

УДК 621.396:[004.738.5:004.722]

## **ОЦІНКА МЕХАНІЗМІВ ОБ'ЄДНАННЯ КОРИСТУВАЧ-СОТА У СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ B5G**

Сусловець Р.І., Токар Л.О.

e-mail: [ruslan.suslovets@nure.ua](mailto:ruslan.suslovets@nure.ua), [liubov.tokar@nure.ua](mailto:liubov.tokar@nure.ua)

Науковий керівник – к.т.н., доц. Токар Л.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

каф. ІКІ ім. В.В.Поповського

м. Харків, Україна

The issue of preserving load balancing in the UA aggregation procedure for B5G networks is analyzed. It is shown that in B5G networks it is necessary to distinguish between high-throughput users taking into account tight latency constraints. The performance of UE-based and SINR-based UA mechanisms is evaluated. A network model is built and the results of the bandwidth of a streaming video service are obtained taking into account the probability of blocking.

Складна природа мереж п'ятого та наступних поколінь Fifth Generation and Beyond (B5G) вимагає постійного вирішення питань збереження балансування навантаження під час роботи механізмів об'єднання користувач-сота User-Cell Association (UA). Велике значення має облік додаткових параметрів - навантаження на сусідні соти, урахування потреб обладнання користувача User Equipment (UE) та його мобільності. Завдання балансування кількості користувачів, що обслуговуються малими сотами, що містяться в одній макросоті, і макросотою, є важливим, особливо для мереж B5G, що визначає актуальність роботи.

Слід розрізняти два основних механізми об'єднання мереж: об'єднання UA, де процес налаштований UA на конкретні параметри кожного UE (механізм UA на основі UE), і механізм UA на основі SINR, де всі користувачі обробляються в припущенні, що вони майже статичні [1, 2]. У роботі проведено оцінку продуктивності механізмів UA на основі UE та UA на основі SINR.

У моделюванні враховано неоднорідне споживання пропускної здатності кожним UE та рівномірний їх розподіл. По суті схема UA на основі SINR повинна пов'язувати рівномірний розподіл розташування UE, при цьому навантаження не може бути збалансовано, так як за аналізом рівня сигналу неможливо розрізнити користувачів, що знаходяться поруч один з одним. На відміну від неї, схема порогового значення UA на основі UE може розрізняти користувачів на основі їх вимог до пропускної здатності. У моделі розглянуто систему, що обслуговує 4000 користувачів, моделювання проведено в середовищі Matlab.

Для дослідження побудовано модель мережі, що складається з чотирьох макросот, кожна з яких містить три малі соти. Передбачається, що всі макросоти в системі перекриваються, тому кожен UE потенційно може

обслуговуватися принаймні двома макросотами. Оцінку проведено для соти А (рис. 1).

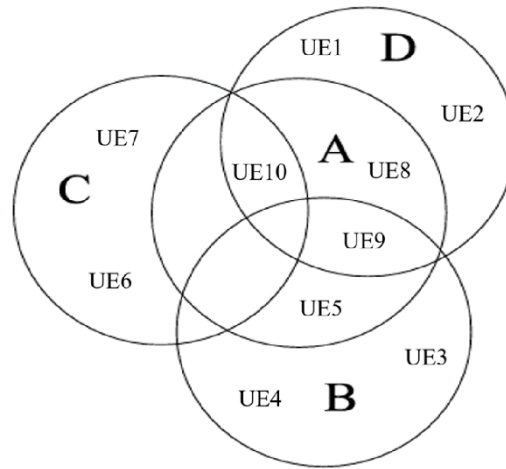


Рисунок 1 - Модель мережі для дослідження

У дослідженні отримано пропускну здатність сервісу, яка визначається як максимальна кількість відеосеансів, які можуть одночасно обслуговуватися кожною сотою, що необхідно для забезпечення якості обслуговування QoS з максимальною ймовірністю блокування 0,05 для сервісів потокового відео, враховуючи, що середня тривалість відеосеансу становить 50 хв. (рис. 2)

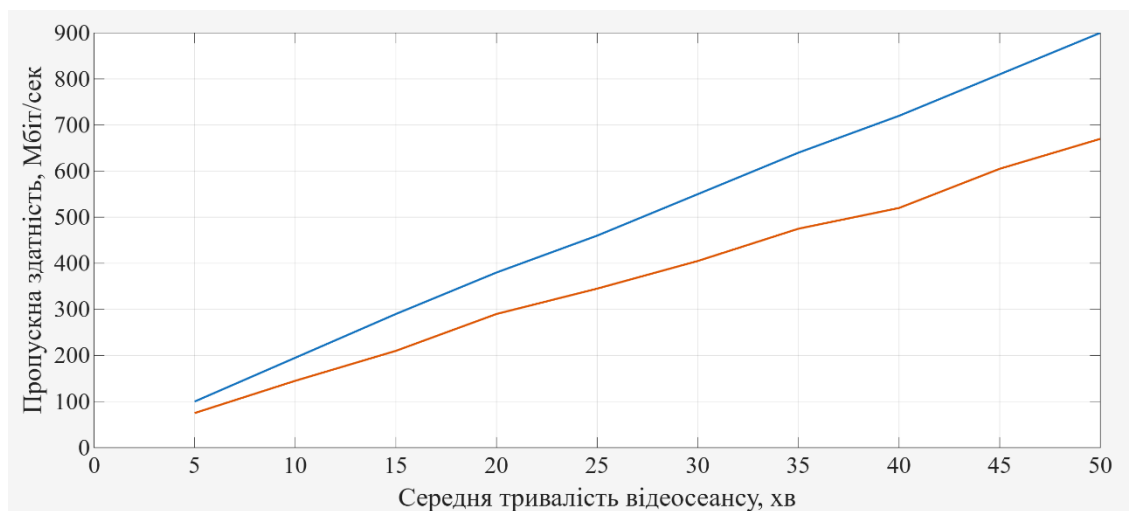


Рисунок 2 - Результати пропускної здатності сервісу із середньою тривалістю відеосеансу 50 хв.

Умови аналізу передбачають обслуговування лише запити потокового відео. Вочевидь, що для обслуговування інших запитів необхідно виділити більше ресурсів пропускної здатності. Тому рис. 2 показує нижню межу ресурсів пропускної здатності, що необхідна надання відеопослуг.

Для оцінки продуктивності проведено порівняння схеми порогової UA на базі UE зі схемою UA на базі SINR. Визначено можливість прибуття

послуг потокового відео в залежності від середньої тривалості відеосеансу  $\lambda$ , що показано на рис. 3.

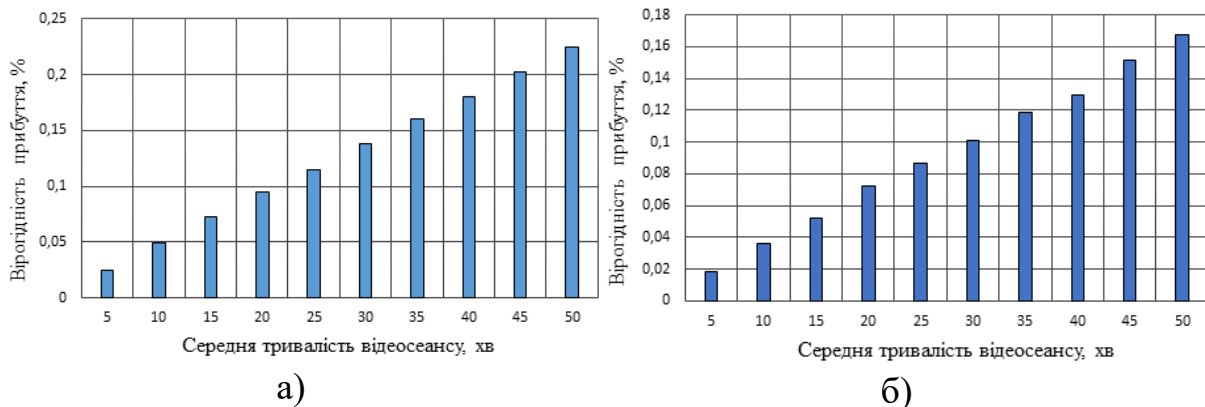


Рисунок 3 - Результати ймовірності прибуття послуг потокового відео для: а) схеми UA на базі SINR; б) схеми UA з урахуванням UE

Результати оцінки ймовірності послуг потокового відео зведено до таблиці 1.

Таблиця 1 – Кількість ресурсів пропускної здатності, необхідних для надання послуг потокового відео

|                |    |    |    |    |    |
|----------------|----|----|----|----|----|
| $\lambda$ , xv | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Різниця, %     | 34 | 31 | 36 | 38 | 34 |

Дослідження показало, що загалом порогова схема UA на основі UE може знизити кількість ресурсів пропускної здатності, необхідних для надання послуг потокового відео, до 30% порівняно із схемою UA на основі SINR. Таким чином, щоб гарантувати QoS з максимальною ймовірністю блокування 0,05 для сервісів потокового відео, використовуючи схему UA на основі SINR, потрібно щонайменше 194 відеоканалу на макросоті, тоді як для схеми UA на основі UE потрібно лише 145 відеоканалів.

#### Список використаних джерел:

1. Zohar N. To associate or not to associate? A user-based threshold scheme for 5G and beyond networks. *ICT Express*. 2025. Vol. 11, Is. 3. P. 390-401.
2. Ye Q., Rong B., Chen Y. et al. User association for load balancing in heterogeneous cellular networks. 2013. *IEEE Transactions on Wireless Communications*. Vol. 12(6). P. 2706-2716.