

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



TRỊNH QUỲNH MAI

**ĐÁNH GIÁ CẢI THIỆN HIỆU NĂNG HỆ THỐNG
QUẢN LÝ BÚP SÓNG TRONG MẠNG 5G BẰNG
PHƯƠNG PHÁP HÌNH HỌC**

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ
(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI – 2022

Luận văn được hoàn thành tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Viết Minh

Phản biện 1: PGS.TS. Đặng Thế Ngọc

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Thúy Anh

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: giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

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

MỞ ĐẦU

Ngày nay, các công nghệ truyền thông không dây hiện đại giúp chúng ta giải quyết công việc nhanh chóng hơn với đầy đủ tiện ích đã được tích hợp sẵn trong các thiết bị viễn thông đầu cuối đặc biệt là điện thoại thông minh. Đáng mong đợi là các thiết bị thông minh có khả năng tự kết nối thành một mạng lưới, điều khiển tự động và truyền dữ liệu với tốc độ cực cao (Tốc độ mong muốn của mạng 5G là lớn hơn 1 Gbps với băng thông từ 3 đến 300 GHz). Ngoài các ứng dụng thành phố thông minh, mối quan tâm ngày càng tăng trong sử dụng việc khai thác các khía cạnh khác nhau, không gian để cải thiện và tối ưu các kết nối nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động và tạo ra khả năng phục hồi. Các chùm phát sóng 5G là một nhóm các chùm tia hẹp có độ rộng thích hợp và định hướng đa dạng đạt được bằng cách sử dụng công nghệ tạo chùm. Những chùm tia hẹp quét qua các khu vực mục tiêu mà không để lại các vùng phủ trong các khu vực mục tiêu trong khi có phạm vi phủ sóng tối thiểu cũng như RSRP và SINR tối đa. Để tạo ra chùm phát sóng 5G với những đặc điểm này, anten 5G phải hỗ trợ công nghệ tạo chùm.

Quản lý chùm búp sóng là trọng tâm trong hoạt động của các hệ thống di động 5G NR. Tập trung hiệu suất phát ra từ các thiết bị đầu cuối di động (MT) bằng cách tăng số lượng chùm sóng trên mỗi ô làm tăng công suất tín hiệu và giảm nhiễu. Do đó, giải pháp có tiềm năng mang lại những cải tiến lớn về hiệu quả phổ vùng (ASE). Việc quản lý chùm sóng là một phần của phân tích cấp hệ thống, để xác định và phân tích một số chỉ số hiệu suất nhất định. Nghiên cứu quản lý chùm búp sóng bằng phương pháp hình học nhằm tối ưu hóa hiệu hiệu năng trong quá trình triển khai 5G trên sóng có băng tần mmWave và dưới 6 GHz.

Do đó, học viên lựa chọn đề tài: **“Đánh giá cải thiện hiệu năng hệ thống quản lý búp sóng trong mạng 5G bằng phương pháp hình học”** để góp phần nghiên cứu quản lý chùm búp sóng nhằm tối ưu hóa hiệu hiệu năng trong quá trình triển khai 5G trên sóng có băng tần mmWave và dưới 6 GHz.

Nội dung luận văn bao gồm 3 chương:

- Chương 1: Tổng quát về mạng 5g và công nghệ định dạng búp sóng.
- Chương 2: Mô hình hệ thống định dạng búp sóng.
- Chương 3: Cải thiện hiệu năng quản lý búp sóng bằng phương pháp hình học.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUÁT VỀ MẠNG 5G VÀ CÔNG NGHỆ ĐỊNH DẠNG BÚP SÓNG

1.1. Tổng quát mạng 5G, công nghệ vô tuyến mới (New Radio)

1.1.1. Tổng quát mạng 5G

Tất cả các thay đổi của các thế hệ di động cho đến nay đều được dựa trên một khái niệm liên kết vô tuyến mới và đã cung cấp sự gia tăng tốc độ dữ liệu đỉnh có độ lớn gấp khoảng bậc hai. Hệ thống 5G phải đáp ứng các yêu cầu về tỷ lệ tăng và năng lực cần thiết trong những năm 2020 và các yêu cầu về độ trễ giảm. Sự khác nhau về tiêu chuẩn vô tuyến giữa LTE và Công nghệ vô tuyến mới (New Radio) được liệt kê trong Bảng 1.1 [3].

Bảng 1.1 Sự khác nhau về các thông số vô tuyến giữa LTE và 5G NR.

Các thông số	LTE	NR
Khoảng cách sóng mang con	15 kHz	Tần số dưới 6 GHz { 15 kHz, 30 kHz, 60 kHz } Tần số trên 6 GHz { 60 kHz, 120 kHz, 240* kHz }
Băng thông kênh nhỏ nhất/lớn nhất	1,4 MHz /20 MHz	Tần số dưới 6 GHz 5 MHz /100 MHz Tần số trên 6 GHz 50 MHz /400 MHz
Số lượng kết tập sóng mang lớn nhất	Lên đến 32 sóng mang thành phần	Lên đến 16 sóng mang thành phần
Cấu trúc khung	1 khung vô tuyến = 10 ms 1 khung phụ = 1 ms 1 khe thời gian = 0,5 ms Định dạng khe thời gian được định nghĩa sẵn trong bộ tiêu chuẩn kỹ thuật	1 khung vô tuyến = 10 ms 1 khung phụ = 1 ms 1 khe thời gian = { 1 ms, 0,5 ms, 0,25 ms, 0,125 ms } tùy thuộc vào khoảng cách sóng mang con Định dạng khe thời gian: cấu hình tự động hoặc bán tĩnh
Mã hóa kênh	Turbo coding (cho dữ liệu) TBCC (cho điều khiển)	LDPC (cho dữ liệu) Polar (cho điều khiển)

Công nghệ ghép kênh	Đường xuống: OFDM Đường lên: DFT-S-OFDM	Đường lên: OFDM Đường xuống: {OFDM, DFT-SOFDM}
MIMO	8 cổng anten cho SU-MIMO 2 cổng anten cho MU-MIMO	8 cổng anten cho SU-MIMO 16 cổng anten cho MU-MIMO Beamforming
HARQ	Dựa trên truyền phát và phát lại khối truyền tải	Dựa trên truyền phát và phát lại khối truyền tải Dựa trên truyền phát và phát lại nhóm khối mã
Tần số sóng mang	450 MHz đến 3,8 GHz Băng tần không phép (5 GHz)	600 MHz đến 40 GHz

1.1.2. Công nghệ vô tuyến mới (New Radio)

1.1.2.1. Sóng cực ngắn mmWave

Nhu cầu ngày càng tăng trên toàn cầu về dịch vụ di động băng thông rộng nâng cao đang thúc đẩy nhu cầu tiếp cận với nhiều phổ tần số hơn. Tần số là mạch máu của kết nối di động - khả năng tiếp cận với phổ tần rộng hơn sẽ tăng khả năng của mạng, có nghĩa là tốc độ dữ liệu nhanh hơn và trải nghiệm người dùng tốt hơn cho phép sử dụng các băng tần mới cao hơn không phù hợp với truyền thông di động trước đây. 5G NR không chỉ được thiết kế cho các băng tần dưới 3 GHz, nơi hầu hết các liên lạc di động hiện tại sử dụng, mà còn cung cấp một thiết kế thống nhất sử dụng dải tần trung bình, chẳng hạn như 3,3 đến 6 GHz, cũng như các dải cao trên 24 GHz, được gọi là mmWave.

Vì dải sóng milimet sử dụng tần số rất cao, nó dẫn đến suy hao lan truyền và các tổn hao khác. Để bù đắp cho những tổn hao, liên lạc định hướng là điều cần thiết ở các tần số như vậy. Các anten mảng với số lượng lớn các phần tử anten làm cho nó có thể tạo ra bước sóng nhỏ hơn. Khái niệm này cung cấp mức tăng định dạng chùm cho chuỗi truyền RF, giúp bù đắp cho tổn hao lan truyền. Hơn nữa, mảng anten lớn giúp đạt được tốc độ dữ liệu cao hơn do kỹ thuật ghép kênh không gian.

Các liên kết định hướng này yêu cầu sự liên kết chính xác của các chùm phát và thu. Để đạt được sự liên kết của cặp chùm tia và đạt được hiệu suất yêu cầu từ đầu đến cuối với độ trễ mong muốn, các hoạt động quản lý chùm tia được giới thiệu trong 5G NR. Hoạt động quản lý chùm là cần thiết trong khi Truy nhập ban đầu (tức là chế độ IDLE) khi UE không

kết nối với gNB và trong quá trình theo dõi (tức là chế độ CONNECTED) khi UE đang trao đổi dữ liệu với gNB.

1.1.2.2. Các trường hợp sử dụng 5G

5G có 3 loại trường hợp sử dụng đặc biệt: truyền thông kiểu máy cỡ lớn (mMTC), băng thông rộng di động nâng cao (eMBB) và truyền thông độ trễ thấp cực tin cậy (URLLC).

1.2. Kiến trúc mạng 5G

Kiến trúc mạng của công nghệ di động 5G cải thiện rất nhiều so với các kiến trúc trước đây. Các mạng lớn có mật độ ô lớn cho phép những bước nhảy vọt về hiệu suất. Ngoài ra, kiến trúc của mạng 5G mang lại khả năng bảo mật tốt hơn so với mạng 4G LTE hiện nay. 5G NR (New Radio) là tiêu chuẩn mới nhất trong loạt tiêu chuẩn 3GPP hỗ trợ tốc độ dữ liệu rất cao với độ trễ thấp hơn so với công nghệ LTE (4G) tiền nhiệm. 5G NR hỗ trợ dải tần FR1 và FR2. FR1 là tần số dưới 6 GHz (từ 450 MHz đến 6000 MHz), trong khi FR2 là dải sóng mm (từ 24,25 GHz đến 52,6 GHz).



Hình 1.1 Kiến trúc mạng 5G None Stand alone và 5G Stand alone.

1.2.1. 5G Non-Standalone (NSA)

Về mặt kiến trúc, NSA bao gồm một RAN mới, được triển khai cùng với trạm 4G hoặc LTE với 4G Core hoặc EPC hiện có.

Về cơ bản, 5G NR không độc lập sẽ cung cấp băng thông dữ liệu tăng lên bằng cách sử dụng hai dải tần số vô tuyến mới sau [5]:

- Dải tần số 1 (450 MHz đến 6000 MHz) - chồng lên các tần số 4G LTE và được gọi là tần số dưới 6 GHz. Các dải được đánh số từ 1 đến 255.

- Dải tần số 2 (24 GHz đến 52 GHz) - là dải tần chính mmWave. Các dải được đánh số từ 257 đến 511.

Lợi ích của 5G NSA:

- Cung cấp kết nối tốc độ cao cho người dùng với các thiết bị hỗ trợ 5G.
- Tận dụng các khoản đầu tư mạng hiện có vào lõi truyền tải và di động.

1.2.2. 5G Standalone (SA)

5G SA bao gồm một mạng truy cập vô tuyến mới cùng với 5G Core (5G-C), bao gồm kiến trúc gốc đám mây hoàn toàn ảo hóa (CNA) giới thiệu những cách mới để phát triển, triển khai và quản lý dịch vụ. 5G-C hỗ trợ thông lượng cao để tăng cường hiệu năng so với nhu cầu của mạng 5G. Kiến trúc dựa trên dịch vụ phù hợp với đám mây ảo hóa (SBA) giúp nó có thể triển khai tất cả các chức năng mạng phần mềm 5G bằng cách sử dụng tính toán biên [5].

Lợi ích của 5G SA:

- Các MNO có thể khởi chạy các dịch vụ 5G doanh nghiệp mới như thành phố thông minh và nhà máy thông minh.
- Nó được ảo hóa hoàn toàn, kiến trúc gốc đám mây (CNA), giới thiệu những cách mới để phát triển, triển khai và quản lý các dịch vụ.
- Kiến trúc cho phép kết thúc lát cắt để tách các dịch vụ một cách hợp lý.
- Tự động hóa nâng cao hiệu quả đồng thời giảm chi phí vận hành mạng.
- Bằng cách tiêu chuẩn hóa theo phương pháp gốc đám mây, các MNO cũng có thể dựa vào sự đổi mới tốt nhất từ cả nhà cung cấp và cộng đồng nguồn mở.
- Bằng cách chọn kiến trúc dựa trên gốc đám mây, các MNO cũng có thể quyết định nhiều mô hình triển khai khác nhau như đám mây riêng tại chỗ, đám mây công cộng hoặc kết hợp để đáp ứng các mục tiêu kinh doanh của họ.

Tóm lại, công nghệ 5G mang lại ba lợi thế chính:

- Tốc độ truyền dữ liệu nhanh hơn, lên đến tốc độ nhiều Gigabit/s.
- Khả năng lớn hơn, cung cấp năng lượng cho một lượng lớn thiết bị IoT trên mỗi kilomet vuông.
- Độ trễ thấp hơn, xuống đến mili giây hàng đơn vị, điều này cực kỳ quan trọng trong các ứng dụng như xe được kết nối trong các ứng dụng ITS và xe tự hành, nơi cần phản hồi gần như tức thời.

1.3. Giải pháp beamforming trong 5G và các vấn đề kỹ thuật liên quan

1.3.1. Giải pháp beamforming trong 5G

1.3.1.1. Tổng quan về kỹ thuật beamforming:

Búp sóng về cơ bản là một dạng đặc biệt của mẫu bức xạ anten. Là một phương pháp tập trung công suất bức xạ đa hướng của anten vào một hoặc nhiều hướng cụ thể.

Búp sóng có thể được thực hiện ở cả phía phát và phía thu. Khi nó được thực hiện ở phía phát nó được gọi là định dạng chùm phát và khi nó được thực hiện ở phía máy thu, nó được gọi là định dạng chùm thu. Búp sóng là một khái niệm rộng rãi vì nó được liên kết với quản lý tạo chùm và đào tạo chùm sẽ được thảo luận trong các phần sau.

Phân loại và định dạng chùm tia dựa trên kiến trúc và phần cứng thực hiện, định dạng búp sóng có thể được phân loại chủ yếu thành 3 loại: định dạng chùm tia tương tự, định dạng chùm tia kỹ thuật số và định dạng chùm tia sóng lai.

1.3.1.2. Đặt vấn đề về giải pháp beamforming trong 5G:

Các đặc điểm như suy hao lan truyền, tắc nghẽn đường truyền tín hiệu và hiệu ứng pha đình khác với mmWave ở dải tần dưới 6 GHz, điều này đưa ra những thách thức mới cho thiết kế hệ thống và ảnh hưởng đến chất lượng và thông lượng đầu cuối của trải nghiệm người dùng. Thông lượng là một trong những yếu tố quan trọng làm nên thành công của 5G.

Để giải quyết những hạn chế này, tiêu chuẩn 3GPP 5G NR xác định các tính năng mới của Lớp vật lý (PHY) và Lớp điều khiển truy nhập môi trường (MAC) để hỗ trợ truyền thông định hướng. Trong số các tính năng quan trọng là quản lý chùm tia, được sử dụng để thu nhận và duy trì chùm tia. Nó cũng định nghĩa các thủ tục truy cập ban đầu mới để đảm bảo truyền thông theo hướng thành công. Luận văn thảo luận về các kỹ thuật quản lý chùm tia khác nhau và cách chúng phù hợp với mạng 5G NR.

1.3.2. Các vấn đề kỹ thuật liên quan

1.3.2.1 Các kỹ thuật định dạng búp sóng trong mạng 5G:

Beamforming là công nghệ định dạng búp sóng với phương thức được sử dụng trong xử lý tín hiệu mảng chủ yếu cho hai mục đích sau:

- Tìm hướng của tín hiệu mong muốn.
- Tăng cường tín hiệu mong muốn.

Kỹ thuật định dạng búp sóng có thể được phân loại chủ yếu thành 3 loại: định dạng búp sóng tương tự, định dạng búp sóng kỹ thuật số và định dạng búp sóng hỗn hợp. Tuy

nhien trong thực tế do chi phí đắt đỏ và tính phức tạp cao nên trong thực tế hầu như kỹ thuật định dạng búp sóng kỹ thuật số không được sử dụng. Vì thế nên trong luận văn này chỉ đề cập đến hai kỹ thuật chính là định dạng búp sóng tương tự và định dạng búp sóng hỗn hợp.

1.3.2.2 Định dạng búp sóng tương tự:

Một trong những cách tiếp cận đơn giản nhất để cải thiện độ lợi định hướng trong hệ thống sóng milimet là định dạng búp sóng tương tự trong đó chỉ một chuỗi RF đơn được sử dụng. Bộ định dạng búp sóng tương tự được xây dựng với một chuỗi RF và nhiều bộ dịch pha đi qua các phần tử của anten. Pha của mỗi phần tử anten được kiểm soát bởi thuật toán tiền mã hóa. Bộ dịch pha chịu trách nhiệm điều khiển búp sóng. Một mạng các bộ dịch pha được sử dụng để điều khiển pha của tín hiệu được cấp cho anten mảng.

Định dạng búp sóng tương tự với một chuỗi RF đơn chỉ hỗ trợ truyền một luồng và một người dùng. Điều này có nghĩa là không có lợi ích đa luồng hoặc đa người dùng liên quan đến MIMO. Ngoài ra, việc điều khiển búp sóng không phải là chuyện dễ dàng, đặc biệt là khi một liên kết thông tin liên lạc chưa được thiết lập.

1.3.2.2 Định dạng búp sóng hỗn hợp:

Các kiến trúc định dạng búp sóng hỗn hợp được đề xuất để cải thiện độ lợi định dạng búp sóng và nâng cao lợi ích truyền thông MIMO bằng cách cho phép tiền mã hóa nhiều luồng. Hệ thống hỗn hợp phân tách quá trình tối ưu hóa MIMO thành các miền tương tự và kỹ thuật số. Tiêu chí thiết kế chính là giới hạn số lượng chuỗi RF và làm cho nó ít hơn số lượng anten của hệ thống.

Hầu hết hoạt động của tiền mã hóa hỗn hợp, đòi hỏi sự sẵn có của kiến thức kênh, ít nhất là ở bộ thu. Để giảm bớt giả định này, phát triển một thuật toán tiền mã hóa hỗn hợp cho các hệ thống sóng milimet dựa trên kiến thức một phần về kênh. Với thuật toán hai giai đoạn, đã chỉ ra rằng hiệu suất tiền mã hóa hỗn hợp với kiến thức kênh hoàn hảo có thể được tiếp cận khi mỗi bộ phát và bộ thu chỉ biết các góc đi (hoặc góc đến) của nó. Một thuật toán ước tính thích ứng các tham số bằng cách sử dụng một sách mã đa phân giải phân cấp để đào tạo. Một nghiên cứu đã chỉ ra định dạng búp sóng hỗn hợp đa người sử dụng có thể được thực hiện trong đó trạm gốc có hệ thống định dạng búp sóng hỗn hợp và phục vụ nhiều người dùng đơn sử dụng định dạng búp sóng tương tự và một chuỗi RF duy nhất.

1.3.2.3 Cấu hình 4T4R tối thiểu cấp băng tần cho anten 5G:

Các tia có độ rộng hẹp hơn đồng nghĩa với việc phát sóng 5G nhiều hơn có sẵn chùm tia nhưng yêu cầu nhiều mảng anten hơn. Do đó, anten 5G phải hỗ trợ tối thiểu hai mảng trên mỗi trạm phát sóng, nghĩa là chúng phải hỗ trợ cấu hình 4T4R tối thiểu trên mỗi băng

tần. Chùm búp sóng cung cấp các cấu hình và khả năng khác nhau, mỗi cái phù hợp nhất cho một môi trường nhất định.

1.4. Kết luận chương

Trong chương 1, luận văn đã trình bày tổng quát về mạng 5G và công nghệ định dạng búp sóng.

Các bài toán đề tối ưu cho 5G đang được đặt ra, trong số các bài toán đó có các bài toán liên quan tới việc quản lý và xử lý tín hiệu giữa các búp sóng... việc đưa được các tiêu chuẩn để mang lại quá trình quản lý búp sóng truyền dữ liệu tốt nhất đang được các tổ chức hết sức quan tâm. Kỹ thuật định dạng chùm búp sóng cũng được trình bày tổng quát trong chương 1. Từ đó chúng ta thấy được kỹ thuật định dạng búp sóng đa dạng, có thể sử dụng trong phía phát và thu, tuy nhiên xét theo từng bên sẽ cần sử dụng kỹ thuật định dạng khác nhau, để đạt được tối ưu hiệu năng cũng như chi phí. Định dạng búp sóng là một kỹ thuật quan trọng, đóng góp trong quá trình phát triển mạng 5G. Tuy nhiên, để đảm bảo quá trình này luôn hoạt động tốt, chúng ta sẽ cần phải có các khâu giám sát, đánh giá. Vậy nên kỹ thuật quản lý chùm búp sóng trong mạng 5G sẽ được trình bày trong chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐỊNH DẠNG BÚP SÓNG

2.1. Mô hình hệ thống beamforming

3GPP đã xác định một bộ quy trình quản lý chùm tia cho 5G NR có thể áp dụng cho cả hai phương thức hoạt động:

Chế độ rỗi: Đây là khi UE không có hoạt động truyền dữ liệu. Quản lý chùm tia ở chế độ rỗi sẽ giúp thiết lập một truy nhập ban đầu có định hướng.

Chế độ đã kết nối: Đây là khi quá trình trao đổi dữ liệu tích cực đang diễn ra giữa UE và gNB và UE đang di chuyển trong ô. Trong chế độ này, có nhiều khả năng tín hiệu bị suy giảm nhanh chóng do các đặc tính của mmWave, vì vậy việc quản lý chùm theo thời gian thực sẽ giúp duy trì một liên kết mạnh.

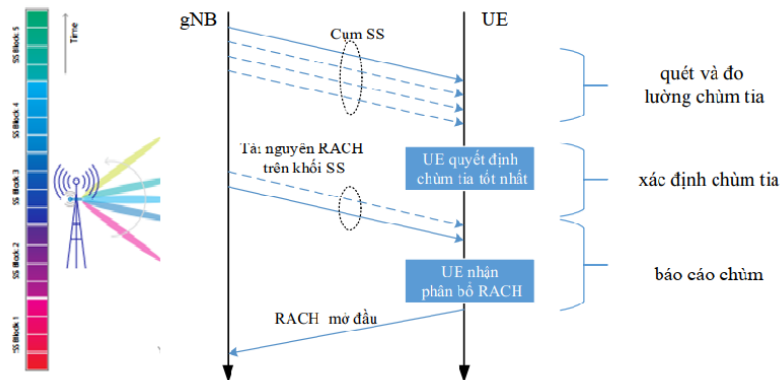
Mô hình hệ thống định dạng búp sóng với các thủ tục quản lý chùm tia bao gồm:

- Quản lý chùm chế độ rỗi.
- Các tín hiệu đồng bộ hóa.
- Quyền truy nhập ban đầu.
- Quản lý chùm chế độ kết nối.

2.1.1. Các thành phần của quản lý chùm tia

Quản lý chùm tia là một tập hợp các thủ tục lớp PHY và lớp MAC để thiết lập và giữ lại một cặp chùm tia tối ưu để có kết nối tốt. Một cặp chùm bao gồm một chùm phát và một chùm tia thu tương ứng theo một hướng liên kết.

Quy trình quản lý chùm tia được sử dụng trong 5G NR để thu nhận và duy trì một tập hợp các chùm TRxP (Transmission Reception Point) hoặc UE có thể được sử dụng để truyền/nhận DL và UL. Biểu đồ dưới đây minh họa ánh xạ chùm Rx sang chùm Tx trong quá trình truy nhập ban đầu trong 5G NR [1].



Hình 2.1 Truy nhập ban đầu trong mạng 5G NR.

2.1.1.1 Chùm tia quét:

Quét tia được sử dụng trong quá trình truy nhập ban đầu của UE để chọn tia tốt nhất. Một gNB truyền chùm tia theo mọi hướng trong một chùm với những khoảng thời gian xác định đều đặn. Bất cứ khi nào một UE đang đồng bộ hóa với mạng, nó sẽ đọc khối tín hiệu đồng bộ hóa (SSB) và trích xuất thông tin sau:

- Tín hiệu đồng bộ sơ cấp (PSS)
- Tín hiệu đồng bộ thứ cấp (SSS)
- Kênh quảng bá vật lý (PBCH) và tín hiệu tham chiếu giải điều chế (DMRS):

2.1.1.2 Phép đo tia:

Đánh giá chất lượng của tín hiệu nhận được tại 5G NodeB (gNB) hoặc UE. UE đo cường độ chùm tia bằng cách đo công suất tín hiệu nhận được. UE tìm kiếm chùm tia tốt nhất theo định kỳ bằng cách sử dụng các tiêu chí ngưỡng được xác định trước do gNB xác định và xác định chùm tia có công suất thu tín hiệu tham chiếu cao nhất (RSRP).

2.1.1.3 Xác định chùm tia:

Lựa chọn các chùm phù hợp, tại gNB hoặc UE. Trong chế độ rỗi, phép đo dựa trên SS (Tín hiệu đồng bộ hóa) và trong chế độ được kết nối, phép đo dựa trên CSI-RS trong DL và SRS trong UL. Cấu hình của số đo CSI-RS như độ lệch chu kỳ và thời gian/tần số có liên quan đến cụm SS liên quan. Chùm tia tốt nhất cần được tìm kiếm định kỳ bằng cách sử dụng kết quả đo SS và CSI-RS. Giống như các khối SS, CSI-RS cũng sẽ được bao phủ bằng kỹ thuật quét chùm, xem xét chi phí bao phủ tất cả các hướng được xác định trước, CSI-RS sẽ chỉ được truyền trong các tập con của các hướng xác định trước đó (chùm), dựa trên vị trí của thiết bị đầu cuối di động đang hoạt động.

SRS trong UL tương tự như thông số kỹ thuật LTE, thiết bị đầu cuối di động sẽ truyền SRS dựa trên các hướng gNB và gNB sẽ đo SRS để xác định chùm UL tốt nhất.

Chùm DL được xác định bởi thiết bị đầu cuối di động, tiêu chí là chùm tia phải được thu với cường độ tín hiệu tối đa trên ngưỡng xác định trước.

2.1.1.4 Báo cáo chùm tia:

Phản hồi của UE về chất lượng chùm và thông tin quyết định tới mạng truy nhập vô tuyến (RAN).

Trong chế độ rỗi, sau khi thiết bị đầu cuối di động đã chọn khối SS (chùm), đối với khối SS đó, có một hoặc nhiều cơ hội RACH được xác định trước với thời gian và tần số và

hướng nhất định (đặc biệt chỉ với khối SS này) để thiết bị di động đầu cuối biết chùm phát (UL) nào để truyền phản mở đầu RACH. Đây là một cách để thiết bị đầu cuối di động thông báo cho gNB rằng cái nào là chùm tốt nhất. GNB (điểm phát/thu, TRP) sẽ được chỉ định cho thiết bị đầu cuối di động trong thông tin hệ thống, có một ánh xạ 1-1 giữa các khối quét tia (khối SS). UE sẽ gửi phản mở đầu PRACH trong khối UL SS tương ứng với khối DL SS trong đó cường độ tín hiệu tốt nhất được phát hiện [6].

Ở chế độ được kết nối (Connected), thiết bị đầu cuối di động sẽ cung cấp phản hồi bằng kênh điều khiển, trong trường hợp liên kết bị lỗi và không thể khôi phục chỉ đường bằng CSI-RS, thiết bị đầu cuối di động sẽ cố gắng khôi phục liên kết bằng cách sử dụng cụm SS.

2.1.1.5 Khôi phục sự cố chùm tia:

Khi thiết bị đầu cuối di động gặp phải tình trạng kênh kém thiết bị đầu cuối di động sẽ yêu cầu khôi phục bằng cách chỉ ra một khối SS mới hoặc CSI-RS, điều này sẽ được thực hiện bằng cách bắt đầu quy trình RACH. gNB sẽ truyền một lệnh gán DL hoặc cấp UL trên PDCCH để kết thúc quá trình khôi phục sự cố chùm.

UE chọn chùm tốt nhất tiếp theo để gửi trong phản mở đầu truy nhập ngẫu nhiên (RA) khi lỗi chùm xảy ra. Nếu lần thử RA đầu tiên không thành công, nó sẽ quét sang một chùm khác cho một quy trình RA khác. Phản mở đầu RA được gửi trong PRACH. Cuối cùng, UE nhận được phân bổ tài nguyên đường xuống và cấp đường lên trên kênh điều khiển đường xuống vật lý (PDCCH).

2.1.2. Quản lý chùm tia trong mạng 5G

2.1.2.1 Quyền truy cập ban đầu (IA):

Thu thập chùm tia ban đầu là quá trình mà thông tin phát sóng và đồng bộ hóa được thu thập bởi UE ngay sau khi bật nguồn. Nó dựa trên quét tia (bởi cả trạm gốc và UE). Các thông tin được UE thu nhận là các tín hiệu đồng bộ hóa và khối thông tin chính. Các tín hiệu đồng bộ hóa bao gồm Tín hiệu đồng bộ hóa chính (PSS) và Tín hiệu đồng bộ hóa phụ (SSS) và giúp UE thu được thời gian của khung, khung con và ký hiệu cũng như nhận dạng ô vật lý. Khối thông tin chính (MIB) chứa Số khung hệ thống và các thông tin hệ thống hữu ích. Điều cần thiết cho hoạt động của UE là phải thu thập được thông tin này một cách chính xác. Thông tin này được gửi dưới dạng các khối dữ liệu được chỉ định trước được gọi là khối SS/PBCH. Con số kích thước, nội dung và vị trí của các khối dữ liệu này là cố định.

Trong quá trình quét chùm, một khối SS/PBCH được truyền bằng cách sử dụng một chùm theo một hướng và sau đó khối tiếp theo được truyền đến một hướng khác bằng cách sử dụng một chùm khác, ... do đó gửi một cách hiệu quả thông tin truyền phát này đến tất cả các phần của ô. Tổng số khối SS và tổng số cơ hội để gửi chúng được xác định bởi 3GPP. Ngoài ra, những cơ hội này được lặp lại sau một khoảng thời gian nhất định và khoảng thời gian này cũng được cố định bởi thông số kỹ thuật 3GPP, tối thiểu là nửa khung hình vô tuyến (5ms). Khoảng thời gian được phép cho số lần lặp lại của các cơ hội khối SS là 5, 10, 20, 40, 60, 80, 160 ms. Tổng thời gian mà UE thực hiện để có được một cặp chùm tia tối ưu là một hàm của tổng thời gian quét chùm tia đối với quét tia thu UE và tính tuần hoàn của khối SS [1].

2.1.2.2 Tín hiệu tham chiếu trạng thái thông tin đường xuống:

Thông tin trạng thái kênh (CSI) là một cơ chế mà UE sử dụng một tập hợp các tín hiệu tham chiếu để đo lường và báo cáo trở lại điều kiện kênh.

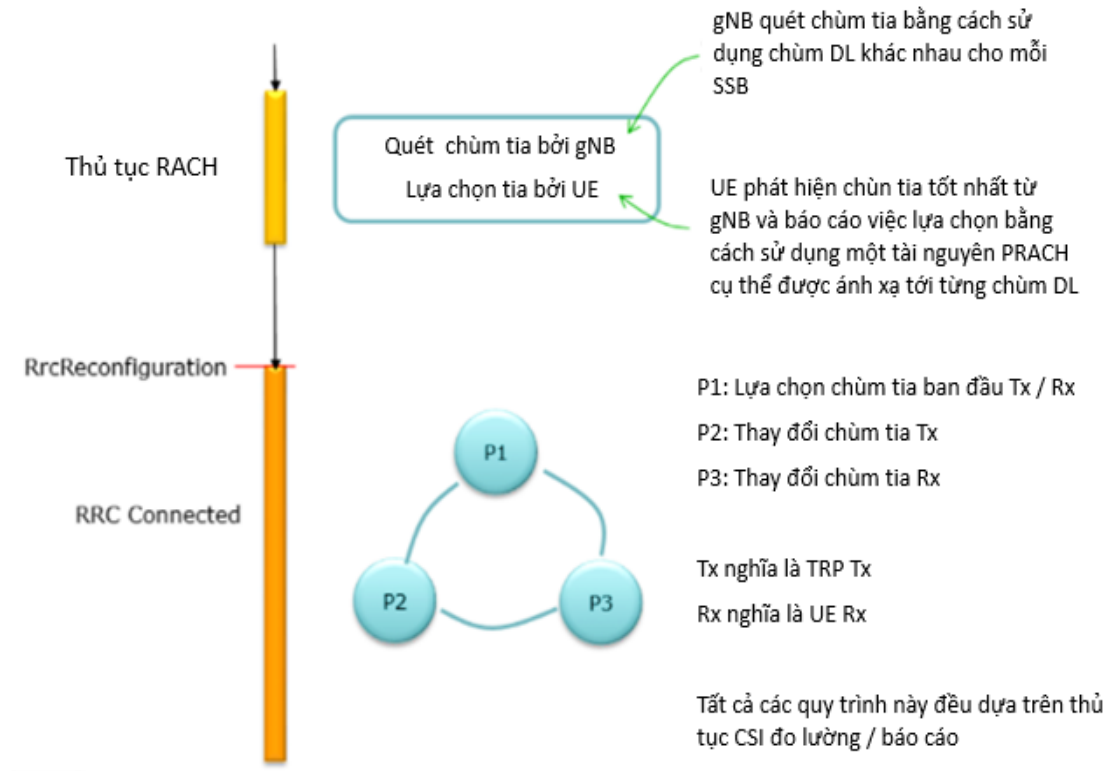
2.1.2.3 Tín hiệu tham chiếu thăm dò đường lên:

UE truyền tín hiệu tham chiếu thăm dò UL là SRS được sử dụng để giám sát chất lượng kênh đường lên. Quá trình truyền được lập lịch bởi gNB, gNB cũng báo hiệu tài nguyên và hướng để truyền SRS của nó cho UE. Từ đó, UE có thể quản lý được chùm búp sóng có cấu hình với nhiều SRS.

CSI – RS trong quá trình điều chỉnh chùm búp sóng là một tín hiệu tham chiếu đường xuống đặc biệt và linh hoạt cung cấp thông tin phong phú về kênh vô tuyến. Công suất thu được, chất lượng tín hiệu, nhiễu và các đề xuất về tiền mã hóa là một trong những thông tin có thể được suy ra từ CSI– RS.

2.2. Thiết lập các tham số mạng 5G trong quản lý chùm tia chế độ kết nối

Bây giờ, với các cơ chế của phép đo được xác định, 3GPP đã đề xuất thêm ba cách quản lý chùm DL L1/L2, các thủ tục thường được gọi là P-1, P-2 và P-3. Đây là một tập hợp các quy trình quản lý chùm tia để cho phép UE để nhận biết tốt hơn chùm (dữ liệu) đường xuống khi ở trạng thái kết nối. Các thủ tục này hướng dẫn UE kích hoạt một số các phép đo chùm TRP, để lựa chọn và tinh chỉnh. Khái niệm này tương tự như các phép đo UE kích hoạt các sự kiện, cần thiết cho việc chuyển giao và chọn lại ô. Tuy nhiên, ở đây nó có nghĩa là giữ cho chùm tia tối ưu được chọn, vì UE chuyển vùng trên RAN.



Hình 2.2 Quản lý chùm tia trong quá trình RACH và sau khi kết nối cuộc gọi.

Quy trình P1: Quét tia dựa trên SSB

Tập trung vào việc thu ban đầu dựa trên SSB cho một UE ở chế độ rỗi. Trong quá trình thu ban đầu, quá trình quét chùm tia diễn ra ở cả đầu truyền và đầu nhận để chọn cặp chùm tia tốt nhất dựa trên các phép đo RSRP. Nói chung, các chùm được chọn rộng và có thể không phải là một cặp chùm tối ưu cho việc truyền và nhận dữ liệu. Sau khi được kết nối, các chùm được tinh chỉnh thêm bằng cách sử dụng CSI-RS (cho đường xuống) và SRS (cho đường lên), được mô tả trong phần tiếp theo [1].

Quy trình P2: Tinh chỉnh chùm tia phát cuối dựa trên CSI-RS

Quy trình này tập trung vào việc tinh chỉnh chùm tia ở đầu phát, trong đó quá trình quét chùm xảy ra ở đầu phát bằng cách giữ cố định chùm thu. Quy trình này dựa trên CSI-RS công suất không - 0 để tinh chỉnh chùm tia phát cuối đường xuống và SRS để tinh lọc chùm tia phát cuối đường lên. P-2 được thực hiện khi kết nối ban đầu và liên kết cặp chùm đã được thiết lập. Đây là một quy trình tinh chỉnh chùm tia để cải thiện hơn nữa kết nối.

Quy trình P3: Tinh chỉnh chùm tia thu cuối dựa trên CSI-RS

Quy trình P-3 tập trung vào việc điều chỉnh chùm tia ở đầu nhận, trong đó quá trình quét tia xảy ra ở đầu nhận với chùm tia phát hiện tại. Quá trình này nhằm mục đích tìm ra chùm thu tốt nhất, có thể là chùm láng giềng hoặc tinh chỉnh chùm tia.

2.2.1. Theo dõi chùm tia

UE cũng có thể kích hoạt các cơ chế để phục hồi sau sự cố chùm tia. Mạng cấu hình rõ ràng UE với các tài nguyên để truyền tín hiệu UL cho mục đích khôi phục. Truyền UL/tài nguyên cần thiết để báo cáo lỗi chùm tia có thể được đặt trong cùng một phiên bản thời gian với PRACH hoặc tại một phiên bản thời gian có thể định cấu hình UE. Truyền tín hiệu DL là được hỗ trợ, cho phép UE giám sát các chùm và xác định các chùm tiềm năng mới.

2.2.2. Chuyển đổi/Phục hồi chùm tia sóng

Chuyển mạch chùm tia là quá trình mà UE và trạm gốc theo dõi chùm tia tốt nhất để truyền dữ liệu đơn hướng và để đảm bảo rằng UE chuyển sang chùm tốt nhất này để có dữ liệu liên tục thu nhận thành công.

Khôi phục chùm tia là quá trình mà UE có thể phục hồi từ tình huống khi phân phát chùm tia hiện tại giảm xuống dưới ngưỡng đủ nhanh để không thể thực hiện chuyển đổi chùm tia, bao gồm hai bước: Phát hiện lỗi chùm tia và yêu cầu khôi phục.

Khi phát hiện lỗi, nếu UE tìm thấy khối SS mới có chỉ số chất lượng cao hơn ngưỡng đã định cấu hình, UE truyền kênh truy nhập ngẫu nhiên vật lý dựa trên tranh chấp (PRACH)(Msg-1) có tài nguyên được ánh xạ tới khối SS mới. Trong Msg-2/Msg-3 và sau đó thu/phát, gNB thay thế chùm tia cũ bằng chùm tia mới được xác định [6].

2.3. Kết luận chương

Trong chương 2, luận văn đã trình bày các nội dung liên quan đến ba quá trình quản lý chùm búp sóng trong 5G.

Đầu tiên là quá trình thiết lập chùm ban đầu, đây là một quy trình lớn bao gồm nhiều bước bên trong. Các bước cũng lần lượt được trình bày trong luận văn. Trong đó có quá trình truy nhập ban đầu là một bước quan trọng trong giai đoạn thiết lập chùm ban đầu. Tiếp theo là đến quá trình điều chỉnh chùm, đây là quá trình diễn ra sau khi thực hiện xong thiết lập chùm ban đầu. Với mục đích giám sát, điều chỉnh các chùm búp sóng luôn hoạt động tốt trong môi trường luôn thay đổi, quá trình này đảm bảo đường truyền giữa bên phát và bên thu luôn ổn định trong bất cứ điều kiện nào. Trước khi tìm hiểu về quá trình điều chỉnh chùm búp sóng, chương này trình bày các nội dung về các chỉ báo chùm và CSI-RS để hiểu sâu hơn các khía cạnh liên quan đến quá trình này. Điều chỉnh chùm có thể diễn ra cả ở phía phát và phía thu theo cả hai đường lên và xuống. Cuối cùng là quá trình khôi phục liên kết. Chương cuối trình bày phương pháp cải thiện hiệu năng quản lý chùm búp sóng trong 5G.

CHƯƠNG 3. CẢI THIỆN HIỆU NĂNG QUẢN LÝ BÚP SÓNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÌNH HỌC

3.1. Kỹ thuật định dạng búp sóng bằng phương pháp hình học

3.1.1. Mô hình mạng

Mô hình mạng di động Poisson với định hướng chùm tia tới MT, mỗi BS có $2^3 = 8$ chùm tia (tức là với $n = 3$). Một mạng di động đường xuống, nơi các vị trí BS được mô hình hóa như một quá trình điểm Poisson đồng nhất (PPP) $\Phi \subset \mathbb{R}^2$ với cường độ λ . Giả sử rằng một MT có hướng chuyển động trên một đường thẳng có hướng ngẫu nhiên với tốc độ v . Không mất tính tổng quát, nhờ tính đẳng hướng và tính đứng yên của PPP, đường chuyển động MT này có thể được coi là dọc theo trục x và đi qua gốc tọa độ. Với giả thiết mỗi BS luôn có MT để phục vụ. Ngoài ra, một BS phục vụ một MT tại một thời điểm cho mỗi khối tài nguyên. Một MT tự liên kết với BS gần nhất. Giả sử rằng mỗi BS có 2^n chùm với $n \in \mathbb{N}$, tương ứng với 2^{n-1} biên chùm. Do đó, độ rộng chùm tia cho một BS là:

$$\varphi_n = \frac{2\pi}{2^2} = \frac{\pi}{2^{n-1}} \quad (3.1)$$

3.1.2. Các thông số hiệu năng của hệ thống quản lý búp sóng

Với mô hình hệ thống quản lý búp sóng học viên sẽ sử dụng các tham số dưới đây để áp dụng tính toán và phân tích hiệu năng của phương pháp quản lý búp sóng được triển khai trong chương 3 như sau:

Bảng 3.1 Các tham số sử dụng trong phân tích hiệu năng hệ thống

Ký hiệu tham số	Ý nghĩa
λ	Cường độ BS
v	Vận tốc MT
c	Tốc độ ánh sáng
2^n	Số lượng búp sóng tại BS
2^k	Số lượng búp sóng tại MT
τ	Chu kỳ SSB
φ_n	Bảng thông tại BS
μ_c	Thời gian khi chuyển đổi BS

μ_b	Độ hiệu quả của loại bỏ chùm tia
$\mu_{t,b}$	Thời gian của chùm tia dựa trên hình học sự lựa chọn lại
$\mu_{s,b}$	Độ tuyến tính của sự lựa chọn búp sóng dựa trên hình học
p_{bm}^{BS}	Xác suất lệch búp sóng tại BS
p_{bm}^{MT}	Xác suất lệch búp sóng tại MT
p_{sw}	Xác suất chuyển đổi búp sóng
T_{st}	Thời gian lưu trữ dựa trên hình học
$T_{eff,st}$	Thời gian lưu trữ hiệu quả
T_o	Chi phí thời gian trung bình trên một đơn vị thời gian
T_b	Chi phí lựa chọn lại búp sóng
T_c	Chi phí bàn giao ô

3.2. Hệ thống quản lý búp sóng trong mạng 5G bằng phân tích hình học ngẫu nhiên

3.2.1. Lựa chọn chùm tia

Xác suất lệch chùm tia giữa chùm tia của BS và MT do tính di động của MT giữa hai sự kiện đo chùm liên tiếp. Tại một thời điểm nhất định, xác suất lệch chùm tia p_{bm}^{BS} tại BS phụ thuộc vào tốc độ v của MT, khoảng thời gian τ giữa hai SSB và khoảng cách trung bình giữa hai ranh giới chùm BS liên tiếp. Một công thức dưới đây tính xác suất lệch chùm tia tại BS do tính di động của MT trong mô hình mạng. Đánh giá xác suất p_{bm}^{BS} với MT nằm ngoài búp sóng chính của chùm tham chiếu bằng [9]:

$$p_{bm}^{BS} = 1 - \exp\left(-\frac{v\tau}{1/\mu_{s,b}}\right) \quad (3.4)$$

Trường hợp lệch chùm ở phía BS sử dụng một công thức tương tự để tính xác suất p_{bm}^{MT} của lệch chùm ở phía MT như sau:

$$p_{bm}^{MT} = 1 - \exp\left(-\frac{v\tau}{1/\mu_{s,m}}\right) = 1 - \exp\left(-\frac{2^k \sqrt{\lambda} v\tau}{\pi}\right) \quad (3.5)$$

trong đó $1/\mu_{s,m} = \frac{\pi}{2^k \sqrt{\lambda}}$ là khoảng cách trung bình giữa hai ranh giới chùm tia MT liên tiếp.

a/ Lựa chọn búp sóng trong quá trình bàn giao BS:

Khi MT thực hiện chuyển giao BS, một chùm tia được chọn với BS mới cũng như MT điển hình. Cường độ tuyến tính của các giao cắt ranh giới ô (tức là các giao cắt BS) là:

$\mu_{s,c} = \frac{4\sqrt{\lambda}}{\pi}$. Do đó, thời gian của BS chuyển giao (hoặc lựa chọn chùm tương đương) là:

$$\mu_c = \frac{4\sqrt{\lambda}}{\pi} v \quad (3.6)$$

b/ Lựa chọn lại búp sóng trong ô:

Tính toán số lượng trung bình loại bỏ chùm tia mà MT điển hình thực hiện trên mỗi đơn vị độ dài và thời gian của việc cắt bỏ chùm tia, tức là tốc độ trung bình của việc loại bỏ búp sóng. Đối với chùm tia 2^n tại BS và PPP có giá trị λ , độ tuyến tính $\mu_{s,b}$ của sự chọn lại chùm dựa trên hình học đối với MT điển hình chuyển động trên một đường thẳng với tốc độ v là $\frac{2^k\sqrt{\lambda}}{\pi}$, trong khi khoảng thời gian $\mu_{t,b}$ là:

$$\mu_{t,b}(n) = \frac{2^n\sqrt{\lambda}}{\pi} v. \quad (3.7)$$

3.2.2. Hiệu quả của việc lựa chọn lại chùm tia

Tần suất chọn lại chùm tia trong một ô bằng cách lấy có tính đến hình học và thiết kế hệ thống. Nó xác định chi phí thời gian liên quan đến chùm sự lựa chọn lại. Hiệu quả của việc lựa chọn lại chùm tia phụ thuộc vào thời gian lưu trú hiệu quả. Khoảng thời gian này được tính trung bình trong đó MT đã chọn bất kỳ chùm BS phân phối nhất định nào.

Hệ quả 1: Khi tính đến số lượng trung bình của các lần chọn lại chùm dựa trên hình học bị bỏ qua giữa hai SSB liên tiếp, thời gian hiệu quả của việc chọn lại chùm sẽ trở thành:

$$\mu_b(n) = \frac{1}{\max(\tau, \frac{1}{\mu_{t,b}(n)}}. \quad (3.8)$$

trong đó τ là chu kỳ SSB.

Hệ quả 2: Các hình học dựa trên thời gian lưu trú của $T_{s,t}$ của MT định nghĩa là thời gian trung bình dành bởi MT bên trong búp sóng chính của chùm tia đơn giản là nghịch đảo của cường độ thời gian $\mu_{t,b}$, tức là:

$$T_{st} = \frac{1}{\mu_{t,b}} = \frac{\pi}{2^n\sqrt{\lambda} v} \quad (3.9)$$

Hệ quả 3: Thời gian lưu trú hiệu quả $T_{eff,st}$ được định nghĩa là thời gian trung bình mà MT được kết nối với một chùm BS là:

$$T_{eff,st} = \frac{1}{\mu_b(n)} = \max\left(\tau, \frac{1}{\mu_{t,b}(n)}\right) \quad (3.10)$$

3.2.3. Xác suất chuyển đổi chùm tia

Khai thác các thuộc tính của PPP để mô hình hóa các vị trí BS, để xác suất hiện tại và các BS phục vụ tiếp theo nằm trong các chùm khác nhau có thể được tính toán. Đặc biệt, khi có 2^k chùm tại MT điển hình với các búp chính được định hướng đồng nhất một cách hướng ngẫu nhiên và bao phủ tất cả các hướng, xác suất chuyển đổi chùm tia là:

$$p_{sw} = \frac{\pi}{2^k} \sin \frac{2^k}{\pi}, \quad k \geq 1. \quad (3.11)$$

Ngoài ra, chỉ một phần p_{sw} của chuyển giao BS yêu cầu chuyển đổi chùm búp sóng. Do đó, tổng chi phí trung bình trên một đơn vị thời gian có thể được cung cấp bởi [9]:

$$T_o(n) = 2^k \mu_b(n) T_b + (p_{sw} 2^k + 1 - p_{sw}) \mu_c T_c \quad (3.12)$$

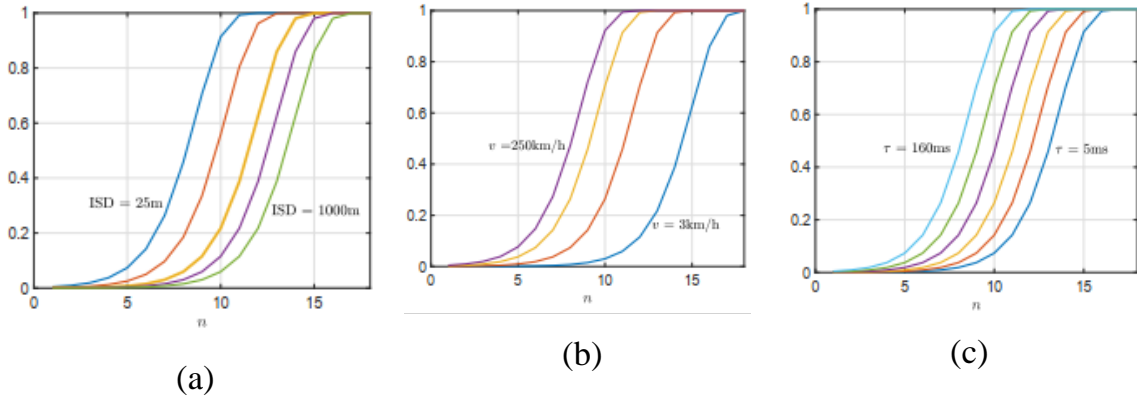
3.3. Đánh giá hiệu năng hệ thống

3.3.1. Tạo các búp kỹ thuật số với OFDM: Các đỉnh tín hiệu cao làm biến dạng chùm búp sóng

Học viên sử dụng mô phỏng này để cho thấy hiệu ứng động của các điểm phi tuyến TX làm suy giảm chất lượng chùm tia cuối cùng trên tín hiệu dải động cao, sử dụng các đường kết nối vô tuyến.

Hình 3.5 cung cấp một cái nhìn chung về tác động của truyền thông định hướng từ các khía cạnh của cả trạm thu phát và thiết bị đầu cuối. Cụ thể, nó cung cấp số lượng chùm tia tối ưu tại trạm cũng như thiết bị đầu cuối sử dụng tối ưu hóa. Đối với trường hợp LO, số lượng tối ưu của tia ở thiết bị đầu cuối là $2^8 = 256$, còn tia ở trạm là $2^6 = 64$. Điều này là do thực tế rằng, trường hợp LO chi phí thời gian không tăng theo số lượng chùm tại thiết bị đầu cuối. Vì vậy, tốt hơn là tăng số lượng chùm tia ở thiết bị đầu cuối thay vì ở trạm thu phát để đạt được đủ độ lợi chùm tia. Tuy nhiên, tác động tiêu cực của việc tăng khả năng lệch chùm tia cuối cùng chiếm ưu thế, điều này làm giảm ASE hiệu quả sau khi tăng số lượng chùm vượt quá 256 ở thiết bị đầu cuối. Mặt khác, số lượng chùm tia tối ưu tại thiết bị đầu cuối giảm xuống 4 đối với trường hợp FO do sự gia tăng tỷ lệ thuận trong chi phí thời gian với số lượng chùm búp sóng ở thiết bị đầu cuối như hình 3.6.

3.3.1. Xác suất sai lệch chùm tia tại BS và chi phí thời gian



Hình 3.1 Ảnh hưởng của ISD, tốc độ MT và tuần hoàn SSB đến xác suất của chùm tia lệch lạc tại BS.

Hình 3.7 mô tả xác suất lệch chùm tia p_{bm}^{BS} như thế nào tại BS đối với ISD, tốc độ v của MT và chu kỳ tuần hoàn SSB là τ dưới dạng hàm của 2^n chùm tia tại BS. Như mạng trở nên dày đặc hơn với sự giảm ISD, p_{bm}^{BS} tăng vì kích thước ô trung bình giảm, do đó làm tăng cơ hội MT di chuyển trong phạm vi của chùm giữa hai SSB liên tiếp mà không thực hiện chọn lại chùm. Vì vậy, đối với mạng 5G NR dày đặc, chẳng hạn như với ISD = 25m, có số lượng chùm tia lớn tại BS có thể không mang lại nhiều lợi thế vì độ lợi tạo chùm nhanh chóng bị chi phối bởi âm tác động của sự lệch chùm khi n tăng lên. Ngoài ra, MT di chuyển càng nhanh, càng cao cơ hội mà MT di chuyển trong vùng phủ của chùm tia mới giữa hai SSB liên tiếp mà không cần thực hiện chọn lại chùm (hình 3.7b). Cuối cùng, hình 3.7c cho thấy rằng việc tăng tính định kỳ của SSB dẫn đến khoảng thời gian dài hơn giữa hai lần bùng nổ SSB liên tiếp, do đó p_{bm}^{BS} tăng ở BS. Một phân tích tương tự có thể được thực hiện để phân tích tác động của ISD, tốc độ MT và chu kỳ SSB về xác suất lệch chùm tia ở MT.

3.3.2. Ảnh hưởng của số chùm tia tại MT

Hình 3.9 mô tả đối với các ISD khác nhau, sự cân bằng hệ thống liên quan với máy đầu cuối định hướng và ảnh hưởng của số lượng chuỗi xử lý băng tần cơ sở. Chi phí thời gian cho giới hạn trường hợp trong không khí và máy đầu cuối đa hướng giống nhau và nhỏ hơn khi so sánh đối với trường hợp tổng chi phí xác suất (PO) và toàn bộ chi phí (FO), với trường hợp FO dẫn đến chi phí thời gian cao nhất.

Hình 3.9 mô tả với $v = 30 \text{ km/h}$ và ISD = 75 m. Cụ thể, hình 3.9 và hình 3.10 so sánh hiệu suất của MT định hướng với 2 chùm tia và 4 chùm tia (tương ứng với $k=1$ và $k=2$) với MT đa hướng. Đối với trường hợp LO, mức tăng định dạng chùm bổ sung do nhiều chùm

hướng tại MT luôn chiếm ưu thế so với trường hợp MT đa hướng, như thời gian vượt quá do nhiều chùm tia tại MT không đổi đối với trường hợp LO không phân biệt trong số 2^k của chùm tia tại MT. Nói cách khác, với mọi giá trị của n , trường hợp LO với 4 chùm tia tại MT hoạt động tốt nhất và trường hợp LO với 2 chùm tia hoạt động tốt hơn trong trường hợp MT đa hướng. Mặc dù xác suất lệch chùm tia tại MT tăng theo k .

Mặt khác, đối với trường hợp FO, chi phí thời gian tăng tỷ lệ thuận với 2^k chùm tại MT cũng như 2^n chùm ở BS. Vì vậy, sau một giá trị nhất định của n , độ lợi tạo tia tại MT cuối cùng bị chi phối bởi tăng chi phí thời gian và xác suất lệch chùm tia ở cả MT và BS. Ngoài ra, đối với trường hợp FO, khi 2^n chùm tia tại BS đủ lớn lợi thế của hướng giao tiếp tại MT biến mất do tổng thời gian tăng lên và đa hướng tiếp nhận tại MT dẫn đến ASE hiệu quả hơn. Giá trị tối ưu của n đạt giá trị cực đại hiệu suất ASE giảm khi tăng k để cân bằng giữa tác động tích cực của việc tạo chùm tia và tác động tiêu cực của việc tăng chi phí thời gian và tăng xác suất lệch chùm tia. Đối với một số chùm tia đã cho tại MT, tức là đối với k cố định, trường hợp PO mang lại lợi thế hơn trường hợp FO do số lượng chuyển mạch chùm nhỏ hơn tại MT đối với tập hợp các tham số mạng nhất định.

Để xác định ảnh hưởng của độ mờ dần đến hiệu suất, học viên so sánh hai mô hình giảm dần: Rayleigh và Nakagami. Như thể hiện trong hình 3.10 với $v = 30$ km/h và $ISD = 250$ m, cả hai mô hình đều có cùng hiệu suất ASE, cho số lượng chùm tia khác nhau tại BS và MT, ISD . Mô tả hình 3.10 cho thấy ảnh hưởng của ISD đối với MT định hướng giống như đối với MT đa hướng. Đối với hướng trường hợp MT, trường hợp FO với 4 chùm ở MT ($k = 2$) bắt đầu hoạt động kém hơn so với trường hợp FO với 2 chùm tại MT ($k = 1$) và MT đa hướng, dịch chuyển về phía phải với sự gia tăng ISD khi ảnh hưởng của độ lợi định dạng chùm tăng lên do kích thước ô trung bình lớn hơn.

3.3.3. Hiệu suất phổ tổng thể

Hiệu suất phổ của một hệ thống vô tuyến được xác định với tốc độ dữ liệu là 15Mbps và băng thông là 2MHz thì hiệu suất phổ của hệ thống được đo lường như sau:

$$\text{Hiệu suất phổ} = \frac{\text{Tốc độ dữ liệu}(\frac{\text{bits}}{s})}{\text{Băng thông} (Hz)} = \frac{15Mbps}{2MHz} = 7.5(\frac{\text{bits}}{s}/Hz) \quad (3.13)$$

Định dạng búp sóng cải thiện hiệu suất phổ của kênh giữa trạm gốc và người dùng theo nhiều cách khác nhau như:

- Kiểm soát công suất của tín hiệu đường xuống và đường lên dựa trên góc đến hoặc hướng đến.
- Sử dụng thông tin của trình tự đào tạo.

- Cải thiện chất lượng tín hiệu bằng định dạng búp sóng bởi ngăn chặn nhiễu vì vậy cải thiện tỉ số tín hiệu trên nhiễu tốt hơn.
- Hệ thống MIMO với các anten định dạng búp sóng ở trạm gốc có thể cải thiện dung lượng hệ thống và hiệu suất phổ nhờ tiền mã hóa mạch lạc.
- Tốc độ dữ liệu của hệ thống có thể được cải thiện bởi định dạng búp sóng vì tốc độ tải xuống và tải lên phụ thuộc vào độ lợi anten.

3.3.4. Hiệu suất mạng cho sự kết hợp của các MT

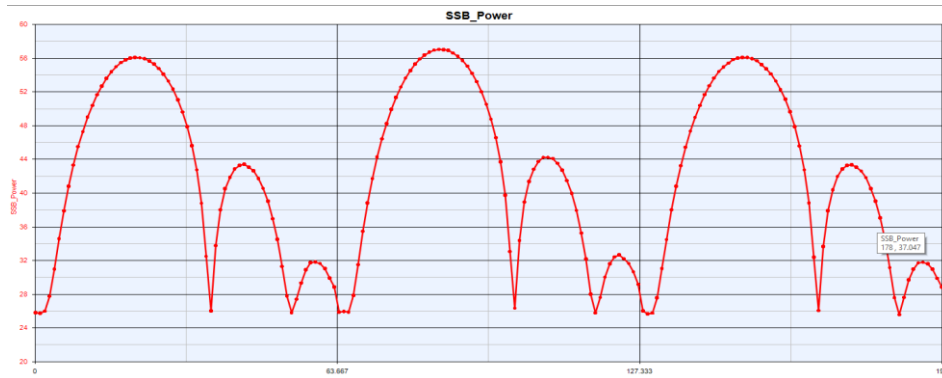
Cụ thể, đối với trường hợp LO, hiệu suất ASE của MT mạng đồng nhất với 4 chùm bị mất nếu các loại MT khác được thêm vào mạng đó. Kết quả dự là MT có 2 chùm tia và MT đa hướng đạt được dạng chùm nhỏ hơn đạt được, trong khi chi phí thời gian do nhiều chùm tia tại MT vẫn giữ nguyên không phân biệt loại MT. Mặt khác, đối với trường hợp FO, thiết kế của mạng phức tạp.

Hình 3.13 mô tả lại hiệu suất tổng thể của mạng bao gồm sự kết hợp của các MT trong đó 60% số MT chuyển động với vận tốc 3 km/h, còn 40% chuyển động với vận tốc 30 km/h. Với mỗi loại MT mang tốc độ, 60% số MT là đa hướng, 30% số MT có 2 chùm, và 10% số MT có 4 chùm. Trong một mạng lưới như vậy, $2^9 = 512$ chùm được yêu cầu tại BS để tối đa hóa hiệu suất phổ vùng ASE cho trường hợp LO, trong khi $2^8 = 256$ chùm tia là đủ cho trường hợp FO. Lưu ý rằng, mặc dù tổng chi phí thời gian lớn trong trường hợp FO so với trường hợp LO, hiệu suất ASE tối ưu đạt được trong trường hợp cũ ($137,9 \text{ nats/s/Hz/km}^2$) gần với giá trị đó trong trường hợp thứ hai ($142,3 \text{ nats/s/Hz/km}^2$). Trường hợp FO đã làm giảm độ phức tạp phần cứng so với trường hợp LO.

3.3.5. Đánh giá mức thu các búp sóng trên đường xuống của mạng 5G

5G đang là một trong những công nghệ được cả thế giới quan tâm tới, cũng như đề cập ở chương 1 hệ thống búp sóng cũng được coi là hệ thống nền tảng để phát triển hệ thống 5G. Học viên sử dụng trường hợp này xây dựng mô phỏng đầu cuối tới đầu cuối để thu nhận chùm đường xuống của mạng 5G dựa trên các khối SS/PBCH trong dải tần số FR2. Trong mô phỏng cấu trúc mảng theo từng giai đoạn khác nhau ở cả phía phát và phía thu và kiểm tra hiệu suất thu nhận chùm tia.

Dựa vào đồ thị công suất của các khối SSB sau khi mô phỏng để nhận thấy rằng công suất của các khối SSB là khác nhau với từng búp sóng khác nhau.



Hình 3.2 Công suất trên các khối SSB.

3.4. Kết luận chương

Trong chương 3 đặt ra được bài toán kỹ thuật định dạng búp sóng. Ở đây cụ thể là định dạng cho một búp sóng, hai búp sóng và từ đó phát triển lên hệ thống cục bộ với nhiều búp sóng. Do vậy, xác định rõ được vai trò của hệ thống quản lý búp sóng giúp lựa chọn và chuyển giao chùm búp sóng mang lại cường độ hiệu quả nhất trong các trường hợp giả thuyết được đề ra. Các biểu thức này sau cho phép đánh giá hiệu quả mức thu búp sóng trong mạng 5G. Từ đó xem xét tính trung bình trên tất cả người dùng của một mạng lớn, khi tính đến cả ưu điểm của mật độ chùm tia về mặt cải thiện SINR, và nhược điểm của nó về tổng chi phí chuyển giao mà người dùng di động phải chịu khi họ chuyển đổi chùm hoặc ô. Đối với kịch bản ô pico/macro đô thị dày đặc ở dải tần dưới 6 GHz và mmWave, khung ghi lại chính xác sự cân bằng hệ thống giữa các ISD, mật đường, can thiệp, và báo hiệu trên cao do quản lý chùm tia. Điều này cũng cho thấy rằng hình học ngẫu nhiên mô hình có thể hiệu quả để tiến hành phân tích mức hệ thống của các mạng truy nhập vô tuyến dựa trên chùm chẳng hạn như 5G NR.

Với kết quả của mô phỏng và đánh giá nhận thấy 5G với các kiến trúc định dạng búp sóng mang lại hiệu suất vượt trội so với 4G. Qua đó có thể thấy rằng khi kỹ thuật định dạng búp sóng được áp dụng cho 5G và khi 5G được triển khai phổ biến, phù hợp nhất đối với triển khai trong thực tế. Chất lượng các dịch vụ và trải nghiệm người dùng sẽ tăng lên rất cao so với 4G. Học viên nhận thấy phương pháp quản lý búp sóng bằng phương pháp hình học có thể áp dụng cho nhiều hệ thống tập trung vào chùm tia có liên quan như IEEE 802.11ax / Wi-Fi 6. Kết quả cho thấy mối quan hệ phụ thuộc lẫn nhau giữa các tham số hệ thống và tối ưu tham số nhằm đạt được hiệu năng cao nhất.

KẾT LUẬN

Trong quá trình nghiên cứu, tìm hiểu và hoàn thành đề tài luận văn tốt nghiệp “Đánh giá cải thiện hiệu năng hệ thống quản lý chùm sóng trong mạng 5G bằng phương pháp hình học” học viên đã được tiếp cận với nhiều thuật toán cũng như công nghệ mới hỗ trợ cho hệ thống 5G hiện nay.

Luận văn này đã trình bày toàn bộ lý thuyết về hệ thống quản lý chùm sóng trong mạng 5G. Luận văn đã đặt ra mô hình hệ thống định dạng chùm sóng trong mạng 5G. Hệ thống rõ ràng với các thành phần của việc quản lý chùm tia, bắt đầu thủ truy nhập ban đầu, phép đo và xác định chùm, báo cáo chùm, lựa chọn hoặc khôi phục chùm sóng dựa trên tín hiệu SSB. Trên cơ sở lý thuyết đó, học viên đã tìm hiểu được phương pháp giúp quản lý chùm sóng một cách hiệu quả nhất. Học viên xin đề xuất phát triển một phương pháp toán học cho vấn đề quản lý chùm tia trong mạng 5G. Sử dụng các công cụ được thiết lập từ hình học ngẫu nhiên, học viên nhận thấy việc tối ưu hóa được phương pháp hình học sẽ mang lại số lượng chùm tia tại BS và MT nhằm tối đa hóa hiệu suất ASE của đường xuống. Việc tối ưu hóa cho phép phân tích hệ thống về việc triển khai 5G dựa trên các thông số đầu vào. Đặc biệt, nó tính đến tốc độ trung bình của các thiết bị đầu cuối, lệch chùm do tính di động, lựa chọn chùm dựa trên hình học trong quá trình chuyển giao BS và chọn lại chùm trong một ô, và chi phí thời gian liên quan đến các lựa chọn lại chùm sóng. Là một phần của quá trình tính toán ASE, học viên xác định và đánh giá nhiều chỉ số hiệu suất mới và cơ bản.

Với giải pháp này hoàn toàn có thể áp dụng cho các hệ thống 5G thực tế từ đó sẽ giúp nâng cao khả năng xử lý của hệ thống. Đặc biệt là các hệ thống 5G của Việt Nam do các doanh nghiệp nghiên cứu và phát triển. Luận văn vẫn còn những sai sót trong quá trình nghiên cứu cũng như quá trình mô phỏng và đưa ra kết quả. Học viên rất mong nhận được lời góp ý bổ ích từ phía các thầy cô để luận văn có thể hoàn thiện hơn nữa. Một lần nữa em xin gửi lời cảm ơn thầy giáo TS. Nguyễn Viết Minh, người đã trực tiếp hướng dẫn em thực hiện đề tài này. Em cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các thầy cô giáo và các bạn bè đã giúp em trong quá trình học tập và làm luận văn tốt nghiệp.

DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 3GPP Technical Specification 38.802 (Release 14) - *Beam Management Procedure for NR MIMO*, www.3gpp.org
- [2] 3GPP R1-166389. 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #86 - *Beam Management in Millimeter Wave Systems*
- [3] Bulletin of telecom technology, (2018), “Evolution of Mobile Communications (4G and 5G).
- [4] M. Di Renzo, (2015), “Stochastic geometry modeling and analysis of multi-tier millimeter wave cellular networks,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, no. 9, pp. 5038-5057.
- [5] M. P. A. R. D. C. a. M. Z. Marco Giordani, “Standalone and Non-Standalone Beam Management for 3GPP NR at mmWaves,” *IEEE Communications Magazine*, April 2019.
- [6] M. Giordani, M. Polese, A. Roy, D. Castor, and M. Zorzi, (2019), “A tutorial on beam management for 3GPP NR at mmWave frequencies,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 21, no. 1, pp. 173-196, First quarter 2019.
- [7] Samir Ahmed, “Beamforming Management and beam training in 5G System”, 2019.
- [8] S. S. Kalamkar, F. M. Abinader Jr., F. Baccelli, A. S. Marciano Fani, and L. G. Uzeda Garcia, (2020), “Stochastic geometrybased modeling and analysis of beam management in 5G,” *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*.
- [9] Sanket S. Kalamkar, Francis Baccelli, Fuad M. Abinader Jr., Andrea S. Marciano Fani, and Luis G. Uzeda Garcia, (2019), “Beam Management in 5G: A Stochastic Geometry Analysis”