

NGHIÊN CỨU GIẢ LẬP THỦ TỤC RACH TRONG MẠNG 5G

Nguyễn Thị Thu Hiền

Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông

Tóm tắt: Theo báo cáo của GSA, tính đến giữa tháng 8/2021 trên thế giới đã có 461 nhà khai thác di động tại 137 quốc gia/vùng lãnh thổ đã đầu tư vào 5G. Ở Việt Nam, triển khai mạng 5G là một trong những hướng đi trọng tâm của việc nâng cao năng lực hạ tầng kỹ thuật số, phục vụ chuyển đổi số quốc gia, vì vậy cuối năm 2020, nhiều nhà mạng cũng đã thử nghiệm thành công mạng 5G. Với mục tiêu làm chủ công nghệ, Việt Nam kỳ vọng đến năm 2023 - 2025, mạng 5G sẽ được phổ biến với 100% thiết bị trong nước. Trong mục tiêu sản xuất thiết bị 5G, việc nghiên cứu và phân tích các tiêu chuẩn cùng các giao thức và thủ tục thực hiện giữa các thiết bị trong mạng có ý nghĩa quan trọng. Vì vậy, bài báo sẽ tập trung nghiên cứu và trình bày các kết quả giả lập thủ tục kênh truy nhập ngẫu nhiên (RACH), một trong những thủ tục quan trọng để thiết lập thành công kết nối giữa thiết bị người dùng di động (UE) và trạm gNodeB (gNB) của mạng 5G.

Từ khóa: mạng 5G, thủ tục kênh truy nhập ngẫu nhiên RACH, truy nhập ngẫu nhiên dựa trên tranh chấp CBRA, truy nhập ngẫu nhiên không tranh chấp CFRA, gNB.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

Cho đến nay, những lợi ích mang lại của thế hệ mạng di động thứ 5 (5G) đã trở nên rất rõ ràng. Ngoài việc cung cấp tốc độ truyền dữ liệu cao hơn nhiều so với các thế hệ mạng trước đó, 5G còn góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong nhiều lĩnh vực, mang lại nhiều tác động tích cực cho nền kinh tế toàn cầu và cuộc sống của người dân trên toàn thế giới [1]. Ở giai đoạn đầu triển khai, đa số các mạng 5G thương mại đều dựa trên kiến trúc không độc lập (5G NSA), là kiến trúc dựa trên nền tảng mạng 4G nhằm tận dụng cơ sở hạ tầng của mạng hiện có. Sau đó, các mạng 5G NSA này sẽ được chuyển dịch dần sang mạng 5G kiến trúc độc lập (5G SA) với hạ tầng mạng lõi hoàn toàn mới, dựa trên đám mây và ảo hóa mạng nhằm đảm bảo thời gian kết nối nhanh hơn (độ trễ thấp hơn), hỗ trợ số lượng lớn thiết bị được kết nối đồng thời. Việc ra đời các mạng 5G SA được kỳ vọng sẽ tạo điều kiện đơn giản hóa kiến trúc mạng, cải thiện bảo mật và giảm chi phí, đồng thời cho phép tùy chỉnh, mở ra các cơ hội cung cấp dịch vụ và tạo doanh thu mới cho doanh nghiệp.

Tại Việt Nam, các nhà mạng lớn đã được cấp phép và triển khai thử nghiệm thương mại 5G tại hai thành phố Hà Nội

và TP.HCM. Đồng thời, mục tiêu đến năm 2030 sẽ phủ sóng mạng di động 5G trên phạm vi toàn quốc. Để hoàn thành được mục tiêu này, các doanh nghiệp viễn thông không thể không xét đến việc chủ động sản xuất các thiết bị 5G. Do vậy, việc nắm bắt và hiểu rõ các tiêu chuẩn, giao thức, thủ tục truyền thông giữa các thiết bị trong mạng 5G là rất cần thiết.

Hơn nữa, với mục đích cung cấp nhiều dịch vụ khác nhau, mỗi dịch vụ lại có những ưu tiên và yêu cầu chất lượng khác nhau, chẳng hạn như: Dịch vụ băng thông rộng di động nâng cao (eMBB) và Dịch vụ quảng bá/đa phương tiện (BMS) yêu cầu hiệu suất phổ và thông lượng cao, dịch vụ xe cộ cho mọi thứ (V2X) cần tính di động cao và độ trễ thấp, còn dịch vụ giao tiếp kiểu máy (MTC) phải đảm bảo tuổi thọ pin dài [2, 3]... từ đó cho thấy có rất nhiều vấn đề đặt ra cho một giao diện vô tuyến 5G nói chung và thủ tục kênh truy nhập ngẫu nhiên (RACH) nói riêng. RACH là thủ tục cho phép đầu cuối gửi yêu cầu thiết lập kết nối đến mạng. Kết quả của thủ tục này là thiết lập đồng bộ đường lên và một nhận dạng đầu cuối duy nhất. Vì vậy, RACH có vai trò rất quan trọng trong mạng di động bởi điều kiện tiên quyết quan trọng nhất trong truyền thông là thiết lập đồng bộ hóa thời gian giữa thiết bị nhận và thiết bị phát.

Trước yêu cầu truyền thông độ trễ thấp – độ tin cậy rất cao (URLLC) của nhiều dịch vụ, những cải tiến về thủ tục RACH để có thể đáp ứng mục tiêu độ trễ dưới 10 ms với độ tin cậy 99,99% đang là những vấn đề nghiên cứu mở. Qua khảo sát các nghiên cứu về RACH, tác giả nhận thấy đã có một số nghiên cứu về cải tiến thủ tục RACH như [4] đề xuất thủ tục truy nhập ngẫu nhiên dựa trên tranh chấp (CBRA) từ bốn bước xuống còn hai bước, [5] đề xuất giải pháp RACH dựa trên phân bố Poisson thay vì phân bố đều, ... Tuy nhiên, cũng chưa có nghiên cứu nào đề cập đến việc giả lập quá trình thực hiện thủ tục RACH. Chính vì vậy, đề tài tạo tiền đề cho việc đề xuất cải tiến thủ tục RACH cùng việc chủ động sản xuất được thiết bị 5G, bài báo sẽ tập trung chủ yếu vào việc nghiên cứu và giả lập thành công thủ tục RACH dựa trên mô hình Client – Server, qua đó thực hiện khảo sát về thời gian hoàn thành thủ tục. Phần còn lại của bài báo sẽ được tổ chức như sau: Phần 2, thủ tục RACH trong mạng 5G sẽ được trình bày cụ thể; Giả lập về thủ tục RACH và các kết quả đạt được sẽ được trình bày trong phần 3; Cuối cùng là phần kết luận.

II. THỦ TỤC RACH TRONG MẠNG 5G

Thủ tục kênh truy cập ngẫu nhiên (RACH) có chức năng rất quan trọng trong hệ thống mạng di động. Mục đích chính của RACH là đạt được đồng bộ hóa kết nối đường lên giữa đầu cuối người dùng (UE) và trạm gNodeB (gNB) và nhận tài nguyên cho bản tin MSG3 để thiết lập kết nối điều khiển tài nguyên vô tuyến (RRC).

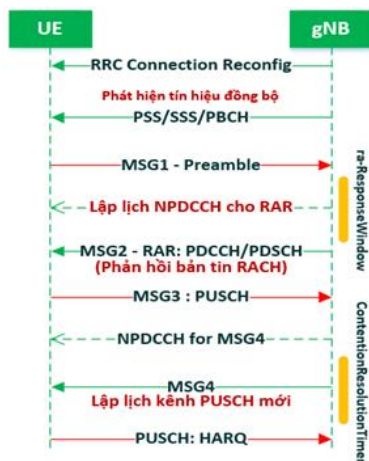
Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Thu Hiền,

Email: hiennt@ptit.edu.vn

Đến tòa soạn: 1/8/2021, chỉnh sửa: 1/9/2021, chấp nhận đăng: 4/9/2021.

Để UE kết nối được với mạng 5G, việc đồng bộ hóa ở đường xuống (DL: từ gNB xuống UE) và đường lên (UL: từ UE lên gNB) là rất cần thiết. Trong đó, đồng bộ hóa DL được thực hiện nhờ kênh đồng bộ hóa đặc biệt. Vì vậy, tín hiệu đồng bộ hóa DL được phát định kỳ cho tất cả các UE trong thời gian xác định. Đồng bộ hóa DL đạt được sau khi giải mã thành công khối tín hiệu đồng bộ (SSB). Để đồng bộ hóa UL và thiết lập kết nối RRC, UE cần phải thực hiện thủ tục RACH. Tuy nhiên, ở UL, nếu thực hiện giống như ở DL thì sẽ không hiệu quả, lãng phí năng lượng và gây nhiễu cho các UE khác. Do vậy, quá trình đồng bộ hóa UL chỉ nên diễn ra khi cần thiết.

Các kiểu thủ tục RACH cơ bản thường được xem xét là thủ tục RACH dựa trên tranh chấp (CBRA) và thủ tục RACH không tranh chấp (CFRA). Trong đó, thủ tục CBRA thường được sử dụng để thực hiện truy nhập ban đầu và thiết lập lại các kết nối bị hỏng, còn thủ tục CFRA được sử dụng trong các sự kiện liên quan đến chế độ kết nối. Trong thủ tục CBRA (hình 1), UE sẽ chọn ngẫu nhiên một giá trị phần mở đầu (Preamble) từ một nhóm các phần mở đầu được chia sẻ cho các UE. Khi tranh chấp xảy ra (các UE có cùng phần mở đầu), thì gNB sẽ sử dụng cơ chế giải quyết tranh chấp để xử lý vấn đề truy nhập này. Ở thủ tục này, kết quả là ngẫu nhiên và không phải tất cả các thủ tục RACH đều thành công.

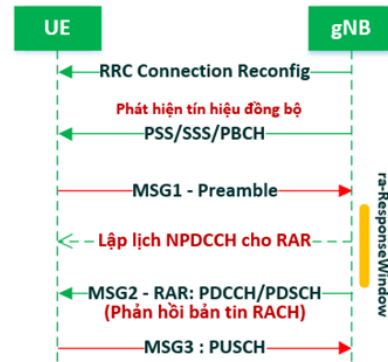


Hình 1. Luồng bản tin trao đổi của thủ tục CBRA.

Vì hoạt động của CBRA diễn ra trong bốn bước, nên nó còn được gọi là thủ tục RACH bốn bước, cụ thể các bước này như sau:

- (1) Bước 1: UE truyền bản tin MSG1 cho gNB sau khi nhận nó được thông tin cấu hình RACH từ bản tin SIB1 hoặc RRC Reconfig. Bản tin này sẽ chứa các thông tin cấu hình tài nguyên ở miền tần số và thời gian;
- (2) Bước 2: gNB truyền phản hồi truy cập ngẫu nhiên (RAR) cho biết đã nhận phản mở đầu (trùng khớp *RA-RNTI*), cung cấp đồng bộ thời gian, tài nguyên đường lên và thông tin nhận dạng UE (39 bit đầu tiên của 5G-*S-TMSI* hoặc một giá trị ngẫu nhiên dài 39 bit). Thời gian nhận RAR sẽ diễn ra trong khoảng cửa sổ phản hồi truy nhập ngẫu nhiên đã được thiết lập;
- (3) Bước 3: UE gửi thông tin lập lịch đường lên qua PUSCH. Các bản tin báo hiệu do UE gửi có thể thay đổi theo các tình huống truy nhập ngẫu nhiên;
- (4) Bước 4: Giải quyết tranh chấp (MSG4), gNB hỗ trợ giải quyết tranh chấp bằng *C-RNTI* trên PDCCH hoặc

sử dụng nhận dạng phân giải tranh chấp của UE trên PDSCH. Việc giải quyết tranh chấp thành công nếu giá trị nhận dạng giống nhau. Giải quyết tranh chấp không thành công khi bộ đếm thời gian phân giải tranh chấp hết hạn, khi đó UE phải thực hiện lại truy nhập ngẫu nhiên nếu số lần thử truy nhập ngẫu nhiên vẫn còn.



Hình 2. Luồng bản tin trao đổi của thủ tục CFRA.

Với thủ tục CFRA (hình 2), phần mở đầu được chỉ định truyền bởi gNB và gọi là phần mở đầu truy cập ngẫu nhiên dành riêng. Phần mở đầu này được cấp cho UE thông qua bản tin RRC. Do đó, không có xung đột phần mở đầu. Khi tài nguyên dành riêng không đủ, gNB sẽ lệnh cho các UE chuyển sang kiểu thủ tục CBRA. Do quá trình thực hiện của CBRA chỉ diễn ra trong ba bước, nên nó còn được gọi là thủ tục RACH ba bước. Trong đó, bước 1: gNB cấp phát phần mở đầu cho truy cập ngẫu nhiên (MSG0) cho UE qua bản tin RRC hoặc DCI; bước 2: UE truyền phần mở đầu truy cập ngẫu nhiên (MSG1) đến cho gNB; và bước 3: gNB gửi phản hồi truy cập ngẫu nhiên (MSG2) cho UE.

III. GIẢ LẬP THỦ TỤC RACH TRONG MẠNG 5G

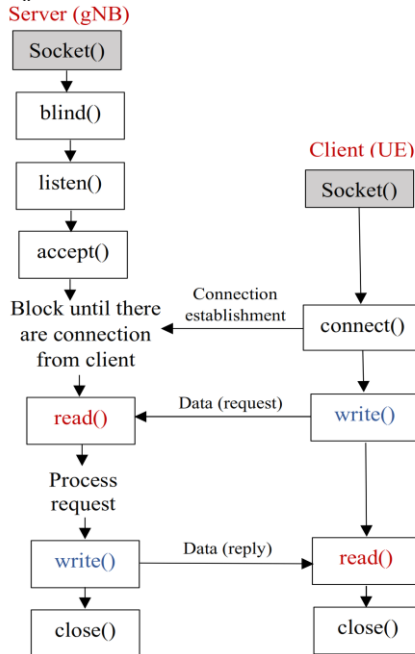
A. Kịch bản thực hiện

Trong phần này, tác giả thực hiện giả lập toàn bộ hoạt động của thủ tục RACH theo kiểu thủ tục CBRA diễn ra giữa gNB và 2 thiết bị người dùng đầu cuối (UE1, UE2) dựa trên khuyến nghị TS 138 211 - V15.2.0 [6] sử dụng mô hình giao tiếp Client – Server qua Socket (hình 3), trong đó gNB đóng vai trò là Server, lưu trữ tài nguyên và thực hiện các yêu cầu của Client, là các UE1, UE2. Do đó, nhiệm vụ của gNB là mã hoá MSG2/ MSG4 sau khi nhận được các thông tin cần thiết tương ứng từ MSG1/MSG3. Còn các UE sẽ thực hiện mã hoá MSG1/MSG3 và giải mã MSG2/MSG4. Chi tiết diễn giải mô hình như sau:

- Cả gNB và UE đều được thiết lập Socket thống nhất phương thức truyền bản tin, định dạng cho địa chỉ IP nhận bản tin.
- Phía gNB, khởi tạo hàm bind() để thiết lập chỉ định các địa chỉ IP, địa chỉ cổng cho phép các UE kết nối vào. Hàm listen() được sử dụng để cho phép gNB đợi các UE đến kết nối vào.
- Phía UE sử dụng hàm connect() để yêu cầu kết nối với gNB, cả hai sẽ tiến hành các thủ tục bắt tay để thiết lập kết nối.
- gNB đồng ý cho phép UE kết nối vào qua hàm accept().
- Sau khi gNB và UE được kết nối với nhau, các bản tin cần thiết của thủ tục RACH sẽ được trao đổi. Hàm

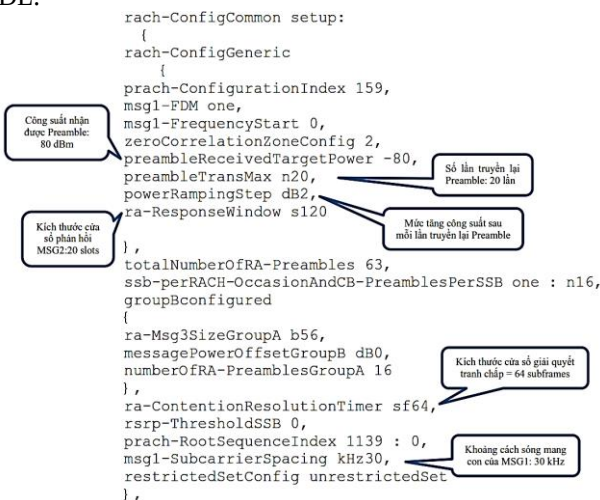
send() hoặc write() được sử dụng để gửi bản tin đi, còn hàm read() hoặc recv() được sử dụng để nhận các bản tin gửi đến.

- Kết nối giữa UE và gNB được giải phóng nhờ hàm close().

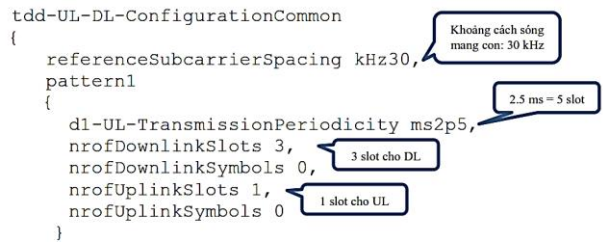


Hình 3. Mô hình giao tiếp qua Socket của Client-Server.

Ở trạng thái RRC_IDLE, cả hai UE thực hiện quá trình truy nhập ban đầu để chuyển sang trạng thái RRC_CONNECTED. Hai UE thực hiện tìm kiếm ô và nhận các thông tin từ gNB qua bản tin SIB1. Nội dung thông tin cấu hình RACH, thông tin cấu hình UL, DL trong miền thời gian và thông tin cấu hình định dạng khe lần lượt được thể hiện ở hình 4, 5, 6. Trong đó, cấu hình định dạng khe sẽ được UE sử dụng trong suốt quá trình truy cập ngẫu nhiên và tiếp tục sử dụng cho đến khi UE ngắt kết nối với gNB trong trường hợp thủ tục thành công. Việc cung cấp cho UE cấu hình định dạng khe được xem như lập lịch UL, DL.



Hình 4. Thông tin cấu hình RACH trong bản tin SIB1.



Hình 5. Thông tin cấu hình UL, DL trong bản tin SIB1.

SFN																			
Subframe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
slot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
slot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	D	D	D	F	U	D	D	D	F	U	D	D	D	F	U	D	D	D	F

Hình 6. Định dạng khe thời gian cấu hình từ SIB1.

B. Kết quả giả lập

B.1. Kết quả truyền PRACH Preamble của các UE

Các nội dung liên quan đến truyền PRACH Preamble của UE1 và UE2 được thể hiện ở hình 7 và hình 8. Qua đó nhận thấy sự tương đồng trong các tham số về thời gian truyền phần mở đầu cũng như các thông tin về phần mở đầu như Prach config, Preamble format, RA id,... Sự tương đồng này thể hiện cả hai UE này đã truyền cùng phần mở đầu và dẫn đến tình trạng xung đột trong thủ tục RACH.

Hình 7. UE1 gửi PRACH Preamble.

Hình 8. UE2 gửi PRACH Preamble.

Do UE lựa chọn ngẫu nhiên một phần mở đầu cho thủ tục RACH để thực hiện đồng bộ hóa UL. Phần mở đầu được tham chiếu đến một giá trị định danh. Giá trị này được xem như là RA id hay RAPID và sẽ được UE sử dụng để xác nhận việc truyền đúng bản tin MSG2.

Các tham số thể hiện trong bảng 1 như: $n_{SFN} \bmod 1 = 0$ cho biết UE có thể truyền PRACH ở mọi SFN, tham số Subframe number biểu thị khung con mà UE có thể truyền và tham số PRACH configuration Index = 159 thể hiện việc UE có thể truyền PRACH ở khung con thứ 9.

Bảng 1. Cấu hình PRACH Configuration Index [6].

PRACH Configuration Index	Preamble Format	$n_{SFN} \bmod x = y$		Subframe number	Starting symbol	Number of PRACH slots within a subframe	$N_{t}^{RA, slot}$ Number of time-domain PRACH occasions within a PRACH slot	N_{dur}^{RA} PRACH duration
		x	y					
159	B4	1	0	9	0	1	1	12

Khi đó, vị trí ký hiệu truyền RACH được tính toán như sau:

$$l = l_0 + n_t^{RA} N_{dur}^{RA} + 14 n_{slot}^{RA} = 14$$

trong đó: $l_0 = 0, n_t^{RA} = 0, N_{dur}^{RA} = 12, n_{slot}^{RA} = 1$

Đồng thời, vị trí truyền RACH trong miền thời gian và tính toán giá trị $RA-RNTI$ cũng được thể hiện ở hình 9, hình 10.

Subframe 9																									
Slot 0												Slot 1													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	
										0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
										0	1	2	3									0	1	1	1
										0	1	2	3	Độ dài của B1											

Hình 9. Vị trí truyền PRACH trong miền thời gian.

The diagram illustrates the proposed SFN-MFDM scheme. It shows two main parts: a subcarrier allocation for Slot 0 and Slot 1, and a subframe allocation for SFN.

Subcarrier Allocation:

Slot 0 and Slot 1 are shown as 2x10 grids of subcarriers. The subcarriers are indexed from 0 to 9 for each slot. The allocation is as follows:

Slot 0										Slot 1									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Subframe Allocation:

The SFN is shown as a 2x10 grid of subcarriers. The subcarriers are indexed from 0 to 9 for each subframe. The allocation is as follows:

Subframe 0		Subframe 1		Subframe 2		Subframe 3		Subframe 4		Subframe 5		Subframe 6		Subframe 7		Subframe 8		Subframe 9	
slot 0	slot 1	slot 2	slot 3	slot 4	slot 5	slot 6	slot 7	slot 8	slot 9	slot 10	slot 11	slot 12	slot 13	slot 14	slot 15	slot 16	slot 17	slot 18	slot 19
slot 0	slot 1	slot 2	slot 3	slot 4	slot 5	slot 6	slot 7	slot 8	slot 9	slot 10	slot 11	slot 12	slot 13	slot 14	slot 15	slot 16	slot 17	slot 18	slot 19

The diagram also shows the allocation of subcarriers to different users (RA, RNTI, f_id, f_id=0, Carrier) and the mapping of subcarriers to subframes.

Hình 10. Tính toán giá trị RA-RNTI.

B.2. Kết quả bản tin MSG2 gửi tới các UE

Hình 11, 12 thể hiện nội dung bản tin MSG2 mà các UE nhận được từ gNB. Khi nhận bản tin MSG2, UE thực hiện kiểm tra *RAPID* có khớp với *RA id* được gán cho UE hay không. Nếu khớp tham số *Result* sẽ nhận giá trị *RAPID_MATCH* biểu thị truyền đúng bản tin MSG2 tới UE; Còn không khớp, tham số *Result* sẽ có giá trị *RAPID_FAILD*, điều đó có nghĩa gNB đã truyền sai bản tin MSG2 và cần thực hiện lại thủ tục RACH.

Các kết quả ở hình 11, 12 cho thấy các UE đã nhận đúng bản tin MSG2. Do hai UE gửi cùng phần mở đầu nên cùng có T_{RNTI} và phân bổ tài nguyên cho MSG3 (cùng vị trí trong miền thời gian và miền tần số).

```

7099 SFN: 477 frame: 5 slot: 1
7100 SFN: 477 frame: 6 slot: 0
7101 gNB send 2
7102 -----
7103 |   | SFN |   |   | Max |   |   |   |
7104 |   |   | Sub |   | Backoff |   | TA |   |
7105 | # | Frame | Frame | Slot | Duration | T | RNTI | Value | Result |
7106 -----
7107 | 0 | 477 | 6 | 0 | 0 | 32577 | 0 | RAPID_MATCH |
7108 -----

```

Hình 11. Bản tin MSG2 gửi tới UE1.

```

5346 SFN: 477 frame: 5 slot: 1
5347 SFN: 477 frame: 6 slot: 0
5348 gNB send 2
5349 -----
5350 | | SFN | | Max | | | |
5351 | | | Sub | | Backoff | | TA | |
5352 | # | Frame | Frame | Slot | Duration | T RNTI | Value | Result |
5353 -----
5354 | 0 | 477 | 6 | 0 | 0 | 32577 | 0 | RAPID_MATCH |
5355

```

Hình 12. Bản tin MSG2 gửi tới UE2

B.3. Kết quả bản tin MSG3 gửi tới gNB

Hai UE thực hiện giải mã trường *UI Grant* để lấy các giá trị phân bổ tài nguyên trong miền tần số/thời gian phục vụ truyền MSG3. Các thông tin sau khi giải mã được thể hiện như hình 13. Các tham số “*Modulation Order Qm*” và “*Target code Rate R*” thể hiện mức điều chế cũng như tốc độ bit được sử dụng tại lớp vật lý. Hai tham số “*L_{RBs}*” và “*RB_start*” giúp UE xác định vị trí miền tần số gửi MSG3.

Hai tham số “ k_2 ” và “ δ ” giúp UE xác định vị trí miền thời gian để truyền MSG3.

```

7109
7110 Infor U1 Grant field
7111 -----
7112 | Freq Hopping Flag | MSG3 PUSCH | MSG3 PUSCH | MSC | TCP for | CSI |
7113 |                   | Freq Resource | Time Resource |      | MSG3 PUSCH | Request |
7114 -----
7115 |                   0 | 6325 | 14 | 3 | 4 | 0 |
7116
7117 Infor after UE decode MSG2:
7118 UL_Arfcn = 645504
7119 MSG3_SCS = 30 kHz
7120 RB_start = 0
7121 L_RBs = 24
7122 k2 = 4
7123 delta = 3
7124 Modulation Order Qm = 2
7125 Target code Rate R x [1024] = 449
7126 power_trans_msg3 = 2 dB

```

Hình 13. Thông tin nhận được sau giải mã UL Grant.

Do có cùng thông tin tài nguyên để gửi MSG3 dẫn đến các UE sẽ gửi bản tin MSG3 tại cùng vị trí miền thời gian và miền tần số được thể thiện tại các tham số *Frame*, *SubFrame* và *Slot*. Vì vậy, nội dung thông điệp quan trọng mà UE sẽ gửi lên gNB sẽ là định danh của UE. Thông điệp này sẽ góp phần giải quyết tranh chấp trong bản tin tiếp theo.

```

7134 SFN: 477 frame: 9 slot: 0
7135 SFN: 477 frame: 9 slot: 1
7136 UE send msg3
7137 information of Msg3
7138 rrcSetupRequest
7139 {
7140     →ue-Identity randomValue: '011001111000110011010010111001101010001'B
7141     →establishmentCause mo-Signalling,
7142 }
7143 -----
7144 | |System Time | | | | |
7145 | |Sub |HARQ | | | | |
7146 |# |Frame |Frame |Slot |Id |Mac PDU | |
7147 -----
7148 | 0 | 477 | 9 | 1 | 0 | D0 67 C6 69 73 51 3
7149 -----
7150 SFN: 478 frame: 0 slot: 0
7151 SFN: 478 frame: 0 slot: 1

```

Hình 14. Bản tin MSG3 được UE1 gửi tới qNB.

Nội dung bản tin MSG3 của các UE gửi tới gNB được thể hiện ở các hình 14, 15 cho thấy các giá trị miền thời gian là giống nhau. Sự khác nhau của 2 bản tin này nằm ở giá trị “*ue-Identity randomValue*”, giá trị này là định danh được gán cho UE.

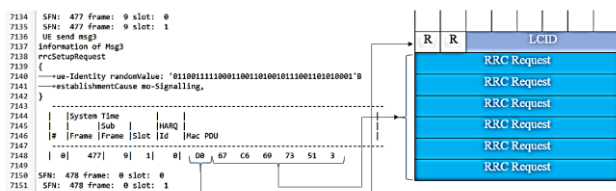
Hình 16 thể hiện các giá trị trong *MAC PDU* dạng HEX được tham chiếu đến cấu trúc *MAC PDU MSG3*. Chuỗi số “67 C6 69 73 51” biểu diễn giá trị cho tham số “*ue-Identity randomValue*”. Còn giá trị “3” biểu diễn cho tham số “*establishmentCause*”.

```

5381 SFN: 477 frame: 9 slot: 0
5382 SFN: 477 frame: 9 slot: 1
5383 UE send msg3
5384 information of Msg3
5385 rrcSetupRequest
5386 {
5387   ue-Identity randomValue: '0111001101100001011011100110100001110110'B
5388   establishmentCause mo-Signalling,
5389 }
5390 -----
5391 | | System Time | | | |
5392 | | Sub | | HARQ | | |
5393 | # | Frame | Frame | Slot | Id | Mac PDU |
5394 |-----|
5395 | 0 | 477 | 9 | 1 | 0 | D0 73 61 6E 68 76 3 |
5396 -----
5397 SFN: 478 frame: 0 slot: 0
5398 SFN: 478 frame: 0 slot: 1
5399 SFN: 478 frame: 1 slot: 0

```

Hình 15. Bản tin MSG3 được UE2 gửi tới qNB

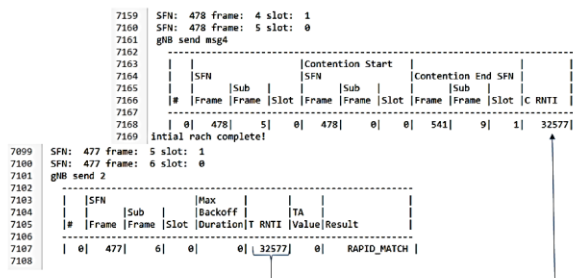


Hình 16. Tham chiếu cấu trúc MSG3

B.4. Kết quả giải quyết tranh chấp của gNB qua bản tin MSG4

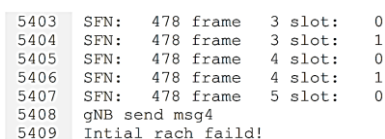
Khi cả hai UE gửi cùng một thông tin chính xác trên cùng một vị trí miền thời gian/tần số, gNB sẽ thực hiện giải mã cả hai bản tin này. Trong trường hợp này, gNB giải mã thành công thông tin của UE1 gửi đến và thực hiện mã hóa bản tin MSG4 dựa trên những thông tin giải mã được.

UE1 nhận bản tin MSG4, so sánh trùng khớp nhận dạng độ phân giải tranh chấp với *CCCH SDU* và thực hiện gán *TC RNTI* thành *C RNTI* (hình 17). Đối với UE2, do gNB giải mã không thành công dẫn đến nội dung trong nhận dạng độ phân giải tranh chấp không trùng khớp với *CCCH SDU*. Thủ tục RACH thực hiện bởi UE2 được xem là không thành công và phải gửi thực hiện lại (hình 18).

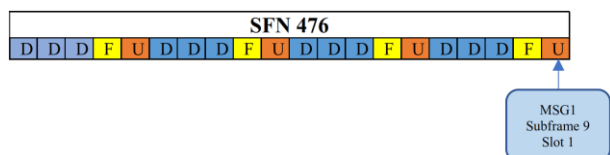


Hình 17. UE1 thành công thủ tục RACH

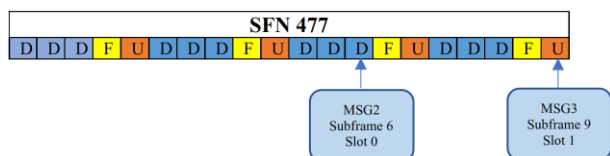
Các hình 19, 20, 21 thể hiện các bản tin giữa UE và gNB được gửi và nhận đúng với các vị trí truyền UL, DL như đã được cấu hình trước đó. Kết quả này cho thấy, UE đã được đồng bộ hóa UL như yêu cầu đặt ra.



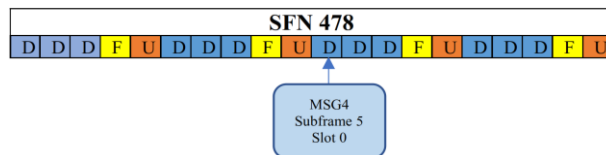
Hình 18. UE2 không thành công thủ tục RACH.



Hình 19. Vị trí gửi bản tin MSG1



Hình 20. Vị trí gửi bản tin MSG2, MSG3.



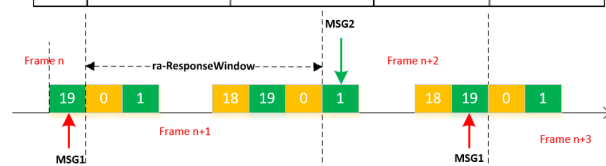
Hình 21. Vị trí gửi bản tin MSG4

C. Khảo sát thời gian hoàn thành thủ tục RACH

Tiến hành cho UE truy nhập nhiều lần đến gNB để khảo sát thời gian thực hiện thành công thủ tục RACH. Các kết quả ở bảng 2 cho thấy thời gian thực hiện thành công thủ tục tỉ lệ thuận với số lần lỗi bản tin MSG2. Số lần MSG2 bị lỗi làm tăng đáng kể thời gian hoàn thành thủ tục RACH. Theo thông tin cấu hình RACH trong bản tin SIB1, kích thước cửa sổ phản hồi bản tin MSG2 (*ra-ResponseWindow*) là 20 khe tương ứng với một khung là 10 ms. Nếu MSG2 nhận được ngoài cửa sổ phản hồi, UE sẽ truyền lại bản tin MSG1. Quá trình UE truyền lại MSG1 được mô tả ở hình 22.

Bảng 2. Liệt kê thời gian hoàn thành thủ tục RACH

Lần thứ	Thời điểm RACH Trigger	Thời điểm RACH Success	Số lần lỗi MSG2 (lần)	Thời gian thực hiện (ms)
1	10:35:29.605	10:35:29.681	4	76
2	10:45:37.353	10:45:37.390	2	37
3	10:46:07.825	10:46:07.879	3	54
4	10:50:27.673	10:50:27.709	2	36
5	11:02:52.218	11:02:52.276	3	58
6	11:09:42.427	11:09:42.465	2	38
7	11:10:04.160	11:10:04.215	3	55
8	11:11:26.593	11:11:26.664	4	71
9	11:11:41.918	11:11:41.974	3	56
10	11:18:37.695	11:18:37.813	6	118



Hình 22. Quá trình truyền lại MSG1.

Giả sử, UE gửi MSG1 tại khe 19 của khung n theo thông tin cấu hình RACH, thì UE sẽ bắt đầu chờ nhận bản tin phản hồi RAR tại khe 0 của khung $n + 1$ và kết thúc nhận bản tin tại khe 0 của khung $n + 1$. Nếu bản tin RAR không được gửi hoặc không nhận được trong cửa sổ phản hồi thì UE phải gửi lại bản tin MSG1 tại khe 19 của khung $n + 2$. Quá trình sẽ kết thúc khi bản tin RAR nhận được trong cửa sổ phản hồi hoặc số lần truyền lại vượt quá giá trị *PreambleTransMax*. Cứ mỗi lần truyền lại, thủ tục RACH sẽ bị trễ khoảng hai khung (20 ms) với khoảng cách sóng mang là 30 kHz. Tác giả thử điều chỉnh giảm kích thước cửa sổ phản hồi và giữ nguyên số lần truyền lại MSG1, kết quả là thời gian thực hiện thành công thủ tục giảm không đều, do xác suất MSG2 bị lỗi (nằm ngoài cửa sổ phản hồi) tăng, nên số lần truyền lại MSG1 cũng tăng, làm cho thời gian thực hiện thành công thủ tục không có sự cải thiện rõ rệt. Tương tự, khi tăng kích thước cửa sổ phản hồi thì xác suất MSG2 bị lỗi giảm, kéo theo số lần truyền lại MSG1 giảm, song thời gian thực hiện thành công thủ tục cũng giảm không đều. Chính vì vậy, việc lựa chọn kích thước cửa sổ và số lần truyền lại MSG1 cần được khảo sát kỹ lưỡng theo nhiều bộ tham số để đảm bảo được độ trễ cần thiết của thủ tục RACH đối với mỗi dịch vụ cung cấp hướng đến của mạng 5G.

Ngoài ra, tác giả cũng thực hiện khảo sát tham số *BI* (Backoff Indicator) với các giá trị 20ms, 10ms và 0ms. Bởi vì thời gian để UE thử lại thủ tục RACH bao gồm thời gian trễ gửi MSG2, thời gian chờ BI và thời gian chờ để gửi PRACH ($T_{msg2} + BI + T_{wait_msg1}$). Kết quả đạt được về thời gian trễ trung bình (T_{avg}) của thủ tục RACH được thể hiện ở bảng 3 cho thấy ảnh hưởng của BI đến trễ truy nhập thủ tục RACH. Tuy nhiên, sự ảnh hưởng này còn phụ thuộc vào khả năng truyền PRACH trong mỗi khung.

Bảng 3. Thời gian trễ trung bình của thủ tục RACH.

BI (ms)	Thời gian trễ thủ tục RACH (ms)										$T_{avg}(ms)$
	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Lần 6	Lần 7	Lần 8	Lần 9	Lần 10	
0	25,426	25,502	25,418	25,521	25,510	25,541	25,419	25,512	25,493	25,506	25,4848
10	35,447	35,546	35,520	35,491	35,473	35,413	35,467	35,587	35,329	35,447	35,472
20	45,420	45,363	45,897	45,441	45,393	45,479	45,439	45,910	45,344	45,483	45,5169

IV. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu và giả lập thành công thủ tục RACH qua kịch bản sử dụng một server làm gNB và hai client làm UE. Các quá trình trao đổi bản tin giữa UE và gNB của thủ tục RACH hoàn toàn diễn ra theo đúng khuyến nghị TS 138 211 - V15.2.0 [6]. Bài báo sẽ đặt nền tảng cho những đề xuất cải tiến thủ tục RACH và hướng mở cho việc nghiên cứu nhiều thủ tục trao đổi thông tin khác gi các thành phần khác nhau trong mạng. Tác giả hy vọng với những kết quả đạt được sẽ đóng góp thêm vào mục tiêu sản xuất thiết bị 5G của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://ictnews.vietnamnet.vn/vien-thong/mang-5g-duoc-trien-khai-nhanh-nhat-so-voi-cac-the-he-mang-di-dong-truoc-day-37370.html>.
- [2] Rapeepat Ratasuk, Athul Prasad, Zexian Li, Amitava Ghosh, and Mikko A. Uusitalo, "Recent Advancements in M2M Communications in 4G Networks and Evolution Towards 5G" *IEEE Intelligence in Next Generation Networks (ICIN)*, pp. 52-57, 2015.
- [3] Monowar Hasan, and Ekram Hossain, "Random Access for Machine- to-Machine Communication in LTE-Advanced Networks: Issues and Approaches" *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, June, pp. 86 – 93, 2013.
- [4] Tseng, Chih-Cheng, et al. "Design of Two-Step Random Access Procedure for URLLC Applications." *Wireless Personal Communications* (2021): 1-33.
- [5] Almagrabi, Alaa Omran, et al. "A Poisson Process-Based Random Access Channel for 5G and Beyond Networks." *Mathematics* 9.5 (2021): 508.
- [6] ETSI TS 138 211 v15.2.0, "5G NR Physical channels and modulation", July 2018.

STUDY ON EMULATION OF RACH PROCEDURE IN 5G NETWORK

Abstract: According to a report by GSA, by mid-August 2021 around the world, 461 mobile operators in 137 countries/regions have invested in 5G. In Vietnam, 5G network deployment is one of the important directions of improving digital infrastructure, serving the national digital transformation. By the end of 2020, many carriers have also successfully tested 5G networks. With the goal of mastering technology, Vietnam expects that by 2023 - 2025, the 5G network will popularize 100% of domestic

equipment. Therefore, it is extremely important to learn and understand the standards and protocols and procedures for exchanging information between devices in the network. Therefore, the article will focus on studying and presenting the simulation results of the random access channel procedure (RACH), one of the important procedures to successfully establish the connection between mobile user devices. (UE) and the gNodeB station of the 5G network.

Keywords: 5G network, random access channel procedure RACH, Contention Based Random Access CBRA, Contention Free Random Access CFRA, gNB.



Nguyễn Thị Thu Hiền, Tốt nghiệp Thạc sĩ Kỹ thuật Viễn thông năm 2010 tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Nhận học vị Tiến sỹ ngành Kỹ thuật Viễn thông năm 2020 tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Hiện là giảng viên khoa Viễn thông 1, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý tín hiệu, mô hình hoá hệ thống, thông tin vô tuyến, kỹ thuật mã hoá kênh, kiến trúc máy tính.