

АНОТАЦІЯ

Березовська Ю.В. Методика забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем на основі програмно-конфігурованих мереж. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка. – Державний університет телекомунікацій, Київ, 2021.

Сьогодні однією з найбільш важливих складових сучасного суспільства є інформаційні системи, що стрімко розвиваються. Відтак, бурхливими темпами відбувається і розвиток інформаційних мереж як в Україні, так і у інших країнах світу. Функціонування великих інформаційних систем (ІС) знаходиться в постійній взаємодії із зовнішніми впливами. При цьому, великий клас такої взаємодії представлений різними конфліктами, які суттєво впливають на успішне виконання загальносистемної мети. Такі інформаційні конфлікти стають причиною руйнування інформаційних ресурсів, порушення штатних інформаційних процесів, і як наслідок зриву виконання системних та прикладних функцій. Все це обумовлює наявність в інформаційних системах механізмів, які мають забезпечувати нову якість – здатність збереження і/або відновлення даних функцій (їхню стійкість) в умовах різного роду несприятливих впливів, а саме функціональної стійкості. Функціональна стійкість інформаційних систем являє собою інтегральну властивість, що включає надійність, живучість і безпеку. Відповідно, оцінка показників функціональної стійкості є складним науково-практичним завданням.

Однак, сучасні ІС потребують впровадження засобів управління з використанням протоколів, які не залежать від послуг і, у свою чергу, надаються різними операторами та/або провайдерами всією мережею, незалежно від типів технічних систем, що у ній використовуються.

Створення систем, апріорно орієнтованих для роботи в умовах неповної або нечіткої вихідної інформації, невизначеності зовнішніх впливів та робочого

середовища, вимагає використання інноваційних підходів з використанням нових методів і технологій. Очевидно, що за наявності різних видів невизначеності високий рівень автономності, адаптивності та надійності ІС повинен забезпечуватися шляхом збільшення їхніх можливостей, заснованих на обробці спеціальної інформації. Одним з головних критеріїв вибору повинна бути необхідна якість функціонування системи управління в умовах невизначеності із випадковим характером зовнішніх коливань, які включають непередбачені зміни у власних експлуатаційних показниках, параметрах середовища, цілях тощо.

Ефективність функціонування ІС значною мірою визначається часовими затримками при передачі даних між користувачами мережі. Мінімізація затримки в ІС з однорідним трафіком забезпечується на етапі проектування з використанням математичних моделей масового обслуговування з однорідним потоком заявок.

У даний час набувають поширення мультисервісні мережі, характерною рисою яких є неоднорідність трафіку. Неоднорідність трафіку полягає у передачі інформаційною мережею пакетів декількох типів, на які поширюються різні вимоги. Ці вимоги будуть сформульовані у вигляді обмежень щодо терміну доставки пакетів різного типу. Зазначений ліміт може бути врахований завдяки застосуванню спеціальних методів управління трафіком. Розв'язання цієї задачі вимагає використання моделей з неоднорідним потоком заявок, що дозволяють аналізувати властивості пріоритетних систем передачі даних.

Тому, для забезпечення функціональної стійкості ІС пропонується використовувати програмно-конфігуровані мережі (SDN). Головна ідея SDN полягає у відокремленні функцій передачі трафіку від функцій управління (включаючи контроль як самого трафіку, так і пристроїв, що здійснюють його передачу). При цьому суттєво підвищується рівень безпеки функціонування інформаційних систем.

Використання програмно-конфігурованих мереж дозволяє ввести в процес передачі пакетів поняття резерву часу. Істотний вплив на ефективність використання в інформаційних системах резервування, як одного з основних засобів забезпечення заданого рівня надійності, надає повнота апріорної інформації

про надійність її елементів та програмного забезпечення.

В Україні та інших країнах світу на даний час досить інтенсивно проводяться дослідження в галузі інформаційних мереж. Дослідження щодо забезпечення функціональної стійкості вивчаються рядом вчених, таких як О.А. Машков, В.І. Гостев, О.В. Барабаш та інших. До речі, вперше поняття функціональної стійкості було введено професором Машковим О.А.

Врахування резерву часу для системи передачі даних дає можливість об'єктивно оцінити показники функціональної стійкості каналу передачі інформації мережі.

Питання, що стосуються удосконалення надійності систем детально розглянуті у роботах таких вчених: Б.П. Креденцер, М.К. Жердєв, Л.С. Стойкова, В.М. Цицарєв, В.В. Вишнівський та інші.

Дані результати можна використовувати на стадії проектування інформаційних систем при прогнозуванні їхньої поведінки. Вони виступають в якості обґрунтування передбачуваних показників якості функціонування для систем, які ще не існують в реальному виконанні.

Тому, на даний час існує необхідність вирішення актуального науково-практичного завдання, сутність якого полягає в розробці методики забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем на основі програмно-конфігурованих мереж.

У вступі міститься загальна характеристика роботи, обґрунтування актуальності досліджуваної задачі; виклад мети і питань дослідження, а також наукової новизни і практичної цінності отриманих результатів; відомості про апробацію та обсяг дисертації. Вказується, які основні положення роботи виносяться на захист.

У першому розділі проведено короткий аналіз сучасних інформаційних систем, дається аналіз функціональної стійкості та факторів апріорної невизначеності обумовлених недостовірність вихідних даних, формулюється завдання і основні питання дослідження, викладається загальний підхід до її вирішення.

У другому розділі удосконалено математичну модель системи передачі даних ІС, яка враховує тип пакетів, що передаються і дозволяє визначити максимальний час затримки каналу та оцінити ефективність, що досягається за рахунок використання пріоритетного управління трафіком.

Розроблено математичні моделі функціональної стійкості інформаційних систем з часовим резервуванням при моментних обмеженнях на функції розподілу випадкових величин. Вони дозволяють визначити гарантовані оцінки показників функціональної стійкості системи передачі даних ІС.

У третьому розділі на основі отриманих оцінок проводиться аналітичне дослідження гарантованих оцінок показників функціональної стійкості інформаційних систем з резервом часу при різних режимах роботи. Розроблено методику забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем на основі програмно-конфігурованих мереж. Методика ґрунтується на визначенні гарантованих оцінок показників функціональної стійкості системи передачі даних, враховує резерв часу, режими роботи інформаційних систем та дозволяє визначати верхні та нижні оцінки показників функціональної стійкості.

У четвертому розділі проводиться дослідження ефективності роботи ІС з резервом часу на основі гарантованих оцінок показників функціональної стійкості і розглядаються питання їхньої практичної реалізації.

У висновку роботи наводяться основні наукові і практичні результати роботи із зазначенням висновків і рекомендацій по темі дослідження.

Обраний напрям досліджень відповідає тематиці науково-дослідних робіт Державного університету телекомунікацій, що проводилися протягом 2017-2021 рр. Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій. Впровадження результатів досліджень підтверджуються відповідними актами.

Ключові слова: функціональна стійкість, інформаційна система, програмно-конфігуруванні мережі, телекомунікаційна мережа, віртуалізація, хмарне середовище, хмарні технології, віртуальна машина, реконфігурація, надійність, резерв часу, структурний резерв.

ANNOTATION

Berezovska Yu. Methods of Providing Functional Stability of Information Systems on the Base of Software-Defined Networking. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 172 – Telecommunications and Radio Engineering. – State University of Telecommunications, Kyiv, 2021.

Today, one of the most important components of modern society is rapidly evolving information systems. Therefore, the development of information networks in Ukraine and in other countries of the world is proceeding at a rapid pace. The operation of large information systems (IS) is in constant interaction with external influences. At the same time, a large class of such interaction is represented by various conflicts that significantly affect the successful implementation of the system-wide goal. Such information conflicts cause the destruction of information resources, disruption of regular information processes, and as a consequence of disruption of system and application functions. All this leads to the presence in information systems of mechanisms that should provide a new quality – the ability to preserve and/or restore these functions (their stability) in the face of various adverse effects, namely functional stability. Functional stability of information systems is an integral property that includes reliability, survivability and security. Accordingly, the assessment of functional stability indicators is a complex scientific and practical task.

However, modern ISs require the implementation of management tools using protocols that do not depend on services and, in turn, are provided by different operators and/or providers throughout the network, regardless of the types of technical systems used in it.

Creating systems that are a priori oriented to work in conditions of incomplete or unclear source information, uncertainty of external influences and the working environment, requires the use of innovative approaches using new methods and technologies. It is obvious that in the presence of different types of uncertainty, a high

level of autonomy, adaptability and reliability of IS should be ensured by increasing their capabilities based on the processing of special information. One of the main selection criteria should be the required quality of operation of the control system in conditions of uncertainty with the random nature of external fluctuations, which include unforeseen changes in their own performance, environmental parameters, goals and more.

The efficiency of the IS is largely determined by time delays in data transfer between network users. Minimization of delay in IS with homogeneous traffic is provided at the design stage using mathematical models of queuing with a uniform flow of applications.

Currently, multiservice networks are becoming widespread, the characteristic feature of which is the heterogeneity of traffic. The heterogeneity of traffic is the transmission by the information network of packets of several types, which are subject to different requirements. These requirements will be formulated in the form of restrictions on the delivery time of packages of different types. This limit can be taken into account through the use of special traffic management methods. Solving this problem requires the use of models with a heterogeneous flow of applications that allow you to analyze the properties of priority data systems.

Therefore, to ensure the functional stability of the IS, it is proposed to use software-defined networks (SDN). The main idea of SDN is to separate the functions of traffic transmission from management functions (including control of both the traffic itself and the devices that transmit it). This significantly increases the level of security of information systems.

The use of software-defined networks allows you to introduce the concept of time reserve in the process of packet transmission. Significant influence on the efficiency of use in information systems of reservation, as one of the main means of ensuring a given level of reliability, has the completeness of a priori information about the reliability of its elements and software.

Research in the field of information networks is currently being carried out quite intensively in Ukraine and other countries of the world. Studies to ensure functional stability are studied by a number of scientists, such as O. Mashkov, V. Gostev, O. Barabash and others. By the way, for the first time the concept of functional stability

was introduced by Professor O. Mashkov.

Taking into account the time reserve for the data transmission system makes it possible to objectively assess the indicators of the functional stability of the network information transmission channel.

Issues related to improving the reliability of systems are considered in detail in the works of the following scientists: B. Kredentser, M. Zherdev, L. Stoykova, V. Tsitsarev, V. Vyshnivsky and others.

These results can be used at the stage of designing information systems in predicting their behavior. They serve as a justification for the expected performance indicators for systems that do not yet exist in reality.

Therefore, at present there is a need to solve an urgent scientific and practical problem, the essence of which is to develop methods for ensuring the functional stability of information systems based on software-defined networks.

The introduction contains a general description of the work, justification of the relevance of the research problem; statement of the purpose and questions of research, and also scientific novelty and practical value of the received results; information on approbation and volume of the dissertation. It is indicated what the main provisions of the work are for protection.

The first section provides a brief analysis of modern information systems, provides an analysis of functional stability and factors of a priori uncertainty due to the inaccuracy of the original data, formulates tasks and main research issues, outlines a general approach to its solution.

The second section improves the mathematical model of the IS data transmission system, which takes into account the type of packets transmitted and allows to determine the maximum delay time of the channel and evaluate the efficiency achieved through the use of priority traffic management.

Mathematical models of functional stability of information systems with time redundancy at moment restrictions on functions of distribution of random variables are developed. They allow to determine the guaranteed estimates of the indicators of functional stability of the IS data transmission system.

In the third section on the basis of the received estimations the analytical research of the guaranteed estimations of indicators of functional stability of information systems with a time reserve at various operating modes is carried out. A method for ensuring the functional stability of information systems based on software-defined networks has been developed. The methodology is based on the definition of guaranteed estimates of indicators of functional stability of the data transmission system, takes into account the time reserve, modes of operation of information systems and allows to determine the upper and lower estimates of indicators of functional stability.

In the fourth section the research of efficiency of work of IS with a time reserve on the basis of the guaranteed estimations of indicators of functional stability is carried out and questions of their practical realization are considered.

The conclusion of the work provides the main scientific and practical results of the work, indicating the conclusions and recommendations on the research topic.

The chosen area of research corresponds to the research topics of the State University of Telecommunications, conducted during 2017–2021. The results of the dissertation are used in the educational process of the State University of Telecommunications. The implementation of research results is confirmed by relevant acts.

Keywords: functional stability, information system, software-defined networks, telecommunication network, virtualization, cloud environment, cloud technologies, virtual machine, reconfiguration, reliability, time reserve, structural reserve.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу

1. Березовська Ю.В. Оцінка показників надійності інформаційних систем при обмеженій апіорній інформації / [В. В. Вишнівський, Ю. В. Каргаполов, Ю. В. Березовська та інші] // Sciences of Europe. – Praha, Czech Republic, 2021. – Vol. 1, No. 63. – PP. 8–14.

2. Березовська Ю.В. Математичне моделювання топологій мереж VANET / В. В. Вишнівський, О. В. Зінченко, Ю. В. Березовська, М. Ю. Березівський // The scientific heritage. – Budapest, Hungary, 2021. – Vol. 1, No. 59. – PP. 26–29.

Статті в наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

3. Березовська Ю.В. Функціональна стійкість інформаційних мереж при наявності обмеженої апіорної інформації про надійність / С. М. Іщеряков, С. В. Прокопов, Ю. В. Каргаполов, Ю. В. Березовська // Зв'язок. – К.: ДУТ, 2020. – № 6(148). – С. 42–46.

4. Березовська Ю.В. Забезпечення функціональної стійкості інформаційної системи при обмеженій вихідній інформації про визначальні випадкові величини / Ю. В. Березовська // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – К.: ДУТ, 2020. – № 4(69). – С. 69–78.

5. Березовська Ю.В. Підвищення ефективності застосування хмарних сервісів шляхом упровадження IEEE 802.11ax / В. В. Вишнівський, Ю. І. Катков, Ю. В. Каргаполов, Ю. В. Березовська, С. О. Благодир // Зв'язок. – К.: ДУТ, 2020. – № 5(147). – С. 3–11.

6. Березовська Ю.В. Деякі практичні аспекти реалізації мультипрограмного вирішення балансування навантаження на сервери інформаційного ресурсу /

О. О. Ільїн, Д. С. Коваленко, М. П. Гніденко, Ю. В. Березовська // Зв'язок. – К., 2019. – № 2(138). – С. 17–22.

7. Березовська Ю.В. Основні напрямки підвищення функціональної стійкості системи управління центру обробки даних / [В. В. Василенко, О. О. Ільїн, Ю. В. Березовська та ін.] // Зв'язок. – К., 2019. – № 1(137). – С. 35–39.

8. Березовська Ю.В. Особливості безпроводових самоорганізованих мереж / Г. О. Гринкевич, В. В. Жебка, В. В. Василенко, Ю. В. Березовська // Наукові записки УНДІЗ. – К., 2018. – № 4(52). – С. 40–45.

9. Березовська Ю.В. Дослідження та аналіз пропускної здатності каналів передачі в телекомунікаціях / Ю. В. Хмельницький, В. О. Браун, Ю. В. Березовська, О. А. Філіпчук // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2016. – № 52. – С. 147–152.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. Березовська Ю.В. Інформаційні системи безперервного використання з часовим резервуванням / Ю. В. Березовська // Сучасні досягнення компанії Hewlett Packard Enterprise в галузі ІТ та нові можливості їх вивчення і застосування: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 16 грудня 2020 р. – К.: ДУТ, 2020. – С. 6–8.

11. Березовська Ю.В. Забезпечення функціональної стійкості системи управління центру обробки даних / В. В. Василенко, Ю. В. Березовська, Р. В. Космінський, Ю. В. Каргаполов // Проблеми інформатизації: Матеріали тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, 11-12 квітня 2019 р. – Київ: ДУТ, 2019. – С. 167.

12. Березовская Ю.В. Модель смешанного технического обслуживания (ТО) сложных объектов радиоэлектронной техники: ТО по ресурсу и ТО по состоянию / Ю. В. Березовская, В. Н. Цыцарев // Молодіжна військова наука у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка: Тези доповідей Всеукраїнської

науково-практичної конференції молодих вчених, ад'юнктів, слухачів, курсантів і студентів, 24 квітня 2015 року. – К.: ВІКНУ, 2015. – С. 61.