

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ НЕОДНОРІДНОЇ МОБІЛЬНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Новіков В.І., Лисенко О.І., Алексєєва І.В.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: novikov1967@ukr.net, lysenko.a.i.1952@gmail.com

A METHOD OF INCREASING THE BANDWIDTH OF A HETEROGENEOUS MOBILE SENSOR NETWORK

The article describes a method of increasing the bandwidth of a heterogeneous mobile sensor network using flying information robots.

Неоднорідні мобільні сенсорні мережі (НМСМ) із застосуванням літаючих інформаційних роботів (ЛІР) 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 в умовах відсутньої або зруйнованої наземної інфраструктури [1].

ЛІР - це безпілотний літальний апарат, який призначено для виконання інформаційно-телекомунікаційних операцій у НМСМ. На даний час відомі методи підвищення пропускної здатності стаціонарних сенсорних мереж з використанням однієї чи декількох телекомунікаційних повітряних платформ [2-3]. Ці методи ґрунтуються на тому, щоб забезпечити зв'язність роз'єднаних зон стаціонарних наземних вузлів, коли вся мережа являється єдиним кластером, або на тому, щоб збільшити зв'язність наземної мережі. Проте на сьогодні недостатньо розв'язаною є задача підвищення пропускної здатності НМСМ із застосуванням ЛІР в умовах кластерної зв'язності та використання одного ЛІР згідно з критерієм мінімізації часу обльоту всіх проміжних вузлів маршруту (точок збору інформації).

Розроблено новий метод підвищення пропускної здатності НМСМ із застосуванням ЛІР. Запропоновано нову методику оперативного розрахунку координат проміжних точок маршруту руху ЛІР, який збирає інформацію з мобільних вузлів НМСМ. Знання цих точок маршруту дозволяє побудувати ЛІТ-траєкторії, що мінімізує час для збору інформації з мобільних сенсорів (МС).

Процедура розрахунку в реальному часі координат проміжних точок маршруту передбачає послідовне використання алгоритмів задля розв'язання навігаційної задачі, задачі кластеризації та задачі знаходження траєкторії обльоту точок збору інформації від кластерів НМСМ, що були сформовані на момент початку збору інформації.

Для вирішення задачі кластеризації розроблено спеціальний алгоритм, який використовує процедури кількісного розрахунку показників структурної та інформаційної зв'язності НМСМ. Ці показники враховують наявність не

тільки структурного зв'язку, а й гарантованого обміну інформацією між даною парою відправник-адресат. Для кількісної оцінки ступеня структурної та інформаційної зв'язності НМСМ запропоновано два показники: k -зв'язність та пропускна здатність мережі.

Розроблено алгоритм керування топологією мережі ЛПР для покращення показників структурної та інформаційної зв'язності НМСМ.

Застосування евристичних прийомів задля створення початкових умов (першого наближення) дозволяє суттєво зменшити складність пошуку квазіоптимального розв'язку задачі розміщення ЛПР та підвищити ймовірність досягнення глобального максимуму за кількісними показниками структурно-інформаційної зв'язності.

Моделювання функціонування НМСМ із ЛПР здійснювалося на базі комп'ютерного середовища Maple. Для створення було використано наступні початкові дані: кількість мобільних сенсорів $N = 8, 12$ або 16 , які були випадково розставлені на поверхні в межах зони розгортання $r \leq 10^6 m^2$. Допустимі значення параметрів МС та ЛПР: $d^0 = 100m, D^0 = 300m, R = 200m, s^0 = 0.9, l^0 = 5$. Кількість ЛПР на операцію була $K = 5$. Для спрощення обчислень було визначено що середнє навантаження кожного МС $\bar{g}_i = 5$. Довжина пакета становила $L = 1000$ біт.

Використовуючи запропоновані алгоритми було отримано:

- 1) графік залежності показника структурної та інформаційної зв'язності (пропускної здатності мережі) від координат розташування одного ЛПР (рис. 1);
- 2) графік залежності пропускної здатності мережі U^T від кількості K ЛПР у випадку різної кількості N мобільних сенсорів та різного розміру зони розміщення r (рис. 2).

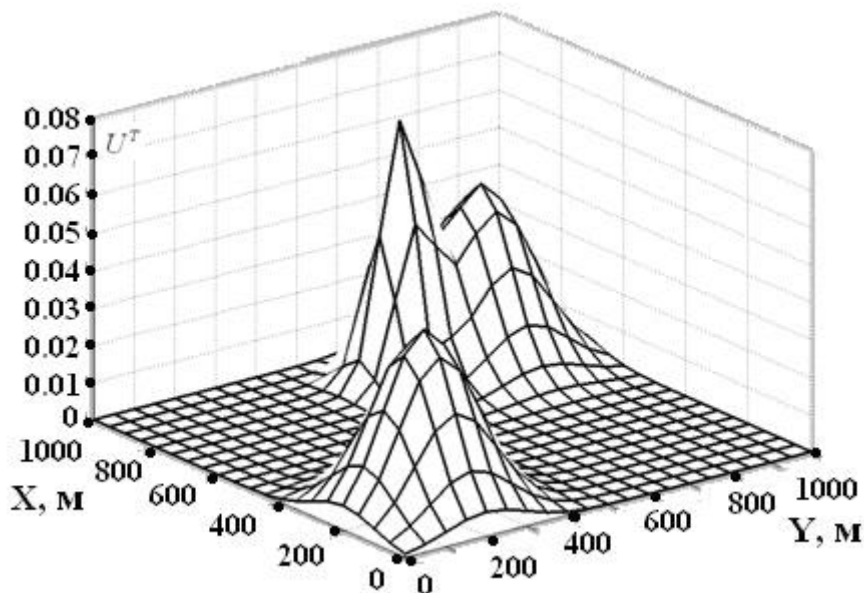


Рис.1. Залежність пропускної здатності мережі від координат знаходження одного ЛПР.

Аналіз Рис. 1 показує, що пропускна здатність має глобальний та декілька локальних максимумів. Тому, наприклад, коли ЛПР розташована у точці глобального максимуму з координатами $(302, 261)$, пропускна здатність досягає

свого максимального значення. У цьому випадку використання одного ЛПР збільшує пропускну здатність мережі у 2-3 рази.

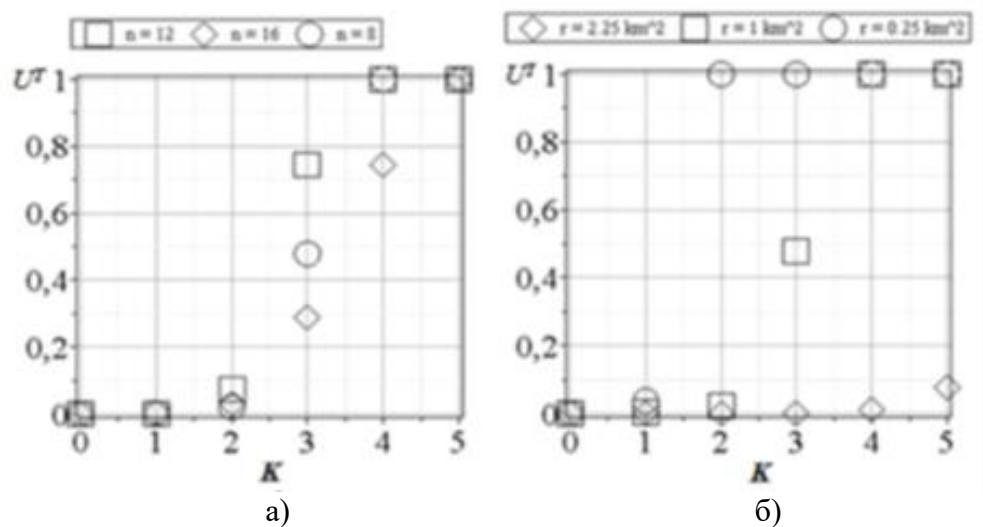


Рис. 2. Залежність пропускну здатності мережі від кількості ЛПР.

Аналіз Рис. 2 показує, що пропускна здатність може бути збільшена шляхом використання кількох ЛПР. Ефективність використання комплексу ЛПР залежить від кількості МС у мережі та розміру зони розгортання. З більшою кількістю МС або з меншою ділянкою розгортання пропускна здатність буде більшою для обраної кількості ЛПР, оскільки сенсори матимуть сильнішу зв'язність між собою. ЛПР потрібно використовувати поки не буде досягнуто бажаного рівня зв'язності (пропускну здатності).

Практична цінність отриманих наукових результатів полягає в тому, що розроблений метод дозволяє кількісно оцінювати вплив мобільності вузлів НМСМ із ЛПР на тривалість зв'язності між МС; визначати раціональне положення ЛПР для досягнення якомога більших значень пропускну здатності НМСМ із ЛПР; здійснювати в режимі реального часу управління положенням ЛПР; підвищувати ефективність систем управління мережею ЛПР.

Література

1. Лисенко О.І. Методи оптимального керування рухом безпроводових сенсорних мереж із мобільними сенсорами та телекомунікаційними аероплатформами у зоні надзвичайної ситуації. Основи воєнно-теоретичних досліджень: нові реалії та технології: монографія в 4 т. Т.4: Дослідження операцій у військовій сфері. Розділ 6. / за заг. ред. професора І.С. Романченка. Київ: ЦНДІ ЗС України, 2022. – С. 162-204.
2. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.: НПП «Издательство «Наукова думка» НАН України». – 2012. – 444 с.
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.