

ВІДГУК офіційного опонента

на дисертаційну роботу Янишина Володимира Богдановича на тему «**Моделі та алгоритми управління радіочастотним спектром в когнітивних радіомережах**», яка подана до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Детальний аналіз дисертаційної роботи Янишина Володимира Богдановича на тему «Моделі та алгоритми управління радіочастотним спектром в когнітивних радіомережах» створює підстави для надання висновків щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень та їх достовірності, а також висловлених рекомендацій, наукової новизни, практичного значення результатів досліджень, з метою формування загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Оператори сучасних безпроводних мереж мають змогу використовувати певні смуги радіочастотного спектру, ліцензії на які їм надаються відповідними державними установами, що називається статичною політикою розподілу спектру. У світовій практиці певний частотний діапазон призначають для певної галузі на довгостроковій основі у певних географічних регіонах. Ця політика стикається з дефіцитом вільних смуг спектру в окремих діапазонах, оскільки останнім часом спостерігається швидке збільшення потреб у використанні частотного ресурсу, незважаючи на те, що більшість діапазонів спектру вже зайнято. В той же час ускладнення безпроводних телекомунікаційних систем призводить до потреби удосконалення методів контролю за використанням обмеженого частотного ресурсу. Тим не менше, частоти для чітко визначених галузей не завжди ефективно використовуються, здебільшого – в міру необхідності. З іншого боку, велика частина призначеного радіоспектру використовується нерегулярно, що призводить до неповного використання значної кількості цього дефіцитного ресурсу. Отже, для вирішення цих проблем нещодавно були запропоновані динамічні методи доступу до спектральних смуг, які дозволяють використовувати вільні частини спектру в моменти їх простою. Перешкоди від одночасного використання в одному діапазоні частот декількох передавачів можуть призвести до значних спотворень переданої інформації і значно ускладнити роботу телекомунікаційних систем різного призначення. Одним із можливих шляхів розв'язання цієї проблеми є впровадження систем когнітивного радіо (CR). Система CR являє собою радіомережу з механізмом самоуправління, різними рівнями засобів адаптації до мінливих умов радіосередовища. Механізм самоуправління

ґрунтується на принципах навчання і штучного інтелекту. Відмінними рисами когнітивного радіо є здатність усіх прийомо-передавачів адаптивно приймати і передавати сигнал при динамічному змінненні радіочастот, типу модуляції, типу кодування та інших параметрів системи.

Для ефективної роботи мережі КР, система керування повинна здійснювати збір і моніторинг інформації про стан радіосередовища і на основі цих даних розвивати різні стратегії роботи. В ході постійного навчання, система КР повинна враховувати особливості смуг радіочастот, що використовуються, і допустимих конфігурацій наявного устаткування. КР мережі повинні забезпечувати високу пропускну здатність для мобільних користувачів за допомогою гетерогенної безпроводної архітектури і динамічних методів доступу до спектру. В свою чергу користувачі КР повинні динамічно визначати і використовувати діапазон частот для доступу до мережі.

Тому, покращення якості обслуговування та ефективності використання обмеженого радіочастотного ресурсу за рахунок удосконалення методів та моделей управління використанням радіочастотних ресурсів для радіомереж когнітивного радіо є актуальною науковим завданням.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані у дисертації: ступінь їх обґрунтованості і достовірності

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформовані у дисертації Янишина Володимира Богдановича обґрунтовано застосуванням сучасних методів дослідження, зокрема імітаційного моделювання із залученням апробованого математичного апарату. Достовірність отриманих результатів, сформульованих рекомендацій та наукових положень підтверджуються схожістю з експериментальними даними відомих часткових результатів та несуперечністю відомим теоретичним основам забезпечення якості обслуговування у безпроводних мережах.

Наукова новизна дисертаційної роботи

У роботі визначено 3 нові або розвинуто наукові результати, що є предметом захисту. Заявлені пункти наукової новизни доволі повно та зрозуміло розкриті у тексті роботи. Формулювання їх відповідає вимогам, а ступінь новизни не викликає сумніву.

У роботі розв'язано нове наукове завдання з використанням ряду нових та удосконалених методів та моделей управління радіочастотним спектром в когнітивних радіомережах, для підвищення рівня якості сервісів, що ними надаються. Основними науковими результатами роботи є наступні:

1. Вперше запропоновано імітаційну модель системи керування когнітивною радіомережею, яка відрізняється від існуючих інтелектуальними та адаптивними властивостями, а саме прогнозуванням стану радіочастотних

каналів на основі їх моніторингу та збору статистичних даних про функціонування їх фізичного, каналного і транспортного рівнів, що дало змогу підвищити ефективність використання радіочастотного ресурсу, зокрема покращити показники якості надання послуг.

2. Набув подальшого розвитку метод виявлення енергії сигналу на основі періодограми Уелча, який відрізняється від існуючих динамічною зміною кількості елементів зсуву періодограми, кількості часових сегментів та частотних відліків усереднення, що дало змогу підвищити ефективність сканування радіочастотного спектру.

3. Удосконалено модель вибору радіочастотного каналу, що відрізняється від існуючої використанням методів балансування вхідного навантаження на основі врахування ймовірності зайняття каналу і сканування його параметрів, що дало змогу покращити швидкодію системи керування когнітивною радіомережею.

Варто зазначити, що найбільш важливим елементом новизни є нова імітаційна модель системи керування когнітивною радіомережею, що надає можливість широкого і гнучкого налаштування вхідних параметрів, вибору методів управління радіочастотним спектром та оцінити їхню ефективність.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:

- розроблено програмний комплекс для реалізації імітаційної моделі системи керування когнітивною радіомережею, який дає змогу проводити дослідження та порівняння ефективності роботи алгоритмів сканування, вибору, спільного використання та забезпечення мобільності спектру;
- розроблено алгоритм реалізації методу сканування спектру з кооперативною співпрацею когнітивних користувачів, що дало змогу знизити ймовірність помилкової тривоги та ймовірність невиявлення первинного користувача;
- розроблено алгоритм реалізації методу вибору радіочастотного спектру на основі балансування вхідного навантаження, що дало змогу мінімізувати тривалість прийняття системою рішення про розподіл радіоканалів на 20% і більше, ніж на 50%, за умови високого вхідного навантаження;
- запропоновано удосконалений алгоритм для реалізації проактивного протоколу передавання спектру для обслуговування користувачів з використанням статистичних даних про функціонування системи та попереднього прогнозування стану радіочастотного каналу, що дало змогу покращити пропускну спроможність системи когнітивного радіо на 25% і майже вдвічі знизити ймовірність виникнення колізії між первинними та когнітивними користувачами.

Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях

Результати досліджень опубліковано в 13 наукових працях: 1 стаття у зарубіжному періодичному фаховому виданні, 4 статті у наукових фахових виданнях МОН України, 13 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних і всеукраїнських конференцій. Результати, представлені у дисертаційній роботі, достатньо висвітлені в опублікованих працях та апробовані на конференціях.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню наукового завдання розроблення ефективних методів та алгоритмів управління радіочастотним спектром в когнітивних радіомережах для підвищення рівня якості сервісів, що ними надаються.

Структура дисертаційної роботи: вступ, чотири розділи основного тексту, висновки, список використаних джерел, 3 додатки.

У вступі сформульовано та обґрунтовано актуальність теми дисертації, мету і окремі завдання дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведені дані про особистий внесок здобувача, публікації та апробацію результатів досліджень.

У першому розділі проведено аналіз проблем функціональних можливостей і вимог, які накладаються на когнітивну радіо мережу та проведено огляд технології когнітивного радіо, принципів побудови, архітектури радіомереж та методів управління використання спектру на основі технології когнітивного радіо.

У другому розділі визначено основні функції та проведено дослідження методів управління радіочастотним спектром в мережах когнітивного радіо, запропоновані моделі та методи сканування, вибору та забезпечення мобільності радіочастотного спектру.

Третій розділ присвячено розробленню імітаційної моделі системи керування когнітивною мережею з інтелектуальними та адаптивними властивостями на основі збору, моніторингу та аналізу статистичних параметрів радіочастотних каналів із можливістю прогнозування їх майбутнього стану для оцінювання якості надання послуг.

У четвертому розділі проведено дослідження ефективності сканування спектру, проведено моделювання процесу вибору смуг спектру, забезпечення мобільності спектру, здійснено оцінювання ефективності запропонованих моделей і методів.

Загальні висновки коротко та зрозуміло характеризують отримані результати.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження

1. В першому розділі приведено багато означень та пояснень до побудови мережевих компонентів та архітектури когнітивної радіомережі, які подальше в роботі ніяк не використані.

2. Матеріали другого розділу, які поміщені в підпункті 2.1 "Порівняльний аналіз методів сканування радіочастотного спектру" мають загальновідомий теоретичний характер, а тому їх доцільніше було б узагальнити у першому розділі. А також, у другому розділі дисертантом не наведено особистого внеску в методичний апарат дисертаційної роботи.

3. Зважаючи на обмежений розмір автореферату, найголовніші аспекти роботи представлені здебільшого у вигляді структурних, функціональних блок-схем, а детальний опис їх математичних та імітаційних моделей залишився лише у тексті дисертаційної роботи.

4. Потребує більш ретельної аргументації доведення достовірності отриманих автором окремих наукових результатів. Деякі результати моделювання у четвертому розділі дисертації (стор. 121, 124-125, 127) не порівнюються з розрахунковими даними (ні своїми, ні даними інших фахівців).

5. У роботі поставлено завдання покращення параметрів якості надання сервісів для когнітивних радіомереж, проте в експериментальних дослідженнях не повною мірою відображено значення таких часових параметрів QoS як затримка і джиттер пакетів даних.

6. Окремі положення висновків потребують більш ретельного формулювання.

7. Дисертаційна робота містить незначну кількість орфографічних та синтаксичних помилок.

Проте, подані зауваження і згадані дискусійні положення не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи


1. Дисертаційна робота Янишина Володимира Богдановича на тему «Моделі та алгоритми управління радіочастотним спектром в когнітивних радіомережах» є завершеною науковою працею з чіткою структурою, яка містить нові обґрунтовані результати, що сприяють покращенню ефективності використання радіочастотного ресурсу та підвищенню якості надання послуг у когнітивних радіомережах.

2. За змістом дисертаційна робота відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

3. Автореферат дисертації об'єктивно та з необхідною повнотою відображає основні положення дисертації.

4. Дисертаційна робота «Моделі та алгоритми управління радіочастотним спектром в когнітивних радіомережах» відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор – Янишин Володимир Богданович – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент
кандидат технічних наук, доцент,
Завідувач кафедри мобільних та
відеоінформаційних технологій,
Державного університету телекомунікацій

 Отрох С.І.

підпис С.І. Отроха завіряю:


В.В. Прокопів
керівник кафедри мобільних та відеоінформаційних технологій
Д.В. Прокопів