

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ РОЗГАЛУЖЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ІЗ ЗАДАНИМИ СТРУКТУРНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Salanda I. P. Method to the synthesis of the ramified information network with the set structural descriptions. To date, increased demands on information networks, the quality of their performance, capacity and sustainability of in terms of the full impact of interference, intentional damage and interference in the computational process. The method of synthesis of structure functionally sustained extensive information network that unlike the existing ones, taking into account various requirements the quality of the network. As an indicator of the stability of functional connectivity using graph that describes the structure of an extensive information network. As the object of research examined information network enterprises with remote branches. It is assumed that the network to the stringent requirements put forward to counter deliberate threats and destabilizing factors. The results obtained with the known methods can create enough effective software of process optimization is the design and improvement of network structures with regard to different quality requirements.

Keywords: methods of synthesis, information network, functional stability, deliberate threats, destabilizing factors

Саланда І. П. Методика синтезу розгалуженої інформаційної мережі із заданими структурними характеристиками. Пропонується методика синтезу структури функціонально стійкої розгалуженої інформаційної мережі. В якості показника функціональної стійкості використовується зв'язність графа, що характеризує структуру розгалуженої інформаційної мережі. Як об'єкт досліджень розглядається інформаційна мережа підприємства з віддаленими філіями. Передбачається, що до функціонування мережі висуваються жорсткі вимоги щодо протидії навмисним дестабілізуючим факторам та загрозам.

Ключові слова: методика синтезу, інформаційна мережа, функціональна стійкість, дестабілізуючий фактор, навмисна загроза

Саланда І. П. Методика синтеза разветвленной информационной сети с заданными структурными характеристиками. Предлагается методика синтеза структуры функционально устойчивой разветвленной информационной сети. В качестве показателя функциональной устойчивости используется связность графа, характеризующий структуру разветвленной информационной сети. В качестве объекта исследований рассматривается информационная сеть предприятия с удаленными филиалами. Предполагается, что к функционированию сети предъявляются жесткие требования по противодействию преднамеренным дестабилизирующим факторам и угрозам.

Ключевые слова: методика синтеза, информационная сеть, функциональная устойчивость, дестабилизирующий фактор, преднамеренная угроза

1. Вступ і постановка завдання

Телекомунікаційна галузь є однією з високорозвинених галузей економіки, яка приносить значну частину доходів у валовий внутрішній продукт країни. Вказана галузь розвивається настільки швидкими темпами, що технології змінюють одна одну не встигнувши закріпитися на ринку телекомунікацій та впровадитися в повному обсязі. На перший план виходять технології віддаленого доступу до баз даних, розпаралелювання обробки інформації, обмін службовою і керуючою інформацією в автоматизованій системі управління, а також використання служб Internet.

Особливий інтерес у даний час представляють питання проектування розгалужених інформаційних мереж (РІМ), що складаються з вузлів комутації і ліній зв'язку, та на основі яких будуються автоматизовані системи управління підприємством. До таких мереж можна віднести мережі великих підприємств із філіями, розміщеними на території чи регіону всієї країни.

У цьому плані важливим завданням є побудова функціонально стійких РІМ, що дозволяють вирішувати покладені задачі при впливі потоку експлуатаційних відмовлень, навмисних ушкоджень, втручання в обмін і обробку інформації, а також при помилках обслуговуючого персоналу [1, 8]. Фактично функціональна стійкість складної технічної системи поєднує властивості надійності, відмовостійкості та живучості і характеризує здатність об'єкта до відновлення працездатного стану за рахунок використання надмірності. Для рішення проблеми раціонального введення надмірності і вирішується задача синтезу оптимальної структури інформаційної мережі.

В Україні накопичені значний теоретичний матеріал і практичний досвід створення інформаційних мереж. Основні принципи побудови мереж стосовно до умов нашої країни розроблені і викладені в роботах Якубайтіса Е. О., Зайченка Ю. П., Лазарева В. Г., Семенихіна В. С., Янбих Г. Ф., Мізіна І. О. та інших вчених.

Розробці методів синтезу мереж та систем управління мережами присвячені роботи таких вчених як Аріпов М. М., Беркман Л. Н., Варакін А. Є., Кучук Г. А., Колченко Г. Ф. та ін.

Питанням побудови функціонально стійких інформаційних мереж, що здатні протидіяти зовнішнім дестабілізуючим факторам, присвячені роботи Машкова О. А., Барабаша О. В., Кравченка Ю. В., Неділька С. М., Обідіна Д. М. [3-8].

На сьогоднішній день підвищуються вимоги до інформаційних мереж, якості їх функціонування, пропускну здатності та стійкості функціонування в умовах всебічного впливу завад, навмисних пошкоджень та втручань в обчислювальний процес [2, 9]. Існуючі традиційні методи синтезу оптимальних інформаційних мереж не відповідають сьогоднішнім вимогам та становляться недосконалими при їх застосуванні до сучасних інфокомунікаційних мереж. Це вимагає удосконалення існуючих та розробки нових методів синтезу.

В зв'язку з цим *актуальним завданням* є удосконалення методів підвищення показників якості функціонування інформаційних мереж.

Метою статі є розробка методики синтезу інформаційної мережі за критерієм забезпечення на заданому рівні показника ω -зв'язності структури з урахуванням різних структурних характеристик.

2. Математична модель розгалуженої інформаційної мережі

Задача синтезу структури РІМ формулюється в такий спосіб. Маючи структуру мережі, що задається графом, потрібно відшукати мінімальний зв'язний (ω -зв'язний) суграф цієї структури, який задовольняє іншим параметрам функціонування.

Якість функціонування РІМ тісно пов'язана з такими структурними характеристиками, як зв'язність, ω -зв'язність, реберна зв'язність, діаметр і т.п. Важливою характеристикою є також сумарна довжина ребер графа.

Найбільш зручним способом для формального опису розгалуженої інформаційної мережі є використання теорії графів.

В якості математичної моделі візьмемо неорієнтований випадковий граф $G(V, L)$ без петель і кратних ребер, де V – множина вершин ($|V|=n$), L – множина ребер ($|L|=m$). Вважається, що РІМ буде виконувати основну функцію – обмін даними, якщо між будь-якою парою вузлів комутації знайдеться хоча б один маршрут передачі інформації. Таким чином, вимога зв'язності графа дає підставу кількісно оцінити властивість функціональної стійкості системи обміну даних.

В даній статі пропонуються евристичні алгоритми синтезу ω -зв'язних графів як з обмеженням на діаметр, так і без таких обмежень. Причому спочатку наводиться алгоритм найбільш загальний, а потім розглядаються евристичні методи для частиних випадків. Такий підхід до викладу матеріалу дозволить порівняти частинні методики із загальним методом.

3. Алгоритм синтезу ω -зв'язного графа

Нехай заданий k -зв'язний граф $G(V, L)$, де $V=(v_1, v_2, \dots, v_n)$, $L=(l_1, l_2, \dots, l_m)$, $k \geq \omega$ і кожному ребру l_i графа G поставлено у відповідність число ρ_i , $i=1, 2, \dots, n$. Потрібно знайти в G ω -зв'язний суграф F , такий, щоб сума чисел ρ_i , $i=1, 2, \dots, n$ була мінімальною.

Алгоритм I

Крок 1. Впорядкуємо номери ребер графа G за спаданням ваги: $\rho_i \geq \rho_j$, якщо $i > j$.

Крок 2. $i:=1$.

Крок 3. Видалити із F_{i-1} ребро $l_i = (v_{k_i}, v_{r_i})$. Отримаємо граф F_i ($F_0=G$).

Крок 4. Якщо вершини v_{k_i} та v_{r_i} ω -з'єднані в F_i , то $i:=i+1$. Перехід на крок 3, інакше на крок 5.

Крок 5. Якщо $i \leq m$, то в F_i відновити ребро $l_i = (v_{k_i}, v_{r_i})$, $i:=i+1$. Перехід на крок 3, інакше на крок 6.

Крок 6. ω -зв'язний суграф побудований.

4. Алгоритми синтезу ω -зв'язних графів із заданим діаметром d

На базі запропонованого вище алгоритму I опишемо алгоритми побудови ω -зв'язного графа із заданим діаметром d .

Алгоритм II

Нехай заданий k -зв'язний граф $G(V, L)$, з діаметром d , $k \geq \omega$. Кожному ребру поставлено у відповідність число ρ_i , $i=1, 2, \dots, n$. Потрібно виділити в G ω -зв'язний суграф F , такий, щоб сума чисел ρ_i , $i=1, 2, \dots, n$ була мінімальною.

Крок 1. Впорядкувати номери ребер графа G за спаданням ваги; $i:=1$.

Крок 2. Видалити із F_{i-1} ребро $l_i = (v_{k_i}, v_{r_i})$, отримаємо суграф F_i ($F_0=G$).

Крок 3. Якщо при видаленні ребра l_i діаметр F не стане більшим за d , то переходимо на крок 4, інакше – крок 5.

Крок 4. Якщо вершини v_{k_i}, v_{r_i} ω -з'єднані в F_i , то $i:=i+1$. Переходим на крок 2, інакше – крок 5.

Крок 5. Якщо $i \leq m$, то в F_i відновити ребро l_i , $i:=i+1$. Переходим на крок 2, інакше – крок 6.

Крок 6. ω -зв'язний граф заданого діаметру побудований.

Алгоритм III

Наступний алгоритм складається з двох етапів. На першому етапі синтезується мінімальний $(\omega-1)$ -зв'язний суграф, а потім додаються ребра так, щоб отримати ω -зв'язний суграф заданого діаметру d .

Крок 1. За допомогою алгоритму I синтезується $(\omega-1)$ -зв'язний суграф F' графа G .

Крок 2. В графі G ребра суграфа F' позначаються.

Крок 3. Ребра, що належать графу $G-F'$, впорядковуються за спаданням ваги і вносяться в окремий список $P=\{l_i\}$.

Крок 4. Далі побудова здійснюється таким чином, як в алгоритмі II, з тією лише відмінністю, що ребра, які видаляються із суграфів F_i , вибираються із списку P . Процес закінчиться, як тільки будуть розглянуті усі ребра із P .

Перевага цього алгоритму полягає в тому, що $(\omega-1)$ -зв'язний суграф може бути мінімальним (заданим або побудованим), а потім додаванням деякої кількості ребер отримаємо ω -зв'язний суграф, але уже заданого діаметру.

Алгоритм IV

Найбільш перспективним із заданого класу алгоритмів є описаний нижче метод синтезу ω -зв'язних графів із заданим діаметром. В цьому методі передбачається попередній аналіз графа G з метою виділення множини вершин, на які оптимально накладається k -зв'язний суграф F' ($0 \leq k \leq \omega - 1$) діаметру $d - 2$, а на решті вершин будується $(\omega - 1)$ -зв'язний суграф F'' ; потім ці графи з'єднуються.

Крок 1. В графі $G(V, L)$ виділити множину вершин $V' \subseteq V$ ($|V'| = k$).

Крок 2. В підграфі $G'(V', L')$ за алгоритмом II або III виділяється k -зв'язний суграф F діаметра $d - 2$.

Крок 3. В під графі $G''(V - V', L')$ за алгоритмом I виділяється $(\omega - 1)$ -зв'язний суграф F'' .

Крок 4. Для кожної вершини v' суграфа F' знаходиться не менше $(\omega - k)$ вершин із множини $V - V'$, таких, що сума кількості ребер, які з'єднують вершину v' з образами в F'' , була мінімальна. Крім того, будь-які k вершин із F'' повинні бути попарно суміжні з k вершинами із F' .

Зауваження. Якщо $d = 2$, то $k = 0$, і, відповідно, $|V'| = 1$.

Покажемо, що побудований таким чином суграф F буде ω -зв'язним і має діаметр d .

Дійсно, так як будь-які вершини x і y із F'' з'єднуються ребрами з вершинами x' та y' із F' і F' має діаметр $d - 2$, то вершини x та y в F з'єднуються ланцюгом довжиною не більше d , причому цей ланцюг лежить в F' . Тому, будь-яка пара вершин із F'' ω -з'єднана в F , так як ця пара $(\omega - 1)$ -з'єднана в F'' .

Будь-яка пара вершин із F' також ω -з'єднана в F , так як k ланцюгів лежать в F' (в силу k -зв'язності F'), а решта ланцюгів лежать в F'' , так як будь-яка вершина із F' з'єднується $(\omega - k)$ ребрами з вершинами із F'' , (за теоремою Дірака між будь-якими $(\omega - k)$ вершинами в $(\omega - 1)$ -зв'язному графі F'' знайдеться $(\omega - k)$ ланцюгів, що не перетинаються).

Нехай вершина $x \in V'$, а $y \in V - V'$ і нехай x суміжна з вершинами $\{y_1, y_2, \dots, y_{\omega - k}\} \subset V - V'$. Так як $|V - V'| \geq \omega$, то в F'' знайдуться k вершин $\{y^1, y^2, \dots, y^k\}$, що не належать цій множині. Кожна з вершин y^j ($j = 1, 2, \dots, k$) з'єднується з її образом x^j в F' , причому в силу кроку 4 таких вершин в F' буде k . За теоремою Дірака в F' існує k ланцюгів між вершинами x та x^j ($j = 1, 2, \dots, k$).

Неважко помітити, що на множину $\{x^j\}$ не накладається ніяких обмежень і, відповідно, $y \in \{y^j\}$.

Таким чином, існує ланцюг, що сполучає x з y і лежить в F' , крім того, між вершинами $\{y_i\} \cup \{y^j\}$ і вершиною y . Тим самим повністю доведена ω -зв'язність суграфа F .

5. Висновки

В статі запропоновано методику синтезу розгалуженої інформаційної мережі із заданими структурними характеристиками, в основі якої лежать алгоритми синтезу ω -зв'язних графів, як з обмеженнями на діаметр, так і без таких обмежень. Дана методика, на відміну від традиційних, враховує різноманітні вимоги до якості функціонування мережі.

Отримані результати разом з відомими методами дозволяють створити достатньо ефективне математичне забезпечення процесу оптимізації проектування та удосконалення структур мережі з врахуванням різних вимог до якості.

Запропонована методика може бути застосована для синтезу структур розгалужених інформаційних мереж, що розподілені на території регіону, та дозволяє проведення реконфігурації і деградації структури.

Література

1. Барабаш О. В. Построения функционально устойчивых распределенных информационных систем / О. В. Барабаш. – Київ : НАОУ, 2004. – 226 с.
2. Бойченко О. В. Навмисні конфлікти в інформаційних системах / О. В. Бойченко, Я. І. Торошанко // Матер. наук.-методичної конф. «Сучасні проблеми телекомунікацій і підготовки фахівців в галузі телекомунікацій – 2012», 1-4 листопада 2012 р., м. Львів. – С. 127-130.
3. Кравченко Ю. В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем / Ю. В. Кравченко, О. В. Барабаш // Збірник наукових праць. – Київ : НАОУ, 2002. – Бюл. №40. – С. 225-229.
4. Машков О. А. Синтез високоточної радіонавігаційної системи на основі метода аналізу ієрархій показників якості / О. А. Машков, Ю. В. Кравченко, В. А. Савченко // Моделювання та інформаційні технології: збірник наукових праць ІПМЕ НАН України. – 2003. – Вип. 22. – С. 41-48.
5. Обидин Д. Н. Концепция обеспечения функциональной устойчивости распределенной интеллектуализированной системы управления / Д. Н. Обидин // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – № 3(9). – С. 114-117.
6. Барабаш О. В. Модель бази знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О. В. Барабаш, Д. М. Обідін, А. П. Мусієнко // Системи обробки інформації. – 2014. – № 5(121). – С. 3-6.
7. Барабаш О. В. Методика накопичення діагностичної інформації в системах інтелектуального відеоконтролю / О. В. Барабаш, С. В. Бодров, А. П. Мусієнко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2015. – № 1(33). – С. 118-121.
8. Неділько С. М. Технологічні основи забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом / С. М. Неділько, Г. Л. Баранов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 9 (86). – С. 202-206.
9. Бойченко О.В. Внутрішні та зовнішні конфлікти в інформаційних системах / О. В. Бойченко, Я.І. Торошанко // Материали. VI міжнародного научно-технічного симпозиума «Новые технологии в телекоммуникациях – 99», 21-25 января 2013, Вышков. – С. 206-207.

Автор статті

Саланда Іванна Петрівна – аспірантка кафедри диференціальних рівнянь та математичної фізики, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк. Тел. +380 (97) 555 56 27. E-mail: ivanna_priymas@mail.ru

Author of the article

Salanda Ivanna Petrivna – post graduate student at differential equations and mathematical physics department, East Europe National University of Lesya Ukrainka name, Lutsk. Tel. +380 (97) 555 56 27. E-mail: ivanna_priymas@mail.ru

Дата надходження в редакцію: 23.12.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Барабаш О. В.