

ВИЯВЛЕННЯ КЕРУЮЧИХ СИГНАЛІВ ПРИ КЕРУВАННІ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ

Зигін С.Є.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Кривуля Г.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. АПОТ,
м. Харків, Україна

e-mail: serhii.zyhin@nure.ua

This paper addresses the issue of detecting control signals in unmanned aerial vehicle (UAV) communication systems operating under the 802.11 standard. The standard method for determining the start of a data packet relies on computing the correlation of the received signal with a reference sequence to form a plateau. While effective in standard conditions, this plateau-based approach fails under heavy noise or electronic warfare (EW) interference, causing the correlation plateau to become uneven or fragmented. To solve this problem, the authors propose an alternative method based on detecting individual correlation peaks.

Наразі широкого поширення набули системи керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) на основі сімейства стандартів 802.11 [1]. Для виділення корисних даних із радіосигналу в таких системах використовуються короткі та довгі навчальні послідовності. Так, для визначення початку пакета з корисними даними стандарт визначає стартову послідовність із 10 повторюваних 16-символьних послідовностей [2].

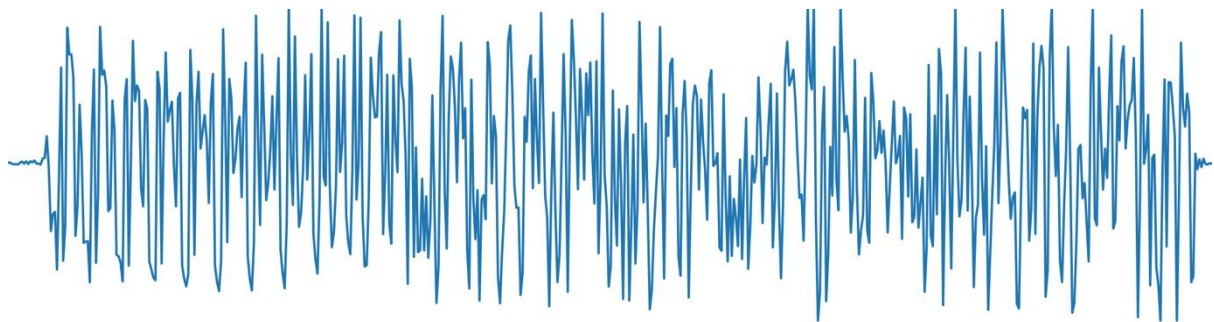


Рисунок 1 – Графік OFDM сигналу

На рисунку 1 представлено графік довільного OFDM сигналу в часовій області. Для визначення на приймальній стороні цієї послідовності виконується обчислення кореляції прийнятої послідовності з еталонною послідовністю. Під час обчислення цієї кореляції за наявності корисного сигналу утворюється плато певної тривалості. Якщо плато перевищує по тривалості певний поріг, приймається рішення про початок корисного сигналу. Цей підхід добре працює в стандарті 802.11 (наприклад, у домашніх Wi-Fi), однак за сильного зашумлення ефіру, наприклад, під впливом зовнішніх систем РЕБ, цей механізм визначення початку пакета за

довжиною плато перестає працювати, оскільки плато може бути неоднорідним, із розривами. Для корекції цієї проблеми пропонується обчислювати кореляцію за окремими послідовностями, тобто отримувати не суцільне плато, яке показує високу кореляцію, а окремі кореляційні сплески, що відповідають центрам еталонної послідовності з 16 символів. Використовується кореляція з еталонним сигналом, також еталонний сигнал береться як комплексно-спряженна величина.

Отже, після обробки початкової частини вхідного сигналу з рисунка 1 ми отримуємо наступний графік кореляції між еталонною тренувальною послідовністю та сигналом с рисунку 1

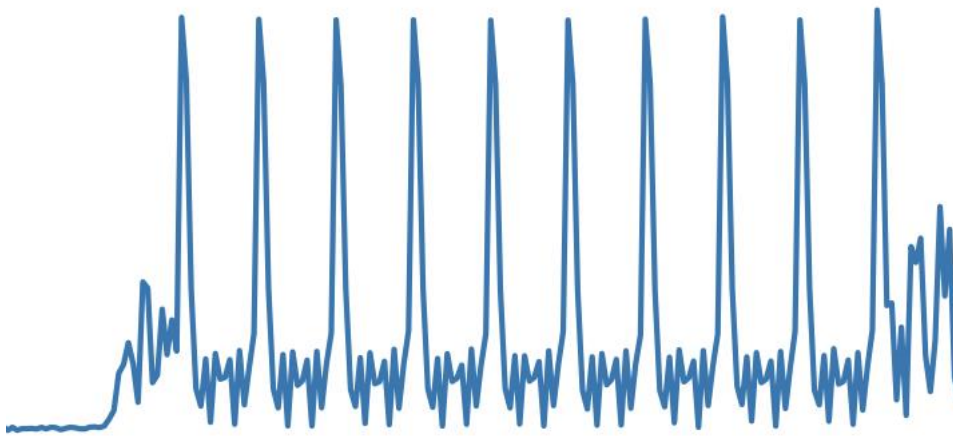


Рисунок 2 – Графік кореляції

За цим графіком, встановивши певне вхідне порогове значення, ми можемо отримати 16 піків кореляції. На цьому графіку всі піки наявні, однак при сильному зашумленні каналу, наприклад, при зовнішньому впливі систем РЕБ, частина піків може бути втрачена. Проте при неповному зашумленні їх можна відновити, оскільки нам відстані між піками відомі. За умови наявності піку в точці X та наявності піку в точці $X+2*D$, де D — відома відстань між піками, ми можемо припустити наявність піку в точці $X + D$, навіть якщо він там відсутній.

Список використаних джерел:

1. The method development for controlling the mobile platform with four steering wheels / I. NEVLIUDOV, S. NOVOSELOV, O. SYCHOVA, S. ZYGIN // INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES DOI: 10.30837/2522-9818.2025.4.135
2. IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements DOI 10.1109/IEEESTD.2016.7786995