

ДИНАМІЧНИЙ ДОСТУП ДО СПЕКТРУ В МЕРЕЖАХ КОГНІТИВНОГО РАДІО: ПІДХІД, ЩО ВИКОРИСТОВУЄ ТЕОРІЮ ІГОР

Журавель А.С., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. І. Сікорського, Україна

E-mail: anseezhur@gmail.com

Dynamic spectrum access in cognitive radio networks: the game theoretic approach

The spectrum access problem in cognitive radio networks from the game theoretic approach perspective was considered. The problem was represented as a non-cooperative spectrum access game.

Зважаючи на широке застосування безпроводових мереж доступу, як основного методу передачі даних між системами, не можливо не брати до уваги проблему обмеженості вільного радіочастотного спектру, що з кожним роком вимагає більш прогресивних та оптимальних рішень щодо його використання [1].

Технологія когнітивного радіо дозволяє телекомунікаційним мережам безпроводового доступу використовувати спектр динамічним чином.

Найбільш відомим застосуванням технології когнітивного радіо є техніка динамічного доступу до спектру DSA (Dynamic spectrum access). На даний час існує декілька моделей та методів даної технології, серед яких варто виділити метод, що використовує теорію ігор GTA (Game Theoretic Approach).

GTA може бути пояснений як математична структура, що включає в себе моделі та методи, які використовуються для аналізу поведінки рішень індивіда, з огляду на його інтерес до власної вигоди. В загальному ж, це математичний інструмент, що аналізує та планує взаємодію між декількома особами, що приймають рішення.

Основними компонентами GTA є: особи, що приймають рішення; простір дій; комплект утиліт (чи функцій виграшу) [2].

Даний підхід є найбільш перспективним та прийнятним методом для систем CR (Cognitive Radio), завдяки своїй головній властивості – рівновазі Неша - Nash Equilibrium (NE). В NE, вважається, що кожен гравець знає

рівноважні стратегії інших гравців, і ніхто не матиме зиску за рахунок зміни стратегії [3]. Кожен з раціональних користувачів мережі дбає лише про власну вигоду і вибирає оптимальну стратегію, яка може максимізувати його/її функцію виграшу і такий результат називають рівновагою Неша в грі некооперативного спільного використання спектра [4].

Запропонована модель гри розглядається з урахуванням як нееластичних, так і еластичних вимог до трафіку (для моделювання програм у режимі реального часу та передачі даних), які можуть бути відправлені по одному або декількох діапазонах спектру частот, що належать різним первинним операторам PO (Primary Operator).

Система мережі когнітивного радіо розглядається з урахування набору $V = \{1, \dots, N\}$ первинних операторів, кожен з яких працює на окремому частотному спектрі F_n і має власних первинних користувачів, а також набір $U = \{1, \dots, I\}$ вторинних користувачів SU (Secondary User), які бажають розділяти частотні спектри $\{F_1, \dots, F_n\}$ з основними користувачами [5].

Кожен SU може одночасно передавати по декількох смугах спектра, розподіляючи свій трафік на безліч доступних каналів, тим самим вибираючи, які первинні оператори будуть транспортувати свій трафік. В роботі розглядається два різних типи трафіку:

1. Нееластичний трафік: кожен SU має фіксовану кількість потоку для передачі, і має на меті мінімізувати його об'єктивну функцію, що являє собою загальну вартість затримок (затримок), виявлену на всіх використовуваних каналах.

2. Еластичний трафік: у цьому випадку вимоги користувачів залежать від витрат через перевантаження каналів, а також від корисності, що визначається при передачі трафіку через доступні канали.

Для розгляду вищеописаної системи мережі когнітивного радіо може бути використаний наступний сценарій (рис.1):

Рис.1 ілюструє приклад сценарію мережі когнітивного радіо з одним первинним оператором та трьома вторинними користувачами (SU_1 , SU_2 and SU_3): SU_1 та SU_2 взаємодіють один з одним на каналі n , в той час як SU_3 не взаємодіє з жодним з них [6].

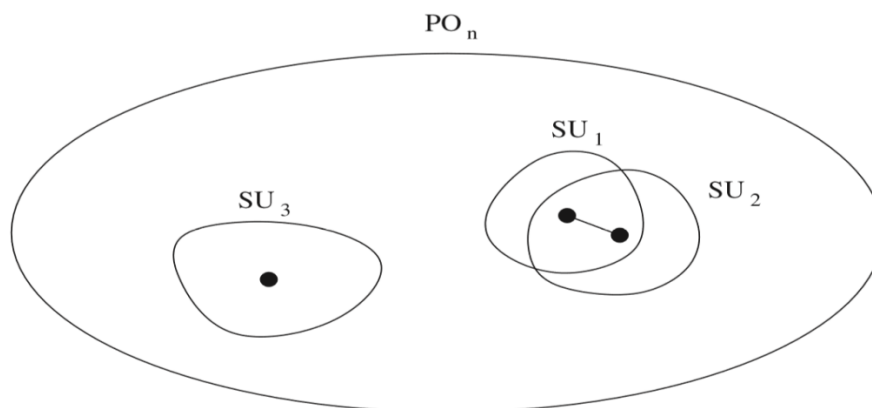


Рис. 1. Приклад сценарію мережі когнітивного радіо

В роботі було проведено розгляд проблеми доступу до спектру в мережах когнітивного радіо з теоретичної точки зору. Проблема була сформована як некооперативна гра, в якій вторинні користувачі отримують одночасно доступ до декількох діапазонів спектрів, залишених основними користувачами, оптимізуючи їх цільову функцію, яка враховує залежність від завищення функцій вартості. Було враховано як еластичні, так і нееластичні вимоги до трафіку, підтверджено та підкріплено розрахунками існування рівноваги Неша. Було також розглянуто декілька можливих мережевих сценаріїв, результати досліджень вказують на невелику різницю між рівновагою Неша та оптимальними рішеннями в усіх розглянутих сценаріях. Подальші дослідження з урахуванням отриманих результатів можуть бути спрямовані на розробку механізмів для створення соціально-оптимального використання мережі.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.
2. Журавель А.С., Кравчук С.О. Беспроводові мережі доступу з динамічним вибором спектру. – 2017.
3. Asma Amraoui, Badr Benmammam. Dynamic spectrum access techniques. LTT Laboratory, University of Tlemcen, ALGERIA.
4. Pinki Yadav, Subhajit Chatterjee, Partha Pratim Bhattacharya. A survey on dynamic spectrum access technique in cognitive radio. - International Journal of Next-Generation Networks, 2012.
5. Z. Ji, K. Liu. Dynamic spectrum sharing: a game theoretical overview. –IEEE Communications Magazine, 2007.
6. Jocelyne Elias, Fabio Martignon, Antonio Capone, Eitan Altman. Non-cooperative spectrum access in cognitive radio networks: A game theoretical model. – Computer networks, 2011.