

УДК 519.816

О. В. БАРАБАШ, д-р техн. наук, професор;

С. В. БОДРОВ, здобувач;

А. П. МУСІЄНКО, канд. фіз.-мат. наук,

Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ВІДЕОКОНТРОЛЮ ПУНКТИВ МИТНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНО СТІЙКОЇ СИСТЕМИ

Розкрито переваги застосування кількісних методів оцінювання функціональної стійкості за такими показниками, як межа та запас функціональної стійкості.

На основі здобутих цими методами оцінок можна давати рекомендації щодо побудови мережі відеоконтролю пунктів митного спостереження. Окрім того, зазначені оцінки допоможуть чітко сформулювати вимоги до структури системи відеоконтролю, яку буде спроектовано для безперебійного передавання даних на робочу станцію.

Ключові слова: система обробки даних; функціональна стійкість; відеоконтроль.

Вступ

Як об'єкт дослідження виступає система обміну даними мережі відеоконтролю пункту митного спостереження, яка належить до класу складних організаційних систем. Зазначену систему побудовано на основі технології корпоративних обчислювальних мереж, в яких апаратні та програмні ресурси розподілено на території всієї держави. Ця система складається з вузлів комутації та каналів (ліній) зв'язку між ними.

Головна вимога, що висувається до системи обміну даними, є виконання нею *головної функції* — забезпечення абонентів мережі потенційною змогою доступу до розподілених інформаційних ресурсів, об'єднаних у систему обміну даними. Решта вимог — *продуктивність, надійність, точність, сумісність, керованість, живучість, розширюваність і масштабованість* — пов'язані з якістю виконання згаданої головної функції [1]. У сучасних умовах на систему обміну даними впливають внутрішні (відмови, збої, помилки) і зовнішні (навмисне пошкодження елементів відеоконтролю) чинники. Тому задача забезпечення стійкого функціонування системи обміну даними справді актуальна.

Розв'язанню цієї задачі присвячено багато наукових праць [1–5]. Утім, на наш погляд, основна увага в них приділяється розв'язанню частинних задач, а саме: побудові резервованих інформаційно-керуючих систем, відмовостійких керуючих обчислювальних систем, адаптивних систем управління.

У [6] уведено поняття *функціональної стійкості складних динамічних об'єктів*, які можуть підлягати опису за допомогою системи диференціальних рівнянь. Проте для складних організаційних систем цей апарат неприйнятний. У теорії надійності [2] визначення показників надійності спирається здебільшого на зведення структури до послідовних і паралельних з'єднань, але й такий підхід неприйнятний для складних організаційних систем.

Мета цієї статті — побудова математичного апарату для кількісного оцінювання функціональної стійкості системи обміну даними мережі відеоконтролю пункту митного спостереження.

Основна частина

Під *функціональною стійкістю* розуміється властивість системи виконувати свої функції протягом заданого часу, незважаючи на вплив потоку експлуатаційних відмов, навмисних ушкоджень, втручання в обмін і обробку інформації, а також на помилки обслуговувального персоналу [6; 7]. Фактично *функціональна стійкість складної технічної системи поєднує в собі властивості надійності, відмовостійкості та живучості, характеризуючи здатність об'єкта до відновлення роботоздатного стану за рахунок використання надмірності*.

Математична модель, що характеризує структуру системи обміну даними, має вигляд неорієнтованого графа $G(V, E)$, $v_i \in V$, $e_{ij} \in E$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, описуваного матрицею суміжності. Множині вершин V відповідає множина робочих станцій відеоконтролю розмірності n , а множині ребер E — множина ліній зв'язку між елементами відеоконтролю. Припускається, що система обміну даними виконуватиме основну функцію — обмін даними, якщо між будь-якою парою вузлів комутації знайдеться хоча б один маршрут передавання інформації. Таким чином, вимога зв'язності графа дає підставу для кількісного оцінювання такої властивості, як функціональна стійкість системи обміну даними.

Зауважимо, що в цій статті не розглядається описувана часом затримки повідомлення при пересиланні якості виконання системою основних її функцій. Припускається також, що канали зв'язку мають пропускну здатність, достатню для пересилання будь-якого за обсягом інформаційного потоку.

У технічній кібернетичі, а саме в теорії автоматичного керування, побудовано класичну теорію стійкості динамічних систем, засновником якої є А. М. Ляпунов. Ця теорія дає змогу оцінити стійкість, не розв'язуючи системи диференціальних рівнянь, які описують об'єкт, а використовуючи лише прості ознаки, умови й критерії стійкості, що їх розробили І. О. Вишнеградський, А. Гурвіц, А. В. Михайлов, Х. Найквіст та інші вчені.

За аналогією з класичною теорією стійкості пропонується оцінювати функціональну стійкість за параметрами графа, який описує структуру системи обміну даними. Виявляється, що за зовнішнім виглядом графа та його параметрів можна визначити, чи буде система функціонально стійка, нестійка або нейтральна.

Ознака функціональної стійкості структури. Структура системи обміну даними функціонально стійка, якщо граф структури однокомпонентний і не має мостів і вузлів з'єднання.

Навпаки, функціональна нестійкість структури визначається за такою ознакою.

Ознака функціональної нестійкості структури. Структура системи обміну даними функціонально нестійка, якщо її граф багатоконпонентний і незв'язний.

Отже, зовнішній вигляд графа (кількість компонентів, наявність мостів і вузлів) характеризує функціональну стійкість структури, тобто закладену в ній здатність давати відсіч відмовам та ушкодженням.

Проте в разі сильно розгалуженого і багатoverшинного графа здійснити оцінювання за зовнішнім його виглядом складно. Тому для кількісного оцінювання ступеня функціональної стійкості системи введемо такі показники.

- **Число вершинної зв'язності $\chi(G)$** — найменша кількість вершин, вилучення яких разом з інцидентними їм ребрами призводить до незв'язного чи одновершинного графа.

- **Число реберної зв'язності $\lambda(G)$** — найменша кількість ребер, вилучення яких призводить до незв'язного графа.

- **Імовірність зв'язності $P_{ij}(t)$** — імовірність того, що повідомлення з вузла i у вузол j буде передано за час, який не перевищує t .

Аналізуючи ці показники, доходимо таких висновків:

- числа вершинної і реберної зв'язності характеризують тільки поточну структуру, незалежно від надійності вузлів комутації чи ліній зв'язку;

- показники $\chi(G)$ і $\lambda(G)$ набувають цілочислових значень і пов'язані таким співвідношенням:

$$\chi(G) \leq \lambda(G);$$

- імовірність зв'язності $P_{ij}(t)$ дозволяє враховувати надійність комутаційного обладнання, вид фізичного каналу передавання інформації, наявність резервних каналів і маршрутів, а також

зв'язність розподіленої структури. Утім обчислення значення $P_{ij}(t)$ — складна і громіздка задача;

- імовірність зв'язності характеризує тільки зв'язність між однією парою вершин. Для того щоб схарактеризувати зв'язність між усіма парами вершин, необхідно розглянути матрицю суміжності [8]:

$$A = \|a_{ij}\|, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } e_{ij} \in E; \\ 0, & \text{якщо } e_{ij} \notin E. \end{cases}$$

Скориставшись запропонованими ознаками й показниками, можна розробити **критерії функціональної стійкості структури.**

- ♦ Структура функціонально стійка, якщо число вершинної зв'язності задовольняє умову

$$\chi(G) \geq 2. \quad (1)$$

- ♦ Структура функціонально стійка, якщо число реберної зв'язності задовольняє умову

$$\lambda(G) \geq 2. \quad (2)$$

- ♦ Структура функціонально стійка, якщо ймовірність зв'язності між кожною парою вершин не менша від заданої:

$$P_{ij}(t) \geq P_{ij}^{\text{задан}}, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

де n — кількість вершин графа $G(V, E)$.

Наведені критерії дозволяють на основі точних розрахунків визначити функціональну стійкість поточної структури системи обміну даними.

На межі областей стійкості і нестійкості існує специфічна область, в якій система не є ні функціонально стійкою, ні функціонально нестійкою. Таку область, за аналогією з теорією стійкості динамічних систем, називатимемо межею **функціональної стійкості структури.**

Ознака межі функціональної стійкості формулюється так.

Поточна структура перебуває на межі функціональної стійкості, якщо граф структури зв'язний, має у своєму складі мости ($N_E > 0$) чи вузли ($N_V > 0$) з'єднання:

$$\{K = 1\} \wedge [\{N_V > 0\} \vee \{N_E > 0\}], \quad (4)$$

де K — кількість компонентів графа, а умова $K = 1$ означає, що граф зв'язний; $N_V(N_E)$ — кількість вузлів з'єднання (мостів) графа.

Мостом називається ребро зв'язного графа, що сполучає два підграфи, після вилучення якого граф з однокомпонентного перетворюється на двоконпонентний. У деяких працях із теорії графів міст називають **перешийком.**

Вузлом з'єднання називається така вершина зв'язного графа, після вилучення якої разом з інцидентними їй ребрами граф з однокомпонентного перетворюється на двоконпонентний.

Наявність у структурі моста чи вузла з'єднання, що сполучає два підграфи, означає таке: усі маршрути передавання інформації з вершин одного підграфа у вершини іншого включатимуть у себе

цей міст чи вузол з'єднання, через що істотно знижується структурна надійність і функціональна стійкість системи обміну даними. Тому для надання системі функціонально стійкого стану необхідно вводити в структуру резервні лінії зв'язку для того, щоб уникнути в структурі мостів чи вузлів з'єднання. Цим самим буде забезпечено появу кількох незалежних і альтернативних маршрутів передавання інформації.

Аналіз структур показує, що коли система перебуває на межі стійкості, то вона роботоздатна і виконує покладений на неї обсяг функцій. Проте в разі хоча б однієї відмови моста чи вузла з'єднання система переходить у нестійкий стан.

Області функціональної стійкості і нестійкості можна подати також у декартовому просторі в координатах N_E, N_V (див. рисунок).



Залежно від параметрів N_E, N_V графа структури визначається точка на площині, яка характеризує стан системи. За належністю точки тій чи іншій області можна судити про функціональну стійкість чи нестійкість системи.

Із погляду графічного подання межею функціональної стійкості системи буде геометричне місце точок, що лежать на двох прямих $N_E = 1$ і $N_V = 1$.

На підставі введених понять постає запитання: якою мірою поточна структура віддалена від межі стійкості, тобто який запас функціональної стійкості має система?

Визначити цей запас можна, наприклад, у сенсі зв'язності структури. У такому разі він характеризується кількістю відмов (розривів ребер чи виходу з ладу вершин), котрі можуть надати структурі нестійкого стану.

Розглянемо показники, за якими можна кількісно визначити запас функціональної стійкості.

♦ **Реберний запас стійкості** — число Z_E , що дорівнює потужності мінімального розрізу, який переводить граф з однокомпонентного у двокомпонентний.

♦ **Вершинний запас стійкості** — мінімальна кількість Z_V вершин графа, після вилучення яких разом з інцидентними їм ребрами граф переходить з однокомпонентного в двокомпонентний.

Геометрична інтерпретація запасу стійкості така: це мінімальна відстань від точки на площині, заданій параметрами N_E, N_V , до межі стійкості.

Можна також обчислювати запас функціональної стійкості за ймовірністю зв'язності як різницю між заданим і поточним значеннями. Очевидно, що в цьому разі запас буде подано квадратною матрицею, в якій кожний елемент матиме значення $(P_{ij}^{\text{задан}} - P_{ij})$.

Отже, скориставшись ознаками функціональної стійкості, можна схарактеризувати стан системи обміну даними, з'ясувавши який він: функціонально стійкий чи функціонально нестійкий.

Ступінь функціональної стійкості визначається за запасом функціональної стійкості, а його можна знайти як аналітично за запропонованими формулами, так і графічно (див. рисунок).

Виконані дослідження уможливають:

♦ обґрунтування вимог до проєктованих систем обміну даними;

♦ розв'язання задачі синтезу оптимальної структури за критерієм максимуму функціональної стійкості з обмеженням на вартість побудови та експлуатації мережі відеоконтролю пункту митного спостереження, а також обґрунтованого нарощення структури системи обміну даних у процесі експлуатації.

Висновки

Розкрито переваги застосування кількісних методів оцінювання функціональної стійкості за такими показниками, як межа та запас функціональної стійкості.

На основі здобутих оцінок, можна подавати рекомендації щодо побудови мережі відеоконтролю пунктів митного спостереження, а також достатньо чітко формулювати вимоги стосовно структури системи відеоконтролю, яка проєктуватиметься для безперебійного передавання даних на робочу станцію.

Література

1. Додонов, А. Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем / А. Г. Додонов, М. Г. Кузнецова, Е. С. Горбачик; отв. ред. В. А. Гуляев. — К.: Наукова думка, 1990. — 184 с.
2. Кравченко, Ю. В. Визначення проблематики теорії функціональної стійкості щодо застосування в комп'ютерних системах / Ю. В. Кравченко, С. В. Нікіфоров // Телекомунікаційні та інформаційні технології. — 2014. — № 1. — С. 12–18.
3. 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. — Харків: ХУПС, 2014. — № 5 (121). — С. 3–6.

4. Королев, А. В. *Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях* / А. В. Королев, Г. А. Кучук, А. А. Пашнев.— Харьков: ХВУ, 2003.— 224 с.

5. Барабаш, О. В. *Алгоритм самодиагностики технического stanu вузлів комутації інформаційних систем* / О. В. Барабаш, Д. М. Обідін, А. П. Мусієнко // *Сучасний захист інформації*.— 2014.— № 2.— С. 114–121.

6. Артюшин, Л. М. *Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам* / Л. М. Артюшин, О. А. Машков.— К.: КВВАИУ, 1991.— 89 с.

7. Барабаш, О. В. *Функциональная стойкость — свойство сложных технических систем: сб. науч. праць НАОУ* / О. В. Барабаш, Ю. В. Кравченко.— К.: НАОУ, 2002.— Бюл. № 40— С. 225–229.

О. В. Барабаш, С. В. Бодров, А. П. Мусієнко

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ ВИДЕОКОНТРОЛЯ ПУНКТОВ ТАМОЖЕННОГО НАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО УСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ

Показаны преимущества применения количественных методов оценки функциональной устойчивости по таким показателям, как граница и запас функциональной устойчивости.

На основе полученных этими методами оценок можно давать рекомендации по построению сети видеоконтроля пунктов таможенного наблюдения. Кроме того, данные оценки помогут четче сформулировать требования к структуре системы видеоконтроля, которая будет проектироваться для бесперебойной передачи данных на рабочую станцию.

Ключевые слова: система обработки данных; функциональная устойчивость; видеоконтроль.

O. V. Barabash, S. V. Bodrov, A. P. Musienko

ANALYSIS OF BUILDING A NETWORK VIDEO SURVEILLANCE POINT OF CUSTOMS SUPERVISION ON THE BASIS OF FUNCTIONAL STABILITY SYSTEM

The advantages of the application of quantitative methods for assessing functional stability on such parameters as border and margin functional stability are viewed.

On the basis of estimates obtained by these methods we can provide advice on building a network of video surveillance of the customs points. In addition, these estimates will help to better formulate requirements for the video surveillance system, which will be designed for trouble-free data transmission to the workstation.

Keywords: data processing system; functional stability; video surveillance.

УДК 621.391; 519.863 (045)

Є. В. ОРЛОВ, аспірант; І. Е. ПОХАБОВА, аспірантка,
Державний університет телекомунікацій, Київ

УПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНОЮ МЕРЕЖЕЮ SDN

Розглянуто спосіб підвищення швидкодії та пропускної здатності мережних компонентів програмно-конфігурованих мереж, що спирається на принцип організації адаптивного управління відповідними мережними потоками. Зазначений принцип передбачає зміну таблиць мережних потоків OpenFlow-комутаторів та OpenFlow-маршрутизаторів, коли мережний пакет спрямовується до контролера даної мережі, схема якого додатково включає в себе функціональний блок зі встановлення пріоритету мережного потоку. Цей блок забезпечує також сукупність параметрів якості мережного трафіку за байтом типу обслуговування ToS.

Ключові слова: програмно-конфігурована мережа; система управління; оптимізація; OpenFlow.

Вступ

Завдяки інтенсивному впровадженню новітніх технологій, що дозволяють операторам телекомунікаційних мереж стрімко розширювати спектр надаваних користувачам послуг, відбувається водночас істотне вдосконалення самих мереж. Адже потреби в підвищенні пропускної здатності та швидкодії телекомунікаційних мереж постійно зростають. Для їх задоволення використовується дедалі більша кількість протоколів і механізмів контролю та управління ресурсами телекомунікаційних мереж [1; 3], що, у свою чергу, змушує

вдаватися до оновлення класичної моделі побудови телекомунікаційних мереж.

Один із важливих напрямків «модернізації» класичних принципів організації мережної архітектури полягає у створенні програмно-конфігурованих мереж (ПКМ) — *Software-Defined Networks* — *SDN*), що використовують протокол OpenFlow [2]. Сьогодні ця мережна технологія розглядається як найбільш прийнятна і тому активно розвивається. Важлива перевага ПКМ порівняно з традиційними комп'ютерними мережами — це механізм ухвалення рішення про зміну марш-