

УДК 621.391

В.П. Лисечко¹, О.М. Воронець², О.В. Сєверінов³¹ Українська державна академія залізничного транспорту, Харків² Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків³ Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

РОЗРОБКА МЕТОДУ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ КОГНІТИВНОЇ РАДІОМЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ

У статті представлений метод розподілу ресурсів когнітивної радіомережі з використанням мультиагентних систем, розглянуті компоненти запропонованої архітектури для розподіленого когнітивного управління радіо-ресурсом. Також розглянута децентралізована реалізація когнітивної радіомережі, заснована на мультиагентних системах, та відображення проблеми розподілу ресурсів WLAN з використанням мультиагентних систем.

Ключові слова: когнітивне радіо, мультиагентна система, оптимізація управління, WLAN.

Вступ

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток безпроводових телекомунікаційних систем, таких як системи стільникового і супутникового радіозв'язку, локальні безпроводові мережі та Інтернет, став причиною різкого збільшення навантаження на обмежені ресурси радіочастотного спектру. У наш час практично весь частотний діапазон розподілений та ліцензований, що в умовах обмеженості частотного ресурсу призводить до його істотного дефіциту. В результаті впровадження та використання нових видів обслуговування, для роботи яких необхідна наявність вільних частотних діапазонів, стає досить складним, а в деяких випадках зовсім неможливим.

Впровадження технології радіозв'язку з використанням механізмів інтелектуального управління (когнітивне радіо) представляє собою один із підходів для забезпечення більш ефективного використання радіочастотного спектру за рахунок динамічного та гнучкого управління ним.

Аналіз літератури. У вітчизняній та зарубіжній літературі проблему розгортання когнітивних радіомереж та побудови оптимальних алгоритмів управління ресурсами когнітивної радіомережі недостатньо розглянуто. Тому існує задача дослідження методів та алгоритмів ефективного управління обмеженими ресурсами мережі.

Мета статті. Метод використання мультиагентної системи пропонується для досягнення інформа-

ційного розподілу і розподіленого рішення серед безлічі WLAN. Провайдери WLAN можуть встановити угоди про рівень обслуговування між собою про те, яка кількість даних може бути передано через агентів. У порівнянні з використанням централізованого контролера, метод заснований на використанні мультиагентної системи має більшу масштабованість.

Метою статті є побудова узагальненої моделі когнітивної радіомережі на основі обмежувальної проблеми оптимізації мультиагента.

Основний матеріал

1. Проблема спільного управління ресурсом багатодомених WLAN

Когнітивні радіо забезпечують потенційне рішення для більш ефективного використання спектра. Щоб досягти ефективного використання спектра, потрібна збалансована і інтегрована система зв'язку [1]. Один із варіантів вирішення цієї проблеми полягає в тому, щоб включити функціональність управління спектром з атрибутами SDR радіо в систему зв'язку. Інтерференція від поруч розташованих мереж, що використовують спільні смуги частот, і не організовано бездротових технологій є складовою частиною представленої дослідження. Є необхідність у справедливому управлінні спільним використанням радіо-ресурсів серед безлічі нескооперованих когнітивних радіомереж, щоб оптимізувати ефективність роботи [6]. Потрібні рішення для управління адаптовані відповідно до різних інтерференційних середовищ.

Однією з можливостей використання технології когнітивного радіоуправління ресурсом є багатодоменне середовище WLAN. В останні роки безліч WLANs розгортаються в межах однієї невеликої географічної близькості у зв'язку з великою кількістю точок доступу, що використовуються. Різні WLANs в певній галузі можуть бути розгорнуті різними операторами. У такому багатодоменному середовищі є зростаючий інтерес до провайдерів WLAN, що встановлює взаємні угоди так, щоб мобільні користувачі могли спільно використовувати ресурси різних WLANs. Управління ресурсом в когнітивній радіосистемі вимагає жорсткого зв'язку між функціями управління спектром і радіозв'язку з програмованими параметрами, ці дії реалізуються на фізичному рівні. Бездротові локальні мережі (WLANs) є важливою складовою для когнітивних радіо-платформ. Так як прогнозуючі моделі можуть бути розроблені для існуючих WLANs, вони формують ідеальну апаратну платформу для розробки стратегії управління розподілом ресурсу.

2. Архітектура управління ресурсами у когнітивній радіомережі з використанням мультиагентних систем

На рис. 1 показана запропонована архітектура управління ресурсом для множинних WLAN з використанням мультиагентних систем. Безліч різних WLANs разом розташовуються в певній географічній області. Агенти розташовуються в кожній точці доступу (AP) і взаємодіють з іншими агентами в межах його оточення. Оточення агента складається з агентів, з якими він часто взаємодіє. Ці взаємодії включають спільне використання даних і узгодження розподілу ресурсу. Окремі агенти виконують функції радіокоординаторів ресурсу і співпрацюють з агентами в своєму оточенні, щоб піклуватися про управління ресурсом WLANs.

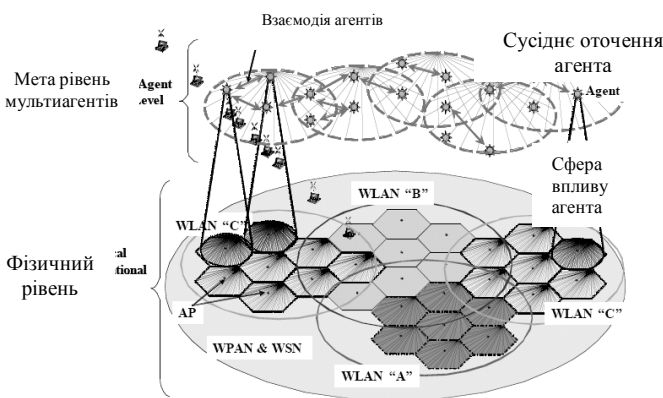


Рис. 1. Архітектура управління ресурсом WLAN з використанням мультиагентної системи

Використовуючи координацію агента провайдери можуть запропонувати послуги роумінгу між WLAN своїм передплатникам в якості служби з доданою вартістю. Вони можуть також підтримувати зв'язок з сигналами кращої якості, так як вплив інтерактивної інтерференції може бути глобально збалансовано допомогою мультиагентної управління. Функції,

пов'язані з аутентифікацією користувачів, тарифікацією, безпекою та конфіденційністю, і управлінням мобільністю, можуть також бути реалізовані в агентах. В межах мультиагентної системи агенти мають справедливо збалансувати ресурси в масштабі всієї системи, щоб забезпечити ресурсом найбільшу кількість користувачів з найменшими витратами.

Агент в кожній AP збирає статистичні дані про стан операційного середовища, яке його оточує, і оцінює необхідні параметри для того, щоб оптимізувати системну продуктивність, засновану на прогнозуючих моделях. Інформація може бути розширена додатковим компонентом виявлення, щоб забезпечити додаткові дані, конкретно пов'язані з інтерференційними джерелами сторонніх WLAN. Агенти використовують результати вимірювань, щоб генерувати локальні рішення управління і спробувати оптимізувати продуктивність всієї системи WLAN розподіленним способом через взаємодію та координацію агентів.

Взаємодія агентів є суттєвим аспектом цієї архітектури. Взаємодія агентів відбувається в магистральній мережі, що з'єднує всі AP. Тому вимога пропускної здатності для взаємодії агентів не є критичною проблемою. Однак, так як велика кількість агентів управляють оптимальним розподілом ресурсів через WLANs, вони повинні вирішити, якою інформацією потрібно обмінюватися між сусідами, як часто обмінюватися цією інформацією, і які сусіди повинні діяти як ретранслятори даних. Коли приймається рішення управління, агент також повинен вирішити, які заходи його виконавчий елемент повинен зробити і як рішення управління повинно бути розподілено в необхідній області.

Рис. 2 представляє блок-схему загального алгоритму для прогнозу фізичного середовища та управління ресурсом, використовуючи технології агента. Головні функціональні блоки: WLAN і кластер джерел інтерференції, радіочастотного (RF) сканування середовища (RES), та операції агента, які включають оцінку прогнозуючого параметра (PPE) та оптимізацію управління ресурсом. Нижче наведено докладний опис.

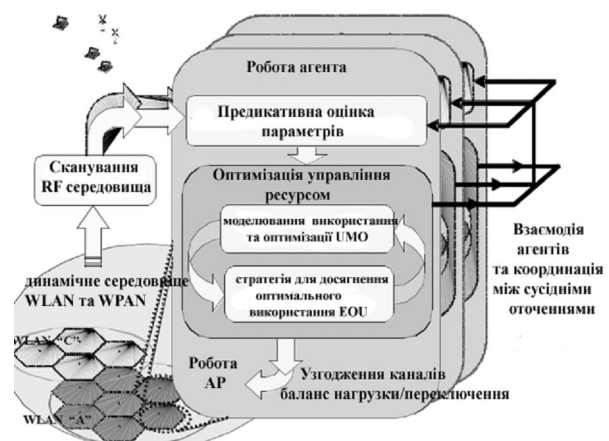


Рис. 2. Робота агента по оптимізації управління ресурсом

WLAN і кластер джерел інтерференції: Кожна мобільна станція (MS) в WLANs працює в межах динамічного RF середовища, що включає джерела перешкод від сусідніх каналів, що змінюються в часі, і інтерференційні джерела від сусідніх WPANs, що змінюються в часі. Агенти в кожному AP періодично збирають вимірні статистичні дані від динамічного RF середовища, необхідні для управління ресурсом.

RF сканування середовища, (RES): Цей блок використовується, щоб забезпечити оцінки сигнальних характеристик від обох MS в межах кластерних WLAN так само як оцінки потенційних інтерференційних джерел в межах операційного середовища.

Статистика, пов'язана з рівнями перешкод WPAN, повинна бути забезпечена додатковим компонентом виявлення в кожній AP. Важливо відзначити, що це не має на увазі вимір миттєвих дрібно-масштабних характеристик багатопроменевого сигналу, які дуже чутливі до часу. Замість цього вимірювання були б призначені для отримання великомасштабних змін сигнальних характеристик, через зміни в затіненні, мобільності MS, інтерференційних джерелах, і інтерференційних розташуваннях. Іншими словами, RES повинен виміряти чинники, які впливають на управління ресурсом функціонування WLAN.

Прогнозуючі моделі роботи агента для предикативної оцінки параметра (PPE): Оцінки сигнальних характеристик надходять до агента в кожному AP. Агент також отримує дані від свого оточення через взаємодію агентів і координацію. Загальне поняття для блоку PPE повинно використовувати прогнозуючі моделі, щоб генерувати оцінки параметра, необхідні для оптимізації управління ресурсом. Параметри, які будуть оцінені, включають:

- Якість каналу: якість каналу між кожним MS і його AP.
- Рівень мобільності: рівень змін в очікуваному каналі між кожною MS і її AP.
- Енергетичні витрати: енергія, необхідна для успішної передачі пакета між кожною MS і її AP.
- Пропускна здатність: пропускна спроможність для кожного осередку WLAN, заснована на операційних характеристиках середовища, поточний запропонований трафік, і проєктований пропонований трафік.
- Затримка: очікувана затримка і відмінність у затримці між кожною MS і її AP.

Цей блок аналізує оцінки параметра і приймає керуюче рішення для оптимізації повної продуктивності WLAN, засновані на розроблених моделях оптимізації.

Рішення-інструктажі включають оптимальне живлення передачі в AP, оптимальний AP канал повинен працювати таким чином, щоб мінімізувати рівні перешкод і найкращим чином використовувати загальні ресурси, (прийняти запити на приєднання від

певної MS, направити певну MS, на зв'язок з іншою AP для балансування завантаження, і т.д. Ці рішення періодично оновлюються, щоб враховувати зміни у навантаженні по трафіку і середовищу взаємодії. Вони повинні призначатися для довгострокового покращення продуктивності. Операційні зміни завантажуються на кластер WLAN за допомогою виконавчих елементів агента і розподіляються по сусідньому оточенню агентів через взаємодію агентів і координацію.

Блок оптимізації управління ресурсом включає два компоненти:

- Моделювання використання та оптимізація (UMO): Цей блок знаходить оптимальне використання, тобто, максимально допустиму пропускну здатність для кожного AP засновану на інформації про навколишнє середовище, якою володіють агенти. Рішення про оптимальне використання використовується блоком EOU для генерування певних стратегій досягнення оптимального використання кожної AP.

- Стратегія для досягнення оптимального використання (EOU): Формуючі оптимальне використання кожної AP, інструктивні рішення згенеровані таким чином, щоб досягти оптимального використання, мінімізуючи інтерференцію в середовищі. Операційні зміни узгоджуються в межах оточення агента і застосовуються в кластері WLAN. Вони також повертаються до блоку UMO, щоб оновити рішення на оптимальне використання ресурсу.

3. Балансування завантаження у WLAN з обмеженою інтерференцією

Мета полягає в тому, щоб адаптивно управляти радіо-ресурсами, спільно використовуються в масштабі всієї системи при стані мережі, що змінюється у часі, серед безлічі різних WLANs. Це управління радіо-ресурсом повинно включити вплив від інтерференційної середовища. Через спільне розташування WLANs, таких як IEEE 802.11b і WPANs, таких як Bluetooth, які працюють в спільно використовуваному спектрі, їх комунікаційні дії втручаються один в одного через спектральне перекриття.

Інтерференційні джерела по-різному будуть впливати на мобільні термінали через зміни у втратах в тракту радіопередачі. Ці зміни значно ускладнюють і підвищують вартість, з точки зору мережевих ресурсів, підтримки вимог до продуктивності. Отже, обов'язково включати динамічні ефекти інтерференції в управління мережею і контроль процесу прийняття рішень.

Хоча існує значна кількість розробок в галузі управління радіо-ресурсами для єдиної WLAN, спільне управління ресурсом для багато доменних WLANs залишається в значній мірі невивченим. Схеми управління ресурсом, розроблені для єдиного WLAN, не можуть бути безпосередньо застосовані до багатодомених WLANs, тому вони не враховують інтерактивний ефект міждоменої перешкод від сусідніх каналів.

4. Архітектура, заснована на залученні посередника

Варто використовувати архітектуру, засновану на залученні посередника управління ресурсом, щоб полегшити спільне багатодоменне управління ресурсом. Необхідний довірений сторонній агент, який не залежить від фінансових інтересів кожного мережевого провайдера.

Коли розгортається нова WLAN, провайдер WLAN не повинен встановлювати прямі угоди про рівень обслуговування з усіма іншими провайдерами вже існуючих в цій галузі WLANs. Це реєструється тільки для стороннього агента. Сторонній контролер може зібрати інформацію через безліч доменів і відіслати керуючі сигнали назад до кожного домену, таким чином роблячи можливі реалізацію управління радіо ресурсом та інших функцій [2].

Новий об'єкт, локальний мережевий контролер (LNC), з'єднується з усіма AP безлічі WLAN, як показано на рис. 3. WLA-мережі під управлінням LNC формують кластер WLAN. LNC діє як координатор радіо-ресурсу через домени і піклується про проблеми, пов'язані з міждоменим роумінгом і спільним використанням ресурсу в межах кластера WLAN. Оскільки число доменів в кластері WLAN збільшується, LNC може бути створений з ієрархічною структурою, щоб зробити його більш масштабованим. Як показано на рис. 3, глобальний мережевий контролер (GNC) з'єднується з усіма LNC, що підтримують inter-WLAN-cluster спільне використання ресурсу і роумінг.

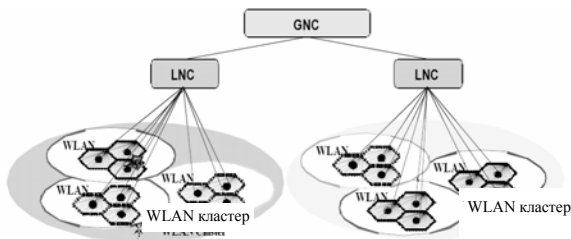


Рис. 3. Заснована на використанні посередника багатодоменна архітектура управління ресурсом для WLANs

LNC збирає вимірювання статистики використання ресурсів з усіх AP через простий протокол управління мережею (SNMP) [3]. AP збирають сигнальні характеристики у клієнтських станцій в кожному домені. Результати вимірювань потім використовуються LNC для генерування контрольних рішень по оптимізації продуктивність всього кластера WLAN.

Мета запропонованої схеми полягає в тому, щоб скоротити загальну вартість системи, корегуючи розподіл ресурсів в кожному домені. Вартість – це витрати системи на забезпечення підтримки всіх MS, при виконанні вимог до продуктивності. Вона пов'язана з доступними радіо-ресурсами для підтримки пропонованої завантаження в кожному домені і пом'якшення інтерференції від операційного середовища. LNC управляє спільним використанням ресур-

су через домени, керуючи максимальною допустимою пропускну здатністю кожної AP.

Коли максимальна допустима пропускна здатність у AP змінюється, доступні радіо-ресурси осередку обмежуються.

Отже, використання середовища змінюється, що приводить до зміни системної вартості. Тому зменшення повної системної вартості еквівалентно виявленню оптимальної допустимої пропускну здатності в кожному AP. Крім того, інтерференція WPAN може зробити негативний вплив на продуктивність WLAN, змінюючи її вимоги використання ресурсу і тому також має бути розглянута. Крім того, через динаміку в RF середовищі, сигнальні характеристики, навантаження по трафіку і інтерференційна інтенсивність змінюються в часі. В результаті оптимальне рішення розподілу ресурсів має бути динамічно скорегованим, щоб врахувати вплив на нього середовища, яке змінюється в часі.

Запропонована схема управління ресурсом включає три кроки. Перший – обчислення впливу перешкод від сусідніх каналів в кожному середовищі, засноване на повному розподілі навантаження по трафіку у всіх AP в кластері WLAN. Потім визначається комунікаційна вартість повної системи, включенням впливу інтерференції з інших джерел в операційному середовищі, комунікаційна вартість є функцією завантаження осередки, перешкод від сусідніх каналів, і інтерференції від інших служб бездротового зв'язку. На другому кроці, LNC знаходить оптимальний зразок максимальної допустимої пропускну здатності в кожній AP в безлічі доменів. Іншими словами, LNC вирішує, скільки ємності кожна AP повинен забезпечити для своїх користувачів. Ця оптимальна модель пропускну здатності призводить до мінімальної вартості системи. В кінці, LNC відправляє керуючі сигнали, засновані на розрахунку оптимальної пропускну здатності AP, щоб повідомити їм про те, як оновити їх доступні ресурси для користувачів.

Проблема багатодоменого управління ресурсом може бути сформульована як проблема оптимізації. LNC періодично оптимізує використання ресурсів в кожному домені, мінімізуючи функцію повної системної вартості. LNC не тільки знаходить оптимальну модель пропускну здатності для всіх AP, але також і визначає оптимальну ємність для кожного домена. Після того, як LNC розраховує оптимальний розподіл ресурсів, ресурси в кожному домені повинні бути оновлені. І перешкоди сусідніх каналів від іншого WLANs і інтерференцію від спів-розташованого WPANs розглядають під час процесу оптимізації. Тому, запропонована схема управління багатодоменим ресурсом може мінімізувати перешкоди від сусідніх каналів серед доменів і пом'якшити інтерференцію від операційного середовища за допомогою справедливого розподілу ресурсів. Відповідно до запропонованої схеми, використання ресурсу і перешкоди від сусідніх каналів можуть бути адаптивно збалансовані через всю інтегровану систему.

5. Оцінка результатів діяльності використовуючи моделювання

Було виконано моделювання середовища WLAN з двома доменами з IEEE 802.11b WLAN A і співрозташованим WLAN B. Багаторазові вузли Bluetooth також сорозташовуються з двома WLANs. Їх зв'язок втручається друг в друга. Модель трафіку Маркова з двома станами використовується для нашого моделювання. Є два розподілення Парето, включені в модель: одно для навантаження по трафіку з граничним значенням 6 Мбіт/с і інший для високої/низької тривалості стану. Трафік генерується в обох станах з пакетним порогом 100 Кбіт/с, що означає, коли завантаження трафіку становить менше ніж 100 Кбіт/с, ми припускаємо, що AP в низькому стані. Модель трафіку Bluetooth заснована на релейного моделі Маркова і перемикачах трафіку від ВКЛ до ВИКЛ стану з імовірністю 0.6.

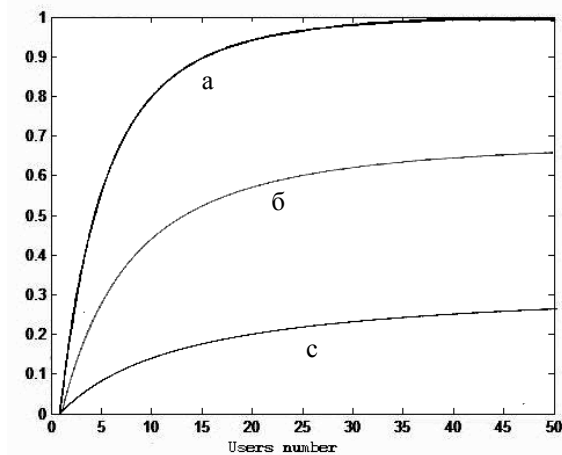


Рис. 4. Моделювання трьох методів управління розподіленням ресурсом мережі: а – централізованого, б – децентралізованого без урахування інтерференції, в – на основі MAS

Результати моделювання (рис. 4) продемонстрували, що запропонована схема багатодоменого спільного управління ресурсом більш ефективна за критерієм вартості для інтерференційної середовища WLAN / WPAN. Запропонована схема може заощадити до 74.6% вартості порівняно зі схемою, в якій кожен домен оптимізує використання ресурсів незалежно без розгляду потенційної інтерференції від спільно розташованих WPANs і до 52.8% схеми, яка включає LNC для управління розподілом ресурсів в кожному домені, але без розгляду потенційної інтерференції від спільно розташованих WPANs.

6. Розробка моделі на основі обмежувальної проблеми оптимізації мультиагента

Як представлено в попередньому розділі, ядром процесу управління ресурсом є балансування навантаження по трафіку між незкооперованими WLANs. Механізм, який реалізує балансування завантаження, є кінцевим процесом передачі використання ресурсів MS від однієї AP до іншої. Цей процес може бути ініційований двома подіями:

Тип 1: MS запитує кінцеве обладнання від однієї AP через вимоги мобільності;

Тип 2: AP, втрачає або отримує додаткове завантаження, щоб збалансувати навантаження по трафіку в межах її встановленого оточення. У роботі представлено модель, засновану на обмежувальній проблеми оптимізації мультиагента (MCOP), щоб оптимізувати кінцеве обладнання першого типу в цій роботі, щоб проілюструвати підхід.

Дискретною обмежувальною проблемою оптимізації мультиагентів (MCOP) [9] є кортеж $\{A, X, D, R\}$, де:

- $A = \{A_1, \dots, A_n\}$ є набором агентів, зацікавлених в рішенні,
- $X = \{X_1, \dots, X_m\}$ є набором змінних; зазвичай кожному агенту A_i присвоюється одна змінна,
- $D = \{D_1, \dots, D_i\}$ є набором доменів змінних, де кожен домен є кінцевим дискретним набором можливих значень, і
- $R = \{R_1, \dots, R_p\}$ є набір відносин, де ставлення R_i є службовою функцією, яка забезпечує міру значення, пов'язаного з даною комбінацією змінних.

Мета MCOP полягає в тому, щоб знайти значення X^* для змінної X_i , який максимізує суму утиліт системи мультиагента. DPOP [4], розподілений обмежувальний алгоритм оптимізації для загальних мереж, використовує динамічне програмування для свого службового розповсюдження. У DPOP є три фази: у фазі 1 алгоритм виконує розподілений по глибині перших обхід загальної мережі, щоб встановити структуру псевдодерева [5]; у фазі 2 алгоритм поширює службові повідомлення, які містять службові вектори, висхідні вздовж псевдодерева; у фазі 3 оптимальні присвоєні значення поширюються згори вниз від кореневого вузла.

Проблему розподілу ресурсів WLAN можна зобразити як мультиагентну розподілену обмежувальну проблему оптимізації. Кожній AP присвоюється агент. Проте, в будь-який момент часу, тільки підмножину цих агентів буде включено в процес розподілу ресурсів, що означає, що мультиагентна система створюється динамічно. Періодично, кожен агент прислухається до перемикачів подій. Частота перемикачів подій може бути проблемою. Якщо вони відбуваються занадто часто, то середовище є занадто динамічним, що призводить до нестабільності. Кожен тригер події активує відповідного агента AP, і мультиагентна система ініціює процес розподілу ресурсів серед всіх агентів AP, які були активовані. Змінні, що належать кожному агенту, є ідентифікаторами AP з узгодженим кінцевим обладнанням часами. Домен для змінних є набором AP в заданому оточенні AP_x 's, які є потенційними одержувачами кінцевого обладнання від MS_i 's. В агенти одержувачі можуть входити агенти безпосереднього оточення MS_i 's, а також агенти їх інтерференційного оточення.

Розглянемо наступний простий сценарій з тригерами події типу 1. Нехай у час t_0 , 3 AP ініційовані 4 MSs, Кожен тригер представляється як

$$MS_i = AP_x(t_1) \mid \{AP_y(t_2)\}, \quad (1)$$

де $MS_i \in MS$, що запитує кінцеве обладнання; $AP_x(t_1)$ є поточним обробником MS_i , і t_1 є оцінкою часу, до якого має відбутися фіналізація; а $\{AP_y(t_2)\}$ набір цільових AP в наборі оточення AP_x , до якого може бути передана MS_i , і в кожного у AP є узгоджений час t_2 , оцінка самого раннього часу передачі MS_i до AP_y .

Тривалість часу фіналізації може також бути включена як додатковий параметр в кожному перемиканні події, щоб надати мінімальні вимоги необхідного для фіналізації. Як зображено на рис. 2, службова функція для рішень забезпечується блоком моделювання використання і оптимізації (UMO). Наступний приклад ілюструє однорідне переключення, пояснене вище.

$$MS1 = AP1(t_1=8) \mid \{AP2(t_2=10)\};$$

$$MS2 = AP2(t_1=6) \mid \{AP3(t_2=7)\};$$

$$MS3 = AP2(t_1=32) \mid \{AP1(t_2=30), AP3(t_2=25)\};$$

$$MS4 = AP3(t_1=14) \mid \{AP1(t_2=7)\}.$$

Вершинами псевдодерева, створеного в алгоритмі DPOP, є AP 1, AP 2 і AP 3. Службові вектори листів визначаються службовою функцією від UMO, і оптимальне присвоєння кінцевому обладнанню місць призначення і синхронізації, обчислюється з використанням алгоритму DPOP, описаного вище. Процес розподілу ресурсів ініціюється кожен раз, коли з'являється новий набір тригерів події. Алгоритм DPOP забезпечує оптимальне рішення в межах обмеженого часу, тобто, алгоритм, гарантовано буде прагнути до оптимального рішення.

Висновки

Розгортання когнітивних радіомереж головним чином залежить від здатності інтелектуальних терміналів точно виявити ліцензованих користувачів, і розподілити отримані ресурси. Тобто розподіл ресурсів когнітивної радіомережі є однією із основних функціональних можливостей когнітивного радіо. В даній статті було проведено дослідження, як динамічно керувати спільно використовуваними радіо-

ресурсами серед множинних нескооперованих когнітивних радіомереж, використовуючи мультиагентні системи. Розглянуто компоненти запропонованої архітектури для розподіленого когнітивного управління радіо-ресурсом. Також було змальовано в загальних рисах децентралізовану реалізацію, засновану на мультиагентних системах, і було розглянуто відображення проблеми розподілу ресурсів WLAN з використанням мультиагентних систем. Запропонована схема може заощадити до 74.6% вартості порівняно зі схемою, в якій кожен домен оптимізує використання ресурсів незалежно без розгляду потенційної інтерференції від спільно розташованих WPANs і до 52.8% від схеми, яка включає LNC для управління розподілом ресурсів в кожному домені, але без розгляду потенційної інтерференції від спільно розташованих WPANs.

Список літератури

1. Hills and B. Friday, "Radio resource management in wireless LANs," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, no. 12, pp. S9--S14, December 2004.
2. Akyildiz I.F. Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey / I.F. Akyildiz, W. Lee, M. C. Vuran, S. Mohanty // *Computer Networks (Elsevier)*. – September 2006. – Vol. 50, no. 13. – P. 2127-2159.
3. Harrington D. An architecture for describing simple network management protocol (SNMP) management frameworks / D. Harrington, R. Presuhn, B. Wijnen // *Request for Comments (RFC) 3411, IETF, December 2002*.
4. Petcu A. A. Petcu, B. Faltings, "A Scalable Method for Multiagent Constraint Optimization," / A. Petcu, B. Faltings // *Canada, September 2004. 22 IJCAI 2005*. – P. 266-271.
5. Dechter R. *Constraint Processing* / R. Dechter. – Morgan Kaufmann, 2003.
6. Лисечко В.П. Дослідження методів аналізу спектру в когнітивних радіомережах / В.П. Лисечко, Ю.Г. Степаненко, І.І. Сопронок, Н.О. Брюзгіна // *Збірник наукових праць ХУПС*. – X.: ХУПС, 2010. – Вип. 3 (25). – С. 137-145.

Надійшла до редколегії 7.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХП», Харків.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ КОГНИТИВНОЙ РАДИОСЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

В.П. Лисечко, А.Н. Воронец, А.В. Северинов

В статье представлена разработка метода распределения ресурсов когнитивной радиосети с использованием мультиагентных систем. Рассмотрены компоненты предложенной архитектуры для распределенного когнитивного управления радио-ресурсом. Также, в общих чертах, обрисовано децентрализованную реализацию, основанную на мультиагентных системах, и рассмотрено отображение проблемы распределения ресурсов WLAN с использованием мультиагентных систем.

Ключевые слова: когнитивное радио, мультиагентная система, оптимизация управления, WLAN.

DEVELOPMENT OF A RESOURCE ALLOCATION METHOD FOR COGNITIVE RADIO WITH MULTI-AGENT SYSTEMS

V.P. Lysechko, O.M. Voronets, O.V. Severinov

In article working out of a method of distribution of resources cognitive is presented a radio network with use multi-agent systems. It is considered components of the offered architecture for distributed когнитивного managements of a radio-resource. Also, in general, it is depicted the decentralized realization based on multi-agent systems, and display a problem of resources distribution in WLAN with use multi-agent systems is considered.

Keywords: cognitive radio, multi-agent system, optimization management, WLAN.