

ЦІЛЬОВІ ФУНКЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНОЮ РАДІОМЕРЕЖЕЮ

Романюк В.А.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Україна

E-mail: rom-v-a@yandex.ua

Objective control functions of flying ad-hoc networks

A new approach to the selection of objective control functions of VANET using UAV, based on the current control functions formation, depending on the traffic type, current situation in the network and available network resources.

Повітряна радіомережа (ПР) представляє собою мережу типу VANET та складається з множини безпілотних літальних апаратах або повітряних телекомунікаційних аероплатформ (ТА) та призначена для: забезпечення заданих показників якості обслуговування мобільних абонентів; встановлення зв'язності в мережі з географічно віддаленими абонентами (зонами мережі); збору інформації від сенсорних мереж (полів, окремих сенсорів); моніторингу заражених районів, цілях про противника тощо [1 – 3]. До основних особливостей функціонування ПР можна віднести: значну динаміку зміни її топології, різнорідний трафік, колективне використання радіоресурсу, нестабільність радіоканалів та наявність взаємних перешкод, обмеженість та неоднорідність ресурсів вузлів, обмежену безпеку через широкомовну природу радіоканалу, високу ймовірність радіоелектронної протидії супротивника та ін.

Наземні (сенсори, мобільні абоненти, мобільні базові станції) та повітряні вузли мережі повинні швидко адаптуватися до частих змін топології мережі, трафіка та ефективно використовувати обмежені мережеві ресурси. В таких умовах забезпечити інформаційний обмін з заданою якістю неможливо без ефективної системи управління мережею [2], яка повинна відповідати наступним вимогам: адаптивність, функціональність, координація взаємодії, децентралізоване управління тощо.

Управляючі впливи системою управління мережею здійснюються на основі реалізації циклу управління: збору та аналізу інформації про стан мережі, ідентифікації ситуації про стан мережі та прийняття управляючого рішення по забезпеченню якості передачі трафіка. В процесі прийняття рішення виникає завдання щодо визначення цільових функцій управління мережею або її зоною.

Раніш запропоновані підходи пропонували здійснювати оптимізацію визначених мереж за одним або декілька показниками [3 – 6]. Так в [3] запропоновано управляти витратами енергії батарей, в [5] здійснювати багатокритеріальну оптимізацію маршруту с врахуванням його мобільності, в [6] оптимізувати топологію мережі за декількома показниками тощо.

Пропонується новий підхід – на етапі управління мережею цільові функції управління не є статичними, а визначаються в часі в залежності від етапів и

функцій управління, а також параметрів стану об'єкта (об'єктів) управління (вузол, радіоканал, маршрут, зона, мережа) та наявних ресурсів [7].

Визначимо особливості задач управління ПР (рис. 1): реалізуються на різних етапах управління мережею; мають окремі функціональні призначення; різні об'єкти впливу; різні цільові функції, можуть заперечувати одна одну; різняться математичною постановкою цільових функцій; мають високу розмірність та динамічний характер; важкість формування повної системи показників оцінки ефективності; неповнота та часто недостовірність контрольної інформації про стан мережі та її елементів; більшість з них залежать друг від друга; вимагають узгодження та координації (в вузлах, маршрутах, зонах, в масштабах всієї мережі); можуть бути реалізовані на різних рівнях еталонної моделі OSI.



Рис. 1. Класифікація задач управління повітряною радіомережею.

В умовах змішаного управління (частка функцій виконується централізовано центрами управління, а друга децентралізовано – вузлами) можна визначити дві взаємозалежні групи цілей:

мережеві (зонові) – оптимізація мережевих або зонових показників ефективності;

користувальницькі – досягнення заданої якості передачі між абонентами та функціонування елементів мережі за напрямком передачі.

До мережевих (зонових) цілей управління можна віднести оптимум наступних параметрів $C_i = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$:

C_1 – продуктивність всієї мережі, зони, ПР;

C_2 – потужність передач вузлів мережі, її зони;

C_3 – ступінь покриття території (абонентів, сенсорів) повітряною мережею;

C_4 – структурна надійність (зв'язність) мережі, її зони;

C_5 – кількість ресурсів (вузлів, мобільних базових станцій, аероплатформ тощо), які необхідно задіяти до досягнення певної мети;

C_6 – час функціонування мережі, її зони, безпосередньо БПЛА (ТА);

C_7 – обсяг службового трафіка;

C_8 – час планування, розгортання, відновлення мережі, її зони;

C_9 – параметри безпеки й т.д.

Основними обмеженнями при цьому є ресурси и параметри вузлів: батареї живлення, пропускна здатність радіоканалів, дальність радіозв'язку, об'єми пам'яті, швидкість обробки інформації, параметри самої ТА тощо.

До основних користувальницьких цілей управління можна віднести оптимум (обмеження) наступних параметрів: пропускна здатність, час затримки передачі повідомлень, потужність передавача, енергія (витрати енергії) батарей в радіоканалі, маршруті, напрямку тощо.

В табл. 1 наведено об'єкти управління та основні параметри оптимізації. Наявність інформації, необхідної для передачі, вимагає систему управління кожного вузла здійснити вибір цілей (цільових функцій) управління, які повинні врахувати стан вузла, мережі, тип трафіка та наявні ресурси.

1. Стан самого вузла безпосередньо визначається множиною його параметрів: реальна пропускна здатність радіоканалів, дальність радіозв'язку, наявність сусідів, стан черг, наявність, тип та величина зміни вхідного навантаження, мобільність, динамка зміни наявних зв'язків з сусідами, наявність, кількість та якість побудованих маршрутів, тощо. Ресурсами вузла є апаратні (потенційна пропускна здатність радіоканалу, наявний обсяг енергії батареї живлення, швидкодія процесорів, потужність передавача тощо), програмні ресурси (алгоритми управління, протоколи управління на різних рівнях OSI та функціональних підсистемах, рівень інтелектуалізації процесів управління тощо).

Кожен вузол постійно (активно або/та пасивно) збирає інформацію про стан: вузлів-сусідів, маршрутах та напрямках передачі, мережі (зони) та по сукупності показників визначає (ідентифікує) її стан [2].

2. Стан мережі (визначається станом вузлів, каналів, напрямків, зони та всієї мережі, наявністю ресурсів) та динаміку його зміни.

3. Тип інформації (трафіка), який визначає вимоги до якості передачі (час передачі и джиттер, кількість помилок тощо).

Узагальнений алгоритм визначення цільових функцій управління системою управління кожного вузла наступний.

Вузол постійно аналізує свій стан та здійснює його ідентифікацію. Також вузол постійно збирає інформацію про стан мережі та здійснює ідентифікацію стану мережі (її зони). В умовах неможливості збору всієї інформації про стан мережі та її швидкого старіння системі (тобто неповної інформації про стан мережі) для здійснення процесу ідентифікації пропонується використовувати апарат нечіткої логіки [2].

Система прийняття рішення вузла на основі ідентифікованих станів вузла, мережі та вимог до якості інформаційного обміну відносно інформації, яку має вузол на передачу (рис. 2):

- визначає поточну множини параметрів оптимізації – мережевих та користувальницьких;
- визначає об'єкти управління (табл. 1);
- визначає поточну цільову функцію (функції) управління – $optC_i$;

- узгоджує її зі вузлами-сусідами (якщо вузли одного рангу) або нав'язує її підпорядкованим вузлам (якщо це центр управління мережею);
- вибирає управляючий вплив за етапами, охопленням, функціональною підсистемою, рівнем OSI.

Табл. 1

<i>Рівень OSI</i>	<i>Управляючий вплив вузла</i>	<i>Об'єкти управління</i>	<i>Основні параметри оптимізації</i>
Фізичний	Потужність (спрямованість) передачі, вид модуляції, тип коригуючого коду, параметри MIMO тощо	Радіоканал: ТА-ТА, наземний вузол-наземний вузол, наземний вузол-ТА	Пропускна здатність, витрати енергії батарей, потужність передачі тощо
Канальний	MAC-алгоритми та їх параметри, розміри пакетів та квитанцій тощо	Радіоканали в межах радіозв'язності зони	Пропускна здатність та час передачі в каналі, витрати енергії батарей, обсяг службової інформації тощо
Мережевий	Алгоритми маршрутизації, алгоритми управління чергами, алгоритми управління навантаженням, алгоритми управління топологією	Один або декілька маршрутів передачі (відповідно зона мережі або вся мережа), топологія, черги тощо	Обсяг службової інформації, параметри маршруту (час побудови та існування, кількість, пропускна здатність, час доставки, витрати енергії батарей тощо), топологія
Транспортний	Алгоритми обміну транспортного рівня	Напрямок зв'язку	Параметри якості передачі даних в напрямку
Додатків	Алгоритми (протоколи) інформаційного обміну прикладного рівня, координація та інтелектуалізація за рівнями OSI, зонам мережі, всієї мережі	Вузол, вузли-сусіди, зона мережі, вся мережа	Пропускна здатність, витрати енергії батарей, безпека передачі, час виконання завдання тощо

В [7] наведена взаємозалежність цілей, а також їх ієрархічний характер, проведена декомпозиція глобальної мети управління мережею по функціях, кожна з яких ділиться на завдання й реалізується по рівнях OSI. Мета – одержання вектора пріоритету елементів нижнього рівня ієрархії стосовно цілі – елементу першого рівня за допомогою методу аналізу ієрархій або методу згортки нечітких відносин.

Цільова структура (ЦС) управління мережею:

$$ЦС \rightarrow H = \{C_1, R_{1m(1)} \{C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2m(2)}\}, R_{2m(2)} \{C_{31}, C_{32}, \dots, C_{3m(3)}\}, \dots, R_{km(k)} \{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{km(k)}\}\},$$

де C_1 – основна ціль системи управління, $C_{im(i)}$ – $m(i)$ -а підціль i -го рівня на цільовій структурі, $i = 1 \dots k$, R – множина відносин на підцілі структури. Запропонована побудова ієрархії процесу вибору альтернатив та порівняння рішень на кожному рівні ієрархії на основі нормалізації отриманих оцінок альтернатив (застосовуючи процедуру зважування методу аналізу ієрархій або метод згортки нечітких відносин).

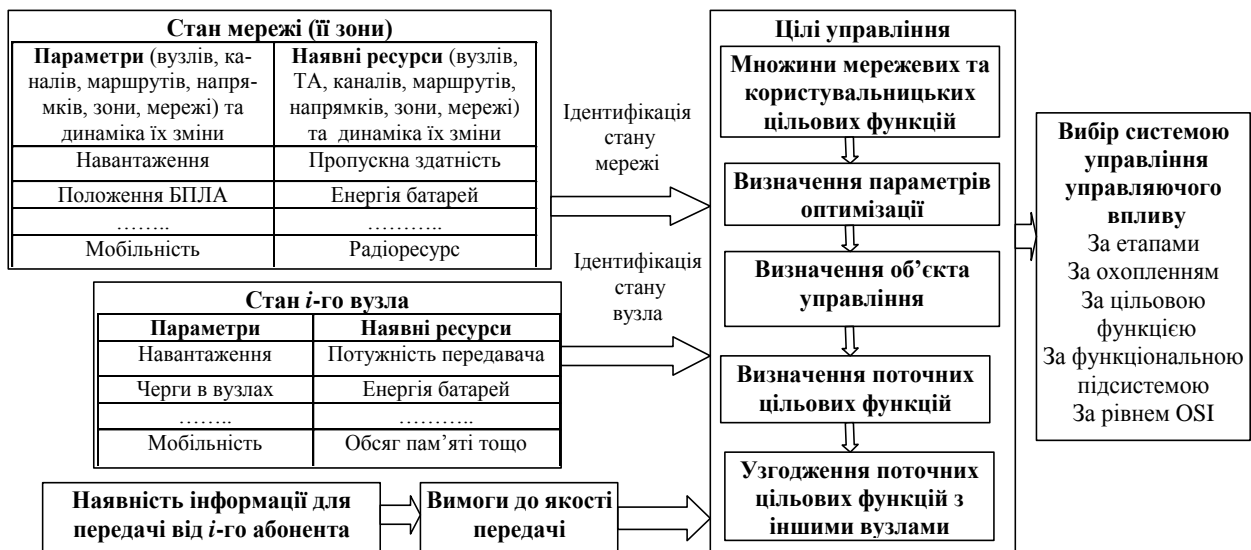


Рис. 2. Схема прийняття рішення системою управління ПР.

Завдання ухвалення рішення по управлінню мережею (вибір методів управління) зведена до завдання ієрархічного цільового динамічного оцінювання альтернатив при нечітких вихідних даних.

Таким чином проведена класифікація цільових функцій управління повітряних радіомереж. Запропонований новий підхід до формування цільових функцій управління для цих мереж: кожен вузол визначає в часі поточну цільову функцію в залежності від типу трафіку, ситуації, що склалася на мережі та наявних мережевих ресурсів. Завдання прийняття рішення щодо вибору цільової функції управління радіомережі зведена до ієрархічного цільового оцінювання альтернатив. Запропонована схема формування цільових функцій управління може бути використана при побудові математичного забезпечення управління повітряною радіомережею.

Література

1. Bekmezci I., Sahingo O., Temel S. Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey // Ad Hoc Networks, 05/2013; 11(3):1254 – 1270.
2. Самоорганізуючіся радіосети со сверхширокополосными сигналами / [С.Г. Бунин, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк]. – К.: НПП „Издательство „Наукова думка” НАН України”. – 444 с.: ил.
3. Gupta L., Jain R., Vaszkun G. Survey of Important Issues in UAV Communication Networks // IEEE Communications Survey and Tutorials, v. PP, Issue 99, November 2015.
4. Olascuaga-Cabrera J.G., Lopez-Mellado E., Mendez-Vazquez. A multi-objective PSO strategy for energy-efficient ad-hoc networking // IEEE Cybernetics Systems, Man (SMC) Conference, 2011.
5. Banner R., Orda A. Multi-Objective Topology Control in Wireless Networks // In Proc. IEEE INFOCOM, 2008.
6. Selvi R., Rajaram R. Multiple-objective optimization of multimedia packet scheduling for ad hoc networks through hybridized genetic algorithm // The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA), Vol.3, No.3, August 2011.
7. Романюк В.А. Цільові функції оперативного управління тактичними радіомережами // Збірник наукових праць. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2012. – №1. – С. 109 – 117.