

АНОТАЦІЯ

Собчук А. В. Інформаційна технологія синтезу функціонально стійкої бездротової сенсорної мережі на основі самоорганізації її структури. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2020.

Розвиток інформаційних технологій передачі даних, а також такі сучасні світові тенденції, як «Інтернет речей», мобільні мережі нового покоління і т. п., зумовив розробку нових стандартів бездротової передачі інформації, що значно ускладнює загальну структуру комунікаційних систем, внаслідок зростаючого різноманіття апаратного та програмного забезпечення, однак, в той же час, спонукав вдосконалення таких систем відносно специфічних та вузькоспеціалізованих завдань, які не можливо було виконати ще деякий час тому.

Бездротова сенсорна мережа на основі самоорганізації структури є комплексною системою збору, прийому-передачі та обробки даних та складається з розподілених вузлів, з визначеними функціями та властивостями, що залежать від сфери та середовища застосування. Водночас, у зв'язку з ускладненням таких систем: масштабуванням структури, гетерогенним характером побудови, використанням автономних типів живлення та радіозв'язку в якості основного способу передачі даних у важкодоступних або небезпечних для людини місцях, аналогічно зростає негативний вплив зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів, що відображається на загальній ефективності функціонування таких мереж.

Забезпечення властивості функціональної стійкості бездротової сенсорної мережі покликане вирішити проблему впливу дестабілізуючих факторів, таких як: програмні та апаратні збої, помилки, випадкові або навмисні пошкодження окремих структурних елементів, їх сукупності, каналів зв'язку між ними,

кібератак, відмов в обслуговуванні і т. п.. Планування та впровадження окремих видів структурної надмірності, вибір яких залежить від середовища застосування, кваліфікації обслуговуючого персоналу, загальних капіталовкладень, має на меті вирішити проблему впливу різного роду негативних факторів та забезпечити подальшу роботу системи визначений період часу та із збереженням критичного рівня ефективності.

Забезпечення вищезазначеної властивості для будь-яких складних технічних систем здійснюється в три етапи: ідентифікація нештатної ситуації, локалізація нештатної ситуації, відновлення функціонування за рахунок перерозподілу ресурсів.

У зв'язку зі всезростаючою складністю та сферами застосування бездротових сенсорних мереж актуальним є наукове завдання розробки методу синтезу функціонально стійкої бездротової сенсорної мережі, з урахуванням основних особливостей систем даного типу, насамперед властивості самоорганізації. Вирішенню цього завдання і присвячена дисертаційна робота.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

удосконалено математичну модель функціонально стійкої бездротової сенсорної мережі на основі самоорганізації її структури, яка на відміну від існуючих враховує такі показники, як: енергоспоживання, час встановлення нового каналу зв'язку та кількість помилок при передачі інформації. Запропонована модель дозволяє значно скороти обчислювальні та часові витрати при побудові або переналаштуванні нових маршрутів між окремими елементами мережі в разі їхнього повного або тимчасового виходу з ладу, нестабільності каналу передачі, санкціонованого втручання та інших зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів;

вперше запропоновано методику синтезу функціонально стійкої бездротової сенсорної мережі на основі самоорганізації її структури, що включає в себе загальну та часткову моделі синтезу: загальна модель визначає структуру мережі, а саме – кількість вузлів та лінії передачі інформації між ними, а часткова – впровадження додаткових сенсорів та каналів передачі

інформації до уже існуючої системи, які забезпечать заданий рівень функціональної стійкості. Слід зазначити, що водночас можливе застосування лише однієї моделі синтезу. Використання методики дозволяє забезпечити властивість функціональної стійкості при побудові нової системи або при модернізації уже існуючої.

Практична реалізація одержаних в роботі результатів доцільна в математичному та програмному забезпеченні, як складова частина інтелектуальної системи управління бездротовими сенсорними мережами, таким чином вирішуючи задачі парирування наслідків загроз та дестабілізуючих факторів шляхом самоорганізації доступних видів надмірності.

Наведені науково-обґрунтовані практичні рекомендації дозволяють визначити загальний показник функціональної стійкості досліджуваної системи. В той же час подальше удосконалення запропонованих методів підвищення рівня функціональної стійкості є перспективним відносно інших складних технічних систем, що дозволить зменшити загальний вплив дестабілізуючих факторів різного роду під час експлуатації таких систем.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, функціональна стійкість, самоорганізація, методика синтезу.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Собчук А. В. Математична модель та характеристика особливостей функціонально стійких бездротових сенсорних мереж, як мереж окремого класу. *Збірник наукових праць "Новітні технології"*. 2018. №2. С. 130–136.

2. Собчук А. В., Коваль М. О., Кравченко Ю. В., Барабаш О. В. Математична модель функціонально стійкої безпроводної сенсорної мережі. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2017. Вип. 6. С. 122–126 . URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2017_6_29.

3. Собчук А. В., Барабаш О. В., Мусієнко А. П. Методи оцінки функціонально стійкої безпроводної сенсорної мережі. *Телекомунікаційні та*

інформаційні технології. 2019. №3. С. 46–54.

4. Sobchuk A. V., Sobchuk V. V., Barabash A. O., Liashenko I. Functionally sustainable wireless sensor network technologies aspects analysis *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. VII (23), Issue:193, 2019. P. 46–48.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Собчук А. В., Кравченко Ю.В., Барабаш О. В. Параметри впливу на самоорганізаційну структуру безпроводних сенсорних мереж. *Військова освіта і наука: сьогодні та майбутнє*: матеріали XII міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 25 листопада 2016 р., Київ, 2016. С. 54.

6. Собчук А. В., Барабаш О. В., Кравченко Ю. В. Особливості побудови сенсорних мереж, що самоорганізуються. *Інформаційні технології та взаємодії*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 2016 р. Київ, 2016. С. 277–278.

7. Собчук А. В., Кравченко Ю. В. Проблеми впровадження та застосування DLP систем, як засобу управління інформаційною безпекою в компанії. *Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем” (PCSITS)*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 2018 р. Київ, 2018. С. 275–278.

8. Собчук А. В., Барабаш О. В., Кравченко Ю. В. Характеристика функціонально стійких сенсорних мереж. *Математика. Інформаційні технології. Освіта*: матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Луцьк, 5-7 черв. 2017 р. Луцьк, 2017. С. 37–39.

9. Собчук А. В., Барабаш О. В., Кравченко Ю. В. Основні механізми захисту інформації в безпроводних сенсорних мережах. *Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони*: зб. тез доп. наук.-практ. конф., м. Київ, 5 квіт. 2017 р. Київ, 2017. С. 138 – 140.

10. Sobchuk A. V., Kravchenko Y. V., Tyshchenko M., Gawliczek P., Afanasyeva O. Analytical aspects of providing a feature of the functional stability according to the choice of technology for construction of wireless sensor networks. *IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)*: Kyiv. 2019. P. 102–106. (Scopus)

URL:<https://ieeexplore.ieee.org/document/9030474>.

11. Собчук А. В. Забезпечення функціональної стійкості бездротових сенсорних мереж шляхом усунення дестабілізуючих факторів при прийомі даних. *Математика. Інформаційні технології. Освіта*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Луцьк, 3-5 черв. 2018 р. Луцьк, 2018. С. 106–107.

12. Собчук А. В., Кравченко Ю.В., Барабаш О. В. Основні характеристики функціонально стійких сенсорних систем. *Актуальні проблеми інформаційних технологій (APIT)*: // матеріали наук.-практ. конф., м. Київ, 2018 р., Київ, 2018. С. 10–11.

13. Собчук А. В., Кравченко Ю.В., Огляд методів самоорганізації структури бездротових сенсорних мереж *Актуальні проблеми інформаційних технологій* // матеріали наук.-практ. конф., м. Київ, 2018 р., Київ, 2018. С. 17–18.

ANOTATION

Sobchuk A. V. Information technology of synthesis of functionally stable wireless sensor network based on the self-organization of its structure. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 122 "Computer Science". – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, 2020.

The development of data communication technologies, as well as current global trends such as the Internet of Things, next-generation mobile networks, etc., has led to the development of new standards for wireless data transmission, which significantly complicates the overall structure of communication systems due to the

growing diversity of hardware and software, however, at the same time, encouraged the improvement of such systems with respect to specific and highly specialized tasks that could not have been completed some time ago.

The wireless sensor network based on structure self-organization is a comprehensive system of data acquisition, transmission and processing and consists of distributed nodes, with defined functions and properties that depend on the scope and environment. At the same time, due to the complexity of such systems: scaling of the structure, heterogeneous nature of construction, the use of autonomous types of power supply and radio communication as the main method of data transmission in places inaccessible or dangerous to humans, the negative influence of external and internal destabilizing factors is similarly increasing, which reflects on the overall performance of such networks.

Ensuring the property of functional stability of the wireless sensor network is intended to solve the problem of the influence of destabilizing factors, such as: software and hardware failures, errors, accidental or deliberate damage of individual structural elements, their totality, communication channels between them, cyber-attacks, service failures, etc. The planning and implementation of certain types of structural redundancy, the choice of which depends on the environment, the qualifications of the service personnel, the general investment, is aimed at deciding and the problem of the influence of different negative factors and provide the system further specified period of time and maintaining a critical level of effectiveness.

Provision of the aforementioned property for any complex technical systems is carried out in three stages: identification of an emergency situation, localization of an emergency situation, restoration of functioning due to the redistribution of resources.

Due to the increasing complexity and scope of wireless sensor networks, the scientific task of developing a method for the synthesis of a functionally stable wireless sensor network is relevant, taking into account the main features of systems of this type, especially the properties of self-organization. Dissertation work is devoted to solving this problem.

The scientific novelty of the obtained results is that:

mathematical model of the functionally stable wireless sensor network based on self-organization of its structure is improved, which, unlike the existing ones, takes into account such indicators as: energy consumption, time of establishment of a new communication channel and number of errors in the transmission of information. The proposed model can significantly reduce the computational and time costs of constructing or reconfiguring new routes between individual network elements in the event of their complete or temporary failure, transmission channel instability, sanctioned interference, and other external and internal destabilizing factors;

for the first time, a method of synthesis of a functionally stable wireless sensor network based on self-organization of its structure is proposed. channels for transmitting information to an existing system that will provide the desired level of functional stability. It should be noted that only one synthesis model can be used at a time. The use of the method allows to provide the property of functional stability when building a new system or when upgrading an existing one.

The practical implementation of the results obtained in the work is appropriate in mathematical and software as an integral part of the intelligent control system of wireless sensor networks, thus solving the problems of counteracting the effects of threats and destabilizing factors by self-organizing the available types of redundancy.

These scientifically sound practical recommendations allow us to determine the overall indicator of the functional stability of the system under study. At the same time, further improvement of the proposed methods of increasing the level of functional stability is promising for other complex technical systems, which will reduce the overall impact of destabilizing factors of various kinds during the operation of such systems.

Keywords: wireless sensor network, functional stability, self-organization, methods of synthesis.

THE RESEARCHER'S LIST OF PUBLICATION

*Scientific papers, in which the main scientific results of the dissertation
are published:*

1. Sobchuk A. V. Mathematical model and characteristics of features of functionally stable wireless sensor networks, as networks of a separate class. *The newest technologies*. 2018. Vol. 2, P. 130–136.

2. Sobchuk A. V., Koval M. O., Kravchenko Yu. V., Barabash O. V. Mathematical model of functionally stable wireless sensor network. *Control, navigation and communication systems*. 2017, Vol. 6, P. 122–126. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2017_6_29.

3. Sobchuk A. V., Barabash O. V., Musienko A. P. Methods of evaluation of functionally stable wireless sensor network. *Telecommunication and information technologies*: 2019, Vol. 3, P. 46–54.

4. Sobchuk A. V., Sobchuk V. V., Barabash A. O., Liashenko I. Functionally sustainable wireless sensor network technologies aspects analysis. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*: 2019, P. 46–48.

Scientific papers certifying the testing of the materials of the dissertation:

5. Sobchuk A. V., Kravchenko Yu. V., Barabash O. V. Parameters of influence on the self-organizing structure of wireless sensor networks. *Military Education and Science: Present and Future: XII International Scientific-Practical Conference Military Education and Science: Present and Future*, Kyiv, Ukraine, 25 November, 2016, P. 54.

6. Sobchuk A. V., Barabash O. V., Kravchenko Yu. V. Features of construction of self-organizing sensor networks. *Information technologies and interactions*: International scientific-practical conference, Kyiv, Ukraine, 2016, P. 277–278.

7. Sobchuk A. V., Kravchenko Yu. V. Problems of implementation and application of DLP systems as a means of information security management in the company. *Problems of cybersecurity of information and telecommunication systems (PCSITS)*: Kyiv, Ukraine, 2018, P. 275–278.

8. Sobchuk A. V., Barabash Yu. V., Kravchenko Yu. V., Characteristics of functionally stable sensor networks. *Mathematics. Information Technology. Education*. Lutsk, Ukraine, 5 June – 7 June, 2017, P. 37–39.

9. Sobchuk A. V., Barabash O. V., Kravchenko Yu. V. Basic mechanisms of information protection in wireless sensor networks. *Application of space and geoinformation systems in the interests of national security and defense*: Kyiv, Ukraine, April 5, 2017, P. 138 – 140.

10. Sobchuk A. V., Kravchenko Y. V., Tyshchenko M., Gawliczek P., Afanasyeva O. Analytical aspects of providing a feature of the functional stability according to the choice of technology for construction of wireless sensor networks. *IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)*: Kyiv, Ukraine. 2019, P. 102–106.

URL:<https://ieeexplore.ieee.org/document/9030474>.

11. Sobchuk A. V. Ensuring the Functional Stability of Wireless Sensor Networks by Removing Destabilizing Factors While Receiving Data. *Mathematics. Information Technology. Education*. Lutsk, Ukraine, 3 June – 5 June, 2018. Vol. 7, P. 106–107.

12. Sobchuk A. V., Kravchenko Yu. V., Barabash O. V. Basic characteristics of functionally stable sensor systems. *Actual Problems of Information Technologies (APIT)*: Kyiv, Ukraine, 2018, P. 10-11.

13. Sobchuk A. V., Kravchenko Yu. V. Review of methods of self-organization of the structure of wireless sensor networks Actual problems of information technologies // materials of scientific-practical. Conf., Kyiv, 2018, Kyiv, 2018, P. 17–18.