

Japan. 2022. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiyascience-innovations-and-education-problems-and-prospects-6-8-aprelya-2022-godatokio-yaponiya-arhiv>

13. С. О. Гуриненко, «Система автоматичного керування автономним безпілотним підводним апаратом на основі мікроелектромеханічних систем», на Чотирнадцята міжнар. наук.-практ. конф. Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІПТК-2021), Київ, 2021, с. 19-21.

References

- [1] Gurynenko S. O. Organizaciya system keruvannya suchasnyh bezpilotnyh pidvodnyh aparativ: tezy dop. na XIV Vseukr. nauk.-prakt. konf. studentiv, aspirantiv ta molodyh vchenyh "POGLYAD U MAIBUTNIE PRYLADOBUDUVANNYA", Kyiv, 2021, pp. 34-37.
- [2] Lv PF, He B, Guo J, Shen Y, Yan TH, Sha QX. Underwater navigation methodology based on intelligent velocity model for standard AUV. Ocean Engineering. 2020 Apr 15;202:107073.
- [3] Ramírez IS, Bernalte Sánchez PJ, Papaelias M, Márquez FP. Autonomous underwater vehicles and field of view in underwater operations. Journal of Marine Science and Engineering. 2021 Mar 4;9(3):277.
- [4] Bin H, Justice A. The design of an unmanned aerial vehicle based on the ArduPilot. Indian Journal of Science and Technology. 2009 Mar;2(4):12-5.
- [5] Luo Z, Xiang X, Zhang Q. Autopilot system of remotely operated vehicle based on Ardupilot. InIntelligent Robotics and Applications: 12th International Conference, ICIRA 2019, Shenyang, China, August 8–11, 2019, Proceedings, Part III 12 2019 (pp. 206-217). Springer International Publishing.
- [6] Mendoza-Mendoza JA, Gonzalez-Villela VJ, Sepulveda-Cervantes G, Mendez-Martinez M, Sossa-Azuela H, ArduPilot Working Environment. Advanced Robotic Vehicles Programming: An Ardupilot and Pixhawk Approach. 2020:19-46.
- [7] ArduPilot. URL: <https://ardupilot.org>
- [8] Pixhawk. URL: <https://pixhawk.org>
- [9] iNav. URL: <https://github.com/inavFlight/inav/wiki>
- [10] Ågren K. Autonomisen vesimittalaitealustan ArduPilot-pohjainen ohjausjärjestelmä, Kevät, 2014.
- [11] Gurynenko S. Universal Information Transducer as part of multi-purpose control system. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2021. Pp. 106-109. URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-129-science-innovations-and-education-problems-and-prospects-15-17-sentyabrya-2021-goda-tokio-yaponiya-arhiv/>
- [12] Gurynenko S. The way of autonomous unmanned underwater vehicle autopilot digital control synthesis. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2022. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiyascience-innovations-and-education-problems-and-prospects-6-8-aprelya-2022-godatokio-yaponiya-arhiv>
- [13] Gurynenko S. O., Systema avtomatichnogo keruvannya avtonomnym bezpilotnym pidvodnym aparatom na osnovi microelectromechanichnyah system, Choturnadcyata mignar. nauk.-prakt. konf. Integrovani intelektualni robototekhnichni komplekxy (IIPTK-2021), Kyiv, 2021, pp. 19-21.

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-18>

УДК 621.3.095.21:621.3.018

Наталія ЗАЩЕПКИНА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0001-9397-6632>

nanic1604@gmail.com

Валерія СОКІРИНА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

sokirinavaleria@gmail.com

МЕТОД ПОСЛІДОВНИХ НАБЛИЖЕНЬ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ ВИМІРЮВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖІ НАЗЕМНИХ СТАНЦІЙ СУПУТНИКОВИХ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В умовах функціонування мережі, коли час обробки вимірювальних сигналів у вузлі комутації займає певний час, а важливість інформації має різні значення, виникає необхідність організації черг заявок на обслуговування інформації. Основна мета такої організації полягає в зменшенні втрат інформації в мережі при передачі за умов використання транзитних шляхів. Динамічна перебудова черги на вузлах в свою чергу забезпечує зменшення втрат заявок з причини їх «старіння». Структура системи динамічного управління потоками передбачає особливе місце в комутаційній підсистемі системи управління, яка здійснює контроль за вимірюванням, збором, обробкою і надалі переміщенням трафіку в мережах, розподілом мережевих комутаційних ресурсів відповідно до заданих пріоритетів передачі інформації. Очевидно, що застосування в складі комутаційної структури систем динамічного управління інформаційними потоками вимірювань забезпечить необхідну якість функціонування мережі, оперативну реакцію на мало інерційні ситуації в реальному масштабі часу. Динамічне управління розподілом інформаційних потоків може бути здійснено як за рахунок управління структурою мережі шляхом зміни ємності пучків каналів, або перерозподілом каналів мережі при зміні інформаційних взаємодій між окремими парами вузлів комутації, так і за рахунок управління шляхами передачі потоків без зміни структури мережі. Очевидно, що другий спосіб є як економічно, так і апаратно більш вигідним, оскільки зміни структури мережі мінімальні.

Ключові слова: вимірювальний сигнал, супутникова радіонавігаційна система, динамічне управління, вузол комутації, канал інформації, об'єм інформаційного потоку, інформаційний пакет.

Natalia ZASCHEPKINA, Valeriya SOKIRINA

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute»

THE METHOD OF SEQUENTIAL APPROXIMATIONS FOR FINDING THE OPTIMUM DISTRIBUTION OF MEASURED INFORMATION FLOWS IN THE NETWORK OF GROUND STATIONS OF SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEMS

In the conditions of network operation, when the time of processing measurement signals in the switching node takes a certain amount of time, and the importance of information has different values, there is a need to organize queues of requests for information service. The main goal of such an organization is to reduce the loss of information in the network during transmission under the conditions of using transit routes. The dynamic restructuring of the queue at the nodes, in turn, ensures a reduction in the loss of applications due to their "aging". The structure of the dynamic flow management system [...] provides a special place in the switching subsystem for the control system, which controls the measurement, collection, processing and further movement of traffic in networks, the distribution of network switching resources in accordance with the set priorities of information transmission. It is obvious that the use of systems for dynamic management of measurement information flows as part of the switching structure will ensure the necessary quality of network functioning, prompt response to low-inertia situations in real time. Dynamic management of the distribution of information flows can be carried out both by managing the network structure by changing the capacity of channel bundles, or by redistributing network channels when changing the information interactions between individual pairs of switching nodes, and by managing the flow transmission paths without changing the network structure. It is obvious that the second method is both economically and hardware more profitable, since changes to the network structure are minimal.

Key words: measuring signal, satellite radio navigation system, dynamic control, switching node, information channel, volume of information flow, information package.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Для великих телекомунікаційних мереж, особливо якщо необхідно перерозподіляти інформаційні потоки, або застосовувати динамічне керування потоками в мережі при швидкозмінних умовах, будемо використовувати метод послідовних наближень рішення до оптимального [3,4].

У мережі з пакетною комутацією для доведення оптимального розподілення потоків, що забезпечує мінімум затримки інформаційного пакету в мережі, в звичайних випадках приймають наступні спрощення. У розглянутій моделі мережі, що має N комутаційних вузлів та M гілок, приймаємо, що кожна гілка включає в себе лише один канал, причому всі мережні канали, а також вузли мають абсолютну надійність. Пропускна

здатність каналу (гілки) β_i , незмінна і дорівнює C_i пакетів/с. Приймають також, що час обслуговування пакетів у вузлі дорівнює K секунд, а час проходження P_i сигналу (біта інформації) каналом β_i пропорційний довжині каналу l_i : $P_i = l_i / V$, де V – швидкість проходження сигналу в каналі.

Крім того в моделі мережі приймається, що пакети, які надходять на BK_i і повинні бути передані на BK_j утворюють пуасонівський потік із середнім значенням $\lambda_{i,j}$ пакетів/с.

Стан проблеми та її розв'язання

При передачі пакети в мережі не втрачаються і не утворюються нові. Об'єм інформаційного потоку, який надходить у BK_i :

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^N \lambda_{i,j}, \quad (1)$$

а сумарний об'єм потоку, який надходить в мережу:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_{i,j} \quad (2)$$

Прийемо, що довжини пакетів є незалежними і розподіляються за експоненціальним законом із середнім значенням $1/\mu$ біт, де μ – швидкість обслуговування інформаційного пакету або час проходження пакету. Ємність внутрішньої пам'яті вузлів вважатимемо необмеженою.

Співвідношення λ_i / μ представляє собою важливу величину, що описує навантаження Y_i , яке визначається добутком середнього значення швидкості надходження інформаційних пакетів в мережу та середнього значення часу обслуговування пакету, або

$$y_i = \lambda_i / \mu. \quad (3)$$

Будь-якою гілкою $\beta_{l,k}$ може проходити увесь або якась частина інформаційного потоку $\lambda_{i,j}$ (або $y_{i,j}$), інакше запишемо:

$$\lambda_{i,j}^{l,k} = \theta_{i,j}^{l,k} \lambda_{i,j} \quad \text{або} \quad y_{i,j}^{l,k} = \theta_{i,j}^{l,k} y_{i,j} \quad (4)$$

де $\theta_{i,j}^{l,k}$ – коефіцієнт розсіювання потоку $\lambda_{i,j}$ (або $y_{i,j}$), який визначає ту частину потоку, яка відповідає до гілці $\beta_{l,k}$, $0 \leq \theta_{i,j}^{l,k} \leq 1$. При цьому одній й тією ж гілкою $\beta_{l,k}$ мають змогу проходити різні потоки в частинному або загальному об'ємі. В такому випадку сумарний потік, який подається на гілку:

$$\lambda^{l,k} = \sum_{i,j=1}^N \lambda_{i,j}^{l,k} \quad \text{або} \quad y^{l,k} = \sum_{i,j=1}^N y_{i,j}^{l,k} \quad (5)$$

За прийнятих вище припущень середнє значення часу затримки інформаційного пакету мережею

$$T_{сер} = \frac{1}{\Lambda} \sum_{\substack{l,k=1 \\ l \neq k}}^N \left(\frac{\lambda^{l,k} / \mu}{C_{l,k} - \lambda^{l,k} / \mu} + \lambda^{l,k} T_{l,k} \right), \quad (6)$$

або

$$T_{сер} = \frac{1}{\Lambda} \sum_{\substack{l,k=1 \\ l \neq k}}^N \left(\frac{y^{l,k}}{C_{l,k} - y^{l,k}} + y^{l,k} T'_{l,k} \right), \quad (7)$$

де $T'_{l,k} = \mu T_{l,k}$.

Питання оптимального розподілення потоків інформаційних пакетів в мережі полягає у визначенні параметрів $\theta_{i,j}^{l,k}$, за яких буде мінімізоване середнє значення часу затримки пакету в мережі $T_{сер}$. Для вирішення даної задачі, необхідно враховувати, що при $y_{l,k} \rightarrow C_{l,k}$ час затримки $T_{сер} \rightarrow \infty$.

Методика послідовного наближення може бути класифікована як ітераційний метод і полягає у виконанні певної послідовності ітерацій та відповідних ітераційних кроків. В нульовій ітерації, що має один

крок, потоки розподіляються потоків найкоротшими шляхами, за критерієм часу затримки пакету для цього шляху[5].

На початку беруться до уваги всі шляхи $Ш_{\xi}(j)$, по яким є можливість передачі кожного потоку. Після чого для кожного з отриманих шляхів $Ш_{\xi}(j)$ з урахуванням лише потоку λ_1 за формулами (6 2.34) або (2.35) розраховується середнє значення часу затримки $T_{сер}^{Ш_{\xi}(1)}$ з припущенням, що потік $\lambda_{j,j}$ розповсюджується лише одним шляхом $Ш_{\xi}(1)$. З усіх імовірних шляхів вибір надається найкоротшому, в якому $T_{сер}^{Ш_{\xi}(1)}$ є найменшим, і потік λ_1 передається по цьому шляху.

По аналогії проводиться вибір шляхів для передачі інших потоків.

Після розподілу всіх потоків за формулами (6 2.34) або (7 2.35) обчислюється середнє значення затримки пакетів в нульовій ітерації $T_{сер0}$. Після чого нульова ітерація завершується. Варто зазначити, що в тому випадку коли на нульовій ітерації не буде знайдено жодного мінімального довгого шляху з $T_{сер}^{Ш_{\xi}(j)} < \infty$ хоча б для одного з потоків λ_j , то це означає, що імовірного плану розподілення потоків лише по найкоротшим шляхам без розсіювання неможливе. Це і спричиняє в даному випадку умовне розподілення потоку одним із «перенасичених» шляхів, для якого $T_{сер}^{Ш_{\xi}(j)} = \infty$.

Наступна ітерація передбачає саме розсіювання потоків. Процедура розсіювання із використанням методу послідовних наближень розглянемо на прикладі. Припустимо задана певна мережа, структура якої зображена на рис.1, в якій BK_3 розташований на супутнику. У мережу надходять інформаційні потоки: $\lambda_{1,4} = 2$ пакета/с і $\lambda_{3,2} = 1$ пакет/с. Довжини усіх пакетів розподілені за експоненціальним законом і середнім значенням, яке дорівнює одиниці.

Тобто, матриця вимог Φ задана у вигляді:

$$\Phi = \begin{pmatrix} - & - & - & 2 \\ - & - & - & - \\ - & 1 & - & - \\ - & - & - & - \end{pmatrix}$$

Окрім того, маємо матрицю ємностей гілок, що являє собою матрицю пропускних здатностей $C_{k,l}$ пакетів/с:

$$B = \begin{pmatrix} - & 3 & 2,5 & - \\ - & - & 2,5 & 3 \\ 3 & 2 & - & 2 \\ - & 3 & - & - \end{pmatrix}$$

Величину часу затримки при проходженні пакетів по гілкам також представимо у матричному вигляді:

$$T = \begin{pmatrix} - & 0 & 0,5 & - \\ - & - & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & - & 0,5 \\ - & 0 & - & - \end{pmatrix}$$

Часом обробки на вузлі і часом передачі сигналів між наземними вузлом для спрощення знехтуємо, а нормалізований час проходження сигналу при передачі на вузол супутника і в зворотному напрямку приймаємо 0,5 (матриця T).

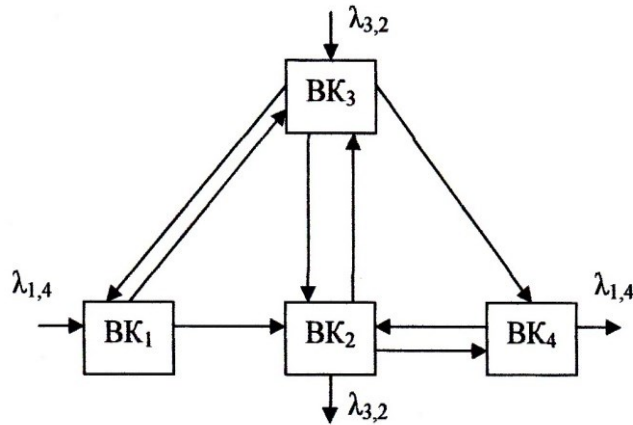


Рис. 1. Структура модельованої мережі

На початку виконуємо нульову ітерацію. Для цього побудуємо дерева шляхів для двох доступних для обслуговування потоків: $\lambda_{1,4}$ (рис. 2 а) та $\lambda_{3,2}$ (рис. 2 б).

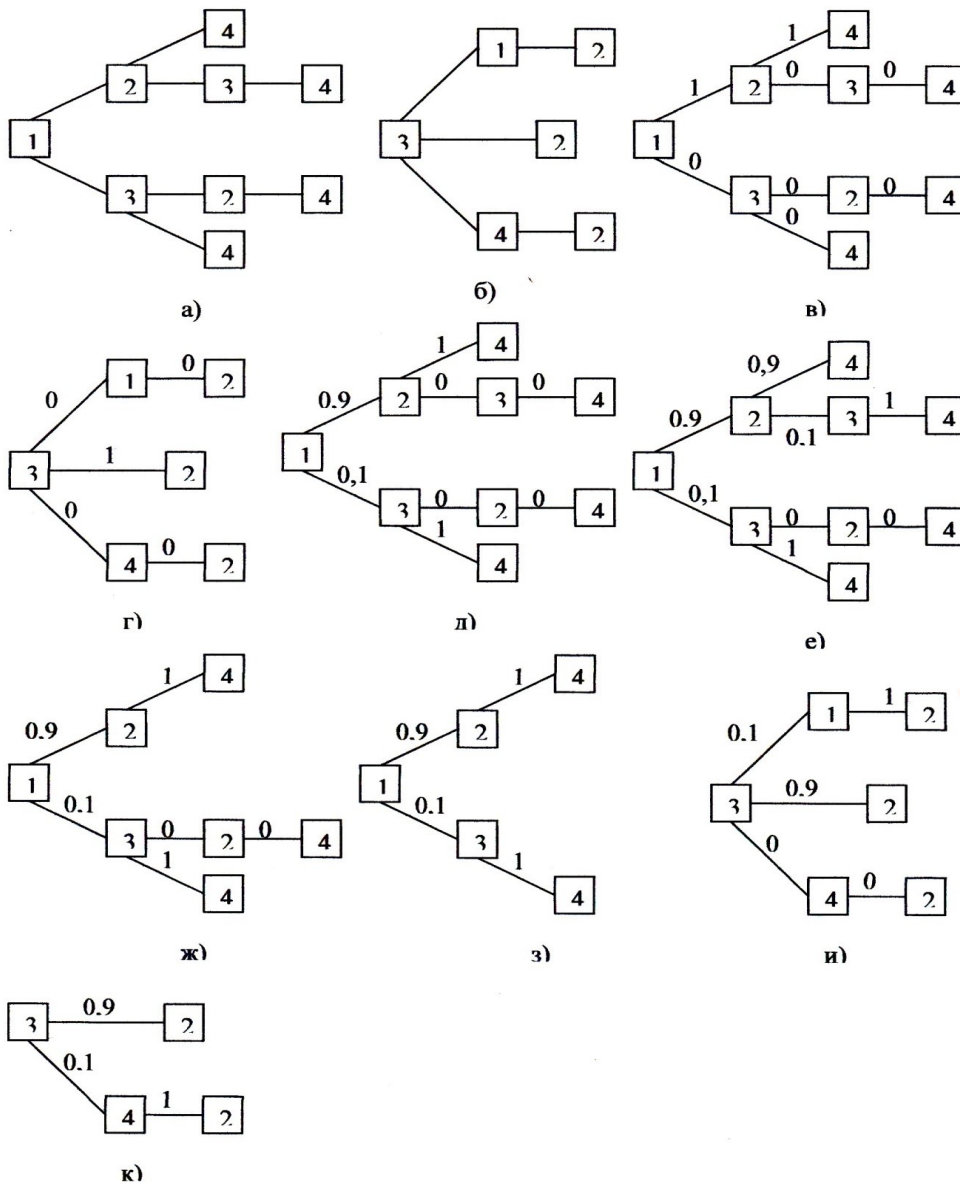


Рис. 2. Древа шляхів

Виходячи з рисунків можна побачити, що для потоку $\lambda_{1,4}$ є чотири шляхи: $Ш_{1,2,4}(1,4)$; $Ш_{1,2,3,4}(1,4)$; $Ш_{1,3,4}(1,4)$ та $Ш_{1,3,2,4}(1,4)$, а для потоку $\lambda_{3,2}$ – три шляхи: $Ш_{3,2}(3,2)$; $Ш_{3,4,2}(3,2)$ та $Ш_{3,1,2}(3,2)$. Виберемо найкоротші з них виходячи з умови критерію мінімальної затримки. За формулою (6.2.34) обрахуємо значення часу затримки передачі пакетів інформації для кожного із зазначених шляхів, враховуючи, що мережею передається тільки один потік і лише по одному шляху. Отримаємо

$$\begin{aligned} T_{Ш_{1,2,4}}(1,4) &= 2; \\ T_{Ш_{1,2,3,4}}(1,4) &= \infty; \\ T_{Ш_{1,3,4}}(1,4) &= \infty; \\ T_{Ш_{1,3,2,4}}(1,4) &= \infty; \\ T_{Ш_{3,2}}(3,2) &= 1.5; \\ T_{Ш_{3,4,2}}(3,2) &= 2; \\ T_{Ш_{3,1,2}}(3,2) &= 2. \end{aligned}$$

Виходячи з цього, найбільш коротким для потоку $\lambda_{1,4}$ є шлях $Ш_{1,2,4}$, а для потоку $\lambda_{3,2}$ – шлях $Ш_{3,2}$. Отже, $\theta_{1,4}^{1,2} = \theta_{1,4}^{2,4} = \theta_{3,2}^{3,2} = 1$, а інші коефіцієнти розсіювання дорівнюють 0 (рис. 2 в,г). За формулою (2.35) отримаємо $T_{сер0} = 1,67$. Проведемо перший крок першої ітерації.

1-ий крок. На першому кроці проводимо розсіювання інформаційного потоку на вихідному BK_1 . Нехай приймемо крок розсіювання $\Delta = 0,1$. Тоді отримаємо $\theta_{1,4}^{1,2} = 0,9$; $\theta_{1,4}^{1,3} = 0,1$; $\theta_{1,4}^{3,4} = 0,1$; решта коефіцієнтів розсіювання залишаться при цьому незмінною: $\theta_{1,4}^{2,4} = \theta_{3,2}^{3,2} = 1$ (рис. 2 д,г).

З урахуванням цих коефіцієнтів розсіювання маємо: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,8$; $\lambda_{1,4}^{2,4} = 1,8$; $\lambda_{1,4}^{1,3} = 0,2$; $\lambda_{3,2}^{3,2} = 1$.

За формулою (3.8) визначаємо значення середнього часу затримки для 1-го кроку першої ітерації $T_{сер1,1} = 1,63$. Оскільки $T_{сер1,1} < T_{сер0}$, то приймаємо дане розсіювання. Переходимо до 2-го кроку.

2-ий крок. На цьому кроці розсіюємо потік $\lambda_{1,4}$ на транзитному BK_2 , приймаючи $\theta_{1,4}^{2,4} = 0,9$; $\theta_{1,4}^{2,3} = 0,1$; $\theta_{1,4}^{3,4} = 1$; і залишаючи інші коефіцієнти розсіювання незмінними (рис.2 е,г). З урахуванням коефіцієнтів розсіювання отримаємо об'єми потоків інформації у гілках: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,8$; $\lambda_{1,4}^{2,4} = 1,62$; $\lambda_{1,4}^{2,3} = 0,18$; $\lambda_{1,4}^{3,4} = 0,18$; $\lambda_{1,4}^{1,3} = 0,9$; $\lambda_{1,4}^{3,4} = 0,2$; $\lambda_{3,2}^{3,2} = 0,1$.

Середнє значення часу затримки на 2-му кроці першої ітерації $T_{сер1,2} = 1,65$. Так як $T_{сер1,2} > T_{сер1,1}$, розсіювати потік $\lambda_{1,4}$ на транзитному BK_2 недоцільно. Через це дане розсіювання не прийнятне і потік $\lambda_{1,4}$ на BK_2 розсіюватися далі не буде, тобто після кроку 2 дерево шляхів для потоку $\lambda_{1,4}$ змінилося (рис. 2. ж).

3-ій крок. Спробуємо розсіяти потік $\lambda_{1,4}$ на транзитному BK_3 . При цьому приймається $\theta_{1,4}^{3,4} = 0,9$; $\theta_{1,4}^{3,2} = 0,1$; $\theta_{1,4}^{2,4} = 1$. Визначимо об'єми потоків у гілках: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,8$; $\lambda_{1,4}^{2,4} = 1,8$; $\lambda_{1,4}^{1,3} = 0,2$; $\lambda_{1,4}^{3,4} = 0,18$; $\lambda_{1,4}^{3,2} = 0,02$; $\lambda_{1,4}^{3,4} = 0,02$; $\lambda_{3,2}^{3,2} = 1$.

Середня затримка на 3-му кроці $T_{сер1,3} = 1,8$. Так як $T_{сер1,3} > T_{сер1,1}$ то на транзитному BK_3 недоцільно розсіювати потік $\lambda_{1,4}$. Тому для подальшого розгляду залишається дерево шляхів, показане на рис. 2 з.

Оскільки можливості розсіювання потоку $\lambda_{1,4}$ при постійному коефіцієнті розсіювання $\theta_{1,4}$ вичерпані, в наступних кроках першої ітерації будемо розсіювати потік $\lambda_{3,2}$.

4-ий крок. Коефіцієнти розсіювання для цього кроку: $\theta_{3,2}^{3,2} = 0,9$; $\theta_{3,2}^{3,1} = 0,1$; $\theta_{3,2}^{1,2} = 1$. Решта коефіцієнти залишаються без змін (рис.2 д,и). Об'єми потоків у гілках:

$$\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,8; \lambda_{1,4}^{2,4} = 1,8; \lambda_{1,4}^{1,3} = 0,2; \lambda_{1,4}^{3,4} = 0,2; \lambda_{3,2}^{3,2} = 0,9; \lambda_{3,2}^{3,1} = 0,1; \lambda_{3,2}^{1,2} = 0,2.$$

Визначаємо $T_{cep1,4} = 1,64$. Так як $T_{cep1,4} > T_{cep1,1}$ то таке розсіювання також є неприйнятним і надалі потік $\lambda_{3,2}$ по гілці $\beta_{3,2,1}$ розсіюватися не буде. Тому для подальших кроків залишаються два дерева шляхів: для потоку $\lambda_{1,4}$ (рис.2 2.19,з) і для потоку $\lambda_{3,2}$ (рис. 2 к).

5-ий крок. Визначаємо $\theta_{3,2}^{3,2} = 0,9; \theta_{3,2}^{3,4} = 0,1; \theta_{3,2}^{4,2} = 1$. Інші коефіцієнти залишаються без змін (рис. 2 з, к). Об'єми потоків: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,8; \lambda_{1,4}^{2,4} = 1,8; \lambda_{1,4}^{1,3} = 0,2; \lambda_{1,4}^{3,4} = 0,2; \lambda_{3,2}^{3,2} = 0,9; \lambda_{3,2}^{3,4} = 0,1; \lambda_{3,2}^{4,2} = 0,1$.

Знаходимо $T_{cep1,5} = 1,605$. Так як $T_{cep1,5} < T_{cep1,1}$, то такий варіант розсіювання прийнятний і надалі порівняння проводитиметься з $T_{cep1,5}$.

Виконуємо другу ітерацію.

1-ий крок. Розсіювання потоку $\lambda_{1,4}$ збільшимо. Отримуємо: $\theta_{1,2}^{1,2} = 0,8; \theta_{1,4}^{1,3} = 0,12; \theta_{1,4}^{3,4} = 1$. Об'єми потоків: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,6; \lambda_{1,4}^{2,4} = 1,6; \lambda_{1,4}^{1,3} = 0,4; \lambda_{1,4}^{3,4} = 0,4; \lambda_{3,2}^{3,2} = 0,9; \lambda_{3,2}^{3,4} = 0,1; \lambda_{3,2}^{4,2} = 0,1$.

Знаходимо $T_{cep2,1} = 1,52$. Так як $T_{cep2,1} < T_{cep1,5}$ то дане розсіювання прийнятне.

2-ий крок. Збільшимо розсіювання $\lambda_{3,2}$. Отримуємо: $\theta_{3,2}^{3,2} = 0,8; \theta_{3,2}^{3,4} = 0,2; \theta_{3,2}^{4,2} = 1$. Об'єми потоків: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,6; \lambda_{1,4}^{2,4} = 1,6; \lambda_{1,4}^{1,3} = 0,4; \lambda_{1,4}^{3,4} = 0,4; \lambda_{3,2}^{3,2} = 0,8; \lambda_{3,2}^{3,4} = 0,2; \lambda_{3,2}^{4,2} = 0,2$.

Отримуємо $T_{cep2,2} = 1,514$. Так як $T_{cep2,2} < T_{cep2,1}$, то дане розсіювання прийнятне.

Перейдемо до наступної ітерації.

1-ий крок. Збільшимо розсіювання $\lambda_{1,4}$. Отримуємо: $\theta_{1,4}^{1,2} = 0,7; \theta_{1,4}^{1,3} = 0,3; \theta_{1,4}^{3,4} = 1; \theta_{1,4}^{2,4} = 1$. Об'єми потоків: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,4; \lambda_{1,4}^{2,4} = 1,4; \lambda_{1,4}^{1,3} = 0,4; \lambda_{3,2}^{3,2} = 0,8; \lambda_{3,2}^{3,4} = 0,8; \lambda_{3,2}^{3,4} = 0,2; \lambda_{3,2}^{4,2} = 0,2$.

Знаходимо $T_{cep3,1} = 1,52$. Так як $T_{cep3,1} > T_{cep2,2}$, то розсіювання не прийнятне.

2-ий крок. Збільшимо розсіювання $\lambda_{3,2}$. Отримуємо: $\theta_{3,2}^{3,2} = 0,7; \theta_{3,2}^{3,4} = 0,3; \theta_{3,2}^{4,2} = 1$. Об'єми потоків: $\lambda_{1,4}^{1,2} = 1,6; \lambda_{1,4}^{2,4} = 1,6; \lambda_{1,4}^{1,3} = 0,4; \lambda_{1,4}^{3,4} = 0,4; \lambda_{3,2}^{3,2} = 0,8; \lambda_{3,2}^{3,4} = 0,3; \lambda_{3,2}^{4,2} = 0,3$.

Отримуємо $T_{cep3,2} = 1,52$. Так як $T_{cep3,2} > T_{cep2,2}$, розсіювання не прийнятне.

Так як третя ітерація не дозволила отримати жодного прийнятого розсіювання, процес знаходження оптимального розподілу на цьому завершується. Отже, маємо розподілення (2-ий крок другої ітерації), в якому $T_{cep2,2} = 1,514$.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Визначено, що у мережі з пакетною комутацією для доведення оптимального розподілення потоків, яка забезпечує мінімум затримки інформаційного пакету в мережі, в звичайних випадках приймають наступні спрощення, при яких гілка включає в себе лише один канал, причому всі мережні канали, а також вузли мають абсолютну надійність. Пропускна здатність каналу (гілки) β_i , незмінна і дорівнює C_i пакетів/с. Приймають також, що час обслуговування пакетів у вузлі дорівнює K секунд, а час проходження P_i сигналу (біта інформації) каналом β_i пропорційний довжині каналу l_i : $P_i = l_i / V$, де V – швидкість проходження сигналу в каналі.

2. Розглянута методика послідовного наближення може бути класифікована як ітераційний метод і полягає у виконанні певної послідовності ітерацій та відповідних ітераційних кроків. В нульовій ітерації, що має один крок, потоки розподіляються потоків найкоротшими шляхами, за критерієм часу затримки пакету для цього шляху.

3. Розроблено алгоритм динамічного управління інформаційними потоками на підставі методики послідовного наближення, яка призначена для обслуговування швидкозмінних у часі інформаційних потоків, що актуально для мультисервісних мереж і дозволяє при мінімальних апаратних витратах формувати n рядів черг, де n – число інформаційних входів.