

## **СХЕМА УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ ДО РАДІОКАНАЛУ ДЛЯ MESH-МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ АЕРОПЛАТФОРМИ**

**Кравчук С.О.**

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна*

*E-mail: sakravchuk@ukr.net*

### **Radio-channel access control scheme for mesh-network based aeroplatform**

A new scheme to control access to the radio medium for mobile mesh-based network UAVs that scheme named as MAC-level aeroplatform - MAC\_HAPS (Medium Access Control for HAPS). MAC\_HAPS control distance, frequency of erroneous bits and determine counter attempts gear. To demonstrate the effectiveness of the scheme MAC\_HAPS it was compared with the scheme MAC-level standard IEEE802.11g by numerical simulations. The simulation results showed that the delay from end to end when the scheme was less MAC\_HAPS that can be explained in this case using directional antennas, and therefore better energy on the radio.

На даний час великий інтерес для побудови сучасних розподілених телекомунікаційних безпроводових мереж має створення мережних вузлів на базі аероплатформ із безпілотних літальних апаратів (БЛА) [1, 2]. Якщо раніше БЛА в основному використовувались для військових цілей, то з появою тенденції створення комерційного безпроводового обладнання низької вартості COTS (Commercial Off-The-Shelf) їх застосування все більш зростає. Шляхом розміщення обладнання на аероплатформі БЛА можуть бути утворені багатоінтервальні економічно ефективні безпроводові мережі зв'язку. При цьому використовують стандартні безпроводові технології, зокрема протоколи стандарту 802.11. Однак, такі стандартні протоколи не пристосовані до роботи в мережі з рухомими вузлами, та не враховують особливості самої аероплатформи. Все це знижує ефективність застосування стандартних підходів, та породжує необхідність розробки нових протокольних схем, які врахують особливості мережних вузлів на базі аероплатформ. Тому, метою даної роботи є розробка нової схема управління доступом до радіо-середовища для mesh-мережі, що базується на БЛА.

Для мобільної mesh-мережі на базі БЛА пропонується нова схема управління доступом до радіо-середовища, що названа як схема MAC-рівня для аероплатформи – MAC\_HAPS (Medium Access Control for HAPS). В даній схемі прийнято, що усі БЛА розміщуються над землею на різних висотах. Відстань між будь-якими сусідніми БЛА не перевищує межу діапазону роботи спрямованої бортової антени. Коли пакет надходить від верхнього рівня, вузол мережі потребує інформації про місце положення призначення пакету, з тим щоб направити головний пелюсток антенної системи в цьому напрямку.

Схема MAC\_HAPS використовує для свого управління RTS/CTS (англ. Request To Send / Clear To Send - запит на відправку / дозвіл відправки) - механізм CSMA/CA, який використовується в безпроводових мережах

стандарту IEEE 802.11 для виключення колізій кадрів; спосіб вирішення проблем «прихованого вузла» і «незахищеного вузла».

Вузол, що бажає відправити інформацію, посилає RTS-кадр. Цільовий вузол відповідає CTS-кадром. Будь-який інший вузол, що отримав CTS-кадр, повинен утриматися від відправки інформації на заданий час (рішення Проблеми прихованого вузла). Будь-який інший вузол, що отримав RTS-кадр, але не CTS-кадр від передачі інформації утримуватися не повинен (вирішення проблеми незахищеного вузла). Кількість часу, який повинен очікувати інший вузол перед спробою доступу до ефіру, записано і в RTS-кадрі, і в CTS-кадрі.

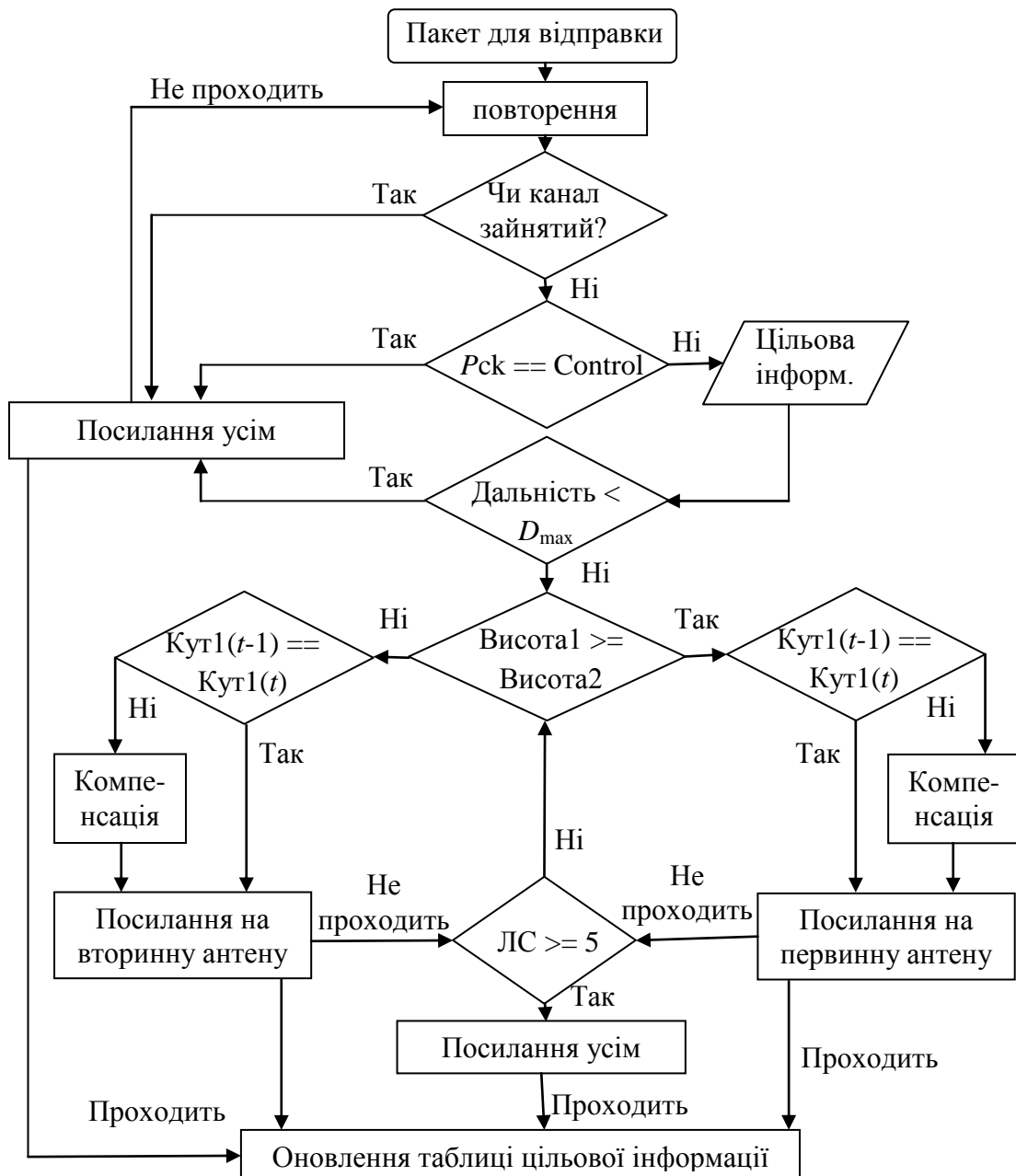


Рис. 1 Блок-схема MAC\_HAPS.

Пакет управління RTS-типу буде відправлений за допомогою всенаправленої антени; вона повинна включати в себе положення літального апарату і тривалість передачі. Отримавши це повідомлення, вузол призначення

буде реагувати посилкою пакету CTS через всенаправлену антену. Кожен вузол, який приймає повідомлення CTS або RTS повинен кешувати цю інформацію і оновлювати свою таблицю маршрутизації для подальшого використання. Сам пакет даних буде передаватися з використанням спрямованої антени. Блок-схему MAC\_HAPS представлено на рис. 1.

В мережі на основі MAC\_HAPS-схеми кожен БЛА повинен мати чотири антени, дві з яких є спрямованими а інші - всенаправленими. Одна із спрямованих антен розташована на верхній поверхні БЛА і промаркована як первинна, друга антена розташована під фюзеляжем БЛА і маркується як вторинна. Якщо БЛА має пакет для відправки, він буде використовувати спрямовану антену, в іншому випадку для прийому пакетів від інших безпілотних літальних апаратів - всенаправлену антену. Протоколи MAC\_HAPS повинні часто контролювати позиції інших безпілотних літальних апаратів і обчислювати вплив кутів Ейлера на орієнтацію спрямованої антени. Кути Ейлера визначають відносну орієнтацію між двома ортогональними системами декартових координат в 3D; описують три послідовних повороти однієї системи координат для приведення її у відповідність з іншим.

Крім того, MAC\_HAPS повинен контролювати відстані, частоту появи помилкових бітів і лічильник спроб (ЛС) передач. У разі, коли активності немає протягом періоду однієї секунди, повідомлення щодо підтримки працездатності вузла надсилається за допомогою всенаправленої антени. Це повідомлення використовується для поновлення інформації про розташування БЛА. При цьому припускається, що БЛА здатний електронним способом направляти діаграму спрямованої антени в бік певного напрямку. У разі, коли повітряне судно змінюватиме свою висоту зависання, діаграма спрямованості антени буде обертатися щодо своєї осі, що призводить до коливань коефіцієнта підсилення антени. Таким чином, протокол управління повинен компенсувати будь-які зміни руху БЛА.

Щоб продемонструвати ефективність схеми MAC\_HAPS її було порівняно зі схемою MAC-рівня стандарту IEEE802.11g. Для моделювання використано програмний пакет OPNET, що представляє собою дискретний мережний симулятор із багатим набором детальних моделей для мереж ad-hoc і mesh. Результати моделювання продемонстрували, що затримка з кінця в кінець у випадку схеми MAC\_HAPS була меншою, що можна пояснити використанням у даному випадку спрямованої антени, а отже і кращої енергетики на радіолінії.

## Література

1. Srinivasan S., Latchman H. Airborne traffic surveillance systems video surveillance of highway traffic // In Proc. of the ACM 2nd international workshop on Video surveillance, 2004.
2. Ильченко М.Е., Кравчук С.А. Телекоммуникационные системы на основе высотных аэроплатформ. – К.: Наукова думка, 2008. – 580 с.