

NÂNG CAO HIỆU NĂNG MẠNG HỢP TÁC HAI CHIỀU DÙNG NOMA VÀ LỰA CHỌN CHUYỂN TIẾP

TRẦN ĐÌNH HÙNG, VÕ MINH HẢO, NGUYỄN THÀNH LUÂN, PHÙ TRẦN TÍN, ĐÀO THỊ THU THỦY*

Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**Tác giả liên hệ: daothithuthuy@iuh.edu.vn*

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v57i03.4389>

Tóm tắt. Nhằm nâng cao hiệu năng truyền thông hợp tác, các phương pháp lựa chọn chuyển tiếp đã được sử dụng và mang lại hiệu quả đáng kể. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu phương pháp lựa chọn thiết bị chuyển tiếp cho cụm chuyển tiếp trong mạng hợp tác hai chiều kết hợp với giao thức đa truy cập phi trực giao (NOMA) với cơ chế triệt can nhiễu tuần tự (SIC). Mô hình được khảo sát gồm hai người dùng trong điều kiện môi trường truyền có suy hao nhiều do fading hoặc các chướng ngại vật nên không có đường trực tiếp, quá trình truyền thông tin chỉ được thực hiện thông qua một cụm thiết bị chuyển tiếp hoạt động ở chế độ bán song công (HD), được gọi là giao thức HD-CNOMA. Bài báo thảo luận và phân tích xác suất dừng với phương pháp lựa chọn thiết bị chuyển tiếp với độ lợi lớn nhất. Bên cạnh đó, hiệu năng hệ thống được khảo sát theo tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR). Cuối cùng, các biểu thức toán học được kiểm chứng bằng phương pháp mô phỏng Monte-Carlo sử dụng phần mềm Matlab.

Từ khóa. lựa chọn nút chuyển tiếp, xác suất dừng, đa truy cập phi trực giao, chuyển tiếp hai chiều, giải mã và chuyển tiếp.

1. GIỚI THIỆU

Với sự phát triển nhanh chóng của mạng truyền thông không dây, các nghiên cứu về phân tập hợp tác đã thu hút được sự chú ý đáng kể. Nó cho phép cải thiện về hiệu năng và độ tin cậy của mạng không dây bằng cách để các thiết bị chuyển tiếp trợ giúp cho nhiệm vụ truyền nhận dữ liệu. Đây là một trong những cách hiệu quả nhất để giảm tác động fading lên các kênh truyền không dây. Các kỹ thuật lựa chọn thiết bị chuyển tiếp cũng từ đó mà được nhiều quan tâm nghiên cứu [1, 2]. Có nhiều kỹ thuật lựa chọn thiết bị chuyển tiếp khác nhau như chọn bán phần (partial) [3], chọn toàn phần (full) và chọn ngẫu nhiên (random). Đối với phương pháp chọn toàn phần, thiết bị chuyển tiếp được chọn khi các thông số về đường truyền tín hiệu giữa thiết bị chuyển tiếp và nguồn cả đường lên và đường xuống là lớn nhất. Các thông số này có thể là độ lợi kênh truyền hay tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu và với chọn toàn phần thì tiềm năng nâng cao hiệu năng hệ thống là rất lớn. Khác với chọn toàn phần, chọn bán phần triển khai chọn thiết bị chuyển tiếp với các thông số trên chỉ cho một bên đường lên hoặc đường xuống, với phương pháp này có thể sẽ bỏ qua các kênh truyền tốt hơn ở bên còn lại nhưng quá trình xử lý tín hiệu sẽ đơn giản hơn và giúp tăng tốc độ xử lý so với phương pháp chọn toàn phần.

Đa truy cập là kỹ thuật cho phép nhiều người dùng chia sẻ thông tin trên cùng một kênh truyền một cách hiệu quả. Đa truy cập có thể dựa trên cơ chế đa truy cập trực giao (OMA) và đa truy cập phi trực giao (NOMA). NOMA được xem là một trong những kỹ thuật truy nhập vô tuyến với hiệu quả truyền dẫn đầy hứa hẹn cho truyền thông di động thế hệ sau, là một công nghệ cần thiết cho các mạng không đồng nhất về độ trễ thấp, độ tin cậy cao, kết nối lớn và thông lượng cao [4-6]. Trong NOMA, các thiết bị có khả năng chuyển cùng lúc nhiều tín hiệu khác nhau đến một hoặc nhiều người dùng. Tính chất quảng bá của NOMA giúp nâng cao tốc độ truyền dẫn của dữ liệu trong hệ thống. Điểm khác biệt của NOMA là có thể phục vụ nhiều thiết bị người dùng trên cùng một khối tài nguyên (có thể là thời gian, tần số hay mã) nhưng được phân bổ công suất khác nhau dựa theo điều kiện kênh truyền khác nhau. Nguyên tắc là phân bổ công suất cao hơn cho thiết bị có điều kiện kênh truyền yếu (hay ở xa nguồn) và công suất thấp hơn cho các thiết bị người dùng có điều kiện kênh truyền tốt hơn (hay ở gần nguồn) để đảm bảo tính công bằng giữa các thiết bị người dùng. Tại các thiết bị thu sẽ sử dụng kỹ thuật triệt can nhiễu tuần tự SIC để giải mã các tín hiệu [7].

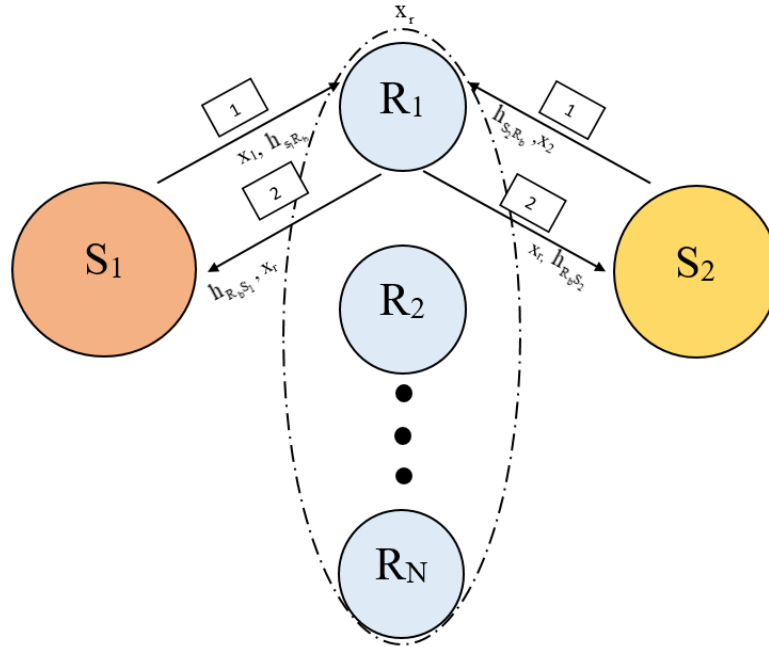
Để thúc đẩy hiệu quả sử dụng phổ và cải thiện hiệu suất truyền tải cho mạng hai chiều [8], trong bài báo này chúng tôi đề xuất một mô hình mạng hợp tác hai chiều gồm hai người dùng và một cụm chuyển tiếp sử dụng hai khe thời gian với phương pháp chọn thiết bị chuyển tiếp bán phần dựa vào độ lợi kênh truyền giữa người dùng gần và thiết bị chuyển tiếp tương ứng lớn nhất, kết hợp với kỹ thuật NOMA. Trong khe thời gian thứ nhất cả hai người dùng cùng truyền tín hiệu đến cụm thiết bị chuyển tiếp. Một thiết bị chuyển tiếp được chọn và thiết bị chuyển tiếp này sẽ sử dụng SIC để giải mã tín hiệu nhận được, sau đó dùng mã hóa xếp chồng để tạo ra một tín hiệu mới và truyền tín hiệu này đến hai người dùng trong khe thời gian thứ hai. Sử dụng hai khe thời gian trong trao đổi dữ liệu kết hợp lựa chọn thiết bị chuyển tiếp làm tăng hiệu suất sử dụng băng thông và giảm ảnh hưởng của fading lên tín hiệu dẫn đến giảm xác suất dừng. Xác suất dừng của hệ thống được phân tích và biểu diễn ở dạng biểu thức đóng chính xác để đánh giá hiệu năng hệ thống và được kiểm chứng bằng phương pháp mô phỏng Monte-Carlo.

Một số ký hiệu toán học trong bài báo: $f_x(\cdot)$ và $F_x(\cdot)$ tương ứng là hàm mật độ xác suất (PDF) và hàm phân phối tích lũy (CDF) của một biến ngẫu nhiên X ; $\Pr(\cdot)$ là hàm xác suất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Mô hình hệ thống và giả định.

Mô hình mạng hai chiều được đề xuất gồm 2 nguồn S_1, S_2 giao tiếp với nhau qua một cụm gồm N thiết bị chuyển tiếp (R_i với $1 \leq i \leq N$) như hình 1. Các nguồn và các thiết bị chuyển tiếp hoạt động ở chế độ bán song công. Đường truyền trực tiếp giữa S_1, S_2 được giả sử là không tồn tại do tín hiệu suy yếu mạnh bởi trở ngại vật lý [9] và liên kết chỉ có thể thiết lập thông qua các thiết bị chuyển tiếp [10]. Tại mỗi khe thời gian, chỉ có một thiết bị chuyển tiếp R_b ($R_b \in R_i$) được chọn để hỗ trợ cho việc truyền dữ liệu giữa các nguồn. d_1, d_2 là khoảng cách chuẩn hóa giữa nguồn S_1, S_2 và cụm thiết bị chuyển tiếp, đồng thời giả sử S_1 gần cụm thiết bị chuyển tiếp hơn S_2 tức là $d_1 < d_2$.



Hình 1: Mô hình hệ thống HD-CNOMA.

2.2 Phân tích mô hình hệ thống.

Chúng tôi giả sử kênh truyền giữa các thiết bị là mô hình fading Rayleigh với $h_{S_1R_i}, h_{R_iS_1}, h_{S_2R_i}, h_{R_iS_2}$ là hệ số kênh truyền tương ứng với các liên kết $S_1 \rightarrow R_i, R_i \rightarrow S_1, S_2 \rightarrow R_i, R_i \rightarrow S_2$. Độ lợi kênh truyền

tương ứng $|h_{S_1R_i}|^2$, $|h_{R_iS_1}|^2$, $|h_{S_2R_i}|^2$, $|h_{R_iS_2}|^2$ là các biến ngẫu nhiên được phân phối theo hàm mũ với các giá trị trung bình Ω_k ($k \in S_1R_i, R_iS_1, S_1R_i, R_iS_2$) và giả sử $\Omega_{S_1R_i} = \Omega_{R_iS_1} = \Omega_1 = d_1^\beta$ và $\Omega_{S_2R_i} = \Omega_{R_iS_2} = \Omega_2 = d_2^\beta$ (với β là hệ số mũ suy hao đường truyền) có PDF $f_{|h_k|^2}(x) = \frac{1}{\Omega_k} e^{-\frac{x}{\Omega_k}}$, và CDF $F_{|h_k|^2}(x) = 1 - e^{-\frac{x}{\Omega_k}}$. Trên kênh truyền $S_1 \rightarrow R_i$, R_b được chọn là thiết bị chuyển tiếp có độ lợi lớn nhất nên CDF tương ứng:

$$F_{|h_{S_1R_b}|^2}(x) = \prod_{i=1}^N F_{|h_{S_1R_i}|^2}(x) = \left(1 - e^{-\frac{x}{\Omega_1}}\right)^N \quad (1)$$

x_1, x_2 tương ứng là tín hiệu truyền bởi S_1, S_2 . Giả sử công suất truyền của các nguồn và thiết bị chuyển tiếp bằng nhau P .

Trong khe thời gian thứ nhất S_1 và S_2 truyền đồng thời tín hiệu x_1 và x_2 với công suất P đến các thiết bị chuyển tiếp. Tín hiệu nhận được ở các thiết bị chuyển tiếp được biểu diễn bằng công thức:

$$y_r = \sqrt{P}h_{S_1R_i}x_1 + \sqrt{P}h_{S_2R_i}x_2 + n_r \quad (2)$$

trong đó n_r là nhiễu Gauss trắng (AWGN) với giá trị trung bình là 0 và phương sai N_0 .

Thiết bị chuyển tiếp R_b được chọn và giải mã tín hiệu nhận được dựa theo nguyên lý của SIC, đầu tiên R_b sẽ giải mã tín hiệu x_1 do được truyền từ nguồn gần hơn nên có độ lợi lớn hơn trước và xem tín hiệu x_2 là nhiễu. Ta có SNR tại thiết bị chuyển tiếp cho giải mã x_1 là:

$$\gamma_{S_1 \rightarrow R_b | d_1 \leq d_2} = \frac{|h_{S_1R_b}|^2 \rho}{|h_{R_bS_2}|^2 \rho + 1} \quad (3)$$

Trong đó, $\rho = \frac{P}{N_0}$ được định nghĩa là tỉ lệ công suất tín hiệu trên nhiễu. Sau khi giải mã x_1 và loại bỏ thành phần chứa x_1 trong công thức (2), R_b giải mã tín hiệu x_2 với giá trị SNR là:

$$\gamma_{S_2 \rightarrow R_b} = \rho |h_{S_2R_b}|^2 \quad (4)$$

Tiếp theo R_b dùng mã hóa xếp chồng tạo ra một tín hiệu x_r là kết quả tổng hợp của hai tín hiệu x_1 và x_2 và truyền trở lại hai nguồn với hệ số phân bổ công suất a_1, a_2 cho hai tín hiệu x_1, x_2 với $a_1 + a_2 = 1$. Để đảm bảo công bằng giữa S_1 và S_2 , công suất cao được phân bổ cho người dùng ở xa trong trường hợp này là S_2 nên $a_1 > a_2$. Tín hiệu nhận được tại S_j ($j = 1, 2$) được biểu diễn bởi công thức:

$$y_{S_j} = \sqrt{P}h_{R_bS_j} \left(\sqrt{a_1}x_1 + \sqrt{a_2}x_2 \right) + n_{S_j} \quad (5)$$

Tại S_2 theo nguyên lý giải mã SIC, tín hiệu x_1 được giải mã và x_2 được coi là nhiễu, SNR nhận được tại thiết bị chuyển tiếp cho giải mã x_1 là:

$$\gamma_{R_b \rightarrow S_2 | d_1 \leq d_2} = \frac{a_1 \rho |h_{R_bS_2}|^2}{a_2 \rho |h_{R_bS_2}|^2 + 1} \quad (6)$$

Tại S_1 theo nguyên lý giải mã SIC, tín hiệu x_1 được giải mã và x_2 được coi là nhiễu. Sau đó giải mã x_2 bằng cách loại bỏ tín hiệu x_1 vừa được giải mã. SNR nhận được tại S_1 của tín hiệu x_1 và x_2 lần lượt được biểu diễn như sau:

$$\gamma_{R_b \rightarrow S_1 | d_1 \leq d_2}^{x_1} = \frac{a_1 \rho |h_{R_b S_1}|^2}{a_2 \rho |h_{R_b S_1}|^2 + 1} \quad (7)$$

$$\gamma_{R_b \rightarrow S_1 | d_1 \leq d_2}^{x_2} = a_2 \rho |h_{R_b S_1}|^2 \quad (8)$$

2.3 Phân tích xác suất dừng hệ thống.

Trong phần này, chúng tôi tìm các biểu thức xác suất dừng của hệ thống. Chúng tôi giả sử rằng các thiết bị chuyên tiếp và nguồn chỉ giải mã thành công tín hiệu nhận được nếu SNR của chúng lớn hơn hoặc bằng một giá trị ngưỡng γ_{th} [3, 11].

2.3.1 Xác suất dừng của đường truyền tín hiệu từ nguồn S_1 đến S_2 : $S_1 \rightarrow R_b \rightarrow S_2$.

Xác suất truyền thành công được mô tả như sau: thiết bị chuyên tiếp phát hiện và giải mã thành công tín hiệu x_1 và sau đó S_2 cũng phát hiện và giải mã thành công được x_1 ($P_r(\gamma_{S_1 \rightarrow R_b | d_1 \leq d_2} > \gamma_{th}, \gamma_{R_b \rightarrow S_2 | d_1 \leq d_2} > \gamma_{th})$). Ngược lại hệ thống sẽ xảy ra hiện tượng dừng hoạt động. Ta có xác suất dừng cho đường truyền $S_1 \rightarrow R_b \rightarrow S_2$ với $d_1 \leq d_2$ và được biểu diễn:

$$OP_{S_2 | d_1 \leq d_2} = 1 - \Pr(\gamma_{S_1 \rightarrow R_b | d_1 \leq d_2} > \gamma_{th}, \gamma_{R_b \rightarrow S_2 | d_1 \leq d_2} > \gamma_{th}) \quad (9)$$

Thay giá trị SNR ở công thức (3) và (6) vào (9), ta có:

$$\begin{aligned} OP_{S_2 | d_1 \leq d_2} &= 1 - \Pr\left(\frac{|h_{S_1 R_b}|^2 \rho}{|h_{R_b S_2}|^2 \rho + 1} > \gamma_{th}\right) \times \Pr\left(\frac{a_1 \rho |h_{R_b S_2}|^2}{a_2 \rho |h_{R_b S_2}|^2 + 1} > \gamma_{th}\right) \\ &= 1 - \Pr\left(|h_{S_1 R_b}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho} (|h_{R_b S_2}|^2 \rho + 1)\right) \times \Pr\left(|h_{R_b S_2}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho(a_1 - a_2 \gamma_{th})}\right) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{Đặt } T_1 = \Pr\left(|h_{S_1 R_b}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho} (|h_{R_b S_2}|^2 \rho + 1)\right) \text{ và } T_2 = \Pr\left(|h_{R_b S_2}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho(a_1 - a_2 \gamma_{th})}\right)$$

Với các PDF và CDF đã xác định, ta có thể tính được:

$$T_1 = 1 - \Omega_4 \sum_{q=0}^N \frac{C_N^q (-1)^q e^{-\frac{q\gamma_{th}}{\rho\Omega_4}}}{\Omega_4 + q\gamma_{th}\Omega_2} \quad (11)$$

$$T_2 = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{\gamma_{th}}{\Omega_2 \rho (a_1 - a_2 \gamma_{th})}} \times \left(1 - \Omega_4 \sum_{q=0}^N \frac{C_N^q (-1)^q e^{-\frac{q\gamma_{th}}{\rho\Omega_4}}}{\Omega_4 + q\gamma_{th}\Omega_2}\right) & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) > 0 \\ 0 & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) < 0 \end{cases} \quad (12)$$

Vậy

$$OP_{S_2|d_1 \leq d_2} = 1 - (T_1 \times T_2)$$

$$= \begin{cases} 1 - \left(1 - \Omega_1 \sum_{q=0}^N \frac{C_N^q (-1)^q e^{\frac{-q\gamma_{th}}{\rho\Omega_1}}}{\Omega_1 + q\gamma_{th}\Omega_2} \right) \times e^{-\frac{\gamma_{th}}{\Omega_2(\rho a_1 - \rho a_2 \gamma_{th})}} & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) > 0 \\ 1 & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) < 0 \end{cases} \quad (13)$$

2.3.2 Xác suất dừng của đường truyền tín hiệu từ nguồn S_2 đến S_1 : $S_2 \rightarrow R_b \rightarrow S_1$.

Xác suất truyền thành công của đường truyền tín hiệu từ nguồn S_2 đến S_1 được mô tả như sau. Thiết bị chuyển tiếp sử dụng kỹ thuật SIC giải mã thành công tín hiệu x_1 và giải mã thành công tín hiệu x_2 đồng thời tại nguồn S_1 giải mã thành công x_1 và x_2 . Ta có xác suất dừng cho đường truyền này như sau:

$$OP_{S_1|d_1 \leq d_2} = 1 - \Pr(\gamma_{S_1 \rightarrow R_b}^{x_1} > \gamma_{th}, \gamma_{S_2 \rightarrow R_b}^{x_2} > \gamma_{th}) \times P_r(\gamma_{R_b \rightarrow S_1}^{x_1} > \gamma_{th}, \gamma_{R_b \rightarrow S_1}^{x_2} > \gamma_{th}) \quad (14)$$

Thay giá trị SNR ở công thức (3), (4), (7) và (8) vào (14), ta có:

$$OP_{S_1|d_1 \leq d_2} = 1 - \Pr\left(\frac{|h_{S_1 R_b}|^2 \rho}{|h_{R_b S_2}|^2 \rho + 1} > \gamma_{th}, \rho |h_{R_b S_2}|^2 > \gamma_{th}\right) \times$$

$$\times \Pr\left(\frac{a_1 \rho |h_{R_b S_1}|^2}{a_2 \rho |h_{R_b S_1}|^2 + 1} > \gamma_{th}, a_2 \rho |h_{R_b S_1}|^2 > \gamma_{th}\right) \quad (15)$$

$$= 1 - P_r\left(|h_{S_1 R_b}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho} (|h_{R_b S_2}|^2 \rho + 1), |h_{R_b S_2}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho}\right) \times$$

$$\times P_r\left(|h_{R_b S_1}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{a_1 \rho} (a_2 \rho |h_{R_b S_1}|^2 + 1), |h_{R_b S_1}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{a_2 \rho}\right)$$

$$\text{Đặt } T_3 = P_r\left(|h_{S_1 R_b}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho} (|h_{R_b S_2}|^2 \rho + 1), |h_{R_b S_2}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{\rho}\right)$$

$$\text{và } T_4 = P_r\left(|h_{R_b S_1}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{a_1 \rho} (a_2 \rho |h_{R_b S_1}|^2 + 1), |h_{R_b S_1}|^2 > \frac{\gamma_{th}}{a_2 \rho}\right)$$

Với các PDF và CDF đã xác định, ta có thể tính được:

$$T_3 = e^{-\frac{\gamma_{th}}{\Omega_2 \rho}} - \Omega_1 e^{-\frac{\gamma_{th}}{\Omega_2 \rho}} \sum_{q=0}^N \frac{C_N^q (-1)^q e^{\frac{-\gamma_{th} q (1 + \gamma_{th})}{\rho \Omega_1}}}{\Omega_1 + q \gamma_{th} \Omega_2} \quad (16)$$

$$T_4 = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{\gamma_{th} - c}{\Omega_2 \rho} \frac{c}{\Omega_1}} \left(1 - \Omega_1 \sum_{q=0}^N \frac{C_N^q (-1)^q e^{\frac{-\gamma_{th} q (1 + \gamma_{th})}{\rho \Omega_1}}}{\Omega_1 + q \gamma_{th} \Omega_2} \right) & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) > 0 \\ 0 & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) < 0 \end{cases} \quad (17)$$

Vậy

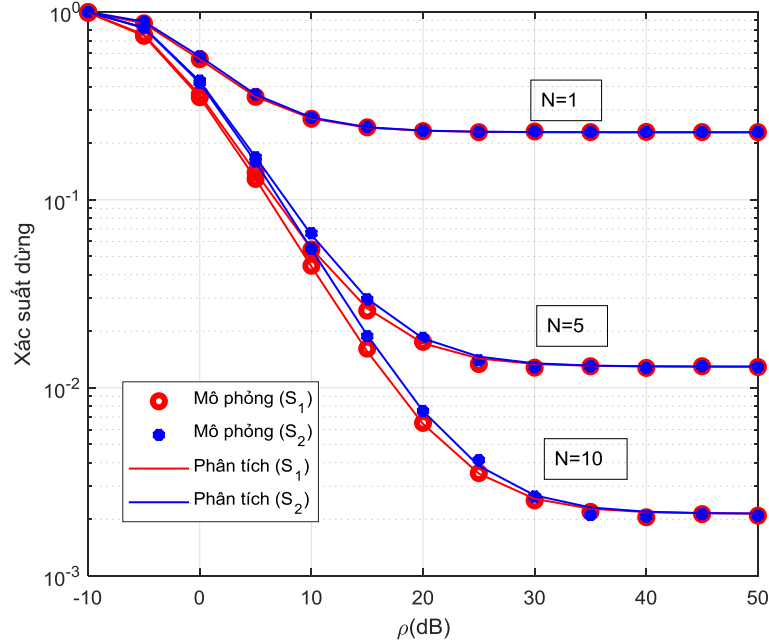
$$OP_{S_{1|d_1 \leq d_2}} = 1 - (T_3 \times T_4)$$

$$= \begin{cases} 1 - e^{-\frac{\gamma_{th}}{\Omega_2 \rho} \frac{c}{\Omega_1}} \left(1 - \Omega_1 \sum_{q=0}^N \frac{C_N^q (-1)^q e^{-\frac{\gamma_{th} q (1 + \gamma_{th})}{\rho \Omega_1}}}{\Omega_1 + q \gamma_{th} \Omega_2} \right) & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) > 0 \\ 1 & \text{khi } (a_1 - a_2 \gamma_{th}) < 0 \end{cases} \quad (18)$$

Với $c = \max\left(\frac{\gamma_{th}}{\rho(a_1 - a_2 \gamma_{th})}, \frac{\gamma_{th}}{a_2 \rho}\right)$

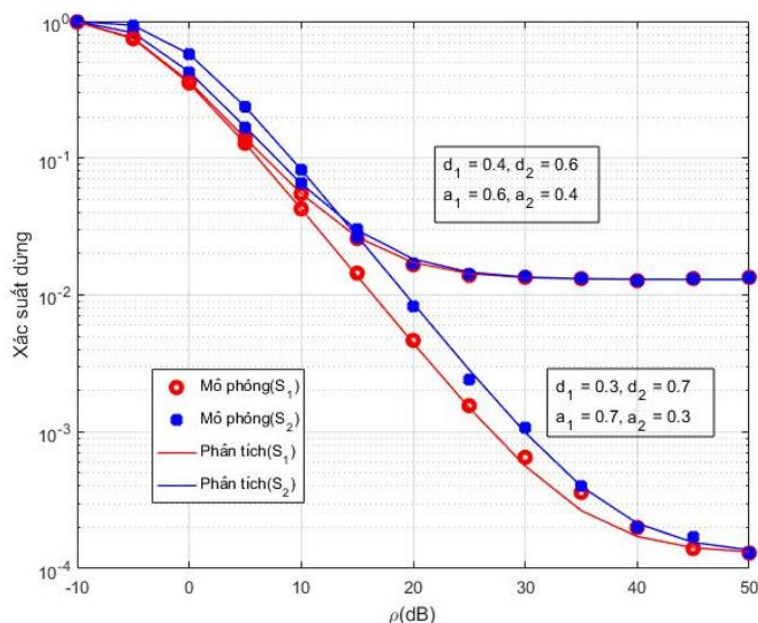
3. MÔ PHỎNG CÔNG THỨC VÀ NHẬN XÉT

Trong phần này, chúng tôi thực hiện mô phỏng trên phần mềm Matlab để kiểm chứng các kết quả phân tích xác suất dừng của hai nguồn trong hệ thống HD CNOMA. Trong tất cả các phân tích chúng tôi chọn SNR ngưỡng $\gamma_{th} = 1$ và hệ số mũ suy hao đường truyền $\beta = 3$.



Hình 2: Xác suất dừng của hệ thống theo ρ với số thiết bị chuyển tiếp khác nhau.

Hình 2 biểu diễn xác suất dừng của hai nguồn theo ρ với các thông số được chọn như sau $d_1 = 0.4$, $d_2 = 1 - d_1$, $a_1 = 0.7$, $a_2 = 1 - a_1$ và số thiết bị chuyển tiếp $N = \{1, 5, 10\}$. Các kết quả cho thấy, thứ nhất xác suất dừng của hai hệ thống xấp xỉ bằng nhau dù khoảng cách của hai nguồn đến cụm thiết bị chuyển tiếp khác nhau, kết quả này có được do cách phân bổ hệ số công suất tại thiết bị chuyển tiếp theo nguyên lý của NOMA tạo ra sự công bằng cho hai người sử dụng. Bên cạnh đó xác suất dừng của cả hai nguồn đều giảm mạnh khi ρ tăng ở vùng ρ nhỏ 0dB đến khoảng 10dB, 20dB hoặc 30dB ứng với các số lượng thiết bị chuyển tiếp $N = \{1, 5, 10\}$ tương ứng, sau đó rơi vào giá trị bão hòa ở giá trị ρ lớn. Ta cũng thấy hiệu năng của hệ thống tăng tỉ lệ thuận với số lượng thiết bị chuyển tiếp, hệ thống có sử dụng nhiều thiết bị chuyển tiếp tốt hơn hẳn so với hệ thống chỉ sử dụng một thiết bị chuyển tiếp. Cuối cùng các kết quả lý thuyết hoàn toàn trùng với kết quả mô phỏng.



Hình 3: Xác suất dừng theo ρ với khoảng cách và hệ số công suất thay đổi

Hình 3 biểu diễn xác suất dừng của hai nguồn theo ρ với sự thay đổi của các giá trị khoảng cách $d_1 = \{0.3, 0.4\}$, $d_2 = 1 - d_1$, và thay đổi các hệ số công suất tương ứng $a_1 = \{0.7, 0.6\}$, $a_2 = 1 - a_1$, với số thiết bị chuyển tiếp $N = 5$. Kết quả mô phỏng cho thấy khi phân bổ hệ số công suất hợp lý tại thiết bị chuyển tiếp theo khoảng cách giữa thiết bị chuyển tiếp và hai nguồn (khoảng cách lớn thì tín hiệu được truyền với công suất lớn và ngược lại) ta thu được xác suất dừng của hai nguồn xấp xỉ bằng nhau tạo tính công bằng cho các người sử dụng dẫn đến cải thiện hiệu năng của hệ thống.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này nghiên cứu việc áp dụng NOMA và phương pháp lựa chọn thiết bị chuyển tiếp trong mạng hợp tác hai chiều với kênh truyền Rayleigh. Các kết quả phân tích về xác suất dừng hoạt động của hệ thống được cung cấp ở biểu thức dạng đóng và được kiểm chứng bằng mô phỏng Monte Carlo. Các kết quả tính toán, mô phỏng cho thấy hệ mạng hợp tác hai chiều sử dụng NOMA giúp giảm số khe thời gian truyền dẫn đến tăng hiệu năng hệ thống so với mạng hợp tác hai chiều thông thường. Bên cạnh đó phương pháp lựa chọn thiết bị chuyển tiếp giúp giảm xác suất dừng hoạt động của hệ thống so với trường hợp chỉ sử dụng một thiết bị chuyển tiếp hỗ trợ truyền dữ liệu. Cuối cùng việc phân bổ công suất tại thiết bị chuyển tiếp bằng cách lựa chọn các hệ số công suất thích hợp tùy theo khoảng cách giữa thiết bị chuyển tiếp và hai người dùng tạo ra tính công bằng cho người dùng ở xa giúp tăng hiệu năng của mạng hợp tác hai chiều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I. Krikidis, H. A. Suraweera, P. J. Smith, and C. Yuen, "Full-duplex relay selection for amplify-and-forward cooperative networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 11, no. 12, pp. 4381-4393, 2012.
- [2] Z. Ding, H. Dai, and H. V. Poor, "Relay for cooperative NOMA," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 5, no. 4, pp. 416-419, 2016.
- [3] S. Lee, D. B. da Costa, and T. Q. Duong, "Outage probability of non-orthogonal multiple access schemes with partial relay selection," *2016 IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, IEEE, 2016, pp. 1-6.
- [4] K. M. Rabie, B. Adebisi, E. H. Yousif, H. Gacanin, and A. M. Tonello, "A comparison between orthogonal and non-orthogonal multiple access in cooperative relaying power line communication systems," *IEEE access*, vol. 5, pp. 10118-10129, 2017.
- [5] Y. Liu, Z. Qin, M. El-kashlan, Z. Ding, A. Nallanathan, and L. Hanzo, "Non-orthogonal multiple access for 5G and beyond," *Proceedings of the IEEE*, vol. 105, no. 12, pp. 2347-2381, 2017.

- [6] T.-T. T. Dao and P. N. Son, "Uplink non-orthogonal multiple access protocol in two-way relaying networks: realistic operation and performance analysis," *2020 7th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS), Ho Chi Minh City, Vietnam*, IEEE, 2020, pp. 399-404.
- [7] Z. Ding, R. Schober, and H. V. Poor, "Unveiling the Importance of SIC in NOMA Systems," *IEEE Communications Letters*, vol. 24, no. 11, pp. 2373-2377, 2020.
- [8] A. Nosratinia, T. E. Hunter, and A. Hedayat, "Cooperative communication in wireless networks," *IEEE communications Magazine*, vol. 42, no. 10, pp. 74-80, 2004.
- [9] D. B. da Costa and S. Aissa, "Performance analysis of relay selection techniques with clustered fixed-gain relays," *IEEE Signal processing letters*, vol. 17, no. 2, pp. 201-204, 2009.
- [10] X. Yue, Y. Liu, S. Kang, A. Nallanathan, and Z. Ding, "Exploiting full/half-duplex user relaying in NOMA systems," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 66, no. 2, pp. 560-575, 2017.
- [11] H. Sun, Q. Wang, R. Q. Hu, and Y. Qian, "Outage probability study in a NOMA relay system," *2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, IEEE, 2017, pp. 1-6.

ENHANCING THE TWO-WAY COOPERATIVE NETWORK PERFORMANCE USING NOMA AND RELAY SELECTION

TRAN DINH HUNG, VO MINH HAO, NGUYEN THANH LUAN, PHU TRAN TIN, THU-THUY THI DAO*

Faculty of Electronics Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City

**Corresponding: daothithuthuy@iuh.edu.vn*

Abstract. To enhance network performance in cooperative communication, the relay selection methods have been used with significant effects. In this paper, we study two-way relay networks using the partial relay selection and non-orthogonal multiple access protocol (NOMA) with successive interference cancellation (SIC). In the paper, the investigated model includes two end-users in a transmission condition with high loss due to fading or obstacles so there is no direct transmission line between them, their connectivity is only performed through a cluster of decode-forward (DF) relay in half duplex mode (HD). We discuss and analyze the outage probability of system by selecting a relay with the greatest gain. Next, system performance is surveyed according to signal to noise ratio (SNR). Finally, mathematical expressions in the paper are verified by Monte-Carlo simulation method using Matlab.

Key works. relay selection, outage probability, non-orthogonal multiple access, two-way relay network, decode-and-forward.

Ngày gửi bài: 29/04/2021

Ngày chấp nhận đăng: 01/10/2021