

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МОБІЛЬНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ АЕРОПЛАТФОРМ

Новіков В.І.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: novikov1967@ukr.net*

A METHOD OF INCREASING THE THROUGHPUT OF MOBILE WIRELESS SENSOR NETWORKS BASED ON THE USE OF TELECOMMUNICATION AERIAL PLATFORMS

Development of a method to increase the throughput of mobile wireless sensor networks with telecommunications aircraft in conditions of rapid and unpredictable movement of mobile sensor nodes.

Мобільні безпроводові сенсорні мережі (МБСМ) із використанням телекомунікаційних аероплатформ (ТАП) є важливою складовою системи оперативного забезпечення зв'язку підрозділів рятувальних бригад і інших служб під час надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, військових конфліктів, тощо [1]. На сьогодні недостатньо розв'язаною є задача оптимального оперативного розміщення ТАП для підвищення пропускної здатності МБСМ із використанням ТАП із одночасним забезпеченням структурно-функціональної зв'язності мобільних сенсорних вузлів (МСВ). Запропоновані на сьогодні методи управління топологією (місцезаположенням) ТАП, вирішують лише часткові задачі забезпечення структурної зв'язності роз'єднаних компонентів мережі і не враховують обмеження ємності каналних ресурсів, розподілу навантаження і обслуговування пакетів в вузлах мережі [2]. Отже виникає актуальна наукова задача розробки методу підвищення пропускної здатності мобільних безпроводових сенсорних мереж на основі використання телекомунікаційних аероплатформ з управлінням положенням телекомунікаційних аероплатформ в умовах швидкого і непередбачуваного переміщення мобільних сенсорних вузлів.

Розроблено новий метод підвищення пропускної здатності МБСМ на основі використання ТАП [3]. Відмінність розробленого методу від відомих полягає в тому, що вперше були об'єднані в єдину обчислювальну процедуру математичні моделі оцінки зв'язності МСВ, математичні моделі оцінки якості обслуговування МСВ і удосконалений алгоритм пошуку квазіоптимального положення ТАП. Це створює можливість досягати близьких до екстремальних значень пропускної здатності МБСМ із ТАП в умовах швидкого та непередбачуваного переміщення МСВ.

Удосконалено математичну модель оцінки зв'язності мобільних сенсорних вузлів мобільної безпроводової сенсорної мережі із

телекомунікаційним аероплатформами. Суть удосконалення математичної моделі полягає в тому, що вперше були об'єднані сукупність аналітичних моделей оцінки достовірності передачі повідомлень в радіоканалах і сукупність аналітичних моделей прогнозування переміщення мобільних сенсорних вузлів [3].

Удосконалено алгоритм пошуку квазіоптимального положення ТАП. Суть удосконалення алгоритму пошуку квазіоптимального положення ТАП полягає в тому, що при його застосуванні вдалося уникнути повного перебору варіантів розміщення ТАП в просторі завдяки використанню попередньо розробленої сукупності правил відбору варіантів зміни зв'язності МБСМ із ТАП, що підвищують пропускну здатність мережі і зменшують час обчислень [3].

Моделювання функціонування МБСМ із ТАП здійснювалося на базі комп'ютерних середовищ Microsoft Excel і Maple. Застосовувалися наступні вихідні дані: $N=165$ – кількість МСВ; $K=5$ – кількість ТАП; $r=10000 \times 10000 \text{ м}^2$ – розмір району розміщення МСВ; $d^0=600 \text{ м}$ – максимальна дальність зв'язку МСВ-МСВ; $R'=1500 \text{ м}$ – максимальна дальність зв'язку МСВ-ТАП; алгоритм пошуку найкоротших шляхів – Дейкстри; $L=1024$ біт – довжина пакету; $V=11 \text{ Мбіт/с}$ – швидкість передачі; $v_i=15 \text{ м/с}$, $i=\overline{1, N}$ – середня швидкість переміщення МСВ. Інші вихідні дані повторюють дані з попередніх розділів.

Для оцінки ефективності запропонованого методу було розглянуто наступні стратегії управління (СУ) положенням ТАП:

1. Базова стратегія управління (СУ1) з покриттям максимальної кількості МСВ.
2. Стратегія управління з використанням методу повного перебору (СУ2).
3. Стратегія управління на основі запропонованих правил (СУ3) з покриттям максимальної кількості перевантажених вузлів.

Оцінка ефективності запропонованого методу проводилася в наступній послідовності:

1) Задання топології МБСМ із ТАП випадковим чином та розміщення ТАП відповідно СУ1, СУ2 та СУ3 (рис. 1).

2) Розрахунок пропускну здатності $S(C)$ МБСМ із ТАП для кожної СУ. Визначення виграшу стратегій СУ2 і СУ3 по відношенню до СУ1 та достовірності результатів кожної СУ відносно методу повного перебору (рис.2, 3).

3) Розрахунок часу пошуку рішення для методу повного перебору (СУ2) і запропонованого методу (СУ3) та порівняння значень із тривалістю зв'язності МСВ.

Аналіз графіків залежності пропускну здатності МБСМ із ТАП від загального навантаження при різних стратегіях управління показує, що в діапазоні трафіку від 600 до 1500 пакетів стратегія управління положенням ТАП (СУ3) значно переважають базову стратегію (СУ1) впродовж нормованого часу передачі пакету T . В інших діапазонах трафіку усі СУ майже однаково неефективні.

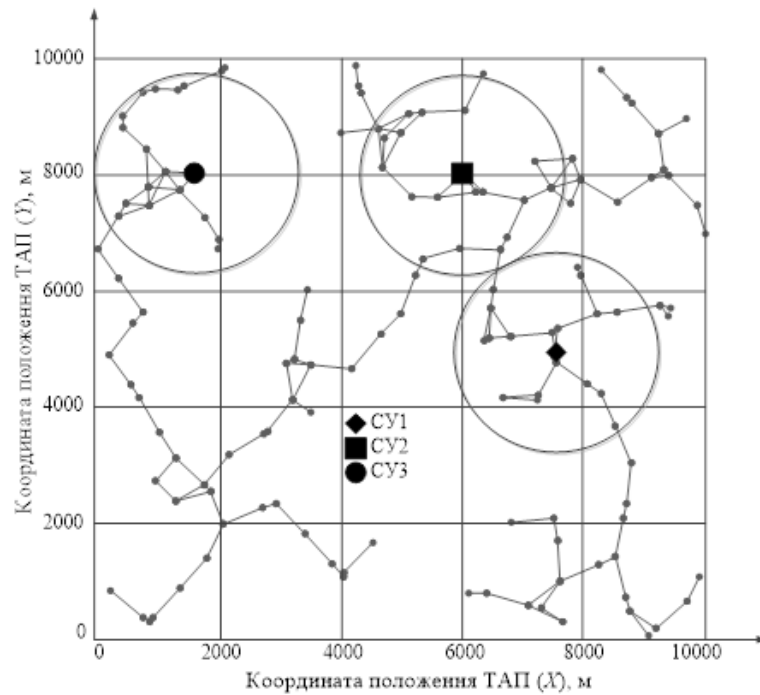


Рис. 1. Початкова топологія МБСМ із розміщенням одного ТАП для СУ1, СУ2 і СУ3.

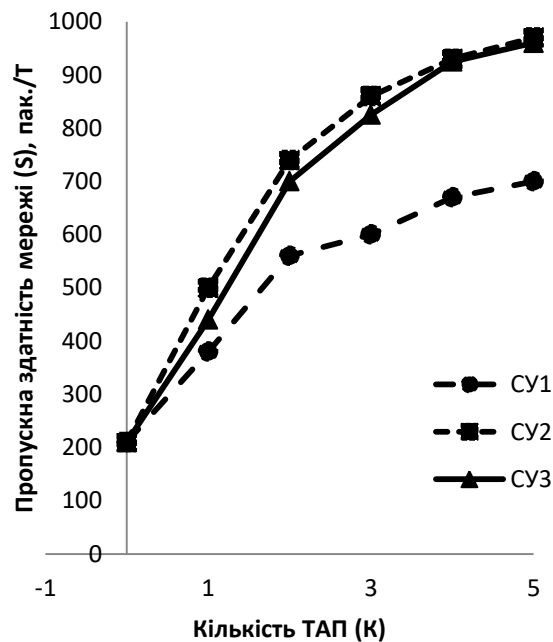


Рис. 2. Залежність ПЗ мережі для різних систем управління положенням ТАП від кількості виведених ТАП.

Оцінка ефективності запропонованого методу показує наступне:

1) Виграш запропонованого методу (СУ3) відносно базової стратегії (СУ1) при генерації 100 початкових випадкових топологій становить в середньому 10-12%.

2) Відхилення значення пропускної здатності в запропонованому методі (СУ3) від пропускної здатності в методі повного перебору (СУ2) становить в середньому 5-7%.

3) При середній тривалості зв'язності між МСВ 350с час отримання рішення для запропонованого методу (СУ3) становить в середньому 24с, що дозволяє виконувати управління положенням ТАП в режимі реального часу на відміну від методу повного перебору (СУ2), для якого час отримання рішення становить десятки хвилин.

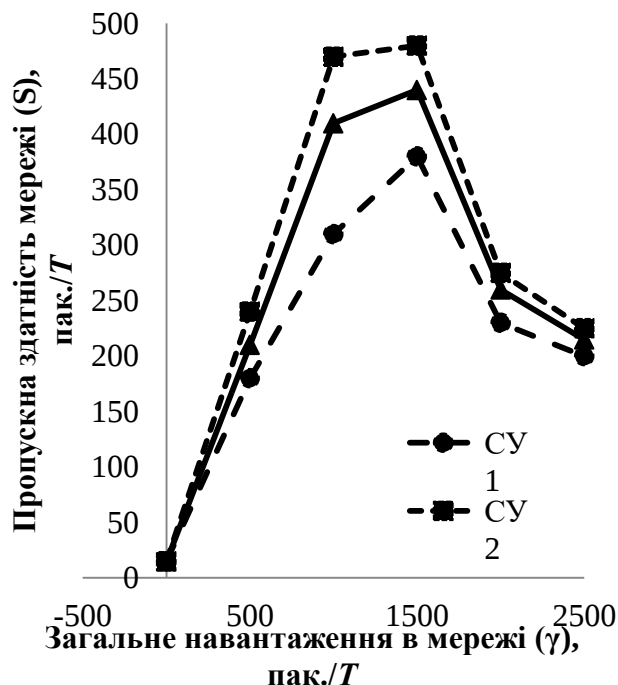


Рис. 3. Залежність ПЗ мережі для різних систем управління положенням ТАП від загального навантаження.

Практична цінність отриманих наукових результатів полягає в тому, що розроблені математичні моделі, алгоритми і метод дозволяють кількісно оцінювати вплив мобільності вузлів МБСМ із ТАП на тривалість зв'язності між МСВ; визначати раціональне положення ТАП для досягнення якомога більших значень пропускної здатності МБСМ із ТАП; здійснювати в режимі реального часу управління положенням ТАП; підвищувати ефективність систем управління мережею ТАП.

Література

1. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.: НПП «Издательство «Наукова думка» НАН Украины». – 2012. – 444 с.
2. Міночкін А.І, Романюк В.А., Жук О.В. Перспективи розвитку тактичних сенсорних мереж // Збірник наукових праць № 4. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – С. 112 – 119.
3. Новіков В. І. Математичні моделі, методи і алгоритми оптимізації показників функціонування безпроводових сенсорних мереж із мобільними сенсорами та телекомунікаційними аероплатформами [Текст] / В.І. Новіков, О.І. Лисенко, С.В. Валуйський, О.Г. Гуйда // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. – 2020. Том 31 (70) № 3 2020 Частина 1. – С. 54 – 64.