

ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОЇ MESH-МЕРЕЖІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З УРАХУВАННЯМ ЗАТРИМКИ МІЖ ВУЗЛАМИ

Кузьміч М.Ю., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. І. Сікорського, Україна

E-mail: kuzmichm.its@gmail.com

Research mobile drones mesh-network taking into account delay between nodes

This paper studies the coverage aspects of a low altitude platform (LAP) system that can form a temporary communication network. The system consists of multiple autonomous drones equipped with dual-band Wi-Fi access points (APs) with ad hoc capabilities to form a mesh network.

На даний час Mesh-мережі все більше використовуються для надання доступу до глобальної мережі Інтернет там, де немає можливості вирішити цю проблему з допомогою традиційних методів.

Метою даної роботи є представлення можливості створення тимчасової мережі передачі даних на основі низько розташованих платформ LAP (low altitude platform). Така система складається із дронів, оснащених дводіапазотною точкою доступу WI-FI з функцією ad hoc для формування повноцінної mesh-мережі. Стільникова мережа передачі даних повинна зберігати працездатність в екстремальних умовах, навіть якщо одна з ключових частин інфраструктури мережі є пошкодженою або повністю зруйнованою.

На сьогодні існує багато досліджень із напрямку забезпечення покриття в екстремальних умовах за допомогою HAP (high altitude platform) систем, таких як "Loon" - проект компанії Google [1]. На противагу Google, Facebook також інвестували багато ресурсів у свій власний проект з HAP системами[2].

Головна ідея розглянутої мережі полягає у можливості, при необхідності, простого та швидкого створення надійної інфраструктури передачі даних з відносно низькою вартістю та простотою технологією обслуговування та її імплементації. Тобто, для розгортання мережі доступу буде необхідно тільки ввімкнути дронів в потрібному місці і вони автоматично займуть необхідну висоту в залежності від рельєфу, формуючи mesh-мережу один з одним.

Огляд існуючих рішень: Ситуація із розгортання мереж такого типу широко була описана під різними кутами в літературі. Наприклад, в [3] презентовано ідею використання LAP для покриття певної місцевості. Ідея базується на використанні надувних кульок як LAP, як і більшість авторів, які працювали над цим питанням, та технологію Wi-Fi для передачі даних. В [4] розширили цю ідею, використовуючи дрони з Wi-Fi для формування гнучкої мережевої інфраструктури над ізольованою місцевістю. Проте вони використовували для цих цілей рухомі дрони на низькій висоті, які повинні бути близько до клієнтів, для того щоб приймати данні від них.

В даній роботі висота розташування дронів, які утворюють між собою mesh-

мережу, досягає декількох сотень метрів.

Результати досліджень: Проведено моделювання роботи mesh-мережі на основі LAR. Зазвичай для таких цілей використовується базове моделювання із урахуванням втрат у вільному просторі, де представляється з'єднання прямої видимості LOS (line-of-sight). Проте для досягнення більш реалістичних результатів нами було використано детерміновану модель розповсюдження під назвою модель домінантного шляху DPM [5]. DPM проводить розрахунок можливих втрат на базі найбільш ймовірних шляхів розповсюдження радіохвиль. Зазвичай є тільки 1 або 2 основних шляхи, через які проходить 90% енергії нашого сигналу, яка попадає та оброблюється приймальним пристроєм. Внаслідок чого модель домінантного шляху визначає основний шлях між передавачем та приймачем через оцінку прийнятої енергії сигналу.

Визначення завмирання сигналу в DBM базується на наступному рівняння:

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) + 10n \log_{10}(d) + \sum_{i=0}^k f(\varphi, i) + \Omega + g_t \quad (1)$$

де d - відстань між передавачем та приймачем; n – експонента завмирання сигналу; λ - довжина хвилі. Функція сума втрат індивідуальної взаємодії,

$$\sum_{i=0}^k f(\varphi, i)$$

через дифракцію для кожної взаємодії i до k з φ , де φ - кут між минулою та новою траєкторією поширення; G -направленість антени

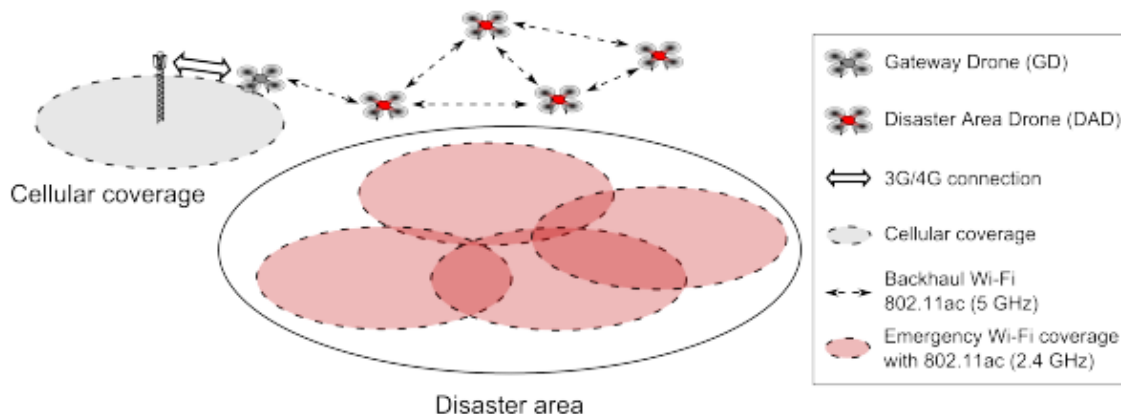


Рис.1. Приклад тимчасової мережі на базі LAR.

Рекомендоване значення коефіцієнта завмирання n залежить від поширення електромагнітних хвиль в просторі і висоти передавача. В [6] проведено польові тести для Wi-Fi 2,4 GHz і отримані значення для n в межах від 2,54 до 2.76 для з'єднання прямої видимості. В даній роботі було вибрано значення 2.6 для прямої видимості та 3.5 в протилежному випадку.

Основна LAR-концепція, що була розглянута в даній роботі показана на рис.

1. Вона побудована на основі дронів, що оснащені двоканальним Wi-Fi, які формують між собою ad-hoc мережу IEEE 802.11 суміжно з WLAN з використанням 5 ГГц частотного діапазону з 40 МГц смугою пропускання для транспорту інформацією між дронами. А сама зона покриття формується із точок доступу (AP- access point), на частоті 2.4 ГГц і полозою пропускання 20 МГц. З метою з'єднання нашої мережі із глобальною мережею, деякі дрони оснащені третього (3G) або четвертого покоління (4G) модемами стільникових мереж. Ці дрони, називаються шлюзовими, повинні розташовуватись між зоною ураження та працюючою стільниковою мережею.

В даній роботі дослідження мобільної mesh-мережі проводилось на базі симуляції для рівнинної місцевості 6 км × 6 км.

Максимальна відстань між дронами (IDD), при якій обмін даними між ними ще можливий, була обчислена для вільного простору і становить 960 м.

Висновки. Виявлено, що зона покриття залежить від висоти зависання дронів. Найменша зона покриття була в дрона на висоті 50 м в 0,14 км (20 дБ) і 3 км² (35 дБ). Найбільша ж зона 0,56 км² (20 дБ) та 7.4 км² (35 дБ) була досягнута при висоті 500 м. Також було змодельовано, що при збільшенні кількості дронів, звичайно ж збільшується і покриття, проте, більший параметр IDD з меншою кількістю дронів в спроможі надати таку ж якість покриття або і кращу, як і більша кількість, але з меншим IDD. Також, проблему із малим часом роботи, внаслідок обмеженої ємності батареї були вирішено використанням нових типів дронів [7], що заряджаються від акумулятора, що знаходиться на землі і завдяки чому, можуть перебувати в повітрі до декількох тижнів та досягати висоти до 150 м при необхідності.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2017.
2. Internet.org by Facebook // Connecting the World from the Sky, 2014.
3. Hariyanto H., Santoso H., Widiawan A. Emergency broadband access network using low altitude platform // Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICIBME), 2009 International Conference on, Nov 2009, pp. 1–6.
4. Evaluation of Wireless Network Communication by Autonomous Flight Wireless Nodes for Resilient Networks / N. Uchida, M. Kimura, T. Ishida, Y. Shibata, and N. Shiratori // Network-Based Information Systems (NBIS), 2014 17th International Conference on, Sept 2014, pp. 180–185.
5. ProMan User's Manual // <http://awe-communications.com/>, AWE Communications, [Online; accessed 6-July-2015].
6. L. Liechty, E. Reifsnider, and G. Durgin, "Developing the Best 2.4 GHz Propagation Model from Active Network Measurements," in Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th, Sept 2007, pp. 894–896.
7. "The Persistent Aerial Reconnaissance and Communications (PARC) vehicle system," <http://cyphyworks.com/robots/parc/>, CyPhy Works Inc.,