

екологічно безпечними діелектриками // Електричність. – 1999. – № 1. – С. 33-38. 4. Измеритель параметров изоляции высоковольтный ИПИ-10 // Руководство по эксплуатации ИПИ-10 00.00.00РЭ. 5. В.В.Рудаков, Ю.В.Кравченко, Д.А.Доценко Ресурс пленочной полипропиленовой изоляции, пропитанной касторовым маслом, в импульсном режиме // Вісник НТУ «ХП» «Техніка і електрофізика високих напруг». – Харків: НТУ «ХП», 2006. – № 37. – С. 113-118.

*Поступила в редакцію 21.03.2011.*

УДК 621.372

**О. Ю. ВІНОГРАДОВА**, студентка, НТУ «ХП»;  
**С. О. НІКІТІН**, аспірант НТУ «ХП»

### **МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ МЕРЕЖ IEEE 802.22 WRAN**

У даній роботі розглянуто питання пов'язані з розробкою методу підвищення ефективності використання радіочастотного діапазону шляхом вирішення проблеми внутрішньомережевого співіснування.

This paper discusses questions related to development of the method for increasing the efficiency of radio spectrum using by solving the problem of inter-netnetwork coexistence.

В даний час попит на послуги бездротових телекомунікаційних систем широкосмугового доступу не забезпечений повною мірою, особливо у приміських і сільських місцевостях, бо постачальники цих послуг найчастіше орієнтовані на щільно заселені райони і великі міста. Виходячи з цього, можна стверджувати, що розробка і реалізація бездротових мережевих рішень регіонального масштабу є актуальною і перспективною.

З появою та стрімким розвитком безпроводових систем, таких як системи стільникового та супутникового радіозв'язку, системи EV-DO та LTE, що побудовані на ґрунті бездротових технологій Wi-Fi і WiMAX, з'явилася серйозна проблема, яка пов'язана з використанням частотного діапазону. Практично весь частотний діапазон до теперішнього часу розподілений і ліцензований, але використовується недостатньо ефективно. Впровадження та використання нових сервісів, для роботи яких необхідна наявність вільних частотних діапазонів, стає важким, а в деяких випадках зовсім неможливим.

Впровадження технологій радіозв'язку з використанням механізмів ітелектуального управління (когнітивне радіо) являє собою перспективний підхід для забезпечення більш ефективного використання радіочастотного спектру за рахунок динамічного та гнучкого управління із використанням адаптивних механізмів формування параметрів радіоінтерфейсу.

Принципи когнітивного радіо доцільно використовувати для побудови

бездротових регіональних мереж. Перший стандарт, що використовує ці принципи, IEEE 802.22 WRAN, на даний момент знаходиться в розробці. Він передбачає роботу в телевізійному частотному діапазоні, що дозволяє досягати радіуса дії до 100км без обмеження потужності, тобто призначений для реалізації регіональних бездротових мереж. Передача даних здійснюється на каналах, не зайнятих первинними системами (телемовленням і бездротовими мікрофонами). У зв'язку з цим, головним завданням розробників є захист цих систем від можливих завад. При розробці стандарту багато уваги приділяється підвищенню ефективності співіснування даної технології з первинними користувачами з метою недопущення завадового впливу на них. Однак у попередніх рекомендаціях з даного стандарту не визначено єдиного принципу співіснування між чарунками одного або кількох операторів мереж WRAN, тобто внутрішньомережевого співіснування. При цьому дія завад від чарунок власної системи може також істотно вплинути на пропускну здатність системи в цілому. З огляду на це, доцільною є розробка методу співіснування всередині мережі, який би забезпечував більшу, в порівнянні з існуючими методами, пропуску здатність системи, тобто більшу продуктивність.

Оскільки технологія 802.22 ще не стандартизована і не випробувана на практиці, проводити оцінку продуктивності мережі при тому чи іншому методі внутрішньомережевого співіснування досить складно. Для цього на даному етапі доцільно застосовувати імітаційне моделювання, створюючи користувачку модель даної мережі з усіма необхідними для оцінки параметрами.

Для підвищення ефективності використання радіочастотного спектру спочатку необхідно оцінити ефективність використання радіоспектру в конкретному регіоні при реалізації мережі 802.22 з урахуванням існуючих систем.

Мета даної роботи полягає у розробці методу внутрішньомережевого співіснування мережі IEEE 802.22 WRAN для підвищення її продуктивності та в подальшому оцінка ефективності використання спектру даною мережею.

Для досягнення поставленої мети слід:

- обґрунтувати застосування принципів когнітивного радіо для побудови безпроводових регіональних мереж;
- здійснити аналіз підходів до вирішення проблеми внутрішньомережевого співіснування;
- розробити та обґрунтувати принципи внутрішньомережевого співіснування.

Для вирішення цієї задачі використовують механізми без стрибків за частотою, які є основними для стандарту 802.22 [1, 2], та методи 802.22 WRAN. Зокрема це метод динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти (DFH) та його модифікації, метод динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти з постійним частотним плануванням (FDFH), метод секторного динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти (SDFH), та метод секторного динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти з постійним частотним плануванням (FSDFH) [3, 4]. Кожен з названих методів має певні переваги, але не дає змоги повного вирішення задачі внутрішньомережевого

співіснування.

На основі проведеного аналізу було розроблене та запропоновано метод скоординованого динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти (CDFH). Впровадження цього методу дає змогу подолати статичності попередніх методів і фокусується на інтеграції механізмів взаємодії між чарунками мережі на основі використання методу Бікон періодів та динамічного стрибкоподібного перестроювання частоти. Суть запропонованого методу полягає в тому, що кожна чарунка WRAN спільно вибирає свої робочі канали з урахуванням робочих каналів сусідніх чарунок.

Відповідно до запропонованої методики, час поділяється на 2-секундні інтервали, включаючи Бікон періоди – BP (див. рис. 1). Під час BP, базова станція (БС) X посилає Бікон-повідомлення (ВМ) високої потужності по всіх доступних каналах, які не зайняті основними користувачами. Кожна БС забезпечена рядом передавачів для забезпечення одночасної відправки/отримання ВМ по всіх доступних каналах. Додаткове обладнання потрібне лише в БС, кількість яких обмежена, і протягом довгого часу не змінюється. ВМ високої потужності отримують інші БС, покриття яких перекривається. Відстань передачі ВМ обирають у два рази більше ніж відстань передачі даних, яка дорівнює близько 33 км. Таким чином відстань передачі ВМ складає 66км. Кожне ВМ включає до свого складу наступні поля:

- доступні канали, що мають бути використані у наступному 2-секундному інтервалі;
- список користувачів, які знаходяться в зоні дії БС;
- розташування БС (за умови, що кожна БС забезпечена GPS);
- графік відправлення ВМ сусідніми БС (тобто послідовність передач Бікон повідомлень).

Слід врахувати, що як тільки БС чує ВМ, відправлені іншими БС, вона вирішує, чи потрібно передавати ВМ у наступному часовому слоті. Це рішення базується на часі відправки та часу отримання ВМ в часовому графіку).

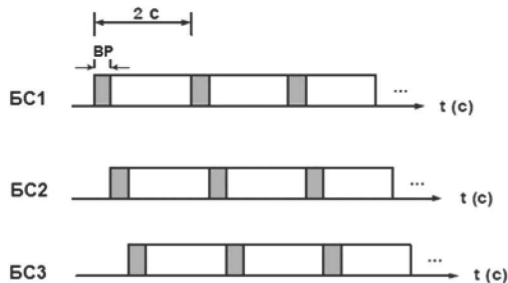


Рисунок 1 – Часова організація роботи схеми CDFH

Метод CDFH вимагає синхронізації між сусідніми БС. Ця вимога виконується за допомогою передачі ВМ, де кожна нова БС повинна сканувати всі до-

ступні канали (до початку її роботи), щоб виявити всі ВМ, відправлені з інших суміжних БС. Відповідно, нова БС додає себе в поточний графік відправлення ВМ, і розсилає оновлений графік за допомогою вихідних ВМ.

У прикладі (див. рис. 2) розглянуто три БС (А, В і С), які знаходяться в експлуатації. Відправлення ВМ для А і В виконується за таким графіком: А першою посилає своє ВМ, а В посилає своє ВМ після того, як почула ВМ станції А. У графіку С міститься інформація тільки про С, бо С не може почути Бікон повідомлення ні станції А, ні станції В. Припустимо, що нова БС D була встановлена між В і С. Згідно з графіком передачі ВМ, який оголошений В і С, D розсилає оновлений графік (наприклад, D може оголосити наступну послідовність часу відправки ВМ: спершу А слідом В, потім D, і, нарешті, С). У результаті, С синхронізує свої передачі Бікон-повідомлень за новим графіком.

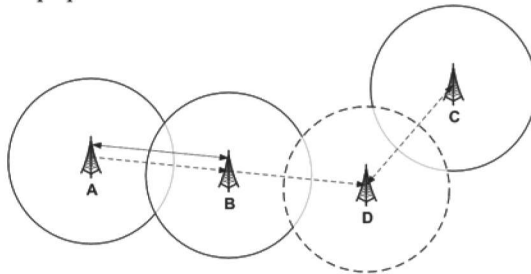


Рисунок 2 – Процес синхронізації між БС у схемі CDFH

Наступним етапом методу CDFH є реалізація процесу прослуховування. Мета цього процесу полягає у виявленні всіх ВМ, які були відправлені з суміжних БС. Після того, як ці ВМ виявлені, виконують наступні кроки методу CDFH – синхронізації і вибору каналу.

Слід зазначити, що процес прослуховування відрізняється від процесу моніторингу. Метою моніторингу є визначення доступних каналів, не зайнятих основними користувачами. За результатами процесу моніторингу БС слід уникати використання каналів, які займають первинні користувачі. На підставі результатів процесу прослуховування, БС може використовувати канали, які не зайняті сусідніми БС та мають користувачів у області, що перекривається з даною БС.

Згідно запропонованого методу CDFH, БС має можливість повторного використання каналів, які займають прилеглі БС (див. рис. 3). У наведеному прикладі БС А може використовувати канал, який займає БС В для обслуговування користувачів, які знаходяться на відстані  $R_2$ . Цей діапазон може бути легко розрахований, бо БС А знає місце розташування і зону дії БС В (ці відомості оголошуються В в Бікон-повідомленні).

В подальшому доцільно розробити імітаційну модель для оцінки пропускну здатності мережі стандарту IEEE 802.22 із використанням розробленого

методу та запропонувати методику оцінки ефективності використання спектру мережами стандарту IEEE 802.22 на заданій місцевості.

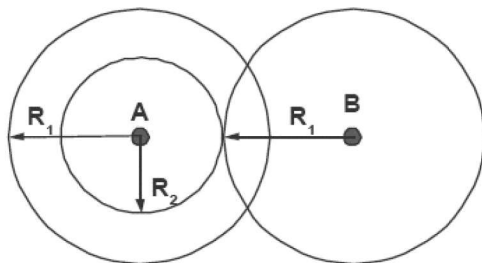


Рисунок 3 – Повторне використання каналів у CDFH

### Висновки

У даній роботі обґрунтовано доцільність побудови бездротових регіональних мереж на принципах когнітивного радіо відповідно до стандарту IEEE 802.22, наведено опис запропонованого методу скоординованої динамічної стрибкоподібної перебудови частоти для підвищення ефективності використання радіочастотного діапазону.

**Список літератури:** 1. Carlos Cordeiro, Kiran Challapali, Monisha Ghosh Cognitive PHY and MAC Layers for Dynamic Spectrum Access and Sharing of TV Bands. – Philips Research North America. 2. Cordeiro C. et al., «A PHY/MAC Proposal for IEEE 802.22 WRAN Systems». – IEEE 802.22 doc. no. 22-06-0005-05-0000, March 2006. 3. Wendong Hu, Daniel Willkomm. Dynamic Frequency Hopping Communities for Efficient IEEE 802.22 Operation. – STMicroelectronics Inc., Technical University Berlin, University of California, Los Angeles. 4. 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.

*Надійшла до редколегії 06.04.2011.*