

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗВ'ЯЗКУ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОШИЦЕ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Пам'яті професора
Ю.П. Кунченка*

П Р А Ц І

VIII Міжнародної
науково-практичної конференції

"ОБРОБКА СИГНАЛІВ І НЕГАУСІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ"

25 – 26 травня 2021 р.,
м. Черкаси, Україна

Черкаси



2021

ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗХІДНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ 5G

Пятін І.С., Бойко Ю.М.

Хмельницький національний університет

29016, Хмельницький, вул. Інститутська, 11, тел. 098-263-09-87

E-mail: ilkhmel@ukr.net, boiko_julius@ukr.net

З вдосконаленням мобільних засобів телекомунікацій підвищується швидкість передачі інформації, якість зв'язку, зменшується затримка, з'являються нові функції. Зв'язок п'ятого покоління 5G будується на основі стандарту LTE Advanced Pro, який підтримує передачу даних на швидкостях до 3 Гбіт/с, дозволяє використовувати ліцензований і неліцензований спектр LTE. Крім того, він включає в себе декілька нових технологій, пов'язаних з 5G: 256-QAM, Massive MIMO, LTE-Unlicensed і інтернет речей. Розгортання 5G NR відбувається на основі сполучення з існуючою інфраструктурою LTE в неавтономному режимі (NSA), що використовується для мобільного розширеного ширококутового зв'язку (eMBB).

Мобільний зв'язок 5G використовує фізичні, транспортні та логічні канали для даних. Фізичний рівень має виконувати наступні функції для надання послуги передачі даних (рис.1):

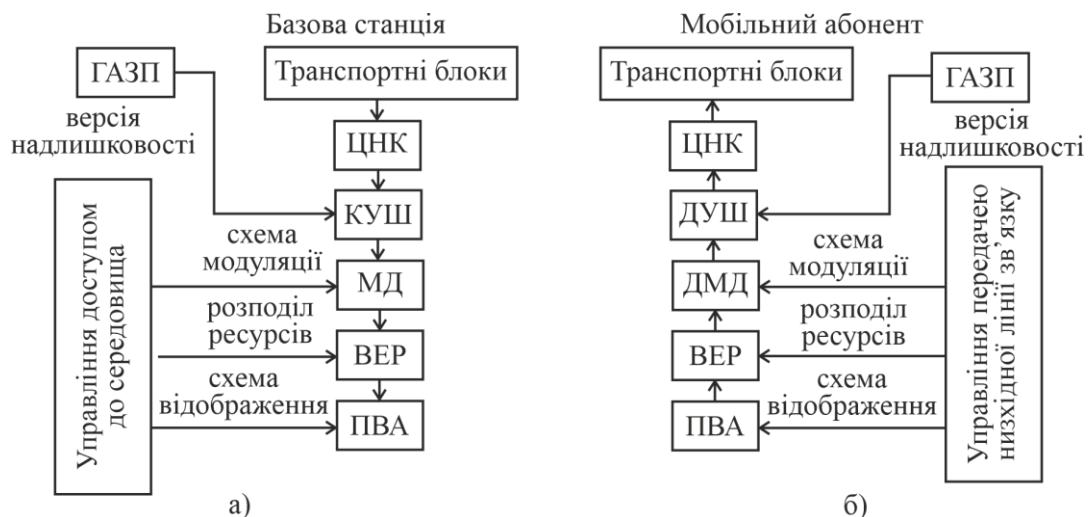


Рис. 1. Модель фізичного рівня низхідного каналу зв'язку

- виявлення помилок циклічним надлишковим кодом (ЦНК);
- завадостійке каналне кодування і узгодження швидкості (КУШ);
- гібридний автоматичний запит на повторення (ГАЗП);

- модуляція даних (МД);
- відображення на елементи ресурсів (ВЕР);
- перетворення для випромінювання антеною (ПВА);
- демодуляція даних (ДМД);
- каналне декодування і узгодження швидкості(ДУШ);

У мережі 5G NR є два основних компоненти: UE (мобільний абонент) і gNB (базова станція), як зображено на рис. 1. З'єднання від gNB до UE відомо як низхідна лінія зв'язку, яка використовує канали PDSCH, PDCCH і PDCCH.

Передача інформації по низхідній лінії зв'язку (НЛЗ) організовані у фрейми (рис. 2) тривалістю $T_f = (\Delta f_{\max} N_f / 100) \cdot T_c = 10$ мс, кожен з яких

складається з десяти підфреймів тривалістю $T_{sf} = (\Delta f_{\max} N_f / 1000) \cdot T_c = 1$ мс.

Кількість символів у підфреймі: $N_{subframe, \mu}^{slot} = N_{subframe, \mu}^{slot} N_{slot}^{subframe, \mu}$. Слоти

$n_s^{\mu} \in \{0, \dots, N_{slot}^{subframe, \mu} - 1\}$ пронумеровані в порядку зростання.

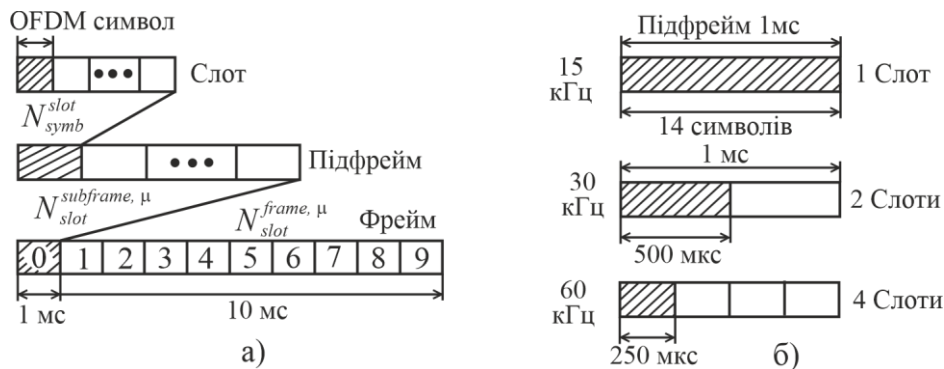


Рис. 2. Структура фрейму низхідного каналу зв'язку

Для ілюстрації виконання операції ВЕР (рис. 1) на рис. 3 наведена сітка ресурсів символів OFDM у слотах на несучій частоті і на рис. 4 наведена сітка ресурсів передавача. На рис. 5 наведена залежність кількості бітових помилок від відношення сигнал-шум НЛЗ з різною модуляцією. На рис. 6 наведена залежність величини вектора помилки (EVM) від відношення сигнал-шум НЛЗ з різною модуляцією. З отриманих залежностей можна зробити висновок, що модуляція QPSK у каналі НЛЗ підвищує завадостійкість, але має найвищу величину вектора помилки (ВВП). Тому при проектуванні НЛЗ виходять з компромісу між бажаною швидкістю

передачі даних і допустимою ВВП. Найменший ВВП має модуляція 256QAM при малих відношеннях сигнал-шум, але вона потребує збільшення потужності передавача на 17 дБ у порівнянні з QPSK.

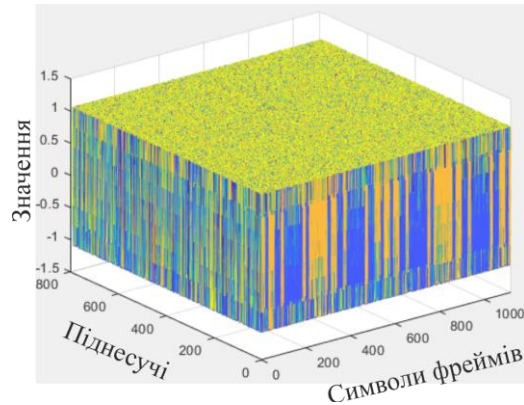
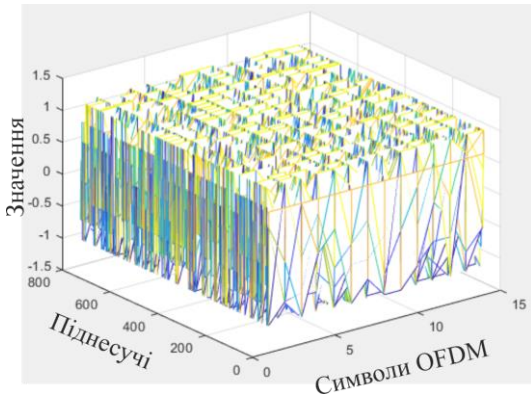


Рис. 3. Сітка ресурсів символів OFDM у слотах на несучій частоті

Рис. 4. Сітка ресурсів передавача

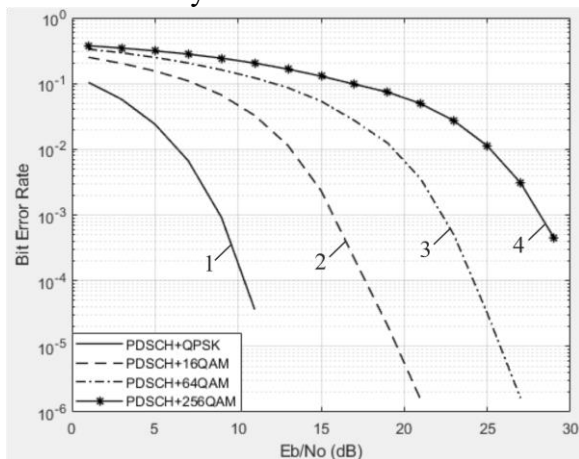


Рис. 5. Залежність кількості бітових помилок від відношення сигнал-шум НЛЗ і модуляцією (1 – QPSK; 2 – 16QAM; 3 – 64QAM; 4 – 256QAM)

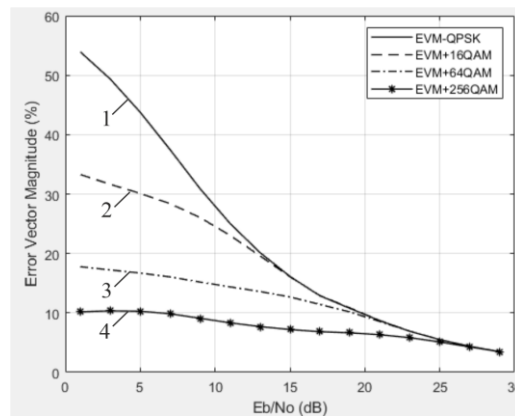


Рис. 6. Залежність величини вектора помилки (EVM) від відношення сигнал-шум НЛЗ і модуляцією (1 – QPSK; 2 – 16QAM; 3 – 64QAM; 4 – 256QAM)

Література

1. Пятін І.С. Дослідження енергетичної ефективності каналного кодування даних користувача кодами LDPC для систем зв'язку 5G /І.С. Пятін, Ю.М. Бойко // Вісник ХНУ. - 2020. - №3. - С.170-181

2. 3GPP TS 38.212. "Multiplexing and channel coding" 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network.

5. 3GPP TS 38.202. "5G; NR; Services provided by the physical layer (Release 15)." 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network.