

УДК 621.391

С.О. Свєридюк,  
кандидати техн. наук В.П. Лисечко,  
О.М. Прогонний

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВНУТРІШНЬОМЕРЕЖЕВОГО СПІВІСНУВАННЯ АБОНЕНТІВ КОГНІТИВНОЇ МЕРЕЖІ

*Представив д-р техн. наук, професор С.І. Приходько*

**Постановка проблеми.** Останнім часом безпроводні технології набули поширення, існує велика кількість технологій, які використовуються для теле- і радіомовлення, мобільного та супутникового зв'язку, цим самим збільшуючи навантаження на радіочастотний спектр. Практично весь частотний діапазон до теперішнього часу розподілений і ліцензований, виникає його нестача. Істотно підвищити ефективність використання спектра дозволяє механізм динамічного управління спектром [1]. Цей механізм досить складний технічно і може застосовуватись тільки в інтелектуальних системах – когнітивне радіо.

**Аналіз літератури.** У сучасній літературі розглянуті методи внутрішньомережевого співіснування, але виходячи з особливостей, що виникають у мережах когнітивного радіо, розглянуті недостатньо. Існує задача дослідження методів внутрішньомережевого співіснування.

**Мета статті.** Мета статті полягає в дослідженні основних принципів функціонування когнітивних радіомереж, їх особливостей і призначення, аналізі моделі мережі когнітивного радіо, дослідженні методів внутрішньомережевого співіснування.

**Основний матеріал.** 1. Визначення основних понять когнітивного радіо, його основних елементів і функцій.

*Когнітивне радіо* – це інтелектуальна система радіозв'язку, яка має знання про навколишнє середовище й використовує їх для адаптації свого стану до змін радіочастотної обстановки, виконуючи в

реальному часі відповідні зміни в таких робочих параметрах як несуча частота і вид модуляції [6]. Тобто когнітивне радіо являє собою систему з інтелектом – систему, що має власні потенційні можливості для навчання, самонавчання, самостійної постановки цілей і пошуку методів, необхідних для досягнення цілей.

Відмінною особливістю таких систем, що виділяє їх в окрему групу, є здатність витягувати і аналізувати інформацію з навколишнього радіопростору, передбачати зміни каналу зв'язку і оптимальним чином підлаштовувати свої внутрішні параметри стану, адаптуючись до змін радіосередовища.

Система постійно аналізує спектр радіосигналу та поведінку користувачів мережі. Базова станція, зібравши всю інформацію про частотний діапазон і використовуючи інформацію про своє місцезнаходження (за GPS), визначає, які частоти можуть бути використані для встановлення зв'язку з користувачами мережі. При вже встановленому зв'язку система періодично сканує частотний діапазон на випадок появи нових сигналів і при виявленні таких відразу ж перебудовується на інші частоти.

Один з можливих варіантів роботи когнітивної радіомережі подано на рис. 1. Заштрихованою областю на рисунку відзначені зони, у яких первинний і вторинний користувачі заважають один одному, а також область, у якій вторинний користувач може виявити наявність первинного.

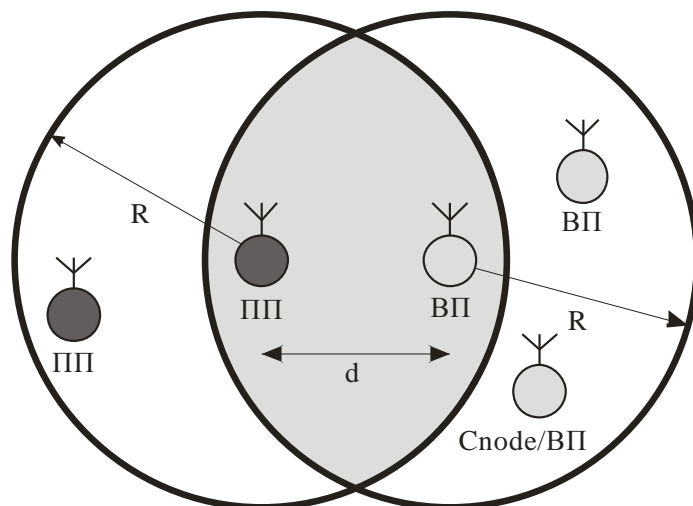


Рис. 1. Один з можливих варіантів роботи когнітивної радіомережі: *ПП* – первинний користувач; *ВП* – вторинний користувач; *Cnode* – інтелектуальний вузол; *R1* – діапазон передачі первинного користувача; *R2* – діапазон передачі вторинного користувача

Надання послуг користувачам, які знаходяться на тих ділянках, що перекриваються, стає важким у зв'язку зі складністю вибору каналу і потужності передачі для них.

До задач вузла когнітивної радіомережі відносять:

- моніторинг спектра;

- передачу результатів моніторингу передавачу та інтелектуальному вузлу;  
- регулювання частоти та потужності передавача виходячи з отриманих даних від інтелектуального вузла;

Блок-схему вузла когнітивної радіомережі зображено на рис. 2.

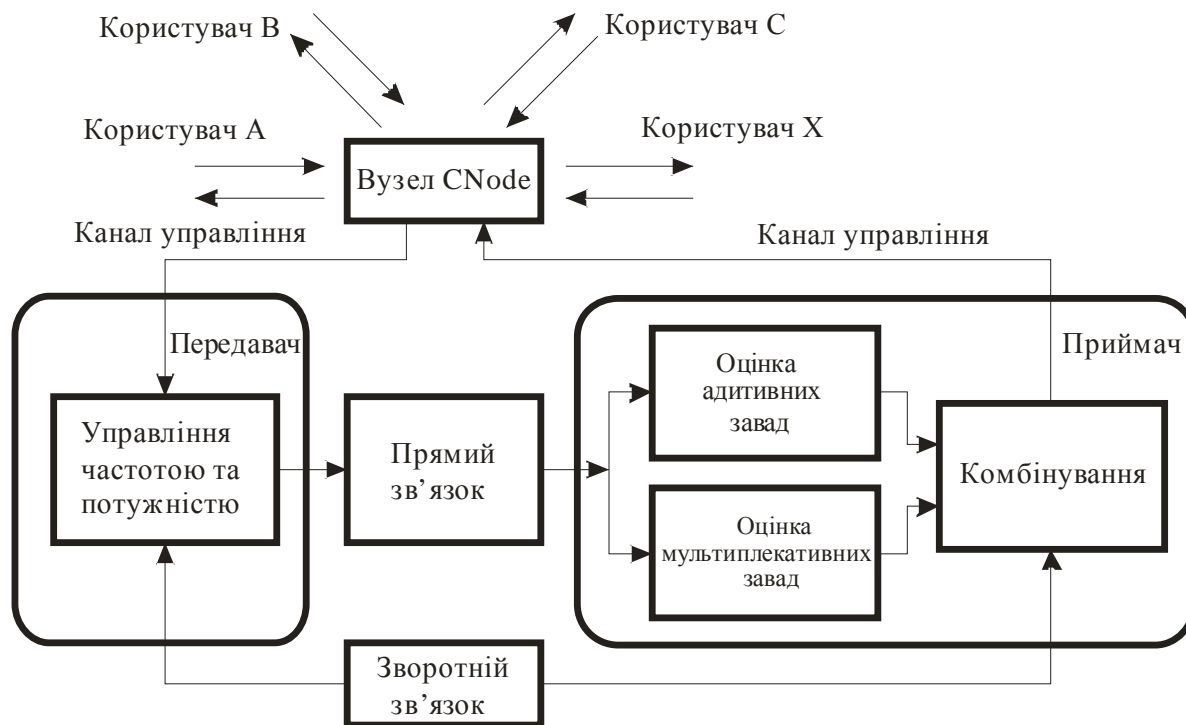


Рис. 2. Вузол когнітивної радіомережі

При моніторингу спектра може виникнути проблема схованого терміналу, тобто ситуація, коли існує завада від вторинного користувача терміналу первинного [7]. Щоб подолати цю проблему, необхідно збільшувати період моніторингу для підвищення точності вимірів, що у свою чергу скорочує час, доступний для передачі інформаційних повідомлень. Ще одним способом подолання проблеми схованого терміналу є обмін інформацією про результати моніторингу між вторинними користувачами [3]. Загальний алгоритм зв'язку між двома когнітивними терміналами мережі може бути розділений на наступні пункти (рис. 3).

Кожен термінал незалежно один від одного виконує моніторинг спектра, ґрунтуючись на отриманому сигналі: або шум, або сигнал із шумом. Отже, завдання моніторингу спектра можна розглядати як

завдання аналізу з двома можливими гіпотезами, представлено

$$x_i(t) = \begin{cases} n_i(t), & H_0, \\ h_i S(t) + n_i(t), & H_1, \end{cases} \quad (1)$$

де  $S(t)$  є сигналом первинного користувача з рівномірним розподілом із середнім нульовим і дисперсією  $\sigma_s^2$ ;

$n_i(t)$  - прийнятий шум для  $i$ -го вторинного користувача, що є випадковим процесом з рівномірним розподілом із середнім нульовим і дисперсією  $\sigma_n^2$ ;

$h_i$  - коефіцієнт підсилення каналу між первинним користувачем і  $i$ -м вторинним користувачем.

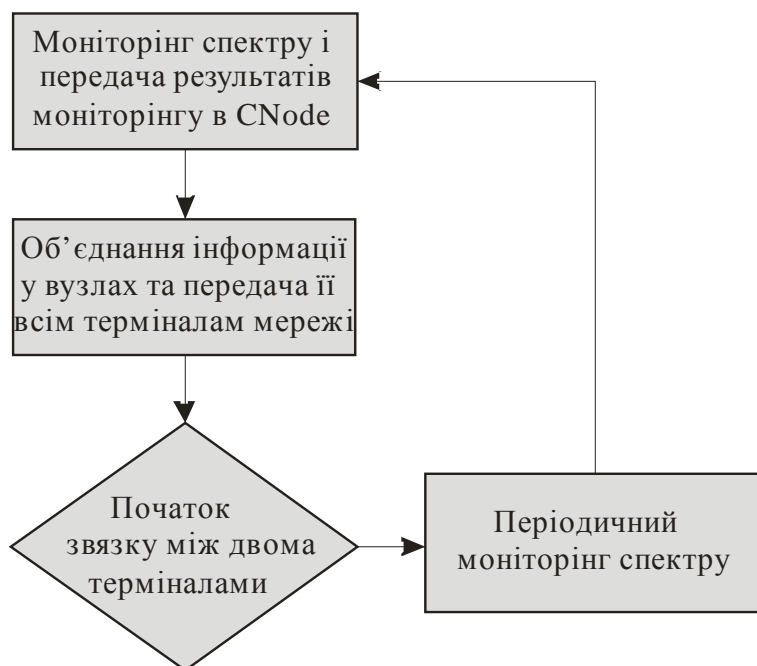


Рис. 3. Алгоритм зв'язку між двома терміналами

Відношення отриманої потужності до потужності шуму вторинного користувача визначається як відношення SNR. Значення

SNR на вході приймача  $i$ -го вторинного користувача визначається виразом

$$Y_i \cong \frac{E \left[ |h_i|^2 \right] \sigma_s^2}{\sigma_n^2} \quad (2)$$

Для зменшення проблеми співіснування використовують метод динамічного перестроювання частоти (DFH – Dynamic Frequency Hopping). Згідно з методом, передача даних здійснюється по одному з доступних каналів, тоді як інші канали постійно прослуховуються [5]. Таким чином, діє алгоритм, згідно з яким ведеться пошук альтернативного маршруту. Через дві секунди чарунки WRAN налаштовуються на новий робочий канал і звільняють раніше використаний. Недоліком є збільшення службової інформації і затримок.

Функціонування системи DFH можна описати таким чином (рис. 4). Чарунка WRAN у схемі DFH використовує доступні

канали для передачі даних і одночасно виконує моніторинг по всіх інших каналах (одночасний моніторинг і передача даних (SSDT)). Для забезпечення такої операції, час ділиться на послідовні робочі періоди, в кожному з яких чарунка WRAN працює в доступних каналах, одночасно перевіряючи інші канали. Таким чином, система WRAN з DFH динамічно вибирає один з доступних каналів в поточному робочому періоді в ролі наступного робочого каналу для передачі даних. Слід зазначити, що цей канал може бути використаний для передачі даних не більше ніж 2 секунди, після чого здійснюється новий стрибок [2]. Для ефективної роботи методу DFH повинна забезпечуватися достатня швидкість перемикання каналів. Затримка такого перемикання в сучасних технологіях досить мала (коливається в діапазоні декількох десятків мікросекунд), тому дана умова буде виконуватися.

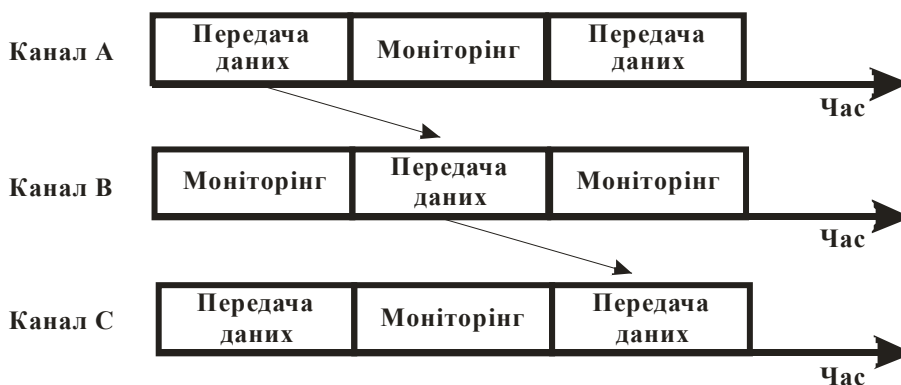


Рис. 4. Принципи роботи системи DFH

Головним недоліком схеми DFH є те, що вона не враховує поведінку сусідніх чарунок WRAN, що повертає нас до проблеми внутрішньомережевого співіснування. Існують модифікації методу DFH, які мінімізують недоліки. Розглянемо основні з них.

1. Метод динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти з постійним частотним плануванням (FDFH). Цей метод

заснований на фіксованому плануванні робочих каналів. Основна ідея схеми FDFH в тому, що кожній чарунці WRAN призначається власний постійний набір робочих каналів. Якщо БС не знаходить доступний канал, вона шукає вільний канал в діапазоні каналів інших БС, послідовність яких чітко зазначена алгоритмом пошуку. Схеми FDFH зменшують ймовірність конфліктів при передачі даних, які можуть

виникнути в областях, які перекриваються, між сусідніми БС. Виходячи з цього кількість користувачів, які обслуговуються, значно збільшиться і зменшиться проблема співіснування всередині мережі, маючи меншу кількість службової інформації.

2. Метод секторного динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти (SDFH). Метод збільшує кількість обслуговуваних користувачів в областях, що перекриваються. Виконується розбиття ділянок, які обслуговує базова станція, на сектори. Кожна БС використовує спрямовані антени для обслуговування користувачів у кожному секторі (замість використання неспрямованої антени, як в DFH). У результаті маємо менші пересічні області (рис. 5), що призводить до зниження числа користувачів, які

страждають від проблеми співіснування [5]. D, C і F обслужені, бо вони лежать в секторах, які не використовують одні й ті самі канали для БС.

**Висновок.** Прогресування когнітивних радіомереж значною мірою залежить від мінімізації внутрішньосистемних завдань та проблем внутрішньомережевого співіснування. Унікальний підхід до розв'язання питання про розподіл частотного діапазону може зробити 802.22 найпоширенішим стандартом безпроводового зв'язку для покриття великих площ. Для цього застосовуються розглянуті в статті постійний моніторинг і відстеження змін, процедура спільного використання спектра з ліцензійними користувачами, а також методи внутрішньомережевого співіснування.

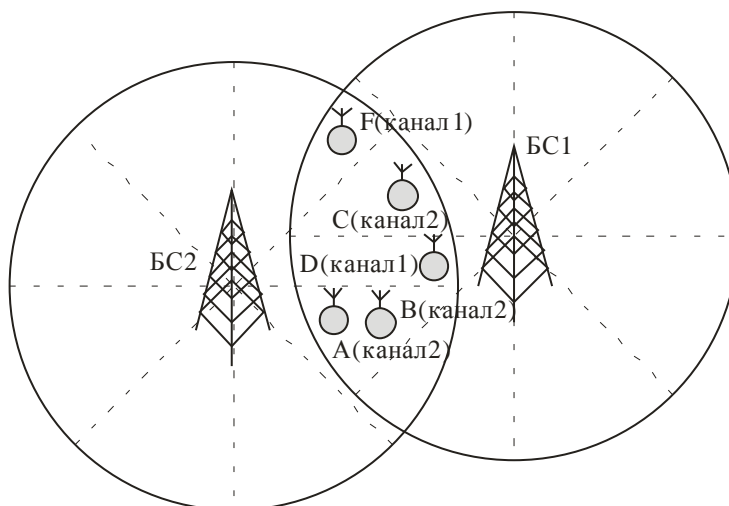


Рис. 5. Метод секторного динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти

### Список літератури

1. Haykin, S. "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," IEEE journal on selected areas in communications, vol. 23, no. 2, pp. 201–220, 2005.
2. Raed Al-Zubi, Mohammad Z. Siam. Coexistence Problem in IEEE 802.22 Wireless Regional Area Networks. Department of Electrical and Computer Engineering University of Arizona.
3. IEEE P802.22/D0.5, Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV Bands, Mar. 2008. p. 10.

4. Carl R. Stevenson, Carlos Cordeiro, Eli Sofer, and Gerald Chouinard, Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard, IEEE 802.22-05/0007r46, Sept. 2005, pp. 24-28.

5. Wendong Hu, Daniel Willkomm. Dynamic Frequency Hopping Communities for Efficient IEEE 802.22 Operation. STMicroelectronics Inc., Technical University Berlin, University of California, Los Angeles.

6. B. Zayen, A. M. Hayar, D. Nussbaum, "Blind Spectrum Sensing for Cognitive Radio Based on Model Selection", Mobile Commun. Group, Inst. Eurecom, Sophia Antipolis, 2008, pp. 1-4.

7. Дослідження методів аналізу спектру в когнітивних радіомережах [Текст] / В.П. Лисечко, Ю.Г. Степаненко, І.І. Сопронюк, Н.О. Брюзгіна: зб. наук. праць. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2010. – Вип. 3 (25). – С. 137-145.

**Ключові слова:** когнітивне радіо, аналіз спектра, внутрішньомережеве співіснування.

### *Анотації*

У статті освітлені основні принципи функціонування когнітивних радіомереж, їх особливостей і призначення, досліджуються методи внутрішньомережевого співіснування абонентів мережі.

В статье освещены основные принципы функционирования когнитивных радиосетей, их особенностей и назначения, исследуются методы внутрисетевого сосуществования абонентов сети.

The article highlighted the basic principles of cognitive radio networks, their characteristics and purpose; methods intranet coexistence subscribers.