

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ THÔNG LƯỢNG
VÀ XÁC SUẤT LỖI BIT TRONG MẠNG TRUYỀN
THÔNG CỘNG TÁC ĐA CHẶNG**

MÃ SỐ: T2019-58TĐ



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 07/2020

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ THÔNG LƯỢNG VÀ
XÁC SUẤT LỖI BIT TRONG MẠNG TRUYỀN
THÔNG CỘNG TÁC ĐA CHẶNG**

Mã số: T2019-58TD

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Trương Ngọc Hà

TP. HCM, 7/2020

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ THÔNG LƯỢNG VÀ
XÁC SUẤT LỖI BIT TRONG MẠNG TRUYỀN
THÔNG CỘNG TÁC ĐA CHẶNG**

Mã số: T2019-58TD

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Trương Ngọc Hà

Thành viên đề tài: ThS. Nguyễn Văn Phúc

ThS. Đặng Phước Hải Trang

TP. HCM, 7/2020

DANH SÁCH CÁN BỘ THAM GIA THỰC HIỆN NGHIÊN CỨU

STT	MSCB	Họ và tên	Đơn vị công tác	Nội dung công việc
1	2953	Trương Ngọc Hà	Bộ môn Kỹ Thuật Máy Tính - Viện Thông, Khoa Điện Tử, ĐH SPKT TPHCM.	Nghiên cứu cơ sở lý thuyết, xây dựng thuật toán. Viết báo cáo.
2	0206	Nguyễn Văn Phúc	Bộ môn KT Máy Tính – Viện Thông, Khoa Điện – Điện Tử, ĐH SPKT TP.HCM.	Triển khai ứng dụng, lưu đồ giải thuật
3	0984	Đặng Phước Hải Trang	Bộ môn KT Máy Tính – Viện Thông, Khoa Điện – Điện Tử, ĐH SPKT TP.HCM	Mô phỏng và viết báo cáo tổng kết.

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH.....	ix
CÁC TỪ VIẾT TẮT.....	x
CHƯƠNG 1.....	1
TỔNG QUAN.....	1
1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	1
2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU.....	2
3. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, PHẠM VI NGHIÊN CỨU.....	2
4. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU.....	3
CHƯƠNG 2.....	4
LÝ THUYẾT TỔNG QUAN.....	4
2.1 TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC.....	4
2.1.1 Giới thiệu.....	4
2.1.2 Truyền thông hợp tác.....	5
2.1.3 Mô hình kênh chuyển tiếp và giao thức.....	6
2.1.3.1 Mô hình kênh chuyển tiếp.....	6
2.1.3.2 Các giao thức hoạt động của nút chuyển tiếp.....	8
2.1.4 Yêu cầu của nút chuyển tiếp trung gian trên đường truyền.....	9
2.1.4.1 Kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp AF (Amplify and Forward).....	9
2.1.4.2 Giải mã và chuyển tiếp DF (Decode and Forward)- Regenerative Relay.....	10
2.1.4.3 Giải mã, khuếch đại và chuyển tiếp DAF (Decode, Amplify and Forward).....	11
2.1.5 Kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp AF của hệ thống truyền thông hai chặng.....	11
2.1.5.1 Hệ thống hai chặng không hợp tác với nút chuyển tiếp cố định.....	12
2.1.6 Kỹ thuật Khuếch đại và chuyển tiếp AF của hệ thống truyền thông đa chặng.....	17
2.2 TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG ĐA CHẶNG.....	18
2.2.1 Giới thiệu.....	18
2.2.2 Những yếu tố liên quan đến chất lượng đường truyền.....	18
2.2.3 Phương pháp truyền thông đa chặng.....	19
2.2.3.1 Mô hình hệ thống truyền trực tiếp đơn chặng.....	20

2.2.3.2 Các loại mô hình truyền dẫn dữ liệu đa chặng.....	21
2.2.3.3 Đặc trưng cơ bản của phương pháp truyền đa chặng.....	21
2.4 CÁC MÔ HÌNH KÊNH TRUYỀN CƠ BẢN	23
2.4.1 Mô hình kênh truyền theo phân bố Rayleigh.....	24
2.4.2 Mô hình kênh truyền theo phân bố Ricean	25
2.4.3 Mô hình kênh truyền theo phân bố chuẩn Gauss.....	27
CHƯƠNG 3	30
TỐC ĐỘ VÀ XÁC SUẤT DỪNG TRONG MẠNG TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC ĐA CHẶNG	30
3.1 TỐC ĐỘ DỰ KIẾN, XÁC SUẤT DỪNG CỦA MẠNG ĐA CHẶNG N, 2N VÀ HOP BY HOP.....	30
3.2. XÁC SUẤT DỪNG CỦA MẠNG HỢP TÁC ĐA CHẶNG N, 2N VÀ HOP BY HOP	32
3.2.1 Xác suất dừng của mạng đa chặng – N:.....	32
3.2.2. Xác suất dừng của mạng đa chặng - 2N	33
3.2.3 Đa chặng Hop by Hop	34
CHƯƠNG 4	35
MÔ PHÒNG PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ.....	35
4.1. MÔ PHÒNG VÀ ĐÁNH GIÁ THÔNG LƯỢNG HỆ THỐNG ĐA CHẶNG ...	35
4.2 MÔ PHÒNG TỶ SỐ LỖI BIT CỦA HỆ THỐNG.....	38
Kết quả mô phỏng với 10^6 bit ngẫu nhiên, sử dụng điều chế BPSK cho các kênh Rayleigh fading.....	38
CHƯƠNG 5	41
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	41
5.1 KẾT LUẬN.....	41
5.2 HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	41
TÀI LIỆU THAM KHẢO	42

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1: Sự khác biệt giữa truyền thông trực tiếp và truyền thông hợp tác, mở rộng phạm vi truyền của chuyển tiếp hợp tác	6
Hình 2.2: Phương pháp kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp	10
Hình 2.3: Phương pháp chuyển tiếp giải mã và chuyển tiếp	10
Hình 2.4: Phương pháp giải mã, khuếch đại và chuyển tiếp.....	11
Hình 2.5: Mô hình hệ thống hai chặng không hợp tác.....	12
Hình 2.6: Mô hình hệ thống hai chặng hợp tác.....	14
Hình 2.7: Mô hình hệ thống đa chặng.....	17
Hình 2.8: Cấu trúc mô hình mạng đa chặng	19
Hình 2.9: Mô hình truyền thông đơn chặng.....	20
Hình 2.10: Mô hình truyền dẫn qua hai chặng, ba chặng, bốn chặng.....	21
Hình 2.11: Công suất tiêu thụ của nút chuyển tiếp trung gian.....	22
Hình 2.12: Sơ đồ khối của nút chuyển tiếp trong pha đầu tiên.....	23
Hình 2.13: Hàm mật độ xác suất của phân bố Rayleigh.....	25
Hình 2.14: Hàm mật độ xác suất của phân bố Ricean	27
Hình 2.15: Hàm mật độ xác suất của phân bố chuẩn Gauss với bốn tham số khác nhau	28
Hình 2.16: Hàm phân phối tích lũy của phân bố chuẩn Gauss tương ứng với các tham số trong hình 2.15.....	29
Hình 3.1: HyH- coop với cộng tác mã hóa chuyển tiếp.....	31
Hình 3.2 Đa chặng N với truyền dẫn trực tiếp.....	31
Hình 3.3: Đa chặng 2N với mã hóa và chuyển tiếp truyền thống.....	31
Hình 4.1: Xác suất dừng theo giá trị SNR của liên kết gửi - nhận.....	36
Hình 4.2: Thông lượng dự kiến thay đổi theo tốc độ mã hóa với SNR_{sd} bằng 3dB.....	37
Hình 4.3: Thông lượng dự kiến thay đổi theo tốc độ mã hóa với SNR_{sd} bằng 40dB.....	38
Hình 4.4: BER cho hệ thống đa chặng sử dụng phương pháp BPSK.....	39
Hình 4.5: BER của hệ thống 2 chặng với kỹ thuật chuyển tiếp AF.....	40

CÁC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Giải thích	
AWGN	Additive White Gaussian Noise	Nhiều Gauss trắng
CSI	Channel State Information	Thông tin trạng thái kênh
AF	Amplify and forward	Khuếch đại và chuyển tiếp
DF	Decode and forward	Giải mã và chuyển tiếp
ADF	Decode, Amplify and Forward	Giải mã, khuếch đại và chuyển tiếp
MIMO	Multi Input Multi Output	Kỹ thuật sử dụng nhiều ăng-ten phát và nhiều ăng-ten thu
SNR	Signal-to-Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên nhiễu
MRC	Maximal Ratio Combiners	Bộ tổ hợp với tỷ lệ số tối đa
ISI	Inter symbol Interference	Nhiều giao thoa liên ký tự
LNA	Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm
IFA	Intermediate frequency amplifier	Bộ khuếch đại trung gian
CDF	Cumulative Distribution Function	Hàm phân phối tích lũy
PDF	Probability Density Function	Hàm mật độ xác suất

Tp. HCM, Ngày 20 tháng 07 năm 2020

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên nghiên cứu: Nghiên cứu và đánh giá thông lượng và xác suất lỗi bit trong mạng truyền thông cộng tác đa chặng
- Mã số: T2019-58TD
- Chủ nhiệm: Trương Ngọc Hà
- Cơ quan chủ trì: Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM
- Thời gian thực hiện: 12 tháng

2. Mục tiêu:

- Tìm hiểu về lý thuyết truyền thông đa chặng, xác suất lỗi bit và đánh giá hiệu năng hệ thống đa chặng.
- Xây dựng chương trình mô phỏng. Phân tích công thức toán học và mô phỏng xác suất chọn sai các nút chuyển tiếp trong mạng truyền thông đa chặng.
- Mô phỏng thông lượng và xác suất lỗi bit trên phần mềm MatLab.
- Đánh giá kết quả đạt được và viết báo cáo tổng kết.

3. Tính mới và sáng tạo:

- Trong nghiên cứu này, các tác giả đánh giá thông lượng với các hệ số Q khác nhau để thấy được ảnh hưởng của hệ thống này lên các thông số của hệ thống .
- Đánh giá tỉ số BER để có so sánh một cách trực quan giữa các mô hình nghiên cứu.

4. Kết quả nghiên cứu:

- Đã mô phỏng và đánh giá các thông số của hệ thống truyền thông đa chặng.

5. Sản phẩm:

- Chương trình mô phỏng, báo cáo tổng kết.
- Bài báo khoa học (ghi rõ đầy đủ tên tác giả, tên bài báo, tên tạp chí, số xuất bản, năm xuất bản): Đánh giá một số thông số trong mạng vô tuyến hợp tác đa chặng, tác giả: Truong Ngoc Ha, Nguyen Van Phuc, Dang Phuoc Hai Trang, Phu Thi Ngoc Hieu, tạp chí: Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, tháng 12, năm 2020.

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

Tài liệu dùng trong giảng dạy môn hệ thống viễn thông, thông tin di động, thông tin vô tuyến.

Trưởng Đơn vị

(ký, họ và tên)

Chủ nhiệm nghiên cứu

(ký, họ và tên)

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: Outage and ber performance analysis in multihop communication.

Code number: T2019-58TĐ

Coordinator: Truong Ngoc Ha

Implementing institution: Ho Chi Minh City University of Technology and Education

Duration: 12 months

2. Objective(s):

- Learn about multihop communication theory, bit error probabilities, and evaluate multihop system performance.
- Building simulation programs. Analyze mathematical formulas and simulate the probability of wrong selection of relay nodes in multi-stage communication network.
- Simulate throughput and bit error probability in MatLab software.
- Evaluate the results and write a summary report.

3. Creativeness and innovativeness:

- In this study, the authors evaluate the throughput with different Q coefficients to see the effect of this system on the parameters of the system.
- Evaluate the BER ratio for visual comparison between research models.

4. Research results:

- Simulated and performance analysis in multihop communication

5. Products:

- Simulation program, final report
- Scientific output: Performance analysis in multihop communication: Truong Ngoc Ha, Nguyen Van Phuc, Dang Phuoc Hai Trang, Phu Thi Ngoc Hieu, Journal Of Technical Education Science , December 2020.

6. Effects, transfer alternatives of research results and applicability:

- Materials used in teaching telecommunications systems, wireless communication.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong những năm gần đây, nhu cầu của người sử dụng về tốc độ dữ liệu ngày càng tăng, điều này đã thúc đẩy sự nghiên cứu ra nhiều công nghệ ngày càng tiên tiến để đáp ứng nhu cầu trên đồng thời phát triển hơn. Các công nghệ vô tuyến băng rộng với các tiêu chuẩn mới như MIMO, LTE/LTE- Advanced với các yêu điểm vượt trội về tốc độ truyền tải dữ liệu [1]. Trong các tham khảo [2]-[4], các mô hình chọn lựa nút chuyển tiếp thứ cấp tốt nhất trong vô tuyến nhận thức dạng nền. Trong tham khảo [4]-[6], các mô hình vô tuyến nhận thức dạng nền đã được đề xuất và đánh giá khi liên kết giữa nguồn thứ cấp và đích thứ cấp xuất hiện. Tuy nhiên các mô hình trong [4]-[6] chỉ xét sự truyền dữ liệu thông qua hai chặng.

Một trong những công nghệ mới hiện nay đã được triển khai ở một số nơi trên thế giới giúp nâng cao chất lượng dịch vụ, thông lượng, phạm vi phủ sóng rộng lớn là sử dụng kỹ thuật truyền thông đa chặng với các nút chuyển tiếp. Truyền thông đa chặng là một phương pháp hiệu quả để thiết lập kết nối giữa các nút mạng khi mà truyền thông theo đường trực tiếp là không khả thi hoặc do hiệu suất của công suất mạng không tối ưu [2]. Trong truyền thông đa chặng, dữ liệu truyền từ nguồn tới đích tương ứng sẽ được hỗ trợ bởi một số lượng nhất định các nút trung gian. So với việc truyền thông một chặng, truyền thông đa chặng được hưởng từ độ lợi kênh truyền. Trong hệ thống truyền thông đa chặng, các tín hiệu từ nút nguồn sẽ được truyền đến nút đích thông qua một số nút trung gian hay còn gọi là nút chuyển tiếp (relay) [3].

Truyền thông đa chặng là sự kết hợp của các liên kết ngắn để có thể phủ sóng trong một khu vực lớn với việc sử dụng các thiết bị chuyển tiếp trung gian giữa trạm gốc BS(Base Station) và người dùng UE (User Equipment)[4]. Tín hiệu vô tuyến có thể đi trên đường trực tiếp hoặc trên nhiều đường để đến đích.

Trong truyền thông đa chặng: Với số nút chuyển tiếp thực hiện truyền dữ liệu là từ 2 trở lên, sự truyền dẫn từ nút nguồn qua nút các nút chuyển tiếp đến nút đích trong truyền thông hợp tác.

Trong mạng truyền thông đa chặng này, các nút trung gian có kích thước nhỏ gọn, giá thành thấp, độ phức tạp không cao và tiêu thụ ít năng lượng. Kỹ thuật truyền đa chặng có thể chia đường truyền ra thành nhiều chặng nhỏ hay thành nhiều vùng phủ sóng hơn điều này giúp mở rộng vùng phủ sóng của mạng, tăng thông lượng của hệ thống nhằm đáp ứng nhu cầu về dung lượng, chất lượng dịch vụ của người dùng [6].

Và đó cũng là lý do đề ra đòi đề tài “Nghiên cứu và đánh giá thông lượng và xác suất lỗi bit trong mạng truyền thông cộng tác đa chặng”.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

- Nghiên cứu và đánh giá thông lượng và xác suất lỗi bit trong mạng truyền thông cộng tác đa chặng.

3. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Cách tiếp cận

- Lý thuyết đến mô phỏng

Phương pháp nghiên cứu:

- Nghiên cứu lý thuyết
- Mô phỏng

Đối tượng nghiên cứu:

- Lý thuyết về mạng truyền thông hợp tác, truyền thông đa chặng, truyền song công, phần mềm MatLab.

4. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

- Nghiên cứu các hệ thống truyền dẫn trong thông tin vô tuyến với mạng truyền thông đa chặng.
- Nghiên cứu đánh giá hiệu năng hệ thống đa chặng để làm cơ sở cho việc quy hoạch, tối ưu mạng.
- Xây dựng chương trình mô phỏng
- Phân tích công thức toán học và mô phỏng xác suất chọn sai các nút chuyển tiếp trong mạng truyền thông đa chặng.
- Phân tích xác suất lỗi bit trong mạng truyền thông đa chặng.
- Mô phỏng và đánh giá một số kết quả đạt được.

CHƯƠNG 2

LÝ THUYẾT TỔNG QUAN

2.1 TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC

2.1.1 Giới thiệu

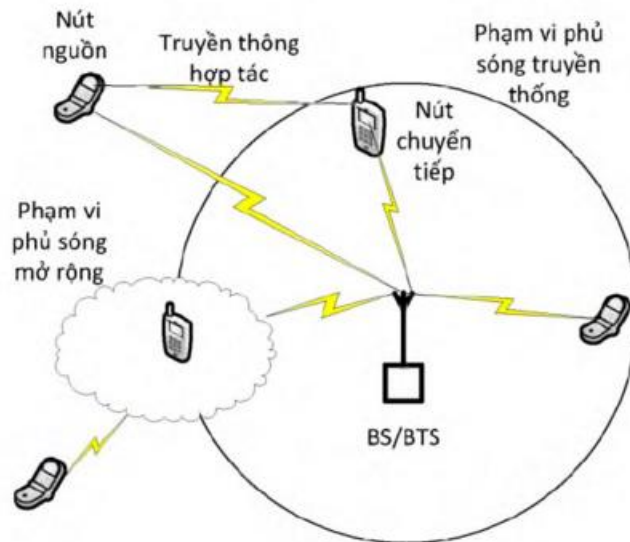
Trong những năm gần đây truyền thông vô tuyến đã có những bước phát triển vượt bậc và được dự đoán sẽ còn phát triển hơn nữa. Sự ra đời và phát triển của các dịch vụ thoại, internet di động, các dịch vụ giá trị gia tăng, truyền dữ liệu băng thông rộng, truyền hình di động làm cho nhu cầu về tốc độ truyền dữ liệu ngày càng tăng, đặc biệt là trong các hệ thống thông tin di động tế bào. Các hệ thống thông tin di động tế bào đã phát triển lên thế hệ thứ ba (3G) và thế hệ thứ tư (4G LTE) đã được triển khai nhiều nước trên thế giới [2]. Ngoài ra việc nghiên cứu phát triển và thử nghiệm triển khai các công nghệ mới không ngừng diễn ra. Các thử nghiệm kỹ thuật cho công nghệ di động 5G đã được tiến hành và đạt được những thành tựu lớn. Các tập đoàn công nghệ hàng đầu đã trình diễn và thử nghiệm mạng di động 5G đạt tới tốc độ 7.2 Gbps [2]. Dự kiến tới năm 2020 mạng 5G sẽ được triển khai trên thực tế.

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. 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. Tuy nhiên đối với các hệ thống truyền thông di động, do giới hạn về kích thước thiết bị, năng lượng tích trữ và khả năng di động nên việc triển khai kỹ thuật MIMO khó có thể đạt được hiệu quả như mong muốn. Một trong những giải pháp có tính khả thi khác nhằm giải quyết vấn đề này là triển khai các hệ thống truyền thông hợp tác (cooperative communication) [3].

2.1.2 Truyền thông hợp tác

Trong thực tế các thiết bị di động thường có kích thước nhỏ, chỉ có một hoặc một vài ăng-ten đặt gần nhau và vì thế không thể riêng rẽ tạo thành phân tập không gian. Tuy vậy, nếu một thiết bị di động có thể nhận dữ liệu từ các thiết bị di động khác, và truyền dữ liệu đó cùng với dữ liệu của chính bản thân nó thì có thể tạo ra nhiều đường truyền khác nhau từ nút nguồn tới nút đích. Mặc khác, kênh truyền fading đối với các thiết bị di động khác nhau là độc lập với nhau, nên việc đạt được phân tập không gian là hoàn toàn khả thi. Việc truyền đi nhiều tín hiệu trên nhiều kênh khác nhau dựa vào các nút trong mạng sẽ tạo nên phân tập, góp phần chống lại ảnh hưởng của fading, nâng cao chất lượng kênh truyền [3].

Truyền thông hợp tác dựa trên ý tưởng các nút trung gian trong mạng tạo ra phân tập không gian bằng một phương thức mới hay còn gọi là hệ thống các ăng-ten phân tập không gian “ảo” (hay hệ thống MIMO ảo). Có nghĩa là các thiết bị di động chỉ có một ăng-ten, nhưng chúng có thể “chia sẻ” ăng-ten của mình với các ăng-ten khác để tạo thành hệ thống ăng-ten phân tập không gian. Khi đó, dữ liệu của mỗi người dùng (user) được truyền không chỉ bởi chính thiết bị của người đó mà còn được truyền bởi những thiết bị di động khác. Vì vậy tại phía thu tín hiệu nhận được có độ tin cậy cao hơn so với việc nhận diện tín hiệu từ một đường truyền duy nhất. Nếu so với việc triển khai các kỹ thuật MIMO truyền thống thì truyền thông hợp tác không cần phải quan tâm đến vấn đề tích hợp nhiều ăng-ten vào các thiết bị di động, giúp giảm chi phí, kích thước thiết bị và sự phức tạp về công nghệ và phần cứng. Nhờ vậy, các ứng dụng của truyền thông hợp tác vào các mạng vô tuyến như mạng thông tin di động là cực kỳ hứa hẹn [3].



Hình 2.1: Sự khác biệt giữa truyền thông trực tiếp và truyền thông hợp tác, mở rộng phạm vi truyền của chuyển tiếp hợp tác

2.1.3 Mô hình kênh chuyển tiếp và giao thức

2.1.3.1 Mô hình kênh chuyển tiếp

Mô hình kênh chuyển tiếp được giới thiệu lần đầu tiên vào năm 1971 bởi Van der Meulen [12]. Truyền thông hợp tác hoạt động dựa trên các kênh chuyển tiếp (relay channel) và các đầu cuối của nó. Kênh chuyển tiếp cơ bản là một kênh truyền thông với ba đầu cuối: nút nguồn, nút chuyển tiếp trung gian và nút đích. Nút chuyển tiếp trong mô hình kênh cổ điển có vai trò tiếp nhận, xử lý và truyền đi các tín hiệu mang thông tin để nâng cao hiệu năng của hệ thống. Trong truyền thông hợp tác, nút chuyển tiếp có vai trò mở rộng hơn, nút chuyển tiếp có thể là:

- ✓ Là thiết bị đầu cuối cố định, không có thông tin của riêng nó để truyền đi (chuyển tiếp hợp tác).
- ✓ Là những đầu cuối vừa có chức năng phát thông tin của chính nó, vừa có chức năng như một đầu cuối “hợp tác” để truyền thông tin của các đầu cuối “đối tác” của nó hay còn gọi là hợp tác người dùng (User cooperation).

Mỗi mô hình chuyển tiếp có ưu điểm riêng. Trong mô hình chuyển tiếp hợp tác, do nút chuyển tiếp là cố định nên kênh truyền giữa nó và nút đích là tương đối

ổn định. Mặt khác, khi thực hiện chức năng chuyển tiếp thì nút chuyển tiếp phải có các bước xử lý các dữ liệu nhận được từ các nút khác vì thế sẽ tiêu tốn nhiều năng lượng hơn. Và đây là một lợi thế của nút chuyển tiếp cố định so với nút chuyển tiếp là một thiết bị di động. Trong mô hình hợp tác người dùng, hệ thống sẽ trở nên phức tạp, phát sinh một số vấn đề cần phải giải quyết như: tính bất thường về số lượng, vị trí của các nút trong hệ thống [11].

Dựa vào số chặng (hop) giữa nút nguồn và nút đích ta có thể phân loại kỹ thuật chuyển tiếp hợp tác làm hai loại: chuyển tiếp hai chặng (two-hop relaying) và chuyển tiếp đa chặng (multi-hop relaying):

- ✓ Chuyển tiếp hai chặng: chỉ có một nút chuyển tiếp thực hiện việc truyền dữ liệu người dùng về nút đích.
- ✓ Chuyển tiếp đa chặng: số nút chuyển tiếp thực hiện việc truyền dữ liệu người dùng về nút đích là từ hai trở lên.

Ngoài ra có thể phân loại kỹ thuật chuyển tiếp thành: chuyển tiếp đơn hướng (one-way relay) và chuyển tiếp song hướng (two-way relay):

- ✓ Chuyển tiếp đơn hướng: hệ thống đơn giản chỉ có một nút nguồn S, nút đích D và nút chuyển tiếp R. Do sự giới hạn về hiệu suất sử dụng phổ nên nút chuyển tiếp được sử dụng trong kỹ thuật này chỉ có thể hoạt động ở chế độ bán song công. Nghĩa là tại một thời điểm nút chuyển tiếp chỉ có thể truyền hoặc nhận.
- ✓ Chuyển tiếp song hướng: hệ thống có hai nút nguồn S_1 và S_2 cùng truyền đồng thời đến cho nút chuyển tiếp R ở khe thời gian truyền đầu tiên. Ở khe truyền thời gian thứ hai, R sẽ chuyển tín hiệu nhận được đến cả R_1 và R_2 . Chuyển tiếp song hướng giúp giải quyết vấn đề suy giảm hiệu suất sử dụng phổ khi sử dụng nút chuyển tiếp.

Thông thường việc truyền dẫn từ nút nguồn qua nút chuyển tiếp đến nút đích trong truyền thông hợp tác được chia thành hai pha thời gian truyền, hoạt động ở chế độ bán song công, thực hiện qua hai giai đoạn truyền:

- ✓ Giai đoạn thứ nhất: dựa vào tính chất của kênh vô tuyến, mỗi nút gửi thông tin về nút đích và đồng thời thông tin này cũng được những người dùng khác tiếp nhận.
- ✓ Giai đoạn thứ hai: các nút chuyển tiếp sẽ chuyển tiếp thông tin mà nó nhận được từ các nút khác tới nút đích.

Tại nút chuyển tiếp, thông tin nhận được có thể giải mã và chuyển tiếp đi, đây là kỹ thuật giải mã và chuyển tiếp (decode and Forward - DF). Nếu thông tin nhận được tại nút chuyển tiếp chỉ khuếch đại và truyền đi, đây là kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp (Amplify and Forward - AF).

2.1.3.2 Các giao thức hoạt động của nút chuyển tiếp

Khi nút chuyển tiếp tiếp nhận thông tin từ nút nguồn, chúng sẽ được tiếp nhận và xử lý trước khi truyền đến nút đích. Các kỹ thuật hay cách thức hoạt động của nút chuyển tiếp gọi là kỹ thuật chuyển tiếp. Hai kỹ thuật chuyển tiếp phổ biến thường được sử dụng nhiều trong các hệ thống truyền thông hợp tác là kỹ thuật chuyển tiếp cố định (fixed relaying) và kỹ thuật chuyển tiếp thích nghi (adaptive relaying) [3]:

- ✓ Trong kỹ thuật chuyển tiếp cố định, có hai kỹ thuật được sử dụng phổ biến là kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp và kỹ thuật giải mã và chuyển tiếp. Ưu điểm của kỹ thuật chuyển tiếp cố định là đơn giản, dễ thực hiện nhưng nhược điểm của nó là hiệu quả sử dụng băng tần thấp. Nguyên nhân là do một nửa tài nguyên băng tần được sử dụng cho việc chuyển tiếp, do vậy sẽ làm giảm tốc độ truyền dẫn. Nhược điểm này bộc lộ rõ trong trường hợp kênh truyền giữa nguồn và đích không quá xấu. Khi đó một tỷ lệ lớn các gói dữ liệu truyền từ nguồn tới đích qua kênh chuyển tiếp sẽ bị lãng phí. Kỹ thuật chuyển tiếp thích nghi, bao gồm chuyển tiếp chọn lọc (selective relaying) và chuyển tiếp gia tăng (incremental relaying) sẽ khắc phục các nhược điểm này.
- ✓ Trong kỹ thuật chuyển tiếp thích nghi, nếu tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (signal-to-noise ratio - SNR) của tín hiệu nhận được tại nút chuyển tiếp vượt quá một ngưỡng cho trước, các nút chuyển tiếp sẽ thực hiện hoạt

động giải mã và chuyển tiếp đối với tín hiệu truyền đi. Mặc khác, nếu các kênh giữa nút nguồn và các nút chuyển tiếp chịu ảnh hưởng của fading làm cho tỷ lệ SNR dưới ngưỡng cho trước, nút chuyển tiếp sẽ hoạt động ở trạng thái nghỉ (idles). Hơn nữa, nếu nút nguồn biết được nút đích không giải mã một cách chính xác, nó sẽ lặp lại việc truyền thông tin tới nút đích hoặc tới các nút chuyển tiếp để có thể chuyển tiếp thông tin, trường hợp này được gọi là chuyển tiếp gia tăng. Trong trường hợp này, cần phải có một kênh thông tin phản hồi từ các nút đích đến các nút nguồn và nút chuyển tiếp.

Trong phần này chúng tôi phân tích, so sánh hiệu suất của một số giao thức chuyển tiếp hợp tác cơ bản. Để đánh giá hiệu suất của các giao thức, sử dụng khả năng gián đoạn của một kênh truyền với tốc độ R được định nghĩa như sau [3]:

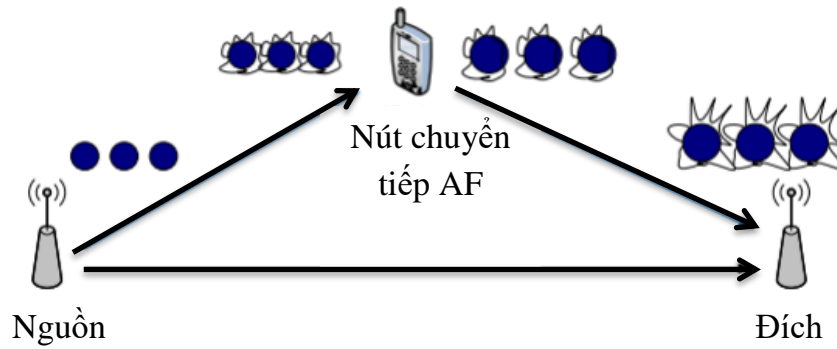
$$Pr[I(x, y) \leq R] \quad (2.1)$$

Trong đó $I(x, y)$ là các thông tin tương hỗ của một kênh với đầu vào x , đầu ra là y . Lưu ý rằng thông tin tương hỗ là một biến ngẫu nhiên vì các kênh khác nhau chịu ảnh hưởng của fading khác nhau.

Trong thực tế, một thiết bị thường không thể nhận và truyền đồng thời, nếu không tín hiệu truyền gây nhiễu nghiêm trọng cho tín hiệu đến (tương đối yếu). Vì vậy, trong phần này chỉ xét chế độ hoạt động bán song công của các thiết bị trong hệ thống.

2.1.4 Yêu cầu của nút chuyển tiếp trung gian trên đường truyền

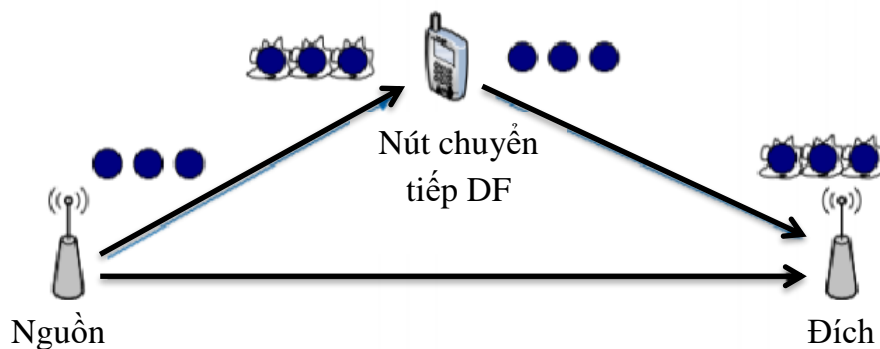
2.1.4.1 Kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp AF (Amplify and Forward)



Hình 2.2: Phương pháp kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp

Kỹ thuật này được sử dụng trong trường hợp thời gian tính toán hoặc công suất vốn có của trạm chuyển tiếp bị giới hạn, hay có thời gian trì hoãn. Trạm chuyển tiếp nhận được tín hiệu đã bị suy hao và cần phải khuếch đại lên trước khi truyền tiếp [3].

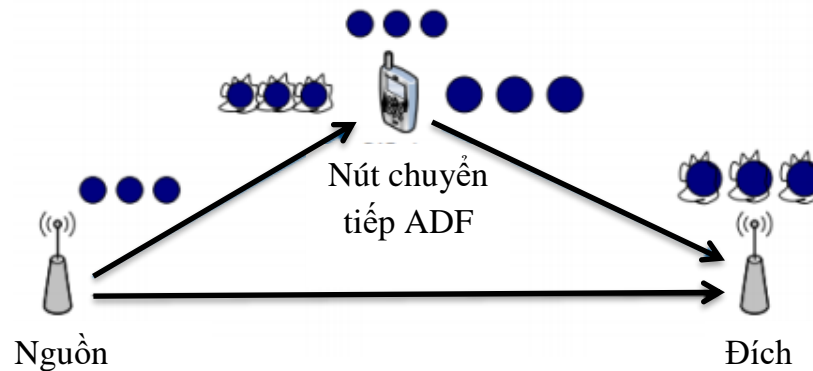
2.1.4.2 Giải mã và chuyển tiếp DF (Decode and Forward)- Regenerative Relay



Hình 2.3: Phương pháp chuyển tiếp giải mã và chuyển tiếp

Phương pháp này dùng trong việc truyền tín hiệu số. Tín hiệu nhận được đầu tiên được giải mã và sau đó mã hóa, vì vậy nhiễu không được khuếch đại trong tín hiệu nhận được (có tái tạo lại tín hiệu: transparent mode) [3].

2.1.4.3 Giải mã, khuếch đại và chuyển tiếp DAF (Decode, Amplify and Forward)



Hình 2.4: Phương pháp giải mã, khuếch đại và chuyển tiếp

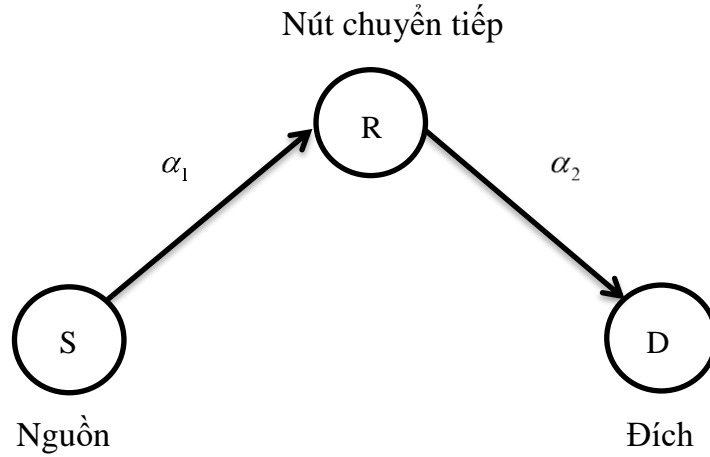
Đầu tiên, nút chuyển tiếp sẽ giải mã tín hiệu nhận được từ nút nguồn sau đó mã hóa lại rồi mới được thực hiện khuếch đại và chuyển tiếp đến đích. Phương pháp này đơn giản và độ trễ xử lý thấp, nhưng không thể tránh được lỗi lan truyền. Mặt khác tín hiệu được ước tính và truyền tới đích [3].

Trong đề tài này chúng tôi tập trung phân tích kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp AF trong hệ thống truyền thông hợp tác hai chặng và đa chặng, từ đó đi sâu vào hệ thống ba chặng với hai nút chuyển tiếp trung gian theo như mục đích nghiên cứu của đề tài.

2.1.5 Kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp AF của hệ thống truyền thông hai chặng

Chuyển tiếp trong hệ thống không tái sinh lại được phân ra làm hai loại là chuyển tiếp hỗ trợ thông tin trạng thái kênh (CSI) và chuyển tiếp mờ (blind relay). Hệ thống không tái sinh với chuyển tiếp hỗ trợ thông tin trạng thái kênh sử dụng CSI tức thời của chặng đầu tiên để kiểm soát độ lợi được đưa ra bởi nút chuyển tiếp mờ không cần CSI tức thời, nhưng sử dụng bộ khuếch đại với độ lợi cố định và do đó tín hiệu có công suất thay đổi ở ngõ ra của nút chuyển tiếp. Hệ thống với các loại chuyển tiếp mờ như vậy có thể không vận hành tốt bằng các hệ thống được trang bị chuyển tiếp hỗ trợ CSI, nhưng độ phức tạp thấp và dễ dàng triển khai khiến chúng trở nên hấp dẫn hơn từ góc nhìn thực tế [2].

2.1.5.1 Hệ thống hai chặng không hợp tác với nút chuyển tiếp cố định



Hình 2.5: Mô hình hệ thống hai chặng không hợp tác

Tín hiệu được truyền từ nút nguồn tới nút đích thông qua một nút chuyển tiếp trung gian. Giả sử rằng tại nút nguồn truyền một tín hiệu s với công suất trung bình ε_1 đủ để nút chuyển tiếp có thể nhận được, tín hiệu nhận được tại nút chuyển tiếp r_R có thể được viết lại như sau [8]:

$$r_R = \alpha_1 s + n_1 \quad (2.2)$$

Trong đó: n_1 là nhiễu Gauss trắng AWGN.

α_1 là biên độ fading của kênh truyền từ nút nguồn đến nút chuyển tiếp, và tuân theo hàm mật độ xác suất như sau [8]:

$$f_{\alpha_i}(\alpha_i) = \frac{2\alpha_i}{\Omega_i} \exp\left(-\frac{\alpha_i^2}{\Omega_i}\right) \quad (2.3)$$

Với $\Omega_i = \overline{\alpha_i^2}$ là công suất fading trung bình ở chặng thứ i và n_1 là nhiễu Gauss trắng AWGN. Tín hiệu nhận được tại nút chuyển tiếp sau đó được khuếch đại rồi truyền tới nút đích. Tín hiệu nhận được tại nút đích được biểu diễn như sau [8]:

$$r_D = g\alpha_2(\alpha_1 s + n_1) + n_2 \quad (2.4)$$

Trong đó: α_2 là biên độ fading của kênh truyền giữa nút chuyển tiếp với nút đích và n_2 là nhiễu Gauss trắng AWGN. Từ biểu thức (2.4) có thể lấy được biểu thức tức thời SNR ở nút đích như sau [8]:

$$\gamma_{end} = \frac{\frac{\varepsilon_1 \alpha_1^2 \alpha_2^2}{N_{01} N_{02}}}{\frac{\alpha_2^2}{N_{02}} + \frac{1}{G^2 N_{01}}} \quad (2.5)$$

Rõ ràng từ phương trình trên cho thấy việc chọn độ lợi G sẽ xác định được tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR.

Xét trường hợp: nút chuyển tiếp là loại hỗ trợ trạng thái kênh thông tin CSI, khi đó độ lợi G là [8]:

$$G^2 = \frac{\varepsilon_2}{N_{01} + \varepsilon_1 \alpha_1^2} \quad (2.6)$$

Trong đó: ε_2 là công suất tín hiệu phát ở ngõ ra của nút chuyển tiếp. Việc lựa chọn độ lợi nhằm mục đích đảo ngược hiệu ứng fading của kênh đầu tiên, và giới hạn công suất ngõ ra của chuyển tiếp nếu biên độ fading của chặng đầu tiên α_1 là thấp. Thay (2.6) vào (2.5) ta có được:

$$\gamma_{eq1} = \frac{\gamma_2 \gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2 + 1} \quad (2.7)$$

Trong đó $\gamma_i = \frac{E_i h_i^2}{N_{0i}}$, (với $i = 1, 2$) là SNR mỗi chặng.

Nếu chỉ xem xét hiệu suất của hệ thống không tái sinh với nút chuyển tiếp mờ thì loại chuyển tiếp này sẽ có độ lợi cố định với tín hiệu thu mà không quan tâm đến biên độ fading ở chặng đầu tiên.

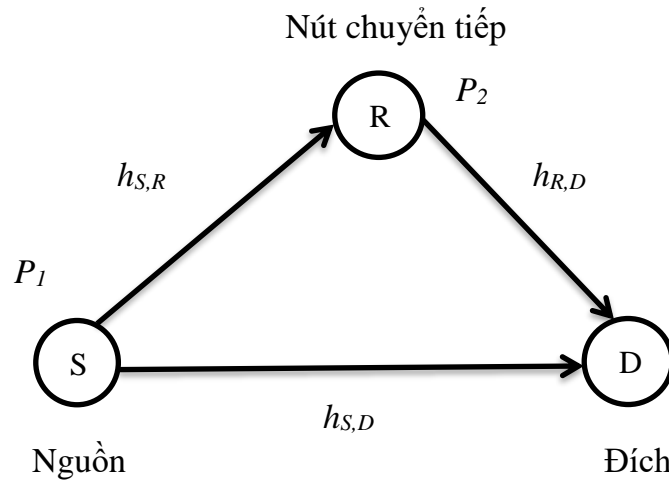
Đặt $C = \frac{E_2}{G^2 N_{01}}$ được lấy trong [8] thì công thức (2.5) có thể viết lại như sau:

$$\gamma_{eq2} = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{C + \gamma_2} \quad (2.8)$$

Với C là hằng số của độ lợi cố định G . Hai chặng được giả định độc lập nhưng không nhất thiết có phân bố fading Rayleigh giống nhau.

2.1.5.2 Hệ thống hai chặng hợp tác với nút chuyển tiếp cố định

Xét mô hình hệ thống vô tuyến hai chặng hợp tác như hình 2.6. Trạm đích (D) liên lạc với trạm nguồn (S) thông qua nút chuyển tiếp (R). Ngoài ra, trạm đích (D) còn được nhận tín hiệu trực tiếp từ trạm phát (S). Mô hình mạng sử dụng kỹ thuật khuếch đại và chuyển tiếp AF [8].



Hình 2.6: Mô hình hệ thống hai chặng hợp tác

Thông tin giữa trạm nguồn (S) và đích (D) liên lạc với nhau thông qua kênh chịu ảnh hưởng bởi Rayleigh fading với hệ số $h_{S,D}$, nút chuyển tiếp chia tuyến truyền dẫn giữa nguồn và đích ra thành hai chặng với hệ số Rayleigh fading tương ứng là $h_{S,R}$ và $h_{R,D}$. Với giả định rằng, nhiễu Gauss trắng AWGN trên ba tuyến (S-D, S-R, R-D) có mật độ phổ công suất là N_0 và hệ số kênh truyền ($h_{S,D}$, $h_{S,R}$, $h_{R,D}$) là độc lập với nhau [8].

Việc truyền tín hiệu diễn ra trong hai pha do nút chuyển tiếp không thể truyền và thu tín hiệu đồng thời:

Trong pha thứ nhất, tín hiệu từ nguồn được phát quảng bá tới đích và tới nút chuyển tiếp, tín hiệu nhận được ở đích và ở nút chuyển tiếp như sau [8]:

$$y_{S,R} = \sqrt{P_1} h_{S,R} x_S + n_{S,R} \quad (2.9)$$

$$y_{S,D} = \sqrt{P_1} h_{S,D} x_S + n_{S,D} \quad (2.10)$$

Trong đó: P_1 là công suất phát tại nguồn.

$h_{S,R}$ và $h_{S,D}$ là hệ số kênh giữa nút nguồn với nút chuyển tiếp, giữa nút nguồn và nút đích và có phương sai là: $\delta_{S,R}^2$; $\delta_{S,D}^2$.

$n_{S,R}$ và $n_{S,D}$ là nhiễu Gauss cộng sinh và có phương sai là N_0 .

Trong pha thứ hai: nút chuyển tiếp khuếch đại tín hiệu nhận được từ nút nguồn và truyền tới nút đích với công suất P_2 . Tín hiệu nhận được ở nút đích từ nút chuyển tiếp đưa tới là [8]:

$$y_{R,D} = \frac{\sqrt{P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0}} h_{R,D} y_{S,R} + n_{R,D} \quad (2.11)$$

Thay (2.9) vào biểu thức (2.11) ta được:

$$y_{R,D} = \frac{\sqrt{P_1 P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0}} h_{R,D} h_{S,R} x_S + n'_{R,D} \quad (2.12)$$

Với:

$$n'_{R,D} = \frac{\sqrt{P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0}} h_{R,D} n_{S,R} + n_{R,D} \quad (2.13)$$

Giả sử rằng $n_{S,R}$; $n_{R,D}$ là hai biến ngẫu nhiên độc lập và có phương sai là [3]:

$$\left(\frac{P_2 |h_{R,D}|^2}{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0} + 1 \right) N_0$$

Nút đích nhận được hai bản sao của tín hiệu x qua hai đường: (S-D) và (S-R-D). Có nhiều cách khác nhau để kết hợp hai tín hiệu bản sao đó, chúng ta quan tâm tới phương pháp MRC. Tỷ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu ra của bộ kết hợp MRC là

bằng tổng các tỷ số tín hiệu nhận được trên nhiễu trên mỗi đường truyền. Giả sử rằng công suất truyền $P = P_1 + P_2$ [8].

Trong phương thức AF thì nút chuyên tiếp ngoài nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu từ nút nguồn đưa tới, nó còn khuếch đại cả tín hiệu nhiễu. Thành phần nhiễu trong

pha hai có phương sai là: $\left(\frac{P_2 |h_{R,D}|^2}{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0} + 1 \right) N_0$. Với những hệ số kênh đã biết $h_{S,D}$,

$h_{S,R}$, $h_{R,D}$ tín hiệu tại đầu ra của bộ kết hợp MRC ở nút đích được lấy trong [8] có thể được viết lại như sau:

$$y = a_1 y_{S,D} + a_2 y_{R,D} \quad (2.14)$$

Những hệ số kết hợp a_1 và a_2 nên được chọn sao cho kết hợp được SNR cực đại [8]:

$$a_1 = \frac{\sqrt{P_1} h_{S,D}^*}{N_0} \quad \text{và} \quad a_2 = \frac{\frac{\sqrt{P_1 P_2}}{\sqrt{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0}} h_{S,R}^* h_{R,D}^*}{\left(\frac{P_2 |h_{R,D}|^2}{P_1 |h_{S,R}|^2 + N_0} + 1 \right) N_0} \quad (2.15)$$

Giả sử tín hiệu phát từ nguồn x có năng lượng trung bình là 1, SNR tại đầu ra MRC là $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$ [8].

Trong đó:

$$\gamma_1 = \frac{P_1 |h_{S,D}|^2}{N_0} \quad (2.16)$$

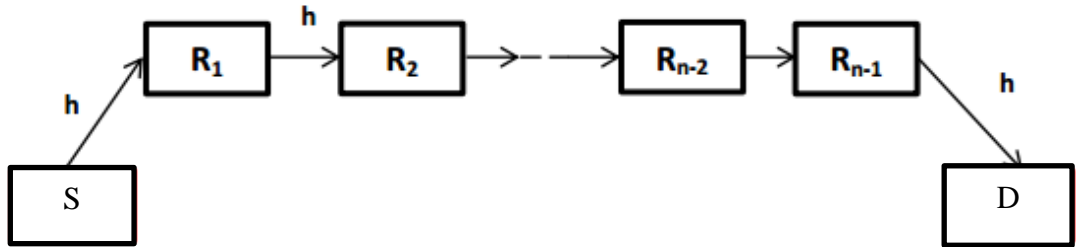
$$\gamma_2 = \frac{1}{N_0} \frac{P_1 P_2 |h_{S,R}|^2 |h_{R,D}|^2}{P_1 |h_{S,R}|^2 + P_2 |h_{R,D}|^2 + N_0} \quad (2.17)$$

Khi đó [3] biểu diễn biểu thức SNR cho hai chặng là:

$$\gamma_{eq} = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2 + 1} \quad (2.18)$$

2.1.6 Kỹ thuật Khuếch đại và chuyển tiếp AF của hệ thống truyền thông đa chặng

Xét hệ thống truyền thông vô tuyến như hình 2.7. Tín hiệu từ nguồn lan truyền qua n chặng trước khi đến đích. Trong đó h_n là biên độ fading của chặng thứ n , G_n là độ lợi của nút chuyển tiếp thứ n . Với mô hình này, hệ thống sử dụng loại chuyển tiếp không tái sinh [8].



Hình 2.7: Mô hình hệ thống đa chặng

Trong trường hợp trạng thái kênh thông tin CSI, tại nút chuyển tiếp có độ lợi G như sau [8]:

$$G_n^2 = \frac{E_{n+1}}{E_n h_n^2 + N_0} \quad (2.19)$$

Trong đó: E_{n+1} là năng lượng tại ngõ ra của nút chuyển tiếp thứ n và N_0 là tín hiệu nhiễu trắng Gauss tại ngõ vào của mỗi nút chuyển tiếp.

Ta có SNR toàn hệ thống γ_{eqN} được [3] cho bởi:

$$\gamma_{eqN} = \left[\prod_{n=1}^N \left(1 + \frac{1}{\gamma_n} \right) - 1 \right]^{-1} \quad (2.20)$$

Nếu trong hệ thống sử dụng loại chuyển tiếp mờ thì:

$$G_i^2 = \frac{1}{C_i N_{0,i}} \quad \text{với } i=1, \dots, N-1 \quad (2.21)$$

Trong đó C_i là hằng số, sử dụng hai phương trình trên thì biểu thức tỷ số tín hiệu trên nhiễu từ đầu cuối tới đầu cuối SNR ở đầu ra của nút đích [3] được viết lại như sau:

$$\begin{aligned}\gamma_{end} &= \left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{C_1}{\gamma_1 \gamma_2} + \dots + \frac{C_1 C_2 \dots C_{N-1}}{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \dots \gamma_N} \right)^{-1} \\ &= \frac{1}{N} \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{G_n} \right) \right]^{-1}\end{aligned}\quad (2.22)$$

Trong đó:

$$G_n = \prod_{j=1}^n \left(\frac{\gamma_j}{C_j - 1} \right)$$

$$\gamma_j = \frac{\alpha_j^2}{N_{0,j}} \text{ là SNR tức thời của chặng thứ } j$$

2.2 TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG ĐA CHẶNG

2.2.1 Giới thiệu

Truyền thông đa chặng là một sự kết hợp của các liên kết truyền dẫn ngắn để có thể mở rộng phạm vi phủ sóng của mạng bằng cách sử dụng thiết bị chuyển tiếp trung gian giữa máy phát và máy thu. Việc sử dụng truyền dẫn chuyển tiếp có nhiều ưu điểm, nhưng quan trọng nhất là công suất phát yêu cầu giữa phía phát và phía thu. Trong phần này sẽ phân tích ưu nhược điểm của mạng đa chặng so với đơn chặng và một số loại mô hình truyền qua một số chặng trung gian. Ngoài ra, sẽ phân tích hiệu quả của công suất phát khi thay đổi số chặng truyền dẫn vô tuyến từ nguồn đến đích trong môi trường không gian tự do.

2.2.2 Những yếu tố liên quan đến chất lượng đường truyền

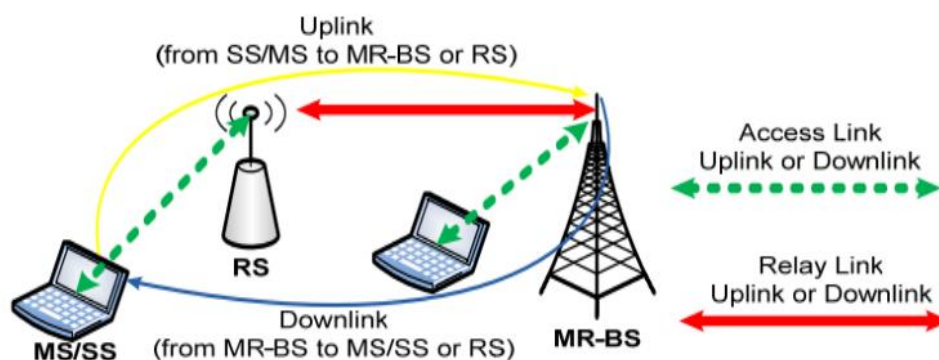
Để đánh giá khả năng hoạt động của một hệ thống thông tin vô tuyến và mô tả chính xác kênh truyền không dây thì phải xác định được đặc tính môi trường truyền. Sau đây là tóm tắt những yếu tố chính có liên quan đến chất lượng đường truyền:

- ✓ Hiện tượng fading.
- ✓ Các yếu tố ảnh hưởng đến fading đa đường.
- ✓ Xác suất thống kê fading.
- ✓ Nhiễu giao thoa liên ký tự (ISI).

- ✓ Phân tập: Phân tập thời gian, phân tập tần số, phân tập không gian. Ngoài ba phương pháp phân tập cơ bản vừa nêu thì một giải pháp hiệu quả là sử dụng kỹ thuật truyền thông đa chặng [2]. Đây là một kỹ thuật mới trong truyền thông không dây, cho phép người dùng có thể hoạt động như một trạm chuyển tiếp hỗ trợ truyền tín hiệu đến máy đích, tạo nên một mạng ăng-ten ảo mặc dù mỗi máy chỉ có một ăng-ten. Mạng ăng-ten ảo này tương tự như mạng ăng-ten vật lý, có thể giảm ảnh hưởng của hiện tượng fading vì cho phép máy thu thu được nhiều bản sao của tín hiệu từ các đường khác nhau tương tự như khi thiết bị có nhiều ăng-ten.

2.2.3 Phương pháp truyền thông đa chặng

Truyền thông đa chặng là một phương pháp hiệu quả để thiết lập kết nối giữa các nút mạng khi mà truyền thông theo đường truyền trực tiếp là không khả thi hoặc do hiệu suất của công suất không tối ưu. Trong truyền thông đa chặng dữ liệu truyền từ nguồn đến đích tương ứng sẽ được giúp đỡ bởi một số lượng nhất định các nút chuyển tiếp trung gian. So với truyền thông một chặng thì truyền thông đa chặng được hưởng từ độ lợi kênh truyền. Trong hệ thống này, tín hiệu từ nút nguồn sẽ được truyền đến nút đích thông qua một số nút trung gian (relay) hỗ trợ [3].



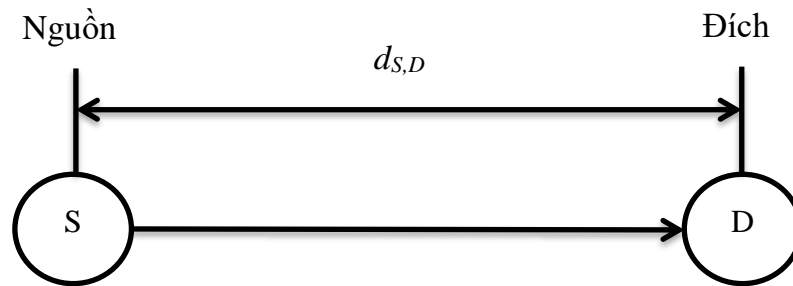
Hình 2.8: Cấu trúc mô hình mạng đa chặng

Khác với mạng truyền thông đơn chặng, một mạng truyền thông đa chặng gồm ba thành phần cơ bản là:

- ✓ Trạm gốc BS (base station): có khả năng trợ giúp, giao tiếp với nhiều điểm chuyển tiếp nên BS có tên là MR (Multihop relay).
- ✓ Trạm chuyển tiếp RS (relay station): nhận thông tin trạm gốc và truyền tới đích SS (subscriber station).
- ✓ Trạm đích MS (mobile station).

2.2.3.1 Mô hình hệ thống truyền trực tiếp đơn chặng

Mạng vô tuyến di động hiện tại như (GSM, CDMA, và IEEE 802.16) hoặc liên kết điểm - đa điểm, trong đó chỉ tồn tại hai và chỉ hai loại thực thể mạng là trạm gốc (BS) và trạm di động (MS) [7].



Hình 2.9: Mô hình truyền thông đơn chặng

Trong mô hình truyền dẫn trực tiếp (đơn chặng), công suất của máy thu trong môi trường không gian tự do [10] như sau:

$$P_{Rx} = \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right)^2 P_{Tx} \rightarrow \frac{P_{Tx}}{P_{Rx}} = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (2.23)$$

Trong đó λ là bước sóng truyền dẫn, D là khoảng cách từ nguồn đến đích, P_{Tx} là công suất phát, P_{Rx} là công suất thu. Trong quá trình truyền dẫn tín hiệu bị suy hao [10]:

$$L_p = \frac{P_{Tx}}{P_{Rx}} = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (2.24)$$

Từ công thức (2.24) ta có được công suất phát như sau:

$$P_{Tx} = \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 D^2 P_{Rx}$$

(2.25)

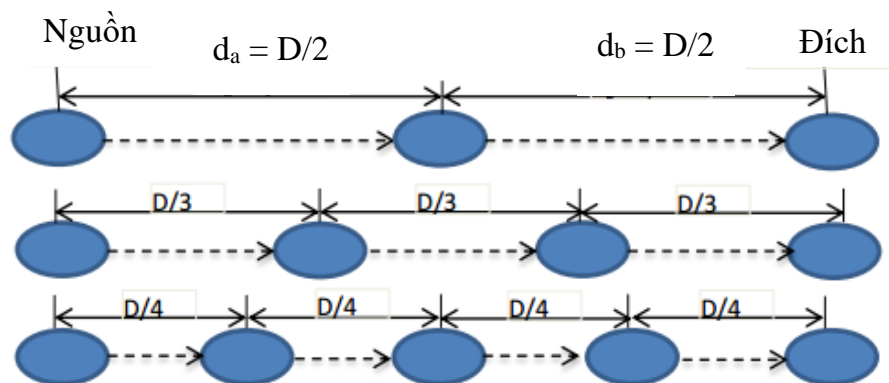
Đặt $K = \left(\frac{4\pi}{\lambda}\right)^2$ thì tín hiệu bị suy hao $L_p = KD^2$

Như vậy ta có công suất phát của tuyến truyền dẫn đơn chặng [10] như sau:

$$P_{Tx_SH} = P_{Rx} KD^2 \quad (2.26)$$

2.2.3.2 Các loại mô hình truyền dẫn dữ liệu đa chặng

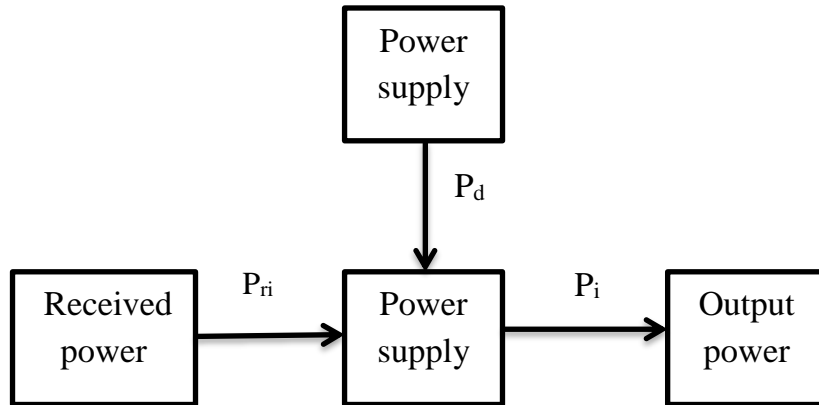
Mạng chuyển tiếp đa chặng là một sự kết hợp của các liên kết ngắn để có thể phủ sóng một khu vực rộng lớn bằng cách sử dụng thiết bị chuyển tiếp trung gian giữa trạm gốc (BS) và máy thu (MS) [11].



Hình 2.10: Mô hình truyền dẫn qua hai chặng, ba chặng, bốn chặng

2.2.3.3 Đặc trưng cơ bản của phương pháp truyền đa chặng

Mạng cảm biến vô tuyến bao gồm nhiều nút trung gian, các nút trung gian này được xem là nhỏ, giá thành thấp, độ phức tạp không cao và tiêu thụ ít năng lượng. Trong phần này chúng tôi tập trung trình bày đặc tính của nút nguồn, nút chuyển tiếp trung gian của hệ thống truyền thông đa chặng [10].



Hình 2.11: Công suất tiêu thụ của nút chuyển tiếp trung gian

Mạch điện được cung cấp một công suất là P_d , công suất này bị tiêu tán một phần là P_i bởi tải và suy hao thuần túy trong các bộ khuếch đại. Hệ số của một bộ khuếch đại [10] là:

$$\eta = \frac{P_i}{P_d + P_{ri}} \quad (2.27)$$

Trong đó P_{ri} là công suất tín hiệu nhận được từ kênh truyền đưa tới và hệ số khuếch đại $G = \frac{P_i}{P_{ri}}$. Chúng ta có thể ước tính công suất cung cấp [10] là:

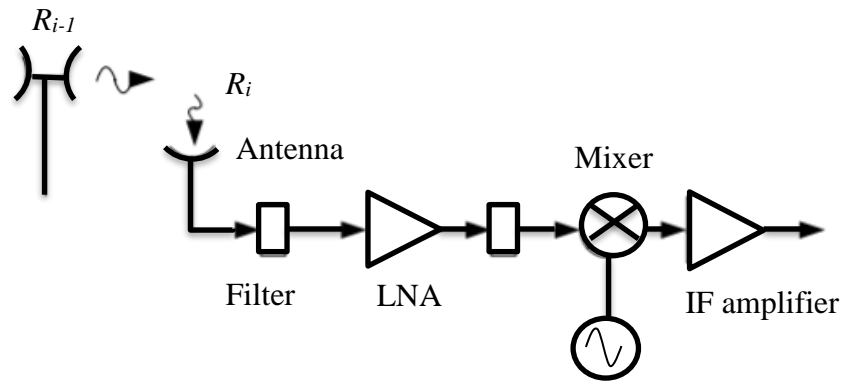
$$P_d = \frac{(G - \eta) P_r}{\eta} = \frac{G P_r}{\eta} \quad (2.28)$$

Từ đó thấy rằng G lớn hơn rất nhiều so với η . Do đó công suất tiêu thụ P_c tại nút chuyển tiếp [10] là :

$$P_c = P_d \frac{G P_r}{\eta} \quad (2.29)$$

Mức nhiễu ở máy thu:

- ✓ Nhiễu là thành phần không thể tránh khỏi ở hệ thống truyền thông vô tuyến. Để đơn giản hóa thì [3] chỉ trình bày nhiễu ở một nút. Sau đây là sơ đồ khối đơn giản điển hình cho một nút:



Hình 2.12: Sơ đồ khối của nút chuyển tiếp trong pha đầu tiên

Đầu tiên tín hiệu cao tần nhận được từ ăng-ten được đưa vào bộ lọc và được khuếch đại bởi bộ khuếch đại tạp âm (LNA - Low Noise Amplifier). Tín hiệu sau khi khuếch đại được làm sạch và được đưa vào bộ trộn. Tín hiệu sau khi trộn lại được đưa vào bộ khuếch đại trung gian (IFA - intermediate frequency amplifier).

Ưu điểm của mạng truyền thông đa chặng:

- ✓ Giảm công suất phát.
- ✓ Tăng dung lượng hệ thống.
- ✓ Cân bằng lưu lượng tải.
- ✓ Giảm hiệu ứng nút cổ chai [13].
- ✓ Mở rộng vùng phủ sóng của hệ thống.
- ✓ Cải thiện độ tin cậy của hệ thống.

Nhược điểm của mạng truyền thông đa chặng:

- ✓ Hệ thống phức tạp.
- ✓ Độ bảo mật kém.
- ✓ Thách thức thủ tục AAA [11].

2.4 CÁC MÔ HÌNH KÊNH TRUYỀN CƠ BẢN

Trong mạng thông tin vô tuyến ngoài nguồn tin và nhận tin thì kênh truyền là một trong ba khâu quan trọng nhất, và có cấu trúc tương đối phức tạp. Nó là môi trường để truyền thông tin từ máy phát đến máy thu. Vì thế phần này tìm hiểu về các mô hình kênh truyền: Đó là mô hình kênh truyền theo phân bố Rayleigh, mô hình kênh truyền theo phân bố Ricean, mô hình kênh truyền theo phân bố chuẩn Gauss.

2.4.1 Mô hình kênh truyền theo phân bố Rayleigh

Trong những kênh vô tuyến di động, 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 hoặc đường bao của một thành phần đa đường riêng lẻ. Chúng ta biết rằng đường bao của tổng hai tín hiệu nhiễu Gauss trực giao tuân theo phân bố Rayleigh, phân bố Rayleigh có hàm mật độ xác suất [13]:

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \leq r < \infty) \\ 0 & (r < 0) \end{cases} \quad (2.30)$$

Với σ là giá trị rms (giá trị hiệu dụng) của điện thế tín hiệu nhận được trước bộ tách đường bao (envelope detection). σ^2 là công suất trung bình theo thời gian.

Xác suất để đường bao của tín hiệu nhận được không vượt qua một giá trị R cho trước được cho bởi hàm phân bố tích lũy [14]:

$$P(R) = P_r(r \leq R) = \int_0^R p(r) dr = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.31)$$

Giá trị trung bình r_{mean} của phân bố Rayleigh [2] được cho bởi:

$$r_{mean} = E[r] = \int_0^{\infty} rp(r) dr = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1.2533\sigma \quad (2.32)$$

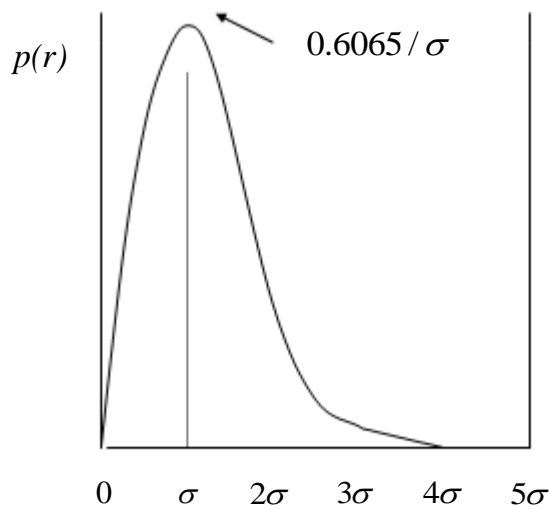
Và phương sai σ_r^2 (công suất thành phần ac của đường bao tín hiệu) được lấy trong [2]:

$$\sigma_r^2 = E[r^2] - E^2[r] = \int_0^{\infty} r^2 p(r) dr - \sigma^2 \frac{\pi}{2} = \sigma^2 \left(2 - \frac{\pi}{2}\right) = 0.4292\sigma^2 \quad (2.33)$$

Giá trị hiệu dụng của đường bao là $\sqrt{2}\sigma$ (căn bậc hai của giá trị trung bình bình phương). Giá trị median của r tìm được khi giải phương trình trong công thức (2.32):

$$\frac{1}{2} = \int_0^{r_{median}} p(r) dr$$

$$\Rightarrow r_{median} = 1.177\sigma \quad (2.34)$$



Hình 2.13: Hàm mật độ xác suất của phân bố Rayleigh

Vì vậy giá trị mean và median chỉ khác nhau một lượng là 0.55dB trong trường hợp tín hiệu Rayleigh fading [15]. Chú ý rằng giá trị median thường được sử dụng trong thực tế vì dữ liệu Rayleigh fading thường được đo trong những môi trường mà chúng ta không thể chấp nhận, nó không tuân theo một phân bố đặc biệt nào. Bằng cách sử dụng giá trị median thay vì giá trị trung bình, chúng ta dễ dàng so sánh các phân bố fading khác nhau (có giá trị trung bình khác nhau). Hình 2.13 minh họa hàm mật độ xác suất Rayleigh.

2.4.2 Mô hình kênh truyền theo phân bố Ricean

Trong trường hợp fading Rayleigh, không có thành phần tín hiệu đến trực tiếp máy thu mà không bị phản xạ hay tán xạ (thành phần light-of-sight) với công suất vượt trội, khi có thành phần này, phân bố sẽ là Ricean. Trong trường hợp này, các

thành phần đa đường ngẫu nhiên đến bộ thu với những góc khác nhau được xếp chồng lên tín hiệu light-of-sight. Tại ngõ ra của bộ tách đường bao, điều này có ảnh hưởng như là cộng thêm thành phần DC vào các thành phần đa đường ngẫu nhiên [2]. Giống như trong trường hợp dò sóng sin trong khi bị nhiễu nhiệt, ảnh hưởng của tín hiệu light-of-sight (có công suất vượt trội) đến bộ thu cùng với các tín hiệu đa đường (có công suất yếu hơn) sẽ làm cho phân phối Ricean rõ rệt hơn. Khi thành phần light-of-sight bị suy yếu, tín hiệu tổng hợp trông giống như nhiễu có đường bao theo phân bố Rayleigh. vì vậy, phân bố bị trở thành phân bố Rayleigh trong trường hợp thành phần light-of-sight mất đi.

Hàm mật độ phân bố xác suất của phân bố Ricean [2]:

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2 + A^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{Ar}{\sigma^2}\right) & (A \geq 0, r \geq 0) \\ 0 & r < 0 \end{cases} \quad (2.35)$$

Trong đó: A: Biên độ đỉnh của thành phần light-of-sight.

I_0 : Hàm Bessel [2] sửa đổi loại 1 bậc 0.

Phân bố Ricean thường được mô tả bởi thông số k được định nghĩa như là tỷ số giữa công suất tín hiệu xác định (thành phần light-of-sight) và công suất các thành phần đa đường [2]:

$$k = \frac{A^2}{2\sigma^2} \quad (2.36)$$

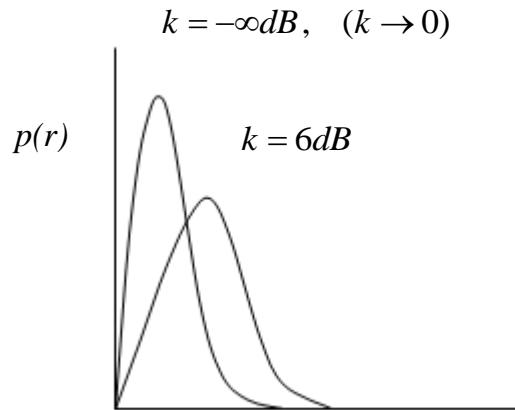
Hay viết dưới dạng dB:

$$k(dB) = 10 \log\left(\frac{A^2}{2\sigma^2}\right) dB \quad (2.37)$$

k xác định phân bố Ricean và được gọi là hệ số Ricean.

Khi $A \rightarrow 0$ thì $k \rightarrow 0$ ($-\infty$ dB) thành phần light-of-sight bị suy giảm về biên độ, phân bố Ricean trở thành phân bố Rayleigh. Hình 2.14 mô tả hàm mật độ xác

suất của phân bố Ricean: $k = -\infty \text{ dB}$ (Rayleigh) và $k = 6 \text{ dB}$. Với $k \gg 1$, giá trị trung bình của phân bố Ricean xấp xỉ với phân bố Gauss [2]:



Hình 2.14: Hàm mật độ xác suất của phân bố Ricean

2.4.3 Mô hình kênh truyền theo phân bố chuẩn Gauss

Phân phối chuẩn, còn gọi là phân phối Gauss, là một phân phối xác suất cực kì quan trọng trong nhiều lĩnh vực. Nó là họ phân phối có dạng tổng quát giống nhau, chỉ khác tham số vị trí (giá trị trung bình μ) và tỉ lệ (phương sai σ^2).

Phân phối chuẩn chuẩn hóa (standard normal distribution) là phân phối chuẩn với giá trị trung bình bằng 0 và phương sai bằng 1. Phân phối chuẩn chuẩn hóa còn được gọi là đường cong chuông (bell curve) vì đồ thị của mật độ xác suất có dạng chuông.

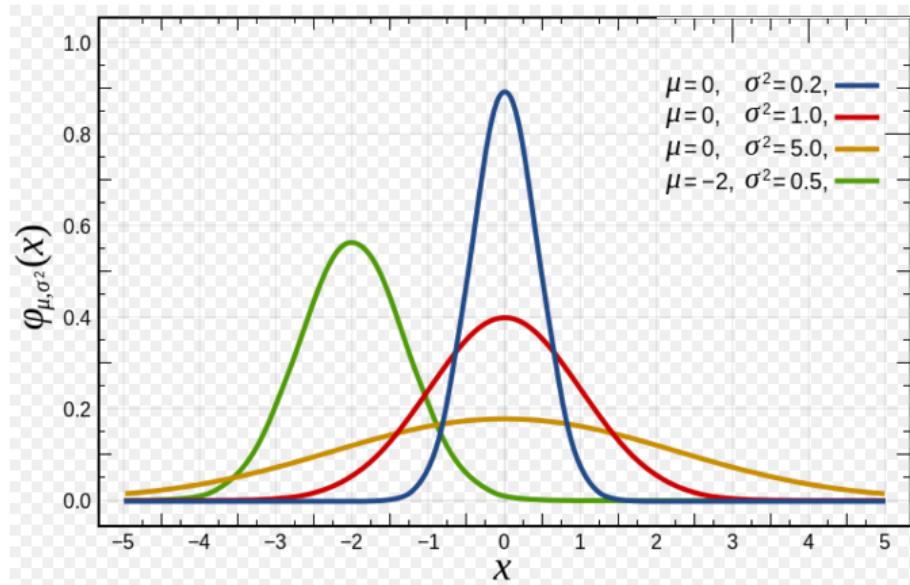
Hàm mật độ xác suất của phân phối chuẩn với trung bình μ và phương sai σ^2 (hay độ lệch chuẩn σ) là một ví dụ của một hàm Gauss [2]:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.38)$$

Nếu một biến ngẫu nhiên X có phân phối này, ta kí hiệu là $X \sim N(\mu, \sigma^2)$. Nếu $\mu = 0$ và $\sigma = 1$, phân phối được gọi là phân phối chuẩn chuẩn hóa và hàm mật độ xác suất từ công thức (2.38) được rút gọn thành:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$$

(2.39)



Hình 2.15: Hàm mật độ xác suất của phân bố chuẩn Gauss với bốn tham số khác nhau

Hàm phân phối tích lũy (CDF) chính là xác suất để một biến X có giá trị nhỏ hơn hay bằng x , và nó được biểu diễn dưới dạng hàm mật độ sau [2]:

$$F(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) du \quad (2.40)$$

Hàm CDF chuẩn chuẩn hóa [2], qui ước viết là Φ , chỉ là từ dạng CDF tổng quát và được tính với $\mu = 0$ và $\sigma = 1$.

$$\Phi(x) = F(x; 0, 1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad (2.41)$$

Hàm CDF chuẩn hóa có thể được biểu diễn dưới dạng một hàm đặc biệt gọi là hàm sai số [2], như sau:

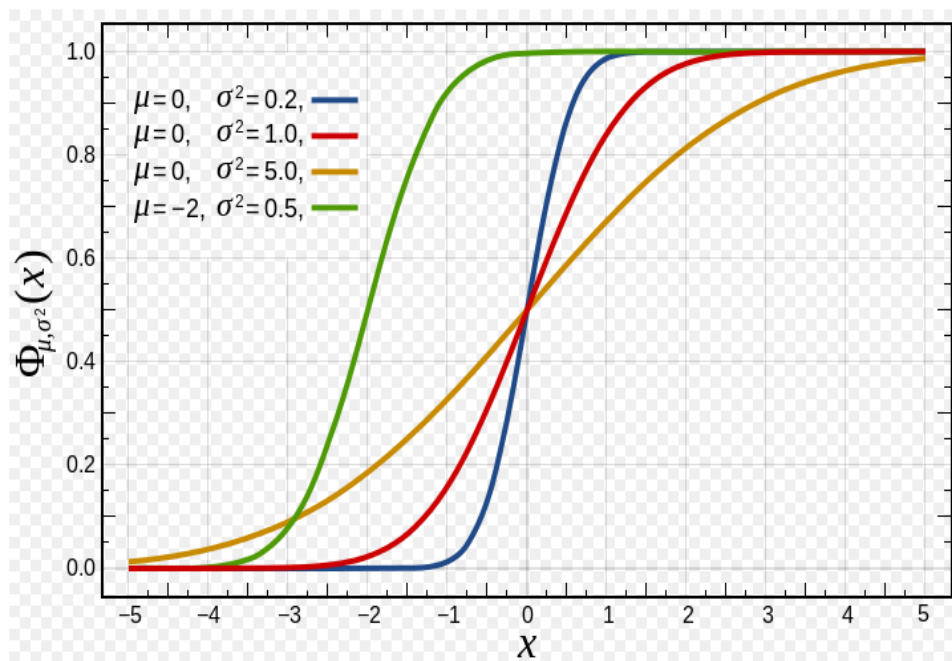
$$\Phi(z) = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf}\left(\frac{z}{\sqrt{2}}\right) \right]$$

(2.42)

Hàm CDF nghịch đảo, hay hàm “quantile” [2], có thể được biểu diễn dưới dạng nghịch đảo của hàm sai số:

$$\Phi^{-1}(p) = \sqrt{2} \operatorname{erf}^{-1}(2p - 1) \quad (2.43)$$

Hàm “quantile” này đôi khi còn gọi là hàm “probit”. Hàm “probit” không có nguyên hàm. Không có ở đây không phải là không tìm thấy, mà nghĩa là người ta chứng minh rằng không tồn tại một nguyên hàm như vậy [2]. Giá trị của hàm $\Phi(x)$ có thể xấp xỉ một cách chính xác bằng nhiều phương pháp khác nhau, như tích phân số, chuỗi Taylor, hay chuỗi tiệm cận.



Hình 2.16: Hàm phân phối tích lũy của phân bố chuẩn Gauss tương ứng với các tham số trong hình 2.15

CHƯƠNG 3

TỐC ĐỘ VÀ XÁC SUẤT DỪNG TRONG MẠNG TRUYỀN THÔNG HỢP TÁC ĐA CHẶNG

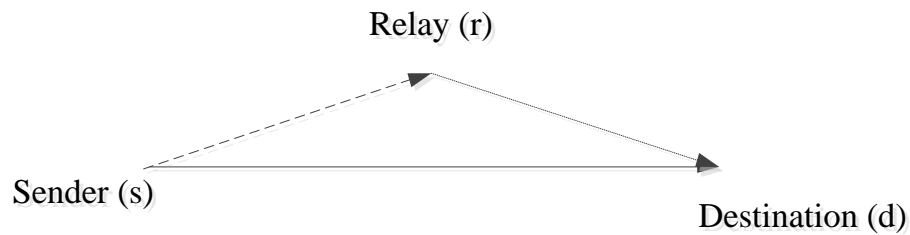
3.1 TỐC ĐỘ DỰ KIẾN, XÁC SUẤT DỪNG CỦA MẠNG ĐA CHẶNG N , $2N$ VÀ HOP BY HOP

Xem xét một mạng vô tuyến bán song công, bằng cách sử dụng cùng tần số truyền dẫn. Truyền trực giao thu được bằng cách ghép kênh phân chia thời gian, nhưng để tăng phổ hiệu quả, các node xa được phép truyền đồng thời. Do đó có thể nói truyền dẫn trong mạng được điều phối bởi một phương pháp STDMA tĩnh với khung có chiều dài cố định. Mỗi khung TDMA được chia nhỏ thành các khe bằng nhau Q . Trong mỗi khe thời gian, sự truyền đồng thời từ các node Q ở mỗi chặng khác nhau được quy định. Các khe thứ i mỗi khung TDMA được gán cho truyền dẫn trong chặng thứ $(nQ + i)$, $\forall n \in \{0, 1, \dots, (N - i)/Q\}$ và $\forall i \in \{1, 2, \dots, Q\}$. Không tái sử dụng tần số không gian nếu $Q = N$, sau đó các khe N trong mỗi khung được gán nối tiếp cho truyền dẫn trong các chặng N . So với các phương pháp TDMA động khác nhau mà phân bổ biến chiều dài của khe thành các chặng, chẳng hạn một chương trình TDMA tĩnh có lợi thế là đơn giản, kiểm soát được can nhiễu và năng lượng tổn hao thấp cho việc trao đổi thông tin điều khiển. Để hỗ trợ chuyển tiếp bán song công, mỗi khe TDMA được chia thành hai phần theo yếu tố phân vùng khe $u \in [0, 1]$, với chiều dài tương đối của các phần đầu tiên chuẩn hóa bằng chiều dài của khe TDMA.

Để mô tả các hệ thống truyền tải đơn chặng và sau đó khi đánh giá hiệu quả hoạt động cho mỗi chặng, chúng ta đơn giản hóa ký hiệu và sử dụng s , r và d để chỉ bên phát đơn chặng, node chuyển tiếp và phía thu tương ứng.

Khi sử dụng giao thức hop-by-hop, mỗi chặng sau một quá trình giải mã và chuyển tiếp (DF) kết hợp phương thức chuyển tiếp. Như thể hiện trong hình 2.2, trong phần đầu tiên của một khe TDMA, s truyền trong khi cả r và d lắng nghe; sau khi giải mã thành công, r tái mã hóa và chuyển tiếp thư đến d trong phần thời gian còn

lại của khe TDMA. Cuối cùng, d kết hợp các tín hiệu nhận được tương ứng từ s và r để giải mã gói tin.

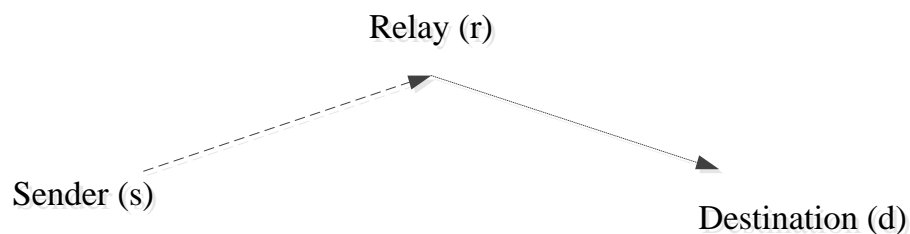


Hình 3.1: HyH- coop với cộng tác mã hóa chuyển tiếp

Cần xem xét hai phương án chuẩn để đánh giá lợi ích của HyH-coop: N-multihopping và 2N-multihopping. Trong N-multihopping, mỗi s truyền trực tiếp đến d mà không cần bất kỳ hỗ trợ từ các node chuyển tiếp, và sử dụng toàn bộ khe TDMA, như thể hiện trong hình 2.18. Phương pháp N-multihopping có thể được coi là một trường hợp đặc biệt của HyH-coop với yếu tố phân vùng $u = 1$. Hình 2.19 cho thấy 2N-multihopping, nơi DF truyền thống được sử dụng trong mỗi chặng. Đó là, trong phần đầu tiên của một khe TDMA, s truyền trong khi r lắng nghe; sau khi giải mã thành công, r tái mã hóa và chuyển tiếp thư d trong phần thứ hai của khe TDMA. Cuối cùng, d giải mã các gói tin từ các tín hiệu nhận được từ r.



Hình 3.2 Đa chặng N với truyền dẫn trực tiếp



Hình 3.3: Đa chặng 2N với mã hóa và chuyển tiếp truyền thống

Với việc không có sự suy hao nói chung, chúng ta có thể liên kết SINR tức thời của đường truyền từ i đến j và thu được tốc độ thông qua công thức dung lượng Shannon:

$$r_{ij} = \log_2(1 + \text{SINR}_{ij}) \quad (3.1)$$

Tốc độ r_{ij} thu được bởi sử dụng các đáp ứng các từ mã dài để được giá trị thực của SINR có thể biết được tại bên phát. Tuy nhiên, SINR tức thời không được biết trước. Xác suất của một bản tin được truyền với tốc độ R có thể không được mã hóa, đó là xác suất dừng thấp hơn tốc độ truyền dẫn R . Giả sử, một liên kết điểm - điểm i, j thì xác suất dừng như một hàm của R và $\text{SINR}_{i,j}$ là:

$$P_{ij}^{out}(R) = \Pr(r_{ij} < R) = \Pr(\text{SINR} < 2^R - 1) \quad (3.2)$$

Tốc độ dự kiến là tốc độ tiếp nhận trung bình trong khoảng thời gian dài trong một chặng được xác định theo tốc độ truyền dẫn R và xác suất mã hóa thành công tại điểm đó:

$$R_{ep} = R(1 - P^{out}(R)) \quad (3.3)$$

Cuối cùng để xác định hiệu quả của STDMA, ta phải định nghĩa về thông lượng dự kiến trong mỗi chặng:

$$T = R / Q = R(1 - P^{out}(R)) / Q \quad (3.4)$$

3.2. XÁC SUẤT DỪNG CỦA MẠNG HỢP TÁC ĐA CHẶNG N , $2N$ VÀ HOP BY HOP

3.2.1 Xác suất dừng của mạng đa chặng – N :

Trong hợp tác đa chặng $-N$, mỗi nguồn truyền gửi sẽ truyền trực tiếp tới thiết bị nhận của nó mà có sự hỗ trợ nào từ các node khác, do vậy tốc độ đạt được của một chặng bằng dung lượng Shannon tức thời. Tuy nhiên, để đơn giản hơn xác suất dừng của mỗi chặng là xác suất dừng trên đường truyền gửi – nhận tại tốc độ R được tính như sau:

$$P_D^{out}(R) = \Pr(r_{sd} < R) = F_{sd}(\beta_R) \quad (3.5)$$

Trong đó $\beta_R = 2^R - 1$ được định nghĩa như ngưỡng SINR tại tốc độ R và $F_{sd}(\beta_R)$ là CDF của SINR trên đường truyền gửi – nhận với tốc độ R. Với việc tái sử dụng tần số không gian $F_{sd}(\beta_R)$ được xác định theo công thức dưới đây:

$$\begin{aligned}
F_{ij}(\beta) &= \int_0^{+\infty} \int_0^{(z+1)\beta} p_{X_{ij}}(x) p_{Z_{ij}}(z) dx dz \\
&= \sum_{n \in N_i} \phi_{ij}(n) \left\{ 1 - \frac{\Lambda_{ij}(n)}{\beta + \Lambda_{ij}(n)} \exp\left(-\frac{\beta}{\gamma_{ij}}\right) \right\}
\end{aligned} \tag{3.6}$$

Trong đó : $\Lambda_{ij}(n) = \gamma_{ij} / \gamma_{nj}$

3.2.2. Xác suất dừng của mạng đa chặng - 2N

Trong đa chặng 2N mỗi bên gửi trong tập hợp $\{D_0, D_1, \dots, D_{N-1}\}$ gửi một bản tin tới các node chuyển tiếp gần nó $\{R_0, R_1, \dots, R_{N-1}\}$ trong phần thứ nhất của khe TDMA, với độ dài u. Các node chuyển tiếp mã hóa và gửi bản tin đã được mã hóa tới bên nhận kế cạnh trong phần thứ hai với độ dài (1-u). Ở đây không có sự tổng hợp tín hiệu tại ngõ ra.

Vậy thì, mỗi chặng bao gồm 2 đường liên kết một là sender-relay hai là relay-receiver và tốc độ đạt được cho một chặng là tốc độ cực tiểu trong 2 đường liên kết trên thông qua các phần của khe TDMA: $r_T = \min(ur_{sr}, (1-u)r_{rd})$ trong đó r_{sr} , và r_{rd} là tốc độ đạt được của đường liên kết sender-relay hai là relay-receiver tương ứng. Giả sử rằng, trạng thái kênh truyền là độc lập, xác suất dừng của chặng sender - relay – receiver trong đa chặng 2N được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned}
P_T^{out}(R) &= \Pr\left\{\min(ur_{sr}, (1-u)r_{rd}) < R\right\} \\
&= 1 - \Pr(r_{sr} \geq R/u) \Pr(r_{rd} \geq R/(1-u)) \\
&= 1 - \left\{1 - F_{sr}(\beta_R/u)\right\} \left\{1 - F_{rd}(\beta_R/(1-u))\right\}
\end{aligned} \tag{3.7}$$

Trong đó, $\beta_R/u = 2^{R/u} - 1$ và $\beta_R/(1-u) = 2^{R/(1-u)} - 1$ là SINR ngưỡng tại tốc độ R của đường liên kết sender-relay hai là relay-receiver tương ứng.

3.2.3 Đa chặng Hop by Hop

Trong mạng đa chặng Hop by Hop, một giao thức hợp tác chuyển tiếp chặng được ứng dụng. Các node chuyển tiếp thực hiện mã hóa chuyển tiếp trực giao. Trong phần khung thứ nhất của khe TDMA, tương ứng với độ dài u , nguồn truyền dẫn, điể chuyển tiếp và đích sẽ lắng nghe, sau đó, trong phần khung thứ 2 nguồn ở trạng thái im lặng và node chuyển tiếp truyền tới đích. Giả sử, các kênh truyền độc lập, xác suất dừng trên mỗi chặng được tính như sau:

$$\begin{aligned}
 P_R^{out}(R) &= \Pr\{\min(ur_{sr}, ur_{sd} + (1-u)r_{rd}) < R\} \\
 &= 1 - \Pr(ur_{sr} \geq R) \Pr(ur_{sd} + (1-u)r_{rd} \geq R) \\
 &= 1 - \{1 - F_{sr}(\beta_R / u)\} \left\{ \{1 - F_{sr}(\beta_R / (1-u))\} + \int_0^R \{1 - F_{sd}(\beta_{(R-y)/u})\} py(y) dy \right\}
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Trong đó: $Y = (1-u)r_{rd}$ và PDF của Y sẽ là:

$$\begin{aligned}
 py(y) &= \frac{(\beta_{y/(1-u)} + 1) \ln 2}{(1-u)\gamma_{rd}} \exp\left\{-\frac{\beta_{y/(1-u)}}{\gamma_{rd}}\right\} \\
 &\cdot \sum_{n \in N_r} \frac{\phi_{ij}(n) \Lambda_{rd}(n)}{\beta_{y/(1-u)} + \Lambda_{rd}(n)} \left\{ \frac{1}{\gamma_{rd}} + \frac{1}{\beta_{y/(1-u)} + \Lambda_{rd}(n)} \right\}
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

CHƯƠNG 4

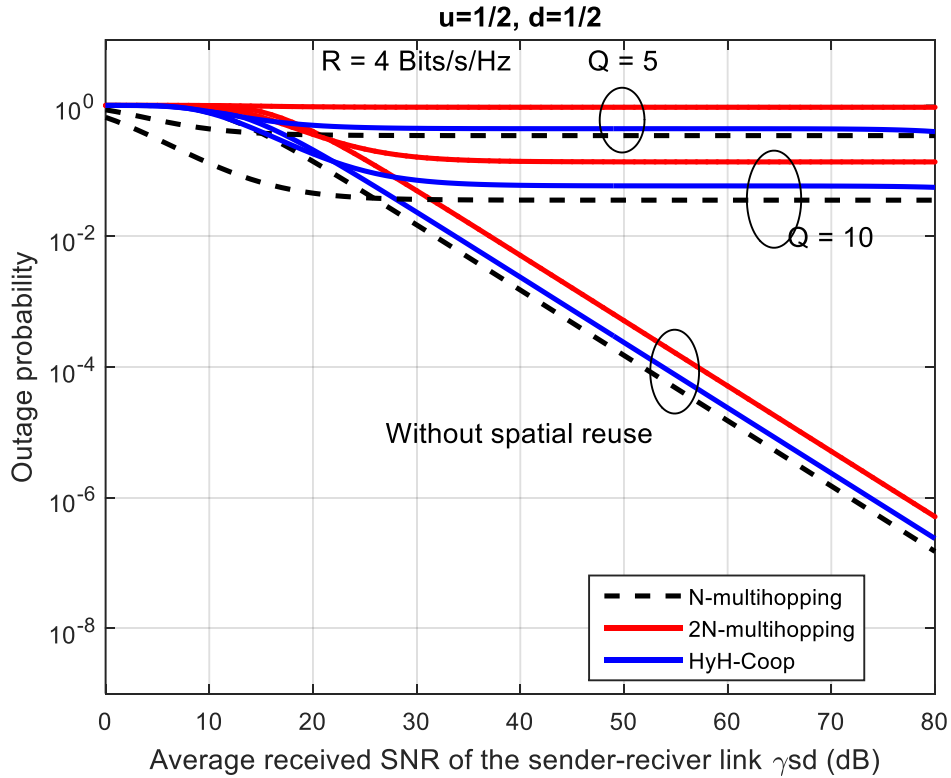
MÔ PHỎNG PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ

4.1. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ THÔNG LƯỢNG HỆ THỐNG ĐA CHẶNG

Trong phần này, chúng ta sử dụng một mô hình đã được đề xuất để khảo sát hiệu suất của việc sử dụng mạng cộng tác Hop by Hop trong mạng vô tuyến tuyến tính, trong đó các node $\{D_0, D_1, \dots, D_{N-1}\}$ được cách đều trên một đường thẳng như một mạng một chiều tuyến tính được quan sát một cách đơn giản nhưng có thể cho ta một cái nhìn rõ ràng trong hiệu suất của mạng truyền dẫn cộng tác khi tiến hành việc tái sử dụng tần số.

Mạng đa chặng N , D_{i-1} gửi các gói tin trực tiếp tới D_i trong chặng thứ i của mạng vô tuyến tuyến tính thông thường. Việc sử dụng đa chặng $2N$ hoặc Hop by Hop, một điểm chuyển tiếp được triển khai trong mỗi chặng với khoảng cách chuẩn hóa d và $d \in (0,1)$. Các thông số tái sử dụng Q là một số nguyên nằm trong khoảng $[3, N]$. Khoảng cách tái sử dụng nhỏ nhất là 3 chặng để đảm bảo rằng cường độ các tín hiệu nhận được tại bất kỳ bên nhận nào luôn lớn hơn can nhiễu từ các node truyền dẫn động thời gần nhất với nó. Chúng ta xem xét công suất truyền dẫn tại tất cả các node và các điểm chuyển tiếp, theo kế hoạch thì chúng sẽ có công suất truyền dẫn là như nhau.

Các thông số của kênh được thiết lập như sau: Trong phần này, chúng tôi sử dụng một mô hình đã được đề xuất để khảo sát, mạng đa chặng N , d_{i-1} gửi các gói tin trực tiếp tới d_i trong chặng thứ i của mạng vô tuyến tuyến tính thông thường. Việc sử dụng đa chặng $2N$ hoặc Hop by Hop, một điểm chuyển tiếp được triển khai trong mỗi chặng với khoảng cách $d = 1/2$, hệ số kênh truyền Rayleigh fading h_{ij} có trị trung bình bằng 0 và phương sai bằng 1, và hệ số u trong khe thời gian TDMA được chọn bằng $1/2$. Trong hình 4.1 trình bày kết quả xác suất dừng của 3 cách thức truyền dẫn với việc tái sử dụng và không tái sử dụng tần số không gian.



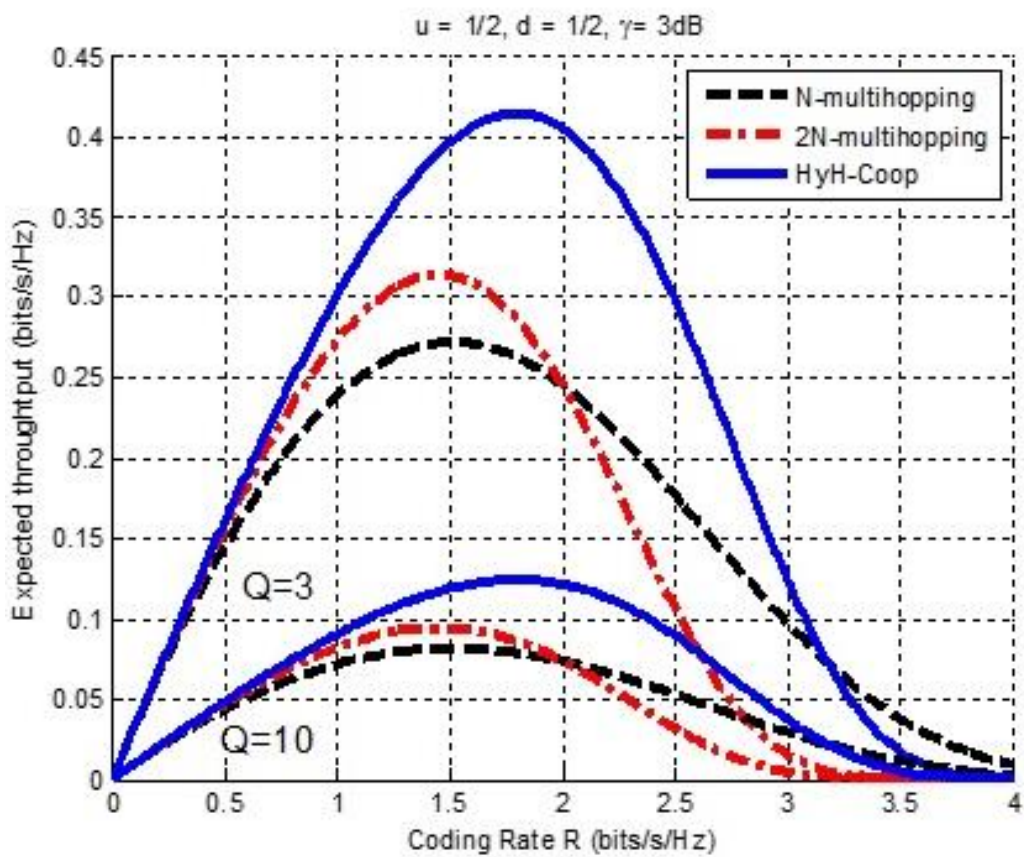
Hình 4.1: Xác suất dừng theo giá trị SNR của liên kết gửi - nhận

Với kết quả từ hình 4.1, ta có thể nhận xét rằng với việc không tái sử dụng không gian thì xác suất dừng giảm khi giá trị SNR tăng. Tuy nhiên, khi tiến hành việc tái sử dụng tần số không gian thì chúng ta có thể nhận thấy 2 xu hướng. Xác suất dừng giảm khi SNR tăng với điều kiện nhiễu bị giới hạn nghĩa là công suất can nhiễu có thể bỏ qua khi được so sánh với công suất nhiễu, xác suất dừng là độc lập với các giá trị SNR nhưng phụ thuộc vào số chặng tái sử dụng Q . Xác suất dừng giảm theo Q , bởi vì can nhiễu đồng kênh cao hơn khi Q nhỏ như vậy so sánh với các kết quả ở [19, 20, 21] là chấp nhận được.

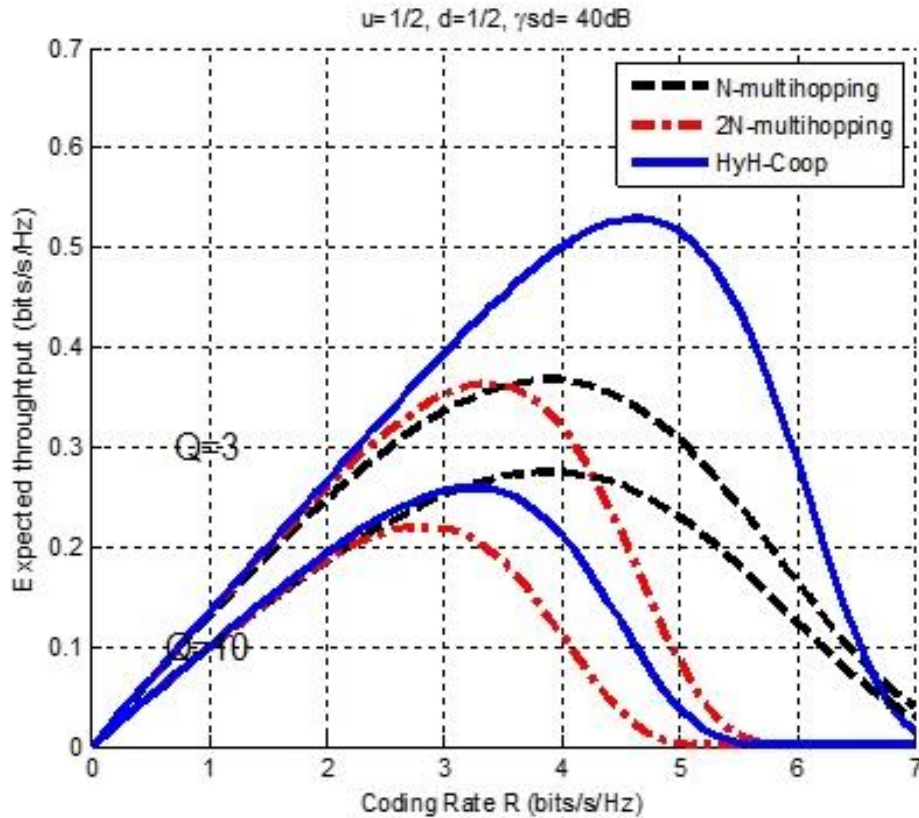
So sánh 3 phương thức truyền dẫn ta thấy HyH (1/2,1/2) có xác suất dừng nhỏ nhất nếu tốc độ truyền dẫn thấp, trong khi đa chặng N thể hiện HyH-coop không tối ưu khi tốc độ mã hóa cao, độc lập với các thông số tái sử dụng tần số Q .

Hình 4.2 và hình 4.3 trình bày thông lượng dự kiến trong điều kiện SNR thấp và cao tương ứng. Qua hình vẽ ta có thể nhận định rằng lợi ích của việc phân tập là vô cùng quan trọng và trong điều kiện SNR thấp thì lại càng quan trọng hơn so với SNR cao, trong môi trường can nhiễu cao quan trọng hơn so với môi trường

can nhiều thấp và tốc độ thấp quan trọng hơn tốc độ cao. Do đó, HyH coop có khả năng cải thiện thông lượng dự kiến trong điều kiện tốc độ và SNR thấp.



Hình 4.2: Thông lượng dự kiến thay đổi theo tốc độ mã hóa với SNR_{sd} bằng 3dB

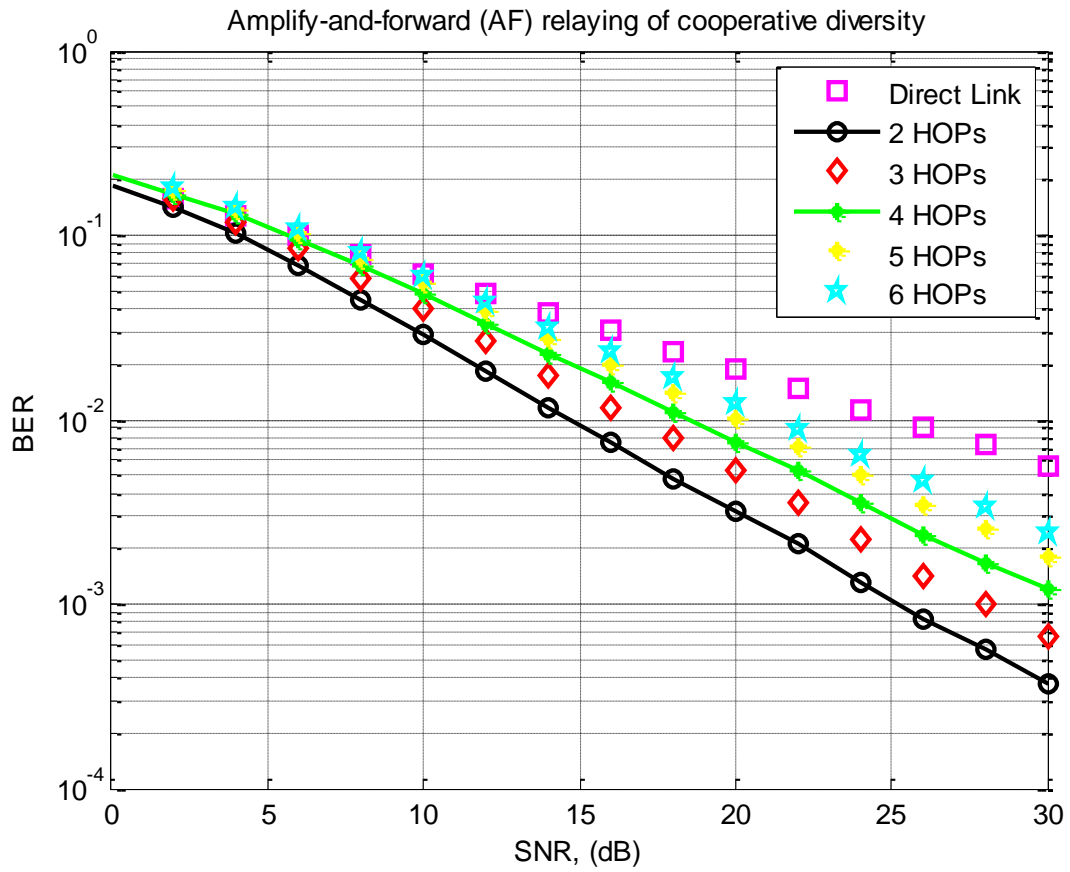


Hình 4.3: Thông lượng dự kiến thay đổi theo tốc độ mã hóa với SNR_{sd} bằng 40dB

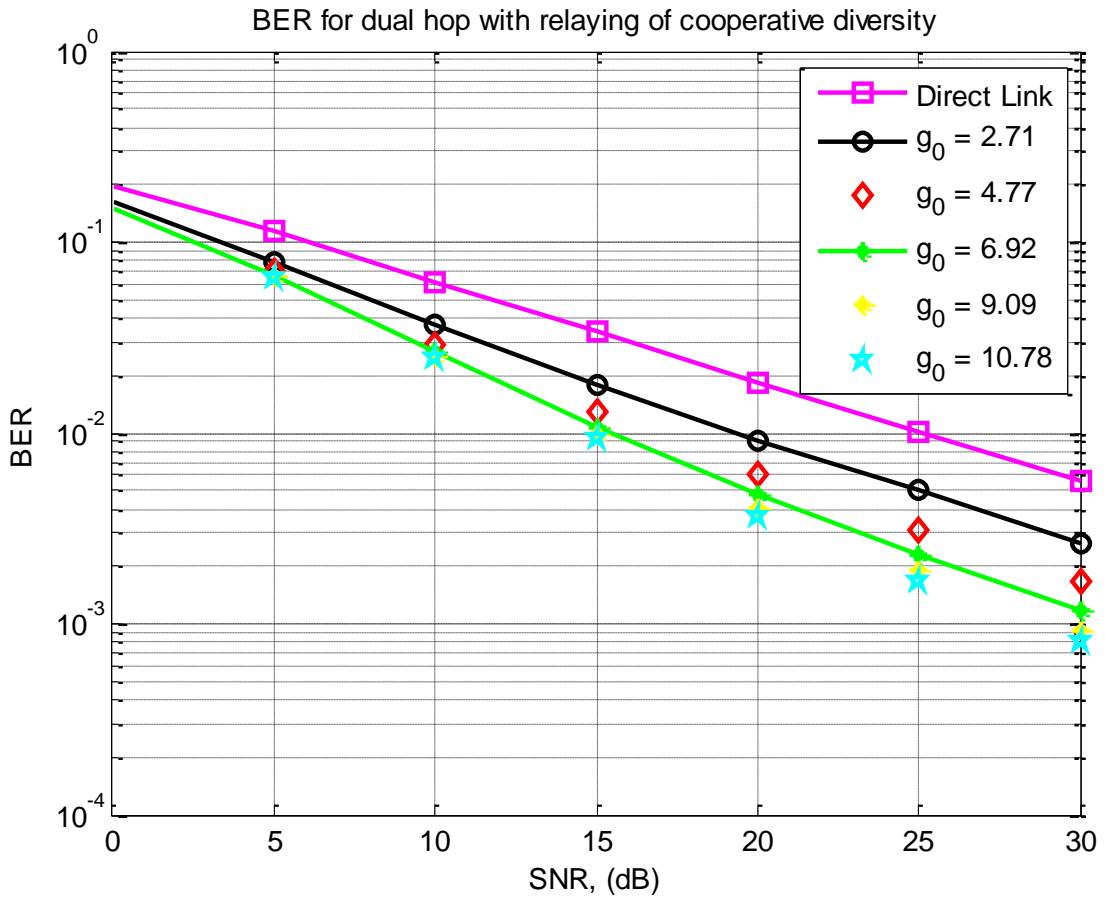
4.2 MÔ PHỎNG TỶ SỐ LỖI BIT CỦA HỆ THỐNG

Kết quả mô phỏng với 10^6 bit ngẫu nhiên, sử dụng điều chế BPSK cho các kênh Rayleigh fading.

Nhìn vào kết quả mô phỏng trong hình 9, ta thấy rằng: khi số chặng tăng lên thì BER cũng tăng theo nhưng vẫn còn nhỏ hơn so với đường truyền trực tiếp và tỷ lệ tăng BER không đều khi số chặng tăng. Nguyên nhân tăng BER là do hệ thống sử dụng chuyển tiếp AF sẽ dẫn đến việc tăng nhiễu tại các điểm chuyển tiếp nếu thay bằng DF thì tỷ lệ BER sẽ giảm.



Hình 4.4: BER cho hệ thống đa chặng sử dụng phương pháp BPSK



Hình 4.5: BER của hệ thống 2 chặng với kỹ thuật chuyển tiếp AF

Để đánh giá tốt hơn tỷ lệ BER của một hệ thống 2 chặng hợp tác ta có thể tăng giá trị để SNR ngưỡng. Như hình 4.5, ta thấy nếu độ lợi tăng thì tỷ lệ BER giảm theo và nhỏ hơn đường truyền thẳng. Điều này cũng chứng minh rằng độ lợi có ích cho việc phân tập.

CHƯƠNG 5

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1 KẾT LUẬN

Trong thông tin vô tuyến, kỹ thuật truyền thông đa chặng với sự hợp tác của nút chuyển tiếp là một công nghệ mới đem lại nhiều ưu điểm và lợi ích cho ngành viễn thông trong tương lai, cụ thể là áp dụng trong hệ thống thông tin di động 4G. Trong bài báo cáo này chúng tôi đã phân tích khái quát những lý thuyết liên quan là ưu nhược điểm của hệ thống đa chặng so với đơn chặng, các loại chuyển tiếp trung gian trên đường truyền, yêu cầu của nút chuyển tiếp trung gian trên đường truyền và một số mô hình kênh truyền trong mạng truyền thông hợp tác đa chặng.

Trong đề tài này chúng tôi đã nghiên cứu một số thông số trong mạng truyền thông hợp tác ba chặng với kỹ thuật chuyển tiếp và khuếch đại, chúng tôi đã phân tích, mô phỏng, đánh giá xác suất dừng và tỷ số lỗi bit BER hệ thống trong mạng. Các kết mô phỏng chứng minh cho chúng ta thấy rằng kết quả mô phỏng và phân tích là phù hợp.

5.2 HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Trong mô hình hệ thống này đặc điểm chung của nguồn, đích và các nút chuyển tiếp là các thiết bị thu phát đều được trang bị một ăng-ten và mô hình kênh truyền phân tích áp dụng mô hình toán học đơn ngõ vào - đơn ngõ ra (Single Input Single Output - SISO). Hệ thống có thể được nghiên cứu mở rộng thông qua việc tăng cường số lượng ăng-ten trên từng thiết bị thông qua phân tích toán học với mô hình toán học một ăng-ten phát và đa ăng-ten thu (Single Input Multi Output - SIMO), đa ăng-ten phát và đơn ăng-ten thu (Multi Input Single Output - MISO) hoặc trường hợp tổng quát khi cả thiết bị phát và thiết bị thu được trang bị nhiều ăng-ten (Multi Input Multi Output - MIMO).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Zhihang Yi, Il-Min Kim, "Relay Ordering in a Multi-Hop Cooperative Diversity Network", Senior Member, IEEE Transactions on communications, No. 9 September 2009.
- [2] J. Si, Z. Li, J. Chen, P. Qi and H. Huang, "Performance Analysis of Adaptive Modulation in Cognitive Relay Networks With Interference Constraints", In Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), pp. 2631 - 2636, May 2012.
- [3] J. Lee, H. Wang, J.G. Andrews, D. Hong, "Outage Probability of Cognitive Relay Networks with Interference Constraints", IEEE Trans. on Wire. Commun., 10, pp. 390-395, Feb. 2011.
- [4] T. T. Duy and H.Y. Kong, "Performance Analysis of Incremental Amplify-and-Forward Relaying Protocols with Nth Best Partial Relay Selection under Interference Constraint", Wireless Personal Communications (WPC), vol.71, no. 4, pp. 2741-2757, Aug. 2013.
- [5] T. T. Duy and H.Y. Kong, "Adaptive Cooperative Decode-and-Forward Transmission with Power Allocation under Interference Constraint", Wireless Personal Communications (WPC), vol. 74, no. 2, pp. 401-414, Jan. 2014.
- [6] T. T. Duy and V.N.Q. Bao, "Outage performance of cooperative multihop transmission in cognitive underlay networks", ComManTel 2013, HCM City, Viet Nam, Jan. 2013.
- [7] Nguyễn Hữu Thanh và Nguyễn Văn Tuấn (2013), Nghiên cứu kỹ thuật truyền thông đa chặng trong thông tin vô tuyến băng thông rộng, Luận văn Thạc sĩ, Trung tâm thông tin học liệu, Đà Nẵng.
- [8] Đỗ Thị Minh Quế (2013), Kỹ thuật chuyển tiếp của hệ thống truyền thông đa chặng, Luận văn Thạc sĩ, Học Viện Bưu Chính Viễn Thông, Hà Nội.

- [9] M.O. Hasna and M.-S. Alouini, "Harmonic mean and end-to-end performance of transmission systems with relays," *IEEE trans. Commun.*, vol 52, pp. 130-135, Jan. 2004.
- [10] M.O. Hasna and M.-S. Alouini, "End-to-end performance of transmission systems with relays over Rayleigh-fading channels," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 2, pp. 1126-1131, Nov. 2003
- [11] A. S. Avestimehr and D. N. C. Tse, "Outage capacity of the fading relay channel in the low-SNR regime," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 53, pp. 1401-1415, Apr. 2007.
- [12] P. A. Anghel and M. Kaveh, "Exact symbol error probability of a cooperative network in a Rayleigh-fading environment," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 3, pp. 1416-1421, Sept. 2004.
- [13] A. Ribeiro, X. Cai, and G. B. Giannakis, "Symbol error probabilities for general cooperative links," *IEEE Trans. Wireless Commun.* vol. 4, pp. 1264-1273, May 2005.
- [14] J. Boyer, D. D. Falconer, and H. Yanikomeroglu, "Multihop diversity in wireless relaying channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 52, pp 1820-1830, Oct. 2004.
- [15] G. K. Karagiannidis, T. A. Tsiftsis, and R. K. Mallik, "Bounds for multihop relayed communications in Nakagami-m fading," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 54, pp. 18-22, Jan. 2006.
- [16] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.
- [17] A. Bletsas, A. Khisti, D. P. Reed, and A. Lippman, "A simple cooperative diversity method based on network path selection," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 24, pp. 659-672, Mar. 2006.
- [18] I. S. Gradshteyn and I. M. Ryzhik, *Table of Integrals, Series, and Products*, 6th ed. San Diego, CA: Academic Press, 2000.

- [19] M. K. Simon and M. S. Alouini, *Digital communication Over Fading Channels: A Unified Approach to Performance Analysis*. New York: Wiley, 2000.
- [20] S. Sagong, J. Lee and D. Hong, "Capacity of Reactive DF Scheme in Cognitive Relay Networks", *IEEE Trans. on Wire. Commun.*, vol. 10, no.10, pp. 3133 - 3138, Oct. 2011.
- [21] T. T. Duy and V.N.Q. Bao, "Multi-hop Transmission with Diversity Combining Techniques Under Interference Constraint", *The 2013 ATC Conference*, HCM City, Viet Nam, pp. 131-135, Oct. 2013.

