

Chương I

TIN TỨC VÀ HỆ THỐNG THÔNG TIN

- LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ VIỄN THÔNG ĐIỆN TỬ.
- PHÂN LOẠI CÁC NGUỒN TIN TỨC VÀ CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN.
- SỐ NG XÁC ĐỊNH VÀ SỐNG NGẪU NHIÊN.
- SƠ ĐỒ KHỐI MỘT HỆ VIỄN THÔNG.
- SỰ PHÂN CHIA CÁC VÙNG TẦN SỐ (FREQUENCY ALLOCATIONS).
- SỰ TRUYỀN SÓNG ĐIỆN TỬ.
- SỰ ĐO TIN TỨC.
- CÁC HỆ THỐNG TIN LÝ TƯỞNG.
- MÃ HÓA (CODING).

LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ VIỄN THÔNG ĐIỆN TỬ.

- Từ cuối thế kỷ 18 đầu thế kỷ 19, công nghệ phát thanh và truyền thông bằng điện đã được phát triển.
- Năm 1820, George Ohm đã đưa ra công thức phương trình toán học để giải thích các tín hiệu điện chạy qua một dây dẫn rất thành công.
- Năm 1830 Michall Faraday đã tìm ra định luật dẫn điện từ trường.
- Có thể coi lịch sử thông tin dữ liệu được bắt đầu vào năm 1937 với sự phát minh điện tín Samuel F. B.Morse. Đó là hệ thống truyền các xung điện biểu diễn cho các dấu chấm và vạch (tương đương với các số nhị phân 1, 0) trên các đường dây đồng nhờ các máy cơ điện. Các tổ hợp khác nhau của các mã này thay cho các chữ, số, dấu,...được gọi là mã Morse.
- Năm 1840, Morse đăng ký sáng kiến về điện tín ở Mỹ.
- Năm 1844 đường dây điện tín đầu tiên được thiết lập giữa Baltimore và Washington DC.
- Năm 1849, bản tin đầu tiên được in ra nhưng với vận tốc rất chậm nhưng đến năm 1860 vận tốc in đạt 15 bps.
- Năm 1850, đại số Boole của George Boole tạo ra nền móng cho logic học và phát triển rờ le điện. Trong khoảng thời gian gian này, các đường cáp đầu tiên xuyên qua đại tây dương để lắp đặt hệ thống điện tín.
- James Clerk Maxwell đã đưa ra học thuyết điện từ trường bằng các công thức toán học vào năm 1860. Căn cứ vào các học thuyết này Henrich Hertz đã truyền đi và nhận được sóng vô tuyến thành công bằng cách dùng điện trường lần đầu tiên trong lịch sử.
- Tổng đài điện thoại đầu tiên được thiết lập vào năm 1876 (ngay sau khi Alexander Grăhm Bell đã phát minh ra điện thoại). Năm năm sau Bell bắt đầu dịch vụ gọi đường dài giữa New York và Chocago. Cùng khoảng thời gian đó, Guglieno Marconi của Italia đã lắp đặt một trạm phát sóng vô tuyến để phát các tín hiệu điện tín.
- Năm 1900, Einstein, một nhà vật lý nổi tiếng về học thuyết tương đối đã viết rất nhiều tài liệu quan trọng về vật lý chất rắn, thống kê học, điện từ trường và cơ học lượng tử. Vào khoảng thời gian này, phòng thí nghiệm Bell của Mỹ đã phát minh và sáng chế ra ống phóng điện cực cho các kính thiên văn xoay được. Tiếp theo đó, Le De Forest trở thành người khởi xướng trong lĩnh vực vi mạch điện tử thông qua phát minh của ông về một ống chân không ba cực. Lúc này, hệ thống tổng đài tương tự tự động có khả năng hoạt động không cần bằng chuyển mạch.
- Năm 1910, Erwin Schrodinger đã thiết lập nền tảng cho cơ học lượng tử thông qua công bố của ông về cân bằng sóng để giải thích cấu tạo nguyên tử và các đặc điểm của chúng. Vào khoảng thời gian này, phát thanh công cộng được bắt đầu bằng cách phát sóng.
- Năm 1920, Harold .S. Black của phòng thí nghiệm Bell đã phát minh ra một máy khuếch đại phản hồi âm bản mà ngày nay vẫn còn dùng trong lĩnh vực viễn thông và công nghệ máy điện đàm.
- V.K.Zworykin (Mỹ) đã phát minh ra đèn hình cho vô tuyến truyền hình và cáp đồng trục (phương tiện truyền dẫn hiệu quả hơn các dây đồng bình thường).
- Cuối những năm 1940, phòng thí nghiệm Bell đã đặt ra nền móng cho cho các chất bán dẫn có độ tích hợp cao. Howard Aiken của đại học Harward cộng tác với IBM đã thành công trong việc lắp đặt một máy điện toán đầu tiên có kích thước 50 feet và 8 feet. Và sau đó, J.Presper Ecker với Jonh Mauchly của đại học Pénnylvania đã phát triển máy điện toán lên một bậc gọi là máy điện toán ENIAC. Von Neuman dựa vào đây để phát triển máy điện toán có lưu giữ chương trình.
- Vào những năm 1960, các loại LSI (Large Scale Interated), các máy điện toán mini, cáp quang và máy phân chia thời gian được phát triển và thương mại hoá thành công.
- Vào những năm 1970, truyền hình ảnh qua vệ tinh, các hệ thống tổng đài điện tử cũng lần lượt ra đời.

Phân loại các nguồn tin tức và các hệ thống thông tin.

- Một nguồn tin digital (digital information source) tạo ra 1 tập hợp hữu hạn các bản tin (Message) có thể.

Ví dụ : Máy đánh chữ ; có một số hữu hạn các ký tự (bản tin) được phát ra từ nguồn này.

- Một nguồn tin tức analog tạo ra các bản tin được xác định liên tục.

Ví dụ một micro: Điện thế ra diễn tả tin tức về âm thanh và nó được phân bố trên một dãy liên tục nhiều trị giá.

- Hệ thống thông tin digital chuyển tin tức từ một nguồn digital đến thiết bị thu (Sink).

- Hệ thống thông tin analog chuyển tin tức từ một nguồn analog đến Sink.

Nói một cách chặt chẽ, sóng digital được định nghĩa như là một hàm theo thời gian và chỉ có một tập hợp các trị giá rời rạc. Nếu dạng sóng digital là dạng sóng nhị phân, thì chỉ có hai trị giá. Dạng sóng analog là một hàm theo thời gian có khoảng các trị giá liên tục.

Một hệ thống thông tin digital điện tử thường có các điện thế và dòng điện với dạng sóng digital. Tuy nhiên, nó vẫn có thể có các dạng sóng analog. Thí dụ, tin tức từ một nguồn nhị phân có thể phát đến sink bằng cách dùng một sóng sin 1000Hz để diễn tả bit 1 và một sóng sin 500Hz để diễn tả bit 0. Ở đây nguồn tin tức digital được phát đến sink bằng cách dùng các sóng analog, nhưng vẫn cứ gọi là hệ thống viễn thông digital.

Xa hơn nữa, sóng analog này được gọi là tín hiệu digital vì nó mô tả 1 nguồn tin digital. Tương tự, một tín hiệu analog mô tả một nguồn tin analog . Từ quan điểm đó ta thấy một kỹ sư Viễn thông digital cần hiểu làm sao để phân tích các mạch analog cũng như các mạch digital.

Viễn thông digital có những lợi điểm:

- Các mạch digital tương đối rẻ có thể được dùng.
- Khoảng tác động lớn hơn. (Khoảng giữa các trị lớn nhất và nhỏ nhất).
- Dữ liệu từ tiếng nói, hình và các nguồn dữ liệu khác có thể được trộn lẫn và truyền đi trên cùng một hệ truyền digital.
- Trong các hệ truyền với khoảng cách xa, nhiễu không chòng chát từ repeater đến repeater. (Trạm phát lại).
- Sai số trong dữ liệu được phân tích thì nhỏ, dù khi có một lượng nhiễu lớn trên tín hiệu thu được.
- Nhiễu có thể được sửa chữa (corrected) bằng cách dùng sự mã hóa.

Nhưng nó cũng có những bất lợi:

- Thông thường, nó cần một hệ rộng dải tần (Band width) lớn hơn hệ analog.
 - Cần đến sự đồng bộ hóa.
- Với nhiều ưu điểm, các hệ digital trở nên ngày càng phổ biến.
- Sóng xác định và sóng ngẫu nhiên.
- Trong các hệ Viễn thông, ta phân các dạng sóng làm hai loại lớn: Xác định và Ngẫu nhiên.
- Định nghĩa: Một dạng sóng xác định có thể được mô hình hóa như một hàm hoàn toàn riêng biệt của thời gian.
- Thí dụ: Nếu

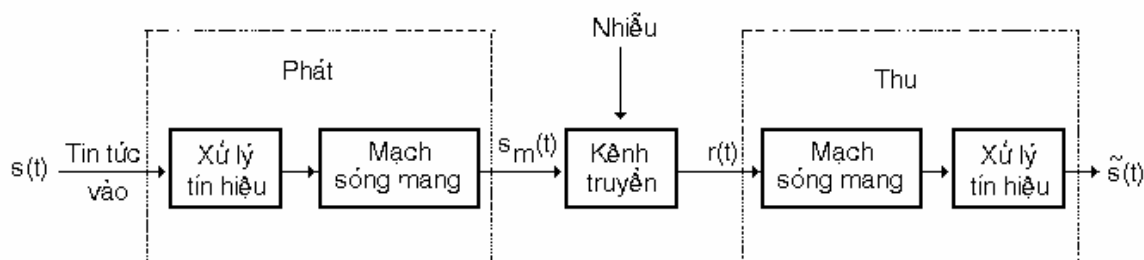
$$w(t) = A \cos (\omega_0 t + \varphi_0)$$

Diễn tả một dạng sóng , với A, ω_0 , φ_0 là các hằng đã biết. Thì dạng sóng $w(t)$ được nói là được xác định.

- Định nghĩa: Một dạng sóng ngẫu nhiên không thể được chuyên biệt hóa hoàn toàn như là một hàm theo thời gian và phải mô hình hóa 1 cách xác suất. Các dạng sóng biểu diễn một nguồn không thể xác định được. Thí dụ, trong hệ viễn thông digital, ta có thể gửi tin tức ứng với bất kỳ một mẫu tự nào - Mỗi mẫu tự được biểu diễn bằng một dạng sóng xác định. Nhưng khi ta xét dạng sóng được phát từ nguồn ta thấy rằng đó là dạng sóng ngẫu nhiên, vì ta không biết chính xác những ký tự sẽ được phát.

Do đó, ta thực sự cần thiết kế hệ viễn thông dùng dạng sóng ngẫu nhiên và tất nhiên bất kỳ nhiễu nào được đưa vào sẽ cũng được mô tả bằng một dạng sóng ngẫu nhiên. Kỹ thuật này cần đến những khái niệm về xác suất và thống kê. (Sẽ làm việc phân tích và thiết kế phức tạp hơn). Nhưngng may thay , nếu ta trình bày tín hiệu bằng dạng sóng “ tiêu biểu “ xác định, thì ta vẫn có thể được hầu hết, nhưng không tất cả các kết quả.

Sơ ĐỒ KHỐI MỘT HỆ THỐNG VIỄN THÔNG.



Hình 1.1 Sơ đồ khối của một hệ thống viễn thông.

Chủ đích một hệ Viễn thông là truyền một tín tức từ nguồn, ký hiệu là $s(t)$, đến Sink. Tín tức lấy ra từ Sink ký hiệu là $\tilde{s}(t)$; tín tức có thể là digital hay analog, tùy vào hệ được dùng. Nó có thể là tín tức về Video, audio hay vài loại khác.

Trong các hệ multiplex (đa hợp), có thể sẽ có nhiều nguồn vào và nhiều Sink. Phổ của $s(t)$ và $\tilde{s}(t)$ tập trung quanh $f = 0$. Chúng được gọi là những tín hiệu băng gốc (base band).

Khối xử lý tín hiệu:

Ở máy phát tùy điều kiện nguồn sao cho sự truyền có hiệu quả. Thí dụ: Trong 1 hệ digital, nó là một vi xử lý. Trong hệ analog, nó không gì hơn là 1 lọc hạ thông. Trong hệ lai, nó là mạch lấy mẫu tín tức vào (analog) và digital - hóa để có một biến điệu mã xung (Pulse code modulation) PCM.

Tín hiệu ra của khối XLTH ở máy phát cũng là tín hiệu băng gốc vì các tần số tập trung gần $f = 0$.

Khối sóng mang:

Ở máy phát đổi tín hiệu băng gốc đã xử lý thành một băng tần để truyền đưa vào kênh truyền. Thí dụ: Nếu kênh gồm một cặp dây xoắn (twisted - pair) telephone, phổ của $s_m(t)$ sẽ nằm trong dây âm tần (audio), từ 300 -> 3.700Hz. Nhưng nếu kênh gồm cáp quang, phổ của $s_m(t)$ sẽ là tần số ánh sáng.

- Nếu kênh truyền đi những tín hiệu băng gốc, không cần dùng khối sóng mang và $s_m(t)$ có thể là tín hiệu ra của khối XLTH.

- Khối sóng mang thì cần khi kênh có thể chỉ truyền các tần số thuộc 1 băng xung quanh f_c , với $f_c \gg 0$. Trong trường hợp này $s_m(t)$ được gọi là tín hiệu dây thông (Band pass Signal). Vì nó được thiết kế để có những tần số thuộc 1 băng quanh f_c . Thí dụ, một đài phát biến điệu AM với một tần số kết hợp 850 KHz có sóng mang $f_c = 850$ KHz.

Sự áp tín hiệu băng gốc dạng sóng $s(t)$ thành tín hiệu dây thông $s_m(t)$ được gọi là sự biến điệu (modulation). ($s(t)$ là tín hiệu audio trong đài phát AM).

Tín hiệu dây thông bất kỳ có dạng:

$$s_m(t) = s(t) \cos [\omega_c(t) + \theta(t)]$$

Với $\omega_c = 2\pi f_c$, f_c là tần số sóng mang.

Nếu $s(t) = 1$ và $\theta(t) = 0$ thì $s_m(t)$ sẽ là một tín hiệu hình sin thuần túy với $f = f_c$ và băng tần bằng 0.

Trong sự biến điệu bởi mạch sóng mang, sóng vào $s(t)$ làm cho $R(t)$ và/hoặc $\theta(t)$ thay đổi như là một hàm của $s(t)$. Sự thay đổi trong $R(t)$ và $\theta(t)$ làm cho $s_m(t)$ có một khổ băng phụ thuộc vào những tính chất của $s(t)$ và vào hàm áp được dùng để phát ra $R(t)$ và $\theta(t)$.

Các kênh truyền:

Có thể phân chia làm 2 loại: dây mềm (software) và dây cứng (hardware). Vài loại kênh dây mềm tiêu biểu như: Không khí, chân không và nước biển. Vài loại kênh truyền dây cứng: Cáp dây xoắn telephone, cáp đồng trục, ống dẫn sóng và cáp quang.

Một cách tổng quát, kênh truyền làm giảm tín hiệu, nhiễu của kênh truyền và / hoặc nhiễu do máy thu khiến cho $\tilde{s}(t)$ bị xấu đi so với nguồn. Nhiễu của kênh có sự gia tăng từ nguồn điện, dây cao thế, sự đánh lửa hoặc nhiễu do sự đóng ngắt của một computer.

Kênh có thể chứa bộ phận khuếch đại tác động, thí dụ: Hệ thống repeater trong telephone hoặc như vệ tinh tiếp chuyển trong hệ thống viễn thông trong không gian. Dĩ nhiên, các bộ phận này cần thiết để giữ cho tín hiệu lớn hơn nhiễu.

Kênh cũng có thể có nhiều đường (multiple paths) giữa input và output và chúng có thời gian trễ (time delay), tính chất giảm biên (attenuation) khác nhau. Những tính chất này có thể thay đổi theo thời gian. Sự thay đổi này làm thay đổi bất thường (fading) tín hiệu ở ngõ ra của kênh. (Ta có thể quan sát sự fading khi nghe khi nghe 1 đài sóng ngắn ở xa).

Máy thu nhận tín hiệu ở ngõ ra của kênh và đổi nó thành tín hiệu băng gốc.

Sự phân chia các vùng tần số (Frequency Allocations).

Trong các hệ thống tin dùng không khí làm kênh truyền, các điều kiện về giao thoa và truyền sóng thì phụ thuộc chặt chẽ vào tần số truyền.

Về mặt lý thuyết, bất kỳ một kiểu biến điệu nào (Am, Fm, một băng cạnh - single sideband, phase shift keying, frequency shift keying...) đều có thể được dùng cho bất kỳ tần số truyền nào. Tuy nhiên, theo những qui ước quốc tế, kiểu biến điệu độ rộng băng, loại tin được truyền cần được xếp đặt cho từng băng tần.

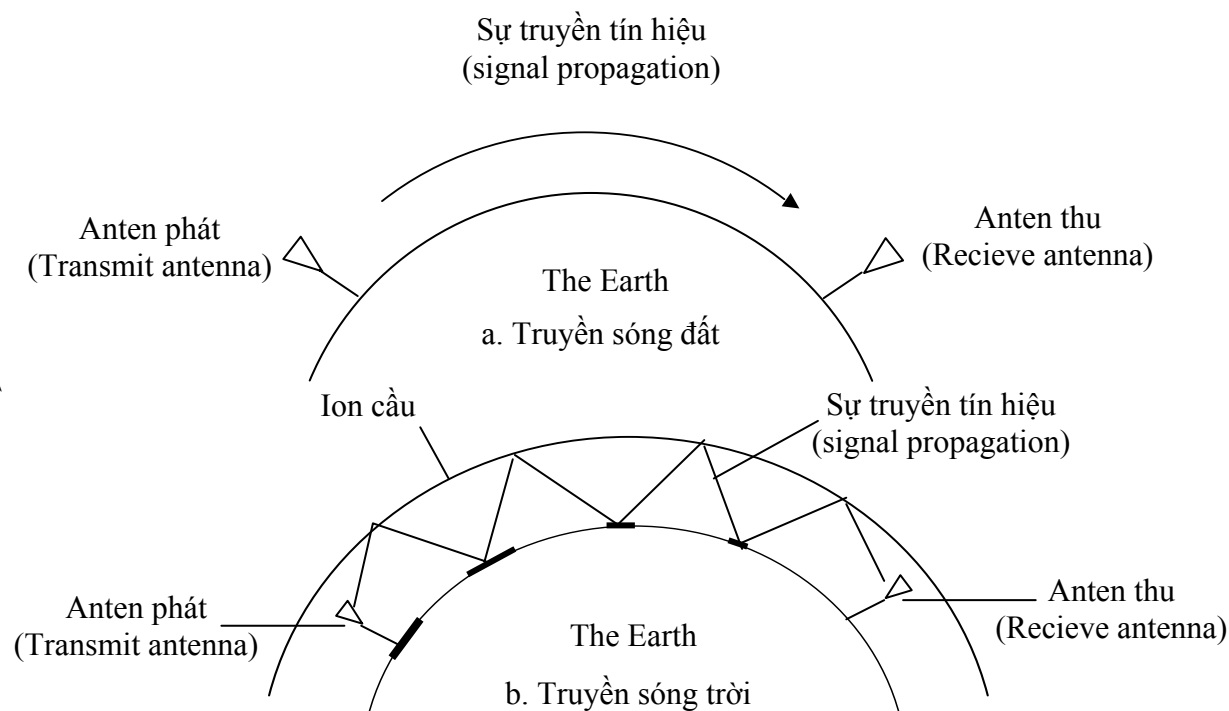
Bảng sau đây cho danh sách các băng tần, ký hiệu, điều kiện truyền và công dụng tiêu biểu của chúng.

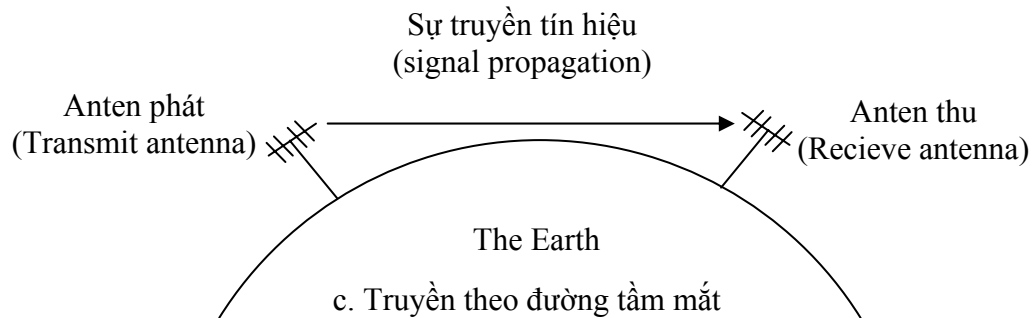
Băng tần	Ký hiệu	Đặt tính truyền	Những ứng dụng tiêu biểu
3 - 30KHz	VLF very low frequency	Sóng đất. Suy giảm ít ngày và đêm. Nhiễu không khí cao	Thông tin dưới nước
30- 300KHz	LF low frequency	Tương tự VLF. Ít tin cậy. Bị hấp thu vào ban ngày	Hướng dẫn radio cho hải hành
300- 3000KHz	MF Medium frequency	Sóng đất và sóng trời ban đêm. Suy giảm ít vào ban và nhiều vào ban ngày. Nhiễu không khí	Radio hàng hải. Tần số cấp cứu phát sóng Am
3 - 30MHz	HF Hight frequency	Sự phản xạ ở tần ion cần thay đổi theo thời gian trong ngày, theo mùa và theo tần số. Nhiễu không khí ít tại 30Mhz	radio nghiệp dư. Phát thanh quốc tế. Viễn thông quân sự. Thông tin đường dài cho không hành và hải hành. Điện thoại, điện tín, fax.
30- 300MHz	VHF Very high frequency	Gần với LOS. Sự tán xạ gây bởi những thay đổi nhiệt độ. Nhiễu không gian.	Truyền hình VHF. Radio FM stereo. Trợ giúp không hành.
0.3 - 3 GHz 1.0 - 2.0 GHz 2.0 - 4.0 GHz	UHF Ultra high frequency L S	Truyền LOS. Nhiễu không gian.	Truyền hình VHF. Radio FM Stereo. Trợ giúp không hành.
3 - 30 GHz	SHF	Truyền LOS. Suy giảm do	Viễn thông vệ tinh. Radar

Băng tần	Ký hiệu	Đặc tính truyền	Những ứng dụng tiêu biểu
2 - 4.0 4.0 - 8.0 8.0 - 12.0 12.0 - 18.0 18.0 - 27.0 27.0-40.0	Supper high frequency S C X K _U K K _a	Oxi và hơi nước trong không khí. Sự hấp thụ do hơi nước rất cao tại 22.2 GHz	microwave links.
30 - 300 GHz 26.5 - 40 33.0 - 50.0 40.0 - 75.0 75.0 - 110.0 110 - 300	EHF Extremely high frequency R Q V W Mm	Tương tự trên. Hơi nước hấp thụ rất mạnh tại 183GHz. Oxy hấp thụ tại 60 và 119 GHz .	Radar, vệ tinh, thí nghiệm.
$10^3 - 10^7$	IR (Hồng ngoại)) ánh sáng khả kiến và UV (Tử ngoại)	Truyền LOS	Viễn thông quang

SỰ truyền sóng điện từ.

Các đặc tính truyền của sóng điện từ được truyền trong kênh truyền dây mềm thì phụ thuộc nhiều vào tần số. Điều này được thấy từ bảng kê ở trên. Phổ điện từ có thể được chia làm 3 băng lớn: Sóng mặt đất (Ground ware), sóng trời (Sky ware) và sóng truyền theo đường tầm mắt (light of sight) LOS.





Hình 1.2: sự truyền sóng điện từ.

1. Tần số của sóng đất nhỏ hơn 2 MHz.

Ở đây sóng điện từ có khuynh hướng truyền theo chu vi trái đất. Kiểu truyền này được dùng trong các đài AM. Ở đây sự phủ sóng địa phương theo đường cong mặt đất và tín hiệu truyền trên đường chân trời thấy được. Câu hỏi thường được đặt ra: “ Tần số thấp nhất của sóng có thể dùng là bao nhiêu ? Câu trả lời là tần số này tùy thuộc vào chiều dài của anten phát.

Để sự bức xạ có hiệu quả, **antenna cần dài hơn 1/10 bước sóng.**

Ví dụ: Với sóng mang $f_c = 10\text{KHz}$, bước sóng là:

$$\lambda = \frac{C}{f_c}$$

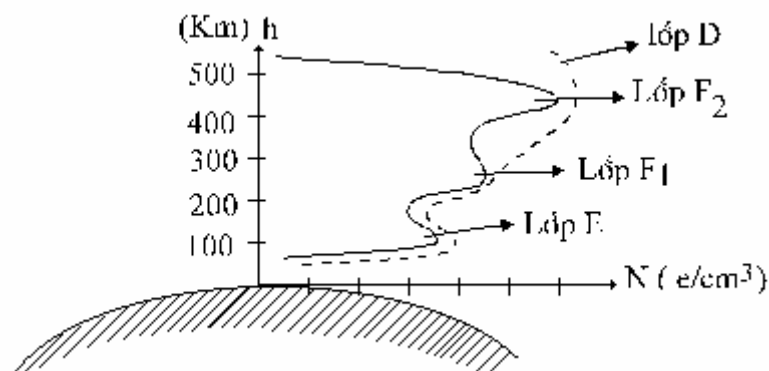
$$\lambda = (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) / 10^4 \text{ Hz} = 3 \cdot 10^4 \text{ m}$$

Như vậy, một anten dài ít nhất 3.000m để bức xạ có hiệu quả một sóng điện từ 10KHz!

2. Khoảng tần số của sóng trời là 2 đến 30 Mhz.

Sự truyền của sóng này dựa vào sự phản xạ tầng ion (ion sphere - tầng điện ly) và mặt đất. Nhờ đó, có thể truyền một khoảng rất xa.

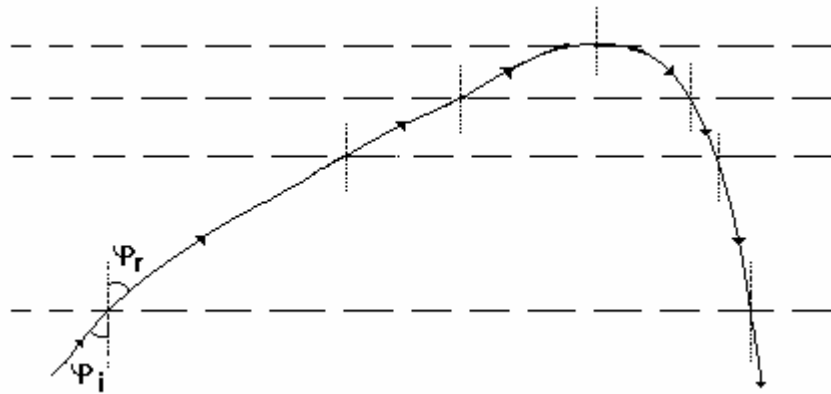
Tầng ion có biểu đồ phân bố như sau:



Hình 1.3: Biểu đồ phân bố tầng ion

Sự ion hóa xảy ra do sự kích thích các phân tử khí bởi các bức xạ vũ trụ từ mặt trời. Tầng ion gồm các lớp E, F₁, F₂, D. Lớp D chỉ hình thành vào ban ngày và là lớp chủ yếu hấp thụ sóng trời. Lớp F là lớp chính, làm phản xạ sóng trời về trái đất.

Thực tế, sự khúc xạ từng bậc qua các lớp của tầng ion khiến tầng này tác dụng như một vật phản xạ làm sóng trời bị phản xạ trở lại trái đất.



Hình 1.4: Sự phản xạ sóng trời bởi tầng ion.

Chỉ số khúc xạ n thay đổi theo độ cao của tầng ion, vì mật độ electron tự do thay đổi.

$$n = \sqrt{1 - \frac{81N}{f^2}}$$

Trong đó: N : Mật độ electron tự do (số e^-/m^3).
 f : tần số của sóng (Hz).

- Dưới vùng ion hóa, $n = 1$
- Trong vùng ion hóa, $n < 1$ (Vì $N > 0$) Sóng bị khúc xạ theo định luật Snell:

$$n \sin \varphi_r = \sin \varphi_i$$

Trong đó: φ_i : Góc đến
 φ_r : Góc khúc xạ.

a. Với những sóng có tần số $f < 2\text{MHz}$:

$81N > f^2$ nên n trở nên ảo. Tầng ion sẽ làm giảm sóng đến.

b. Với những sóng có tần số từ 2 - 30 MHz (Sóng trời), sự truyền sóng, góc phản xạ và sự hao hụt tín hiệu tại một điểm phản xạ ở tầng ion tùy thuộc vào f , vào thời gian trong ngày, theo mùa và sự tác động của vết đen mặt trời.

Ban ngày, N rất lớn làm n ảo. Sóng bị hấp thụ, có rất ít sóng trở lại trái đất.

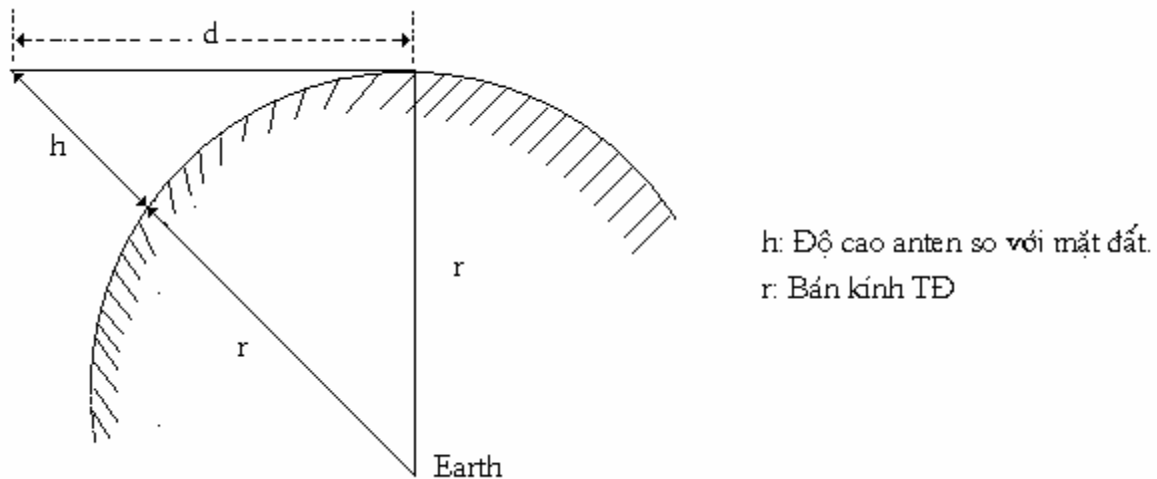
Ban đêm, N nhỏ nên $n < 1$. Khi đó, nếu sóng truyền từ trái đất lên tầng ion thì $\varphi_r > \varphi_i$. Sẽ xảy ra hiện tượng khúc xạ từng bậc. Do sự phản xạ nhiều lần giữa tầng ion và mặt đất, sóng trời truyền đi rất xa. Vì thế, có những sóng trời phát ra từ những đài xa bên kia trái đất vẫn có thể thu được trên băng sóng ngắn.

3. Sự truyền LOS là phương thức truyền cho các tần số trên 30 MHz.

Ở đó, sóng điện từ truyền theo đường thẳng.

Trong trường hợp này $f^2 \gg 81N$ làm cho $n \approx 1$ và như vậy có rất ít sóng bị khúc xạ bởi tầng ion. Sóng sẽ truyền ngang qua tầng này. Tính chất đó được dùng cho thông tin vệ tinh.

Cách truyền LOS bất lợi cho việc truyền thông tin giữa 2 trạm mặt đất, khi mà đường đi tín hiệu phải ở trên đường chân trời. Độ cong mặt đất sẽ chặn đường truyền LOS.



Hình 1.5

Anten phát cần phải đặt trên cao, sao cho anten thu phải “ thấy ” được nó.

$$d^2 + r^2 = (r + h)^2$$

$$d^2 = 2rh + h^2 \quad h^2 \ll 2rh$$

Như vậy: $d = \sqrt{2rh}$

Bán kính trái đất là 3.960 miles. Tuy nhiên, tại những tần số LOS bán kính hiệu dụng là $\frac{4}{3} \cdot 3.960$. Vậy khoảng cách $d = \sqrt{2rh}$ miles. Trong đó h tính bằng feet.

Thí dụ: Các đài truyền hình có tần số trên 30MHz trong băng VHF và UHF, vùng phủ sóng của các đài công suất lớn bị giới hạn bởi đường tầm mắt. Với một tháp anten 1000 ft $\rightarrow d = 44,7$ miles.

Nếu anten thu cao 30 feet, $d = 7,75$ miles. Vậy với chiều cao đài phát và máy thu này, đài có vùng phủ sóng có bán kính $44,7 + 7,75 = 52,5$ miles.

* Với những tần số 30 - 60 MHz, tín hiệu có thể bị tán xạ bởi tầng ozon. Sự tán xạ là do sự bất thường của n ở lớp dưới của tầng này. (≈ 50 miles trên mặt đất). Khiến cho thông tin có thể truyền đi xa hơn cả 1000 miles.

* Tương tự sự phản xạ ở tầng tropo (trong vòng 10 miles cao hơn mặt đất) có thể truyền tín hiệu (40 MHz - 4GHz) xa vài trăm miles.

$$1 \text{ miles} = 1.609,31 \text{ m}$$

$$1 \text{ feet} = 0.3048 \text{ m}$$

$$\text{sea miles} = 1852 \text{ m.}$$

Sự đo tin tức.

Định nghĩa: Tin tức gửi từ 1 nguồn digital, khi bản tin thứ j được truyền đi là :

$$I_j = \log_2 \left(\frac{1}{P_j} \right) \quad \text{bits}$$

P_j : Là xác suất của việc truyền bản tin thứ j

Cơ số (base) của log xác định đơn vị được dùng để đo tin tức. Nếu log cơ số 2, thì đơn vị là bits. Với log tự nhiên đơn vị là Nats. Và với log cơ số 10 đơn vị sẽ là Hastley

Bit, đơn vị đo tin có ý nghĩa khác với bit là đơn vị của dữ liệu nhị phân. Tuy nhiên người ta vẫn hay dùng ” bit ” để ký hiệu cho cả hai loại đơn vị.

Công thức trên được viết lại với cơ số tự nhiên và cơ số 10:

$$I_j = \frac{-1}{\log_{10} 2} \log_{10} P_j = \frac{-1}{\log_n 2} \log_n P_j$$

Một cách tổng quát, nội dung tin tức sẽ thay đổi từ bản tin này đến bản tin khác, vì P_j sẽ không bằng nhau. Như vậy, ta cần đến một sự đo tin tức trung bình của nguồn.

Định nghĩa: Số đo tin tức trung bình (average information) của 1 nguồn là:

$$H = \sum_{j=1}^m P_j I_j = \sum_{j=1}^m P_j \log_2 \left(\frac{1}{P_j} \right) \quad \text{bits}$$

m: Số bản tin.

P_j : Xác suất của sự gửi bản tin thứ J

Tin tức trung bình còn gọi là entropy.

Ví dụ: Tìm information content (dung lượng tin tức) tin tức của một bản tin gồm một word digital dài 12 digit, trong đó mỗi digit có thể lấy một trong 4 mức có thể. Xác suất của sự gửi một mức bất kỳ trong 4 mức được giả sử bằng nhau và mức của một digit không tùy thuộc vào trị giá được lấy của digit trước đó.

Trong một string gồm 12 symbol (digit) mà ở đó mỗi symbol gồm một trong 4 mức đó là $4 \cdot 4 \cdot \dots \cdot 4 = 4^{12}$ bits, tổ hợp (word) khác nhau.

Vì mỗi mức gồm bằng nhau tất cả các word khác nhau đều bằng nhau. Vậy:

$$P_j = \frac{1}{4^{12}} = \left(\frac{1}{4} \right)^{12}$$

hoặc

$$I_j = \log_2 \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{1}{2}}} \right) = 12 \log_2 (4) = 24 \text{ bits}$$

Trong ví dụ trên ta thấy dung lượng tin (information content) trong bất kỳ một bản tin có thể nào đó đều bằng với dung tin trong bất kỳ bản tin có thể khác (24 bits). Vậy tin tức trung bình H là 24 bits.

Giả sử rằng chỉ có 2 mức (nhị phân) được cho phép cho mỗi digit và rằng tất cả các word thì gần bằng nhau. Vậy tin tức sẽ là $I_j = 12$ bits cho word nhị phân và tin tức trung bình là $H = 12$ bits.

Ở đó tất cả word 12 bits sẽ cho 12 bits tin tức vì các word gần bằng nhau. Nếu chúng không bằng nhau một vài trong các word 12 bits sẽ chứa hơn 12 bits tin tức và một vài sẽ chứa ít hơn. Và tin tức trung bình sẽ chứa ít hơn.

Định nghĩa:

Nhịp độ của nguồn (rate source) được cho bởi

$$R = \frac{H}{T} \quad \text{bits/sec}$$

H: Tin tức trung bình.

T: Thời gian cần thiết để gửi một bản tin.

Định nghĩa trên được áp dụng cho một nguồn digital.

Các hệ thống tin lý tưởng.

Có một số tiêu chuẩn được dùng để đánh giá tín hiệu quả của một hệ thống tin. Đó là giá thành, độ rộng kênh, công suất truyền, tỷ số s/n tại những điểm khác nhau của hệ, thời gian trễ ngang qua hệ thống. Và xác suất bit error của hệ digital.

Trong các hệ digital, hệ tối ưu có thể được nghĩ như là một hệ có xác suất bit error tối thiểu ở ngõ ra của hệ với sự cưỡng chế về công suất được phát và độ rộng kênh.

Điều này làm nảy ra câu hỏi: liệu có thể phát minh một hệ không có bit error ở ngõ ra dù khi có nhiễu thâm nhập vào kênh? Câu hỏi này được Claude Shannon trả lời là có thể, với vài giả thiết Shannon chứng minh rằng một dung lượng kênh C (bits/sec) sẽ được tính sao cho nếu nhịp độ tin tức R (bits/sec) nhỏ hơn C, thì xác suất của bit error tiến đến zero.

Phương trình của C là:

$$C = B \log_2 \left[1 + \frac{S}{N} \right]$$

B: Độ rộng kênh (Hz) và S/N là tổng số công suất tín hiệu trên nhiễu tại ngõ ra của máy thu digital.

- Trong các hệ analog, hệ tối ưu có chỗ định nghĩa như là một hệ có tổng số S/N lớn nhất ở ngõ ra máy thu với sự cường chế về công suất được phát và độ rộng kênh.

Ta có thể đặt câu hỏi: Liệu có thể thiết kế một hệ thống với tổng số S/N lớn vô hạn ở ngõ ra khi nhiều thêm nhập vào kênh? Câu trả lời là dĩ nhiên là không.
mã hóa (CODING).

Nếu dữ liệu ở ngõ ra của một hệ thông tin digital có errors, có thể giảm error bằng cách dùng một trong hai kỹ thuật:

-Automatic Repeat request (ARQ).

-Forward error connection (FEC).

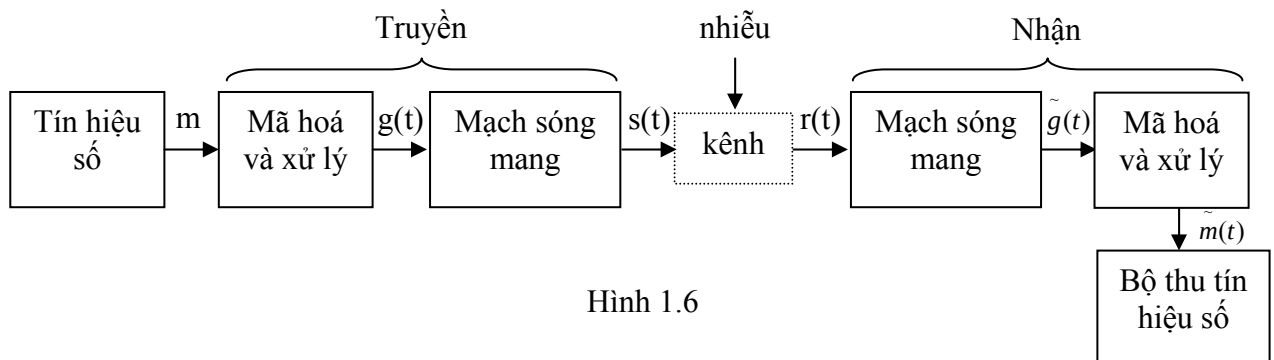
Trong một hệ ARQ, khi máy thu phân tích được error trong khối dữ liệu, nó yêu cầu khối dữ liệu phát trở lại.

Trong một hệ FEC dữ liệu được phát ra cần được mã hóa sao máy thu có thể sửa sai như là các sai số đã phân tích. Biện pháp này cũng được xếp loại như sự mã hóa kênh, vì nó được dùng để sửa sai khi kênh bị nhiễu.

Sự chọn lựa ARQ hay FEC tùy vào áp dụng riêng. ARQ thường được dùng trong hệ thông tin computer.

FEC được dùng để sửa sai trễ các kênh simplex (1 way).

Hệ thông tin với FEC được vẽ ở hình dưới đây. Về mặt lý thuyết dung lượng kênh của Shannon chứng tỏ rằng một trị giá vô hạn của S/N chỉ giới hạn nhịp độ truyền. Đó là xác suất của error P(E) có thể tiến đến zero khi nhịp độ tin tức nhỏ hơn dung lượng kênh.



Hình 1.6

Chương II

PHÂN TÍCH TÍN HIỆU

XEM LẠI CHUỖI FOURRIER.
PHỔ VẠCH.
BIẾN ĐỔI FOURRIER.
CÁC HÀM KỶ DỊ: (SINGNLARITY FUNCTIONS).
PHÉP CHỒNG (CONVOLUTION).
PHÉP CHỒNG ĐỒ HÌNH (GRAPHICAL CONVOLUTION).
ĐỊNH LÝ PARSEVAL.
NHỮNG TÍNH CHẤT CỦA BIẾN ĐỔI FOURRIER.
ĐỊNH LÝ VỀ SỰ BIẾN ĐIỆU.
CÁC HÀM TUẦN HOÀN.

TaiLieu.vn

XEM LẠI CHUỖI FOURRIER.

1. Một hàm bất kỳ $S(t)$ có thể được viết: (dạng lượng giác).

$$S(t) = a_0 \cos(0) + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos 2\pi n f_0 t + b_n \sin 2\pi n f_0 t] \quad (2.1)$$

$$\text{Với } t_0 < t < t_0 + T; \quad T \triangleq \frac{1}{f_0}$$

Số hạng thứ nhất là a_0 vì $\cos(0) = 1$.

Việc chọn các hằng a_n và b_n theo các công thức sau:

$$\text{- Với } n = 0; \quad a_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) dt \quad (2.2)$$

$$\text{- Với } n \neq 0; \quad a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) \cos 2\pi n f_0 t dt \quad (2.3)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) \sin 2\pi n f_0 t dt \quad (2.4)$$

Hệ thức (2.2) có được bằng cách lấy tích phân 2 vế của (2.1).

Hệ thức (2.3) và (2.4) có được bằng cách nhân cả 2 vế của (2.1) cho hàm sin và lấy tích phân.

2. Dùng công thức EULER, có thể đưa dạng $s(t)$ ở trên về dạng gọn hơn (dạng hàm mũ phức).

$$\text{EULER} \rightarrow e^{j2\pi n f_0 t} = \cos 2\pi n f_0 t + j \sin 2\pi n f_0 t \quad (2.5)$$

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{j2\pi n f_0 t} \quad (2.6)$$

Tròn đó n : Số nguyên; dương hoặc âm. Và C_n được định bởi:

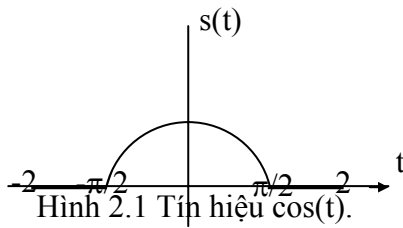
$$C_n = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) e^{-j2\pi n f_0 t} dt \quad (2.7)$$

Điều này dễ kiểm chứng, bằng cách nhân hai vế của (2.5) cho $e^{-j2\pi n f_0 t}$ và lấy tích phân hai vế.

Kết quả căn bản mà ta nhận được = một hàm bất kỳ theo thời gian có thể được diễn tả bằng tổng các hàm sin và cos hoặc là tổng của các hàm mũ phức trong một khoảng.

Nếu $s(t)$ là một hàm tuần hoàn, ta chỉ cần viết chuỗi Fourier trong một chu kỳ, chuỗi sẽ tương đương với $s(t)$ trong mọi thời điểm.

Ví dụ 1: Hãy xác định chuỗi Fourier lượng giác của $s(t)$ như hình vẽ. Chuỗi này cần áp dụng trong khoảng $-\pi/2 < t < \pi/2$.

Hình 2.1 Tỉ lệ hiệu $\cos(t)$.

Ta dùng chuỗi Fourier lượng giác, với $T = \pi$ và f_0
 $= \frac{1}{T} = \frac{1}{\pi}$ như vậy chuỗi có dạng:

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos 2nt + b_n \sin 2nt]$$

Trong đó:
$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \cos t \cdot dt = \frac{2}{\pi}$$

và
$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \cos t \cdot \cos 2nt \cdot dt = \frac{2}{\pi} \left[\frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} + \frac{(-1)^n}{2n+1} \right]$$

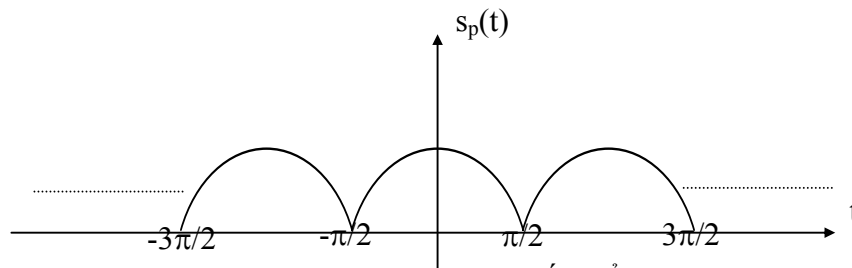
Ta định giá b_n như sau:

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} s(t) \cdot \sin 2nt \cdot dt$$

Vì $s(t)$ là một hàm chẵn theo thời gian, nên $s(t) \cdot \sin 2nt$ là một hàm lẻ và tích phân từ $-\pi/2$ đến $\pi/2$ là zero. Vậy $b_n = 0$ với mọi $s(t)$ lẻ. Chuỗi Fourier được viết:

$$s(t) = \frac{2}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi} \left[\frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} + \frac{(-1)^n}{2n+1} \right] \cos 2nt \quad (2.8)$$

Lưu ý: Chuỗi Fourier cho bởi phương trình trên đây có cùng khai triển như của hàm tuần hoàn $s_p(t)$ như hình dưới đây:

Hình 2.2 Ảnh của $s(t)$ trong biến đổi Fourier.

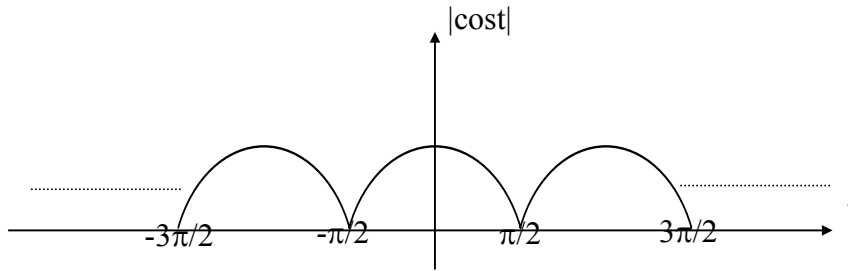
Phổ vẠch

Trong lúc tìm sự biểu diễn chuỗi Fourier phức của 1 hàm theo thời gian, ta dùng một thừa số trọng lượng phức C_n cho mỗi trị của n . Thừa số C_n có thể được vẽ như là hàm của n . Vậy cần đến 2 đường biểu diễn. Một để biểu diễn cho suất của n và một để biểu diễn pha.

Đường biểu diễn này thì rời rạc. Nó chỉ khác zero đối với những trị gián đoạn của trục hoành. (Ví dụ: $C_{1/2}$ thì không có ý nghĩa).

Đường biểu diễn C_n đối với nf_0 gọi là phổ Fourier phức. Trong đó nf_0 là lượng tương ứng với tần số của hàm mũ phức mà đối với nó C_n là một hệ số trọng lượng.

Ví dụ 2: Tìm phổ Fourier phức của sóng cosin được chỉnh lưu toàn sóng, $s(t) = |\cos t|$, như hình vẽ dưới đây.

Hình 2.3 Tín hiệu $|\cos(t)|$.

Trước hết ta phải tìm khai triển chuỗi Fourier theo dạng hàm mũ phức.

Với $F_0 = \frac{1}{\pi}$, ta tính trị giá C_n từ (2.6) và tìm chuỗi Fourier trực tiếp.

Tuy nhiên ở ví dụ 1, ta đã khai triển chuỗi Fourier dưới dạng lượng giác rồi, nên có thể khai triển hàm $\cos$ để đưa về dạng hàm mũ phức bằng cách dùng công thức Euler:

$$s(t) = \frac{2}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi} \left[\frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} + \frac{(-1)^n}{2n+1} \right] \cos 2nt$$

$$\text{Với } \cos 2nt = \frac{1}{2} [e^{j2nt} + e^{-j2nt}]$$

Vậy chuỗi Fourier dạng hàm mũ:

$$\begin{aligned} s(t) &= \frac{2}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{2} e^{j2nt} + \sum_{n=-\infty}^{-1} \frac{a_n}{2} e^{-j2nt} \\ &= \frac{2}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{2} e^{j2nt} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{-n}}{2} e^{j2nt} \end{aligned} \quad (2.9)$$

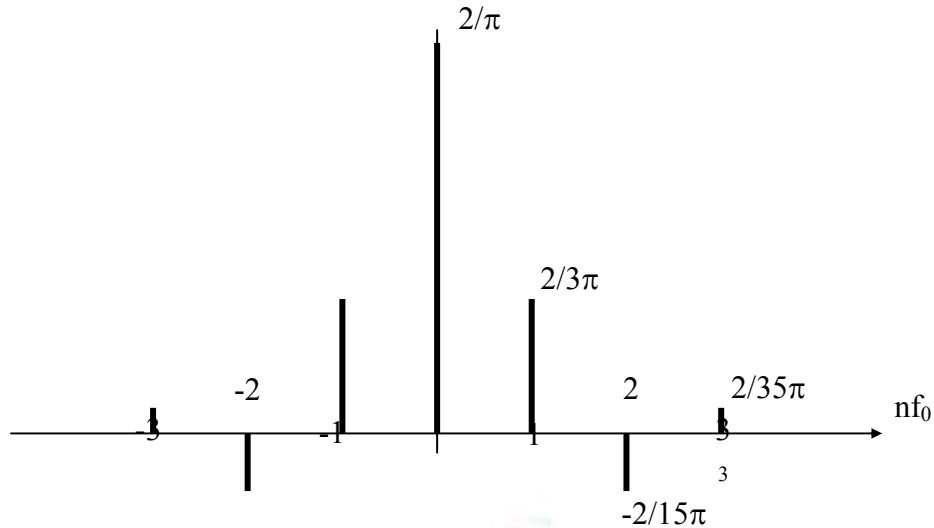
Ta đã đổi biến số ở số hạng sau. Vậy C_n liên hệ với a_n :

$$C_n = \frac{a_n}{2} \quad \text{Với } n > 0$$

$$C_n = \frac{a_{-n}}{2} \quad \text{Với } n < 0$$

$$C_n = \frac{2}{\pi}$$

Trong trường hợp này, C_n là số thực. Nên chỉ cần vẽ một đồ hình.



Hình 2.4: Phổ vạch của ví dụ 2 .

Biến đổi Fourier:

Một tín hiệu không tuần hoàn được xem như là trường hợp giới hạn của một tín hiệu tuần hoàn, trong đó chu kỳ T của tín hiệu tiến đến ∞ . Nếu chu kỳ tiến đến ∞ , tần số căn bản F_0 tiến đến 0. Các họa tần khít lại với nhau và, trong giới hạn, tổng chuỗi Fourier biểu diễn cho $s(t)$ sẽ trở thành một tích phân.

$$F[s(t)] = S(f) \triangleq \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (2.10)$$

$F[.]$ kí hiệu cho biến đổi Fourier của $[.]$.

Nó còn được gọi là phổ - hai - phía (Two - Side - Spectrum) của $s(t)$, vì cả hai thành phần tần số dương và âm đều thu được từ (2.10). Giả sử $s(t)$ là một hàm thực (vật lý).

Một cách tổng quát, $S(f)$ là một hàm phức theo tần số. $S(f)$ có thể phân làm hai hàm thực $X(f)$ và $Y(f)$:

$$S(f) = X(f) + jY(f) \quad (2.11)$$

Dạng trên gọi là dạng Cartesian, vì $S(f)$ có thể được biểu diễn trong một hệ trục tọa độ Descartes. Cũng có thể biểu diễn $S(f)$ trong một hệ trục cực. Khi đó, cặp hàm thực sẽ trình bày suất và pha.

$$S(f) = |S(f)| e^{j\theta(f)} \quad (2.12)$$

Với :

$$|S(f)| = \sqrt{X^2(f) + Y^2(f)} \quad (2.13)$$

và:

$$\theta(f) = \tan^{-1} \left(\frac{Y(f)}{X(f)} \right) \quad (2.14)$$

Dạng trên đây còn gọi là dạng cực (Polar form).

Để xác định những tần số nào hiện hữu, ta khảo sát phổ của xuất $|S(f)|$. (Đôi khi gọi tắt là "Phổ").

Phổ của một dạng sóng (dòng hay thế) có thể thu được từ những phép tính toán học. Nó không xuất hiện một cách vật lý trong các mạch điện thực tế. Tuy nhiên có thể dùng Spectrum Analyser để quan sát một cách gần đúng.

* Để phục hồi lại $s(t)$ từ biến đổi Fourier của nó, ta tính tích phân sau:

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{j2\pi ft} dt = F^{-1} [S(f)] \quad (2.15)$$

Phương trình này thường gọi là biến đổi ngược của $S(f)$. Hai hàm $s(t)$ và $S(f)$ tạo thành một **cặp biến đổi Fourier**. Trong đó, $s(t)$ diễn tả trong phạm vi thời gian, còn $S(f)$ diễn tả trong phạm vi tần số.

Ký hiệu cho một cặp biến đổi Fourier :

Hoặc

$$\begin{matrix} S(f) \leftrightarrow s(t) \\ s(t) \leftrightarrow S(f) \end{matrix} \quad (2.16)$$

Nếu tín hiệu hoặc nhiễu được mô tả trong phạm vi này, thì sự mô tả tương ứng trong phạm vi kia sẽ được biết nhờ cách dùng (2.10) hoặc (2.15).

Dạng sóng $s(t)$ có thể biến đổi Fourier được nếu nó thỏa các điều kiện Dirichelet. Tuy nhiên, tất cả các dạng sóng vật lý trong kỹ thuật đều thỏa các điều kiện đó.

Ví dụ 3: Phổ của một xung expo.

Đặt $s(t)$ là một xung expo tắt (Decaying Exponential Pulse) bị ngắt (Switched) tại $t = 0$.

$$s(t) = \begin{cases} e^{-t} & , t > 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases} \quad (2.16)$$

Phổ của xung này có được bằng dùng phép biến đổi Fourier.

$$S(f) = \int_0^{\infty} e^{-t} e^{-j2\pi ft} dt$$

$$S(f) = \frac{1}{1 + j2\pi f} \quad (2.17)$$

Phổ của $S(f)$ có thể tính bằng cách hữu tỷ hóa mẫu số (2.17)

$$X(f) = \frac{1}{1 + (2\pi f)^2} \quad \text{Và} \quad Y(f) = \frac{-2\pi f}{1 + (2\pi f)^2}$$

Và dạng cực:

$$|S(f)| = \sqrt{\frac{1}{1 + (2\pi f)^2}} \quad ; \quad \theta(f) = \tan^{-1}(2\pi f)$$

Cặp Fourier trong ví dụ trên:

$$\begin{cases} e^{-t} & , t > 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases} \leftrightarrow \frac{1}{1 + j2\pi f} \quad (2.18)$$

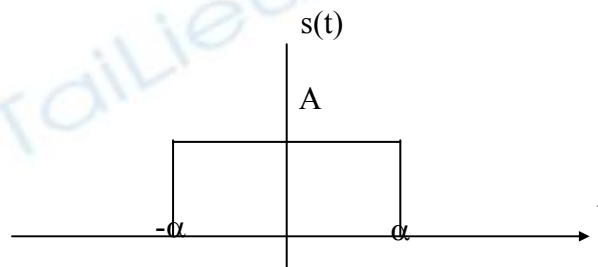
Các hàm kỳ dị: (Singularity Functions).

Ta phải đưa vào một loại hàm mới trước khi nói đến những ứng dụng của lý thuyết Fourier. Loại hàm này nổi lên bất cứ lúc nào ta phân giải các loại hàm tuần hoàn. Đó là một phần của nhóm các hàm kỳ dị. Chúng có thể những chuyển hóa của hàm nấc đơn vị.

1. Ví dụ 4. Biến đổi Fourier của hàm cổng (Gating Function):

Tìm biến đổi của $s(t)$, trong đó:

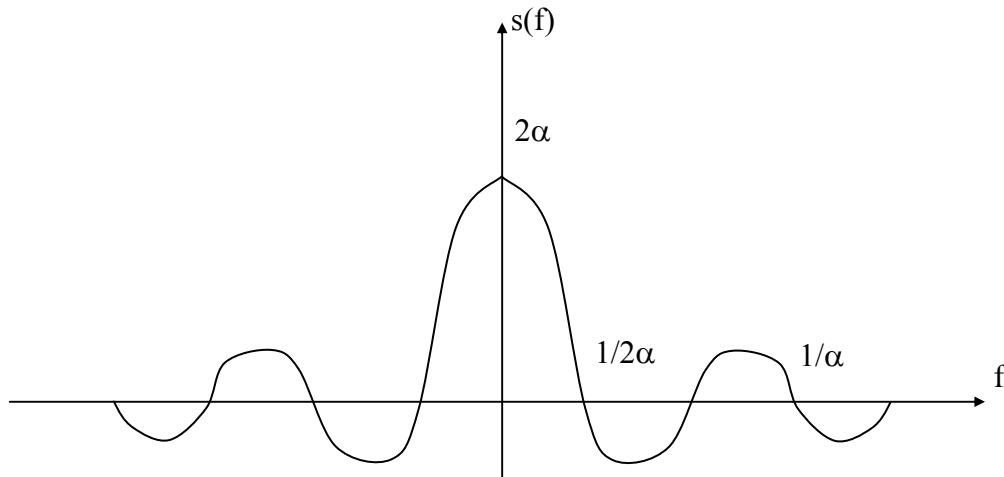
$$s(t) = \begin{cases} A & , |t| < \alpha \\ 0 & , \text{Phải khác} \end{cases} \quad (2.19)$$



Hình 2.5 Tín hiệu $s(t)$.

* Từ định nghĩa của biến đổi Fourier.

$$\begin{aligned} S(f) &= \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt \\ &= \int_{-\alpha}^{\alpha} A \cdot e^{-j2\pi f t} dt = -A \frac{e^{-j2\pi f t}}{j2\pi f} \Big|_{-\alpha}^{\alpha} \\ &= A \frac{e^{j2\pi f \alpha} - e^{-j2\pi f \alpha}}{j2\pi f} \\ &= A \frac{\sin 2\pi f \alpha}{\pi f} \end{aligned} \quad (2.20)$$



Hình 2.6 Ảnh của $s(t)$ trong biến đổi Fourier.

Những hàm thuộc loại trên đây rất phổ biến trong kỹ thuật thông tin. Để tránh lặp lại hàm này ta định nghĩa hàm $Sa(x)$ như sau:

$$Sa(x) \triangleq \frac{\sin x}{x} \quad (2.21)$$

Khi đó (2.20) được viết lại:

$$S(f) = 2A\alpha \cdot Sa(2\pi\alpha f) \quad (2.22)$$

2. Hàm xung lực (Impulse).

Bây giờ ta muốn tìm biến đổi Fourier của 1 hằng, $s(t) = A$, với mọi t . Ta có thể xem nó là giới hạn của xung $g(t)$ khi $\alpha \rightarrow \infty$. Ta cố gắng theo cách quanh co này, vì kỹ thuật trực tiếp thất bại trong trường hợp này.

Khi áp $s(t) = A$ vào tích phân định nghĩa, ta có:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} A e^{-j2\pi f t} dt \quad (2.23)$$

Tích phân này không hội tụ. Từ (2.6), ta thấy khi $\alpha \rightarrow \infty$, biến đổi Fourier tiến đến vô cực tại gốc và những điểm cắt trục zero trở nên cách nhau vô cùng lớn. Như vậy, trong giới hạn, chiều cao của biến đổi Fourier tiến đến vô cực, còn bề rộng thì đến zero. Điều này nghe buồn cười ! Nhưng nó không phải là một hàm thực sự với mọi lúc vì nó không được xác định tại $f = 0$. Nếu ta có nói bất cứ điều gì về biến đổi Fourier của một hằng, ta phải thay đổi cách nghĩ.

Sự thay đổi đó bắt đầu bằng cách định nghĩa một “ hàm “ mới đặt tên là xung lực (mà nó không phải là một hàm thực sự tại mọi lúc). Ký hiệu là $\delta(t)$.

Định nghĩa của xung lực được tạo bởi 3 quan sát đơn giản. Hai trong số đó đã nói đến rồi, đó là:

$$\begin{aligned} \delta(t) &= 0 & , t \neq 0 \\ \delta(t) &\rightarrow \infty & , t = 0 \end{aligned} \quad (2.24)$$

Tính chất thứ 3 là diện tích tổng dưới dạng xung lực là đơn vị:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \quad (2.25)$$

Vì tất cả diện tích của $\delta(t)$ tập trung tại một điểm, những giới hạn trên tích phân có thể chuyển về gốc mà không làm thay đổi giá trị của tích phân. Vậy:

$$\int_a^b \delta(t) dt = 1 \quad a < 0 ; \quad b > 0 \quad (2.26)$$

Ta có thể thấy rằng tích phân của $\delta(t)$ là $u(t)$, hàm nấc đơn vị:

$$\int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau = \begin{cases} 1 & , t > 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases} = u(t) \quad (2.27)$$

Bây giờ ta tính tích phân của một hàm bất kỳ với $\delta(t)$.

$$\int_{-\infty}^{\infty} s(t) \delta(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} s(0) \delta(t) dt \quad (2.28)$$

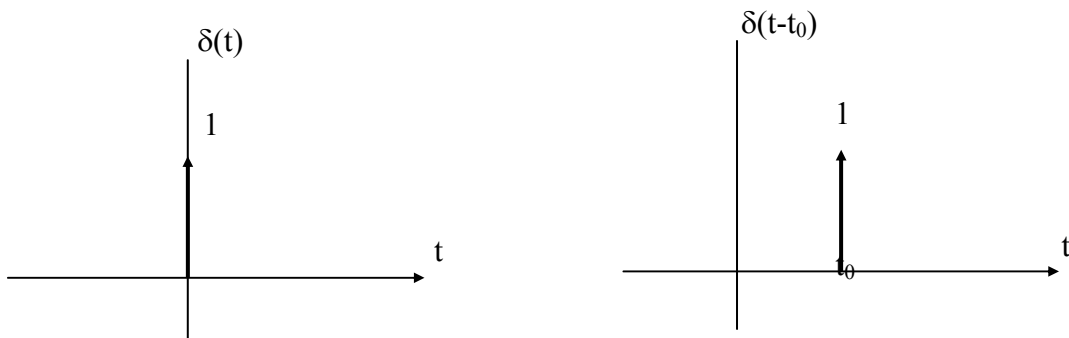
Ở (2.28) ta đã thay $s(t)$ bởi một hàm không đổi, bằng với $s(0)$ mà không làm thay đổi tích phân. Ta nhớ rằng vì $\delta(t) = 0$ với mọi $t \neq 0$. Vì thế tích của $\delta(t)$ với một hàm bất kỳ chỉ phụ thuộc trị giá của hàm đó tại $t = 0$. Với hàm không đổi (theo thời gian) được chọn, ta có thể đem nó ra ngoài dấu tích phân.

$$\int_{-\infty}^{\infty} s(t) \delta(t) dt = s(0) \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = s(0) \quad (2.29)$$

Đây là một kết quả có ý nghĩa, và nó được xem như là **đặc tính mẫu** (Sampling Property) của xung lực.

Nếu đổi các biến số, sẽ có một xung bị dời (Shifted Impulses) với đặc tính mẫu tương tự.

$$\int_{-\infty}^{\infty} s(t) \delta(t - t_0) dt = \int_{-\infty}^{\infty} s(k + t_0) \delta(k) dk = s(t_0) \quad (2.30)$$



Hai hình vẽ trên trình bày $\delta(t)$ và $\delta(t - t_0)$. Mũi tên hướng lên để chỉ trị giá tiến đến vô cực. Số 1 bên cạnh mũi tên để chỉ diện tích toàn phần của xung lực.