

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ NPN МЕРЕЖ 5G З ЧАСОВИМ ДУПЛЕКСОМ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СИМВОЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ

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@lil.kpi.ua

PROVIDING PERFORMANCE OF AUTONOMOUS NPN 5G NETWORKS WITH TIME DUPLEX BY USING SYMBOL PLANNING

A significant advantage of the autonomous NPN 5G network is the ability to slice the network operation for individual applications: eMBB, URLLC and mMTC. At the same time, different frequency-time parameters of equipment operating in a limited area are a source of mutual interference and reduce performance within the NPN network. To minimize the impact of interference, the symbol positions in the slot formats are defined in such a way as to ensure their compatibility.

Оцінка сумісності форматів слотів з модифікованими гнучкими символами, яка проведена в [1], показала, що за критеріями мінімальних втрат у ємності (5%) і покритті (5%) реальний інтерес представляє лише обмежена кількість комбінацій слотових форматів (до 4-х), які відрізняються за рахунок модифікації гнучких символів, але, водночас, є сумісними, а тому можуть бути рекомендованими в заводових ситуаціях. Проведена оцінка не охоплює повний перелік ситуацій, в яких доцільно застосовувати символне планування для покращення завдань планування мереж 5G, мінімізації дії завод і забезпечення сталої продуктивності мереж.

Тому у зв'язку із поширенням у світі малопотужних автономних (не загальних) мереж NPN (Non-Public-Network) в роботах [2-5] ставляться питання забезпечення сумісності обладнання 5G NR як всередині мережі, так і сумісності з сусідніми автономними мережами NPN, що спільно використовують той самий частотний ресурс. Причиною цього стали значні операційні і технічні обмеження, пов'язані із вторинною основою використання спектру мережами NPN поряд із первинною основою для загальних мереж 5G, накладанням обмежень на випромінювання (потужність і позасмугові випромінювання) і, чи не найважливіше, необхідністю забезпечення сумісної роботи обладнання для основних застосувань (швидкісна передача даних, низька затримка і міжмашинний зв'язок), що у NPN працюють на спільній обмеженій території в режимі розшарування (slicing) мережі.

З метою оцінки ефективності використання слотових форматів для забезпечення розшарування мережі NPN наразі проведено розрахунки сумісності типових слотових форматів (за номерами), що є характерними для

використання в зазначених застосуваннях (рис. 1). Частина форматів (№№ 28; 34; 50; 10; 12; 14) обрані для розрахунків як характерні для застосувань розшарування і прийняті із технічних специфікацій [6] без змін в структурі. Решта форматів (№№ 52*; 52-1; 52-2; 52-3) отримана із формату слота № 52 шляхом модифікацій символу F в бік задоволення потреб застосувань розшарування.

еMBB (важкий і середній DL (з заміною F)):

28	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	U
52*	D	F	U	U	D	F	U	D	F	U	U	D	F	U	U

еMBB (важкий і середній UL):

34	D	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
50	D	D	D	F	U	U	U	D	D	D	F	U	U	U	U

URLLC (з заміною F):

52-1	D	F	U	D	F	U	D	D	F	U	D	F	U	D	D
52-2	D	F	D	F	D	F	D	D	F	U	D	F	U	D	D
52-3	D	F	U	D	F	U	D	D	F	D	F	D	F	D	D

mMTC

10	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
12	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
14	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

Рис 1. Обрані для розрахунків типові формати слотів для роботи з різними застосуваннями.

Умовні позначення: D - символи DL; U – символи UL;
F – гнучкі (flexible) символи або захисний інтервал GP.

Оцінка сумісності проводилась з використанням методу, наведеному в [1] шляхом перебору відповідних комбінацій форматів слотів для сценаріїв взаємодії: еMBB↔URLLC; еMBB↔mMTC; URLLC↔mMTC. На рис. 2 представлені результати розрахунків, отримані за допомогою програми Excel. Формати слотів для застосувань розшарування є критичними за своєю структурою і, тому, передбачувано є несумісними між собою. В жодному з сценаріїв взаємодії відсутні комбінації, що задовольняли би вимоги втрат ємності не більше за 5%. Проте існують наступні комбінації, що задовольняють вимоги не більше за 20 %, що в умовах завадової ситуації можна прийняти задовільними: 1) всі формати mMTC і №52 еMBB (середній DL); 2) формати №10, №12 mMTC і №52 еMBB (середній DL); 3) формат №12 mMTC і формат №50 (середній UL). З метою компенсації втрат у ємності необхідно вживати додаткові заходи, такі як: просторове рознесення БС, зміна сектору обслуговування і орієнтації пелюстків діаграми спрямованості антени.

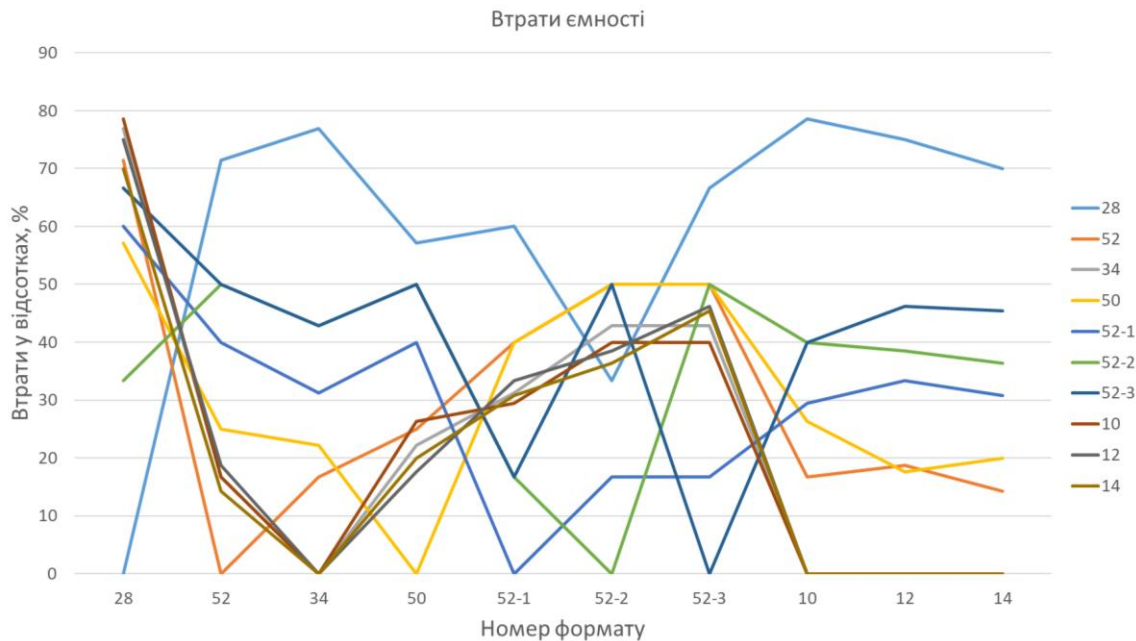


Рис.2. Результати розрахунків втрат ємності.

Отримані результати можуть бути рекомендовані для попереднього налаштування мереж NPN, де планується одночасна робота різних застосувань на обмеженій території (виробництво, фермерські господарства, медичні і навчальні заклади, кампуси тощо).

Література

1. Є.А. Якорнов, В.Ю. Тичинський-Мартинюк, Покращення ефективності символічного планування в мережах 5G шляхом застосування сумісних слотових форматів. 2024 , Матеріали XVIII Міжнародної науково-технічної конференції "Перспективи телекомунікацій - 2024" (ПТ24), <https://conferenc-journal.its.kpi.ua/article/view/305629>
2. 3GPP TS 22.261 V19.9.0 (2024-12) Service requirements for the 5G system; Stage 1 (Release 19)
3. 5G Stand Alone Core Network experience, commercial applications. Ericsson Presentation, Executive Training Program on Fifth Generation (5G) Implementation for Ukrainian officials, May 23 2024, https://drive.google.com/drive/folders/1z4hSkI0LIvt_dQ6hRP5TyuP6u8Jj2S4S?usp=sharing
4. ECC/DEC/(24)01 of 8 November 2024 on harmonised technical conditions for the shared use of the 3800-4200 MHz frequency band by low/medium power terrestrial wireless broadband systems (WBB LMP) providing local-area network connectivity, www.cept.org
5. ECC Report 358 In-band and adjacent bands sharing studies to assess the feasibility of the shared use of the 3.8-4.2 GHz frequency band by terrestrial wireless broadband low/medium power (WBB LMP) systems providing local-area network connectivity, approved 28 June 2024, www.cept.org
6. 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