

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ
ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ
НАУКОВА АСОЦІАЦІЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ УКРАЇНИ**



**SCIENTIFIC
CYBER SECURITY
ASSOCIATION
OF UKRAINE**

Т Е З И

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ»**

7 – 9 ЧЕРВНЯ 2022 Р.

м. Київ

УДК 621.396.969.1

І.С. Пятін

*Хмельницький політехнічний фаховий коледж національного
університету «Львівська політехніка»*

Ю.М. Бойко

Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ МОБІЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Розвиток телекомунікаційних систем рухається по шляху підвищення пропускної спроможності. Сучасні мобільні телекомунікації підтримують гнучку смугу пропускання каналу. Параметри, які впливають на пропускну спроможність наступні:

- пропускна здатність каналу;
- конфігурація антени МІМО;
- схема завадостійкого кодування і модуляції;
- умови радіозв'язку (відношення сигнал-шум, якість каналу)
- дуплексний режим роботи, наприклад FDD, TDD.

Пропускна спроможність каналу визначається законом Шеннона:

$$C = W \cdot n \cdot \log_2(1 + SNR),$$

де W - ширина спектра каналу; n - кількість антен МІМО; SNR - відношення сигнал-шум.

LTE використовує турбо-коди і згорткові коди для забезпечення стійкості від завад, а системи зв'язку наступного покоління будуть використовувати полярні і LDPC коди [1]. Для підвищення пропускної спроможності важливо використовувати коди, які при низьких відношеннях сигнал-шум (SNR) забезпечують якомога менший коефіцієнт бітових помилок (BER) багатопозиційних видів модуляції. У доповіді розглядається Simulink модель системи зв'язку (рис. 1), що використовує завадостійкий LDPC код, багатопозиційну 16-QAM модуляцію і просторово-часовий кодер з трьома передаючими і двома приймальними антенами (МІМО). Використовується канал зв'язку з замираннями, до якого додається адитивний білий гаусів шум (AWGN). Рознесене кодування підвищує надійність передачі, надсилаючи сигнали різними шляхами між декількома передавальними і приймальними антенами. Об'єднання отриманих даних дає підсилення сигналу на шляху розповсюдження.

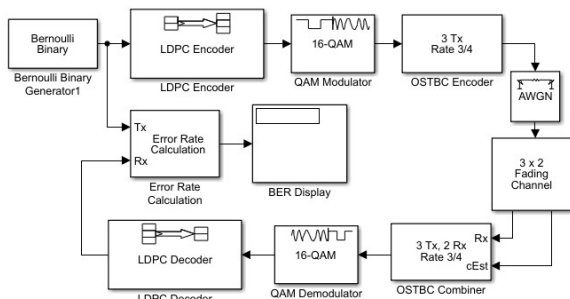


Рис. 1. Simulink модель системи зв'язку

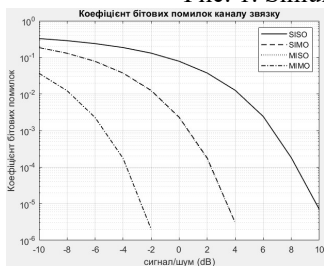


Рис. 2. Залежність BER від SNR для систем: один вхід-один вихід (SISO); один вхід-багато виходів(SIMO); багато входів-один вихід(MISO); багато входів-багато виходів (MIMO)

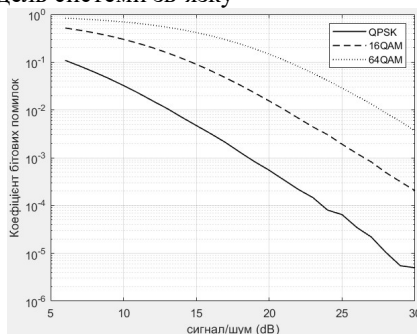


Рис. 3. Залежність BER від SNR системи MIMO і модуляцією QPSK, 16-QAM, 64-QAM

Система SIMO забезпечує підсилення від антен приймача, а система MISO забезпечує підсилення від антен передавача, система MIMO в межах прямої видимості отримує підсилення від масиву передачі, так і від прийому. За рис. 2, можна зробити висновок, що система MIMO на 12 дБ енергетично ефективніша за систему SISO.

При збільшенні позиційності модуляції, для отримання заданого коефіцієнту бітових помилок необхідно підвищувати відношення сигнал-шум (рис.3). Модуляція QPSK передає 2 біта на символ, 16-QAM – 4 біта на символ, 64-QAM – 6 бітів на символ. Для збільшення швидкості передачі з 2 біт/символ до 6 біт/символ при BER=1e-5, необхідно збільшити відношення сигнал-шум на 13 дБ.

1. Boiko J. Design and Evaluation of the Efficiency of Channel Coding LDPC Codes for 5G Information Technology //J. Boiko, I. Pyatin, O. Eromenko //Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI). – 2021. – Vol. 9, nr. 4. – P. 867-879.