

Chương 1.

Phần 1.

Các khái niệm cơ bản

Nội dung

- Giới thiệu về LTTT
- Hệ thống truyền tin



Tín hiệu là gì?

- **Tín hiệu:** là các thông tin mà con người thu nhận được từ môi trường bên ngoài thông qua các giác quan hay các hệ thống đo lường.
- **Ví dụ:** Sóng địa chấn, nhịp tim của bệnh nhân, lưu lượng của các dòng sông, âm thanh, sóng điện từ, tín hiệu số,....
- Về mặt toán học, tín hiệu được hiểu như một hàm số phụ thuộc vào một hay nhiều biến độc lập. VD: tín hiệu âm thanh là hàm số phụ thuộc một biến độc lập $x(t)$. Tín hiệu ảnh là hàm số phụ thuộc ít nhất 2 biến độc lập $x(i,j)$.

Lịch sử phát triển (1)

- Thế giới chúng ta đang sống trong đó chủ yếu là *xác suất*. Kiến thức của chúng ta cũng là một dạng xác suất.
- LTTT nổi lên sau khi cơ học thống kê và lượng tử đã phát triển, và nó chia sẻ với vật lý thống kê các khái niệm cơ bản về entropy.
- Theo lịch sử, các khái niệm cơ bản của LTTT như entropy, thông tin tương hỗ được hình thành từ việc nghiên cứu các *hệ thống mật mã* hơn là từ việc nghiên cứu các *kênh truyền thông*.
- Về mặt toán học, LTTT là một nhánh của *lý thuyết xác suất* và các *quá trình ngẫu nhiên* (stochastical process).

Lịch sử phát triển (2)

- Quan trọng và có ý nghĩa nhất là quan hệ liên kết giữa LTTT và *vật lý thống kê*.
- Trong một thời gian dài trước khi LTTT được hình thành, L. Boltzman và sau đó là L. Szilard đã đánh đồng ý nghĩa của thông tin với khái niệm nhiệt động học của entropy. Một mặt khác, D. Gabor chỉ ra rằng “*lý thuyết truyền thông phải được xem như một nhánh của vật lý*”.
- *C. E. Shannon* là cha đẻ của LTTT.

Vai trò của LTTT (1)

1. **Truyền thông và mạng:** LTTT cung cấp cơ sở để hiểu và tối ưu hóa quá trình truyền thông trong các hệ thống mạng, bao gồm cả mạng viễn thông, internet, và mạng không dây. Các khái niệm như dung lượng kênh, mã hóa và giải mã được sử dụng để cải thiện hiệu suất và độ tin cậy của việc truyền dữ liệu.
2. **Nén dữ liệu:** LTTT giúp phát triển các kỹ thuật nén dữ liệu hiệu quả, VD: mã hóa Huffman, mã hóa Shannon-Fano, mã hóa LZW. Các kỹ thuật này giúp giảm dung lượng lưu trữ và băng thông cần thiết cho việc truyền tải dữ liệu mà không mất mát thông tin.
3. **Mã hóa và bảo mật thông tin:** LTTT đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển các phương pháp mã hóa và bảo mật thông tin. Các kỹ thuật này giúp bảo vệ dữ liệu khỏi các cuộc tấn công, đảm bảo tính toàn vẹn và bảo mật của thông tin.
4. **Sinh học và y học:** LTTT cũng có ứng dụng trong sinh học và y học, VD: trong phân tích trình tự gen, nén hình ảnh y khoa và truyền thông tin sinh học. Các kỹ thuật này giúp cải thiện việc chẩn đoán và điều trị bệnh.

Vai trò của LTTT (2)

- 5. Lý thuyết điều khiển và robot:** Trong lý thuyết điều khiển và robot, LTTT được sử dụng để tối ưu hóa các hệ thống điều khiển và cải thiện khả năng tự động hóa của robot. Các khái niệm như phản hồi (feedback) và điều khiển dự báo (predictive control) dựa trên cơ sở của LTTT.
- 6. Khoa học dữ liệu và trí tuệ nhân tạo:** LTTT đóng vai trò quan trọng trong khoa học dữ liệu và trí tuệ nhân tạo. Nó cung cấp các công cụ và phương pháp để phân tích, học và đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu. Các thuật toán máy học (machine learning) và khai phá dữ liệu (data mining) đều dựa trên nguyên tắc của LTTT.
- 7. Kinh tế và tài chính:** Trong lĩnh vực kinh tế và tài chính, LTTT được sử dụng để phân tích và dự đoán các xu hướng thị trường, tối ưu hóa danh mục đầu tư và quản lý rủi ro. Các mô hình kinh tế dựa trên lý thuyết thông tin giúp đưa ra các quyết định kinh doanh hiệu quả hơn.

Các lĩnh vực nghiên cứu cơ bản

Môn học có 3 lĩnh vực nghiên cứu cơ bản gồm:

- Mã hoá chống nhiễu.
- Mã hoá tối ưu (hay nén dữ liệu).
- Mật mã hoá.

Các vấn đề nghiên cứu của LTTT

- **Bản chất** thông tin.
- Bản chất của **quá trình truyền tin** theo quan điểm toán học
- Cấu trúc vật lý của **môi trường truyền tin**.
- Các vấn đề liên quan đến tính chất **bảo mật, tối ưu hóa** quá trình.
- Các vấn đề đó thường được gọi là **LTTT, Lý thuyết năng lượng**.
- **LTTT nhằm giải quyết vấn đề**: Rời rạc hóa nguồn, mô hình phân phối xác suất của nguồn và đích, các vấn đề về mã hóa và giải mã, khả năng chống nhiễu của hệ thống...

Một số khái niệm

- **Thông tin**: là tập hợp các tri thức mà con người thu được qua các con đường tiếp nhận khác nhau.
- Thông tin được mang dưới dạng năng lượng khác nhau gọi là **vật mang**: *điện, điện từ, sóng âm, sóng ánh sáng,...*
- Vật mang có chứa thông tin gọi là **tín hiệu**.
- **Tin** là dạng vật chất cụ thể biểu diễn hoặc thể hiện thông tin: *bản nhạc, bảng số liệu, bài nói,...*
- **Truyền tin**: Là quá trình dịch chuyển thông tin từ điểm này sang điểm khác trong một môi trường xác định.

1.2 Hệ thống truyền tin

Phân loại HTTT:

Theo quan điểm năng lượng:

- Năng lượng một chiều (điện tín)
- Vô tuyến điện (song điện từ)
- Quang năng (cáp quang)
- Sóng siêu âm (laser)

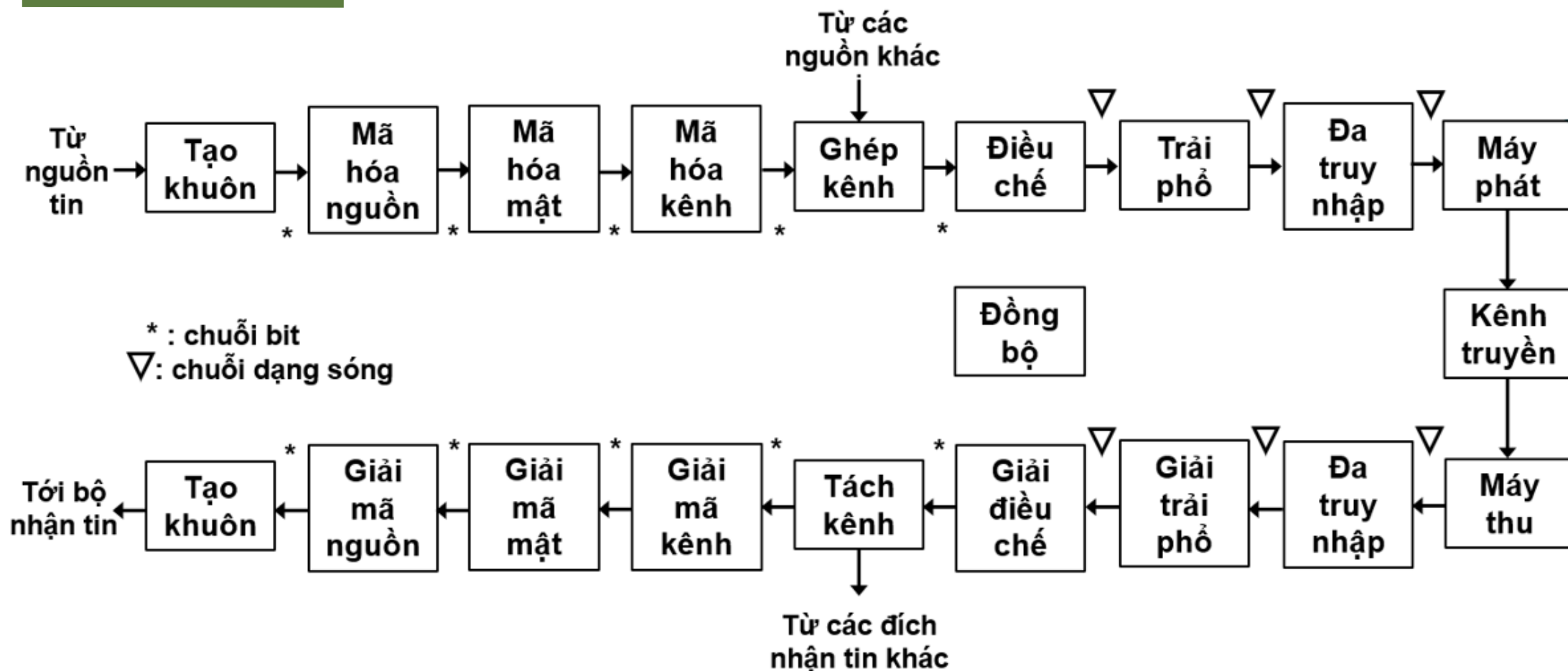
Theo chức năng:

- Hệ thống truyền số liệu
- Hệ thống truyền hình, phát thanh
- Hệ thống thông tin thoại

Theo dạng tín hiệu:

- Hệ thống truyền tin rời rạc
- Hệ thống truyền tin liên tục

Sơ đồ hệ thống truyền tin



Sơ đồ HTTT (tt.)

- **Nguồn tin:** là nơi sản sinh ra hay chứa các tin, có thể là nguồn bất kỳ, VD: voice, video, telex, data, image ..
- **Tạo khuôn (format):** định dạng tín hiệu thành tín hiệu số cơ bản (thường tốc độ lớn).
- **Mã hóa nguồn (Source Encoding):** nén dữ liệu bằng cách loại bỏ các phần thừa và không cần thiết của thông tin. Điều này giúp giảm kích thước của dữ liệu, tiết kiệm băng thông truyền tải và dung lượng lưu trữ. Các kỹ thuật nén dữ liệu phổ biến bao gồm mã hóa Huffman, mã hóa Shannon-Fano, và mã hóa Lempel-Ziv-Welch (LZW).
- **Mã hóa mật (Cryptographic Encryption)** là quá trình chuyển đổi dữ liệu gốc (plaintext) thành dữ liệu đã mã hóa (ciphertext) để bảo vệ thông tin khỏi sự truy cập trái phép. Mã hóa mật mã sử dụng các thuật toán mã hóa phức tạp và các khóa mật mã để đảm bảo tính bảo mật của dữ liệu.

Sơ đồ HTTT (tt.)

- **Mã hóa kênh (channel encoding):** thêm các bit dư để kiểm tra lỗi hoặc sửa lỗi, khắc phục các tác động xấu của kênh truyền.
- **Ghép kênh (multiplexing):** là kỹ thuật cho phép truyền nhiều tín hiệu hoặc luồng dữ liệu qua một kênh truyền duy nhất. Mục tiêu của ghép kênh là tận dụng tối đa băng thông của kênh truyền và tăng hiệu quả sử dụng tài nguyên.
- **Điều chế (modulation):** là quá trình biến đổi một tín hiệu mang thông tin (thường gọi là tín hiệu băng gốc - baseband signal) thành một dạng tín hiệu khác phù hợp hơn để truyền qua kênh truyền dẫn. Mục tiêu của quá trình điều chế là cải thiện chất lượng truyền dẫn, tận dụng tối đa băng thông và giảm thiểu nhiễu.
- **Trải phổ (spread spectrum):** là một kỹ thuật truyền thông sử dụng băng thông rộng để truyền tải tín hiệu. Mục tiêu của kỹ thuật này là làm tăng độ rộng của phổ tín hiệu, giúp cải thiện tính bảo mật, độ tin cậy và khả năng chống nhiễu của hệ thống truyền thông.

Sơ đồ HTTT (tt.)

- **Đa truy nhập (multiple access):** là một kỹ thuật trong hệ thống truyền tin cho phép nhiều người dùng hoặc thiết bị truy cập và chia sẻ cùng một kênh truyền thông mà không gây nhiễu lẫn nhau. Đây là một phần quan trọng trong các hệ thống truyền thông, đặc biệt là trong các mạng di động và không dây. VD: FDMA, TDMA, CDMA, WDMA, SDMA.
- **Máy phát (transmitter):** là một thành phần quan trọng có nhiệm vụ chuyển đổi và truyền tải thông tin từ nguồn đến kênh truyền dẫn.
- **Kênh truyền (communication channel):** là môi trường hoặc phương tiện mà qua đó tín hiệu được truyền từ máy phát đến máy thu trong một hệ thống truyền thông. Kênh truyền có vai trò quan trọng trong việc xác định chất lượng và độ tin cậy của việc truyền tải thông tin.
- **Máy thu (receiver):** là một thành phần quan trọng trong hệ thống truyền thông có nhiệm vụ nhận và giải mã tín hiệu từ kênh truyền dẫn, rồi chuyển đổi thành thông tin có thể sử dụng được cho người nhận.

Sơ đồ HTTT (tt.)

- **Giải trải phổ (despreading)** là quá trình tách tín hiệu băng gốc từ tín hiệu đã được trải phổ trong hệ thống truyền thông sử dụng kỹ thuật trải phổ.
- **Giải điều chế (demodulation)**: là quá trình lấy lại tín hiệu gốc từ tín hiệu đã được điều chế.
- **Tách kênh (Demultiplexing)** là quá trình ngược lại của ghép kênh, tức là tách các tín hiệu hoặc luồng dữ liệu đã được gộp lại trong quá trình ghép kênh để truyền trên một đường truyền duy nhất, thành các tín hiệu riêng lẻ như ban đầu. Tách kênh giúp khôi phục lại từng luồng dữ liệu độc lập để xử lý hoặc sử dụng tiếp theo.
- **Giải mã kênh (Channel Decoding)** là quá trình tái tạo lại dữ liệu gốc từ tín hiệu đã được mã hóa trong quá trình truyền dẫn qua kênh truyền. Mục tiêu của giải mã kênh là phát hiện và sửa lỗi xảy ra trong quá trình truyền dữ liệu do các yếu tố như nhiễu, suy giảm tín hiệu, hoặc biến dạng tín hiệu.

Sơ đồ HTTT (tt.)

- **Giải mã mật (Cryptographic Decryption)** là quá trình chuyển đổi dữ liệu đã được mã hóa (ciphertext) trở lại thành dữ liệu gốc (plaintext) bằng cách sử dụng một khóa giải mã. Giải mã mật rất quan trọng để bảo vệ dữ liệu và đảm bảo rằng chỉ những người được phép mới có thể truy cập thông tin nhạy cảm. Các phương pháp giải mã mật thường dựa trên các thuật toán toán học phức tạp.
- **Giải mã nguồn (Source Decoding)** là quá trình tái tạo lại dữ liệu gốc từ tín hiệu đã được mã hóa nguồn.
- **Tạo khuôn**
- **Bộ nhận tin** có 3 chức năng: Ghi giữ tin; Biểu thị tin: Làm cho các giác quan của con người hoặc các bộ cảm biến của máy thụ cảm được để xử lý tin (ví dụ bằng âm thanh, chữ số, hình ảnh...); Xử lý tin: Biến đổi tin để đưa nó về dạng dễ sử dụng.

Các phương pháp điều chế

Các phương pháp điều chế cao tần thường dùng với tín hiệu liên tục:

- Điều chế biên độ AM (Amplitude Modulation)
- Điều chế Đơn biên SSB (Single Side Band)
- Điều tần FM (Frequency Modulation)
- Điều pha PM (Phase Modulation)

Các phương pháp điều chế (tt.)

Với tín hiệu rời rạc, các phương pháp điều chế cao tần cũng giống như trường hợp thông tin liên tục, nhưng làm việc gián đoạn theo thời gian, gọi là ***manip*** hay ***khóa dịch***. Gồm:

- Manip biên độ ASK (Amplitude Shift Key)
- Manip tần số FSK (Frequency Shift Key)
- Manip pha PSK (Phase Shift Key)

Các phương pháp giải điều chế

- Tách sóng biên độ
- Tách sóng tần số
- Tách sóng pha
- **Giải điều chế (demodulation):** là quá trình lấy lại tín hiệu gốc từ tín hiệu đã được điều chế.

Chỉ tiêu chất lượng của Hệ thống TT

1. **Tốc độ truyền dữ liệu (Data Rate):** Là tốc độ mà dữ liệu được truyền từ nguồn đến đích, thường được đo bằng bit/giây (bps).
2. **Tỷ lệ lỗi bit (BER - Bit Error Rate):** Là tỷ lệ các bit bị lỗi so với tổng số bit truyền đi. BER càng thấp thì chất lượng truyền tin càng cao.
3. **Độ trễ (Latency):** Là thời gian cần thiết để dữ liệu đi từ nguồn đến đích. Độ trễ thấp là một yếu tố quan trọng để đảm bảo trải nghiệm người dùng tốt hơn.
4. **Đáp ứng tần số (Frequency Response):** Là khả năng của hệ thống truyền dẫn để tái tạo các tín hiệu ở các tần số khác nhau một cách chính xác.
5. **Độ méo tín hiệu (Signal Distortion):** Là sự thay đổi không mong muốn của tín hiệu trong quá trình truyền dẫn. Độ méo thấp đảm bảo chất lượng tín hiệu tốt hơn.

Chỉ tiêu chất lượng của Hệ thống TT

6. **Sự suy giảm tín hiệu (Signal Attenuation):** Là sự giảm cường độ tín hiệu trong quá trình truyền dẫn. Hệ thống cần có khả năng khuếch đại hoặc bù đắp suy giảm để duy trì chất lượng tín hiệu.
7. **Công suất phát (Transmission Power):** Là mức năng lượng mà hệ thống phát ra để truyền tín hiệu. Công suất phát cần được điều chỉnh phù hợp để đảm bảo tín hiệu đến được đích mà không gây nhiễu.
8. **Độ nhạy của bộ thu (Receiver Sensitivity):** Là khả năng của bộ thu để phát hiện và tái tạo tín hiệu yếu. Độ nhạy cao giúp tăng cường khả năng thu nhận tín hiệu.
9. **Tính bảo mật (Security):** Là khả năng bảo vệ thông tin khỏi sự truy cập trái phép và đảm bảo tính riêng tư của dữ liệu.