

## ТЕХНОЛОГІЯ НЕОРТОГОНАЛЬНОГО МНОЖИННОГО ДОСТУПУ

**Афанасьєва Л.О.**

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: liana.afanasyeva@gmail.com*

### **The non-orthogonal multiple access technology**

This paper provides a basic concept of NOMA adaptive relay protocol for a cooperative networks. A new algorithm of decoding for an relay system with optimal transmission is proposed. The proposed adaptive relay protocol improves system performance by using CSI values and network coding.

Методи множинного доступу (МА) класифікуються як ортогональний множинний доступ (ОМА) і неортогональний множинний доступ (NOMA). У ОМА кожен користувач може використовувати ресурси ортогонального зв'язку в межах певного часового інтервалу, смуги частот або коду, щоб уникнути перешкод множинного доступу. У NOMA кілька користувачів можуть використовувати неортогональні ресурси одночасно, забезпечуючи високу спектральну ефективність, допускаючи деяку ступінь перешкод множинного доступу на приймачах. Технологія неортогонального множинного доступу (NOMA) визнана як перспективна технологія, що дозволяє підвищити спектральну ефективність мобільної мережі п'ятого покоління (5G).

У загальному випадку схеми NOMA можна класифікувати на два типи: мультиплексування в області потужності (power-domain multiplexing-PDM) і мультиплексування в кодовій області (code-domain multiplexing-CDM). При PDM різним користувачам виділяються різні коефіцієнти потужності відповідно до умов їх каналу для досягнення високої продуктивності системи. Зокрема, інформаційні сигнали декількох користувачів накладаються на стороні передавача. На стороні приймача застосовується послідовне придушення перешкод (successive interference cancellation-SIC) для декодування сигналів один за одним до тих пір, поки не буде отримано сигнал бажаного користувача [1].

При CDM користувачі розподіляються за різними кодами та мультиплексуються по одним і тим же частотно-часовим ресурсам, таким як багатокористувацький загальний доступ (multiuser shared access-MUSA), множинний доступ з розрідженим кодом (sparse code multiple access - SCMA) і розширення з низькою щільністю (low-density spreading-LDS). Хоча мультиплексування в кодовій області має потенціал для підвищення спектральної ефективності, воно вимагає високої пропускну здатності передачі і не може бути легко застосовано до існуючих систем. З іншого боку, PDM має просту реалізацію, оскільки в існуючих мережах не потребує значних змін. Крім того, такий підхід не вимагає додаткової смуги пропускання для покращення спектральної ефективності [2].

Основні принципи технології NOMA ґрунтуються на використанні кодування з накладенням (Superposition Coding-SC) в передавачі і методів послідовного зменшення шумів (Successive interference cancelation-SIC) в приймачі. Фундаментальна концепція SC полягає в кодуванні з більш низькою швидкістю повідомлення для користувача з поганими умовами каналу, а потім накладенні на нього сигналу користувача, що має кращі умови каналу.

SIC дозволяє користувачеві з найпотужнішим сигналом та, відповідно, з найменшим забрудненням бути виявленим першим. Потім користувач з найкращим станом каналу перекодує і повторно модулює свій сигнал, який потім віднімається з композитного сигналу. Коли всі сигнали, крім одного, були виявлені, користувач із найгіршими показниками стану каналу декодує свою інформацію без будь-яких перешкод.

Для математичної ілюстрації взаємозв'язку між NOMA і ОМА розглянемо просту аналітичну характеристику, досліджуючи досяжну продуктивність по відношенню до значення сигнал / шум (SNR).

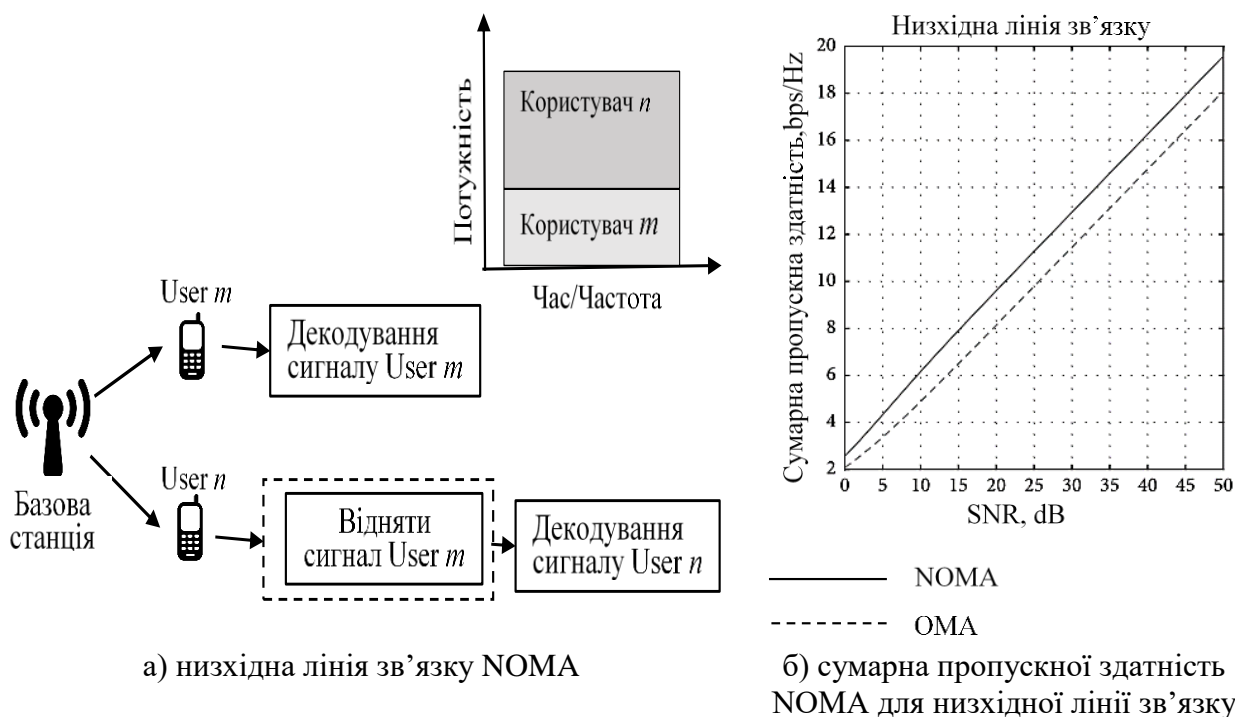


Рис. 1 Двокористувацька передача NOMA:

Розглянемо двокористувацьку передачу NOMA по низхідній лінії зв'язку (рис.1а)

Канальні коефіцієнти користувача  $m$  і користувача  $n$  - є  $h_m$  і  $h_n$  відповідно. Позначимо відношення сигнал/шум SNR передачі на базовій станції як  $\rho$  та припустимо, що ми маємо  $|h_m|^2 < |h_n|^2$ .

Згідно з теоремою Шеннона, досяжна швидкість передачі даних ОМА може бути виражена для користувача  $m$  і користувача  $n$  як

$$R_m^{OMA} = \beta \log_2 \left( 1 + \frac{\alpha_m \rho}{\beta} |h_m|^2 \right), \quad (1)$$

$$R_n^{OMA} = (1 - \beta) \log_2 \left( 1 + \frac{\alpha_n \rho}{1 - \beta} |h_n|^2 \right), \quad (2)$$

відповідно, де  $\alpha_m$  і  $\alpha_n$  - коефіцієнти розподілу потужності і задовольняють умові  $\alpha_m + \alpha_n = 1$ ,  $\beta$  - коефіцієнт розподілу ресурсів. Для випадків, коли управління потужністю не розглядається в базовій станції  $\frac{\alpha_m}{\beta} = \frac{\alpha_n}{1 - \beta} = 1$ .

Тоді (1) и (2) можна переписати як

$$R_m^{OMA} = \beta \log_2(1 + \rho |h_m|^2), \quad (3)$$

$$R_n^{OMA} = (1 - \beta) \log_2(1 + \rho |h_n|^2). \quad (4)$$

При високих значеннях SNR ( $\rho \rightarrow \infty$ ), за умови, що ресурси часу/частоти рівномірно розподіляються кожному користувачеві на основі (3) та (4) сумарна швидкість передачі даних OMA може бути виражена як

$$R_{sum}^{OMA} \approx \log_2 \rho \sqrt{|h_m|^2 |h_n|^2}. \quad (5)$$

Пропускна здатність NOMA користувачів  $m$  і  $n$  визначається як

$$R_m^{NOMA} = \log_2 \left( 1 + \frac{\alpha_m \rho |h_m|^2}{1 + \alpha_n \rho |h_n|^2} \right), \quad (6)$$

$$R_n^{NOMA} = \log_2(1 + \rho \alpha_n |h_n|^2). \quad (7)$$

При високих значеннях SNR сумарна пропускна здатність NOMA може бути виражена як

$$R_{sum}^{NOMA} \approx \log_2(\rho |h_n|^2). \quad (8)$$

Тоді ми можемо виразити сумарний приріст пропускної здатності NOMA над OMA наступним чином

$$R_{sum}^{GAIN} = R_{sum}^{NOMA} - R_{sum}^{OMA} = \frac{1}{2} \log_2(|h_n|^2 / |h_m|^2). \quad (9)$$

Коли ми маємо  $|h_m|^2 < |h_n|^2$ , сума пропускної здатність NOMA вище, ніж у OMA, і цей вигреш накладається, коли умови каналів двох користувачів стають більш різними. На рис.1б на прикладі низхідної лінії двокористувацької мережі показано переваги застосування технології NOMA над OMA по сумарній пропускній здатності.

### Література

1. Z. Ding, Y. Liu, J. Choi Application of Non-Orthogonal Multiple Access in LTE and 5G Networks// IEEE Communications Magazine. –2017. – vol. 55, no. 2. – pp. 185–191.
2. L. Dai, B. Wang, Y. Yuan, S. Han, C. I, and Z. Wang Non-orthogonal multiple access for 5G: solutions, challenges, opportunities, and future research trends// IEEE Communications Magazine. –2015. –vol. 53, no. 9. – pp. 74–81.