

## **ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА ПЕРЕДАЧА ОБСЛУГОВУВАННЯ В СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ З КОГНІТИВНИМИ ТЕРМІНАЛАМИ**

**Нагорна М.М., Кравчук С.О.**

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем*

*КПІ ім. І. Сікорського, Україна*

*E-mail: margarita.nagornaya999@gmail.com*

### **DECENTRALIZED HANDOFF IN CELLULAR MOBILE COMMUNICATION NETWORKS WITH COGNITIVE TERMINALS**

In this article we will talk about decentralized handoff in mobile cellular networks with cognitive terminals. The concept of decentralized wireless networks and the main problem of resource allocation are considered. The purpose of this type of transmission is to increase the number of mobile users.

На даний час концепція децентралізованих або розподілених безпроводових мереж і проблема розподілу ресурсів є актуальною темою досліджень [1, 2]. Найпростішою децентралізованою безпроводовою системою є канал множинного доступу (МАС), який дозволяє описати низхідну лінію стільникової системи з однією базовою станцією (BS) і кількома мобільними станціями (MS). Вважається, що МАС є децентралізованим у тому сенсі, що базова станція не диктує підключеним до неї користувачам швидкість передачі інформації та рівень потужності передачі. Кожен користувач може вільно обирати свою політику розподілу потужності, щоб максимізувати певний індивідуальний критерій продуктивності.

У даній роботі представлено результати дослідження проблеми децентралізованої передачі обслуговування (ПОБ) в когнітивних мережах. Тут кожен термінал оснащений когнітивним радіо, яке використовується для визначення якості його зв'язків з різними BS та застосуванням між ними інтелектуального розподілу ПОБ. У випадку жорсткої BS, для якої існує, так звана, стабільна рівновага за Нешем, визначаємо індивідуальне за власними інтересами розподілення користувачів між BS, а потім оцінюємо його соціальну ефективність, яка вимірюється в термінах сумарної ставки. Також досліджено поширення наданих результатів на випадок багатоантенних терміналів і базових станцій. Тобто проведено дослідження поведінки вільних користувачів, що діють у власних інтересах та, що підключатимуться до різних BS. Вважається, що кожен користувач зацікавлений у максимізації власної швидкості передачі в сенсі Шеннона.

У даній роботі досліджувалась система ортогональних МАС, яка містить  $S$  базових станцій, що використовують діапазони частот, що не перекриваються, і групу з  $K$  мобільних станцій. Також припускається, що BS з'єднані за допомогою ідеальних каналів зв'язку.

У випадку жорсткої ПОБ, завдання користувача полягає в тому, щоб вирішити, до якої BS найкраще підключитися, враховуючи той факт, що BS мають різні характеристики. Базові станції відрізняються за рівнем шуму прийому та кількістю обслуговуваних користувачів, але вони також можуть відрізнятися за кількістю антен, пропускну здатністю або будь-яким іншим параметром, який може визначити швидкість передачі. Причина, чому припускається, що мобільні термінали обладнані когнітивним радіо [3] полягає в прагненні до максимальної незалежності користувачів від базових станцій. Завдяки когнітивному радіо кожен користувач може контролювати оточення, оцінити швидкість передачі, пов'язану з даним маршрутом, і прийняти оптимальне рішення з точки зору його корисності. Тому проблему, що розглядається, можна розглядати як узагальнену версію проблеми «автомобіль проти громадського транспорту». Кожен пасажир діє у власних інтересах і обирає маршрут, який мінімізує час саме його пересування, а не інших. Припускаючи розумні функції для залежності часу поїздки на роботу від кількості користувачів для двох маршрутів, є доцільним існування та унікальність стабільної рівноваги Неша (NE Nash equilibrium) для даного випадку [4]. У даній установці дана ситуація відповідає мережі з двома базовими станціями, для яких дозволена лише жорстка передача обслуговування, а переповнений маршрут відповідає базовій станції з високим рівнем багатокористувацьких перешкод.

Досліджувана глобальна система складається з  $K$  мобільних станцій і  $S$  базових станцій, які використовують частотні діапазони, що не перекриваються, які прийняті рівними і нормованими на 1 Гц. Усі термінали мають лише одну антену

Отже, для налаштувань  $S = 2$ ,  $N_1 = 1$ ,  $N_2 = 10$ ,  $P = 10$  і  $K = 20$  (рис. 1). Для схеми SUD спонтанний перерозподіл користувача в BS 1 становить приблизно 0,5, хоча існує кращий перерозподіл, який забезпечить загальну швидкість близько 5 біт/с замість 3 біт/с, що показує потенціал механізму ціноутворення, коли SUD використовується на базових станціях. З іншого боку, коли припускається, що оптимальний індивідуальний перерозподіл становить приблизно 0,75, а відповідна сумарна швидкість досить близька до оптимальної сумарної ставки, отриманої при  $x_1 = 0,52$ . Очевидно, що ціноутворення є менш перспективним, коли впроваджується SIC.

У випадку, коли розглядаються кілька антенних терміналів, і для якого канали вже не статичні, а змінні в часі. Налаштування:  $S = 2$ ,  $K = 20$ ,  $N_1 = 1$ ,  $N_2 = 10$ ,  $n_r = n_t = 4$  (рис. 2). Схема декодування, що використовується базовими станціями для однокористувацького декодування. Рівновага відповідає точці перетину між утилітою для користувача 1 і корисністю для користувача 2. У вибраній установці перерозподіл користувачів є досить рівномірним, оскільки  $x_1^* = 0.525$ . Цей перерозподіл відбувається, коли багатокористувацькі перешкоди сильно домінують над шумом. Тоді рівень шуму прийому БС більше не є вирішальною характеристикою для базової станції.

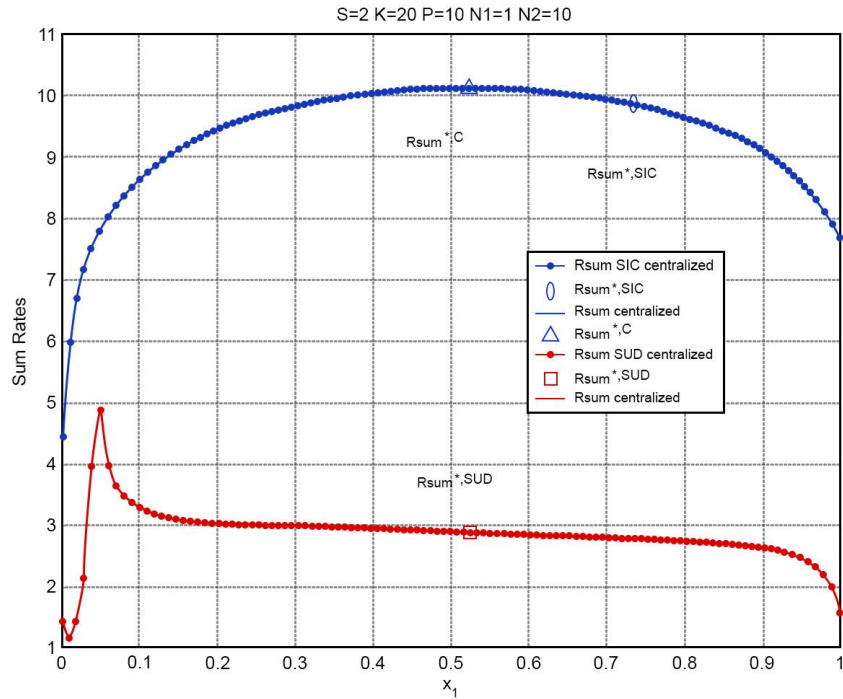


Рис. 1. Досяжна сумарна швидкість у залежності від частки користувача в базовій станції. Припущення: жорстка передача обслуговування, канали AWGN, одиночні антенні термінали. Налаштування:  $S = 2$ ,  $K = 20$ ,  $P = 10$ ,  $N1 = 1$ ,  $N2 = 10$ .

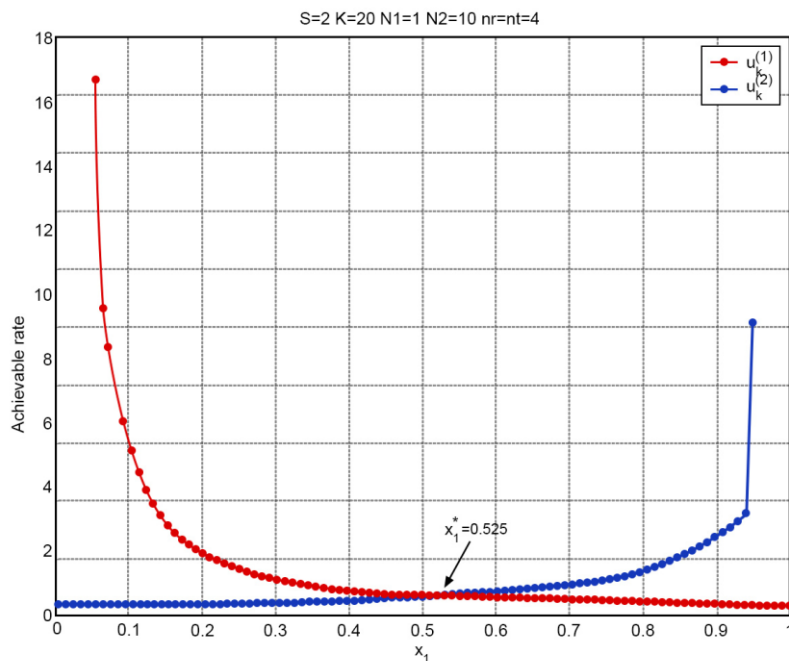


Рис. 2. Залежність утиліт користувача від частки користувачів у базовій станції. Припущення: жорстка передача обслуговування, загасання каналів, багатоантенні термінали. Налаштування:  $S = 2$ ,  $K = 20$ ,  $N1 = 1$ ,  $N2 = 10$ ,  $nr = nt = 4$ .

У випадку децентралізованих мереж з когнітивними терміналами з жорстким хендовером поняття переваги може бути розширено. У цій статті користувач, що діє у власних інтересах розрізняє базові станції за їх шумами при прийомі та рівнями багатокористувацьких завад. Також було помічено потенціал розробки механізму ціноутворення в мережах з жорстким хендовером, особливо коли на БС передбачається однокористувацьке декодування. Коли передбачається SIC, слід оцінити оптимальність запропонованого механізму координації, щоб знати, чи завжди він ефективний за сумарною швидкістю.

Досліджено проблему децентралізованої ПОБ в когнітивних мережах. Проведено дослідження індивідуальної ефективності, що визначається сумарною ставкою у двох випадках жорсткої передачі: SIC та SUD. Визначено індивідуальне за власними інтересами розподілення користувачів між базовими станціями, також виконано аналіз отриманих даних індивідуальної ефективності, яка вимірюється в термінах сумарної ставки. Проведено дослідження можливості поширення наданих результатів на випадок багатоантенних терміналів і базових станцій. Проведено дослідження поведінки вільних користувачів, що діють у власних інтересах та, що підключатимуться до різних BS. Проведено моделювання, у результаті якого мав місце великий потенціал розробки механізму ціноутворення в мережах з жорсткою ПОБ, особливо коли на BS передбачається однокористувацьке декодування. Тому очевидно, що ціноутворення є менш перспективним, коли впроваджується випадок SIC.

### Література

1. M. Serizawa and D. J. Goodman, "Traffic sharing scheme for distributed dynamic channel allocation", in *the IEE Proc. of the 7th European Conference on Mobile and Personal Communications*, Dec. 1993, pp. 131–135.
2. S. A. Grandhi, R. Vijayan and D. J. Goodman, "Distributed power control in cellular radio systems", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 42, No. 234, pp. 226–228, Feb/Mar/Apr 1994.
3. B. A. Fette, "Cognitive Radio Technology", *Newnes editors*, 2006.
4. A. K. Dixit and B. J. Nalebuff, "Thinking Strategically: The Competitive Edge in Business, Politics, and Everyday Life", *Paperback*, Chap. 9, pp. 228–231, 1993.
5. A. Tulino and S. Verdu, "Random Matrices and Wireless Communications", *Foundations and trends in communications and information theory*, NOW, *The Essence of Knowledge*, 2004.