

ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИМВОЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ В МЕРЕЖАХ 5G ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СУМІСНИХ СЛОТОВИХ ФОРМАТІВ

Якорнов Є.А., Тичинський-Мартинюк В.Ю.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

E-mail: yakornovits@gmail.com; tychynskyi-martyniuk.vitalii@lll.kpi.ua

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SYMBOL - BASED SCHEDULING IN 5G NETWORKS BY USING COMPATIBLE SLOT FORMATS

Compatible formats and combinations of slot formats that are efficient with respect to criteria of minimum capacity and coverage loss are obtained. They can be recommended for dedicated and dynamic scheduling in synchronized 5G NR networks to reduce the effect of co-channel interference in border areas and interference between adjacent channels of operators at the national level.

З поточних опублікованих стандартів і досліджень були виявлені деякі помітні вразливості [1]. Ці вразливості можуть бути усунені в майбутніх випусках стандартів, і очікується, що деякі з них будуть усунені після завершення розробки стандартів 5G. Вразливості розбиті на три розділи: конфіденційність, цілісність і доступність (CIA). Тріада CIA, є наріжним каменем політики безпеки і визначає найбільш важливі компоненти безпеки. Цілком імовірно, що деякі з них будуть розглянуті в майбутньому, однак деякі висновки буде важко пом'якшити.

У даній доповіді розглянуто підходи до планування частотного і енергетичного ресурсів в синхронізованих мережах 5G NR на основі адаптації сумісних слотових форматів сигналу до умов застосування.

Вибір слотових форматів для дослідження

З метою прискорення визначення найбільш сумісних в мережах слотових форматів для дослідження із числа 62-х доступних форматів [2, р.135, Table 11.1.1-1], обираються ті, які найбільше відповідають динамічному характеру зміни завадового стану і трафіку в мережі за наступними критеріями:

- формати відповідають вимогам щодо динамічного вибору системою управління радіоресурсом (RRC), тобто формати можна віднести до групи «перехідних» із числа діючих. Решта форматів мають чіткі ознаки майже повної зміни попередніх форматів і є наперед несумісними за критеріями втрат ємності і покриття в разі обрання динамічного режиму зміни форматів;

- Збереження функціональності за призначенням (забезпечення сумісності базових станцій і планування мережі/мереж);

- максимальна ефективність (швидкість реакції, мінімальні ресурсні витрати на бланкування і на захисний інтервал на переходах DL-UL);

За цими критеріями для дослідження визначено 10 форматів (№№ 44 – 53).

Оцінка втрат ємності.

Методика оцінки втрат ємності ілюструється рис.1, де представлені

формати слотів 45 і 47. Формат 45 містить 6 символів на передачу (DL), 6 гнучких символів (F) і 2 символи на прийом (UL). Формат 47 містить 2 символи на передачу, 2 гнучких символи і 10 символів на прийом. Втрати ємності можуть бути визначені шляхом обчислення уражених символів UL у слотовому форматі одного оператора через часове співпадіння із символами DL у слотовому форматі іншого оператора [3]. Для прикладу представлена модифікація 45А слотового формату 45, який застосовує один оператор, шляхом заміни у форматі слотів у гнучких символах на позиціях 8 і 22 на символи UL з урахування захисного інтервалу (позиції 7 і 21) між символами DL (позиції 6 і 20) і UL. Нижче представлена модифікація 47А формату 47, який застосовує другий оператор, шляхом заміни в форматі слотів гнучких символів на позиціях 3 і 10 на захисний інтервал.

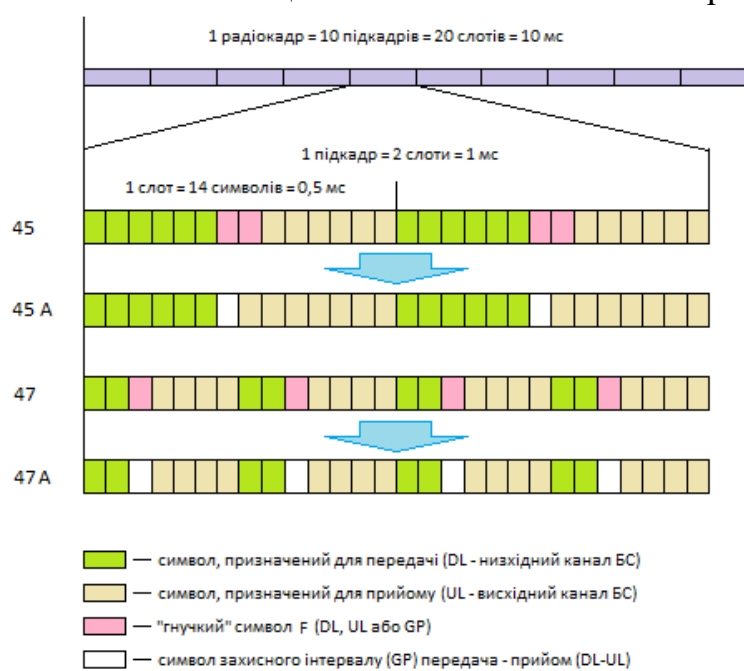


Рис.1. Модифікація слотових форматів шляхом заміни гнучких символів.

Втрати ємності у наведеній парі (45А і 47А) форматів становлять 55 %. Надалі шляхом заміни наступної позиції гнучкого символу на позиції 8 або 22 формату 45 на прийом (UL) отримаємо нову комбінацію взаємодії з форматом 47. Шляхом перебору всіх позицій гнучких символів для застосування DL, UL і GP (Guard Period) можна сформуванати матрицю взаємодії для всіх можливих позицій гнучких символів у 10-ти слотових форматах, яка містить 135 комбінацій попарної взаємодії.

Результати розрахунків втрат ємності для різних варіацій комбінацій форматів слотів 44-53 наведені на рис.2.

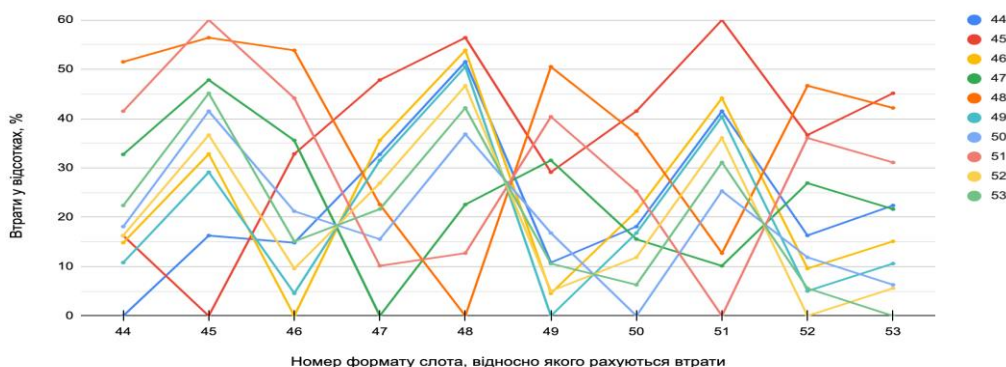


Рис.2. Втрати ємності (у %) в каналі UL в залежності від комбінацій форматів слотів 44 – 53.

При допустимих втратах ємності у 10% найкращі результати можна очікувати при застосуванні наступних 6-ти пар слотових форматів: 46-49; 46-52; 49-44; 49-52; 49-53; 52-53. При допустимих втратах ємності у 5% найкращими є 4 пари слотових форматів: 46-49; 46-52; 49-52; 52-53.

Оцінка втрат покриття.

Оцінка втрат покриття в слотових форматах здійснюється шляхом врахування енергетичних втрат на випромінювання в позиціях тих символів UL, які припадають на позиції символів блоку сигналу синхронізації (SSB - Synchronisation Signal Block). Перевагу будуть мати ті формати, в яких символні позиції DL співпадають з символними позиціями SSB (4 символи). Сигнали SSB в слотовому форматі мають фіксовані позиції, які визначаються стандартом [2, 4.1 Cell Search] і залежать від частотного діапазону і частотного рознесення піднесучих (SCS - Sub Carrier Spacing). Так, наприклад, для частотного діапазону 3ГГц (3,4-3,8 ГГц) і SCS у 30 кГц в радіокадрі розміщується 8 сигналів SSB у перших 4-х слотах, початкові позиції яких приходяться на символні позиції 4, 8, 16, 20, 32, 36, 44, 48. На рис.3 представлені модифіковані формати слотів 45А і 47А з позначеними місцями розміщення сигналів SSB. Розрахунок втрат покриття у радіокадрі для розміщення гнучких символів формату 47А становить 8,5 відсотків.

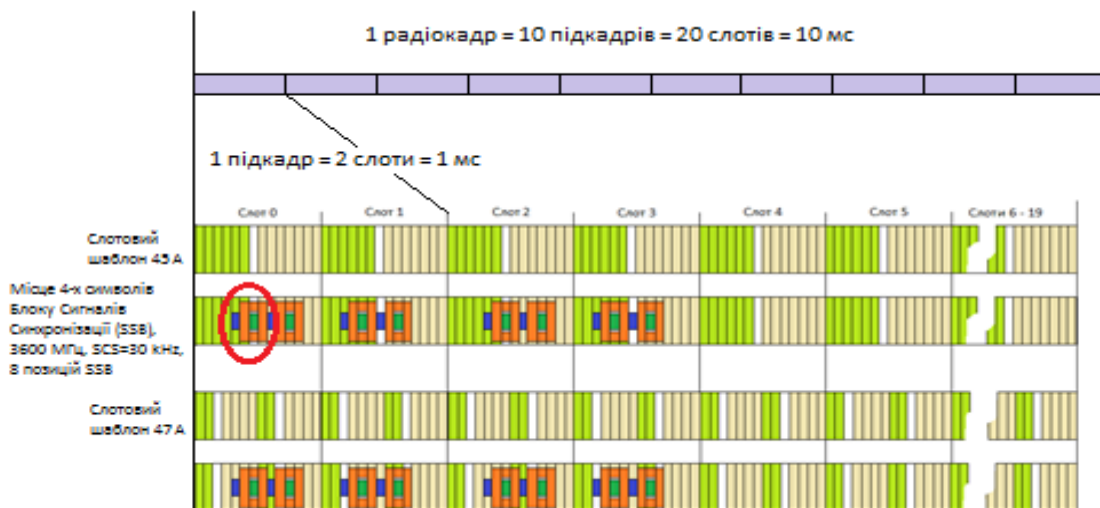


Рис. 3. Розташування сигналу SSB в форматі радіокадру.

Результати розрахунків для різних варіацій слотових форматів показують, що при допустимих втратах покриття у 5% кращі показники мають формати слотів 44, 46, 49, 52, що підтверджує кращу сумісність комбінацій цих форматів (плюс формат 53), отриманих за критерієм втрат ємності.

Література

1. Правило В.В. Аналіз потенційних вразливостей та загроз в 5G. //XVII Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2023: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – с.33-35.
2. 3GPP TS 38.213 V17.2.0 (2022-07)/ETSI TS 138.213: "NR; Physical layer procedures for control", (2021-08), p.135, Table 11.1.1-1
3. ECC Report 331: Efficient usage of the spectrum at the border of CEPT countries between TDD MFCN in the frequency band 3400-3800 MHz, November 2021, www.cept.org