

## МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ ТОПОЛОГІЄЮ НАЗЕМНО-ПОВІТРЯНИХ РАДІОМЕРЕЖ

Романюк В.А., Степаненко Є.О.

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Україна*

*E-mail: romval2016@gmail.com*

### **Method for managing topology of a ground-aired radio networks**

New models and algorithms for constructing the topology of the air network are proposed to ensure the quality of service for the nodes of the ground network. The task of building a topology is reduced to the task of situational management. New rules for constructing topology to achieve various target functions of network management are considered.

Застосування телекомунікаційних аероплатформ (ТА) на базі БпЛА, дозволяє будувати новий клас систем радіозв'язку – наземно-повітряні мережі (НПМ). Особливої актуальності такі мережі знаходять у застосування на полі бою, в умовах надзвичайних ситуацій, при проведенні масових заходів для розгортання повітряних базових станцій тощо. Сукупність ТА створюють повітряні мережі типу FANET (Flying Ad-Hoc Networks). Швидке розгортання ТА в певних точках простору дозволяє отримати зв'язок мобільним абонентам, з'єднати незв'язні фрагменти наземних радіомереж, побудувати коротші маршрути передачі та здійснити перерозподіл трафіка, що дозволяє значно покращити якість інформаційного обміну в наземних мережах [1].

*Мета роботи:* підвищення ефективності функціонування наземних радіомереж за рахунок визначення положення (зон обслуговування) та переміщення телекомунікаційних аероплатформ повітряної мережі при реалізації запропонованих методик (алгоритмів) управління їх топологією [2].

*Модель мережі.* Наземні вузли випадковим чином розміщені на певній території, мають різні ресурси, мобільні, оснащені системою позиціонування. Телекомунікаційні аероплатформи і наземні вузли оснащені однаковим радіообладнанням, підтримують однакові протоколи інформаційного обміну, мають обмежені дальність радіозв'язку і швидкість обміну. Кожен вузол мережі має власну систему управління, діє в кооперації з іншими вузлами мережі, ТА і системою управління мережею.

ТА має можливість переміщатися в трьох вимірах із змінною швидкістю на обмеженій висоті та обмежений час, змінювати діаграми спрямованості антен. ТА володіє власною системою управління, що дозволяє самостійно приймати рішення в умовах відсутності зв'язності з центром управління мережею.

Будемо вважати, що зона покриття та радіозв'язку ТА являє собою коло (кластер) радіусу  $R$ , що дозволяє здійснювати обмін ТА із наземними вузлами кластера мережі в межах даної зони. Відзначимо, що від величини  $R$  залежить розмір площі покриття і, відповідно, кількість вузлів в зоні та навантаження цих вузлів на ТА. Величина  $R$  визначається висотою польоту, максимальною дальністю передачі радіозасобів ТА і вузлів, умовами ведення радіозв'язку.

Швидкість передачі залежить від протоколу каналного рівня та дальності радіозв'язку, яка в умовах використання ГГц діапазону має досить обмежене значення.

Алгоритм реалізації методики складається з наступних етапів:

1. Збір даних центром управління мережею про її стан.

2. Аналіз показників функціонування наземних мереж.

3. Пошук нової топології, якщо визначені показники функціонування НПМ не задовольняють вимогам та реалізація рішення.

а) Для пошуку зв'язної топології наземних мереж за рахунок ТА використовуються ітераційні алгоритми кластерного аналізу FOREL (FORmal ELeмент) та  $k$ -середніх. Кінцевим рішенням алгоритму є визначення мінімальної кількості точок проекції на площині, висоти розміщення ТА (кластерів) для подальшого корегування рішення.

В алгоритмах розглянуті два принципи виділення кластерів: виділення апріорно заданого числа кластерів (тобто ТА) і виділення кластерів апріорно „заданого розміру” (тобто  $R$ ) (визначається максимальною дальністю радіозв'язку між ТА і вузлами мережі).

б) Максимізація пропускну здатності зони покриття кожного ТА за рахунок визначення положення його розміщення у просторі та перерозподілу часу передачі між вузлами зони покриття (ТА розміщується ближче до навантаженого вузла). Задача пошуку оптимального положення зведена до задачі не випуклого програмування. Запропонований ітераційний алгоритм рішення.

в) Пошук рішень по топології для забезпечення заданої якості інформаційного обміну в наземних мережах. В загальному випадку задача пошуку топології НПМ відноситься до класу NP-повних. Отримання точного рішення для мережі, яка нараховує десятки (сотні) вузлів, пов'язано з значними обчислювальними та часовими витратами. Тому для скорочення перебору варіантів топологій пропонується використовувати множину правил, об'єднаних в базу знань, які знаходять положення ТА для покращення її параметрів функціонування. Правила продукційного типу: ЯКЩО <ситуація> ТО <рішення>. Це дозволяє отримати в реальному масштабі часу рішення, близькі до оптимальних і використовувати їх для оперативного управління.

Правила бази знань працюють для досягнення різних цілей управління мережею. Для визначення поточної цільової функції пропонується ввести блок ідентифікації стану мережі, який з множини можливих цілей управління буде ієрархію цілей, тобто, пропонується введення мета-правил на всю множину правил прийняття рішень. Момент визначення необхідності перебудови топології буде визначатися наступними подіями: відсутність зв'язності, невиконання якості обслуговування передачі даних, бажання досягти оптимуму або заданих значень параметрів функціонування мережі та ін.

Для скорочення варіантів перебору та визначення пріоритетів цільових функцій управління введені мета правила, які визначають перевагу  $j$ -правил, залежно від  $k$ -ої цілі мережевого управління (МП $Pr_j$ :  $Pr_j \rightarrow w_{jk}$ ). Тоді правило, що

в найбільшій мірі покращує необхідні параметри мережі при визначеній цільовій функції, матиме більшу вагу. Правила класифікуються (рис. 1):

за цілями управління – на мережеві (мінімум ТА, визначена зона покриття мережі, максимум пропускної здатності  $S$  або її граничне значення, мінімум затримки передачі  $t_3$ , мінімум потужності передачі  $P$  тощо) та локальні (максимальна або визначена пропускна здатність, потужність, затримка на маршруті тощо) – між певними вузлами  $a$  та  $b$ ;

за параметрами управління: кількість ТА, їх розташування у просторі; маршрут, висота та швидкість польоту; кількість активних вузлів у кластері; для наземних вузлів – навантаження, рівень витрат енергії (потужність передачі), маршрути передачі;

за управляючим впливом – зміна потужності передачі, зміна діаграми спрямованості антени, зміна положення та висоти польоту ТА, перерозподіл навантаження між вузлами, запуск нових ТА тощо.



Рис. 1. Класифікація правил бази знань по управлінню ТА.

Для оцінки результатів функціонування алгоритму здійснена його програмна реалізація в середовищі MATLAB. Проведені експерименти та отримані залежності показників функціонування НІМ від розмірності мережі та кількості ТА. Показано, що запропонований алгоритм дозволяє отримувати рішення в реальному масштабі часу для мереж, що нараховують сотні наземних вузлів та десятки ТА, побудувати зв'язну наземну мережу, значно покращити якість інформаційного обміну.

Таким чином, розроблена методика дозволяє: мінімізувати кількість ТА, задіяних для виконання завдання; визначати положення ТА для досягнення різних цільових функцій управління та здійснювати управління положенням ТА у режимі реального часу.

#### Література

1. Романюк В.А. Задачі управління топологіями мереж зв'язку тактичної ланки управління / В.А.Романюк, Є.О. Степаненко // Збірник наукових праць ВІТІ. 2017. № 2. С. 101 – 109.
2. Романюк В.А. Методика управління топологією наземно-повітряних мереж військового призначення / В.А. Романюк, Є.О. Степаненко // Збірник наукових праць ВІТІ. 2018. № 3. С. 92 – 101.