

# ОЦІНКА ЄМНОСТІ СИСТЕМ РАДІОДОСТУПУ

Дацько С.В.<sup>1</sup>, Старокожев С.В.<sup>1</sup>, Обод І.І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра мікропроцесорних технологій і систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, E-mail: d\_mts@nure.ua

*Анотація. У роботі отримано вирази для оцінки інформаційної ємності мобільних систем та мереж радіодоступу при використанні технологій просторового множинного доступу. Показано, що інформаційна ефективність систем та мереж з використанням технологій просторового доступу значно більша за рахунок, як одночасного обслуговування кількох користувачів, так і за вибором їх оптимальної кількості.*

*Ключові слова – оцінка, інформаційна ємність, мобільна мережа, множинний доступ.*

## I. Вступ

Системи радіодоступу (СРД) відіграють значну роль у розвитку інформаційних технологій [1]. Однією з вимог розвитку СРД є забезпечення значного збільшення швидкості передачі при зростанні кількості користувачів [2]. Вирішення цієї актуальної задачі можливе лише при широкому використанні адаптивної та просторово-часової обробки сигналів, а також реалізації комбінованих (адаптивних) методів множинного доступу (МД) в основу яких покладено МД із просторовим поділом каналів [3-5].

Метою роботи є оцінка інформаційної ємності каналу обміну інформацією в СРД при реалізації просторових технологій множинного доступу.

## II. Оцінка ємності

СРД розглядають як інформаційну мережу радіодоступу у складі базової станції, що має антенну решітку (АР) з кількістю елементів, що дорівнює  $M$  та  $K$  абонентських станцій (АС). На базовій станції (БС) є просторово-часовий кодер, який перетворює вхідний потік даних у послідовність просторових символів, кожен з яких випромінюється одночасно всіма антенами, що передають. На кожній АС є просторово-часовий декодер, який забезпечує просторово-тимчасову обробку прийнятих сигналів, зворотню по відношенню до обробки, виконаної на стороні, що передає.

Одним з найважливіших параметрів СРД є інформаційна ємність (ІЄ) каналу, під яким розуміється максимальна швидкість передачі інформації, що досяжна в даному каналі зв'язку на  $1$  Гц його смуги пропускання. ІЄ детермінованого каналу при дії адитивного білого шуму визначається за теоремою Шеннона-Хартлі, яку для каналу зв'язку з адитивним гаусівським білим шумом є функцією потужності сигналу та шуму, ширини смуги пропускання можливо записати як [5-7]

$$C = \log_2 \left[ 1 + \left( \frac{P_s}{N_0 \Delta F} \right) \right], \text{ [біт/с/Гц]}, \quad (1)$$

де  $P_s$  – визначається повною випромінюваною потужністю  $P_0$ ,  $\Delta F$  – частотний ресурс каналу,  $N_0$  – спектральна щільність шуму.

Так як ІЄ каналу зв'язку з адитивним гаусівським білим шумом є функцією потужностей сигналу та шуму, ширини смуги пропускання. Та враховуючи, що сигнали на виході блоку просторової обробки незалежні (ортогональні), та розглядається рівномірний розподіл потужності між антенними елементами, то  $\rho_i = P_0 / M$ , і тоді (1) можна записати як [5-7]

$$C = \sum_{i=1}^M \log_2 \left[ 1 + \frac{P_0}{M \sigma_0^2} \right], \quad (2)$$

Повну потужність  $P_0$ , випромінювану БС, вважатимемо обмеженою. Це означає, що за наявності  $K$  користувачів потужність, призначена кожному з них, зменшується  $K$  разів і дорівнює  $P_0 / K$ . Оскільки число користувачів дорівнює  $K$ , то матриця-проектор проектує  $M$ -мірний ваговий вектор користувача підпростір розмірності  $(M - K)$ . Отже, енергетичні втрати з допомогою поділу  $K$  користувачів збільшуються і становлять величину  $1 - (K - 1)M$ . У цьому випадку можливо обчислити середнє значення відношення сигнал-шум на виході антени  $k$ -го користувача та отримати звідки повна середня ІЄ системи

$$C \approx \log_2 \left\{ 1 + \frac{q_0}{K} [M - (K - 1)] \right\}. \quad (3)$$

Отримані аналітичні вирази для ІЄ системи справедливі за довільних значень як елементів антенної решітки на БС, так і кількості користувачів.

## III. Висновки

Встановлено, що наявна оптимальна кількість абонентів, для яких слід застосовувати просторовий поділ абонентів. За такої оптимізації максимізується повна середня інформаційна ємність системи, а оптимальна кількість абонентів залежить від енергетики радіолінії.

За умови наближення кількості користувачів до кількості антенних елементів АР продуктивність системи знижується, що обумовлено зменшенням рознесення користувачів і зниженням енергетики радіолінії.

## IV. Список літератури

- [1] І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.
- [2] Свид І.В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.
- [3] Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
- [4] Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору: монографія. / За заг. ред. І.І. Обода. Харків: ХНУРЕ, 2014. 312 с.
- [5] І.І. Обод, І.В. Свид, І.В. Рубан, Г.Е. Заволодько. Математичне моделювання інформаційних систем: навч. посібник. Харків : Друкарня Мадрид, 2019. 270 с.
- [6] I. Svyd, I. Obod, and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or foe systems," Data-Centric Business and Applications, pp. 287–306, 2021. doi:10.1007/978-3-030-71892-3\_12
- [7] V. Semenets, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, and M. Tkach, "Quality Assessment of measuring the coordinates of airborne objects with a secondary surveillance radar," Data-Centric Business and Applications, pp. 105–125, 2021. doi:10.1007/978-3-030-71892-3\_5