

Володимир Володимирович Кіреєнко

Олег Володимирович Барабаш (д-р техн. наук, професор)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ЧАСТКОВА МЕТОДИКА ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМУМУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ НА БАЗІ АЛГОРИТМА ПРИМА

Стаття присвячена побудові функціонально-стійкій системі передачі радіолокаційної інформації. Забезпечення функціональної стійкості пропонується здійснювати за рахунок введення надмірності між структурними елементами системи. В статті приймається, що на вузлах комутації можливо реалізувати багатократне резервування елементів, реалізувати захист від засобів ураження противника і тим самим вирішити питання підвищення надійності, живучості та відмовостійкості. Також в статті розглянуто вплив корегуючого зв'язку на функціональну стійкість системи. Зважаючи на характер ієрархічної побудови існуючої системи передачі радіолокаційної інформації дослідження проводились за допомогою графової моделі, а саме розглядалися питання побудови оптимально-зв'язних структур. Також було показано, що при заданій кількості вершин та ребер, різними ймовірностями існування ребра можуть відповідати різні оптимальні структури графа. Там же було показано, що максимальна кількість покривних дерев не завжди відповідає максимальній ймовірності зв'язності. Таким чином на основі представленої удосконаленої методики можна оптимальним чином вводити корегуючі зв'язки, тим самим підвищувати функціональну стійкість структури.

Ключові слова: функціональна стійкість; система передачі радіолокаційної інформації; структурна зв'язність.

Вступ

Постановка проблеми. Необхідність побудови функціонально-стійкої системи передачі радіолокаційної інформації (СПРІ) обумовлено важливістю завдань, що вирішується системою, а саме передача радіолокаційної інформації до споживачів.

Основною особливістю функціонально-стійких систем є їхня здатність змінюватись на структурному рівні до повної відмови системи, тобто виключати відмовивши елементи, перестроювати структуру, налаштувати параметри системи до нових умов експлуатації. Аналогічно поведінки живих організмів, при втраті ними деяких частин та функцій слід синтезувати СПРІ, яка б виконувала основну функцію (передачу радіолокаційної інформації) при виході з ладу елементів системи (вузлів комутації та ліній зв'язку).

Таким чином вирішення задачі синтезу СПРІ, тобто визначення її структури та значень параметрів елементів у відповідності з визначеними обмеженнями та критеріями є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вирішенню задачі побудови функціонально-стійких складних систем присвячено множина наукових робіт [1, 2, 3, 4]. Однак, основна увага в них приділяється рішенню часткових задач, а саме – побудови резервованих інформаційно-керованих систем, адаптивних систем управління, відмово-стійких обчислювальних систем.

Мета статті. Викладення основних положень удосконаленої часткової методики побудови системи передачі радіолокаційної інформації за критерієм максимуму функціональної стійкості. Результатом вирішення даної задачі буде множина ліній зв'язку між вузлами комутації СПРІ.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для вирішення поставленої задачі скористаємось графовим її поданням, як найбільш поширеною та зручною формою подання структур взагалі. Будемо рахувати, що вершинам графа відповідають вузли комутації (ВК), а ребрам графа лінії зв'язку. Якщо побудова оптимально-зв'язного графа для заданих кількості вершин і ребер розглядалося в літературі і є деякі результати, зокрема по однорідності ступенів вершин таких графів і довжини простих ланцюгів, то питанням оптимального з'єднання декількох точок в існуючих графах або оптимального з'єднання графів ще не розглядалося.

В [5] було показано, що при заданій кількості вершин та ребер, різними ймовірностями існування ребра можуть відповідати різні оптимальні структури графа.

В наведеній методиці прийнято рахувати, що ВК з'єднується корегуючим ребром до найближчого ВК. Однак більш детальний розгляд показує, що доцільно робити прив'язку не до найближчого вузла, а до того з яким пов'язане більше число входжень споживачів з якими ведеться передача радіолокаційної інформації. При

цьому за рахунок деякого збільшення довжини та вартості з'єднань скоротиться навантаження, в результаті чого вартість структури СПРІ зменшиться.

Для цього потрібно побудувати дерево мінімальної вартості, яка дорівнює сумі вартостей всіх ребер (ліній зв'язку), які з'єднують всі ВК.

Скористаємось існуючими алгоритмами, які в сукупності вирішують поставлену задачу. Для побудови структури СПРІ реалізовані наступні методи та алгоритми:

- алгоритм Прима;
- алгоритм Краскала;
- алгоритм побудови обмеженого дерева;
- алгоритм Есея-Вільямса;
- алгоритм Шарма;
- методи локальних перетворень.

Проведений аналіз [6] показав, що найбільш ефективними є евристичні методи оптимізаційних процедур (методи заміни). Дані методи є пошуковими процедурами, які покращують структуру СПРІ, послідовно змінюючи невеликі її ділянки.

Розглянемо задачу синтезу структури СПРІ в якій потрібно визначити сукупність ліній зв'язку, які забезпечують зв'язність структури при її мінімальній вартості. Зазначена задача вирішується в удосконаленій методиці (рис. 1), яка базується на елементах оптимізації на графах та мережах.

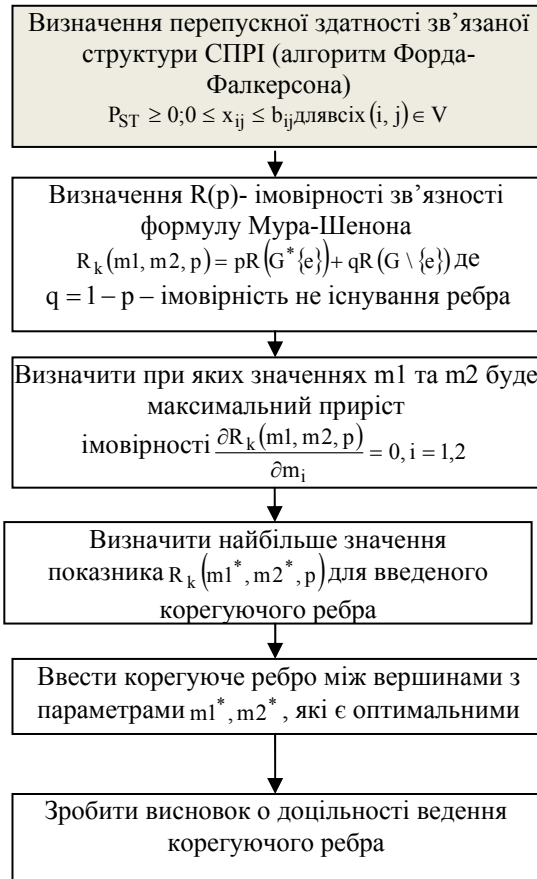
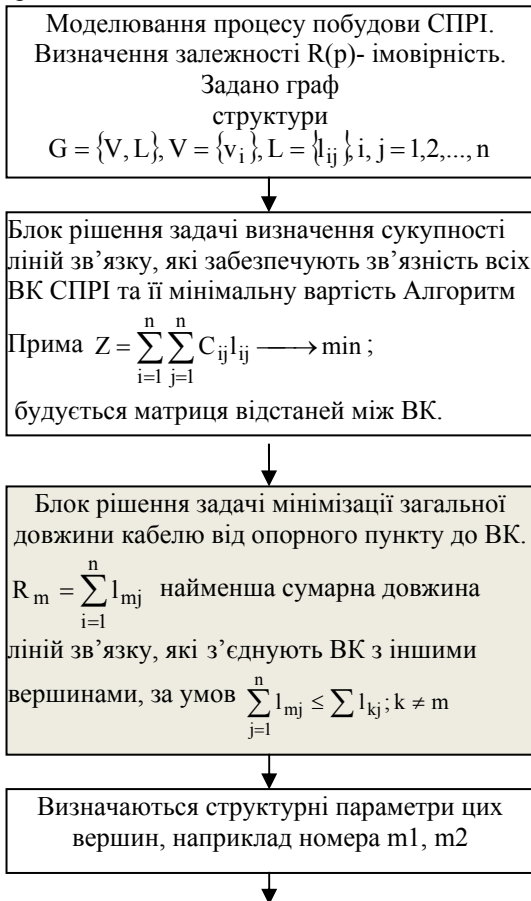


Рис. 1 Структурно-логічна схема методики побудови структури СПРІ

Математична задача синтезу структури мінімальної вартості формулюється наступним чином.

Задано неорієнтований граф $G(N, V)$, де множина вершин N відповідає множині ВК, загальне число дорівнює n , а множина ребер V – відстаням $\{l_{ij}\}$ між парами ВК. Відома вартість 1 кілометра лінії зв'язку між пунктами i та j .

Необхідно знайти дерево $G'(N', V')$, для якого досягається мінімум цільової функції:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} l_{ij} \rightarrow \min$$

Для рішення даної задачі застосуємо алгоритм Прима. Алгоритм реалізується шляхом присвоєння поміток вершинам ВК, які водяться у шуканий граф $G'(N', V')$ та послідовного ведення в нього найбільш коротких ребер (ліній зв'язку), загальна кількість яких не повинна перевищувати $(n-1)$ та забезпечувати зв'язність між всіма n вершинами покривного дерева.

Покрокова форма алгоритму має вигляд:

Крок 0. Шукана структура $G'(N', V')$ в початковому стані містить n вершин та не містить ребер. Обирається одна вершина ВК i та

помічається як “обрана”. Інші $(n - 1)$ вершин помічаються як “невибраних”.

Крок 1. Знаходиться ребро (i, j) , яке приналежить підмножині обраних вершин, а вершина j до підмножини не обраних вершин.

Крок 2. Ребро (i, j) включається до шуканої структури $G'(N', V')$, вершина j виключається з підмножини невібраних вершин. Якщо підмножина невібраних вершин виявилась порожньою – кінець роботи алгоритму. В протилежному випадку – переходимо до кроку 1.

Наведемо роботу алгоритму Прима на прикладі системи, яка складається з семи елементів. Маємо сім ВК, які входять до складу комплексів засобів автоматизації, відстань між якими зведені до матриці $L = \parallel l_{ij} \parallel$, а саме:

$$L = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 10 & 5 & 12 & 9 & 3 & 9 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 10 & 0 & 7 & 2 & 8 & 4 & 6 \\ 5 & 7 & 0 & 3 & 1 & 5 & 11 \\ 12 & 2 & 3 & 0 & 10 & 15 & 10 \\ 9 & 8 & 1 & 10 & 0 & 12 & 9 \\ 3 & 4 & 5 & 15 & 12 & 0 & 17 \\ 9 & 6 & 11 & 10 & 9 & 17 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

На кроці 0 шуканий граф містить 6 вершин ВК та не містить жодного ребра (ліній зв'язку). Обираємо вершину 3 та помічаємо її як обрану (рис. 2.5.1).

На 1 кроці обираємо ребро l_{35} як ребро з найменшою вагою, у якого вершина $i=3$ належить підмножині обраних вершин (поки, що містить одну вершину 3), а вершина $j=5$ – підмножину невібраних вершин (всі інші вершини). На кроці 2 ребро l_{35} водиться в шуканий граф $G'(N', V')$, а вершина 5 водиться у підмножину обраних вершин (рис. 1 а)

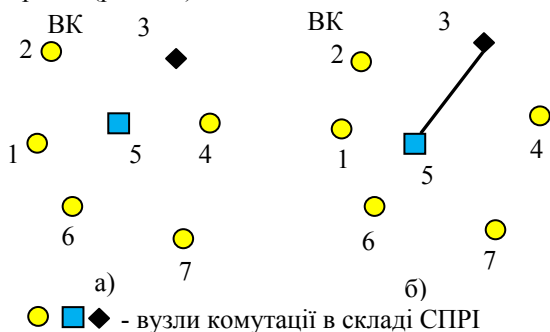


Рис. 1. Початкові структури у вигляді графів

Оскільки підмножина невібраних вершин не порожня, повторюємо крок 1. Для цього знаходимо ребро мінімальної ваги, перебираючи поєднання кожної пари вибраних та невібраних вершин. Таким є ребро l_{34} (рис. 2).

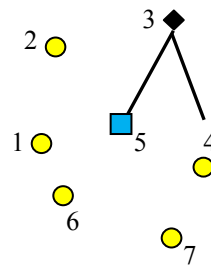


Рис. 2 а

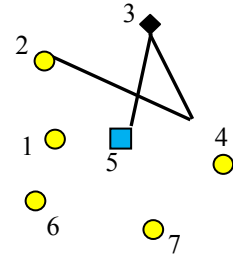


Рис. 2 б

яке додається у граф G' , а вершина 4 стає обраною. Наступним вибираються ребра: l_{26} (рис. 3 а); l_{31} (рис. 3 б); l_{27} (рис. 3 в).

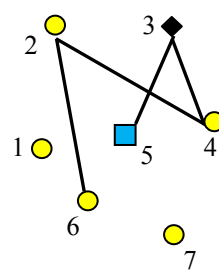


Рис. 3 а

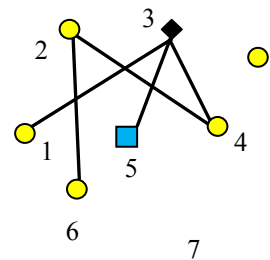


Рис. 3 б

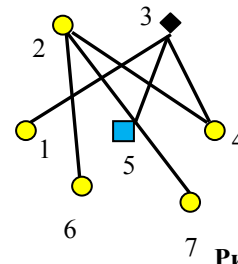


Рис. 3 в

Отримано шуканий граф $G'(N', V')$, який представляє собою покривне дерево, так як він включає всі вершини, містить число ребер на одиницю менше числа вершин ($n=7, v=6$) та забезпечує зв'язність кожної пари вершин.

Висновки й перспективи подальших досліджень

В результаті проведення досліджень встановлено, що запровадження удосконаленої методики побудови системи передачі радіолокаційної інформації дозволяє створити умови для якісного поліпшення рівня функціональної стійкості системи забезпеченням зв'язності структури за рахунок введення корегуючи зв'язків.

Отримані наукові результати можуть знайти подальше застосування під час наукових досліджень в напрямку розроблення перспективних систем передачі даних.

Література

1. Губко М. В. Математические модели оптимизации иерархических структур / М. В. Губко. – М. : ИПУ РАН, 2006. – 264 с. 2. Васильев В. И. Графы кодов, устройства и сети передачи сигналов данных / В. И. Васильев, В. М. Коновалов, Л. Я. Заманский – М. : “Радио и связь”, №11, 1985. 3. Барабаш О. В., Застосовання дискретної оптимізації для синтезу структури мережі передачі даних / О. В. Барабаш, Ю. В. Пономарьов // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. Збірник наукових праць. – Житомир : ЖВІРЕ, – 2003. – Вип. 6. – С. 132–141. 4. Богатырев В. А. Оценка вероятности полной связности локальных сетей при неполнодоступности резервированных магистралей / В. А. Богатырев. // Электронное моделирование, – 1999. – №5. – С. 102–112. 5. Новиков Д. А. Сетевые структуры и организационные системы / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 102 с. 6. Ерзин А. И. Задачи маршрутизации : учеб. пособие / А. И. Ерзин, Ю. А. Кочетов; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2014. – 95 с.

ЧАСТНАЯ МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ЗА КРИТЕРИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА БАЗЕ АЛГОРИТМА ПРИМА

Киреенко Владимир Владимирович

Барабаш Олег Владимирович (д-р техн. наук, профессор)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Статья посвящена построению функционально устойчивой системе передачи радиолокационной информации. Обеспечение функциональной устойчивости предлагается осуществлять за счет введения избыточности между структурными элементами системы. В статье принимается, что на узлах коммутации возможно реализовать многократное резервирование элементов, реализовать защиту от средств поражения противника и тем самым решить вопросы повышения надежности, живучести и отказоустойчивости. Также в статье рассмотрено влияние корректирующей связи на функциональную устойчивость системы. Ввиду характера иерархического построения существующей системы передачи радиолокационной информации, исследования проводились с помощью графовой модели, а именно рассматривались вопросы построения оптимально связанных структур. Также было показано, что при заданном количестве вершин и ребер различным вероятностям существования ребра могут соответствовать различные оптимальные структуры графа. Там же было показано, что максимальное количество покрывающих деревьев не всегда отвечает максимальной вероятности связности. Таким образом, на основе представленной усовершенствованной методики можно оптимальным образом вводить корректирующие связи, тем самым повышать функциональную устойчивость структуры.

Ключевые слова: функциональная устойчивость; система передачи радиолокационной информации; структурная связность

THE PRIVATE METHOD OF THE RADAR INFORMATION TRANSMISSION SYSTEM CONSTRUCTION BY THE CRITERION OF FUNCTIONAL STABILITY MAXIMUM ON THE BASIS OF PRYMA ALGORITHM

Volodymyr. V. Kireienko

Oleh V. Barabash (Doctor of Technical Sciences, Professor)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article is devoted a construction functionally to the steady system and passing to radio-location information. It is suggested to carry out providing of functional stability due to introduction and surplus between the structural elements of the system. In the article accepted, that on the knots of commutation it is possible to realize the frequent reserving of elements, realize protecting from facilities of defeat the opponent and the same decide the questions of increase and reliability, vitality and fault tolerance. Also in the article influence of correcting connection is considered on functional stability of the system. Because of character the hierarchical construction of the existent system of passing to radio-location information, researches were conducted by a count model, the questions the construction optimum of coherent structures were namely examined. It was also shown that at the set amount of tops and ribs the different optimum structures of count can correspond different probabilities of existence of rib. It was there shown that the maximal amount of coverings trees answers maximal probability and coherentness not always. Thus, on the basis of the presented improved method it is possible optimum appearance to enter correctings connections, the same to promote functional stability of structure.

Keywords: functional stability; system of passing to radio-location information; structural coherentness.

References

1. Gubko M.V. (2006), Mathematical models of optimization of hierarchical structures. [Matematicheskie modeli optimizatsii ierarhicheskikh struktur], IPU RAN, 264 p. 2. Vasilev V.I., Kononov V.M., Zamanskiy L.J. (1985), Columns of codes, device and network of transmission of signals of data. [Grafy kodov, ustroystva i seti peredachi signalov danih], Radio i svyaz, №11. 3. Barabash O.V., Ponomarov Y.V. (2003) Application of discrete optimization for the synthesis of network of transmission structure information [Zastosuvannya diskretnoi optimizatsii dlya sintezu strukturi merezhl peredachl danih] Zbirnyk naukovkh prats. Zhytomyr: ZhVIRE, № 6. pp. 132–141. 4. Bogatyirev V.A. (1999), Estimation of probability of complete coherentness of local networks at nepolnodostupnosti of the reserved highways. [Otsenka veroyatnosti polnoy svyaznosti lokalnykh setey pri nepolnodostupnosti rezervirovannykh magistralei], Elektronnoe modelirovanie, №5 pp. 102–112. 5. Novikov D.A. (2003), Network structures and organizational systems [Setevyye struktury i organizatsionnyye sistemy], IPU RAN, 102 p. 6. Erzin A.I., Kochetov Y.A. (2014), Tasks of routing [Zadachi marshrutizatsii], NGU, Novosibirsk, 95 p.

Отримано: 23.10.2015 року