

# CÁC PHƯƠNG PHÁP QUẢN LÝ NHIỀU TRONG TRUYỀN THÔNG D2D

Nguyễn Thị Yến\*, Đinh Thị Thái Mai\*\*, Lê Nhật Thăng\*

\*Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn Thông

\*\*Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

**Tóm tắt:** Với sự gia tăng nhanh chóng về số lượng thiết bị cầm tay (đặc biệt là điện thoại thông minh), mạng di động truyền thông dần không thể đáp ứng được nhu cầu về dung lượng tốc độ ngày càng cao hay độ trễ yêu cầu ngày càng thấp. Trong bối cảnh này, truyền thông giữa thiết bị với thiết bị (D2D) được xem là một công nghệ hiệu quả trong việc tăng hiệu quả phổ và giảm tải bằng cách giảm lưu lượng dữ liệu di động trong mạng di động. Tuy nhiên, để đạt được nhiều lợi ích, truyền thông D2D phải sử dụng nguồn tài nguyên một cách linh hoạt. Điều này dẫn đến nhiều giữa truyền thông D2D và truyền thông di động. Trong bài báo này, chúng tôi thực hiện phân tích, đánh giá hai phương pháp quản lý nhiễu: sử dụng vùng hạn chế nhiễu và sử dụng vùng ngăn chặn nhiễu giữa người dùng D2D và người dùng di động áp dụng cho đường xuống dưới kịch bản mạng di động tái sử dụng tần số một phần (Partial Frequency Reuse - PFR) trên kênh pha-đỉnh Rayleigh. Kết quả mô phỏng bằng công cụ Matlab cho thấy tính hiệu quả của từng phương pháp quản lý nhiễu qua việc cải thiện được dung lượng hệ thống khi so sánh với phương pháp thông thường.

**Từ khóa:** Mạng truyền thông D2D, quản lý nhiễu, phân bổ tài nguyên, U-D2D, SINR.

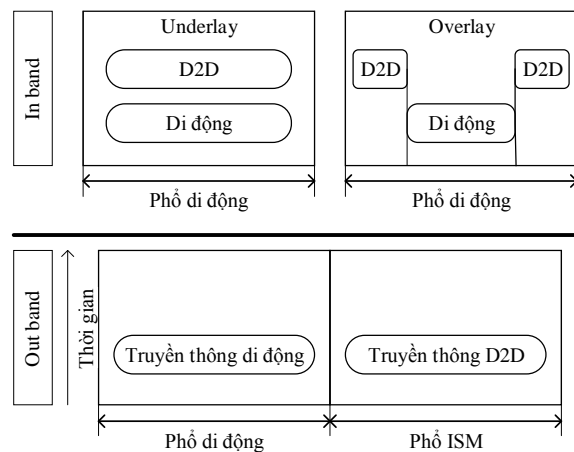
## I. GIỚI THIỆU

Trong thập kỷ qua, lưu lượng dữ liệu di động đã tăng lên đáng kể. Dự báo trong một vài năm tới đây, sự gia tăng này sẽ tiếp tục và nhiều gấp nhiều lần hơn nữa [1], điều này cho thấy tải trong mạng di động với kiến trúc truyền thông sẽ tăng lên và dần không đáp ứng được nhu cầu đặt ra. Để đáp ứng tải lưu lượng ngày càng tăng, truyền thông giữa thiết bị với thiết bị (D2D) [2], [3] đã được đề xuất. Truyền thông D2D ngày càng thu hút được sự quan tâm từ giới học thuật tới các ngành công nghiệp lớn nhằm giải quyết một loạt các vấn đề cấp bách mà mạng di động thông thường đang gặp phải như quá tải vì sự gia tăng nhanh chóng của các thiết bị di động hay không còn phù hợp với một số đòi hỏi về độ trễ của các dịch vụ mới.

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh sự quan trọng của truyền thông D2D trong các mạng thế hệ tiếp theo (NGNs) [4], [5]. Các kết quả dựa trên phân tích và mô phỏng của các nghiên cứu này cho thấy những lợi ích vượt trội cho các ứng dụng như giảm tải và trễ cho mạng

tế bào, tăng dung lượng kênh hay mở rộng vùng phủ sóng [6], [7]...

Về cơ bản, truyền thông D2D được chia thành hai hướng chính là truyền thông D2D sử dụng chung dải tần số với truyền thông di động (In band) và truyền thông D2D sử dụng khác dải tần số với truyền thông di động (Out band). Trong đó, truyền thông D2D Inband được chia thành 2 loại là Underlay (U-D2D) và Overlay (O-D2D). Hình 1 miêu tả sự khác biệt giữa hai phương pháp truyền thông D2D.



Hình 1. Hai phương pháp truyền thông D2D

Để có thể đạt được hiệu suất về dung lượng kênh, phương pháp dựa trên tái sử dụng tần số được xem là có hiệu quả nhất. Truyền thông D2D Inband-Underlay không phải là một ngoại lệ. Nguồn tài nguyên, cụ thể là các kênh tần số được tận dụng tối đa để cấp phát cho truyền thông D2D. Trong thực tế, trường hợp cặp liên kết D2D dùng chung tài nguyên với người dùng mạng di động (CUE) sẽ gây ra nhiễu [8]. Trong những năm vừa qua, nhiều thuật toán đã được đề xuất để giải quyết vấn đề này. Các phương pháp chủ yếu được sử dụng là điều khiển công suất và dựa trên chất lượng kênh truyền [9], [10]. Mục đích cuối cùng là làm sao tối đa được thông lượng của hệ thống mà vẫn đảm bảo được mức SINR cho người dùng di động. Một số nhóm tác giả đề xuất một giao thức mới như được đề cập ở [11].

Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu và đánh giá hai phương pháp quản lý nhiễu trong truyền thông D2D khi xem xét đến ảnh hưởng của môi trường truyền lan trong không gian tự do: phương pháp quản lý nhiễu sử dụng vùng hạn chế nhiễu (ILA) và phương pháp quản lý nhiễu sử dụng vùng ngăn chặn nhiễu (ISA). Hai phương pháp này đều có chung ý tưởng xây dựng các vùng hạn

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Yến,  
 Email: nguyenthien.nty281182@gmail.com  
 Địa chỉ tòa soạn: 7/2019, chỉnh sửa: 8/2019/2019, chấp nhận đăng: 8/2019.

chế nhiều cho thiết bị D2D đầu cuối. Điểm khác biệt của hai phương pháp này chính là mô hình tính toán bán kính của vùng quản lý nhiều. Sau đó, những nguồn tài nguyên sử dụng cho người dùng di động nằm trong bán kính vùng này sẽ được loại bỏ ra khỏi danh sách có thể cấp phát cho truyền thông D2D. Cuối cùng, hiệu năng hệ thống được đánh giá dưới tác động của kênh pha-đỉnh Reyleigh.

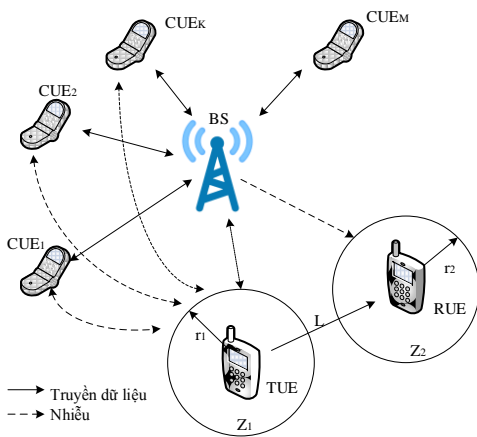
Phần còn lại của bài báo được tổ chức như sau: trong phần II, chúng tôi miêu tả mô hình, hoạt động của hệ thống truyền thông D2D. Trong phần III, IV chúng tôi trình bày cụ thể về các phương pháp quản lý nhiều sử dụng vùng hạn chế nhiều (ILA) và phương pháp quản lý nhiều sử dụng vùng ngăn chặn nhiều (ISA). Phần V giới thiệu về các kết quả mô phỏng và phân tích đánh giá, so sánh hiệu năng của các phương pháp quản lý nhiều. Cuối cùng, kết luận bài báo sẽ được trình bày trong phần VI.

**II. MÔ HÌNH HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG D2D**

Trong phần này, chúng tôi sẽ giới thiệu ngắn gọn về mô hình hệ thống của truyền thông D2D và cơ sở lý thuyết của các phương pháp quản lý nhiều được nghiên cứu.

**A. Mô hình hệ thống truyền thông D2D**

Chúng ta xét mô hình mạng gồm  $M$  người dùng di động (CUE) và một cặp truyền thông D2D. Chúng được phân bố một cách ngẫu nhiên trong tế bào và chịu sự quản lý của BS. Như có thể thấy trong Hình 2, người truyền D2D (TUE) truyền dữ liệu ở mức năng lượng  $P_d$  tới người nhận D2D (RUE). Khoảng cách từ BS đến TUE và RUE lần lượt là  $d_1$  và  $d_2$ . Khoảng cách giữa TUE và RUE là  $L$ . TUE được đặt trong vùng phủ  $Z_1$  có bán kính  $r_1$ , RUE được đặt trong vùng phủ  $Z_2$  có bán kính  $r_2$ .



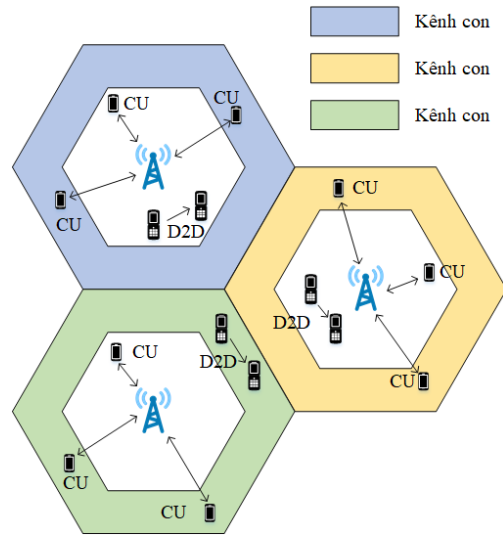
Hình 2. Mô hình hệ thống truyền thông D2D

Chúng tôi giả sử chỉ có  $K$  trong tổng số  $M$  CUE chia sẻ tài nguyên cho truyền thông D2D. Tín hiệu từ BS lúc này sẽ gây nhiễu cho cặp truyền thông D2D. Đồng thời,  $K$  CUE bị ảnh hưởng nhiễu từ cặp truyền thông D2D. Vì vậy, việc BS quản lý nhiễu giữa truyền thông D2D và mạng di động là rất cần thiết. Quy trình để hạn chế nhiễu trong phương pháp này được mô tả như sau. Đầu tiên, BS hạn chế nhiễu giữa truyền thông D2D và mạng di động bằng cách sử dụng phương pháp vùng hạn chế nhiễu. Sẽ không có CUEs nào sử dụng cùng tài nguyên với người

dùng D2D trong các khu vực  $Z_1$  và  $Z_2$ . Cuối cùng, BS quyết định các nguồn tài nguyên thích hợp cho người dùng D2D, nhằm cải thiện thông lượng mạng.

**B. Hoạt động của hệ thống truyền thông D2D**

Truyền thông D2D được mô phỏng dưới kịch bản mạng tế bào gồm 3 trạm như Hình 3. Mạng di động sử dụng OFDMA kết hợp với công nghệ tái sử dụng tần số một phần (PFR) [13]. PFR được nghiên cứu trong mạng dựa trên OFDMA để khắc phục các vấn đề nhiễu đồng kênh. Trong PFR, vùng phủ của trạm gốc được phân chia thành vùng trung tâm và vùng biên, các tế bào sử dụng chung tần số cho vùng trung tâm và sử dụng các tần số đôi một khác nhau cho vùng biên và khác với vùng trung tâm. Trong mỗi vùng phủ của một trạm, người dùng ở trung tâm có thể sử dụng các kênh con trung tâm và biên, trong khi người dùng biên chỉ có thể sử dụng các kênh con ứng với vùng biên. Do đó, sự can thiệp giữa các tế bào đối với người dùng di động và người dùng D2D có thể gần như được loại bỏ và thông lượng hệ thống được cải thiện.



Hình 3. Hoạt động của hệ thống truyền thông D2D

Chúng tôi xác định thông lượng bằng cách áp dụng công thức Shannon [12]. Đối với mạng di động có chứa cặp truyền thông D2D, dung lượng mạng bằng tổng dung lượng của truyền thông di động ( $C_c$ ) và truyền thông D2D ( $C_d$ ):

$$C_{total} = C_c + C_d \tag{1}$$

Trong đó,  $C_c$  và  $C_d$  được tính như sau:

$$C_c = \sum_{i=1}^K \log_2(1 + SINR_{c_i}) + \sum_{j=1}^{M-K} \log_2(1 + SINR_{c_j}) \tag{2}$$

$$C_d = K \log_2(1 + SINR_d) \tag{3}$$

Với,  $SINR_{c_i}$  là SINR của  $CUE_i$  chia sẻ tài nguyên với người dùng D2D,  $SINR_{c_j}$  là SINR của  $CUE_j$  không có nhiễu với truyền thông D2D và  $SINR_d$  là SINR của

liên kết D2D. Theo mô hình hệ thống SINR của các liên kết có thể tính theo:

$$\begin{aligned} SINR_{ci} &= \frac{P_{ci} G_{B,ci}}{N_0 + I_0 + I_{d,ci}} \\ SINR_{cj} &= \frac{P_{cj} G_{B,cj}}{N_0 + I_0} \\ SINR_d &= \frac{P_d G_d}{N_0 + I_c} \end{aligned} \quad (4)$$

với,  $P_{ci}$  là công suất truyền từ BS tới  $CUE_i$ ,  $I_0$  là nhiễu liên tế bào,  $I_{d,ci}$  là nhiễu từ truyền thông D2D tới  $CUE_i$  và được tính bằng  $I_{d,ci} = P_d G_{d,ci}$ ,  $G_{d,ci}$  là độ lợi kênh giữa TUE và  $CUE_i$ ,  $G_d = PL_0(L)^{-\alpha}$  là độ lợi kênh giữa TUE và RUE,  $I_c$  là nhiễu từ BS tới RUE và có thể được tính bằng  $I_c = \sum_{i=1}^K P_{ci} G_{ci,d}$ . Với  $K$  là số người dùng chia sẻ kênh tài nguyên cho truyền thông D2D và  $N_0$  là nhiễu cộng tính.

### III. PHƯƠNG PHÁP QUẢN LÝ NHIỀU SỬ DỤNG VÙNG HẠN CHẾ NHIỀU

Trong phần này, phương pháp quản lý nhiễu trong truyền thông D2D dựa trên vùng hạn chế nhiễu được trình bày chi tiết.

#### A. Xây dựng vùng hạn chế nhiễu

##### 1) Hạn chế nhiễu từ truyền thông D2D

Vì truyền thông di động là dịch vụ được ưu tiên, BS hạn chế nhiễu từ truyền thông D2D để đảm bảo chất lượng của các liên kết di động. Đầu tiên BS có thể ước tính trước nhiễu nhận được của CUEs. Sau đó, bất kỳ CUEs nào có thể bị ảnh hưởng nhiều bởi TUE sẽ được loại trừ. Do đó, nhiễu nhận được tại CUEs do TUE gây ra có thể được hạn chế. Vùng phủ của khu vực  $Z_1$  được dựa trên mức hạn chế nhiễu  $\eta_c$  cho truyền thông di động và thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{I_{d,ci}}{N_0} = \frac{P_d G_{d,ci}}{N_0} \leq \eta_c \quad (5)$$

Giả sử rằng  $CUE_i$  đang phải chịu nhiễu nghiêm trọng nhất, và TUE đang truyền dữ liệu với công suất lớn nhất là  $P_d = P_{d,max}$ . Nhiễu từ TUE tới  $CUE_i$ :

$$I_{d,ci} = P_{d,max} PL_0(r_1)^{-\alpha_1} \quad (6)$$

Với,  $\alpha_1$  là hệ số suy hao đường truyền của liên kết giữa TUE và  $CUE_i$ . Thay (5) và (6) ta tính được bán kính vùng phủ  $Z_1$ :

$$r_1 = \left( \frac{PL_0 \cdot P_{d,max}}{\eta_c \cdot N_0} \right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \quad (7)$$

Vùng phủ của khu vực  $Z_1$  liên quan đến công suất truyền tải tối đa của truyền thông D2D ( $P_{d,max}$ ). Ngoài ra,

hệ số suy hao đường truyền cũng có thể ảnh hưởng đến vùng phủ của khu vực  $Z_1$ . BS cần quản lý các nguồn tài nguyên được phân bổ cho người dùng D2D và hạn chế nhiễu nhận được của tất cả CUEs để đáp ứng các ràng buộc  $\eta_c$ . Do đó, tài nguyên của các CUEs nằm trong bán kính  $Z_1$  không được sử dụng lại cho truyền thông D2D.

##### 2) Hạn chế nhiễu từ truyền thông di động

Người nhận D2D (RUE) bị nhiễu nặng từ các mạng di động nếu có CUEs sử dụng cùng một tài nguyên gần nó. Để đảm bảo hiệu năng truyền thông D2D, SINR nhận được của các liên kết D2D phải lớn hơn mức hạn chế tối thiểu  $SINR_{d,min}$ . Do công suất phát tối đa  $P_{d,max}$  được áp dụng, SINR của các liên kết D2D chủ yếu phụ thuộc vào nhiễu từ mạng di động. Nhiễu nhận được của RUE nên được hạn chế nghiêm ngặt theo ràng buộc  $\eta_d$ . SINR nhận được của RUE sẽ phải lớn hơn mức ngưỡng:

$$SINR_d = \frac{P_{d,max} \cdot G_d}{I_c + N_0} \geq SINR_{d,min} \quad (8)$$

Mức hạn chế nhiễu  $\eta_d$  RUE:

$$\eta_d = \frac{P_{d,max} G_d}{SINR_{d,min} N_0} - 1 \quad (9)$$

Giả định rằng RUE đang gặp phải nhiễu nghiêm trọng nhất từ các mạng di động để ước tính khu vực hạn chế nhiễu. Tất cả các CUEs sử dụng cùng một tài nguyên với người dùng D2D đều nằm xung quanh người nhận D2D (RUE) tại cùng một khoảng cách  $r_2$ . Mức hạn chế nhiễu của RUE phải thỏa mãn mức  $\eta_d$ :

$$\frac{I_{c,max}}{N_0} \leq \eta_d \quad (10)$$

với  $I_{c,max}$  là nhiễu mạnh nhất từ truyền thông di động tới RUE, năng lượng truyền tối đa  $P_{c,max}$  được dùng để tính  $I_{c,max}$  như sau:

$$I_{c,max} = \sum_{i=1}^K P_{c,max} \cdot PL_0(r_2)^{-\alpha_2} \quad (11)$$

với  $\alpha_2$  là hệ số suy hao của liên kết giữa BS và RUE. Từ (9), (10) và (11), ta tính được bán kính  $r_2$  của vùng phủ  $Z_2$ :

$$r_2 = \left( \frac{SINR_{d,min} \cdot PL_0 \cdot \sum_{i=1}^K P_{c,max}}{P_{d,max} G_d - SINR_{d,min} \cdot N_0} \right)^{\frac{1}{\alpha_2}} \quad (12)$$

Sau khi ước lượng vùng phủ  $Z_2$ , BS có thể quản lý nhiễu từ mạng di động đến truyền thông D2D. Người dùng D2D chỉ có thể sử dụng lại các nguồn tài nguyên tương tự với các CUEs không nằm trong khu vực  $Z_2$ . Do đó, nhiễu tác động đến RUE có thể được giới hạn để đáp ứng các ràng buộc  $\eta_d$  và hiệu suất của truyền thông D2D có thể được đảm bảo. Do đó, nhiễu từ mạng di động có

thể được kiểm soát thông qua khu vực hạn chế nhiều cho người nhận D2D.

### B. Phân bổ tài nguyên

Sau khi vùng hạn chế nhiều  $Z_1$  và  $Z_2$  được xác định, một chiến lược phân bổ tài nguyên cho người dùng được áp dụng. Các kênh con có sẵn cho truyền thông D2D được nhóm lại dựa trên vùng phủ của khu vực hạn chế nhiều của người dùng D2D. Vì nhiều nhận được phải được giới hạn để đáp ứng các ràng buộc  $\eta_c$  và  $\eta_d$ , các nguồn tài nguyên được sử dụng cho truyền thông D2D bị hạn chế. Các nguồn tài nguyên do CUEs sử dụng trong khu vực  $Z_1$  và  $Z_2$  sẽ không được phân bổ cho người dùng D2D.

Giả sử các kênh con trung tâm đặt là  $S_c$ , các kênh con ở biên của tế bào được đặt là  $S_e$  và kênh con được phân bổ cho truyền thông D2D là  $s_d$ . Các tài nguyên được gán cho người dùng D2D có thể được xác định theo các bước sau:

1) Các kênh con được chọn theo vị trí người dùng D2D: Người dùng D2D nằm ở biên tế bào chỉ có thể truy cập vào kênh con ở biên để tránh nhiễu liên vùng. Mặt khác, khi người dùng D2D được đặt ở vùng trung tâm, các kênh con ở biên tế bào có thể không được phân bổ cho người dùng D2D để đảm bảo các CUEs ở biên tế bào tránh khỏi nhiễu gây ra bởi truyền thông D2D. Những kênh sẵn có cho truyền thông D2D có thể được biểu diễn bằng:

$$\Omega_1 = \begin{cases} s / s \in (S_c \rightarrow S_e) & \text{Khi ở trung tâm} \\ s / s \in S_e & \text{Khi ở biên} \end{cases} \quad (13)$$

2) Loại trừ người dùng di động (CUEs) khỏi vùng hạn chế nhiều: Để ngăn chặn nhiễu lẫn nhau, những người dùng di động (CUEs) có khả năng gây nhiễu tới người nhận D2D (RUE) và những người dùng di động bị ảnh hưởng nhiều từ người truyền D2D (TUE) nên được loại trừ. Các kênh con được người dùng di động sử dụng trong khu vực  $Z_1$  và  $Z_2$  lần lượt là  $S_{Z_1}$  và  $S_{Z_2}$ . Theo như khu vực hạn chế nhiều của người truyền và người nhận D2D được xác định ở trên, những kênh con nằm trong  $S_{Z_1}$  và  $S_{Z_2}$  sẽ không được sử dụng cho người dùng D2D. Những kênh con sẵn có cho truyền thông D2D là:

$$\Omega_2 = \{s / s \in S_c, s \notin S_{Z_1}, s \notin S_{Z_2}\} \quad (14)$$

3) Phân bổ tài nguyên cho người dùng D2D: Kênh con được sử dụng cho người dùng D2D  $\Omega_d$  có thể được chọn bằng giao của  $\Omega_1$  và  $\Omega_2$ :

$$\Omega_d = \Omega_1 \cap \Omega_2 \quad (15)$$

Sau đó, BS chọn  $K$  người dùng di động từ  $\Omega_d$  trên cơ sở tối đa hóa tổng dung lượng của người dùng di động và người dùng D2D:

$$s_d = \max_i R_{total}(s_i), s_i \in \Omega_d \quad (16)$$

Một lược đồ phân bổ nguồn tài nguyên đơn giản cho truyền thông D2D dựa trên chất lượng của liên kết di

động được xây dựng. Người sử dụng D2D sẽ được chỉ định để tái sử dụng các kênh con của người dùng di động CUEs có độ lợi kênh đạt được tốt nhất cho BS. Do đó, kênh con được phân bổ cho một cặp D2D là:

$$s_d = \max_i G_{B,ci}, s_i \in \Omega_d \quad (17)$$

Thông qua phương pháp kiểm soát vùng hạn chế nhiều, nhiễu từ truyền thông D2D có thể được ngăn chặn hiệu quả trong mỗi tế bào. Đồng thời, các CUEs được lựa chọn sử dụng cùng một nguồn tài nguyên có chất lượng liên kết tốt và do đó không bị ảnh hưởng nhiều bởi nhiễu từ truyền thông D2D.

## IV. PHƯƠNG PHÁP QUẢN LÝ NHIỀU SỬ DỤNG VÙNG NGĂN CHẶN NHIỀU

Phương pháp quản lý nhiễu dựa trên vùng ngăn chặn nhiễu được giới thiệu trong [8]. Theo đó, mô hình áp dụng cho phương pháp này không xét đến nhiễu liên tế bào và tất cả tài nguyên của CUE đều được phép chia sẻ cho người dùng D2D. Khi đó, SINR của CUE thứ  $k$  được tính như sau:

$$SINR_{UE_k}^{DL} = \frac{P_{BS,UE_k} G_{BS,UE_k}}{rd(k) P_{TUE_k,UE_k} G_{TUE_k,UE_k} + \sigma^2} \quad (18)$$

Với,  $P_{BS,UE_k}$  là công suất truyền từ BS tới CUE thứ  $k$ ,  $G_{BS,UE_k}$  là độ lợi kênh từ BS tới CUE thứ  $k$  trên kênh tài nguyên thứ  $k$ ,  $P_{TUE_k,UE_k}$  là công suất truyền từ TUE tới CUE thứ  $k$ ,  $rd(k)$  biểu diễn trạng thái chia sẻ kênh tài nguyên giữa cặp D2D và các liên kết di động ở đường xuống;  $rd(k) = 1$  nghĩa là cặp D2D chia sẻ cùng tài nguyên với liên kết di động thứ  $k$  và  $rd(k) = 0$  nghĩa là chúng không chia sẻ cùng kênh tài nguyên và  $\sigma^2$  là công suất tạp âm.

Xem xét việc phân bổ tài nguyên, SINR của RUE trong kênh tài nguyên thứ  $k$  có thể được đưa ra bằng biểu thức dưới đây:

$$SINR_{RUE,k}^{DL} = \frac{P_{TUE_k,RUE} G_{TUE_k,RUE}}{rd(k) P_{BS,RUE_k} G_{BS,RUE_k} + \sigma^2} \quad (19)$$

với,  $P_{TUE_k,RUE}$  là công suất phát của TUE tới RUE trong kênh tài nguyên thứ  $k$  và  $P_{BS,RUE_k}$  là công suất phát của BS tới RUE trong kênh tài nguyên thứ  $k$ .

Trong đường lên, CUEs truyền tín hiệu tới BS và TUE vẫn truyền tín hiệu tới RUE. Theo đó, RUE bị gây nhiễu bởi CUEs và BS bị gây nhiễu bởi TUE.

Giả sử mảng  $ru(M)$  biểu diễn trạng thái chia sẻ kênh tài nguyên giữa cặp D2D và liên kết di động,  $ru(k) = 1$  nghĩa là cặp D2D chia sẻ cùng tài nguyên với liên kết di động thứ  $k$  và  $ru(k) = 0$  nghĩa là chúng không chia sẻ cùng tài nguyên.

SINR của BS được cho bởi công thức sau:

$$SINR_{BS}^{UL} = \frac{\sum_{k=1}^M P_{UE_k,BS} G_{UE_k,BS}}{\sum_{k=1}^M (ru(k) P_{TUE_k,BS} G_{TUE_k,BS}) + \sigma^2}$$

(20)

với,  $P_{UE_k,BS}$  là công suất truyền của CUE thứ  $k$  tới BS trong kênh tài nguyên thứ  $k$ .  $P_{TUE_k,BS}$  là công suất truyền của TUE tới BS trong kênh tài nguyên thứ  $k$ .

SINR của RUE trong kênh tài nguyên thứ  $k$  được cho bởi công thức:

$$SINR_{RUE,k}^{UL} = \frac{P_{TUE_k,RUE} G_{TUE_k,RUE}}{ru(k) P_{CUE,RUE_k} G_{CUE,RUE_k} + \sigma^2} \quad (21)$$

Khi đó, dung lượng của hệ thống được tính bởi công thức:

$$\begin{aligned} C &= C_{UL} + C_{DL} \\ C_{DL} &= \sum_{k=1}^M \log_2(1 + SINR_{UE_k}^{DL}) + \log_2(1 + SINR_{RUE,k}^{DL}) \\ C_{UL} &= \log_2(1 + SINR_{BS}^{UL}) + \sum_{k=1}^M \log_2(1 + SINR_{RUE,k}^{UL}) \end{aligned} \quad (22)$$

với  $C_{DL}$ : là dung lượng hệ thống trong đường xuống.  $C_{UL}$ : là dung lượng hệ thống trong đường lên.

với,  $d_{TUE,UE_k}$  là khoảng cách giữa TUE và CUE thứ  $k$ .

$\lambda$  là độ dài bước sóng của tần số phát.  $R_{DL}$  là bán kính của ISA trong đường xuống ( $ISA_{DL}$ ) và  $\alpha$  là hệ số suy hao đường truyền.

Sau đó, bán kính của vùng ngăn chặn nhiễu trong đường lên được tính bởi:

$$R_{DL} = \frac{\lambda}{4\pi \left( \frac{P_{DL}}{P_{TUE}} \right)^{\frac{1}{\alpha}}} \quad (24)$$

với  $P_{DL}$  là mức năng lượng ngưỡng được xác định trước của tín hiệu nhận từ cặp D2D đến CUEs.

Tương tự, bán kính của ISA trong đường lên ( $ISA_{UL}$ )

Vùng hạn chế nhiễu được xác định bằng công

$$I_{UE_k}(d_{TUE,UE_k}) = \begin{cases} P_{TUE_k,UE_k} \cdot \left( \frac{\lambda}{4\pi d_{TUE,UE_k}} \right)^{\alpha} & d_{TUE,UE_k} > R_{DL} \\ 0 & d_{TUE,UE_k} < R_{DL} \end{cases} \quad (23)$$

thức:

$R_{UL}$  được tính bằng công thức:

$$R_{UL} = \frac{\lambda}{4\pi \left( \frac{P_{UL}}{P_{UE_k}} \right)^{\frac{1}{\alpha}}} \quad (25)$$

với  $P_{UL}$  là mức năng lượng ngưỡng được xác định trước của tín hiệu nhận từ CUE tới RUE.

Để đảm bảo truyền thông D2D, công suất phát của TUE ( $P_{TUE}$ ) nên được kiểm soát càng nhiều càng tốt.

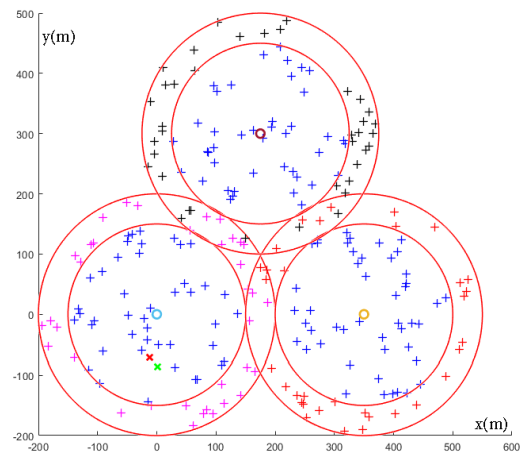
Mặt khác, nếu công suất phát của TUE ( $P_{TUE}$ ) quá nhỏ thì truyền thông D2D sẽ bị gây nhiễu bởi mạng di động, ngược lại, nếu công suất phát của TUE ( $P_{TUE}$ ) quá lớn sẽ gây nhiễu nghiêm trọng cho truyền thông di động. Do đó,  $P_{TUE}$  nên được kiểm soát ở một mức hợp lý. Để quyết định công suất truyền tải của TUE ( $P_{TUE}$ ), BS thiết lập một mức SINR ngưỡng  $\eta$  và công suất truyền tải tối đa của TUE ( $P_{TUEMAX}$ ). Để đảm bảo chất lượng của truyền thông D2D,  $P_{TUE}$  nên đáp ứng mức SINR ngưỡng  $\eta$  càng nhiều càng tốt trên cơ sở không vượt quá mức công suất truyền tải tối đa của TUE. SINR của RUE trong kênh tài nguyên thứ  $k$  phải thỏa mãn điều kiện:

$$SINR_{RUE,k} \geq \eta \quad (26)$$

## V. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

### A. Thiết lập thí nghiệm

Mô hình được đưa vào mô phỏng là mô hình mạng di động dựa trên OFDMA đa tế bào sử dụng công nghệ tái sử dụng tần số một phần (PFR) [13]. Hình 4 cho chúng ta một cái nhìn tổng quan về kịch bản mô phỏng. Trong đó, mô hình gồm 3 tế bào, mỗi tế bào được quản lý bởi một BS. Vị trí của người dùng trong mạng di động tuân theo phân bố đều và được thể hiện bằng các dấu cộng. Tại trung tâm các tế bào người dùng sử dụng một tần số (thể hiện bằng dấu cộng màu xanh lam); ở biên mỗi tế bào, người dùng sử dụng các tần số khác nhau (thể hiện bằng các dấu cộng màu hồng, màu đen và màu đỏ). Cặp D2D được phân bố một cách ngẫu nhiên với khoảng cách không thay đổi (thể hiện bằng hai dấu x màu xanh và đỏ). Các tham số mô phỏng chi tiết được giới thiệu ở Bảng 1.



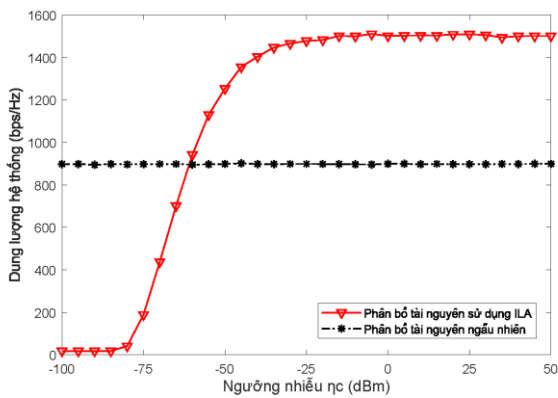
Hình 4. Kịch bản mô phỏng

Bảng 1. Các tham số mô phỏng

Thông số	Giá trị
Bán kính cell	200 m
Bán kính trung tâm tế bào	150 m
Khoảng cách giữa TUE và RUE	20 m
Số lượng người dùng di động/tế bào	80
Công suất phát tối đa của BS	46 dBm
Công suất phát tối đa của TUE	15 dBm
Công suất tạp âm	-174 dBm
Hệ số suy hao đường truyền (PL)	2
SINR ngưỡng ( $\eta$ )	10 dB
Bước sóng (LTE 1900 MHz)	0.158 m
Phương sai biến ngẫu nhiên Rayleigh	2
Nhiều	Ngẫu nhiên

B. Kết quả thí nghiệm và đánh giá

1) *Thí nghiệm 1: So sánh hiệu năng phương pháp quản lý nhiều sử dụng vùng hạn chế nhiễu (ILA) với phương pháp phân bổ tài nguyên ngẫu nhiên trong kịch bản ở Hình 4.*



Hình 5. Dung lượng hệ thống (đường xuống) khi ngưỡng nhiễu  $\eta_c$  thay đổi

Để đánh giá hiệu năng của hệ thống dựa trên phương pháp ILA, bài báo xem xét mô phỏng dung lượng hệ thống cho đường xuống khi thay đổi mức ngưỡng nhiễu  $\eta_c$  cho truyền thông di động. Kênh sử dụng trong mô phỏng là kênh chịu ảnh hưởng bởi suy hao trong không gian tự do và pha-đỉnh Rayleigh. Đại lượng được đưa ra để đánh giá là dung lượng của hệ thống. Thực hiện mô phỏng với phân bổ tài nguyên dựa vào vùng hạn chế nhiễu ILA và phân bổ tài nguyên ngẫu nhiên. Thông qua kết quả mô phỏng, trường hợp quản lý nhiễu dựa trên vùng hạn chế nhiễu chứng minh là giúp hệ thống đạt được dung lượng tốt hơn.

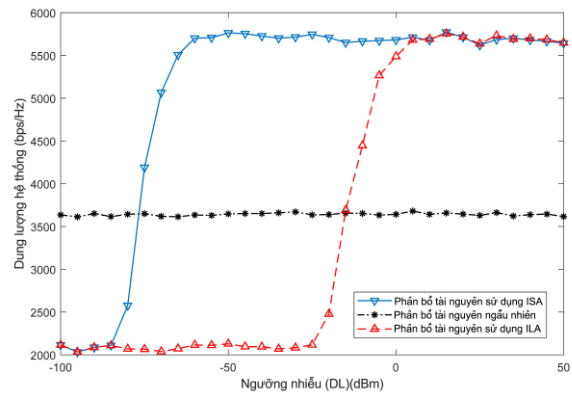
Khi thay đổi mức ngưỡng nhiễu  $\eta_c$ , bán kính  $r_1$  của vùng phủ  $Z_1$  cũng thay đổi. Từ đó, xác định được kênh tài nguyên mà cặp D2D sẽ sử dụng chung với người dùng di động bằng cách loại bỏ tất cả các CUE nằm trong vùng phủ  $Z_1$ . Tương tự, thì ta cũng xác định được các kênh tài nguyên mà cặp D2D sẽ sử dụng chung với người dùng di động bằng cách loại bỏ tất cả các CUE nằm trong vùng phủ  $Z_2$ . Phương pháp ILA còn xem xét đến vị trí của người dùng D2D khi người dùng D2D nằm ở biên tế bào chỉ có thể truy cập vào kênh con ở biên để tránh nhiễu liên vùng, khi người dùng D2D ở vùng trung tâm, các kênh con ở biên tế bào có thể không được phân bổ cho

người dùng D2D để đảm bảo các CUE ở biên tế bào tránh khỏi nhiễu gây ra bởi truyền thông D2D.

Từ Hình 5, chúng ta có thể thấy, nếu mức ngưỡng nhiễu thấp hơn -60dBm, thì trường hợp phân bổ tài nguyên sử dụng ILA không tốt hơn trường hợp phân bổ tài nguyên ngẫu nhiên. Tuy nhiên, khi mức ngưỡng đạt giá trị lớn hơn -60dBm, thì dung lượng hệ thống tăng lên và đạt trạng thái bão hòa tại mức ngưỡng -35dBm. Khi đó, dung lượng của hệ thống ổn định và không có sự thay đổi hay chênh lệch quá lớn ở các mức năng lượng tiếp theo. Duy trì ở mức năng lượng này giúp hệ thống đạt dung lượng cao và hiệu năng tốt nhất.

2) *Thí nghiệm 2: So sánh hiệu năng các phương pháp ILA, ISA và phân bổ tài nguyên ngẫu nhiên trong kịch bản ISA.*

Giả sử xét cho đường xuống, đường lên để cố định, bằng cách thay đổi cùng ngưỡng nhiễu thì dung lượng của hệ thống sẽ thay đổi như trong Hình 6.



Hình 6. So sánh dung lượng hệ thống (đường xuống) khi ngưỡng nhiễu thay đổi sử dụng hai phương pháp ISA và ILA

Trong Hình 6, đường màu xanh biểu diễn dung lượng hệ thống khi sử dụng phương pháp ISA, đường màu đỏ biểu diễn dung lượng hệ thống khi sử dụng phương pháp ILA, đường màu đen là phân bổ tài nguyên ngẫu nhiên. Kết quả cho thấy, nếu mức ngưỡng nhiễu thấp hơn -78dBm (ISA) và thấp hơn -15dBm (ILA) dung lượng của hệ thống trong hai trường hợp không tốt hơn trường hợp phân bổ tài nguyên ngẫu nhiên. Tuy nhiên, dung lượng hệ thống đều tăng lên và đạt trạng thái bão hòa khi mức ngưỡng nhiễu đạt đến một giá trị nào đó.

Có thể phân tích, như đã trình bày ở trên thì phương pháp ILA có nhiều ràng buộc hơn nên mức ngưỡng nhiễu để phương pháp ILA có hiệu quả hơn so với phân bổ ngẫu nhiên là cao hơn. Điều này dẫn đến, để dung lượng hệ thống đạt đến trạng thái bão hòa thì phương pháp ILA không nhanh như phương pháp ISA. Nhưng thực tế cho thấy phương pháp ILA lại xem xét các điều kiện, phân ảnh thực tế hơn, còn phương pháp ISA xem xét trong điều kiện lý tưởng hơn.

VI. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã tiến hành phân tích và đánh giá hiệu năng của hệ thống truyền thông D2D sử dụng phương pháp quản lý nhiễu sử dụng vùng hạn chế nhiễu (ILA) và phương pháp quản lý nhiễu sử dụng vùng ngăn chặn nhiễu (ISA) áp dụng cho đường xuống trong truyền thông D2D. Dựa vào khu vực ngăn chặn/vùng hạn chế nhiễu đã xác định được tài nguyên nào có thể sử

dụng cho truyền thông D2D, từ đó giúp cải thiện dung lượng của hệ thống. Đặc biệt, hệ thống được khảo sát trên kênh chịu ảnh hưởng của suy hao trong không gian tự do và pha đình Rayleigh, là những kênh thực tế đối với các thiết bị di động trong hệ thống thông tin di động. Các kết quả được mô phỏng cho thấy, dung lượng của hệ thống truyền thông D2D được cải thiện đáng kể khi có sử dụng các phương pháp quản lý nhiễu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cisco, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020. White paper, February 2016.
- [2] A. Asadi, Q. Wang, and V. Mancuso, A Survey on Device-to-Device Communication in Cellular Networks, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 16, no. 4, pp. 1801–1819, April 2014.
- [3] J. Liu, N. Kato, J. Ma, and N. Kadowaki, Device-to Device Communication in LTE-Advanced Networks: A Survey, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 1923–1940, December 2014.
- [4] J. Kim, G. Caire, and A. F. Molisch, Quality-aware streaming and scheduling for device-to-device video delivery, IEEE/ACM Trans. Netw., vol. 24, no. 4, pp. 2319–2331, Aug. 2015.
- [5] J. Liu and N. Kato, Device-to-device communication overlaying twohop multi-channel uplink cellular networks, in Proc. ACM MobiHoc, 2015, pp. 307–316.
- [6] J. Jiang, S. Zhang, B. Li, and B. Li, Maximized cellular traffic offloading via device-to-device content sharing, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 34, no. 1, pp. 82–91, Jan. 2016.
- [7] M. Ji, G. Caire, and A. F. Molisch, Wireless device-to-device caching networks: Basic principles and system performance, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 34, no. 1, pp. 176–189, Jan. 2016.
- [8] Bin Guo, Shaohui Sun, Shaohui Sun, Qiubin Gao Interference Management for D2D Communications Underlying Cellular Networks at Cell Edge, the Tenth International Conference on Wireless and Mobile Communications, June 2014.
- [9] Rui Zhang, Yongzhao Li, Yuhuan Ruan, Hailin Zhang, Wenhuan Wang, Wenyan Wang, CQI-Based interference management scheme for D2D communication underlying cellular networks, IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops, 2015.
- [10] Serveh Shalmashi, Guowang Miao, Slimane Ben Slimane, Interference management for multiple device-to-device communications underlying cellular networks, IEEE 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2013
- [11] Rna Ghallab, Mona Shokair, Proposed protocols for interference managements and interference cancellation with AAF relay in D2D communication, 35th National Radio Science Conference (NRSC), 2018
- [12] A. Goldsmith, Wireless communications, Cambridge University Press, 2005.
- [13] X. Chen, L. Chen, M. Zeng, X. Zhang, and D. Yang, Downlink Resource Allocation for Device-to-Device Communication Underlying Cellular Networks, IEEE 23rd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications - (PIMRC), Sydney, NSW, Australia, 2012.

## EVALUATING INTERFERENCE MANAGEMENT METHODS IN D2D COMMUNICATIONS

**Abstract:** Due to the dramatic increase in amount of portable devices, especially, in smartphones, conventional mobile networks could not meet the demand on higher and higher data rate or lower and lower latency. In this context, device to device (D2D) communications is being considered as a promising technology to increase spectrum efficiency and to reduce data traffic load in the mobile networks. However, D2D communications should utilize the spectrum resource flexibly. This leads to interference between D2D communications and mobile communications. In this paper, we analyze and evaluate two interference management methods including Interference Limited Area and Interference Suppression Area between D2D users and mobile users. Two methods are investigated in the downlink of a Partial Frequency Reuse based mobile network under Rayleigh fading channel. Matlab simulations show that the two investigated methods is better than the conventional method in terms of capacity performance.

**Keywords:** D2D communications networks, interference management, resource allocation, U – D2D, SINR.



**Nguyễn Thị Yến**, tốt nghiệp đại học ngành điện tử - viễn thông năm 2006, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Hiện đang là học viên cao học khóa 2017-2019 chuyên ngành kỹ thuật viễn thông tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Lĩnh vực nghiên cứu: Công nghệ viễn thông, bảo mật, an ninh an toàn cho các hệ thống viễn thông, truyền thông D2D.



**Đinh Thị Thái Mai**, tốt nghiệp đại học ngành điện tử - viễn thông năm 2006, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Nhận học vị thạc sĩ ngành công nghệ thông tin và truyền thông (ICT) năm 2008 tại Trường Đại học Paris-Sud (Paris XI) – Cộng hòa Pháp;

tiến sĩ chuyên ngành kỹ thuật viễn thông năm 2017 tại Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Hiện đang là giảng viên tại Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: Mạng thông tin di động 5G, Vô tuyến có ý thức, truyền thông thiết bị tới thiết bị, Định vị và tìm đường đi trong nhà.



**Lê Nhật Thăng**, tốt nghiệp đại học chuyên ngành vô tuyến điện và thông tin liên lạc năm 1995, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Nhận học vị thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật viễn thông năm 2000 tại Học viện Công nghệ Châu Á (AIT), Bangkok, Thailand;

tiến sĩ ngành công nghệ thông tin và truyền thông (ICT) năm 2006 tại Trường Đại học Trento – Cộng hòa Italia;