

МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ OFDM СИГНАЛІВ

На даний час OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) сигнали все частіше використовуються при організації бездротових систем зв'язку, радіолокації, передачі даних та управління, зокрема безпілотними літальними апаратами [1]. Дані сигнали мають досить складну структуру, тому при веденні радіомоніторингу ідентифікація OFDM сигналів потребує значних зусиль. Ідентифікацію сигналу пропонується проводити шляхом порівняння отриманих оцінок значень параметрів із параметрами OFDM сигналів відомих протоколів передачі.

Аналіз прийнятого сигналу доцільно розпочати із дослідження його частотного спектра. Якщо обвідна спектра має практично прямокутну обвідну, то з високою ймовірністю можна припустити, що це OFDM сигнал. За наявності частотно-селективних завмирань в каналі поширення радіосигналу обвідна спектра може мати нерівномірності. Ще однією характерною особливістю спектра OFDM сигналу є наявність провалу в його центральній частині, що пов'язано з однією або кількома нульовими несучими.

Іншим загальноприйнятим підходом до аналізу OFDM сигналів є аналіз автокореляційної функції (АКФ) сигналу. Поява піків на АКФ пов'язана із періодичним повторенням деяких фрагментів сигналу (циклічного префікса, преамбули). Аналіз пікових значень АКФ дозволяє визначити деякі часові параметри сигналу (тривалість інтервалу ортогональності та фрейму OFDM сигналу). Перший пік від центра АКФ пов'язаний із наявністю циклічного префікса в OFDM символах. Оскільки циклічний префікс для кожного символу свій, тому і пік, що йому відповідає на АКФ буде лише один. Відстань від центрального піка АКФ до першого становитиме інтервал ортогональності T_v . Вибір коротких часових вікон для розрахунку АКФ (особливо при низьких значеннях відношення сигнал-шум) суттєво ускладнює її аналіз, оскільки піки можуть бути або дуже слабкими або взагалі не проявлятися. Тому для надійного визначення часових параметрів OFDM сигналів рекомендовано обирати довжину вікна аналізу якомога більшою.

Для виявлення преамбули фрейму OFDM сигналу можна використовувати два види статистик. Перша із них – це значення енергії, що міститься в L відліках комплексної суміші x сигналу s та шуму ζ , і розраховується за таким виразом:

$$E_L = \sum_{i=1}^L (x_r^2(i) + x_o^2(i)) \quad (1)$$

де $x_r = s_r + \zeta_r$ – синфазна складова;

$x_o = s_o + \zeta_o$ – квадратурна складова.

Друга статистика – це запропонована у [2] метрика, що використовується для синхронізації OFDM сигналів із використанням преамбул фреймів. Метрика розраховується за таким виразом:

$$P(i) = \sum_{m=0}^{L-1} x(i+m)x(i+m+L) \quad (2)$$

де L – це тривалість преамбули у відліках.

Для визначення типу модуляції OFDM сигналу необхідно знати частоту дискретизації, з якою він був утворений. Оскільки сигнал, що аналізується, записують, як правило, у ширшій смузі, ніж необхідна для передачі сигналу, тому він передискретизований. Для визначення коефіцієнта передискретизації ρ необхідно абсцису першого піка АКФ (у відліках) поділити на довжину ШПФ.

Методику оцінювання основних параметрів OFDM сигналу для його ідентифікації можна записати через послідовність таких операцій:

1. Розрахувати спектр сигналу. Визначити його ширину ΔF .
2. Розрахувати АКФ і визначити положення піків. Розрахувати тривалості інтервалу ортогональності T_v та фрейма.
3. Розрахувати рознесення піднесучих $\Delta f = 1/T_v$.
4. Розрахувати орієнтовне значення кількості піднесучих $N_{ch} = \Delta F/\Delta f$.
5. Оцінити ймовірне значення довжини ШПФ N_{FFT} . Значення N_{FFT} , що використовується при формуванні OFDM символу повинно бути більшим за кількість частотних каналів і бути цілим степенем двійки.
6. Оцінити значення коефіцієнта передискретизації ρ , розділивши значення частоти дискретизації сигналу F_s на величину $\Delta f \cdot N_{FFT}$.
7. Розрахувати символну швидкість як відношення F_s/ρ .

Список використаних джерел

1. Jacovic M., Bshara O., Dandekar K. R. Waveform Design of UAV Data Links in Urban Environments for Interference Mitigation // IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), Chicago, IL, USA, 2018, pp. 1-5. doi: 10.1109/VTCFall.2018.8690581.
2. Schmidl T. M., Cox D. C. Robust frequency and timing synchronization for OFDM // IEEE Transactions on Communications, 1997, vol. 45, no. 12, pp. 1613-1621. Doi: 10.1109/26.650240.