УДК 621.395
Плетінь Д.Ю. [1], Красько А.А. [2], Трохименко В.В. [3], Мороз Г.В. [4]

[1] студ. гр. БК-913 НУ «Запорізька політехніка»
[2] студ. гр. БК-914 НУ «Запорізька політехніка»
[3] студ. гр. БК-313сп НУ «Запорізька політехніка»
[4] ст. викладач каф РТТ

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАНУВАННЯ РАДІОМЕРЕЖІ 5G NR ДЛЯ ЦЕНТРУ МІСТА ЛЬВОВА

Метою роботи є розробка та дослідження ефективної конфігурації радіомережі 5G NR для умов щільної міської забудови з урахуванням забезпечення стабільного покриття, високої пропускної здатності та якісного обслуговування великої кількості користувачів.

У роботі розглянуто процес планування радіомережі 5G NR для центральної частини міста Львова (рис.1) площею 1,1 км² з населенням близько 20 000 осіб. Дана територія характеризується щільною забудовою та високим рівнем мережевого навантаження.

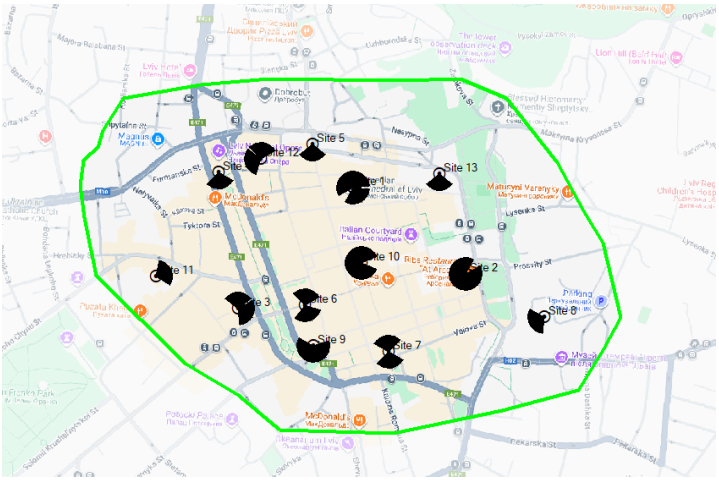



Рисунок 1 – Зона планування

Було виконано аналіз особливостей міського середовища та визначено основні вимоги до мережі: забезпечення рівномірного покриття як у приміщеннях, так і на відкритій місцевості.

У рамках роботи здійснено планування основних параметрів мережі, зокрема розподіл ідентифікаторів PCI. Для визначення значень PCI було використано як спеціалізоване програмне забезпечення Atoll, так і стандартна формула(1), що застосовується в мережах LTE та 5G (рис. 2)[1].

$$PCI = 3 \times SSS\ ID + PSS\ ID \quad (1)$$

| Site | Transmitter | Name | Radio Access Technology | Frequency Band | Channel Number | Domain Violation | Physical Cell ID | PSS ID | SSS ID | Cost | SSS ID Status | PSS ID Status |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Site 1 | Site 1_cell A | Site 1_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 20 | 2 | 6 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 1_cell B | Site 1_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 18 | 0 | 6 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 1_cell C | Site 1_cell C(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 19 | 1 | 6 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 10 | Site 10_cell A | Site 10_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 22 | 1 | 7 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 10_cell B | Site 10_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 23 | 2 | 7 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 10_cell C | Site 10_cell C(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 21 | 0 | 7 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 11 | Site 11_cell A | Site 11_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 0 | 0 | 0 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 12 | Site 12_cell A | Site 12_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 3 | 0 | 1 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 12_cell B | Site 12_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 5 | 2 | 1 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 13 | Site 13_cell A | Site 13_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 15 | 0 | 5 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 2 | Site 2_cell A | Site 2_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 14 | 2 | 4 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 2_cell B | Site 2_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 13 | 1 | 4 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 2_cell C | Site 2_cell C(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 12 | 0 | 4 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 3 | Site 3_cell A | Site 3_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 17 | 2 | 5 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 3_cell B | Site 3_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 16 | 1 | 5 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 4 | Site 4_cell A | Site 4_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 4 | 1 | 1 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 5 | Site 5_cell A | Site 5_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 7 | 1 | 2 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 6 | Site 6_cell B | Site 6_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 6 | 0 | 2 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 6_cell C | Site 6_cell C(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 8 | 2 | 2 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 7 | Site 7_cell A | Site 7_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 1 | 1 | 0 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 7_cell B | Site 7_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 2 | 2 | 0 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 8 | Site 8_cell A | Site 8_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 11 | 2 | 3 | 0 | Allocated | Allocated |
| Site 9 | Site 9_cell A | Site 9_cell A(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 10 | 1 | 3 | 0 | Allocated | Allocated |
| | Site 9_cell B | Site 9_cell B(0) | 5G NR | n78 | 100MHz - NR-ARFCN | ✔ | 9 | 0 | 3 | 0 | Allocated | Allocated |

Рисунок 2 – Результати планування PCI в Atoll

Спочатку значення PCI були згенеровані в програмному забезпеченні Atoll, а після були підтвердженні стандартною формулою розрахунку PCI в сучасних мережах. Отримані результати повністю співпали, що підтверджує відсутність конфліктів між сусідніми сотами.

Обрано частотний діапазон n78 з центральною частотою 3600 МГц та шириною каналу 100 МГц, що дозволяє досягти достатнього рівня покриття та пропускної здатності. Для передачі даних використано TDD-конфігурацію кадру 7:3, яка забезпечує ефективний розподіл трафіку між каналами передачі та прийому даних[2].

Також у роботі розглянуто перспективні напрями застосування технології 5G, таких як: розвиток «розумних міст», Інтернету речей, автономного транспорту та технологій доповненої реальностір[3].

У результаті виконаної роботи було розроблено ефективну модель радіомережі 5G NR, яка забезпечує повне покриття досліджуваної території, високу якість обслуговування користувачів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dahlman E., Parkvall S., Sköld J. *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology.* Academic Press, 2018.

2. 3GPP TS 38.300: NR; Overall description; Stage 2 (Release 17). 3rd Generation Partnership Project, 2023.

3. Atoll Radio Planning User Manual v.22.1. Forsk S.A.S., 2023.