

**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**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ**

**HÀ NỘI – 2019**

Luận văn được hoàn thành tại:

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

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. VŨ VĂN SAN**

Phản biện 1 :.....

Phản biện 2 :.....

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Vào lúc: ..... giờ ..... ngày.....tháng.....năm 2019

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn Thông.

## MỞ ĐẦU

DVB-T2 (viết tắt của "*Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial*") là phần mở rộng của tiêu chuẩn truyền hình DVB-T do DVB phát minh cho việc truyền dẫn truyền hình số mặt đất. Hệ thống này cho phép truyền dẫn nén âm thanh, video và các dữ liệu kỹ thuật số khác dưới dạng "ống lớp vật lý" (PLPs), và 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. 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.

Luận văn gồm 3 chương:

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 14,4 MHz 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. Khi có quá nhiều bit lỗi, sự ảnh hưởng của nhiễu được làm giảm bằng cách che lỗi.
- ✓ 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].

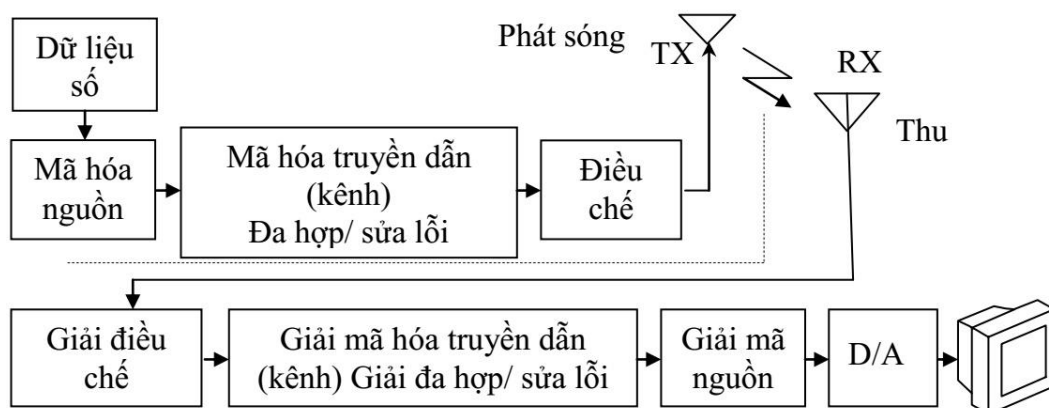
### 1.1.3 Xử lý và truyền dẫn tín hiệu truyền hình số

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
- ✓ Truyền tín hiệu truyền hình số bằng cáp quang
- ✓ Truyền tín hiệu truyền hình số qua vệ tinh
- ✓ Phát sóng truyền hình số trên mặt đất

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



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 (Source Coding): 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...
- ✓ Phía 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)
- ✓ 5 tốc độ FEC (sửa lỗi chuyển tiếp) khác nhau.
- ✓ 4 tùy chọn Khoảng thời gian bảo vệ.
- ✓ Các sóng mang 2K hoặc 8K.
- ✓ Băng thông kênh 6, 7 hoặc 8 MHz.
- ✓ Video ở 50Hz hoặc 60Hz.

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.

### 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

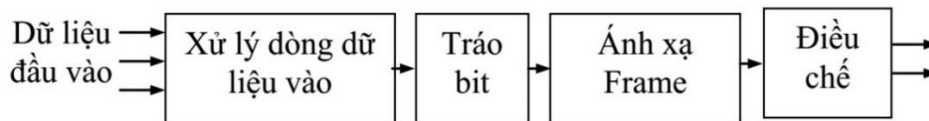
Là tiêu chuẩn truyền hình số mặt đất thế hệ thứ hai, kế tiếp người tiền nhiệm DVB-T với các tính năng nổi trội hơn nâng cao hiệu quả trong việc truyền tải nội dung số đến khách hàng.

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 trục tần số)

DVB-T2 có tùy chọn sử dụng kỹ thuật Alamouti: với một cặp máy phát Alamouti là một ví dụ của MISO (Multiple Input, Single Output), 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 trục tần số.

*e. Symbol khởi đầu (P1 và P2)*

Những symbol đầu tiên của khung DVB-T2 ở lớp vật lý là các symbol khởi đầu (preamble symbols). 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 – Pre-signalling) có phương thức điều chế và mã hoá cố định, các bit còn lại (L1 – Post-signalling) 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)*

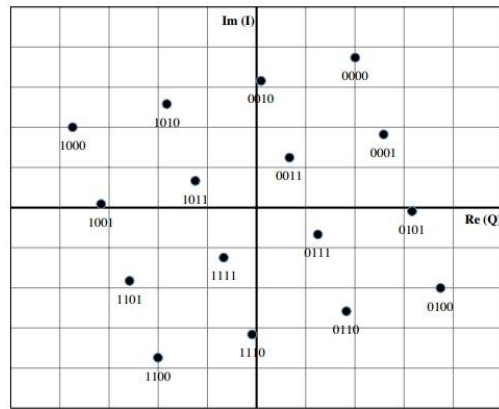
Pilot phân tán ((Scattered Pilots) được xác định từ trước cả về biên độ và pha, và được “cấy” vào tín hiệu với khoảng cách đều nhau trên cả hai trục thời gian và tần số. Pilot phân tán được sử dụng để đánh giá sự thay đổi trên đường truyền.

*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 DVBT2, 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 (Rotated Constellation) và trễ Q (Q-delay). 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. 3 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.

*j. Mã sửa sai LDPC/BCH*

Trong khi DVB-T sử dụng mã sửa sai trong và ngoài là mã cuốn và mã R-S (Convolutional and Reed-Solomon Codes), DVB-T2 và DVB-S2 sử dụng 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*

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.

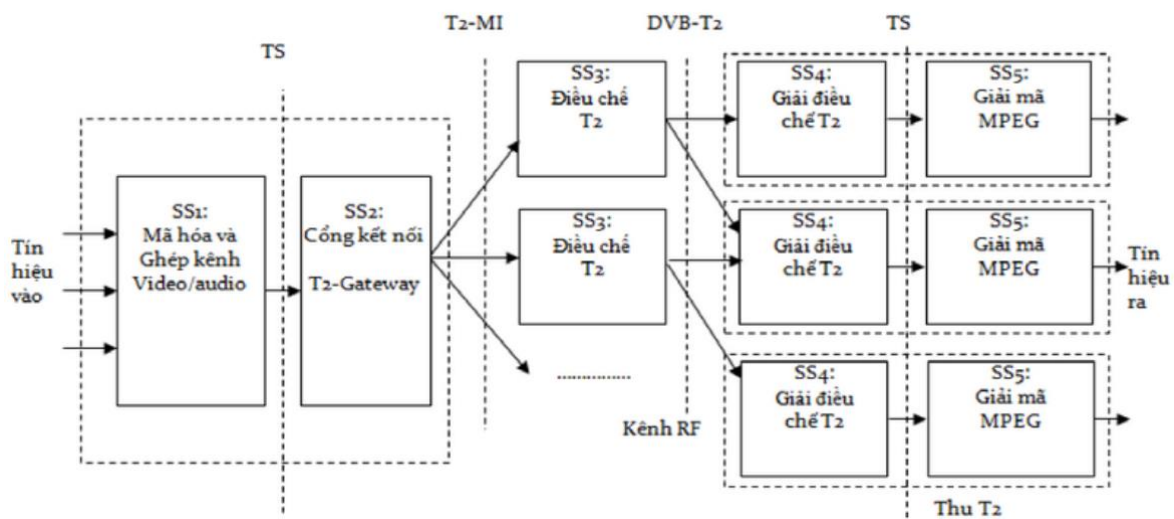
Kỹ thuật ACE làm giảm PAPR bằng cách mở rộng các điểm ngoài của đồ thị chòm sao trên miền tần số, còn TR làm giảm PAPR bằng cách trực tiếp loại bỏ các giá trị đỉnh của tín hiệu trên miền thời gian.

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 1.4. 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 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 giản đồ chòm sao lên đến 256QAM trên mỗi sóng mang, do đó dung lượng dữ liệu truyền sẽ có mức tăng khá lớn trong cùng băng thông kênh. DVB-T2 đã đạt được tốc độ bit và hiệu quả cao chỉ trong một giai đoạn ngắn cải tiến.

## **1.4 Kết luận chương 1**

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.

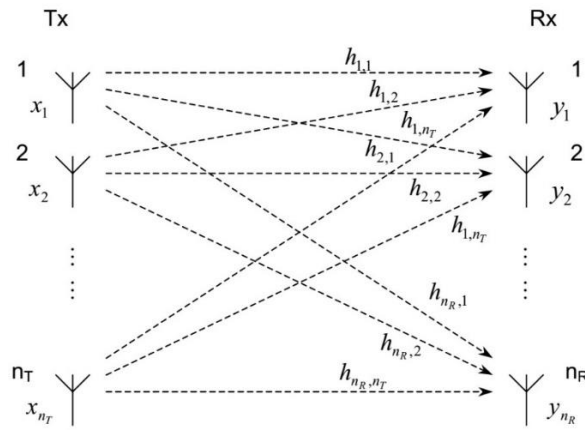
## CHƯƠNG 2 – KỸ THUẬT MIMO – OFDM TRONG TRUYỀN HÌNH SỐ MẶT ĐẤT DVB – T2

### 2.1 Tổng quan về kỹ thuật MIMO

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



Hình 2.1. Sơ đồ khối hệ thống MIMO

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:

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

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

MIMO được đề xuất để khắc phục hạn chế về dung lượng kênh truyền của các hệ thống SISO. Với  $M_T$  anten phát và  $M_R$  anten thu, trong môi trường pha-đỉnh Rayleigh giàu tán xạ

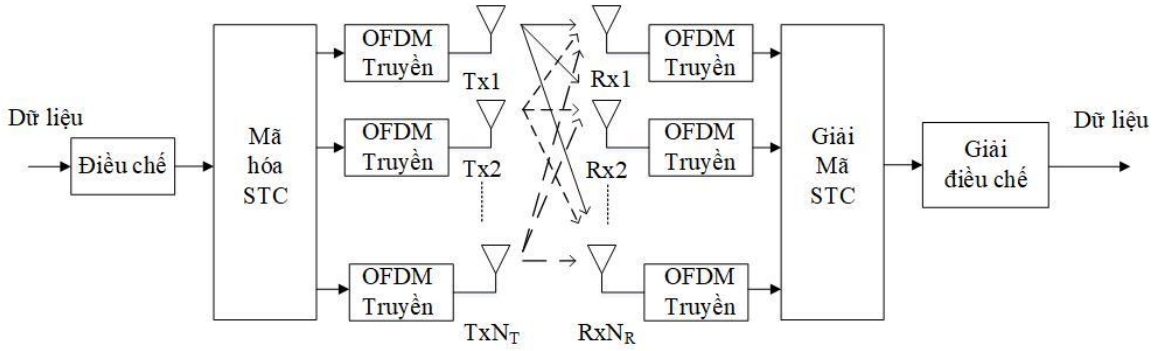
và biến đổi chậm, kênh MIMO  $M_T \times M_R$  như ở Hình 2.1, cho phép đạt được dung lượng kênh truyền

$$\bar{C}_{\text{MIMO}} = \begin{cases} M_R W \log_2(1 + \rho) & \text{nếu } M_R < M_T \\ M_T W \log_2(1 + \rho \frac{M_R}{M_T}) & \text{nếu } M_R \geq M_T \end{cases} \quad (2.5)$$

### 2.3 Kỹ thuật MIMO – OFDM

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.

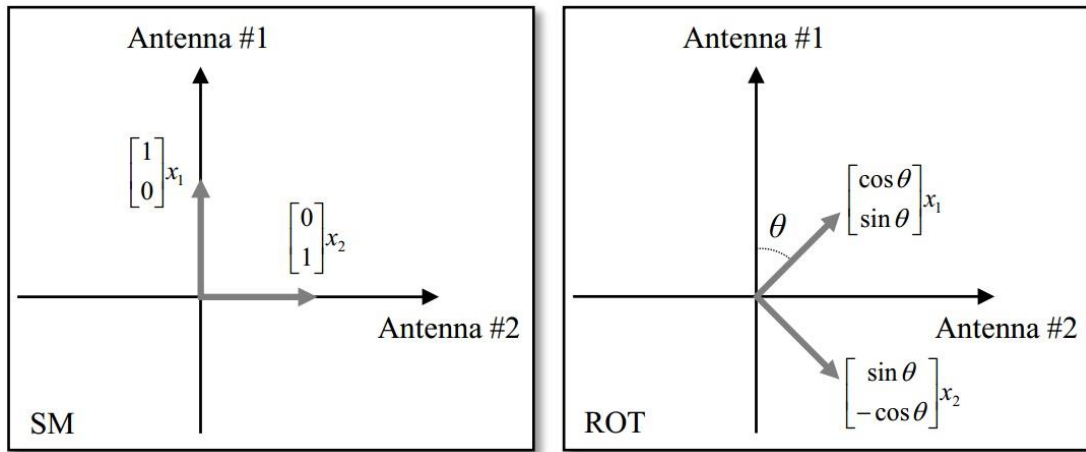


Hình 2.2. Sơ đồ khối hệ thống MIMO - OFDM

### 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  $2 \times 2$  với SM, một ký hiệu thông tin được truyền bởi một ăng ten và được nhận bởi hai ăng ten 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:

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



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

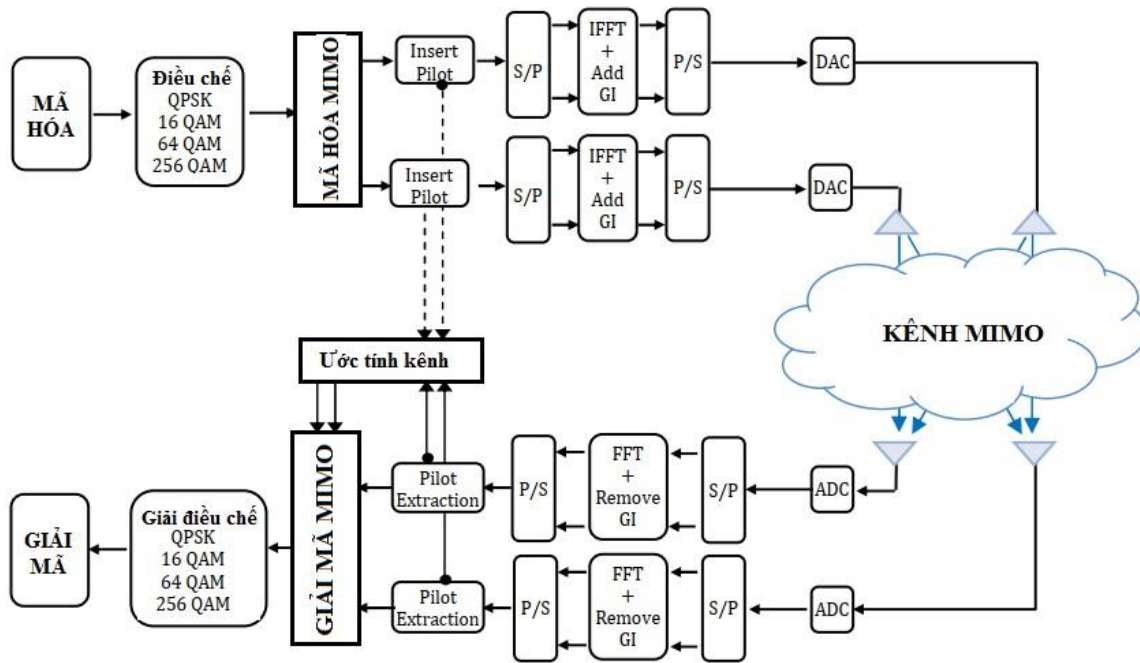
Hình 2.6 minh họa biểu diễn vector của hệ thống MIMO  $2 \times 2$  truyền các ký hiệu thông tin  $x_1$  và  $x_2$  trong sơ đồ mà không áp dụng ma trận xoay (sơ đồ bên trái có nhãn SM) và với ứng dụng ma trận xoay (sơ đồ bên phải có nhãn ROT). Trong trường hợp không quay, mỗi ký hiệu dữ liệu  $x_1$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

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

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  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$ ,  $1/32$ ,  $1/128, \dots$
- ✓ 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 máy phát 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.

## 2.6 Kết luận chương 2

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.



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

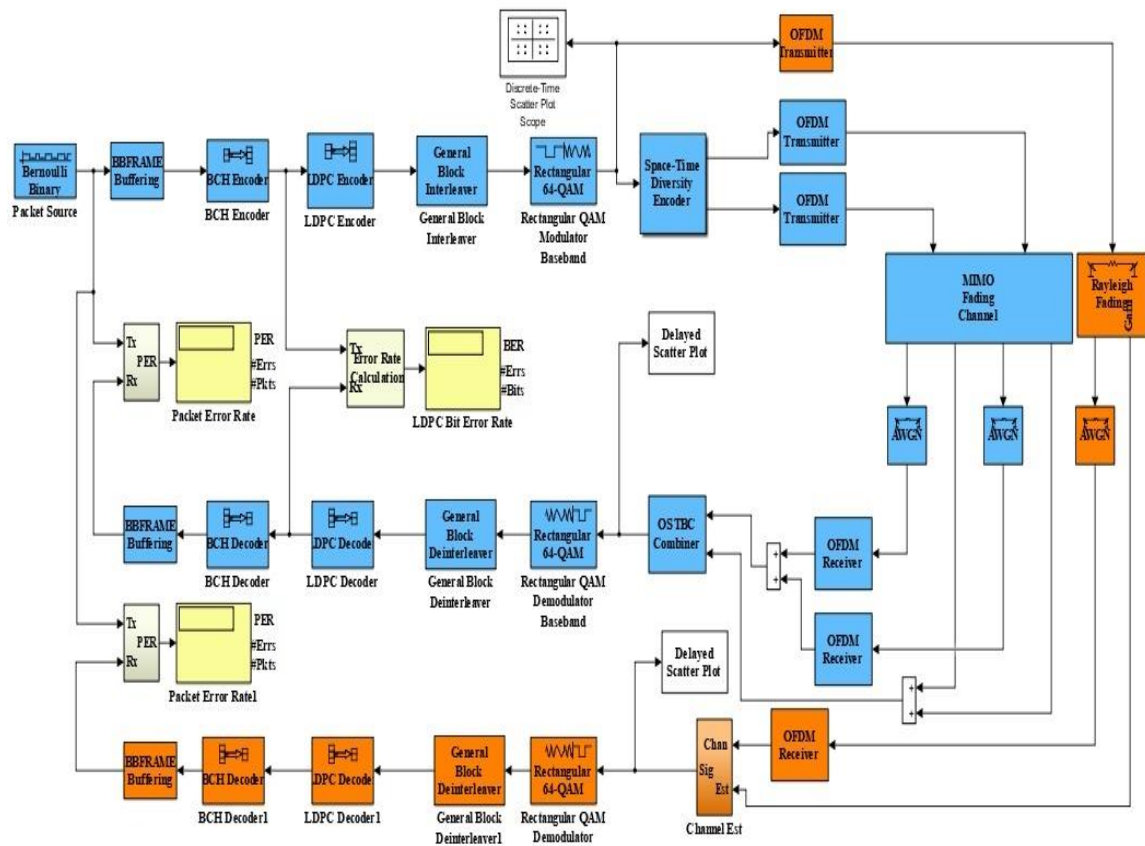
### 3.1 Mô hình hệ thống DVB – T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM

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

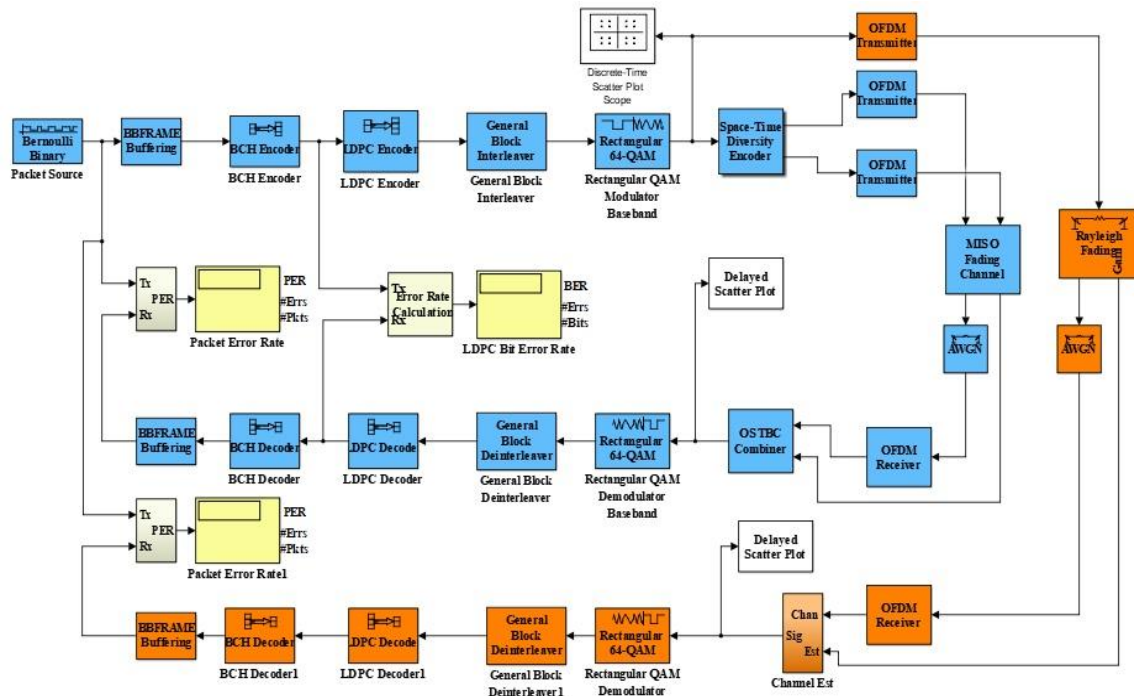
- ✓ Tạo BBFRAME bằng một nguồn ngẫu nhiên
- ✓ Mã hóa BCH, cho tất cả các tham số mã hóa
- ✓ Mã hóa LDPC, cho tất cả các tham số mã hóa
- ✓ Interleaving (Sắp xếp lại các ký hiệu trong vector đầu vào)
- ✓ Điều chế 64 – QAM
- ✓ Mã hóa không gian thời gian
- ✓ Mô hình kỹ thuật MIMO – OFDM, kênh fading đa 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
- ✓ Giải mã BCH

*Bảng 3.1. Các thông số mô phỏng của hệ thống*

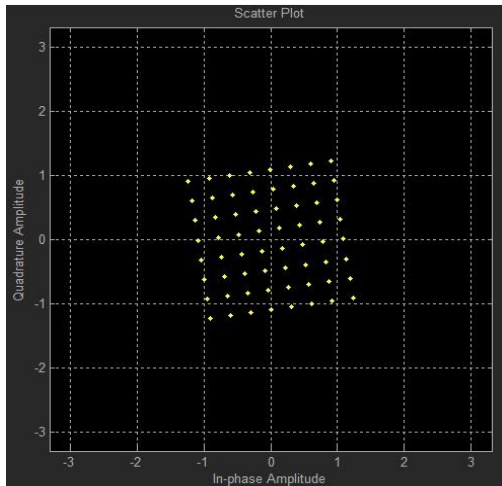
Thông số	Giá trị
Điều chế	64-QAM
số lần lặp lại	50
Mô hình kênh	MIMO, Rayleigh
Sơ đồ anten	2×2
Mã hóa kênh	BCH/LDPC
Tỷ lệ mã	3/4



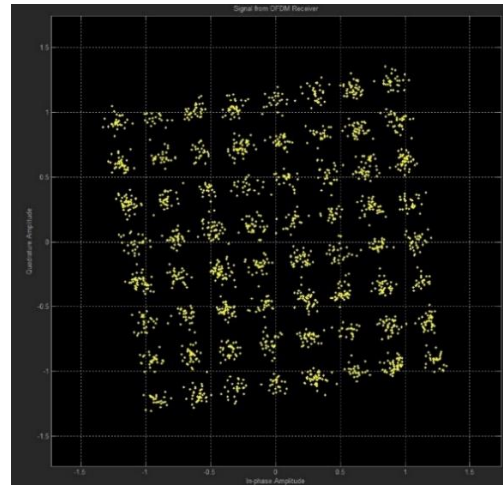
Hình 3.1. Mô hình hệ thống DVB –T2 sử dụng kỹ thuật MIMO – OFDM



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

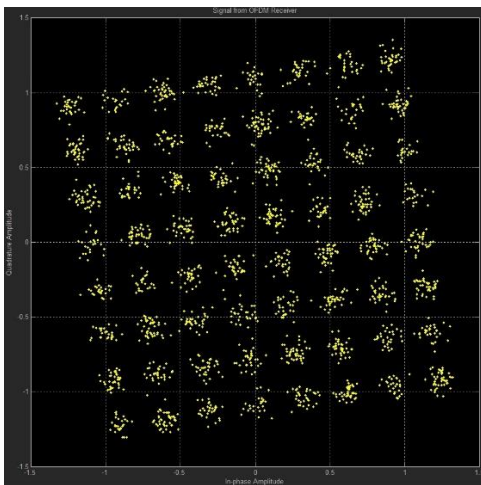


Hình 3.3 Tín hiệu vào

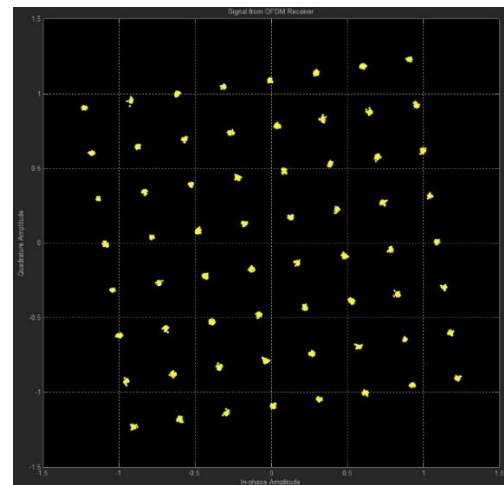


Hình 3.4 Tín hiệu ra khi sử dụng kỹ thuật SISO - OFDM

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 MISO - OFDM



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

Với kết quả chùm sao tín hiệu đầu ra trên hình 3.4 và hình 3.5 ở trên có thể thấy, khi áp dụng kỹ thuật MIMO thì chùm sao tín hiệu nhận được có chất lượng tốt hơn nhiều so với áp dụng kỹ thuật SISO. Trong khi kỹ thuật SISO có chùm 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.

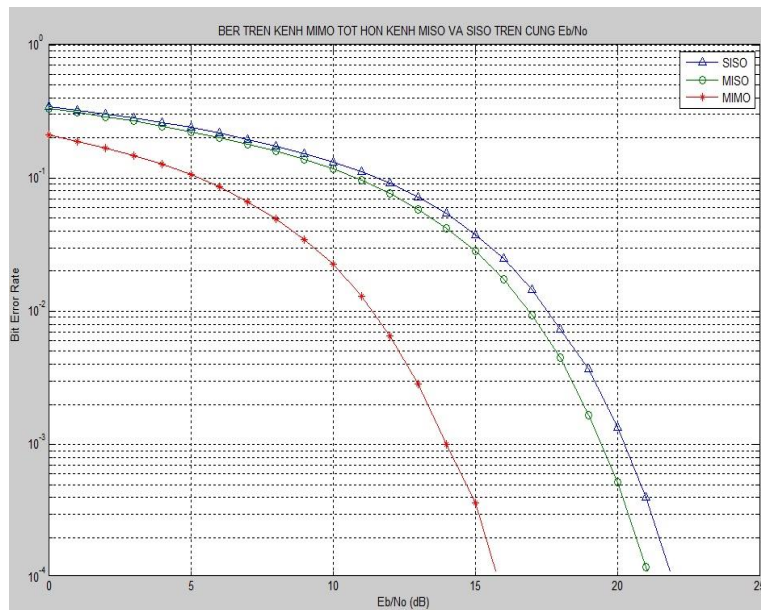
### 3.2 Phân tích, đánh giá kết quả

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  $2 \times 2$ ; 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.

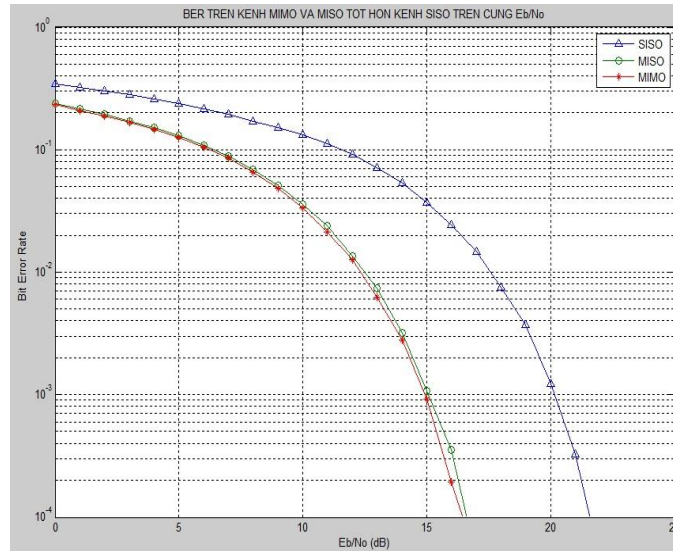
Bảng 3.2. Các thông số đầu vào của hệ thống

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

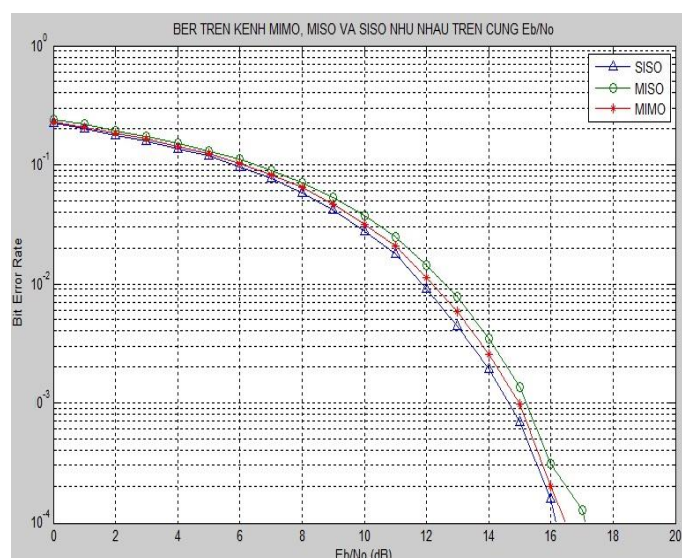
Trong trường hợp thứ hai này ta mô phỏng kênh truyền với hệ thống MISO gồm hai anten phát một anten thu và sử dụng Beamforming để tăng hiệu suất phát. Qua mô phỏng với dữ liệu đầu vào như trên kết quả thu được tại máy thu BER giảm thiểu tương tự như sử dụng hệ thống MIMO, kết quả mô phỏng được chỉ ra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



Hình 3. 8 Quan hệ giữa BER và  $E_b/N_0$  khi sử dụng MIMO, MISO và SISO và kỹ thuật Beamforming

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 đình, 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.





Hình 3. 9 Quan hệ giữa BER và  $E_b/N_0$  khi sử dụng MIMO, MISO và SISO với kênh truyền có tia truyền thẳng (LOS)

### 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 phần mềm 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 như 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.