

## СПІЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІЛІМЕТРОВИХ ТА СУБМІЛІМЕТРОВИХ ХВИЛЬ

Лютий А.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Коляденко Ю.Ю.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
каф. ІКІ ім В.В. Поповського,  
м. Харків, Україна  
e-mail: [artem.liutyi@nure.ua](mailto:artem.liutyi@nure.ua)

Current new 5G millimeter-wave (mm-wave) radio (NR) systems, as well as future 6G radio access technologies (RATs) in the terahertz (THz) band, will rely heavily on beamforming to combat excessive path loss. In addition, both RATs are designed for the same inelastic traffic that requires high data rates and is susceptible to blocking phenomena. To improve service reliability in these systems, multiple connections can be used to dynamically switch ongoing sessions between the two technologies. The purpose of this work is to investigate the use of millimeter and submillimeter waves for joint use.

Розглянемо стадію розгортання систем міліметрових хвиль (ММХ) NR і зосередимося на одній комірці ММХ базової станції (БС) круглої форми з радіусом  $R_M$ , (рис. 1), де  $R_M$  є таким, що блокування на краю комірки не призводить до відключення. Поряд з ММХ БС знаходиться ТГц БС, що характеризується радіусами покриття  $R_{T,1}$  і  $R_{T,2}$ , де перший радіус такий, що жодні сеанси, які знаходяться всередині  $(0, R_{T,1})$ , не зазнають відключення у випадку блокування, в той час як сеанси з кільця  $(R_{T,1}, R_{T,2})$  можуть зазнати відключення у випадку блокування.

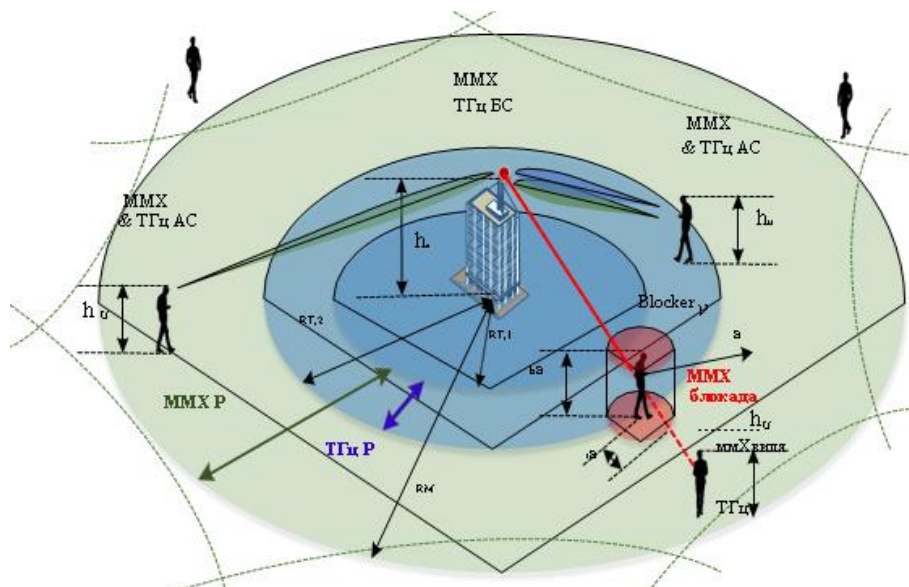


Рис. 1. Розгорнута система 6G зі спільним розміщенням БС ММХ/ТГц.

Висота БС однакова,  $h_A$ . Висота АС -  $h_U$ . Смуга пропускання БС ММХ і ТГц -  $B_M$  і  $B_T$ .

Процес надходження сеансів є пуассонівським з інтенсивністю  $\lambda_A$  сес./с·м<sup>2</sup>. Вважається, що геометричні місця розташування сеансів рівномірно розподілені в зоні покриття ММХ. Час обслуговування сеансів розподілено за експоненціальним законом з параметрами  $\mu$ . Кожен сеанс вимагає швидкість передачі даних  $R_b$  Мбіт/с.

Передбачається, що всі АС підтримують функцію мультизв'язності [4]. Оскільки основне погіршення продуктивності в розглянутих майбутніх щільних розгортаннях 6G ММХ/ТГц спричиняється динамічним блокуванням людського тіла, розглядаємо дві схеми об'єднання: ММХ (ММХ Р) і ТГц (ТГц Р) (рис. 2).

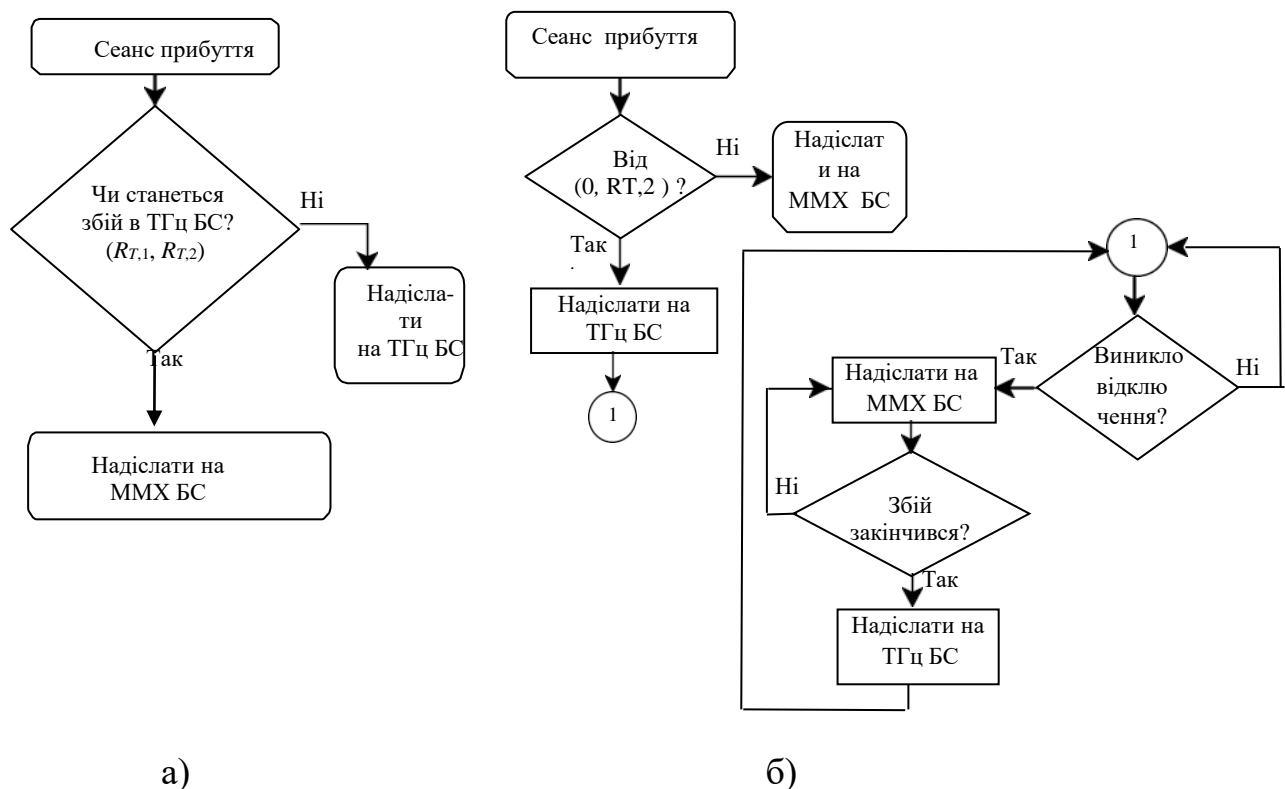


Рис. 2. Схема об'єднання: (а) перевага надається ММХ, (б) перевага надається ТГц

У першій схемі на ТГц БС приймаються лише ті сеанси, які не зазнають відключення через блокування. Це відповідає колу радіусом  $R_{T,1}$  на рис. 1. Решта сеансів надходять до ММХ БС і залишаються там, доки їх обслуговування не буде завершено або сеанс не буде припинено.

У схемі, якій надається перевага в ТГц, сеанси, що надходять з кола радіусом  $R_{T,2}$ , спочатку приймаються в ТГц БС.

Ті сеанси, які зазнають відключення з ТГц БС в кільці ( $R_{T,1}$ ,  $R_{T,2}$ ) тимчасово перенаправляються на ММХ БС і повертаються назад, як тільки блокування з ТГц БС закінчується.

У цій схемі більше трафіку спочатку спрямовується на ТГц БС, але частина сеансів може зазнати відключення в результаті блокування.

Сесія, яка прийнята на обслуговування в ММХ БС, може бути втрачена в результаті переходу в стан блокування.

Хоча в цьому випадку не відбувається відключення, кількість ресурсів, необхідних для обслуговування, збільшується через схему модуляції та кодування нижчого порядку.

Якщо у ММХ БС немає достатньої кількості ресурсів, сеанс зв'язку обривається.

Сеанси, які прийняті в ТГц БС в колі радіусом  $R_{T,1}$ , ніколи не втрачаються. Однак, у схемі, якій надається перевага в ТГц, сесія, що зазнає блокування на ТГц БС в кільці ( $R_{T,1}$ ,  $R_{T,2}$ ), може бути втрачена на ММХ БС, якщо немає достатньої кількості ресурсів, щоб тимчасово вивантажити її на ММХ БС.

#### Список використаних джерел:

1. Muliar B., Koliadenko Y., Moskalets M., Loshakov V., Ageyev D. Interaction Model and Phase States at Frequency Resource Allocation in a Grouping of Radio-Electronic Equipment of 5G Mobile Communication Network. IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). Kharkiv. Ukraine. 2022. P. 495–501. doi: 10.1109/PICST57299.2022.10238581.
2. Polese M., Jornet J.M., Melodia T., Zorzi M. Toward end-to-end, full-stack 6G terahertz networks. IEEE Commun. Mag. 2020. 58. P. 48–54.
3. Moltchanov D., Samuylov A., Lisovskaya E., Kovalchukov R., Begishev V., Sopin E., Gaidamaka Y., Koucheryavy Y. Performance Characterization and Traffic Protection in Street Multi-Band Millimeter-Wave and Microwave Deployments. IEEE Trans. Wir. Comm. 2022. Vol. 21. P. 163–178.
4. Аналіз продуктивності багатодіапазонних мікрохвильових і міліметрових систем 5G NR / В. Бегішев, Є. Сопін, Д. Молчанов, Р. Пірмагомедов, А. Самуйлов, С. Андрєєв, Ю. Кучерявий, К. Самуйлов // IEEE Trans. Wirel. Commun. 2021. Vol. 20. P. 3475–3490.