

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ OFDM СИГНАЛІВ

На даний час в радіосистемах цивільного та військового призначення широкого поширення набуло використання технології OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Тому одним із основних напрямків сучасного радіомоніторингу є виявлення та оцінювання параметрів сигналів радіосистем, які використовують дану технологію. В останні роки питанням розроблення і дослідження методів та алгоритмів виявлення OFDM сигналів присвячено величезну кількість публікацій. Тому для та вибору оптимальної схеми детектора OFDM-сигналу необхідно повести аналіз існуючих методів виявлення таких сигналів.

Найбільша група методів виявлення ґрунтується на використанні циклостационарного аналізу [1–2]. Дані методи використовують в якості характерних ознак OFDM сигналів піки циклічної автокореляційної функції (ЦАКФ), які пов'язані з наявністю в сигналі циклічного пре-фікса та пілотних несучих. Як вирішуючу статистику найчастіше обирають суму пікових значень ЦАКФ, її максимальне значення або відношення кількості піків з однаковою відстанню між ними до загальної кількості піків. Поріг визначається як середнє значення ЦАКФ для шуму. Для даних методів збільшення часу накопичення забезпечує зростання ймовірності правильного виявлення через зменшення дисперсії шуму. При зменшенні довжини циклічного префікса OFDM сигналу характеристики виявлення погіршуються. Довжина часового віна для аналізу повинна бути не менше тривалості OFDM символу. Також кореляційний детектор працює краще за енергетичний в каналах із замираннями.

У [3] запропоновано над прийнятим сигналом проводити тест на нормальність і при позитивному результаті додатково проводити тест на циклостационарність. Якщо процес циклостационарний, то вважається що це OFDM і проводиться оцінювання кількості піднесучих, тривалості символу та циклічного префікса.

У [4] для розпізнавання OFDM від сигналу на одній несучій використовують статистику, утворену з відношення циклічних кумулянт другого порядку для часової та частотно-часової областей. Для вирішення аналогічного завдання можна також аналізувати псевдо-обернений спектр. Вирішуюча статистика в такому разі буде відношенням суми значень періодичних піків до суми середніх значень між цими піками. Існують також гібридні схеми виявлення OFDM, які складаються із енергетичного та циклостационарного детекторів. При відомому значенні дисперсії шуму енергетичний детектор забезпечує вищу ймовірність виявлення OFDM, ніж циклостационарний, а при неточному знанні дисперсії шуму доцільно використовувати останній.

Для виявлення OFDM у часовій області в [5] запропоновано метод із використанням асиметрії та ексцесу. В якості вирішуючої статистики обрано середнє значення модулів ексцесу для кількох символів OFDM. При зменшенні довжини циклічного префікса характеристики виявлення погіршуються незначно. У [6] за характерні ознаки запропоновано використовувати кепст-ральні оцінки, які для OFDM мають 1-2 виражені піки. В якості вирішуючої статистики використано різницю між максимальним значенням кепстра і максимальним значенням бічної пелюстки. Кількість каналів OFDM може бути встановлено за значенням абсциси центрального піку кепстра.

Виходячи з проведеного аналізу можна зробити висновок, що вибір методу виявлення OFDM сигналу доцільно обирати виходячи з апіорних відомостей про структуру сигналу, значення його параметрів і сигнально-завадову обстановку.

Список використаних джерел

1. Castro M. E. Cyclostationary detection for OFDM in cognitive radio systems. Thesis for the Degree of Master of Science, University of Nebraska, 2011. 113 p.
2. Sohn S. H. et al. OFDM Signal Sensing Method Based on Cyclostationary Detection. IEEE Xplore, 2009. P. 1–6.
3. Li H. et al. OFDM Modulation Classification and Parameters Extraction. 2007. P. 1–6.
4. Sun Z. et al. Cyclostationarity-based joint domain approach to blind recognition of SCLD and OFDM signals. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2014. P. 1–6.
5. Haque M., Sugiura Y., Shimamura T. Spectrum Sensing Based on Higher Order Statistics for OFDM Systems over Multipath Fading Channels in Cognitive Radio. Journal of Signal Processing, 2019. Vol. 23, No.6. P. 257–266.
6. Liedtke F., Albers U. Evaluation of features for the automatic recognition of OFDM signals in monitoring or cognitive receivers. Journal of Telecom. and Inf. Techn., 2008. P. 30–36.