

Báo cáo môn học

Nhập môn Kỹ thuật Truyền thông

Đỗ Minh Đức

duc.dm200158@sis.hust.edu.vn

Phạm Xuân Trường

truong.px200655@sis.hust.edu.vn

Nguyễn Văn Nam

nam.nv200421@sis.hust.edu.vn

Ngành: Khoa học máy tính

Giảng viên hướng dẫn: PhD. Trịnh Văn Chiến

Chữ kí GVHD

Khoa:

Kỹ thuật máy tính

Trường:

Công nghệ thông tin và Truyền thông

TÓM TẮT NỘI DUNG ĐỒ ÁN

Điều chế kỹ thuật số sử dụng các tín hiệu rời rạc, chẳng hạn như mã nhị phân, để truyền thông tin bằng cách thay đổi biên độ, tần số hoặc pha của sóng mang. Các kỹ thuật điều chế số thông dụng bao gồm Điều chế khóa dịch biên độ (ASK), Điều chế khóa dịch pha (PSK) và Điều chế khóa dịch tần số (FSK). Trong bài báo cáo này, chúng em sẽ mô phỏng lại quá trình điều chế và giải điều chế một chuỗi nhị phân ngẫu nhiên, sử dụng các phương pháp điều chế khác nhau. Chương trình chúng em sẽ được mô phỏng 3 quá trình: Điều chế, giải điều chế và khảo sát hai quá trình này dưới sự tác động của nhiễu Gauss. Trong quá trình nghiên cứu và thực nghiệm, mỗi phương pháp điều chế đều thể hiện các đặc tính riêng biệt của mình.

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU	1
1.1 Đặt vấn đề.....	1
1.2 Cấu trúc bài báo cáo	1
CHƯƠNG 2. NỀN TẢNG LÝ THUYẾT	3
2.1 Phạm vi nghiên cứu	3
2.2 Điều chế và giải điều chế.....	3
2.3 Các phương pháp điều chế số.....	3
2.4 Mô hình kênh truyền.....	4
CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT.....	5
3.1 Tổng quan phương pháp	5
3.2 Cấu hình	5
3.3 Điều chế	5
3.4 Giải điều chế	5
3.5 Thêm nhiễu Gauss	6
3.6 Giải điều chế dưới tác động của nhiễu Gauss.....	6
CHƯƠNG 4. PHÂN TÍCH LÝ THUYẾT	7
4.1 Tính xác suất lỗi bit (BER) của kênh truyền AWGN sử dụng ASK	7
4.2 Tính xác suất lỗi bit (BER) của kênh truyền AWGN sử dụng FSK.....	9
4.3 Tính xác suất lỗi bit (BER) của kênh truyền AWGN sử dụng PSK.....	12
4.4 Mối quan hệ giữa BER-SNR.....	15
CHƯƠNG 5. ĐÁNH GIÁ THỰC NGHIỆM.....	16
5.1 Lựa chọn các tham số.....	16
5.2 Mô phỏng quá trình điều chế	16
5.3 Mô phỏng quá trình giải điều chế	18

5.4 Điều chế và giải điều chế dưới sự tác động của nhiễu	19
5.5 Tính toán xác suất lỗi	20
5.6 So sánh giữa lý thuyết và kết quả mô phỏng	20
CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN	24
6.1 Kết luận	24
CHƯƠNG 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO	25

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 4.1	Chòm sao điều chế s_1 và s_2 trong không gian Euclid	10
Hình 4.2	Xác suất lỗi bit của các phương pháp ASK, FSK, PSK	15
Hình 5.1	Sóng mang ASK	16
Hình 5.2	Sóng mang FSK	17
Hình 5.3	Sóng mang PSK	17
Hình 5.4	Chuỗi dữ liệu nhị phân	17
Hình 5.5	Điều chế ASK	18
Hình 5.6	Điều chế FSK	18
Hình 5.7	Điều chế PSK	18
Hình 5.8	Chuỗi dữ liệu nhị phân được thu được sau khi giải điều chế . .	18
Hình 5.9	Dạng sóng truyền theo phương pháp ASK dưới sự tác động của nhiễu Gauss	19
Hình 5.10	Dạng sóng truyền theo phương pháp FSK dưới sự tác động của nhiễu Gauss	19
Hình 5.11	Dạng sóng truyền theo phương pháp PSK dưới sự tác động của nhiễu Gauss	19
Hình 5.12	Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế phương pháp ASK . . .	19
Hình 5.13	Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế phương pháp FSK . . .	20
Hình 5.14	Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế phương pháp PSK . . .	20
Hình 5.15	ASK	21
Hình 5.16	FSK	22
Hình 5.17	PSK	23

DANH MỤC BẢNG BIỂU

DANH MỤC THUẬT NGỮ VÀ TỪ VIẾT TẮT

Thuật ngữ	Ý nghĩa
ASK	Điều chế khóa dịch biên độ (Amplitude Shift Key)
AWGN	Nhiều trắng Gauss có tính cộng (Additive White Gaussian noise)
BER	Tỉ lệ lỗi Bit (Bit Error Rate)
FSK	Điều chế khóa dịch tần số (Frequency Shift Key)
PSK	Điều chế khóa dịch pha (Phase Shift Key)
SER	Tỉ lệ lỗi kí hiệu (Symbol Error Rate)

CHAPTER 1. GIỚI THIỆU

Trong các hệ thống truyền thông không dây, điều chế là quá trình quan trọng của việc kết hợp một tín hiệu thông tin với một tín hiệu sóng mang tần số cao để truyền. Có hai loại điều chế: điều chế tương tự và điều chế kỹ thuật số. Phương pháp điều chế tương tự trực tiếp mã hóa thông tin từ những thay đổi trong biên độ, pha hoặc tần số của tín hiệu truyền. Mặt khác, các phương pháp điều chế và giải điều chế kỹ thuật số sử dụng các thay đổi về biên độ, pha và tần số để truyền tải các bit kỹ thuật số đại diện cho thông tin được truyền đạt.

Với nhu cầu ngày càng tăng về các cuộc gọi thoại, video và truyền dữ liệu qua các mạng truyền thông thuộc mọi loại, điều chế và giải điều chế kỹ thuật số gần đây đã thay thế các phương pháp điều chế và giải điều chế tương tự trong các mạng không dây để sử dụng hiệu quả nhất tài nguyên hạn chế: băng thông. Trong báo cáo này, chúng em thảo luận về kỹ thuật điều chế và giải điều chế kỹ thuật số.

1.1 Đặt vấn đề

Sự tăng trưởng nhanh chóng của truyền thông kỹ thuật số đã dẫn đến nhu cầu ngày càng tăng về việc truyền tín hiệu kỹ thuật số hiệu quả, đáng tin cậy và mạnh mẽ trên các kênh truyền thông khác nhau. Tuy nhiên, kênh truyền thông có thể gây ra sự suy yếu đáng kể cho tín hiệu kỹ thuật số, bao gồm tiếng ồn, nhiễu, mờ dần và phân tán, có thể dẫn đến lỗi và giảm tốc độ dữ liệu.

1.2 Cấu trúc bài báo cáo

Bài báo cáo này được chia thành sáu chương, cung cấp một cái nhìn tổng quan toàn diện về các kỹ thuật điều chế kỹ thuật số và các ứng dụng của nó trong các hệ thống.

Chương 2: Nền tảng lý thuyết. Cung cấp một bối cảnh và cái nhìn tổng quan để xác định ba kỹ thuật điều chế kỹ thuật số cơ bản- Điều chế khóa dịch biên độ (ASK), điều chế khóa dịch pha (PSK), và điều chế khóa dịch tần số (FSK).

Chương 3: Phương pháp đề xuất. Chương này mô tả tổng quan các phương pháp tạo tín hiệu, mô hình kênh truyền, điều chế, giải điều chế và đánh giá hiệu quả của các phương pháp.

Chương 4: Phân tích lý thuyết. Chương này liên quan đến việc tính xác suất lỗi kí hiệu và xác suất lỗi bit.

Chương 5: Đánh giá thực nghiệm. Trong chương này, chúng em cung cấp một đánh giá định lượng về hiệu suất của các kỹ thuật này.

Chương 6: Kết luận

CHAPTER 2. NỀN TẢNG LÝ THUYẾT

Trong truyền thông không dây, thông tin được truyền bằng cách mã hóa giọng nói và dữ liệu trên sóng vô tuyến của các tần số nhất định. Quá trình mà thông tin được chuyển đổi thành tín hiệu điện/kỹ thuật số để truyền tín hiệu đó qua môi trường được gọi là điều chế. Các dạng điều chế khác nhau được thiết kế để thay đổi đặc tính của sóng mang. Các đặc tính thay đổi phổ biến nhất của điều chế bao gồm biên độ, tần số, và pha. Quá trình trích xuất thông tin / dữ liệu từ tín hiệu truyền được gọi là giải điều chế.

Chương này trình bày phạm vi nghiên cứu của bài báo cáo cũng như các hiểu biết về các quá trình trên.

2.1 Phạm vi nghiên cứu

Mô phỏng các quá trình điều chế và giải điều chế sử dụng các phương pháp Điều chế khóa dịch biên độ (ASK), điều chế khóa dịch pha (PSK) và điều chế khóa dịch tần số (FSK) bằng ngôn ngữ lập trình Python.

2.2 Điều chế và giải điều chế

Quá trình điều chế liên quan đến hai tín hiệu. Tín hiệu thông điệp còn được gọi là tín hiệu baseband là dải tần số đại diện cho tín hiệu ban đầu. Đây là tín hiệu cần truyền tới máy thu. Tần số của tín hiệu này thường thấp. Một tín hiệu khác liên quan đến vấn đề này là sóng hình sin tần số cao. Tín hiệu này được gọi là tín hiệu sóng mang. Tần số của tín hiệu sóng mang gần như luôn luôn cao hơn tín hiệu băng tần nền. Biên độ của tín hiệu baseband được chuyển đến sóng mang tần số cao. Một sóng mang tần số cao hơn như vậy có thể đi xa hơn nhiều so với tín hiệu baseband. Do đó, điều chế có thể được định nghĩa là quá trình chồng một tín hiệu tần số thấp lên một tín hiệu sóng mang tần số cao.

Giải điều chế là tiến trình lọc tín hiệu thông điệp từ sóng mang ở đầu thu khi nhận tín hiệu được điều chế. Đây là một bước quan trọng để nhận được thông tin chính xác từ tín hiệu.

2.3 Các phương pháp điều chế số

Có ba lớp chính của kỹ thuật điều chế kỹ thuật số được sử dụng để truyền dữ liệu số:

Điều chế khóa dịch biên độ (ASK), trong đó tần số sóng mang và pha sóng mang đều được duy trì không đổi, quá trình điều chế liên quan đến việc chuyển đổi hoặc giữ biên độ của tín hiệu sóng mang phù hợp với dữ liệu đến.

Điều chế khóa dịch tần số (FSK), một phương pháp điều chế kỹ thuật số sử dụng sự khác biệt trong biên độ của tín hiệu tương tự để điều chế tín hiệu số bằng cách chuyển đổi giữa tần số thấp và tần số cao để biểu thị 0 và 1.

Điều chế khóa dịch pha (PSK), một quá trình truyền tải dữ liệu bằng cách thay đổi (điều biến) pha của một sóng mang trong khi biên độ và tần số sóng mang không đổi.

2.4 Mô hình kênh truyền

Nhiều Gauss trắng có tính cộng (AWGN) là một mô hình nhiễu cơ bản được sử dụng trong lý thuyết thông tin để bắt chước ảnh hưởng của nhiễu quá trình ngẫu nhiên xảy ra trong tự nhiên. Kênh truyền AWGN có đặc điểm:

- Tạp âm Gauss có tính cộng.
- Mật độ công suất phổ tín hiệu là hằng số.
- Mỗi biến ngẫu nhiên tuân theo Phân bố chuẩn Gauss với giá trị trung bình bằng 0.

CHAPTER 3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

3.1 Tổng quan phương pháp

Chương trình minh họa quy trình điều chế và giải điều chế tín hiệu với các phương pháp điển hình bao gồm ASK, FSK và PSK. Nhìn chung, có 5 bước trong quá trình, bắt đầu với việc thiết lập các tham số, chuỗi dữ liệu đầu vào, sóng mang và cuối cùng là các kết quả vẽ từ tín hiệu giải điều chế dưới tác động của nhiễu Gauss.

3.2 Cấu hình

Chương trình chạy bằng Python với các thư viện NumPy và Matplotlib - hai thư viện cơ bản để thực hiện các tính toán khoa học.

- Khởi tạo một chuỗi nhị phân ngẫu nhiên
- Cấu hình các đặc điểm cơ bản của hệ thống truyền thông
- Thiết lập sóng mang

3.3 Điều chế

Trong quá trình điều chế, cặp sóng mang, c_1 và c_2 được sử dụng để biểu diễn các ký hiệu nhị phân 0 và 1, tương ứng. Chúng ta khai báo một mảng dữ liệu numpy cho tín hiệu sóng được điều chế trong đó: nếu đầu vào là 0, c_1 được lưu trữ trong mảng trong chỉ mục tương ứng với đầu vào đó và ngược lại. Sóng truyền được hình thành bằng cách dịch chuyển giữa hai sóng mang (tức là, có những phần khác nhau về biên độ / tần số / pha) khi tín hiệu đầu vào nhị phân thay đổi.

3.4 Giải điều chế

Với tín hiệu điều chế, chúng tôi sử dụng bộ thu tương quan để so sánh tín hiệu nhận được với tập hợp các chòm sao tín hiệu đã biết trước đó để tạo ra các biến quyết định. Bằng cách so sánh các giá trị tương quan thu được từ sóng mang tham chiếu và các tín hiệu mang thông tin, các bit thông tin có thể được phục hồi. Bắt đầu từ tiêu chuẩn khoảng cách Euclide:

$$s_R = \arg \min_{s_i \in M} d_E^2(\rho, s_i) \quad (3.1)$$

Suy ra tiêu chí xác suất tối đa dựa trên sự tương quan là:

$$s_R = \arg \max_{s_i \in M} \left[\int_0^T \rho(t) \cdot s_i(t) dt - \frac{1}{2} E_{(s_i)} \right] \quad (3.2)$$

Sử dụng (3.2) để lựa chọn $s_R \in M$

3.5 Thêm nhiễu Gauss

Kênh nhiễu trắng Gauss có tính cộng (AWGN) là một mô hình nhiễu cơ bản được sử dụng trong lý thuyết thông tin để bắt chước ảnh hưởng của nhiễu quá trình ngẫu nhiên xảy ra trong tự nhiên. Trong phần này, nhiễu kiểu Gauss được tạo ngẫu nhiên với trung bình bằng không và phương sai $N_0/2$ được thêm vào dạng sóng truyền như sau $r(t) = s(t) + n(t)$

3.6 Giải điều chế dưới tác động của nhiễu Gauss

Trong phần này, chúng em áp dụng cùng một phương pháp giải điều chế cho dạng sóng truyền mới(sau khi thêm nhiễu) để phục hồi các bit đầu vào và vẽ kết quả.

Xác suất lỗi được tính bằng cách so sánh trình tự nhị phân ban đầu với dữ liệu được giải điều chế dưới tác dụng của nhiễu. Số bit không tương thích giữa đầu vào và đầu ra, chia cho số tổng số bit chính là tỷ lệ bit.

CHAPTER 4. PHÂN TÍCH LÝ THUYẾT

4.1 Tính xác suất lỗi bit (BER) của kênh truyền AWGN sử dụng ASK

Cho chùm tín hiệu:

$$M = \{s_1(t) = \cos(2\pi f_0 t); s_2 = 2\cos(2\pi f_0 t)\}$$

Chúng ta xây dựng hệ cơ sở trực chuẩn B:

$$b_1^*(t) = s_1(t) = \cos(2\pi f_0 t)$$

$$E(b_1^*(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1^2(t) dt = \int_0^T \cos^2(2\pi f_0 t) dt = \frac{T}{2}$$

Như vậy,

$$b_1(t) = \frac{s_1(t)}{\sqrt{\frac{T}{2}}}$$

Chúng ta có thể thấy $s_2(t)$ là một tổ hợp tuyến tính của $b_1(t)$

Như vậy,

$$B = \left\{ b_1(t) = \frac{s_1(t)}{\sqrt{\frac{T}{2}}} \right\}$$

Chòm sao M là một tập véc-tơ:

$$M = \left\{ \underline{s}_1 = \sqrt{\frac{T}{2}}; \underline{s}_2 = \sqrt{2T} \right\}$$

Các vùng Voronoi là:

$$V(\underline{s}_1) = \left\{ \rho = (\rho_1), \rho_1 \leq \frac{3\sqrt{2T}}{4} \right\}$$

$$V(\underline{s}_2) = \left\{ \rho = (\rho_1), \rho_1 \geq \frac{3\sqrt{2T}}{4} \right\}$$

Ta có:

$$P_s(e) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_i) = \frac{1}{2}[P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_1) + P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_2)]$$

Với $P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_1)$:

$$P(\underline{\rho} \in V(s_2)|\underline{s}_T = \underline{s}_1) = P\left(\rho_1 > \frac{3\sqrt{2T}}{4}|\underline{s}_T = \underline{s}_1\right)$$

Trong đó: $\underline{\rho} = (\rho_1); \underline{s}_1 = \sqrt{\frac{T}{2}}; \underline{n} = (n_1)$

Thay: $\rho_1 = \sqrt{\frac{T}{2}} + n_1$

Như vậy:

$$\begin{aligned} P\left(\rho_1 > \frac{3\sqrt{2T}}{4}|\underline{s}_T = \underline{s}_1\right) &= P\left(\sqrt{\frac{T}{2}} + n_1 > \frac{3\sqrt{2T}}{4}\right) \\ &= P\left(n_1 > -\sqrt{\frac{T}{2}} + \frac{3\sqrt{2T}}{4}\right) \\ &= \frac{1}{2}erfc\left(\frac{\sqrt{2T}}{4\sqrt{N_0}}\right) \end{aligned}$$

Với $P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_2)$:

$$P(\underline{\rho} \in V(s_1)|\underline{s}_T = \underline{s}_2) = P\left(\rho_1 < \frac{3\sqrt{2T}}{4}|\underline{s}_T = \underline{s}_2\right)$$

Trong đó: $\underline{\rho} = (\rho_1); \underline{s}_2 = \sqrt{2T}; \underline{n} = (n_1)$

Thay: $\rho_1 = \sqrt{2T} + n_1$

Như vậy:

$$\begin{aligned} P(\rho_1 < \frac{3\sqrt{2T}}{4}|\underline{s}_T = \underline{s}_2) &= P\left(\sqrt{2T} + n_1 < \frac{3\sqrt{2T}}{4}\right) \\ &= P\left(n_1 < -\sqrt{2T} + \frac{3\sqrt{2T}}{4}\right) \\ &= P\left(n_1 > \sqrt{2T} - \frac{3\sqrt{2T}}{4}\right) \\ &= \frac{1}{2}erfc\left(\frac{\sqrt{2T}}{4\sqrt{N_0}}\right) \end{aligned}$$

Ta có:

$$\begin{aligned} P_s(e) &= \frac{1}{2}[P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_1) + P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_2)] \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{\sqrt{2T}}{4\sqrt{N_0}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{2T}}{4\sqrt{N_0}} \right) \right] \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{\sqrt{2T}}{4\sqrt{N_0}} \right) \end{aligned}$$

Chúng ta viết lại dưới dạng hàm của $\frac{E_b}{N_0}$

$$E(\underline{s}_1) = \frac{T}{2}$$

$$E(\underline{s}_2) = 2T$$

$$E_s = \frac{E(\underline{s}_1) + E(\underline{s}_2)}{2} = \frac{5T}{4}$$

$$E_b = \frac{E_s}{k} = \frac{E_s}{1} = \frac{5T}{4}$$

Kết quả:

$$P_b(e) = P_s(e) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{10N_0}} \right)$$

4.2 Tính xác suất lỗi bit (BER) của kênh truyền AWGN sử dụng FSK

Cho chùm tín hiệu:

$$M = \{s_1(t) = \cos(2\pi f_0 t); s_2(t) = \cos(2\pi 2f_0 t)\}$$

Ta có

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t)s_2(t)dt &= \int_0^T \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi 2f_0 t)dt \\ &= \int_0^T \frac{\cos(2\pi 3f_0 t) + \cos(2\pi f_0 t)}{2} dt \\ &= \frac{\sin(2\pi 3f_0 t)}{12\pi f_0} \Big|_{t=0}^{t=T} + \frac{\sin(2\pi f_0 t)}{4\pi f_0} \Big|_{t=0}^{t=T} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$s_1(t)$ và $s_2(t)$ trực giao.

Chọn hệ cơ sở trực chuẩn B:

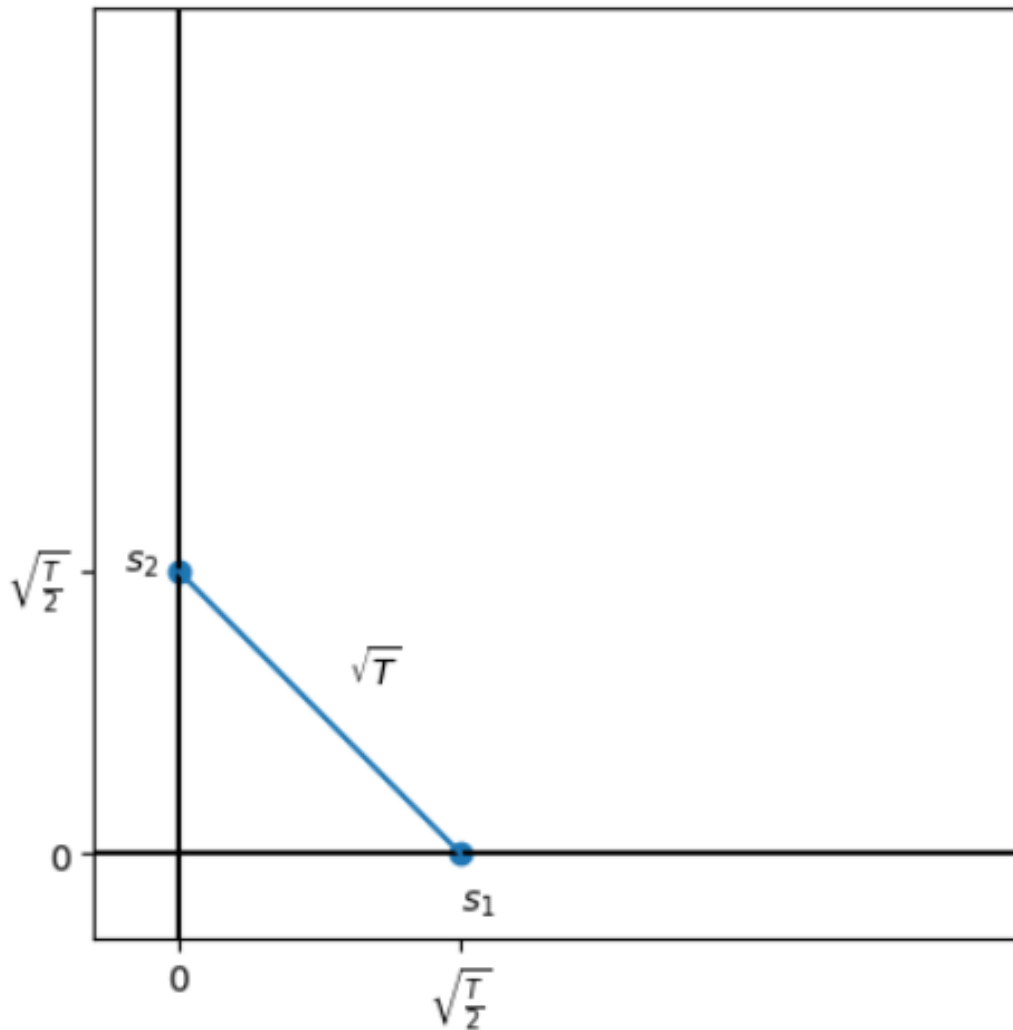
$$B = \left\{ b_1(t) = \frac{s_1(t)}{\sqrt{E(s_1(t))}}; b_2(t) = \frac{s_2(t)}{\sqrt{E(s_2(t))}} \right\}$$

$$E(s_1(t)) = E(s_2(t)) = \frac{T}{2}$$

Như vậy, chòm sao M là một tập véc-tơ:

$$M = \left\{ \underline{s}_1 = \left(\sqrt{\frac{T}{2}}, 0 \right); \underline{s}_2 = \left(0, \sqrt{\frac{T}{2}} \right) \right\}$$

Biểu diễn trên đồ thị:



Hình 4.1: Chòm sao điều chế \underline{s}_1 và \underline{s}_2 trong không gian Euclid

Vẽ đoạn thẳng nối s_1 and s_2 (độ dài đoạn thẳng là \sqrt{T}), chọn trung điểm của

đoạn thẳng làm gốc. Chúng ta thu được hệ trục tọa độ mới với tập vec-tơ mới:

$$M' = \left\{ \underline{s_1}' = \frac{\sqrt{T}}{2}; \underline{s_2}' = -\frac{\sqrt{T}}{2} \right\}$$

Các vùng Voronoi là:

$$V(\underline{s_1}') = \{\rho = (\rho_1), \rho_1 \geq 0\}$$

$$V(\underline{s_2}') = \{\rho = (\rho_1), \rho_1 \leq 0\}$$

Ta có:

$$P_s(e) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_s(e|\underline{s_T} = \underline{s_i}) = \frac{1}{2} [P_s(e|\underline{s_T} = \underline{s_1}') + P_s(e|\underline{s_T} = \underline{s_2}')]]$$

Với $P_s(e|\underline{s_T} = \underline{s_1}')$:

$$P(\underline{\rho} \in V(\underline{s_2}')|\underline{s_T} = \underline{s_1}') = P(\rho_1 < 0|\underline{s_T} = \underline{s_1}')$$

Trong đó: $\underline{\rho} = (\rho_1); \underline{s_1}' = \frac{\sqrt{T}}{2}; \underline{n} = (n_1)$

Thay: $\rho_1 = \frac{\sqrt{T}}{2} + n_1$

Như vậy:

$$\begin{aligned} P(\rho_1 < 0|\underline{s_T} = \underline{s_1}') &= P\left(\frac{\sqrt{T}}{2} + n_1 < 0\right) \\ &= P\left(n_1 < -\frac{\sqrt{T}}{2}\right) \\ &= P\left(n_1 > \frac{\sqrt{T}}{2}\right) \\ &= \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{2\sqrt{N_0}}\right) \end{aligned}$$

Với $P_s(e|\underline{s_T} = \underline{s_2}')$:

$$P(\underline{\rho} \in V(\underline{s_1}')|\underline{s_T} = \underline{s_2}') = P(\rho_1 > 0|\underline{s_T} = \underline{s_2}')$$

Trong đó: $\underline{\rho} = (\rho_1); \underline{s_2}' = -\frac{\sqrt{T}}{2}; \underline{n} = (n_1)$

Thay: $\rho_1 = -\frac{\sqrt{T}}{2} + n_1$

Như vậy:

$$\begin{aligned} P(\rho_1 > 0 | \underline{s}_T = \underline{s}_2') &= P\left(-\frac{\sqrt{T}}{2} + n_1 > 0\right) \\ &= P\left(n_1 > \frac{\sqrt{T}}{2}\right) \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{2\sqrt{N_0}}\right) \end{aligned}$$

Ta có:

$$\begin{aligned} P_s(e) &= \frac{1}{2}[P_s(e | \underline{s}_T = \underline{s}_1') + P_s(e | \underline{s}_T = \underline{s}_2')] \\ &= \frac{1}{2}\left[\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{2\sqrt{N_0}}\right) + \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{2\sqrt{N_0}}\right)\right] \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{2\sqrt{N_0}}\right) \end{aligned}$$

Chúng ta viết lại dưới dạng hàm của $\frac{E_b}{N_0}$

$$E(\underline{s}_1) = E(\underline{s}_2) = 0^2 + \left(\sqrt{\frac{T}{2}}\right)^2 = \frac{T}{2}$$

$$E_s = \frac{E(\underline{s}_1) + E(\underline{s}_2)}{2} = \frac{T}{2}$$

$$E_b = \frac{E_s}{k} = \frac{E_s}{1} = \frac{T}{2}$$

Kết quả:

$$P_b(e) = P_s(e) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{2N_0}}\right)$$

4.3 Tính xác suất lỗi bit (BER) của kênh truyền AWGN sử dụng PSK

Cho chùm tín hiệu:

$$M = \{s_1(t) = \cos(2\pi f_0 t); s_2 = \cos(2\pi f_0 t + \pi)\}$$

$$M = \{s_1(t) = \cos(2\pi f_0 t); s_2 = -\cos(2\pi f_0 t)\}$$

Chúng ta xây dựng hệ cơ sở trực chuẩn B:

$$b_1^*(t) = s_1(t) = \cos(2\pi f_0 t)$$

$$E(b_1^*(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1^2(t) dt = \int_0^T \cos^2(2\pi f_0 t) dt = \frac{T}{2}$$

Như vậy

$$b_1(t) = \frac{s_1(t)}{\sqrt{\frac{T}{2}}}$$

Chúng ta có thể thấy $s_2(t)$ là một tổ hợp tuyến tính của $b_1(t)$

Như vậy,

$$B = \left\{ b_1(t) = \frac{s_1(t)}{\sqrt{\frac{T}{2}}} \right\}$$

Chòm sao điều chế M là tập các vec-tơ:

$$M = \left\{ \underline{s}_1 = \sqrt{\frac{T}{2}}; \underline{s}_2 = -\sqrt{\frac{T}{2}} \right\}$$

Các vùng Voronoi là:

$$V(\underline{s}_1) = \{\rho = (\rho_1), \rho_1 \geq 0\}$$

$$V(\underline{s}_2) = \{\rho = (\rho_1), \rho_1 \leq 0\}$$

Ta có:

$$P_s(e) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_i) = \frac{1}{2} [P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_1) + P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_2)]$$

Với $P_s(e|\underline{s}_T = \underline{s}_1)$:

$$P(\underline{\rho} \in V(\underline{s}_2)|\underline{s}_T = \underline{s}_1) = P(\rho_1 < 0|\underline{s}_T = \underline{s}_1)$$

Trong đó: $\underline{\rho} = (\rho_1); \underline{s}_1 = \sqrt{\frac{T}{2}}; \underline{n} = (n_1)$

Thay: $\rho_1 = \sqrt{\frac{T}{2}} + n_1$

Như vậy:

$$\begin{aligned}
 P(\rho_1 < 0 | \underline{s}_T = \underline{s}_1) &= P\left(\sqrt{\frac{T}{2}} + n_1 < 0\right) \\
 &= P\left(n_1 < -\sqrt{\frac{T}{2}}\right) \\
 &= P\left(n_1 > \sqrt{\frac{T}{2}}\right) \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{\sqrt{2N_0}}\right)
 \end{aligned}$$

Với $P_s(e | \underline{s}_T = \underline{s}_2)$:

$$P(\underline{\rho} \in V(s_1) | \underline{s}_T = \underline{s}_2) = P(\rho_1 > 0 | \underline{s}_T = \underline{s}_2)$$

Trong đó: $\underline{\rho} = (\rho_1)$; $\underline{s}_2 = -\sqrt{\frac{T}{2}}$; $\underline{n} = (n_1)$

Thay: $\rho_1 = -\sqrt{\frac{T}{2}} + n_1$

Như vậy:

$$\begin{aligned}
 P(\rho_1 > 0 | \underline{s}_T = \underline{s}_2) &= P\left(-\sqrt{\frac{T}{2}} + n_1 > 0\right) \\
 &= P\left(n_1 > \sqrt{\frac{T}{2}}\right) \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{\sqrt{2N_0}}\right)
 \end{aligned}$$

Ta có:

$$\begin{aligned}
 P_s(e) &= \frac{1}{2} [P_s(e | \underline{s}_T = \underline{s}_1) + P_s(e | \underline{s}_T = \underline{s}_2)] \\
 &= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{\sqrt{2N_0}}\right) + \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{\sqrt{2N_0}}\right) \right] \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{T}}{\sqrt{2N_0}}\right)
 \end{aligned}$$

Chúng ta viết lại dưới dạng hàm của $\frac{E_b}{N_0}$

$$E(s_1) = \frac{T}{2}$$

$$E(s_2) = \frac{T}{2}$$

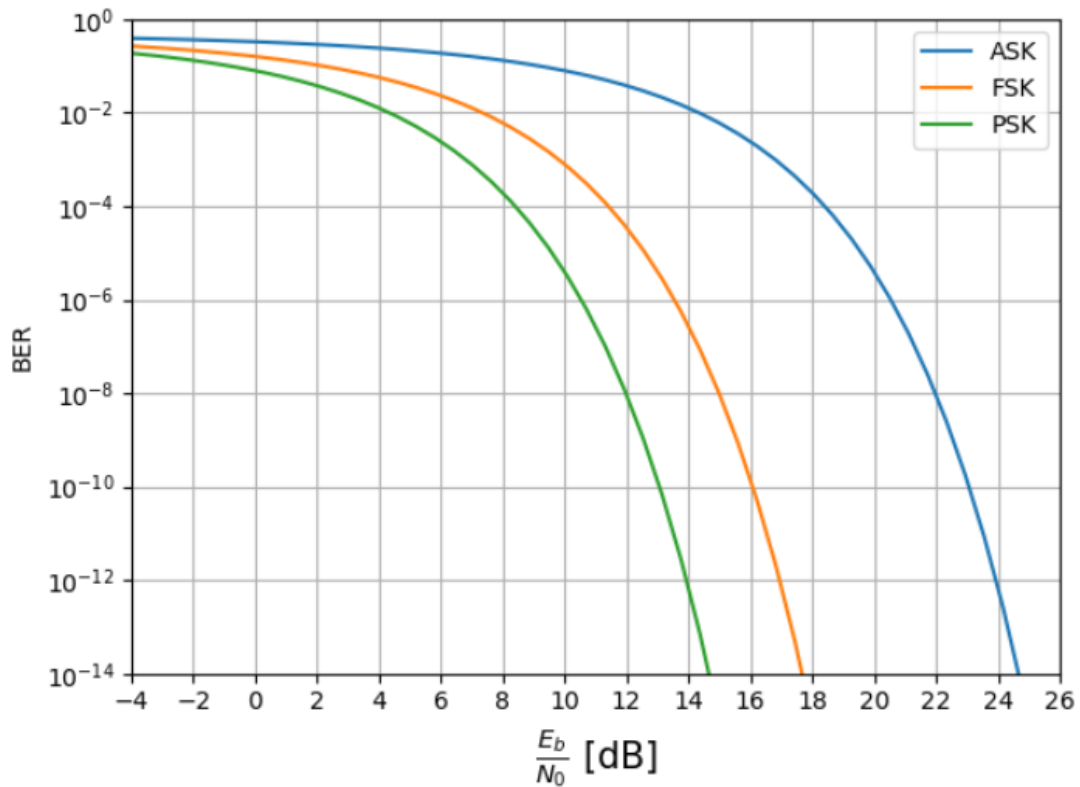
$$E_s = \frac{E(s_1) + E(s_2)}{2} = \frac{T}{2}$$

$$E_b = \frac{E_s}{k} = \frac{E_s}{1} = \frac{T}{2}$$

Kết quả:

$$P_b(e) = P_s(e) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$$

4.4 Mối quan hệ giữa BER-SNR



Hình 4.2: Xác suất lỗi bit của các phương pháp ASK, FSK, PSK

CHAPTER 5. ĐÁNH GIÁ THỰC NGHIỆM

5.1 Lựa chọn các tham số

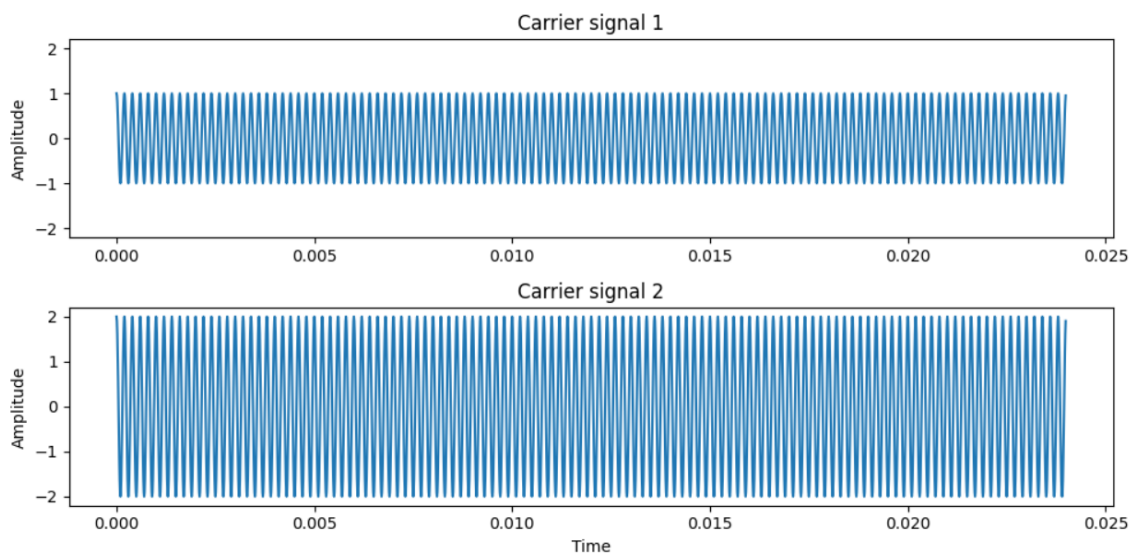
Chúng tôi chọn f , f_1 , f_2 là tần số của tín hiệu mang theo có giá trị lần lượt là $5000Hz$, $5000Hz$ và $10000Hz$. $S_{pb} = 100$ được xác định bởi số lượng mẫu trên mỗi bit được sử dụng cho sơ đồ điều chế.

5.2 Mô phỏng quá trình điều chế

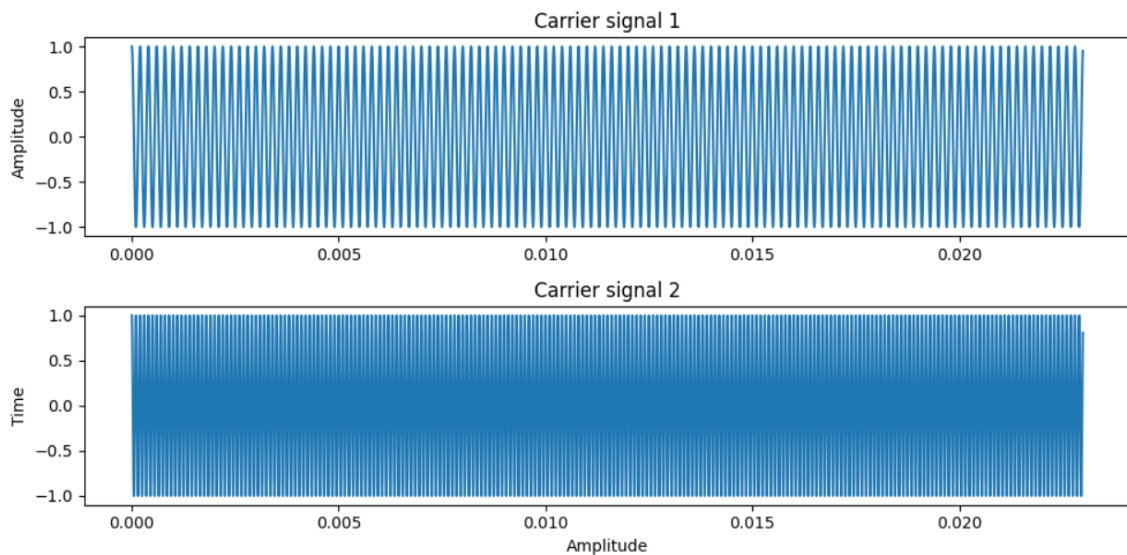
- Tạo và vẽ các sóng mang:

- Đối với điều chế ASK, 2 tín hiệu mang là $\cos(2\pi f_1 x)$ và $2\cos(2\pi f_2 x)$. Nếu dữ liệu nhị phân là 0, tín hiệu sóng mang là $\cos(2\pi f_1 x)$ và nếu dữ liệu nhị phân là 1, tín hiệu sóng mang là tín hiệu còn lại.
- Đối với điều chế FSK, chúng em chọn 2 tín hiệu $\cos(2\pi f_1 x)$, $\cos(2\pi f_2 x)$. Nếu dữ liệu nhị phân là 0, tín hiệu sóng mang là $\cos(2\pi f_1 x)$ và nếu dữ liệu nhị phân là 1, tín hiệu sóng mang là tín hiệu còn lại.
- Đối với PSK điều chế, chúng em chọn 2 tín hiệu $\cos(2\pi f_1 x)$, $\cos(2\pi f_2 x + \pi)$. Nếu dữ liệu nhị phân là 0, tín hiệu sóng mang là $\cos(2\pi f_1 x)$ và nếu dữ liệu nhị phân là 1, tín hiệu sóng mang là tín hiệu còn lại.

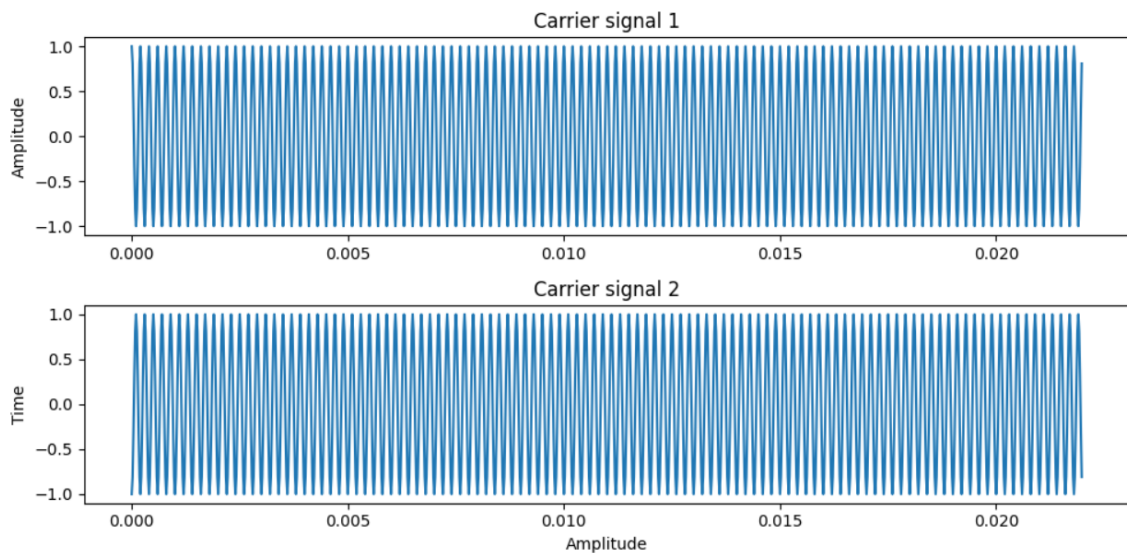
Hình ảnh các sóng mang.



Hình 5.1: Sóng mang ASK

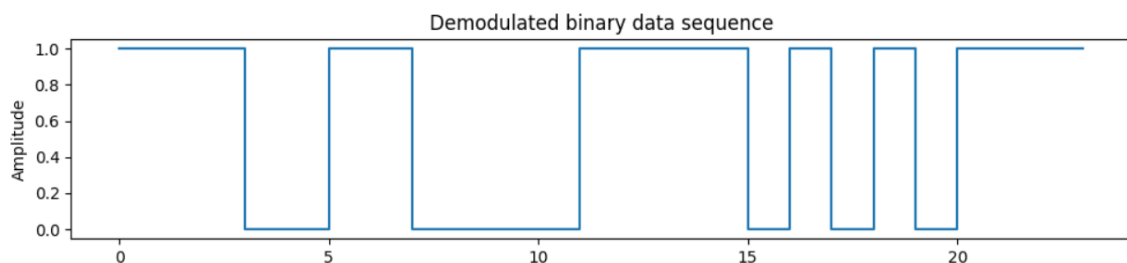


Hình 5.2: Sóng mang FSK



Hình 5.3: Sóng mang PSK

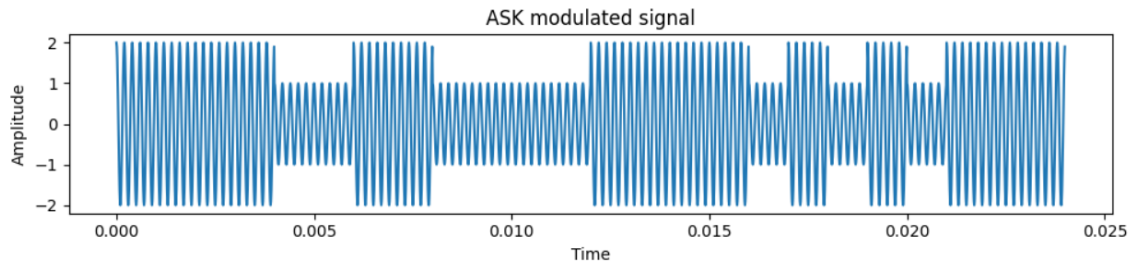
- Tạo và vẽ Chuỗi dữ liệu nhị phân: Bước tiếp theo là tạo một chuỗi dữ liệu nhị phân ngẫu nhiên, bao gồm 1 và 0. Chúng em sử dụng dòng bit ngẫu nhiên với chiều dài giữa 20 và 30. Chuỗi dữ liệu nhị phân sau đó được vẽ để hiển thị mẫu dữ liệu.



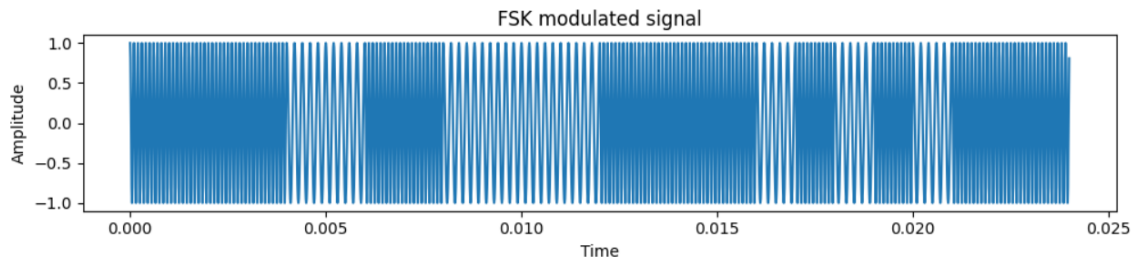
Hình 5.4: Chuỗi dữ liệu nhị phân

- Thực hiện điều chế và vẽ tín hiệu điều chế: Bước cuối cùng là thực hiện điều chế chuỗi dữ liệu nhị phân bằng tín hiệu sóng mang với sự trợ giúp của thư viện

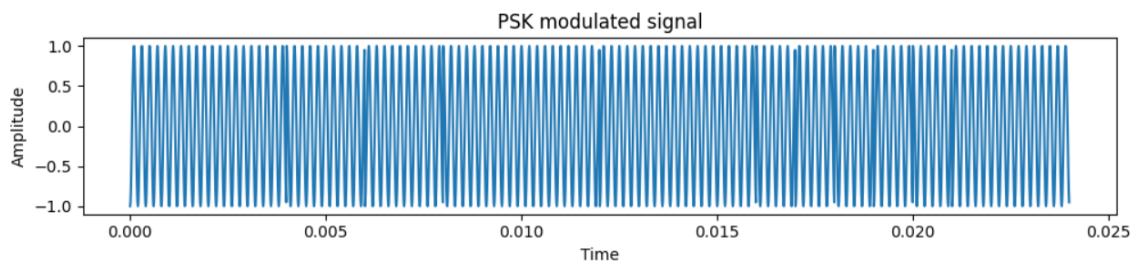
matplotlib.



Hình 5.5: Điều chế ASK



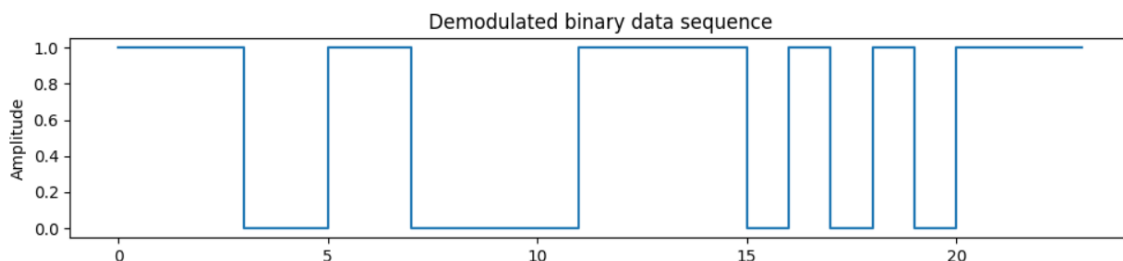
Hình 5.6: Điều chế FSK



Hình 5.7: Điều chế PSK

5.3 Mô phỏng quá trình giải điều chế

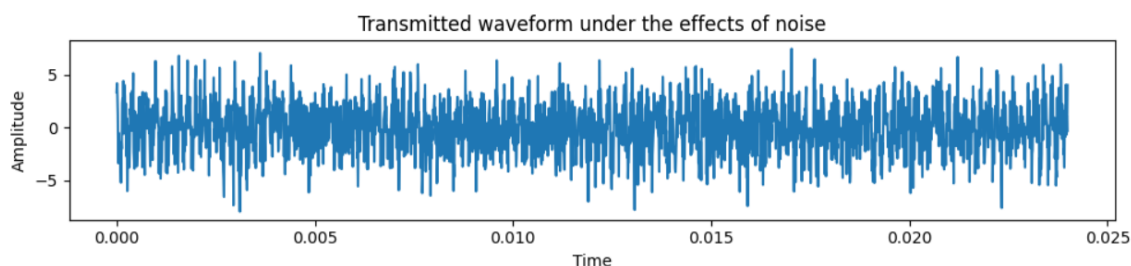
Phương pháp trong giải điều chế là tương quan tín hiệu điều chế với tín hiệu sóng mang. Tương quan được thực hiện bằng cách sử dụng Tiêu chí Xác suất Tối đa để xác định giá trị có khả năng nhất của dữ liệu nhị phân được giải điều chế dựa trên tín hiệu điều chế và tín hiệu sóng mang. Điều này sẽ xác định liệu dữ liệu nhị phân được giải điều chế là 0 hay 1.



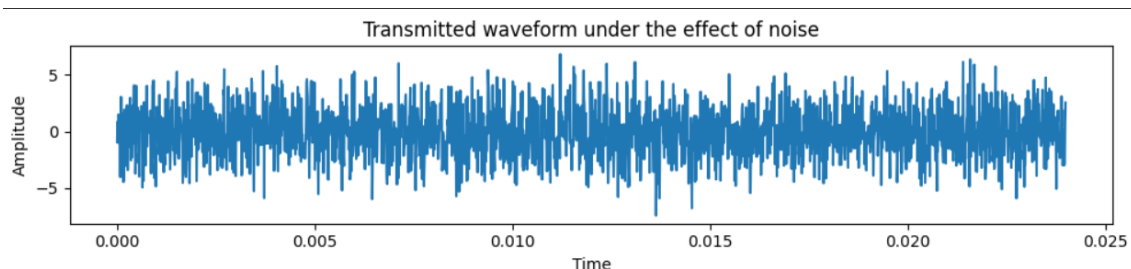
Hình 5.8: Chuỗi dữ liệu nhị phân được thu được sau khi giải điều chế

5.4 Điều chế và giải điều chế dưới sự tác động của nhiễu

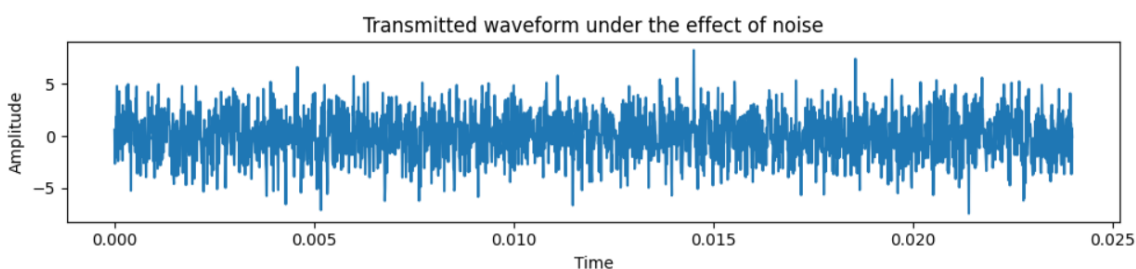
Nhiều được thêm vào dạng sóng truyền như $r(t) = s(t) + n(t)$, trong đó $s(t)$ là dạng sóng truyền và $n(t)$ là nhiễu kiểu Gauss. Trong bài cáo cáo này, chúng em chọn $N = 0$ và độ lệch chuẩn là 1.



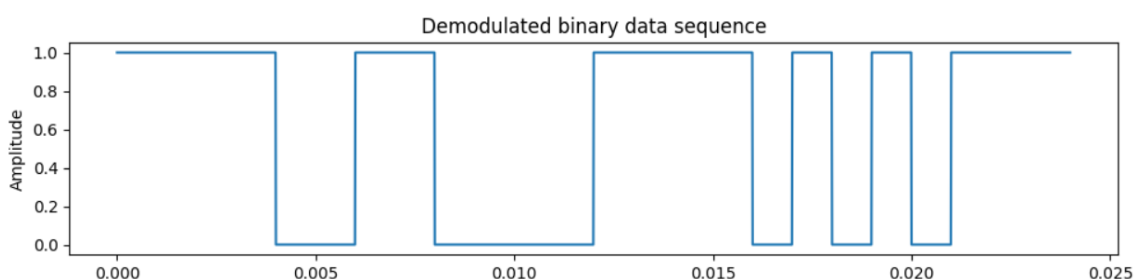
Hình 5.9: Dạng sóng truyền theo phương pháp ASK dưới sự tác động của nhiễu Gauss



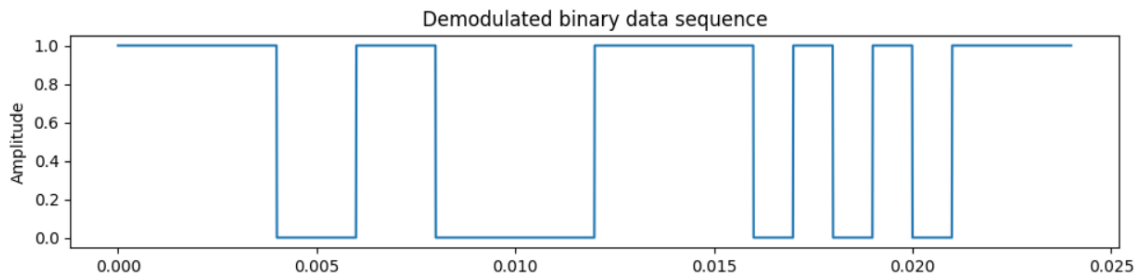
Hình 5.10: Dạng sóng truyền theo phương pháp FSK dưới sự tác động của nhiễu Gauss



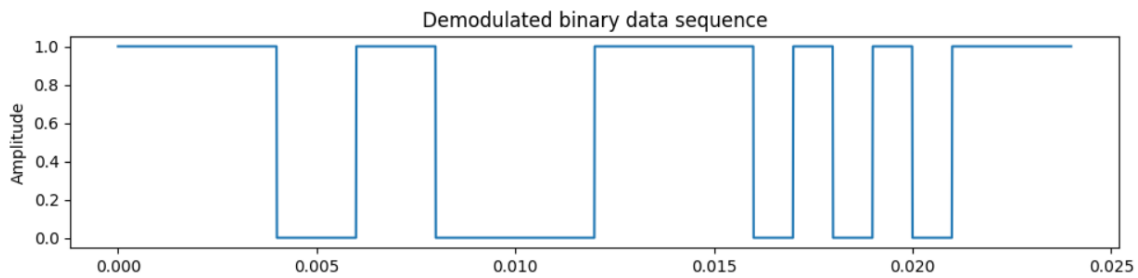
Hình 5.11: Dạng sóng truyền theo phương pháp PSK dưới sự tác động của nhiễu Gauss



Hình 5.12: Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế phương pháp ASK



Hình 5.13: Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế phương pháp FSK



Hình 5.14: Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế phương pháp PSK

5.5 Tính toán xác suất lỗi

Xác suất lỗi được tính bằng cách so sánh trình tự dữ liệu nhị phân ban đầu với dữ liệu nhị phân được giải điều chế dưới tác dụng của nhiễu. Số bit khác nhau giữa các bit đầu vào và đầu ra được chia cho tổng số bit đầu vào đại diện cho tỷ lệ lỗi bit.

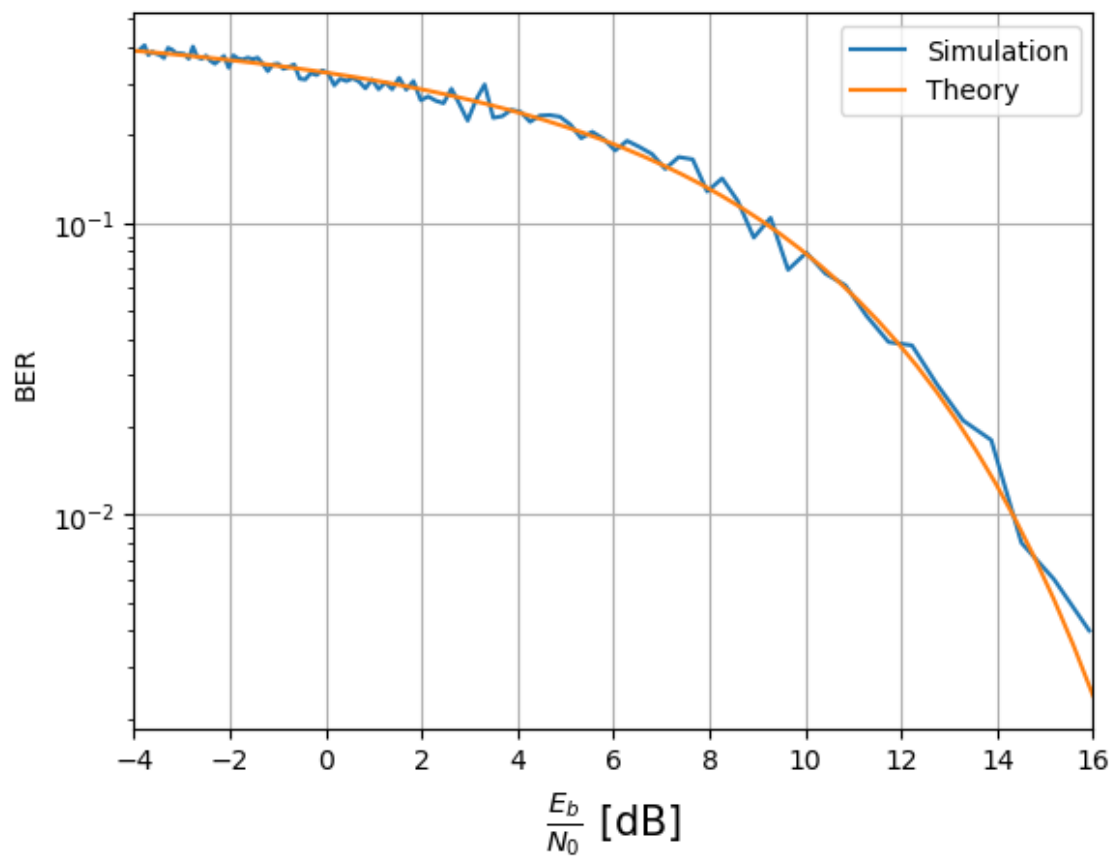
Tỷ lệ lỗi bit: $BER = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (u[i] \neq r[i])$, trong đó n là tổng số bit.

Từ mô phỏng cho thấy:

- Giải điều chế ASK: Có thể thấy rằng không có sự khác biệt giữa chuỗi nhị phân đầu vào và tín hiệu giải điều chế sau khi thêm nhiễu (khi $t = 100\text{ms}$), do đó $BER = 0\%$ Giải điều chế
- FSK: $BER = 0\%$
- Giải điều chế PSK: $BER = 0\%$

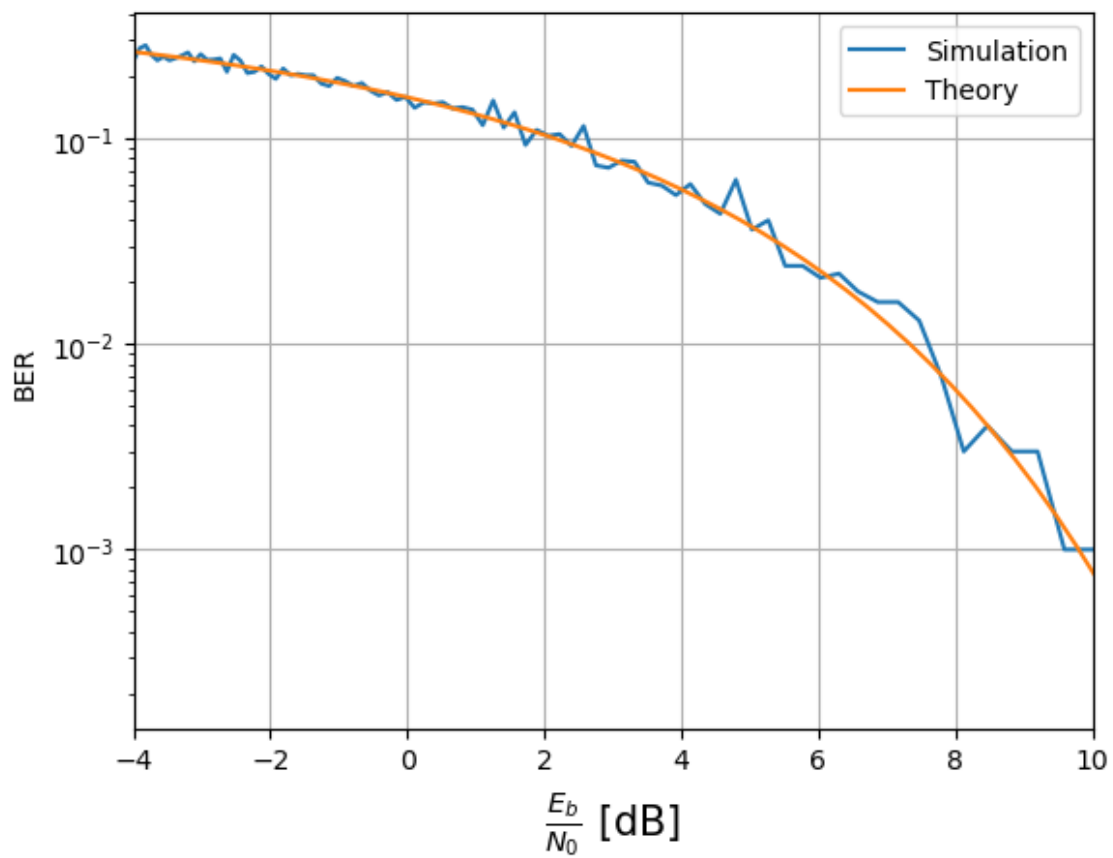
5.6 So sánh giữa lý thuyết và kết quả mô phỏng

ASK Chúng tôi gán giá trị cho sigma dao động từ (4, 39) để có BER khác nhau sau đó so sánh kết quả thực nghiệm và kết quả lý thuyết.



Hình 5.15: ASK

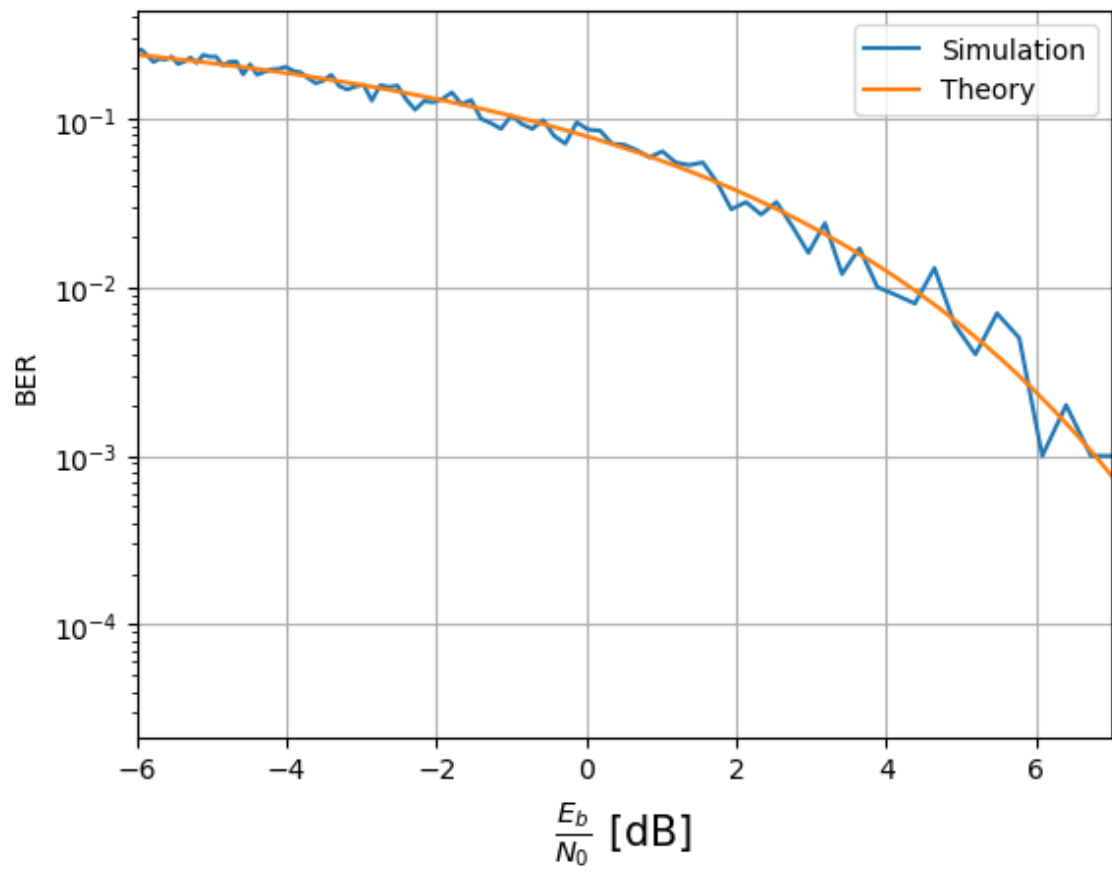
FSK Chúng tôi gán giá trị cho sigma dao động từ (4, 39) để có BER khác nhau sau đó so sánh kết quả thực nghiệm và kết quả lý thuyết.



Hình 5.16: FSK

PSK

Chúng tôi gán giá trị cho sigma dao động từ (4, 39) để có BER khác nhau sau đó so sánh kết quả thực nghiệm và kết quả lý thuyết.



Hình 5.17: PSK

CHAPTER 6. KẾT LUẬN

6.1 Kết luận

Tóm lại, các kỹ thuật điều chế và giải điều chế số, chẳng hạn như ASK, PSK và FSK đóng một vai trò quan trọng trong lĩnh vực hệ thống truyền thông. Mỗi kỹ thuật này có những ưu điểm và nhược điểm riêng, và việc lựa chọn một kỹ thuật cụ thể phụ thuộc vào yêu cầu của hệ thống truyền thông. ASK là một kỹ thuật điều chế đơn giản và chi phí thấp, nhưng nó nhạy cảm với tiếng ồn và nhiễu. PSK mạnh mẽ hơn chống lại tiếng ồn và nhiễu so với ASK, nhưng nó đòi hỏi một băng thông cao hơn cho cùng một tốc độ dữ liệu. FSK được sử dụng cho các ứng dụng tốc độ dữ liệu thấp và cũng mạnh mẽ chống nhiễu, nhưng nó đòi hỏi một băng thông lớn hơn so với PSK. Tóm lại, các kỹ thuật điều chế và giải điều chế kỹ thuật số cung cấp một cách thuận tiện để truyền thông tin kỹ thuật số qua kênh truyền thông với sự trợ giúp của quá trình điều chế và giải điều chế. Việc lựa chọn kỹ thuật thích hợp phụ thuộc vào các yêu cầu cụ thể của hệ thống truyền thông và sự đánh đổi giữa hiệu suất và độ phức tạp của nó.

CHAPTER 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO