

Cơ sở lí thuyết thông tin

Chương 1: Giới thiệu chung

TS. Phạm Hải Đăng

Phần 1: Giới thiệu chung



☐ Thông tin là gì?

Ví dụ: Tung đồng xu.

☐ Thông tin có phải là 1 đại lượng "vật lí"?

☐ Mục đích của môn học?

- Lí thuyết thông tin – lí thuyết mã sửa lỗi
- Nghiên cứu phương pháp xử lí thông tin như 1 đại lượng vật lí: tạo thông tin, truyền thông tin, lưu trữ thông tin, xử lí thông tin...
- Toàn vẹn thông tin.
- Thông tin trong không gian-thời gian.

- Lí thuyết về mã hóa sửa lỗi (Error Corection Coding).
 - Lí thuyết mã sửa lỗi liên quan tới việc xác định các nguồn gây lỗi lên thông tin số truyền tải trên kênh truyền, và phương pháp phát hiện/sửa lỗi ở phía bên nhận tin.

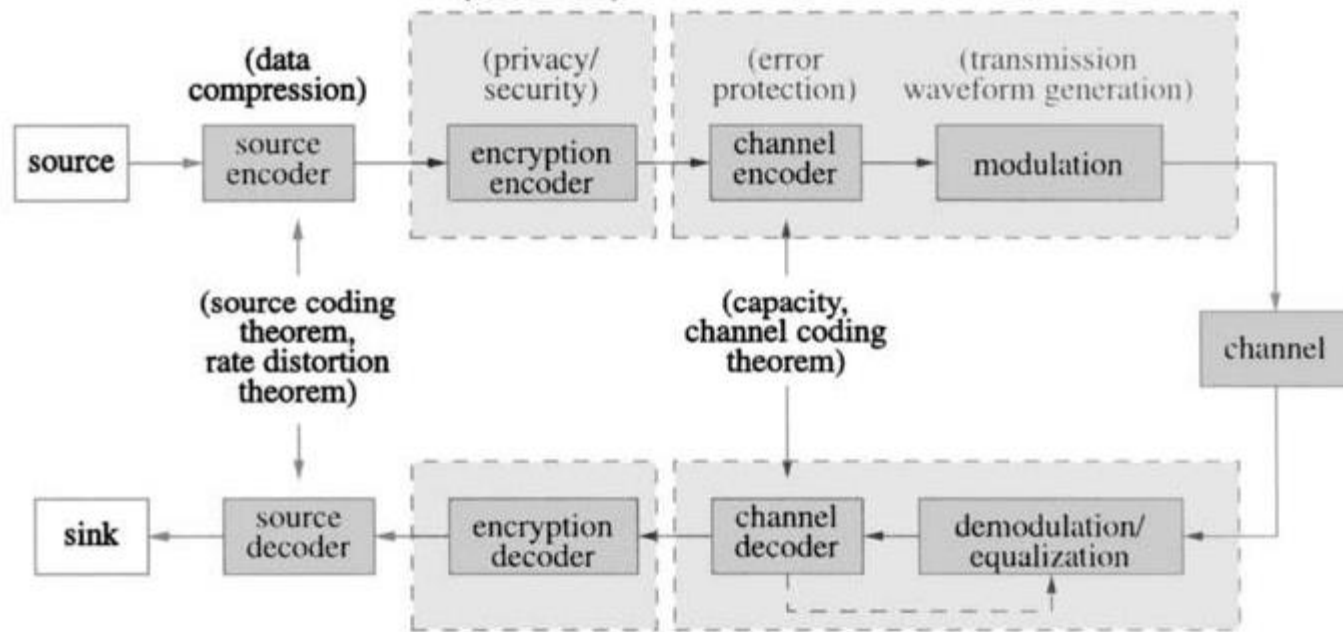
Ví dụ: Mã ISBN (international standard book number)

$\underbrace{0}_{\text{country}} - \underbrace{20}_{\text{publisher}} - \underbrace{1 - 36186}_{\text{book no.}} - \underbrace{8}_{\text{check}}.$

Mã kiểm tra được thêm vào, thỏa mãn điều kiện Tổng-cộng dồn của dãy số chia Hết cho 3.

digit	cumulative sum	cumulative sum
0	0	0
2	2	2
0	2	4
1	3	7
3	6	13
6	12	25
1	13	38
8	21	59
6	27	86
8	35	121

Giới thiệu chung – hệ thống thông tin



□ Hệ thống thông tin bao gồm 3 thành phần:

- Nguồn phát tin
- Kênh truyền tin
- Bên nhận tin

Giới thiệu chung – hệ thống thông tin



- ❑ **Encrypter:** mã hóa, ẩn giấu thông tin ban đầu từ nguồn phát tin, nhằm tránh sự xâm phạm thông tin không mong muốn. (Toàn vẹn thông tin, bảo mật).
- ❑ **Channel Coder:** bộ mã hóa kênh. Bổ sung thông tin dư thừa nhằm cho phép việc phát hiện/sửa lỗi thông tin ở phía bên nhận tin.
- ❑ **Modulator:** bộ điều chế tín hiệu. Chuyển đổi dòng tín hiệu số (bit, digital symbol) thành dạng tín hiệu phù hợp với việc truyền dẫn trên kênh truyền.
- ❑ **Channel:** Kênh thông tin, là môi trường truyền dẫn thông tin từ nguồn tin tới bên nhận tin.

Phía nhận tin, quá trình xử lý thu nhận và xử lý thông tin tương ứng với bên phát tin: từ bộ giải điều chế (**demodulator**), tới bộ giải mã kênh (**channel decoder**) và giải mã hóa (**decrypter**).

Ví dụ: Hệ thống thông tin BPSK

- ❑ Dòng bit thông tin được chuyển đổi thành dạng tín hiệu để truyền trên kênh truyền dẫn.
- ❑ BPSK – Binary Phase Shift Key

Ví dụ: dòng bit thông tin $b = \{b_0, b_1, b_2, \dots\}$

Tín hiệu truyền đi được ánh xạ thành các giá trị ± 1 theo công thức

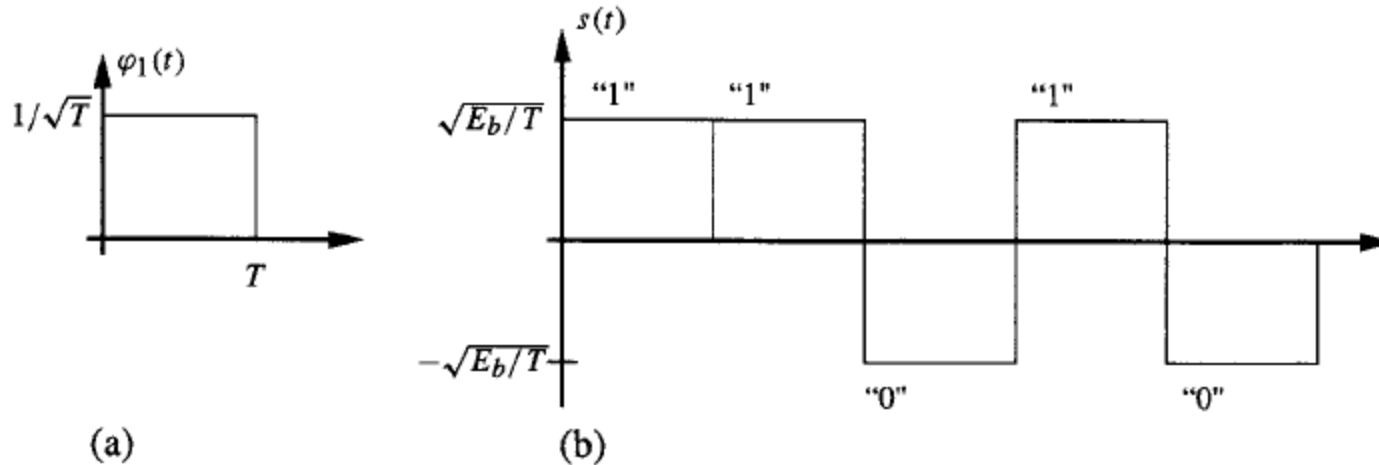
$$\tilde{b}_i = \sqrt{E_b} (2b_i - 1)$$

với E_b là năng lượng của truyền 1 bit tín hiệu

Xung đơn vị $\varphi_1(t)$ mang năng lượng đơn vị

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi_1^2(t) dt = 1$$

Ví dụ: Hệ thống thông tin BPSK



- ❑ Tín hiệu truyền đi theo phương thức điều chế BPSK

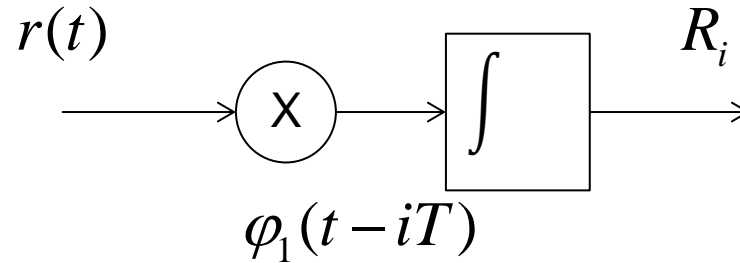
$$s(t) = \sum_i \tilde{b}_i \varphi_1(t - iT)$$

- ❑ Tín hiệu truyền trên kênh truyền dẫn bị ảnh hưởng bởi nhiễu

$$r(t) = s(t) + n(t)$$

Ví dụ: Hệ thống thông tin BPSK

Bên phía nhận tin:

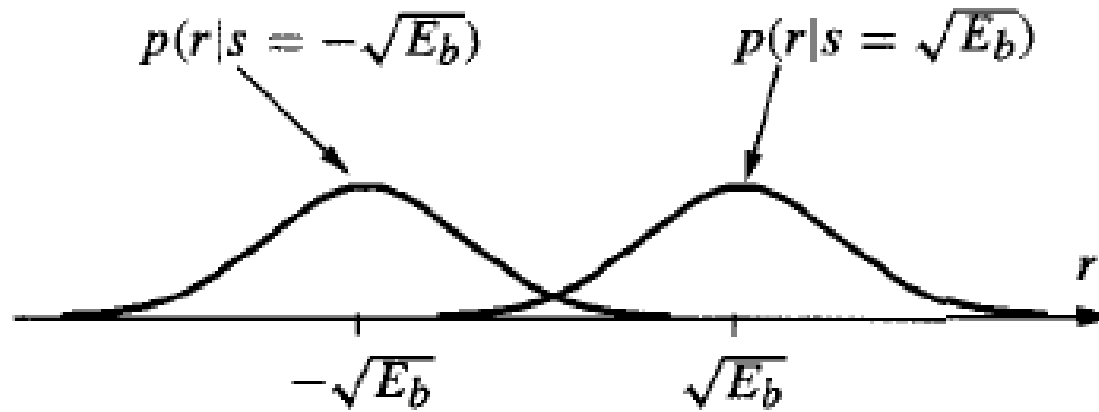


$r(t)$ là tín hiệu thu được từ kênh truyền

Tín hiệu giải điều chế BPSK

$$R_i = \int_{iT}^{(i+1)T} r(t) \varphi_1(t - iT) dt$$

Ví dụ: Hệ thống thông tin BPSK



Ví dụ: Hệ thống thông tin BPSK

Bộ giải điều chế tín hiệu đưa ra quyết định về giá trị bit thu được theo công thức:

$$\hat{s} = \arg \max_{s \in S} P(\mathbf{s} | \mathbf{r})$$

Công thức Bayes

$$P(\mathbf{s} | \mathbf{r}) = \frac{P(\mathbf{r} | \mathbf{s})P(\mathbf{s})}{P(\mathbf{r})}$$

- MAP (Maximum a posteriori) đưa ra quyết định dựa trên việc tìm cực đại của xác suất hậu nghiệm

$$\hat{s} = \arg \max_{s \in S} P(\mathbf{r} | \mathbf{s})P(\mathbf{s})$$

- ML (Maximum likelihood): đưa ra quyết định dựa trên giả thuyết xác suất tín hiệu nguồn phát $P(\mathbf{s})$ là bằng nhau

$$\hat{s} = \arg \max_{s \in S} P(\mathbf{r} | \mathbf{s})$$

□ Định lý Shannon

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Trong đó

S là công suất tín hiệu (W)

N mật độ nhiễu trung bình trong toàn kênh (W)

B băng thông (Hz)

C Dung lượng giới hạn của kênh truyền (b/s)

Định lý Shannon cho biết dung lượng kênh truyền cho phép truyền luồng thông tin ban đầu (loại trừ thông tin dư thừa chèn thêm do mã hoá sửa lỗi) trong trường hợp kênh AWGN (Additional White Gaussian Noise) với băng thông B và tỷ lệ S/N cho trước.

Trường hợp 1

$$R < C$$

R tốc độ truyền tin trên đường truyền (b/s)

Cho phép truyền thông tin với tốc độ $R < C$ với xác suất lỗi $BER = 0$

Trường hợp 2:

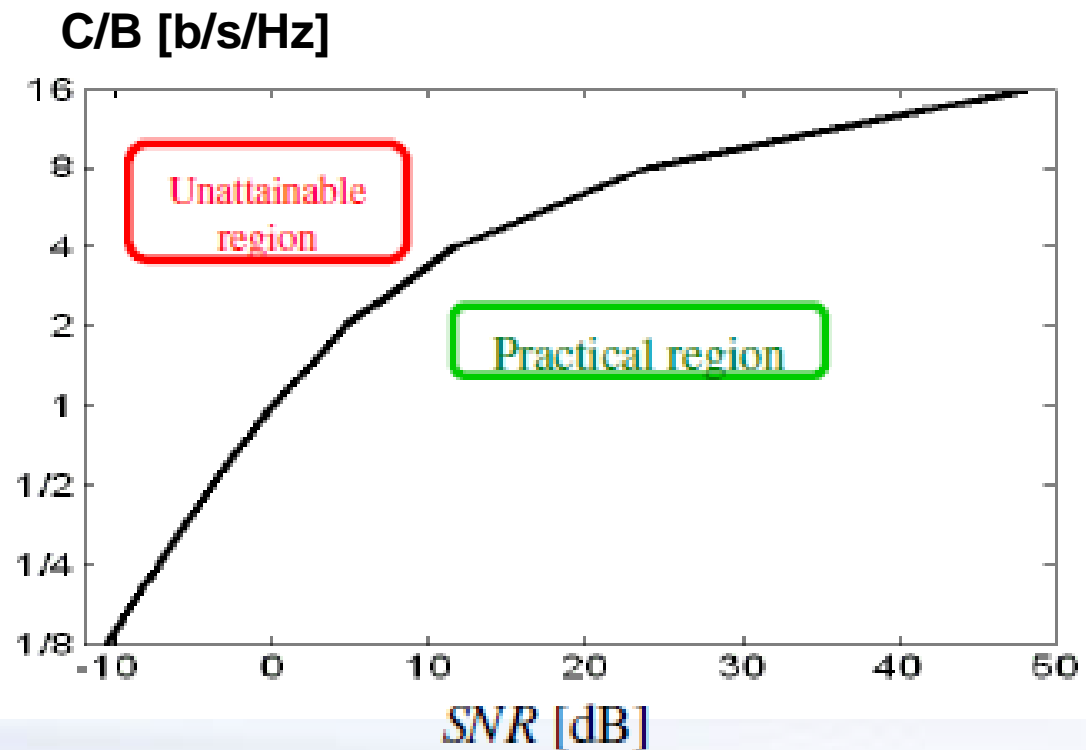
$$R > C$$

Tốc độ truyền tin R vượt quá dung lượng kênh truyền, không thể truyền thông tin hữu ích trên kênh truyền.

Ý nghĩa của định lý Shannon

- Định lý Shannon chỉ ra giới hạn lý thuyết về dung lượng của kênh thông tin.
- Shannon cũng chỉ ra về lý thuyết: có loại mã cho phép tăng tốc độ truyền tín hiệu trên kênh truyền tiệm cận với giới hạn Shannon.

Tuy nhiên, Shannon không chỉ ra đó là loại mã gì.



Các ví dụ giải thích định lý Shannon



Example 1: trong trường hợp $\text{SNR}=20\text{dB}$

Băng thông hệ thống $B=4\text{KHz}$

Tính dung lượng kênh truyền C

Example 2:

Để truyền được luồng dữ liệu với tốc độ 50kbps, với băng thông là 1MHz, hãy tính điều kiện kênh truyền AWGN – tỷ số SNR cho phép?

Đáp án -14.5dB

Example 3:

Trong trường hợp sử dụng phương pháp điều chế WCDMA, băng thông $B=5\text{MHz}$, tốc độ thoại $R=12.2\text{kb/s}$.

Tính tỷ lệ SNR cần thiết để truyền dữ liệu thoại trên kênh truyền.

Đáp án: $\text{SNR} = -27.7\text{dB}$

Example 4:

Phương pháp MIMO

Multiple-Input-Multiple-Output

Nhiều antenna phát và nhiều antenna thu. Phổ biến trong các chuẩn WiFi thế hệ mới 802.11n/ac, 4G LTE