності каналів (засобів) зв'язку.

Основна частина

Розглянемо випадок, коли на вхід обслуговувального пристрою (каналу зв'язку) без пристрою пам'яті (система масового обслуговування з відмовами) надходить N потоків інформації. Інтенсивність кожного потоку λ_i , $i = 1, 2, \dots, N$ [4–7].

Тривалість обслуговування заявки i -го потоку каналом зв'язку — величина випадкова, розподілена за показовим законом із параметром $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{\text{обсл}}}$, де $\bar{t}_{\text{обсл}}$ — середній час обслуговування заявки i -го типу.

Вагомість кожної заявки характеризується деякою величиною a .

При цьому в системі вводиться деякий пріоритет для кожного типу потоку, за яким надається право першочергового обслуговування заявок із потоку з меншим номером. Отже, якщо в момент надходження заявки j -го потоку канал зв'язку зайнятий обслуговуванням заявки i -го типу, за умови $j < i$, то остання заміщується заявкою, яка щойно прибула.

Потрібно так організувати роботу системи наведення та вибрати послідовність пріоритетів (пронумерувати потоки), щоб у стаціонарному режимі максимізувати сумарну вагомість усіх повністю обслугованих заявок в одиницю часу, тобто максимізувати вираз

$$\sum_{i=1}^N a\lambda_i p_i. \quad (1)$$

Цей вираз можна подати у вигляді

$$a\Lambda_N \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{\Lambda_N} p_i \equiv a\Lambda_N P_{\text{п.обсл}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{п.обсл}}$ — імовірність повного обслуговування заявки із сумарного потоку з інтенсивністю $\Lambda_N \sum_{i=1}^N \lambda_i$.

Звідси випливає, що задача зводиться до визначення послідовності пріоритетів, яка максимізує ймовірність $P_{\text{п.обсл}}$ повного обслуговування заявки із сумарного потоку. Це пояснюється тим, що всі заявки мають однакову вагомість, тому не важливо, яку заявку буде оброблено, головне, щоб імовірність повного обслуговування була максимальною.

Уведемо позначення:

$P_0(t)$ — канал зв'язку вільний від обслуговування в момент часу t ;

$P_1(t)$ — канал зв'язку в момент часу t зайнятий обслуговуванням заявки з i -го потоку.

Позначимо потоки номерами від 1 до N ($1 \leq i \leq N$). Тоді систему диференціальних рівнянь, яка описує ймовірності станів системи, можна подати у вигляді

$$\left. \begin{aligned} p'_0(t) &= -\sum_{i=1}^N \lambda_i p_0(t) + \sum_{i=1}^N \mu_i p_i(t); \\ p'_1(t) &= -\mu_1 p_1(t) + \lambda_1 p_0(t) + \lambda_1 \sum_{r=2}^N p_r(t); \\ p'_i(t) &= -\sum_{r=1}^{i-1} (\lambda_r + \mu_i) p_i(t) + \lambda_i p_0(t) + \lambda_i \sum_{r=i+1}^N p_r(t); \\ &\text{при } 2 \leq i \leq N; \\ p'_K(t) &= -\sum_{r=1}^{N-1} (\lambda_r + \mu_N) p_N(t) + \lambda_N p_0(t). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Для стаціонарного режиму роботи система (3) перетвориться на систему алгебраїчних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} -\sum_{i=1}^N \lambda_i p_0 + \sum_{i=1}^N \mu_i p_i &= 0; \\ -\mu_1 p_1 + \lambda_1 p_0 + \lambda_1 \sum_{r=2}^{\infty} p_r &= 0; \\ -\sum_{r=1}^{i-1} (\lambda_r + \mu_i) p_i + \lambda_i p_0 + \lambda_i \sum_{r=i+1}^N p_r &= 0; \\ &\text{при } 2 \leq i \leq K; \\ -\sum_{r=1}^{N-1} (\lambda_r + \mu_N) p_N + \lambda_N p_0 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Нормувальна умова визначається за рівністю

$$\sum_{i=0}^N p_i = 1. \quad (5)$$

Розв'язавши систему рівнянь (4), дістанемо:

1. Імовірність того, що канал зв'язку вільний від обслуговування

$$P_0 = \prod_{i=1}^N \frac{\Lambda_{i-1} + \mu_i}{\Lambda_i + \mu_i}, \quad (6)$$

де $\Lambda_i = \sum_{r=1}^i \lambda_r$, $i = 1, 2, \dots, N$.

2. Імовірність того, що канал зв'язку зайнятий обслуговуванням заявки з i -го потоку

$$P_i = \frac{\lambda_i}{\Lambda_{i-1} + \mu_i} \prod_{r=1}^i \frac{\Lambda_{r-1} + \mu_r}{\Lambda_{r-1} + \mu_r + \lambda_r}. \quad (7)$$

Слід зазначити, що, як випливає з рівнянь (6) та (7), ймовірність P_0 залежить від параметрів λ_i та μ_i всіх N потоків, а ймовірність P_i — тільки від параметрів потоків з 1-го до i -го включно.

Для потоку заявок із вищим пріоритетом, тобто 1-го потоку, ймовірність обслуговування будь-якої його заявки визначатиметься за формулою Ерланга для одноканальної системи

$$P_1 = \frac{\lambda_1(\Lambda_0 + \mu_1)}{(\Lambda_0 + \mu_0)(\Lambda_0 + \mu_1 + \lambda_1)} = \frac{\lambda_1 \mu_1}{\mu_1(\lambda_1 + \mu_1)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1}, \quad (8)$$

де $\Lambda_0 = 0$.

Знання стаціонарних ймовірностей станів системи дає можливість обчислити ймовірність π_i повного обслуговування заявки з i -го потоку та ймовірність $P_{\text{п.обсл}}$ повного обслуговування заявки із сумарного потоку.

3. Ймовірність повного обслуговування заявки з i -го потоку буде залежати від ймовірності $P_{\text{обсл}_i}$ того, що заявка з i -го потоку буде прийнята на обслуговування, та ймовірності $P_{\text{н.втр}_i}$ того, що прийнята на обслуговування заявка з i -го потоку за час обслуговування не буде втрачена.

Тобто, ймовірність повного обслуговування заявки з i -го потоку дорівнюватиме добутку цих ймовірностей

$$\pi_i = P_{\text{обсл}_i} P_{\text{н.втр}_i}. \quad (9)$$

4. Ймовірність того, що заявка з i -го потоку буде прийнята на обслуговування, можна дістати з рівності

$$P_{\text{обсл}_i} = 1 - \sum_{r=1}^i P_r. \quad (10)$$

Водночас ймовірність того, що прийнята на обслуговування заявка з i -го потоку за час обслуговування не буде втрачена, можна подати так:

$$P_{\text{н.втр}_i} = \int_0^{\infty} e^{-\Lambda_{i-1}t} d(1 - e^{-\mu_i t}) = \frac{\mu_i}{\Lambda_{i-1} + \mu_i}. \quad (11)$$

Звідки ймовірність повного обслуговування заявки з i -го потоку набере вигляду

$$\pi_i = \frac{\mu_i}{\Lambda_{i-1} + \mu_i} \left(1 - \sum_{r=1}^i P_r \right) = \frac{P_i}{\alpha_i}, \quad (12)$$

де $\alpha_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$.

5. Ймовірність $P_{\text{п.обсл}}$ повного обслуговування заявки із сумарного потоку можна визначити за формулою

$$P_{\text{п.обсл}} = \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{\Lambda_N} \pi_i, \quad (13)$$

яка після підстановки значення π_i з (12) матиме вигляд

$$P_{\text{п.обсл}} = \prod_{i=1}^N \frac{\Lambda_{i-1} + \mu_i}{\Lambda_i + \mu_i} \equiv P_0. \quad (14)$$

Таким чином, ймовірність повного обслуговування заявки із сумарного потоку дорівнює ймовірності того, що канал зв'язку буде вільний від обслуговування.

Розглянемо тепер основне питання про те, яку послідовність пріоритетів в обслуговуванні заявок слід встановити, щоб ймовірність $P_{\text{п.обсл}}$ повного обслуговування заявки із сумарного потоку була максимальною. Попередніми дослідженнями встановлено, що незалежно від інтенсивності потоків, які надходять у систему, право першочергового обслуговування має надаватися тій заявці, середній час обслуговування якої менший або інтенсивність обслуговування більша, тобто необхідно встановити пріоритети потоків у такому порядку, щоб

$$\mu_1 \geq \mu_2 \geq \mu_3 \geq \dots \geq \mu_N. \quad (15)$$

Відомі такі варіанти організації обслуговування:

а) обслуговування здійснюється з вибором пріоритетів згідно з правилом (15);

б) обслуговування здійснюється з вибором пріоритетів у зворотному порядку, ніж зазначено в (15);

в) обслуговування здійснюється без пріоритетів.

Порівнюючи ці варіанти організації обслуговування, доходимо висновку, що максимальна ймовірність $P_{\text{п.обсл}}$ обслуговування заявки із сумарного потоку буде у варіанті а), найгірша — у варіанті б), а для варіанта в) — проміжна, тобто:

$$P_{\text{п.обсл}}^{\text{а)}} \geq P_{\text{п.обсл}}^{\text{в)}} \geq P_{\text{п.обсл}}^{\text{б)}}. \quad (16)$$

З виразу (16) випливає, що рівність можлива лише у разі, коли всі μ_i рівні ($\mu_i = \mu$). Тоді всі системи з пріоритетами еквівалентні системі без пріоритетів, та виконується рівність

$$P_{\text{п.обсл}}^{\text{а)}} = P_{\text{п.обсл}}^{\text{в)}} = P_{\text{п.обсл}}^{\text{б)}} = \frac{\mu}{\Lambda_N + \mu}. \quad (17)$$

Отже, можна дійти таких висновків:

- у разі правильного вибору послідовності пріоритетів система з пріоритетами краща, ніж система без них, але остання може виявитися кращою за систему з пріоритетами, якщо вибір послідовності пріоритетів виконано невірно;
- правило вибору найкращої послідовності пріоритетів визначається співвідношенням (15).

Математичне очікування кількості заявок з i -го потоку, які будуть оброблені за час T , можна дістати з виразу

$$N_i = \lambda_i T P_i = \frac{\lambda_i T}{\alpha_i} P_i = T \mu_i P_i. \quad (18)$$

Коефіцієнт простою системи дорівнюватиме ймовірності того, що система вільна від обслуговування, тобто

$$K_{\text{п}} = P_0. \quad (19)$$

Математичне очікування загальної кількості заявок, які будуть оброблені за час T , визначатиметься за формулою

$$N_{\text{заг}} = T \sum_{i=1}^N \lambda_i \pi_i = T \sum_{i=1}^N \mu_i P_i. \quad (20)$$

Коефіцієнт, який порівнює можливості системи з обслуговування заявок з j -го потоку порівняно із заявками з i -го потоку, набирає вигляду

$$K_{ji} = \frac{\pi_j}{\pi_i}. \quad (21)$$

Висновки

Запропоновано вдосконалену методику вибору послідовності пріоритетів обслуговування потоків інформації, яка дає змогу підвищити ефективність (продуктивність) роботи системи зв'язку завдяки збільшенню обсягу всієї переданої інформації за умови незмінності каналів (засобів) зв'язку. Методика дає можливість визначити обсяг інформації, яка може бути оброблена системою зв'язку, та порівняти продуктивність системи у випадках оптимального та неоптимального вибору пріоритетів обслуговування типів потоків інформації.

Удосконалена методика підвищує надійність та ефективність роботи системи зв'язку на 12% та може бути використана для організації роботи в різних установах та організаціях із метою збільшення сумарної вагомості всіх прийнятих рішень по службовим завданням, які надійшли для виконання.

Список використаної літератури

1. Савченко О., Прокопенко Є. Методика оцінки ефективності системи зв'язку органу охорони державного кордону: зб. наук. праць Нац. академії Державної прикордонної служби України. 2015. № 3(65). С. 340–352.
2. Бабенко О. Рябуха А., Костенко І. Вибір показників ефективності системи зв'язку та радіотехнічного забезпечення авіаційної частини // Системи обробки інформації. 2002. № 2(18). С. 215–220.
3. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 142 с.
4. Дослідження операцій: практичний курс / В. Є. Березовський, М. М. Гузій, В. М. Дякон [та ін.]. Київ, 2011. 238 с.
5. Дьоміна В. М. Оптимізаційні методи і моделі. Моделювання систем масового обслуговування: конспект лекцій. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2015. 44 с.
6. The Intelligent Control System for infocommunication networks. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER) / L. Berkman, O. Barabash, O. Tkachenko [et al.] // Scopus Indexed. May 2020. Vol. 8, No. 5. P. 1920–1925.
7. Detection of Slow DDoS Attacks based on User's Behavior Forecasting. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER) / V. Savchenko, O. Ilin, N. Hnidenko [et al.] // Scopus Indexed. May 2020. Vol. 8, No. 5. P. 2019–2025.

А. А. Лаптев, Р. В. Бабенко, А. Н. Правдивый, С. А. Зозуля, О. Р. Стефурак
**УСОВЕРШЕНСТВОВАНАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ
ПРИОРИТЕТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ**

Анализ работы системы связи по передаче потоков информации, которая имеет различную весомость и необходимое время на обработку, обуславливает необходимость поиска путей максимизации суммарной весомости обработанной информации во время выполнения служебных задач.

Целью статьи является усовершенствование методики, которая позволит повысить эффективность (производительность) работы системы связи путем увеличения объема всей обработанной информации.

Усовершенствованная методика дополнительно учитывает приоритет типов потоков информации, по которым предоставляется право первоочередного обслуживания в системе связи. Предложенная методика может быть использована для организации работы в различных учреждениях и организациях с целью увеличения суммарной весомости всех принятых решений по служебному заданию, которые поступили для исполнения.

Ключевые слова: система связи; приоритет; потоки информации; принятия решений.

O. A. Laptev, R. V. Babenko, A. N. Pravdyvyi, S. A. Zozulia, O. R. Stefurak

IMPROVED METHODOLOGY FOR SELECTING THE SEQUENCE OF INFORMATION FLOW SERVICING PRIORITIES

The operation of the communication system involves the processing of information, which has different importance and time required for its processing. Therefore, the question arises as to the organization of the communication system so as to obtain the maximum of processed information from streams of different intensity, duration and importance, provided that in the case of occupancy of all communication channels, the information is lost. Analysis of the operation of the communication system for the transmission of information flows that have different importance and time required for processing, necessitates the search for ways to maximize the total importance of the processed information during the performance of official tasks.

The purpose of the article is to improve the methodology that will increase the efficiency (productivity) of the communication system by increasing the amount of all processed information. The improved methodology additionally takes into account the priority of the types of information flows, according to which the right of priority service in the communication system is granted. An improved method of selecting a sequence of priorities for servicing information flows, allows to increase the efficiency (productivity) of the communication system by increasing the volume of all transmitted information, provided that the channels (means) of communication.

The method makes it possible to determine the amount of information that can be processed by the communication system and compare the performance of the system in cases of optimal and suboptimal choice of priorities for servicing the types of information flows.

The developed methodology increases the reliability and efficiency of the communication system by 12% and can be used to organize work in various institutions and organizations in order to increase the total importance of all decisions on business tasks received for implementation.

Keywords: communication system; priority; information flows; decision making.

