

УДК 004.08

DOI 10.30837/bi.2024.2(101).04

Г. А. Плехова<sup>1</sup>, М. В. Костікова<sup>2</sup>, С. М. Неронов<sup>3</sup>, Р. Б. Багмут<sup>4</sup>, О. О. Яценко<sup>5</sup><sup>1</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, plehovaanna1@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-6912-6520<sup>2</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, kmv\_topaz@ukr.net, ORCID iD: 0000-0001-5197-7389<sup>3</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, sernikner@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2381-1271<sup>4</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, sergeyvtv1965@gmail.com<sup>5</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, iatsenkooleksii@icloud.com

## ПРИСТРІЙ УТВОРЕННЯ МАРШРУТІВ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В РАДІОМЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ САМООРГАНІЗАЦІЇ

У роботі запропоновано пристрій утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації. Запропонований пристрій містить передавальну та приймальну частину які з'єднані між собою каналом передачі. До складу передавальної частини пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації додатково введено блок вибору цільової функції управління маршрутами, блок вибору типу маршрутизації, блок вибору кількості маршрутів, блок короткострокового прогнозування та блок вибору способу розсилання службової інформації в мережі, при цьому у передавальній частині пристрою джерело інформації з'єднано послідовно з входом блоку вибору цільової функції управління маршрутами, вихід якого послідовно з'єднано з входом блоку вибору типу маршрутизації, вихід якого послідовно з'єднано з першим входом блоку вибору кількості маршрутів, вихід блоку короткострокового прогнозування з'єднано з другим входом блоку вибору кількості маршрутів, вихід якого послідовно з'єднано з входом блоку вибору способу розсилання службової інформації в мережі, вихід якого через канал передачі інформації з'єднаний з входом отримувача інформації приймальної частини пристрою. Технічним результатом є зменшення кількості службової інформації, забезпечення раціональної побудови маршрутів передачі інформації в радіомережі, визначення необхідної кількості маршрутів з передбаченням на один-два кроки за допомогою методу динамічного програмування, а також забезпечення ієрархічності управління маршрутизацією в радіомережах із можливістю самоорганізації.

САМООРГАНІЗАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЯ, МЕРЕЖА, МАРШРУТИЗАЦІЯ, МЕТОД ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ, МЕТОД ЗОНДУВАННЯ

**G. A. Pliekhova, M. V. Kostikova, S. M. Neronov, R. B. Bagmut, O. O. Yatsenko. Device for creating information transmission routes in special purpose radio networks with the possibility of self-organization.** The paper proposes a device for creating information transmission routes in special purpose radio networks with the possibility of self-organization. The proposed device contains a transmitting and receiving part that are connected to each other by a transmission channel. The transmission part of the device for the creation of information transmission routes in special purpose radio networks with the possibility of self-organization additionally includes a block for selecting the target function of route management, block for selecting the type of routing, block for selecting the number of routes, block for short-term forecasting and block for selecting the method of sending service information in the network, while in the transmitting part of the device the source of information is connected in series with the input of the block for selecting the target function of route management, the output of which is connected in series with the first input of the block for selecting the number of routes, the output of the short-term forecasting block is connected to the second input of the block for selecting the number of routes, the output of which is connected in series with the input of the block for selecting the method of sending service information in the network, the output of which is through the channel of information transmission is connected to the input of the information receiver of the receiving part of the device. The technical result is a reduction in the amount of service information, ensuring the rational construction of information transmission routes in the radio network, determining the required number of routes with one-two step prediction using the dynamic programming method, as well as ensuring hierarchical management of routing in radio networks with the possibility of self-organization.

SELF-ORGANIZATION, INFORMATION, NETWORK, ROUTING, DYNAMIC PROGRAMMING METHOD, PROBING METHOD

### Вступ

Передача інформації на відстань за допомогою радіохвиль має певні переваги [1, 2]:

- можливість передачі інформації на великі відстані без проміжних ретрансляційних пунктів в короткий час;
- можливість обміну інформацією через територію противника та важко доступну місцевість (болота, гори, та ін.);

- швидке встановлення радіозв'язку з кореспондентом, місцезнаходження якого невідоме;
- передача інформації одночасно великій кількості кореспондентів.

Однак є наступні недоліки радіозв'язку [1, 2]:

- на якість радіозв'язку відчутно впливають атмосферні завади;
- можливість пеленгування (визначення місцезнаходження) радіопередавальних пристроїв та

прослуховування противником радіоефіру (перехоплення інформації);

- можливість подавлення радіозв'язку засобами РЕБ противника;
- мала каналоемність;
- низька якість каналів зв'язку;
- відносно мала пропускна спроможність радіоканалів;
- наявність у радіозасобів індивідуальних демаскуючих ознак.

Для системи управління військами є актуальною задачею забезпечення заданої пропускної спроможності, забезпечення завадозахищеності та скритності, забезпечення стійкого радіозв'язку з підрозділами, що виконують бойові завдання в складних умовах радіоелектронної обстановки та на значних відстанях один від одного.

Запропонована модель належить до галузі спеціальної техніки зв'язку, зокрема, до систем зв'язку, а саме, до радіомереж спеціального призначення із можливістю самоорганізації, у яких застосовуються спеціальні методи передачі даних.

#### Виклад основного матеріалу

Відомий пристрій для управління маршрутизацією в мережах зв'язку, що містить передавальну та приймальну логічну схему, з'єднані між собою радіоканалом [3].

Недоліками відомого пристрою для управління маршрутизацією є велика кількість службової інформації та відсутність можливості забезпечення ієрархічності управління.

Найбільш близьким технічним рішенням, як за суттю, так і задачею, що вирішується, яке обрано за найближчий аналог (прототип), є система прийняття та реалізації нечітких рішень в системі маршрутизації, що містить з'єднані між собою відповідним чином блок вибору цільової функції управління маршрутами, блок вибору типу маршрутизації, блок вибору кількості маршрутів та блок вибору способу розсилання службової інформації в мережі, при цьому безпосередньо у системі прийняття та реалізації нечітких рішень в системі маршрутизації блок вибору цільової функції управління маршрутами послідовно з'єднаний з блоком вибору типу маршрутизації, який послідовно з'єднаний з входом блоку вибору кількості маршрутів, вихід якого послідовно з'єднано з входом блоку вибору способу розсилання службової інформації в мережі [4].

Недоліком системи прийняття та реалізації нечітких рішень в системі маршрутизації, яку обрано за найближчий аналог (прототип), є низька ефективність вибору маршрутів передачі інформації в мережі та відсутність можливості короткострокового прогнозування оптимальної кількості маршрутів до

адресата.

В основу моделі покладено задачу, шляхом додаткового введення до складу передавальної частини пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації, блоку вибору цільової функції управління маршрутами, блоку вибору типу маршрутизації, блоку вибору кількості маршрутів, блоку короткострокового прогнозування, блоку вибору способу розсилання службової інформації в мережі, зменшення кількості службової інформації, забезпечення раціональної побудови маршрутів передачі інформації в мережі, забезпечення можливості короткострокового прогнозування оптимальної кількості маршрутів до адресата, а також забезпечення ієрархічності управління маршрутизацією в радіомережах із можливістю самоорганізації.

Пристрій утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації містить передавальну та приймальну частину пристрою. Передавальна і приймальна частина з'єднані між собою каналом передачі інформації. До складу передавальної частини пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації додатково введено блок вибору цільової функції управління маршрутами, блок вибору типу маршрутизації, блок вибору кількості маршрутів, блок короткострокового прогнозування та блок вибору способу розсилання службової інформації в мережі. При цьому у передавальній частині пристрою джерело інформації з'єднано послідовно з входом блоку вибору цільової функції управління маршрутами, вихід якого послідовно з'єднано з входом блоку вибору типу маршрутизації, вихід якого послідовно з'єднано з першим входом блоку вибору кількості маршрутів. Вихід блоку короткострокового прогнозування з'єднано з другим входом блоку вибору кількості маршрутів, вихід якого послідовно з'єднано з входом блоку вибору способу розсилання службової інформації в мережі, вихід якого через канал передачі інформації з'єднаний з входом отримувача інформації приймальної частини пристрою.

Рішення технічної задачі пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації, дійсно можливе тому, що:

- шляхом введення до складу пристрою блоку вибору цільової функції управління маршрутами стає можливим визначити відповідні метрики пошуку маршруту та, на їх основі, провести вибір необхідної цільової функції;
- шляхом введення до складу пристрою блоку вибору типу маршрутизації стає можливим обрати тип маршрутизації в мережі (однокористувальницька

чи групова), здійснити розсилання інформації певній групі користувачів та вирішити задачу групової маршрутизації (multicasting), яка передбачає побудову і підтримання маршрутів передачі інформації типу «один-до-багатьох» або «багато-до-багатьох»;

– шляхом введення до складу пристрою блоку вибору кількості маршрутів обрати в залежності від ситуації в мережі та вимог до якості обслуговування трафіка кількість маршрутів передачі інформації між відправником та адресатом;

– шляхом введення до складу пристрою блоку короткострокового прогнозування визначити

необхідну кількість маршрутів з передбаченням на один-два кроки за допомогою методу динамічного програмування;

– шляхом введення до складу пристрою блоку вибору способу розсилання службової інформації в мережі забезпечити скорочення об'ємів службового трафіка та часу утворення маршрутів передачі інформації.

Суть моделі пояснюється за допомогою креслень, де на рис. 1 показано блок-схему пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації.

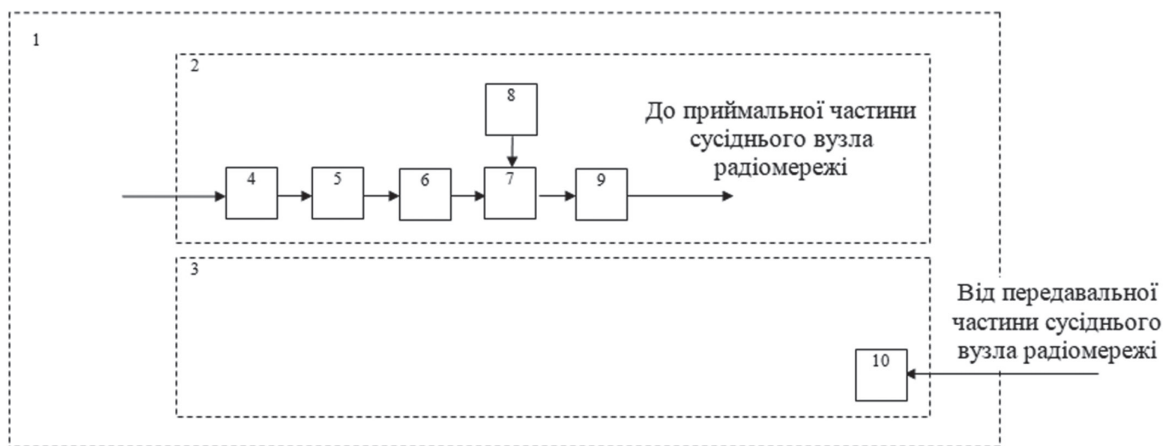


Рис. 1. Блок-схема пристрою

Пристрій 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації містить (див. блок-схему на рис. 1) передавальну 2 частину пристрою 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації, приймальну 3 частину пристрою 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації.

Конструктивно і технологічно до складу передавальної 2 частини пристрою 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації входять з'єднані між собою відповідним чином джерело 4 інформації, блок 5 вибору цільової функції управління маршрутами, блок 6 вибору типу маршрутизації, блок 7 вибору кількості маршрутів, блок 8 короткострокового прогнозування, блок 9 вибору способу розсилання службової інформації в мережі.

При цьому безпосередньо у передавальній 2 частині пристрою 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації її конструктивні елементи з'єднано між собою таким чином:

– джерело 4 інформації з'єднано послідовно з входом блоку 5 вибору цільової функції управління маршрутами;

– вихід блоку 5 вибору цільової функції управління маршрутами з'єднаний з входом блоку 6 вибору типу маршрутизації;

– вихід блоку 6 вибору типу маршрутизації з'єднаний з першим входом блоку 7 вибору кількості маршрутів;

– вихід блоку 8 короткострокового прогнозування з'єднаний з другим входом блоку 7 вибору кількості маршрутів;

– вихід блоку 7 вибору кількості маршрутів з'єднаний з входом блоку 9 вибору способу розсилання службової інформації в мережі;

– вихід блоку 9 вибору способу розсилання службової інформації в мережі з'єднано з входом отримувача 10 інформації приймальної частини 3 пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації.

Пристрій 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації, працює таким чином.

Для передачі інформації з передавальної 2 частини пристрою 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації від джерела 4 інформації надходить (з його виходу) на вхід блоку 5 вибору цільової функції управління маршрутами, який

визначає відповідні метрики пошуку маршруту та, на їх основі, вибір необхідної цільової функції. В ході функціонування мобільної радіомережі із можливістю самоорганізацією (МРІС) може виникати декілька цілей (критеріїв) управління мережею, причому всі вони мають різну фізичну природу, а також частина з них повинна мінімізуватися, а інші – максимізуватися. Це породжує задачу багатокритеріальної (векторної) оптимізації процесу функціонування МРІС, причому сама мережа виступає в якості динамічної системи зі змінними критеріями якості.

З виходу блоку 5 вибору цільової функції управління маршрутами інформація надходить на вхід блоку 6 вибору типу маршрутизації де визначається необхідність розсилання інформації певній групі користувачів та вирішується задача групової маршрутизації (multicasting), яка передбачає побудову і підтримання маршрутів передачі інформації типу «один-до-багатьох» або «багато-до-багатьох».

З виходу блоку 6 вибору типу маршрутизації інформація надходить на вхід блоку 7 вибору кількості маршрутів, де в залежності від ситуації в МРІС та вимог до якості обслуговування трафіка, передбачається можливість вибору кількості маршрутів передачі інформації між відправником та адресатом. Це дозволить збільшити надійність доставки інформації, підвищити безпеку передачі інформації, скоротити обсяг службового трафіка і зменшити час доставки інформації.

На другий вхід блок 7 вибору кількості маршрутів надходить інформація з виходу блок 8 короткострокового прогнозування, що визначає необхідну кількість маршрутів з передбаченням на один-два кроки за допомогою методу динамічного програмування.

З виходу блоку 7 вибору кількості маршрутів інформація надходить на вхід блоку 9 вибору способу розсилання службової інформації в мережі де відбувається вибір методу зондування МРІС локальне зондування, випереджаюча побудова нового маршруту, побудова маршрутів (зондування) адресатом та ін.

У разі необхідності передачі інформації вузлом-відправником перевіряється наявність маршруту у вузловій базі маршрутів. За відсутності маршруту заданої якості в базі, відправником ініціюється створення зонду-запиту, за допомогою якого буде проводитися збір інформації про стан мережі. При передачі зонду-запиту мережею, проміжними вузлами проводиться оцінка параметрів маршруту. Значення параметрів записуються у відповідні поля зонду-запиту, після чого зонд передається адресату.

Адресат, отримавши зонд-запит, приймає рішення з вибору маршруту передачі інформації заданої

якості і формує зонд-відповідь, який передається відправнику. Зонд-відповідь, проходячи через проміжні вузли, резервує їх ресурси з врахуванням вимог до передачі того чи іншого типу трафіка. На боці відправника, після отримання зонду-відповіді, визначається тип маршрутизації та кількість маршрутів передачі з врахуванням ситуації на інформаційному напрямку між вузлами відправником та адресатами та вибраної цільової функції управління маршрутами.

На вхід приймальної частини 3 пристрою 1 утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації надходить інформаційна послідовність з інших вузлів мережі та відбувається серія зворотних перетворень.

### Висновки

Шляхом додаткового введення до складу передавальної частини пристрою утворення маршрутів передачі інформації в радіомережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації блоку вибору цільової функції управління маршрутами, блоку вибору типу маршрутизації, блоку вибору кількості маршрутів, блоку короткострокового прогнозування, блоку вибору способу розсилання службової інформації в мережі, зменшується кількість службової інформації, забезпечується раціональна побудова маршрутів передачі інформації в радіомережі, можливо визначити необхідну кількість маршрутів з передбаченням на один-два кроки за допомогою методу динамічного програмування, а також забезпечується ієрархічність управління маршрутизацією в радіомережах із можливістю самоорганізації.

### Список літератури

- [1] Струць Є. М., Тарарака С. М., Коваленко О. О., Кравченко О. І. Підготовка спеціалістів радіозв'язку: посібник. – Полтава: військова частина А3990, 2015. – 78 с. URL: <https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2022/04/Посібник-РАДІОЗВ'ЯЗОК-HARRIS.pdf>.
- [2] Особливості радіозв'язку: плюси і мінуси. askold.center, 2022. URL: <https://askold.center/zvyazok/osoblyvosti-radiozviazku-plusy-minusy/>.
- [3] Kashkevich, S., Litvinenko, O., Shyshatskyi, A., Salnyk, S., & Velychko, V. (2024). The method of self-organization of information networks in the conditions of the complex influence of destabilizing factors. *Advanced Information Systems*, 8(3), 59–71. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.3.07>.
- [4] Rossides, L., Sekercioglu, Y. A., Pitsillides, A., Vasilikos, A. V., Kohler, S., & Tran-Gia, P. (2002). Fuzzy RED: Congestion Control for TCP/IP Diff-Serv. *Advances in Computational Intelligence and Learning: Methods and Applications*, pp. 343 – 352.

*Надійшла до редколегії 30.10.2024*