

GIẢI PHÁP TRUYỀN THÔNG D2D-NOMA TRONG MẠNG DI ĐỘNG 5G

Phạm Minh Triết*, Đặng Hữu Phúc, Nguyễn Hoàng Vũ và Kim Anh Tuấn

Trường Đại học Trà Vinh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Phạm Minh Triết, Email: minhtriet@tvu.edu.vn

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 04/11/2019; Ngày nhận chỉnh sửa: 10/01/2020; Ngày duyệt đăng: 18/04/2020

Tóm tắt

Trong bài báo này chúng tôi muốn đưa ra giải pháp truyền thông tốt nhất cho mạng di động 5G, đó là sự kết hợp phương thức đa truy nhập phi trực giao với truyền thông thiết bị đến thiết bị dựa trên phân tích về xác suất dừng hoạt động của hệ thống. Để có được hiệu suất dừng tốt nhất chúng tôi đưa ra mô hình truyền thông kết hợp lựa chọn nhiều relay và đưa ra thuật toán lựa chọn relay hai giai đoạn giả định ước tính kênh truyền là hoàn hảo để tính toán xác suất dừng của thiết bị và các yếu tố tác động đến hiệu suất của hệ thống sau đó so sánh với phương thức truyền thông trước đây để thấy được hiệu quả của giải pháp này.

Từ khóa: 5G, D2D, NOMA, relay, xác suất dừng.

D2D-NOMA COMMUNICATION SOLUTIONS IN 5G MOBILE NETWORK

Phạm Minh Triết*, Đặng Hữu Phúc, Nguyễn Hoàng Vũ, and Kim Anh Tuấn

¹Tra Vinh University, Vietnam

*Corresponding author: Phạm Minh Triết, Email: minhtriet@tvu.edu.vn

Article history

Received: 04/11/2019; Received in revised form: 10/01/2020; Accepted: 18/04/2020

Abstract

In this paper, we present the best communication solution for 5G mobile network by combining non-orthogonal multiple access method with device-to-device communication based on a probability analysis of the system pause. For the best pause function, we propose a communication model of a multiple relay selection and a two-stage relay selection algorithm with the perfectly assumed channel for calculating the probability of the device pause and the factors affecting the system function in comparison to the previous communication method to show the effectiveness of this solution.

Keywords: 5G, D2D, NOMA, relay, pause probability.

1. Đặt vấn đề

Trong thời gian gần đây, đa truy nhập phi trực giao và truyền thông thiết bị đến thiết bị là một trong những kỹ thuật quan trọng trong mạng tương lai thu hút rất nhiều sự quan tâm và là ứng cử viên hàng đầu cho mạng di động 5G. Mạng di động 5G với các tiêu chí khắc nghiệt ITU-R WP5D (2017) đòi hỏi phải áp dụng các công nghệ hiện đại để giải quyết vấn đề tắc nghẽn mạng cũng như giảm tải lưu lượng cho mạng di động và tăng cường hiệu quả phổ để đáp ứng được số lượng kết nối tăng vọt của các thiết bị vào mạng. Với yêu cầu đó chúng tôi đã đưa ra giải pháp là kết hợp đa truy nhập phi trực giao NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access) với truyền thông D2D (Device To Device) để giải quyết vấn đề trên của mạng di động 5G.

Một trong những ưu điểm của NOMA là cho phép nhiều thiết bị trong mạng truy cập cùng tài nguyên băng thông vì vậy NOMA phục vụ cho số lượng người dùng cực lớn nhờ sự phân bổ tài nguyên phi trực giao (Xu & cs., 2016). Với những nghiên cứu gần đây để cải thiện hiệu suất của hệ thống, Kim & cs. (2016) đã nghiên cứu kỹ thuật NOMA kết hợp với mạng đa anten tuy nhiên chi phí cho việc sử dụng đa anten là rất cao nên Do (2016) đã đề xuất sơ đồ mới đó là mạng C-NOMA để tối ưu tham số phân chia công suất phát.

Zou & cs. (2019) có nghiên cứu về cải thiện công suất truyền trong các mạng chuyển tiếp. Trong thực tế hệ thống LTE (Long Term Evolution) hoặc các hệ thống hiện đại khác thì không thể nào thiếu các kỹ thuật hiện đại như kỹ thuật lựa chọn thiết bị, kỹ thuật lựa chọn relay, kỹ thuật chọn sơ đồ... Vì vậy Duong (2016) đã thực hiện nghiên cứu về kỹ thuật chọn relay dựa trên NOMA kết quả chứng minh rằng sự kết hợp relay và NOMA rất hữu ích nó cải thiện đáng kể hiệu năng của hệ

thống, và Nguyen & cs. (2016) đã đưa ra được phương trình tính xác suất dừng hệ thống và đề xuất bộ chuyển tiếp giải mã trong sơ đồ hai giai đoạn. Luan & Do (2017) đã đưa ra mô hình lựa chọn relay trong hệ thống NOMA dựa trên tương quan kênh Fading và phân tích xác suất dừng của hệ thống dựa trên hai giai đoạn.

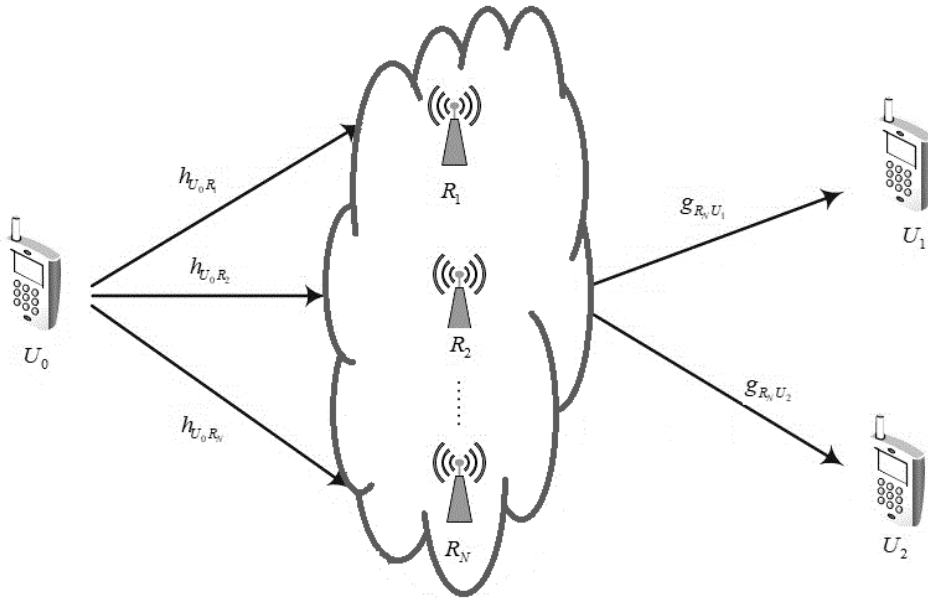
Các kết quả của nghiên cứu trên cho thấy phân tích xác suất dừng của hệ thống có thể đánh giá được một phần ảnh hưởng của kỹ thuật chọn relay lên hiệu suất của hệ thống. Sơ đồ đầu nối thiết bị đến thiết bị D2D được coi là một kỹ thuật hiện đại để giảm tải dữ liệu di động cho các mạng không dây.

Tận dụng lợi thế của D2D và NOMA. Trong bài báo này chúng tôi cung cấp một sơ đồ D2D-NOMA ở chế độ cụ thể là tín hiệu truyền từ thiết bị phát đến các thiết bị thu thông qua trạm gốc với lựa chọn chuyển tiếp và ảnh hưởng của các kênh Fading Rayleigh xác định, với mục đích chính là giải quyết vấn đề tăng hiệu quả phổ, đưa ra được biểu thức tính chính xác cho xác suất ngừng hoạt động và các biểu thức này được kiểm tra thông qua mô phỏng để chứng thực tính chính xác của phân tích trong NOMA. Với sơ đồ này chúng tôi đã khắc phục được hạn chế của Kim & cs. (2016) vì khi sử dụng sơ đồ đa anten thì chi phí cho hệ thống là rất lớn và sẽ rất phức tạp để tách tín hiệu ở đầu thu. Ưu điểm của sơ đồ trong bài báo này là có thể tính toán lựa chọn được kênh truyền tốt nhất.

2. Nội dung nghiên cứu

Các kết quả của nghiên cứu trên cho thấy phân tích xác suất dừng của hệ thống có thể đánh giá được chất lượng của mạng. Vì vậy trong bài báo này chúng tôi đưa ra thuật toán để tính xác suất dừng của mô hình đưa ra là D2D-NOMA với mô hình này được xem là một kỹ thuật hiện đại để giảm tải dữ liệu di động cho các mạng không dây.

2.1. Mô hình hệ thống



Hình 1. Mô hình hệ thống NOMA

Mô hình hệ thống NOMA bao gồm một thiết bị di động (U_0), hai thiết bị di động khác ở xa (U_1, U_2) và N thiết bị di động đóng vai trò như là các nút chuyển tiếp AF (R_1, R_2, \dots, R_N với $N > 1$). Có nghĩa là U_0 muốn gửi dữ liệu của nó đến U_1 và U_2 sẽ được gửi thông qua một trong N bộ relay. Trong sơ đồ này nó bao gồm hai giai đoạn liên tiếp. Việc lựa chọn thiết bị relay sẽ dựa vào một số tiêu chí để lựa chọn. Trong bài báo này tác giả chọn hai thiết bị di động để tính toán đó là U_1 và U_2 thông qua các bộ relay bỏ qua kênh truyền trực tiếp và đưa ra ảnh hưởng của kênh pha đình và nhiễu trắng giữa U_0 và R_N là $h_{U_0, R_N} \sim CN(0, \lambda_{U_0, R_N})$ và $M_{R_N} \sim CN(0, N_0)$, tương ứng ảnh hưởng của pha đình và nhiễu trắng giữa R_N và $U_i, i=1, 2$ là $g_{R_N, U_i} \sim CN(0, \lambda_{R_N, U_i})$ và $M_{R_N, U_i} \sim CN(0, N_0)$. U_1 và U_2 kết hợp với nhau dựa vào NOMA.

Trong trường hợp phát hiện $x_{U_{02}}$ tại U_2 . Ban đầu nó có thể phát hiện tín hiệu của $x_{U_{01}}$ và sau đó áp dụng SIC (Successive Interference Cancellation) để phát hiện tín hiệu còn lại. Vì

vậy xác suất dừng hoạt động để thu thập tín hiệu liên quan đến U_1 và U_2 có thể được tính như sau:

$$XSD = \left\{ \beta_{R_N, U_2, x_{U_{02}}} < \beta_{th}, \beta_{R_N, U_1, x_{U_{01}}} < \beta_{th}, \beta_{R_N, U_2, x_{U_{01-02}}} < \beta_{th} \right\} = XSD_1 \times XSD_2. \quad (1)$$

Trong đó β_{U_0, R_N} là SNR tại bộ chuyển tiếp N .

2.2. Tính toán xác suất dừng trong mô hình hai giai đoạn

Trong giai đoạn thứ nhất, U_0 sẽ gửi dữ liệu của nó đến nút chuyển tiếp được thực hiện theo công thức sau:

$$x_{U_0} = \sqrt{\Delta_1 P_{U_0}} x_{U_{01}} + \sqrt{\Delta_2 P_{U_0}} x_{U_{02}}. \quad (2)$$

Trong đó Δ_1 và Δ_2 là các hệ số phân bổ công suất.

$x_{U_{01}}$ và $x_{U_{02}}$ là dữ liệu cho U_1 và U_2 .

P_{U_0} là công suất phát của U_0 .

Dựa vào NOMA ta giả định $\Delta_1 > \Delta_2$ với $\Delta_1 + \Delta_2 = 1$. Tín hiệu nhận được tại R_N là:

$$\begin{aligned} y_{R_N} &= h_{U_0 R_N} x_{U_0} + M_{R_N} \\ &= h_{U_0 R_N} \left(\sqrt{\Delta_1 P_{U_0}} x_{U_{01}} + \sqrt{\Delta_2 P_{U_0}} x_{U_{02}} \right) + M_{R_N}. \end{aligned} \quad (3)$$

Giả định công suất truyền của U_0 và của các bộ chuyển tiếp là như nhau, $P_{R_1} = P_{R_2} = \dots = P_{R_N} = P_{U_0} = P$. Tín hiệu trên nhiễu trung bình SNR $\rho_{U_0} = \frac{P}{N_0}$, với biến ngẫu nhiên

là $H_N = \rho_{U_0} |h_{U_0 R_N}|^2$ và $Q_{iN} = \rho_{U_0} |g_{R_N U_i}|^2$ của tín hiệu trên nhiễu đại diện cho $U_0 \rightarrow R_N$ và $R_N \rightarrow U_i$.

Trong giai đoạn thứ hai tín hiệu nhiễu và tỉ lệ nhiễu tại R_N của đường liên kết chọn $x_{U_{01}}$ được tính như sau:

$$\beta_{U_0 R_N, x_{U_{01}}} = \frac{\Delta_1 H_N}{\Delta_2 H_N + 1}. \quad (4)$$

Tương tự SINR tại R_N của đường liên kết $x_{U_{02}}$ có thể được tính bằng cách triệt nhiễu liên tiếp và được tính như sau:

$$\beta_{U_0 R_N, x_{U_{02}}} = \Delta_2 H_N. \quad (5)$$

Sau khi nhận được tín hiệu từ U_0 , bộ chuyển tiếp sẽ truyền $x_{R_N} = G_N y_{R_N}$ đến U_1 và U_2 , trong khe thời gian thứ hai độ lợi của bộ chuyển tiếp được tính theo công thức sau:

$$G_N^2 = \frac{P_{R_N}}{P_{U_0} |h_{U_0 R_N}|^2 + N_0}. \quad (6)$$

Tín hiệu nhận được tại U_1 và U_2 được chuyển tiếp bởi R_N như sau:

Tại U_1 :

$$\begin{aligned} y_{R_N U_1} &= g_{R_N U_1} x_{R_N} + M_{R_N U_1} \\ &= G g_{R_N U_1} h_{U_0 R_N} \sqrt{\Delta_1 P_{U_0}} x_{U_{01}} + G g_{R_N U_1} h_{U_0 R_N} \sqrt{\Delta_2 P_{U_0}} x_{U_{02}} \\ &\quad + G g_{R_N U_1} M_{R_N} + M_{R_N U_1}. \end{aligned} \quad (7)$$

Tại U_2 :

$$\begin{aligned} y_{R_N U_2} &= g_{R_N U_2} x_{R_N} + M_{R_N U_2} \\ &= G g_{R_N U_2} h_{U_0 R_N} \sqrt{\Delta_1 P_{U_0}} x_{U_{01}} + G g_{R_N U_2} h_{U_0 R_N} \sqrt{\Delta_2 P_{U_0}} x_{U_{02}} \\ &\quad + G g_{R_N U_2} M_{R_N} + M_{R_N U_2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Tương tự như khe thời gian đầu tiên SINR tại U_1 của đường $R_N \rightarrow U_1$ được tính như sau:

$$\beta_{R_N U_1, x_{U_{01}}} = \frac{\Delta_1 H_N Q_{1N}}{\Delta_2 H_N Q_{1N} + H_N + Q_{1N} + 1}. \quad (9)$$

Còn tín hiệu trên đường $R_N \rightarrow U_2$, SINR tức thời tại U_2 để loại bỏ $x_{U_{01}}$, SINR tại U_2 để lấy được dữ liệu của mình được thực hiện theo công thức sau:

$$\begin{aligned} \beta_{R_N U_2, x_{U_{01-02}}} &= \frac{\Delta_1 H_N Q_{2N}}{\Delta_2 H_N Q_{2N} + H_N + Q_{2N} + 1}, \\ \beta_{R_N U_2, x_{U_{02}}} &= \frac{\Delta_2 H_N Q_{2N}}{H_N + Q_{2N} + 1}. \end{aligned} \quad (10)$$

Yêu cầu phải đảm bảo các chất lượng dịch vụ vì vậy phải xem xét đến xác suất dừng hoạt động. Do vậy các thiết bị trong hệ thống sẽ được cung cấp các ngưỡng SNR riêng β_{th_i} , $i=1,2$. Tiếp theo sẽ tính toán xác suất dừng hoạt động của hai thiết bị được ghép nối U_1 và U_2 . Để đơn giản chúng ta có thể giả định rằng tất cả các ngưỡng SINR của U_1 và U_2 là như nhau $\beta_{th_1} = \beta_{th_2} = \beta_{th}$.

- Xác suất dừng hoạt động tại U_1 để tách tín hiệu $x_{U_{01}}$.

Trước tiên ta có thể xác định xác suất dừng hoạt động tại nút relay để chọn R_N liên quan đến tín hiệu $x_{U_{01}}$ và $x_{U_{02}}$.

Trong sơ đồ NOMA xác suất dừng hoạt động xảy ra nếu quá trình chuyển tiếp không thành công, do đó xác suất dừng hoạt động có thể được biểu thị bằng công thức sau:

$$XSD_1 = Pr(\beta_{R_N U_1, x_{U_{01}}} < \beta_{th}) = F_{\beta_{R_N U_1, x_{U_{01}}}}(\beta_{th}). \quad (11)$$

Trong đó:

$$F_{\beta_{R_N U_1}, x_{U_1}}(\beta_{th}) = \Pr\left(\frac{\Delta_1 H_{N^*} Q_{1N^*}}{\Delta_2 H_{N^*} Q_{1N^*} + H_{N^*} + Q_{1N^*} + 1} < \beta_{th}\right)$$

$$= \Pr\left(H_{N^*} (Q_{1N^*} (\Delta_1 - \Delta_2 \beta_{th}) - \beta_{th}) < Q_{1N^*} \beta_{th} + \beta_{th}\right). \quad (12)$$

Từ công thức (12), ta có thể thấy là nếu $Q_{1N^*} (\Delta_1 - \Delta_2 \beta_{th}) - \beta_{th} \leq 0$ thì xác suất dừng hoạt động luôn xảy ra, trong khi nếu $Q_{1N^*} (\Delta_1 - \Delta_2 \beta_{th}) - \beta_{th} > 0$ hoặc $Q_{1N^*} > \frac{\beta_{th}}{\Delta_1 - \beta_{th} \Delta_2} = \tilde{\beta}_{th}$ thì xác suất dừng hoạt động có thể có cũng có thể không. Vì vậy nó có thể được tính như sau:

$$F_{\beta_{R_N U_1}, x_{U_1}}(\beta_{th}) = F_{Q_{1N^*}}(\tilde{\beta}_{th}) + \int_{\tilde{\beta}_{th}}^{+\infty} F_{H_{N^*}}\left(\frac{z\beta_{th} + \beta_{th}}{z(\Delta_1 - \Delta_2 \beta_{th}) - \beta_{th}}\right) f_{Q_{1N^*}}(z) dz$$

$$= F_{Q_{1N^*}}(\tilde{\beta}_{th}) + \int_{\tilde{\beta}_{th}}^{+\infty} F_{H_{N^*}}\left(\frac{z+1}{\frac{z}{\tilde{\beta}_{th}} - 1}\right) f_{Q_{1N^*}}(z) dz$$

$$= F_{Q_{1N^*}}(\tilde{\beta}_{th}) + \int_{\tilde{\beta}_{th}}^{+\infty} F_{H_{N^*}}\left(\frac{\tilde{\beta}_{th}(z+1)}{z - \tilde{\beta}_{th}}\right) f_{Q_{1N^*}}(z) dz. \quad (13)$$

Trong đó $f_{\mathbb{X}}$ biểu thị hàm mật độ xác suất (PDF) của kênh \mathbb{X} , $f_{\mathbb{X}}(x) = \frac{1}{\lambda_{\mathbb{X}}} e^{-\frac{x}{\lambda_{\mathbb{X}}}}$.

Ta được:

$$F_{\beta_{R_N U_1}, x_{U_1}}(\beta_{th}) = F_{Q_{1N^*}}(\tilde{\beta}_{th}) + \int_{\tilde{\beta}_{th}}^{+\infty} \left[1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \exp\left(-\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}}} \left(\frac{\tilde{\beta}_{th}(z+1)}{z - \tilde{\beta}_{th}}\right)\right)\right] f_{Q_{1N^*}}(z) dz$$

$$= 1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \frac{1}{\tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_1}} \times \int_{\tilde{\beta}_{th}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}}} \left(\frac{\tilde{\beta}_{th}(z+1)}{z - \tilde{\beta}_{th}}\right)\right) \exp\left(-\frac{z}{\tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_1}}\right) dz$$

$$= 1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \times \exp\left[-\tilde{\beta}_{th} \left(\frac{k}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}}} + \frac{1}{\tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_1}}\right)\right] 2\sqrt{\theta} N_1(2\sqrt{\theta}). \quad (14)$$

Trong đó $\theta = \frac{n\tilde{\beta}_{th} + \tilde{\beta}_{th}\tilde{\beta}_{th}}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}} \tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_1}}$.

Sau cùng ta có xác suất dừng hoạt động tại U_1 để tách tín hiệu $x_{U_{01}}$ có thể được mô tả như sau:

$$XSD_1 = 1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \times \exp\left[-\tilde{\beta}_{th} \left(\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}}} + \frac{1}{\tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_1}}\right)\right] 2\sqrt{\theta} N_1(2\sqrt{\theta}). \quad (15)$$

- Xác suất dừng tại U_2 để tách tín hiệu $x_{U_{02}}$.

Từ U_2 trước tiên sẽ yêu cầu nhận và loại bỏ tín hiệu của U_1 , xác suất dừng hoạt động tại U_2 sẽ xảy ra nếu xác suất dừng ở giai đoạn thứ nhất và giai đoạn thứ hai xảy ra. Nên xác suất dừng tại U_2 được tính như sau:

$$XSD_2 = \underbrace{\Pr(\beta_{R_N U_2, x_{U_{01-02}}} < \beta_{th})}_{I_1} \underbrace{\Pr(\beta_{R_{N^*} U_2, x_{U_{02}}} < \beta_{th})}_{I_2}. \quad (16)$$

Từ xác suất dừng của U_1 để phát hiện tín hiệu $x_{U_{01}}$, có thể tính xác suất dừng của U_2 để phát hiện tín hiệu $x_{U_{02}}$ như sau:

$$I_1 = \Pr(\beta_{R_N U_2, x_{U_{01-02}}} < \beta_{th}) = 1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \times \exp\left[-\tilde{\beta}_{th} \left(\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}}} + \frac{1}{\tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_2}}\right)\right] 2\sqrt{\phi_1} N_1(2\sqrt{\phi_1}). \quad (17)$$

Trong đó $\phi_1 = \frac{n\tilde{\beta}_{th} + \tilde{\beta}_{th}\tilde{\beta}_{th}}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_{N^*}} \tilde{\lambda}_{R_{N^*} U_2}}$,

$$I_2 = F_{\beta_{R_{N^*} U_2}, x_{U_{02}}}(\beta_{th}) = \Pr\left(\beta_{R_{N^*} U_2, x_{U_{02}}} = \frac{\Delta_2 H_{N^*} Q_{2N^*}}{H_{N^*} + Q_{2N^*} + 1} < \beta_{th}\right). \quad (18)$$

$$F_{\beta_{R_{N^*} U_2}, x_{U_{02}}}(\beta_{th}) = \Pr\left(H_{N^*} < \frac{Q_{2N^*} + 1}{\frac{\Delta_2 Q_{2N^*}}{\beta_{th}} - 1}\right)$$

$$\begin{aligned}
 &= F_{Q_{2N^*}} \left(\frac{\beta_{th}}{\Delta_2} \right) + \int_{\theta}^{+\infty} F_{Y_{N^*}} \left(\frac{\beta_{th}(z+1)}{\Delta_2} \right) \times f_{Q_{2N^*}}(z) dz \\
 &= F_{Q_{2N^*}} \left(\frac{\beta_{th}}{\Delta_2} \right) \\
 &+ \int_{\frac{\beta_{th}}{\Delta_2}}^{+\infty} \left[1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \exp \left(-\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_N^*}} \left(\frac{\beta_{th}(z+1)}{\Delta_2} \right) \right) \right] \times f_{Q_{2N^*}}(z) dz \\
 &= 1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \frac{1}{\tilde{\lambda}_{R_N^* U_2}} \times \int_{\frac{\beta_{th}}{\Delta_2}}^{+\infty} \exp \left(-\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_N^*}} \left(\frac{\beta_{th}(z+1)}{\Delta_2} \right) \right) \exp \left(-\frac{z}{\tilde{\lambda}_{R_N^* U_2}} \right) dz \\
 &= 1 - \sum_{n=1}^N \binom{N}{n} (-1)^{n-1} \times \exp \left[-\frac{\beta_{th}}{\Delta_2} \left(\frac{n}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_N^*}} + \frac{1}{\tilde{\lambda}_{R_N^* U_2}} \right) \right] 2\sqrt{\phi_2} N_1 (2\sqrt{\phi_2}). \quad (19)
 \end{aligned}$$

Trong đó $\phi_2 = \frac{n \frac{\beta_{th}}{\Delta_2} \left(1 + \frac{\beta_{th}}{\Delta_2} \right)}{\tilde{\lambda}_{U_0 R_N^*} \tilde{\lambda}_{R_N^* U_2}}$.

$$XSD_2 = I_1 \times I_2. \quad (20)$$

- Phương pháp lựa chọn nút chuyển tiếp

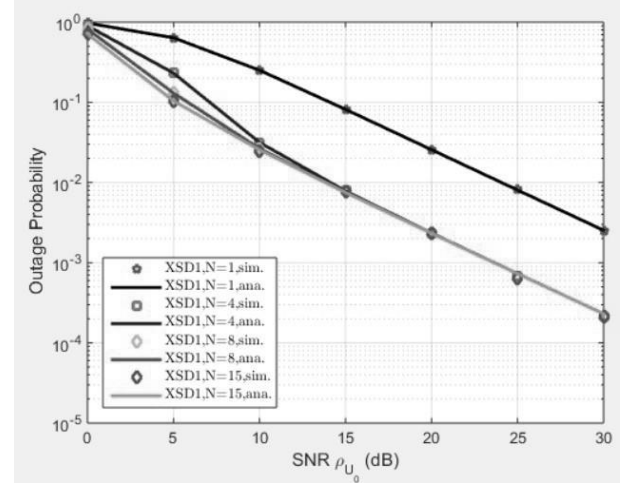
Để lựa chọn nút chuyển tiếp tối ưu trong mô hình trên ta dựa vào tham số $\beta_{U_0 R_N}$ và H_n với phương pháp chọn tối ưu theo mối quan hệ như sau:

$$n^* = \arg \max_{U_0 R_N} \beta_{U_0 R_N} \quad \text{và} \quad H_{n^*} = \max_{n=1,2,\dots,N} H_n. \quad (21)$$

2.3. Kết quả mô phỏng

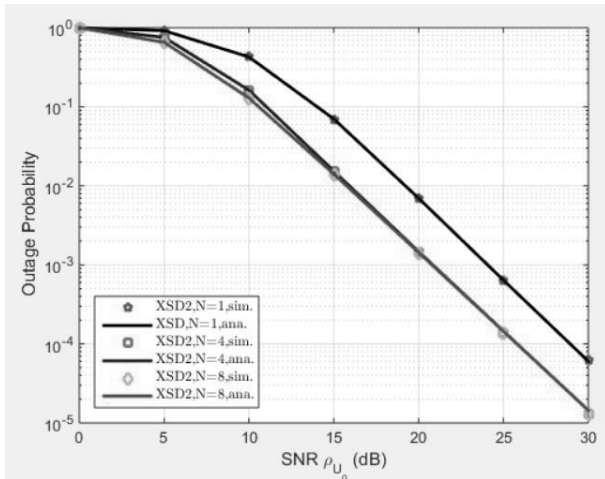
Để tính xác suất dừng hoạt động và tối ưu trong việc lựa chọn bộ relay trong truyền thông D2D được xác định thông qua một số mô phỏng. Các giá trị cụ thể của các tham số được đưa ra để cho ra các kết quả tương ứng từ đó có sự so sánh phù hợp. Trong bài báo này tất cả các kết quả mô phỏng được thực hiện bằng

cách lấy trung bình qua các thử nghiệm ngẫu nhiên trong khoảng 10^5 . Đặc biệt trong bài báo này các kết quả của chúng tôi được dùng để đánh giá hiệu suất dừng hoạt động của hai thiết bị ở xa trong sơ đồ NOMA với các kết quả thu được dựa trên mô phỏng Monte Carlo.



Hình 2. Xác suất dừng tại U_1 . $\beta_{U_0 R_N} = 1$,
 $\beta_{R_N U_1} = 10$, $\beta_{th} = 1$, $\Delta_1 = 0,8$

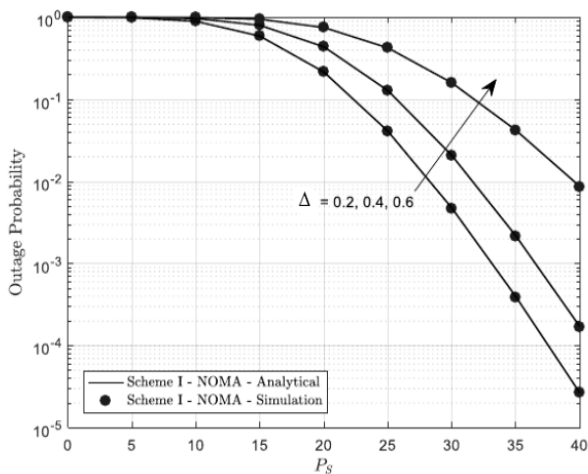
Trong Hình 2 hiển thị kết quả xác suất dừng theo SNR ρ_{U_0} khi thay đổi số lượng bộ relay giúp chuyển tiếp tín hiệu để giao tiếp giữa thiết bị gần và thiết bị xa. Ở đây chúng ta phân bổ công suất cho các thiết bị ở xa trong sơ đồ NOMA ở Hình 1 và kết quả cho thấy sơ đồ được đề xuất với nhiều nút chuyển tiếp sẽ vượt trội so với sơ đồ chỉ sử dụng một nút relay. Tuy nhiên khi số relay từ bốn trở lên thì không khác biệt nhiều, điều này cho chúng ta thấy rằng số lượng relay nên được sử dụng nhiều hơn một nhưng không quá bốn. Khoảng cách hiệu suất sẽ lớn khi SNR lớn. Trong Hình 2 còn cho ta thấy rằng D2D NOMA có thể tăng cường đáng kể hiệu suất dừng hoạt động ở thiết bị đầu tiên với SNR cao. Quan trọng hơn là các đường cong phân tích hoàn toàn phù hợp với kết quả mô phỏng Monte-Carlo.



Hình 3. Xác suất dừng tại U_2 , $\beta_{U_0R_N} = 1$,

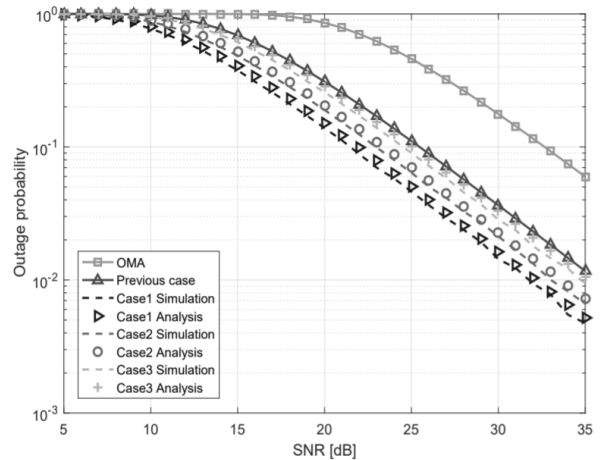
$$\beta_{R_N U_2} = 1, \beta_{th} = 1, \Delta_1 = 0,8$$

Trong Hình 3 xác suất dừng để phát hiện tín hiệu của U_2 và khoảng cách hiệu suất được tăng cường ở số lượng relay lớn hơn trong tất cả các giá trị của SNR ở một relay, điều này có nghĩa là nếu chúng ta sử dụng nhiều relay sẽ mang lại nhiều lợi ích, giúp cải thiện độ tin cậy trong mạng NOMA. Số lượng nút chuyển tiếp trong mạng sẽ có ảnh hưởng mạnh đến xác suất dừng hoạt động ở tất cả các giá trị của SNR. Với số lượng nút chuyển tiếp được chọn tại SNR cụ thể của thiết bị nguồn, xác suất dừng hoạt động tại U_1 và U_2 là như nhau và chỉ khác nhau tại SNR cao.



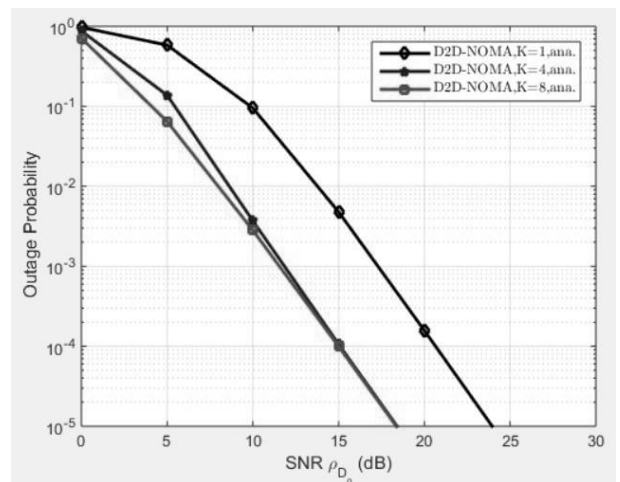
Hình 4. Xác suất dừng trong mô hình NOMA hai giai đoạn [2]

Hình 4 mô tả xác suất dừng trong mô hình NOMA hai giai đoạn với các giá trị Δ khác nhau ta thấy Δ càng lớn thì xác suất dừng càng lớn.



Hình 5. Xác suất dừng trong ba mô hình truyền SNR (Ju & cs., 2019)

Hình 5 là kết quả mô phỏng trong mô hình ba trạng thái của nhóm tác giả Ju & cs. (2019) thể hiện hiệu suất dừng hoạt động được cải thiện hơn so với mô hình OMA và cho thấy được sự tương quan của kênh truyền khi tăng độ lợi kênh và ngưỡng giảm trong ba trường hợp ta thấy trường hợp ba là tệ nhất. Tuy nhiên so với hệ thống OMA thì cả ba trường hợp đều cải thiện đáng kể về xác suất dừng.



Hình 6. Xác suất dừng tổng thể D2D-NOMA

$$\beta_{U_0R_N} = 1, \beta_{R_N U_1} = 10, \beta_{R_N U_2} = 1, \Delta_1 = 0,8$$

Trong Hình 6 mô tả xác suất dừng tổng thể của hệ thống D2D-NOMA và chúng ta thấy

rằng việc điều chỉnh số lượng nút chuyển tiếp trong hệ thống D2D NOMA sẽ ảnh hưởng đến xác suất dừng hoạt động của cả hệ thống và khi SNR tăng thì xác suất dừng sẽ được cải thiện đáng kể. Điều này nói lên rằng để tối ưu hệ thống D2D-NOMA chúng ta cần sử dụng nhiều bộ relay để có được kênh truyền tối ưu nhất.

So sánh với Hình 5 Ju & cs. (2019) ta thấy xác suất dừng tổng thể của hệ thống D2D-NOMA trong hình 6 được cải thiện hơn nhiều so với mô hình của nhóm tác giả Ju và cs. (2019). Chúng ta thấy rằng việc kết hợp D2D NOMA sẽ tối ưu hơn rất nhiều về xác suất dừng so với hệ thống NOMA hai giai đoạn dù cho SNR nhỏ hay SNR tăng điều này cho thấy rằng nếu kết hợp D2D NOMA thì sẽ tối ưu được hệ thống. Khi điều chỉnh số lượng nút chuyển tiếp trong hệ thống D2D NOMA sẽ ảnh hưởng đến xác suất dừng hoạt động của cả hệ thống và khi SNR tăng thì xác suất dừng sẽ được cải thiện đáng kể.

3. Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi đưa ra sơ đồ kết hợp D2D và NOMA với mục tiêu chính là cải thiện hiệu quả phổ của hệ thống và đưa ra biểu thức tính xác suất dừng của từng giai đoạn và của cả hệ thống từ đó mô phỏng và so sánh với hệ thống NOMA hai giai đoạn và đã cho ra được kết quả là nếu kết hợp D2D-NOMA sẽ đạt được hiệu quả tốt hơn. Hiệu suất của mô hình đề xuất được đánh giá bằng cách xem xét xác suất dừng trong các biểu thức, hệ số phân bố xác suất và xác suất dừng của hệ thống. Kết quả của chúng tôi được chứng minh từ mô phỏng. Từ biểu thức xác suất dừng chính xác với kết quả mô phỏng có thể dễ dàng nhận ra rằng số lượng bộ relay sẽ ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của hệ thống. Sơ đồ đề xuất của chúng tôi có thể làm tăng đáng kể hiệu quả phổ của hệ thống thông qua sơ đồ D2D-NOMA. Vậy để cải thiện xác suất dừng của hệ thống thì sơ đồ kết hợp D2D-NOMA là một giải pháp hữu hiệu./.

Tài liệu tham khảo

- Ding, Z., Dai, H., & Poor, H. V. (2016). Relay selection for cooperative NOMA. *IEEE Wireless Communications Letters*, 5(4), 416-419.
- Ju, J., Duan, W., Sun, Q., Gao, S., & Zhang, G. (2019). Performance analysis for cooperative NOMA with opportunistic relay selection. *IEEE Access*, 7, 131488-131500.
- Kim, J. B., Song, M. S., & Lee, I. H. (2016, October). Achievable rate of best relay selection for non-orthogonal multiple access-based cooperative relaying systems. In 2016 international conference on information and communication technology convergence (ICTC) (960-962). IEEE.
- Luan, N. T., & Do, D. T. (2017). A new look at AF two-way relaying networks: energy harvesting architecture and impact of co-channel interference. *Annals of Telecommunications*, 72, 669-678.
- Nguyen, T. N., Do, D. T., Tran, P. T., & Voznak, M. (2016). Time switching for wireless communications with full-duplex relaying in imperfect CSI condition. *KSI Transactions on Internet & Information Systems*, 10(9), 4223-4239.
- Trung, Q. D. (2016). Outage probability of Non-Orthogonal Multiple Access Schemes with partial Relay Selection. In Proc IEEE PIMRC, 1-6.
- Xu, M., Ji, F., Wen, M., & Duan, W. (2016). Novel receiver design for the cooperative relaying system with non-orthogonal multiple access. *IEEE Communications Letters*, 20(8), 1679-1682.
- Zou, D., Deng, D., Rao, Y., Li, X., & Yu, K. (2019). Relay selection for cooperative NOMA system over correlated fading channel. *Physical Communication*, 35, 100702.
- ITU-R WP5D (2017), *Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface*. Draft new report ITU-R M IMT-2020, TECH PERF REQ.