BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT**

**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**TIỂU LUẬN**

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG MẠNG ĐA TRUY CẬP**

**NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN**

**MÃ SỐ HỌC VIÊN: 2081710**

**HỌC VIÊN: NGUYỂN KIM THẠCH**

**GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN: PGS.TS. TRẦN THU HÀ**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 12 năm 2020

**LỜI CẢM ƠN**

Đầu tiên người thực hiện đề tài xin gửi lời cảm ơn đến Ban Giám Hiệu Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tạo một môi trường học tập tốt cũng như điều kiện thuận lợi nhất để tôi thực hiện đề tài.

Người thực hiện đề tài xin gửi lời cảm ơn chân thành đến **PGS.TS Trần Thu Hà** giảng viên Bộ môn Xử Lý Tín Hiệu Số Nâng Cao của trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, người đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo tôi trong suốt quá trình thực hiện tiểu luận. Tôi cũng xin chân thành cảm ơn quý thầy cô trong trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tận tình dạy dỗ, truyền đạt cho tôi những kiến thức cơ sở cũng như chuyên ngành, giúp tôi có được nền tảng kiến thức hoàn thành đề tài.

Xin chân thành cảm ơn !

Tp. Hồ Chí minh, ngày 12 tháng 12 năm 2020

Người thực hiện đề tài

Nguyễn Kim Thạch

**TÓM TẮT**

Trong đề tài tôi nghiên cứu và tìm hiểu mô hình hệ thống đa truy cập (Multiple Access), kỹ thuật chọn nút chuyển tiếp và triệt can nhiễu tuần tự (Successive Interference Cancellation – SIC), tìm hiểu về mạng hợp tác đa truy cập phi trực giao (Non-Orthogonal Multiple Access – NOMA). đề tài chia làm 3 phần chính gồm: lý thuyết tổng quan, mô hình hệ thống và sau đó tiến hành mô phỏng hệ thống, nhận xét kết quả.

Ở phần lý thuyết tổng quan giới thiệu các kiến thức liên quan đến đề tài: Công nghệ 5G, kỹ thuật đa truy cập trực giao, kỹ thuật đa truy cập phi trực giao, xác suất dừng hệ thống, truyền thông hợp tác. Đồng thời một số kiến thức liên quan đến hệ thống thông tin di động

Mô hình hệ thống trình bày về mô hình hệ thống đưa ra dựa trên cơ sở lý thuyết ở phần lý thuyết đã liệt kê, vận dụng các kỹ thật NOMA, triệt can nhiễu, xác suất dừng hệ thống… phương thức tính hiệu năng hệ thống.

Phần cuối trình bày lưu đồ hệ thống dựa trên lý thuyết tổng quan và mô hình hệ thống. Dựa trên lưu đồ đã vẽ tiến hành mô phỏng trên matlab, sau đó rút ra kết luận về hình ảnh mô phỏng được từ chương trình và đưa ra nhận xét từ những hình ảnh vừa mô phỏng.

Cuối cùng đưa ra kết luận của đề tài và hướng phát triển của đề tài sau này

**MỤC LỤC**

Trang phụ bìa....................................................................................................................i

[Lời cảm ơn ii](#_Toc13815547)

[Tóm tắt iii](#_Toc13815548)

[Mục lục iv](#_Toc13815549)

[Danh mục hình ảnh vi](#_Toc13815550)

[Danh mục các từ viết tắt vii](#_Toc13815551)

[**CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU** 1](#_Toc13815552)

[1.1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI 1](#_Toc13815553)

[1.2. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI 1](#_Toc13815554)

[1.3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI 2](#_Toc13815555)

[1.5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 3](#_Toc13815556)

[1.6. BỐ CỤC ĐỀ TÀI 3](#_Toc13815557)

[**CHƯƠNG 2: LÝ THUYẾT TỔNG QUAN** 5](#_Toc13815558)

[2.1. CÔNG NGHỆ 5G 5](#_Toc13815559)

[2.1.1. Tổng quan công nghệ 5G 5](#_Toc13815560)

[2.1.2. Điện toán đám mây 6](#_Toc13815561)

[2.1.3. Sóng milimet ( Milimeter Wave ) 8](#_Toc13815562)

[2.1.4. Massive MIMO 9](#_Toc13815563)

[2.1.5. Kỹ thuật đa truy cập phi trực giao 11](#_Toc13815564)

[2.1.6. Phương pháp triệt can nhiễu tuần tự (Successive Interference Cancellation - SIC) 12](#_Toc13815565)

[2.2. KỸ THUẬT ĐA TRUY CẬP TRỰC GIAO 13](#_Toc13815566)

[2.2.1. Đa truy cập phân chia theo mã (CDMA) 15](#_Toc13815567)

[2.2.2. Đa truy cập phân chia theo thời gian (TDMA) 15](#_Toc13815568)

[2.2.3. Đa truy cập phân chia theo tần số (FDMA) 16](#_Toc13815569)

[2.2.4. Đa truy cập theo phân chia theo tần số trực giao (OFDMA) 17](#_Toc13815570)

[2.2.5. Đa truy cập phân chia theo không gian (SDMA) 18](#_Toc13815571)

[2.3. TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC 18](#_Toc13815572)

[2.4. HỆ THỐNG KIẾN THỨC LIÊN QUAN 20](#_Toc13815573)

[2.4.1. Xác suất dừng 20](#_Toc13815574)

[2.4.2. Kênh Rayleigh Fading 20](#_Toc13815575)

[2.4.3. Mô hình kênh AWGN 22](#_Toc13815576)

[2.4.4. Hàm phân phối xác suất tích lũy và hàm mật độ xác suất của biến ngẫu nhiên 24](#_Toc13815577)

[**CHƯƠNG 3: MÔ HÌNH HỆ THỐNG** 26](#_Toc13815578)

[3.1. MÔ HÌNH HỆ THỐNG NOMA HƯỚNG XUỐNG TRONG MẠNG HỢP TÁC 26](#_Toc13815579)

[3.2. HIỆU NĂNG HỆ THỐNG 29](#_Toc13815580)

[3.2.1. Xác suất dừng người dùng thứ hai 29](#_Toc13815581)

[3.2.2. Xác suất dừng người dùng thứ nhất 34](#_Toc13815582)

[**CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG** 37](#_Toc13815583)

[4.1. THÔNG SỐ MÔ PHỎNG VÀ LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT 37](#_Toc13815584)

[4.1.1. Các thông số mô phỏng: 37](#_Toc13815585)

[4.1.2. Lưu đồ giải thuật 38](#_Toc13815586)

[4.2. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG 41](#_Toc13815587)

[4.2.1. Xác suất dừng tại và theo SNR 41](#_Toc13815588)

[4.2.2. Xác suất dừng theo SNR với R2 thay đổi 42](#_Toc13815589)

[4.2.3. Xác suất dừng tại và theo tốc độ đạt được khi tăng số nút chuyển tiếp 44](#_Toc13815590)

[4.2.4. Xác suất dừng tại và khi thay đổi khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp 45](#_Toc13815591)

[**CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN** 47](#_Toc13815592)

[5.1. KẾT LUẬN 47](#_Toc13815593)

[5.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN 47](#_Toc13815594)

[**TÀI LIỆU THAM KHẢ**O 48](#_Toc13815595)

[**PHỤ LỤC** 50](#_Toc13815596)

**DANH MỤC HÌNH ẢNH**

Hình 2.1: Sơ đồ phân kênh theo không gian. 10

Hình 2.2: Phương pháp triệt can nhiễu tuần tự SIC với 3 tín hiệu. 12

Hình 2.3: Ví dụ của biểu đồ số thời gian và OFDMA. 14

Hình 2.4: Cấp phát sóng mang con cho OFDM và OFDMA. 14

Hình 2.5: Kỹ thuật giải mã-và-chuyển tiếp. 20

Hình 2.6: Fading Rayleigh khi thiết bị di động di chuyển (ở tần số 900Mhz). 21

Hình 2.7: Hình vẽ minh hoạ mô hình kênh Rician và phân bố của r(t). 22

Hình 2.8: Mô hình kênh AWGN. 23

Hình 3.1: Mô hình hệ thống NOMA hướng xuống tổng hợp. 26

Hình 4.1: Mô hình hệ thống NOMA hướng xuống tổng hợp trong mặt phẳng Oxy. 37

Hình 4.2:Lưu đồ chương trình chính. 38

Hình 4.3: Lưu đồ chương trình mô phỏng xác xuất dừng của 39

Hình 4.4: Lưu đồ chương trình mô phỏng xác xuất dừng của 40

Hình 4.5: Xác suất dừng tại và theo SNR.. 41

Hình 4.6: Mô tả xác suất dừng theo SNR với . 42

Hình 4.7: Mô tả xác suất dừng tại và theo tốc độ đạt được khi tăng số nút chuyển tiếp. 44

Hình 4.8: Mô tả xác suất dừng tại và theo khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp. 45

**DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Từ viết tắt** | **Giải thích** | |
| AF | Amplify and forward | Khuếch đại và chuyển tiếp |
| AWGN | Additive white Gaussian noise | Nhiễu Gauss trắng cộng |
| BTS | Base Transceiver Station | Trạm thu phát sóng di động |
| BER | Bit Error Rate | Tỉ lệ lỗi bit |
| CDF | Cumulative Distribution Function | Hàm phân phối tích lũy |
| CDMA | Code Division Multiple Access | Đa truy cập phân chia theo mã |
| DEMUX | Demultiplexer | Mạch giải ghép kênh |
| DF | Decode and Forward | Giải mã và chuyển tiếp |
| EHF | Extremely High Frequency | Băng tần số vô tuyến cao nhất |
| FDM | Frequency Division Multiplexing | kỹ thuật ghép kênh theo tần số |
| FDMA | Frequency Division Multiple Access | Đa truy cập phân chia theo tần số |
| GSM | Global System for Mobile Communications | Hệ thống thông tin di động toàn cầu |
| HAPS | High Altitude Stratospheric Platform Stations | Các trạm nền ở vị trí cao |
| IoT | Internet of Things | Mạng lưới vạn vật kết nối |
| ISI | Inter symbol Interference | Nhiễu liên ký tự |
| LoS | Light of Sight | Tầm nhìn thẳng |
| LTE | Long Term Evolution | Tiến hóa dài hạn |
| MIMO | Multi Input - Multi Output | Nhiều đầu vào và nhiều đầu ra |
| MS | Mobile Station | Trạm di động |
| NOMA | Non-Orthogonal Multiple Access | Đa truy cập phi trực giao |
| OFDMA | Orthogonal Frequency Division Multiple Access | Đa truy cập theo phân chia tần số trực giao |
| OMA | Orthogonal Multiple Access | Đa truy cập trực giao |
| PDF | Probability Density Function | Hàm mật độ xác suất |
| QoS | Quality of Service | Chất lượng dịch vụ |
| SDMA | Space Division Multiple Access | Đa truy cập phân chia theo không gian |
| SIC | Successive Interference Cancellation | Phương pháp triệt can nhiễu tuần tự |
| SISO | Single input single output system | Hệ thống có một đầu vào và một đầu ra |
| SNR | Signal to Noise Ratio | Tỷ số tín hiệu trên nhiễu |
| STBC | Space Time Block Code | Mã khối không gian - thời gian |
| STTC | Space Time Trellis Code | Mã lưới không gian-thời gian |
| TDMA | Time Division Multiple Access | Đa truy cập phân chia theo thời gian |
| U.S NIST | United States National Institute of Standards and Technology | Viện Quốc gia Tiêu chuẩn và Công nghệ Mỹ |

**CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU**

**1.1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI**

Ngày nay, mạng truyền thông vô tuyến đang phát triển mạnh mẽ, trong đó kỹ thuật đa truy cập phi trực giao ( NOMA) là một kỹ thuật mới được đề xuất cho mạng di động thế hệ thứ 5 (5G) giúp tăng tốc độ truyền tải người dùng cùng một lúc, mã và tần số, nhưng với các mức năng lượng khác nhau. Ý tưởng của NOMA chính là việc ghép một cách tuyến tính các dữ liệu lại với nhau rồi gửi đồng thời tín hiệu được phép này đến nơi nhận. Ở nơi nhận, các dữ liệu lần lượt được giải mã theo cơ chể loại bỏ nhiểu một cách tuần tự ( Successive Interference Cancellation- SIC). Do đó, cùng một lúc nơi nhận có thể nhận được nhiều dữ liệu khác nhau, vì thế sẽ nâng cao tốc độ truyền dữ liệu cho hệ thống [1].

Sự phát triển của công nghệ truyền thông vô tuyến trong những năm gần đây là rất nhanh, tập trung vào việc cải tiến các giao thức và môi trường truyền dẫn, bởi vậy người dùng được đáp ứng yêu cầu dịch vụ mọi lúc, mọi nơi.

Dùng các giải pháp kỹ thuật nhằm đạt được tốc độ truyền cao hơn, độ tin cậy truyền dẫn cao hơn, đó là hai nhu cầu chính trong sự phát triển của truyền thông vô tuyến. Để có thể đạt được hai yếu tố trên khi các yếu tố như công suất truyền hay độ rộng băng thông đều bị giới hạn cần phải áp dụng các biện pháp kỹ thuật khác nhau. Vì vậy áp dụng các kỹ thuật MIMO là một trong những giải pháp giúp đạt được cả độ lợi phân tập (Diversity Gain) và độ lợi ghép kênh (Multiplexing Gain) nhằm tăng tốc độ truyền dẫn và độ tin cậy của kênh truyền.

**1.2. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI**

Trong hệ thống thông tin di động hiện nay. Một hệ thống không tránh khỏi việc có nhiều người truy cập cùng một lúc và việc đường truyền ở khoảng cách xa, gần cũng sẽ gây ảnh hưởng đến việc truy cập không tốt cho người dùng dẫn đến đường truyền sẽ không đảm bảo, gây bất lợi cho người dùng. Để đảm bảo đường truyền thế nào là tốt và tối ưu nhất cho người dùng và không ảnh hưởng đến người dùng khác, thì việc chọn lựa nút chuyển tiếp cho người dùng trong hệ thống mạng đa truy cập là một vấn đề được quan tâm. Vì thế nên việc chọn lựa đề tài “Nghiên Cứu và Đánh Giá Hiệu Năng Mạng Đa Truy Cập với Triệt Can Nhiễu Tuần Tự” được nhóm tôi chọn lựa làm luận văn tốt nghiệp vì tính thiết thực của đề tài.

**1.3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI**

Nghiên cứu và tìm hiểu mô hình hệ thống đa truy cập, kỹ thuật chọn nút chuyển tiếp và triệt can nhiễu tuần tự, tìm hiểu về mạng hợp tác đa truy cập phi trực giao. Xây dựng mô hình hệ thống, từ đó phân tích hệ thống rút ra được công thức tính toán cho xác suất dừng với một tốc độ truyền ngưỡng và tìm ra được nút chuyển tiếp tốt nhất để truyền cho người dùng. Đồng thời cải thiện về vấn đề truyền tin đi cho người dùng.

Qua đề tài này tôi có thể tự xây dựng và phân tích một mô hình hệ thống truyền thông, có thể mô phỏng và đánh giá chất lượng của hệ thống và đưa ra những giải pháp khắc phục nhược điểm, phát triển ưu điểm và tối ưu hệ thống.

**1.4. NHIỆM VỤ VÀ GIỚI HẠN ĐỀ TÀI**

* Nhiệm vụ
* Tìm hiểu cơ sở lý thuyết về hệ thống đa truy cập, triệt can nhiễu. Tìm hiểu mô hình hệ thống đa truy cập. Nguyên cứu về phương pháp chọn nút chuyển tiếp tốt nhất trong đường truyền - Tìm hiểu kỹ thuật đa truy cập phi trực giao NOMA.
* Phân tích và mô phỏng hệ thống.
* Giới hạn
* Trong mô hình hệ thống này, chúng tôi xem xét hệ thống thông tin được truyền đi từ nguồn tới đích thông qua nút chuyển tiếp. Nhưng chưa tối ưu về giải quyết vấn đề. Chỉ dừng lại ở việc sử dụng phương pháp DF để giải mã tín hiệu của từng nút.

**1.5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

* Việc nghiên cứu đề tài trong lĩnh vực này Tôi có một số phương pháp nghiên cứu sau:
* Tìm kiếm tài liệu, các bài báo, tạp chí khoa học liên quan trong nước và quốc tế.
* Phân tích tài liệu, phân tích vấn đề được đặt ra trong các tài liệu trên.
* Phân tích phương pháp thiết kế hệ thống, phương pháp phân tích, phương pháp đánh giá, kiểm tra và phương hướng phát triển của đề tài.
* Tiến hành xây dựng hệ thống, phân tích hệ thống.
* Tiến hành kiểm tra đánh giá hệ thống qua việc mô phỏng kết quả đã phân tích.

**1.6. BỐ CỤC ĐỀ TÀI**

*Chương 1: Giới thiệu.*

Giới thiệu tổng quát về đề tài, mục tiêu của đề tài, các hướng thực hiện nhiệm vụ đề tài nhằm tạo cái nhìn tổng quan về nội dung nghiên cứu của đề tài.

*Chương 2: Lý thuyết tổng quan.*

Phần này trình bày chi tiết hệ thống NOMA hướng xuống trong mạng hợp tác, công nghệ 5G, kỹ thuật đa truy cập phi trực giao.

*Chương 3: Mô hình hệ thống tín hiệu.*

Phần này trình bày cách thiết lập mô phỏng cho hệ thống NOMA hướng xuống trong mạng hợp tác. Các thông số mô phỏng cũng được giải thích một cách cụ thể*.*

*Chương 4: Kết quả mô phỏng và nhận xét.*

Phần này trình bày lưu đồ giải thuật của chương trình mô phỏng. Đưa ra kết quả mô phỏng, từ đó đưa ra nhận xét cho mô hình khảo sát ở chương 3 với những thông số cụ thể.

*Chương 5:Kết luận và hướng phát triển.*

Trong phần này, đề tài sẽ tổng kết và đánh giá các kết quả đã đạt được. Đồng thời phần này cũng đưa ra những hướng nghiên cứu có thể tiếp tục thực hiện để phát triển đề tài trong tương lai.

*Phần cuối của đồ án là danh mục các tài liệu tham khảo.*

# CHƯƠNG 2: LÝ THUYẾT TỔNG QUAN

## 2.1. CÔNG NGHỆ 5G

### 2.1.1. Tổng quan công nghệ 5G

5G (Thế hệ mạng di động thứ 5 hoặc hệ thống không dây thứ 5) là thế hệ tiếp theo của công nghệ truyền thông di động sau thế hệ 4G, hoạt động ở các băng tần 28, 38, và 60GHz. Theo các nhà phát minh, mạng 5G sẽ có tốc độ nhanh hơn khoảng 100 lần so với mạng 4G hiện nay, giúp mở ra nhiều khả năng mới và hấp dẫn. Lúc đó, xe tự lái có thể đưa ra những quyết định quan trọng tùy theo thời gian và hoàn cảnh. Tính năng chat video sẽ có hình ảnh mượt mà và trôi chảy hơn, làm cho tôi cảm thấy như đang ở trong cùng một mạng nội bộ. Các cơ quan chức năng trong thành phố có thể theo dõi tình trạng tắc nghẽn giao thông, mức độ ô nhiễm và nhu cầu tại các bãi đậu xe, do đó có thể gửi những thông tin này đến những chiếc xe thông minh của mọi người dân theo thời gian thực [2].

Thay vì những trạm cơ sở trên mặt đất đang được sử dụng bởi mạng 2G, 3G và 4G, có thể 5G sẽ sử dụng các trạm HAPS (High Altitude Stratospheric Platform Stations). Về cơ bản, các trạm HAPS là những chiếc máy bay treo lơ lửng ở một vị trí cố định trong khoảng cách từ 17~22km so với mặt đất và hoạt động như một vệ tinh. Cách này sẽ giúp đường tín hiệu truyền thẳng hơn và giảm tình trạng bị cản trở bởi những kiến trúc cao tầng [2].

Ngoài ra, nhờ độ cao, trạm cơ sở có khả năng bao phủ diện tích rộng lớn do đó làm giảm, nếu không nói là loại bỏ những vấn đề về diện tích vùng phủ sóng. Thậm chí trên biển, nơi các trạm phát sóng trên đất liền không thể phủ sóng, cũng bắt được tín hiệu 5G.

Mạng 5G được xem là chìa khóa để tôi đi vào thế giới mạng lưới vạn vật kết nối IoT (Internet of Things), trong đó các bộ cảm biến là những yếu tố quan trọng để trích xuất dữ liệu từ các đối tượng và từ môi trường. Hàng tỷ bộ cảm biến sẽ được tích hợp vào các thiết bị gia dụng, hệ thống an ninh, thiết bị theo dõi sức khỏe, khóa cửa, xe hơi và thiết bị đeo (đồng hồ, vòng tay...). Tuy nhiên, để cung cấp 5G, các nhà mạng sẽ cần phải tăng cường hạ tầng cơ sở mạng lưới (gọi là trạm gốc). Họ có thể bắt đầu bằng cách khai thác dải phổ hiện còn trống. Sóng tín hiệu với tần số đo MHz sẽ được nâng cao lên thành GHz hay thậm chí nhanh hơn. Tần số giao tiếp của điện thoại hiện nay ở dưới mức 3GHz nhưng mạng 5G sẽ yêu cầu những băng tần cao hơn [2].

### 2.1.2. Điện toán đám mây

* Khái niệm

Theo định nghĩa của Viện Quốc gia Tiêu chuẩn và Công nghệ Mỹ (U.S NIST), điện toán đám mây là mô hình cho phép truy cập trên mạng tới các tài nguyên được chia sẻ (Ví dụ: Hệ thống mạng, máy chủ, thiết bị lưu trữ, ứng dụng và các dịch vụ) một cách thuận tiện và theo nhu cầu sử dụng. Những tài nguyên này có thể được cung cấp một cách nhanh chóng hoặc thu hồi với chi phí quản lý tối thiểu hoặc tương tác tối thiểu với nhà cung cấp dịch vụ đó [3].

* Các đặc tính của điện toán đám mây [3]

Tự phục vụ theo yêu cầu (On-demand Self-service): Khách hàng với nhu cầu tức thời tại những thời điểm thời gian xác định có thể sử dụng các tài nguyên tính toán (như thời gian, không gian lưu trữ mạng, sử dụng phần mềm...) một cách tự động, không cần tương tác với con người để cấp phát.

Truy cập mạng diện rộng (Broad Network Access): Những tài nguyên tính toán này được phân phối qua mạng Internet và được các ứng dụng client khác nhau sử dụng với những nền tảng không đồng nhất (như máy tính, điện thoại di động).

Tập trung tài nguyên: Những tài nguyên tính toán của nhà cung cấp dịch vụ đám mây được tập trung với mục đích phục vụ đa khách hàng sử dụng mô hình ảo hóa với những tài nguyên vật lý và tài nguyên ảo được cấp phát động theo yêu cầu. Động lực của việc xây dựng một mô hình tập trung tài nguyên tính toán nằm trong hai yếu tố quan trọng: tính quy mô và tính chuyên biệt. Kết quả của mô hình tập trung tài nguyên là những tài nguyên vật lý trở nên trong suốt với người sử dụng. Ví dụ, người sử dụng không được biết vị trí lưu trữ cơ sở dữ liệu của họ trong đám mây.

Tính mềm dẻo: Đối với người sử dụng, các tài nguyên tính toán được cung cấp tức thời hơn là liên tục, được cung cấp theo nhu cầu để mở rộng hoặc tiết giảm không hạn định tại bất kỳ thời điểm nào.

Khả năng đo lường: Mặc dù tài nguyên được tập trung và có thể chia sẻ cho nhiều người sử dụng, hạ tầng của đám mây có thể dùng những cơ chế đo lường thích hợp để đo việc sử dụng những tài nguyên đó cho từng cá nhân.

* Các công nghệ sử dụng trong điện toán đám mây [3]
* Công nghệ ảo hoá

Công nghệ ảo hóa (Virtualization) là công nghệ quan trọng nhất ứng dụng trong điện toán đám mây. Công nghệ ảo hóa là công nghệ cho phép tạo ra các thực thể ảo có tính năng tương đương như các thực thể vật lý, ví dụ như thiết bị lưu trữ, bộ vi xử lý,… Ảo hóa phần cứng (Hardware Virtualization) tham chiếu tới việc tạo ra các máy ảo (Virtual Machine) mà hoạt động với hệ điều hành được cài đặt như một máy tính vật lý thực. Ví dụ, một máy ảo chạy hệ điều hành Ubuntu có thể được tạo ra trên một máy tính thực cài hệ điều hành Windows.

Ảo hoá phần cứng cho phép chia nhỏ tài nguyên vật lý để tối ưu hóa hiệu năng sử dụng. Điều này được thể hiện qua việc có thể khởi tạo nhiều máy ảo với năng lực tính toán và năng lực lưu trữ bé hơn trên duy nhất một máy chủ vật lý. Máy chủ vật lý được gọi là host machine còn máy ảo (Virtual Machine) được gọi là máy khách (Guest Machine). Khái niệm "host" và "guest" được sử dụng để phân biệt phần mềm chạy trên máy tính vật lý hay phần mềm chạy trên máy ảo. Phần mềm hay Firmware tạo máy ảo được gọi là Hypervisor hay Virtual Machine Manager.

* Công nghệ tự động hóa giám sát điều phối tài nguyên (Automation, Dynamic Orchestration)

Công nghệ giám sát điều phối tài nguyên động là nền tảng để điện toán đám mây thực hiện cam kết chất lượng cung cấp dịch vụ điện toán. Với công nghệ điều phối tài nguyên động, việc lắp đặt thêm hay giảm bớt các tài nguyên máy chủ vật lý hoặc máy chủ lưu trữ dữ liệu được thực hiện tự động để hệ thống điện toán luôn đáp ứng được giao kèo trong hợp đồng dịch vụ đã ký với bên người sử dụng.

* Công nghệ tính toán phân tán, hệ phân tán

Điện toán đám mây là một dạng hệ phân tán xuất phát từ yêu cầu cung ứng dịch vụ cho lượng người sử dụng khổng lồ. Tài nguyên tính toán của điện toán đám mây là tổng thể kết hợp của hạ tầng mạng và hàng nghìn máy chủ vật lý phân tán trên một hay nhiều trung tâm dữ liệu số (Data Centers).

* Công nghệ Web 2.0

Web 2.0 là nền tảng công nghệ phát triển các sản phẩm ứng dụng hướng dịch vụ trên nền điện toán đám mây. Công nghệ Web 2.0 phát triển cho phép phát triển giao diện ứng dụng web dễ dàng và nhanh chóng và trên nhiều thiết bị giao diện khác nhau. Web 2.0 phát triển làm xóa đi khoảng cách về thiết kế giao diện giữa ứng dụng máy tính thông thường và ứng dụng trên nền web, cho phép chuyển hóa ứng dụng qua dịch vụ trên nền điện toán đám mây mà không ảnh hưởng đến thói quen người sử dụng.

### 2.1.3. Sóng milimet ( Milimeter Wave )

* Khái niệm

Bước sóng milimet là bước sóng từ 1mm tới 10mm có dải tần từ tần số 30GHz đến 300GHz, được dùng cho các chuẩn kết nối không dây tốc độ cao. Còn có tên gọi khác là băng tần mm hay sóng mm, đôi khi viết tắt là MMW hay mmW.

* Đặc tính

So với các băng tần thấp hơn, tín hiệu vô tuyến mặt đất trong băng này cực kỳ dễ bị suy hao trong khí quyển, dẫn đến băng tần số vô tuyến cao nhất (EHF) rất ít được dùng cho liên lạc tầm xa. Đặc biệt, tín hiệu trong dải 57–64GHz rất dễ bị oxy hấp thụ. Ngay cả với khoảng cách ngắn, suy hao do mưa cũng là một vấn đề nghiêm trọng, nước mưa hấp thụ tín hiệu làm cường độ tín hiệu giảm mạnh.

* Sóng milimet trong 5G

Mạng di động 5G sử dụng sóng milimét (Millimetre wave). Sóng milimét đại diện cho phổ tín hiệu RF giữa các tần số 20GHz và 30GHz với bước sóng từ 1~15mm, nhưng xét về khía cạnh mạng vô tuyến và các thiết bị thông tin, tên gọi sóng milimét tương ứng với các dải tần 24GHz, 38GHz, 60GHz và gần đây, các dải tần 70GHz, 80GHz cũng đã được sử dụng công cộng cho mục đích thiết lập mạng và truyền thông vô tuyến. Những dải tần này được tận dụng thì có thể cải thiện rất nhiều tốc độ và băng thông không dây.

Hiện thời, gần như không có dữ liệu nào truyền trên mốc 24GHz, bởi những bước sóng này có xu hướng sử dụng ở tầm gần, hoạt động với khoảng cách ngắn hơn. Ví dụ, mạng 4G LTE của tập đoàn viễn thông AT&T hiện thời hoạt động ở dải tần 700MHz, 850MHz, 1.9GHz và 2.1GHz. Nếu nghiên cứu thành công mạng 5G sẽ khởi tạo một sự kết nối liên thông và bền vững với tốc độ truyền dữ liệu cao lên đến 20Gb/sm [2].

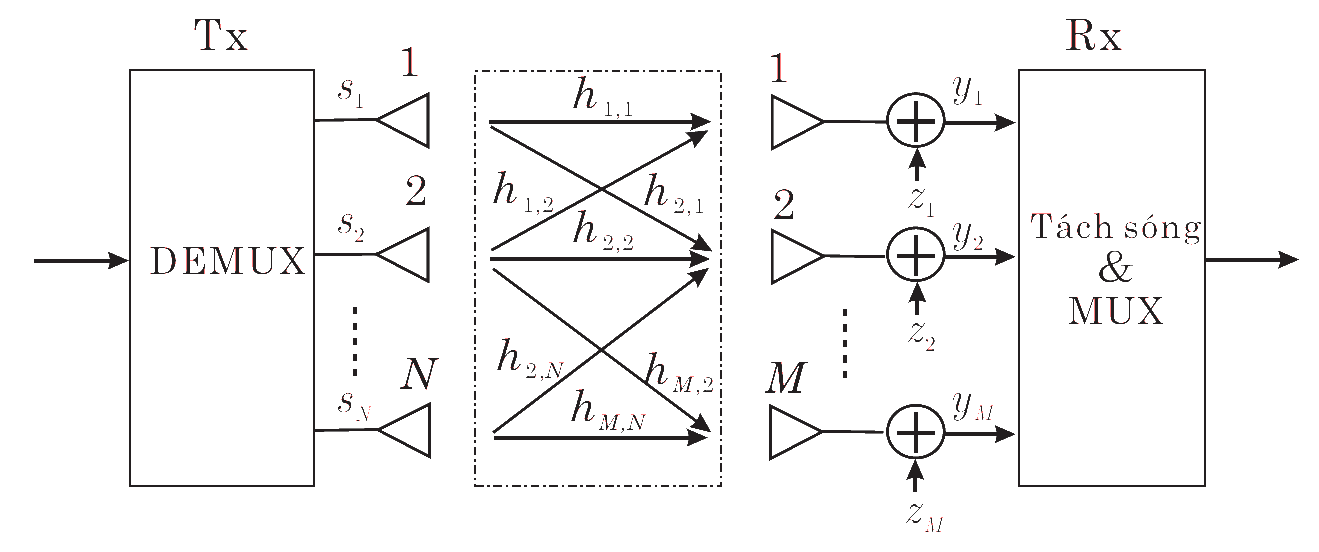
### 2.1.4. Massive MIMO

* Khái niệm

Hệ thống thông tin MIMO (viết tắt của cụm từ Multiple Input - Multiple Output) trong lĩnh vực vô tuyến là truyền dẫn vô tuyến sử dụng đồng thời nhiều ăngten ở máy phát và ở máy thu nhằm tận dụng chiều không gian để cải thiện tốc độ và chất lượng truyền thông tin.

Khi vận dụng hệ thống này cho đa người dùng trong thông tin tế bào, tức là một phía nhiều ăngten tập trung ở trạm cơ sở, một phía là nhiều người dùng có ăngten đơn, có lợi thế lớn so với hệ thống MIMO điểm - điểm thông thường ở chỗ: Người dùng hoạt động với ăngten giá rẻ, không cần môi trường có nhiều tán xạ, và phân bổ nguồn lực được đơn giản hóa, vì mỗi thiết bị đầu cuối tích cực sử dụng tất cả các khe thời gian - tần số [4].

* Các phương pháp truyền dẫn MIMO
* Phân kênh theo không gian



Hình 2.1: Sơ đồ phân kênh theo không gian.

Ở sơ đồ phân kênh theo không gian, dòng dữ liệu phát, sau khi được ánh xạ thành các dấu (Symbol) của một bộ tín hiệu (Constellation) được phân (DEMUX) thành N luồng song song và truyền đồng thời qua N ăngten phát. Vì vậy, tốc độ truyền dẫn tăng N lần so với hệ thống sử dụng một ăngten phát, một ăngten thu (SISO) thông thường. Tuy nhiên, do các luồng dữ liệu thu được tại máy thu bị nhiễu lẫn nhau nên tăng số lượng ăngten phát N đồng nghĩa với việc tăng nhiễu đồng kênh giữa các luồng tín hiệu, và vì vậy làm tăng BER. Để giảm nhỏ BER của hệ thống máy thu sử dụng M ≥ N ăngten và một bộ tách tín hiệu hiệu quả để thực hiện tách riêng từng luồng tín hiệu [5].

* Mã hóa Không gian - Thời gian

Mã hóa không gian - thời gian là phương pháp mã hóa cho các hệ thống phân tập phát. Phương pháp mã hóa không gian - thời gian đưa đồng thời tương quan trong cả hai miền không gian và thời gian vào trong tín hiệu phát, kết hợp với kỹ thuật tách tín hiệu ở máy thu nhằm đạt được độ lợi phân tập và có thể cả độ lợi mã hóa. Mã không gian - thời gian có thể được phân loại thành hai loại: Mã khối không gian - thời gian (STBC: Space Time Block Code) và mã lưới không gian-thời gian (STTC: Space Time Trellis Code). Mã STBC có ưu điểm thiết kế và giải mã đơn giản. Tuy nhiên, mã STBC lại chỉ cung cấp độ lợi phân tập phát mà không cung cấp độ lợi mã hóa. Ngược lại, mã STTC cho phép thu được cả độ lợi phân tập và mã hóa, nhưng việc thiết kế và giải mã lại phức tạp [5].

* MIMO trong mạng di động 5G

Hệ thống Massive MIMO, ứng cử viên cho mạng 5G đã thực hiện được điều này. Theo đó các búp sóng “ảo” được phân đến những người dùng ở các vị trí khác nhau có thể cùng hoạt động trên một khe thời gian - tần số. Công nghệ này đã tạo nên bước phát triển đột phá, đồng thời đem lại hiệu suất phổ và hiệu suất năng lượng tăng lên hàng chục, hàng trăm lần.

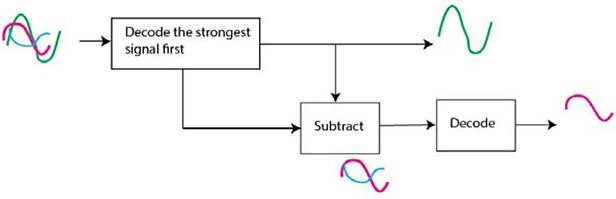
Không những thế hệ thống Massive MIMO còn dễ dàng cho phép điều khiển thông lượng (Throughput) đồng đều cho người dùng trong cell, điều này là không dễ thực hiện trong các thế hệ cộng nghệ trước đó do hiệu ứng xa - gần của người dùng đối với trạm cơ sở [6].

**2.1.5. Kỹ thuật đa truy cập phi trực giao**

Đa truy cập phi trực giao (NOMA) là một công nghệ cần thiết cho các mạng không dây 5G để đáp ứng nhu cầu không đồng nhất về độ trễ thấp, độ tin cậy cao, kết nối lớn, và thông lượng tốt [6]. NOMA là một kỹ thuật mới cho phép các thiết bị gửi cùng một lúc các dữ liệu khác nhau đến cùng một người dùng hoặc các người dùng khác nhau. Ý tưởng của NOMA chính là việc ghép một cách tuyến tính các dữ liệu lại với nhau rồi gửi đồng thời tín hiệu được ghép này đến nơi nhận. Ở nơi nhận, các dữ liệu lần lượt được giải mã theo cơ chế triệt can nhiễu tuần tự (Successive Interference Cancellation - SIC). Do đó, cùng một lúc nơi nhận có thể nhận được nhiều dữ liệu khác nhau, vì thế sẽ nâng cao tốc độ truyền dữ liệu cho hệ thống. Các nghiên cứu gần đây chứng minh rằng NOMA có tiềm năng được áp dụng trong các tình huống khác nhau 5G, bao gồm thông tin liên lạc và Internet of Things. Do hiệu quả quang phổ vượt trội, NOMA cũng đã được đưa vào 3GPP LTE Advanced gần đây. Vấn đề đặc biệt này sẽ cung cấp một diễn đàn cho các nghiên cứu mới nhất và đổi mới trong công nghệ NOMA cũng như các ứng dụng của họ, và sẽ thu hẹp khoảng cách giữa lý thuyết và thực hành trong các thiết kế của 5G.

**2.1.6. Phương pháp triệt can nhiễu tuần tự (Successive Interference Cancellation - SIC)**

Phương pháp triệt can nhiễu tuần tự SIC được sử dụng trong NOMA để giải mã tín hiệu của từng người dùng. Trong NOMA, công suất lớn được phân bổ cho người dùng nằm xa trạm gốc nhất và công suất nhỏ dành cho người dùng gần trạm gốc nhất. Trong mạng, tất cả các người dùng đều nhận được cùng một tín hiệu mang thông tin cho tất cả người dùng. Mỗi người dùng sẽ giải mã tín hiệu mạnh nhất trước, và sau đó trừ đi tín hiệu giải mã từ tín hiệu nhận được. SIC sẽ nhận và lặp lại phép trừ cho đến khi nó tìm thấy tín hiệu riêng của nó. Người dùng nằm gần với trạm gốc có thể loại bỏ tín hiệu của người dùng xa.



Hình 2.2: Phương pháp triệt can nhiễu tuần tự SIC với 3 tín hiệu.

Để hiểu rõ hơn về SIC, tôi xét nguồn phát ba tín hiệu cho ba người dùng cùng lúc có cùng tần số và băng thông, tại mỗi người dùng, tín hiệu nhận được gồm cả ba tín hiệu trên, người dùng sẽ giải mã tín hiệu mạnh nhất trước và xem hai tín hiệu kia là nhiễu. Khi tín hiệu đầu được giải mã thành công, nó sẽ bị loại trừ ra, lúc này tôi còn hai tín hiệu là tín hiệu hai và ba, quá trình SIC sẽ lặp lại cho đến khi tôi giải mã được tín hiệu mong muốn.

## 2.2. KỸ THUẬT ĐA TRUY CẬP TRỰC GIAO

* **Giới thiệu về đa truy cập trực giao**

Đối với các kỹ thuật đa truy cập OMA, các người dùng sẽ được cấp phát tài nguyên trựa giao về mặt tần số, thời gian, mã hoặc kết hợp giữa tần số và thời gian do đó về lý thuyết sẽ không có nhiễu giữa các người dùng trong hệ thống OMA tuy nhiên số lượng người dùng sẽ bị giới hạn tùy thuộc vào tài nguyên khả dụng của hệ thống. Đây chính là hạn chế làm cho các kỹ thuật OMA không còn thích hợp cho thông tin di động yêu cầu số lượng kết nối lớn như 5G.

Đặc trưng nổi bật nhất của kỹ thuật đa truy cập NOMA là hỗ trợ số lượng người dùng lớn hơn số lượng khe tài nguyên trực giao nhờ việc cấp phát tài nguyên phi trực giao (Non - Orthogonal).

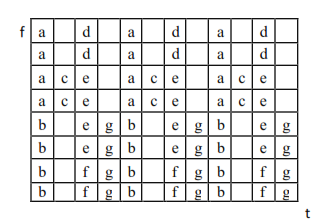
* Kỹ thuật NOMA về cơ bản chia thành 2 loại:

Kỹ thuật NOMA miền công suất (Power - domain NOMA): Với kỹ thuật này, các người dùng khác nhau sẽ dùng chung tài nguyên thời gian - tần số - mã nhưng được cấp phát các mức công suất khác nhau dựa vào chất lượng kênh truyền.

Kỹ thuật NOMA miền mã (Code - domain NOMA): Kỹ thuật này tương tự kỹ thuật CDMA hoặc CDMA đa sóng mang MC- CDMA (Multi Carrier - CDMA) với sự khác biệt cơ bản là sử dụng các chuỗi mật độ thấp hoặc các chuỗi phi trực giao có độ tương quan thấp [7].

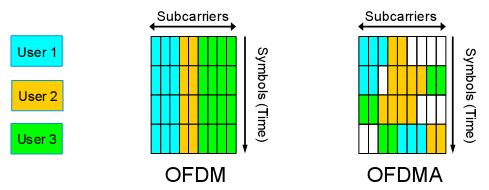
* **Nguyên tắc truyền nhận tín hiệu của cơ chế đa truy cập trực giao**

Trong OFDMA, vấn đề đa truy cập được thực hiện bằng cách cung cấp cho mỗi người dùng một phần trong số các sóng mang có sẵn. Bằng cách này, OFDMA tương tự như phương thức đa truy cập phân chia theo tần số thông thường (FDMA), tuy nhiên nó không cần thiết có dải phòng vệ lân cận rộng như trong FDMA để tách biệt những người dùng khác nhau. Hình 2.3 mô tả một ví dụ về bảng tần số thời gian của OFDMA, trong đó có 7 người dùng từ a đến g và mỗi người sử dụng một phần xác định của các sóng mang phụ có sẵn, khác với những người còn lại [8].



Hình 2.3: Ví dụ của biểu đồ số thời gian và OFDMA.

Trái ngược với phương thức truyền OFDM, OFDMA cho phép truy cập của nhiều nguời sử dụng trên băng thông sẵn có. Mỗi người sử dụng được ấn định một tài nguyên thời gian tần số cụ thể. Như một nguyên tắc cơ bản, các kênh dữ liệu là các kênh chia sẻ [8].



Hình 2.4: Cấp phát sóng mang con cho OFDM và OFDMA.

* **Các phương thức đa truy cập trực giao**

Trong chương này tôi sẽ xét tổng quan các phương pháp đa truy cập được sử dụng trong thông tin vô tuyến. Ngoài ra tôi cũng xét kỹ thuật trải phổ như là kỹ thuật cơ sở cho các hệ thống thông tin di động CDMA. Mô hình của một hệ thống đa truy cập.

Các phương pháp đa truy cập được chia thành ba loại chính:

* Đa truy cập phân chia theo mã (CDMA: Code Division Multiple Access).
* Đa truy cập phân chia theo thời gian (TDMA: Time Division Multiple Access).
* Đa truy cập phân chia theo tần số (FDMA: Frequency Division Multiple Access).

Ngoài ra còn có các loại khác là :

* Đa truy cập theo phân chia tần số trực giao (OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access.
* Đa truy cập phân chia theo không gian (SDMA: Space Division Multiple Access).

### 2.2.1. Đa truy cập phân chia theo mã (CDMA)

* **Tổng quan**

CDMA (viết tắt của Code Division Multiple Access) nghĩa là đa truy cập (đa người dùng) phân chia theo mã. Khác với GSM phân phối tần số thành những kênh nhỏ, rồi chia sẻ thời gian các kênh ấy cho người sử dụng. Trong khi đó thuê bao của mạng di động CDMA chia sẻ cùng một dải tần chung. Mọi khách hàng có thể nói đồng thời và tín hiệu được phát đi trên cùng một dải tần. Các tín hiệu của nhiều thuê bao khác nhau sẽ được mã hoá bằng các mã ngẫu nhiên khác nhau, sau đó được trộn lẫn và phát đi trên cùng một dải tần chung và chỉ được phục hồi duy nhất ở thiết bị thuê bao (máy điện thoại di động) với mã ngẫu nhiên tương ứng. Áp dụng lý thuyết truyền thông trải phổ, CDMA đưa ra hàng loạt các ưu điểm mà nhiều công nghệ khác chưa thể đạt được [9].

**2.2.2. Đa truy cập phân chia theo thời gian (TDMA)**

* **Giới thiệu**

TDMA (Time Division Multiple Access - ghép kênh theo thời gian) sử dụng đường truyền được chia sẻ cho người sử dụng. Tức là thời gian sử dụng đường truyền thì được chia làm nhiều khung, mỗi khung được chia thành nhiều khe thời gian (Time slot) mỗi người sử dụng một khe thời gian dành riêng cho mình để phục vụ cho việc truyền tin. Phương pháp ghép kênh theo thời gian chủ yếu sử dụng trong phần băng gốc.

Các hệ thống TDMA xác định các kênh theo khe thời gian. Nói cách khác, thời gian của hệ thống được xác định như chuỗi các khoảng thời gian cố định lặp lại (Thường gọi là các khung), sau đó các khung được chia tiếp thành một số cố định các khoảng thời gian nhỏ hơn gọi là các khe. Khi một cặp thu phát được phép liên lạc, nó được gán một khe thời gian cụ thể. Trong mỗi khung thời gian mỗi cặp thu phát có thể liên lạc với nhau trong khe của mình. Thông thường, tất cả các người dùng đều có cơ hội phát một lần trong một khung. Khoảng bảo vệ được chèn vào để ngăn ngừa các va chạm do đồng bộ không chính xác [9].

**2.2.3. Đa truy cập phân chia theo tần số (FDMA)**

* **Giới thiệu**

FDMA (Frequency Division Multiple Access ): là công nghệ đa truy cập phân chia theo tần số, công nghệ FDMA được sử dụng lần đầu tiên trong các hệ thống thông tin tương tự. Trong kỹ thuật này, băng tần tổng được phân chia thành nhiều băng tần nhỏ. Mỗi thuê bao MS được phép truyền liên tục theo thời gian trên một băng tần nhỏ đã được cấp phát cho MS đó, do đó sẽ không bị trùng. Mỗi băng tần bao gồm băng tần tối thiểu cho việc truyền dữ liệu và hai dải tần phòng vệ hai bên để chống nhiễu xuyên kênh [9].

Đặc điểm của FDMA là thuê bao MS sẽ được cấp phát một kênh đôi liên lạc suốt thời gian thông tuyến. Nhiễu giao thoa do tần số các kênh lân cận nhau là đáng kể. Trạm gốc BS phải có bộ thu phát riêng làm việc với mỗi thuê bao MS trong hệ thống di động thời gian làm việc của tài nguyên thông tin chia làm nhiều khung, mỗi khung chia làm nhiều khe, mỗi khe cho phép một người dùng làm việc [9].

**2.2.4. Đa truy cập theo phân chia theo tần số trực giao (OFDMA)**

* **Khái niệm OFDM**

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ghép kênh phân chia theo tần số trực giao là một kỹ thuật ghép kênh ra đời từ khá lâu, tương tự như kỹ thuật ghép kênh theo tần số FDM, một băng thông lớn sẽ được chia thành nhiều băng thông nhỏ hơn. Trong FDM giữa các băng thông nhỏ này phải có một khoảng tần số bảo vệ, điều này dẫn tới lãng phí băng thông. OFDM ra đời đã giải quyết vấn đề này, bằng cách sử dụng tập tần số trực giao các băng thông nhỏ này có thể chồng lấn lên nhau, do đó không cần dải bảo vệ, nên sử dụng hiệu quả và tiết kiệm băng thông hơn hẳn FDM. OFDM có khả năng truyền thông tốc độ cao, sử dụng băng thông hiệu quả, chống được nhiễu liên sóng mang ICI và chống được fading chọn lọc tần số, chống lại nhiễu ISI và có khả năng cân bằng tín hiệu hiệu quả bằng các bộ Equalizer đơn giản. Trong OFDMA, các người dùng sẽ được phân bổ dữ liệu truyền đi trên các sóng mang phụ của kỹ thuật OFDM [10].

* **Khái niệm OFDMA**

Đa truy cập phân chia theo tần số trực giao (OFDMA) là công nghệ đa truy cập phân chia theo sóng mang và được phát triển từ công nghệ OFDM. OFDMA cho phép nhiều người dùng cùng truy cập vào một kênh truyền bằng cách phân chia một nhóm các sóng mang con (Subcarrier) cho một người dùng tại một thời điểm. Mỗi một nhóm sóng mang con được biểu thị như một kênh con (Subchannel), và mỗi thuê bao được chỉ định một hoặc nhiều kênh con để truyền phát dựa trên mỗi yêu cầu cụ thể về lưu lượng của mỗi thuê bao. Ở các thời điểm khác nhau, nhóm sóng mang con cho 1 người dùng cũng khác nhau. OFDMA được dùng trong công nghệ mạng 802.16e (WiMAX di động), 3G LTE. OFDMA hỗ trợ các nhiệm vụ của các nhóm sóng mang con đối với các thuê bao nhất định [10].

**2.2.5. Đa truy cập phân chia theo không gian (SDMA)**

Kỹ thuật SDMA điều khiển năng lượng phát đến từng người dùng trong không gian. Trong các hệ thống mạng di động tế bào truyền thống, trạm gốc không có thông tin về vị trí các người dùng trong phạm vi một tế bào. Do đó trạm gốc sẽ phát tín hiệu đi tất cả các hướng để phủ song song trong phạm vi một tế bào. Kết quả là có sự lãng phí công suất khi không có người dùng ở đó, thêm vào đó lại tạo ra can nhiễu đối với các tế bào xung quanh dùng cùng tần số. Tương tự như vậy, ở phía thu, ăngten thu tín hiệu đến từ tất cả các hướng bao gồm cả tạp âm và các tín hiệu nhiễu.

## 2.3. TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC

* Tổng quan

Do đặc điểm tự nhiên, kênh truyền vô tuyến dễ bị tác động từ môi trường từ nhiều yếu tố ví dụ như suy hao đường truyền, hiện tượng fading và sự can nhiễu của sóng vô tuyến. Vì vậy, hiệu năng của kênh truyền vô tuyến bị ảnh hưởng nghiêm trọng, ảnh hưởng đến tốc độ và chất lượng dịch vụ của hệ thống. Để giảm thiểu những yếu tố tác động có hại đến hệ thống thông tin vô tuyến, có rất nhiều nghiên cứu đã đề xuất, nổi bật trong các nghiên cứu đó là hệ thống nhiều đầu vào, nhiều đầu ra (Multiple Input, Multiple Output - MIMO). Tuy nhiên, trong thực tế, hệ thống MIMO chỉ phù hợp với thiết kế nhiều ăngten trên thiết bị di động. Từ đây, ý tưởng ảo hóa hệ thống MIMO ra đời, các thiết bị di động đều có một ăngten và thực hiện chia các trạm BTS (Base Transceiver Station), do các nguyên nhân sau:

* Không thể chia sẻ ăngten với nhau để tạo thành một hệ thống MIMO ảo.
* Sự tiêu hao nguồn cho nhiều ăngten là vấn đề không nhà sản xuất thiết bị di động nào hỗ trợ.
* Khoảng cách giữa các ăngten phải đủ lớn để các đường tín hiệu thu được là độc lập.

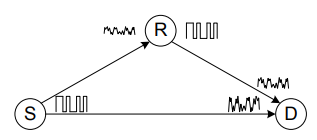
Như vậy, mỗi thiết bị di động có thể nhận dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, do đó kênh truyền fading từ các thiết bị di động khác nhau là độc lập thống kê với nhau, nên hệ thống đạt được phân tập không gian. Với những khả năng ưu việt của hệ thống truyền thông hợp tác sẽ đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao của hệ thống thông tin vô tuyến [11].

* Các phương pháp chuyển tiếp

Phương pháp chuyển tiếp trong hệ thống thông tin vô tuyến có thể được chia thành ba phương pháp như sau:

* Phương pháp chuyển tiếp một chiều.
* Phương pháp chuyển tiếp hai chiều.
* Phương pháp chuyển tiếp chia sẻ.
* Kỹ thuật Giải mã và Chuyển tiếp

Quá trình truyền tín hiệu của kỹ thuật giải mã và chuyển tiếp (Decode and Forward - DF) được minh họa trong Hình 2.5. Trong kỹ thuật xử lý tín hiệu vô tuyến giải mã và chuyển chuyển tiếp, nút chuyển tiếp R hoạt động như một trạm lặp (Repeater), nút R thực hiện giải điều chế/giải mã tín hiệu nhận được, sau đó thực hiện mã hóa/điều chế tín hiệu rồi truyền đến nút D. Vì vậy, kỹ thuật này còn được gọi là kỹ thuật chuyển tiếp tái tạo, thường được dùng trong việc truyền tín hiệu số. Quá trình tái tạo sẽ loại bỏ hoàn toàn các yếu tố tác động có hại cho tín hiệu, khôi phục tín hiệu về trạng thái như ở nút S. Ưu điểm của kỹ thuật DF là loại bỏ được tạp âm, nhưng thời gian trễ tại nút chuyển tiếp lớn hơn kỹ thuật AF do phải tái tạo tín hiệu. Trong trường hợp, một nút chuyển tiếp giải điều chế/giải mã sai thì lỗi này sẽ được truyền đến đích.



Hình 2.5: Kỹ thuật giải mã và chuyển tiếp.

## 2.4. HỆ THỐNG KIẾN THỨC LIÊN QUAN

### 2.4.1. Xác suất dừng

Đầu tiên, tôi định nghĩa xác suất dừng là xác suất mà một thiết bị thu không thể giải mã thành công dữ liệu nhận được do tỷ số tín hiệu trên nhiễu tức thời (SNR) nhỏ hơn một ngưỡng xác định trước (ký hiệu ngưỡng này là ). Ngược lại, nếu tỷ số SNR nhận được tại thiết bị này lớn hơn , tôi giả sử tín hiệu sẽ được giải mã thành công [12].

Lưu ý rằng xác suất dừng mà luận văn sẽ đánh giá chính là xác suất dừng tại nút đích D. Hơn nữa, bởi nguồn có 2 tín hiệu và đến đích nên tôi sẽ phải đánh giá xác suất dừng cho và .

### 2.4.2. Kênh Rayleigh Fading

Đáp ứng của kênh truyền là một quá trình phụ thuộc vào cả thời gian và biên độ. Biên độ của hàm truyền tại một tần số nhất định tuân theo phân bố Rayleigh, nếu kênh truyền không tồn tại LoS (Line of Sight), người ta đã chứng minh được đường bao của tín hiệu truyền qua kênh truyền có phân bố Rayleigh nên kênh truyền được gọi là kênh truyền fading Rayleigh. Khi đó tín hiệu nhận được ở máy thu là tổng hợp của các thành phần phản xạ, nhiễu xạ và khúc xạ [12].

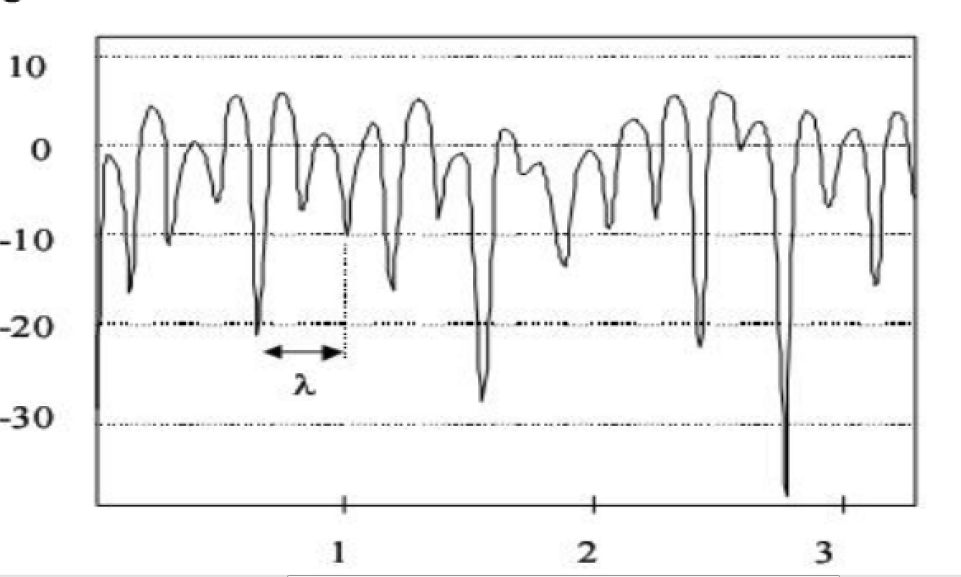
Nói cách khác, fading Rayleigh là mô hình hợp lý cho việc truyền tín hiệu cả hai tầng đối lưu và điện ly cũng như cho sự ảnh hưởng của môi trường đô thị đến tín hiệu vô tuyến. Nó không bao gồm thành phần truyền thẳng LoS.

Trong những kênh truyền vô tuyến, phân bố Rayleigh thường được dùng để mô tả bản chất thay đổi theo thời gian của đường bao tín hiệu fading phẳng thu được hay đường bao của một thành phần đa đường riêng lẻ.

Phân bố Rayleigh thường được sử dụng để mô tả biên độ của các tín hiệu vô tuyến di động trong khoảng thời gian ngắn. Một tín hiệu thu được tiêu biểu có pha và đường bao fading.

Xét một tín hiệu phát ra từ một máy phát và được truyền trên kênh vô tuyến, khi đó tín hiệu thu được tại máy thu sẽ có dạng trong đó r là biên độ có dạng phức, Φ là pha ngẫu nhiên có phân bố đều. Biên độ phức r có thể được biểu diễn bởi hai thành phần ngẫu nhiên đồng pha I và vuông pha Q độc lập nhau. Và độ lớn của r được tính theo công thức:

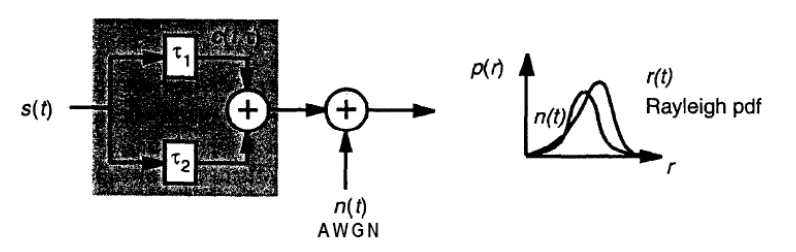
(2.1)



Hình 2.6: Fading Rayleigh khi thiết bị di động di chuyển (ở tần số 900Mhz).

Tại máy thu, tín hiệu thu được có đường bao có phân bố Rayleigh hay phân bố Ricean là phụ thuộc vào giá trị trung bình của các biến ngẫu nhiên I và Q. Nếu giá trị trung bình của cả hai biến ngẫu nhiên này bằng 0 thì PDF của r có phân bố Rayleigh và được tính như sau:

(2.2)

****

Hình 2.7: Hình vẽ minh hoạ mô hình kênh Rician và phân bố của r(t).

### 2.4.3. Mô hình kênh AWGN

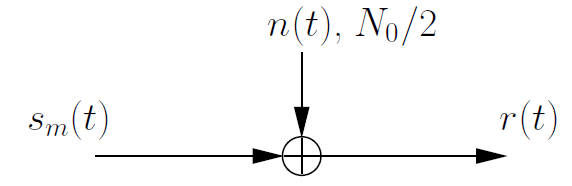
Nhiễu Gauss trắng cộng (AWGN) là một mô hình nhiễu cơ bản trong hệ thống thông tin để mô tả các quá trình ngẫu nhiên xảy ra trong kênh truyền [13]. Các đặc tính cơ bản của nhiễu AWGN bao gồm:

* + - Nhiễu có tính cộng: nghĩa là nhiễu của kênh truyền được cộng thêm vào tín hiệu được phát đi, ở đây nhiễu có tính độc lập thống kê với tín hiệu.
    - Nhiễu là trắng: tức mật độ phổ công suất nhiễu là phẳng, do vậy tự tương quan của nhiễu trong miền thời gian là bằng không cho bất kỳ độ lệch thời gian khác không nào.
    - Nhiễu có phân bố Gauss hoặc phân bố chuẩn.

Do hầu hết các nhiễu sinh ra trong hệ thống có các đặc tính này nên mô hình kênh AWGN được coi là mô hình kênh cơ bản nhất khi mô tả ảnh hưởng của nhiễu trong hệ thống. Mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra của kênh AWGN có thể được biểu diễn đơn giản như sau:

r(t) = s(t) + n(t) (2.3)

trong đó *n*(*t*) là thành phần nhiễu trắng có phân bố Gauss với trung bình bằng 0 được cộng thêm vào tín hiệu đầu vào kênh truyền *s*(*t*).



Hình 2.8: Mô hình kênh AWGN.

Trong mô phỏng hệ thống thông tin, tùy thuộc vào loại mô hình mô phỏng hay tín hiệu đầu vào mà thành phần nhiễu *n*(*t*) cũng có tính chất phù hợp tương ứng. Đối với trường hợp mô hình dải thông, tín hiệu đầu vào *s*(*t*) là tín hiệu thực nên thành phần nhiễu AWGN *n*(*t*) được tạo ra cũng là tín hiệu thực và có hàm tự tương quan tương ứng là [12]:

(2.4)

Trong đó: ** là phép tính kỳ vọng trong thống kê. Do đó mật độ phổ công suất của nhiễu *n*(*t*) có thể thu được qua khai triển Fourier từ (2.5) và có được:

(2.5)

cho tất cả các thành phần tần số trong băng tần nhiễu.

Đối với trường hợp mô phỏng tương đương băng gốc, tín hiệu đầu vào *s*(*t*) là tín hiệu phức nên thành phần nhiễu AWGN *n*(*t*) được tạo ra cũng là tín hiệu phức gồm 2 thành phần thực và ảo (hay thành phần đồng pha và vuông pha) và mỗi thành phần có hàm tự tương quan là. Các thành phần nhiễu đồng pha và vuông pha đều có phân bố Gauss và là các quá trình độc lập nhau. Như vậy đại lượng mật độ phổ công suất N0xác định mức công suất nhiễu AWGN hay phương sai của hàm phân bố nhiễu Gauss. Đây cũng chính là tham số đặc trưng cho kênh AWGN và xác định tỉ số tín hiệu trên nhiễu (SNR) của kênh truyền:

hay (2.6)

Trong đó *Ps* là mức công suất tín hiệu đầu vào kênh AWGN. Đối với tín hiệu đầu vào là tín hiệu có tính ngẫu nhiên thì công suất tín hiệu đầu vào có thể được ước tính qua phép tính phương sai của tín hiệu. Tham số SNR cũng được sử dụng đặc trưng cho kênh AWGN thay cho mức công suất nhiễu. Khi đó, mức công suất hay phương sai nhiễu sẽ được rút ra từ giá trị SNR được thiết lập cho kênh và mức công suất tín hiệu đầu vào.

### 2.4.4. Hàm phân phối xác suất tích lũy và hàm mật độ xác suất của biến ngẫu nhiên

Cho biến ngẫu nhiên X, hàm phân phối tích lũy (Cumulative Distribution Function – CDF), hay còn gọi là hàm phân phối (Distribution Function) là:

(2.7)

Ta sẽ thấy hàm CDF chứa mọi thông tin cần thiết của biến ngẫu nhiên, do đó là một khái niệm quan trọng.

Các biến ngẫu nhiên được chia vào 2 nhóm quan trọng là rời rạc và liên tục, tùy vào miền giá trị mà biến ngẫu nhiên X có thể nhận. Nhắc lại là trong định nghĩa biến ngẫu nhiên, tôi chỉ nói chung chung rằng giá trị của X nằm trong , tuy nhiên cụ thể hơn, tôi có:

Biến ngẫu nhiên X gọi là rời rạc nếu nó chỉ nhận giá trị trong một tập đếm được (Không nhất thiết hữu hạn) { . Khi đó tôi định nghĩa hàm mật độ xác suất (Probability Function hay Probability Mass Function) của X là:

(2.8)

Do tính chất của xác suất  nên đương nhiên và . So sánh với định nghĩa hàm CDF ở trên, tôi thấy:

(2.9)

Tôi cũng có định nghĩa sau dành cho biến ngẫu nhiên liên tục:

Một biến ngẫu nhiên X gọi là liên tục nếu tồn tại hàm sao cho với mọi x, và với mọi :

(x)dx (2.10)

Hàm khi đó gọi là hàm mật độ xác suất (Probability Density Function – PDF) của X.Tôi cũng có mối quan hệ giữa CDF và PDF của một biến ngẫu nhiên liên tục:

(2.11)

và đương nhiên tại mọi điểm mà có đạo hàm (Differentiable – khả vi).

**CHƯƠNG 3: MÔ HÌNH HỆ THỐNG**

## 3.1. MÔ HÌNH HỆ THỐNG NOMA HƯỚNG XUỐNG TRONG MẠNG HỢP TÁC

Hệ thống gồm 1 nguồn S, M nút chuyển tiếp Rn (n = 1,M) và 2 người dùng U1 và U2 được mô tả trong hình 3.1. Giả sử, các nút được trang bị 1 ăngten, và không có đường kết nối trực tiếp giữ nguồn và người dùng do ảnh hưởng bởi che chắn hoặc fading sâu. Nguồn S truyền dữ liệu tới người dùng thông qua nút chuyển tiếp tốt nhất trong M nút chuyển tiếp và dùng nút chuyển tiếp đó truyền đến U1 và U2. Không mất tính tổng quát, giả sử người dùng U1 có chất lượng dịch vụ (QoS) cao nhưng tốc độ mong muốn thấp, ví dụ như cảm biến hay thiết bị công nghệ chăm sóc sức khỏe. Mặt khác, người dùng U2 không cần chất lượng dịch vụ cao nhưng đòi hỏi tốc độ mong muốn cao ví dụ như tải các phần mềm hay tài liệu có dung lượng lớn.

Hình 3.1: Mô hình hệ thống NOMA hướng xuống tổng hợp.

Dựa trên mô hình hệ thống, tín hiệu tổng hợp xs = từ nguồn S được truyền đi đến các nút chuyển tiếp ở khe thời gian đầu tiên. Với là tín hiệu cho và là tín hiệu cho ,là hệ số phân bổ công suất cho gói tin x1,là hệ số phân bổ công suất cho gói tin x2 với và . Tín hiệu thu được ở nút chuyển tiếp Rn, với 1 n M, được đưa ra bởi công thức:

+ = + + (3.1)

Trong đó, P là công suất truyền tại nguồn S và là tạp âm Gaussian (AWGN) với trung bình bằng 0 và phương sai , và gn là hệ số kênh fading Rayleigh từ nguồn S đến nút chuyển tiếp Rn.

Tỉ số tín hiệu trên can nhiễu SINR tại Rn để giải mã x1 là:

= = (3.2)

Với

Tốc độ đạt được tại Rn để lấy x1 là:

(3.3)

Trong đó, hệ số nghĩa là tín hiệu đến U1 qua 2 khe thời gian.

Với điều kiện là ≥ R1 tức là nút chuyển tiếp giải mã thành công tín hiệu x1, do U1 có chất lượng dịch vụ (QoS) cao hơn U2 (), từ công thức (3.1) nút chuyển tiếp Rn áp dụng phương pháp triệt can nhiễu tuần tự (SIC) để giải mã x2 bằng cách loại bỏ can nhiễu . Tín hiệu tại Rn sau khi bỏ can nhiễu chứa x1 là:

+ (3.4)

Tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại Rn để lấy x2 là:

= = (3.5)

Do đó tốc độ đạt được tại Rn để lấy x2 là:

(3.6)

Nếu nút chuyển tiếp có thể giải mã thành công cả 2 tín hiệu x1 và x2 ở giai đoạn đầu tiên nghĩa là , với và là tốc độ ngưỡng giải mã của x1và x2, nút chuyển tiếp có thể dùng NOMA để truyền tín hiệu hỗn hợp xếp chồng nhau cho người dùng U1 và U2 ở giai đoạn tiếp theo. Tín hiệu tổng hợp tại nút sau khi giải mã tín hiệu x1 và x2 là:

(3.7)

là hệ số phân bổ công suất cho Ui với =1 và . Do đó, các tín hiệu nhận được tại U1 và U2 diễn đạt là:

= + (3.8)

= + (3.9)

Trong đó và là các hệ số kênh fading Rayleigh từ nút chuyển tiếp đến U1 và U2, P là công suất truyền của nút chuyển tiếp , biểu thị tạp âm Gausian tại U1 và U2, (k = 1, 2).

Tỉ số tín hiệu trên can nhiễu SINR tại U1 để giải mã x1 là:

= = (3.10)

Tốc độ tức thời để U1 phát hiện ra là tín hiệu x1 được cho bởi:

= (3.11)

Bộ triệt nhiễu (SIC) được đưa ra tại U2 để loại đi tín hiệu cho U1, do đó tốc độ tức thời để U2 phát hiện ra tín hiệu x1 được cho bởi:

(3.12)

Với điều kiện là ≥ R1, tôi quan sát U2 ở công thức (4) có thể loại bỏ đi tín hiệu x1 trước khi phát hiện thông điệp của riêng nó. Do đó, tốc độ có thể đạt được để U2 giải mã tin nhắn x2 được đưa ra bởi:

= (3.13)

## 3.2. HIỆU NĂNG HỆ THỐNG

**3.2.1. Xác suất dừng người dùng thứ hai**

* Xác suất dừng tại xảy ra trong ba trường hợp sau:
* Không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu
* Tồn tại nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu nhưng không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu .
* Tồn tại nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu và nhưng tốc độ đạt được từ nút chuyển tiếp tốt nhất tới để giải mã cho tín hiệu nhỏ hơn mức ngưỡng giải mã.
* Tìm được nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu và từ nguồn nhưng tốc độ đạt được từ nút chuyển tiếp tốt nhất tới để giải mã cho tín hiệu nhỏ hơn mức ngưỡng giải mã.
* Tìm được nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu và từ nguồn và tốc độ đạt được từ nút chuyển tiếp tốt nhất tới để giải mã cho tín hiệu lớn hơn hoặc bằng mức ngưỡng giải mã nhưng tốc độ đạt được từ nút chuyển tiếp tốt nhất tới để giải mã cho tín hiệu nhỏ hơn mức ngưỡng giải mã.

Gọi là tập hợp gồm n nút chuyển tiếp sao cho n nút chuyển tiếp đó giải mã được cả và của S và n nút chuyển tiếp này truyền thành công đến tập được biểu diễn như sau:

Hay

(3.14)

Khi đó xác suất mà không nhận được khi tập không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào:

+

+ (3.15)

Công thức (3.15) biểu thị xác suất dừng tại người dùng xảy ra trong các trường hợp:

* Xác suất dừng tại người dùng xảy ra khi không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu khi tín hiệu kết hợp được truyền đến các nút chuyển tiếp.
* Xác suất dừng tại người dùng xảy ra khi có tồn tại nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu nhưng không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu khi tín hiệu kết hợp được truyền đến các nút chuyển tiếp.
* Xác suất dừng tại người dùng xảy ra khi có tồn tại nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu và nhưng tốc độ đạt được từ nút chuyển tiếp tốt nhất tới để giải mã cho tín hiệu nhỏ hơn mức ngưỡng giải mã.

Từ công thức (3.15) xác xuất dừng khi không tồn tại tập nút chuyển tiếp được viết lại thành:

= (3.16)

Từ các thuật toán thống kê tôi tính được các xác xuất lần lược là:

= . … (3.17)

với a =

được tính bằng công thức:

= (3.18)

Với b =

được tính bằng công thức:

(3.19)

Với c =

Cuối cùng xác xuất dừng khi không tồn tại tập nút chuyển tiếp được xác định bởi công thức:

. …

(3.20)

Xác xuất dừng tại trong trường hợp thứ hai là được biểu diễn như sau:

[= , ] (3.21)

Công thức (3.21) biểu thị xác suất dừng tại người dùng xảy ra trong trường hợp tồn tại nút chuyển tiếp giải mã thành công tín hiệu và đồng thời người dùng thứ nhất là giải mã thành công tín hiệu nhưng người dùng không thể giải mã được tín hiệu .

Từ các thuật toán thống kê tôi tính được các xác xuất là:

. (3.22)

Với d =

Xác xuất dừng tại trong trường hợp thứ ba là được biểu diễn như sau:

(3.23)

Công thức (3.23) biểu thị xác suất dừng tại người dùng xảy ra trong trường hợp tồn tại nút chuyển tiếp giải mã thành công tín hiệu và đồng thời người dùng thứ nhất là giải mã thành công tín hiệu , người dùng giải mã được tín hiệu nhưng không thể giải mã thành công tín hiệu .

Từ các thuật toán thống kê tôi tính được các xác xuất là:

=

(3.24)

Với t =

Trong công thức (3.21), và (3.23), là chỉ số nút chuyển tiếp tốt nhất được chọn sao cho chất lượng truyền từ nút chuyển tiếp đến tốt nhất và biểu diển bởi công thức toán sau:

(3.25)

Từ các công thức (3.20), (3.22), (3.24) xác suất dừng tại người dùng được biểu diễn bởi công thức sau:

= + + (3.26)

**3.2.2. Xác suất dừng người dùng thứ nhất**

* Xác suất dừng tại xảy ra trong các trường hợp sau:
* Không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu
* Tồn tại nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu nhưng không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu .
* Tìm được nút chuyển tiếp giải mã được và . Nhưng tốc độ đạt được từ bất kì nút chuyển tiếp nào trong tập tới nhỏ hơn ngưỡng giải mã.

Gọi là tập hợp gồm n nút chuyển tiếp sao cho n nút chuyển tiếp đó giải mã được cả và của nguồn S, tập được biểu diễn như sau:

Hay

(3.27)

Khi đó xác suất mà không nhận được khi tập không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào:

+ (3.28)

Công thức (3.28) biểu thị xác suất dừng tại người dùng xảy ra trong các trường hợp:

* Xác suất dừng tại người dùng xảy ra khi không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu khi tín hiệu kết hợp được truyền đến các nút chuyển tiếp.
* Xác suất dừng tại người dùng xảy ra khi tồn tại nút chuyển tiếp giải mã được tín hiệu nhưng không tồn tại bất kì nút chuyển tiếp nào có thể giải mã được tín hiệu khi tín hiệu kết hợp được truyền đến các nút chuyển tiếp.

Từ công thức (3.28) xác xuất dừng được viết lại thành:

= (3.29)

Từ các thuật toán thống kê tôi tính được các xác xuất lần lượt là:

= . … (3.30)

Với a =

được tính bằng công thức:

=(3.31)

Với b =

Cuối cùng xác xuất dừng được xác định bởi công thức:

. …

(3.32)

Ở trường hợp 2, biểu thức của U1 được biểu diễn như sau:

[= , ] (3.33)

Công thức (3.33) biểu thị xác suất dừng tại người dùng xảy ra trong trường hợp tồn tại nút chuyển tiếp giải mã thành công tín hiệu và nhưng người dùng thứ nhất là không thể giải mã thành công tín hiệu .

Từ các thuật toán thống kê tôi tính được các xác xuất là:

. (3.34)

Với d =

Từ các công thức (3.32), (3.34) xác suất dừng tại người dùng được biểu diễn bởi công thức sau:

= + (3.35)

**CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG**

**4.1. THÔNG SỐ MÔ PHỎNG VÀ LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT**

**4.1.1. Các thông số mô phỏng**

*(xs, ys )*

*(, )*

*)*

*(, )*

*(,)*

*d2n*

*d1n*

*dn*

Hình 4.1: Mô hình hệ thống NOMA hướng xuống tổng hợp trong mặt phẳng Oxy.

Môi trường mô phỏng là một mặt phẳng hai chiều Oxy. Như hình vẽ trong hình 4.1, tôi đặt nút nguồn S cố định tại gốc toạ độ, nguồn S có tọa độ (0, 0). Vị trí của nút đích là người dùng và người dùng có tọa độ lần lượt là (1, 0) và (1, 0.5). Nút chuyển tiếp sẽ được đặt nằm giữa nút nguồn và nút đích với toạ độ là (0.5, 0).

Từ toạ độ của các nút, tôi tính được khoảng cách giữa các nút qua công thức sau:

Độ dài khỏang cách từ nguồn S đến nút chuyển tiếp R:

= = *xR* = 0.5 (4.1)

Độ dài khoảng cách từ nút chuyển tiếp R đến người dùng người dùng :

= = = 0.5 (4.2)

Độ dài khoảng cách từ nút chuyển tiếp R đến người dùng :

= = = 0.5 (4.3)

Vì , và là các hệ số phân bổ công suất nên có + = + = 1, nên tôi chọn = = và = = để đưa vào chương trình. Độ suy giảm của mật độ công suất (path\_loss) là 3. Tốc độ dữ liệu đích và lượt là 0.5bits/s và 2bits/s. Tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR từ 5 đến 30.

**4.1.2. Lưu đồ giải thuật**



Hình 4.2:Lưu đồ chương trình chính.



Hình 4.3: Lưu đồ chương trình mô phỏng xác xuất dừng của .



Hình 4.4: Lưu đồ chương trình mô phỏng xác xuất dừng của .

## 4.2. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

### 4.2.1. **Xác suất dừng tại và theo SNR**



Hình 4.5: Xác suất dừng tại và theo SNR với các thông số gồm M = 2, pathloss = 3, , , , , SNR = 5: 30.

Hình 4.5 trình bày xác suất dừng tại và theo SNR với các thông số M = 2, pathloss = 3, , , , , SNR = 5: 30. Từ hình 4.5, tôi thấy rằng khi SNR tăng thì xác suất dừng giảm nghĩa là và có khả năng giải mã thành công cao. Kết quả này là do khi SNR tăng dẫn đến công suất phát tại nguồn tăng nên tốc độ giải mã tại và tăng nên khả năng giải mã thành công tín hiệu cao dẫn đến xác suất dừng giảm.

### 4.2.2. Xác suất dừng theo SNR với R2 thay đổi



Hình 4.6: Mô tả xác suất dừng theo SNR với M = 2, pathloss = 3 và các cặp giá trị và trong đó thì giá trị được giữ nguyên và giá trị giảm dần lần lượt là: , ; , ; , ,, , SNR = 5: 20.

Hình 4.6 trình bày xác suất dừng theo SNR với M = 2 và các cặp giá trị và trong đó thì giá trị được giữ nguyên và giá trị giảm dần lần lượt là: , ; , ; , ,, , SNR = 5: 20. Từ hình 4.6, tôi thấy rằng khi SNR tăng thì xác suất dừng giảm. Bên cạnh đó, khi giá trị giảm thì xác suất dừng cũng giảm. Xác suất dừng giảm xuống nghĩa là và có khả năng giải mã thành công cao. Kết quả này là do khi SNR tăng làm cho công suất phát tại nguồn tăng dẫn đến tốc độ giải mã tại và tăng. Khi ngưỡng giải mã tín hiệu giảm thì tốc độ giải mã tín hiệutăng. Tốc độ giải mã tín hiệu tăng đồng nghĩa với khả năng giải mã thành công tăng.

### 4.2.3. Xác suất dừng tại và theo tốc độ đạt được khi tăng số nút chuyển tiếp



M = 2

M = 6

Hình 4.7: Mô tả xác suất dừng tại và theo tốc độ đạt được với các thông số M = 2 và M = 6, pathloss = 3, , , , , SNR = 20.

Hình 4.7 trình bày xác suất dừng tại và theo tốc độ đạt được với các thông số M = 2 và M = 6, pathloss = 3, , , , , SNR = 20. Từ hình 4.7, tôi thấy rằng khi số nút chuyển tiếp tăng từ M = 2 thành M = 6 thì xác suất dừng giảm nghĩa là và có khả năng giải mã thành công cao. Kết quả này là do khi số nút chuyển tiếp tăng làm cho khả năng giải mã thành công tín hiệu và tăng. Khi tốc độ giải mã tăng, xác suất dừng tại và sẽ giảm.

### 4.2.4. Xác suất dừng tại và khi thay đổi khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp



Hình 4.8: Mô tả xác suất dừng tại và theo khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp với các thông số M = 2, pathloss = 3, , , , , SNR = 15.

Hình 4.8 trình bày xác suất dừng của và theo khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp với các thông số M = 2, pathloss = 3, , , , , SNR = 15. Từ hình 4.8, tôi thấy rằng xác suất dừng của thấp nhất khi khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp đạt giá trị là 0.5 và xác suất dừng của thấp nhất khi khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp đạt giá trị là 0.6. Kết quả này là do khi khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp đạt giá trị là 0.5 thì vị trí của tập các nút chuyển tiếp nằm giữa nguồn và người dùng . Điều này khiến cho xác suất dừng tại đạt giá trị thấp nhất. Tương tự, khi giá trị khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp là 0.6 thì tập các nút chuyển tiếp nằm giữa nguồn và người dùng làm cho xác suất dừng tại đạt giá trị thấp nhất. Khi xác suất dừng giảm xuống thấp nghĩa là khả năng giải mã tín hiệu thành công sẽ tăng cao.

**CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

**5.1. KẾT LUẬN**

Trong luận văn này đã hoàn thành các mục tiêu đề ra, cụ thể:

* Nghiên cứu hiệu năng của mạng hợp tác đa truy cập phi trực giao dưới sự ảnh hưởng của fading kênh truyền.
* Sử dụng kỹ thuật đa truy cập phi trực giao (NOMA) và triệt can nhiễu tuần tự để nâng cao thông lượng cho mạng khảo sát.
* Sử dụng truyền thông hợp tác tăng cường nhằm nâng cao độ lợi phân tập và chất lượng dịch vụ cho mạng đa truy cập.
* Tiến hành các mô phỏng để khảo sát hiệu năng của hệ thống.

**5.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

* Mô hình đề xuất có thể được phát triển trên các mô hình có nhiều người dùng.
* Mô hình đề xuất có thể được phát triển trên các mô hình mà các nút được trang bị với nhiều ăngten.
* Phát triển đề tài trong mô hình mạng hợp tác đường lên.
* Để nâng cao sự tin cậy trong đánh giá hiệu năng hệ thống, đề tài sẽ đánh giá thêm về tỉ lệ lỗi bit.

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Đại Thắng (2017), “Nghiên cứu và đánh giá hiệu năng mô hình truyền thông cộng tác tăng cường trong mạng vô tuyến nhận thức dạng nền với đa truy cập không trực giao”, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Học viện công nghệ Bưu Chính Viễn Thông, thành phố Hồ Chí Minh.

[2] Đặng Nhân Cách, Nguyễn Hoàng Sơn (2017), “Nghiên cứu sự phát triển và cuộc cách mạng của mạng 5G”, Đại học Giao Thông Vận Tải Thành phố Hồ Chí Minh.

[3] Huỳnh Quyết Thắng (chủ biên) - Nguyễn Hữu Đức - Doãn Trung Tùng - Nguyễn Bình Minh - Trần Việt Trung (2014), “Điện Toán Đám Mây”, nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội.

[4] Mai Quang Trung (2015), “Kỹ thuật PILOT đường xuống trong hệ thống MASSIVE MIMO”, Luận văn Thạc Sĩ Công Nghệ Điện Tử Viễn Thông .

[5] Trần Xuân Nam - Đinh Thế Cường - Nguyễn Tuấn Minh - Nguyễn Vĩnh Hạnh (2007), “MIMO - Công nghệ truyền dẫn vô tuyến tốc độ cao”, Tạp chí Khoa học & Công nghệ - Số 2(42).

[6] Nguyễn Mạnh Tuấn (2017), “Điều khiển thông lượng người dùng đồng đều trong hệ thống Massive MIMO”, Luận văn tốt nghiệp.

[7] Phạm Quốc Cường (2018), “Kỹ thuật đa truy cập phi trực giao NOMA trong mạng 5G”, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.

[8] Hồ Văn Phi (2016), *“*Cơ chế đa truy cập phi trực giao trong mạng 5G*”,* Luận văn tốt nghiệp.

[9] Nguyễn Phạm Anh Dũng (2006), “Lý thuyết trải phổ và đa truy cập vô tuyến”, Học viện công nghệ Bưu Chính Viễn Thông, Hà Nội.

[10] Hoàng Công Anh, “Ứng dụng công nghệ OFDMA trong WIMAX”, Luận văn thạc sĩ khoa học, Trường Đại Học Bách Khoa Hà Nội.

[11] Hồ Tây (2018), “Kết hợp giải pháp cell nhỏ và Massive MIMO để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng cho mạng di động”, Luận văn tốt nghiệp, Đại học Tôn Đức Thắng.

[12] Nguyễn Văn Đức (2006), “Lý thuyết về kênh truyền vô tuyến*”*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.

[13] Jinjin Men, Jianhua Ge (2015), “Performance analysis of non-orthogonal multiple access in downlink cooperative network”, Russell W. Burns. IET*.*

[14] Nguyễn Kim Thạch – Hà Thu Phương (2019), “Nghiên cứu và đánh giá hiệu năng mạng đa truy cập với triệt can nhiễu tuần tự”, Luận văn tốt nghiệp, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh.

**PHỤ LỤC**

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình con **OP\_SM\_U1** | Vẽ xác xuất dừng của |
| function Out\_SM1 = OP\_SM\_U1(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1,gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG)    CDF\_SM = zeros(1,length(SNR\_dB));  SNRn = 10.^(SNR\_dB/10);    ro = SNRn; %ct3    for ii = 1:length(SNR\_dB)  for mm=1:bit\_frame(ii)  Qn = [] ;  for k = 1:M    %gn  gRk = gauss1(0,1/dn^pathloss/2,1,1)+ 1i\*gauss1(0,1/dn^pathloss/2,1,1);  ggRk = abs(gRk)^2;    Rk\_x1 = 0.5\*log2(1 +(gama1\*ggRk)./(1/ro(ii)+gama2\*ggRk)) ;  Rk\_x2 = 0.5\*log2(1 + gama2\*ggRk\*ro(ii));    if(Rk\_x1>=R1)  if(Rk\_x2>=R2)  Qn = [Qn k] ;  end  end  end  if(length(Qn)== 0)  CDF\_SM(ii) = CDF\_SM(ii) + 1;  else    %hn1  hRk\_U1 = gauss1(0,1/d1n^pathloss/2,1,1)+ 1i\*gauss1(0,1/d1n^pathloss/2,1,1);  ghRk\_U1 = abs(hRk\_U1)^2;  RU1\_x1 = 0.5\*log2(1 +(alpha1\*ro(ii)\*ghRk\_U1)./(1+alpha2\*ro(ii)\*ghRk\_U1));    if(RU1\_x1 < R1)  CDF\_SM(ii) = CDF\_SM(ii) + 1;  end  end  end  end  CDF\_SM = CDF\_SM./bit\_frame;  Out\_SM1 = CDF\_SM;  if (FIG==1)  semilogy(SNR\_dB, CDF\_SM,'--ro');  grid on; hold on;  end  end | |

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình con **OP\_SM\_U2** | Vẽ xác xuất dừng của |
| function Out\_SM2 = OP\_SM\_U2(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1,gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG)    CDF\_SM = zeros(1,length(SNR\_dB));  SNRn = 10.^(SNR\_dB/10);    ro = SNRn; %ct3    for ii = 1:length(SNR\_dB)  for mm=1:bit\_frame(ii)  D = [] ;  for k = 1:M    %gn  gRk = gauss1(0,1/dn^pathloss/2,1,1)+ 1i\*gauss1(0,1/dn^pathloss/2,1,1);  ggRk = abs(gRk)^2;    %hRk  hRk\_U1 = gauss1(0,1/d1n^pathloss/2,1,1)+ 1i\*gauss1(0,1/d1n^pathloss/2,1,1);  ghRk\_U1 = abs(hRk\_U1)^2;      Rk\_x1= 0.5\*log2(1 +(gama1\*ggRk)./(1/ro(ii)+gama2\*ggRk)) ;  Rk\_x2 = 0.5\*log2(1 + gama2\*ggRk\*ro(ii));  RU1\_x1 = 0.5\*log2(1 +(alpha1\*ro(ii)\*ghRk\_U1)./(1+alpha2\*ro(ii)\*ghRk\_U1));    if(Rk\_x1>=R1)  if(Rk\_x2>=R2)  if(RU1\_x1>=R1)  D = [D k];  end  end  end  end  if(length(D)== 0)  CDF\_SM(ii) = CDF\_SM(ii) +1;  else  Tn2 = zeros(1,length(D));  for ll= 1:length(D)  %hn2  hRk\_U2 = gauss1(0,1/d2n^pathloss/2,1,1)+ 1i\*gauss1(0,1/d2n^pathloss/2,1,1);  ghRk\_U2 = abs(hRk\_U2)^2;  Tn2(ll)= ghRk\_U2;  end  hRk\_U2s = max(Tn2);    RU2\_x1 = 0.5\*log2(1 +(alpha1\*ro(ii)\*hRk\_U2s)./ (1+alpha2\*ro(ii)\*hRk\_U2s));  RU2\_x2 = 0.5\*log2(1 + alpha2\*hRk\_U2s\*ro(ii));  if(RU2\_x1<R1)  CDF\_SM(ii) = CDF\_SM(ii) +1;  else  if(RU2\_x2<R2)  CDF\_SM(ii) = CDF\_SM(ii) +1;  end  end  end  end  end    CDF\_SM = CDF\_SM./bit\_frame;  Out\_SM2 = CDF\_SM;  if (FIG==1)  semilogy(SNR\_dB, CDF\_SM,'-bs');  grid on; hold on;  end  end | |

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình chính **Fig\_1** | Xác suất dừng tại và theo SNR |
| SNR\_dB = 5:5:30;  bit\_frame = zeros(1,length(SNR\_dB));  for ii = 1:length(SNR\_dB)  bit\_frame(ii) = 3\*10^4;  end    xS = 0; yS = 0;  xR = 0.5; yR = 0;  xU1 = 1; yU1 = 0;  xU2 = 1; yU2 = 0.5;    bit\_frame;  R1 = 0.5; %ct13  R2 = 2; %ct13    gama1 = 3/4; %ct1  gama2 = 1/4; %ct1  alpha1 = 3/4; %ct4  alpha2 = 1/4; %ct4    M = 2;  FIG = 1;    dn = sqrt((xR - xS)^2 + (yR - yS)^2);  d1n = sqrt((xU1 - xR)^2 + (yU1 - yR)^2);  d2n = sqrt((xU2 - xR)^2 + (yU2 - yR)^2);  pathloss=3;    %1. Outage Probability xac suat dung  OP\_SM\_U1(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1,gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG);  OP\_SM\_U2(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1,gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG);    xlabel('SNR(dB)'); ylabel('XAC SUAT DUNG');  legend('Xac suat dung U1, mo phong.',...  'Xac suat dung U2, mo phong.',...  'location','southwest') | |

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình chính **Fig\_2** | Xác suất dừng theo SNR với R2 thay đổi |
| SNR\_dB = 5:5:20;  bit\_frame = zeros(1,length(SNR\_dB));  for ii = 1:length(SNR\_dB)  bit\_frame(ii) = 3\*10^4;  end    xS = 0; yS = 0;  xR = 0.5; yR = 0;  xU1 = 1; yU1 = 0;  xU2 = 1; yU2 = 0.5;    bit\_frame;  R1 = 0.1; %ct13  R2 = 2; %ct13    gama1 = 3/4; %ct1  gama2 = 1/4; %ct1  alpha1 = 3/4; %ct4  alpha2 = 1/4; %ct4    M = 2;  FIG = 1;    dn = sqrt((xR - xS)^2 + (yR - yS)^2);  d1n = sqrt((xU1 - xR)^2 + (yU1 - yR)^2);  d2n = sqrt((xU2 - xR)^2 + (yU2 - yR)^2);  pathloss=3;    %1. Outage Probability xac suat dung  OP\_SM\_U1(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1,gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG);  OP\_SM\_U2(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1,gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG);    xlabel('SNR(dB)'); ylabel('XAC SUAT DUNG');  legend('Xac suat dung U1, mo phong.',...  'Xac suat dung U2, mo phong.',...  'location','southwest') | |

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình chính **Fig\_3** | Xác suất dừng tại và theo tốc độ đạt được khi tăng số nút chuyển tiếp |
| SNR\_dB = 20;  bit\_frame = zeros(1,length(SNR\_dB));  for ii = 1:length(SNR\_dB)  bit\_frame(ii) = 3\*10^3;  end    xS = 0; yS = 0;  xR = 0.5; yR = 0;  xU1 = 1; yU1 = 0;  xU2 = 1; yU2 = 0.5;    bit\_frame;  R1 = 0.5; %ct13  R2 = 2.5:0.5:5; %ct13    OutU1\_SM = zeros(1,length(R2));  OutU2\_SM = zeros(1,length(R2));    gama1 = 3/4; %ct1  gama2 = 1/4; %ct1  alpha1 = 3/4; %ct4  alpha2 = 1/4; %ct4    M = 6;  FIG = 2;  dn = sqrt((xR - xS)^2 + (yR - yS)^2);  d1n = sqrt((xU1 - xR)^2 + (yU1 - yR)^2);  d2n = sqrt((xU2 - xR)^2 + (yU2 - yR)^2);  pathloss=3;    for k = 1:length(R2)  OutU1\_SM(k) = OP\_SM\_U1(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1, gama2,alpha1,alpha2,R1,R2(k),FIG);  OutU2\_SM(k) = OP\_SM\_U2(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1, gama2,alpha1,alpha2,R1,R2(k),FIG);  end;  % OutU1\_SM  semilogy(R2,OutU1\_SM ,'--ro');  grid on; hold on;  % OutU2\_SM  semilogy(R2,OutU2\_SM ,'-bs');  grid on; hold on;    xlabel('Toc Do Dat Duoc R2'); ylabel('Xac Suat Dung');  legend('Xac suat dung U1, mo phong.',...  'Xac suat dung U2, mo phong.',...  'location','southeast') | |

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình chính **Fig\_4** | Xác suất dừng tại và khi thay đổi khoảng cách giữa nguồn với nút chuyển tiếp |
| SNR\_dB = 15;  bit\_frame = zeros(1,length(SNR\_dB));  for ii = 1:length(SNR\_dB)  bit\_frame(ii) = 3\*10^3;  end    xS = 0; yS = 0;  xR = 0.1:0.1:0.9;  yR = 0;  xU1 = 1; yU1 = 0;  xU2 = 1; yU2 = 0.5;    bit\_frame;  R1 = 0.5; %ct13  R2 = 2; %ct13    OutU1\_SM = zeros(1,length(xR));  OutU2\_SM = zeros(1,length(xR));    gama1 = 3/4; %ct1  gama2 = 1/4; %ct1  alpha1 = 3/4; %ct4  alpha2 = 1/4; %ct4    M = 4;  FIG = 2;    pathloss=3;    for k = 1:length(xR)    dn = sqrt((xR(k) - xS)^2 + (yR - yS)^2);  d1n = sqrt((xU1 - xR(k))^2 + (yU1 - yR)^2);  d2n = sqrt((xU2 - xR(k))^2 + (yU2 - yR)^2);    OutU1\_SM(k) = OP\_SM\_U1(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1, gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG);  OutU2\_SM(k) = OP\_SM\_U2(SNR\_dB,bit\_frame,M,dn,d1n,d2n,pathloss,gama1, gama2,alpha1,alpha2,R1,R2,FIG);  end;    % OutU1\_SM  semilogy(xR,OutU1\_SM ,'--ro');  grid on; hold on;    % OutU2\_SM  semilogy(xR,OutU2\_SM ,'-bs');  grid on; hold on;    xlabel('Khoang Cach Giua Nguon va Nut Chuyen Tiep'); ylabel('Xac Suat Dung');  legend('Xac suat dung U1, mo phong.',...  'Xac suat dung U2, mo phong.',...  'location','southwest') | |

|  |  |
| --- | --- |
| Code chương trình con **gauss1** | Mô phỏng nhiễu |
| function out = gauss1(mean,var,s\_row,s\_column)  out = sqrt(var)\*randn(s\_row,s\_column) + mean;  end | |