

ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ THÔNG SỐ TRONG MẠNG VÔ TUYẾN HỢP TÁC ĐA CHẶNG PERFORMANCE ANALYSIS IN MULTIHOP COMMUNICATION

Trương Ngọc Hà, Nguyễn Văn Phúc, Đặng Phước Hải Trang, Phù Thị Ngọc Hiếu
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 03/02/2020, ngày phân biên đánh giá 12/3/2020, ngày chấp nhận đăng 18/6/2020

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, có khá nhiều nghiên cứu về truyền thông hợp tác. Trong nghiên cứu này tập trung vào việc nghiên cứu về truyền thông đa chặng đó là một phần trong truyền thông hợp tác. Truyền thông đa chặng là quá trình truyền dữ liệu từ nút nguồn đến nút đích thông qua một hay nhiều nút trung gian. Để đánh giá được quá trình tác động của các yếu tố lên quá trình truyền đó, các lý thuyết về phân bố nhiễu, hiện tượng fading, xác suất dừng được đưa ra để đánh giá. Kết quả của mô phỏng để đánh giá xác suất dừng đã chỉ ra việc tái sử dụng tần số không gian thì xác suất dừng giảm khi SNR (Signal to Noise Ratio) tăng với điều kiện nhiễu bị giới hạn. Xác suất dừng giảm theo hệ số tái sử dụng không gian Q (can nhiễu đồng kênh cao hơn khi Q nhỏ). Đồng thời với đó tỷ số BER cũng được đưa vào để đánh giá với phương pháp MRC (Maximum Ratio Combining) ở phía thu. Kết quả cho thấy với mô hình hai chặng cho tỷ số BER là tốt nhất.

Từ khóa: MRC; BER; Multihop; Cooperative Communication; Outage probability (OP).

ABSTRACT

In recent years, there have been many researches about cooperative communication. In this research, we will concentrate on transmission with multihop it is a part of cooperative communication. Multihop transmission is process transmitted from source to destination by one or more relay nodes. In order to evaluate the process of the impact of these factors on the transmission process, theories of noise distribution, fading, Outage probability are given for evaluation. The results of the simulation to assess the Outage probability indicate that the reuse of spatial frequency, the Outage probability decreases as SNR increases with the condition of limited noise. The Outage probability decreases with the space reuse factor Q (co-channel interference is higher when Q is small). At the same time, the BER ratio was also included for evaluation with the MRC method on the receiving side. The results show that the two relays model gives the best BER ratio.

Keywords: MRC; BER; Multihop; Cooperative Communication; Outage probability(OP).

1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC ĐA CHẶNG

Trong những năm gần đây, nhu cầu của người sử dụng về tốc độ dữ liệu ngày càng tăng, điều này đã thúc đẩy sự nghiên cứu ra nhiều công nghệ ngày càng tiên tiến để đáp ứng nhu cầu trên đồng thời phát triển hơn. Các công nghệ vô tuyến băng rộng với các tiêu chuẩn mới như MIMO, LTE/LTE-Advanced với các yêu điểm vượt trội về tốc độ truyền tải dữ liệu [1]. Trong các tham khảo [2]-[4], các mô hình chọn lựa nút

chuyển tiếp thứ cấp tốt nhất trong vô tuyến nhận thức dạng nền. Trong tham khảo [5]-[6], các mô hình vô tuyến nhận thức dạng nền đã được đề xuất và đánh giá khi liên kết giữa nguồn thứ cấp và đích thứ cấp xuất hiện. Tuy nhiên các mô hình trong [2]-[6] chỉ xét sự truyền dữ liệu thông qua hai chặng.

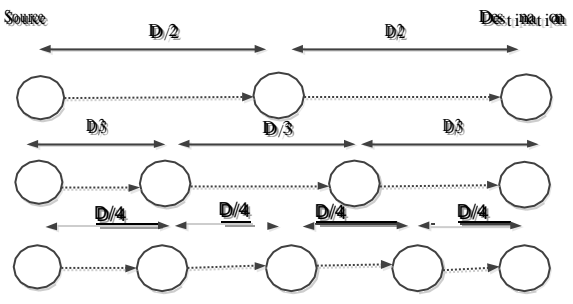
Để tăng cường độ lợi phân tập, mới đây các tác giả trong [7]-[8] đã đề nghị sử dụng truyền thông cộng tác cho các nút trên tuyến từ nguồn đến đích. Trong tài liệu [30], các nút chuyển tiếp sử dụng kỹ thuật giải mã và

chuyển tiếp để truyền dữ liệu. Trong [8], các nút chuyển tiếp sử dụng các kỹ thuật kết hợp để tăng cường hiệu quả giải mã tại các nút này. Tuy nhiên, để thực thi các mô hình trong [7]-[8] là một công việc khó khăn, bởi vì chúng ta cần sự đồng bộ giữa tất cả các nút gồm nguồn, đích và các nút chuyển tiếp.

Một trong những công nghệ mới hiện nay đã được triển khai ở một số nơi trên thế giới giúp nâng cao chất lượng dịch vụ, thông lượng, phạm vi phủ sóng rộng lớn là sử dụng kỹ thuật truyền thông đa chặng với các nút chuyển tiếp. Truyền thông đa chặng là một phương pháp hiệu quả để thiết lập kết nối giữa các nút mạng khi mà truyền thông theo đường trực tiếp là không khả thi hoặc do hiệu suất của công suất mạng không tối ưu [9]. Trong truyền thông đa chặng, dữ liệu truyền từ nguồn tới đích tương ứng sẽ được hỗ trợ bởi một số lượng nhất định các nút trung gian. So với việc truyền thông một chặng, truyền thông đa chặng được hưởng từ độ lợi kênh truyền. Trong hệ thống truyền thông đa chặng, các tín hiệu từ nút nguồn sẽ được truyền đến nút đích thông qua một số nút trung gian hay còn gọi là nút chuyển tiếp (relay) [10].

Truyền thông đa chặng là sự kết hợp của các liên kết ngắn để có thể phủ sóng trong một khu vực lớn với việc sử dụng các thiết bị chuyển tiếp trung gian giữa trạm gốc BS(Base Station) và người dùng UE (User Equipment)[10]. Tín hiệu vô tuyến có thể đi trên đường trực tiếp hoặc trên nhiều đường để đến đích.

Ta có thể mô hình hệ thống truyền dẫn chuyển tiếp đa chặng như sau [10]:



Hình 1. Mô hình truyền dẫn qua 2 chặng, 3 chặng, 4 chặng

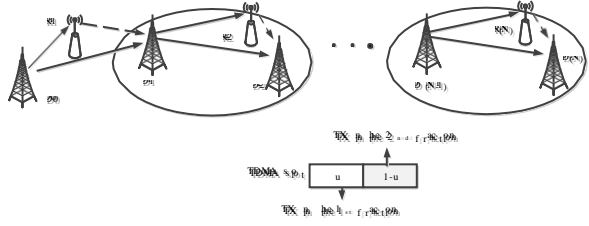
Trong truyền thông đa chặng: Với số nút chuyển tiếp thực hiện truyền dữ liệu là từ 2 trở lên, sự truyền dẫn từ nút nguồn qua nút các nút chuyển tiếp đến nút đích trong truyền thông hợp tác.

Trong mạng truyền thông đa chặng này, các nút trung gian có kích thước nhỏ gọn, giá thành thấp, độ phức tạp không cao và tiêu thụ ít năng lượng. Kỹ thuật truyền đa chặng có thể chia đường truyền ra thành nhiều chặng nhỏ hay thành nhiều vùng phủ sóng hơn điều này giúp mở rộng vùng phủ sóng của mạng, tăng thông lượng của hệ thống nhằm đáp ứng nhu cầu về dung lượng, chất lượng dịch vụ của người dùng [6].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Hợp tác truyền thông trong mạng vô tuyến đa chặng

Hình 1 biểu diễn một mạng vô tuyến đa chặng với các nút D_0, D_1, \dots, D_N [10]. Mỗi chặng đơn bên phát, các nút được thiết lập $\{D_0, D_1, D_{N-1}\}$ truyền cho các nút đích của nó, và có thể sử dụng một nút chuyển tiếp ở các vùng lân cận. Giả định rằng chỉ một nút được chọn trong mỗi chặng để hạn chế sự phức tạp trong điều khiển. Với R_i là ký hiệu các nút chuyển tiếp được sử dụng trong chặng thứ $i, \forall i \in \{1, 2, \dots, N\}$, và tập hợp của các nút chuyển tiếp là $\{R_1, R_2, \dots, R_N\}$.



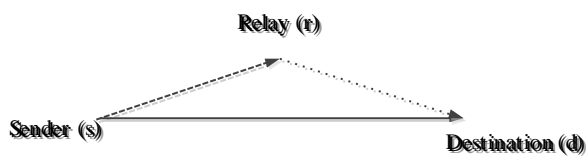
Hình 2. Truyền dẫn hợp tác trong mạng vô tuyến đa chặng

Xem xét một mạng vô tuyến bán song công, bằng cách sử dụng cùng tần số truyền dẫn. Truyền dẫn trực giao thu được bằng cách ghép kênh phân chia thời gian, nhưng để tăng hiệu quả của việc sử dụng tần số, các nút xa được phép truyền đồng thời (tái sử dụng tần số). Do đó có thể nói truyền dẫn trong mạng được điều phối bởi một phương pháp STDMA (Space-time division multiple

access) với khung có chiều dài cố định. Mỗi khung TDMA (Time division multiple access) được chia nhỏ thành các khe có độ dài bằng Q . Các khe thứ i mỗi khung TDMA được gán cho truyền dẫn trong chặng thứ $(N_Q + i)$, $\forall n \in \{0, 1, \dots, (N - i)/Q\}$ và $\forall i \in \{2, \dots, Q\}$ [10,11]. Khi không tái sử dụng tần số không gian thì $Q = N$. Các khe thời gian N trong mỗi khung được gán nối tiếp cho truyền dẫn trong các chặng N . Để hỗ trợ chuyển tiếp bán song công, mỗi khe TDMA được chia thành hai phần theo yếu tố phân vùng khe $u \in [0, 1]$, với chiều dài tương đối của các phần đầu tiên chuẩn hóa bằng chiều dài của khe TDMA.

Để mô tả các hệ thống truyền đơn chặng (sau đó khi đánh giá hiệu quả hoạt động cho mỗi chặng), chúng ta đơn giản hóa ký hiệu và sử dụng s , r và d để chỉ bên phát đơn chặng, nút chuyển tiếp và phía thu tương ứng.

Tại mỗi nút chuyển tiếp giao thức DF(Decode-Forward: giải mã chuyển tiếp) được sử dụng. Như thể hiện trong hình 3, trong phần đầu tiên của một khe TDMA, s truyền trong khi cả r và d lắng nghe; sau khi giải mã thành công, r tái mã hóa và chuyển tiếp đến d trong phần thời gian còn lại của khe TDMA [12]. Cuối cùng, d kết hợp các tín hiệu nhận được tương ứng từ s và r để giải mã gói tin.



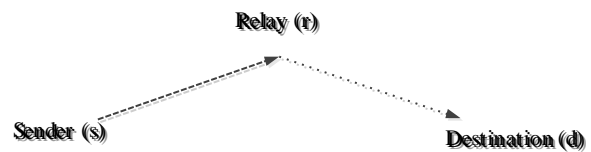
Hình 3. HyH-coop với hợp tác mã hóa chuyển tiếp

Cần xem xét hai phương án chuẩn để đánh giá hiệu suất của HyH-coop: N -multihopping và $2N$ -multihopping [10,11,12]. Trong N -multihopping hay đơn giản là truyền dẫn trực tiếp (mỗi s truyền trực tiếp đến d mà không cần bất kỳ hỗ trợ từ các nút chuyển tiếp, và sử dụng toàn bộ khe TDMA, như thể hiện trong hình 4). Phương pháp N -multihopping có thể được coi là một trường hợp đặc biệt của HyH-coop với yếu tố phân vùng $u = 1$. Hình 5 cho thấy $2N$ -

multihopping (hay giữ d và s không truyền được với nhau mà phải qua các d), nơi DF truyền thông được sử dụng trong mỗi chặng. Trong phần đầu tiên của một khe TDMA, s truyền trong khi r lắng nghe; sau khi giải mã thành công, r tái mã hóa và chuyển tiếp đến d trong phần thứ hai của khe TDMA. Cuối cùng, d giải mã các gói tin từ các tín hiệu nhận được từ r .



Hình 4. Đa chặng N với truyền dẫn trực tiếp



Hình 5. Đa chặng $2N$ với mã hóa và chuyển tiếp truyền thông

2.2. Tốc độ dự kiến, xác suất dừng của hợp tác đa chặng n , $2n$ và đa chặng kết hợp

2.2.1 Tốc độ dự kiến của hợp tác đa chặng N , $2N$ và đa chặng kết hợp

Với việc không có sự suy hao nói chung, chúng ta có thể biết được SINR (Signal Interference Noise Ratio) tức thời của đường truyền từ i đến j và thu được tốc độ thông qua công thức dung lượng Shannon [13]:

$$r_{ij} = \log_2 (1 + SINR_{ij}) \quad (1)$$

Tốc độ r_{ij} thu được bởi sử dụng các đáp ứng các từ mã dài để được giá trị thực của SINR có thể biết được tại bên phát. Tuy nhiên, SINR tức thời không được biết trước. Xác suất của một bản tin được truyền với tốc độ R có thể không được mã hóa, đó là xác suất dừng thấp hơn tốc độ R . Giả sử, một tuyến truyền dẫn điểm - điểm i, j thì xác suất dừng như một hàm của R và $SINR_{i,j}$ là:

$$P_{ij}^{out}(R) = \Pr(r_{ij} < R) = \Pr(SINR < 2^R - 1) \quad (2)$$

Tốc độ dự kiến là tốc độ tiếp nhận trung bình trong khoảng thời gian dài trong một chặng được xác định theo tốc độ truyền dẫn R và xác suất mã hóa thành công tại điểm đó [10]:

$$R_{ep} = R(1 - P^{out}(R)) \quad (3)$$

Cuối cùng để xác định hiệu suất của STDMA, ta phải định nghĩa về thông lượng dự kiến trong mỗi chặng:

$$T = R / Q = R (1 - P^{out}(R)) / Q \quad (4)$$

2.2.2 Xác suất dừng của hợp tác đa chặng N, 2N và đa chặng kết hợp

▪ Đa chặng N

Trong hợp tác đa chặng N, mỗi nguồn truyền sẽ truyền trực tiếp tới thiết bị nhận của nó mà không có sự hỗ trợ nào từ các nút khác, để đơn giản hơn xác suất dừng của mỗi chặng là xác suất dừng trên đường truyền gửi – nhận tại tốc độ R được tính như sau:

$$P_D^{out}(R) = \Pr(r_{sd} < R) = F_{sd}(\beta_R) \quad (5)$$

Trong đó $\beta_{\bar{R}} = 2^R - 1$ được định nghĩa như ngưỡng SINR tại tốc độ R và $F_{sd}(\beta_R)$ là CDF (Cumulative Distribution Function: Hàm phân phối tích lũy) của SINR trên đường truyền gửi – nhận với tốc độ R. Với việc tái sử dụng tần số không gian $F_{sd}(\beta_R)$ được xác định theo công thức dưới đây [11]:

$$F_{ij}(\beta) = \int_0^{+\infty} \int_0^{(z+1)\beta} p_{X_{ij}}(x) p_{z_{ij}}(z) dx dz$$

$$= \sum_{n \in N_i} \phi_{ij}(n) \left\{ 1 - \frac{\Lambda_{ij}(n)}{\beta + \Lambda_{ij}(n)} \exp\left(-\frac{\beta}{\lambda_{ij}}\right) \right\} \quad (6)$$

Trong đó: $\Lambda_{ij}(n) = \lambda_{ij} / \lambda_{ij}$

▪ Đa chặng 2N

Trong đa chặng 2N mỗi bên gửi trong tập hợp $\{D_0, D_1, \dots, D_{N-1}\}$ gửi một bản tin tới các nút chuyển tiếp gần nó $\{R_0, R_1, \dots, R_{N-1}\}$

$$P_R^{out}(R) = \Pr\{\min(ur_{sr}, ur_{sd} + (1-u)r_{rd}) < R\}$$

$$= 1 - \Pr(ur_{sr} \geq R) \Pr(ur_{sd} + (1-u)r_{rd} \geq R)$$

$$= 1 - \{1 - F_{sr}(\beta_R/u)\} \left\{ \{1 - F_{sr}(\beta_R/(1-u))\} + \int_0^R \{1 - F_{sd}(\beta_{(R-y)/u})\} p_Y(y) dy \right\}$$

$$= 1 - \{1 - F_{sr}(\beta_R/u)\} \left\{ \{1 - F_{sr}(\beta_R/(1-u))\} + \int_0^R \{1 - F_{sd}(\beta_{(R-y)/u})\} p_Y(y) dy \right\} \quad (8)$$

Trong đó: $Y = (1-u)r_{rd}$ và PDF của Y sẽ là:

trong phần thứ nhất của khe TDMA, với độ dài u. Các nút chuyển tiếp mã hóa và gửi bản tin đã được mã hóa tới bên nhận kế cạnh trong phần thứ hai với độ dài (1-u). Tốc độ đạt được cho một chặng là tốc độ cực tiểu trong 2 đường liên kết trên thông qua các phần của khe TDMA:

$r_T = \min(ur_{sr}, (1-u)r_{rd})$ trong đó r_{sr} , và r_{rd} là tốc độ đạt được của đường liên kết sender-relay hai là relay- receiver tương ứng. Giả sử rằng, trạng thái kênh truyền là độc lập, xác suất dừng của chặng sender - relay - receiver trong đa chặng 2N được xác định theo công thức sau:

$$P_T^{out}(R) = \Pr\{\min(ur_{sr}, (1-u)r_{rd}) < R\}$$

$$= 1 - \Pr(r_{sr} \geq R/u) \Pr(r_{rd} \geq R/(1-u))$$

$$= 1 - \{1 - F_{sr}(\beta_R/u)\} \left\{ \{1 - F_{rd}(\beta_R/(1-u))\} \right\} \quad (7)$$

Trong đó, $\beta_R/u = 2^{R/u} - 1$ và $\beta_R/(1-u) = 2^{R/(1-u)} - 1$ là SINR ngưỡng tại tốc độ R của đường liên kết sender-relay hai là relay- receiver tương ứng.

▪ Đa chặng kết hợp (Hop by Hop)

Trong mạng đa chặng kết hợp, một giao thức hợp tác chuyển tiếp chặng được ứng dụng. Các node chuyển tiếp thực hiện mã hóa chuyển tiếp trực giao. Trong phần khung thứ nhất của khe TDMA, tương ứng với độ dài u, nguồn truyền dẫn, điểm chuyển tiếp và đích sẽ lắng nghe, sau đó, trong phần khung thứ 2 nguồn ở trạng thái im lặng và nút chuyển tiếp truyền tới đích. Giả sử, các kênh truyền độc lập, xác suất dừng trên mỗi chặng được tính như sau [10]:

$$p_y(y) = \frac{(\beta_{y/(1-u)} + 1) \ln 2}{(1-u)\gamma_{rd}} \exp\left\{-\frac{\beta_{y/(1-u)}}{\gamma_{rd}}\right\} \sum_{n \in N_r} \frac{\phi_{ij}(n)\Lambda_{rd}(n)}{\beta_{y/(1-u)} + \Lambda_{rd}(n)} \left\{ \frac{1}{\gamma_{rd}} + \frac{1}{\beta_{y/(1-u)} + \Lambda_{rd}(n)} \right\} \quad (9)$$

2.2.3. Lý thuyết về BER trong hệ thống truyền thông đa chặng

Mô hình mô phỏng BER của hệ thống đa chặng (mô hình tuyến tính) sử dụng nút chuyển tiếp với kỹ thuật AF (Amplify-and-Forward). Giả sử các điểm đầu cuối là cố định, khoảng cách từ nguồn đến đích là d , hệ thống đa chặng sử dụng $(N-1)$ nút nên được chia thành N chặng với khoảng cách bằng nhau và bằng (d/N) [11].

Để xác định được mô hình đa chặng hợp tác ta phải dựa vào mô hình 2 chặng hợp tác. Thông tin giữa trạm nguồn s và đích d liên lạc với nhau thông qua kênh chịu ảnh hưởng bởi Rayleigh fading là hệ số $h_{s,d}$ nút chuyển tiếp chia tuyến truyền dẫn giữa nguồn và đích thành 2 chặng với hệ số $h_{s,r}, h_{r,d}$. Với giả định nhiễu AWGN (Additive white Gaussian noise) trên 3 tuyến ($s-d, s-r, r-d$) có mật độ phổ công suất là N_0 và hệ số fading là độc lập nhau ($h_{s,d}, h_{s,r}, h_{r,d}$) [10,12].

Khi đó tín hiệu nhận được tại đích và chuyển tiếp là:

$$\begin{aligned} y_{s,r} &= \sqrt{P_1} h_{s,r} x_s + n_{s,r} \\ y_{s,d} &= \sqrt{P_1} h_{s,d} x_s + n_{s,d} \end{aligned} \quad (10)$$

P_1 là công suất phát của nguồn.

$h_{s,d}, h_{s,r}$ là hệ số kênh truyền có phương sai

là $\delta_{s,r}^2, \delta_{s,d}^2$

$n_{s,r}, n_{s,d}$ là nhiễu Gauss có phương sai là N_0 .

Giả sử, $n_{s,r}, n_{s,d}$ là độc lập ngẫu nhiên có

phương sai là: $\left(\frac{P_2 |h_{r,d}|^2}{P_1 |h_{s,r}|^2 + N_0} + 1 \right) N_0$.

Trong pha thứ 2. Nút chuyển tiếp khuếch đại tín hiệu nhận được từ nút nguồn và truyền tới nút đích với công suất P_2 . Tín hiệu nhận được tại nút đích nhận từ nút chuyển tiếp là:

$$y_{r,d} = \frac{\sqrt{P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{s,r}|^2 + N_0}} h_{r,d} y_{s,r} + n_{r,d} \quad (11)$$

Thể hiện cụ thể từ nút nguồn đến nút đích ta được:

$$y_{r,d} = \frac{\sqrt{P_1 P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{s,r}|^2 + N_0}} h_{r,d} h_{s,r} x_s + n'_{r,d} \quad (12)$$

Trong đó, $n'_{r,d} = \frac{\sqrt{P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{s,r}|^2 + N_0}} h_{r,d} n_{s,r} + n_{r,d}$ (13)

Tại nút đích sau khi nhận được 2 tín hiệu thông qua 2 đường thì sẽ tổng hợp tín hiệu bằng các MRC. Tín hiệu tại đầu ra của bộ kết hợp MRC là [12]:

$$y = a_1 y_{s,d} + a_2 y_{r,d} \quad (14)$$

Các hệ số kết hợp nên được chọn sao cho SNR ngõ ra là cực đại [12]:

$$a_1 = \frac{\sqrt{P_1} h_{s,d}^*}{N_0}; a_2 = \frac{\sqrt{P_1 P_2} h_{s,r}^* h_{r,d}^*}{\left(\frac{P_2 |h_{r,d}|^2}{P_1 |h_{s,r}|^2 + N_0} + 1 \right) N_0} \quad (15)$$

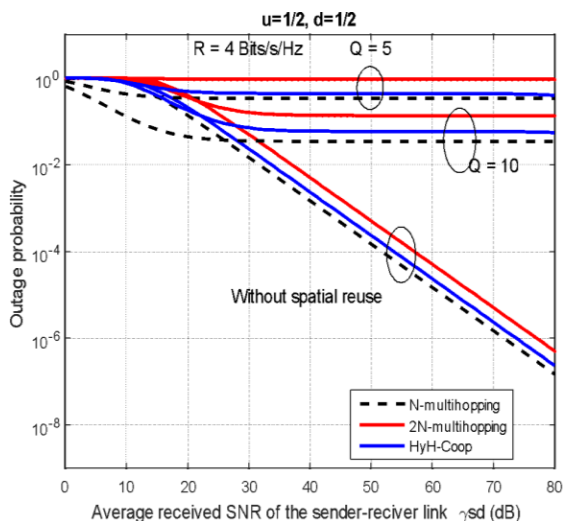
Với $\gamma_j = \frac{\alpha_j^2}{N_0}$

3. MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ

3.1 Xác suất dừng

Trong phần này, chúng tôi sử dụng một mô hình đã được đề xuất để khảo sát, mạng đa chặng N , d_{i-1} gửi các gói tin trực tiếp tới d_i trong chặng thứ i của mạng vô tuyến tuyến tính thông thường. Việc sử dụng đa chặng $2N$ hoặc Hop by Hop, một điểm chuyển tiếp được triển khai trong mỗi chặng với khoảng cách $d = 1/2$, hệ số kênh truyền Rayleigh fading h_{ij} có trị trung bình bằng 0 và phương

sai bằng 1, và hệ số u trong khe thời gian TDMA được chọn bằng $1/2$. Trong hình 6 trình bày kết xác suất dừng của 3 cách thức truyền dẫn với việc tái sử dụng và không tái sử dụng tần số không gian.



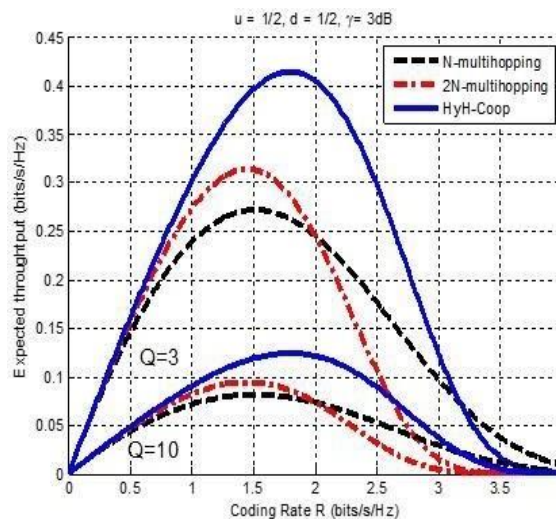
Hình 6. Xác suất dừng theo giá trị SNR của liên kết gửi - nhận

Với kết quả từ hình 6, ta có thể nhận xét rằng với việc không tái sử dụng không gian thì xác suất dừng giảm khi giá trị SNR tăng. Tuy nhiên, khi tiến hành việc tái sử dụng tần số không gian thì chúng ta có thể nhận thấy 2 khuynh hướng. Xác suất dừng giảm khi SNR tăng với điều kiện nhiễu bị giới hạn nghĩa là công suất can nhiễu có thể bỏ qua khi được so sánh với công suất nhiễu, xác suất dừng là độc lập với các giá trị SNR nhưng phụ thuộc vào số chặng tái sử dụng Q . Xác suất dừng giảm theo Q , bởi vì can nhiễu đồng kênh cao hơn khi Q nhỏ như vậy so sánh với các kết quả ở [16, 17] là chấp nhận được.

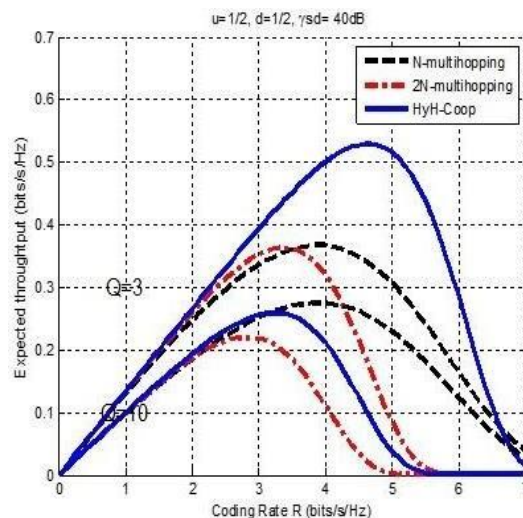
So sánh 3 phương thức truyền dẫn ta thấy HyH ($1/2, 1/2$) có xác suất dừng nhỏ nhất nếu tốc độ truyền dẫn thấp, trong khi đa chặng N thể hiện HyH-coop không tối ưu khi tốc độ mã hóa cao, độc lập với các thông số tái sử dụng tần số Q .

Hình 7 và hình 8 trình bày thông lượng dự kiến trong điều kiện SNR thấp và cao tương ứng. Qua hình vẽ ta có thể nhận định rằng lợi ích của việc phân tập là vô cùng quan trọng và trong điều kiện SNR thấp thì lại càng quan trọng hơn so với SNR cao,

trong môi trường can nhiễu cao quan trọng hơn so với môi trường can nhiễu thấp và tốc độ thấp quan trọng hơn tốc độ cao. Do đó, HyH coop có khả năng cải thiện thông lượng dự kiến trong điều kiện tốc độ và SNR thấp.



Hình 7. Thông lượng dự kiến thay đổi theo tốc độ mã hóa với SNR_{sd} khác nhau



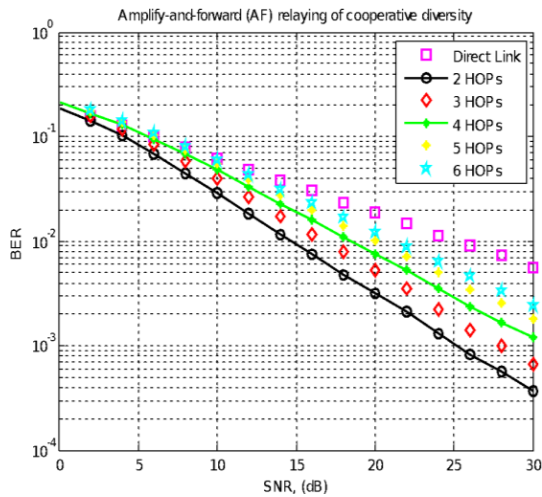
Hình 8. Thông lượng dự kiến thay đổi theo tốc độ mã hóa với SNR_{sd} khác nhau

32 Mô phỏng Ber

Kết quả mô phỏng với 10^6 bit ngẫu nhiên, sử dụng điều chế BPSK cho các kênh Rayleigh fading.

Nhìn vào kết quả mô phỏng trong hình 9, ta thấy rằng: khi số chặng tăng lên thì BER cũng tăng theo nhưng vẫn còn nhỏ hơn so với đường truyền trực tiếp và tỷ lệ tăng BER

không đều khi số chặng tăng. Nguyên nhân tăng BER là do hệ thống sử dụng chuyển tiếp AF sẽ dẫn đến việc tăng nhiễu tại các điểm chuyển tiếp nếu thay bằng DF thì tỷ lệ BER sẽ giảm.



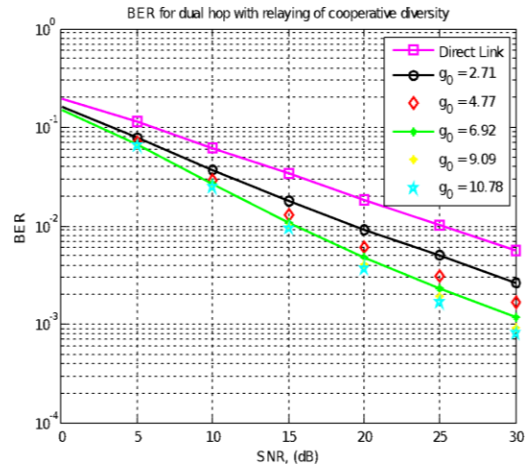
Hình 9. BER cho hệ thống đa chặng sử dụng phương pháp BPSK.

Để đánh giá tốt hơn tỷ lệ BER của một hệ thống 2 chặng hợp tác ta có thể tăng giá trị để SNR ngưỡng. Như hình 10, ta thấy nếu độ lợi tăng thì tỷ lệ BER giảm theo và nhỏ hơn đường truyền thẳng. Điều này cũng chứng minh rằng độ lợi có ích cho việc phân tập.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này thảo luận về sự cần thiết của mô hình triển khai thay thế hoặc cấu trúc liên kết sử dụng mạng không đồng nhất, các

kỹ thuật tiên tiến được mô tả là cần thiết để quản lý và kiểm soát sự can nhiễu và sự phân phối các lợi ích đầy đủ của mạng như vậy, phạm vi mở rộng cho phép nhiều thiết bị đầu cuối được hưởng lợi trực tiếp từ các trạm gốc công suất thấp như là pico, femto hay chuyển tiếp.



Hình 10. BER của hệ thống 2 chặng với kỹ thuật chuyển tiếp AF.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn quý thầy cô trong bộ môn Máy tính – Viễn Thông, Khoa Điện – Điện Tử, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM đã có những chia sẻ và đóng góp trong quá trình viết nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Sheikholeslami, M. Ghaderi, D. Towsley, B. A. Bash, S. Guha and D. Goeckel, "Multi-hop routing in covert wireless networks," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 17, no. 6, pp. 3656-3669, June 2018
- [2] S. Sagong, J. Lee and D. Hong, "Capacity of Reactive DF Scheme in Cognitive Relay Networks", IEEE Trans. on Wire. Commun., vol. 10, no.10, pp. 3133 - 3138, Oct. 2011.
- [3] J. Si, Z. Li, J. Chen, P. Qi and H. Huang, "Performance Analysis of Adaptive Modulation in Cognitive Relay Networks With Interference Constraints", In Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), pp. 2631 - 2636, May 2012.
- [4] J. Lee, H. Wang, J.G. Andrews, D. Hong, "Outage Probability of Cognitive Relay Networks with Interference Constraints", IEEE Trans. on Wire. Commun., 10, pp. 390-395, Feb. 2011.

- [5] T. T. Duy and H.Y. Kong, "Performance Analysis of Incremental Amplify-and-Forward Relaying Protocols with Nth Best Partial Relay Selection under Interference Constraint", *Wireless Personal Communications (WPC)*, vol.71, no. 4, pp. 2741-2757, Aug. 2013.
- [6] T. T. Duy and H.Y. Kong, "Adaptive Cooperative Decode-and-Forward Transmission with Power Allocation under Interference Constraint", *Wireless Personal Communications (WPC)*, vol. 74, no. 2, pp. 401-414, Jan. 2014.
- [7] T. T. Duy and V.N.Q. Bao, "Outage performance of cooperative multihop transmission in cognitive underlay networks", *ComManTel 2013*, HCM City, Viet Nam, Jan. 2013.
- [8] T. T. Duy and V.N.Q. Bao, "Multi-hop Transmission with Diversity Combining Techniques Under Interference Constraint", *The 2013 ATC Conference*, HCM City, Viet Nam, pp. 131-135, Oct. 2013.
- [9] Cooperative Communication for Spatial Frequency Reuse Multihop Wireless Network under Slow Rayleigh Fading; Liping Wang, Viktoria Fodor and Mikael Skoglund; 2011; *IEEE IC*.
- [10] F.H. Tha'er, H.B. Salameh, and T. Aldalgamouni, "Performance study of multi-hop communication systems with decode-and-forward relays over α - μ fading channels," *IET Communications*, vol. 11, no. 10, pp. 1641–1648, 2017.
- [11] S. Kumar, "Performance of ED based spectrum sensing over α - η - μ fading channel," *Wireless Personal Communications*, vol. 100, no. 4, pp. 1845–1857, 2018
- [12] J. Yao, X. Zhou, Y. Liu and S. Feng, "Secure transmission in linear multihop relaying networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 17, no. 2, pp. 822-834, Feb. 2018.
- [13] B. Kumbhani and R. S. Kshetrimayum, *MIMO Wireless Communications over Generalized Fading Channels*. CRC Press, 2017
- [14] H. Chergui, M. Benjillali, and M.-S. Alouini, "Rician k-factor-based analysis of xlos service probability in 5G outdoor ultra-dense networks," *arXiv preprint arXiv:1804.08101*, 2018
- [15] Using Cooperative Transmission in Wireless Multihop Network; Liping Wang, Viktoria Fodor and Mikael Skoglund; Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [16] Kỹ thuật chuyển tiếp (Amplify and Forward) của hệ thống truyền thông đa chặng; Đỗ Thị Minh Quế, Hà Nội- 2013; Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông.
- [17] Xác suất dừng của mạng vô tuyến nhận thức sử dụng kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp dưới ràng buộc can nhiễu; Đỗ Văn Bình, Nguyễn Văn Trường; 2016; Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Trương Ngọc Hà

Đơn vị: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.Hồ Chí Minh

Email: hatn@hcmute.edu.vn