

ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ В КОГНІТИВНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ

Безрук В.М.¹, Іваненко С.А.²

Кафедра інформаційно-мережної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки
E-mail: valerii.bezruk@nure.ua¹ stanislav.ivanenko@nure.ua²

Анотація – В роботі розглядаються нетрадиційні методи виявлення невідомих сигналів на фоні відомого шуму в частотному каналі, а також методи розпізнавання заданих сигналів при наявності невідомих сигналів. Пропонується використовувати ці методи для вирішення задачі пошуку незаних частотних каналів в когнітивних радіомережах. Наведені результати досліджень методів виявлення та розпізнавання сигналів в умовах апіорної невизначеності, що проведені на вибірках реальних сигналів і шумів.

Ключові слова – когнітивні радіомережі, методи виявлення і розпізнавання сигналів, апіорна невизначеність.

I. Вступ

Розвиток інфокомунікаційних технологій визначаються зростанням обсягів трафіку і появи нових послуг. Це призводить до необхідності постійного зростання і модернізації телекомунікаційних систем. Особливий розвиток отримали бездротові технології телекомунікацій, проблемними аспектами яких є зростаюча швидкість передачі даних, брак вільних частотних каналів; невисока ефективність використання частотного ресурсу. Для вирішення цих проблем отримала розвиток технологія когнітивного радіо, яка дозволяє підвищити ефективність використання радіоспектру шляхом пошуку та використання тимчасово незаних частотних каналів у когнітивних радіомережах [1]. З цією метою проводиться радіомоніторинг діапазонів радіочастот [2]. При цьому виникає необхідність вирішення задач виявлення та розпізнавання сигналів в умовах апіорної невизначеності. В даній роботі для вирішення цих задач пропонується використовувати нетрадиційні методи виявлення і розпізнавання сигналів [3]. Наводяться результати досліджень цих методів, що виконані на вибірках реальних сигналів і шумів, характерних для когнітивних радіомереж.

II. Виявлення невідомих сигналів

Розглянуто метод виявлення невідомих сигналів на фоні шуму у частотному каналі. Вважається, що шум задається навчальною вибіркою реалізацій. Проведені дослідження відповідного вирішального правила, реалізованого в спектральній області з використанням дискретного перетворення Фур'є (ДПФ):

$$H^1: \sum_{r=1}^V \sum_{j=1}^N \frac{(c_{jr} - \mu_j^0)^2}{(\sigma_j^0)^2} > \Delta_V^0; \quad (1)$$

$$H^0: \sum_{r=1}^V \sum_{j=1}^N \frac{(c_{jr} - \mu_j^0)^2}{(\sigma_j^0)^2} \leq \Delta_V^0.$$

Тут рішення приймаються за вибіркою із V векторів спостережень розмірності N , c_j - коефіцієнти розкладань вектора спостережень у базисі дискретних експоненціальних функцій (ДЕФ); μ_j^0 , $(\sigma_j^0)^2$ - невідомі середні значення та дисперсії спектральних компонент шуму, що оцінюються за навчальною вибіркою реалізацій шуму; Δ_c^0 - порогові значення, що вибираються із умови забезпечення необхідної ймовірності хибної тривоги.

На рис. 1. зображена форма амплітудного спектру реального сигналу з широкосмуговою частотною модуляцією WFM, який розглядався як невідомий сигнал на фоні шуму в частотному каналі. Отримані контрольні вибірки реалізацій для проведення статистичних випробувань.

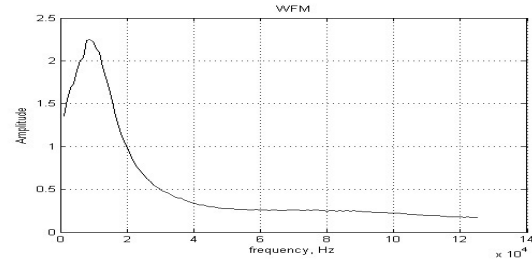


Рис. 1. Амплітудний спектр невідомого сигналу

Досліджені ймовірнісні властивості вибірок реальних шумів у частотних каналах. Вони показали можливість використання для опису шуму ймовірнісну модель некорельованого гаусівського процесу, на основі чого базується вирішальне правило виявлення невідомого сигналу на фоні заданого шуму (1).

На рис. 2 наведені отримані шляхом статистичних випробувань залежності оцінок ймовірності правильного виявлення невідомого сигналу на фоні заданого шуму від відношення сигнал/шум (ВСШ). При цьому були вибрані розмірність ДПФ – 64 та ймовірність хибної тривоги $P_{(1/0)} = 0,04$. Тут же для порівняння наведена відповідна залежність, що була отримана для класичного енергетичного детектора (ЕД) сигналів.

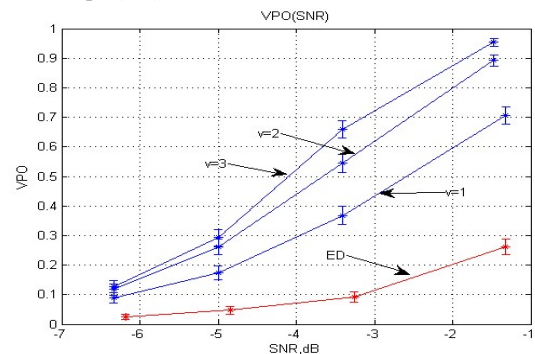


Рис. 2. Залежність ймовірності правильного виявлення сигналів від ВСШ

III. Селекція та розпізнавання заданих сигналів

Розглянуто особливості вирішення задачі селекції і розпізнавання M заданих сигналів при наявності невідомих сигналів. Дана процедура дозволить відрізнити сигнали первинних користувачів від вторинних у когнітивних радіомережах. Для цього використовувалося вирішальне правило:

$$H^1: \sum_{j=1}^N \frac{(c_j - \mu_{jc}^i)^2}{(\sigma_{jc}^i)^2} \leq \Delta_c^i; \quad i = \overline{1, M}$$

$$\sum_{j=1}^N \frac{(c_j - \mu_{jc}^1)^2}{(\sigma_{jc}^1)^2} \leq \sum_{j=1}^N \frac{(c_j - \mu_{jc}^k)^2}{(\sigma_{jc}^k)^2}, \quad k = \overline{1, M}$$

$$H^0: \sum_{j=1}^N \frac{(c_j - \mu_{jc}^i)^2}{(\sigma_{jc}^i)^2} > \Delta_c^i; \quad i = \overline{1, M}$$

Тут c_j – коефіцієнти розкладань вектора спостережень в базисі ДЕФ, μ_{jc}^i , $(\sigma_{jc}^i)^2$ – оцінки математичних очікувань і дисперсій коефіцієнтів розкладань c_j , які оцінюються за навчальними вибірками заданих сигналів; Δ_c^i – порогові значення, що вибираються із умови забезпечення заданих ймовірностей правильного розпізнавання заданих сигналів.

При дослідженнях отримані навчальні та контрольні вибірки реалізацій для 9-ти реальних сигналів, у діапазоні частот, регламентованому для роботи стандарту IEEE 802.22. Вибірki реалізацій сигналів отримані з частотою дискретизації 250 кГц в смузі частот 125 кГц. На рис. 3 зображені амплітудні спектри 5-ти сигналів, що були вибрані в якості заданих сигналів. Вони отримані з усередненням по 100 реалізацій і розмірності блоку ДПФ 512 відліків. Решта 4-ри сигнали розглядалися як невідомі.

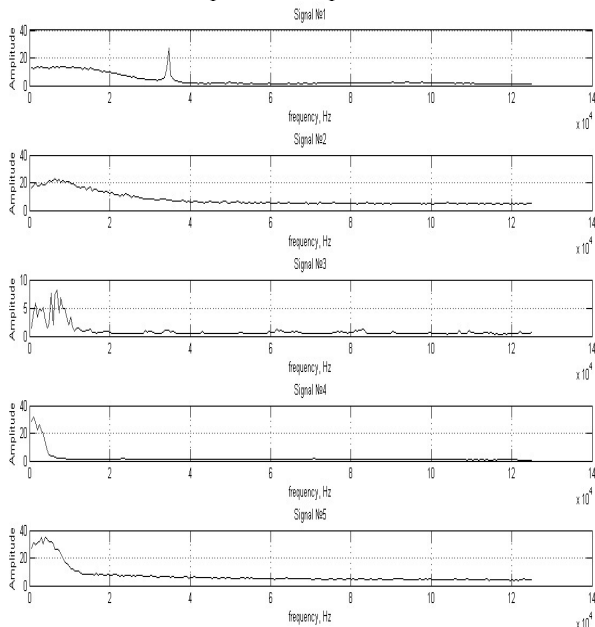


Рис. 3. Усереднені амплітудні спектри заданих сигналів

У табл. 1 показані результати досліджень показників якості селекції та розпізнавання заданих сигналів при наявності невідомих сигналів, що були отримані шляхом статистичних випробувань на контрольних вибірках реальних

сигналів. Наведені оцінки ймовірностей віднесення реалізацій контрольних вибірок j -го сигналу до одного із заданих сигналів чи до $M+1$ -го класу невідомих сигналів.

ТАБЛИЦЯ 1.

Результати селекції та розпізнавання заданих сигналів при наявності невідомих сигналів

	Номер сигналів j , що подавався на розпізнавання								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P(1/j)$	0.83	0	0	0	0	0	0	0	0
$P(2/j)$	0	0.84	0	0	0	0	0	0	0
$P(3/j)$	0	0.15	0.99	0	0	0	0	0	0
$P(4/j)$	0.02	0	0	0.97	0	0.04	0	0	0
$P(5/j)$	0	0	0	0	0.97	0	0	0	0
$P(M+1/j)$	0.15	0	0.01	0.03	0.03	0.96	1	1	1

Отримані результати підтверджують працездатність досліджуваного вирішального правила. Реалізації сигналів, що були вибрані в якості заданих ($j=1, \dots, 5$), відносилися з достатньо високими ймовірностями до класів заданих сигналів, а реалізації невідомих сигналів ($j=6, \dots, 9$) відносилися до $M+1$ -класу.

V. Висновки

1. Запропоновано нові методи виявлення незайнятих частотних каналів в когнітивних радіомережах, які відрізняються використанням нетрадиційних методів виявлення невідомих сигналів на фоні шуму, а також методів селекції та розпізнавання заданих сигналів при наявності невідомих сигналів в умовах апріорної невизначеності.

2. В результаті досліджень отримані прийнятні для практики ймовірності правильного виявлення невідомих сигналів, а також ймовірності правильного розпізнавання заданих сигналів при наявності невідомих сигналів, що отримані шляхом статистичних випробувань на вибірках реальних сигналів та шумів, характерних для когнітивних радіомереж.

IV. Список літератури

- Jondral F.K. Software-defined radio: basics and evolution to cognitive radio // EURASIP journal on wireless communications and networking. – 2005. – Т. 2005, №. 3. – С. 275-283.
- Слободянюк П.В., Благодарный В.Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра (Теория и практика построения системы радиомониторинга). – Прилуки: ООО «Издательство «Air-Поліграф», 2010. – 296 с.
- Безрук В.М., Певцов Г.В. Теоретические основы проектирования систем распознавания сигналов для автоматизированного радиоконтроля. - Харьков: Коллегиум, 2007. - 430 с.