

МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ДИНАМІЧНОГО РОЗПОДІЛУ СПЕКТРА В СИСТЕМАХ КОГНІТИВНОГО РАДІО

Коляденко Ю.Ю., Ткаченко А.М.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: yuliia.koliadenko@nure.ua

Abstract

In cognitive radio systems, it is customary to distinguish between primary and secondary users. The primary user owns the exclusive rights to use some licensed bandwidth. The secondary user has the right to use the licensed bandwidth only if it is not occupied by the primary user. Many different technical terms are used to describe spectrum allocation technologies among users. Although some of them are opposed to each other: dynamic spectrum access versus dynamic spectrum distribution, spectral range ownership versus free spectrum use, flexible spectrum access versus spectrum aggregation. The paper presents a classification of models of dynamic access to the spectrum used in the study and analysis of cognitive communication networks. The main methods for solving the problems of dynamic spectrum distribution are briefly considered.

У системах когнітивного радіо прийнято розрізняти первинних і вторинних користувачів. Первинний користувач володіє ексклюзивними правами на використання деякої ліцензованої смуги частот. Вторинний користувач має право використання ліцензованої смуги частот тільки в тому випадку, якщо вона не зайнята первинним користувачем.

Для опису технологій розподілу спектра між користувачами використовують велику кількість різноманітних технічних термінів. Хоча, деякі з них протиставляються один одному: динамічний доступ до спектра проти динамічного розподілу спектра, право власності на спектральний діапазон проти вільного використання спектра, гнучкий доступ до спектру проти об'єднання спектра, spectrum overlay проти spectrum underlay.

Класифікації моделей динамічного доступу до спектру показана на рис.1.

Динамічна модель ексклюзивного використання спектра (Dynamic Exclusive Use Model) модель передбачає видачу дозволів (ліцензій) на використання радіочастот або радіочастотних каналів, але допускається деяка додаткова ступінь свободи при закріпленні частот.

В рамках моделі пропонується розглядати два підходи: право власності на спектр і динамічне призначення спектра. У першому випадку допускається можливість для ліцензованого користувача перепродавати частину своїх частот, а також надається свобода у виборі технологій, які використовуються.

Другий підхід передбачає прив'язувати розподіл спектра в конкретному місці і в конкретний час до певних служб (сервісів), ґрунтуючись на статистичних даних про трафік.

Модель вільного розподілу (Open Sharing Model) заснована на вільному доступі тимчасових користувачів до спектрального діапазону. В рамках цієї моделі досліджувалися централізована і розподілена стратегії розподілу. Послідовники цієї моделі в якості позитивного прикладу приводять успішний розвиток безпроводових систем які працюють в неліцензованому діапазоні – індустріальні, наукові та медичні системи (ISM).

Модель ієрархічного доступу (Hierarchical Access Model).

Основна ідея в тому, що вторинні користувачі можуть використовувати ліцензовані (для первинних користувачів) спектральні діапазони, але при цьому накладаються жорсткі обмеження на завади, створені для первинних користувачів.

Існує два підходи розподілу і спільного використання спектра первинними і вторинними користувачами: spectrum underlay і spectrum overlay.

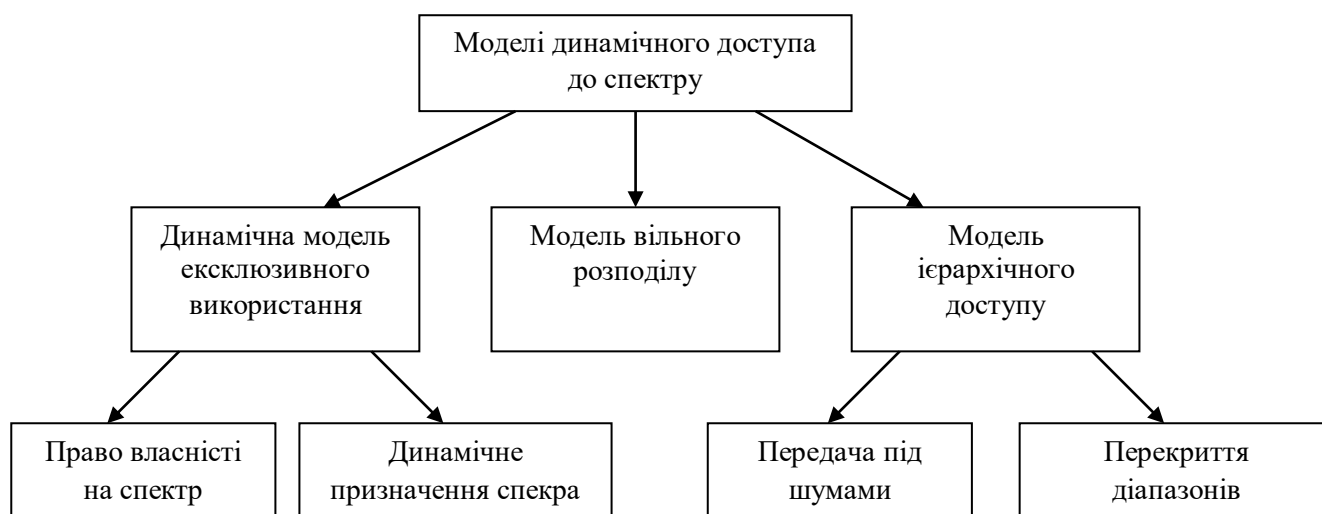


Рис. 1. Класифікації моделей динамічного доступу до спектру

При першому підході вторинним користувачам дозволяється робота з малою потужністю, якщо ця потужність не перевищує шумовий поріг для систем первинних користувачів. Це так звана передача під шумами. Такий підхід може бути реалізований при використанні вторинними користувачами надширокополосних систем передачі.

Другий підхід (spectrum overlay) відомий також як гнучкий доступ до спектру (opportunistic spectrum access). В цьому підході обмеження накладаються на потужність передавача вторинного користувача, на час, місце передачі і частоти, які можливо використовувати. Завдяки цьому, вторинні користувачі визначають незайняті області спектра і здійснюють передачу, не заважаючи первинним користувачам.

Для підвищення ефективності використання спектра обидва підходи (Overlay і underlay) можуть бути задіяні спільно.

Існують різні методи динамічного розподілу спектра в системах когнітивного радіо [1-4]. Розподіл спектра між базовими станціями стандарту IEEE 802.22 на основі алгоритму розфарбовування графа розглянуто в роботі [1]. Робота [2] присвячена теоретико-ігровим моделям та алгоритмам розподілу спектра між приймальними пристроями у мережах когнітивного радіо.

В роботі [3] розглядаються моделі аукціонів, спрямованих на розподіл спектра між приймально-передавальними терміналами шляхом управління потужністю вузлів-передавачів, результатом яких є тимчасова передача прав на використання деякого частотного діапазону від первинного користувача вторинному. Періодичний аукціон передачі прав первинного використання частотних діапазонів розглядається в роботі [4].

Методи лінійного програмування використовуються при виконанні завдання на координації доступу до спектру декількох користувачів когнітивної радіомережі, що використовують один прийомо-передавач в напівдуплексному режимі.

Евристичний підхід, серед усіх методів, які застосовуються для вирішення завдань пов'язаних з динамічним доступом, є одним із найпростіших. Він дозволяє використовувати субоптимальні евристичні алгоритми для зниження складності рішення задачі.

Коли необхідно приймати рішення на основі невизначеної, неточної або неповної інформації – застосовується нечітка логіка. Елементи нечіткої логіки використовуються для максимізації доступу до спектру вторинних користувачів когнітивної радіомережі. В якості дескрипторів, при формуванні бази знань, використовуються: ефективність використання спектра вторинними користувачами; їх ступінь мобільності і відстань до первинного користувача.

У тих випадках, коли структура досліджуваної когнітивної мережі відома, для вирішення завдання розподілу спектральних ресурсів застосовують методи теорії графів. Розподіл спектра між базовими станціями стандарту IEEE 802.22 на основі алгоритму розфарбовування графа розглянуто в роботі [1].

Методи теорії ігор добре зарекомендували себе при вирішенні економічних завдань. Останнім часом ці методи знаходять застосування і в інших сферах. У когнітивному радіо алгоритми теорії ігор розглядаються як досить ефективна модель рішення задач динамічного доступу до спектральних ресурсів.

Висновки

У системах когнітивного радіо прийнято розрізняти первинні та вторинні користувачі. Перший користувач володіє ексклюзивними правами на використання некої ліцензійної смуги частот. Вторичний користувач має право на використання ліцензійної смуги частоти тільки в тому випадку, якщо вона не зайнята первинним користувачем.

Для опису технологій розподілу спектру між користувачами використовують безліч різноманітних технічних термінів. Хоча деякі з них протиставляють другу другу: динамічний доступ до спектру проти динамічного спектру розподілу, право власності на спектральний діапазон проти вільного спектру використання, гнучкий доступ до спектру проти спектру об'єднання.

У роботі представлена класифікація моделей динамічного доступу до спектру застосовуваних при дослідженні та аналізі когнітивних систем зв'язку. Кратко розглянуті основні методи вирішення задач динамічного спектра розподілу.

Література:

1. Enhancements to cognitive radio based IEEE 802.22 air-interface / Sengupta S. [et al.] // IEEE International Conference on Communications, ICC'07. 2007. P. 5155–5160.
2. Ошмарин Д. В. Теоретико-игровая модель распределения спектрального ресурса в системе когнитивного радио // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность: материалы II Всерос. молодеж. науч.-техн. конф. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. Кн. 2. С. 84–89.
3. Auction-based spectrum sharing / Huang J. [et al.] // Mobile Networks and Applications. 2006. V. 11. P. 405–418.
4. Auction driven dynamic spectrum allocation: optimal bidding, pricing and service priorities for multi-rate, multiclass CDMA / V. Rodriguez [et al.] // Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2005. PIMRC 2005. IEEE 16th International Symposium. 2005. V. 3. P. 1850–1854.