

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРНОЇ МАТРИЦІ МОНІТОРИНГУ ДОМЕНА УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Однією з актуальних задач управління сучасними телекомунікаційними мережами є створення автоматизованої системи управління. Ключовою позицією автоматизованої системи управління мережами є підсистема моніторингу елементів мережі. Тому, завдання автоматизація процесу збору інформації стану мережевих елементів в сучасних мережах є актуальною. При проведенні моніторингу важливим є період опитування мережевих елементів. Опорна матриця моніторингу представляється елементами, які відображають період моніторингу мережевого елемента з забезпечення 10% службового трафіку, який генерується підсистемою моніторингу. Відповідні блоки алгоритму методики реалізують обробку первинних даних, процедуру побудови дерева мережі, процедуру створення систем нерівностей та процедуру їх розв'язання. При побудові дерева мережі використана теорія графів. Побудова графа мережі домену управління здійснюється з урахуванням ваги мережевого елемента, починаючи з кореневого елемента при цьому ваги ребер, що з'єднують вершини мережевих елементів визначаються пропускними спроможностями. Для розв'язання цієї системи нерівностей використовується метод послідовного зменшення невідомих. В результаті отримує мінімальні значення періоду моніторингу мережевого елемента. Відповідно матриця моніторингу буде вміщувати такі значення для кожного мережевого елемента. Запропонована методика дозволяє визначити числові проміжки періодів моніторингу, які використовуються при проектуванні плану моніторингу домену управління інформаційної мережі спеціального призначення дозволить запобігти перевантаженню мережі службовим трафіком.

Ключові слова: матриця моніторингу, домен управління, управління інформаційною мережею, моніторинг стану інформаційної мережі, система управління інформаційною мережею.

Власенко О.В., Картавих В.Ю., Николаев А.Д., Горбенко В.И. Методика определения опорной матрицы мониторинга домена управления информационной сети специального назначения. Одной из актуальных задач управления современными телекоммуникационными сетями является создание автоматизированной системы управления. Ключевой позицией автоматизированной системы управления сетями есть подсистема мониторинга элементов сети. Поэтому, задача автоматизация процесса сбора информации состояния сетевых элементов в современных сетях является актуальной. При проведении мониторинга важно период опроса сетевых элементов. Опорная матрица мониторинга представляется элементами, которые отражают период мониторинга сетевого элемента по обеспечению 10% служебного трафика, генерируемого подсистемой мониторинга. Соответствующие блоки алгоритма методики реализуют обработку первичных данных, процедуру построения дерева сети, процедуру создания систем неравенств и процедуру их решения. При построении дерева сети использована теория графов. Построение графа сети домена управления осуществляется с учетом веса сетевого элемента, начиная с корневого элемента при этом веса ребер, соединяющих вершины сетевых элементов определяются пропускными способностями. Для решения этой системы неравенств используется метод последовательного уменьшения неизвестных. В результате получает минимальные значения периода мониторинга сетевого элемента. Согласно матрица мониторинга будет содержать следующие значения для каждого сетевого элемента. Предложенная методика позволяет определить числовые промежутки периодов мониторинга, используемых при проектировании плана мониторинга домена управления информационной сети специального назначения позволит предотвратить перегрузку сети служебным трафиком.

Ключевые слова: матрица мониторинга, домен управления, управления информационной сетью, мониторинг состояния информационной сети, система управления информационной сетью.

O.Vlasenko, V.Kartavykh, A.Nikolaev, V.Gorbenko Methodology for determining the support matrix for monitoring the management domain of a special-purpose information network. One of the urgent tasks of managing modern telecommunications networks is to create an automated control system. The key element of an automated network management system is the subsystem of monitoring of network elements. Therefore, the task of automating the process of gathering information about the state of network elements in modern networks is relevant. Due monitoring the important thing is the period of 'asking' the network elements. The monitoring reference matrix is represented by elements that reflect the monitoring period of the network element providing 10% of the service traffic generated by the monitoring subsystem. The corresponding blocks of the algorithm implement the processing of the primary data, the procedure for building a tree, the procedure for creating inequality systems and the procedure to solve them. Graph theory was used to construct the tree of the network. The construction of the network domain control column graph is

based on the weight of the network element, starting from the root element with the weight of the edges connecting the vertices of the network elements being determined by the bandwidths. To solve this inequality, we use the method of sequentially reducing unknowns. As a result, it receives the minimum values of the monitoring period of the network element. Accordingly, the monitoring matrix will accommodate such values for each network element. The proposed methodology allows to determine the numerical intervals of monitoring periods used in the design of the monitoring plan for the domain of management of the special purpose information network and will prevent overloading of the network with official traffic.

Keywords: monitoring matrix, management domain, information network management, monitoring the status of the information network, information network management system.

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Вимоги до сучасних систем зв'язку, обумовлюють розвиток системи зв'язку Збройних сил України, що передбачає:

- відмовою від застарілих технологій передачі медіа інформації (каналів тональної частоти, аналогових телефонних комутаторів, тощо);
- використанням сучасного телекомунікаційного обладнання;
- застосуванням технологій IP-телефонії з різним рівнем захисту інформації;
- впровадженням систем передач, відображення та обробки даних.

Разом з тим це призвело до ускладнення процесів управління системою зв'язку, контролю її працездатності (моніторингу) та виявлення несправностей.

На теперішній час основним способом контролю працездатності системи залишається спосіб тестових дзвінків в системі та ручна перевірка доступу сервісів черговими змінами вузлів. Разом з тим командуванням військ зв'язку приділяється особлива увага питанню створення автоматизованої системи управління системою зв'язку та в першу чергу її підсистеми моніторингу телекомунікаційного обладнання.

Аналіз процесу управління системою зв'язку показує, що з метою автоматизації контролю за підпорядкованим обладнанням на пунктах управління системою зв'язку оперативної та стратегічної ланок управління інженерним складом розгортаються доступні у вільному використанні системи моніторингу. Лідируюче місце серед переліку зазначених систем займає система *Zabbix* виробництва компанії *Zabbix SIA*. Разом з тим самостійне розгортання систем моніторингу інженерним складом має ряд недоліків серед яких основними є:

низьке використання функціональних можливостей систем, що розгортаються надлишкове навантаження каналів зв'язку службовим трафіком, який генерується системами моніторингу для контролю за станом телекомунікаційного обладнання.

Виходячи з зазначеного практика розвитку системи зв'язку останніх років вказує на актуальність впровадження підсистеми моніторингу системи зв'язку, як однієї з основних підсистем автоматизованої системи управління системою зв'язку збройних сил. Впровадження підсистеми моніторингу повинно супроводжуватися вирішенням ряду оптимізаційних задач метою яких є запобігання перевантаження каналів системи зв'язку службовим трафіком.

Аналіз останніх публікацій. Разом з практичними спробами впровадження підсистеми моніторингу в останні роки активно проводяться і теоретичні дослідження в цьому напрямку, що в першу чергу спрямовані на розробку теоретичних підходів до побудови систем такого типу.

Так в [1] запропоновані концептуальні підходи щодо побудови системи управління мережами зв'язку, обґрунтовані її структура та функції. В [2] подається управління в телекомунікаційних мережах та визначаються основні принципи побудови систем управління інформаційними мережами. В [3] описується модель систем управління на основі протоколу *SNMP*. Основною задачею даного протоколу є збір параметрів мережевих елементів в процесі їх роботи, тобто моніторинг мережевих елементів. Процес моніторингу є одним з основних етапів управління [4], тому функціонал по його реалізації виділяється в окрему підсистему моніторингу (ПМ), яка є складовою частиною системи управління інформаційної мережі спеціального призначення як основного елементу системи зв'язку.

Недоліки протоколу *SNMP* вимагають при моніторингу мережевих елементів застосовувати комплексне використання даного протоколу з протоколом *ICMP*, який забезпечує контроль за мережевим елементом на *IP* рівні моделі *TCP/IP* [5]. Аналітична модель моніторингу з використанням даного підходу представлена у [6]. На етапі проектування підсистеми моніторингу визначаються наступні задачі [3]:

визначення множини параметрів, за якими здійснюється моніторинг мережевих елементів;

встановлення оптимального місця підключення підсистеми моніторингу до інформаційної мережі;

отримання оптимальних періодів опитування мережевих елементів по параметрам, що характеризують їх стан.

В даній статті запропонований підхід для отримання періодів опитування мережевих елементів, який дозволяє отримати план моніторингу, що може бути використаний як опорний план при вирішенні оптимізаційної задачі визначення оптимальних періодів моніторингу мережевих елементів.

Метою статті є розробка методики визначення періодів опитування мережевих елементів при введенні певних обмежень, які спрощують вирішення задачі. В статті визначаються первинні дані методики, представляється алгоритм методики і описуються окремі процедури алгоритму.

Виклад основного матеріалу. Періоди моніторингу параметрів мережевих елементів представляються у вигляді матриці моніторингу домену управління, в якій кожний рядок містить періоди моніторингу параметрів окремого взятого елемента. Розмірність матриці моніторингу дорівнює

$$n \times \arg \max_{i \in \overline{1, n}} (K_i),$$

де n – кількість мережевих елементів, K_i – кількість параметрів, що підлягають моніторингу i -го мережевого елемента [5]. Для розв'язання оптимізаційних задач по визначенню раціональних періодів моніторингу кожного параметру усіх мережевих елементів слід визначити опорну матрицю моніторингу домену управління. Для визначення опорної матриці моніторингу введемо обмеження, що всі параметри окремого мережевого елемента опитуються з однаковим періодом. З урахуванням цього обмеження, опорна матриця моніторингу представляється у вигляді

$$T_n = \begin{pmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \dots \\ \tau_n \end{pmatrix},$$

τ_i - період моніторингу i -го мережевого елемента. Розрахунок опорної матриці моніторингу повинен здійснюватися таким чином, щоб забезпечити задане співвідношення (10%) службового трафіку, який генерується підсистемою моніторингу до пропускної здатності каналів передачі даних .

Первинними даними методики визначення опорної матриці моніторингу є:

$N = n_i$ – множина мережевих елементів домену управління, де $n_i = \langle H_i, I_{senior}, C_{senior} \rangle$, H_i інформаційна модель i -го мережевого елемента, I_{senior} – номер мережевого елемента, до якого підключений i -й мережевий елемент, C_{senior} – пропускна спроможність каналу передачі даних між i -м вузлом та старшим вузлом мережі;

k – коефіцієнт відношення інтенсивності службового трафіку до загальної пропускної спроможності каналу передачі даних. $0 < k < 1$.

Обмеження:

при побудові мережі домену управління не застосовується технологія з кільцевими топологіями та технологія *Virtual Local Area Network (VLAN)*;

усі мережеві елементи множини N підтримують протокол $SNMP$, для них побудовані інформаційні моделі, і всі вони підлягають моніторингу;

місце підключення ПМ заздалегідь визначено.

Результатом застосування методики є T_n – опорна матриця моніторингу розмірністю $n \times 1$.

Алгоритм методики визначення опорної матриці моніторингу домену управління інформаційної мережі. Крок 1 відповідає за введення первинних даних у визначеному в формалізованій постановці задачі методики вигляді. Кроки 2, 3 та 4 реалізують обробку первинних даних та визначення опорної матриці моніторингу. Більш детально крок 2 містить в собі процедуру побудови дерева мережі збору службової інформації домену управління, крок 3 вміщує процедуру створення системи нерівностей, а крок 4 реалізує процедуру вирішення системи нерівностей. Крок 5 здійснює виведення отриманої опорної матриці моніторингу.

В процедурі побудови дерева мережі домену управління здійснюється обробка первинних даних. З первинних даних для кожного вузла визначається I_{senior}^i – старший мережевий елемент до якого підключається даний мережевий елемент, C_{senior}^i – пропускна спроможність каналу передачі даних між старшим мережевим елементом та даним мережевим елементом та K_i – кількість параметрів, що характеризують роботу даного мережевого елемента і змінюються в процесі його роботи, тобто кількість елементів інформаційної моделі мережевого елемента H_i . Крім того, відповідно до обмежень, визначається мережевий елемент до якого підключається підсистема моніторингу I_{senior}^M та пропускна спроможність каналу від підсистеми моніторингу до цього мережевого елемента C_{senior}^M .

В домені управління існує мережевий елемент, який по каналам зв'язку підключається до старшого домену управління і є кореневим мережевим елементом для мережі цього домену управління або є кореневим елементом усієї мережі ($I_{senior}^i = 0$). Побудова графа мережі домену управління починається з визначення та нанесення його на діаграму графа. Вагою вершини є K_i цього мережевого елемента. Наступним кроком є нанесення вершин, що позначають мережеві елементи, які безпосередньо підключені до кореневого елемента домена управління. Ваги вершин є K_i цих мережевих елементів. Відповідно ваги ребер, що з'єднують вершини мережевих елементів, дорівнюють C_{senior}^i даних мережевих елементів. Після нанесення всіх мережевих елементів, наноситься вершина, яка позначає підсистему моніторингу. Вага ребра між підсистемою моніторингу та мережевим елементом I_{senior}^M дорівнює C_{senior}^M . Діаграма графа домену управління представлено на Рис. 2.

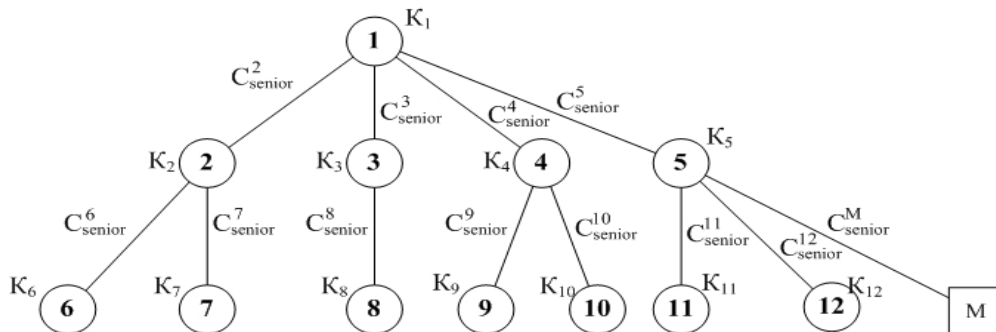


Рис. 2. Діаграма графа домену управління

Для подальших розрахунків побудуємо ізоморфний граф [7], отриманий так, що вершина підсистеми моніторингу є коренем кінцевої діаграми граф-дерева домену управління (рис. 3). Обмеження, що стосуються технології з кільцевими топологіями та технології *VLAN*, дозволяє класифікувати граф домену управління, як граф-дерево.

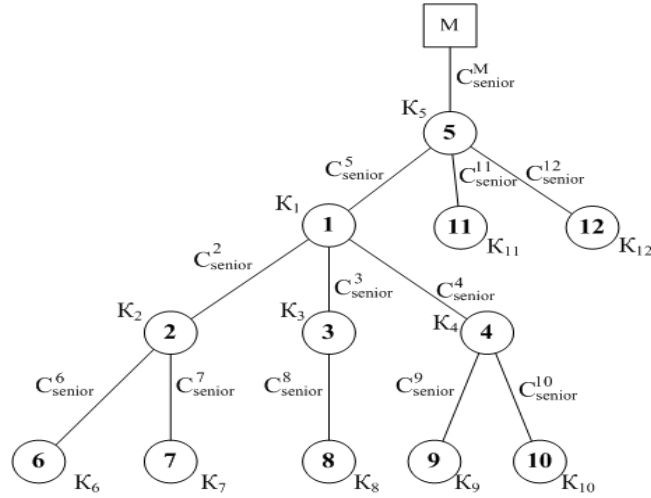


Рис. 3. Кінцева діаграма граф-дерева домену управління

Побудована кінцева діаграма граф-дерева домену управління вміщує первинні дані процедури побудови системи лінійних нерівностей. Для побудови системи лінійних нерівностей виділемо вершини з ступенем 1, тобто висячі вершини [8].

Розглянемо висячу вершину 6. Відповідно з первинними даними трафік каналу передачі даних між вузлом 6 та старшим вузлом не повинен перевищувати kC_{senior}^6 , тобто

$$f(\tau_6, K_6) \leq kC_{senior}^6,$$

де $f(\tau_i, K_i)$ – функція, яка визначає об'єм трафіка, що генерується при моніторингу мережевого елемента по K_i параметрам з періодом моніторингу кожного параметру τ_i . Застосовуючи інформаційно-часову модель моніторингу мережевого елемента [5] отримуємо нерівність наступного виду

$$\frac{2}{\tau_6} (N_{ICMP} + K_6 N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^6,$$

де N_{ICMP} – розмір пакета *ICMP*, N_{SNMP} – розмір пакета *SNMP*. Аналогічно будуються нерівності для інших висячих вершин.

$$\frac{2}{\tau_7} (N_{ICMP} + K_7 N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^7$$

$$\frac{2}{\tau_8} (N_{ICMP} + K_8 N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^8$$

$$\frac{2}{\tau_9} (N_{ICMP} + K_9 N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^9$$

$$\frac{2}{\tau_{10}} (N_{ICMP} + K_{10} N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^{10}$$

$$\frac{2}{\tau_{11}}(N_{ICMP} + K_{11}N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^{11}$$

$$\frac{2}{\tau_{12}}(N_{ICMP} + K_{12}N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^{12}.$$

Вилучаємо розглянуті вершини та інцидентні з ними ребра. При чому додаємо до старших мережевих елементів кількість параметрів мережевих елементів, що були підключені до них. Отримуємо діаграму граф-дерева після вилучення висячих вершин нижнього рівня (Рис. 4).

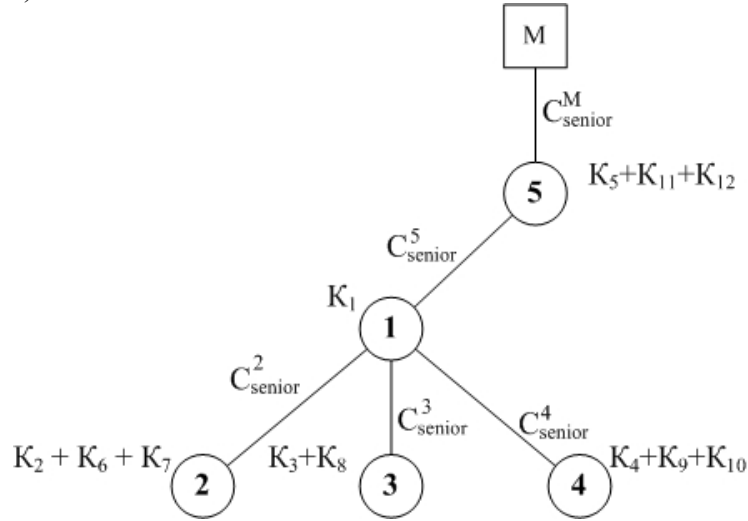


Рис. 4 Діаграма граф-дерева після вилучення висячих вершин

В наступній ітерації розглядаються висячі вершини отриманої діаграми граф-дерева, але з врахуванням попередніх вершин. Відповідно при розгляді вершини 2 отримаємо нерівність

$$\frac{2}{\tau_6}(N_{ICMP} + K_6N_{SNMP}) + \frac{2}{\tau_7}(N_{ICMP} + K_7N_{SNMP}) + \frac{2}{\tau_2}(N_{ICMP} + K_2N_{SNMP}) \leq kC_{senior}^2$$

Аналогічно будуються нерівності для інших висячих вершин цієї діаграми граф-дерева. З діаграми граф-дерева виключаються оброблені висячі вершини та інцидентні з ними ребра, тобто отримується діаграма граф-дерева після вилучення висячих вершин другої ітерації (рис.5).

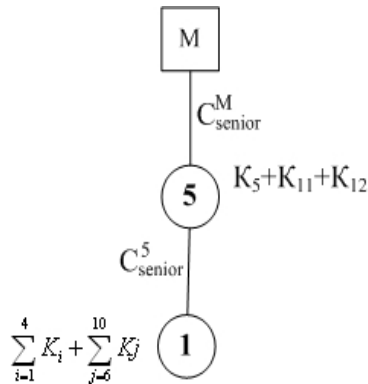


Рис. 5. Діаграма граф-дерева після вилучення висячих вершин другої ітерації

Ітерації продовжуються до того моменту поки не буде отримано діаграму граф-дерева останньої ітерації (Рис. 6).

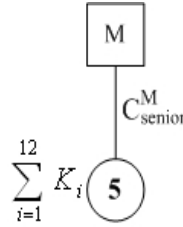


Рис.6. Діаграма граф-дерева останньої ітерації

При розгляді останньої вершини трафік підсистеми моніторингу на даному ребрі являється корисним. Тому нерівність в даному випадку буде мати вид:

$$\sum_{i=1}^n \frac{2}{\tau_i} \left(N_{ICMP} + K_i N_{snmp} \right) \leq (1-k) C_{senior}^M$$

Отже, на основі діаграми графа домену управління інформаційної мережі і інформаційно-часової моделі моніторингу мережевого елемента отримуємо систему п лінійних нерівностей з п невідомими. При розв'язанні даної системи слід враховувати, що невідомі вказують на час і тому:

$$\tau_i > 0, \text{ для } \forall i \in \overline{1, n} .$$

Для спрощення системи лінійних нерівностей позначимо:

$$A_i = N_{ICMP} + K_i N_{SNMP}$$

$$X_i = \frac{2}{\tau_i}$$

$$C_i = k C_{senior}^i, C_M = (1-k) C_{senior}^M .$$

Область значень даних змінних відповідно:

$$A_i > 0, X_i \geq 0, C_i > 0, C_M > 0$$

З врахуванням цього та простих математичних перетворень система нерівностей набуде наступного виду

$$S = \begin{cases} -A_6 X_6 + C_6 \geq 0 \\ -A_7 X_7 + C_7 \geq 0 \\ -A_8 X_8 + C_8 \geq 0 \\ -A_9 X_9 + C_9 \geq 0 \\ -A_{10} X_{10} + C_{10} \geq 0 \\ -A_{11} X_{11} + C_{11} \geq 0 \\ -A_{12} X_{12} + C_{12} \geq 0 \\ -A_6 X_6 - A_7 X_7 - A_2 X_2 + C_2 \geq 0 \\ -A_8 X_8 - A_3 X_3 + C_3 \geq 0 \\ -A_9 X_9 - A_{10} X_{10} - A_4 X_4 + C_4 \geq 0 \\ -\sum_{i=1}^4 A_i X_i - \sum_{j=6}^{10} A_j X_j + C_5 \geq 0 \\ -\sum_{i=1}^{12} A_i X_i + C_m \geq 0 \end{cases}$$

Для розв'язання даної системи нерівностей застосуємо метод послідовного зменшення невідомих [9]. Даний метод полягає в послідовному зменшенні кількості змінних шляхом вираження їх через інші змінні. Для цього розглядаються кожна з нерівностей існуючої системи. В залежності від значення коефіцієнта при змінній, яку заміняємо здійснюються наступні перетворення:

- при $a_n = 0$, нерівність залишається незмінна
- при $a_n < 0$, переносимо член $a_n x_n$ в праву частину нерівності і ділимо обидві частини нерівності на $-a_n$. Отримуємо нерівність наступного виду

$$b_1 x_1 + \dots + b_{n-1} x_{n-1} \geq x_n$$

- при $a_n > 0$, переносимо в праву частину усі доданки крім $a_n x_n$ і ділимо обидві частини нерівності на a_n . Отримуємо нерівність наступного виду

$$x_n \geq c_1 x_1 + \dots + c_{n-1} x_{n-1}$$

Таким чином, помноживши кожен з нерівностей на додатне число, отримуємо систему рівносильну даній, яка складається з трьох складових

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 \geq x_n \\ P_2 \geq x_n \\ \dots\dots\dots \\ P_p \geq x_n \\ x_n \geq Q_1 \\ \dots\dots\dots \\ x_n \geq Q_q \\ R_1 \geq 0 \\ R_2 \geq 0 \\ \dots\dots\dots \\ R_r \geq 0 \end{array} \right.$$

Значення x_n відповідно дорівнює рішенням системи нерівностей

$$P_i \geq x_n \geq Q_j,$$

де $i = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, q}$. В подальшому здійснюємо перетворення системи, для отримання сугутньої підсистеми з $n-1$ невідомими

$$\left\{ \begin{array}{l} P_i \geq Q_j \\ R_1 \geq 0 \\ R_2 \geq 0 \\ \dots\dots\dots \\ R_r \geq 0 \end{array} \right.$$

Аналогічні перетворення тривають до отримання систем лінійних нерівностей з $n-2$, $n-3$ 2 невідомими. В кінці перетворень одержуємо значення для одного невідомого і в зворотньому порядку розраховуємо проміжки для невідомих усієї первинної системи нерівностей. Розв'язання системи нерівностей з прикладу здійснюється дванадцятьма ітераціями.

Визначаємо значення для X_{12} . Отримуємо рівносильну систему, яка складається з наступних підсистем:

$$R = \begin{cases} -A_6 X_6 + C_6 \geq 0 \\ -A_7 X_7 + C_7 \geq 0 \\ -A_8 X_8 + C_8 \geq 0 \\ -A_9 X_9 + C_9 \geq 0 \\ -A_{10} X_{10} + C_{10} \geq 0 \\ -A_{11} X_{11} + C_{11} \geq 0 \\ -A_6 X_6 - A_7 X_7 - A_2 X_2 + C_2 \geq 0 \\ -A_8 X_8 - A_3 X_3 + C_3 \geq 0 \\ -A_9 X_9 - A_{10} X_{10} - A_4 X_4 + C_4 \geq 0 \\ -\sum_{i=1}^4 A_i X_i - \sum_{j=6}^{10} A_j X_j + C_5 \geq 0 \end{cases}$$

$$P_{12} = \begin{cases} \frac{C_{12}}{A_{12}} \geq X_{12} \\ -\sum_{i=1}^{11} \frac{A_i}{A_{12}} X_i + \frac{C_m}{A_{12}} \geq X_{12} \end{cases}$$

Підсистема Q не містить нерівностей, а визначається з допустимого проміжку значень

$$Q = \{X_{12} \geq 0\}$$

Згідно запропонованого методу отримуємо рівносильну систему лінійних нерівностей та рішення для змінної X_{12}

$$S' = \begin{cases} -A_6 X_6 + C_6 \geq 0 \\ -A_7 X_7 + C_7 \geq 0 \\ -A_8 X_8 + C_8 \geq 0 \\ -A_9 X_9 + C_9 \geq 0 \\ -A_{10} X_{10} + C_{10} \geq 0 \\ -A_{11} X_{11} + C_{11} \geq 0 \\ -A_6 X_6 - A_7 X_7 - A_2 X_2 + C_2 \geq 0 \\ -A_8 X_8 - A_3 X_3 + C_3 \geq 0 \\ -A_9 X_9 - A_{10} X_{10} - A_4 X_4 + C_4 \geq 0 \\ -\sum_{i=1}^4 A_i X_i - \sum_{j=6}^{10} A_j X_j + C_5 \geq 0 \\ \frac{-A_{11}}{A_{12}} X_{11} - \sum_{i=1}^{10} \frac{A_i}{A_{12}} X_i + \frac{C_m}{A_{12}} \geq 0 \end{cases}$$

З даної системи отримуємо наступні підсистеми

$$R = \begin{cases} -A_6 X_6 + C_6 \geq 0 \\ -A_7 X_7 + C_7 \geq 0 \\ -A_8 X_8 + C_8 \geq 0 \\ -A_9 X_9 + C_9 \geq 0 \\ -A_{10} X_{10} + C_{10} \geq 0 \\ -A_6 X_6 - A_7 X_7 - A_2 X_2 + C_2 \geq 0 \\ -A_8 X_8 - A_3 X_3 + C_3 \geq 0 \\ -A_9 X_9 - A_{10} X_{10} - A_4 X_4 + C_4 \geq 0 \\ -\sum_{i=1}^4 A_i X_i - \sum_{j=6}^{10} A_j X_j + C_5 \geq 0 \end{cases}$$

$$P_{11} = \begin{cases} \frac{C_{11}}{A_{11}} \geq X_{11} \\ -\sum_{i=1}^{10} \frac{A_i}{A_{11}} X_i + \frac{C_{11}}{A_{11}} \geq X_{11} \end{cases}$$

$$Q = \{X_{11} \geq 0\}$$

Отримуємо рівносильну систему другого рівня та рішення для змінної X_{11}

$$S'' = \begin{cases} -A_6 X_6 + C_6 \geq 0 \\ -A_7 X_7 + C_7 \geq 0 \\ -A_8 X_8 + C_8 \geq 0 \\ -A_9 X_9 + C_9 \geq 0 \\ -A_{10} X_{10} + C_{10} \geq 0 \\ -A_6 X_6 - A_7 X_7 - A_2 X_2 + C_2 \geq 0 \\ -A_8 X_8 - A_3 X_3 + C_3 \geq 0 \\ -A_9 X_9 - A_{10} X_{10} - A_4 X_4 + C_4 \geq 0 \\ -A_{10} X_{10} - \sum_{i=1}^4 A_i X_i - \sum_{j=6}^9 A_j X_j + C_5 \geq 0 \\ -\frac{A_{10}}{A_{11}} X_{10} - \sum_{i=1}^9 \frac{A_i}{A_{11}} X_i + \frac{C_{11}}{A_{11}} \geq 0 \end{cases}$$

З даної системи отримуємо наступні підсистеми

$$R = \begin{cases} -A_6 X_6 + C_6 \geq 0 \\ -A_7 X_7 + C_7 \geq 0 \\ -A_8 X_8 + C_8 \geq 0 \\ -A_9 X_9 + C_9 \geq 0 \\ -A_6 X_6 - A_7 X_7 - A_2 X_2 + C_2 \geq 0 \\ -A_8 X_8 - A_3 X_3 + C_3 \geq 0 \end{cases}$$

$$P_{10} = \begin{cases} \frac{C_{10}}{A_{10}} \geq X_{10} \\ -\sum_{i=1}^9 \frac{A_i}{A_{10}} X_i + \frac{C_M}{A_{10}} \geq X_{10} \\ -\frac{A_9}{A_{10}} X_9 - \frac{A_4}{A_{10}} X_4 + \frac{C_4}{A_{10}} \geq X_{10} \\ -\sum_{i=1}^4 \frac{A_i}{A_{10}} X_i - \sum_{j=6}^9 \frac{A_j}{A_{10}} X_j + \frac{C_5}{A_{10}} \geq X_{10} \end{cases}$$

$$Q = \{X_{10} \geq 0\}$$

Продовжуючи аналогічно перетворювати систему нерівностей отримуємо підсистеми Р для кожного з невідомих.

При наявності реальних значень A_i, C_i, C_M отримуємо рішення у вигляді проміжків можливих значень для кожного невідомого X_i . Рішення матиме вид

$$0 \leq X_i \leq \overline{X_i},$$

де $\overline{X_i}$ певне додатне число.

Враховуючи заміну для кожного τ_i отримуємо

$$0 \leq \frac{2}{\tau_i} \leq \overline{X_i},$$

Оскільки $\tau_i > 0$, то рішенням даної нерівності буде рішення наступної нерівності з урахуванням області можливих значень τ_i

$$\frac{2}{\tau_i} \leq \overline{X_i}$$

Підводимо кожен частину нерівності в ступінь -1. Отримуємо

$$\tau_i \geq \frac{2}{\overline{X_i}},$$

що i є проміжком можливих значень для періоду моніторингу мережевого елементу

Таким чином, $\frac{2}{\overline{X_i}}$ буде мінімальним значенням періоду моніторингу i -го мережевого елементу, що задовольнить виконання вимоги відношення пропускної здатності каналів

передачі даних між вузлами та інтенсивності службового трафіку ПМ. Відповідно матриця моніторингу домену управління складається з таких значень для кожного мережевого елемента.

Висновок. Запропонована методика дозволяє на основі структури домену управління, пропускних здатностей каналів передачі даних між мережевими елементами домену управління та інформаційних моделей кожного мережевого елемента визначити числові проміжки періодів моніторингу, використання яких при проектуванні плану моніторингу домену управління інформаційної мережі спеціального призначення дозволить запобігти перевантаженню мережі службовим трафіком.

Подальші дослідження будуть зосереджені на розробці складу та структури підсистеми моніторингу на основі використання результатів визначених у опорній матриці моніторингу домену мережі спеціального призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бовда Е.М., Плуговий Ю.А., Романюк В.А. Концептуальні основи синтезу автоматизованих систем управління зв'язком військового призначення. Збірник наукових праць ВІТІ, №1. 2016. С. 6 – 18.

2. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие К.: Издательско-полиграфический центр „Киевский университет”, 2003. – 247 с.

3. Романов О.І., Нестеренко М.М. Аналітична модель інтенсивності службового трафіку згідно SNMP. Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”, вип. 2. 2012. – С. 75 – 83.

4. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человечно-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта К.: Наукова думка, 1993. 184 с.

5. Горбенко В.І., Картавих В.Ю., Субач І.Ю. Модель моніторингу домену управління інформаційної мережі військового призначення. Збірник наукових праць ХУПС ім. І. Кожедуба „Системи обробки інформації”, вип. 4(111). Х.: 2013 – С. 118 – 122.

6. Горбенко В.І., Сілко О.В., Картавих В.Ю. Інформаційно-часова модель моніторингу мережевих елементів підсистеми моніторингу інформаційної мережі спеціального призначення. Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”, вип. 1. К.: 2012. С. 24 – 36.

7. Горбенко В.І., Картавих В.Ю., Бандура А.В. Методика побудови інформаційної моделі мережевого елемента. Збірник матеріалів VII-го науково-практичного семінару ВІТІ НТУУ „КПІ”. К.: 2013. С. 100.

8. Харари Фрэнк. Теория графов / Пер. с англ. и предисл. В. П. Козырева. Под ред. Г. П. Гаврилова. Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2003. – 296 с.

9. Н. Кристофидес. Теория графов. Алгоритмический подход М. Мир, 1978. 432 с.

10. Солодовник А.С. Системы линейных неравенств М.: издательство „Наука”, 1977. 116 с.