

ĐIỀU KHIỂN TRUY NHẬP PHÂN TÁN TRONG MẠNG TRUYỀN THÔNG TẾ BÀO D2D HỖN HỢP

Nguyễn Minh Hiền, Đỗ Thành Đạt, Nguyễn Nam Hoàng, Phạm Minh Triền

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

Tóm tắt: Truyền thông giữa các thiết bị, hay còn gọi là truyền thông D2D, là sự kết nối trực tiếp giữa hai thiết bị đầu cuối và được đề xuất cho mạng di động tế bào nhằm tăng dung lượng hệ thống và tăng khả năng kết nối của các thiết bị di động. Để đạt được hiệu quả sử dụng băng tần cao, phổ tần số có thể được xem xét cấu hình chung cho truyền thông di động thông thường và truyền thông D2D. Do vậy, sự xung đột tần số xảy ra khi các kết nối di động và kết nối D2D sử dụng chung kênh (tần số). Điều này gây ra tác động nhiễu qua lại giữa kết nối D2D và kết nối của người dùng di động dẫn tới làm giảm hiệu năng của hệ thống và chất lượng đường truyền của các kết nối. Điều khiển truy nhập là chức năng quan trọng trong mạng di động tế bào bao gồm việc phân bổ kênh truyền và cấp công suất phát cho các kết nối với các yêu cầu về giảm thiểu xung đột và nâng cao hiệu năng hệ thống. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất cơ chế điều khiển truy nhập phân tán cho mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp. Trong cơ chế điều khiển phân tán này, các trạm gốc thực hiện cấp kênh và công suất phát cho các kết nối di động. Các thiết bị D2D tự chọn kênh có mức nhiễu thấp và tự quyết định mức công suất phát cho phép cho kết nối D2D. Chúng tôi phát triển chương trình mô phỏng để đánh giá hiệu năng của cơ chế điều khiển truy nhập phân tán đề xuất, cơ chế điều khiển truy nhập tập trung NADD [11] và cơ chế điều khiển truy nhập cấp kênh tuần tự. Kết quả mô phỏng cho thấy cơ chế đề xuất mang lại thông lượng hệ thống cao hơn cơ chế cấp kênh tuần tự trong khi tải tính toán tại các trạm gốc được giảm đi so với các cơ chế điều khiển tập trung.

Từ khóa: Mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp, điều khiển xung đột, điều khiển truy nhập, truyền thông D2D.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

Mạng di động trong tương lai yêu cầu lưu lượng lớn cho truyền thông giữa các thiết bị đầu cuối chẳng hạn như giữa các phương tiện giao thông hay giữa các thiết bị IoT. Truyền thông D2D có thể mang lại các lợi ích về việc tái sử dụng phổ tần, phân tải lưu lượng, độ trễ thấp và thông lượng hệ thống cao [1-4]. Tuy nhiên, việc triển khai truyền

thông D2D trong mạng truyền thông di động đối diện với nhiều trở ngại kỹ thuật bao gồm tải tín hiệu điều khiển cao, xung đột tần số và nhiễu giữa các kết nối mà có thể gây suy giảm hiệu năng hệ thống v.v... [5]. Vấn đề quản lý xung đột tần số và quản lý nhiễu giữa các kết nối D2D với các kết nối di động là một trong những vấn đề được quan tâm nhất. Khi hệ thống nhận được yêu cầu kết nối di động hoặc yêu cầu kết nối D2D, việc điều khiển truy nhập được thực hiện để cấp kênh và phân bổ công suất phát cho thiết bị. Điều khiển truy nhập tập trung là một phương pháp truyền thống trong đó trạm gốc đóng vai trò là trạm trung tâm xử lý các yêu cầu kết nối [6, 7]. Điều khiển truy nhập tập trung gặp các thách thức về tải lưu lượng điều khiển cao trong mạng di động có mật độ thiết bị dày đặc. Một số phương pháp điều khiển truy nhập ngẫu nhiên đã được đề xuất [8-10] trong đó các thiết bị thực hiện các giao thức khá phức tạp để cảm nhận môi trường truyền dẫn và ra quyết định kết nối và chọn kênh truyền. Các phương pháp này phù hợp cho các thiết bị có khả năng tính toán cao và mạng quy mô nhỏ. Bài báo [11] đề xuất cơ chế cấp kênh và chọn công suất phát cho các kết nối D2D theo phương thức thiết bị thực hiện quyết định dựa trên các thông tin hỗ trợ do mạng cung cấp (Network-Assisted Device-Secided – NADD). Cơ chế này hoạt động theo nguyên tắc điều khiển truy nhập trung tâm trong đó các DUE đo thông tin về chất lượng của các kênh truyền và gửi tới MBS. Dựa trên các thông tin này, MBS tính toán và lập danh sách các kênh có mức độ nhiễu thấp nhất để cung cấp cho DUE ra quyết định chọn kênh và công suất phát. Cơ chế NADD này có tính thực tế vì không yêu cầu các giả thiết làm đơn giản hệ thống và việc cấp kênh được thực hiện dựa trên các điều kiện kênh truyền thực tế của thiết bị.

Đối với các nghiên cứu lý thuyết khác, có thể kể đến một số hướng nghiên cứu tiêu biểu về điều khiển truy nhập cho mạng truyền thông tế bào D2D chẳng hạn như việc kết hợp cấp phát tài nguyên với điều khiển tiếp nhận yêu cầu kết nối dựa trên chất lượng dịch vụ được đề xuất trong [12] với việc xét đến các loại dịch vụ D2D khác nhau. Việc sử dụng vị trí chính xác của thiết bị để lập lịch tài nguyên được đề xuất trong [13]. Hướng tiếp cận này có thể hỗ trợ quản lý nhiễu hiệu quả nhưng khó thực hiện trong môi trường mạng di động. Việc phân vùng quản lý nhiễu theo bán kính phủ sóng của các thiết bị được đề xuất trong [14] nhưng cũng không thực tế đối với các thiết bị di động liên tục. Một số nghiên cứu về tối ưu hệ thống được đề xuất, ví

Tác giả liên hệ: Nguyễn Nam Hoàng

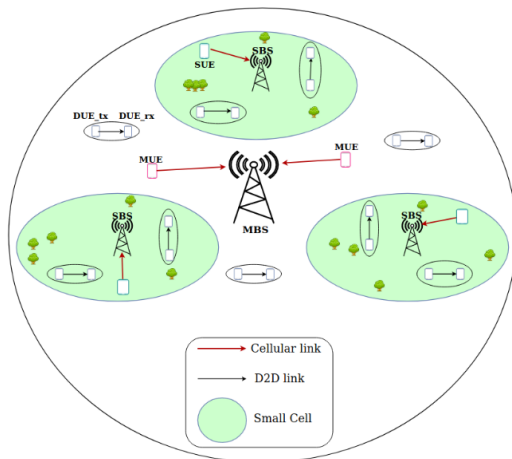
Email: hoangnn@vnu.edu.vn

Đến tòa soạn: 6/2021, chỉnh sửa: 7/2021; chấp nhận đăng: 7/2021

dụ như trong bài báo [15], các tác giả đề xuất phương pháp cấp kênh và công suất tối ưu dựa trên lý thuyết trò chơi. Ví dụ khác là trong bài báo [16], các tác giả đề xuất phương pháp tối ưu dựa trên biến đổi Lagrangian. Các phương pháp tối ưu dựa trên toán học thường cần các giả thiết để đơn giản hóa hệ thống nên việc áp dụng trong thực tế là chưa khả thi. Trong phạm vi bài báo này, chúng tôi trình bày nghiên cứu và đề xuất phương pháp điều khiển truy nhập phân tán (Distributed Access Control – DAC) cho mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp, trong đó các trạm gốc lớn (Macrocell Base Station – MBS) và các trạm gốc cỡ nhỏ (Smallcell Base Station – SBS) cùng được triển khai để cung cấp các kết nối di động cho người dùng.

Bài báo được cấu trúc như sau. Phần 2 trình bày mô hình của mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp. Phần 3 trình bày hoạt động của cơ chế điều khiển truy nhập phân tán được đề xuất. Kết quả mô phỏng và so sánh hiệu năng của cơ chế đề xuất với các cơ chế khác được trình bày trong phần 4. Các kết luận và hướng nghiên cứu tiếp theo sẽ được trình bày trong phần cuối cùng.

II. MÔ HÌNH HỆ THỐNG



Hình 1. Mô hình mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp

Như minh họa trong Hình 1, mô hình mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp bao gồm một trạm phát gốc cỡ lớn (MBS), các trạm phát gốc cỡ nhỏ (SBS), thiết bị trong vùng phủ của MBS gọi là MUE (Macrocell User Equipment), thiết bị trong vùng phủ của SBS gọi là SUE (Smallcell User Equipment) và thiết bị kết nối D2D gọi là DUE (D2D User Equipment). Vùng phủ của MBS có thể được chia thành các sector trong khi vùng phủ của SBS là đồng nhất. Chúng tôi nghiên cứu điều khiển truy nhập cho các kết nối đường lên giữa MUE và MBS, kết nối đường lên giữa SUE và SBS và các kết nối D2D. Phổ tần số dành cho các kết nối này bao gồm N_C kênh, được chia thành M phần băng thông (BWP) bằng nhau. Mỗi kết nối giả thiết sẽ chiếm một kênh truyền và kênh này có thể nằm trong một BWP bất kỳ. Giả sử rằng mỗi BWP có N_C^{BWP} kênh dành cho truyền dữ liệu và một kênh phát quảng bá tín hiệu tham chiếu (Reference Signal – RS). Khi một SBS được cấp một BWP, SBS này sẽ phát tín hiệu tham chiếu của BWP này tại một giá trị công suất phát cố định. Giả thiết

mỗi DUE đo tín hiệu quảng bá từ các SBS và chọn SBS có tín hiệu mạnh nhất để làm SBS quản lý kết nối D2D. Trong bài báo này, với mục đích so sánh hiệu năng của các phương pháp, suy hao đường truyền được tính theo [11] với tần số sóng mang là 2,5 GHz và sử dụng mô hình truyền sóng cơ sở Line-of-sight (LOS) và Non-Line-of-sight (NLOS).

- Mô hình LOS: được áp dụng cho các kết nối di động giữa MUE và MBS, giữa SUE và SBS, giữa DUE và MBS/SBS. Suy hao đường truyền trong mô hình LOS được tính như sau:

$$PL_{(d)} = 127 + 30 * \log_{10}(d) + \chi_a \quad (1)$$

- Mô hình NLOS: được áp dụng cho các kết nối D2D và để tính toán mức nhiễu ảnh hưởng giữa MUE và DUE, SUE và DUE, các SUE và MUE. Suy hao đường truyền trong mô hình NLOS được tính như sau:

$$PL_{(d)} = 128.1 + 37.6 * \log_{10}(d) + \chi_a \quad (2)$$

Với d là khoảng cách giữa thiết bị phát và thiết bị thu (km).

χ_a là shadowing (dB), là biến ngẫu nhiên theo hàm phân phối log-normal với trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1 [11].

III. ĐIỀU KHIỂN TRUY NHẬP PHÂN TÁN

Trong mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp, có thể thấy rằng số lượng kết nối giữa MUE và MBS và số lượng kết nối giữa SUE và SBS trong tương lai sẽ ít hơn số lượng kết nối D2D khi số lượng các thiết bị IoT ngày càng tăng lên. Việc áp dụng cơ chế điều khiển truy nhập trung tâm cho các kết nối D2D sẽ làm cho các trạm gốc MBS trở nên quá tải. Trong phần này, chúng tôi trình bày một cơ chế điều khiển truy nhập phân tán (Distributed Access Control – DAC) cho việc tiếp nhận, quyết định chọn kênh truyền và công suất phát cho kết nối D2D. Các chức năng của MBS, SBS và DUE trong cơ chế điều khiển truy nhập này bao gồm:

- MBS và SBS hợp tác để quản lý việc cấp phát BWP cho các SBS và kết nối D2D.
- SBS cập nhật các kênh mà các DUE trong vùng phủ của SBS đã sử dụng cho các kết nối D2D.
- MBS thực hiện điều khiển truy nhập cho các kết nối của MUE với MBS.
- SBS thực hiện điều khiển truy nhập cho các kết nối của SUE với SBS.
- DUE nguồn thực hiện điều khiển truy nhập bao gồm chọn kênh và công suất phát cho kết nối D2D với DUE đích.

Hoạt động của các chức năng này được tóm tắt như sau:

i. Quản lý việc cấp phát BWP cho các SBS và cho kết nối D2D

- SBS đo mức năng lượng của kênh tham chiếu của tất cả các BWP. SBS sắp xếp danh sách BWP theo thứ tự tăng dần theo mức năng lượng kênh tham chiếu. SBS chọn N_{SUE}^{BWP} có mức năng lượng đo trên kênh tham

chiều nhỏ nhất để chọn các BWP có mức nhiễu nhỏ nhất cho các SUE.

- SBS gửi thông báo lên MBS về các BWP đã lựa chọn cho các kết nối SUE. MBS lập danh sách các BWP đã được các SBS lựa chọn cho SUE trong mỗi sector. MBS chọn N_{D2D}^{BWP} có ít SBS sử dụng nhất cho kết nối D2D và gửi thông tin này tới các SBS trong mỗi sector.
- SBS nhận thông báo các BWP dành cho D2D từ MBS và phát thông tin này cho các DUE nằm trong vùng phủ của SBS.
- SBS cập nhật các kênh mà các DUE trong vùng phủ của SBS đã sử dụng cho các kết nối D2D: Khi DUE nguồn bắt đầu hoặc kết thúc kết nối D2D với DUE đích, DUE nguồn gửi bản tin thông báo tới SBS đang quản lý DUE nguồn. SBS đánh dấu trạng thái của các kênh trong N_{D2D}^{BWP} (kênh bận khi nhận được bản tin DUE nguồn bắt đầu kết nối và kênh trống khi DUE nguồn kết thúc kết nối).
- Qua kênh điều khiển chung, SBS cập nhật định kỳ cho DUEs các thông tin về các BWP được dành cho kết nối D2D. SBS cũng gửi bảng danh sách các kênh và số lượng kết nối D2D đang sử dụng từng kênh. Dựa trên thông tin được cập nhật, DUE nguồn thực hiện việc chọn kênh.

ii. *MBS điều khiển truy nhập cho các yêu cầu kết nối đường lên của MUE*

- MUE gửi yêu cầu kết nối đường lên tới MBS.
- MBS cấp kênh cho MUE: trong số NC kênh, MBS tuần tự cấp kênh còn trống cho MUE.
- MBS phân bổ và điều khiển công suất cho MUE:
 - MBS khởi tạo cấp công suất truyền tối đa cho các MUE.
 - MBS thực hiện ước lượng SINR của MUE. Nếu SINR vượt ngưỡng $SINR_{target}$, MBS giảm công suất phát của MUE nhằm giảm nhiễu đến các kết nối khác.

iii. *SBS điều khiển truy nhập cho các yêu cầu kết nối của SUE*

- SUE gửi yêu cầu kết nối đường lên tới SBS.
- SBS cấp kênh cho SUE: trong số N_{SUE}^{BWP} kênh, SBS tuần tự cấp kênh còn trống cho SUE.
- SBS phân bổ công suất phát cho SUE:
 - SBS ước lượng giá trị nhiễu ($I_{max_tolerance}$) mà MUE ở biên của vùng phủ MBS có thể chấp nhận với yêu cầu về ngưỡng thấp nhất cho phép của SINR của MUE ($\gamma_{threshold}$). Ta có:

$$I_{max_tolerance} = \frac{P_{max}^{MUE}}{PL_R * \gamma_{threshold}} \quad (3)$$

Với P_{max}^{MUE} là công suất phát tối đa của MUE. PL_R là giá trị ước lượng suy hao đường truyền của MUE ở khoảng cách bằng bán kính vùng phủ. $\gamma_{threshold}$ là giá ngưỡng SINR tối thiểu của MUE.

- Mỗi SBS có thể ước lượng N_{SBS} các SBS lân cận qua việc nhận bản tin quảng bá được phát từ các SBS. Do mỗi SBS cấp cho các DUE hoặc SUE một kênh riêng biệt

trong vùng phủ của SBS đó, nên trường hợp xấu nhất là mỗi SBS có thể đang sử dụng một kênh để cấp cho SUE trùng với kênh của MUE. Do vậy, SBS ước lượng một mức nhiễu tối đa mà một kết nối trong SBS đó được phép ảnh hưởng đến MUE là:

$$I_{max}^{SBS} = \frac{I_{total}}{N_{SBS}} \quad (4)$$

Với N_{SBS} là số lượng SBS lân cận với SBS đang xét

- Trong mô hình nghiên cứu, để SBS giảm tải tính toán, chúng tôi giả thiết là SBS không cập nhật thông tin vị trí của SUE và DUE. Do vùng phủ của SBS nhỏ nên giá trị suy hao đường truyền từ các SUE hoặc DUE trong SBS đến MBS có thể được ước lượng là giá trị suy hao từ SBS đến MBS. Công suất phát tối đa cấp cho SUE được tính như sau:

$$P_t^{SUE} = I_{max}^{SBS} * PL_{MBS \rightarrow SBS} \quad (5)$$

Với P_t^{SUE} là công suất phát tối đa của SUE, $PL_{MBS \rightarrow SBS}$ là suy hao đường truyền từ MBS đến SBS.

iv. *DUE nguồn thực hiện điều khiển truy nhập bao gồm chọn kênh và công suất phát cho kết nối D2D với DUE đích*

Khi DUE nguồn muốn thiết lập kết nối D2D với DUE đích, DUE nguồn thực hiện điều khiển truy nhập bao gồm việc tự quyết định chọn kênh và công suất phát.

• DUE nguồn chọn kênh

- DUE nguồn nhận bản tin phát quảng bá từ SBS đang quản lý DUE nguồn. Bản tin này chứa thông tin về các BWP dùng cho kết nối D2D và bảng danh sách kênh với thông tin trạng thái kênh đang trống hay đã có kết nối D2D sử dụng.
- DUE nguồn đo mức năng lượng trên kênh tham chiếu các BWP được dành cho D2D. DUE nguồn ưu tiên chọn BWP có mức năng lượng kênh tham chiếu thấp nhất. Sau đó, DUE nguồn đọc thông tin về trạng thái các kênh.
- Nếu tất cả các kênh của BWP đã chọn đã được các kết nối D2D khác sử dụng, DUE nguồn bỏ qua BWP đó và chọn BWP khác có giá trị nhiễu cao hơn. Nếu có kênh đang trống, DUE nguồn chọn kênh đang trống này.
- Sau quá trình chọn kênh, DUE nguồn gửi thông báo về kênh đã chọn lên SBS.

• DUE nguồn tự chọn công suất phát

- DUE nguồn nhận bản tin quảng bá của các SBS lân cận và đếm số lượng SBS (N_{SBS}).
- DUE nguồn ước lượng giá trị nhiễu có thể chấp nhận tối đa $I_{max_tolerance}$ của MUE như nêu trên và tính giá trị nhiễu do DUE nguồn gây ra có thể được chấp nhận là:

$$I_{DUE} = \frac{I_{max_tolerance}}{N_{SBS}} \quad (6)$$

- DUE nguồn ước lượng suy hao đường truyền giữa MBS và DUE, và kết hợp với giá trị I_{DUE} để tính công suất phát của DUE nguồn.

Thông lượng có thể đạt được của kết nối D2D phụ thuộc vào giá trị SINR đo được tại thiết bị nhận và tính bằng công thức [11]:

$$C_D = \sum_{i=1}^{N_{subch}} \eta_i * B_{subch} \quad (7)$$

Với C_D là thông lượng có thể đạt được của mỗi kết nối D2D.

B_{subch} là băng thông của một kênh con

η_i là hiệu quả phổ của mỗi kênh con phụ thuộc vào mức SINR đo được của kết nối tại thiết bị nhận được biểu thị trong bảng 1.

N_{subch} là tổng số kênh con được sử dụng bởi một thiết bị. Thông lượng có thể đạt được của kết nối di động của MUE (C_M) và kết nối di động của SUE (C_S) cũng được tính tương tự như công thức (7). Khi đó, tổng thông lượng của hệ thống có thể đạt được sẽ được tính như sau:

$$C_T = C_M + C_S + C_D \quad (8)$$

Bảng 1: Phương thức điều chế và mã hóa [11]

Phương thức điều chế	Tỷ lệ mã hóa	Hiệu suất phổ η (bps/Hz)	Giá trị tối thiểu SINR (dB)
QPSK	$\frac{1}{2}$	1	3.5
QPSK	$\frac{3}{4}$	1.5	6.5
16-QAM	$\frac{1}{2}$	2	9
16-QAM	$\frac{3}{4}$	3	12.5
64-QAM	$\frac{1}{2}$	3	14.5
64-QAM	$\frac{2}{3}$	4	16.5
64-QAM	$\frac{3}{4}$	4.5	18.5

IV. ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CỦA CÁC THUẬT TOÁN

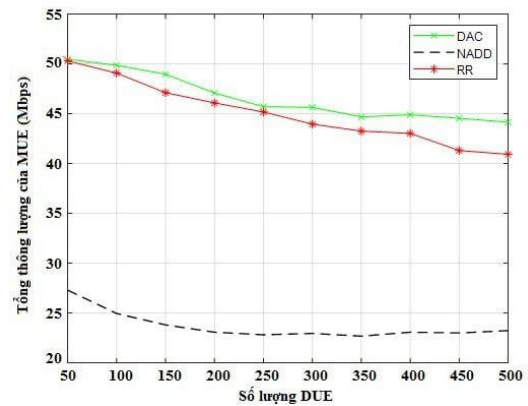
Chúng tôi thực hiện mô phỏng mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp để phân tích và so sánh hiệu năng của các cơ chế điều khiển truy nhập về thông lượng hệ thống và tổng thông lượng của từng loại kết nối. Thông số mô phỏng mạng được thiết lập như trong bảng 2.

Bảng 2: Thông số mô phỏng

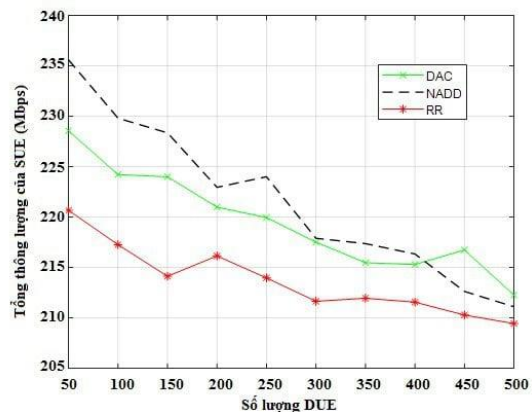
Thông số mô phỏng	Giá trị	Đơn vị
Số kênh con trong hệ thống	60	Kênh
Số lượng sector của MBS	6	Sector
Tổng số BWP	6	BWP
Tần số sóng mang	2,5	GHz
Băng thông mỗi kênh con	180	kHz
Bán kính phủ sóng của MBS	1000	m
Số lượng MUE	50	MUE
Số lượng SBS	50	SBS
Bán kính phủ sóng của SBS	100	m
Số lượng SUE kết nối với mỗi SBS	5	SUE
Công suất truyền tối đa của MUE, SUE và DUE	23	dBm
Khoảng cách tối đa giữa hai DUE	50	m

Chúng tôi thực hiện việc so sánh hiệu năng của cơ chế điều khiển truy nhập phân tán DAC đề xuất với hai cơ chế điều khiển truy nhập trung tâm khác bao gồm cơ chế Network-Assisted Device-Decided (NADD) [11] và cơ chế cấp kênh tuần tự (Round Robin - RR). Khác với cơ chế phân tán DAC được đề xuất, cơ chế NADD thực hiện các tính toán tại MBS và cung cấp cho các SUE và DUE các thông tin cần thiết để ra quyết định chọn kênh. Trong cơ chế NADD, MBS tính toán giá trị công suất phát tối đa cho các SUE và DUE dựa trên việc cập nhật độ lợi của các kênh truyền của các thiết bị và mức độ nhiễu tối đa cho phép của các kết nối đường lên của MUE. Dựa trên các thông tin được nhận từ MBS, các DUE có thể chọn kênh cho kết nối D2D sao cho kênh được chọn có mức nhiễu thấp và công suất lớn nhất có thể theo mức độ chịu nhiễu của MUE đồng kênh. Với cơ chế cấp kênh tuần tự, MBS nhận yêu cầu kết nối từ các thiết bị và cấp kênh tuần tự. Sau đó DUE nguồn tính toán công suất phát như mô tả nêu trên.

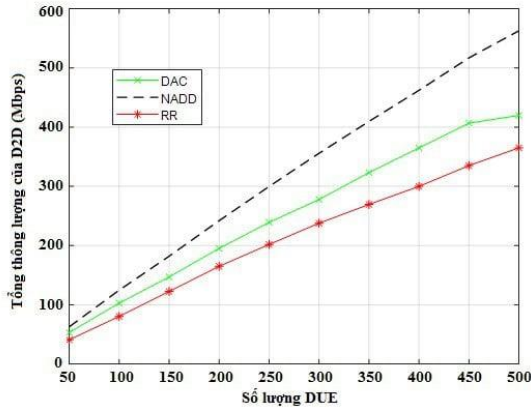
Sau khi một yêu cầu kết nối đường lên của MUE hoặc SUE hoặc yêu cầu kết nối D2D của DUE được cấp kênh và công suất phát, giá trị SINR của kết nối đó được tính và được ánh xạ tới giá trị hiệu suất phổ để tính giá trị thông lượng của kết nối có thể đạt được. Hiệu quả hoạt động của các cơ chế điều khiển truy nhập được đánh giá và so sánh bởi các kết quả thống kê của tổng thông lượng của hệ thống và tổng thông lượng của từng loại kết nối.



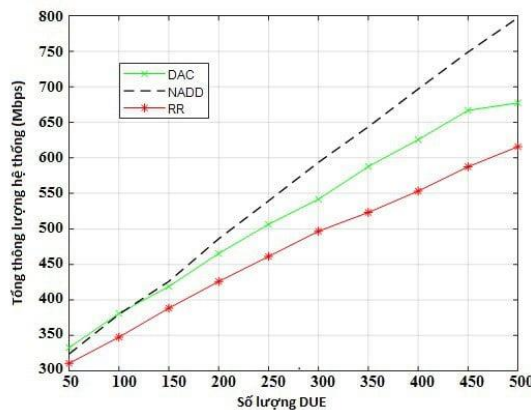
Hình 2. Thông lượng của các kết nối MUE



Hình 3. Thông lượng của kết nối SUE



Hình 4. Thông lượng của các kết nối D2D



Hình 5: Thông lượng hệ thống

Hình 2, hình 3 và hình 4 tương ứng trình bày tổng thông lượng của các kết nối MUE, SUE và D2D khi số lượng DUE trong hệ thống từ 50-500. Hình 2 và hình 3 cho thấy tổng thông lượng của các kết nối MUE và các kết nối SUE giảm khi số lượng DUE trong mạng tăng lên. Lý do là vì khi số lượng kết nối D2D tăng lên (dẫn tới tổng thông lượng kết nối D2D tăng như chỉ ra trong hình 4), nhiều do truyền thông D2D gây ra ảnh hưởng tới các kết nối MUE và kết nối SUE sẽ tăng lên. Điều này đặt ra vấn đề rằng khi triển khai truyền thông D2D trong mạng di động, cần phải có sự giới hạn số lượng kết nối D2D được chấp nhận sử dụng chung phổ tần với các kết nối MUE và các kết nối SUE.

Hình 3 và hình 4 cho thấy cơ chế NADD có thể đạt được tổng thông lượng của các kết nối SUE và kết nối D2D cao hơn cơ chế đề xuất DAC và cơ chế tuần tự. Lý do là bởi ở cơ chế NADD, MBS nhận thông tin về trạng thái các kênh của SUE và DUE để tính toán và gửi danh sách kênh tốt nhất cho SUE và DUE lựa chọn. Tuy nhiên, do SUE và DUE có thể chọn kênh có độ lợi tốt và phân bổ công suất phát cao cùng với có nhiều SUE tại SBS (05 SUE/SBS) và khi số lượng DUE tăng lên, chúng sẽ gây ra nhiều đồng kênh tới các MUE dùng chung kênh. Do vậy, kết quả mô phỏng trong hình 2 cho thấy tổng thông lượng của các kết nối MUE của cơ chế NADD tạo ra nhỏ hơn của cơ chế DAC đề xuất và cơ chế tuần tự. Điều này đem lại gợi ý

rằng trong hệ thống mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp, cần có cơ chế sử dụng chung phổ tần phù hợp giữa MUE với SUE và DUE để quản lý nhiễu tác động từ các kết nối SUE và D2D đến các kết nối MUE. Ngoài ra, có thể thấy thông lượng của các kết nối trong cơ chế DAC đề xuất cao hơn cơ chế tuần tự vì ở cơ chế DAC, MBS chọn BWP cho các kết nối D2D với sự ưu tiên chọn BWP có mức nhiễu thấp. Nhờ vậy, tổng thông lượng của các kết nối của cơ chế DAC cao hơn cơ chế tuần tự.

Hình 5 trình bày tổng thông lượng hệ thống khi sử dụng cơ chế DAC, cơ chế NADD và cơ chế RR với số lượng DUE trong hệ thống biến thiên từ 50-500 thiết bị. Có thể thấy rằng do thông lượng của các kết nối D2D tăng theo số lượng DUE nên tổng thông lượng hệ thống cũng tăng lên vì mạng sẽ phục vụ các yêu cầu kết nối D2D đến khi tất cả các kênh được phân bổ cho truyền thông D2D được sử dụng. Ở cơ chế cấp kênh tuần tự, MBS cấp kênh cho DUE nguồn nhưng không xét đến nhiễu. Ở cơ chế điều khiển truy nhập phân tán, DUE nguồn đưa ra quyết định chọn kênh trống theo mức nhiễu nhằm lựa chọn kênh truyền có thể có mức nhiễu thấp. Do vậy, tổng thông lượng hệ thống của cơ chế điều khiển truy nhập phân tán cao hơn cơ chế tuần tự từ 8 – 10%.

V. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày nghiên cứu và đề xuất cơ chế điều khiển truy nhập phân tán cho mạng truyền thông tế bào D2D hỗn hợp. Trong cơ chế điều khiển truy nhập phân tán này, các DUE nguồn tự chọn kênh và ước lượng công suất phát cho kết nối D2D. Chúng tôi đã phát triển chương trình mô phỏng để đánh giá và so sánh hiệu năng của cơ chế đề xuất với cơ chế điều khiển truy nhập tập trung NADD và cơ chế điều khiển truy nhập tuần tự. Kết quả mô phỏng cho thấy cơ chế DAC đề xuất có khả năng mang đến thông lượng hệ thống cao và giảm tải tính toán cho các MBS. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng việc sử dụng chung phổ tần số giữa MUE với SUE và D2D là chủ đề nghiên cứu cần được tiếp tục thực hiện. Các hướng nghiên cứu khác bao gồm các cơ chế quản lý và phân bổ tài nguyên động cho các kết nối D2D giữa các thiết bị nhỏ trong các hệ thống có mật độ thiết bị cao chẳng hạn như hệ thống IoT ứng dụng cho các lĩnh vực như nông nghiệp, sản xuất công nghiệp v.v...

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được hỗ trợ bởi Đại học Quốc gia Hà Nội, thông qua Đề tài QG 19.24 "Điều khiển xung đột thông minh trong các mạng di động hỗ trợ truyền tin từ thiết bị đến thiết bị".

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. Cao, G. Feng, S. Qin, and M. Yan. Cellular Offloading in Heterogeneous Mobile Networks with D2D Communication Assistance, IEEE Trans. on Vehicular Technology, Bản 66, Số. 5, trang 4245-4255, 2017.
- [2] Y. Niu, L. Su, C. Gao, Y. Li, D. Jin, Z. Han, "Exploiting Device-to-Device Communications to Enhance Spatial Reuse for Popular Content Downloading in Directional mmWave Small

Cells, IEEE Trans. on Vehicular Technology, Bản. 65, Số. 7, trang 5538-5550, 2016.

[3] W. Lee, J. Kim, S. Choi. New D2D, "Peer Discovery Scheme Based on Spatial Correlation of Wireless Channel, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Bản 65, Số 12, trang 10120-10125, 2016.

[4] H. Magri, A. Noredine, O. Mohammed, "Device-To-Device (D2D) Communication Under LTE-Advanced Networks, International", Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Bản 8, Số 1, 2016.

[5] F. Jameel, Z. Hamid, S. Zeadally, M. A. Javed, "A Survey of Device-to-Device Communications: Research Issues and Challenges", IEEE Communications Surveys & Tutorials, trang 2133-2168, 2018.

[6] J. Huang, Y. Sun, Z. Xiong, Q. Duan, Y. Zhao, X. Cao, W. Wang, "Modeling and Analysis on Access Control for Device-to-Device Communications in Cellular Network: A Network-Calculus-Based Approach", IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, Bản: 65, Số: 3, trang: 1615 – 1626.

[7] Thanh-Dat Do, Ngoc-Tan Nguyen, Thi-Huong-Giang Dang, Nam-Hoang Nguyen, Minh-Trien Pham, "Cluster-based Access Control Mechanism for Cellular D2D Communication Networks with Dense Device Deployment", (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Bản. 12, Số. 2, 2021.

[8] Ewaldo Zihan et al., "Distributed Random Access Scheme for Collision Avoidance in Cellular Device-to-Device Communication, IEEE Transactions on Wireless Communications, Bản 14, Số: 7, trang: 3571 – 3585, 2015.

[9] Mei-Ju Shih et al., "A Distributed Multi-Channel Feedbackless MAC Protocol for D2D Broadcast Communications", IEEE Wireless Communications Letters, Bản 4, Số 1, trang 102 – 105, 2015.

[10] Zhuo Wang et al., "Delay and collision optimization for clustered machine type communications in random access procedures", 6th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC), trang: 318 – 321, 2016.

[11] Shuhao Yang, Lichun Wang, Jane Hwa Huang, Ang-Hsun Tsai, "Network-assisted Device-decided Channel Selection and Power Control for Multi-pair Device-to-Device (D2D) Communications in Heterogeneous Networks", 2014 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC).



[12] S. Cicalò, V. Tralli, "QoS-Aware Admission Control and Resource Allocation for D2D Communications Underlying Cellular Networks", IEEE Trans. on Wireless Communications, Bản. 17, Số 8, trang 5256-5269, 2018.

[13] D. Feng, L. Lu, Y. Yuan-Wu, G. Y. Li, S. Li, G. Feng, "Device-to-device communications in cellular networks", IEEE Communications Magazine, Bản 52, Số 4, trang 49-55, 2014.

[14] S. Lv, C. Xing, Z. Zhang, K. Long, "Guard Zone Based Interference Management for D2D-Aided Underlying Cellular Networks", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Bản 66, Số 6, trang 5466-5471, 2017.

[15] Y. Yuan, T. Yang, H. Feng, B. Hu, "An Iterative Matching-Stackelberg Game Model for Channel-Power Allocation in D2D Underlaid Cellular Networks", IEEE Trans. on Wireless Communications, Bản 17, Số 11, trang 7456-7471, 2018.

[16] M. Wang, H. Gao, X. Su, T. L.V., "Joint channel allocation, mode selection and power control in D2D-enabled femtocells,"

in IEEE Military Communications Conference (MILCOM), trang 454-459, 2016.

DISTRIBUTED ACCESS CONTROL FOR HETEROGENEOUS CELLULAR D2D COMMUNICATIONS NETWORKS

Abstract: Device-to Device communications known as D2D communications is the communications between two devices which was introduced to mobile cellular networks to enhance network performance and communication availability between mobile devices. To enhance the spectrum efficiency, the same frequency spectrum can be used for traditional cellular communications and D2D communication. In this case, frequency collisions occur when cellular and D2D communications use the same channels. The collisions cause interference between D2D users and cellular users which degrades the system performance and QoS of ongoing connections. Therefore, access control including channel allocation and power assignment aims at reducing the collision and enhancing system performance. In this paper, we present a distributed access control mechanism for heterogeneous cellular D2D communications networks. In the proposed mechanism, base stations provide access control to cellular communications requests whereas devices autonomously select channels and decide transmission power for D2D communications. We developed a simulation program to evaluate the performance of the proposed distributed access control mechanism, the centralized access control mechanism NADD [11] and the centralized access control mechanism using round robin channel allocation. Simulation results have shown that the proposed mechanism can provide high system throughput than the round robin mechanism whereas the computing load of base stations are reduced comparing with those of centralized access control mechanisms.

Keywords: Collision control, access control, D2D communications

TIỂU SỬ CÁC TÁC GIẢ

Nguyễn Minh Hiền hiện đang là sinh viên năm cuối, ngành Truyền thông và Mạng máy tính, trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội. Lĩnh vực nghiên cứu về truyền thông D2D trong mạng di động.



Đỗ Thành Đạt hiện đang làm việc tại Tập đoàn Viettel. Lĩnh vực nghiên cứu bao gồm truyền thông di động, xử lý video cho các ứng dụng đa phương tiện.

Nguyễn Nam Hoàng tốt nghiệp Tiến sĩ chuyên ngành mạng và truyền thông tại Đại học Công nghệ Vienna, Cộng hòa Áo. Hiện đang công tác tại Khoa Điện tử Viễn thông, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội. Lĩnh vực nghiên cứu bao gồm mạng truyền thông di động thế hệ mới và mạng truyền thông ánh sáng nhìn thấy.



Phạm Minh Triển tốt nghiệp Đại học và Thạc sĩ tại Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội ngành Điện tử Viễn thông năm 1999 và năm 2003, và Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Điện tại Đại học Quốc gia Chungbuk, Hàn Quốc. Hiện đang công tác tại Khoa Điện tử Viễn thông, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.