

# Chương 1. Hệ thống truyền thông

1.1. Khái niệm về truyền thông

1.2. Các hệ truyền thông thường gặp

1.3. Môi trường lan truyền và ảnh hưởng của môi trường lan truyền

1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

1.5. Các khái niệm và thuật ngữ

1.6. Chuyển đổi tương tự - số

# 1.1. Khái niệm về hệ thống truyền thông và các ví dụ hệ thống truyền thông thường gặp

1.1.1. Khái niệm về hệ thống truyền thông

1.1.2. Các hệ thống truyền thông thường gặp

# 1.1.1. Khái niệm về hệ thống truyền thông

- Hệ thống truyền thông: là một liên kết (một hệ thống truyền) được thiết lập để hai người truyền các kinh nghiệm (cảm nhận, cảm hiểu) cho nhau (theo khởi nguồn của hệ thống này)
- Hệ thống được thiết lập là hệ thống vật lý, có môi trường lan truyền, nơi truyền (điểm nguồn), nơi nhận (điểm nhận) và có thể có các hệ thống xử lý hỗ trợ
- Cái được truyền trong hệ thống là thông tin - là cảm nhận (thấy được), cảm hiểu (thấy, hiểu và biết cách ứng xử) của con người về xung quanh mình (có thể coi là kinh nghiệm con người có được) có bản chất phi vật lý

# 1.1.1. Khái niệm về hệ thống truyền thông

- Hai yêu cầu cơ bản cho mọi hệ thống truyền thông sẽ là tốc độ truyền truyền và độ tin cậy truyền
- Tốc độ truyền được đo bởi lượng thông tin truyền được qua hệ thống trong một đơn vị thời gian
- Độ chính xác thể hiện bởi sai số đo bởi tỷ số của số lượng thông tin bị mất mát khi truyền chia cho tổng số thông tin được truyền
- Một yêu cầu thực tế là hệ thống phải cho tốc độ truyền và độ chính xác truyền với một chi phí cho phép, gọi chung là hiệu quả của hệ thống

# 1.1.1 Khái niệm về hệ thống truyền thông

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- Môn này sẽ chỉ xem xét các vấn đề liên quan riêng đến hệ thống truyền thông hay hệ thống truyền thông tin từ 1 điểm nguồn đến một điểm nhận

# 1.1.2. Các ví dụ về hệ thống truyền thông thường gặp

1.1.2.1 Hệ thống thoại hay hệ thống hai người nói chuyện trực tiếp

1.1.2.2. Hệ thống điện thoại

1.1.2.3. Hệ thống điện thoại vô tuyến

1.1.2.4. Hệ thống truyền ảnh trực tiếp

1.1.2.5. Hệ thống truyền hình (video) và truyền hình vô tuyến

1.1.2.6. Hệ thống truyền thông tích hợp

# 1.1.2.1. Hệ thống thoại

- Hệ thống thoại là hệ thống có một người dùng tiếng nói truyền cảm nhận của mình qua môi trường không khí đến người nhận. Đây là hệ thống có từ khi con người biết truyền âm thanh để báo hiệu cho nhau.

Trời mưa



- Hệ thống này có người nói đóng vai trò đi... nguồn, mà trong nó thông tin, cảm nhận “trời mưa”, được chuyển thành tiếng nói.
- Môi trường không khí là môi trường truyền sóng âm giữa hai người
- Người nghe đóng vai trò nơi nhận, sóng âm đến tai sẽ được phân tích và chuyển lên não để nhận biết thông tin truyền đến người nhận.
- Hệ thống truyền thoại là hệ thống chuyển thông tin cần truyền thành sóng âm (tiếng nói), truyền sóng âm đến người nhận và người nhận cảm nhận và phục hồi thông tin từ sóng âm

## 1.1.2.2. Hệ thống điện thoại

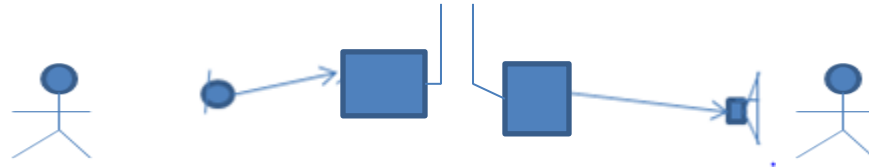
- Hệ thống điện thoại là hệ thống thoại nhưng giữa người nói, người nghe có hệ thống micro chuyển tiếng nói thành điện thanh (dòng điện chứa âm thanh) rồi qua hệ thống điện thoại truyền điện thanh đến loa để loa phục hồi lại tiếng nói. Hệ thống điện thoại cho phép truyền tiếng nói đi xa và đang được sử dụng rất phổ biến. Để có thể truyền xa điện thanh sẽ được khuếch đại và để tạo các kết nối khác nhau cho từng cặp micro, loa thì có hệ thống chuyển mạch. Cặp micro/loa và hệ thống quay số gộp lại gọi là 1 thiết bị thuê bao





# 1.1.2.3. Hệ thống điện thoại vô tuyến

- Bộ đàm là hệ thống điện thoại vô tuyến. Tiếng nói được chuyển thành điện thanh qua Micro rồi điện thanh được máy phát chuyển thành sóng điện từ truyền vào không gian. Sóng điện từ được thu vào máy thu sẽ được chuyển thành điện thanh chuyển đến loa.



# 1.1.2.4. Hệ thống truyền ảnh trực tiếp

- Hệ thống truyền ảnh là hệ thống mà con người sử dụng các ảnh để truyền thông tin cho nhau. Để truyền thông tin, người truyền sẽ vẽ ảnh mô tả thông tin cần truyền (ví dụ ảnh thể hiện trời mưa). Ảnh thực chất là tập hợp các điểm sáng trên một diện (thường là phẳng). Ánh sáng tại mỗi điểm sẽ chuyển đến mắt người và từ mắt ảnh được phân tích, chuyển lên não để người nhận hiểu thông tin chứa trong ảnh.
- Có thể coi hệ thống truyền ảnh trực tiếp là chuyển thông tin cần truyền thành tập hợp ánh sáng trên diện phẳng (điểm sáng) và truyền tập hợp các điểm sáng đến người nhận. Người nhận cảm nhận và phục hồi thông tin từ tập hợp điểm sáng.

## 1.1.2.5. Hệ thống truyền hình và truyền hình vô tuyến

- Hệ thống truyền hình là hệ thống truyền ảnh động (video) qua chuyển các ảnh thành dòng điện chứa ảnh (tín hiệu thị tần). Tín hiệu thị tần sẽ được phục hồi lại thành ảnh (tập hợp điểm sáng trên một diện)
- Truyền ảnh động dựa trên nguyên tắc lưu ảnh của mắt. Mắt sẽ lưu ảnh trong thời gian khoảng  $1/25$  giây nên nếu truyền các ảnh liên tiếp nhau và cách nhau  $\leq 1/25$  giây thì chuỗi ảnh sẽ được nhìn thấy là ảnh động
- Hệ thống truyền hình vô tuyến là hệ thống tín hiệu thị tần được chuyển thành sóng vô tuyến bởi máy phát và sau đó máy thu sẽ thu sóng vô tuyến này và chuyển thành tín hiệu thị tần.

## 1.1.2.5. Hệ thống truyền hình và truyền hình vô tuyến

- Để chuyển ảnh (tập hợp các điểm sáng trên một diện) thành tín hiệu thị tần ở phía phát sử dụng thiết bị gọi là camera.
- Camera là thiết bị có một bộ chuyển tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện thể hiện ánh sáng chiếu vào nó (tín hiệu thị tần). Các điểm sáng của ảnh sẽ lần lượt được camera chuyển đổi thành tín hiệu thị tần tương ứng (trật tự này gọi là quét ảnh)
- Kích thước điểm ảnh được xác định bởi góc phân biệt của mắt (góc nhìn lớn nhất để hai điểm được nhìn chập thành 1 điểm). Góc phân biệt với độ chói là 2', với màu là 5'. Camera được đặt chiếu trực diện vào ảnh và ở khoảng cách để với ảnh 3x4 sẽ được chia thành 600x800 điểm ảnh theo chuẩn CCITT. Việc quét ảnh là lần lượt từng dòng từ trái qua phải bắt đầu từ góc trên bên trái.

## 1.1.2.6. Hệ thống truyền dữ liệu

- Hệ thống truyền truyền dữ liệu là hệ thống truyền các dữ liệu chứa các giá trị thể hiện thông tin (thường là các dữ liệu từ các bộ cảm biến đo lường).
- Hệ thống truyền dữ liệu phải có thiết bị cho phép nhập dữ liệu (cảm biến, bàn phím..) và thường đầu ra của nó chuyển về dòng điện tương ứng với các giá trị dữ liệu. Dữ liệu này sẽ được truyền đến nơi nhận trực tiếp, qua khuếch đại hoặc qua các tín hiệu điện từ, ánh sáng.. đến nơi nhận. Tại nơi nhận dữ liệu được phục hồi và người nhận sẽ chuyển thành thông tin.

# 1.1.2.7. Hệ thống truyền thông tích hợp

- Hệ thống truyền thông tích hợp là hệ thống truyền thông tích hợp ít nhất hai hệ thống truyền thông khác nhau.
- Thông thường, trong các hệ thống truyền thông tích hợp, các dữ liệu chứa thông tin được chuyển thành dạng số và hệ thống truyền thông là hệ thống truyền thông số.

## 1.3. Môi trường lan truyền và ảnh hưởng của môi trường lan

- 1/3/1/ Khái niệm về môi trường lan truyền
- 1.3.2. Ảnh hưởng của môi trường lan truyền

## 1.3.1. Khái niệm về môi trường lan truyền

- Môi trường truyền là môi trường vật lý cho phép lan truyền tín hiệu từ nơi gửi đến nơi nhận (từ đầu ra máy phát đến đầu vào máy thu)
- Môi trường lan truyền là kết nối vật lý để lan truyền tín hiệu nên nó còn được gọi là đường truyền hay kênh truyền tín hiệu
- Có nhiều loại môi trường truyền tín hiệu và nó tương ứng với các dịch chuyển vật lý: cơ, điện, điện tử, sóng âm, quang.. Hiện nay hầu hết các đường truyền đều có bản chất điện (thông tin được chuyển thành tín hiệu điện rồi mới chuyển thành các tín hiệu khác)



## 1.3.1. Khái niệm về môi trường lan truyền

- Các môi trường lan truyền được chia thành hai loại có dây nối và không có dây nối
- Môi trường có dây nối là tồn tại một thực thể vật lý nối giữa máy thu và máy phát và tín hiệu lan truyền qua dây nối này. Các loại môi trường có nối dây là cáp song hành (cáp xoắn), cáp đồng trục, cáp quang, ống dẫn sóng
- Môi trường không dây không sử dụng thực thể vật lý để kết nối máy thu mà thường sử dụng khả năng lan truyền của sóng âm thanh, trường điện từ (sóng điện từ), ánh sáng trong môi trường không khí hoặc trong không gian

## 1.3.2. Ảnh hưởng của môi trường lan truyền

- Các đặc tính và chất lượng của hệ thống truyền phụ thuộc vào đặc tính của môi trường lan truyền và tín hiệu truyền trong môi trường
- Các ảnh hưởng của môi trường lan truyền: Làm suy giảm tín hiệu, giới hạn dải tần số của tín hiệu lan truyền được qua môi trường, làm trễ tín hiệu, làm tín hiệu ra bị méo phi tuyến và gây nhiễu lên tín hiệu

## 1.3.2.1. Suy giảm

- Suy giảm là sự mất dần năng lượng của tín hiệu theo chiều dài lan truyền làm cường độ hay công suất của tín hiệu giảm dần
- Đặc trưng cho sự suy giảm là hệ số suy giảm  $A$  của môi trường. Hệ số suy giảm phụ thuộc vào môi trường và tần số.
  - Với môi trường nối dây, hệ số suy giảm tỷ lệ thuận với chiều dài môi trường,  $A = -10 \lg(P_{in} / P_{out})$  dB/đơn vị dài
  - Với môi trường không dây, hệ số suy giảm là một hàm phức tạp nhưng là hàm tỷ lệ thuận với chiều dài môi trường

# 1.3.2.1. Suy giảm

- Suy giảm làm (1) cường độ tín hiệu giảm đi làm cự ly truyền giảm do cường độ tín hiệu đến máy thu phải đạt một mức đủ lớn, gọi là độ nhạy của máy thu, thì máy thu mới có thể thu tín hiệu được
- Suy giảm làm (2) tỷ số tín hiệu/ nhiễu (S/N) đến máy thu giảm (do nhiễu không đổi) làm khả năng xác định đúng của máy thu giảm
- Suy giảm (3) thường phụ thuộc tần số dẫn đến các tần số khác nhau của tín hiệu đến máy thu có biên độ khác nhau và đây là nguyên nhân của giới hạn dải tần số của tín hiệu truyền được qua môi trường.
- Để giảm ảnh hưởng của suy giảm cần chia nhỏ độ dài của đường truyền và sử dụng các bộ thu rồi khuếch đại tín hiệu (sử dụng trạm chuyển tiếp hay bộ lặp)

## 1.3.2.2. Giới hạn băng thông

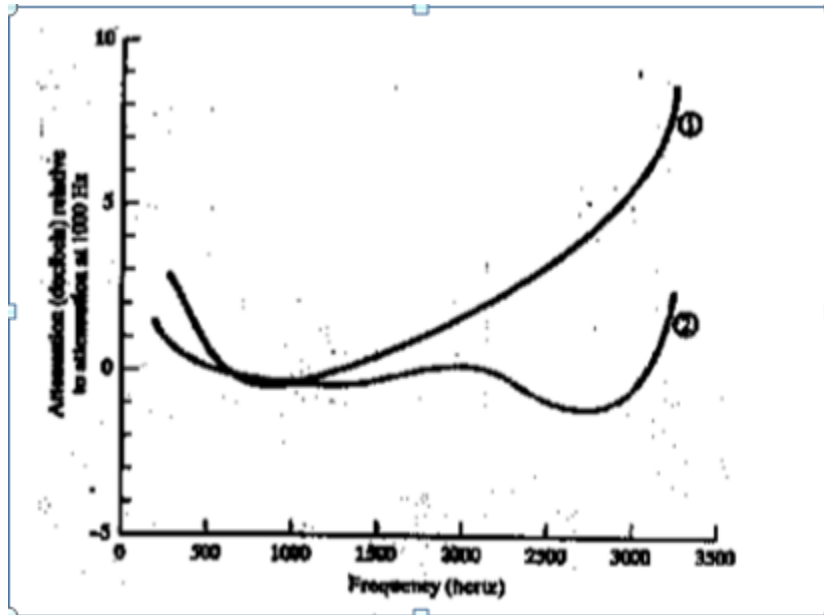
- Giới hạn băng thông (băng tần của môi trường) là hiện tượng tín hiệu ở các thành phần tần số khác nhau có hệ số suy giảm khác nhau làm tín hiệu ra ở các thành phần tần số khác nhau là rất khác nhau. Tín hiệu ra sẽ không giống hiệu hiệu vào hay còn gọi xuất hiện méo tần số.
- Vùng truyền được là vùng cho tín hiệu ra gần giống tín hiệu vào (vùng tần số có mức suy giảm khá bằng nhau) và suy giảm đủ nhỏ. Vùng truyền được này được gọi là dải thông hay băng tần của môi trường. Dải thông của môi trường được tính bằng độ rộng của dải tần này.

## 1.3.2.2. Giới hạn băng thông

- Thông thường băng thông được xác định với mức giảm công suất của tín hiệu ra so với mức ra lớn nhất là  $\frac{1}{2}$  hay giảm 3 dB mức biên độ.
- Để có thể cải thiện băng thông người ta thường sử dụng bộ cân bằng là thiết bị cho phép điều chỉnh hệ số của mạch khuếch đại tín hiệu theo từng dải tần số.
- Giải pháp chia nhỏ đường truyền giúp cải thiện băng thông đáng kể nhưng cần nhiều bộ lặp
- Giới hạn băng thông dẫn đến hạn chế dải tần truyền được của tín hiệu. Để khắc phục, chia nhỏ dải tần của tín hiệu (dải phổ) để truyền trên nhiều đường truyền song song

## 1.3.2.2. Giới hạn băng thông

- Đặc tính suy giảm phụ thuộc tần số (ví dụ)



### 1.3.2.3. Trễ

- Trễ là hiện tượng tín hiệu cần một khoảng thời gian để đi được từ đầu vào. Khoảng thời gian này được gọi là thời gian trễ hay trễ của môi trường
- Trễ phụ thuộc vào loại môi trường, độ dài đường truyền và tần số
- Trễ ảnh hưởng đến tính tác động nhanh của hệ thống
- Để khắc phục trễ phải chọn loại đường truyền có trễ thấp hơn hoặc sử dụng những ứng dụng tương ứng với trễ của môi trường
- Trễ thay đổi theo tần số sẽ dẫn đến có những khoảng thời gian tín hiệu ở đầu ra môi trường không đủ các thành phần tần số và dẫn đến tín hiệu ra không giống tín hiệu vào. Hiện tượng này gọi là méo pha. Có những ứng dụng không bị ảnh hưởng của méo pha như truyền âm thanh. Méo pha khá quan trọng trong truyền ảnh và rất quan trọng trong truyền số.



## 1.3.2.4. Méo phi tuyến

## 1.3.2.4. Méo phi tuyến

- Méo phi tuyến là hiện tượng đặc tính truyền dẫn (hay hàm truyền) của hệ thống là không tuyến tính làm cho tốc độ thay đổi của tín hiệu ra phụ thuộc vào giá trị của tín hiệu vào. Thường đặc tính này có dạng bão hòa ở cả mức tín hiệu thấp và ở mức tín hiệu lớn (ví dụ đặc tính truyền dẫn  $I_c - I_b$  của transistor)
- Để chống méo phi tuyến, phải chọn tín hiệu vào sao cho hệ thống làm việc ở vùng tuyến tính  $\Rightarrow$  (1) giới hạn biên độ tín hiệu vào đối với hệ thống truyền; (2) với máy thu giới hạn mức độ tín hiệu vào bé nhất để máy thu có thể làm việc (khái niệm độ nhạy của máy thu)

## 1.3.2.5. Nhiễu

- Nhiễu là hiện tượng tín hiệu truyền qua môi trường bị thay đổi một cách ngẫu nhiên. Thường sự thay đổi là không lớn nhưng bị thay đổi một cách ngẫu nhiên.
- Nhiễu thường chia thành các loại theo các nguyên nhân gây nhiễu:
  - Nhiễu nhiệt: Chuyển động ngẫu nhiên của các phân tử của môi trường -> va đập ngẫu nhiên vào các phân tử tín hiệu, có mật độ công suất nhiễu  $N_0 = kT$ ,  $k = 1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
  - Can nhiễu: Nhiễu do các nguồn bên ngoài môi trường can thiệp vào. Trong can nhiễu có nhiễu xuyên khi các đường truyền đặt cạnh nhau
  - Nhiễu do phương thức truyền (truyền nhiễu tia, doppler,..)
  - Nhiễu xuyên giữa các ký hiệu (ISI) trong truyền số
  - Fading: Sự thay đổi ngẫu nhiên từng vùng cục bộ của môi trường

## 1.3.2.5. Nhiều

- Để phân tích và xử lý nhiễu, chúng ta coi nhiễu là tín hiệu thứ hai, thay đổi ngẫu nhiên, được đưa vào kênh và trộn với tín hiệu được truyền qua kênh
- Mô hình trộn giữa tín hiệu  $S$  và nhiễu  $N$  sẽ là:
  - Với kênh có nhiễu cộng, tín hiệu ra là tín hiệu vào cộng với nhiễu:  $S+N$ 
    - Nhiều nhiệt và can nhiễu là nhiễu cộng
  - Với kênh có nhiễu nhân, tín hiệu ra là tín hiệu vào nhân với nhiễu:  $S.N$ 
    - Nhiều do các phương thức truyền khác nhau và fading thường là nhiễu nhân
  - Để xử lý nhiễu nhân, chúng ta chuyển nhiễu nhân về nhiễu cộng tương đương bằng xử lý đồng hình  $\log(S.N) = \log S + \log N$ . Vì vậy coi mọi kênh đều được coi là kênh có nhiễu cộng

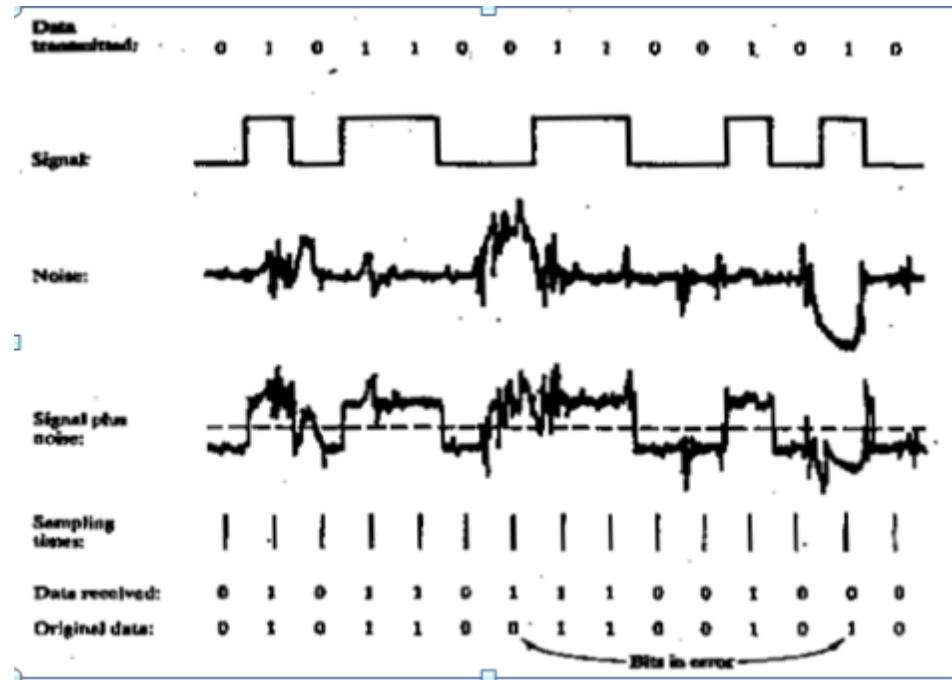
## 1.3.2.5. Nhiễu

- Trong lý thuyết, nhiễu được mô hình hóa là một quá trình ngẫu nhiên, thông thường, có tính ergodic và có phân bố chuẩn. Hàm mật độ xác suất nhiễu:

$$P(n) = \{1/\sqrt{2\pi N_0}\} \exp\{-(n^2)/2N_0\}. N_0 \text{ là mật độ công suất nhiễu.}$$

- Nhiễu làm thay đổi tín hiệu một cách ngẫu nhiên, từ đó làm thay đổi thông tin ngẫu nhiên. Chống nhiễu có thể tìm cách không cho nhiễu lọt vào kênh, chọn tín hiệu ít chịu ảnh hưởng của nhiễu, dùng các giải pháp lọc loại nhiễu và các mã chống nhiễu.

# 1.3.2.5. Nhiều

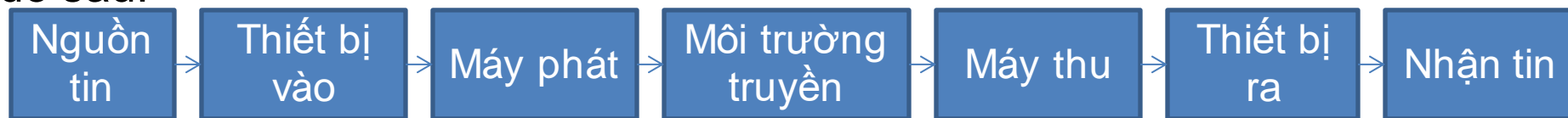


# 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Từ các hệ thống truyền thông thường gặp chúng ta nhận thấy:
  - Mỗi hệ thống truyền thông có một điểm nguồn và một điểm nhận thông tin.
  - Thông tin từ điểm nguồn là cảm nhận, cảm hiểu của người gửi thông tin và nó chỉ được thể hiện ra để hệ thống truyền thông lấy để truyền đi được ở dạng một tồn tại vật lý thể hiện (chứa) thông tin (tiếng nói, ảnh, dữ liệu đo lường), gọi là dữ liệu
  - Ở nơi nhận dữ liệu sẽ được phục hồi thành thông tin bởi người nhận và họ nhận thông tin phục hồi được
  - Dữ liệu có thể được truyền trực tiếp hay chuyển thành dạng có thể truyền được trong môi trường truyền (gọi là tín hiệu) và tín hiệu này sau khi truyền lại được chuyển ngược lại thành dữ liệu

## 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Như vậy hệ thống truyền thông sẽ có các chức năng được mô tả trong sơ đồ sau:



- Trong sơ đồ này, nguồn tin và thiết bị vào có thể tích hợp chung và là nguồn tạo ra dữ liệu, ví dụ người nói, người vẽ. Nhưng cũng có thể là hai thành tố tách rời như người gõ bàn phím và bàn phím. Người có thông tin và gõ vào bàn phím để nhập dữ liệu vào máy tính. Với các hệ thống đo lường thì nguồn tin là đối tượng cần đo và cảm biến đo là thiết bị vào.
- Tương tự, thiết bị ra và nhận tin có thể tích hợp chung hoặc tách rời



## 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Nguồn tin (Source): Điểm nguồn của hệ thống truyền – Là nơi sản sinh ra thông tin hay nơi chứa thông tin được truyền đi.
  - Nguồn tin có thể là người truyền, có thể là kho chứa thông tin và cũng có thể là đối tượng được quan sát, đo lường
- Thiết bị vào (Input Device): thực hiện chức năng chuyển đổi thông tin thành dữ liệu, hay còn gọi là chức năng vật chất hóa thông tin
  - Thiết bị vào có thể là bộ phận phát âm, hệ vận động (để viết, vẽ, biểu diễn) của người, hoặc các thiết bị vào của các hệ thống thu thập thông tin
  - Đầu ra của thiết bị vào là dữ liệu -> gộp chung nguồn tin và thiết bị vào sẽ tạo thành nguồn dữ liệu
  - Nguồn dữ liệu là nơi sản sinh hay nơi chứa dữ liệu cần truyền đi. Nguồn dữ liệu phải phối hợp với máy phát để thực hiện truyền dữ liệu

## 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Máy phát (Transmitter): Máy phát thực hiện chức năng chuyển dữ liệu thành tín hiệu phù hợp với môi trường lan truyền. Máy phát cũng thực hiện chức năng phối ghép với thiết bị vào và môi trường lan truyền để nhận dữ liệu từ thiết bị vào và gửi tín hiệu ra môi trường lan truyền
  - Trong hệ thống điện thoại máy phát là micro và các bộ khuếch đại, bộ phối hợp môi trường truyền
  - Trong hệ thống truyền ảnh là camera, các bộ khuếch đại, bộ phối hợp môi trường truyền
  - Trong các hệ thống truyền vô tuyến/ quang/ siêu âm.. thì sẽ có thêm các bộ chuyển đổi điện – điện từ/ điện - quang/ điện – siêu âm.. và bức xạ sóng điện từ, quang, siêu âm
  - Trong hệ thống truyền thư thì thư (một dạng ảnh đặc biệt) được đóng gói tiêu chuẩn phù hợp với các phương tiện chuyên chở
  - Tích hợp cả nguồn tin, thiết bị vào và máy phát sẽ là nguồn tín hiệu

## 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Môi trường lan truyền (Medium) – còn gọi là đường truyền (line): Là môi trường nằm giữa máy phát và máy thu, cho phép tín hiệu lan truyền từ máy phát đến máy thu
  - Môi trường lan truyền có thể là có dây (wired): có dây nối từ máy phát đến máy thu. Các môi trường có dây nối thường gặp: cáp đồng (cáp xoắn (UTP, STP), cáp đồng trục, cáp quang
  - Môi trường lan truyền không dây (wireless): môi trường không gian nằm giữa máy phát và máy thu được sử dụng để truyền tín hiệu. Tùy tín hiệu được truyền sẽ có môi trường truyền tương ứng. Các môi trường không dây thường gặp: môi trường vô tuyến (radio) truyền sóng vô tuyến, môi trường quang truyền ánh sáng..

# 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền

- Máy thu (receiver):

- Máy thu thực hiện chức năng chuyển đổi ngược tín hiệu nó nhận được từ đầu ra môi trường lan truyền thành dữ liệu.
- Máy thu cũng phải thực hiện phối hợp với môi trường truyền để nhận tín hiệu và với thiết bị ra để gửi dữ liệu ra.
- Do trong môi trường có nhiễu làm thay đổi tín hiệu được truyền, để nhận được đúng tín hiệu ở đầu ra môi trường lan truyền, máy thu phải có chức năng phát hiện có tín hiệu đến và xác định tín hiệu đến là tín hiệu nào trong các tín hiệu máy phát có thể phát (xác định máy phát đã phát tín hiệu nào). Chức năng này gọi là chức năng thu

## 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Thiết bị ra (Output Device): Thiết bị ra thực hiện chức năng chuyển đổi dữ liệu thành thông tin. Thiết bị ra cũng thực hiện chức năng phối hợp với máy thu để nhận dữ liệu từ nó.
  - Thông tin chỉ thể hiện qua dữ liệu nên đầu ra của thiết bị ra phải là thực thể có tư duy (con người hay thiết bị đã tích hợp trí tuệ con người trong nó)
  - Thiết bị ra sẽ là bộ phận của con người (nghe, nhìn, sờ..) hoặc hỗ trợ các bộ phận này (loa, màn hình, chữ nổi..)

# 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Nơi nhận tin (Sink, destinator): là điểm cuối của hệ thống thông tin – Là nơi nhận thông tin được truyền đến cho nó. Nơi nhận cũng có chức năng phục hồi lại thông tin nếu có sai sót nhất định. Nơi nhận phải là con người hoặc có tích hợp trí tuệ của con người (ví dụ, các cơ cấu chấp hành và hệ vận động trong robot)
- Tích hợp nơi nhận tin và thiết bị ra sẽ là nơi nhận dữ liệu
- Tích hợp nơi nhận tin, thiết bị ra và máy thu là nơi nhận tín hiệu
  - Hệ thống truyền thông có 3 hệ thống truyền chồng lên nhau và là dịch vụ của nhau: hệ thống truyền tín hiệu là dịch vụ cho hệ thống truyền dữ liệu, hệ thống truyền dữ liệu là dịch vụ cho hệ thống truyền thông tin

# 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Để có thể thực hiện một cuộc truyền thông qua hệ thống truyền thông thì cần có các thủ tục điều khiển để thiết lập, duy trì và hủy bỏ liên kết. Đây là những thủ tục điều khiển để đảm bảo:
  - Các thiết bị trong các khối chức năng đã được chuyển lên trạng thái làm việc và liên kết giữa tất cả các thiết bị đã được nối thông sẵn sàng cho một cuộc truyền
  - Thông tin đảm bảo được truyền từ người gửi đến người nhận chính xác và hiệu quả
  - Giải phóng các thiết bị về trạng thái đợi để tiết kiệm năng lượng và cho phép chúng có thể tham gia vào liên kết khác nếu chúng được dùng chung

## 1.4. Mô hình chức năng của hệ thống truyền thông

- Hệ thống truyền thông số (digital communication system) thì ngoài các chức năng trên còn cần phải có chức năng đồng bộ để đảm bảo bên truyền và bên nhận làm việc đồng bộ với nhau. Chức năng đồng bộ đảm bảo hệ thống truyền và nhận đồng bộ từng phần tử dữ liệu (thường là bit), từng dữ liệu, từng khung, gói dữ liệu
- Hiện nay, các hệ thống truyền thông thường tích hợp cả truyền tín hiệu tương tự và tín hiệu số và cách tích hợp là chuyển tất cả các loại dữ liệu (chứa thông tin) về dạng số. Tuy nhiên có một số đường truyền vẫn là tương tự cho nên tín hiệu số (chứa dữ liệu số) lại được chuyển sang tương tự để truyền và sau đó lại chuyển ngược lại ở đầu ra đường truyền
  - > Các hệ thống truyền thông có thể có thêm chức năng chuyển đổi giữa tương tự và số



# 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Hệ thống truyền thông (Communication System): Liên kết được thiết lập để truyền thông tin từ nguồn đến nơi nhận. Hệ thống truyền thông là một hệ thống vật chất.
- Thông tin/ Tin (Information): Cảm nhận, cảm hiểu của con người về thế giới xung quanh. Thông tin là phi vật chất. Thông tin được gửi ra từ nguồn tin và được đưa vào nơi nhận tin.
- Nguồn tin/ Nguồn (Information Source/ Source): Là nơi sản sinh ra thông tin hay nơi chứa thông tin để truyền đi.
- Nguồn nguyên thủy là nguồn chưa qua một phép xử lý nào. Ví dụ nguồn tiếng nói.

# 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Thiết bị vào (Input Device): Thiết bị vào thực hiện chức năng chuyển thông tin thành dữ liệu hay còn gọi là chức năng vật chất hóa thông tin. Đầu ra của thiết bị vào là dữ liệu. Thiết bị vào còn thực hiện chức năng phối hợp với máy phát để truyền dữ liệu cho máy phát truyền đi.
- Dữ liệu (Data): là dạng vật chất nguyên thủy chứa hay thể hiện thông tin. Đây là dạng vật chất mà thông tin lần đầu tiên được gắn vào nó. Ví dụ tiếng nói, chữ viết, ảnh, dữ liệu đo lường. Mỗi loại dữ liệu là một phương tiện (Media) để truyền thông tin.
  - > Dữ liệu có thể phù hợp để truyền trong môi trường cũng có thể không phù hợp. Ví dụ tiếng nói không truyền qua các vách chắn được.

# 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Con người chỉ có thể tạo ra được 3 loại dữ liệu là âm thanh (Audio), ảnh (video) và dữ liệu số (Data). Vì vậy cũng chỉ có 3 loại phương tiện chính được dùng trong truyền thông.
- Hệ thống đa phương tiện (Multimedia): là hệ thống cho phép truyền lớn hơn một phương tiện
- Vật chất hóa thông tin (Information Materilization): Thực hiện gắn thông tin vào một dạng vật chất dùng chứa thông tin (vật mang). Có hai giải pháp để vật chất hóa thông tin là mã hóa và điều chế thông tin.
- Vật mang (Carrier): Dạng vật chất có thể gắn được thông tin vào nó hay dùng để biểu diễn thông tin. Ví dụ áp suất không khí ngoài khoang miệng, mũi được hút vào đẩy ra từ phổi.

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Mã hóa thông tin/ mã hóa (Information encoding/ encoding): sử dụng một tập hữu hạn các dấu hiệu để biểu diễn thông tin. Ví dụ quá trình mã hóa thông tin là quá trình viết. Tập dấu hiệu các chữ cái (mỗi chữ cái là một ảnh với các quy định cụ thể). Thông tin sẽ được chuyển thành từng tổ hợp qui định của các chữ cái và trật tự qui định của các tổ hợp này
- Điều chế thông tin/ điều chế (Information Modulating/ Modulating): Gắn thông tin vào giá trị tham số của vật mang là một quá trình vật lý. Vật mang phải là một quá trình vật lý (đại lượng vật lý biến thiên theo thời gian với các tham số qui định luật biến thiên). Ví dụ quá trình noius là quá trình điều chế. Vật mang là áp suất luồng không khí được phổi hút vào đẩy ra và nó có dạng gần răng cưa. Khi nói do từng đoạn của họng thay đổi (các hộp cộng hưởng cơ thay đổi tần số cộng hưởng) làm phổ của luồng không khí thay đổi theo từng âm được nói ra

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Máy phát (Transmitter): Thực hiện chức năng chuyển dữ liệu thành tín hiệu khi dữ liệu không phù hợp môi trường lan truyền. Chức năng này được gọi là chức năng mã hóa dữ liệu. Máy phát thực hiện phối hợp với nguồn dữ liệu để nhận dữ liệu và phối hợp với đường truyền để truyền tín hiệu ra. Máy phát là thiết bị truyền dữ liệu trong hệ thống truyền dữ liệu.
- Các chức năng truyền dữ liệu sẽ được xét trong chương các kỹ thuật truyền dữ liệu.
- Tín hiệu (signal): Dạng vật chất chứa thông tin và phù hợp với môi trường lan truyền
- Chức năng chuyển dữ liệu thành tín hiệu còn được gọi là chức năng mã hóa dữ liệu. Chức năng mã hóa dữ liệu (Data Encoding): có hai giải pháp là mã hóa và điều chế
  - Mã hóa: sử dụng một tập hữu hạn các dấu hiệu để biểu diễn dữ liệu. Ví dụ mã nhị phân cho các chữ cái

# 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ - máy phát

Máy phát có thể sử dụng nhiều loại mã để đảm bảo truyền thông tin cậy và hiệu quả

- Mã nguồn (source code): Là mã có số ký hiệu mã dùng biểu diễn thông tin là tối thiểu. Mã nguồn cho phép tăng hiệu quả truyền vì phải truyền lượng ký hiệu mã tối thiểu để truyền một lượng tin cho trước
- Mã chống nhiễu (channel code): Là mã kết hợp với máy thu, và có thể thủ tục điều khiển lỗi, để sửa các lỗi gặp phải khi truyền
- Mã đường truyền (line code): Là mã cho phép chống lại một số điểm yếu của đường truyền
- Mã mật (security code): Mã đảm bảo tính riêng tư của thông tin và chống truy cập trái phép vào thông tin (với môi trường dùng chung)

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Môi trường lan truyền (Transmission Medium), còn được gọi là đường truyền (Transmission Line).
- Môi trường lan truyền là một tồn tại vật lý (một con đường) cho phép tín hiệu lan truyền từ nơi gửi đến nơi nhận
- Mỗi môi trường cho phép lan truyền một tín hiệu thích hợp với nó. Ví dụ không gian cho phép truyền sóng âm, các trường điện/ từ/ điện từ, ánh sáng; cáp điện cho phép truyền dòng điện; cáp đồng trục cho phép truyền dòng điện hoặc trường điện từ; cáp quang cho phép truyền ánh sáng; hệ thống vận tải cho phép chuyển thư
- Môi trường lan truyền chính là kênh (Channels) lan truyền tín hiệu từ máy phát đến máy thu

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Trong hệ thống truyền thông tin, thông tin sẽ được chuyển đổi thành dữ liệu rồi tín hiệu để truyền qua môi trường và ở đầu ra môi trường tín hiệu lại được chuyển ngược thành dữ liệu rồi thành thông tin nên kênh truyền thông tin sẽ là nơi hình thành tín hiệu và truyền tín hiệu qua môi trường.
- Môi trường lan truyền làm suy giảm sức mạnh của tín hiệu, giới hạn băng tần của tín hiệu lan truyền được qua nó (giới hạn băng thông), làm trễ tín hiệu, gây méo phi tuyến cho tín hiệu, và gây nhiễu lên tín hiệu. Các hệ thống truyền thông phải xử lý các ảnh hưởng này để đảm bảo truyền tin cậy và hiệu quả
- Lý thuyết thông tin chỉ quan tâm đến nhiễu.



## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Máy thu (receiver): Là thiết bị thu nhận tín hiệu đến từ đầu ra của môi trường lan truyền và chuyển nó thành dữ liệu. Máy thu cũng thực hiện phối hợp với đường truyền để nhận tín hiệu và phối hợp với thiết bị ra để chuyển dữ liệu cho nó.
  - Để thu nhận tín hiệu, máy thu phải phát hiện được có tín hiệu đến nó hay không và phải phát hiện được tín hiệu nó nhận được là tín hiệu nào của máy phát. Chức năng này gọi là chức năng thu
  - Chức năng chuyển tín hiệu nhận được thành dữ liệu chính là chức năng giải mã dữ liệu (Data Decoding) là chức năng ngược với chức năng mã hóa dữ liệu

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Thiết bị ra (Output Device): Là thiết bị thực hiện chuyển đổi dữ liệu nhận được thành thông tin chuyển cho nơi nhận hay thực hiện chức năng giải vật chất hóa. Thiết bị ra cũng thực hiện phối hợp với máy thu để nhận dữ liệu
- Thiết bị ra có thể là một phần của con người, thiết bị riêng cho phép con người nhận dữ liệu hoặc các thiết bị tích hợp trí tuệ con người
- Nơi nhận tin (sink, Destinator): Thực hiện nhận thông tin và có thể phục hồi thông tin khi xác định được có lỗi

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Bản tin (message): Là chuỗi liên tiếp các thông tin được truyền trong một lần truyền.
- Để mô tả hiểu biết về một sự vật, hiện tượng cho người khác, luôn phải sử dụng chuỗi thông tin theo một cấu trúc xác định. Vì vậy khi truyền thông, con người phải sử dụng chuỗi các thông tin -> bản tin.
- Phân loại thông tin: có nhiều quan điểm để phân loại thông tin như thông tin về sự vật nào, hiện tượng nào.. Liên quan đến việc thu thập, lưu trữ và lan truyền thông tin thì chúng ta chỉ quan tâm phân loại thông tin thành rời rạc hay liên tục, và trong thực tế, chúng ta chỉ quan tâm đến thông tin số hay tương tự

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Thông tin liên tục (continuous information): Là thông tin mà dữ liệu biểu diễn nó là hàm liên tục của thời gian. Ví dụ tiếng nói. Như vậy dữ liệu chứa thông tin liên tục là dữ liệu liên tục và tín hiệu chứa dữ liệu (thông tin) liên tục là tín hiệu liên tục
  - Thông tin, dữ liệu, tín hiệu liên tục có biểu diễn toán học đầy đủ là hàm biểu diễn nó theo thời gian
  - Cũng có thể đặc trưng cho thông tin, dữ liệu, tín hiệu liên tục bằng các tham số như biên độ (Amplitude), tần số (Frequency), pha (Phase) hoặc cấu trúc phổ của hàm biểu diễn nó

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Thông tin rời rạc (discret Information): Là thông tin có dữ liệu biểu diễn nó là hàm rời rạc theo thời gian. Ví dụ chữ viết. Dữ liệu chứa thông tin rời rạc là dữ liệu rời rạc, tín hiệu chứa dữ liệu (thông tin) rời rạc là tín hiệu rời rạc
  - Thông tin, dữ liệu, tín hiệu rời rạc được biểu diễn bằng hàm toán học theo thời gian của nó
  - Thông tin, dữ liệu, tín hiệu cũng có thể được đặc trưng bởi các tham số của hàm biểu diễn như biên độ (Amplitude), tần số hay chu kỳ lặp (Frequency), pha (Phase), hoặc cấu trúc phổ của nó

# 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Toán học có chia các hàm thành hai loại: liên tục theo thời gian (Continuous Time) và rời rạc theo thời gian (Discrete Time)
  - Hàm liên tục theo thời gian là hàm trơn tại mọi điểm trong thời gian tồn tại (đạo hàm trái và đạo hàm phải xet tại mỗi điểm phải bằng nhau)
  - Hàm rời rạc theo thời gian là hàm chỉ có các giá trị khác không xuất hiện ở từng thời điểm rời rạc, tách biệt nhau
- Toán học cũng xác định hàm gián đoạn là hàm có những điểm không liên tục trong thời gian tồn tại, ví dụ thay đổi đột biến

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Một loại hàm gián đoạn được quan tâm là hàm xung (Pulse Function): Hàm xuất hiện trong trong đoạn thời gian (xuất hiện ở dạng từng xung)
- Toán học cũng xác định hàm liên tục và rời rạc theo giá trị
  - Hàm liên tục theo giá trị là hàm có thể lấy bất kỳ giá trị nào trong miền giá trị của nó
  - Hàm rời rạc theo giá trị chỉ lấy một số giá trị rời rạc (gián đoạn, tách biệt nhau) trong miền giá trị của nó

## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Hàm tương tự (Analogue Function): Là hàm có thể liên tục hoặc gián đoạn theo thời gian và liên tục theo giá trị.
  - Hàm tương tự sẽ xuất hiện ở mọi thời điểm trong thời gian tồn tại và lấy mọi giá trị trong miền giá trị
- Hàm dạng số (hàm số: Digital Function): là hàm chỉ xuất hiện tại những thời điểm rời rạc cách đều nhau (thời điểm nguyên) và chỉ lấy các giá trị rời rạc cách đều nhau (giá trị nguyên, giá trị lượng tử)
  - Hàm dạng số có thể biểu diễn ở dạng một chuỗi số là chuỗi giá trị xuất hiện ở các thời điểm liên tiếp nhau



## 1.5. Một số khái niệm và thuật ngữ

- Theo thông tin, kênh truyền cũng được chia thành hai loại
  - Kênh liên tục (tương tự): Kênh nhận thông tin vào dạng liên tục (tương tự) và gửi thông tin ra ở dạng liên tục (tương tự)
  - Kênh rời rạc (số): Kênh nhận thông tin vào dạng rời rạc (số) và gửi thông tin ra ở dạng rời rạc (số)
- Hệ thống truyền thông là liên tục (tương tự) hay rời rạc (số) khi nguồn, kênh, nhận tin là liên tục (tương tự) hay rời rạc (số)
- Hệ thống là hỗn hợp khi các 3 thành phần khác nhau và lúc này cần chuyển đổi tương tự - số

## 1.6. Chuyển đổi tương tự - số

1.6.1. Sự cần thiết của chuyển đổi tương tự số

1.6.2. Chuyển đổi từ tương tự sang số (Analog to Digital Conversion)

1.6.3. Chuyển đổi số sang tương tự (Digital to Analog Conversion)

# 1.6.1. Sự cần thiết chuyển đổi tương tự số

- Các nguồn tin nguyên thủy thường là các nguồn tương tự (âm thanh, hình ảnh hay các kết quả đo)
- Khi truyền thông tin được chuyển thành (được biểu diễn bởi) các giá trị tham số của tín hiệu
- Tín hiệu tương tự có giá trị tại mọi thời điểm trong khoảng thời gian tồn tại và lấy mọi giá trị trong khoảng giá trị của nó -> Nó tồn tại vô số dạng tại mọi thời điểm => (1) khó phục hồi chính xác khi có thay đổi qua đường truyền; (2) máy thu phải khôi phục giá trị tín hiệu tại mọi thời điểm

## 1.6.1. Sự cần thiết chuyển đổi tương tự số

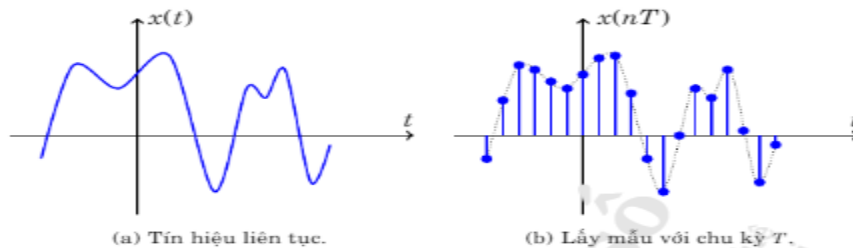
- Tín hiệu số chỉ có một số dạng xác định (ví dụ tín hiệu nhị phân chỉ có hai dạng xác định – biên độ, tần số, pha) và trong thời gian của một chu kỳ dữ liệu (ứng với một thông tin) thì tín hiệu giữ nguyên một dạng => (1) việc phục hồi lại dạng của tín hiệu khi nó bị thay đổi dễ hơn; (2) trong 1 chu kỳ dữ liệu máy thu chỉ phải phục hồi giá trị tín hiệu 1 lần
- Các thiết bị số chủ yếu dựa trên thiết bị điện tử số có giá thành rẻ, kích thước bé, làm việc ổn định, linh hoạt về chức năng (lập trình được) hơn nhiều so với các thiết bị tương tự
- Đã có rất nhiều thuật toán xử lý số tín hiệu có thể tái sử dụng

## 1.6.2. Chuyển đổi tương tự sang số

- Chuyển đổi tương tự sang số (ADC) còn gọi là số hóa hay rời rạc hóa nguồn liên tục. ADC bao gồm 3 quá trình:
  - Lấy mẫu hay rời rạc hóa
  - Lượng tử hóa
  - Mã hóa

## 1.6.2.1. Lấy mẫu

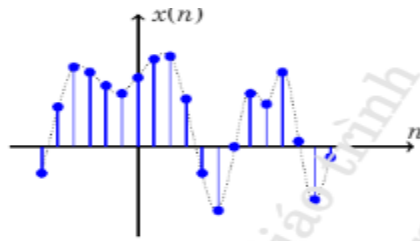
- Lấy mẫu là quá trình rút ra các mẫu (giá trị) rời rạc tại các thời điểm cách đều nhau  $T$  từ tín hiệu liên tục.  $T$  được gọi là chu kỳ lấy mẫu



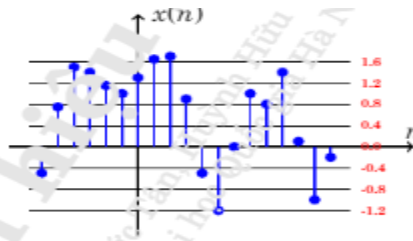
- Lấy mẫu tương đương là từ chuỗi mẫu rời rạc phải phục hồi chính xác lại tín hiệu liên tục ban đầu.
- Điều kiện để lấy mẫu tương đương là tín hiệu liên tục phải có phổ hữu hạn với tần số lớn nhất của phổ  $F_{\max}$  và phải lấy mẫu tuân theo định lý Nyquist:  $T \leq 1/2F_{\max}$ .

## 1.6.2.2. Lượng tử hóa

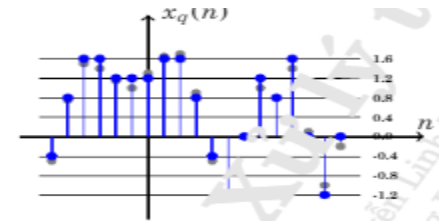
- Lượng tử hóa là làm tròn (hay xấp xỉ) giá trị của mỗi mẫu về các mức lượng tử đã chọn



(c) Tín hiệu rời rạc  $s(n)$



(d) Chọn các mức lượng tử

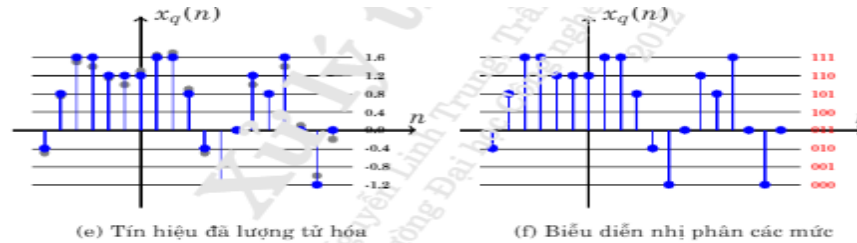


(e) Tín hiệu đã lượng tử hóa

- Khi lượng tử hóa (làm tròn) thì sẽ gặp sai số làm tròn, với sai số tuyệt đối lớn nhất là khoảng cách nhỏ nhất giữa hai mức lượng tử (gọi là bước lượng tử)
- Lượng tử hóa sẽ được gọi là tương đương (hay không gây sai số) khi bước lượng tử nhỏ hơn hoặc bằng giá trị trung bình của nhiễu tác động vào tín hiệu liên tục

## 1.6.2.3. Mã hóa

- Mã hóa là chuyển các giá trị lượng tử (đã làm tròn) của các mã về các tổ hợp mã được chọn



- Chuỗi mã sau mã hóa sẽ là

$\mathbf{x} =$  010 101 111 111 110 110 110 111 111 101 010 000 011 110 101 111 011 000 011

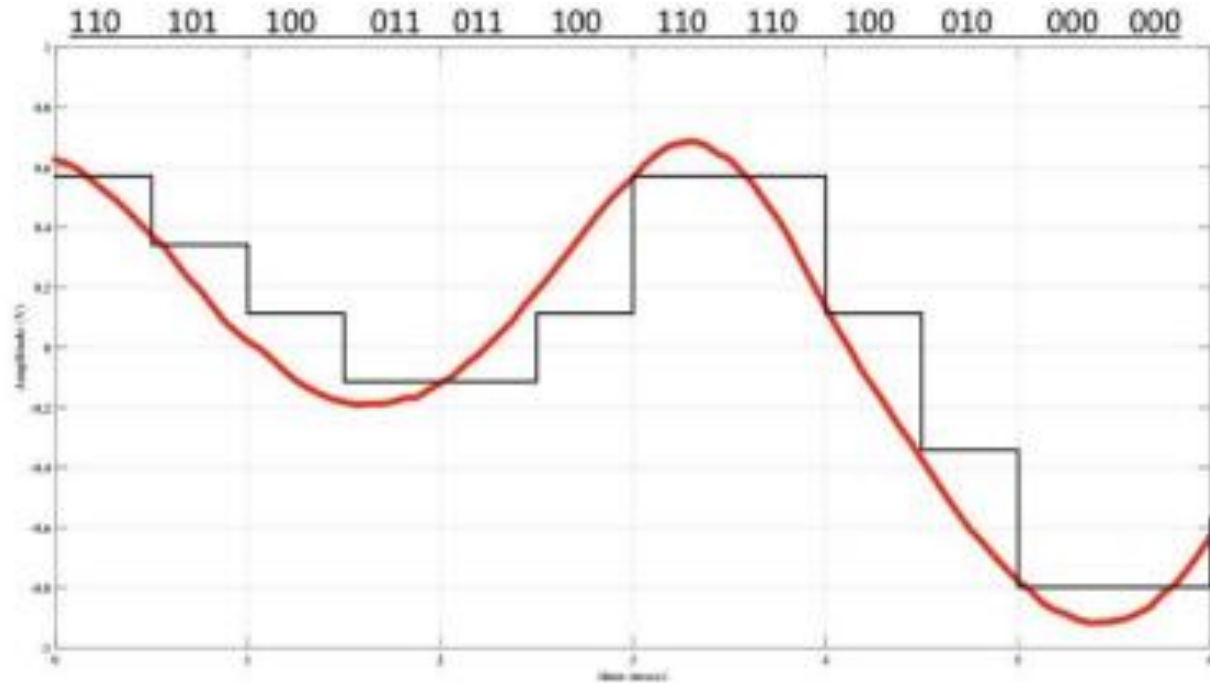


## 1.6.3. Chuyển đổi số - tương tự

- Chuyển đổi số - tương tự (Digital to Analog Conversion) là phục hồi lại tín hiệu tương tự từ chuỗi mã nhận được. DAC về mặt lý thuyết sẽ có 3 công việc cần thực hiện ngược với chuyển đổi tương tự - số:
  - Phục hồi chuỗi giá trị lượng tử (mức lượng tử) từ chuỗi mã
  - Phục hồi chuỗi giá trị mẫu từ chuỗi mức lượng tử
  - Phục hồi tín hiệu liên tục (dạng bậc thang) từ chuỗi giá trị mẫu

## 1.6.3. Chuyển đổi số - tương tự

- 



## 1.7. Những vấn đề đặt ra cho hệ thống truyền thông

- Đặc tính của các môi trường truyền ảnh hưởng thế nào đến chất lượng truyền
  - Kết quả của các môn liên quan vật lý, truyền tín hiệu cho 5 ảnh hưởng của môi trường đến tín hiệu lan truyền trong nó và hệ thống truyền thông phải quan tâm xử lý
- Cơ sở nào để xác định một môi trường, có bản chất vật lý bất kỳ, phù hợp với nguồn
  - Lý thuyết thông tin đã đưa ra khái niệm lượng tin (độ lớn thông tin của tin) và từ đó tính lượng tin trung bình nguồn tạo ra trong một đơn vị thời gian (Entropy của nguồn) và lượng tin kênh có thể truyền trong 1 đơn vị thời gian (thông lượng của kênh) làm cơ sở xác định sự phù hợp nguồn – kênh
  - Lý thuyết thông tin cũng cho phép tính quan hệ giữa tham số vật lý của nguồn với Entropy của nó và thông lượng của kênh với tham số vật lý của kênh

## 1.7. Cont'

- Để đảm bảo hiệu quả truyền, số lượng dữ liệu chứa thông tin cần phải là tối thiểu. Đây là số lượng dữ liệu tối thiểu để chứa 1 lượng tin cho trước
  - Lý thuyết thông tin đưa ra giới hạn về số ký hiệu trung bình tối thiểu để mã hóa một tin (ký hiệu) nguồn và các giải pháp mã hóa nguồn (nén dữ liệu/ nén nguồn)
- Khi truyền trên kênh có nhiễu (có gây sai), giải pháp xử lý là gì
  - Lý thuyết thông tin đề xuất mã chống nhiễu
  - Lý thuyết thu tối ưu đưa ra hiệu năng thu và từ đó phân mã hóa dữ liệu đề xuất các giải pháp đảm bảo hiệu năng thu
  - Thủ tục điều khiển lỗi đưa ra giải pháp sửa lỗi

## 1.7. Cont'

- Khi sử dụng môi trường truyền chia sẻ hay dùng chung sẽ có những vấn đề gì nảy sinh và cách giải quyết
  - Phân dồn kênh / phân kênh sẽ nêu các giải pháp chia tách kênh để tạo các kênh con truyền từng luồng thông tin tách biệt giữa một cặp nguồn, đích
  - Các thủ tục can thiệp môi trường cho phép chỉ một cặp nguồn , đích được quyền chiếm môi trường để thiết lập cuộc truyền
  - Mã mật sẽ được dùng để bảo đảm tính riêng tư của thông tin

## 1.7. Cont'

- Khi kênh có dải tần đủ nhỏ so với dải phổ dẫn đến có sự chồng lấn giữa các tín hiệu truyền kế tiếp nhau thì các giải pháp truyền qua kênh có băng tần hữu hạn sẽ được sử dụng
- Khi kênh có những khiếm khuyết như không cho truyền thành phần một chiều thì các giải pháp sử dụng các mã đường truyền (line code) sẽ được áp dụng
- Để có thể thực hiện một cuộc truyền bình thường cần phối hợp tốt nguồn kênh và có các thủ tục điều khiển liên kết cũng như các giải pháp trong kỹ thuật truyền dữ liệu được xem xét