

УДК 621.396

О.О. ЛАВРУТ

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації
Національного технічного університету України "КПІ", Київ*

ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ІНФОРМАЦІЇ У ФРАГМЕНТІ МОБІЛЬНОГО КОМПОНЕНТУ ПЕРСПЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ В КРИТИЧНИХ УМОВАХ

Запропоновано динамічний метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компонента перспективної системи зв'язку в критичних умовах. Показано, що використання запропонованого методу можливе як при нарощуванні структури (її реорганізації), так і в критичних умовах. Наведено приклад розв'язання задачі багатошляхової маршрутизації команди управління з мінімальною затримкою на основі фрагменту мобільного компонента перспективної системи зв'язку України. В ході розв'язання задачі забезпечена мінімально однакова затримка передачі частин повідомлення уздовж кожного з розрахованих маршрутів.

Ключові слова: метод управління, тензорний аналіз мереж, система зв'язку.

Вступ

В епоху "інформаційної ери" на перше місце виходять нові інформаційні технології, які, на думку багатьох закордонних експертів, дозволяють здійснити революцію у військовій справі. Їх впровадження у військову сферу також спрямовано на підвищення можливостей формувань, але уже не лише за рахунок підвищення вогневих, маневрових та інших індивідуальних характеристик, а і за рахунок скорочення циклу управління в операції [1, 2].

Забезпечення всебічної інтеграції, підвищення рівня взаємодії, а також досягнення синергетичного ефекту за рахунок реалізації принципів нових мережецентричних концепцій та інтеграції систем управління, зв'язку, розвідки та поразки стає все більш актуальним та пріоритетним напрямком реформування збройних сил більшості країн світу.

При всіх існуючих перевагах "мережецентричних принципів", ефективного математичного апарата кількісної оцінки впливу нової концепції на підвищення ефективності дії військ до цих пір не існує [1, 2].

У зв'язку з цим одним із можливих способів вивчення мережевих архітектур перспективних мережецентричних концепцій є тензорні моделі і методи аналізу. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають дослідження американського вченого Г. Крона та його розробки в галузі тензорного аналізу та діакоптики, що базуються на використанні інваріантних величин – тензорів, які, в свою чергу, подібно каркасу зв'язують перетворення структури складних систем [3]. Можливість сумісного дослідження структури складної системи та процесів, що

в ній протікають, є головною перевагою тензорної методології досліджень [3 – 5].

З точки зору мережецентричних принципів структура мобільного компонента перспективної системи зв'язку ЗС України є динамічною, що може змінюватись з перебігом часу під впливом різноманітних факторів. Тому постає питання вирішення задачі управління потоками інформації в таких системах, особливо в критичних умовах, які змінюються.

Метою статті є розробка тензорного динамічного методу управління потоками інформації у фрагменті мобільного компонента перспективної системи зв'язку Збройних Сил в критичних умовах.

Основна частина

В рамках дослідження для моделювання було взято за основу фрагмент мобільного компонента системи зв'язку Збройних Сил України [6] і проведено його геометризацию (рис. 1). Елементами у вигляді кола В1-В6 можуть виступати командні пункти різного рангу, окремі підрозділи, військовослужбовці тощо. За основу взято процес передачі повідомлення між двома вузлами даного фрагменту. Як приклад, пропонується використати тензорний підхід до розв'язання задачі багатошляхової маршрутизації команди управління в запропонованій мережі для вирішення задачі розробки динамічного методу управління потоками інформації.

При моделюванні введемо в розгляд дві координатні системи. Перша — система координат гілок (n) мережі, якій відповідає структура з окремими нез'єднаними з собою гілками. Друга — система коор-

динат незалежних контурів і пар вузлів (m) мережі, яка відповідає реальній структурі системи, що моделюється. Подібний вибір СК обумовлений тим, що в системі координат гілок мережі необхідно розрахувати невідомі величини: інформаційне завантаження і величини затримок у кожному тракті передачі системи. У системі координат незалежних контурів і пар вузлів (КПВ) проекції тензорів S і T визначають

вихідні дані для розв'язання розрахункових задач: довжину повідомлень і (або) затримку їх передачі [4, 5, 7, 8].

Зміна порядку з'єднання гілок мережі (рис. 1) визначає у загальному випадку кінцевий набір структур, у кожній з яких інваріантом є кількість гілок, а кількість незалежних контурів і пар вузлів може певним чином змінюватися [3, 4, 7].

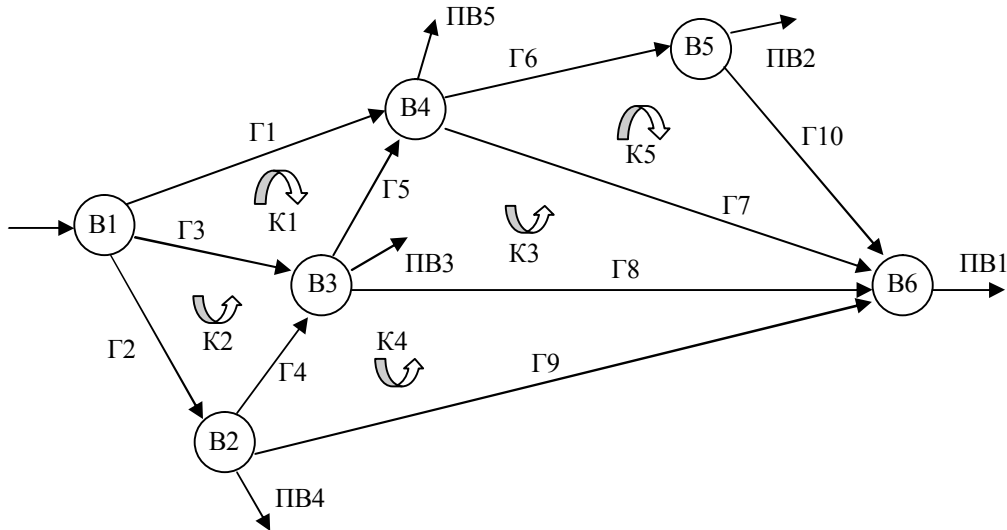


Рис. 1. Геометризація фрагменту мобільного компоненту перспективної системи зв'язку України

У введеному просторі виконаємо тензорний опис системи за допомогою одновалентного тензора довжин повідомлень S з компонентами s^i , одновалентного тензора затримок передачі T з компонентами t_j , а також тензора другої валентності R , координати якого розраховуються згідно з виразом $r_j^i = s^i t_j$, $(i, j = \overline{1, n})$, а у прямому позначенні $R = S \otimes T$. Кожній структурі мережі відповідає свій набір координат, при цьому кількість координатних шляхів завжди залишається рівною кількості гілок [3-5, 7, 8].

Закони координатного перетворення мають вигляд:

$$S = CS' \text{ і } T = AT' \quad (1)$$

при виконанні умови ортогональності

$$C^t = [A]^{-1}. \quad (2)$$

Взаємозв'язок коваріантних і контраваріантних компонентів тензора можна формалізувати в прямому записі так:

$$T = GS; S = MT, \quad (3) \text{ де } M = [G]^{-1}. \quad (4)$$

Таким чином, тензор відображає інваріантний геометричний об'єкт, координати якого при перетворенні системи координат змінюються за лінійним законом [4, 5, 8].

Через однакову розмірність введених координатних систем існують однозначні правила перетво-

рення координат будь-яких геометричних об'єктів з однієї системи координат в іншу. Шукана матриця контраваріантного перетворення C визначається зі співвідношення

$$S_\Gamma = CS_{\text{к.п.в}}, \quad (5)$$

де $S_\Gamma, S_{\text{к.п.в}}$ — подані у вигляді векторів розмірності n проекції одновалентного тензора довжин повідомлень S у введених вище координатних системах окремих гілок мережі, а також незалежних контурів і пар вузлів.

Відповідно до фізики процесів інформаційного обміну, що відбуваються в мережі, компоненти s_Γ^i і t_Γ^i векторів S_Γ і T_Γ пов'язані між собою співвідношенням

$$s_\Gamma^i = m_\Gamma^{ii} t_\Gamma^i \quad (i = \overline{1, n}), \quad (7)$$

де m_Γ^{ii} — частина пропускну здатності i -ї гілки мережі [4, 5, 8].

Відповідно до постулату другого узагальнення Г. Крона, як функціональний інваріант пропонованої моделі виступає тензорне рівняння, що отримане шляхом узагальнення рівняння (7) та зберігає свою форму незмінною незалежно від координатної системи розгляду мережі:

$$S = MT, \quad (8)$$

де M — тензор пропускну здатностей координатних шляхів мережі, проекції якого в кожній частко-

вій системі координат набувають вигляду матриці розміру $n \times n$.

Вигляд функціонального рівняння мережі (7) залишається незмінним і в системі координат незалежних контурів і пар вузлів [4, 5, 8]:

$$S_{к.п.в} = M_{к.п.в} T_{к.п.в} \quad (9)$$

Щоб забезпечувалося існування шуканих розв'язків і однозначна їх інтерпретація, матричне рівняння (9) має бути системою з n скалярних рівнянь з n невідомими. Залежно від характеру розв'язуваної задачі з розрахунку шуканих параметрів, n невідомих можуть довільно перерозподілятися між складовими векторів $S_{к.п.в}$ та $T_{к.п.в}$ [4, 5, 8].

Під час розв'язання задачі багатошляхової маршрутизації до відомих контурних компонентів вектора $T_{к.п.в}$ додаються відомі компоненти вектора $S_{к.п.в}$ — координати вектора $S_{п.в}$, що визначають, у свою чергу, довжину повідомлень, що надходять або вибувають з вузлів мережі. Подібні вихідні дані виключають можливість безпосереднього розрахунку невідомих компонентів векторів $S_{к.п.в}$ і $T_{к.п.в}$ шляхом розв'язання функціонального рівняння, заданого у формі (9). Для успішного розв'язання задачі доцільно використовувати спеціальну форму векторів $S_{к.п.в}$ і $T_{к.п.в}$, тобто рівняння (9) зручно подати у вигляді [4, 5, 8]:

$$\begin{bmatrix} S_k \\ S_{п.в} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{к.п.в}^{(1)} & M_{к.п.в}^{(2)} \\ M_{к.п.в}^{(3)} & M_{к.п.в}^{(4)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_k \\ T_{п.в} \end{bmatrix},$$

де
$$\begin{bmatrix} M_{к.п.в}^{(1)} & M_{к.п.в}^{(2)} \\ M_{к.п.в}^{(3)} & M_{к.п.в}^{(4)} \end{bmatrix} = M_{к.п.в}, \quad (10)$$

що дозволяє через наявність відомих $S_{п.в}$ і T_k одержати такі дві системи рівнянь:

$$T_{п.в} = [M_{к.п.в}^{(4)}]^{-1} S_{п.в} - [M_{к.п.в}^{(4)}]^{-1} M_{к.п.в}^{(3)} T_k; \quad (11)$$

$$S_k = M_{к.п.в}^{(1)} T_k + M_{к.п.в}^{(2)} T_{п.в}. \quad (12)$$

Для наочної демонстрації отриманих результатів, як приклад, проведемо розв'язання задачі багатошляхової маршрутизації для мережі (рис. 1) за таких вихідних даних:

- відправник — вузол 1,
- одержувач — вузол 6, відповідно $S_{п.в}=0$ (повідомлення не вибуває з інших вузлів);
- повідомлення має довжину 100 байт; з
- атримка в контурах дорівнює нулю $T_k=0$;
- пропускні здатності гілок, виділені для обслуговування даного трафіка, задані у вигляді діагональних елементів матриці пропускних здатностей

$$M_{\Gamma} = \begin{bmatrix} 60 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 50 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 80 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 80 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 80 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 60 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 70 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 80 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 50 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 40 \end{bmatrix}.$$

Для структури, що зображена на рис. 1, множина всіх безконтурних шляхів між вузлами В1 і В6, тобто шляхів які не містять петель, можна подати у вигляді системи рівнянь [4, 7]. Тобто, згідно орієнтації гілок, базисних контурів та вузлових пар координати тензорів S і T у різних системах координат розгляду мережі пов'язані між собою в такий спосіб:

$$\begin{cases} s_{\Gamma}^1 = s_k^1; \\ s_{\Gamma}^2 = s_k^2 + s_{п.в}^4; \\ s_{\Gamma}^3 = -s_k^1 - s_k^2 + s_{п.в}^1 + s_{п.в}^3 + s_{п.в}^5; \\ s_{\Gamma}^4 = s_k^2 - s_k^4; \\ s_{\Gamma}^5 = -s_k^1 - s_k^3 + s_{п.в}^1 + s_{п.в}^5; \\ s_{\Gamma}^6 = s_k^5 + s_{п.в}^2; \\ s_{\Gamma}^7 = -s_k^3 - s_k^5 + s_{п.в}^1; \\ s_{\Gamma}^8 = s_k^3 - s_k^4; \\ s_{\Gamma}^9 = s_k^4; \\ s_{\Gamma}^{10} = s_k^5; \end{cases} \quad \begin{cases} t_1^{\Gamma} = t_1^k + t_5^{п.в}; \\ t_2^{\Gamma} = t_4^{п.в}; \\ t_3^{\Gamma} = t_3^{п.в}; \\ t_4^{\Gamma} = t_2^k + t_3^{п.в} - t_4^{п.в}; \\ t_5^{\Gamma} = -t_3^{п.в} + t_5^{п.в}; \\ t_6^{\Gamma} = t_2^{п.в}; \\ t_7^{\Gamma} = t_1^{п.в} - t_5^{п.в}; \\ t_8^{\Gamma} = t_3^k + t_1^{п.в} - t_3^{п.в}; \\ t_9^{\Gamma} = t_2^k + t_3^k + t_4^k + t_1^{п.в} - t_4^{п.в}; \\ t_{10}^{\Gamma} = t_5^k + t_1^{п.в} - t_2^{п.в} - t_5^{п.в}; \end{cases}$$

а матриці коваріантного і контраваріантного перетворення A та C з виконанням умови ортогональності (2) мають наступний вид:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Тоді відповідно до виразів (11) і (12)
 $T_{п.в}^t = [0,979 \ 0,164 \ 0,512 \ 0,499 \ 0,568]$;
 $S_k^t = [34,1 \ 24,97 \ 61,38 \ 23,99 \ 9,86]$.

Розв'язок задачі визначають з розрахунку компонентів вектора S_{Γ} , які характеризують довжини частин повідомлення в кожній гілці мережі:
 $S_{\Gamma}^t = [34,095 \ 24,97 \ 40,935 \ 0,984 \ 4,525 \ 9,86 \ 28,76 \ 37,394 \ 23,986 \ 9,86]$.

Отриманий розв'язок обумовило існування наступних незалежних маршрутів передачі повідомлення від першого вузла до шостого, які не містять петель (циклів). Перший маршрут (Г1-Г6-Г10) забезпечує передачу 34,095 байт; другий (Г3-Г5-Г7) — 40,935 байт; третій (Г2-Г4-Г8) — 0,984 байт; четвертий (Г2-Г9) — 23,986 байт. Незалежність маршрутів у даному випадку інтерпретується як наявність у кожному з них гілки, що не входить до жодного іншого маршруту. Час передачі частин повідомлення уздовж кожного з розрахованих маршрутів відповідає затримці між вузлами В1 і В6 (ПВ1), тобто першій координаті вектора $T_{п.в}$, і дорівнює 0,979 с.

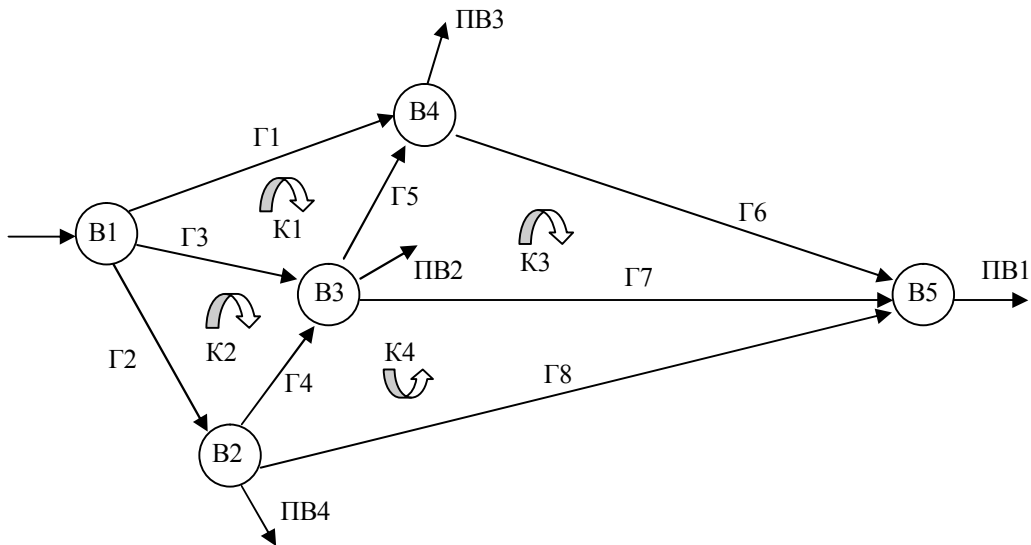


Рис. 2. Геометризація фрагменту мобільного компоненту в момент часу $t+1$

В такому випадку координати тензорів S і T у різних системах координат розгляду мережі пов'язані між собою в такий спосіб:

$$\begin{cases} s_{\Gamma}^1 = s_k^1 + s_{п.в}^3; \\ s_{\Gamma}^2 = -s_k^2 + s_{п.в}^1 + s_{п.в}^2 + s_{п.в}^4; \\ s_{\Gamma}^3 = -s_k^1 + s_k^2 + s_{п.в}^2; \\ s_{\Gamma}^4 = -s_k^2 - s_k^4 + s_{п.в}^1 + s_{п.в}^2; \\ s_{\Gamma}^5 = -s_k^1 + s_k^3; \\ s_{\Gamma}^6 = s_k^3; \\ s_{\Gamma}^7 = -s_k^3 - s_k^4 + s_{п.в}^1; \\ s_{\Gamma}^8 = s_k^4; \end{cases} \begin{cases} t_{\Gamma}^1 = t_3^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^2 = t_4^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^3 = t_2^k + t_2^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^4 = -t_2^k + t_2^{п.в} - t_4^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^5 = -t_1^k - t_2^k - t_2^{п.в} + t_3^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^6 = t_1^k + t_2^k + t_3^k + t_1^{п.в} - t_3^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^7 = t_2^k + t_1^{п.в} - t_2^{п.в}; \\ t_{\Gamma}^8 = t_4^k + t_1^{п.в} - t_4^{п.в}. \end{cases}$$

Компоненти вектора S_{Γ} , які характеризують довжини частин повідомлення в кожній гілці мережі

В критичних умовах з перебігом часу структура мобільного компоненту однозначно буде зазнавати змін (передислокація, фізичне знищення, нарощування).

Критичність будемо розглядати через зміну умов навколишнього середовища, а саме: виникнення землетрусів, повеней, пожеж та інших впливів. Тому параметри n (кількість трактів передачі) та m (кількість вузлів) необхідно розглядати в динаміці як функцію від часу $m=f(t)$ та $n=f(t)$. Вихідний стан структури можна визначити як $U=f(m,n,t)$. В даному випадку будемо розглядати t як дискретну величину з шагом 1. Через час $t+1$ з імовірністю P_1 структура мережі перейде із одного стану до іншого. В наступний момент часу стан мережі можна описати як $U_1=f(m_1,n_1,t+1)$.

Наприклад, фрагмент мобільного компоненту в момент часу $t+1$ виглядає наступним чином (знищено один з вузлів, а відповідно і втрачено дві лінії зв'язку) (рис. 2). Алгоритм розрахунку залишається незмінним.

дорівнюють:

$$S_{\Gamma}^t = [32,455 \ 25,847 \ 41,698 \ 0,342 \ 1,575 \ 34,029 \ 40,466 \ 25,505].$$

В даному випадку перший маршрут (Г1-Г6) забезпечує передачу 32,455 байт; другий (Г3-Г5-Г6) — 41,698 байт; третій (Г2-Г4-Г7) — 0,342 байт; четвертий (Г2-Г8) — 25,505 байт.

Час передачі частин повідомлення дорівнює 1,027 с.

В наступний момент часу $t+2$ з імовірністю P_2 стан мережі можна описати як

$$U_2=f(m_2,n_2,t+2).$$

Наприклад, фрагмент мобільного компоненту в момент часу $t+2$ виглядає наступним чином (пошкоджено одну з ліній зв'язку) (рис. 3).

В такому випадку координати тензорів S і T у різних системах координат розгляду мережі пов'язані між собою в такий спосіб:

$$\begin{cases} s_{\Gamma}^1 = s_K^1; \\ s_{\Gamma}^2 = s_K^2; \\ s_{\Gamma}^3 = -s_K^1 - s_K^2 + s_{\text{п.в}}^1 + s_{\text{п.в}}^2 + s_{\text{п.в}}^3 + s_{\text{п.в}}^4; \\ s_{\Gamma}^4 = -s_K^2 + s_K^3 + s_{\text{п.в}}^4; \\ s_{\Gamma}^5 = -s_K^1 - s_K^3 + s_{\text{п.в}}^1 + s_{\text{п.в}}^3; \\ s_{\Gamma}^6 = -s_K^3 + s_{\text{п.в}}^1; \\ s_{\Gamma}^7 = s_K^3; \end{cases} \quad \begin{cases} t_{\Gamma}^1 = t_1^k + t_3^{\text{п.в}}; \\ t_{\Gamma}^2 = t_2^k + t_4^{\text{п.в}}; \\ t_{\Gamma}^3 = t_2^{\text{п.в}}; \\ t_{\Gamma}^4 = -t_2^{\text{п.в}} + t_4^{\text{п.в}}; \\ t_{\Gamma}^5 = -t_2^{\text{п.в}} + t_3^{\text{п.в}}; \\ t_{\Gamma}^6 = t_1^{\text{п.в}} - t_3^{\text{п.в}}; \\ t_{\Gamma}^7 = t_3^k + t_1^{\text{п.в}} - t_4^{\text{п.в}}. \end{cases}$$

Значення компонентів вектора S_r , які характеризують довжини частин повідомлення в кожній гілці мережі:

$$S_r^t = [38,273 \ 29,163 \ 32,564 \ 14,097 \ 18,467 \ 56,74 \ 43,26].$$

В даному випадку:

перший маршрут (Г1-Г6) забезпечує передачу 38,273 байт;

другий (Г3-Г5-Г6) — 18,467 байт;

третій (Г3-Г4-Г7) — 14,097 байт;

четвертий (Г2-Г7) — 29,163 байт.

Час передачі частин повідомлення дорівнює 1,448 с.

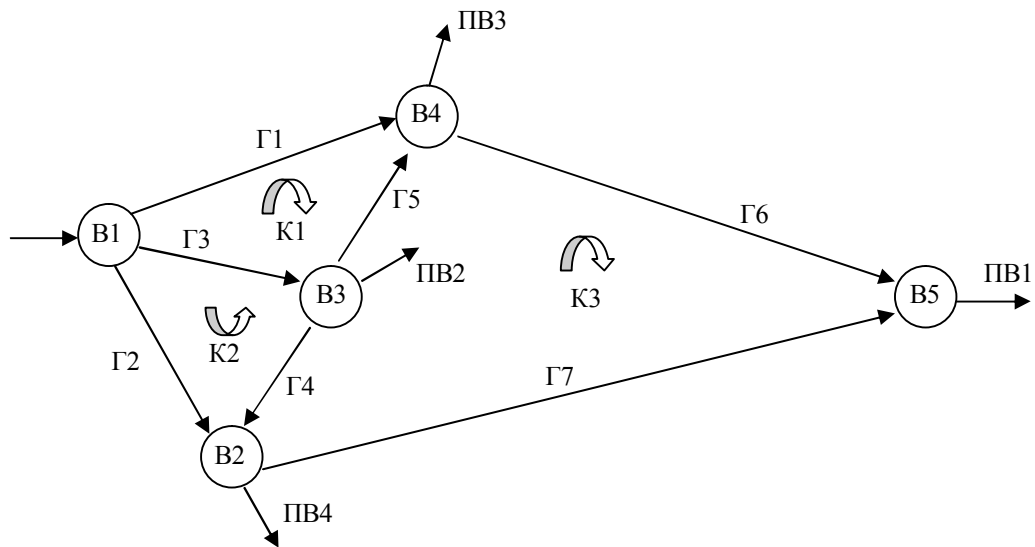


Рис. 3. Геометризація фрагменту мобільного компоненту в момент часу $t+2$

Висновки

Показано, що в рамках тензорного аналізу мереж існує можливість сумісного дослідження структури системи і процесів інформаційного обміну, що в ній протікають, яка базується на об'єднанні можливостей диференційної геометрії з можливостями комбінаторної топології. При цьому додатковим джерелом інформації при виборі шуканої координатної системи служить топологічний опис реальної системи.

Запропоновано динамічний метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компоненту перспективної системи зв'язку в критичних умовах. А також наведено приклад розв'язання задачі багатошляхової маршрутизації команди управління на основі даного фрагменту з використанням запропонованого методу. В ході розв'язання задачі забезпечена мінімально однакова затримка передачі частин повідомлення уздовж кожного з розрахованих маршрутів.

Показано, що використання запропонованого методу можливе як при нарощуванні структури (її реорганізації), так і в критичних умовах. Результати

розрахунку та імітаційного моделювання підтвердили адекватність запропонованого методу та доцільність його реалізації.

Подальший розвиток запропонованого підходу до тензорного моделювання процесів функціонування складної системи, наприклад, мобільного компоненту системи зв'язку ЗС України, полягає в узагальненні поданої моделі на випадок передачі інформації не тільки між двома вузлами мережі, а, наприклад, циркулярно. А також при передачі команд управління використовуючи різні типи трафіка. Тобто в забезпеченні можливості одночасного вирішення і задач розрахунку маршрутів, і задач розподілу ресурсів мережі між трафіками даних різних користувачів.

Література

1. Слюсар, В.И. Военная связь стран НАТО: проблемы современных технологий [Текст] / В.И. Слюсар // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2008. – № 4. – С. 66 – 71.
2. Кондратьев, А.Е. Исследования “сетевых концепций” в вооруженных силах ведущих

зарубежных стран [Текст] / А.Е. Кондратьев // *Зарубежное военное обозрение*. – 2010. – № 12. – С. 3 – 9.

3. Крон, Г. Тензорный анализ сетей [Текст] / Г. Крон. – М.: Сов. радио, 1978. – 719 с.

4. Поповський, В.В. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем [Текст] / В.В. Поповський, С.О. Сабурова, О.В. Лемешко та ін.; під ред. В.В. Поповського. – Х.: ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006. – 564 с.

5. Лаврут, О.О. Математичне моделювання процесів функціонування фрагменту мобільного компоненту системи зв'язку ЗС України [Текст] / О.О. Лаврут, Л.М. Блажко // *Системи обробки інформації*. – 2011. – № 8 (98). – С. 170 – 174.

6. Малярчук, М.В. Архітектура мобільного компоненту перспективної системи зв'язку і авто-

матизації тактичної ланки управління Збройних Сил України з використанням опорної мережі на радіорелейних станціях / М.В. Малярчук, С.П. Колачев, А.А. Швець // *Зб. наук. праць ВІПІ НТУУ “КПІ”*. – 2009. – № 3. – С. 45 – 50.

7. Лемешко, А.В. Методика вибору незалежних путей с определением их количества при решении задач многопутевой маршрутизации [Текст] / А.В. Лемешко, О.Ю. Евсеева, О.А. Дробот // *Праці УНДІРТ*. – 2006. – № 4 (48). – С. 69 – 74.

8. Лемешко, А.В. Тензорная модель многопутевой маршрутизации агрегированных потоков с резервированием сетевых ресурсов, предоставления в пространстве с кривизной [Текст] / А.В. Лемешко // *Праці УНДІРТ*. – 2004. – № 4 (40). – С. 12 – 18.

Поступила в редакцію 23.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка, Полтава, Україна..

ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ИНФОРМАЦИИ ВО ФРАГМЕНТЕ МОБИЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ В КРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.А. Лаврут

Предложен динамический метод управления потоками информации во фрагменте мобильной компоненты перспективной системы связи в критических условиях. Показано, что использование предложенного метода возможно как при наращивании структуры (реорганизации), так и в критических условиях. Приведен пример расчета задачи многопутевой маршрутизации команды управления с минимальной задержкой на основе фрагмента мобильной компоненты перспективной системы связи Украины. В ходе решения задачи обеспечена минимально одинаковая задержка передачи частей сообщения вдоль каждого из рассчитанных маршрутов.

Ключевые слова: метод управления, тензорный анализ сетей, система связи.

DYNAMIC METHOD OF MANAGEMENT BY STREAMS OF INFORMATION IN FRAGMENT OF MOBILE COMPONENTS OF PERSPECTIVE COMMUNICATION NETWORK IN CRITICAL TERMS

O.O. Lavrut

The dynamic method of management by the streams of information in the fragment of mobile components of perspective communication network in critical conditions is offered. It is shown that the use of the offered method, possibly both at the increase of structure (reorganizations) and in critical terms. The example of calculation of task of multipath routing of management command is resulted with the minimum delay on the basis of fragment of mobile components of perspective communication network of Ukraine. In the course of solving the problem the minimum same transfer delay of messages along each of the calculated route is provided.

Key words: management method, tensor analysis of networks, communication network.

Лаврут Олександр Олександрович – канд. техн. наук, доцент, докторант військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України “КПІ”, Київ, Україна.