

ĐIỀU KHIỂN TRUY NHẬP ƯU TIÊN TRONG MẠNG TRUYỀN THÔNG DI ĐỘNG D2D

Đỗ Thành Đạt, Nguyễn Minh Hiền, 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, gọi là truyền thông D2D, được đề xuất cho mạng di động để nâng cao hiệu năng mạng và tăng khả năng kết nối của các thiết bị di động. Khi phổ tần số được dùng chung cho truyền thông di động thông thường và truyền thông D2D, sự xung đột xảy ra khi các kết nối di động và kết nối D2D sử dụng chung kênh (tần số). Sự xung đột này gây ra nhiễu giữa kết nối của người dùng D2D và kết nối của người dùng di động, làm suy giảm hiệu năng của hệ thống và chất lượng dịch vụ của các kết nối. Do vậy, điều khiển truy nhập đối với các kết nối truyền thông D2D và các kết nối di động là vấn đề cần nghiên cứu với mục tiêu giảm thiểu xung đột và nâng cao hiệu năng hệ thống. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày mô hình điều khiển truy nhập tập trung và giới thiệu một mô hình toán học có thể áp dụng để phân tích giới hạn của hiệu năng hệ thống bao gồm độ trễ xử lý yêu cầu kết nối và số yêu cầu kết nối đang chờ xử lý. Chúng tôi đề xuất một thuật toán điều khiển truy nhập tập trung nhiều mức ưu tiên theo loại kết nối và có xét tới ngưỡng hàng đợi. Chúng tôi sử dụng mô phỏng máy tính để đánh giá hiệu năng của thuật toán đề xuất so với thuật toán điều khiển truy nhập ưu tiên khác đã được đề xuất trong [6] và thuật toán điều khiển truy nhập tuần tự (Round Robin). Kết quả mô phỏng cho thấy được những ưu điểm của thuật toán đề xuất so với hai thuật toán nêu trên trong mạng truyền thông di động D2D có nhiều loại kết nối.

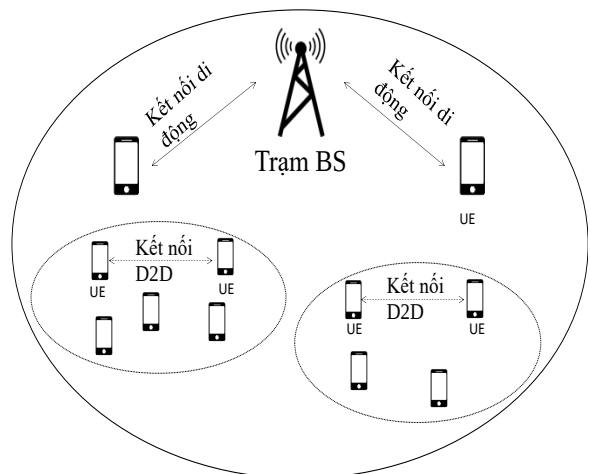
Từ khóa: Điều khiển xung đột, điều khiển truy nhập, truyền thông D2D.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nhu cầu ngày càng tăng về tốc độ và dung lượng dữ liệu đòi hỏi phải có những công nghệ tiên tiến cho các mạng di động thế hệ mới. Mạng di động thế hệ thứ năm (mạng 5G) được xem là nơi hội tụ của các công nghệ mới như truyền thông mmWave và Massive MIMO [1]. Tương

tự như các mạng di động thế hệ trước, mạng 5G vận hành dựa vào kiến trúc trung tâm trong đó các trạm phát cơ sở đóng vai trò trung gian kết nối giữa các thiết bị di động. Kể từ mạng di động thế hệ thứ tư (mạng 4G) tới mạng 5G ngày nay, truyền thông trực tiếp giữa các thiết bị (truyền thông D2D) được xem như là một mô hình kết nối để mang lại các lợi ích cho người sử dụng, mở rộng vùng phủ và nâng cao hiệu năng mạng di động [2]. Truyền thông D2D hiện đang được nghiên cứu chuẩn hóa bởi tổ chức di động 3GPP cho mạng 5G.

Truyền thông D2D trong mạng di động, như được mô tả trong Hình 1, là việc truyền thông tin trực tiếp giữa hai thiết bị di động mà không cần đi qua trạm cơ sở (BS) hoặc mạng lõi. Các thiết bị ở trong phạm vi phủ sóng của nhau có thể phát hiện, trao đổi và truyền dữ liệu trực tiếp với nhau qua đường kết nối vô tuyến [3]. Truyền thông D2D mang lại nhiều lợi ích chẳng hạn như độ trễ thấp, góp phần giảm tải cho trạm phát cơ sở [4].



Hình 1. Một ví dụ của truyền thông D2D [2]

Tuy nhiên, truyền thông D2D cũng đang phải đối mặt với các thách thức về sử dụng phổ tần số, xung đột tần số, quản lý nhiễu, phân bổ tài nguyên v.v... [5]. Trong đó 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. Việc quản lý này có thể được thực hiện theo mô hình quản lý tập trung [6]

Tác giả liên hệ: Nguyễn Nam Hoàng

Email: hoangnn@vnu.edu.vn

Đến tòa soạn: 02/2020, chỉnh sửa: 04/2020, chấp nhận đăng: 04/2020

hoặc mô hình quản lý ngẫu nhiên [7-10] tùy thuộc theo thiết kế của hệ thống truyền thông D2D. Quản lý tập trung là phương thức phù hợp cho mạng truyền thông di động D2D có sử dụng trạm phát gốc và có quy mô số thiết bị hữu hạn [11]. Trong phạm vi bài báo này, chúng tôi trình bày nghiên cứu về việc quản lý tập trung để giải quyết các vấn đề về xung đột tần số, quản lý nhiễu và đảm bảo chất lượng dịch vụ.

Bài báo bao gồm các nội dung như sau. Phần 2 trình bày mô hình hoạt động của truyền thông D2D và phương pháp quản lý tập trung nhiều mức ưu tiên. Mô hình toán học phân tích hiệu năng hệ thống về giới hạn độ trễ và giới hạn số yêu cầu kết nối chờ xử lý cũng được trình bày trong phần này. Các thuật toán điều khiển truy nhập tập trung được trình bày trong phần 3 và các kết quả đánh giá hiệu năng được trình bày trong phần 4. Các kết luận và hướng nghiên cứu tiếp theo sẽ được trình bày trong phần cuối cùng.

2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

2.1. Hoạt động của hệ thống

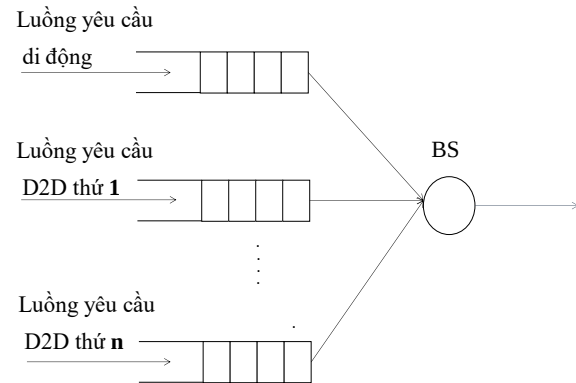
Hệ thống truyền thông di động D2D bao gồm một trạm phát gốc (trạm BS), các người dùng di động và các người dùng D2D. Giả thiết người dùng di động và người dùng D2D sử dụng cùng phổ tần số vô tuyến dành cho truyền dữ liệu qua kết nối di động đường lên và kết nối D2D. Trạm BS được sử dụng để thực hiện kết nối di động đường lên của người dùng di động và quản lý các yêu cầu kết nối của truyền thông D2D. Khi nhận được một yêu cầu kết nối từ một người dùng di động, trạm cơ sở thiết lập một đường lên trực tiếp từ người dùng đến trạm. Khi một người dùng D2D (bên gửi D2D) có dữ liệu cần truyền tới một người dùng D2D khác (bên nhận D2D), bên gửi D2D gửi yêu cầu kết nối D2D tới trạm BS. Trạm BS sẽ thực hiện thủ tục quản lý truy nhập. Nếu như yêu cầu kết nối này được chấp nhận, trạm BS sẽ thiết lập kết nối giữa bên gửi và bên nhận D2D.

Giả thiết rằng khi trạm BS thiết lập kết nối di động hay kết nối D2D, trạm BS sẽ cấp cho mỗi kết nối một số lượng tài nguyên vô tuyến (tần số) trong phổ tần sử dụng chung. Khi phổ tần này được phân bổ hết, trạm BS sẽ dừng việc cấp phép truy nhập và các yêu cầu kết nối sẽ được lưu trong hàng đợi để chờ tới khi có tần số khả dụng. Do kích thước hàng đợi ở trạm BS là hữu hạn, nên khi hàng đợi ở trạm BS đạt đến giới hạn mà vẫn có yêu cầu kết nối gửi lên để xử lý thì yêu cầu đó sẽ bị loại bỏ.

2.2. Mô hình hóa điều khiển truy nhập tập trung nhiều mức ưu tiên

Hình 2 minh họa mô hình điều khiển truy nhập tập trung nhiều mức ưu tiên được đề xuất bởi Huang và các cộng sự trong [6]. Mô hình gồm $n+1$ hàng đợi. Hàng đợi có độ ưu tiên cao nhất dành cho các yêu cầu kết nối di

động. Những hàng đợi còn lại dành cho các yêu cầu kết nối D2D có các mức ưu tiên được sắp xếp từ cao xuống thấp với hàng đợi đầu có mức ưu tiên cao nhất. Khi một yêu cầu kết nối di động được gửi tới trạm BS, nếu trạm BS đang rỗi, yêu cầu kết nối di động này sẽ được xử lý ngay. Nếu trạm BS đang bận hoặc không có tài nguyên vô tuyến khả dụng hoặc trong hàng đợi di động có yêu cầu khác đang chờ, yêu cầu kết nối di động này được đưa vào hàng đợi.



Hình 2. Mô hình điều khiển truy nhập nhiều mức ưu tiên cho mạng truyền thông di động D2D

Mô hình này có tính tổng quát và việc thiết lập các mức ưu tiên có thể dựa trên các thông số hay yêu cầu kỹ thuật của kết nối D2D. Chẳng hạn như ưu tiên có thể thiết lập theo mức năng lượng cần sử dụng, theo chất lượng dịch vụ (QoS) về độ trễ hay thông lượng v.v... Trong mô hình này, trạm BS xử lý yêu cầu kết nối di động với mức ưu tiên cao nhất trước khi xem xét các mức ưu tiên khác. Việc tái sử dụng tài nguyên tần số không được thực hiện nên xung đột tần số giữa các kết nối được loại bỏ và không có nhiễu giữa các kết nối.

2.3. Phân tích giới hạn hiệu năng hệ thống

2.3.1 Một số định nghĩa và ký hiệu

Mô hình toán học điều khiển truy nhập nhiều mức ưu tiên sử dụng các định nghĩa trong Bảng 1 sau đây.

Bảng 1: Các ký hiệu được sử dụng

Ký hiệu	Định nghĩa tiếng Việt
f_C	Luồng yêu cầu di động
f_{D_i}	Luồng yêu cầu D2D có mức ưu tiên i
$\alpha_C(t)$	Biểu đồ đến của luồng kết nối di động
$\alpha_{D_i}(t)$	Biểu đồ đến của luồng kết nối D2D thứ i
$\beta(t)$	Biểu đồ phục vụ của hệ thống
$\beta_C(t)$	Biểu đồ phục vụ luồng yêu cầu di động
$\beta_{D_i}(t)$	Biểu đồ phục vụ luồng yêu cầu D2D thứ i
$A_i(t)$	Biểu đồ phục vụ của những luồng yêu cầu D2D có mức ưu tiên cao hơn i

$L_{\max}^{D_i}$	Độ dài yêu cầu lớn nhất của luồng D2D thứ i
$L'_{\max}$	Độ dài yêu cầu lớn nhất của luồng D2D có mức ưu tiên thấp hơn i
$R_C(t), R'_C(t)$	Hàm tích lũy đầu vào và đầu ra của một luồng yêu cầu di động
$R_{D_i}(t), R'_{D_i}(t)$	Hàm tích lũy đầu vào và đầu ra của luồng yêu cầu D2D thứ i
S_C	Thời gian bắt đầu của các yêu cầu di động phải chờ trong hàng đợi
S_{D_i}	Thời gian bắt đầu của các yêu cầu D2D thứ i phải chờ trong hàng đợi
$P_C(t), Q_C(t)$	Giới hạn độ trễ và giới hạn số lượng yêu cầu di động phải chờ trong hàng đợi
$P_{D_i}(t), Q_{D_i}(t)$	Giới hạn độ trễ và giới hạn số lượng yêu cầu D2D thứ i phải chờ trong hàng đợi

Việc tính toán giới hạn độ trễ điều khiển truy nhập và số lượng yêu cầu D2D chưa xử lý ở hàng đợi được tóm tắt như sau:

Xem xét F là dãy tăng dải rộng (không tập trung) nếu dãy F thỏa mãn các điều kiện:

$$F = \{f(t) | f(t) = 0, \forall t < 0; f(0) \geq 0; f(s) \leq f(t), \forall s \leq t, s, t \in [0, +\infty)\} \quad (1)$$

Xét f và g là hai hàm hoặc dãy của F . Tích chập min-plus của f và g là:

$$(f \otimes g)(t) = \inf_{0 \leq u \leq t} [f(u) + g(t-u)] \quad (2)$$

nếu $t < 0, f \otimes g = 0$.

Giả thiết các kết nối di động hay kết nối D2D đến theo mô hình thùng rò (các kết nối đến dưới dạng cụm), biểu đồ quá trình đến của một luồng kết nối di động hoặc kết nối D2D được xác định:

$$\alpha(t) = rt + b \text{ với } t > 0 \quad (3)$$

$$\alpha(t) = 0 \text{ với } t \leq 0$$

Với r là tốc độ trung bình của yêu cầu đến; b là dung sai lớn nhất giữa tốc độ đến và tốc độ đến trung bình.

Xét một hệ thống S và một luồng qua S với hàm tích lũy đầu vào và đầu ra là R và R^* . S cung cấp cho luồng này một biểu đồ phục vụ β khi và chỉ khi β là hàm tăng dải rộng, $\beta(0) = 0$ và $R^* \geq R \otimes \beta$.

Biểu đồ phục vụ do hệ thống phục vụ cho một luồng sẽ cho biết giới hạn hiệu năng phục vụ mà hệ thống có thể đảm bảo cho luồng đó. Giả sử một luồng bị hạn chế bởi biểu đồ đến α và hệ thống có biểu đồ phục vụ cho luồng đó là β , có thể rút ra các định nghĩa sau:

i) Giới hạn trễ của yêu cầu:

Giới hạn trễ $P(t)$ của yêu cầu được biểu diễn là

$$P(t) \leq h(\alpha, \beta) \quad (4)$$

$$h(\alpha, \beta) = \sup_{t \geq 0} \{\inf\{d \geq 0: \alpha(t) \leq \beta(t + d)\}\}$$

ii) Giới hạn của số yêu cầu chưa xử lý (backlog)

Giới hạn của số yêu cầu chưa xử lý (đang chờ phục vụ) $Q(t)$ được biểu diễn là

$$Q(t) = R(t) - R * (t) \leq \sup_{s \geq 0} \{\alpha(s) - \beta(s)\} \quad (5)$$

2.3.2. Đánh giá Biểu đồ phục vụ

Gọi f_C là luồng yêu cầu di động, f_{D_i} với $1 \leq i \leq n$ là luồng yêu cầu D2D thứ i , f_{D_j} có mức ưu tiên cao hơn

f_{D_i} nếu $1 \leq j \leq i \leq n$. Giả sử f_{D_i} bị hạn chế bởi biểu

đồ đến $\alpha_{D_i}(t) = r_{D_i}t + b_{D_i}, 1 \leq i \leq n$, f_C bị hạn chế

bởi biểu đồ đến $\alpha_C(t) = r_Ct + b_C$, biểu đồ phục vụ của hệ thống là $\beta(t) = R \cdot [t - 0]^+$, với R được giả sử là

tốc độ phục vụ nhỏ nhất trong trường hợp hệ thống có hiệu năng thấp nhất. Xét $A_i(t) = \sum_{i > j} \alpha_{D_j}(t)$ là tổng

của các biểu đồ đến có mức ưu tiên luồng cao hơn i ,

$L'_{\max} = \max_{i < j} \{L_{\max}^{D_j}\}$ biểu diễn chiều dài yêu cầu của luồng D2D có mức ưu tiên thấp hơn i .

i) Biểu đồ phục vụ của f_{D_i}

$$\begin{aligned} \beta_{D_i}(t) &= \beta(t) - A_i(t) - L'_{\max} - \alpha_C(t) \\ &= \beta(t) - \sum_{i > j} \alpha_{D_j}(t) - L'_{\max} - \alpha_C(t) \\ &= R \cdot t - \sum_{i > j} (r_{D_j}t + b_{D_j}) - L'_{\max} - (r_Ct + b_C) \\ &= (R - \sum_{i > j} r_{D_j} - r_C)[t - \frac{\sum_{i > j} b_{D_j} + L'_{\max} + b_C}{R - \sum_{i > j} r_{D_j} - r_C}] \quad (6) \end{aligned}$$

ii) Biểu đồ phục vụ của $f_C(t)$

$$\beta_C(t) = \beta(t) = R \cdot [t - 0]^+ \quad (7)$$

2.3.3. Tính toán giới hạn hiệu năng

Do phần chứng minh các biểu thức toán học có thể tìm thấy trong [6], sau đây là tóm tắt các biểu thức toán học tính toán giới hạn hiệu năng.

Để xác định giới hạn trễ và giới hạn số yêu cầu chưa xử lý, giả sử tốc độ yêu cầu đến và tốc độ phục vụ thỏa mãn ràng buộc sau:

$$\sum_{i=1}^n r_{D_i} + r_C \leq R \quad (8)$$

i) Giới hạn trễ của luồng yêu cầu D2D thứ i

$$P_{D_i}(t) = \frac{b_{D_i}}{R - \sum_{i>j} r_{D_j} - r_C} + \frac{\sum_{i>j} b_{D_j} + L'_{\max} + b_C}{R - \sum_{i>j} r_{D_j} - r_C} \quad (9)$$

ii) **Giới hạn trễ của luồng yêu cầu di động**

$$P_C(t) = \frac{b_C}{R} \quad (10)$$

Giới hạn trễ của yêu cầu D2D của luồng i phụ thuộc vào tham số của luồng có mức ưu tiên cao, trong khi đó giới hạn trễ của yêu cầu di động chỉ phụ thuộc vào R và b_C .

iii) **Giới hạn của số yêu cầu chưa xử lý (backlog) của luồng yêu cầu D2D thứ i**

$$Q_{D_i}(t) = b_{D_i} + r_{D_i} \cdot \left(\frac{\sum_{i>j} b_{D_j} + L'_{\max} + b_C}{R - \sum_{i>j} r_{D_j} - r_C} \right) \quad (11)$$

iv) **Giới hạn của số yêu cầu chưa xử lý của luồng yêu cầu di động**

$$Q_C(t) = b_C \quad (12)$$

Giới hạn của số yêu cầu chưa xử lý của luồng yêu cầu D2D thứ i bị ảnh hưởng bởi tốc độ đến của nó và của luồng có mức ưu tiên cao hơn. Giới hạn của số yêu cầu chưa xử lý của luồng yêu cầu di động bị ảnh hưởng bởi giá trị b_C .

3. CÁC THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN TRUY NHẬP TẬP TRUNG

Trong phần này, chúng tôi trình bày ba thuật toán điều khiển truy nhập tập trung, bao gồm:

- Thuật toán điều khiển truy nhập theo mức ưu tiên đối với các loại kết nối và có xét ngưỡng hàng đợi là thuật toán do chúng tôi đề xuất.
- Thuật toán điều khiển truy nhập theo mức ưu tiên đối với các loại kết nối được trình bày trong [6].
- Thuật toán điều khiển truy nhập tuần tự (round-robin - RR)

Thuật toán điều khiển truy nhập theo mức ưu tiên và xét ngưỡng hàng đợi hoạt động như sau: Các yêu cầu kết nối theo độ ưu tiên theo thứ tự giảm dần từ cao đến thấp của kết nối di động (Cellular), kết nối D2D ưu tiên cao (High_D2D), trung bình (Medium_D2D) và thấp (Low_D2D). Thuật toán này xét cả đến ngưỡng hàng đợi trong kết nối D2D và số lượng kênh được cấp trong quá trình truyền tin của từng mức ưu tiên. Cụ thể, loại kết nối ưu tiên cao thì sẽ có ngưỡng hàng đợi nhỏ hơn so với mức ưu tiên thấp hơn. Khi số yêu cầu trong các hàng đợi đều chưa vượt ngưỡng, việc xử lý các yêu cầu được thực hiện theo mức ưu tiên. Nếu có một loại kết nối D2D có số yêu cầu kết nối đạt tới ngưỡng hàng đợi thì loại kết nối đó sẽ được ưu tiên xử lý trước. Nếu có hai kết nối D2D trở nên có số yêu cầu kết nối đạt tới

ngưỡng thì lúc này ta sẽ xem xét cả thêm về mức độ ưu tiên, kết nối nào có độ ưu tiên lớn hơn thì xử lý trước.

Thuật toán điều khiển truy nhập theo mức ưu tiên được trình bày trong [6] hoạt động như sau: Các yêu cầu kết nối theo độ ưu tiên với thứ tự giảm dần từ cao đến thấp của kết nối di động (Cellular), kết nối D2D ưu tiên cao (High_D2D), trung bình (Medium_D2D) và thấp (Low_D2D). Khi sử dụng thuật toán này, các yêu cầu D2D ưu tiên thấp sẽ có ưu tiên thấp nhất vì hệ thống sẽ luôn xử lý các yêu cầu D2D có mức độ ưu tiên cao hơn.

Thuật toán điều khiển truy nhập tuần tự round-robin (RR) hoạt động như sau: Các yêu cầu kết nối được xử lý tuần tự không xét đến độ ưu tiên của chúng. Áp dụng thuật toán này, các yêu cầu kết nối có được sự công bằng thời gian xử lý.

Phân tích toán học đã được trình bày trong phần 2 giúp cho việc có thể ước lượng được giới hạn của độ trễ xử lý yêu cầu và số lượng các yêu cầu chờ xử lý. Tuy nhiên, hạn chế của sử dụng phân tích toán học là hệ thống có nhiều giả thiết đơn giản hóa, không gần với hệ thống thực tế. Các tác giả của bài báo [6] cũng đã thực hiện mô phỏng mạng để nghiên cứu hiệu năng hệ thống. Tuy nhiên, mô phỏng mới chỉ thực hiện ở mức kết nối chứ chưa ở mức truyền gói tin nên chưa đánh giá được các thông số hiệu năng về thông lượng hệ thống.

4 – ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CỦA CÁC THUẬT TOÁN

Chúng tôi đã phát triển một công cụ mô phỏng sự kiện rời rạc, để thực hiện mô phỏng hoạt động của mạng truyền thông di động D2D và đánh giá hiệu năng của các thuật toán điều khiển truy nhập tập trung. Mô hình mô phỏng được thiết kế như sau. Hệ thống có 01 trạm gốc có bán kính phủ sóng 100m với nguồn tài nguyên vô tuyến là 100 kênh truyền. Hệ thống mô phỏng sự hoạt động của 1000 thiết bị đầu cuối trong khoảng thời gian 1000s. Khi một phiên truyền dữ liệu giữa thiết bị và trạm gốc hoặc giữa thiết bị với thiết bị được khởi tạo, thiết bị phát sẽ tạo ngẫu nhiên số gói tin cần truyền. Thiết bị phát sẽ gửi yêu cầu kết nối tới trạm gốc. Nếu trạm gốc còn kênh truyền khả dụng thì trạm gốc sẽ chấp nhận yêu cầu kết nối và cấp cho thiết bị một kênh truyền dữ liệu. Sau khi đã truyền hết các gói tin được tạo ra, thiết bị ngắt kết nối và kênh truyền được giải phóng để dành cho các yêu cầu kết nối khác.

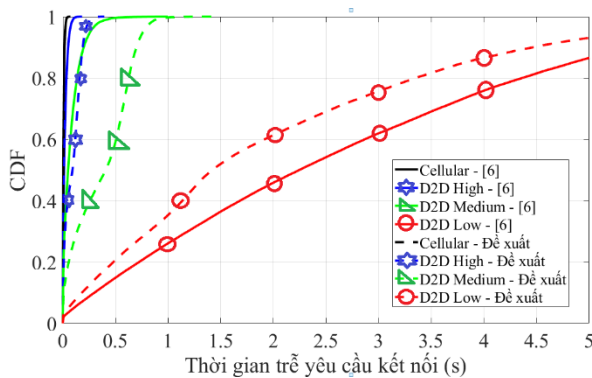
Trong kịch bản mô phỏng thứ nhất, chúng tôi so sánh thuật toán đề xuất với thuật toán của [6] với các thông số mô phỏng chính được trình bày trong Bảng 2.

Kết quả mô phỏng được thu thập và trình bày dưới dạng hàm mật độ xác suất theo thống kê (Empirical CDF). Chúng tôi đánh giá và so sánh hiệu năng của thuật toán đề xuất và thuật toán của [6] với các thông số hiệu năng sau cho từng loại kết nối.

- Thời gian trễ xử lý các yêu cầu kết nối: độ trễ từ thời điểm yêu cầu được khởi tạo cho đến khi được trạm BS xử lý.
- Số yêu cầu kết nối bị hủy trong quá trình khởi tạo do hàng đợi bị đầy.
- Thông lượng của hệ thống.

Bảng 2. Thông số mô phỏng kịch bản A

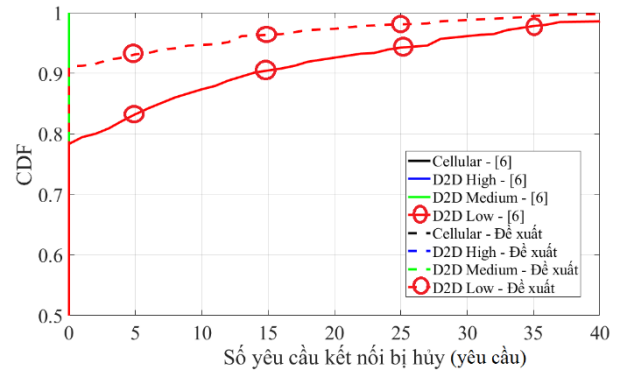
Thông số	Giá trị	Đơn vị
Số kênh cấp cho kết nối Cellular và High_D2D	2	kênh
Số kênh cấp cho kết nối Medium_D2D, Low_D2D	1	kênh
Tốc độ khởi tạo phiên làm việc cho kết nối Cellular, High_D2D, Medium_D2D và Low_D2D, tương ứng	70, 65, 70 và 40	yêu cầu/s
Số gói tin trung bình trong một phiên làm việc với kết nối Cellular, High_D2D, Medium_D2D và Low_D2D, tương ứng	10, 9, 7 và 5	gói tin/s
Tốc độ truyền của mỗi kênh	20	gói tin/s
Độ dài hàng đợi	200	yêu cầu
Ngưỡng hàng đợi của High_D2D, Medium_D2D và Low_D2D, tương ứng	10, 40 và 50	yêu cầu



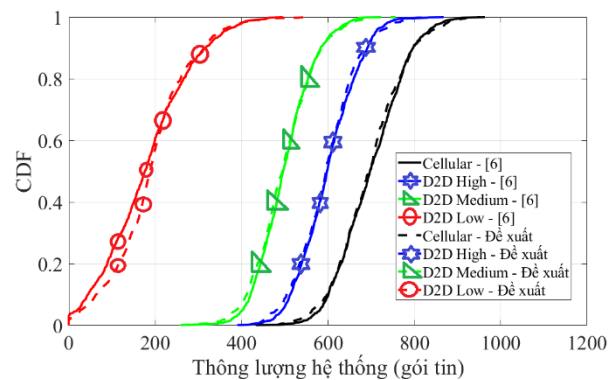
Hình 3: CDF của thời gian trễ xử lý yêu cầu kết nối của thuật toán Đề xuất và [6]

Hình 3 trình bày độ trễ xử lý các yêu cầu khi sử dụng thuật toán đề xuất và thuật toán của [6]. Có thể thấy rằng do thuật toán của [6] xử lý yêu cầu kết nối theo độ ưu tiên nên kết nối D2D có độ ưu tiên thấp được ưu tiên xử lý sau cùng. Do vậy độ trễ xử lý của chúng cao hơn so với các yêu cầu kết nối loại khác mặc dù tốc độ khởi tạo nhỏ hơn. Thuật toán đề xuất cũng xử lý yêu cầu kết nối dựa trên độ ưu tiên. Tuy nhiên do có thêm ngưỡng

hàng đợi ở các kết nối D2D nên các kết nối khi đạt tới ngưỡng sẽ được xử lý trước. Điều này làm giảm thời gian trễ của các kết nối có ưu tiên thấp nhưng thời gian trễ của kết nối mức ưu tiên trung bình bị tăng lên nhưng ở mức chấp nhận được, chẳng hạn như 90% số yêu cầu kết nối có mức ưu tiên trung bình có thời gian trễ xử lý dưới 0.7s.



Hình 4: CDF thống kê số yêu cầu kết nối bị hủy giữa thuật toán: Đề xuất và [6]



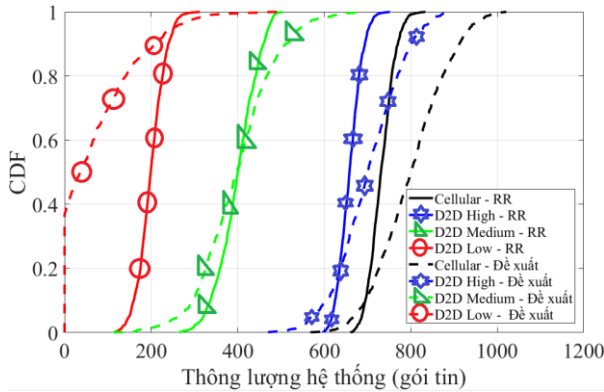
Hình 5 CDF thống kê của thông lượng hệ thống giữa thuật toán Đề xuất và [6]

Hình 4 biểu diễn số yêu cầu gửi lên BS bị hủy do hàng đợi bị đầy các xử lý yêu cầu ở BS. Do thuật toán của [6] chỉ xét theo mức độ ưu tiên nên các yêu cầu kết nối có mức ưu tiên thấp sẽ ít được xử lý. Điều này làm cho hàng đợi ở mức ưu tiên thấp bị đầy và làm tăng số yêu cầu kết nối bị hủy. Tuy nhiên, khi sử dụng thuật toán đề xuất kết hợp cả xét ngưỡng hàng đợi giúp các ưu tiên mức thấp khi đến ngưỡng thì các yêu cầu có thể được xử lý nên giúp giảm số lượng các yêu cầu bị hủy mà vẫn đảm bảo hiệu năng hệ thống.

Hình 5 trình bày CDF của thông lượng toàn hệ thống của từng loại kết nối khi sử dụng thuật toán đề xuất và của [6]. Thuật toán đề xuất đạt được hiệu năng về thông lượng hệ thống tương đương với thuật toán [6] cho các loại kết nối.

Để so sánh hiệu năng về thông lượng hệ thống của thuật toán đề xuất và thuật toán điều khiển truy nhập tuần tự, chúng tôi thực hiện kịch bản mô phỏng để kiểm chứng

việc điều khiển truy nhập theo mức ưu tiên và có xét ngưỡng hàng đợi sẽ hỗ trợ việc đảm bảo thông lượng hệ thống của các kết nối D2D cần có độ ưu tiên cao. Trong kịch bản này, tốc độ khởi tạo phiên kết nối của loại kết nối Cellular, High_D2D, Medium_D2D và Low_D2D tương ứng là 80, 75, 55 và 40 yêu cầu/s.



Hình 6: CDF của thông lượng hệ thống giữa thuật toán: Đề xuất và Tuần tự (RR)

Hình 6 trình bày hiệu năng của thông lượng tính trên toàn hệ thống của từng loại kết nối của các gói tin khi sử dụng thuật toán đề xuất và thuật toán tuần tự (RR). Kết quả mô phỏng cho thấy thuật toán đề xuất mang lại thông lượng hệ thống của kết nối di động (Cellular) và kết nối D2D ưu tiên cao (High_D2D) cao hơn thuật toán tuần tự. Chẳng hạn như khi xét số mẫu thông lượng hệ thống nhỏ hơn 700 gói/s, thuật toán tuần tự có 40% số mẫu trong khi thuật toán đề xuất có 20% số mẫu. Có nghĩa là số mẫu có giá trị trên 700 gói/s của thuật toán đề xuất là 80% còn của thuật toán tuần tự là 60%. Tương tự vậy, đối với kết nối D2D ưu tiên cao, khi xét số mẫu thông lượng hệ thống lớn hơn 650 gói/s, thuật toán đề xuất có 64% số mẫu trong khi thuật toán tuần tự có 48% số mẫu. Thông lượng hệ thống của kết nối D2D ưu tiên trung bình của hai thuật toán đạt được là tương đương nhau. Trong khi đó, thông lượng hệ thống của kết nối D2D ưu tiên thấp khi áp dụng thuật toán đề xuất sẽ nhỏ hơn của thuật toán tuần tự do thuật toán tuần tự phân bổ thời gian phục vụ đồng đều cho tất cả các loại kết nối.

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày nghiên cứu về mô hình điều khiển truy nhập tập trung nhiều mức ưu tiên cho mạng truyền thông di động D2D. Chúng tôi đã đề xuất thuật toán điều khiển truy nhập theo mức ưu tiên đối với các loại kết nối và có xét ngưỡng hàng đợi. Chúng tôi đã phát triển chương trình mô phỏng để đánh giá và so sánh hiệu năng của thuật toán đề xuất với thuật toán điều khiển truy nhập ưu tiên của [6] và thuật toán điều khiển truy nhập tuần tự. Kết quả mô phỏng cho thấy thuật toán đề xuất có khả năng hỗ trợ đảm bảo chất lượng dịch vụ của các loại kết nối và mang đến thông lượng hệ thống cao đối với các loại kết nối có mức ưu

tiên cao là kết nối di động và kết nối D2D ưu tiên cao. Trong tương lai, việc nghiên cứu về điều khiển truy nhập và phân bổ tài nguyên cho truyền thông D2D vẫn sẽ là chủ đề nghiên cứu có nhiều thách thức. Các hướng nghiên cứu hiện bao gồm cơ chế điều khiển truy nhập phân tán và tái sử dụng tài nguyên để nâng cao hiệu suất sử dụng phổ tần số.

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] T. E. Bogale and L. B. Le, "Massive MIMO and mmWave for 5G Wireless HetNet: Potential Benefits and Challenges", IEEE Vehicular Technology Magazine, Bản 11, Số 1, 2016, trang: 64-75.
- [2] J. Hong, S. Park, H. Kim, S. Choi and K. B. Lee, "Analysis of Device-to-Device Discovery and Link Setup in LTE Networks", 2013 IEEE 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC 2013), London, UK, trang: 555-560.
- [3] Y. SubbaRayudu, R. O. Reddy, P. Anjaiah, "A study on user mobility in device to device (D2D) networks through distributed catching", 2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI 2017).
- [4] E. Osman, "Impact of Power Allocation on Device-to-Device Discovery Processes", 16th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC), Estonia, 2018, trang 1-4.
- [5] F. Jameel, Z. Hamid, S. Zeadally and M. A. Javed, "A Survey of Device-to-Device Communications: Research Issues and Challenges", IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018, trang 2133-2168.
- [6] J. Huang, Y. Sun, Z. Xiong, Q. Duan, Y. Zhao, X. Cao and 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] Ewaldo Zihan et al., "Distributed Random Access Scheme for Collision Avoidance in Cellular Device-to-Device Communication, IEEE Transactions on Wireless Communications, 2015, Bản: 14, Số: 7, trang: 3571 – 3585.
- [8] Mei-Ju Shih et al., "A Distributed Multi-Channel Feedbackless MAC Protocol for D2D Broadcast Communications", IEEE Wireless Communications Letters, 2015, Bản: 4, Số: 1, trang: 102 – 105, 2015.
- [9] Zhuo Wang, "Delay and collision optimization for clustered machine type communications in random access procedures", 6th International Conference on Electronics Information and Emergency

Communication (ICEIEC), 2016, trang: 318 – 321.

[10] Bin Han, "Grouping-Based Random Access Collision Control for Massive Machine-Type Communication", 2017 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM2017), 2017, trang: 1 – 7.

[11] S. Maghsudi, "Hybrid Centralized-Distributed Resource Allocation for Device-to-Device Communication Underlying Cellular Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, Số: 4, trang: 2481-2495.

PRIORITY BASED ACCESS CONTROL FOR MOBILE CELLULAR D2D COMMUNICATIONS NETWORKS

DO Thanh-Dat, NGUYEN Minh-Hien,
NGUYEN Nam-Hoang, PHAM Minh-Trien

University of Engineering and Technology,
Vietnam National University Hanoi

Abstract: Device-to Device communications known as D2D communications was introduced to mobile cellular networks to enhance network performance and communication availability between mobile devices. When the traditional cellular communications and D2D communication use the same frequency spectrum, frequency collisions occur when they 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 for D2D and cellular connections is a crucial research issue aiming at reducing the collision and enhancing system performance. In this paper, we present a centralized access control model and introduce an analysis model which can be applied to analyze the system performance in terms of request processing delay and system backlog. We propose an access control algorithm which applies multi-level connection-based priorities queuing thresholds. We developed a simulation program to evaluate the performance of the proposed algorithm and compared with those of another priority-based algorithm given in [6] and the round robin algorithm. Simulation results have shown the advantages of the proposed algorithm in comparing with other algorithms in mobile cellular D2D communications networks.

Keywords: Collision control, access control, D2D communications

Tiểu sử các tác giả



Đỗ Thành Đạt hiện đang là sinh viên năm thứ tư, ngành Truyền thông và Mạng máy tính trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội. Lĩnh vực nghiên cứu bao gồm truyền thông D2D trong mạng di động.



Nguyễn Minh Hiền hiện đang là sinh viên năm thứ tư, 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.



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.