

## **АЛГОРИТМ ПОШУКУ МІСЦЬ З НИЗЬКОЮ ШВИДКІСТЮ ПЕРЕДАЧІ МОБІЛЬНИХ ДАНИХ ЧЕРЕЗ ПЕРЕНАВАНТАЖЕННЯ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНОЇ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ**

*Гракова Д. О., бакалавр*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна*

Повітряна БС є одним із доступних методів покращення якості мобільного сигналу на короткий проміжок часу під час великого скупчення людей через деякі події або під час виходу з ладу однієї з базових станцій. Ця модель складається з пісосел та радіореле, встановлених на дроні, а також включає в себе сервер, де будуть відбуватися головні розрахунки, для швидкої обробки інформації і для зменшення навантаження на обчислювальну систему дрона. Система із заданою періодичністю перераховує координати для динамічної зміни положення в залежності від забезпеченої якості сигналу. Даний алгоритм розроблений на основі теоретичних досліджень представлених в роботах [1, 2] та зосереджений на пошуку зони з поганим покриттям і розрахунку оптимальних координат для відправки дронів, а також на спостереженні змін при введенні дрона в модель. Існує багато методів для рішення цієї задачі, але в даній роботі буде використаний метод різниці необхідної для комфортної роботи ємності та ємності, яку може забезпечити БС на даній території [2]. Цей спосіб є одним із найшвидших і простих методів, але потребує додаткових даних від оператора.

Спочатку розраховується загальна ємність, необхідна кожній групі людей, які входять в сегменти карти. Сегмент — це результат розбиття території, яку треба обслужити, на певну кількість частин. Це зроблено з міркувань потреби в обслуговуванні скупчення людей, такий спосіб спрощує обрахунки.

Одним з основних параметрів цього алгоритму є показник рівня сигналу RSSI, розрахований в кожній точці на карті, по формулі [3]:

$$P_d = P_0 + 10 \cdot n \cdot \lg \left\{ \frac{d}{d_0} \right\} \text{ [дБм]} \quad (1)$$

де  $d$  — відстань від кожної точки карти до eNodeB, що обслуговує цю точку;  $d_0$  — контрольна відстань, в тестах  $d_0 = 20$ ;  $P_0$  — потужність сигналу пристрою, виміряна на одиничній відстані  $d_0$  від пристрою, дБм;  $P_0 = P - P_{dist}$  [дБм] — потужність передавача за вирахуванням втрат через втрати антени і шляху до виміряної точки;  $n$  — коефіцієнт втрати потужності сигналу при поширенні в середовищі, безрозмірна величина, для повітря  $n = 2$ ; збільшується, якщо є перешкоди.

Цей параметр необхідний для подальших розрахунків, так як він показує загальну потужність, отриманий сигнал приймачем [4]. Під час моделювання було розраховано, яка базова станція обслуговує цю точку і відстань

між ними. Потім на основі цього була створена карта рівня сигналу RSSI.

Крім того, для подальших розрахунків, потрібно визначити SINR [2].  
Формула SINR в дБм:

$$SINR = S - IN \text{ [дБм]}, \quad (2)$$

де  $S$  — матриця RSSI в дБм,  $IN$  — сума завад і шуму у Ват.

Іншим важливим параметром для алгоритму є смуга пропускання  $Bw$  [4]. У цьому алгоритмі  $Bw$  був розділений на рівні частини для всіх користувачів, які належать до однієї і тієї ж зони обслуговування, оскільки мета полягала не в тому, щоб реалізувати повну модель мережі LTE, а в тому, щоб зосередитися на дослідженні методів пошуку зон з поганим обслуговуванням.

Моделі  $SINR$  і  $Bw$  необхідні для розрахунку ємності, з якої можна знайти місця з поганим рівнем сигналу. Для розрахунку ємності буде використана стандартна формула Шеннона [3]:

$$Capacity = Bw \cdot \lg(1 + 10^{SINR \cdot 0,1}) \text{ [біт/с]} \quad (3)$$

де  $Bw$  — це середня пропускна здатність матриці з кількістю користувачів в сегменті.  $SINR$  — відношення сигнал/шум + перешкоди.

Ємність моделі показана на рис. 1.

Capacity [Mb/s] for users in square, sample=20, dq=10

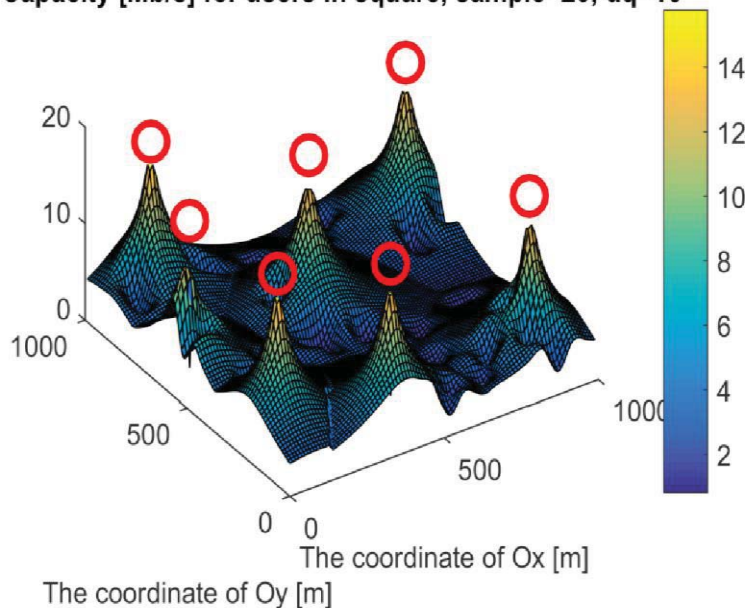


Рисунок 1. Модель пропускної здатності [Мбіт / с]

Як можна побачити, в цієї моделі спостерігається спад рівня забезпеченої БС ємності, через скупчення людей в цих місцях.

За допомогою отриманих від оператора даних о користувачах, можна створити карту необхідного рівня сигналу та використати це при розрахунку різниці забезпеченого та потрібного сигналу.

Програма знаходить координати тих точок, в

яких рівень зв'язку гірше, ніж в інших частинах карти.

Ця модель є лише невеликою частиною великого проекту, але знання та ідеї, які виникли в процесі розробки, можуть стати відмінною основою для подальшого розширення моделі. Результати показали, що дрони, які працюють по розрахованим координатам, дійсно змінюють картину рівня сигналу і можуть бути такими ж ефективними, як стаціонарний picocell, але в той же час працюють саме там, де це необхідно.

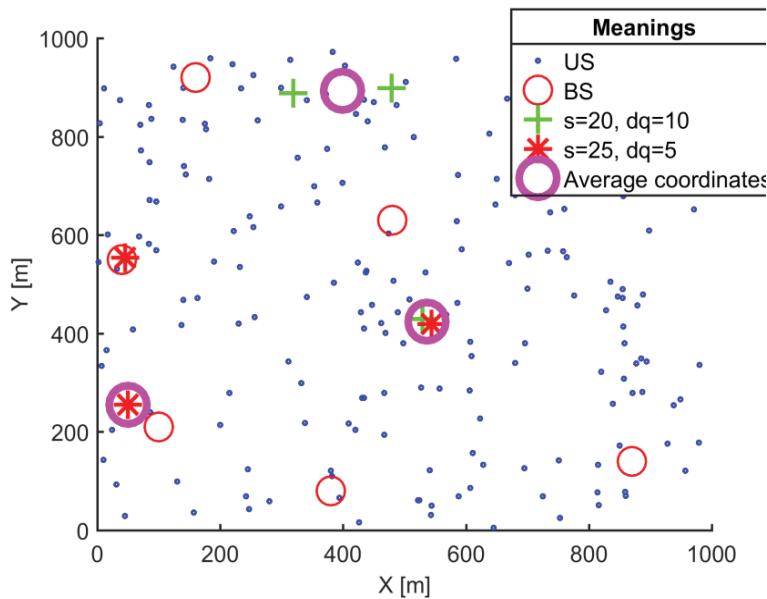


Рисунок 2. Результат алгоритму з отриманими координатами від різних тестів

На рис. 2 можна побачити результат алгоритму при тестуванні різних вхідних даних. Знайдені координати відповідали місцям, де було потрібне додаткове обслуговування. Наступний крок — застосувати його на практиці з супутніми змінами в функціональності, оскільки ця модель була створена для перевірки алгоритму пошуку областей з поганим покриттям.

#### Перелік посилань

1. Al-Hourani A. Modeling Air-to-Ground Path Loss for Low Altitude Platforms in Urban Environments : дис. докт. техн. наук / Al-Hourani A., 2014.
2. Fontanilla Pérez de Tudela M. Positioning of Flying Base Stations for Optimization of Energy Consumption and Quality of Service in Mobile Networks / Fontanilla Pérez de Tudela M. – Praha, 2018. – 101 с.
3. Дьяконов С. В. Алгоритм поиска координат размещения ретранслятора связи на беспилотном летательном аппарате / С. В. Дьяконов, А. Ю. Сивов. // НАУКОВЕДЕНИЕ. – 2014. – С. 22.
4. Косолапова Т. Н. Построение мобильной телекоммуникационной сети стандарта CDMA "Сети и системы мобильной связи" / Косолапова Т. Н. – Алматы, 2008.

#### Анотація

Представлена робота присвячена розробці алгоритму пошуку оптимальних координат для повітряних базових станцій, встановлених на дроні, на основі знаходження місці з низькою швидкістю передачі мобільних даних через перевантаження мобільної мережі.

**Ключові слова:** мобільний зв'язок, дрон, БС, eNodeB, LTE, RSSI, SINR, Capacity.

#### Аннотация

Представленная работа посвящена разработке алгоритма поиска оптимальных координат для воздушных базовых станций, установленных на дроне, на основе нахождения месте с низкой скоростью передачи мобильных данных из-за перегрузки мобильной сети.

**Ключевые слова:** мобильная связь, дрон, БС, eNodeB, LTE, RSSI, SINR, Capacity.

#### Abstract

This paper is devoted to the development of an algorithm for finding optimal coordinates for aeronautical base stations installed on drones based on finding a place with a low speed of mobile data transmission due to mobile network congestion.

**Keywords:** mobile communication, drone, BS, eNodeB, LTE, RSSI, SINR, Capacity.