

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

MINI PROJECT
NHẬP MÔN KỸ THUẬT TRUYỀN THÔNG

Điều chế và giải điều chế khoá dịch pha PSK

HỒ VIỆT ĐỨC LƯƠNG
luong.hvd200376@sis.hust.edu.vn

Giảng viên hướng dẫn: TS. Trịnh Văn Chiến

Chữ kí GVHD

Khoa: Kỹ thuật máy tính

Trường: Công nghệ thông tin và Truyền thông

HÀ NỘI, 06/2023

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến tất cả những người đã đóng góp và hỗ trợ tôi trong quá trình thực hiện. Cảm ơn Overleaf, Jupyter Notebook và chiếc Macbook Pro 14 chip M1 của tôi đã là những công cụ tuyệt vời luôn bên cạnh tôi. Cảm ơn chiếc SH ngày ngày cùng tôi lên Lab để hoàn thiện project.

TÓM TẮT NỘI DUNG

Báo cáo này trình bày khảo sát hoạt động của Điều chế khoá dịch pha (Phase Shift Keying - PSK), cụ thể là điều chế khoá dịch pha nhị phân (Binary Phase Shift Keying - BPSK hay 2-PSK) trong mô hình kênh nhiễu Gauss trắng cộng tính (Addictive White Gaussian Noise - AWGN).

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI.....	1
1.1 Hệ thống truyền thông.....	1
1.2 Điều chế và giải điều chế.....	1
1.3 Điều chế khoá dịch pha	2
CHƯƠNG 2. ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ PSK.....	3
2.1 Điều chế BPSK	3
2.1.1 Không gian tín hiệu.....	3
2.1.2 Bộ điều chế	4
2.1.3 Chuỗi nhị phân dữ liệu	4
2.1.4 Dạng sóng truyền.....	6
2.2 Giải điều chế PSK	6
CHƯƠNG 3. KHẢO SÁT ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ PSK DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA NHIỀU GAUSS.....	7
3.1 Mô hình kênh truyền AWGN	7
3.2 Dạng sóng thu được dưới tác động của nhiễu.....	7
3.3 Chuỗi nhị phân thu được sau khi giải điều chế.....	8
CHƯƠNG 4. SO SÁNH XÁC SUẤT LỖI LÝ THUYẾT VỚI TỈ LỆ LỖI THỰC NGHIỆM.....	10
4.1 Tính toán xác suất lỗi bit lý thuyết.....	10
4.2 So sánh xác suất lỗi bit lý thuyết với tỉ lệ lỗi thực nghiệm.....	10
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN	12
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	13

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1	Sóng mang trong BPSK.	3
Hình 2.2	Bộ điều chế BPSK [2]	4
Hình 2.3	Xung vào 25 bit đầu tiên trong chuỗi dữ liệu được truyền . . .	5
Hình 2.4	Dạng sóng truyền 25 bit đầu tiên	6
Hình 3.1	Dạng sóng thu được dưới tác động của nhiễu, $N_0 = 20$	7
Hình 3.2	Giải điều chế 25 bit đầu tiên	7
Hình 4.1	So sánh tỉ lệ lỗi bit lí thuyết và thực nghiệm	11

DANH MỤC THUẬT NGỮ VÀ TỪ VIẾT TẮT

Thuật ngữ	Ý nghĩa
ASK	Điều chế khoá dịch biên độ - Amplitude Shift Keying
AWGN	Nhiều Gauss trắng cộng tính - Addictive White Gaussian Noise
BER	Tỉ lệ lỗi bit - Bit Error Ratio
BPSK	Điều chế khoá dịch pha nhị phân - Binary Phase Shift Keying
FSK	Điều chế khoá dịch tần số - Frequency Shift Keying
MF	Bộ lọc phối hợp - Match filter
PSK	Điều chế khoá dịch pha - Phase Shift Keying
QAM	Điều chế biên độ trực giao - Frequency Shift Keying
QPSK	Điều chế khoá dịch pha trực giao - Quadrature Phase Shift Keying
SER	Tỉ lệ lỗi kí tự - Symbol Error Ratio
SNR	Tỉ lệ năng lượng tín hiệu và nhiễu - Signal to Noise Ratio

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

1.1 Hệ thống truyền thông

Hệ thống truyền thông là hệ thống được xây dựng nên nhằm mục đích truyền tin từ bên phát đến bên thu. Một hệ thống thông tin tổng quát gồm có 3 thành phần chính: nguồn tin, kênh tin và nhận tin. Nguồn tin là nơi sản sinh ra hay chứa các tin cần truyền đi. Kênh tin là môi trường truyền lan thông tin, đồng thời cũng sản sinh ra nhiễu phá hủy tin. Nhận tin là cơ cấu khôi phục lại thông tin ban đầu từ tín hiệu lấy ra ở đầu ra của kênh tin.

1.2 Điều chế và giải điều chế

Điều chế và giải điều chế tín hiệu là hai quá trình cơ bản trong truyền thông, đóng vai trò quan trọng trong việc truyền tải thông tin từ nguồn tin đến bộ thu một cách hiệu quả và chính xác.

Bên phát điều chế tín hiệu, tức biến đổi tín hiệu thông tin từ một dạng cơ bản sang một dạng khác phù hợp để truyền tải qua các kênh truyền thông. Điều chế tín hiệu có thể bao gồm việc biến đổi biên độ, tần số, pha, hoặc các yếu tố khác của tín hiệu, nhằm tăng cường khả năng truyền tải và chống nhiễu trong quá trình truyền. Ngược lại, bên nhận giải điều chế tín hiệu là quá trình khôi phục lại dạng ban đầu của tín hiệu sau khi đã trải qua quá trình truyền tải. Quá trình này thường bao gồm việc loại bỏ nhiễu, tái tạo dạng sóng ban đầu và khôi phục thông tin gốc.

Nguyên lý của điều chế là thay đổi các thông số của sóng mang:

$$x(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \phi_c) \quad (1.1)$$

Các thành phần mang thông tin gồm: A_c , f_c , ϕ_c . Tùy vào cách thay đổi các thành phần này, ta có các loại điều chế thông dụng như: Điều chế khoá dịch biên độ (Amplitude Shift Keying - ASK), PSK, Điều chế khoá dịch tần số (Frequency Shift Keying - FSK), Điều chế biên độ trực giao (Quadrature Amplitude Modulation - QAM). Bên nhận có nhiệm vụ giải điều chế từ tín hiệu thu được để biết thông tin đã truyền đi là gì.

Báo cáo này đề cập đến phương pháp PSK, bao gồm điều chế và giải điều chế trong các trường hợp có và không có tác động của nhiễu trong kênh truyền AWGN, đồng thời tính toán xác suất lỗi lý thuyết với tỷ lệ lỗi thực nghiệm.

1.3 Điều chế khoá dịch pha

PSK là một phương pháp truyền dẫn thông tin phân biệt các dạng sóng truyền bằng sự khác nhau về pha của tín hiệu, cũng là một trong những phương pháp phổ biến trong viễn thông và truyền dẫn dữ liệu kỹ thuật số.

Trong PSK, thông điệp được biểu diễn bằng các trạng thái pha của tín hiệu. Thông thường, các trạng thái pha được biểu diễn bằng các giá trị pha đặc trưng, ví dụ như 0 , $\frac{\pi}{2}$, π và $\frac{3\pi}{2}$, đối với điều chế khoá dịch pha trực giao (Quadrature Phase Shift Keying - QPSK hay 4-PSK), mỗi trạng thái pha tương ứng với hai giá trị bit trong thông điệp hoặc 0 , π đối với BPSK, mỗi trạng thái pha tương ứng với một giá trị bit trong thông điệp.

Để truyền dẫn thông tin, tín hiệu PSK được truyền qua các kênh truyền dẫn như sóng radio, cáp quang hay không gian. Tại bên nhận, tín hiệu được thu và giải mã để khôi phục thông điệp gốc. PSK có nhiều ưu điểm, bao gồm khả năng chống nhiễu tốt, khả năng truyền dẫn thông tin theo tốc độ cao và đơn giản trong việc triển khai. Do đó, PSK được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống truyền thông và mạng viễn thông, bao gồm mạng di động, truyền hình vệ tinh, kết nối internet và nhiều ứng dụng khác [1].

Để đơn giản, bài báo cáo sẽ tập trung quan sát các tính chất của BPSK. Phần còn lại của báo cáo này có các nội dung chính như sau: Điều chế và giải điều chế BPSK từ một chuỗi nhị phân ngẫu nhiên được trình bày ở chương 2. Chương 3 khảo sát điều chế/giải điều chế BPSK dưới tác động của nhiễu Gauss. Chương 4 so sánh tỉ lệ lỗi bit khi truyền thực tế với xác suất lỗi bit của kênh truyền.

CHƯƠNG 2. ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ PSK

2.1 Điều chế BPSK

2.1.1 Không gian tín hiệu

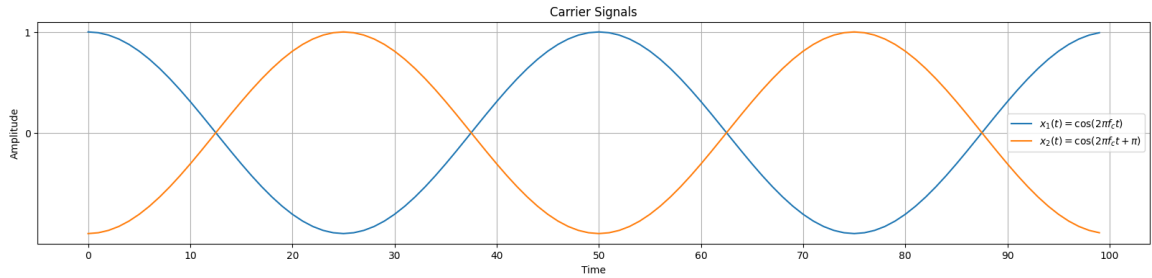
BPSK là dạng đơn giản nhất của PSK, khi số bit trong mỗi ký hiệu $k = 1$ và số điểm trên chòm sao điều chế $m = 2$. Như vậy, có 2 pha có thể được dùng cho BPSK: một pha đại diện cho logic 1, và pha khác đại diện cho logic 0. Khi tín hiệu số đầu vào thay đổi trạng thái (từ 1 thành 0 hoặc từ 0 thành 1), pha của sóng mang đầu ra sẽ dịch chuyển một góc 180° .

Hai loại tín hiệu được điều chế trong BPSK gồm:

- $x_1(t) = A \cos(2\pi f_c t)$, đại diện cho bit 1,
- $x_2(t) = A \cos(2\pi f_c t + \pi)$, đại diện cho bit 0,

với $0 \leq t \leq T_b$, T_b là thời gian truyền 1 bit.

Hình ảnh dạng tín hiệu được điều chế trong BPSK được biểu diễn ở Hình 2.1.



Hình 2.1: Sóng mang trong BPSK.

Gọi E_b là năng lượng truyền 1 bit. Đối với BPSK, ta có:

$$E_b = \int_{-\infty}^{\infty} x_1^2(t) dt = \int_0^{T_b} A^2 \cos^2(2\pi f_c t) dt = \frac{A^2}{2} \int_0^{T_b} (1 + \cos(4\pi f_c t)) dt = \frac{A^2 T_b}{2} \quad (2.1)$$

$$\text{Vậy } A = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}}.$$

Không gian tín hiệu là 1 chiều ($d = 1$) có cơ sở là:

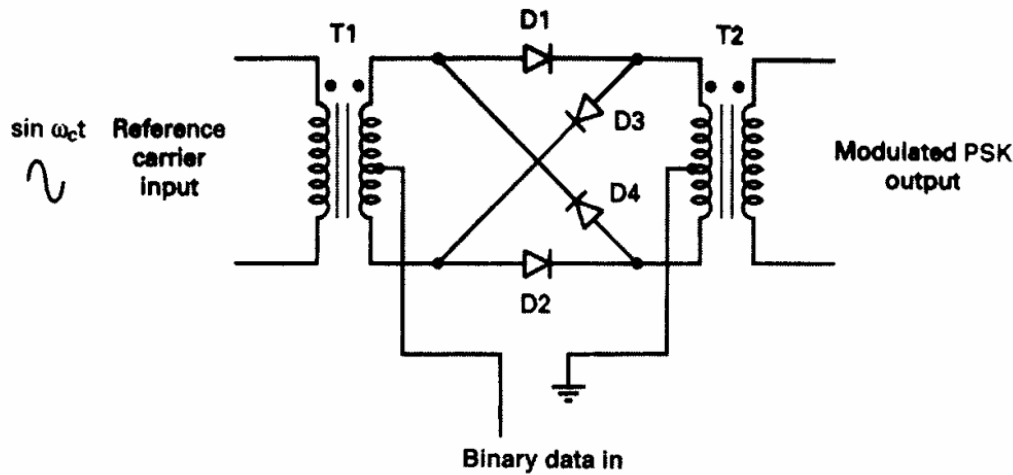
$$B = \left\{ \phi(t) = \sqrt{\frac{2}{T_b}} P_T(t) \cos(2\pi f_c t) \right\} \quad (2.2)$$

Kết hợp lại, bit 1 được truyền bởi $\sqrt{E_b}\phi(t)$ và bit 0 được truyền bởi $-\sqrt{E_b}\phi(t)$.

Toạ độ của các tín hiệu $s_1(t), s_2(t)$ trong cơ sở B :

$$\underline{s_1} = \sqrt{E_b} \text{ và } \underline{s_2} = -\sqrt{E_b} \quad (2.3)$$

2.1.2 Bộ điều chế



Hình 2.2: Bộ điều chế BPSK [2]

Bộ điều chế BPSK hoạt động như một công tắc đảo pha. Tùy thuộc vào trạng thái logic của tín hiệu kỹ thuật số đầu vào, tín hiệu mang sẽ được truyền tới đầu ra cùng pha hoặc 180° đảo pha so với sóng mang từ bộ dao động carrier. Đầu vào của bộ điều chế bao gồm bit dữ liệu và sóng mang. Đầu ra là dạng sóng truyền đã được điều chế.

Hình 2.2 trình bày sơ đồ bộ điều chế BPSK. Giả sử tín hiệu sóng mang nhận được là $x(t) = \sin(\omega_c t)$. Khi bit logic đầu vào là 1, các diodes D1 và D2 được on, D3 và D4 off, tín hiệu đầu ra là $\sin(\omega_c t)$ cùng pha với sóng mang ban đầu. Khi bit logic đầu vào là 0, các diodes D1 và D2 được off, D3 và D4 on, tín hiệu đầu ra là $-\sin(\omega_c t) = \sin(\omega_c t + \pi)$.

2.1.3 Chuỗi nhị phân dữ liệu

Để khảo sát hoạt động của BPSK, một chuỗi dữ liệu nhị phân x độ dài 1000 bit được sinh ngẫu nhiên:

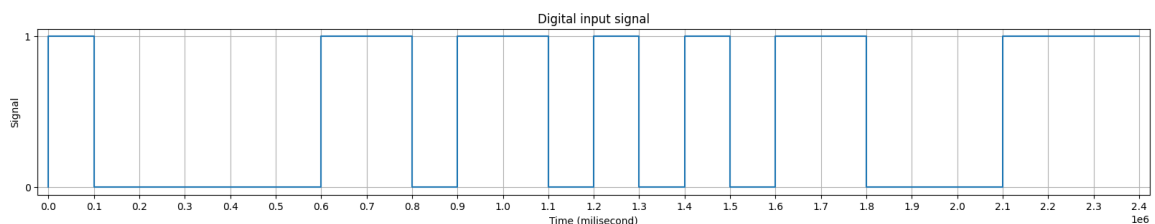
```
X = [0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1
      0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1
      0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0
      0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0
      1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 1
      0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1
      0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0]
```

```

0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1
1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1
0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1
1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1
1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0
1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 1
0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1
0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0
0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1
1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0
0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1
1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0
1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1
0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1
1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1
1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1
1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0
1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1
1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0
0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1
1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0
0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1
1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1
0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

```

Hình 2.3 biểu diễn xung vào 25 bit đầu tiên trong chuỗi dữ liệu nhị phân.



Hình 2.3: Xung vào 25 bit đầu tiên trong chuỗi dữ liệu được truyền

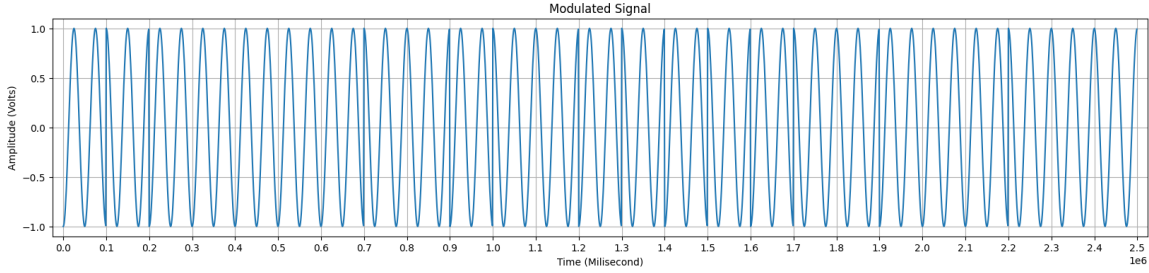
2.1.4 Dạng sóng truyền

Dạng sóng truyền của chuỗi nhị phân dữ liệu x :

$$s(t) = \sum_{n=0}^{999} a[n] \cdot \phi(t - nT_b) \quad (2.4)$$

với $a[n] = \sqrt{E_b}$ nếu $x[n] = 1$ và $a[n] = -\sqrt{E_b}$ nếu $x[n] = 0$.

Hình 2.4 biểu diễn dạng sóng truyền của 25 bit đầu tiên:



Hình 2.4: Dạng sóng truyền 25 bit đầu tiên

2.2 Giải điều chế PSK

Bộ giải điều chế được xây dựng theo tiêu chuẩn maximum likelihood.

Giả sử tín hiệu bên thu nhận được là $y(t)$ trong khoảng thời gian truyền 1 bit T_b .

Chiếu $y(t)$ lên cơ sở của không gian tín hiệu B để khử thành phần không mang thông tin:

$$\underline{y} = \int_0^{T_b} y(t) \phi(t) dt \quad (2.5)$$

Nếu $\underline{y} \in \mathcal{V}(s_1) = \{\underline{\rho} \in \mathbb{R} : \underline{\rho} \geq 0\}$, giải được tín hiệu đã truyền là $s_1(t)$, ngược lại, nếu $\underline{y} \in \mathcal{V}(s_2) = \{\underline{\rho} \in \mathbb{R} : \underline{\rho} < 0\}$, giải được tín hiệu đã truyền là $s_2(t)$.

Một bộ lọc phối hợp (Match filter - MF) có thể được dùng để tính \underline{y} , với đáp ứng xung $q(t) = \phi(T_b - t)$. Cho đầu vào là $y(t)$, lấy mẫu đầu ra của bộ lọc phối hợp này tại $t = T_b$, ta thu được giá trị \underline{y} .

CHƯƠNG 3. KHẢO SÁT ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ PSK DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA NHIỄU GAUSS

Trong phần này, ta sẽ khảo sát hoạt động của BPSK dưới tác động của nhiễu Gauss trong mô hình kênh AWGN. Các tham số được khởi tạo: $A = 1, T_b = 100, f_c = 2 \cdot \frac{1}{T_b}$, năng lượng nhiễu $N_0 = 20$.

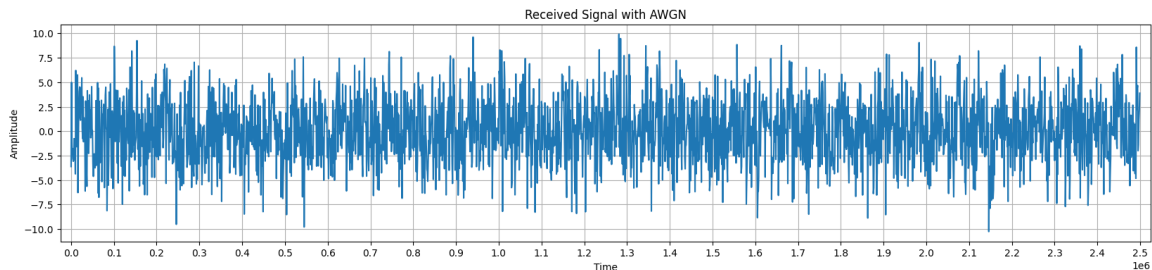
3.1 Mô hình kênh truyền AWGN

Nhiều $n(t)$ trong mô hình kênh truyền AWGN có các tính chất sau:

- Là tiến trình ngẫu nhiên ergodic.
- Cộng vào với tín hiệu truyền đi: Nếu tín hiệu phát là $x(t)$ thì tín hiệu thu được là $y(t) = x(t) + n(t)$.
- Là nhiễu trắng, tức có mật độ phổ công suất là hằng số $G_n(f) = \frac{N_0}{2}$.
- Có biên độ tap âm là biến ngẫu nhiên tuân theo phân phối chuẩn với kỳ vọng bằng 0.

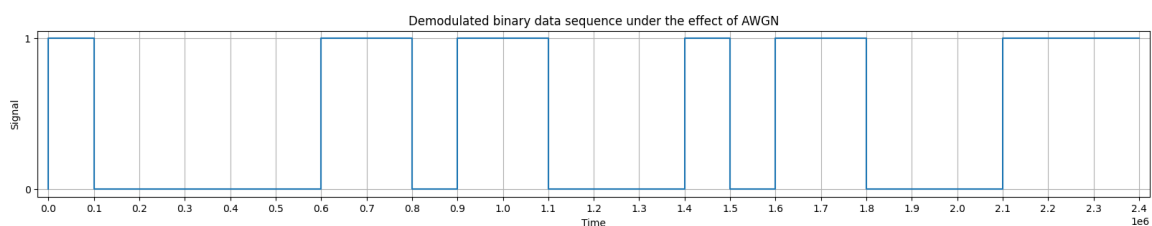
3.2 Dạng sóng thu được dưới tác động của nhiễu

Dạng sóng thu được trong thời gian truyền của 25 bit đầu tiên được biểu diễn ở hình 3.1



Hình 3.1: Dạng sóng thu được dưới tác động của nhiễu, $N_0 = 20$

Bên giải điều chế giải được xung của 25 bit đầu tiên trong hình 3.2:



Hình 3.2: Giải điều chế 25 bit đầu tiên

CHƯƠNG 3. KHẢO SÁT ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ PSK DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA NHIỀU GAUSS

3.3 Chuỗi nhị phân thu được sau khi giải điều chế

Chuỗi nhị phân sau khi giải điều chế toàn bộ 1000 bit được truyền ban đầu:

Y = 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0
1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0
0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0
1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1
0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1
1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1
0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0
1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1
1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1
1 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0
0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1
1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1
0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1
1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1
0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1
0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1
0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1
0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1
1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0
1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1
0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1
1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0
0 1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1
1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1
1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1
1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1
1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1
1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1
1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1
1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1
0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
0 1

CHƯƠNG 3. KHẢO SÁT ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ PSK DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA NHIỄU GAUSS

Tỉ lệ lỗi bit trong trường hợp này:

$$BER = \frac{12}{1000} = 1.2\% \quad (3.1)$$

CHƯƠNG 4. SO SÁNH XÁC SUẤT LỖI LÝ THUYẾT VỚI TỈ LỆ LỖI THỰC NGHIỆM

4.1 Tính toán xác suất lỗi bit lý thuyết

Giả sử tín hiệu truyền đi là $x(t) \in \{\sqrt{E_b}\phi(t), -\sqrt{E_b}\phi(t)\}$, nhiễu môi trường là $n(t)$, dạng sóng thu được là $y(t) = x(t) + n(t)$.

Gọi hình chiếu của $y(t), x(t), n(t)$ lên cơ sở B thứ tự là $\underline{y}, \underline{x}, \underline{n}$. Ta có tọa độ các tín hiệu được truyền $\underline{x}_1 = \sqrt{E_b}, \underline{x}_2 = -\sqrt{E_b}$ và $\underline{n} \sim \mathcal{N}(0, \frac{N_0}{2})$.

Ký hiệu $P(e)$ là xác suất tín hiệu được giải điều chế bị sai. Tỉ lệ lỗi bit (Bit Error Ratio - BER) được tính theo Tỉ lệ lỗi bit (Symbol Error Ratio - SER) như sau:

$$\begin{aligned} BER = SER &= \sum_{i=1}^2 P(e|\underline{x} = \underline{x}_i) \cdot P(\underline{x} = \underline{x}_i) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 P(e|\underline{x} = \underline{x}_i) \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 P(\underline{x}_i + \underline{n} \notin \mathcal{V}(\underline{x}_i)) = \frac{1}{2} [P(\underline{x}_1 + \underline{n} < 0) + P(\underline{x}_2 + \underline{n} > 0)] \\ &= \frac{1}{2} \left[P(\underline{n} < -\sqrt{E_b}) + P(\underline{n} > \sqrt{E_b}) \right] \\ &= P(\underline{n} > \sqrt{E_b}) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \end{aligned} \quad (4.1)$$

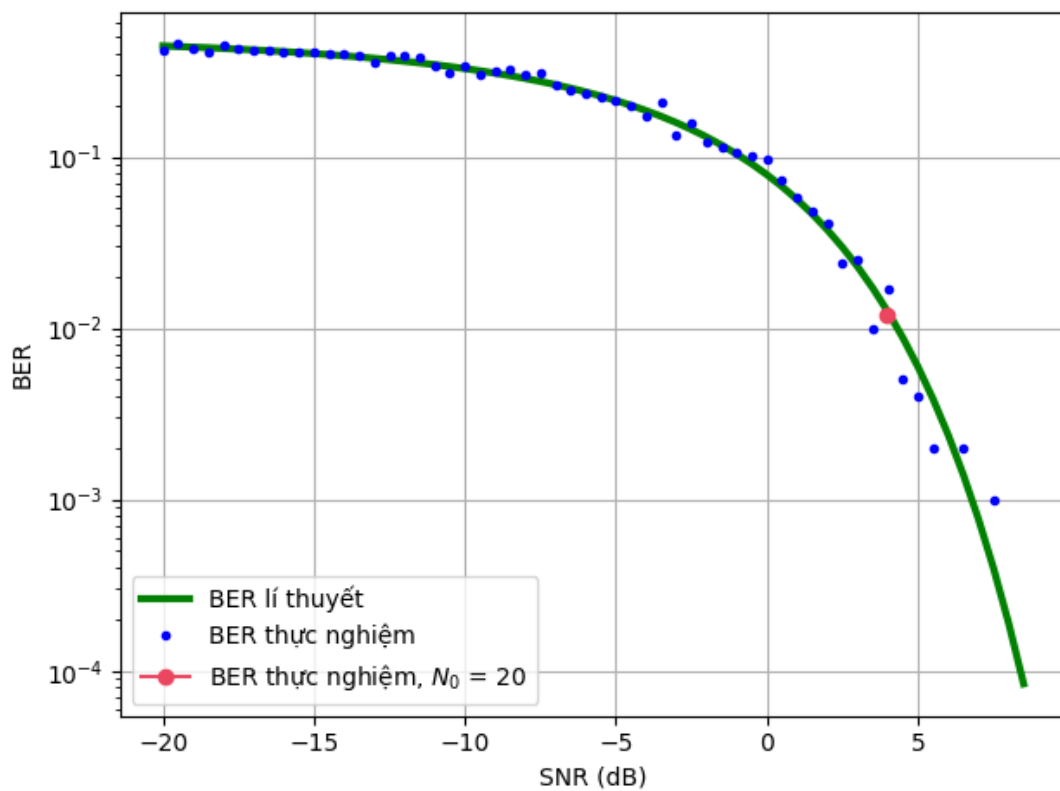
Trong đó, tỉ số $\frac{E_b}{N_0}$ được gọi là Tỉ lệ năng lượng tín hiệu và nhiễu (Signal to Noise Ratio - SNR), hàm erfc trả về hàm bù sai số Gauss của một giá trị và được định nghĩa như sau:

$$\operatorname{erfc}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_z^{+\infty} e^{-t^2} dt \quad (4.2)$$

Trường hợp các tham số được khởi tạo ở chương 3: $N_0 = 20, E_b = \frac{A^2 T_b}{2} = 50$, xác suất lỗi trên lý thuyết là: $BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \approx 1.27\%$

4.2 So sánh xác suất lỗi bit lý thuyết với tỉ lệ lỗi thực nghiệm

Hình 4.1 biểu diễn sự so sánh BER lý thuyết và thực nghiệm, trên các giá trị của SNR (dB).



Hình 4.1: So sánh tỉ lệ lỗi bit lý thuyết và thực nghiệm

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN

Điều chế và giải điều chế PSK là một kỹ thuật quan trọng trong truyền thông kỹ thuật số. PSK cho phép chúng ta truyền tải thông tin kỹ thuật số qua các kênh truyền một cách hiệu quả và đáng tin cậy.

PSK sử dụng việc thay đổi pha của tín hiệu mang để biểu diễn các bit dữ liệu. Việc này mang lại nhiều lợi ích, bao gồm khả năng chống nhiễu tốt hơn so với một số kỹ thuật điều chế khác. Nhờ tính đơn giản và sự dễ thực hiện, PSK được sử dụng rộng rãi trong nhiều hệ thống truyền thông và mạng viễn thông.

Tuy PSK có nhiều ưu điểm, nhưng cũng có nhược điểm. Với cùng một tốc độ dữ liệu, PSK yêu cầu băng thông rộng hơn so với một số kỹ thuật khác. Đồng thời, PSK cũng nhạy cảm với nhiễu và nhiễu tạp âm trong quá trình truyền tải.

Tuy nhiên, dù có nhược điểm như trên, PSK vẫn là một kỹ thuật quan trọng và phổ biến trong hệ thống truyền thông kỹ thuật số. Sự linh hoạt và khả năng chống nhiễu của PSK đã cho phép nó được áp dụng trong nhiều lĩnh vực, từ viễn thông không dây, truyền thông vệ tinh, đến mạng viễn thông và truyền hình số. Việc nghiên cứu và phát triển kỹ thuật PSK sẽ tiếp tục đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất truyền tải thông tin và mở rộng khả năng kết nối trong hệ thống truyền thông số.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. G. Proakis, *Digital communications*. McGraw-Hill, Higher Education, 2008.
- [2] J. S. Mandeep, *Chapter 2: Digital communications*, Retrieved from <https://ee.eng.usm.my/eeacad/mandeep/EEE436/CHAPTER2.pdf>, Accessed 29 May 2023.