

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HẢI DƯƠNG
KHOA KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ



BÀI GIẢNG
HỌC PHẦN THÔNG TIN SỐ
DÀNH CHO SINH VIÊN NGÀNH KỸ THUẬT ĐIỆN

GIẢNG VIÊN: NGUYỄN THỊ TOAN

Hải Dương, năm 2023

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ THÔNG TIN SỐ

Số tiết: 2.5 (Lý thuyết: 2.5 tiết; bài tập, thảo luận: 0 tiết)

A) MỤC TIÊU

- **Kiến thức:** Trình bày được những nét cơ bản về lịch sử phát triển thông tin số, các đặc điểm hệ thông tin số...;

- **Kỹ năng:** Phân biệt được hệ truyền thông tin số, các dạng tín hiệu, các thuật ngữ trong thông tin; Vận dụng tính các thông số cơ bản của một hệ truyền thông để làm các bài tập.

- **Mức độ tự chủ, tự chịu trách nhiệm:** Sinh viên phải

B) TÀI LIỆU HỌC TẬP

- Hoàng Quang Trung, Bài giảng thông tin số, Khoa Công nghệ và Điện tử truyền thông, Trường Đại học CNTT & TT - Thái Nguyên, năm 2011.

- Nguyễn Viết Kính (biên dịch), Nguyễn Minh Chí (hiệu đính), *Các hệ thông tin tương tự và số hiện đại*, Trường ĐH Công nghệ - ĐHQGHN.

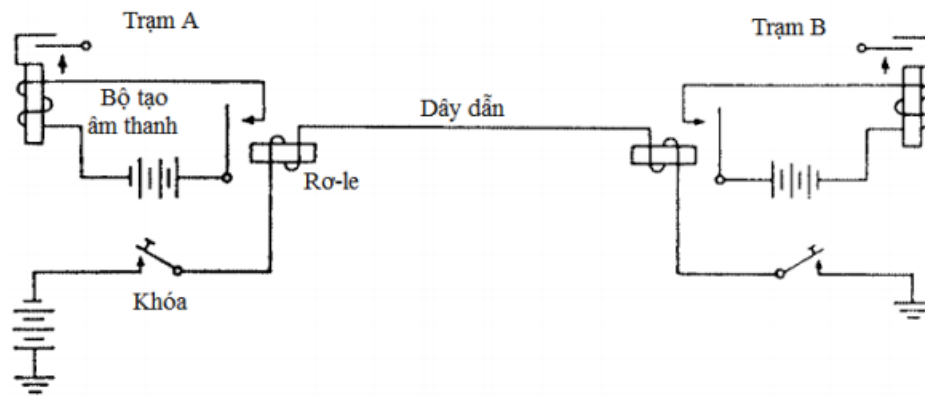
C) NỘI DUNG

1.1. Sơ lược về lịch sử phát triển thông tin số

- Telegraph: Là hệ thống thông tin liên lạc bằng điện tín, đánh dấu sự phát triển đầu tiên của hệ thống truyền thông điện. Đây là một hệ thống truyền thông số. Truyền thông điện báo được khởi xướng bởi Samuel Morse và được công bố vào năm 1837. Morse đã phát minh ra mã nhị phân có chiều dài thay đổi bằng cách sử dụng chuỗi các dấu chấm (·) và dấu gạch (-) (gọi là các từ mã) để biểu diễn cho các mẫu tự alphabet của Tiếng Anh. Với mã này, các mẫu tự trong bản tin xuất hiện với tần xuất nhiều hơn sẽ được biểu diễn bằng các từ mã ngắn còn các mẫu tự xuất hiện với tần xuất ít sẽ được biểu diễn bằng các từ mã dài hơn. Cũng chính vì thế mà mã Morse là tiền thân của các phương pháp mã hóa nguồn có chiều dài từ mã thay đổi.

Bảng 1.1: Minh họa về mã Morse

A · -	I · ·	Q - - -	Y - - - -	1 · - - - -
B - · · ·	J · - - -	R · - ·	Z - - · ·	2 · · - - -
C - - · · ·	K - · -	S · · ·	Period · - - - -	3 · · · - -
D - · ·	L · · - ·	T -	Comma - - - - -	4 · · · · -
E ·	M - -	U · · ·	? · · - - · ·	5 · · · · ·
F · · · ·	N · - ·	V · · · ·	/ - - - ·	6 - · · · ·
G - · · ·	O - - -	W - · - ·	@ · - - · · ·	7 - · · · ·
H · · · ·	P · - · ·	X - · - ·		8 - - · · ·
				9 - - - · ·
				0 - - - - ·



Hình 1.1: Hệ thống thông tin Telegraph sử dụng dây dẫn

- Năm 1875: Gần 40 năm, sau thời kỳ của Morse, Emile Baudot đã đề xuất một loại mã dành cho truyền thông điện tín trong đó các mẫu tự trong bảng Alphabet Tiếng Anh được mã hóa bởi các từ mã nhị phân có chiều dài từ mã cố định bằng 5. Với mã audot, các thành phần của từ mã nhị phân này là các bit dấu “1” hoặc bit trống “0”.

Bảng 1.2: Minh họa mã Baudot

Binary	Decimal	Hex	Octal	Letter	U.S. Figures	CCITT No.2 Figures
00000	0	0	0	N/A	N/A	N/A
00001	1	1	1	E	3	3
00010	2	2	2	LF	LF	LF
00011	3	3	3	A	-	-
00100	4	4	4	Space	Space	Space
00101	5	5	5	S	BELL	'
00110	6	6	6	I	8	8

Như vậy, Samuel Morse đã khởi xướng cho sự phát triển của hệ thống truyền thông số bằng điện đầu tiên là hệ thống điện tín (Telegraphy), cũng được xem như là truyền thông số hiện đại lúc bấy giờ.

- Năm 1924: Nyquist đã tập trung vào việc xác định tốc độ truyền tín hiệu tối đa có thể đạt được qua một kênh truyền điện tín với độ rộng băng kênh cho trước mà không có nhiễu liên ký hiệu (ISI). Ông đã đưa ra được mô hình toán học của một hệ thống truyền thông điện tín (Telegraph) trong đó tín hiệu phát đi có dạng tổng quát:

$$s(t) = \sum_n a_n g(t - nT)$$

Ở đó a_n là chuỗi dữ liệu nhị phân $\{\pm 1\}$ được truyền với tốc độ $1/T_b$ (bit/s). Nyquist đã xác định được dạng xung tối ưu có băng tần giới hạn tới W Hz đảm bảo tốc độ bit tối đa mà không gây ra nhiễu liên ký hiệu (ISI) tại các thời điểm lấy mẫu kT (trong đó $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). Nghiên cứu này đã đưa tới kết luận rằng tốc độ truyền xung cực đại là $2W$

xung/giây và được gọi là tốc độ Nyquist. Hơn nữa, tốc độ này có thể đạt được khi sử dụng các xung $g(t) = (\sin 2\pi Wt)/2\pi Wt$, vì dạng xung này cho phép khôi phục lại dữ liệu mà không có ISI tại các thời điểm lấy mẫu.

Kết quả nghiên cứu của Nyquist là phù hợp với lý thuyết lấy mẫu đối với các tín hiệu hạn băng do **Shannon** đưa ra vào năm 1948. Như vậy, có thể nói rằng các công trình nghiên cứu của các tác giả nói trên đã đặt nền móng cho sự phát triển của các hệ thống thông tin số hiện đại ngày nay.

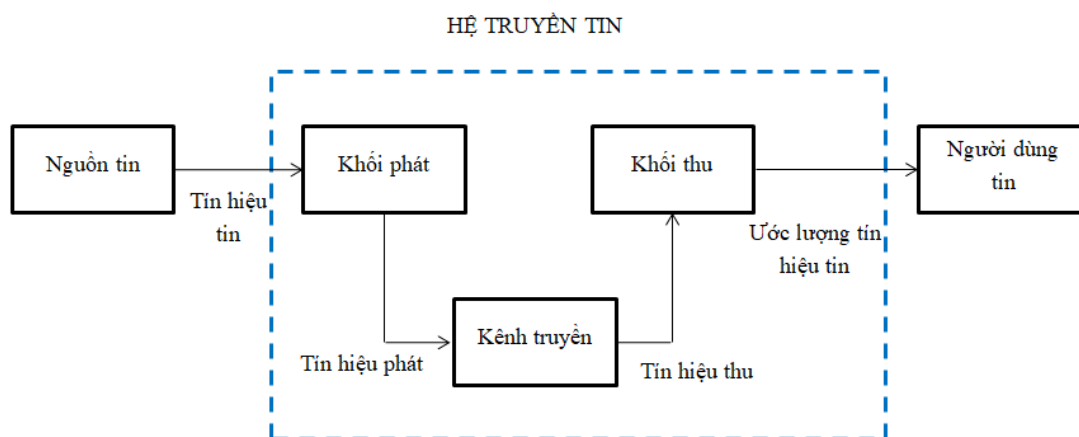
1.2. Hệ thống thông tin số

Trước hết ta cần hiểu khái niệm “số” (digital) ở đây có nghĩa là giá trị rời rạc và có hàm ý rằng tín hiệu có một biến giá trị nguyên độc lập. Thông tin số bao gồm các con số và các ký hiệu (ví dụ như các ký tự trên bàn phím). Máy tính dựa trên dạng thể hiện số (digital) của thông tin để xử lý. Các ký hiệu (symbols) không có giá trị số và mỗi ký hiệu được máy tính biểu diễn bởi một số duy nhất. Ví dụ như mã ASCII biểu diễn ký tự “a” tương ứng với giá trị số $(97)_{10}$ và ký tự “A” tương ứng với giá trị số $(65)_{10}$.

1.2.1. Hệ thống thông tin số

a) Cấu trúc của hệ thống tin số

Hệ thống tin là hệ thống cho phép ta thông tin giữa nơi phát tin và nơi nhận tin.



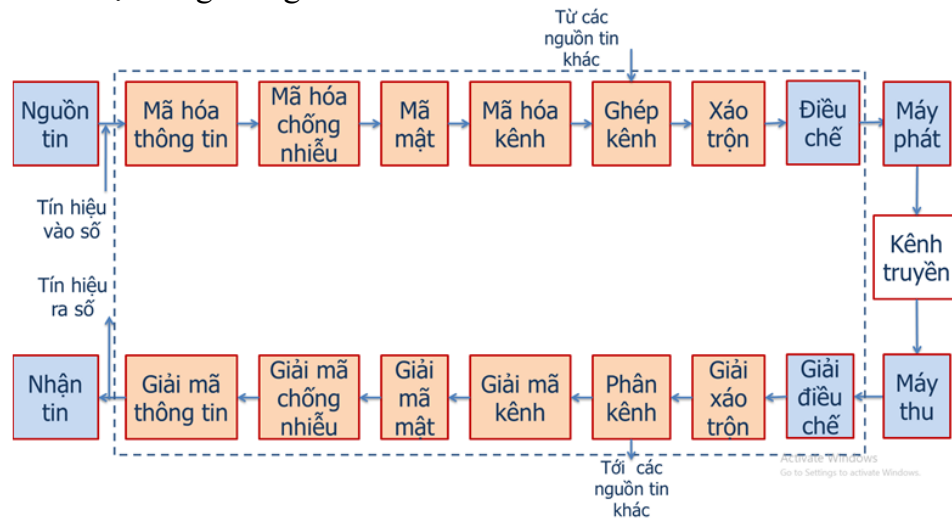
Hình 1.2: Cấu trúc của một hệ thống tin số

Cấu trúc của một hệ thống tin số gồm ba phần cơ bản đó là: khối phát, kênh truyền và khối thu. Khối phát bao gồm có biến tử và phần phát: biến tử có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu tin (là tín hiệu không điện) thành tín hiệu điện, cụ thể là Micro, camera,...phần phát có nhiệm vụ chuyển tín hiệu thích hợp ra kênh truyền, phần này gồm các khối tiền khuếch đại, bộ làm bằng, mã hóa và điều chế. Kênh truyền có nhiệm vụ đưa tín hiệu đến nơi nhận, môi trường truyền có thể là dây đồng, cáp quang, vi ba,... Với các môi trường

truyền này thường có nhiễu và ồn. Để giảm các yếu tố đó người ta dùng các trạm phát lặp để làm sạch nhiễu. Tín hiệu thu được sau kênh truyền là một phiên bản của tín hiệu phát bị làm méo do kênh truyền. Nhiệm vụ bộ thu phải tạo lại tín hiệu gốc (tín hiệu tin) như ở nơi phát và từ đó tạo lại bản tin nguồn.

b) Sơ đồ khối và chức năng các khối trong hệ thống thông tin

Sơ đồ khối hệ thống thông tin:



Hình 1.3: Sơ đồ khối hệ thống thông tin số

Chức năng các khối:

- (1) Nguồn tin và bộ biến đổi đầu vào: Chuyển đổi các tín hiệu âm thanh, hình ảnh, dữ liệu thành các bản tin;
- (2) Mã hóa nguồn: Là một quá trình loại bỏ các tín hiệu nhị phân (bit) không cần thiết và tối ưu hóa dòng bit từ tín hiệu đầu ra của bộ;
- (3) Mã hóa kênh (mã hóa đường truyền): Có chức năng khử thành phần một chiều để giảm méo tín hiệu và tăng mật độ các chuyển đổi trạng thái;
- (4) Ghép kênh: Ghép thông tin từ nhiều nguồn tin thành luồng chung để tăng hiệu suất kênh truyền;
- (5) Điều chế: Biến đổi dạng tín hiệu số thành dạng tín hiệu phù hợp với kênh truyền;
- (6) Kênh truyền: Là môi trường truyền dẫn có chức năng đưa tín hiệu từ đầu phát đến đầu thu với lượng suy hao đủ nhỏ (dây đồng, cáp quang, sóng điện từ,...);
- (7) Giải điều chế: Nhận tín hiệu từ kênh truyền, khôi phục lại dãy tín hiệu số từ tín hiệu sóng mang thu được;
- (8) Phân kênh: Từ luồng số chung tách thành các kênh riêng biệt có tốc độ thấp hơn;
- (9) Giải mã kênh: Biến đổi từ các dạng mã đường truyền (HDB3, AMI,...) thành mã tín hiệu số (NRZ, RZ);
- (10) Giải mã nguồn: Từ các tổ hợp mã nhận được giải mã thành các bản tin;
- (11) Bộ biến đổi đầu ra: Tạo lại dạng tin ban đầu từ các bản tin nhận được.

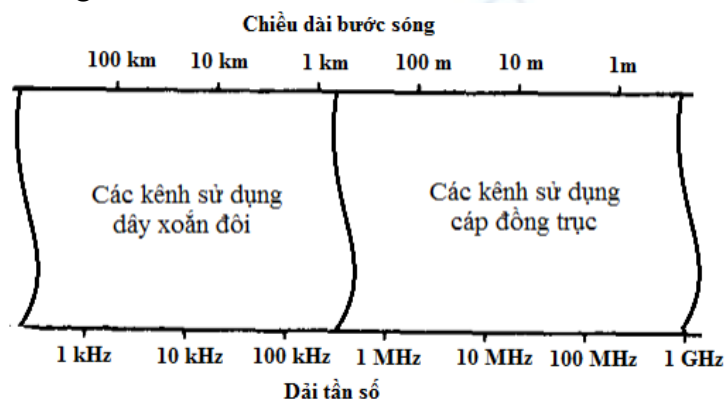
1.2.2. Các kênh thông tin

Kênh thông tin là môi trường để truyền tín hiệu từ máy phát đến máy thu. Với truyền dẫn vô tuyến, kênh có thể là áp suất khí quyển (khoảng không tự do). Với môi trường khác như các kênh thoại hữu tuyến, thường là chất liệu vật lý như các dây dẫn kim loại, cáp sợi quang.

a) Kênh sử dụng dây dẫn (wireline)

Mạng điện thoại sử dụng các đường dây dẫn để truyền tín hiệu thoại cũng như truyền dẫn dữ liệu và video. Đường dây điện thoại được sử dụng để nối từ tổng đài đến khách hàng, có độ rộng băng vào cỡ vài trăm kHz. Trong khi đó thì cáp đồng trục có độ rộng băng khả dụng vào cỡ vài MHz.

Tín hiệu truyền qua các dây dẫn có thể bị méo cả về biên độ và pha hơn nữa còn chịu ảnh hưởng của ồn cộng tính.



Hình 1.4: Dải tần phân bổ cho các kênh sử dụng dây dẫn

b) Kênh sử dụng sợi quang (Fiber Optic Channels)

Sợi quang sử dụng chất liệu thủy tinh làm lớp lõi để truyền tia sáng, dựa trên nguyên lý phản xạ của tia ánh sáng khi đi từ môi trường này sang môi trường khác. Khi tia sáng đi từ môi trường có hệ số phản xạ cao hơn sang môi trường có hệ số phản xạ thấp hơn thì sẽ bị uốn về phía môi trường có hệ số phản xạ cao hơn, nên xung ánh sáng được truyền trong sợi quang. Sợi quang là vật liệu cách điện, chỉ truyền ánh sáng. Suy hao tín hiệu trong sợi quang là rất nhỏ, cỡ 0.2 dB/km và không chịu ảnh hưởng của giao thoa sóng điện từ.

c) Kênh vô tuyến (Wireless Channels)

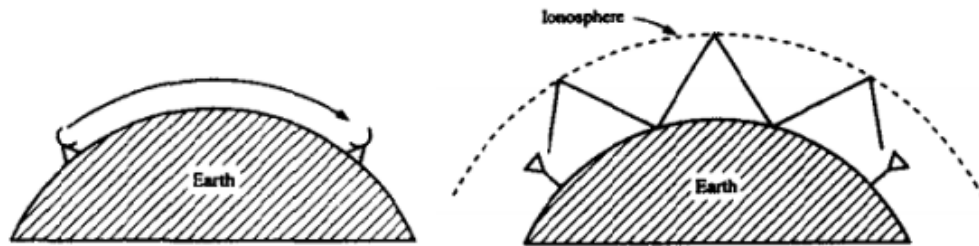
Kênh vô tuyến sử dụng sóng điện từ trường để mang thông tin trong không gian tự do. Có ba loại kênh vô tuyến điển hình là: kênh viba, kênh di động và kênh vệ tinh:

- Kênh viba: thường hoạt động ở dải tần từ 1 GHz đến 30 GHz trong tầm nhìn thẳng (LOS-Line Of Sight). Chất lượng đường truyền bị ảnh hưởng bởi điều kiện khí hậu.

- Kênh di động: Là kênh kết nối với người dùng di động. Kênh dạng này chịu ảnh hưởng nhiều bởi hiệu ứng đa đường. Đây là loại kênh khá phức tạp trong thông tin vô tuyến.

- Kênh vệ tinh: Độ cao của vệ tinh địa tĩnh vào khoảng 30000Km. Tần số thường dùng cho tuyến lên là 6GHz và tuyến xuống là 4 GHz. Độ rộng băng tần của kênh truyền lớn, vào cỡ 500 MHz.

Khi tia sóng lan truyền trong không gian, có thể đi theo các hướng khác nhau phụ thuộc vào điều kiện môi trường và tần số.



Hình 1.5: Đường đi của sóng đất và sóng trời

Ngoài các kênh thông tin trên, trong thực tế còn có một số kênh thông tin như kênh truyền tín hiệu âm thanh dưới nước (underwater acoustic channels), ví dụ như tín hiệu âm tần phát ra từ cá voi được lan truyền trong môi trường nước; Kênh lưu trữ (storage channels), ví dụ như thông tin có thể được lưu vào bộ nhớ (đĩa quang, đĩa từ,...) sau đó được vận chuyển, mang vác bởi các phương tiện vận tải.

1.3. Những nét cơ bản về tín hiệu

1.3.1. Khái niệm

Tín hiệu (signal) là sự diễn biến của một đại lượng vật lý chứa đựng tham số thông tin/dữ liệu và có thể truyền dẫn được. Theo quan điểm của toán học thì tín hiệu được coi là một hàm của thời gian. Trong lĩnh vực kỹ thuật, các loại tín hiệu thường dùng là điện, quang, khí nén, thủy lực và âm thanh.

Tín hiệu có thể do mạch điện tử tạo ra rồi truyền tải trong mạch điện tử hoặc môi trường truyền thông. Trong nhiều trường hợp tín hiệu có nguồn gốc tự nhiên hoặc do một cảm biến (sensor) hay bộ chuyển đổi (transducer) đổi thành tín hiệu điện, ví dụ microphone chuyển đổi sự rung động trong không khí thành tín hiệu âm thanh, máy ảnh video (video camera) chuyển đổi ánh sáng và màu sắc của cảnh thành những tín hiệu hình ảnh màu,...

Việc trao đổi thông tin (giữa người và người, giữa người và máy) hay dữ liệu (giữa máy và máy) chỉ có thể thực hiện được nhờ tín hiệu. Các tham số sau đây thường được dùng trực tiếp, gián tiếp hay kết hợp để biểu thị nội dung thông tin:

- Biên độ (điện áp, dòng điện,...);
- Tần số, nhịp xung, độ rộng của xung, sườn xung;
- Pha, vị trí xung.

1.3.2. Phân loại

Có nhiều cách phân loại tín hiệu, sau đây là cách phân loại theo thuộc tính:

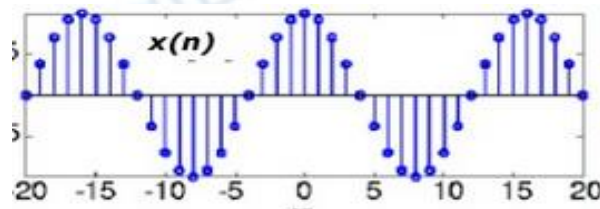
- Tín hiệu liên tục /rời rạc: Tín hiệu liên tục là tín hiệu mang giá trị thực (hoặc phức) xác định với mọi thời điểm trong một khoảng thời gian. Tín hiệu rời rạc là tín hiệu chỉ xác định trên một tập rời rạc của thời gian.

- Tín hiệu tương tự/số: Tín hiệu tương tự là tín hiệu có giá trị thay đổi liên tục theo thời gian- vô hạn. Tín hiệu số là tín hiệu đã được lấy mẫu và lượng tử hóa (t/h Fax)- hữu hạn.

- Tín hiệu xác định/ngẫu nhiên: Tín hiệu xác định là tín hiệu xác định giá trị tín hiệu tại thời điểm bất kỳ. Tín hiệu ngẫu nhiên là là tín hiệu không xác định được giá trị tín hiệu (Nhiều).

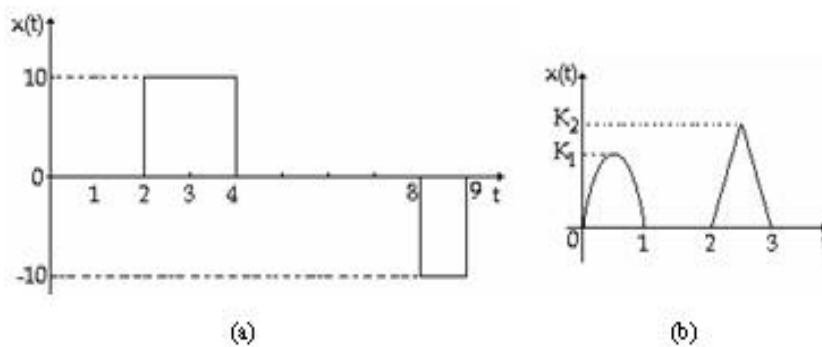
- Tín hiệu năng lượng/công suất: Tín hiệu năng lượng là tín hiệu có năng lượng xác định (tín hiệu xung tam giác đơn). Tín hiệu công suất là tín hiệu có công suất trung bình xác định. VD: tín hiệu hình sin.

- Tín hiệu tuần hoàn: là tín hiệu lặp đi lặp lại đều đặn sau những khoảng thời gian bằng nhau (gọi là chu kì).



Hình 1.6: Tín hiệu tuần hoàn

Tín hiệu không tuần hoàn: là tín hiệu lặp đi lặp lại tín hiệu nhưng không đều đặn về thời gian.



Hình 1.7: Tín hiệu không tuần hoàn

- Tín hiệu băng cơ sở:

Thuật ngữ băng cơ sở chỉ miền tần số của tín hiệu bản tin và thường đó là tín hiệu băng thông thấp. Tín hiệu băng cơ sở có thể ở dạng số hay tương tự.

Đối với tín hiệu tương tự: cả thời gian và biên độ là liên tục.

Đối với tín hiệu số: thời gian và biên độ (dạng sóng) đều rời rạc (ví dụ lối ra của máy tính có thể coi là tín hiệu số băng cơ sở).

- Tín hiệu băng thông dải:

Để truyền dẫn, tín hiệu bản tin phải được chuyển thành tín hiệu phát có tính chất phù hợp với kênh truyền. Trong truyền dẫn băng cơ sở: Băng tần kênh hỗ trợ phù hợp với băng tần tín hiệu bản tin nên có thể truyền trực tiếp tín hiệu bản tin. Trong truyền dẫn băng thông dải: Băng tần của kênh có tần số trung tâm lớn hơn nhiều tần số cao nhất của tín hiệu bản tin. Khi đó tín hiệu được phát đi là tín hiệu băng thông dải (phù hợp với kênh truyền) mang thông tin của tín hiệu bản tin. Việc tạo ra tín hiệu băng thông dải này gọi là điều chế. Khi nghiên cứu tín hiệu băng thông dải, thường người ta dùng phương pháp đưa về tín hiệu băng cơ sở tương đương.

Liên hệ nghịch đảo giữa thời gian và tần số:

Theo những tính chất của biến đổi Fourier trong lý thuyết xử lý tín hiệu có thể rút ra những tính chất căn bản sau:

+ Mô tả miền thời gian của một tín hiệu thay đổi có chiều ngược với mô tả miền tần số của tín hiệu: ví dụ chu kỳ của tín hiệu tăng thì tần số của nó giảm, xung càng hẹp thì phổ càng rộng.

+ Nếu tín hiệu là giới hạn trên miền tần số, thì mô tả trên miền thời gian sẽ là vô hạn do biên độ của nó ngày càng nhỏ (xung sinc(t) là một ví dụ). Ngược lại nếu tín hiệu bị giới hạn trong miền thời gian thì phổ của nó rộng vô cùng. (chú ý là không có tín hiệu đồng thời giới hạn cả về tần số lẫn thời gian song lại có thể có tín hiệu vô hạn cả về tần số lẫn thời gian).

1.4. Các thông số trong truyền tin: SNR, độ rộng kênh-tốc độ truyền

1.4.1. Độ rộng kênh truyền B

Độ rộng kênh truyền (B) là độ rộng khoảng tần số dùng để truyền tin với độ tin cậy cho phép. Ví dụ: Truyền tiếng nói phải có độ rộng kênh truyền 3,4KHz

Liên quan giữa độ rộng B và tốc độ truyền:

Giả sử ta truyền dây xung bằng cách nén xung (về mặt thời gian) tức là làm xung đó hẹp đi. Nén có nghĩa làm giảm độ rộng xung và tăng tốc độ truyền, đồng nghĩa với tần số cũng tăng → độ rộng kênh truyền cũng phải lớn. Do đó, giữa tốc độ truyền và độ rộng kênh truyền là tỉ lệ thuận với nhau.

$$B = \frac{1}{T_b} [\text{bit} / \text{s}]$$

Trong đó T_b là độ rộng của 1 bit (s); B là tốc độ truyền số liệu (Tốc độ truyền số liệu là số bit thông tin truyền trong một đơn vị thời gian). Trong hai loại cáp đồng và cáp quang: cáp quang có B lớn hơn nên có tốc độ lớn hơn cáp đồng trục.

Tốc độ truyền tín hiệu: Là số đơn vị tín hiệu truyền trong một đơn vị thời gian.

$$N = \frac{1}{t_0} [\text{bit} / \text{s}]$$

Trong đó t_0 là độ rộng của một tín hiệu truyền (s), N là tốc độ truyền tín hiệu.

Như vậy, nếu 1 tín hiệu mang 1 bit thông tin thì $B = N$ (hay 1 baud = 1bit); nếu 1 tín hiệu mang nhiều bit thông tin thì 1 baud = nhiều bit, $B = mN$ ($m = 2, 1, \dots$).

1.4.2. Tỉ số tín trên tạp (SNR)

Tín hiệu truyền qua kênh bị méo là do nhiễu và ồn. Méo có hai loại:

- Méo tuyến tính là méo gây nên do sự tắt dần khác nhau, lệch pha khác nhau và các tần số khác nhau tạo nên tín hiệu theo quy luật bậc nhất (thường với tín hiệu nhỏ).

- Méo phi tuyến là méo do sự tắt dần khác nhau, lệch pha khác nhau và các tần số khác nhau tạo nên tín hiệu theo quy luật phi tuyến.

Tương tự, nhiễu cũng có hai loại đó là nhiễu bên ngoài và nhiễu bên trong.

- Nhiễu bên ngoài do những tín hiệu ngẫu nhiên không đoán trước được, có tác dụng từ phía ngoài vào, loại nhiễu này có thể trừ khử được bằng cách che chắn, bao bọc,...

- Nhiễu bên trong là do các phân tử điện, điện tử và lỗ trống trong quá trình chuyển động nhiệt gây lên va chạm mạnh hay do quá trình tái hợp các hạt tải điện, nhiễu này không trừ khử được.

Tỉ số tín hiệu trên tạp (SNR: Signal to Noise Ratio):

$$SNR = \frac{\text{Công suất của tín hiệu}}{\text{Công suất của nhiễu}}$$

Hay tỉ số tín trên tạp còn được biểu diễn dưới dạng tỉ lệ lỗi bit (BER: Bit error rate), với E_b là năng lượng của bit, T_b là chu kỳ bit, công suất của bit khi đó là E_b/T_b . Ta lại có tốc độ của bit bằng $R_b = 1/T_b$, nên khi đó:

$$SNR = \frac{E_b/T_b}{N_0 B} = \frac{E_b R_b}{N_0 B}$$

Trong đó: N_0 là mật độ công suất của nhiễu, B là độ rộng kênh, E_b là năng lượng của bit, $R_b = 1/T_b$ là tốc độ bit, T_b là chu kỳ của bit.

Trong hệ truyền tin có được tỉ số SNR càng lớn càng tốt.

1.4.3. Dung lượng kênh truyền (Channel capacity)

Dung lượng kênh truyền là tốc độ truyền số liệu lớn nhất đạt được trên kênh. Công thức Shannon:

$$C = B \log_2(1 + SNR) = B \log_2\left(1 + \frac{E_b R_b}{N_0 B}\right)$$

Nếu môi trường không nhiễu thì $SNR = \infty$. Suy ra $C = \infty$ điều đó có nghĩa là tốc độ cực đại.

Hệ quả:

- Trong môi trường nhiễu mạnh thì $SNR = 0$, suy ra $C = 0$.

- Trường hợp SNR có một giá trị thực tế, truyền với cùng một tốc độ nào đó.

Mối quan hệ giữa SNR và độ rộng kênh truyền: Giả sử ta có tỉ số tín trên tạp là SNR_1 , độ rộng kênh truyền là B_1 . Khi đó dung lượng kênh truyền là:

$$C = B_1 \log_2(SNR_1) \text{ với } SNR_1 \gg 1.$$

Tương tự trên, cũng với giả thiết có tỉ số tín trên tạp là SNR_2 , độ rộng kênh truyền là B_2 . Khi đó dung lượng kênh truyền cũng là:

$$C = B_2 \log_2(\text{SNR}_2)$$

Từ hai công thức trên ta có:

$$\log_2(\text{SNR}_1)^{B_1} = \log_2(\text{SNR}_2)^{B_2} \rightarrow \text{SNR}_1^{B_1} = \text{SNR}_2^{B_2}$$

$$B \cdot \text{SNR}_1 = \text{SNR}_2^{B_2/B_1}$$

Có thể thực hiện được sự trao đổi giữa SNR và B.

Ví dụ: Một khách hàng muốn có hệ thông tin có khả năng tải được 60kbit/s qua một kênh có độ rộng $B = 10\text{KHz}$. Khách hàng này cần đạt được công suất tín hiệu thu ở nơi thu là 1pW, tạp âm của kênh là 10^{-19} W/Hz bằng mật độ phổ công suất nhiễu. Là chủ một công ty bạn có chấp nhận trả tiền cho một hệ truyền thông này không?

Giải:

Theo bài ra, ta có:

$$\text{SNR} = \frac{E_b/T_b}{N_0 B} = \frac{10^{-12}(\text{W})}{10^{-19}(\text{W/Hz}) \cdot 10^4(\text{Hz})} = 10^3$$

Áp dụng công thức tính dung lượng kênh truyền:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) = 10^4 \log_2(1 + 10^3) \sim 97,67 \text{ kbit/s}$$

Căn cứ vào yêu cầu khách hàng chỉ cần hệ thông tin có khả năng tải được 60kbit/s, kết quả tính toán được 97,67kbit/s. Vậy hệ truyền tin này thỏa mãn với yêu cầu đề ra, là chủ một công ty tôi chấp nhận trả tiền cho hệ thống thông tin này.

1.4.4. Tỷ số lỗi bit (Bit Error Ratio-BER)

Tỷ lệ lỗi bit BER là tỷ lệ giữa số bit lỗi trên tổng số bit truyền.

$$\text{BER} = \frac{m_s}{m_0} \quad \text{với } m_s \text{ là số bit lỗi, } m_0 \text{ là số bit truyền.}$$

- Khi $m_0 \rightarrow \infty$ thì tỷ số lỗi bit gọi là xác suất lỗi bit;
- Khi truyền 1 bit qua hệ thống, xác suất lỗi thường là $10^{-1} \div 10^{-5}$.

1.4.5. Lượng thông tin

Một tín hiệu có M trạng thái có thể mang một thông tin nhị phân là:

$$I = \log_2 M \text{ [bit]}$$

Trong đó: I gọi là lượng thông tin, M là số trạng thái.

Ví dụ. Một tín hiệu nhị phân $M = 2$ thì một tín hiệu mang lượng thông tin là: $I = \log_2 2 = 1 \text{ bit}$. Tương tự tín hiệu tam phân ($M = 3$), $I = \log_2 3 = 1,58 \text{ bit}$.

1.5. Ngẫu nhiên, dư thừa, mã hoá

1.5.1. Ngẫu nhiên

Là khái niệm quan trọng trong truyền tin bởi vì một trong các tín hiệu số ảnh hưởng tới tín hiệu là nhiễu, tốc độ truyền tin hạn chế bởi nhiễu tín hiệu qua SNR.

Nguyên nhân liên quan trực tiếp đến lượng thông tin mà chúng ta cần truyền đi được tin tức mà một tín hiệu mang được tùy thuộc vào việc xuất hiện tin đó với xác suất nào đó.

1.5.2. Dư thừa

Thêm dư thừa bằng cách:

Chữ a: 1 1 1

Dư thừa có tác dụng chống nhiễu nhưng chỉ ở mức độ nào đó. Còn nếu thiếu thì sẽ làm giảm tốc độ truyền tin, bởi vậy đây là vấn đề mà những người sử dụng nó phải thiết kế sao cho đạt hiệu quả vừa chống nhiễu tốt vừa đảm bảo tốc độ truyền tin.

1.5.3. Mã hóa

Mã hóa nguồn, mã hóa đường (kênh), mã sửa lỗi, mã bảo mật. Vì vậy mã hóa là sự ánh xạ từ tập hợp này tới tập hợp khác.

1.6. Ưu nhược điểm của hệ thống thông tin số

1.6.1. Những ưu điểm của thông tin số

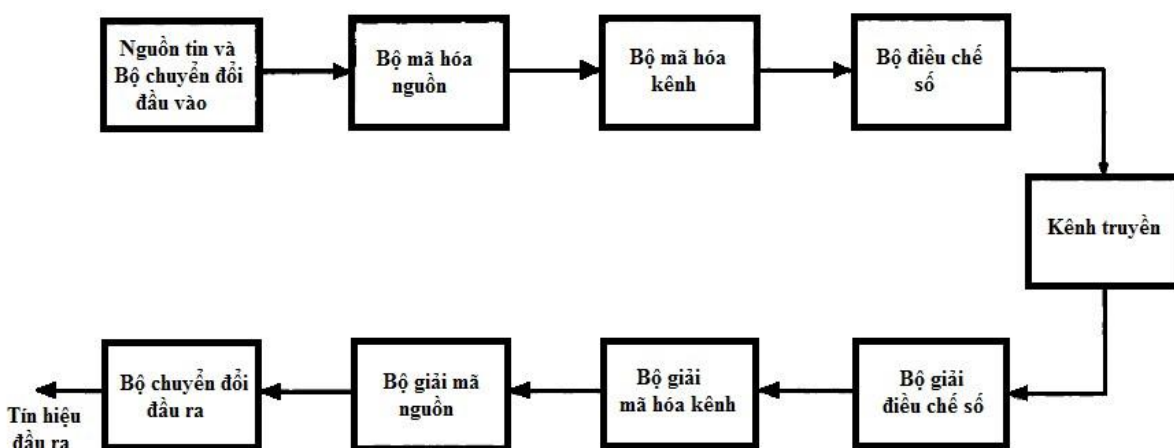
- Tăng được khả năng truyền dẫn dữ liệu;
- Tăng khả năng tích hợp, độ phức tạp và sự tin cậy của các hệ thống điện tử số trong việc xử lý tín hiệu, đồng thời với giá thành giảm;
- Dễ dàng trong việc mã hóa để nén dữ liệu;
- Dễ dàng cân đối công suất, thời gian và độ rộng dải thông để tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên có hạn này;
- Dễ dàng chuẩn hóa các tín hiệu, bất kể kiểu, nguồn gốc và dịch vụ mà chúng cung cấp dẫn tới việc thiết lập một mạng số liên kết đa dịch vụ.

1.6.2. Một số nhược điểm của thông tin số

- Hệ thống thông tin số thường phức tạp hơn một hệ thống tương tự tương đương;
- Chi phí lắp đặt lớn hơn so với thông tin tương tự do trong thông tin số bao gồm nhiều thành phần hơn;
- Yêu cầu độ chính xác cao đặc biệt trong các hệ thống đồng bộ số.

D) CÂU HỎI, BÀI TẬP, NỘI DUNG ÔN TẬP VÀ THẢO LUẬN

1. Cho một hệ truyền tin:



Anh/chị hãy:

- Chỉ rõ các khối: phát, thu, kênh truyền;
- Phân tích cơ chế truyền tin trong hệ thống trên. Cho biết các yếu tố ảnh hưởng đến hệ truyền tin?

2. Một khách hàng muốn có hệ thông tin có khả năng tải được 60kbit/s qua một kênh có độ rộng $B = 10\text{KHz}$. Khách hàng này cần đạt được công suất tín hiệu thu ở nơi thu là 1pW , tạp âm của kênh là 10^{-19}W/Hz bằng mật độ phổ công suất nhiễu. Là chủ một công ty bạn có chấp nhận trả tiền cho một hệ truyền thông này không?

3. Vẽ sơ đồ khối của hệ truyền tin điểm - điểm? Nêu chức năng các khối?

4. Trình bày các loại méo, nhiễu? Ảnh hưởng của chúng đến hệ truyền tin?

5. So sánh ưu, nhược điểm giữa tín hiệu tương tự và tín hiệu số? Nêu ứng dụng của chúng?

6. Nêu ý nghĩa của từng thông số truyền tin? Lấy ví dụ dẫn chứng?

7. Trình bày những chỉ tiêu, chất lượng cơ bản của một hệ truyền tin?

Tailieu.vn

CHƯƠNG 2: TÍN HIỆU VÀ TRUYỀN TÍN HIỆU

Số tiết: 5 (Lý thuyết: 5 tiết; bài tập, thảo luận: 0 tiết)

A) MỤC TIÊU:

- **Kiến thức:** Trình bày được khái niệm tín hiệu, hệ tuyến tính, HTTB với thời gian;

- **Kỹ năng:** Phân tích các dạng tín hiệu, vận dụng biến đổi F, tính chất biến đổi F để tìm phổ tín hiệu; Phân biệt được sự khác nhau giữa bộ lọc lý tưởng và bộ lọc thực tế; Nhận biết được các nguồn ảnh hưởng đến kênh truyền.

- **Mức độ tự chủ, tự chịu trách nhiệm:**

B) TÀI LIỆU HỌC TẬP

- Nguyễn Viết Kính (biên dịch), Nguyễn Minh Chí (hiệu đính), *Các hệ thống tin tương tự và số hiện đại*, Trường ĐH Công nghệ - ĐHQGHN

C) NỘI DUNG

2.1. Tín hiệu và phân tích tín hiệu

Nguồn tin là đại lượng thay đổi theo thời gian, nguồn tin có thể là dữ liệu, hình ảnh, tiếng nói,...

Nguồn có thể là một hàm tuần hoàn điều hòa theo thời gian, ví dụ: $x(t) = A\sin(\omega_c t + \varphi)$ là hàm tuần hoàn hình sin với chu kỳ $T_c = 2\pi/\omega_c$. Có thể là một hàm tuần hoàn (g(t) nhưng là một chuỗi xung, có thể là một hàm tắt dần không tuần hoàn nhưng cũng có thể là một xung đơn và chúng đều là hàm của thời gian. Một tín hiệu bất kỳ luôn coi nó là chồng chất hay là tổ hợp của các tín hiệu tuần hoàn hình sin với tần số khác nhau, biên độ khác nhau, pha khác nhau. Nếu coi tần số là biến thì tín hiệu này phụ thuộc vào tần số (ω : gồm có hòa âm cơ bản và hòa âm bậc cao) biểu diễn tín hiệu dưới dạng phổ của tần số (miền tần số).

2.1.1. Các cách biểu diễn tín hiệu

2.1.1.1. Biểu diễn tín hiệu tuần hoàn theo chuỗi Fourier

Tín hiệu là tuần hoàn nếu trong một khoảng thời gian nào đó nó lại lặp lại như cũ, khoảng thời gian này gọi là chu kỳ của tín hiệu. Một tín hiệu có chu kỳ T nếu thỏa mãn:

$$g(t+T) = g(t) \quad (2.1)$$

a) Biểu diễn tín hiệu tuần hoàn dưới dạng hàm sin, cos

Giả sử, ta có tín hiệu tuần hoàn có chu kỳ là $T_0 = 2\pi/\omega_0$, khi đó ta luôn biểu diễn được hàm tuần hoàn đó theo một chuỗi Fourier dưới dạng hàm sin, cos như sau:

$$g(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t) \quad (2.2)$$

Trong đó:

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_t^{t+T} g(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_t^{t+T} g(t) \cos n\omega_0 t dt, \quad b_n = \frac{2}{T_0} \int_t^{t+T} g(t) \sin n\omega_0 t dt$$

Cách biểu diễn khác: $g(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n)$ (2.3)

với các hệ thức lượng giác: $a \cos x + b \sin x = \sqrt{a^2 + b^2} \cos\left(x - \arctg \frac{b}{a}\right)$

Từ đó: $a_0 = c_0, c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad \text{và} \quad \theta_n = -\arctg \frac{b_n}{a_n}$

b) Biểu diễn tín hiệu tuần hoàn dưới dạng hàm e mũ

Vì hàm e mũ và hàm sin (cos) có mối quan hệ với nhau nên người ta có thể biểu diễn được dưới dạng e mũ.

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} G_n e^{jn\omega_0 t} \quad (2.4a)$$

$$\cos x = \frac{e^{jx} + e^{-jx}}{2}; \quad \sin x = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2}$$

Trong đó: $G_n = \frac{1}{T_0} \int_t^{t+T} g(t) e^{-jn\omega_0 t} dt$

Ta tính ra được: $G_n = \frac{1}{2}(a_n - jb_n)$ (2.4b)

$$G_{-n} = \frac{1}{2}(a_n + jb_n)$$

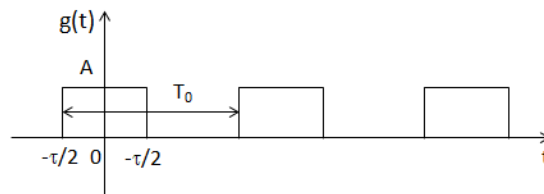
Chú ý:

- Nếu $g(t)$ là hàm thực thì các hệ số a_n, b_n là các giá trị thực và G_n, G_{-n} là các đại lượng liên hợp phức: $G_n = G_{-n}^*$. Ví dụ: $x = a + jb, x^* = a - jb$

- Nếu $g(t)$ là thực thì $|G_n| = |G_{-n}|$ là hàm chẵn (đối xứng qua trục tung) còn $\theta_n = -\theta_{-n}$, là hàm lẻ (đối xứng qua gốc tọa độ).

c) Một số ví dụ

Ví dụ 1. Xét một dãy xung chữ nhật có chu kỳ là T_0 , độ rộng là τ , biên độ A (Hình 2.1). Hãy biểu diễn chuỗi xung này thành chuỗi Fourier dưới dạng hàm lượng giác và e mũ.



Hình 2.1: Một tín hiệu tuần hoàn

Giải:

a) Biểu diễn theo hàm lượng giác:

Trước tiên ta tính các hệ số a_0, b_0 và b_n :

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_t^{t+T_0} g(t) dt = \frac{1}{T_0} \int_{-\tau/2}^{\tau/2} A dt = \frac{A\tau}{T_0}$$

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{2}{T_0} \int_t^{t+T_0} g(t) \cos n\omega_0 t dt = \frac{2}{T_0} \int_{-\tau/2}^{\tau/2} A \cos n\omega_0 t dt = \frac{2A}{T_0 \omega_0 n} \sin n\omega_0 t \Big|_{-\tau/2}^{\tau/2} \\ &= \frac{2A}{2\pi n} (\sin n\omega_0 \frac{\tau}{2} + \sin n\omega_0 \frac{\tau}{2}) = \frac{2A}{\pi n} \sin n\pi \frac{\tau}{T_0} \text{ với } \omega = 2\pi/T_0. \end{aligned}$$

$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_t^{t+T_0} g(t) \sin n\omega_0 t dt = \frac{2}{T_0} \int_{-\tau/2}^{\tau/2} A \sin n\omega_0 t dt = 0, \text{ (vì hàm sin là lẻ).}$$

Vậy $a_0 = \frac{A\tau}{T_0}; \quad a_n = \frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi\tau}{T_0}; \quad b_n = 0$

Khi đó:

$$g(t) = \frac{A\tau}{T_0} + \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi\tau}{T_0} \cos n\omega_0 t \quad (2.5)$$

Kết luận: Một hàm tuần hoàn với chu kỳ T_0 là tập hợp của vô số các hàm sin tuần hoàn chồng chất, với tần số là vô số các hòa âm bậc cao hơn, khác với tần số cơ bản ω_0 ($n = 1$), thì các hòa âm bậc cao hơn là $2\omega_0$ ($n = 2$), $3\omega_0$ ($n = 3$)... đồng thời với quá trình đó là biên độ của chúng giảm vì $a_n = \frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi\tau}{T_0}$ (do n tăng nên biên độ giảm).

b) Biểu diễn dưới dạng hàm e mũ:

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} G_n e^{jn\omega_0 t}$$

Với a_n, b_n tính ở trên và theo (2.4b), ta có:

$$G_n = \frac{1}{2} (a_n - jb_n) = \frac{A}{n\pi} \sin \frac{n\pi\tau}{T_0}$$

Thay vào công thức trên ta được:

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{A}{n\pi} \sin n\pi \frac{\tau}{T_0} e^{jn\omega_0 t} \quad (2.6)$$

Ví dụ 2. Xét một dãy xung vuông có chu kỳ T_0 , độ rộng xung $\tau = \frac{T_0}{2}$, biên độ A . Hãy biểu diễn dưới dạng hàm lượng giác và hàm e mũ.

Giải:

a) Dạng hàm lượng giác:

Theo đầu bài, ta có độ rộng xung $\tau = \frac{T_0}{2}$, chu kỳ T_0 và biên độ A .

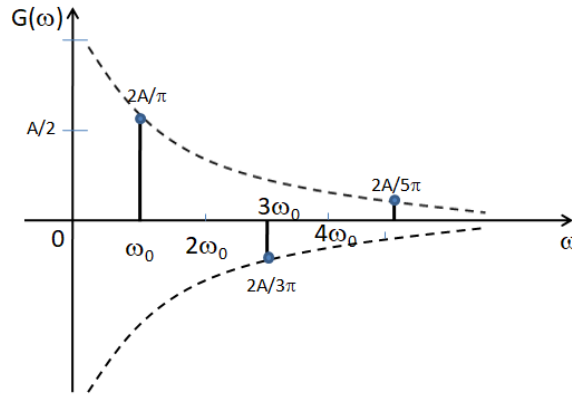
Bằng cách tính tương tự như trên, ta có:

$$a_0 = \frac{A}{2}, a_n = \frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} = \begin{cases} \frac{2A}{n\pi} (-1)^{\frac{n-1}{2}} & \text{với } n \text{ lẻ} \\ 0 & \text{với } n \text{ chẵn} \end{cases}$$

Dạng hàm lượng giác của $g(t)$:

$$g(t) = \frac{A}{2} + \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \cos n\omega_0 t$$

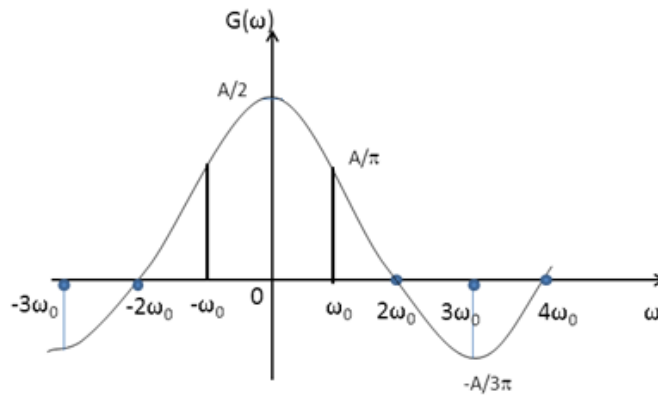
Đồ thị:



Hình 2.2: Phổ dạng lượng giác

b) Dạng hàm mũ:

Biên độ của G_n giảm đi một phần hai so với a_n , nó có nửa tần số đối xứng.



Hình 2.3: Phổ dạng e mũ

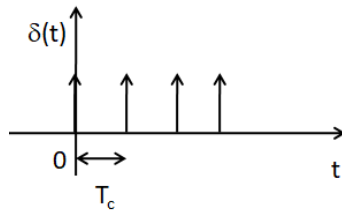
- Khi biểu diễn dưới dạng hàm e mũ về mặt toán học để dễ biểu diễn thì ta thêm phần tần số âm để cho đẹp còn thực chất hai cách biểu diễn trên là như nhau.

Ví dụ 3: Xét trường hợp đặc biệt (khi τ dần tới 0)

Khi chuỗi xung đó trở thành chuỗi hàm dirac.

Hàm *dirac* chỉ có giá trị tại $t = 0$ còn mọi điểm khác nó có giá trị bằng 0 thì chuẩn hóa $A\tau = 1$, chuỗi xung dirac:

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_0) \quad (2.7)$$

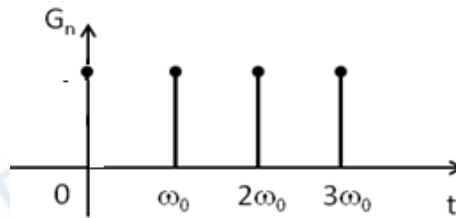


Hình 2.4: Chuỗi xung dirac

Ta có: $a_0 = \frac{1}{T_0}$

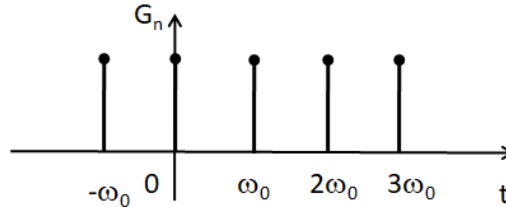
$$a_n = \frac{2A}{n\pi} \sin n\pi \frac{\tau}{T_0} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{2}{n\pi\tau} \sin n\pi \frac{\tau}{T_0} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{2 \sin \frac{n\pi\tau}{T_0}}{T_0 \frac{n\pi\tau}{T_0}} = \frac{2}{T_0}$$

Biểu diễn dưới dạng hàm lượng giác:



Hình 2.5: Phổ dạng lượng giác

Biểu diễn dưới dạng hàm e mũ:



Hình 2.6: Phổ dạng e mũ

Nhận xét: Trường hợp xung hẹp τ dần tới 0, mọi thành phần tần số dù cao thấp đều có biên độ bằng nhau dẫn đến không lọc được, gây nhiễu cho tín hiệu ở mọi tần số.

2.1.1.2. Biến đổi Fourier biểu diễn theo hàm emũ tín hiệu không tuần hoàn

a) Nguyên tắc:

Đưa hàm không tuần hoàn về hàm tuần hoàn sau đó biểu diễn dưới dạng hàm e mũ.

Giả sử có một xung đơn, cho lặp lại với chu kỳ T_0 khi đó sẽ trở thành chuỗi xung tuần hoàn. Áp dụng biến đổi Fourier chuỗi xung này sau đó kết quả thu được sẽ lấy giới hạn khi T_0 tiến đến ∞ .

Biểu diễn Fourier:

Nếu ta có hàm $g(t)$ bất kỳ ta có thể biểu diễn được:

$$g(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G(\omega) e^{-j\omega t} d\omega \quad (2.8)$$

$$\text{Biến đổi F của } g(t): G(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-j\omega t} dt \quad (2.9)$$

- Biến đổi $g(t)$ thành $G(\omega)$ được gọi là phép biến đổi Fourier thuận:

$$F[g(t)] = G(\omega)$$

- Biến đổi $G(\omega)$ thành $g(t)$ được gọi là phép biến đổi Fourier ngược:

$$F^{-1}[G(\omega)] = g(t)$$

b) Chú ý

- Phép biến đổi Fourier là phép biến đổi tuyến tính:

Nếu $F[g_1(t)] = G_1(\omega)$, $F[g_2(t)] = G_2(\omega)$ thì

$$F[\alpha g_1(t) + \beta g_2(t)] = \alpha G_1(\omega) + \beta G_2(\omega) \quad (2.10)$$

- Nếu hàm $g(t)$ là một hàm thực thì:

$$|G(\omega)| = |G(-\omega)| \text{ hàm chẵn} \quad (2.11a)$$

$$\theta_g(\omega) = -\theta_g(-\omega) \text{ là hàm lẻ} \quad (2.11b)$$

- Nếu hàm là tuần hoàn thì phổ $G(\omega)$ sẽ là gián đoạn, còn nếu hàm không là tuần hoàn thì phổ $G(\omega)$ là liên tục.

- Điều kiện để thực hiện phép biến đổi Fourier ngược:

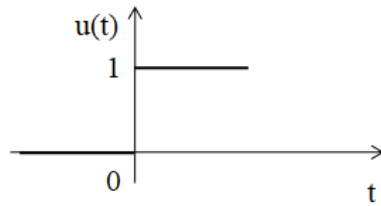
$$G(\omega) \leq \int_{-\infty}^{\infty} g(t) dt \text{ có nghĩa phổ của nó có giới nội} \quad (2.12)$$

c) Một số ví dụ

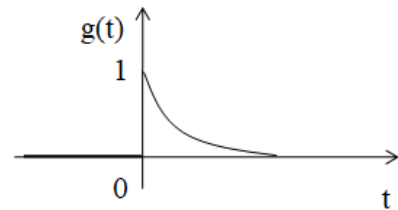
Ví dụ 1. Cho một xung đơn $g(t) = e^{-\alpha t} \cdot u(t)$, với $\alpha > 0$, $u(t)$ là hàm nhảy bậc:

$$u(t) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t \geq 0 \\ 0 & \text{khi } t < 0 \end{cases}$$

Hãy tìm phổ của $g(t)$?



(a)



(b)

Hình 2.7: a) Đồ thị thời gian hàm nhảy bậc; b) Đồ thị thời gian xung $g(t)$

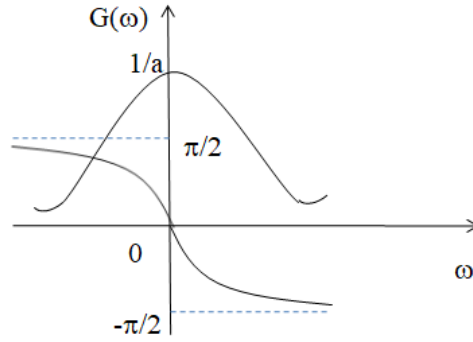
Giải:

Áp dụng công thức biến đổi F thuận ta có:

$$\begin{aligned} G(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{-at} u(t) e^{-j\omega t} dt \\ &= \int_0^{\infty} e^{-(a+j\omega)t} dt = \left. \frac{e^{-(a+j\omega)t}}{-(a+j\omega)} \right|_0^{\infty} = \frac{1}{a+j\omega} \end{aligned} \quad (2.13)$$

$G(\omega)$ là một số phức, khi đó ta có thể tính phổ độ lớn $|G(\omega)|$ và argument $\theta_g(\omega)$ như sau:

$$|G(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{a^2 + \omega^2}} \text{ và } \theta_g(\omega) = -\arctan \frac{\omega}{a}$$



Hình 2.8: Phổ biên độ và pha

Ví dụ 2. Cho một xung cửa $g(t) = \Pi(t/\tau)$. Hãy tính phổ của $g(t)$.

$$g(t) = \Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1 & \text{khi } |t| \leq \tau/2 \\ 0 & \text{khi } |t| > \tau/2 \end{cases} \quad (2.14)$$

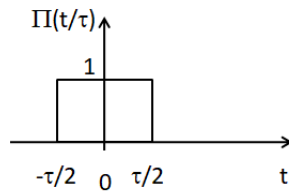
Giải: Áp dụng theo công thức biến đổi Fourier thuận, ta có phổ của $g(t)$ là:

$$\begin{aligned} G(\omega) &= F\left[\Pi\left(\frac{t}{\tau}\right)\right] = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} 1 \cdot e^{-j\omega t} dt = \frac{1}{j\omega} e^{-j\omega t} \Big|_{-\tau/2}^{\tau/2} = \frac{2}{\omega} \left(\frac{e^{j\omega\tau/2} - e^{-j\omega\tau/2}}{2j} \right) \\ &= \frac{2}{\omega} \sin \frac{\omega\tau}{2} = \frac{\tau \sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}} \end{aligned} \quad (2.15)$$

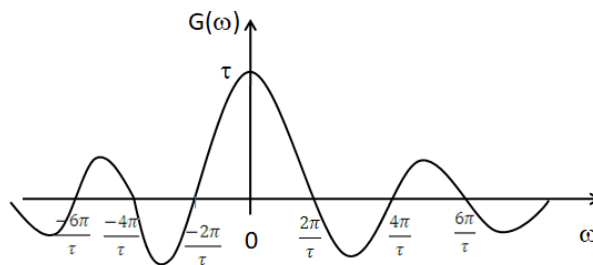
$G(\omega)$ là một hàm thực nên mô đun của nó là chính nó, còn argument của nó bằng 0.

Phổ tần của $\Pi(t/\tau)$ trình bày trên hình 2.9b. Hàm số có dạng $\frac{\sin x}{x}$ trong phương trình

(2.15) đóng vai trò quan trọng trong lý thuyết truyền thông.



(a)



(b)

Hình 2.9: Hàm cửa và phổ của nó

Để gọn, ta dùng một ký hiệu riêng cho hàm này. Ta định nghĩa:

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin \pi x}{\pi x} \quad (2.16)$$