

УДК 621.396.96

Серіков А. О., аспірант

Науковий керівник: Свид І. В., к.т.н., доцент

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра мікропроцесорних технологій і систем, м. Харків, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4635-6542>

ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЄМКОСТІ МОБІЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Мобільні інформаційні мережі (МІС) та технології грають суттєву роль прискорювача розвитку інформаційних технологій. Однією з вимог розвитку МІС є забезпечення значного збільшення швидкості передачі при зростанні кількості користувачів [1-4]. 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.

Специфікою МІС є те, що абоненти можуть мати лише одну антену, що, як правило, визначено габаритами мобільної станції, що природно позичає можливість просторової технології, за якої тільки базова станція може мати багатoelementну антену або ААС. Основними елементами процедури контролю повітряного простору є аналіз повітряної обстановки й прийняття рішень. Рішення приймає особа на основі аналізу відповідним чином підготовленої інформації про стан повітряної обстановки. Правильне рішення може бути прийнято лише тоді, коли є досить повна, точна, достовірна й безперервна інформація про повітряну обстановку в зоні управління. Отже, якість прийняття рішень визначаються якістю й складом інформації, на основі якої особа приймає рішення [5-7].

Мета роботи. Оцінка інформаційної ємності каналу обміну інформацією в МІС при реалізації просторових технологій множинного доступу.

МІС можливо розглядати як мережу радіодоступу у складі базової станції (БС), що має антенну решітку (АР) з кількістю елементів, що дорівнює M та K абонентських станцій (АС). На БС є просторово-часовий кодер, котрій 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-часову обробку прийнятих сигналів, зворотну по відношенню до обробки, виконаної на стороні, що передає [8-11].

Так як інформаційна ємність (ІЄ) каналу зв'язку з адитивним гауссовим білим шумом є функцією потужності сигналу та шуму, ширини смуги пропускання, то ІЄ детермінованого каналу передачі інформації при дії адитивного білого шуму можливо записати наступним чином

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

де $q = P_s / P_{sch}$ - визначається повною потужністю, що випромінюється БС P_0 , ΔF – частотний ресурс каналу, N_0 – спектральна щільність шуму.

Якщо вважати, що сигнали на виході блоку просторової обробки ортогональні, то (1) можна переписати у вигляді

$$C = \sum_{i=1}^M \log_2 \left(1 + \frac{P_i}{\sigma_0^2} \right). \quad (2)$$

Як впливає з виразу (2) ІЕ системи залежить від способу розподілу повної потужності P_0 передавача між антенними елементами БС.

Якщо розглядати рівномірний розподіл потужності між антенними елементами, то $p_i = P_0 / M$ і тоді ІЕ системи визначається виразом

$$C = \sum_{i=1}^M \log \left(1 + \frac{P_0}{M\sigma_0^2} \right). \quad (3)$$

Припустимо, що система зв'язку повинна забезпечити незалежне обслуговування користувачів. Повну потужність P_0 , випромінювану БС, вважатимемо обмеженою при незалежній кількості користувачів. Це означає, що за наявності K користувачів потужність, призначена кожному з них, зменшується K разів і, отже, дорівнює P_0 / K . Для забезпечення просторового поділу K користувачів також застосовується ортогоналізація вагових векторів просторової обробки сигналів БС. Ця процедура є додатковим перетворенням сигналів і може бути виконана за допомогою матриць-проекторів на підпростір, ортогональне всім ваговим векторам крім вектору самого користувача.

Матриця-проектор проектує K -мірний ваговий вектор користувача на $(M - 1)$ -мірний підпростір. Ваговий вектор аналізованого користувача є випадковим вектором, рівномірно розподіленим в M -мірному просторі, і при його проектуванні в підпростір меншої розмірності втрати в відношенні сигнал/шум визначаються ступенем зменшення розмірності цього підпростору.

Оскільки число користувачів дорівнює K , то матриця-проектор проектує m -мірний ваговий вектор користувача підпростір розмірності $(M - K)$. Таким чином, енергетичні втрати з допомогою поділу K користувачів збільшуються і становлять величину $1 - (K - 1)M^{-1}$. У цьому випадку середнє значення відношення сигнал/шум на виході антени q -го користувача дорівнює

$$q_m^q = \frac{q_0}{K} M \left(1 - \frac{K - 1}{M} \right), \quad (4)$$

звідки повна середня інформаційна ємність системи визначається як

$$C \approx K \log_2 \left\{ 1 + \frac{q_0}{K} [M - (K - 1)] \right\}. \quad (5)$$

Таким чином в роботі отримано аналітичні вирази для ІЕ мобільних інформаційних систем в умовах релеївських завмирань сигналів котрі справедливі при довільних значеннях як кількості елементів антенної решітки на БС, так і кількості користувачів. При цьому слід зазначити, що отримані

аналітичні вирази для ІЕ системи справедливі при довільних значеннях як елементів антенної решітки на БС, так і кількості користувачів.

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. I. Obod, I. Svyd, O. Vorgul, O. Maltsev, O. Datsenko, and N. Boiko, "Optimization of data processing structure for multi-position radar surveillance systems," 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021. doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575286.

6. I. Svyd, I. Obod and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or Foe Systems", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham, pp. 287-306, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_12.

7. О.П. Черних, І.І. Обод, І.В. Свид. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, том 2, вип. 9(50), 2011. С. 23-25. doi: 10.15587/1729-4061.2011.1850.

8. І.В. Свид, А.І. Обод. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91-93.

9. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and S. Starokozhev, "The Effect of Masking Interference on the Quality of Request Signal Detection in Aircraft Responders of the Identification Friend or Foe Systems," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 721-726, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467955.

10. M.K. Abdul-Hussein, O. Strelnytskyi, I. Obod, I. Svyd and H. Alrikabi, "Evaluation of the Interference's Impact of Cooperative Surveillance Systems Signals Processing for Healthcare", International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE), vol. 18, no. 03, pp. 43-59, 2022. doi: 10.3991/ijoe.v18i03.28015.

11. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, I. Shevtsov and O. Bilotserkivets, "Optimizing the Request Signals Detection of Aircraft Secondary Radar System Transponders," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 652-657, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926991.