

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



**CHU HUY ĐƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT TRUY CẬP  
NGẪU NHIÊN CHO HỆ THỐNG mMTC**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông**

**Mã số: 8.52.02.08**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ**

**HÀ NỘI - 2022**

Luận văn được hoàn thành tại:

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

**Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS.Trịnh Anh Vũ**

**Phản biện 1: PGS.TS.Bạch Nhật Hồng**

**Phản biện 2: PGS.TS.Bùi Trung Hiếu**

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại  
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông  
Vào lúc: 10 giờ 00 ngày 02 tháng 7 năm 2022

***Có thể tìm hiểu luận văn tại:***

**- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông**

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Tiếp theo các thế hệ truyền thông di động từ 1G-4G, sự ra đời và phát triển của mạng truyền thông thế hệ thứ 5 (5G) đã mở ra một giai đoạn phát triển mới của xã hội trong đó kết nối vạn vật (Internet of Things) và cách mạng công nghiệp 4.0 là nền tảng [1]. Hệ thống 5G hiện nay đang được triển khai áp dụng và nghiên cứu phát triển theo 03 hướng: [8]

➤ Hướng thứ nhất: eMBB (enhanced Mobile Broadband): Ứng dụng cung cấp băng thông di động nâng cao với tốc độ truyền tải dữ liệu lớn. Ứng dụng này đã được triển khai thương mại hóa từ năm 2019, phục vụ kết nối giữa người với người (Human to Human, H2H). Tốc độ dữ liệu có thể đạt 1-2Gb/s.

➤ Hướng thứ hai: URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications): Ứng dụng truyền thông có độ trễ cực kỳ thấp và siêu tin cậy phục vụ kết nối máy với máy (Machine to Machine, M2M). Ứng dụng này hỗ trợ kết nối các thiết bị đầu cuối đặc biệt như kết nối đến các phương tiện bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle, UAV), đến Robot (người máy),... Độ trễ của URLLC có thể thấp tới 1 ms và yêu cầu tỷ lệ lỗi bit (BER) cỡ  $10^{-9}$ .

➤ Hướnɡ thứ ba: mMTC (massive Machine Type Communications): Ứng dụng này cũng thuộc loại M2M song mục đích hướng đến kết nối với một tập hợp lớn các máy móc tự động phân bố trên một diện tích hạn chế (ví dụ trong một nhà máy, phân xưởng). Kỹ thuật mMTC nhắm đến kết nối  $10^5$  thiết bị/km<sup>2</sup> với một tài nguyên hạn chế và đáp ứng yêu cầu kết nối ngẫu nhiên của các thiết bị.

Hai ứng dụng URLLC và mMTC là những pha phát triển tiếp sau của eMBB và hiện đang được nhiều nơi tập trung nghiên cứu. Trong khuôn khổ của luận văn này, học viên đã lựa chọn đề tài **“Nghiên cứu kỹ thuật truy cập ngẫu nhiên cho hệ thống mMTC”** làm luận văn tốt nghiệp nhằm mục đích hiểu được cơ chế hoạt động, ưu nhược điểm của giao thức truy cập ngẫu nhiên SUCRe và ABCPC, từ đó cùng nhóm nghiên cứu đề xuất giao thức mới đáp ứng nhu cầu truy cập ngẫu nhiên cho hệ thống mMTC.

## **2. Tổng quan vấn đề nghiên cứu**

Luận văn tập trung nghiên cứu các vấn đề về truy cập ngẫu nhiên, truy cập ngẫu nhiên ứng dụng trong LTE và truy cập ngẫu nhiên trong truyền thông 5G. Tiếp theo luận văn nghiên cứu về hai giao thức truy cập ngẫu nhiên được đề xuất trong truyền thông 5G gồm SUCRe và

ACBPC. Đây là 2 kết quả nghiên cứu dựa trên kỹ thuật Massive MIMO tạo ra kết quả vượt trội so với giao thức trong LTE.

### **3. Mục đích nghiên cứu**

Từ việc nghiên cứu hai giao thức SUCRe và ACBPC với những ưu, nhược điểm khác nhau luận văn đề xuất giao thức DACB (Different Access Class Barring).

Phân tích giao thức DACB thông qua biến đổi giải tích và mô phỏng.

### **4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

Nghiên cứu mô hình lý thuyết song có tiềm năng ứng dụng cao, phạm vi, giới hạn: cho kết nối tập máy lớn.

### **5. Phương pháp nghiên cứu**

Kế thừa các nghiên cứu trước.

Dùng công cụ giải tích và mô phỏng.

### **6. Bố cục của đề tài**

Ngoài phần mở đầu, kết luận, phụ lục và tài liệu tham khảo, nội dung của luận văn gồm 3 chương:

Chương 1: Tổng quan về truy cập ngẫu nhiên.

Chương 2: Giao thức SUCRe và ACBPC.

Chương 3: Giao thức DACB.

## Chương 1 - TỔNG QUAN VỀ TRUY CẬP NGẪU NHIÊN

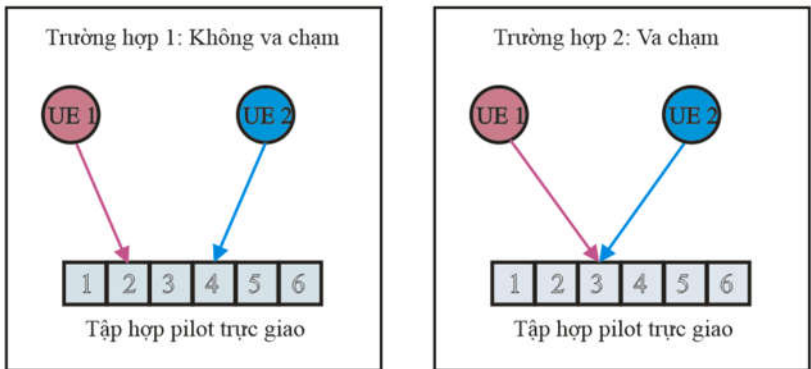
### 1.1. Vấn đề truy cập ngẫu nhiên

*Truy cập ngẫu nhiên* là hoạt động truy cập mạng để đề nghị cấp đường truyền liên lạc mà không có kế hoạch định trước. Điều này ta thường thấy khi một người dùng sức nhớ điều gì đó và bấm máy di động gọi đến đối tác.

### 1.2. Truy cập ngẫu nhiên trong LTE

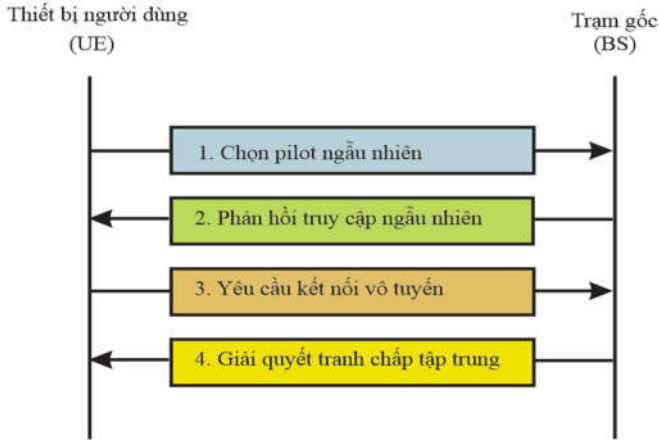
#### 1.2.1. Nguyên tắc truy cập ngẫu nhiên trong LTE

Trong giai đoạn phát triển truyền thông 4G, công nghệ LTE cũng đã đề xuất giao thức kết nối máy với máy.



**Hình 1.1. Minh họa các trường hợp các UE chọn ngẫu nhiên 1 pilot**

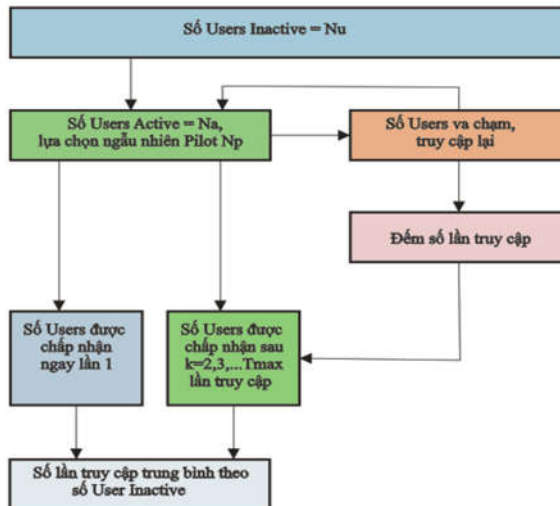
Chi tiết về giao thức truy cập ngẫu nhiên trong LTE được trình bày qua 4 bước [6] trong hình (1.2).



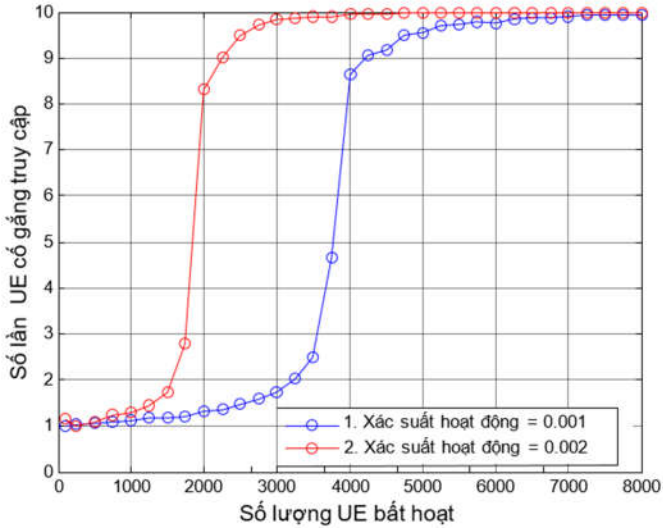
**Hình 1.2. Quy trình truy cập ngẫu nhiên trong hệ thống LTE [3]**

### ***1.2.2. Khảo sát hiệu quả của giao thức truy cập ngẫu nhiên trong LTE***

Hiệu quả của giao thức truy cập ngẫu nhiên trong LTE được đánh giá qua Lưu đồ hoạt động dưới đây:



**Hình 1.3. Lưu đồ giao thức truy cập ngẫu nhiên trong LTE**



**Hình 1.4. Số lần truy cập lại của UE bằng giao thức trong LTE**

### 1.3. Truy cập ngẫu nhiên trong truyền thông 5G

Trong truyền thông 5G, kỹ thuật Massive MIMO đóng vai trò quan trọng, nó có thể cung cấp hiệu suất sử dụng phổ rất cao. Đây là công nghệ sử dụng nhiều anten tại các trạm cơ sở BS để phục vụ đồng thời nhiều thiết bị thông qua việc ghép kênh không gian.

Truyền thông 5G cho phép số lượng thiết bị kết nối lớn tại một khu vực nhất định tạo ra viễn cảnh có hàng tỷ thiết bị được kết nối với nhau trong mô hình của IoT. Đồng thời 5G có thể hỗ trợ của nhiều ứng dụng và dịch vụ, trong đó truyền thông kiểu máy mMTC là một trong ba dịch vụ cốt lõi.



Trên cơ sở kỹ thuật Masive MIMO các kỹ thuật về truy cập ngẫu nhiên cũng không ngừng phát triển. Trong đó, hai giao thức truy cập ngẫu nhiên điển hình dựa trên nền tảng nói trên là SUCRe và ACBPC được trình bày trong luận văn này. Khác với giao thức trong LTE, SUCRe và ACBPC có khả năng *phân giải va chạm*, tức là chọn một UE nào đó trong các UE và chạm để tránh lãng phí tài nguyên.

Hai giao thức nói trên sẽ được trình bày chi tiết ở chương 2 cùng những ưu nhược điểm của chúng.

#### **1.4 Tóm tắt chương 1**

Chương này đã trình bày một cách tổng quan về truy cập ngẫu nhiên; sự hình thành và phát triển của truy cập ngẫu nhiên song hành cùng với sự phát triển của các thế hệ mạng di động từ 1G ÷ 4G và tiếp theo sẽ là mạng di động thế hệ 5G.

Chương 1 đã nêu ra ý nghĩa, tác dụng của truy cập ngẫu nhiên đối với truyền thông giữa người với người (H2H), giữa máy với máy (M2M).

Từ những nội dung ở chương 1 giúp chúng ta phần nào đó hiểu được sự hình thành và phát triển của truy cập ngẫu nhiên; những lợi ích mà truy cập ngẫu nhiên mang lại; những ưu, nhược điểm của một số giao thức truy cập ngẫu nhiên đã và đang được sử dụng để từ đó đề xuất giao thức truy cập ngẫu nhiên mới hài hòa với mục đích sử dụng.

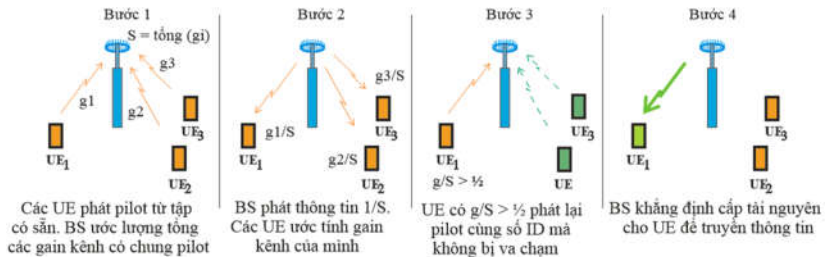
## Chương 2 - GIAO THỨC SUCRe và ACBPC

### 2.1 Giao thức SUCRe [3]

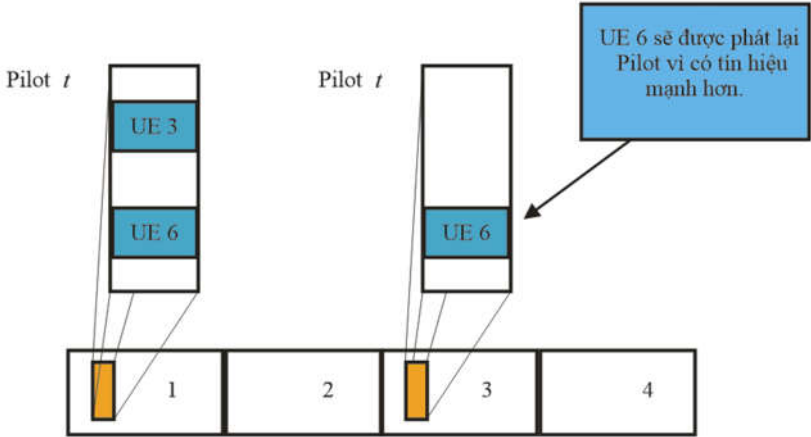
#### 2.1.1 Tổng quan giao thức SUCRe

Giao thức SUCRe (Strongest User Collision Resolution) được gọi là giao thức phân giải người dùng mạnh nhất hoạt động dựa trên tín hiệu mạnh yếu của các UE và nguyên lý hạn chế truy cập. Giao thức SUCRe ưu tiên các UE có tín hiệu mạnh hơn sẽ được cấp quyền phát lại pilot còn UE nào yếu hơn sẽ bị từ chối quyền truy cập.

Giao thức SUCRe gồm có bốn bước chính, như được minh họa trong (hình 2.1). Ngoài ra nó còn có bước sơ bộ (hay còn gọi là bước 0), tức là BS phát tín hiệu được đồng bộ hóa từ mỗi UE để có thể ước tính độ lợi kênh trung bình của UE đối với BS.



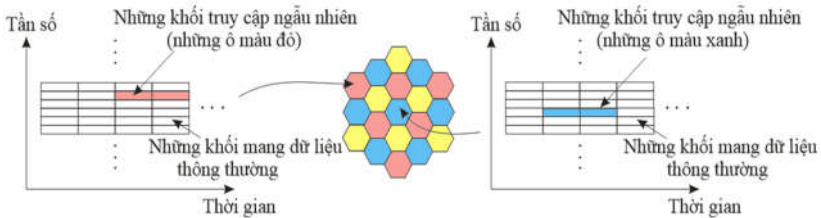
Hình 2.1. Cơ chế hoạt động của giao thức SUCRe [5]



**Hình 2.2. Minh hoạ giải quyết va chạm của SUCRe [3]**

Hình 2.2 là một ví dụ về việc giải quyết va chạm giữa 2 UE là UE3 và UE6. Dựa vào qui tắc phân giải như trên, UE có tín hiệu mạnh hơn sẽ giành quyền phát lại pilot. UE3 có tín hiệu yếu hơn sẽ phải truy cập lại từ đầu.

### 2.1.2 Chi tiết giao thức SUCRe



**Hình 2.3. Minh họa cho giao thức SUCRe, trong đó miền tần số - thời gian được chia thành các khối liên kết [3]**

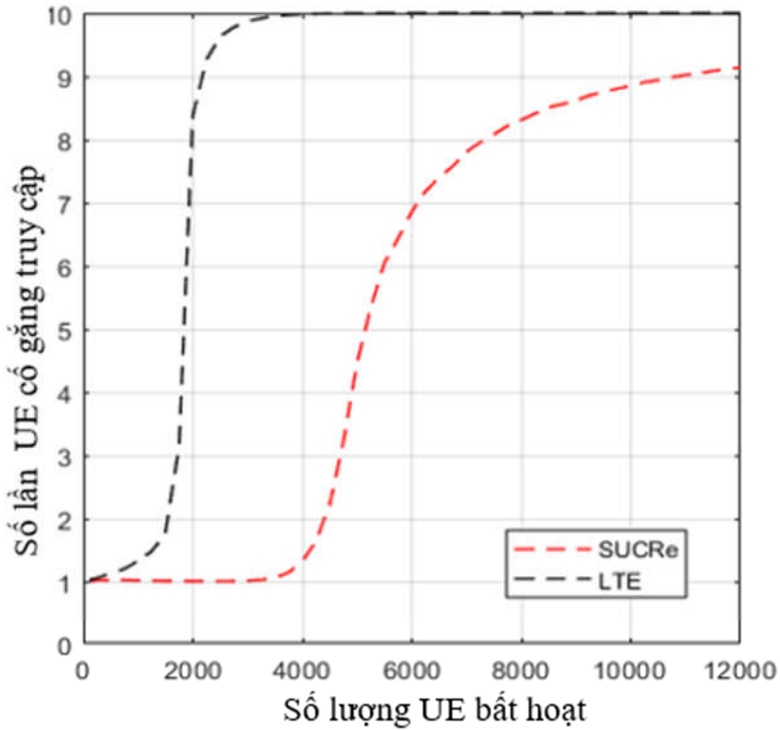
#### 2.1.2.1. Bước 1: Truy cập ngẫu nhiên pilot

2.1.2.2. Bước 2: Phản hồi truy cập ngẫu nhiên được mã trước

2.1.2.3. Bước 3: Giải quyết tranh chấp và phát lại pilot

2.1.2.4. Bước 4: Phân bổ các pilot tải dữ liệu riêng

### 2.1.3. So sánh với giao thức LTE



**Hình 2.4. So sánh số lần truy cập lại giữa giao thức LTE và SUCRe**

Bảng 2.1. So sánh sự khác biệt giao thức SUCRe và giao thức LTE

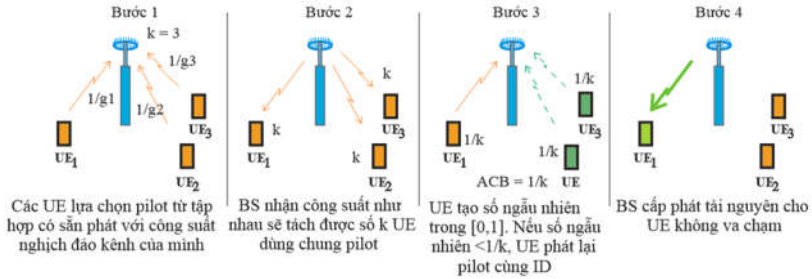
<b>Tiêu chí so sánh</b>	<b>LTE</b>	<b>SUCRe</b>
Số lần truy cập lại	Cao, trễ cao hơn	Thấp, giảm trễ tốt
Phát hiện va chạm	Tập trung tại BS	Phát hiện tại UE
Giải quyết va chạm	Không giải quyết	Giải quyết
Hiệu quả với mạng đồng đúc	Kém hơn	Tốt hơn

## 2.2 Giao thức ACBPC

### 2.2.1 Tổng quan giao thức ACBPC

Giao thức ACBPC (Access Class Barring Power Control) là giao thức truy cập ngẫu nhiên dựa trên việc hạn chế truy cập kết hợp với kiểm soát công suất, cho phép mỗi UE ước tính có bao nhiêu UE đã va chạm trên 1 pilot và từ đó tính toán hệ số hạn chế ACB, để xác định xác suất cũng như xác định được UE nào được phát lại pilot trong bước tiếp theo. Khác với SUCRe giao thức này mang lại xác suất kết nối công bằng giữa các UE gần và xa trạm thu phát qua đó không phụ thuộc vào khoảng cách.

Cơ chế hoạt động được biểu diễn tóm tắt như hình 2.5 dưới đây:



**Hình 2.5. Cơ chế hoạt động của giao thức ACBPC [3]**

### 2.2.2. Chi tiết giao thức ACBPC

#### 2.2.2.1 Nội dung giao thức ACBPC

#### 2.2.2.2 Xác suất giải quyết tranh chấp

### 2.3 So sánh và nhận xét

Mục này sẽ mô phỏng để so sánh về xác suất giải quyết va chạm của giao thức ACBPC và SUCRe. Ngoài ra còn khảo sát hiệu suất của giao thức ACBPC với đề xuất mới. Qua đó đưa ra một số nhận xét.

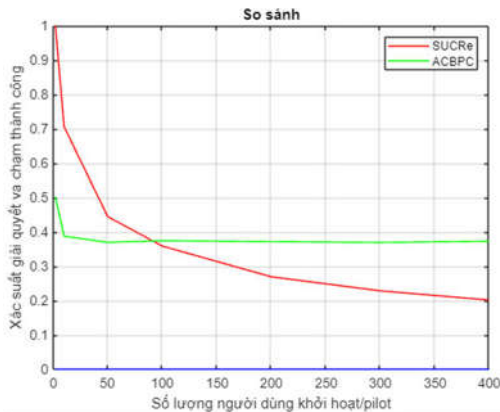
Sử dụng phần mềm Matlab mô phỏng sự truy cập ngẫu nhiên của các UE thông qua các quyết định phát lại pilot khác nhau của mỗi giao thức. Từ đó biểu diễn xác suất giải quyết va chạm của các giao thức này khi các UE cùng chọn chung 1 pilot. Một vài tham số mô phỏng cho trong chương trình Matlab được cung cấp trong bảng 2.2 dưới đây:

**Bảng 2.2. Một số tham số mô phỏng trong chương trình**

Tham số mô phỏng	Giá trị
Bán kính cell	250 m
Hệ số suy hao đường đi	3.2, 3.8
Khoảng cách max (dmax)	250 m
Khoảng cách min (dmin)	25 m
Độ lệch tiêu chuẩn Fading	10 dB

### 2.3.1. Khi số UE tham gia va chạm thay đổi

So sánh xác suất giải quyết va chạm của 2 giao thức ACBPC và SUCRe. Chúng ta tiến hành thay đổi số lượng UE là  $K = [2 \ 10 \ 50 \ 100 \ 200 \ 300 \ 400]$

**Hình 2.6. Xác suất giải quyết va chạm của SUCRe và ACBPC**

Hình 2.6 biểu diễn xác suất giải quyết va chạm của hai giao thức SUCRe và ACBPC, ở đây trục hoành là số UE đang xảy va

chạm trên 1 pilot (UE / pilot), trục tung biểu diễn xác suất giải quyết và chạm thành công.

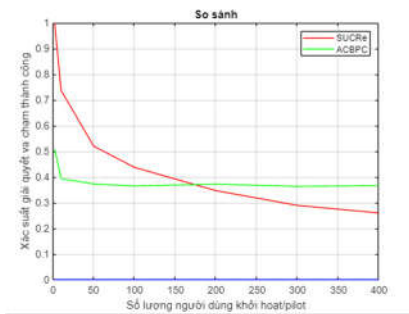
Nhận xét 1:

❖ Khi số lượng UE và chạm nhỏ hơn hoặc xấp xỉ bằng 90 thì xác suất giải quyết và chạm của SUCRe tốt hơn ACBPC. Ngược lại với số lượng UE xảy ra và chạm lớn hơn 90 thì ACBPC mang lại xác suất giải quyết và chạm tốt hơn.

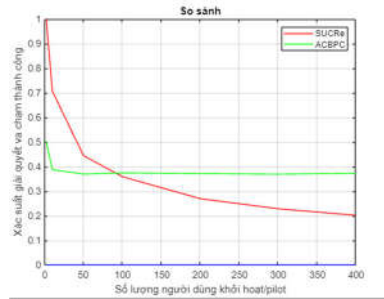
❖ Trong cả 2 trường hợp ACBPC có xác suất ổn định ngay cả khi mạng đông đúc. Tuy nhiên xác suất giải quyết và chạm chỉ khoảng 0.38. Xác suất giải quyết và chạm của SUCRe có xu hướng giảm về 0 khi số lượng UE/Pilot càng tăng. Điều này có nghĩa là SUCRe khó giải quyết và chạm trong trường hợp mạng đông đúc hơn.

### 2.3.2 Khi số mũ mất mát của môi trường thay đổi

Để khảo sát sự phụ thuộc xác suất giải quyết và chạm với hệ số mũ mất mát của hai giao thức ACBPC và SUCRe bằng cách thay đổi hệ số mũ mất mát với 2 trường hợp là 3.8 và 3.2.



Hình 2.7. Xác suất giải quyết và chạm của ACBPC và SUCRe khi hệ số mũ mất mát là 3.8



Hình 2.8. Xác suất giải quyết và chạm của ACBPC và SUCRe khi hệ số mũ mất mát là 3.2



Nhận xét 2:

➤ Trường hợp 1 (hệ số mũ mất mát là 3.8) điểm cắt về xác suất giải quyết và chạm rơi vào vị trí xấp xỉ 175 UE/pilot.

➤ Trường hợp 2 (hệ số mũ mất mát là 3.2) điểm cắt về xác suất giải quyết và chạm rơi vào vị trí xấp xỉ 90 UE/pilot.

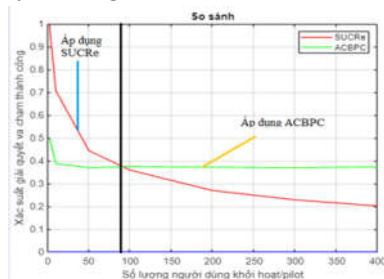
➤ Nhận thấy từ điểm cắt trở về trước hiệu quả giải quyết và chạm của SUCRe tốt hơn ACBPC, ngược lại từ điểm cắt trở về sau ACBPC lại ưu thế hơn.

Kết luận 2:

✓ Với hệ số mũ mất mát khác nhau, có sự thay đổi điểm cắt về xác suất giải quyết và chạm giữa ACBPC và SUCRe.

✓ Định hướng phát triển trong tương lai: Do có sự khác biệt về hiệu suất hoạt động nên ACBPC sẽ được ưu tiên triển khai dành cho trường hợp mạng đông đúc hơn và thuận tiện hơn. Vì vậy, trong tương lai có thể thiết kế một quy trình chuyển đổi linh hoạt giữa các giao thức ACBPC và SUCRe tùy thuộc vào số UE không hoạt động nếu thông tin có sẵn tại BS và xác định tại điểm cắt (số UE/pilot) nhờ hệ số suy giảm môi trường.

Quy trình chuyển đổi giữa ACBPC và SUCRe như sau:



**Hình 2.9. Kết hợp SUCRe và ACBPC nâng cao xác suất giải quyết và chạm**

➤ Nếu với số UE/pilot va chạm nhỏ hơn điểm cắt (bên trái) thì UE sẽ được ưu tiên giải quyết va chạm theo giao thức SUCRe.

➤ Ngược lại nếu số UE/pilot va chạm lớn hơn điểm cắt (bên phải) UE sẽ giải quyết tranh chấp theo ACBPC.

## **2.4 Tóm tắt chương 2**

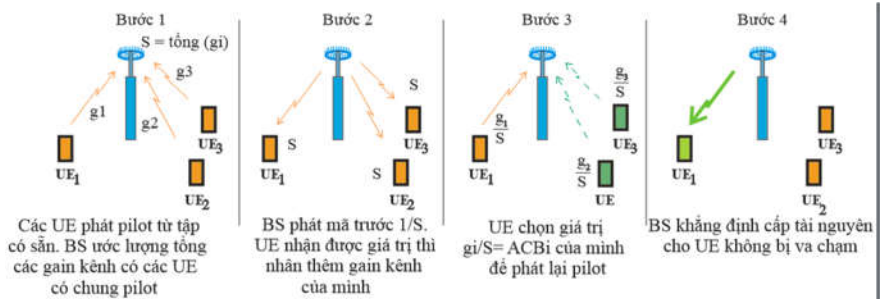
Chương này trình bày những nội dung gồm tổng quan về giao thức SUCRe và ACBPC, đó là hai giao thức đã được nghiên cứu để ứng dụng và hệ thống truyền thông 5G.

## Chương 3 - GIAO THỨC DACB

### 3.1. Mô tả giao thức

Giao thức DACB (Different Access Class Barring) là một đề xuất mới với cải tiến nhỏ dựa trên cả giao thức SUCRe và giao thức ACBPC nhằm nâng cao hiệu suất giải quyết va chạm hơn nhưng vẫn giữ được ổn định về mặt xác suất như ACBPC (không suy giảm mạnh như SUCRe). Giao thức DACB dựa trên nguyên lý hạn chế truy cập của UE, quyết định UE nào giành quyền phát lại pilot nhờ các hệ số ACB khác nhau (ở giao thức ACBPC thì hệ số hạn chế truy cập ACB giống nhau với mỗi UE và chạm). Việc tính toán hệ số ACB khác nhau sẽ được trình bày ở bước 2.

Tương tự như ACBPC cơ chế hoạt động của DACB được biểu diễn tóm tắt như gồm 4 pha như hình 3.1:



**Hình 3.1. Cơ chế hoạt động của giao thức đề xuất DACB**

### 3.2 Phân tích giải tích

Có thể chứng minh xác suất phân giải va chạm của DACB luôn tốt hơn ACBPC như sau

Với ACBPC: Giả sử mỗi UE có  $k$  UE chung pilot giống nhau (ở pha 2 khi BS thông báo trên đường xuống). Để giảm xác suất va chạm các UE sẽ đặt một chỉ số ACB bằng nhau và giả sử là  $p$  ( $0 < p < 1$ ). Điều này có nghĩa là khi mỗi UE gieo một số ngẫu nhiên (phân bố đều từ 0 đến 1), nếu số ngẫu nhiên này nhỏ hơn  $p$ , UE được quyền phát lại pilot đề nghị cùng số ID của nó. Nếu số ngẫu nhiên lớn hơn  $p$  nó sẽ im lặng và chờ đến nhíp truy cập sau. Xác suất mà một UE phát lại pilot mà không va chạm với  $k-1$  pilot còn lại là :

$$P_p(1 \text{ UE repeat}) = \binom{k}{1} p(1-p)^{k-1} \quad (3.1)$$

Biểu thức trên diễn đạt tổ hợp các trường hợp chỉ có 1 UE phát và  $k-1$  còn lại im lặng. Nếu coi biểu thức như một hàm của biến  $p$ , có thể lấy đạo hàm theo  $p$  và đặt bằng 0

$$\frac{DP_p}{dp} = k(1-kp)(1-p)^{k-2} = 0 \quad (3.2)$$

Nghiệm  $p = 1/k$  thay vào (3.1), cho ta xác suất phân giải va chạm (không xảy ra va chạm) là:

$$P_{p\max} = k \cdot \frac{1}{k} \left(1 - \frac{1}{k}\right)^{k-1} = \left(1 - \frac{1}{k}\right)^{k-1} \quad (3.3)$$

Đây chính là kết quả nhận được ở giao thức ACBPC khi BS báo trên đường xuống cho các UE số lượng  $k$  UE chọn pilot giống

nhau.

Ở giao thức DACB, ACB của các UE là khác nhau (vì độ lợi kênh đến các UE khác nhau) và giả sử là  $p_1, p_2, \dots, p_k$ . Chú ý là ở đây ta có ràng buộc  $\sum p_i = 1$ .

Chúng ta tính xác suất phân giải khi chỉ có 1 UE phát lại còn  $k-1$  UE còn lại im lặng:

$$P_{pk}(1\text{UE repeat}) = p_1(1-p_2)(1-p_3) \dots (1-p_k) + p_2(1-p_1)(1-p_3) \dots (1-p_{k-1}) + \dots + p_k(1-p_1)(1-p_2) \dots (1-p_{k-1}) \quad (3.4)$$

Ta chứng minh rằng  $P_{pk} \geq P_{p_{\max}}(3)$  với ràng buộc  $p_i > 0$  và  $\sum_{i=1}^k p_i = 1$  (3.5)

Dùng phương pháp nhân tử Lagrange và giả sử  $P_{pk}$  là hàm lồi (kiểm tra qua mô phỏng).

Đặt  $\Omega = P_{pk} + \lambda(p_1 + p_2 + \dots + p_k)$  là hàm đối tượng. Để tìm cực tiểu của hàm đối tượng ta thực hiện một số tính toán:

$$\begin{aligned} \delta\Omega/\delta p_1 = & (1-p_2)(1-p_3) \dots (1-p_k) - p_2(1-p_3) \dots (1-p_k) - \dots \\ & - p_k(1-p_2)(1-p_3) \dots (1-p_{k-1}) + \lambda \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \delta\Omega/\delta p_2 = & (1-p_1)(1-p_3) \dots (1-p_k) - p_1(1-p_3) \dots (1-p_k) - \dots \\ & - p_k(1-p_1)(1-p_3) \dots (1-p_{k-1}) + \lambda \end{aligned} \quad (3.7)$$

....

$$\delta\Omega/\delta p_k = (1-p_1)(1-p_3)\dots(1-p_{k-1}) - p_1(1-p_2)\dots(1-p_k) - \dots - p_k(1-p_2)(1-p_3)\dots(1-p_{k-1}) + \lambda \quad (3.k)$$

$$\delta\Omega/\delta\lambda = p_1 + p_2 + \dots + p_k - 1 = 0 \quad (3.k + 1)$$

Lấy (3.6) trừ đi (3.7), ta có:

$$(p_1-p_2)(1-p_3)\dots(1-p_k) + (p_1-p_2)(1-p_3)\dots(1-p_k) + \dots - (p_1-p_2)p_k(1-p_3)\dots(1-p_{k-1}) = 0$$

$$\Leftrightarrow (p_1-p_2)[2(1-p_3)\dots(1-p_k) - p_3(1-p_4)\dots(1-p_k) - \dots - p_k(1-p_3)\dots(1-p_{k-1})] = 0$$

Phương trình trên cho nghiệm  $p_1 = p_2$

Lấy (3.7) trừ đi (3.8), cũng có

$$(p_2-p_3)(1-p_1)(1-p_4)\dots(1-p_k) + (p_2-p_3)(1-p_1)(1-p_4)\dots(1-p_k) - \dots - (p_1-p_2)p_k(1-p_3)\dots(1-p_{k-1}) = 0$$

$$\Leftrightarrow (p_2-p_3)[2(1-p_1)\dots(1-p_k) - p_1(1-p_4)\dots(1-p_k) - \dots - p_k(1-p_3)\dots(1-p_{k-1})] = 0$$

Phương trình cho nghiệm  $p_2 = p_3$

Dễ thấy là phương trình (3.k) là đối xứng vòng quanh khi thay  $p_i$  bằng  $p_j$  ( $i \neq j$ ) vào phương trình 3.i, ta có phương trình 3.j. Nên nghiệm của hệ thống phải thỏa mãn  $p_1 = p_2 = \dots = p_k$ . Kết hợp với phương trình (3.k+1), ta có  $p_1 = p_2 = \dots = p_k = 1/k$ . Thay nghiệm vào (3.4) ta có:

$$k \cdot \frac{1}{k} \left(1 - \frac{1}{k}\right)^{k-1} = \left(1 - \frac{1}{k}\right)^{k-1} = P_{pmax} \quad (3.k+2)$$

Kết quả trên cho thấy min của  $P_{pk}$  là bằng  $P_{pmax}$  hoặc

$$P_{pk} \geq P_{pmax}$$

Kết quả cũng được kiểm chứng bằng mô phỏng trên máy tính trình bày ở phần dưới đây.

### 3.3 Mô phỏng so sánh

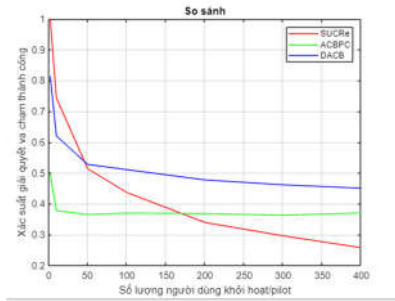
DACB là giao thức cải tiến từ giao thức SUCRe và ACBPC.

Mục này sẽ khảo sát xác suất giải quyết va chạm của giao thức DACB với ACBPC và SUCRe.

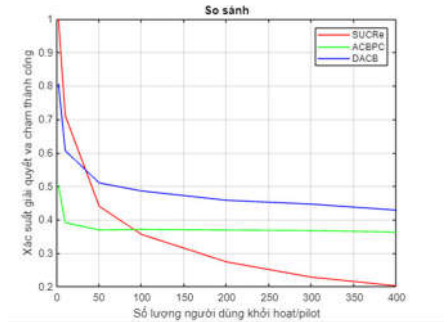
#### 3.3.1. Khảo sát xác suất giải quyết va chạm

Hình 3.2 biểu diễn kết quả so sánh hiệu quả giải quyết va chạm của 3 giao thức DACB, ACBPC và SUCRe.  $K = [2 \ 10 \ 50 \ 100 \ 200 \ 300 \ 400]$

- Trường hợp 1: Với hệ số mũ mất mát 3.8
- Trường hợp 2: Với hệ số mũ mất mát 3.2

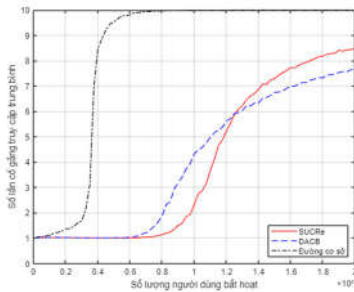


Hình 3.2. Xác suất giải quyết và chạm giữa DACB với ACBPC, SUCRe trường hợp 1

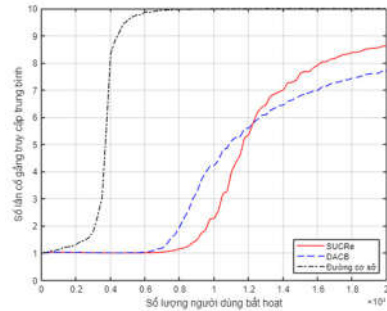


Hình 3.3. Xác suất giải quyết và chạm giữa DACB với ACBPC, SUCRe trường hợp 2

### 3.3.2. Khảo sát số lần truy cập lại



Hình 3.4. Số lần truy cập lại của DACB và SUCRe trường hợp 1 với hệ số mũ mất mát là 3.8



Hình 3.5. Số lần truy cập lại của DACB và SUCRe trường hợp 2 với hệ số mũ mất mát là 3.2



### 3.4 Tóm tắt chương 3

Chương này trình bày một đề xuất về giao thức mới - giao thức DACB (Different Access Class Barring or Adaptive Access Class Barring) với một cải tiến nhỏ từ giao thức SUCRe và ACBPC nhằm khắc phục hạn chế của hai giao thức này.

## KẾT LUẬN

Giao thức SUCRe được giới thiệu năm 2017 được đánh giá là một giao thức truy cập ngẫu nhiên rất hiệu quả cho mạng các thiết bị khá đông đúc ( $mMTC$ ,  $10^4$  thiết bị/ $km^2$ ). Tuy nhiên nó cũng được biết là giao thức truy cập ngẫu nhiên rất không công bằng giữa các UE. Các UE ở gần BS có lợi thế cạnh tranh hơn. Đồng thời giao thức SUCRe cũng tỏ ra kém hiệu quả trong trường hợp mạng quá đông đúc ( $10^5$  thiết bị/ $km^2$ ).

Giao thức ACBPC được giới thiệu gần đây (2020) và cũng được trình bày trong luận văn này ngược lại đảm bảo một hiệu suất truy cập ngẫu nhiên bình đẳng cho các UE trong cùng một tế bào, tức là không phụ thuộc vào khoảng cách của chúng đến BS. Ngoài ra, ACBPC còn mang lại xác suất giải quyết va chạm ổn định trong kịch bản quá đông đúc so với giao thức SUCRe, do khả năng giải quyết va chạm tốt hơn giao thức SUCRe với một số lượng lớn đối thủ cạnh tranh và tiêu tốn ít năng lượng hơn nhờ hiệu quả kết nối cao hơn, tuy nhiên xác suất truy cập thành công của giao thức ABCPC chỉ xấp xỉ 36,78 % nên hiệu quả đạt được cũng chưa cao.

Luận văn này đã đề xuất một giao thức mới là giao thức DACB được phát triển kết hợp từ ACBPC và SUCRe. Giao thức này có tính linh hoạt nhằm mang lại hiệu quả giải quyết va chạm tốt hơn ACBPC đồng thời lại công bằng hơn SUCRe. Ngoài ra giao thức DACB vẫn giữ tính ổn định hơn SUCRe khi mạng trở nên rất đông đúc. Mặc dù vậy DACB vẫn tỏ ra kém hiệu quả hơn SUCRe khi mạng không quá đông đúc.

Hướng nghiên cứu tiếp tục trong tương lai là xây dựng giao thức kết hợp được cả ưu điểm của SUCRe và DACB. Nghĩa là trạm cơ sở khi đó phải phát hiện được số k UE chọn chung một pilot trong pha đầu tiên (mà không dùng phương pháp phát với công suất đảo ngược hệ số kênh). Nếu số k được báo xuống các UE vượt giá trị ngưỡng (mạng quá đông đúc), các UE tự biết chuyển sang giao thức DACB. Nếu số k nhỏ hơn giá trị ngưỡng các UE sẽ xử lý theo giao thức SUCRe.