

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Nguyễn Mạnh Tiến

**ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HỆ THỐNG TRUYỀN HÌNH
SỐ MẶT ĐẤT DVB – T2 SỬ DỤNG KỸ THUẬT
MIMO - OFDM**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI – 2019

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Nguyễn Mạnh Tiến

**ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HỆ THỐNG TRUYỀN HÌNH
SỐ MẶT ĐẤT DVB – T2 SỬ DỤNG KỸ THUẬT
MIMO - OFDM**

Chuyên ngành: Kỹ Thuật Viễn Thông

Mã Số: 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS.TS. VŨ VĂN SAN

HÀ NỘI – 2019

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận văn

Nguyễn Mạnh Tiến

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, học viên xin gửi lời cảm ơn chân thành đến tất cả các thầy cô trong Khoa Đào tạo Sau Đại học - Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông đã luôn nhiệt tình hướng dẫn, truyền đạt kiến thức trong suốt thời gian học tập tại Học viện, là nền tảng giúp học viên có thể thực hiện luận văn tốt nghiệp này.

Học viên xin chân thành cảm ơn Thầy giáo, PGS.TS. Vũ Văn San – Giám đốc Học viện đã tận tình hướng dẫn học viên hoàn thành luận văn này.

Học viên xin chân thành cảm ơn các bạn bè đã sát cánh giúp học viên có được những kết quả như ngày hôm nay.

Đề tài nghiên cứu của luận văn có nội dung bao phủ rộng. Tuy nhiên, thời gian nghiên cứu còn hạn hẹp. Vì vậy, luận văn có thể có những thiếu sót. Học viên rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô và các bạn.

Xin chân thành cảm ơn!

Tác giả luận văn

Nguyễn Mạnh Tiến

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	v
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	viii
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	ix
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1-TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN HÌNH SỐ MẶT ĐẤT DVB – T.....	4
1.1 Tổng quan về hệ thống truyền hình số	4
1.1.1 Các đặc điểm chung của hệ thống truyền hình số.....	4
1.1.2 Các tiêu chuẩn truyền hình số tiêu biểu	5
1.1.3 Xử lý và truyền dẫn tín hiệu truyền hình số.....	8
1.2 Truyền hình số mặt đất theo tiêu chuẩn DVB – T.....	11
1.2.1 Đặc tính kỹ thuật của DVB – T.....	12
1.2.2 Đặc điểm của DVB – T	14
1.3 Truyền hình số mặt đất theo tiêu chuẩn DVB – T2.....	15
1.3.1 Đặc tính kỹ thuật của DVB – T2	15
1.3.2 Đặc điểm của DVB – T2	19
1.4 Kết luận chương 1	21
CHƯƠNG 2 – KỸ THUẬT MIMO – OFDM TRONG TRUYỀN HÌNH SỐ MẶT ĐẤT DVB – T2.....	23
2.1 Tổng quan về kỹ thuật MIMO.....	23
2.2 Mô hình kênh MIMO và dung lượng kênh MIMO	24

2.3	Kỹ thuật MIMO – OFDM	26
2.4	Kỹ thuật ghép kênh không gian	32
2.5	Hoạt động của hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM	35
2.6	Kết luận chương 2	37
CHƯƠNG 3 – PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HỆ THỐNG DVB – T2 SỬ DỤNG KỸ THUẬT MIMO – OFDM.....		38
3.1	Mô hình hệ thống DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM.....	38
3.2	Phân tích, đánh giá kết quả.....	42
3.3	Khuyến nghị, đề xuất.....	49
3.4	Kết luận chương 3	49
KẾT LUẬN		50
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO		51
PHỤ LỤC.....		52

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
ACE	Active Constellation Extension	Mở rộng chòm sao tích cực
ATSC	Advanced Television System Committee	Ủy ban về hệ thống truyền hình tiên tiến
AWGN	Additive White Gaussian Noise	Tạp âm Gausse trắng cộng
BBC	British Broadcasting Corporation	Hiệp hội phát thanh Anh quốc
BER	Bit Error Rate	Tỷ lệ lỗi bit
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Điều chế pha nhị phân
CP	Cyclic Prefix	Tiền tố tuần hoàn
C/N	Carrier/Noise	Sóng mang/tạp âm
COFDM	Coding Orthogonality Frequency Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao có mã
DTT	Digital Terrestrial Television	Truyền hình số mặt đất
DVB	Digital Video Broadcasting	Truyền hình số
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable	Truyền hình kỹ thuật số qua cáp
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial	Truyền hình số mặt đất
DVB-T2	Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial	Truyền hình số mặt đất thế hệ thứ 2
DVB- NGH	DVB - Next Generation Handheld	Thiết bị cầm tay thế hệ tiếp theo
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite	Truyền hình kỹ thuật số - vệ tinh
FCC	Federal Communications Commission	Ủy ban truyền thông liên bang-Mỹ

FEC	Forward Error Correction	Sửa lỗi trước (thuận)
FFT	Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh
HDTV	High Definition Television	Truyền hình độ phân giải cao
IID	Independent and Identically Distributed	Phân bố độc lập và đồng dạng
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Biến đổi nhanh Fourier ngược
IPTV	Internet Protocol Television	Truyền hình IP
IRD	Integrated Decoder	Bộ giải mã tích hợp
ISDB-T	Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial	Truyền hình số tích hợp dịch vụ mặt đất
ISI	Inter-Symbol Interference	Nhiều liên ký tự
LDPC	Low Density Parity Check (Codes)	Mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp
LP	Low Priority	Độ ưu tiên thấp
MIMO	Multi Input Multi Output	Nhiều đầu vào nhiều đầu ra
MI	Modulator Interface	Giao diện điều chế
MISO	Multi Input Single Output	Nhiều đầu vào một đầu ra
MPEG	Moving Pictures Experts Group	Nhóm chuyên gia nghiên cứu về ảnh động
NTSC	National Television System Committee	Hội đồng hệ thống truyền hình quốc gia Mỹ
OFDM	Orthogonality Frequency Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao
OSI	Open Systems Interconnection	Mô hình tham chiếu
PAL	Phase Alternative Line	Đảo pha theo từng dòng
PAPR	Peak to Average Power Ratio	Tỷ số công suất đỉnh/công suất trung bình

PLP	Physical Layer Pipes	Ống lớp vật lý
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ vuông góc
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Khóa dịch pha vuông góc
RF	Radio Frequency	Tần số vô tuyến
SDTV	Standard Definition Television	Truyền hình độ phân giải tiêu chuẩn
SFN	Single Frequency Network	Mạng đơn tần
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên tạp âm
SISO	Single Input Single Output	Một đầu vào một đầu ra
SD	Standard-Definition	Độ nét tiêu chuẩn
STBC	Space-time block coding	Mã hóa không gian – thời gian
STTC	Space Time Trellis Code	Mã hóa lưới không gian - thời gian
SM	Spatial Multiplexing	Ghép kênh không gian
TR	Tone Reservation	Hạn chế âm sắc
TV	Television	Truyền hình
UHD	Ultra-high-definition	Siêu nét
UHF	Ultra High Frequency	Tần số siêu cao (Siêu cao tần)
VHF	Very High Frequency	Tần số rất cao
V_BLAST	Vertical-Bell Laboratories Layered Space-Time	Kỹ thuật tách tín hiệu ở phía thu, phát triển bởi phòng thí nghiệm Bell
VSF	Vestigial Side Band	Điều biên cụt
VTC	Vietnam Television Corporation	Tổng Công ty Truyền thông đa phương tiện Việt Nam

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1. Đặc điểm cơ bản của ATSC	5
Bảng 1.2. Các thông số truyền dẫn cho ISDB-T với độ rộng kênh truyền 8 MHz.....	7
Bảng 3.1. Các thông số mô phỏng của hệ thống.....	41
Bảng 3.2. Các thông số đầu vào của hệ thống	44
Bảng 3.3. Thống kê kết quả mô phỏng trường hợp 1	45
Bảng 3.4. Thống kê kết quả mô phỏng trường hợp 2	47
Bảng 3.5. Thống kê kết quả mô phỏng trường hợp 3	48

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1. Sơ đồ khối tổng quan hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T.....	11
Hình 1.2. Lớp vật lý DVB - T2.....	15
Hình 1.3. Mô hình MISO	16
Hình 1.4. Mẫu hình pilot phân tán đối với DVB-T (trái) và DVB-T2 (phải)	17
Hình 1.5. Chòm sao 16-QAM ‘xoay’	17
Hình 1.6. Mô hình cấu trúc DVB-T2	19
Hình 2.1. Sơ đồ khối hệ thống MIMO	24
Hình 2.2. Sơ đồ khối hệ thống MIMO - OFDM	27
Hình 2.3. Cấu trúc khung dữ liệu MIMO – OFDM.....	28
Hình 2.4. Máy phát MIMO – OFDM Alamo.....	28
Hình 2.5. Máy thu MIMO – OFDM Alamouti	29
Hình 2.6. Biểu diễn vector của hệ thống MIMO với hai lần truyền anten có ma trận xoay (phải) và không có (trái).....	33
Hình 2.7. Sơ đồ khối hệ thống DVB –T2	36
Hình 3.1. Mô hình hệ thống DVB –T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM	39
Hình 3.2. Mô hình hệ thống DVB –T2 sử dụng kỹ thuật MISO – OFDM.....	40
Hình 3.3. Tín hiệu vào.....	41
Hình 3.4. Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật SISO - OFDM.....	41
Hình 3.5. Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật MIMO - OFDM	42
Hình 3.6. Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật MIMO - OFDM	42
Hình 3.7. Quan hệ giữa BER và Eb/No khi sử dụng MIMO, MISO và SISO	45
Hình 3.8. Quan hệ giữa BER và Eb/No khi sử dụng MIMO, MISO và SISO và kỹ thuật Beamforming.....	46
Hình 3.9. Quan hệ giữa BER và Eb/No khi sử dụng MIMO, MISO và SISO với kênh truyền có tia truyền thẳng (LOS).....	48

MỞ ĐẦU

DVB-T2 (viết tắt của "*Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial*") là tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất thế hệ thứ hai, kế tiếp tiêu chuẩn tiền nhiệm DVB-T với các tính năng nổi trội hơn nâng cao hiệu quả trong việc truyền tải nội dung số đến khách hàng. Hệ thống truyền tải tín hiệu nén số video, audio và dữ liệu khác trong PLPs (Physical Layer Pipes), sử dụng kỹ thuật điều chế OFDM với các kênh mã hóa liên kết và trộn lẫn. Phương án truyền dẫn được đề xuất nhiều nhất cho tiêu chuẩn này là MIMO – OFDM với kết nối mã hóa kênh và chèn. Tốc độ bit của hệ thống này cao hơn so với DVB-T, phù hợp để truyền dẫn tín hiệu HD trên truyền kênh truyền hình mặt đất [7].

Kỹ thuật MIMO có thể tăng dung lượng kênh truyền, sử dụng băng thông rất hiệu quả nhờ ghép kênh không gian, cải thiện chất lượng của hệ thống đáng kể nhờ vào phân tập tại phía phát và phía thu mà không cần tăng công suất phát cũng như tăng băng thông của hệ thống. Trong khi đó kỹ thuật OFDM là một phương thức truyền dẫn tốc độ cao với cấu trúc đơn giản nhưng có thể chống fading chọn lọc tần số, bằng cách chia luồng dữ liệu tốc độ cao thành N luồng dữ liệu tốc độ thấp truyền qua N kênh truyền con sử dụng tập tần số trực giao. Kênh truyền chịu fading chọn lọc tần số được chia thành N kênh truyền con có băng thông nhỏ hơn, khi N đủ lớn các kênh truyền con chịu fading phẳng. OFDM còn loại bỏ được hiệu ứng ISI khi sử dụng khoảng bảo vệ đủ lớn. Ngoài ra việc sử dụng kỹ thuật OFDM còn giảm độ phức tạp của bộ Equalizer đáng kể bằng cách cho phép cân bằng tín hiệu trong miền tần số. Từ những ưu điểm nổi bật của hệ thống MIMO và kỹ thuật OFDM, việc kết hợp hệ thống MIMO và kỹ thuật OFDM là một giải pháp hứa hẹn cho hệ thống truyền hình kỹ thuật số mặt đất.

Nhận thấy tiềm năng ứng dụng của kỹ thuật MIMO, OFDM và sự kết hợp kỹ thuật MIMO – OFDM trong hệ thống truyền hình kỹ thuật số mặt đất nên tôi đã lựa chọn đề tài “Đánh giá hiệu năng hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO - OFDM” để làm luận văn tốt nghiệp cao học.

1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Trên thế giới: kể từ năm 2010, chương trình phát sóng DVB – T2 đã có mặt ở nhiều quốc gia, áp dụng cho cả truyền hình trả tiền và miễn phí cũng như một số kênh thử nghiệm.

Tại Việt Nam: Kể từ ngày 11 tháng 11 năm 2011, hai mạng DVN-T2 SFN của Công ty cổ phần âm thanh Toàn Cầu Audio đã được chính thức ra mắt tại cả Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Sau đó, dịch vụ tương tự đã được cung cấp ở các thành phố khác. Mỗi mạng có ba kênh đa kênh mang hoàn toàn 40 kênh âm thanh SD, 05 HD và 05 (MPEG-4 / H264).

Kể từ khi hệ thống DVB-T được thiết kế, các kỹ thuật điều chế và phương pháp mã hóa đã có những bước tiến quan trọng. Việc đưa các kỹ thuật MIMO vào DVB-T2 dường như là một xu thế tất yếu. Hiện tại, trong các nghiên cứu đầu tiên về kỹ thuật DVB-T2 đã được quan tâm nhiều hơn. Năm 2009 bài báo “MIMO performance of the next generation DVB-T” của tác giả P. Prieto [5] đã chỉ ra được những lợi ích khi áp dụng kỹ thuật MIMO – OFDM vào DVB – T2, và đưa ra kết luận rằng BER của hệ thống MIMO tốt hơn nhiều so với hệ thống SISO và MISO.

Năm 2012, trong bài báo “Implementation and Performance Analysis of MIMO Digital Video Broadcasting-T2” của tác giả A. Ramya và B. Devi [7] đã đề cập đến việc sử dụng nhiều ăng ten có thể giúp các hệ thống truyền dẫn có thông lượng cao hơn và đáng tin cậy, nó có những lợi thế hơn so với truyền ăng ten đơn. Họ cũng tiến hành mô phỏng hệ thống DVB – T2 khi sử dụng MIMO – OFDM và kết luận đây là giải pháp công nghệ sẽ cung cấp tốt hơn cho số lượng lớn người dùng sử dụng HDTV.

Tuy nhiên, các hệ thống MIMO đều gặp phải một số vấn đề như: Can nhiễu giữa các kênh (ICI), là do sự chồng chéo thông tin độc lập được truyền bởi nhiều ăng-ten phát; Đồng bộ giữa các ăng-ten (IAS), đại diện cho các giả định cơ sở cho không gian – thời gian và trễ phân tán giữa các phương pháp mã hóa; Cần thiết nhiều

chuỗi tần số vô tuyến cần thiết để truyền tải tất cả các tín hiệu đồng thời. Và để khắc phục các vấn đề trên thì kỹ thuật MIMO thường tập trung chủ yếu vào 3 hướng: kỹ thuật beamforming đa luồng, ghép kênh không gian, mã hóa phân tập (thời gian, không gian...), để nâng cao chất lượng truyền tin. Trong luận văn này sẽ nghiên cứu về hiệu năng của hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM và xem xét đến kỹ thuật ghép kênh không gian MIMO SM.

2. Mục đích nghiên cứu

- ✓ Nghiên cứu được tổng quan hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2.
- ✓ Phân tích, đánh giá hiệu năng hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- ✓ Nghiên cứu về hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T và DVB – T2.
- ✓ Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật MIMO cho hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2.

4. Phương pháp nghiên cứu

- ✓ Dựa trên các tài liệu giới thiệu, phân tích về DVB – T và MIMO để mô tả tổng quan các hệ thống.
- ✓ Phân tích mô hình ứng dụng MIMO cho DVB – T2.
- ✓ Mô phỏng quá trình truyền nhận của DVB – T2 sử dụng MIMO – OFDM.

5. Nội dung

Luận văn gồm 3 chương, thứ tự như sau:

Chương 1: Tổng quan về truyền hình số mặt đất DVB – T.

Chương 2: Kỹ thuật MIMO – OFDM trong truyền hình số mặt đất DVB – T2.

Chương 3: Phân tích, đánh giá hiệu năng hệ thống DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM.

CHƯƠNG 1-TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN HÌNH SỐ MẶT ĐẤT

DVB – T

1.1 Tổng quan về hệ thống truyền hình số

1.1.1 Các đặc điểm chung của hệ thống truyền hình số

Công nghệ truyền hình số có nhiều ưu điểm hơn hẳn so với công nghệ truyền hình tương tự như: khả năng sử dụng hiệu quả phổ tần, truyền dẫn phát sóng được nhiều chương trình trên một kênh, có khả năng phát hiện và sửa lỗi, khắc phục được những ưu điểm thường thấy trong truyền hình tương tự, có khả năng tương thích với nhiều loại hình dịch vụ khác nhau cũng như khả năng phát sóng các chương trình truyền hình độ phân giải cao HDTV... việc truyền dẫn tín hiệu truyền hình số được thực hiện thông qua cáp đồng trục, cáp quang, vệ tinh hay truyền hình số mặt đất [1].

Các đặc điểm chung của hệ thống truyền hình số mặt đất:

- ✓ Yêu cầu về băng tần là một sự khác nhau rõ nhất giữa tín hiệu số và tín hiệu tương tự, tín hiệu số vốn gắn liền với yêu cầu băng tần rộng lớn. Đối với tín hiệu số tổng hợp yêu cầu tần số lấy mẫu bằng bốn lần tần số sóng mang màu như đối với hệ NTSC là 14,4MHz nếu thực hiện mã hoá với những mã 8 bit, tốc độ bit sẽ là 115,2 Mbit/s độ rộng băng tần khoảng 58 MHz.
- ✓ Một trong những ưu điểm lớn nhất của tín hiệu số là khả năng chống nhiễu trong quá trình xử lý tại các khâu truyền dẫn và ghi. Nhiễu tạp âm trong hệ thống tương tự có tính chất cộng, tỷ lệ S/N của toàn bộ hệ thống là do tổng cộng các nguồn nhiễu thành phần gây ra. Vì vậy luôn nhỏ hơn tỷ lệ S/N của khâu có tỷ lệ thấp nhất. Nhiễu trong tín hiệu số được khắc phục nhờ các mạch sửa lỗi. Bằng các mạch này có thể khôi phục lại các dòng bit như ban đầu.
- ✓ Tín hiệu số không bị ảnh hưởng bởi méo phi tuyến trong quá trình ghi và truyền cũng như đối với tỷ lệ S/N, tính chất này rất quan trọng trong việc ghi đọc chương trình nhiều lần đặc biệt với các hệ thống truyền hình nhạy cảm với các méo khuếch đại vi sai như hệ NTSC.
- ✓ Tín hiệu số không bị ảnh hưởng bởi méo phi tuyến trong quá trình ghi và truyền cũng như đối với tỷ lệ S/N, tính chất này rất quan trọng trong việc ghi

đọc chương trình nhiều lần đặc biệt với các hệ thống truyền hình nhạy cảm với các méo khuếch đại vi sai như hệ NTSC.

1.1.2 Các tiêu chuẩn truyền hình số tiêu biểu

Hiện tại trên thế giới chủ yếu sử dụng 3 tiêu chuẩn phát sóng truyền hình số là: DVB (Digital Video Broadcasting) tiêu chuẩn Châu Âu; ATSC (Advanced Television System Committee) tiêu chuẩn của Mỹ; ISDB - T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) tiêu chuẩn của Nhật [2].

a. Tiêu chuẩn ATSC

Đặc điểm chung:

Hệ thống ATSC có cấu trúc dạng lớp, tương thích với mô hình OSI 7 lớp của các mạng dữ liệu. Mỗi lớp ATSC có thể tương thích với các ứng dụng khác cùng lớp. ATSC sử dụng dạng thức gói MPEG-2 cho cả Video, Audio và dữ liệu phụ. Đặc tính truyền tải và nén dữ liệu của ATSC theo MPEG-2. Tiêu chuẩn ATSC có một số đặc điểm như bảng 1.1.

Bảng 1.1. Đặc điểm cơ bản của ATSC

Tham số	Đặc tính
Video	Nhiều dạng thức ảnh (nhiều độ phân giải khác nhau). Nén ảnh theo MPEG-2, từ MP @ ML tới HP @ HL.
Audio	Âm thanh Surround của hệ thống Dolby AC-3.
Dữ liệu phụ	Cho các dịch vụ mở rộng (thí dụ hướng dẫn chương trình, thông tin hệ thống, dữ liệu truyền tải tới máy tính).
Truyền tải	Dạng đóng gói truyền tải đa chương trình. Thủ tục truyền tải MPEG-2.
Truyền dẫn RF	Điều chế 8-VSB cho truyền dẫn truyền hình số mặt đất.

Phương pháp điều chế VSB của tiêu chuẩn ATSC: Phương pháp điều chế VSB bao gồm hai loại chính: Một loại dành cho phát sóng mặt đất (8-VSB) và một loại dành cho truyền dữ liệu qua cáp tốc độ cao (16 VSB). Cả hai đều sử dụng mã Reed-Solomon, tín hiệu pilot và đồng bộ từng đoạn dữ liệu. Tốc độ ký hiệu (Symbol Rate)

cho cả hai đều bằng 10,76 MSb/s. Nó có giới hạn tỷ số tín hiệu trên nhiễu (SNR) là 14,9 dB và tốc độ dữ liệu bằng 19,3 Mb/s. Thực chất của quá trình điều chế VSB là điều chế biên độ nhiều mức, cho nên các bộ khuếch đại công suất yêu cầu có độ tuyến tính cao.

b. Tiêu chuẩn DVB

DVB là một tổ chức gồm trên 300 thành viên của hơn 35 nước nhằm phát triển kỹ thuật phát hình kỹ thuật số trong toàn Châu Âu và cho các khu vực khác. Chuẩn DVB được sử dụng ở Châu Âu, truyền tải tín hiệu Video số nén theo chuẩn MPEG-2 qua cáp, vệ tinh và phát sóng mặt đất.

Chuẩn DVB có một số đặc điểm như sau:

- ✓ Mã hoá Audio tiêu chuẩn MPEG-2 lớp II.
- ✓ Mã hoá Video chuẩn MP @ ML.
- ✓ Độ phân giải ảnh tối đa 720×576 điểm ảnh.

DVB gồm một loạt các tiêu chuẩn, trong đó cơ bản là:

- ✓ DVB-S: Hệ thống truyền hình số có nén qua vệ tinh. Hệ thống DVB-S sử dụng phương pháp điều chế QPSK.
- ✓ DVB-C: Hệ thống cung cấp tín hiệu truyền hình số có nén qua mạng cáp, sử dụng các kênh cáp có dung lượng từ 7 đến 8 MHz và kiểu điều chế QAM: 64 - QAM, 128-QAM, 256-QAM. DVB-C có mức tỷ số S/N cao và điều biến kí sinh thấp.
- ✓ DVB-T: Hệ thống truyền hình mặt đất với các độ rộng kênh 8MHz, 7MHz hoặc 6MHz. Sử dụng phương pháp mã hoá sửa sai ghép đa tần trực giao COFDM.

c. *Tiêu chuẩn ISDB - T*

Bảng thông số kỹ thuật (Bảng 1.2) mô tả chi tiết hệ thống truyền hình số mặt đất sử dụng mạng đa dịch vụ (ISDB-T). Hệ thống này có thể truyền dẫn các chương trình truyền hình, âm thanh hoặc dữ liệu tổng hợp. ISDB-T sử dụng tiêu chuẩn mã hoá MPEG-2 trong quá trình nén và ghép kênh.

Bảng 1.2. Các thông số truyền dẫn cho ISDB-T với độ rộng kênh truyền 8 MHz.

Kiểu		Kiểu 1	Kiểu 2	Kiểu 3
Số đoạn dữ liệu		13		
Độ rộng băng tần (MHz)		7,433	7,431	7,426
Khoảng cách sóng mang (KHz)		5,291	2,645	1,322
Số sóng mang		1405	2809	5617
Kiểu điều chế sóng mang		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Số ký hiệu trong một khung		204		
Khoảng thời gian tích cực trong một ký hiệu (μ s)		189	378	765
Khoảng bảo vệ (μ s)	1/4	47,25	94,5	189
	1/8	23,625	47,25	94,5
	1/16	11,8125	23,625	47,25
	1/32	5,90625	11,8125	23,625
Mã hóa sửa sai nội		Mã hóa chập (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Mã hóa sửa sai ngoại		Mã Reed Solomon (204, 188)		

Hệ thống sử dụng phương pháp ghép đa tần trực giao OFDM cho phép truyền đa chương trình với các điều kiện thu khác nhau, truyền dẫn phân cấp, thu di động v.v... các sóng mang thành phần được điều chế QPSK, DQPSK, 16-QAM hoặc 64-QAM. Tiêu chuẩn ISDB-T có thể sử dụng cho các kênh truyền 6, 7 hoặc 8MHz. Tuy nhiên mới chỉ thực hiện ở Nhật Bản với độ rộng kênh truyền 6MHz.

Đặc điểm của hệ thống ISDB-T:

- ✓ ISDB-T sử dụng ghép xen thời gian, trong khi DVB-T không sử dụng kỹ thuật này.
 - + Ưu điểm: Tăng hiệu quả chống can nhiễu xung.
 - + Nhược điểm: Tăng thời gian trễ và tăng độ phức tạp của máy thu.
- ✓ ISDB-T sử dụng phân đoạn tần số: Việc phân đoạn tần số này sẽ làm sai nguyên tắc của một kênh truyền hình số là một kênh băng rộng trong đó các dịch vụ được đặt ở các mức khác nhau. Nếu chia kênh thành các đoạn tần số khác nhau cho các dịch vụ khác nhau, khi một đoạn tần số bị ảnh hưởng, thì toàn bộ dịch vụ nằm trong đoạn đó sẽ bị mất. Đó là một trong những lý do tại sao các nhà thiết kế DVB-T đã không sử dụng kỹ thuật phân chia tần số.
- ✓ Chưa có thiết kế cụ thể cho dải tần 8MHz.
- ✓ Cần nhiều máy phát cho mạng đơn tần hơn hệ DVB-T.

Khoảng bảo vệ lớn nhất của hệ Nhật chỉ có 189 μ s (1/4 chu kỳ của symbol). Tương ứng với khoảng bảo vệ này cho khoảng cách tối đa giữa các máy phát là 56,7km. Trong khi sử dụng hệ phát số của Châu Âu, khoảng cách tối đa giữa các máy phát đối với mạng đơn tần tới 67km (nếu là phát 8K và khoảng bảo vệ bằng 1/4 chu kỳ của symbol).

- ✓ Máy thu số theo hệ ISDB - T yêu cầu lọc khắt khe hơn máy thu DVB-T.

1.1.3 Xử lý và truyền dẫn tín hiệu truyền hình số

Ngày nay, công nghệ kỹ thuật số ngày càng thâm nhập sâu vào trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống, nhiều hoạt động của con người sẽ không tồn tại nếu không có kỹ thuật số và sự phát triển vượt bậc của nó như hiện nay. Chúng ta đã được biết những ứng dụng của nó từ những chiếc điện thoại cho đến các thiết bị tự động, những chiếc đĩa CD đã thay thế hoàn toàn đĩa nhựa trong một thời gian rất ngắn. Khi khoa học kỹ thuật phát triển, nhu cầu về số lượng và chất lượng các chương trình truyền hình ngày càng cao thì kỹ thuật sản xuất và truyền dẫn tương tự các chương trình truyền hình ngày càng tỏ ra kém ưu thế. Kỹ thuật xử lý tín hiệu số và các thuật toán nén tín hiệu hình ảnh ra đời đã làm xuất hiện kỹ thuật truyền hình số. Kỹ thuật truyền hình số ra

đòi đã giải quyết yêu cầu trên một cách triệt để. Như ta đã biết độ rộng băng tần của một kênh truyền hình tương tự là 8 MHz, với băng tần này ta có thể truyền một vài chương trình truyền hình số có nén bằng cách thực hiện ghép kênh và điều chế số chúng.

Truyền hình số là tên gọi một hệ thống truyền hình mà tất cả các thiết bị kỹ thuật từ Studio cho đến máy thu đều làm việc theo nguyên lý kỹ thuật số. Trong đó, một hình ảnh quang học do camera thu được qua hệ thống ống kính, thay vì nó được biến đổi thành tín hiệu điện biến thiên tương tự như hình ảnh quang học (cả về độ chói và màu sắc), nó sẽ được biến đổi thành một dãy tín hiệu nhị phân (dãy các số 0 và 1) nhờ quá trình biến đổi tương tự sang số. Dãy tín hiệu này qua nhiều bước biến đổi như kỹ thuật nén để làm giảm tốc độ bit tới giá trị phù hợp với độ rộng kênh truyền. Sau đó, qua các bước xử lý, điều chế số để có thể phát đi trên một phương thức truyền dẫn như cáp quang, vệ tinh hay phát trên mặt đất. Và bên thu thực hiện quá trình ngược lại để khôi phục lại tín hiệu hình ảnh ban đầu.

Các phương thức truyền dẫn tín hiệu truyền hình số:

- ✓ Truyền qua cáp đồng trục:
 - + Để truyền tín hiệu video số có thể sử dụng cáp đồng trục cao tần. Tín hiệu video được số hoá, nén sau đó được đưa vào điều chế. Sóng mang cao tần được điều chế 64-QAM, 128-QAM và 256-QAM.
 - + Độ rộng băng tần của tín hiệu phụ thuộc vào tốc độ bit của tín hiệu, phương pháp mã hoá sửa sai và kiểu điều chế.
- ✓ Truyền tín hiệu truyền hình số bằng cáp quang:
 - + Băng tần rộng cho phép truyền các tín hiệu số có tốc độ cao.
 - + Độ suy hao thấp trên một đơn vị chiều dài.
 - + Xuyên tín hiệu giữa các sợi quang dẫn thấp (-80 dB).
 - + Thời gian trễ qua cáp quang thấp.
- ✓ Truyền tín hiệu truyền hình số qua vệ tinh: Thông tin vệ tinh đặc biệt có ưu thế trong các trường hợp:

- + Cụ ly liên lạc lớn.
- + Liên lạc điểm đến đa điểm trên phạm vi rộng cũng như phạm vi toàn cầu.

Kênh vệ tinh khác với kênh phát sóng trên mặt đất là có băng tần rộng và sự hạn chế công suất phát. Khuếch đại công suất của các Transponder làm việc với lượng back off nhỏ trong các điều kiện phi tuyến, do đó sử dụng điều chế QPSK là tối ưu. Các hệ thống truyền qua vệ tinh thường làm việc ở dải tần số cỡ GHz.

Phát sóng truyền hình số trên mặt đất: Hiện nay, có ba tiêu chuẩn về truyền hình số mặt đất tiêu biểu như đã nêu trên là: ATSC, DVB - T và ISDB - T. Ba tiêu chuẩn trên có điểm giống nhau là sử dụng chuẩn nén MPEG-2 cho tín hiệu video. ATSC sử dụng điều chế 8-VSB còn DVB-T và ISDB-T sử dụng phương pháp ghép đa tần trực giao OFDM, trong đó các sóng mang thành phần được điều chế QPSK, 16 QAM hoặc 64-QAM.

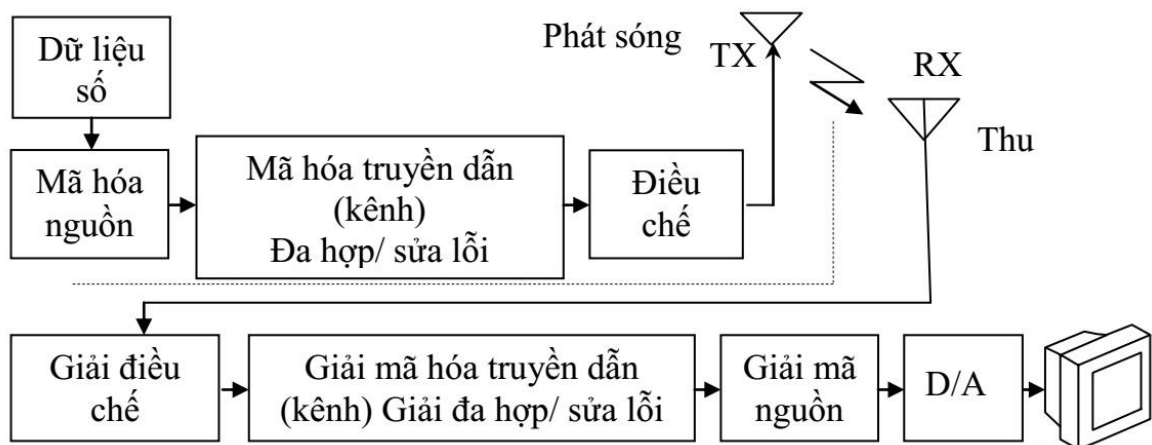
Truyền hình số qua vệ tinh, cáp hữu tuyến và mặt đất hiện nay đang là lĩnh vực được nghiên cứu mạnh mẽ, nhất là tại Bắc Mỹ và Châu Âu. Khó khăn nhất về kỹ thuật là truyền hình số mặt đất chịu ảnh hưởng của sóng phản xạ, pha đỉnh và nhiễu xung. Nó càng trở nên khó khăn hơn đối với mục tiêu của Châu Âu đặt ra là phát triển mạng đơn tần nhằm mục tiêu tăng số lượng kênh truyền hình trong băng tần hiện có. Trong mạng đơn tần, tất cả các máy phát làm việc trên cùng một tần số, được đồng bộ bằng một nguồn tần số chung có độ ổn định cao và cùng phát các chương trình giống nhau. Máy thu thu được tín hiệu tổng hợp từ các máy phát khác nhau với thời gian trễ khác nhau.

Điểm khác nhau cơ bản của 3 tiêu chuẩn là phương pháp điều chế. Tiêu chuẩn Châu Âu và của Nhật sử dụng phương pháp ghép đa tần trực giao có mã (COFDM) cho truyền hình số mặt đất, nó đã trở thành phổ biến trong phát thanh truyền hình trong khoảng 10 năm trở lại đây. Kỹ thuật này đầu tiên được sử dụng cho phát thanh số, sau đó khoảng 5 đến 10 năm được sử dụng cho truyền hình số mặt đất. Đây là kỹ thuật duy nhất có thể tạo ra khả năng thực hiện mạng đơn tần.

Chính vì vậy phương thức truyền dẫn và phát sóng như: truyền hình số cáp DVB-C, truyền hình số mặt đất DVB-T, truyền hình số vệ tinh DVB-S, truyền hình độ phân giải cao HDTV, truyền hình qua Internet IPTV, 3G TV... Sự ra đời và thay thế của truyền hình số cho truyền hình tương tự là một xu thế tất yếu khách quan.

1.2 Truyền hình số mặt đất theo tiêu chuẩn DVB – T

Phát sóng truyền hình số mặt đất được nghiên cứu thử nghiệm ở Mỹ (tiêu chuẩn 8-VSB) từ năm 1994 đến cuối năm 1995 đã được FCC chấp nhận. Trong cùng thời gian này 300 tổ chức phát thanh truyền hình thuộc 30 nước trên thế giới đã tham gia dự án DVB - Dự án xây dựng tiêu chuẩn phát thanh, truyền hình số thuộc nhiều lĩnh vực: vệ tinh, cáp, mặt đất... DVB-T sử dụng phương pháp điều chế COFDM. COFDM là phương pháp điều chế có khả năng chống phản xạ nhiễu đường, phù hợp với các vùng dân cư có địa hình phức tạp và có khả năng thu di động [3].



Hình 1.1. Sơ đồ khối tổng quan hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T

Các thành phần chính của hệ thống truyền hình số mặt đất DVB-T bao gồm:

- ✓ Nguồn tín hiệu: Biến đổi tín hiệu video và audio thành các dữ liệu số.
- ✓ Mã hóa nguồn: Thực hiện nén tín hiệu số bằng bộ mã hóa nén MPEG-2 ở các tỉ số nén khác nhau. Việc mã hóa tín hiệu được thực hiện khá phức tạp dựa trên cơ sở nhiều khung hình ảnh chứa nhiều thông tin với sự sai khác rất nhỏ. MPEG chỉ gửi đi những dữ liệu thay đổi và dữ liệu lúc này có thể giảm đi 100

đến 200 lần. Việc nén tín hiệu audio cũng được thực hiện dựa trên đặc điểm tai người khó phân biệt âm thanh trầm nhỏ với âm thanh lớn khi chúng có tần số lân cận nhau.

- ✓ Gói và đa hợp video, audio và dữ liệu phụ thuộc vào một dòng dữ liệu, ở đây là dòng truyền tải MPEG-2.
- ✓ Điều chế: Quá trình điều chế tín hiệu phát sóng bằng dòng dữ liệu bao gồm cả mã hóa truyền dẫn, mã hóa kênh và các kỹ thuật hạ thấp xác suất lỗi chống lại các suy giảm chất lượng do fading, tạp nhiễu...
- ✓ Phái thu: Thực hiện các bước ngược lại mở gói, giải mã, hiển thị hình ảnh và tiếng.

1.2.1 Đặc tính kỹ thuật của DVB – T

DVB-T phổ biến với hầu hết tất cả các hệ thống truyền dẫn mặt đất hiện đại, sử dụng điều chế OFDM (ghép kênh phân chia tần số trực giao). Kiểu điều chế này, sử dụng một số lượng lớn sóng mang con, mang lại tín hiệu mạnh mẽ có khả năng xử lý các điều kiện kênh rất nghiêm trọng. DVB-T có các đặc tính kỹ thuật làm cho nó trở thành một hệ thống rất linh hoạt:

- ✓ 3 điều chế tùy chọn (QPSK, 16-QAM, 64-QAM): Có một sự cân bằng giữa tốc độ lượng mà tại đó dữ liệu có thể được truyền đi và tín hiệu để tỷ lệ tiếng ồn có thể được dung thứ. Các định dạng điều chế bậc thấp hơn như QPSK không truyền dữ liệu nhanh như các định dạng điều chế cao hơn như 64-QAM, nhưng chúng có thể được nhận khi cường độ tín hiệu thấp hơn.
- ✓ 5 tốc độ FEC (sửa lỗi chuyển tiếp) khác nhau: Bất kỳ hệ thống vô tuyến nào truyền dữ liệu sẽ bị lỗi. Để sửa các lỗi này, các hình thức sửa lỗi khác nhau được sử dụng. Tốc độ thực hiện việc này ảnh hưởng đến tốc độ truyền dữ liệu. Mức độ sửa lỗi được áp dụng càng cao, mức độ hỗ trợ dữ liệu sửa lỗi cần truyền càng lớn. Đổi lại, điều này làm giảm tốc độ dữ liệu của truyền dẫn. Theo đó, cần phải phù hợp với mức sửa lỗi chuyển tiếp với các yêu cầu của mạng phát sóng. Việc sửa lỗi sử dụng mã hóa tích chập và Reed Solomon với tỷ lệ $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ và $7/8$ tùy theo yêu cầu.

- ✓ 4 tùy chọn Khoảng thời gian bảo vệ.
- ✓ Các sóng mang 2K hoặc 8K: Theo yêu cầu truyền, số lượng sóng mang trong tín hiệu OFDM có thể thay đổi. Khi sử dụng ít sóng mang hơn, mỗi sóng mang phải mang băng thông cao hơn cho cùng tốc độ dữ liệu ghép kênh. Điều này có tác động đến khả năng phục hồi đối với các phản xạ và khoảng cách giữa các máy phát trong một mạng tần số duy nhất. Mặc dù các hệ thống được dán nhãn 2K và 8K, số lượng nhà mạng thực tế được sử dụng là 1705 hăng cho dịch vụ 2K và 6817 hăng cho dịch vụ 8K.
- ✓ Băng thông kênh 6, 7 hoặc 8 MHz: Có thể điều chỉnh băng thông truyền đến băng thông có sẵn và phân tách kênh. Ba con số của băng thông có sẵn.
- ✓ Video ở 50Hz hoặc 60Hz: Tốc độ làm mới cho màn hình có thể thay đổi. Theo truyền thống đối với truyền hình tương tự, điều này được liên kết với tần số được sử dụng cho các nguồn cung cấp chính tại địa phương.

Mạng đơn tần DVB – T: Một trong những lợi thế của việc sử dụng OFDM làm hình thức điều chế là nó cho phép mạng thực hiện những gì được gọi là mạng tần số đơn. Một mạng tần số đơn, hoặc SFN là một trong đó một số máy phát hoạt động trên cùng tần số mà không gây nhiễu. Nhiều hình thức truyền tải, bao gồm cả các chương trình phát sóng truyền hình tương tự cũ sẽ gây trở ngại cho nhau. Do đó, khi lập kế hoạch mạng, các khu vực lân cận không thể sử dụng cùng một kênh và điều này làm tăng đáng kể lượng phổ cần thiết cho một quốc gia. Bằng cách sử dụng OFDM, SFN có thể được thực hiện và điều này cung cấp một mức độ cải thiện hiệu quả phổ đáng kể.

Điều chế phân cấp DVB-T: Một cơ sở khác được DVB-T cho phép được gọi là Điều chế phân cấp. Sử dụng kỹ thuật này, hai luồng dữ liệu hoàn toàn riêng biệt có thể được điều chế trên một tín hiệu DVB-T. Luồng "Ưu tiên cao" hoặc HP được nhúng trong luồng "Ưu tiên thấp" hoặc luồng LP. Sử dụng nguyên tắc này, các đài truyền hình DVB-T có thể nhắm mục tiêu hai loại máy thu khác nhau với hai dịch vụ hoàn toàn khác nhau.

Một ví dụ có thể sử dụng dịch vụ này là cho dịch vụ truyền hình di động DVB-H được tối ưu hóa cho các điều kiện thu khó khăn hơn có thể được đặt trong luồng HP, với các dịch vụ HDTV, DVB-T được nhắm mục tiêu đến ứng dụng cố định được truyền trong luồng LP.

1.2.2 Đặc điểm của DVB – T

Tiêu chuẩn DVB-T là tiêu chuẩn có nhiều ưu điểm, hiện đại, mang tính mở và có khả năng tương thích cao, được nhiều nước sử dụng như.

- ✓ Hiệu quả sử dụng tần phổ cao hơn và chất lượng tốt hơn so với phát sóng tương tự.
- ✓ Trên dải tần truyền hình có thể phát được một số chương trình truyền hình có chất lượng cao, chất lượng ổn định, khắc phục được các hiện tượng bóng ma, can nhiễu, tạp nhiễu, tạp âm...
- ✓ Máy thu hình có thể lắp đặt dễ dàng ở các vị trí trong nhà, xách tay hoặc lưu động ngoài trời, chuyển đổi linh hoạt chương trình. Có khả năng làm việc với các tỉ lệ khuôn hình 4:3, 16:9 (băng tần tiêu chuẩn) và 20:9 (băng tần cao).
- ✓ Sử dụng dòng truyền dữ liệu theo tiêu chuẩn Quốc tế (định dạng lấy mẫu 4:2:0, nén MPEG – 2 MP@ML, có khả năng tương thích hoặc chuyển đổi lên/xuống các lớp bậc thấp và cao, phân cấp giữa SDTV và HDTV).
- ✓ Tiêu chuẩn phát sóng số không gây trở ngại cho việc quy hoạch tần số.
- ✓ Có khả năng sử dụng lại một phần hạ tầng của hệ thống máy phát hình kỹ thuật tương tự. Chi phí đầu tư phù hợp với Việt Nam.

Nhược điểm của tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất DVB-T là:

- ✓ Các sóng mang có công suất thấp nên dễ bị ảnh hưởng của fading lựa chọn tần số. Khi thực hiện điều chế 64-QAM, nếu như có sự sai lệch chút ít về pha và biên độ sẽ gây cho đầu thu giải điều chế sai so với tín hiệu ban đầu.
- ✓ Để đảm bảo chất lượng thu sóng tín hiệu truyền hình số DVB-T từ máy phát cần phải luôn giữ được tính trực giao các sóng mang.

1.3 Truyền hình số mặt đất theo tiêu chuẩn DVB – T2

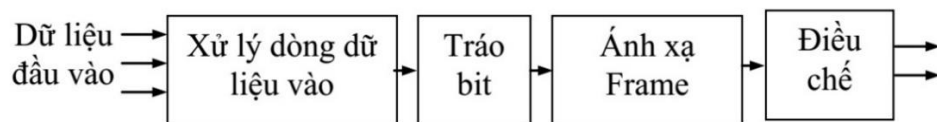
Là tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất thế hệ thứ hai, kế tiếp người tiền nhiệm DVB-T với các tính năng nổi trội hơn nâng cao hiệu quả trong việc truyền tải nội dung số đến khách hàng.

Hệ thống truyền tải tín hiệu nén số video, audio và dữ liệu khác trong PLPs, sử dụng kỹ thuật điều chế OFDM với các kênh mã hóa liên kết và trộn lẫn. Với tốc độ bit cao hơn DVB - T, DVB - T2 phù hợp để truyền các tín hiệu HDTV và các kênh truyền hình mặt đất [1].

1.3.1 Đặc tính kỹ thuật của DVB – T2

a. Lớp vật lý

Trong một kênh của DVB-T2 có thể thực hiện truyền được nhiều dòng dữ liệu (dịch vụ) khác nhau, hoàn toàn trong suốt có khả năng tải dữ liệu độc lập với cấu trúc và các thông số cấu hình khác nhau. Với mỗi dịch vụ sẽ có các cấu hình khác nhau như: Phương thức điều chế, FEC... Các cấu hình này được gọi là các “ống” Lớp vật lý PLPs [3].



Hình 1.2. Lớp vật lý DVB - T2

b. Băng tần phụ (1.7 MHz và 10 MHz)

Để đáp ứng các dịch vụ chuyên dụng, ví dụ truyền tín hiệu từ camera về một studio lưu động, DVB-T2 còn bao gồm tùy chọn băng tần 10MHz. Các máy thu dân dụng không hỗ trợ băng tần này. DVB-T2 còn sử dụng cả băng tần 1.712 MHz cho các dịch vụ thu di động (trong băng III và băng L).

c. Các mode sóng mang mở rộng (đối với 8K, 16K, 32K)

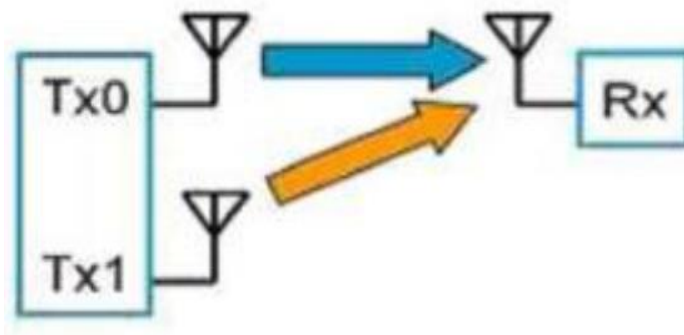
Do phần đỉnh xung vuông trong đồ thị phổ công suất suy giảm nhanh hơn đối với kích thước FFT lớn. Điểm ngoài cùng của phổ tín hiệu OFDM có thể trải rộng hơn, điều này cũng đồng nghĩa với việc nhiều sóng mang phụ trên một symbol được

sử dụng để truyền tải dữ liệu. Độ lợi (gain) đạt được ở giữa 1.4% (8Kmode) và 2.1% (32Kmode).

d. MISO dựa trên Alamouti (trên trực tần số)

Do DVB-T hỗ trợ mạng đơn tần (SFN), sự hiện diện của tín hiệu có cường độ mạnh tương tự nhau từ 2 máy phát có thể tạo nên điểm “lõm” (deep notches). Để khắc phục hiện tượng này, máy phát đòi hỏi phải có công suất cao hơn.

DVB-T2 có tùy chọn sử dụng kỹ thuật Alamouti: với một cặp máy phát Alamouti là một ví dụ của MISO, trong đó mỗi điểm của đồ thị chòm sao được truyền bởi một máy, còn máy phát thứ 2 truyền phiên bản có chỉnh sửa một chút của từng cặp của chòm sao với thứ tự ngược lại trên trực tần số.



Hình 1.3. Mô hình MISO

e. Symbol khởi đầu (P1 và P2)

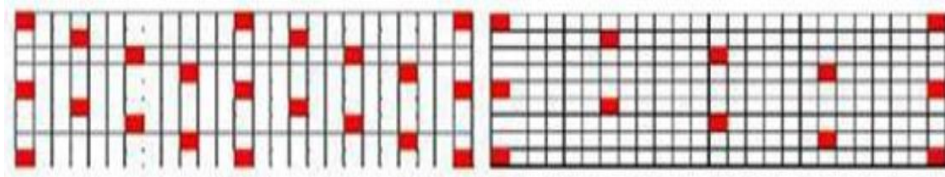
Những symbol đầu tiên của khung DVB-T2 ở lớp vật lý là các symbol khởi đầu. Các symbol này truyền một số lượng hạn chế các thông tin báo hiệu bằng phương thức truyền có độ tin cậy. Khung đầu tiên được bắt đầu bằng symbol P1, điều chế BPSK với độ tin cậy cao. Với khoảng bảo vệ ở cả hai đầu, symbol P1 mang 7 bit thông tin (bao gồm kích thước FFT của symbol dữ liệu). Các symbol P2, số lượng được cố định cho mỗi kích thước FFT, cung cấp thông tin báo hiệu lớp 1 kể cả tĩnh, động và khả năng cấu trúc.

Các bit đầu tiên của thông tin báo hiệu (L1) có phương thức điều chế và mã hoá cố định, các bit còn lại (L1) tỷ lệ mã được xác định là 1/2 nhưng phương thức

điều chế có thể được lựa chọn giữa QPSK, 16-QAM và 64-QAM. Symbol P2 nói chung, còn chứa dữ liệu PLP chung và/hoặc PLP dữ liệu.

f. Mẫu hình tín hiệu Pilot (Pilot Pattern)

Pilot phân tán được xác định từ trước cả về biên độ và pha, và được “cấy” vào tín hiệu với khoảng cách đều nhau trên cả hai trục thời gian và tần số. Pilot phân tán được sử dụng để đánh giá sự thay đổi trên đường truyền.



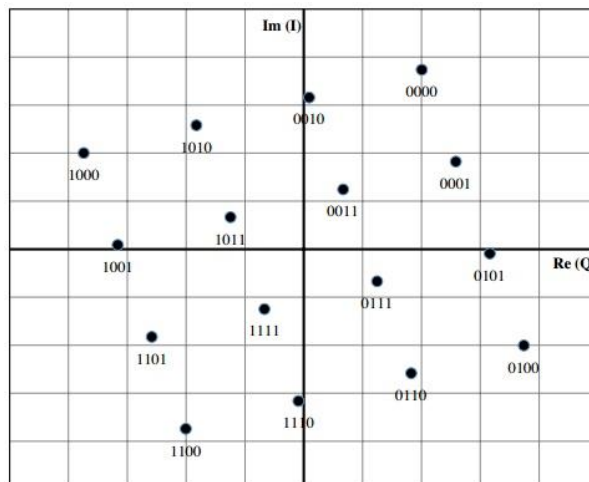
Hình 1. 4 Mẫu hình pilot phân tán đối với DVB-T (trái) và DVB-T2 (phải)

g. Phương thức điều chế 256-QAM

Trong hệ thống DVB-T, phương thức điều chế cao nhất là 64-QAM cho phép truyền tải 6bit/symbol/sóng mang (có nghĩa là 6bit/tế bào OFDM). Ở DVB-T2, phương thức điều chế 256QAM cho phép tăng lên 8bit/tế bào OFDM, tăng 33% hiệu suất sử dụng phổ và dung lượng dữ liệu đối với một tỷ lệ mã cho trước.

h. Chòm sao xoay (Rotated Constellation)

Một trong số các kỹ thuật mới được sử dụng trong DVB-T2 là chòm sao xoay và trễ Q. Sau khi đã định vị, chòm sao được “xoay” một góc trên mặt phẳng I-Q như mô tả trên hình 1.5.



Hình 1. 5 Chòm sao 16-QAM ‘xoay’

i. 16K, 32K FFT và tỷ lệ khoảng bảo vệ 1/128

Tăng kích thước FFT đồng nghĩa với việc làm hẹp khoảng cách giữa các sóng mang và làm tăng chu kỳ symbol. Việc này, một mặt làm tăng can nhiễu giữa các symbol và làm giảm giới hạn tần số cho phép đối với hiệu ứng Doppler. Mặt khác, chu kỳ symbol dài hơn, cũng có nghĩa là tỷ lệ khoảng bảo vệ nhỏ hơn đối với cùng giá trị tuyệt đối của khoảng bảo vệ trên trục thời gian. Tỷ lệ khoảng bảo vệ bằng 1/128 trong DVB-T2, cho phép 32K sử dụng khoảng bảo vệ có cùng giá trị tuyệt đối như 8K 1/32

j. Mã sửa sai LDPC/BCH

Trong khi DVB-T sử dụng mã sửa sai trong và ngoài là mã chập và mã R-S, DVB-T2 và DVB-S2 sử dụng các mã LDPC/BCH. Các mã này cho phép khả năng bảo vệ tốt hơn, truyền nhiều dữ liệu hơn trên cùng một kênh thông tin.

k. Tráo bit, tế bào, thời gian và tần số

Mục đích của tráo là trải nội dung thông tin trên miền thời gian và/hoặc tần số sao cho kể cả nhiễu đột biến lẫn phướng đều không có khả năng xóa đi một chuỗi bit dài của dòng dữ liệu gốc. Tráo còn được thiết kế sao cho các bit thông tin được truyền tải bởi một điểm xác định trên đồ thị chòm sao không tương ứng với chuỗi bit liên tục trong dòng dữ liệu gốc.

l. Kỹ thuật giảm thiểu tỷ số công suất đỉnh/công suất trung bình

PAPR trong hệ thống OFDM cao có thể làm giảm hiệu suất bộ khuếch đại công suất RF. Cả hai kỹ thuật làm giảm PAPR được sử dụng trong hệ thống DVB - T2: mở rộng chòm sao tích cực ACE và hạn chế âm sắc TR.

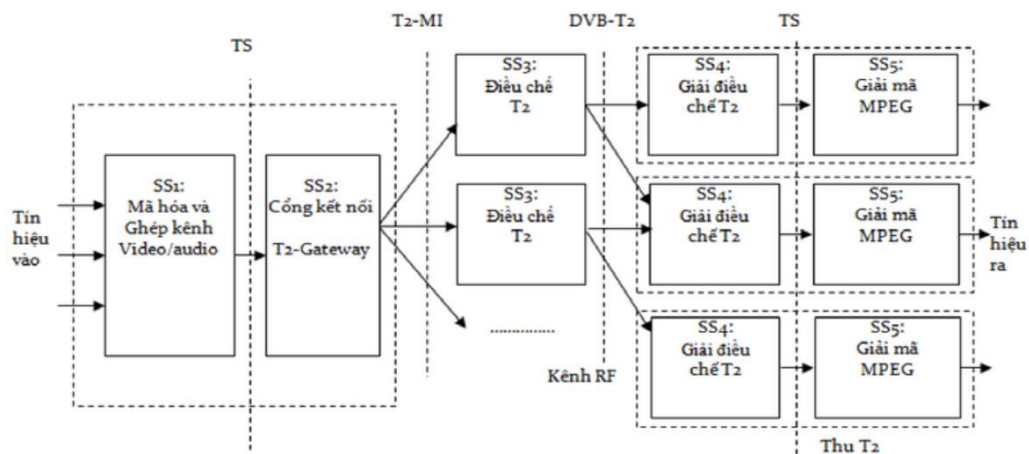
Kỹ thuật ACE làm giảm PAPR bằng cách mở rộng các điểm ngoài của đồ thị chòm sao trên miền tần số, còn TR làm giảm PAPR bằng cách trực tiếp loại bỏ các giá trị đỉnh của tín hiệu trên miền thời gian.

Hai kỹ thuật bổ sung cho nhau, ACE hiệu quả hơn TR ở mức điều chế thấp còn TR hiệu quả hơn ACE ở mức điều chế cao. Hai kỹ thuật không loại trừ nhau và có khả năng sử dụng đồng thời. Tuy nhiên ACE không được sử dụng với chuẩn xoay.

Hạn chế: Dùng điều chế OFDM, sử dụng chuỗi bảo vệ tránh nhiễu phân tán đa đường nhưng làm giảm hiệu suất đường truyền, do chuỗi bảo vệ không mang dữ liệu. Yêu cầu về điều chế trực giao rất nhạy cảm với các hiệu ứng Doppler, dịch tần và dịch thời gian nếu có sai số đồng bộ. Khi mất đi tính trực giao, OFDM không còn lợi thế của nó, dẫn đến nhiễu liên ký tự, liên tần số. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự trực giao: lệch tần số sóng mang, lệch tần số lấy mẫu, lệch thời gian định thì, nhiễu pha và kênh truyền thay đổi theo thời gian.

1.3.2 Đặc điểm của DVB – T2

Hệ thống DVB-T2 được chia thành 3 khối chính ở phía phát (SS1, SS2, SS3) và 2 khối chính ở phía thu (SS4, SS5) như trình bày trong hình 1.6 dưới đây:



Hình 1.6. Mô hình cấu trúc DVB-T2

DVB - T2 là tiêu chuẩn hệ thống tiên tiến nhất của thế giới truyền hình số mặt đất (DTT), cung cấp dung lượng cao hơn, linh hoạt và hiệu quả hơn 50% so với bất kỳ hệ thống DTT khác. Nó hỗ trợ SD, HD, UHD, TV di động, radio, hoặc bất kỳ sự kết hợp nào [1].

DVB-T2 là chuẩn kỹ thuật thế hệ thứ hai của hệ thống truyền hình số mặt đất. Giống như DVB-T, hệ thống này dùng điều chế OFDM nhưng hỗ trợ mode điều chế lên đến 32K. Dù sử dụng nhiều sóng mang hơn nhưng hệ thống vẫn chấp nhận được các echo xảy ra có độ dài như đã được chấp nhận trong DVB-T, tuy nhiên khoảng bảo vệ sẽ ngắn hơn và điều này cũng giúp cho dung lượng dữ liệu truyền dẫn đạt hiệu

quả cải tiến cao. Mặt khác, thông tin pilot cũng ít hơn và gần với mức tối thiểu về mặt lý thuyết.

DVB-T2 cho phép giảm độ chòm sao lên đến 256-QAM trên mỗi sóng mang, do đó dung lượng dữ liệu truyền sẽ có mức tăng khá lớn trong cùng băng thông kênh. DVB-T2 cũng như DVB-T kế thừa cơ chế sửa lỗi từ các hệ thống vệ tinh tương ứng, cụ thể trường hợp của DVB-T2 là kế thừa cơ chế sửa lỗi của DVB-S2. Mặc dù mã LDPC rất tốt với kênh AWGN (trong đường truyền vệ tinh), nhưng mã này lại không tốt khi ứng dụng trong COFDM đối với kênh truyền chịu tác động lớn của các kênh sóng phản xạ (multipath) của đường truyền mặt đất. Để khắc phục phần nào vấn đề này, DVB-T2 định nghĩa và sử dụng các chòm sao xoay. Ngoài ra, DVB-T2 cũng giới thiệu kỹ thuật gọi là mã Alamouti, là một ví dụ của đường truyền MIMO.

Hiệu quả thực tế của DVB-T2 hiện vẫn đang được khảo sát nhưng với kênh truyền gần thẳng (near line-of-sight) như truyền đến các anten đặt trên mái nhà thì hiệu quả cải tiến được kỳ vọng sẽ tương tự như DVB-S2 so với DVB-S. Đối với kênh truyền có sự có mặt của các kênh phản xạ hoặc xen nhiễu thì hiệu quả cải tiến sẽ khó dự đoán hơn và sẽ cần có các thử nghiệm từ thực tế.

Một khảo sát của BBC với kênh truyền tương đương kênh Gauss và các thông số DVB-T2 như sau:

- ✓ Điều chế 256QAM
- ✓ Khoảng bảo vệ 1/128
- ✓ Tỷ lệ mã FEC LDPC 3/5
- ✓ Mode 32K

Dung lượng dữ liệu truyền đạt được với các thông số này là 39.5Mb/s, nghĩa là dung lượng lớn hơn 50% so với Multiplex A của Anh dùng DVB-T (đánh giá dựa trên kênh truyền tương đương kênh Gauss). DVB-T2 đã đạt được tốc độ bit và hiệu quả cao chỉ trong một giai đoạn ngắn cải tiến. Tuy nhiên, đặc tính của kênh truyền mặt đất khá khác biệt với đặc tính của kênh truyền Gauss, nên việc dự đoán chính xác mức độ cải tiến cần có một thời gian đánh giá dài. Mặt khác, một kỹ thuật có khả năng dùng cho cả thu sóng cố định và di động đã không được khảo sát nhiều trong họ

các chuẩn DVB-T đó là MIMO. MIMO thích hợp với việc dùng hai hoặc nhiều anten cho việc truyền và thu sóng. Một giải pháp đơn giản của hệ thống MIMO hai anten là sử dụng một anten dùng theo phân cực dọc và một anten dùng phân cực ngang. Cả máy phát và máy thu đều cần có các anten phân cực này để phát sóng và thu sóng. Khi thu sóng, dù máy thu phải xử lý tín hiệu để tách riêng hai đường truyền thì vẫn có những thành phần của tín hiệu xáo trộn với nhau. Tuy nhiên, với kỹ thuật xử lý tín hiệu hiện nay thì điều này không khó để khắc phục. Kỹ thuật này rất mạnh và có thể gia tăng gần gấp đôi dung lượng dữ liệu trong một băng thông xác định (hoặc sẽ cải tiến lớn về sức mạnh của tín hiệu bằng cách cho phép tỉ lệ bit sửa lỗi lớn hơn trong mã sửa lỗi). Thách thức chính cần xem xét ở đây là cần có sự thay đổi đáng kể về hạ tầng truyền dẫn. Với hiện trạng hiện có, việc sử dụng anten đẳng hướng để có thể hoạt động tốt cho cả hai phân cực là rất khó và tốn chi phí.

Một khả năng khả thi khi ứng dụng MIMO là sử dụng nhiều anten ở cả máy phát và máy thu. Điều này sẽ rất phù hợp với các tần số cao (ví dụ lớn hơn 5GHz) vì cấu trúc anten khi đó không quá lớn. Nhìn chung, kỹ thuật MIMO có thể gia tăng tốc độ dữ liệu cho băng thông kênh và là một hướng cải tiến quan trọng đối với chuẩn DVB-T2 hiện đang được triển khai tại một số khu vực.

1.4 Kết luận chương 1

Sử dụng công nghệ truyền hình số đem lại nhiều lợi ích cho người sử dụng, hiệu quả cao cho nhà cung cấp dịch vụ. Công nghệ truyền hình số không chỉ tăng số kênh truyền mà còn cho phép nhà cung cấp dịch vụ mở rộng kinh doanh ra các dịch vụ mới mà với công nghệ tương tự không thể thực hiện được. Hiện nay truyền hình số phát triển hết sức đa dạng về loại hình dịch vụ, phương thức truyền dẫn và phát sóng. Lựa chọn tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất DVB-T của Châu Âu là một sự lựa chọn đúng đắn để xây dựng hệ thống truyền hình số mặt đất ở Việt Nam. Truyền hình số mặt đất có nhiều ưu điểm hơn hẳn so với công nghệ truyền hình tương tự.

Nhu cầu người xem truyền hình ngày càng tăng cao cả về thời lượng phát sóng, chất lượng chương trình và chất lượng hình ảnh. Với xu thế hội tụ trong lĩnh vực đa phương tiện, và sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ kỹ thuật truyền hình các dịch

vụ truyền hình mới như: HDTV, 3D TV... ra đời đã đang và sẽ được nhiều người lựa chọn do đó tiêu chuẩn DVB-T cần phải nhanh chóng bổ sung thêm các tính năng mới.

Tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất thế hệ thứ hai DVB-T2 với những đặc tính vượt trội hơn so với tiêu chuẩn DVB-T đã khẳng định là chuẩn truyền hình số mặt đất lý tưởng cho truyền hình có độ phân giải cao HDTV, 3DTV và sẽ đem đến nhiều cơ hội triển khai các dịch vụ mới.

Nhiều nước trên thế giới đã nghiên cứu, ứng dụng, triển khai thành công tiêu chuẩn DVB-T2 và đã nhận được sự ủng hộ cao của người xem.

CHƯƠNG 2 – KỸ THUẬT MIMO – OFDM TRONG TRUYỀN HÌNH SỐ MẶT ĐẤT DVB – T2

2.1 Tổng quan về kỹ thuật MIMO

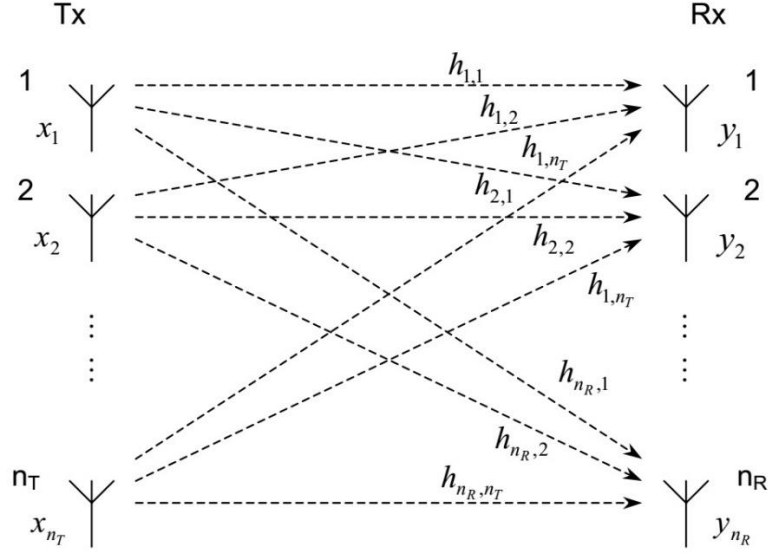
Trong giao tiếp không dây, Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) là khái niệm sử dụng nhiều anten ở cả máy phát và máy thu để có được sự cải thiện về hiệu suất. Nó là một trong những công nghệ anten thông minh mới được giới thiệu. Chú ý rằng các đầu vào và đầu ra là các thuật ngữ về kênh radio mà mang các tín hiệu, không phải thuật ngữ về anten. Trong thế giới thực, dung lượng và hoạt động của truyền thông không dây thường bị giới hạn bởi hai yếu tố lớn: đa đường và nhiễu đồng kênh. Đa đường là một tình trạng phát sinh khi một tín hiệu truyền trải qua phản xạ từ những vật cản khác nhau trong môi trường truyền dẫn. Điều này gây ra nhiễu tín hiệu đến máy thu từ các hướng khác nhau. Nhiễu đồng kênh là sự giao thoa giữa hai tín hiệu hoạt động ở cùng tần số. Điều này thường được gây ra bởi một tín hiệu từ một tế bào khác nhau chiếm các dải tần số như nhau. Anten thông minh là một trong những công nghệ hứa hẹn nhất mà sẽ cho phép công suất cao hơn trong mạng không dây bằng cách giảm ảnh hưởng đa đường và nhiễu đồng kênh. Trong một hệ thống anten thông minh các array của nó không phải là thông minh, đó là xử lý tín hiệu kỹ thuật số mà làm cho chúng thông minh [8]. Gần đây, các nghiên cứu về công nghệ MIMO đa người dùng đã được phổ biến. MIMO được sử dụng bởi vì nó có khả năng để đối phó hiệu quả với các vấn đề gây ra bởi kênh đa đường.

Ý tưởng chính của MIMO là sử dụng nhiều anten cho cả bên phát và bên thu nhằm làm tăng dung lượng kênh không dây. Dung lượng được thể hiện như tốc độ dữ liệu tối đa đạt được cho một xác suất thấp tùy ý của lỗi. Do đó, các nghiên cứu hướng tới phát triển các chương trình và mã nguồn mà nó sẽ cho phép hệ thống đạt tới giới hạn dung lượng Shannon của chúng.

2.2 Mô hình kênh MIMO và dung lượng kênh MIMO

a. Mô hình kênh MIMO

Giả sử hệ thống MIMO ta xét gồm n_T đầu vào tương ứng với n_T anten phát và n_R đầu ra tương ứng với n_R anten thu. Hệ thống có thể được mô tả trên hình 2.1



Hình 2.1. Sơ đồ khối hệ thống MIMO

Khi chỉ có một anten phát và một anten thu, hệ thống suy biến thành hệ SISO (Single-Input Single-Output). Còn nếu có $n_T > 1$ anten phát và một anten thu thì đó là hệ MISO, ngược lại nếu chỉ có một anten phát và có $n_R > 1$ anten thu thì hệ thống suy biến thành hệ SIMO.

Với mô hình trên, mỗi kênh truyền dẫn giữa một cặp anten phát i và anten thu j là một kênh vô tuyến có đáp ứng kênh truyền là $h_{j,i}$ với $j = 1, 2, \dots, n_R$, $i = 1, 2, \dots, n_T$. Vậy nên, hệ thống sẽ có $n_T n_R$ kênh vô tuyến thành phần, nghĩa là $n_T n_R$ kênh SISO. Các kênh thành phần này có thể độc lập hoặc tương quan với nhau.

Tại một thời điểm nhất định, các tín hiệu x_1, x_2, \dots, x_{n_T} được phát trên tương ứng trên n_T anten phát. Sau đó tại bên thu đã nhận được các tín hiệu y_1, y_2, \dots, y_{n_R} . Khi đó, quan hệ giữa tín hiệu phát, tín hiệu thu và đáp ứng kênh truyền được biểu diễn như sau:

$$y = Hx + w \quad (2.1)$$

Trong đó, $y = [y_1, y_2, \dots, y_{n_R}]^T$, $x = [x_1, x_2, \dots, x_{n_T}]^T$ là véc tơ tín hiệu thu, phát. Ký hiệu T phía trên để biểu thị phép chuyển vị trong ma trận, cụ thể ở đây là chuyển từ véc tơ hàng sang biểu diễn dạng véc tơ cột.

$$H = \begin{bmatrix} h_{1,1} & \cdots & h_{1,n_T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n_R,1} & \cdots & h_{n_R,n_T} \end{bmatrix} \text{ là ma trận kênh}$$

$w = [w_1 w_2 \dots w_{n_R}]^T$ là véc tơ tạp âm Gauss trắng cộng tính, AWGN. Từng thành phần, w_j với $j = 1, 2, \dots, n_R$, có giá trị ngẫu nhiên theo phân bố Gauss với trị trung bình bằng 0 và phương sai bằng σ^2 , cũng có thể ký hiệu dạng $w_j \sim N(0, \sigma^2)$.

Nếu N véc tơ X_1, X_2, \dots, X_N được phát liên tiếp, dữ liệu thu được sẽ là Y_1, Y_2, \dots, Y_N . Lúc này, mối quan hệ vào ra có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận như sau:

$$Y = HX + W \quad (2.2)$$

Trong đó, $Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_N]$, $X = [X_1, X_2, \dots, X_N]$, $W = [W_1 W_2 \dots W_N]$ là các thành phần tín hiệu thu, tín hiệu phát và nhiễu.

b. Dung lượng kênh MIMO

Dung lượng kênh truyền được định nghĩa là tốc độ truyền dẫn tối đa với một xác suất lỗi tương đối nhỏ nào đó. Đối với kênh truyền không sử dụng phân tập, có độ lợi h , chịu ảnh hưởng của tạp âm cộng trắng Gauss thì dung lượng kênh truyền có thể tính được theo định lý Shannon như sau:

$$C_{SISO} = W \log_2(1 + \rho |h|^2) \quad [\text{bit/s}] \quad (2.3)$$

Trong đó W là băng tần của kênh truyền tính bằng Hz và $\rho |h|^2$ chính là tỉ số tín hiệu trên tạp âm (SNR) tại đầu vào máy thu. Từ các công thức (2.3) chúng ta thấy rằng với một kênh vô tuyến có độ rộng băng tần nhất định không sử dụng phân tập không gian (SISO) thì dung lượng kênh truyền tỉ lệ với SNR ở đầu vào máy thu theo luật logarith. Vì vậy, muốn tăng dung lượng kênh truyền thì chỉ có cách tăng công

suất phát. Tuy nhiên, do mối quan hệ logarith nên dung lượng kênh truyền SISO tăng rất chậm.

MIMO được đề xuất để khắc phục hạn chế về dung lượng kênh truyền của các hệ thống SISO. Với N_T anten phát và N_R anten thu, trong môi trường pha-đỉnh Rayleigh giàu tán xạ và biến đổi chậm, kênh MIMO $N_T \times N_R$ như ở hình 2.1, cho phép đạt được dung lượng kênh truyền

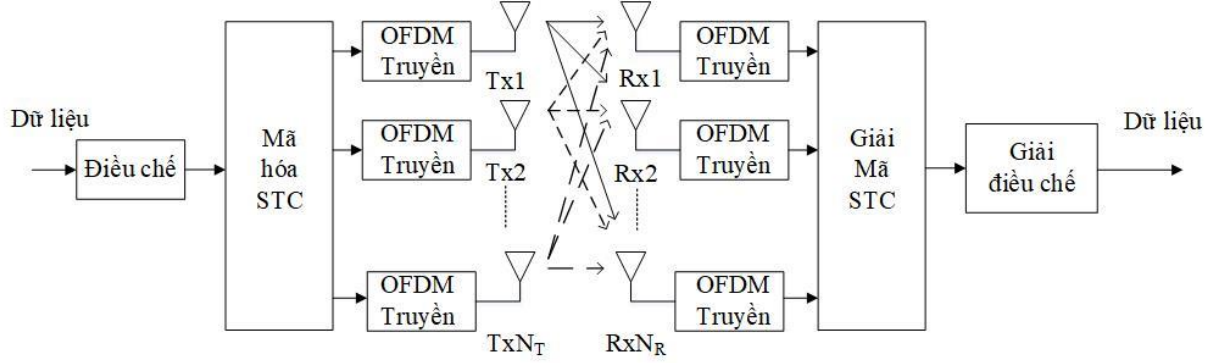
$$\bar{C}_{\text{MIMO}} = \begin{cases} N_R W \log_2(1 + \rho) & \text{nếu } N_R < N_T \\ N_T W \log_2(1 + \rho \frac{N_R}{N_T}) & \text{nếu } N_R \geq N_T \end{cases} \quad (2.4)$$

Xem xét công thức (2.4) chúng ta thấy rằng dung lượng của kênh MIMO tăng tuyến tính theo số anten phát hoặc thu và có thể đạt đến $r = \min(N_R, N_T)$ lần dung lượng của một kênh truyền SISO.

2.3 Kỹ thuật MIMO – OFDM

Hệ thống MIMO có thể tăng dung lượng kênh truyền, sử dụng băng thông rất hiệu quả nhờ ghép kênh không gian (V-BLAST), cải thiện chất lượng của hệ thống đáng kể nhờ vào phân tập tại phía phát và phía thu (STBC, STTC) mà không cần tăng công suất phát cũng như tăng băng thông của hệ thống. Kỹ thuật OFDM là một phương thức truyền dẫn tốc độ cao với cấu trúc đơn giản nhưng có thể chống fading chọn lọc tần số, bằng cách chia luồng dữ liệu tốc độ cao thành N luồng dữ liệu tốc độ thấp truyền qua N kênh truyền con sử dụng tập tần số trực giao. Kênh truyền chịu pha đỉnh chọn lọc tần số được chia thành N kênh truyền con có băng thông nhỏ hơn, khi N đủ lớn các kênh truyền con chịu pha đỉnh phẳng. OFDM còn loại bỏ được hiệu ứng ISI khi sử dụng khoảng bảo vệ đủ lớn. Ngoài ra việc sử dụng kỹ thuật OFDM còn giảm độ phức tạp của bộ Equalizer đáng kể bằng cách cho phép cân bằng tín hiệu trong miền tần số. Từ những ưu điểm nổi bật của hệ thống MIMO và kỹ thuật OFDM, việc kết hợp của hệ thống MIMO và kỹ thuật OFDM là một giải pháp hứa hẹn cho hệ thống truyền hình số tương lai [4].

Có nhiều loại hệ thống MIMO – OFDM, tùy vào từng kỹ thuật MIMO mà chúng ta có các hệ thống khác nhau, hệ thống MIMO - OFDM mã hóa không gian – thời gian, hệ thống MIMO – OFDM ghép kênh không gian.



Hình 2.2. Sơ đồ khối hệ thống MIMO - OFDM

Cấu trúc máy thu và phát của hệ thống MIMO – OFDM bao gồm N_T anten phát và N_R anten thu, kết hợp với kỹ thuật OFDM sử dụng N_C sóng mang phụ.

Tín hiệu thu được từ anten thu thứ i , tại sóng mang phụ thứ k của symbol OFDM có thể biểu diễn như sau:

$$\begin{aligned} y_1(k) &= h_{11}x_1(k) + h_{12}x_2(k) + \dots + h_{1N_T}x_{N_T}(k) + n_1(k) \\ y_2(k) &= h_{21}x_1(k) + h_{22}x_2(k) + \dots + h_{2N_T}x_{N_T}(k) + n_2(k) \\ &\vdots \\ y_{N_R}(k) &= h_{N_R1}x_1(k) + h_{N_R2}x_2(k) + \dots + h_{N_RN_T}x_{N_T}(k) + n_{N_R}(k) \end{aligned} \quad (2.5)$$

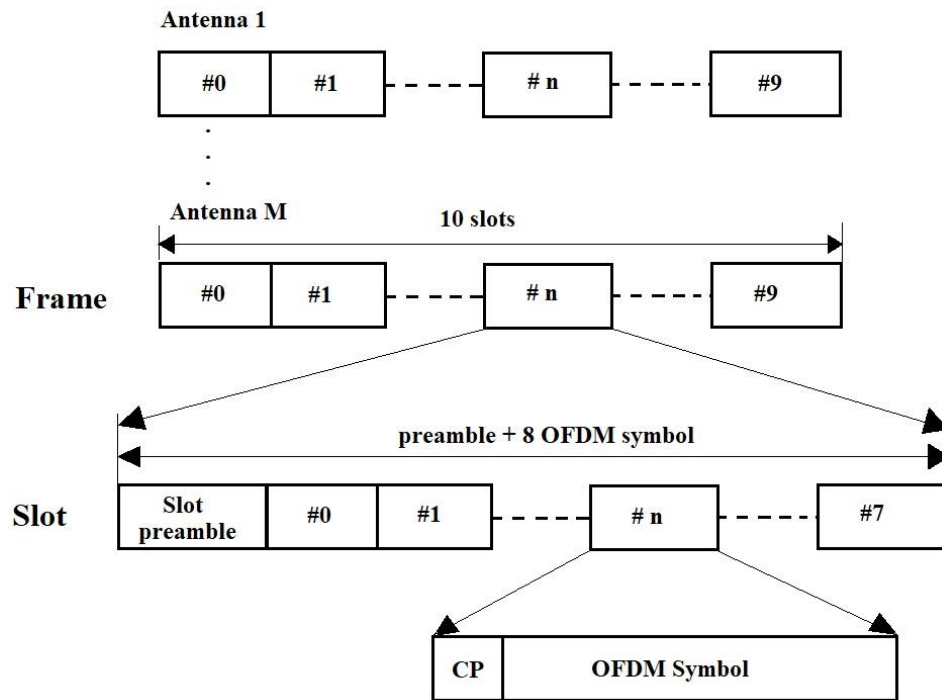
Với $x_j(k)$ là symbol phát trên sóng mang thứ k trong symbol OFDM

$n_i(k)$ là nhiễu Gauss tại anten thu thứ i

h_{ij} là hệ số kênh truyền từ anten phát thứ j tới anten thu thứ i

Kênh truyền hệ thống MIMO – OFDM có thể mô tả thông qua ma trận H như sau:

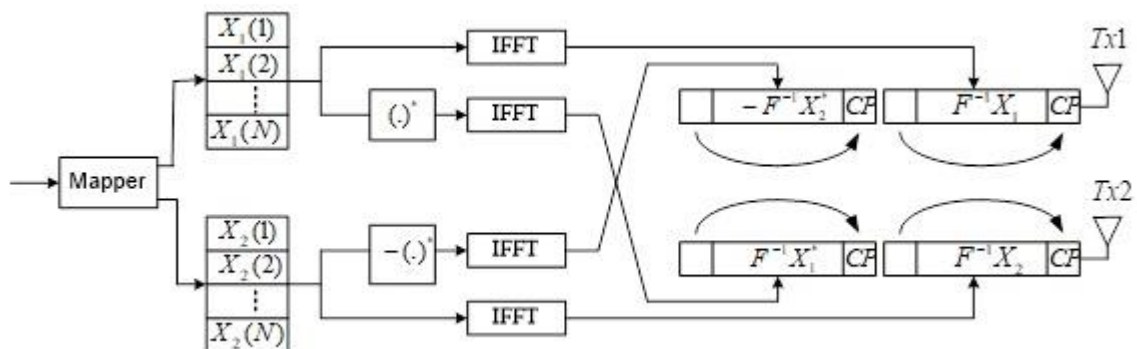
$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2N_T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \dots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$



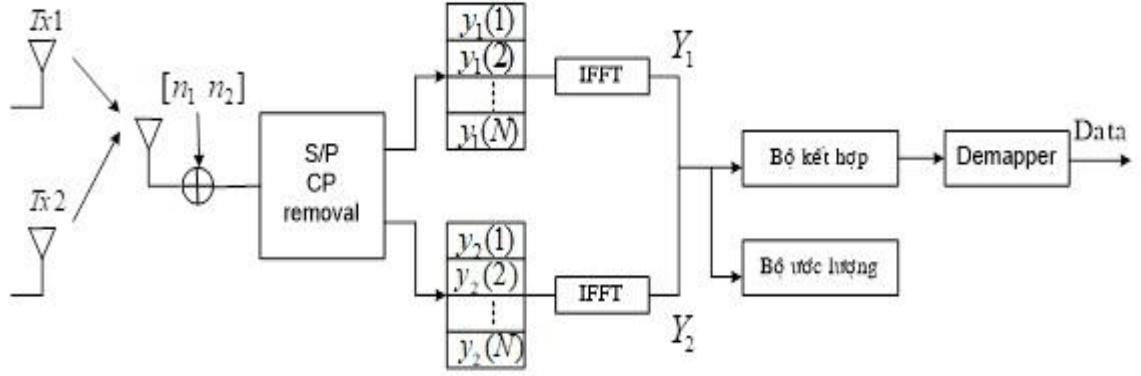
Hình 2. 3 Cấu trúc khung dữ liệu MIMO – OFDM

Trong môi trường thời gian thực, khung (frame) là đơn vị vận chuyển nhỏ nhất bao gồm 10 khe. Mỗi khe bao gồm 1 khe preamble và 8 symbols OFDM. Preamble được sử dụng cho mục đích đồng bộ thời gian. Mỗi OFDM symbol được gắn thêm 1 CP. CP được sử dụng để giảm nhiễu symbol ISI và cân bằng kênh một cách đơn giản hơn. Mỗi frame được vận chuyển qua sóng mang phụ (định thời pha, định thời tần số và ước lượng tần số offset).

Tiếp theo ta sẽ xét hệ thống MIMO-OFDM Alamouti với mục đích đạt độ lợi phân tập tối đa nhằm tối ưu chất lượng hệ thống.



Hình 2.4. Máy phát MIMO – OFDM Alamouti



Hình 2.5. Máy thu MIMO – OFDM Alamouti

Sơ đồ Alamouti được áp dụng nhằm đạt được độ lợi phân tập lớn nhất trong môi trường fading chọn lọc tần số với cấu trúc phân cứng khá đơn giản.

Tại phía phát dữ liệu sau khi được bộ mapper điều chế sẽ được đưa qua biến đổi nối tiếp sang song song và đưa vào 2 vector N symbol X_1 và X_2 .

Ta kí hiệu F^{-1} là ma trận biến đổi IFFT và F là ma trận biến đổi FFT

$$F^{-1} = \frac{1}{N} F^* \quad (2.7)$$

Trong chu kỳ symbol k , X_1 sẽ được cho qua bộ biến đổi IFFT tạo ra khối N symbol.

$$S_1 = F^{-1} X_1 \quad (2.8)$$

Sau khi s_1 được chèn khoảng bảo vệ CP, vector dữ liệu sẽ được đưa ra anten phát thứ nhất. Cũng trong chu kỳ symbol thứ k , X_2 sẽ được cho qua bộ IFFT tạo ra khối N symbol.

$$S_2 = F^{-1} X_2 \quad (2.9)$$

Sau khi s_2 được chèn khoảng bảo vệ CP, vector dữ liệu sẽ được đưa vào anten phát thứ hai.

Trong chu kỳ symbol thứ $k+1$, X_1 sẽ được cho qua bộ đảo và lấy liên hiệp phức khi cho qua IFFT để tạo ra khối N symbol.

$$S_2' = F^{-1} X_1^* \quad (2.10)$$

Với ký hiệu X_1^* cho liên hợp của X

Sau khi s'_2 được chèn khoảng bảo vệ CP, vector dữ liệu sẽ được đưa ra Anten thứ hai. Cũng trong chu kỳ symbol thứ $k+1$, X_2 sẽ được cho qua bộ đảo và lấy liên hiệp phức trước khi cho qua IFFT để tạo ra khối N symol.

$$S'_1 = -F^{-1}X_2^* \quad (2.11)$$

Sau khi s'_1 được chèn khoảng bảo vệ CP, vector dữ liệu sẽ được đưa ra Anten thứ nhất. Quá trình phát sẽ lặp lại quá trình trình bày trong chu kỳ symbol k và $k+1$.

Tại phía thu, vector thu sau khi được loại bỏ khoảng bảo vệ có dạng sau:

$$\begin{aligned} y_1 &= H_1 s_1 + H_2 s_2 + v_1 = H_1 F^{-1} X_1 + H_2 F^{-1} X_2 + v_1 \\ y_1 &= H_1 s'_1 + H_2 s'_2 + v_1 = -H_1 F^{-1} X_2^* + H_2 F^{-1} X_1^* + v_2 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Với H_1 là ma trận vòng của kênh truyền từ Anten phát thứ nhất tới Anten thu và H_2 là ma trận vòng của kênh truyền từ Anten phát thứ hai tới Anten thu.

Sau khi qua bộ FFT vector thu sẽ có biểu thức sau:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \Lambda_1 X_1 + \Lambda_2 X_2 + V_1 \\ Y_2 &= -\Lambda_1 X_2^* + \Lambda_2 X_1^* + V_2 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Với $Y_1 = Fy_1$, $Y_2 = Fy_2$, $X_1 = Fx_1$, $X_2 = Fx_2$, là các FFT tương ứng của y_1 , y_2 , x_1 , x_2 , Λ_1 , và Λ_2 là các ma trận được tính theo biểu thức sau:

$$\begin{aligned} \Lambda_1 &= FH_1 F^{-1} \\ \Lambda_2 &= FH_2 F^{-1} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Do tính chất của phép biến đổi FFT và IFFT đối với ma trận vòng H_1 và H_2 , Λ_1 , và Λ_2 là các ma trận đường chéo.

$$\begin{aligned} \Lambda_1 &= \text{diag}(\lambda_1) \\ \Lambda_2 &= \text{diag}(\lambda_2) \end{aligned} \quad (2.15)$$

Các giá trị $\lambda_1(k)$ với $k = 1, 2, \dots, N$ chính là N -FFT của đáp ứng kênh truyền từ Anten phát thứ 1 tới Anten thu, tương tự các giá trị $\lambda_2(k)$ với $k = 1, 2, \dots, N$ chính là N -FFT của đáp ứng kênh truyền từ Anten thứ 2 tới Anten thu.

Sau đó Y_1 và Y_2 sẽ được đưa qua bộ ước lượng Λ_1 , và Λ_2 . Kênh truyền sẽ được ước lượng thông qua chuỗi huấn luyện biết trước, ta có thể viết lại vector thu Y_1 và Y_2 theo dạng sau:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \chi_1 & \chi_2 \\ -\chi_2^* & \chi_1^* \end{bmatrix}}_{2N \times 2N} \underbrace{\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix}}_{2N \times 1} + \underbrace{\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}}_{2N \times 1} \quad (2.16)$$

Với χ_1 và χ_2 là các ma trận đường chéo, có đường chéo là X_1 và X_2

$$\begin{aligned} \chi_1 &= \text{diag}(X_1) \\ \chi_2 &= \text{diag}(X_2) \end{aligned} \quad (2.17)$$

Vector huấn luyện đã được quy ước trước tại máy thu và có tính chất sau:

$$\begin{bmatrix} \chi_1^* & -\chi_2^* \\ \chi_2 & \chi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \chi_1 & \chi_2 \\ -\chi_2^* & \chi_1^* \end{bmatrix} = \alpha I \quad (2.18)$$

Λ_1 , và Λ_2 được ước lượng theo biểu thức sau:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \tilde{\lambda}_1 \\ \tilde{\lambda}_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \chi_1^* & -\chi_2^* \\ \chi_2 & \chi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \chi_1^* & -\chi_2^* \\ \chi_2 & \chi_1 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \chi_1 & \chi_2 \\ -\chi_2^* & \chi_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \right) \\ &= \alpha \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \chi_1^* & -\chi_2^* \\ \chi_2 & \chi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Ta ước lượng được Λ_1 , và Λ_2 theo biểu thức sau:

$$\begin{aligned} \tilde{\Lambda}_1 &= \text{diag}(\tilde{\lambda}_1) \\ \tilde{\Lambda}_2 &= \text{diag}(\tilde{\lambda}_2) \end{aligned} \quad (2.20)$$

Sau khi ước lượng được Λ_1 , và Λ_2 , các vector Y_1 và Y_2 theo sau chuỗi vector huấn luyện sẽ được đưa vào bộ kết hợp để khôi phục lại X_1 và X_2 . Viết lại biểu thức trên ta được biểu thức thu như sau:

$$\begin{bmatrix} Y_1(1) \\ \vdots \\ Y_1(N) \\ Y_2(1) \\ \vdots \\ Y_2(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(1) & & X_2(1) & \\ & \ddots & & \ddots \\ & & X_1(N) & X_2(N) \\ -X_2^*(1) & & X_1^*(1) & \\ & \ddots & & \ddots \\ & & -X_1^*(N) & X_2^*(N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1(1) \\ \vdots \\ \lambda_1(N) \\ \lambda_2(1) \\ \vdots \\ \lambda_2(N) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_1(1) \\ \vdots \\ V_1(N) \\ V_2(1) \\ \vdots \\ V_2(N) \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

Sắp xếp lại thứ tự vector thu ta được biểu thức:

$$\begin{bmatrix} Y_1(1) \\ \vdots \\ Y_1(N) \\ Y_2(1) \\ \vdots \\ Y_2(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(1) & X_2(1) & & \\ & -X_2^*(1) & X_1^*(1) & \\ & & \ddots & \ddots \\ & & & X_1(N) & X_2(N) \\ & & & & -X_1^*(N) & X_2^*(N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1(1) \\ \vdots \\ \lambda_1(N) \\ \lambda_2(1) \\ \vdots \\ \lambda_2(N) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_1(1) \\ \vdots \\ V_1(N) \\ V_2(1) \\ \vdots \\ V_2(N) \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

Biểu thức trên cho thấy kỹ thuật OFDM đã chia kênh truyền pha định chọn lọc tần số thành N kênh truyền nhỏ chỉ chịu fading phẳng, tức là hệ thống MIMO-OFDM có khả năng chống lại fading chọn lọc tần số và đạt được sự phân tập lớn nhất nhờ vào sơ đồ Alamouti.

2.4 Kỹ thuật ghép kênh không gian

Để làm tăng tốc độ ghép kênh của hệ thống truyền thông thì một trong các phương pháp đơn giản nhất là sử dụng kỹ thuật ghép kênh không gian (Spatial Multiplexing - SM), bằng cách gửi thông tin độc lập trên các anten truyền. Trong hệ thống MIMO 2×2 với SM, một ký hiệu thông tin được truyền bởi một anten và được nhận bởi hai anten thông qua hai đường dẫn không gian [9]. Sự đa dạng về không gian của MIMO SM có thể được tăng lên bằng cách áp dụng ma trận xoay R cho các luồng dữ liệu:

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Ma trận xoay 2×2 có dạng trong (2.23) và là một họ ma trận được đặc trưng là ma trận trực giao, tức là $RRT = I$. Một ma trận xoay với tham số kết hợp tuyến tính

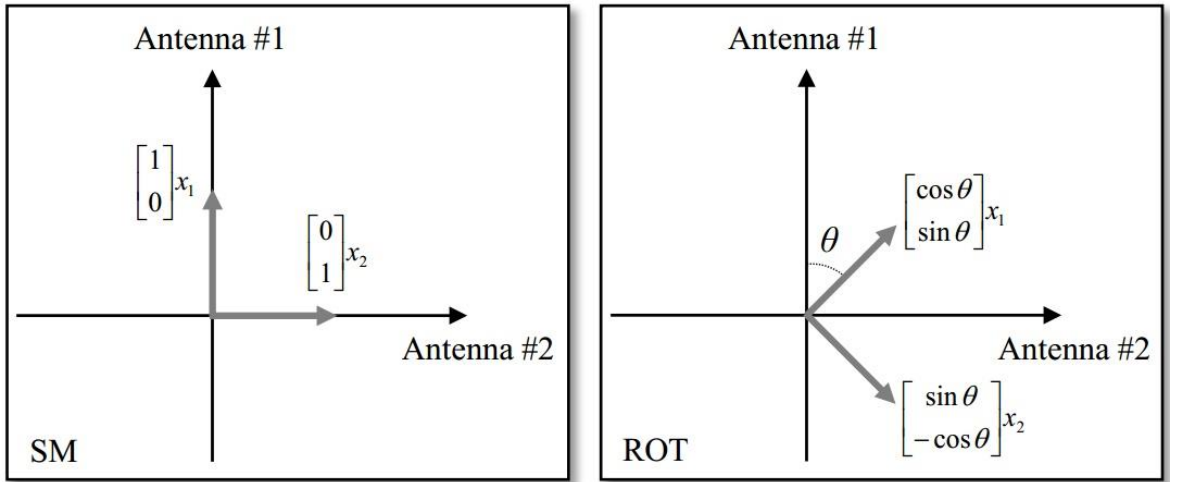
các luồng dữ liệu độc lập để mỗi anten truyền tải thông tin của tất cả các luồng dữ liệu làm tăng sự đa dạng không gian. Mỗi quan hệ đầu vào - đầu ra của khối xử lý dựa trên ma trận xoay là:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} x_1 + \begin{bmatrix} \sin \theta \\ -\cos \theta \end{bmatrix} x_2 \quad (2.24)$$

Nó so sánh với trường hợp không áp dụng ma trận xoay với mỗi quan hệ đầu vào:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} x_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} x_2 \quad (2.25)$$

Có thể thấy rằng vector thông tin $[x_1, x_2]^T$ được truyền qua các vector cơ sở $[1, 0]^T$ và $[0, 1]^T$ cho trường hợp không xoay; $[\cos \theta, \sin \theta]^T$ và $[\sin \theta, -\cos \theta]^T$ cho trường hợp xoay.



Hình 2.6. Biểu diễn vector của hệ thống MIMO với hai lần truyền anten có ma trận xoay (phải) và không có (trái).

Hình 2.6 minh họa biểu diễn vector của hệ thống MIMO 2×2 truyền các ký hiệu thông tin x_1 và x_2 trong sơ đồ mà không áp dụng ma trận xoay (sơ đồ bên trái có nhãn SM) và với ứng dụng ma trận xoay (sơ đồ bên phải có nhãn ROT). Trong trường hợp không quay, mỗi ký hiệu dữ liệu x_1 và x_2 được phân bổ trực tiếp vào một anten phát duy nhất. Đối với trường hợp xoay, cả hai ký hiệu x_1 và x_2 được phân bổ cho cả hai anten phát.

Ví dụ sau đây so sánh các tín hiệu thu được có và không có xử lý ma trận xoay tại máy phát trong tình huống khi tín hiệu từ một trong các anten phát trong kênh MIMO bị mất do nhận ra mờ dần. Các biểu tượng nhận được trong một hệ thống truyền thông với kênh MIMO 2×2 trong trường hợp mất tín hiệu từ một trong các anten phát. Mỗi quan hệ tín hiệu đầu vào - đầu ra cho trường hợp không xoay có thể được biểu thị như sau:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}}_{\text{channel}} \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{linear-transf}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Và các ký hiệu đầu ra r_1 và r_2 là (nhiều được bỏ qua để giảm bớt ký hiệu):

$$\begin{aligned} r_1 &= h_{11}x_1 + h_{12}x_2 \\ r_2 &= h_{21}x_1 + h_{22}x_2 \end{aligned} \quad (2.27)$$

Mỗi quan hệ tín hiệu đầu vào - đầu ra cho trường hợp xoay có thể được biểu thị như sau:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}}_{\text{channel}} \underbrace{\begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{bmatrix}}_{\text{linear-transf}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

và các ký hiệu đầu ra r_1 và r_2 là:

$$\begin{aligned} r_1 &= h_{11}(x_1 \cos \theta + x_2 \sin \theta) + h_{12}(x_1 \sin \theta - x_2 \cos \theta) \\ r_2 &= h_{21}(x_1 \cos \theta + x_2 \sin \theta) + h_{22}(x_1 \sin \theta - x_2 \cos \theta) \end{aligned} \quad (2.29)$$

Giả sử tín hiệu từ anten phát đầu tiên bị mất, cột đầu tiên của ma trận kênh MIMO 2×2 là vector không, tức là, $[h_{11}, h_{21}]^T = [0, 0]^T$. Các biểu tượng nhận được cho trường hợp không xoay là:

$$\begin{aligned} r_1 &= h_{12}x_2 \\ r_2 &= h_{22}x_2 \end{aligned} \quad (2.30)$$

và đối với trường hợp xoay là:

$$\begin{aligned} r_1 &= h_{12}(x_1 \sin \theta - x_2 \cos \theta) \\ r_2 &= h_{22}(x_1 \sin \theta - x_2 \cos \theta) \end{aligned} \quad (2.31)$$

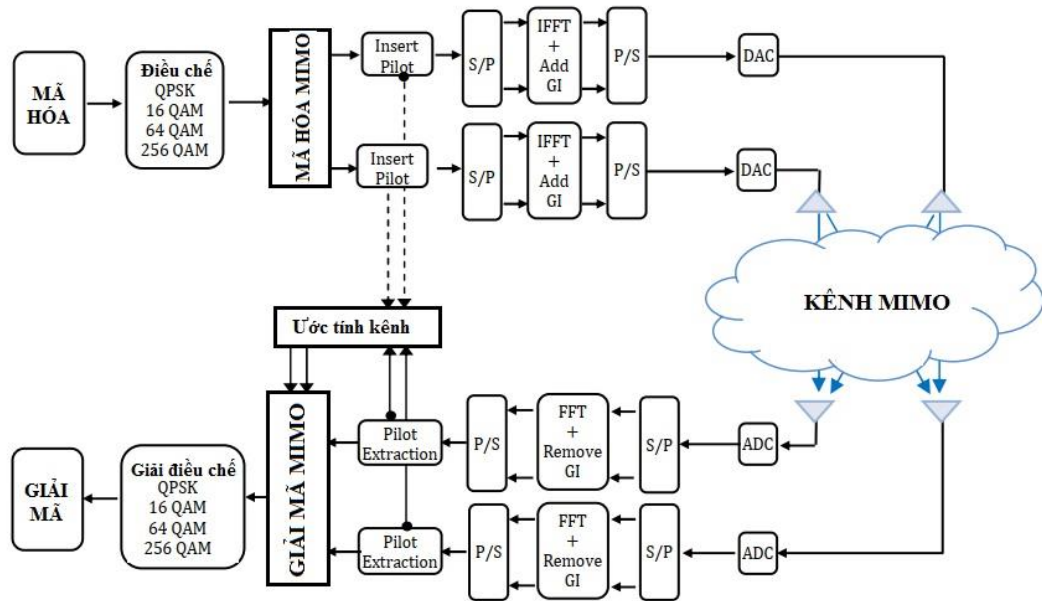
Người ta có thể quan sát thấy rằng với việc sử dụng ma trận quay, hai ký hiệu truyền x_1 và x_2 được nhận ngay cả trong trường hợp tín hiệu của một trong các máy phát bị mờ dần.

2.5 Hoạt động của hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM

DVB là một nguyên lý truyền phát dựa trên tiêu chuẩn MPEG-2 với hình ảnh và âm thanh được nén ở chất lượng cao. DVB-T2 là phiên bản mở rộng của tiêu chuẩn truyền hình DVB-T, được sử dụng để truyền hình kỹ thuật số mặt đất. Hệ thống này truyền phát hình ảnh và âm thanh nén và các dữ liệu khác trong các “ống lớp vật lý” (PLPs), sử dụng hệ thống điều chế OFDM với mã hóa kênh ghép nối và đan xen. Tốc độ bit cao hơn người tiền nhiệm của nó DVB-T, tạo ra hệ thống tiêu chuẩn cho tín hiệu sóng mang HDTV trên kênh TV mặt đất sử dụng điều chế OFDM [1]. Không gian của DVB-T2 là:

- ✓ OFDM hoạt động theo cách phân chia dòng dữ liệu số vào một lượng lớn dòng dữ liệu số thấp hơn, mỗi dòng dữ liệu được điều chế số bằng cách thiết lập các tần số sóng mang kề nhau với khoảng cách đều nhau chặt chẽ.
- ✓ Mạng mặt đất hoạt động ở các mode 1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K.
- ✓ DVB-T2 có độ phức tạp cao bởi vì nó cho phép lựa chọn nguyên lý điều chế (QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM).
- ✓ DVB-T2 xác định đối với kênh có băng thông 1,7, 5, 6, 7, 8, và 10 MHz.
- ✓ Các khoảng bảo vệ 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/128,...
- ✓ Đối với yêu cầu thương mại và kỹ thuật DVB-T2 sẽ được dành để cung cấp khả năng thu tối ưu cho các trạm (cố định) và bộ thu di động.
- ✓ Hệ thống mới sẽ cung cấp tối thiểu 30% gia tăng về tải, dưới điều kiện kênh tương tự đã được sử dụng cho DVB-T.

Sơ đồ khối hệ thống DVB-T2 được biểu diễn trên hình 2.7 dưới đây:



Hình 2.7. Sơ đồ khối hệ thống DVB –T2

Trong sơ đồ này bao gồm chuỗi truyền và nhận DVB - T2 chung, trong đó các khối giải mã và mã hóa MIMO chủ yếu được xem xét. Ở phía máy phát, sau quá trình mã hóa và điều chế bao gồm: Bộ mã hóa BCH và LDPC, xen kẽ bit, ô, thời gian và tần số và ánh xạ chòm sao quy trình mã hóa MIMO được thực hiện. Các đầu ra của quá trình này được xử lý như hai luồng dữ liệu độc lập mà việc chèn thí điểm, chuyển đổi IFFT và bổ sung khoảng bảo vệ (GI) được áp dụng. Máy thu bao gồm các khối bổ sung để khôi phục thông tin truyền đi. Có một số giới hạn lý thuyết về kênh truyền phát mặt đất được khảo lần đầu tiên trên kênh có độ rộng 8 MHz. Tốc độ dữ liệu tối đa có thể theo lý thuyết được biểu diễn xấp xỉ theo giới hạn Shannon thông qua công thức sau nếu SNR lớn hơn khoảng 10 dB:

$$C = \frac{1}{3} \times B \times SNR \quad (2.32)$$

Trong đó,

C = dung lượng kênh (bits/s)

B = băng thông (Hz)

SNR = tỉ lệ tín hiệu/nhiều (dB)

2.6 Kết luận chương 2

MIMO là công nghệ vô tuyến đầu tiên coi việc truyền bá đa luồng là một phương án được khai thác. MIMO tăng công suất của một liên kết vô tuyến bằng cách truyền nhiều tín hiệu qua nhiều anten cùng vị trí. Điều này được thực hiện mà không cần thêm năng lượng hoặc băng thông. Mã hóa thời gian – không gian được sử dụng để đảm bảo rằng các tín hiệu được truyền qua các ăng ten khác nhau trực giao với nhau, giúp người nhận dễ dàng phân biệt tín hiệu này với tín hiệu khác. Ngay cả khi có đường truy cập giữa hai trạm, phân cực anten kép có thể được sử dụng để đảm bảo rằng có nhiều hơn một đường truyền mạnh.

Trong khi đó, OFDM cho phép truyền thông băng thông rộng đáng tin cậy bằng cách phân phối dữ liệu người dùng trên một số kênh con hẹp, khoảng cách gần nhau. Sự sắp xếp này làm cho nó có thể để loại bỏ các trở ngại lớn nhất đối với truyền thông băng thông rộng đáng tin cậy ví dụ như ISI (ISI xảy ra khi sự trùng lặp giữa các ký hiệu liên tiếp lớn so với thời lượng của các ký hiệu). OFDM cho phép các ký hiệu thời lượng dài hơn. Một tiền tố tuần hoàn (CP) có thể được chèn để tạo khoảng bảo vệ (thời gian) ngăn chặn ISI hoàn toàn.

MIMO-OFDM là một sự kết hợp đặc biệt mạnh mẽ vì MIMO không cố gắng giảm thiểu sự lan truyền đa luồng và OFDM tránh sự cần thiết phải cân bằng tín hiệu. MIMO-OFDM có thể đạt được hiệu quả phổ rất cao ngay cả khi máy phát không có thông tin trạng thái kênh (CSI). Khi máy phát có CSI (có thể thu được thông qua việc sử dụng các chuỗi đào tạo), có thể tiếp cận công suất kênh lý thuyết. CSI có thể được sử dụng, ví dụ, để phân bổ các chòm sao tín hiệu kích thước khác nhau cho các sóng mang con riêng lẻ, sử dụng tối ưu kênh liên lạc tại bất kỳ thời điểm nào.

Chính vì vậy mà hiệu năng của hệ thống DVB – T2 sẽ được cải thiện đáng kể khi áp dụng kỹ thuật MIMO – OFDM, đó là đạt được hiệu quả về hạn chế sự trải trễ kênh. Hơn nữa, nó cho thấy tốc độ dữ liệu quan trọng với hiệu năng được cải thiện lỗi bit trên các liên kết chỉ có một anten duy nhất tại cả máy phát và máy thu.

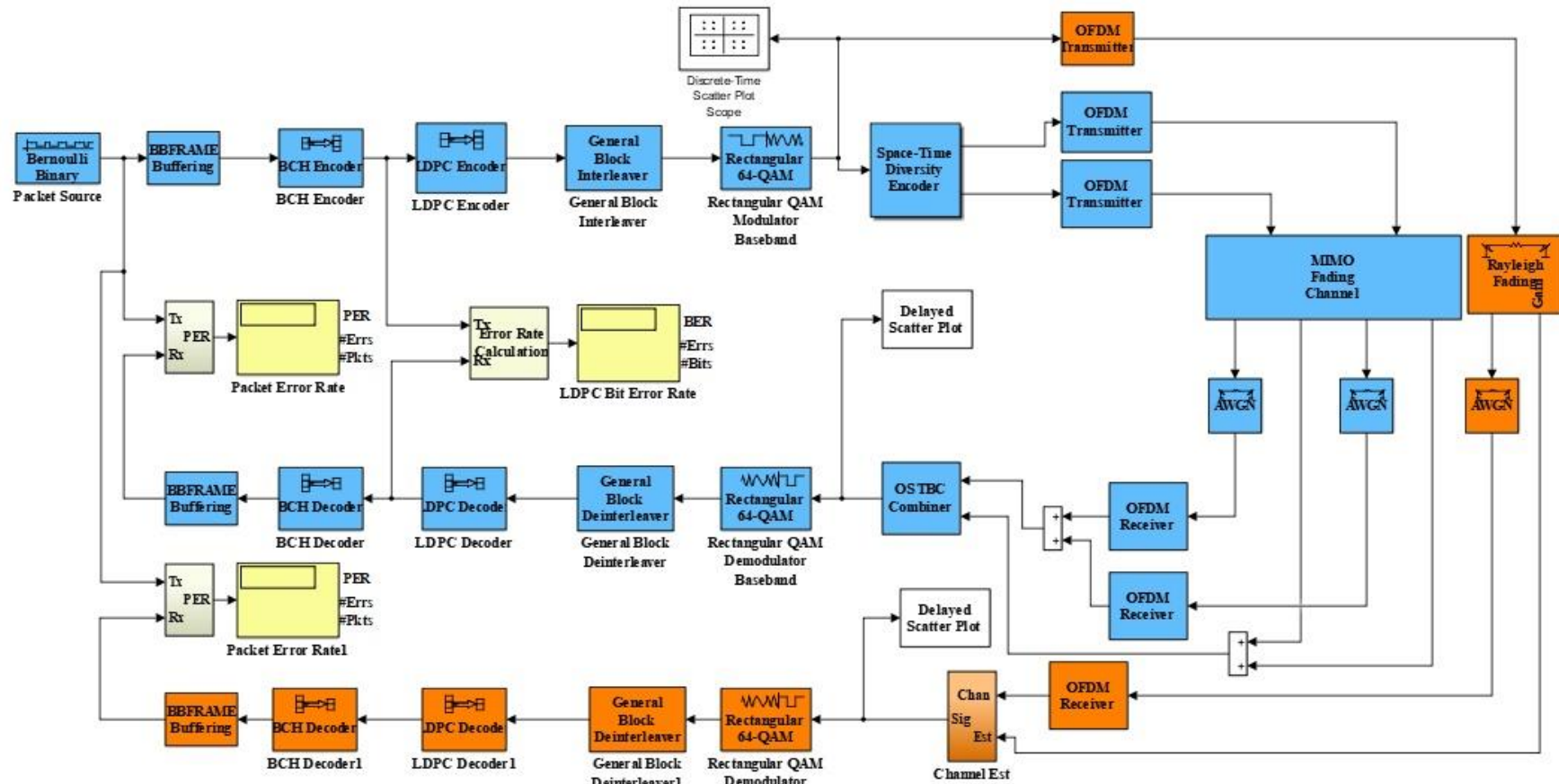
CHƯƠNG 3 – PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HỆ THỐNG DVB – T2 SỬ DỤNG KỸ THUẬT MIMO – OFDM

3.1 Mô hình hệ thống DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM

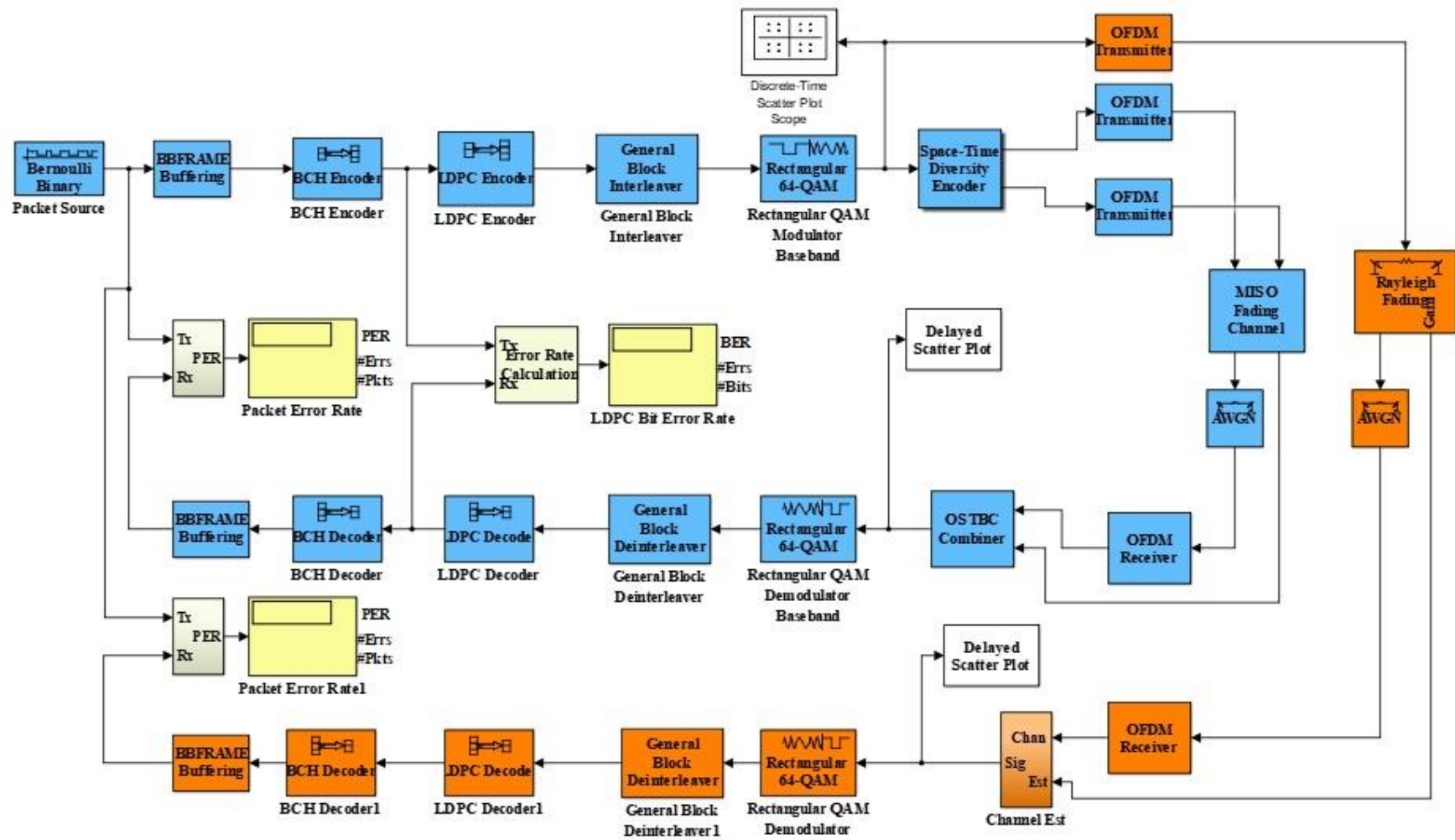
Trong hình 3.1 dưới đây sẽ giới thiệu mô hình mô phỏng quá trình truyền và nhận của hệ thống DVB – T2. Tác giả đã sử dụng phần mềm Matlab để mô phỏng hệ thống, trong đó sơ đồ mã hóa dựa trên sự kết hợp giữa mã LDPC (kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) và mã BCH. Các mã LDPC có thể đạt được tỷ lệ lỗi cực thấp gần dung lượng kênh bằng các sử dụng thuật toán giải mã có độ phức tạp thấp. Các mã BCH bên ngoài được sử dụng để sửa các lỗi nhỏ do bộ giải mã LDPC. Sau quá trình mã hóa và điều chế, thì đầu ra của quá trình này sẽ được xử lý như hai luồng dữ liệu độc lập để chèn thí điểm, chuyển đổi IFFT và khoảng bảo vệ (GI) bổ sung được áp dụng. Khi đó, bên phía máy thu DVB – T2 sẽ bao gồm các khối bổ sung để phục hồi truyền thông tin.

Cấu trúc của hệ thống DVB – T2 trong ví dụ này thực hiện các nhiệm vụ:

- ✓ Tạo BBFRAME bằng một nguồn ngẫu nhiên, bằng cách sử dụng nguồn ngẫu nhiên nhị phân Bernoulli và không thực hiện xáo trộn băng cơ sở.
- ✓ Mã hóa BCH, cho tất cả các tham số mã hóa
- ✓ Mã hóa LDPC, cho tất cả các tham số mã hóa
- ✓ Interleaving (Sắp xếp lại các ký hiệu trong vector đầu vào)
- ✓ Điều chế 64 – QAM
- ✓ Mã hóa không gian thời gian
- ✓ Sử dụng kỹ thuật truyền MIMO – OFDM và kênh fading đa kênh Rayleigh
- ✓ Mô hình kênh AWGN
- ✓ Kết hợp tín hiệu đầu vào và tín hiệu ước tính kênh theo cấu trúc của mã khối thời gian không gian trực giao (OSTBC)
- ✓ Giải điều chế tín hiệu đầu vào
- ✓ Deinterleaver (Khôi phục thứ tự các ký hiệu trong vector đầu vào)
- ✓ Giải mã LDPC/BCH



Hình 3.1. Mô hình hệ thống DVB –T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM

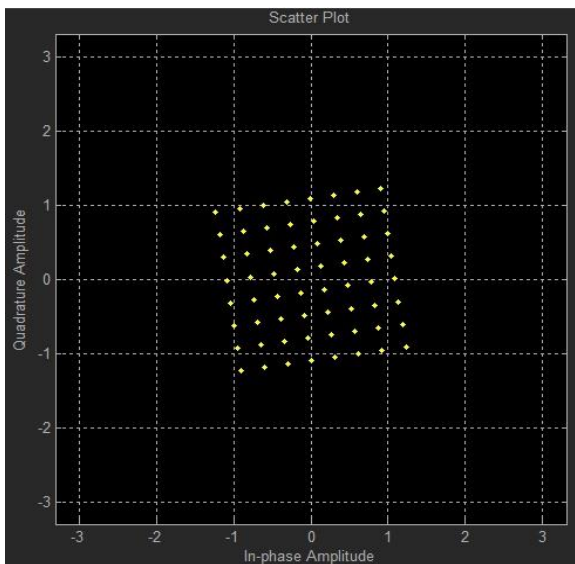


Hình 3.2. Mô hình hệ thống DVB –T2 sử dụng kỹ thuật MISO – OFDM

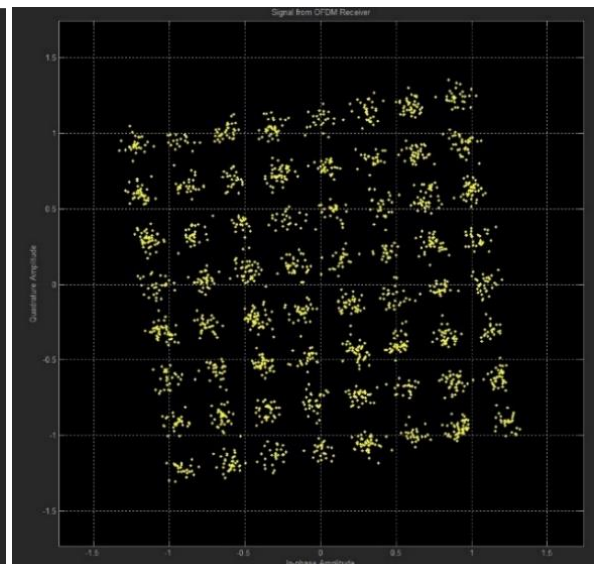
Bảng 3.1. Các thông số mô phỏng của hệ thống

Thông số	Giá trị
Điều chế	64-QAM
Số lần lặp lại	50
Mô hình kênh	MIMO, Rayleigh
Sơ đồ anten	2×2
Mã hóa kênh	BCH/LDPC
Tỷ lệ mã	3/4

Các kết quả thu được sau khi chạy chương trình là:

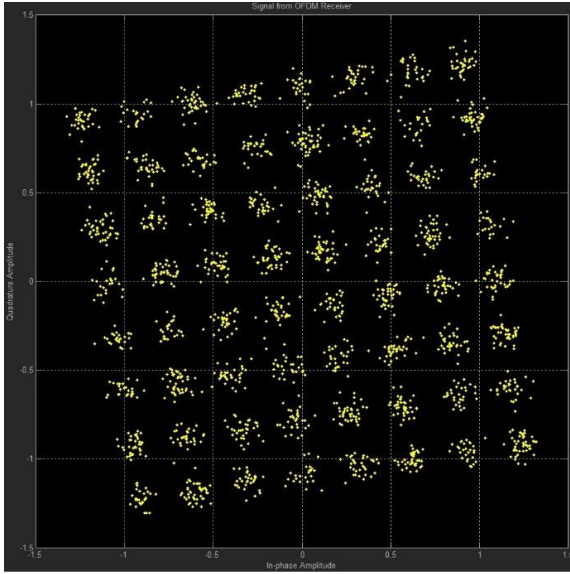


Hình 3.3. Tín hiệu vào

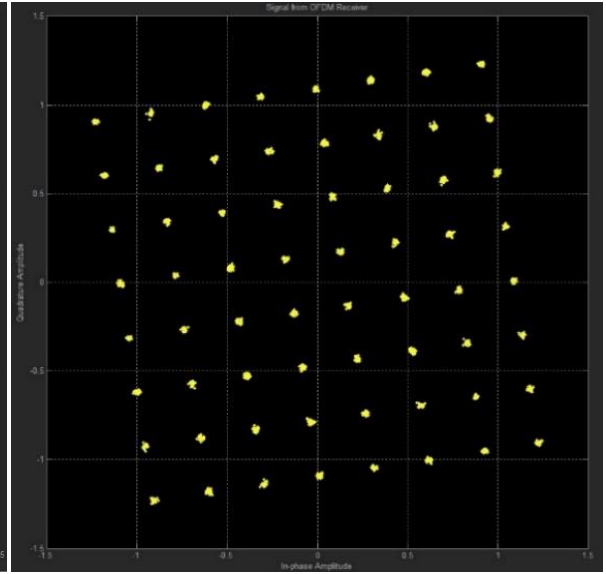


Hình 3.4. Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật SISO - OFDM

Trên hình 3.3 là chùm sao tín hiệu đầu vào, chùm sao tham chiếu (64-QAM), hiển thị các tín hiệu nổi và điểm cố định có giá trị thực và phức tạp trong mặt phẳng I/Q. Sử dụng khối này để thực hiện phân tích định tính và định lượng trên các tín hiệu sóng mang đơn biến điệu.



Hình 3.5. Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật MIMO - OFDM



Hình 3.6. Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật MIMO - OFDM

Với kết quả chòm sao tín hiệu đầu ra trên hình 3.4, 3.5 và hình 3.6 ở trên có thể thấy, khi áp dụng kỹ thuật MIMO thì chòm sao tín hiệu nhận được có chất lượng tốt hơn nhiều so với áp dụng kỹ thuật SISO. Trong khi kỹ thuật SISO có chòm sao tín hiệu nhận được có tỷ lệ bit lỗi BER lớn thì MISO cũng không cải thiện được nhiều, khi chạy mô phỏng một thời gian ngắn đã xảy ra hiện tượng tỉ lệ bit lỗi BER tăng, còn MIMO thì BER gần như rất nhỏ, điều đó cho thấy kỹ thuật MIMO đang là lựa chọn hàng đầu cho các tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất.

3.2 Phân tích, đánh giá kết quả

Ta biết rằng trong truyền dẫn vô tuyến điện, hiệu năng của hệ thống ngoài việc phụ thuộc vào các giải pháp kỹ thuật còn phụ thuộc vào môi trường truyền dẫn nói cách khác là kênh truyền. Bản chất thay đổi ngẫu nhiên theo thời gian và không gian của kênh truyền gây ra những ảnh hưởng lớn đến hoạt động hệ thống. Để hạn chế ảnh hưởng của kênh truyền và thiết kế hệ thống với các thông số tối ưu, cần đặc biệt quan tâm đến các đặc tính của kênh truyền vô tuyến và mô hình hóa kênh truyền hợp lý. Để so sánh tính chất của kênh truyền, người ta sử dụng một số thông số như tán xạ thời gian (tán xạ thời gian gây hiện tượng trễ, có các loại trễ như: trễ vượt mức, trễ

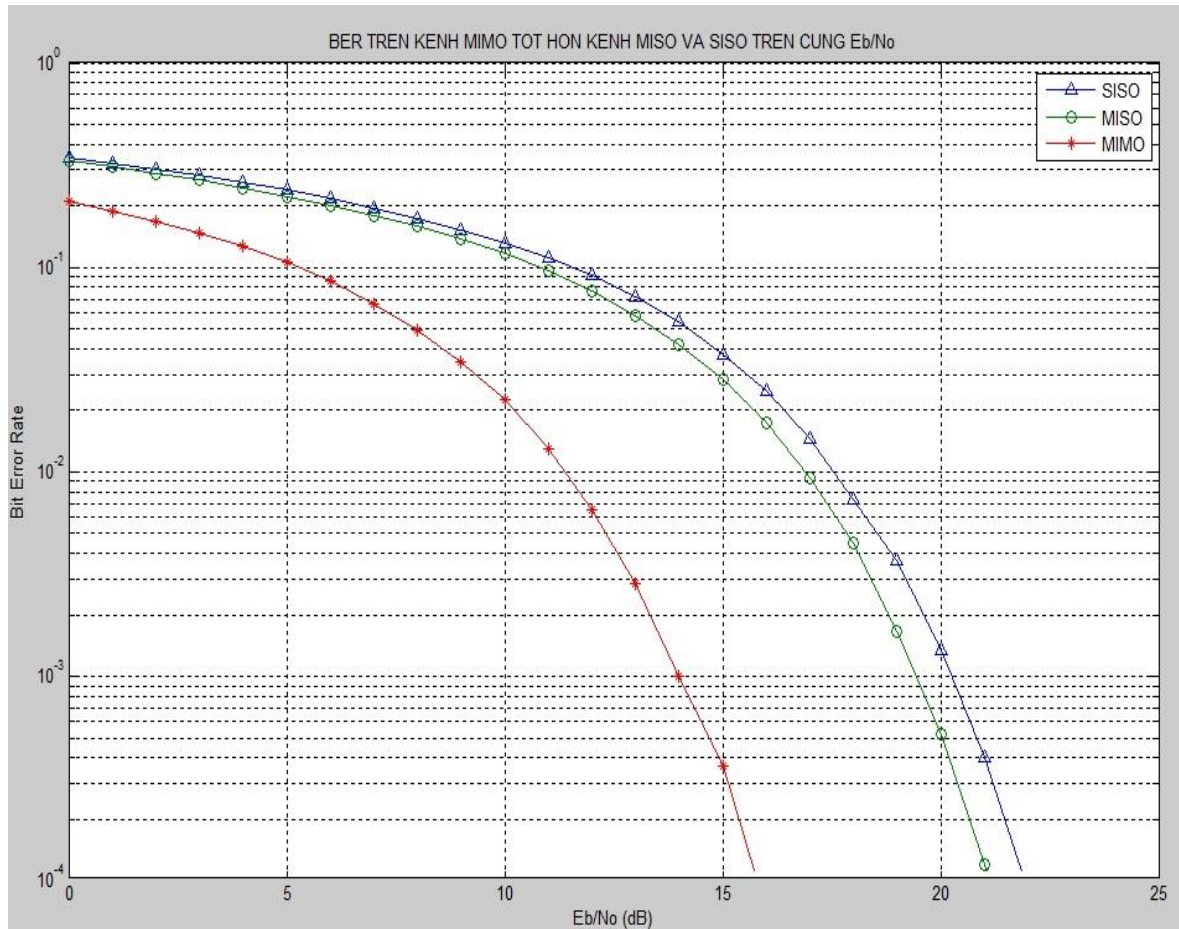
trung bình vượt mức và trễ hiệu dụng); ngoài ra còn có sự ảnh hưởng của hiệu ứng fading,... Những thông số này tạo nên các đường truyền lan dự phòng. Các thông số này có thể được xác định bởi đặc tính từ bộ thu của các thành phần đa đường.

Để đánh giá hiệu năng hệ thống DVB-T2 sử dụng kỹ thuật MIMO - OFDM, mục này tập trung vào mô tả kết quả tín hiệu MIMO – OFDM thông qua các điều kiện truyền dẫn khác nhau (dưới tác động của môi trường truyền dẫn). Trong đó, khảo sát được thực hiện với hệ thống MIMO 2×2 ; tín hiệu điều chế 64-QAM và sử dụng mã LDPC/BCH. Ảnh hưởng của sự đa dạng đến chất lượng thu đã được nghiên cứu bằng cách so sánh các kỹ thuật SISO, MISO và MIMO được đề xuất với các cấu hình kênh khác nhau. Kết quả mô phỏng ta thấy tùy điều kiện môi trường truyền mà chất lượng tín hiệu của SISO, MISO và MIMO có thể thay đổi, điều đó được thể hiện như hình 3.7, hình 3.8, hình 3.9, cụ thể như sau:

Trường hợp thứ nhất sử dụng hệ thống MIMO cho phép đạt được dung lượng cao hơn và kết nối tin cậy hơn (BER thấp hơn) các hệ thống khác. Với hệ thống MIMO dung lượng tăng tuyến tính với số lượng anten của hệ thống MIMO đó sử dụng, mà không cần tăng độ rộng băng thông hay công suất phát. Mặt khác vì hệ thống MIMO sử dụng nhiều anten ở máy phát và máy thu, do đó, lợi dụng được thành phần pha đỉnh đa đường trong truyền sóng vô tuyến, biến nhược điểm của việc truyền sóng đa đường thành ưu thế của nó. Bên cạnh đó hệ thống MIMO còn có ưu điểm mạnh về mặt phân tập so với các hệ thống không dây hiện có, tốc độ của hệ thống MIMO tăng khi ta sử dụng mã không gian-thời gian với điều kiện khoảng cách giữa các anten là đủ lớn và trong môi trường pha đỉnh phong phú. Với các phân tích trên ta thực hiện mô phỏng kênh truyền MIMO kết hợp OFDM trong điều kiện sử dụng đường truyền đa tia (truyền dẫn có pha đỉnh đa đường). Với đặc điểm kênh truyền này hệ thống MIMO phát huy tối đa lợi thế do đó cải thiện chất lượng tín hiệu thu, BER giảm thiểu. Trong khi hệ thống MISO không khắc phục được nhược điểm của hiện tượng pha đỉnh đa đường nên chất lượng tín hiệu thu không cải thiện mà chỉ tương đương với hệ thống SISO. Kết quả mô phỏng được chỉ ra trên hình 3.7.

Bảng 3.2. Các thông số đầu vào của hệ thống

Tham số	Hệ thống MIMO	Hệ thống MISO	Hệ thống SISO
Số anten phát	2	2	1
Số anten thu	2	1	1
Tín hiệu điều chế	64-QAM	64-QAM	64-QAM
frames	20	20	20
Dữ liệu symbol truyền đi	1024	1024	1024
Dữ liệu symbol trên khung biến đổi IFFT	64	64	64
Chiều dài chuỗi bảo vệ	16	16	16
Kênh truyền	Fading Rayleigh	Fading Rayleigh	Fading Rayleigh
Độ rộng băng thông	8MHz	8MHz	8MHz
Khoảng bảo vệ	1/8	1/8	1/8
FFT size	8k	8k	2k
FEC	3/5 LDPC+BCH	3/5 LDPC+BCH	2/3 CC+RS



Hình 3.7. Quan hệ giữa BER và Eb/No khi sử dụng MIMO, MISO và SISO

Bảng 3.3. Thống kê kết quả mô phỏng trường hợp 1

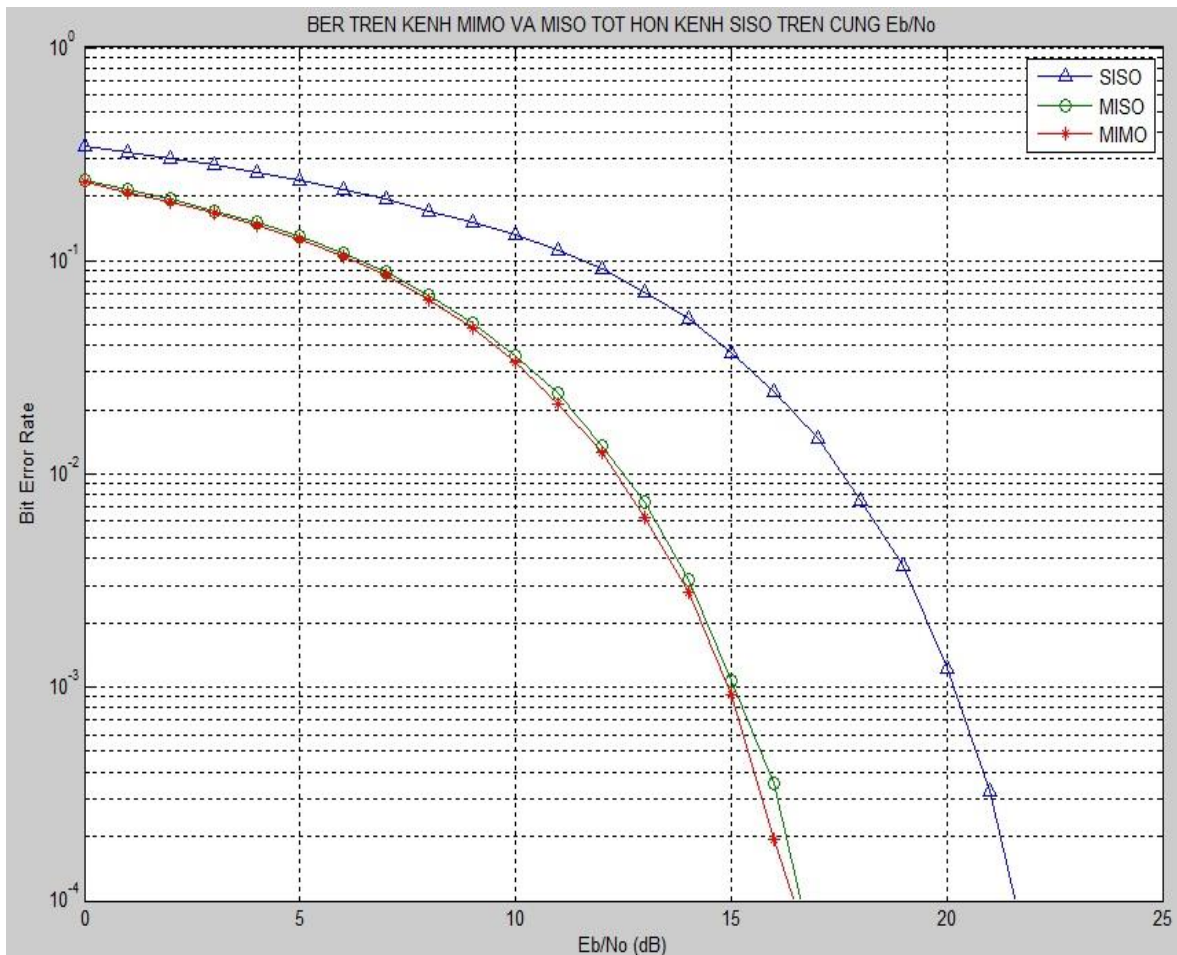
Eb/No (dB)	BER		
	MIMO	MISO	SISO
15	3.7×10^{-4}	2.8×10^{-2}	3.7×10^{-2}

Từ hình 3.7, ví dụ với cùng tỉ số Eb/No là 15 dB thì BER của hệ thống MIMO là 3.7×10^{-4} còn hệ thống MISO là 2.8×10^{-2} và SISO là 3.7×10^{-2} . Như vậy BER trên hệ thống MIMO thấp hơn rất nhiều so với hệ thống MISO và SISO.

Trường hợp thứ hai tiếp tục giữ nguyên các thông số đầu vào cho các hệ thống MIMO, MISO và SISO, tuy nhiên sẽ cải thiện chất lượng phát cho hệ thống MISO. Trong trường hợp này sử dụng nhiều anten phía phát và một anten phía thu, việc phân tập anten phát được thực hiện thông qua kỹ thuật Alamouti hoặc sử dụng

Beamforming để tăng hiệu suất phát và vùng bao phủ. Phương pháp này được thực hiện khi bên phát biết được thông tin đặc tính của kênh truyền. Phía thu kết hợp tín hiệu thu được từ nhiều anten phát, kết quả sử dụng hệ thống MISO dung lượng hệ thống tăng theo hàm logarit của số anten phát và có thể được xác định gần đúng theo công thức (2.4).

Như vậy trong trường hợp thứ hai này ta mô phỏng kênh truyền với hệ thống MISO gồm hai anten phát một anten thu và sử dụng Beamforming để tăng hiệu suất phát. Qua mô phỏng với dữ liệu đầu vào như trên kết quả thu được tại máy thu BER giảm thiểu tương tự như sử dụng hệ thống MIMO, kết quả mô phỏng được chỉ ra trên hình 3.8 và thống kê trên bảng 3.4.



Hình 3.8. Quan hệ giữa BER và E_b/N_0 khi sử dụng MIMO, MISO và SISO và kỹ thuật Beamforming

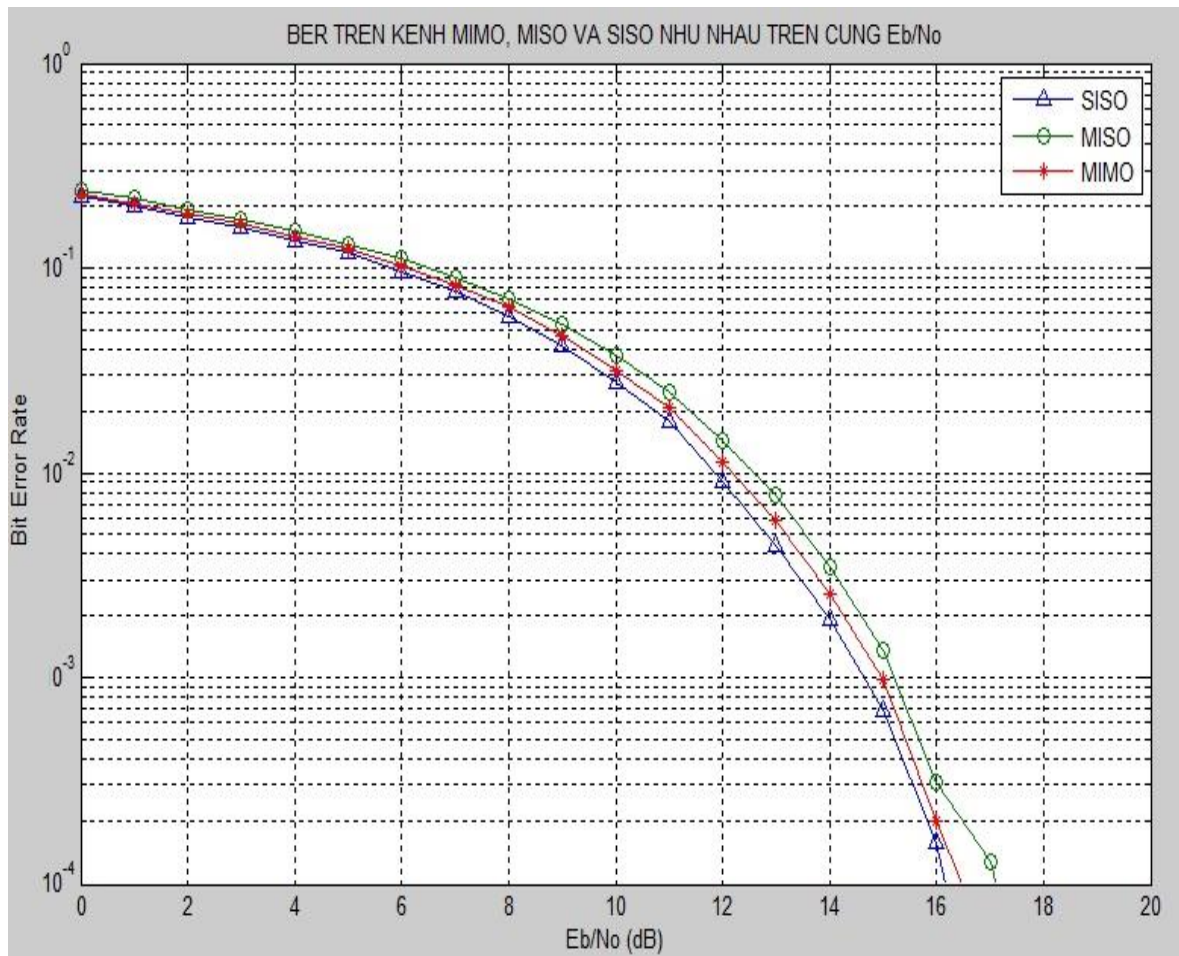
Bảng 3.4. Thống kê kết quả mô phỏng trường hợp 2

Eb/No (dB)	BER		
	<i>MIMO</i>	<i>MISO</i>	<i>SISO</i>
15	9.2×10^{-4}	10^{-3}	3.7×10^{-2}

Từ hình 3.8, ta thấy như trường hợp thứ nhất, với cùng tỉ số Eb/No là 16 dB thì BER của hệ thống MIMO là 9.2×10^{-4} và MISO là 10^{-3} còn hệ thống SISO có BER là 3.7×10^{-2} . Như vậy trong trường hợp này hệ thống MISO đã đạt hiệu năng gần bằng hệ thống MIMO do đó BER trên hệ thống MIMO và MISO thấp hơn rất nhiều so với hệ thống SISO.

Mặt khác ta thấy vì điều kiện kênh truyền phụ thuộc vào môi trường vô tuyến nên không phải bao giờ hệ thống MIMO cũng có lợi (hệ thống MIMO có lợi khi khắc phục nhược điểm của kênh truyền đa đường).

Trường hợp thứ ba tiếp tục với các thông số đầu vào như trường hợp thứ nhất, và xét hệ thống SISO trong điều kiện môi trường lý tưởng là loại bỏ hoàn toàn nhiễu pha đỉnh, chỉ còn tạp âm nhiệt AWGN. Khi đó, kênh truyền mà tồn tại tia truyền thẳng (LOS), cường độ trường của tia LOS cao hơn các tia khác tại máy thu sẽ dẫn đến hiệu năng cũng như dung lượng của hệ thống SISO tốt hơn. Như vậy trong trường hợp thứ ba này ta mô phỏng kênh truyền với hệ thống SISO mà tia LOS có cường độ mạnh. Kết quả thu được từ hệ thống SISO trong trường hợp này BER cũng giảm thiểu tương tự trường hợp sử dụng hệ thống MIMO và MISO. Kết quả mô phỏng được chỉ ra trên hình 3.9 và thống kê trên bảng 3.5.



Hình 3.9. Quan hệ giữa BER và Eb/No khi sử dụng MIMO, MISO và SISO với kênh truyền có tia truyền thẳng (LOS)

Bảng 3.5. Thống kê kết quả mô phỏng trường hợp 3

Eb/No (dB)	BER		
	MIMO	MISO	SISO
16	2×10^{-4}	3.1×10^{-4}	1.5×10^{-4}

Từ hình 3.9, với cùng tỉ số Eb/No là 16 dB thì BER của hệ thống MIMO là 2×10^{-4} và MISO là 3.1×10^{-4} còn hệ thống SISO có BER là 1.5×10^{-4} . Như vậy trong trường hợp này hệ thống SISO đạt hiệu năng cao hơn hệ thống MIMO và MISO.

3.3 Khuyến nghị, đề xuất

Ta biết rằng trong truyền dẫn Vô tuyến điện, hiệu năng của hệ thống ngoài việc phụ thuộc vào các giải pháp kỹ thuật còn phụ thuộc vào môi trường truyền dẫn nói cách khác là kênh truyền. Bản chất thay đổi ngẫu nhiên theo thời gian và không gian của kênh truyền gây ra những ảnh hưởng lớn đến hoạt động hệ thống. Để hạn chế ảnh hưởng của kênh truyền và thiết kế hệ thống với các thông số tối ưu, cần đặc biệt quan tâm đến các đặc tính của kênh truyền vô tuyến và mô hình hóa kênh truyền hợp lý.

Các giải pháp kỹ thuật như ghép kênh không gian, với mục đích là để làm tăng tốc độ ghép kênh của hệ thống truyền thông bằng cách tận dụng sự đa dạng về không gian của MIMO, nó có thể được tăng lên bằng cách áp dụng ma trận xoay R cho các luồng dữ liệu. Điều này sẽ phần nào giải quyết được bài toán chi phí và tận dụng tối đa không gian khi nâng cấp tăng số lượng ăng ten với phương thức truyền MIMO. Tuy nhiên, chất lượng tín hiệu tại điểm thu còn phụ thuộc vào tính chất kênh truyền.

3.4 Kết luận chương 3

Trong chương này, chúng ta đã tiến hành mô phỏng hệ thống DVB – T2 khi sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM bằng công cụ phần mềm mô phỏng Matlab, qua đó có thể thấy rằng MIMO là kỹ thuật cho phép kết hợp nhiều đường dẫn hơn vì nó có nhiều đường lan truyền dự phòng hơn. Khi sử dụng các phân cực trực giao, các đường dẫn không ảnh hưởng nhiều đến việc tiếp nhận và các giải pháp MISO, MIMO được xem xét, có hiệu quả tương tự.

DVB – T2 có hiệu quả sử dụng phổ trên kênh truyền, tốc độ bit cao hơn thế hệ trước đó của DVB. Các phân tích đưa ra đã chứng minh được rằng công nghệ MIMO là một giải pháp then chốt để nâng cao năng lực hệ thống và độ tin cậy của liên kết mà không cần bất kỳ sự bổ sung nào về băng thông hay công suất truyền tín hiệu. Không những thế, nó còn cho thấy tiềm năng có thể truyền dẫn tín hiệu HDTV trên hệ thống truyền hình mặt đất.

KẾT LUẬN

Luận văn đã tiến hành mô phỏng, đánh giá hiệu năng hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM, các kết quả đã chỉ ra được ưu điểm khi áp dụng kỹ thuật MIMO có hiệu quả tốt hơn nhiều so với các kỹ thuật SISO truyền thống.

Các kết quả đạt được của luận văn:

- + Nội dung luận văn cao học đã cung cấp được những kiến thức cơ bản nhất của các hệ thống truyền hình số và các giải pháp kỹ thuật xử lý và truyền dẫn tín hiệu truyền hình số. trong đó, nhất mạnh về ưu điểm của các hệ thống truyền hình số mặt đất theo tiêu chuẩn DVB – T và DVB – T2.
- + Luận văn cũng đã mô phỏng được hệ thống truyền hình số mặt đất DVB – T2, để từ rút ra được những kết quả trực quan về hoạt động của hệ thống cũng nhưng các kỹ thuật truyền dẫn tín hiệu.

Luận văn đã chỉ ra được hiệu quả khi áp dụng kỹ thuật MIMO – OFDM, tuy nhiên để nâng cao chất lượng của hệ thống, thì cần phải quan tâm đến các yếu tố khác như các giải pháp kỹ thuật và môi trường truyền dẫn.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của luận văn là nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật mới mà hiện nay đang áp dụng cho các tiêu chuẩn truyền hình số như DVB–C, DVB–S đang áp dụng để cải thiện chất lượng cho hệ thống DVB –T2.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chu Đăng Thái Sơn (2016), *Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật MIMO cho bộ thu truyền hình số quảng bá DVB*, Đại học bách khoa Hà Nội.
- [2] Tạ Nam Thắng (2004), *Xây dựng mạng đơn tần trong truyền hình số mặt đất*, Đại học quốc gia Hà Nội.
- [3] Tô Thị Thu Trang (2012), *Truyền hình số mặt đất theo tiêu chuẩn DVB – T2 và kết quả đo kiểm nghiệm thực tế tại Việt Nam*, Đại học quốc gia Hà Nội.
- [4] Phạm Minh Triết (2011), *Nghiên cứu kỹ thuật MIMO – OFDM ứng dụng trong hệ thống thông tin không dây*, Đại học giao thông vận tải.
- [5] Ths. Trương Tấn Quang (2012), *Tổng quan hệ thống MIMO và kỹ thuật OFDM*, Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
- [6] P. Atanes, A. Arrinda, G. Prieto, P. Angueira, M. M. Vélez: “MIMO performance of the next generation DVB-T” IEEE Vehicular Technology Conference Barcelona, Spain, 26-29 April 2009
- [7] Marcus Hellberg: “Integration of MIMO Support in a DVB-T2 Simulator” Master’s Thesis, Department of Information Technologies, Faculty of Technology, Abo Akademi University, 2009
- [8] DVB-T2 technical details available at http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2#Technical_details .
- [9] A. Ramya, B. Devi “Implementation and Performance Analysis of MIMO Digital Video Broadcasting-T2A” International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol. 2, No. 4, pp. 1968-1971, 2012
- [10] David E. Vargas Paredero “Transmit and Receive Signal Processing for MIMO Terrestrial Broadcast Systems” Universitat Politècnica de València Departamento de Comunicaciones, Valencia, May 2016.

PHỤ LỤC

Luận văn sử dụng công cụ Matlab thực hiện mô tả, đánh giá kết quả tín hiệu MIMO – OFDM thông qua các điều kiện truyền dẫn khác nhau. Chương trình mô phỏng sử dụng trong luận văn được trình bày ở phần dưới đây.

```
%MO PHONG MIMO OFDM
```

```
clear all;
```

```
close all;
```

```
% system-wide variables
```

```
%global ECHO SYMB_ENERGY SYMB_SAMPLES SYMB_TIME CH_CONF  
SMPLPER GAIN...
```

```
% SIG_PWR PULSE INDENT TIMING VERSION
```

```
VERSION = '2.2.0';
```

```
ECHO = 'on';
```

```
% ECHO = 'off';
```

```
% prog_info = 1;
```

```
prog_info = 0;
```

```
% INDENT = 12;
```

```
%fashion;
```

```
md = 4;
```

```
s = 8;
```

```
fr_length = 10;
```

```
frames = 20;
```

```
zf = 3;
```

```
src_mode = 'rand';
```

```
% src_mode = 'ramp';
```

```
% src_mode = 'const';
```

```
src_const = 1;
```

```
enc_scheme = 'att';
```



```

pulse_shape = 'rrc';
% pulse_shape = 'rect';
pulse_cutoff = 8;
pulse_rolloff = 0.4;
SYMB_TIME = 0.0001;
SYMB_SAMPLES = 4;
SYMB_ENERGY = 1;
CH_CONF = [2 2];
ch_snr_pts = 10;
ch_snr_lo = 1;
ch_snr_hi = 10;
ch_snr = 4;
% ch_snr = linspace(ch_snr_lo,...
%   ch_snr_hi,ch_snr_pts);
% ch_fading = 'none';
% ch_fading = 'awgn';
ch_fading = 'rayleigh';
est_csi = 'perfect';
% pre-requisites
%SMPLPER = SYMB_TIME / SYMB_SAMPLES;
%SIG_PWR = SYMB_ENERGY / SYMB_TIME;
%GAIN = rescale(md,SYMB_ENERGY);
TIMING = 0; % disable DETECT timing when running performance measurement
timing = 0;
name = 'MIMO';
clear all;
clc
%Dieu che OFDM
clear all% xoa tat ca cac bien

```



```

close all% xoa tat cac hinh
clc% xoa man hinh
Dlen=1024; % Tat ca du lieu symbol duoc truyen
Flen=64; % 64 du lieu symbol tren khung duoc bien doi IFFT
IFFTlen=2*Flen; % chieu dai 128 symbol cho IFFT
F=Dlen/Flen; % so luong frame
G=16; % chieu dai chuoi bao ve
x1=zeros(Dlen/2,1);% tao ra chuoi symbol sau khi duoc ma hoa qpsk
y=zeros(IFFTlen,1);
y1=zeros(IFFTlen,1);
z=zeros(F*IFFTlen,1);% chuoi symbol sau khi duoc chuyen doi song song noi tiep
ofdm_sg=zeros(F*IFFTlen+G,1);% chuoi symbol sau khi duoc ghep chuoi bao ve
% tao nguon tin hieu
x=randi(Dlen,1,2);% tao chuoi tin hieu 0 va 1 bat ki
% chuyen sang mien phuc
%x1=qpsk_dc(x);% ham con chuyen doi qpsk
for i=1:F
% chuyen doi noi tiep song song
for j=1:Flen/2
y(j+IFFTlen/2-Flen/4)=x1((i-1)*Flen/2+j);
end
% dua ve cac song con truc giao
y1=ifft(y,length(y));% bien doi ifft
% chuyen doi song song noi tiep
for j=1:IFFTlen
z((i-1)*IFFTlen+j)=y1(j);
end
end
% chen chuoi bao ve

```



```

for i=1:G
ofdm_sg(i)=z(F*IFFTlen-G+i);
end
for i=1:F*IFFTlen
ofdm_sg(G+i)=z(i);
end
% Do thi trong mien thoi gian
%figure(1);
%subplot(2,1,1);
%stem(real(z),'r. ');
%xlabel('chi so thoi gian');ylabel('chi so bien do');
%title('phan thuc');
%subplot(2,1,2);
%stem(imag(z),'r. ');
%xlabel('chi so thoi gian');ylabel('chi so bien do');
%title('phan ao');
%figure(2);
%f = linspace(-Flen,Flen,length(z));
%plot(f,abs(z));%bieu dien gia tri tuyet doi cua tin hieu sau dieu che ofdm theo
mien thoi gian
%title('gia tri tuyet doi cua tin hieu trong mien thoi gian');
y2 = fft(z);%chuyen tin hieu sang mien tan so
%xlabel('chi so thoi gian');
%ylabel('chi so tuyet doi cua tin hieu');
% neu Y2 la be hon 0.01 thi Y2=0.001
for j=1:F*IFFTlen;
if abs(y2(j)) < 0.01
%y2(j)=0.01;
end

```



```

end
%y2 = 10*log10(abs(y2));%chuyen y2 sang dB
% Do thi trong mien tan so
%figure(3);
%f = linspace(-Flen,Flen,length(y2));
%plot(f,y2);
%axis([-IFFTlen/2 IFFTlen/2 -20 20]);
%xlabel('truc tan so');
%ylabel('chi so tuyet doi cua tin hieu theo dB');
%title('pho cua tin hieu trong mien tan so');
%%%%%%%%%%%%%%
%Dieu che 64-QAM%%%%%%%%
%function y=dc64qam(x)
for i=1:4:length(x)
if x(i)==0 & x(i+1)==0 & x(i+2)==0 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=exp(j*pi/4);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==0 & x(i+2)==0 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=exp(j*3*pi/4);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==1 & x(i+2)==0 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=exp(j*5*pi/4);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==1 & x(i+2)==0 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=exp(j*7*pi/4);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==0 & x(i+2)==1 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=2*exp(j*pi/6);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==0 & x(i+2)==1 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*pi/4);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==0 & x(i+2)==0 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*pi/3);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==0 & x(i+2)==0 & x(i+3)==1

```



```

y((i+3)/4)=2*exp(j*2*pi/3);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==0 & x(i+2)==1 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*3*pi/4);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==0 & x(i+2)==1 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=2*exp(j*5*pi/6);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==1 & x(i+2)==1 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=2*exp(j*7*pi/6);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==1 & x(i+2)==1 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*5*pi/4);
elseif x(i)==1 & x(i+1)==1 & x(i+2)==0 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*4*pi/3);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==1 & x(i+2)==0 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*5*pi/3);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==1 & x(i+2)==1 & x(i+3)==1
y((i+3)/4)=2*exp(j*7*pi/4);
elseif x(i)==0 & x(i+1)==1 & x(i+2)==1 & x(i+3)==0
y((i+3)/4)=2*exp(j*11*pi/6);
end
end
clear all;
clc;
M = 32;
k = log2(M);
n = 2e5;
nSyms = n/k;
hMod = modem.qammod(M);
hMod.InputType = 'Bit';
hMod.SymbolOrder = 'Gray';
hDemod = modem.qamdemod(hMod);

```



```

x = randi([0 1],n,1);
tx = modulate(hMod,x);
EbNo = 0:30;
SNR = EbNo +5- 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR));
bit_error_rate = zeros(length(SNR),1);
for i=1:length(SNR)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR)
    [~,bit_error_rate(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo1 = 0:30; % In dB
SNR1 = EbNo1 +8- 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR1));
bit_error_rate1 = zeros(length(SNR1),1);
for i=1:length(SNR1)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR1(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR1)
    [~,bit_error_rate1(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo2 = 0:29; % In dB
SNR2 = EbNo2 +10- 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR2));
bit_error_rate2 = zeros(length(SNR2),1);
for i=1:length(SNR2)

```



```

    rx(:,i) = awgn(tx,SNR2(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR2)
    [~,bit_error_rate2(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo3 = 0:30; % In dB
SNR3 = EbNo3 + 12 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR3));
bit_error_rate3 = zeros(length(SNR3),1);
for i=1:length(SNR3)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR3(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR3)
    [~,bit_error_rate3(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
figure;
semilogy(EbNo, bit_error_rate, '^-', EbNo1, bit_error_rate1, 'o-', EbNo2,
bit_error_rate2, '*-', EbNo3, bit_error_rate3, '+-');
grid on;
legend('Kenh TU6','Kenh P1','Kenh F1','Kenh Gaussian');
xlabel('Eb/No (dB)');
ylabel('Bit Error Rate');
title('BER CHO CAC KENH MO PHONG KHAC NHAU');
clear all
M3 = 32;
k = log2(M3);
n = 2e5;

```



```

nSyms = n/k;
hMod = modem.qammod(M3);
hMod.InputType = 'Bit';
hMod.SymbolOrder = 'Gray';
hDemod = modem.qamdemod(hMod);
x = randi([0 1],n,1);
tx = modulate(hMod,x);
EbNo7 = 0:30;
SNR7 = EbNo7 + 6.3 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR7));
bit_error_rate7 = zeros(length(SNR7),1);
for i=1:length(SNR7)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR7(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR7)
    [~,bit_error_rate7(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo8 = 0:30; % In dB
SNR8 = EbNo8 + 11.4 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR8));
bit_error_rate8 = zeros(length(SNR8),1);
for i=1:length(SNR8)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR8(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR8)
    [~,bit_error_rate8(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end

```



```

EbNo9 = 0:29; % In dB
SNR9 = EbNo9 + 11.6 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR9));
bit_error_rate9 = zeros(length(SNR9),1);
for i=1:length(SNR9)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR9(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR9)
    [~,bit_error_rate9(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
figure;
semilogy(EbNo7, bit_error_rate7, '^-', EbNo8, bit_error_rate8, 'o-', EbNo9,
bit_error_rate9, '*-');
grid on;
legend('SISO','MISO','MIMO');
xlabel('Eb/No (dB)');
ylabel('Bit Error Rate');
title('BER TREN KANH MIMO VA MISO TOT HON KANH SISO TREN CUNG
Eb/No');
clear all
clc;
clear;
M2 = 32;
k = log2(M2);
n = 2e5;
nSyms = n/k;
hMod = modem.qammod(M2);
hMod.InputType = 'Bit';

```



```

hMod.SymbolOrder = 'Gray';
hDemod = modem.qamdemod(hMod);
x = randi([0 1],n,1);
tx = modulate(hMod,x);
EbNo4 = 0:30;
SNR4 = EbNo4 + 6.3 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR4));
bit_error_rate4 = zeros(length(SNR4),1);
for i=1:length(SNR4)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR4(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR4)
    [~,bit_error_rate4(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo5 = 0:30; % In dB
SNR5 = EbNo5 + 7 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR5));
bit_error_rate5 = zeros(length(SNR5),1);
for i=1:length(SNR5)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR5(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR5)
    [~,bit_error_rate5(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo6 = 0:29; % In dB
SNR6 = EbNo6 + 12.5 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR6));

```



```

bit_error_rate6 = zeros(length(SNR6),1);
for i=1:length(SNR6)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR6(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR6)
    [~,bit_error_rate6(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
figure;
semilogy(EbNo4, bit_error_rate4, '^-',EbNo5, bit_error_rate5, 'o-',EbNo6,
bit_error_rate6, '*-');
grid on;
legend('SISO','MISO','MIMO');
xlabel('Eb/No (dB)');
ylabel('Bit Error Rate');
title('BER TREN KENH MIMO TOT HON KENH MISO VA SISO TREN CUNG
Eb/No');
clear all
clc;
M4 = 32;
k = log2(M4);
n = 2e5;
nSyms = n/k;
hMod = modem.qammod(M4);
hMod.InputType = 'Bit';
hMod.SymbolOrder = 'Gray';
hDemod = modem.qamdemod(hMod);
x = randi([0 1],n,1);
tx = modulate(hMod,x);

```



```

EbNo10 = 0:30;
SNR10 = EbNo10 + 12 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR10));
bit_error_rate = zeros(length(SNR10),1);
for i=1:length(SNR10)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR10(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR10)
    [~,bit_error_rate10(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo11 = 0:30; % In dB
SNR11 = EbNo11 + 11.3 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR11));
bit_error_rate11 = zeros(length(SNR11),1);
for i=1:length(SNR11)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR11(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR11)
    [~,bit_error_rate11(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo12 = 0:29; % In dB
SNR12 = EbNo12 + 11.7 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR12));
bit_error_rate12 = zeros(length(SNR12),1);
for i=1:length(SNR12)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR12(i),'measured');
end

```



```

rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR12)
    [~,bit_error_rate12(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
figure;
semilogy(EbNo10, bit_error_rate10,'^-',EbNo11, bit_error_rate11, 'o-',EbNo12,
bit_error_rate12, '*-');
grid on;
legend('SISO','MISO','MIMO');
xlabel('Eb/No (dB)');
ylabel('Bit Error Rate');
title('BER TREN KENH MIMO, MISO VA SISO NHU NHAU TREN CUNG
Eb/No');
clear all
clc;
M5 = 32;
k = log2(M5);
n = 2e5;
nSyms = n/k;
hMod = modem.qammod(M5);
hMod.InputType = 'Bit';
hMod.SymbolOrder = 'Gray';
hDemod = modem.qamdemod(hMod);
x = randi([0 1],n,1);
tx = modulate(hMod,x);
EbNo13 = 0:30;
SNR13 = EbNo13 + 6.3 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR13));
bit_error_rate = zeros(length(SNR13),1);

```



```

for i=1:length(SNR13)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR13(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR13)
    [~,bit_error_rate13(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo14 = 0:30; % In dB
SNR14 = EbNo14 + 11.3 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR14));
bit_error_rate14 = zeros(length(SNR14),1);
for i=1:length(SNR14)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR14(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR14)
    [~,bit_error_rate14(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end
EbNo15 = 0:29; % In dB
SNR15 = EbNo15 + 12 - 10*log10(k);
rx = zeros(nSyms,length(SNR15));
bit_error_rate15 = zeros(length(SNR15),1);
for i=1:length(SNR15)
    rx(:,i) = awgn(tx,SNR15(i),'measured');
end
rx_demod = demodulate(hDemod,rx);
for i=1:length(SNR15)
    [~,bit_error_rate15(i)] = biterr(x,rx_demod(:,i));
end

```



```

figure;
semilogy(EbNo13, bit_error_rate13, '^-', EbNo14, bit_error_rate14, 'o-', EbNo15,
bit_error_rate15, '*-');
grid on;
legend('SISO', 'MISO', 'MIMO');
xlabel('Eb/No (dB)');
ylabel('Bit Error Rate');
title('BER TREN KENH MISO TIEM CAN KENH MIMO');
clear all
Dlen=1024;
Flen=64;
IFFTlen=2*Flen;
F=Dlen/Flen;
G=16;
x1=zeros(Dlen/2,1);
y=zeros(IFFTlen,1);
y1=zeros(IFFTlen,1);
z=zeros(F*IFFTlen,1);
ofdm_sg=zeros(F*IFFTlen+G,1);
x=randi(Dlen,1,2);
for i=1:F
for j=1:Flen/2
y(j+IFFTlen/2-Flen/4)=x1((i-1)*Flen/2+j);
end
y1=ifft(y,length(y));
for j=1:IFFTlen
z((i-1)*IFFTlen+j)=y1(j);
end
end
end

```



```
for i=1:G
    ofdm_sg(i)=z(F*IFFTlen-G+i);
end
for i=1:F*IFFTlen
    ofdm_sg(G+i)=z(i);
end
```