

УДК 621.396.946

МОДЕЛЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ В МЕРЕЖАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 4- 5G

Літвінов О.О., Літвінов І.О., Москалець М.В.
e-mail: oleksii.litvinov1@nure.ua, ivan.litvinov@nure.ua,
mykola.moskalets@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки,
каф. ІКІ ім. В.В. Поповського,
м. Харків, Україна

The paper proposes a method for reusing frequency channels to increase the efficiency of radio frequency resource use and applies a method of multiple overlapping of base station beam patterns to increase network capacity and performance. The calculation formulas obtained as a result of the research allow estimating the gain and subscriber capacity of mobile communication systems when using the algorithm for selecting the least loaded BS in the overlap zone. Computations and simulation modeling have shown that in the 5G system, when using the selection algorithm, the gain in subscriber capacity can reach 15%.

Для ефективного використання частотного ресурсу системами мобільного зв'язку 4-5G доцільно застосовувати модель повторного використання частот з урахуванням зон перекриття [1], що не враховується у існуючій методиці оцінки необхідного частотного ресурсу для систем мобільного зв'язку, наведеної в Рекомендації МСЕ-Р М.1651.

Будь-який мобільний оператор намагається забезпечити якомога більшу зону покриття для надання різних послуг зв'язку більшій кількості користувачів. Однак через безліч факторів, що впливають на розмір зони покриття зробити це неможливо. У загальному випадку розрахунок зони обслуговування базової станції проводиться на основі енергетичного балансу радіолінії та вихідних даних про трафік роботи.

Залежно від отриманих результатів, вибирається найменша зона обслуговування. При цьому вибирається план мережі, визначається розмір кластера, кількість секторів у осередку, кількість частотних каналів у кластері. Визначається відстань між базовими станціями, що працюють на частотах, що збігаються.

У системах радіозв'язку для підвищення якості обслуговування зону обслуговування планують таким чином, щоб існувало перекриття сусідніх стільників. При цьому абоненти, що знаходяться в зоні перекриття, можуть обслуговуватися будь-якою з доступних точок доступу. При знаходженні в зонах перекриття мобільна станція (МС) може працювати з будь-якою з базових станцій (БС) і навіть кількома. При цьому природно орієнтуватися на вибір найменш завантаженої БС, що дозволить найбільш рівномірно

(раціонально) розподіляти навантаження і в кінцевому рахунку забезпечувати найбільшу ємність системи (здатність навантаження) при збереженні заданих характеристик за показниками відмов. Як модель системи масового обслуговування розглядатимемо модель з пуассонівським потоком вимог з інтенсивністю λ , показовим законом обслуговування з інтенсивністю μ та дисципліною обслуговування з чистими втратами [2].

На рис.1 представлена модель планування, що складається із семи комірок з максимальним коефіцієнтом перекриття $N = 4$.

Виклики із зони k -кратного перекриття буде заблоковано, якщо всі канали зв'язку k - доступні точки доступу будуть зайняті. Таким чином, ймовірність P_k блокування заявок у зоні k -кратного перекриття може бути обчислена за такою формулою:

$$P_k = p^k(C), \quad k = \overline{1, K}, \quad (1)$$

де $p(C)$ - Імовірність заняття всіх каналів.

Можливість блокування викликів P в соті можна отримати як суму ймовірностей блокувань в окремих зонах перекриття стільника:

$$P = \sum_{k=1}^K \frac{S_k^c}{S_c} P_k \quad (2)$$

де S_c - площа стільника; S_k^c - площа зони k -кратного перекриття

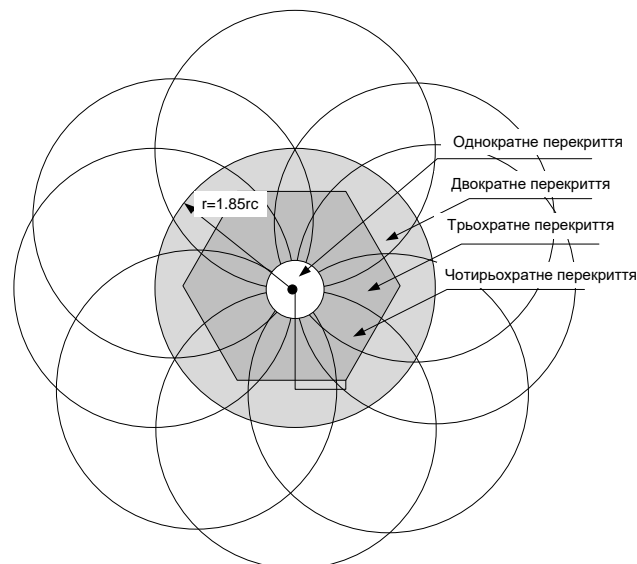


Рисунок 1 – Модель територіального планування БС мобільної мережі 5G з максимальним коефіцієнтом перекриття $N = 4$.

Визначення ймовірності блокування дзвінків у соті під час використання зон перекриття дозволяє точніше оцінити зміни

функціонування системи мобільного зв'язку 5G порівняно з підходом, що застосовується операторами мобільного зв'язку, наведеним у Рекомендації МСЕ-Р М.1651.

Більше того, наявність зон перекриття дозволяє знизити можливість блокування викликів у соті.

Представлені алгоритми можуть бути використані для отримання більш точних оцінок щодо мінімально необхідного частотного ресурсу для систем мобільного зв'язку 4-5G.

Таким чином, комірчаста архітектура побудови мереж 4-5G різної ємності є дієвим механізмом збільшення ефективності їх функціонування.

Для аналізу досяжного виграшу під час використання зон перекриття складемо рівняння балансу фаз при стаціонарному розподілі навантаження за умов суцільного однорідного покриття площі стільниками з перекриттям зон. Введемо такі позначення: k - кратність перекриття території, яка змінюється від 1 до 4 - максимально можливої кратності покриття території в стільниковій мережі; λ_k -сумарна інтенсивність вхідних запитів на площі радіозв'язку БС (сектору) з k -кратним покриттям.

Якщо прийняти модель з рівномірним розподілом щільності інтенсивності виникнення запитів на території, то

$$\lambda_k = \lambda_c \frac{S_k}{S_c} k_i, \quad (3)$$

де c - загальна сумарна інтенсивність виникнення запитів на території одного виділеного сектора (стільники); S_k - площа виділеного сектора (стільники), на якій спостерігається k -кратне покриття; S_c - площа виділеного сектора (соти).

Фактично це означає, що інтенсивності ($k = 1, 2, \dots, K$) пропорційні відносним площам k -кратних покриттів у межах зони радіозв'язку виділеної БС (сектору БС). Величина λ_k/k визначатиме інтенсивність виникнення запитів на території k -кратного покриття, що знаходиться виключно на території стільника (сектору стільника), що відповідає структурі, представленій на рис.1.

Отримані в результаті проведених досліджень розрахункові формули дозволяють оцінити виграш та абонентської ємності мобільних систем при використанні алгоритму вибору найменш завантаженої базової станції у зоні перекриття. Розрахунки та імітаційне моделювання показали, що в мережі мобільного зв'язку 5G при використанні алгоритму вибору виграш в абонентській ємності може досягати 15%.

Список використаних джерел:

1. Koliadenko, Y., Moskalets, M., Badieiev, V., Savchenko, R. Method Radio Resource Allocation in Cognitive Radio Network. Information and Communication Technologies and Sustainable Development. ICT&SD 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 809. Springer, Cham.

2. Muliar B, Koliadenko YU., Moskalets M., Loshakov V., Martynchuk O., Ageyev D. Interaction Model and Phase States at Frequency Resource Allocation in a Grouping of Radio-Electronic Equipment of 5G Mobile Communication Network. 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2022, pp. 1-7.