



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Posts & Telecommunications Institute of Technology



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên:

Nguyễn Việt Hưng

Email:

nvhung_vt1@ptit.edu.vn

Tel:

Bộ môn:

Vô tuyến

Khoa:

Viễn Thông 1

Giới thiệu môn học

- **Tên học phần:**

- Truyền sóng và Anten (Radiowave Propagation and Antenna)

- **Tổng lượng kiến thức:**

- 3 tín chỉ

<ul style="list-style-type: none">• Lý thuyết: 32h (16 kíp)• Bài tập: 6h (3 kíp)• Thực hành: 8h (2 ca)	Kiểm tra: 2h (1 kíp)
--	----------------------

- **Mục tiêu học phần:**

- **Về kiến thức:** Trang bị cho sinh viên các kiến thức cơ bản về quá trình truyền lan của sóng điện từ, cấu tạo và hoạt động của anten làm cơ sở cho các môn học chuyên ngành như cơ sở kỹ thuật thông tin vô tuyến, thông tin di động, các mạng truyền thông vô tuyến, thu phát vô tuyến.
- **Về kỹ năng:** Phân tích, tính toán các biểu thức truyền sóng; Thiết kế, đo kiểm anten.
- **Về thái độ, chuyên cần:** Tham gia đầy đủ các giờ lý thuyết, bài tập, thảo luận nhóm, thực hành. Hoàn thành đầy đủ, đúng hạn các bài tập được giao.

Giới thiệu môn học

• Nội dung học phần:

- **Chương 1: Các vấn đề chung về truyền sóng**
 - Vị trí, vai trò của thông tin vô tuyến. Tính chất của sóng điện từ.
- **Chương 2: Truyền lan sóng cực ngắn**
 - Các phương pháp lan truyền cơ bản của sóng điện từ
 - Đặc trưng các dạng phading và cách chống.
- **Chương 3: Truyền lan sóng trong thông tin di động**
 - Đặc trưng của truyền sóng vô tuyến trong thông tin di động
 - Các loại Phading và các tham số cơ bản của kênh truyền sóng di động
- **Chương 4: Lý thuyết anten**
 - Vị trí, vai trò, các yêu cầu và phân loại anten
 - Các tham số cơ bản của anten

Giới thiệu môn học

• Nội dung học phần:

• Chương 5: Anten chấn tử

- Khái niệm, đặc điểm, nguyên lý hoạt động của anten chấn tử đối xứng, nhiều chấn tử và anten khe

• Chương 6: Anten góc mở

- Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các loại anten góc mở: Anten loa, anten gương và anten viễn

• Chương 7: Kỹ thuật Anten

- Đặc trưng của các loại phi đơ, các phần tử siêu cao tần trong đường cấp
- Các vấn đề cơ bản và cấu hình thực tế của đa anten
- Đặc điểm, cấu trúc của anten trong di động.

Giới thiệu môn học

- Tài liệu tham khảo
 - Học liệu bắt buộc
 - 1. Nguyễn Việt Minh, *Bài giảng môn học Truyền sóng và anten*, Học viện công nghệ BCVT, 6/2010, Thư viện của học viện
 - 2. Robert E.Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw Hill 1986
 - Học liệu tham khảo
 - 3. Phan Anh, *Trường điện từ và truyền sóng*, NXB đại học quốc gia Hà nội, 2004
 - 4. Phan Anh, *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2004
 - 5. William Gosling, *Radio antenna and propagation*, 1998
 - 6. Nathan Blaunstein, *Radio propagation in cellular network*, Artech House, Boston, 2000
 - 7. Kazimierz Siwiak, *Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communications*, Artech House, Boston, 1995
 - 8. Joseph J. Carr, *Practical Antenna Handbook*, McGraw-Hill, 1998
 - C. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*, 3rd ed. Hoboken NJ: John Wiley, 2005.

Giới thiệu môn học

• Đánh giá học phần

Hình thức đánh giá	Tỷ lệ đánh giá
Chuyên cần (Nghỉ 10 tiết trở lên không được dự thi hết môn)	10%
Bài tập	10%
Thực hành môn học (Vắng thực hành không được dự thi hết môn)	10%
Kiểm tra giữa kỳ	10%
Kiểm tra cuối kỳ	60%

CHƯƠNG 1:

CÁC VẤN ĐỀ CHUNG VỀ TRUYỀN SÓNG

Nội dung

- 1.1 Giới thiệu thông tin vô tuyến
- 1.2 Khí quyển trái đất
- 1.3 Sóng điện từ, đặc tính truyền lan
- 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do
- 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel
- 1.6 Bài tập

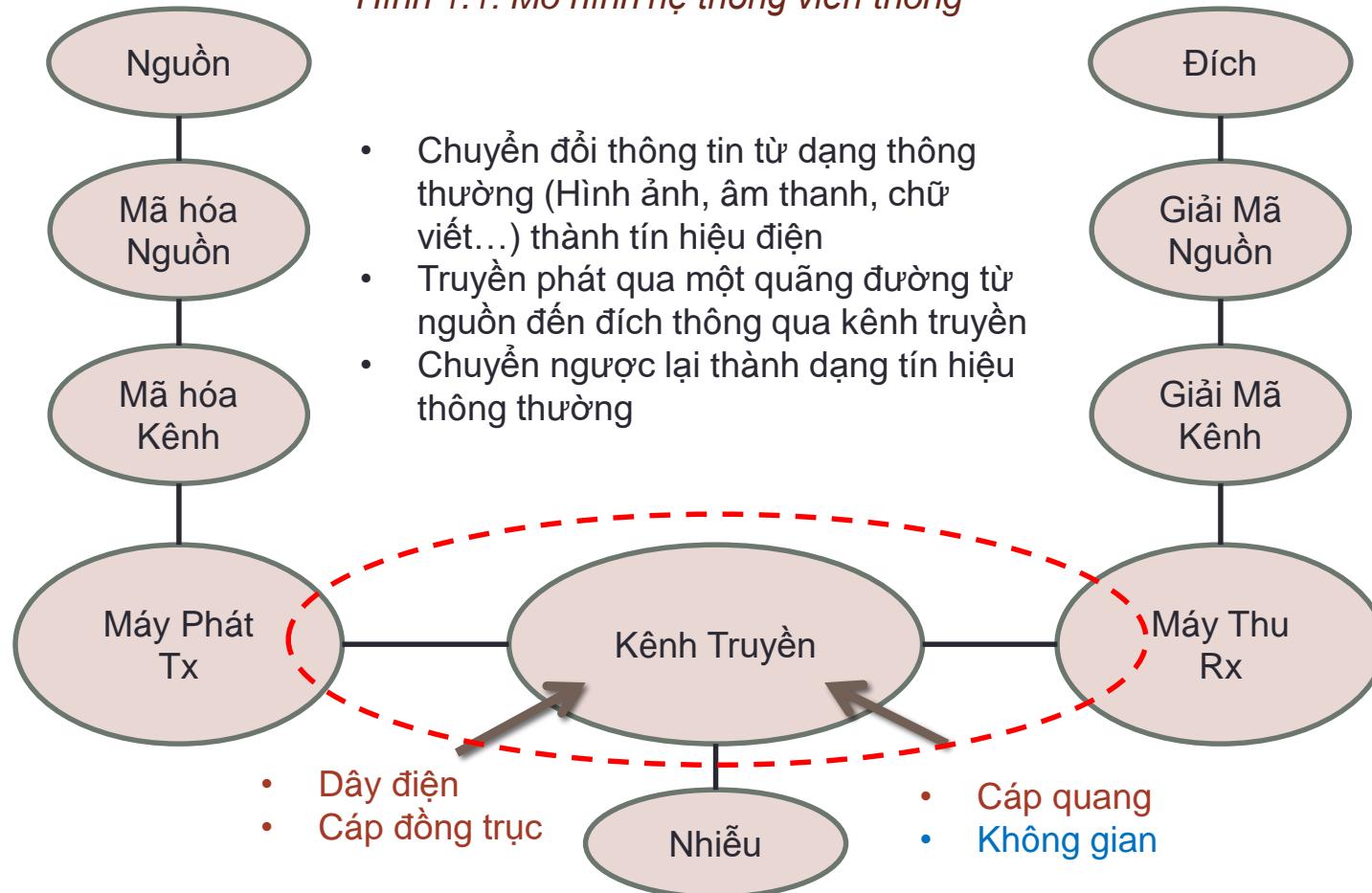
Nội dung

- 1.1 Giới thiệu thông tin vô tuyến
- 1.2 Khí quyển trái đất
- 1.3 Sóng điện từ, đặc tính truyền lan
- 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do
- 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel
- 1.6 Bài tập

1.1 Giới thiệu về thông tin vô tuyến

• Hệ thống viễn thông

Hình 1.1: Mô hình hệ thống viễn thông



Nội dung

- 1.1 Giới thiệu thông tin vô tuyến
- 1.2 Khí quyển trái đất
- 1.3 Sóng điện từ, đặc tính truyền lan
- 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do
- 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel
- 1.6 Bài tập

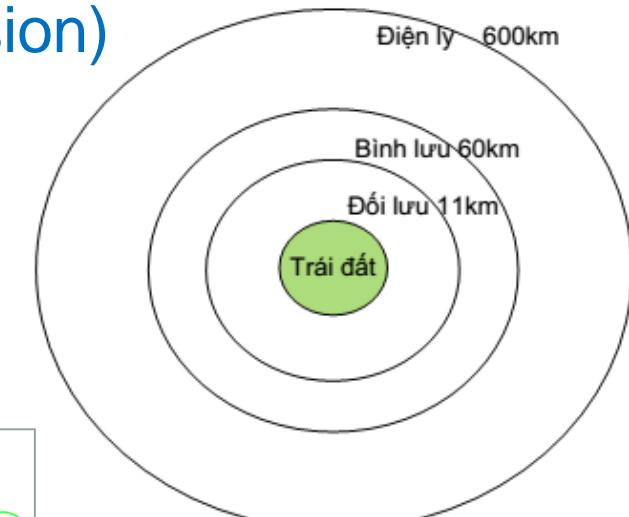
1.2 Khí quyển Trái Đất

• Truyền dẫn vô tuyến (Radio Transmission)

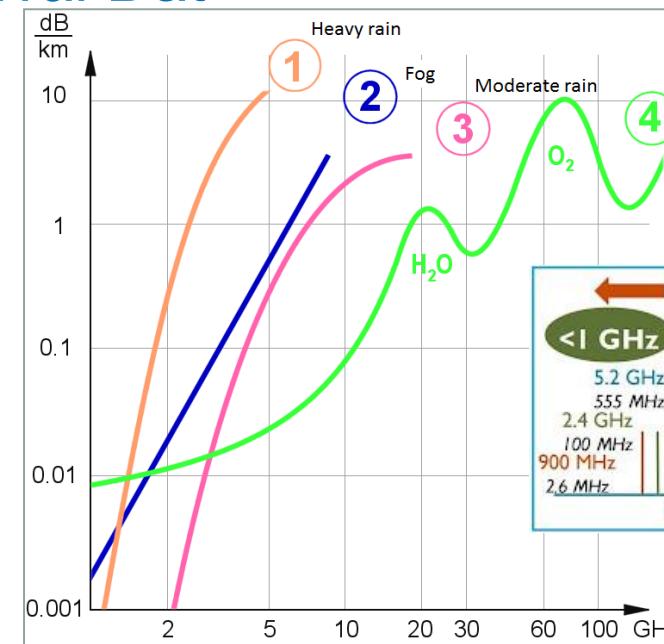
- Môi trường truyền dẫn
 - Không gian (bầu khí quyển)
- Phương tiện truyền dẫn
 - Sóng điện từ

• Bầu khí quyển Trái Đất

- Cấu trúc
- Các tham số
 - Áp suất
 - Nhiệt độ
 - Độ ẩm...
- Yếu tố thời tiết



Hình 1.2: Cấu trúc bầu khí quyển



Hình 1.3: Ảnh hưởng của bầu khí quyển lên sóng điện từ

700MHz spectrum sales

Country	Auction date	Price
Germany	June 19, 2015	5.57
France	Nov 24, 2015	14.3
Finland	Nov 24, 2015	28.3
Iceland	May 31, 2017	0.87
Italy	Sep 9, 2018	16.1
Sweden	Nov 11, 2018	8.03
Switzerland	Feb 7, 2019	3.29
Denmark	Feb 28, 2019	7.87
Average price for European region		7.36
Taiwan	Oct 31, 2013	10.1
Singapore	Apr 4, 2017	15.5
Average price for Asian region		12.8

Note: Price was based on 10MHz bandwidth

Unit: billion bah

Source: Total Access Communication



Auction 73: 700 MHz Band USA

[Summary](#) [Fact Sheet](#) [Releases](#) [Seminar](#) [Results](#) [Application Search](#)

Summary

January 24, 2008 - March 18, 2008

Rounds:	261
Bidding Days:	38
Qualified Bidders	214
Winning Bidders:	101 Bidders won 1090 Licenses*
Licenses Held by FCC:	
Gross Bids:	\$19,120,378,000
Net Bids:	\$18,957,582,150



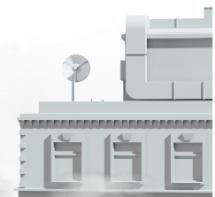
Low bands below 1 GHz: longer range for e.g. mobile broadband and massive IoT
e.g. 600 MHz, 700 MHz, 850/900 MHz

Mid bands 1 GHz to 6 GHz: wider bandwidths for e.g. eMBB and mission-critical
e.g. 3.4-3.8 GHz, 3.8-4.2 GHz, 4.4-4.9 GHz

High bands above 24 GHz (mmWave): extreme bandwidths
e.g. 24.25-27.5 GHz, 27.5-29.5, 37-40, 64-71 GHz

	<1GHz	3GHz	4GHz	5GHz	24-28GHz	37-40GHz	64-71GHz
USA	600MHz (2x35MHz)	2.5GHz (LTE B41)	3.45-3.55GHz 3.7GHz 4.2GHz		5.9-7.1GHz	24.25-24.45GHz 24.75-25.25GHz 27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz 47.2-48.2GHz
Canada	600MHz (2x35MHz)		3.55-3.7 GHz		27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz	64-71GHz
EU	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz		5.9-6.4GHz	24.5-27.5GHz	
UK	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz			26GHz	
Germany	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz			26GHz	
France	700MHz (2x30 MHz)		3.46-3.8GHz			26GHz	
Italy	700MHz (2x30 MHz)		3.6-3.8GHz			26.5-27.5GHz	
China		3.3-3.6GHz		4.8-5GHz		24.5-27.5GHz	37.5-42.5GHz
Korea		3.4-3.7GHz				26.5-29.5GHz	
Japan		3.6-4.2GHz	4.4-4.9GHz			26.5-28.5GHz	
Australia		3.4-3.7GHz			24.25-27.5GHz		39GHz

\$399

 0 [Add to Cart](#)

60GHz Link Deployment Contest

Share your airFiber AF60 LR 5+km link deployment through WEB UI and see where it stand in the global rank. The longest link deployments win prizes!

[Rules & Prizes](#)

#	LINK DISTANCE	LOCATION	LINK POTENTIAL	SIGNAL STRENGTH	CAPACITY
1	24.69 km	Marlena AH, South Africa	100%	-74.0 dBm	134 Mbps
2	24.59 km	Luis Moya, Mexico	93%	-73.0 dBm	600 Mbps
3	23.86 km	Vítkovice, Czechia	88%	-74.0 dBm	673 Mbps
4	22.21 km	Lomnice nad Popelkou, Czechia	82%	-74.0 dBm	539 Mbps
5	20.98 km	Vilvoorde, Belgium	85%	-75.0 dBm	336 Mbps
6	19.82 km	Ukiah, CA, US	87%	-70.0 dBm	900 Mbps
7	19.63 km	Estancia de Mosqueira, Mexico	93%	-69.0 dBm	872 Mbps
8	19.31 km	Radějovice, Czechia	63%	-72.0 dBm	450 Mbps
9	19.12 km	Antwerpen, Belgium	91%	-72.0 dBm	404 Mbps
10	18.99 km	Syřenov, Czechia	87%	-72.0 dBm	1.08 Gbps

Nội dung

- 1.1 Giới thiệu thông tin vô tuyến
- 1.2 Khí quyển trái đất
- **1.3 Sóng điện từ, đặc tính truyền lan**
- 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do
- 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel
- 1.6 Bài tập

1.3 Sóng điện từ (SĐT)

- **Khái niệm:**

- SĐT là quá trình biến đổi năng lượng tuần hoàn giữa điện trường và từ trường làm cho năng lượng điện từ lan truyền trong không gian.

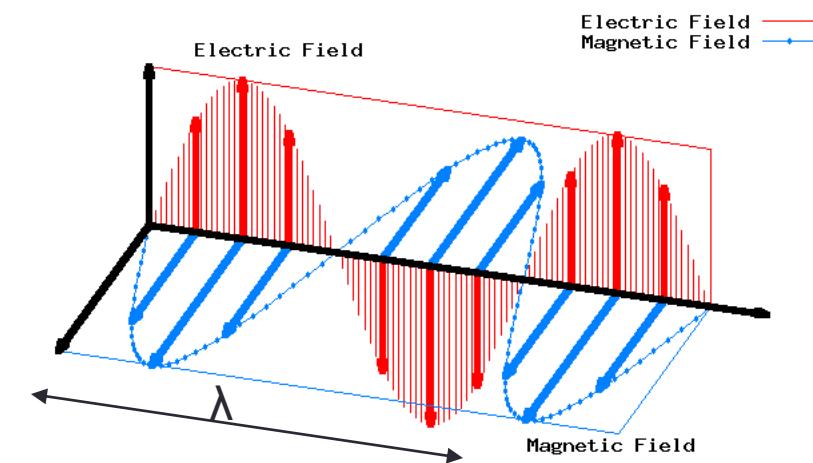
- **Đặc điểm:**

- SĐT có hai thành phần:

- Điện trường: E (V/m)
- Từ trường: H (A/m)

Đại lượng vectơ, có quan hệ mật thiết với nhau trong quá trình sóng truyền lan trong không gian

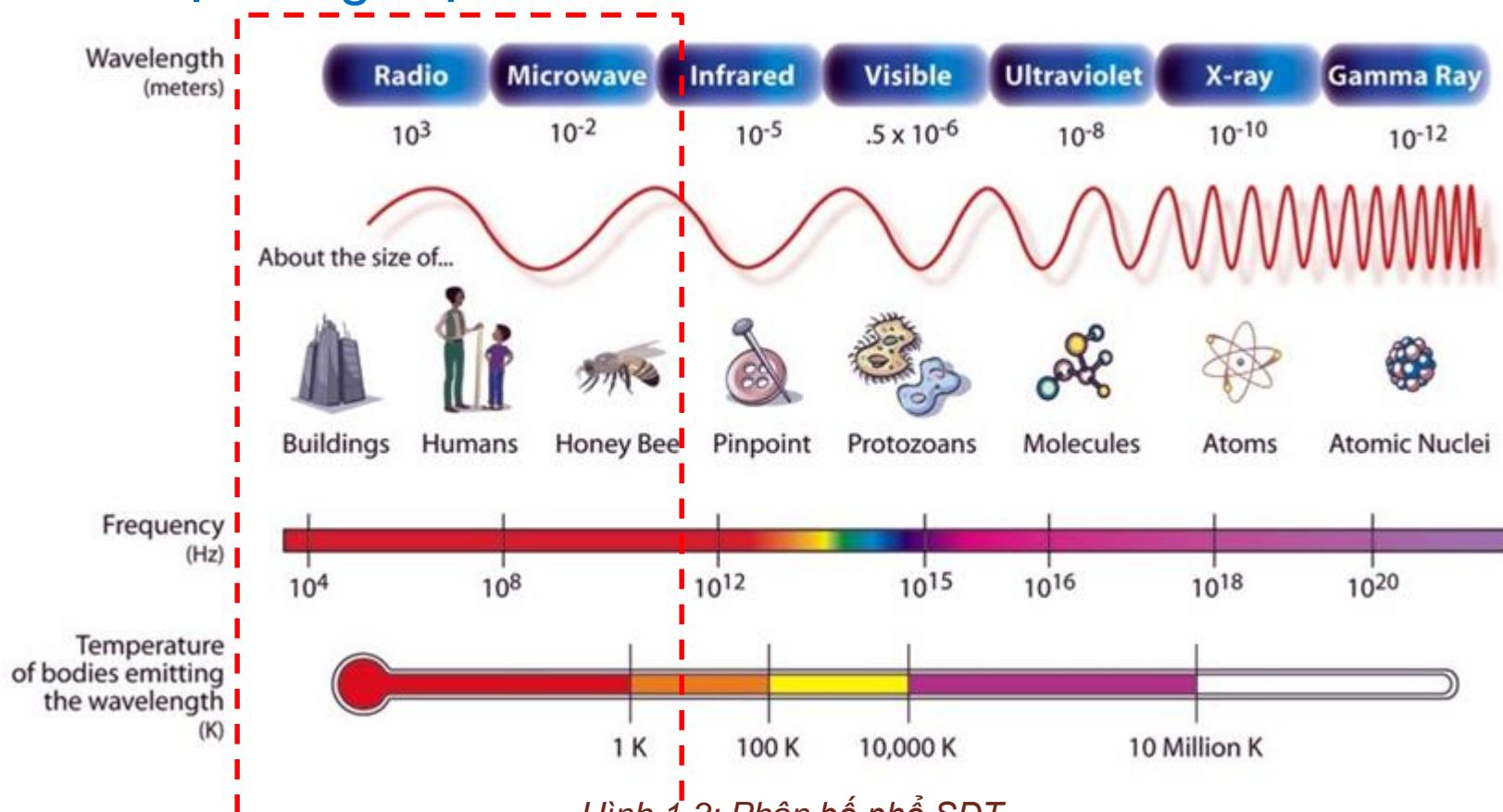
- Các nguồn bức xạ SĐT thường có dạng sóng cầu hoặc sóng trụ, khi nghiên cứu ta chuyển về dạng sóng phẳng.



Hình 1.2: Sóng điện từ

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

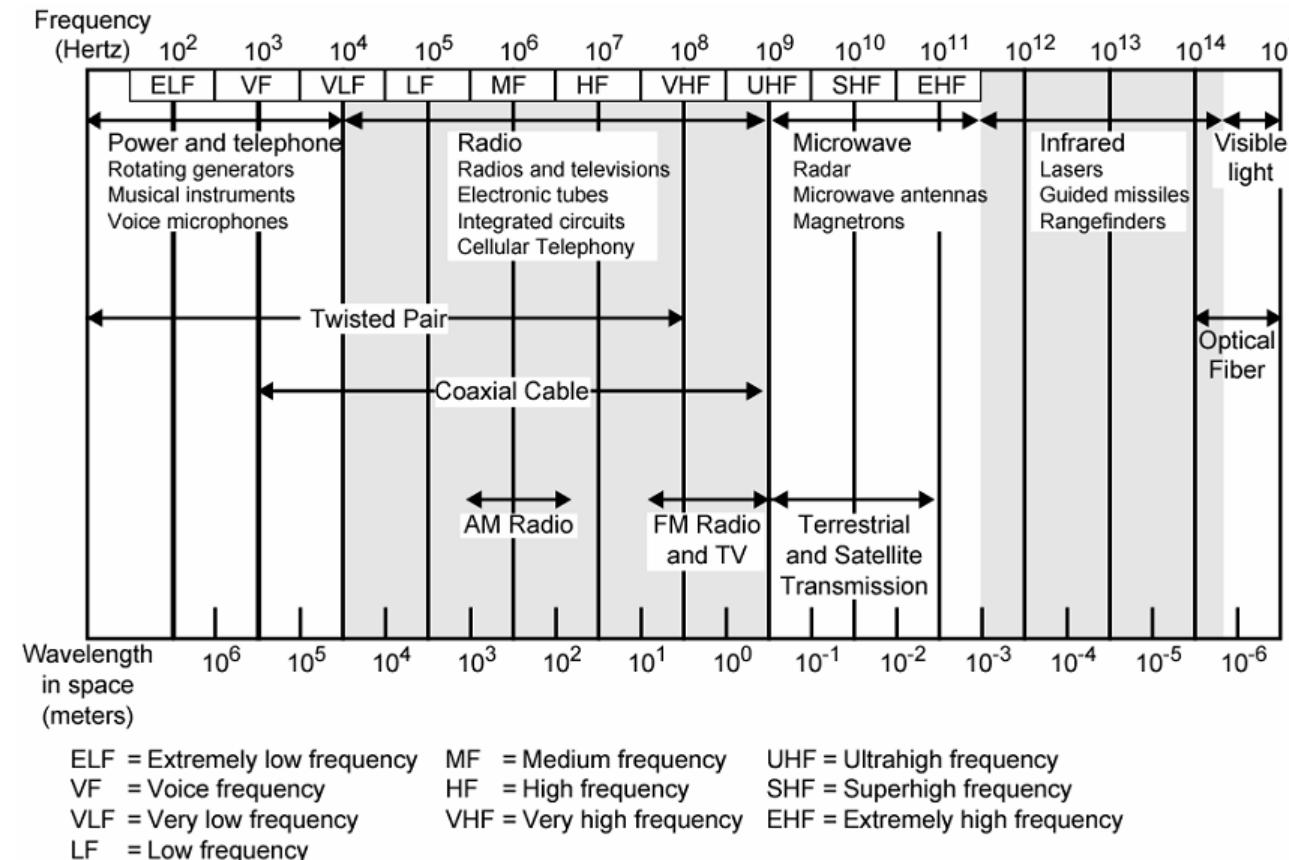
- Phân loại sóng điện từ



1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phân loại sóng điện từ

- Dựa vào tính chất vật lý, đặc điểm truyền lan để chia thành các băng sóng



Hình 1.4: Các băng sóng

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

• Phân loại sóng điện từ

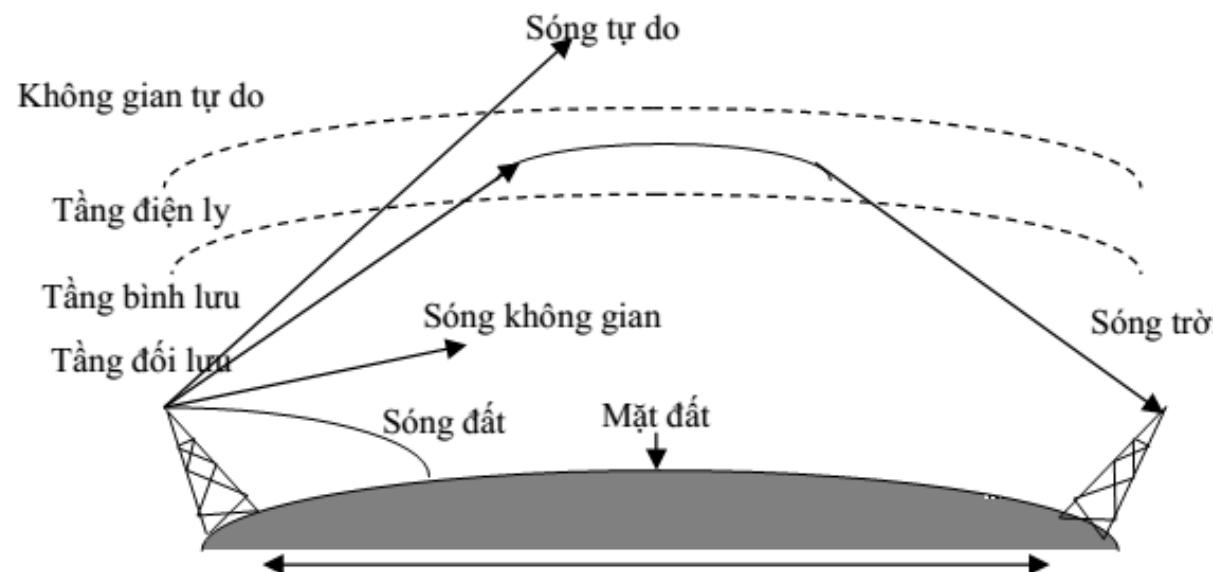
- Dựa vào tính chất vật lý, đặc điểm truyền lan để chia thành các băng sóng

Số thứ tự (Stt)	Tên băng tần (Băng sóng)	Ký hiệu	Phạm vi tần số	Ứng dụng
1	Tần số vô cùng thấp	ELF	30 - 300 Hz	
2	Tần số cực thấp	ULF	300 - 3000 Hz	
3	Tần số rất thấp	VLF	3 - 30 kHz	Thông tin trên biển
4	Tần số thấp (sóng dài)	LF	30 - 300 kHz	Phát thanh điều biến, hàng hải, đạo hàng
5	Tần số trung bình (sóng trung)	MF	300 - 3000 kHz	
6	Tần số cao (sóng ngắn)	HF	3 - 30 MHz	Điều biến cự ly xa
7	Tần số rất cao (sóng mét)	VHF	30 - 300 MHz	Phát thanh điều tần
8	Tần số cực cao (sóng decimet)	UHF	300 - 3000 MHz	Truyền hình, di động
9	Tần số siêu cao (sóng centimet)	SHF	3 - 30 GHz	Viba, thông tin vệ tinh
10	Tần số vô cùng (sóng milimet)	EHF	30 - 300 GHz	Thông tin vũ trụ
11	Dưới milimet		300 - 3000 GHz	

Bảng 1.1: Các băng sóng

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến



Hình 1.5: Các phương thức truyền lan sóng vô tuyến

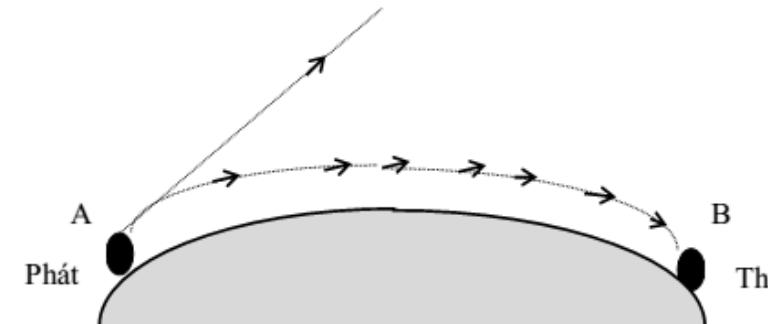
1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

• Phương thức truyền lan sóng vô tuyến

• Sóng bờ biển – sóng đất (Ground wave)

• Nguyên lý:

- Bờ biển trái đất là môi trường dẫn khép kín đường sức điện trường
- Nguồn bức xạ nằm thẳng đứng trên mặt đất, sóng điện từ truyền lan dọc theo mặt đất đến điểm thu



Hình 1.6: Phương thức truyền lan sóng bờ biển

• Đặc điểm:

- Năng lượng sóng bị hấp thụ ít đối với tần số thấp, đặc biệt với mặt đất ẩm, mặt biển (độ dẫn lớn)
- Khả năng nhiễu xạ mạnh, cho phép truyền lan qua các vật chắn
- Sử dụng cho băng sóng dài và trung với phân cực đứng.

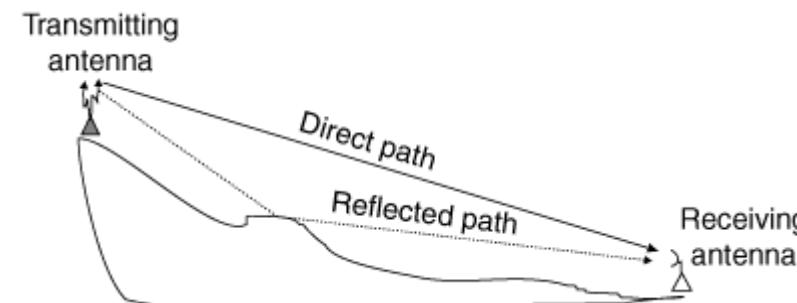
1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

• Phương thức truyền lan sóng vô tuyến

• Sóng không gian (Space wave)

• Nguyên lý:

- Anten đặt cách mặt đất ít nhất vài bước sóng
- SĐT đến điểm thu theo 2 cách:
 - Sóng trực tiếp: Đi thẳng từ điểm phát đến điểm thu
 - Sóng phản xạ: Đến điểm thu sau khi phản xạ trên mặt đất (Thỏa mãn ĐLPX)



Hình 1.7: Phương thức truyền lan sóng không gian

• Đặc điểm:

- Chịu ảnh hưởng nhiều của điều kiện môi trường
- Phù hợp cho băng sóng cực ngắn. Là phương thức truyền sóng chính trong thông tin vô tuyến.

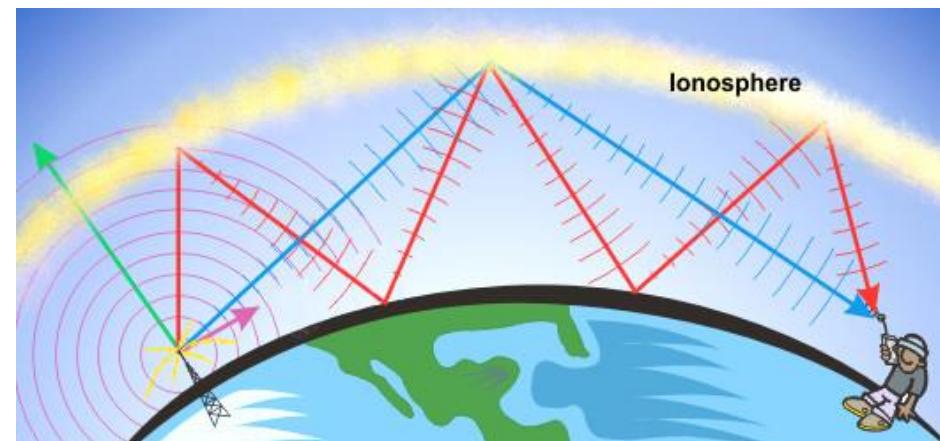
1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến

- Sóng tầng điện ly (Sky wave)

- Nguyên lý:

- Lợi dụng đặc tính phản xạ SĐT của tầng điện ly với các băng sóng ngắn (3 – 30 MHz)
 - Sóng phản xạ một hoặc nhiều lần giữa mặt đất và tầng điện ly để truyền đến đíc



Hình 1.9: Truyền lan sóng tầng điện ly

- Đặc điểm:

- Không ổn định do sự thay đổi điều kiện phản xạ của tầng điện ly

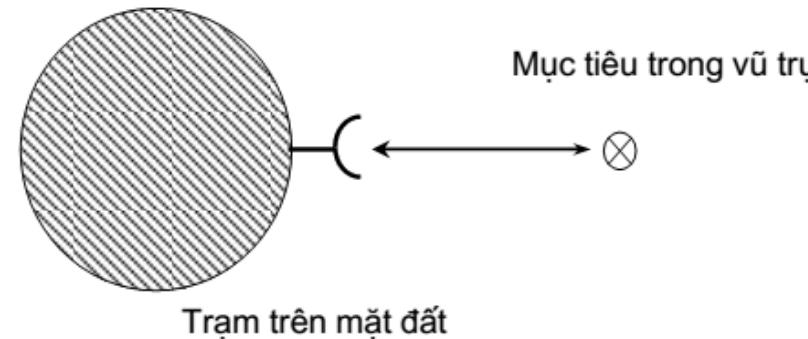
1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến

- Sóng tự do (Free wave) truyền thẳng

- Nguyên lý:

- Môi trường truyền sóng lý tưởng (đồng tính, đẳng hướng, không hấp thụ)
 - Sóng truyền lan trực tiếp đến điểm thu theo một đường thẳng



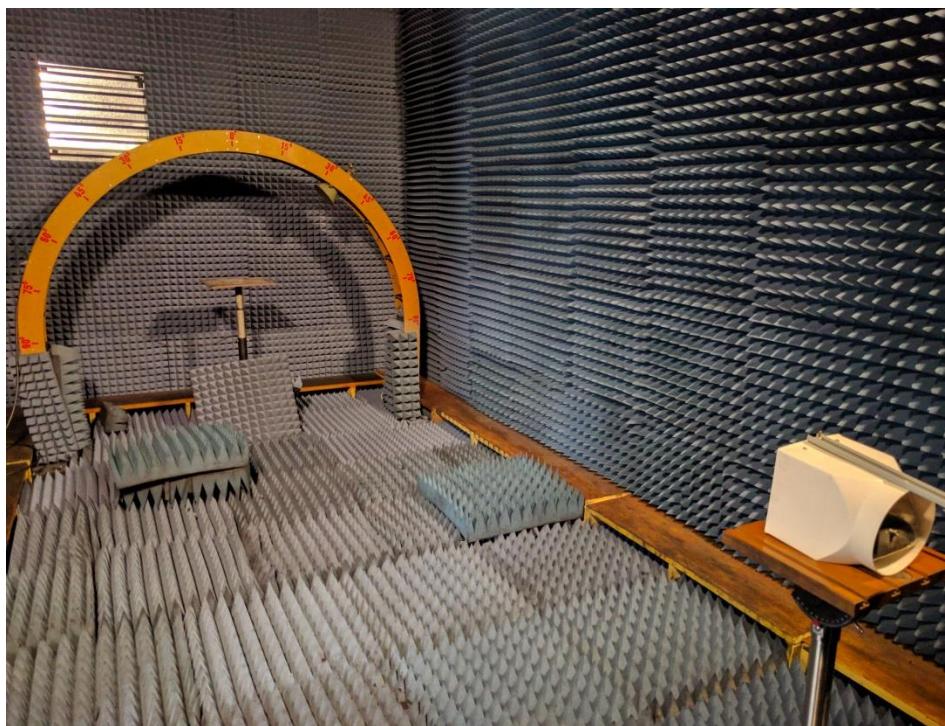
Hình 1.11: Truyền lan sóng tự do

- Đặc điểm:

- Môi trường chỉ tồn tại trong vũ trụ, sử dụng cho thông tin vũ trụ.
 - Bầu khí quyển trái đất trong một số điều kiện được coi là không gian tự do.

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến
 - Sóng tự do (Free wave) truyền thẳng



Hình 1.12: Phòng câm (Anechoic Chamber)
Cục tác chiến điện tử - Trung tâm 80

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Quan hệ giữa các thành phần

- Nghiên cứu với sóng điện từ phẳng truyền lan trong môi trường điện môi đồng nhất và đẳng hướng
- Biểu diễn sóng điện từ bằng hệ phương trình Maxwell dạng vi phân:

$$\begin{cases} \frac{\partial H_y}{\partial z} = \epsilon \frac{\partial E_x}{\partial t} \\ \frac{\partial E_x}{\partial z} = -\mu \frac{\partial H_y}{\partial t} \end{cases} \quad (1.1)$$

ϵ : Hệ số điện môi
 μ : Hệ số từ thẫm
 z : Cự ly truyền sóng
 t : Thời gian

- Giải hệ

$$E_x = F_1(t - \frac{z}{v}) + F_2(t + \frac{z}{v}) \quad (1.2)$$

$$H_y = G_1(t - \frac{z}{v}) + G_2(t + \frac{z}{v})$$

F_i, G_i : Các hàm sóng
 v : Vận tốc truyền sóng (m/s)

$$v = \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Quan hệ giữa các thành phần

- Trở kháng sóng Z (Radiation impedance): Biểu thị ảnh hưởng của môi trường tới quá trình truyền sóng

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \frac{E}{H} \quad (\Omega) \quad (1.3)$$

- Với không gian tự do (Free Space)

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \approx 1.256 \cdot 10^{-6} (H/m)$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2} = \frac{10^{-9}}{36\pi} \approx 8.854 \cdot 10^{-12} (F/m) \quad (1.4)$$

$$v = c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 (m/s)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi (\Omega)$$

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Quan hệ giữa các thành phần
 - Biến đổi Fourier biểu diễn sóng điện từ dưới dạng tín hiệu điều hoà

$$\begin{aligned} E_x &= E_m \cos \omega \left(t - \frac{z}{v} \right) = E_m \cos(\omega t - kz) \\ H_y &= \frac{E_m}{Z} \cos \omega \left(t - \frac{z}{v} \right) = \frac{E_m}{Z} \cos(\omega t - kz) \\ k &= \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{c} = \frac{2\pi f}{f\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \end{aligned} \tag{1.5}$$

k: Hệ số sóng, đặc trưng cho sự thay đổi pha

- Nhận xét: Khi sóng điện từ lan truyền, tại mỗi điểm, các thành phần điện trường và từ trường cùng pha với biên độ liên hệ qua công thức (1.5)

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Quan hệ giữa các thành phần
 - Thông lượng năng lượng của SĐT, Vectơ Poynting S

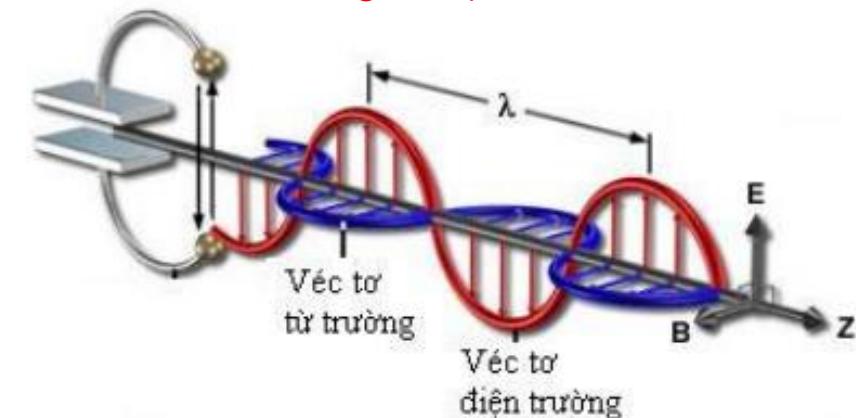
$$\vec{S} = [\vec{E} \times \vec{H}] \quad (1.6)$$

- Thông lượng năng lượng trung bình:

$$S_{avg} = \frac{1}{2} R_e (\vec{E} \times \vec{H}) = \frac{E_m \cdot H_m}{2} = \frac{E_m^2}{2Z} \quad (\text{W/m}^2) \quad (1.7)$$

- Sóng điện từ ngang – TEM mode (Transverse Electro-Magnetic)

- Vectơ \vec{E}, \vec{H} nằm trong mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng



Hình 1.12: SĐT lan truyền theo mode TEM

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

• Phân cực sóng

- **Khái niệm:** Trường phân cực là trường điện từ với các vectơ \vec{E} và \vec{H} biến đổi có tính qui luật (Xác định được hướng và độ lớn tại thời điểm bất kì)

- Ngược lại: Trường không phân cực biến đổi ngẫu nhiên

- **Mặt phẳng phân cực:** Là mặt phẳng chứa vectơ \vec{E} và phương truyền sóng (\vec{z})

- **Phân loại:**

- Phân cực thẳng: Mặt phẳng phân cực cố định khi sóng truyền lan

- Phân cực đứng: \vec{E} vuông góc với mặt phẳng nằm ngang (so với đất)

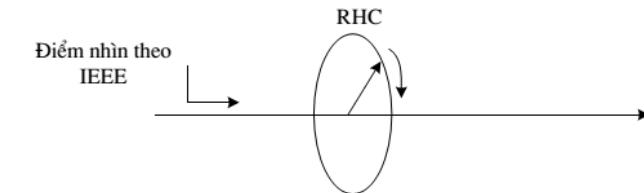
- Phân cực ngang: \vec{E} song song với mặt phẳng nằm ngang (so với đất)

- Phân cực quay: Mặt phẳng phân cực quay xung quanh trục của phương truyền sóng

- Phân cực tròn: Khi \vec{E} quay với biên độ không đổi (Vẽ thành một đường tròn)

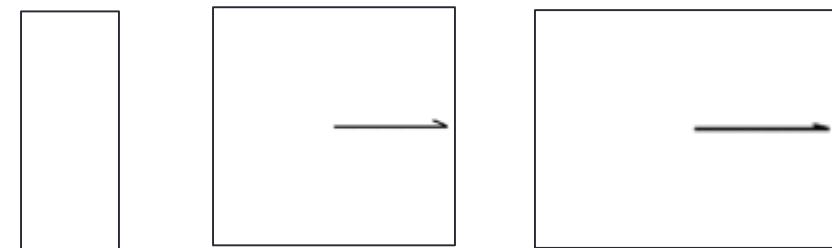
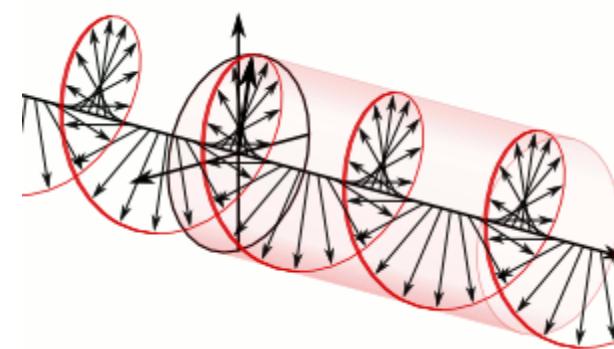
- Phân cực elip: Khi \vec{E} quay với biên độ thay đổi tạo thành hình elip

- Quay phải (RH): Thuận chiều kim đồng hồ
 - Quay trái (LH): Ngược chiều kim đồng hồ



1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phân cực sóng



Hình 1.13: Các dạng phân cực SĐT

Nội dung

- 1.1 Giới thiệu thông tin vô tuyến
- 1.2 Khí quyển trái đất
- 1.3 Sóng điện từ, đặc tính truyền lan
- **1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do**
- 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel
- 1.6 Bài tập

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

Mật độ công suất, cường độ điện trường

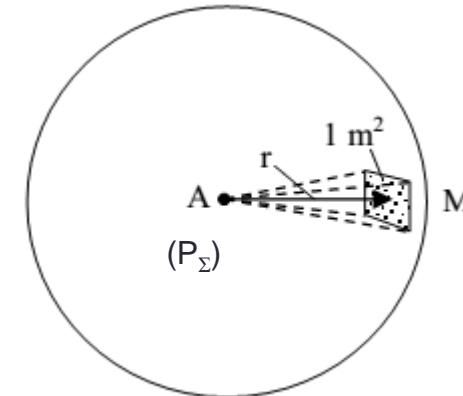
- Bài toán bức xạ vô hướng:

- Không gian tự do
- Nguồn bức xạ vô hướng, công suất bức xạ P_{Σ} (W), đặt tại điểm A
- Xét trường tại điểm M cách A một khoảng r (m)

- Giải quyết:

- Nguồn bức xạ sẽ bức xạ vô số mặt sóng cầu liên tiếp có tâm tại A
- Xét mặt cầu đi qua M có bán kính là r . Thông lượng năng lượng (mật độ công suất) tại mặt cầu:

$$S_i = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi r^2} \quad (\text{W/m}^2) \quad (1.8)$$



Hình 1.14: Nguồn bức xạ vô hướng

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

- Mật độ công suất, cường độ điện trường

- Theo lý thuyết trường:

$$S_i = E_h \cdot H_h; \quad H_h = \frac{E_h}{Z_0} = \frac{E_h}{120\pi}$$

$$\Leftrightarrow S_i = \frac{E_h^2}{120\pi} \quad (1.9)$$

E_h, H_h : Cường độ điện trường và từ trường hiệu dụng
 Z_0 : Trở kháng sóng trong không gian tự do

- Cường độ điện trường tại điểm thu

$$\xrightarrow{(1.8),(1.9)} E_h = \sqrt{\frac{30P_\Sigma}{r^2}} \quad (V/m) \quad (1.10)$$

$$E = E_h \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - kr) = \frac{\sqrt{60 \cdot P_\Sigma}}{r} \cdot \cos(\omega t - kr) \quad (V/m)$$

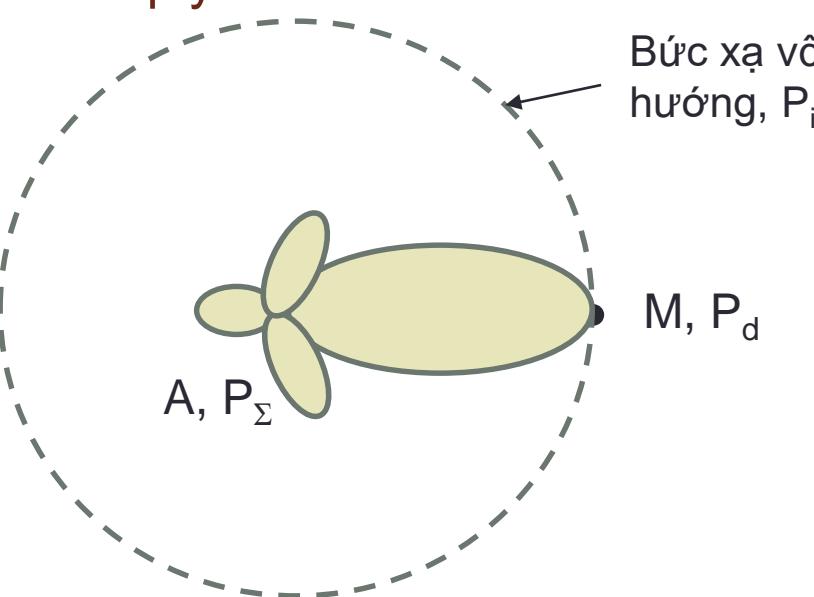
1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

Mật độ công suất, cường độ điện trường

- Bài toán bức xạ có hướng:

- Không gian tự do
- Nguồn bức xạ **có hướng**, công suất bức xạ P_{Σ} (W), đặt tại điểm A
- Xét trường tại điểm M cách A một khoảng r(m)

- Giải quyết:



Hình 1.15: Nguồn bức xạ có hướng

- Công suất thu được tại M

$$P_d = D \cdot P_i$$

- D là **hệ số hướng tính**

$$S_d = \frac{P_{\Sigma} \cdot D}{4\pi r^2}$$

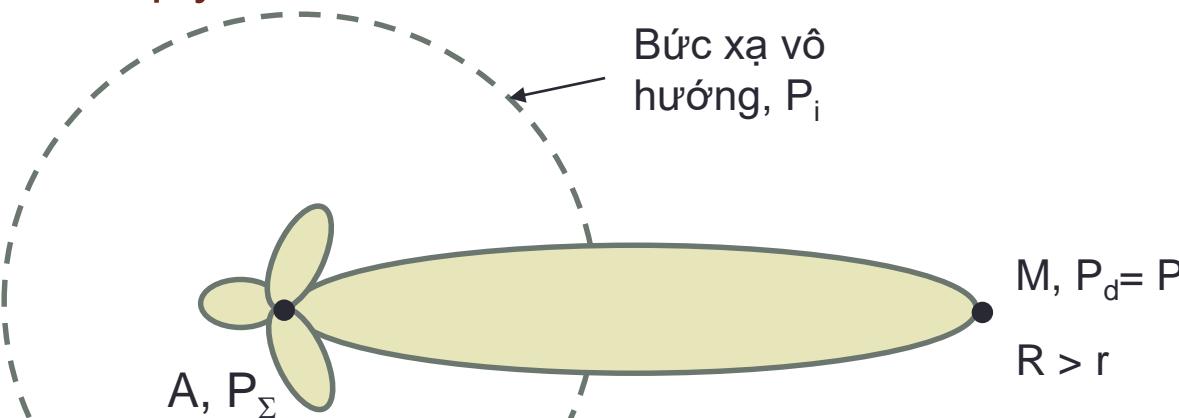
$$E = \frac{\sqrt{60P_{\Sigma}D}}{r} \cos(\omega t - kr) \quad (1.11)$$

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

Mật độ công suất, cường độ điện trường

- Bài toán bức xạ có hướng:
 - Không gian tự do
 - Nguồn bức xạ **có hướng**, công suất bức xạ P_{Σ} (W), đặt tại điểm A
 - Xét trường tại điểm M cách A một khoảng r (m)

- Giải quyết:



Hình 1.15: Nguồn bức xạ có hướng

$$E_1 = \frac{245 \sqrt{P_{\Sigma(kW)} D_T}}{r_{1(km)}} e^{j(\omega t - kr)} \quad (mV / m)$$

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

• Công suất thu:

- Anten thu với hệ số hướng tính D_R
- Công suất nhận được trên anten thu:

$$P_R = S \cdot A \quad S = \frac{P_\Sigma \cdot D_T}{4\pi r^2} \quad (1.13)$$

A Là diện tích thực tế của anten thu

- Với anten gương parabol tròn xoay

$$A = \frac{D_R \cdot \lambda^2}{4\pi} \quad (1.14)$$

- Công nhận được trên anten thu:

$$P_R = \frac{D_R \cdot \lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{P_\Sigma \cdot D_T}{4\pi r^2} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \cdot P_\Sigma \cdot D_T \cdot D_R \quad (\text{W}) \quad (1.15)$$

- Công suất thực tế tại đầu ra của anten thu:

$$P_{Rh} = P_R \cdot \eta_R \quad \eta_R: \text{Hiệu suất của anten} \quad (1.16)$$

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

- Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP – Equivalent Isotropic Radiated Power):
 - Là công suất bức xạ tương đương của một anten vô hướng để đạt tới cường độ trường tại điểm thu bằng với khi sử dụng anten có hướng.

$$\text{EIRP} = P_{\Sigma} D$$

$$\text{EIRP} = P_{\Sigma(dB)} + D_{(dB)} \quad (dB)$$

$$D = \frac{G}{\eta}; \quad P_{\Sigma} = P_T \cdot \eta \quad (1.12)$$

$$\implies \text{EIRP} = P_{\Sigma} D = P_T G$$

P_{Σ} : Công suất bức xạ

P_T : Công suất tổng đưa vào anten

η : Hiệu suất của anten

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

• Hệ số tăng ích G

- Độ lợi thực tế của anten G:

$$G = \eta D \quad \text{hay} \quad \eta = \frac{G}{D} \quad (1.17)$$

• Hiệu suất của anten

- Đặc trưng cho tổn thất nội tại của thiết kế anten (nhiệt tỏa ra trên các phần tử kim loại, hiệu ứng điện dung, điện cảm...)

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_T} \quad \begin{aligned} P_{\Sigma} &: \text{Công suất anten bức xạ} \\ P_T &: \text{Công suất đưa vào anten} \end{aligned} \quad (1.18)$$

$$A_h = \eta A \quad \begin{aligned} A_h &: \text{Diện tích hiệu dụng của anten} \\ \eta &: \text{Hiệu suất của anten} \end{aligned} \quad (1.19)$$

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

- **Tổn hao truyền sóng L**

- Là tỉ số giữa công suất bức xạ của anten phát và công suất anten thu nhận được trong không gian tự do

$$L = \frac{P_{\Sigma}}{P_R} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{D_R D_T} \quad (1.20)$$

- **Trường hợp anten vô hướng**

$$L_0 = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \quad (1.21)$$

- Tính theo dB

$$L = 20 \lg f_{(GHz)} + 20 \lg r_{(km)} + 92,45 - 10 \cdot \lg D_R - 10 \cdot \lg D_T \quad (dB)$$

$$L_0 = 20 \lg f_{(GHz)} + 20 \lg r_{(km)} + 92,45 \quad (dB) \quad (1.22)$$

$$L_0 = 20 \lg f_{(MHz)} + 20 \lg r_{(km)} + 32,5 \quad (dB)$$

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

• Hệ số suy giảm F

- Môi trường thực tế có nhiều yếu tố ảnh hưởng tới quá trình truyền sóng, ảnh hưởng tới công suất thu.
- Các ảnh hưởng của môi trường thực lên quá trình truyền sóng được biểu diễn qua hệ số suy giảm: **F**
- Trong môi trường thực:

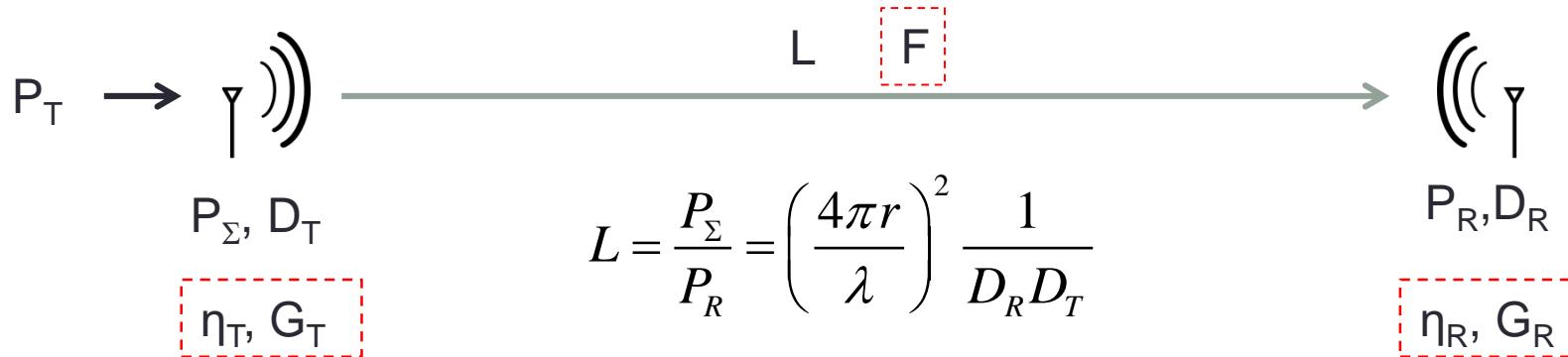
$$E_h = \frac{\sqrt{30P_1}}{r} \cdot F \quad (V/m) \qquad S = \frac{P_\Sigma D_T}{4\pi r^2} \cdot F^2 \quad (1.23)$$

$$L = \left(\frac{4\pi r}{\lambda F} \right)^2 \frac{1}{D_R D_T} \quad (1.24)$$

$$L = 20\lg f_{(GHz)} + 20\lg r_{(km)} + 92,45 - 10.\lg D_R - 10.\lg D_T - 20.\lg F \quad (dB) \quad (1.25)$$

1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

- Tổng kết



$$P(dBm) = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$$P_o = 1mW$$

$$L(dB) = 10 \log_{10}(L) \quad P_R = \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \cdot P_\Sigma \cdot D_T \cdot D_R \quad (W)$$

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 1.1 Giới thiệu thông tin vô tuyến
- 1.2 Khí quyển trái đất
- 1.3 Sóng điện từ, đặc tính truyền lan
- 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do
- **1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel**
- **1.6 Bài tập**

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

• Định nghĩa mặt sóng

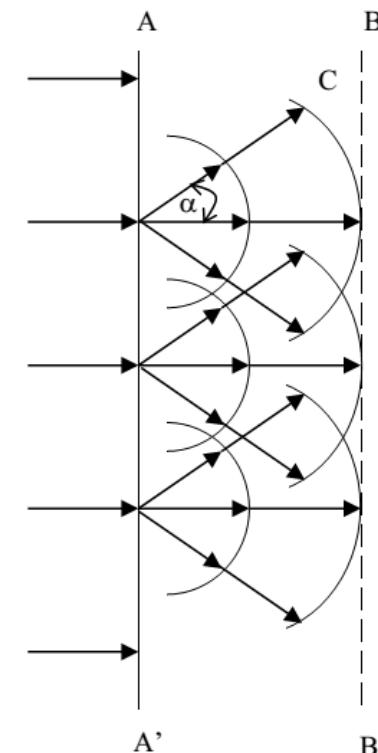
- SĐT lan truyền trong không gian, tại mỗi điểm SĐT được đặc trưng bởi pha và cường độ.
- **Mặt sóng:** Là quĩ tích các điểm trong không gian mà trên đó SĐT cùng pha và cường độ bằng nhau
 - Hai dạng mặt sóng đặc biệt: Mặt sóng phẳng và mặt sóng cầu
- Quá trình truyền lan sóng điện từ: SĐT bức xạ ra không gian dưới dạng vô số mặt sóng liên tiếp
- Mỗi điểm của mặt sóng gây ra bởi một nguồn bức xạ sơ cấp có thể được coi như một nguồn sóng cầu thứ cấp mới.

Nguyên lý Huyghen

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

- Biểu diễn nguyên lý Huyghen trong không gian tự do

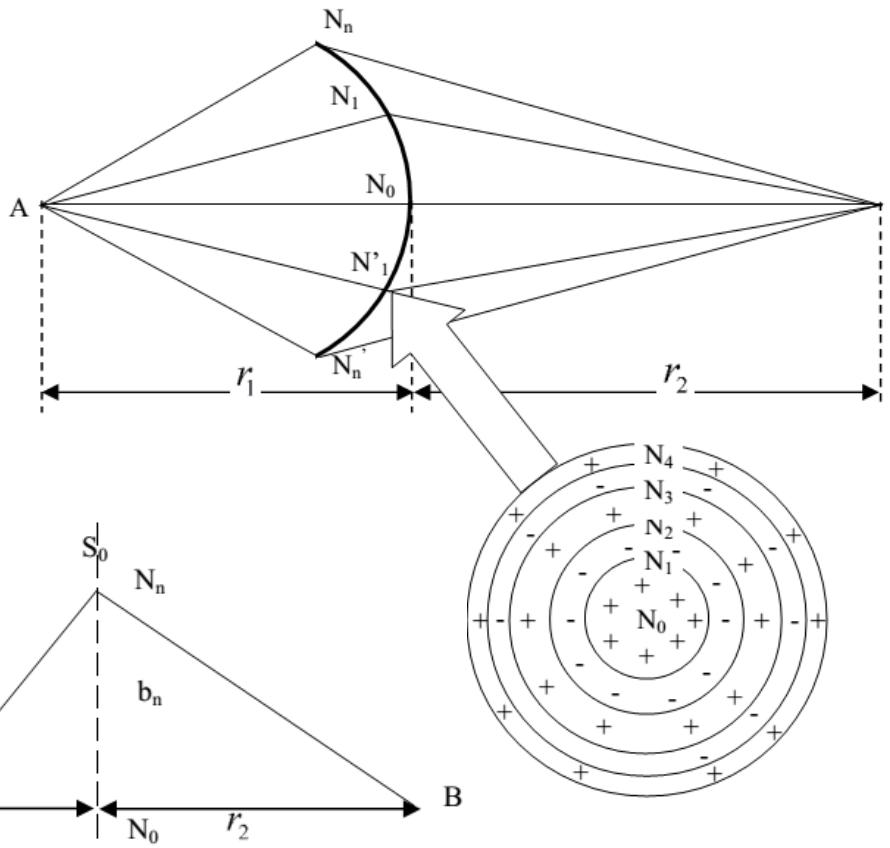
Nguyên lý: Mỗi điểm nằm trên một mặt sóng do một nguồn bức xạ sóng điện từ sơ cấp gây ra sẽ trở thành nguồn bức xạ thứ cấp mới. Nguồn bức xạ thứ cấp mới này lại tạo ra các mặt sóng thứ cấp mới khác. Như vậy trường điện từ tại một điểm trong không gian do một nguồn bức xạ sơ cấp sinh ra sẽ do toàn bộ vùng không gian bao quanh nguồn bức xạ sơ cấp gây ra.



Hình 1.16: Nguyên lý cấu tạo miền Fresnel trên mặt sóng cầu

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

- Miền Fresnel



$$BN_0 = r_2$$

$$BN_1 = r_2 + \frac{\lambda}{2}$$

$$BN_2 = r_2 + 2\frac{\lambda}{2}$$

...

$$BN_n = r_2 + n\frac{\lambda}{2}$$

$$AN_n + BN_n = r_1 + r_2 + n\frac{\lambda}{2} \quad (1.26)$$

$$AN_n = \sqrt{r_1^2 + b_n^2} \approx r_1 + \frac{b_n^2}{2r_1} \quad (1.27)$$

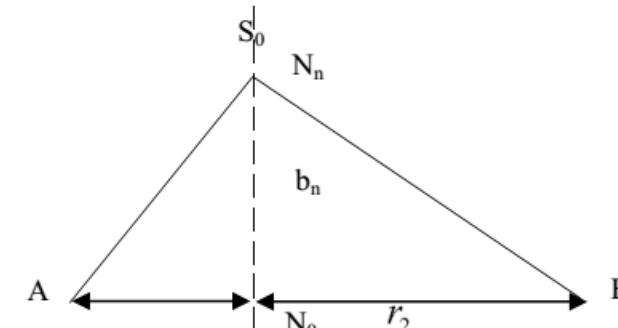
$$BN_n = \sqrt{r_2^2 + b_n^2} \approx r_2 + \frac{b_n^2}{2r_2} \quad (1.28)$$

Hình 1.17: Nguyên lý cấu tạo miền Fresnel trên mặt sóng cầu

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

- Bán kính miền Fresnel

$$b_n = \sqrt{\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} n \lambda} \quad (1.29)$$

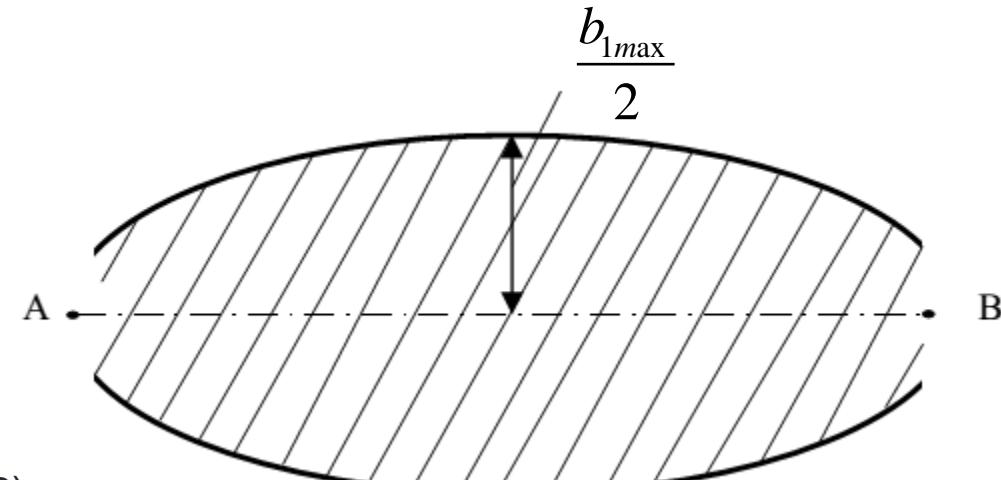


- Miền Fresnel thứ nhất – Vùng tham gia vào quá trình truyền lan sóng

$$AN_1 + BN_1 = r_1 + r_2 + \frac{\lambda}{2} \quad (1.30)$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \lambda} \quad (1.31)$$

$$b_n = 17,32 \sqrt{\frac{r_{1(km)} r_{2(km)}}{(r_{1(km)} + r_{2(km)}) \cdot f_{(GHz)}}} n \quad (1.32)$$



Hình 1.18: Vùng tham gia vào quá trình truyền lan sóng

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

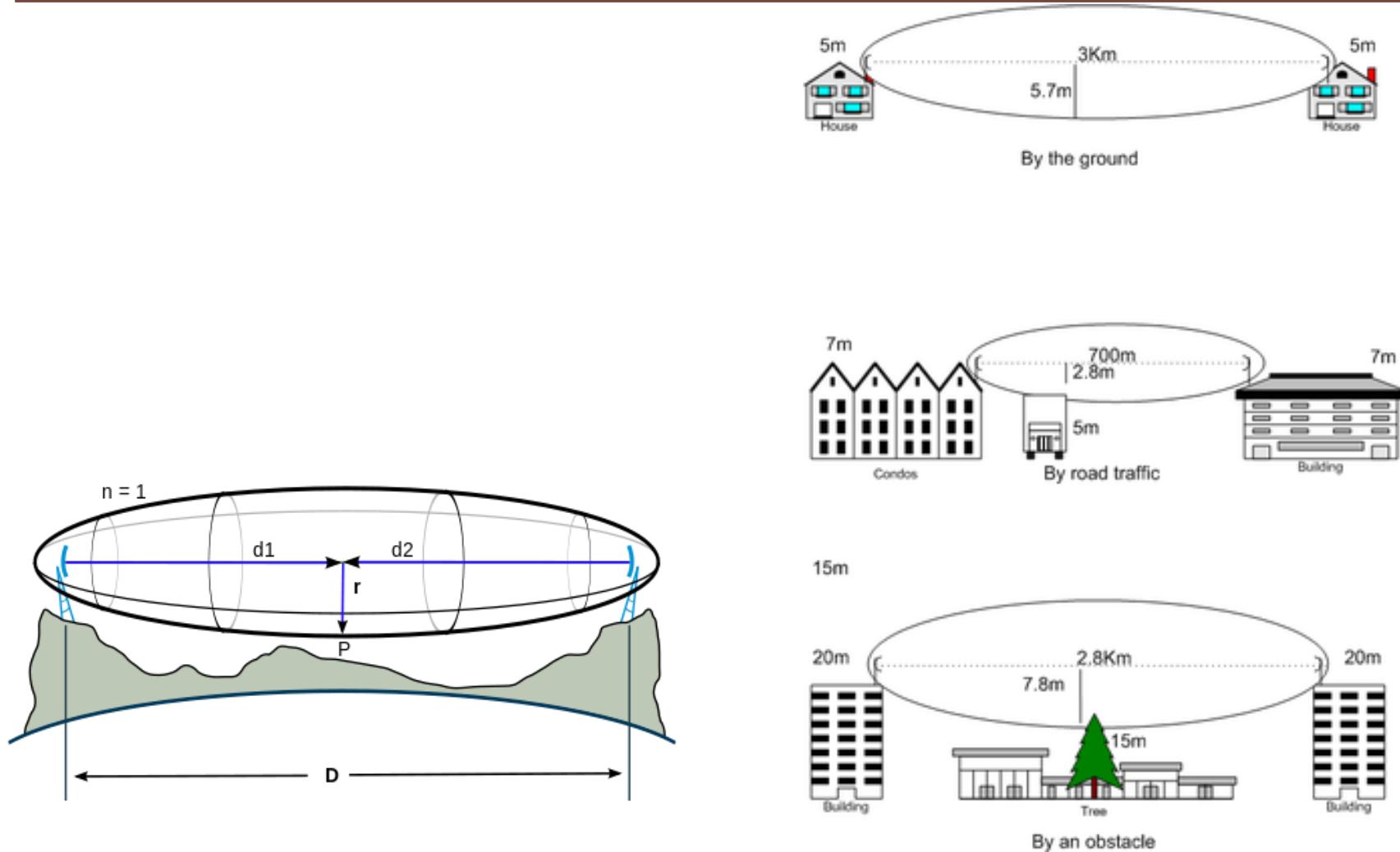
• Miền Fresnel thứ nhất

- Chứng minh được rằng: Cường độ trường tại điểm thu chủ yếu được gây ra bởi vùng không gian nằm trong khoảng một nửa miền Fresnel thứ nhất ($0,6b_1$). Tổng cường độ trường do các điểm nằm ngoài miền này gây ra tại điểm thu sẽ bù trừ cho nhau và triệt tiêu do pha của chúng ngược nhau. Đây là giới hạn của vùng truyền sóng trong phạm vi nhìn thấy trực tiếp.

• Ý nghĩa

- Quá trình truyền sóng vô tuyến giữa hai anten thu và phát không phải chỉ theo một tia, cũng không phải do toàn bộ miền không gian mà chỉ là vùng không gian có dạng elip tròn xoay nằm trong khoảng một nửa miền Fresnel thứ nhất
- Quá trình truyền sóng vô tuyến cơ bản tồn tại khi vùng không gian giới hạn bởi $0,6 b_1$ không bị cản trở suốt dọc đường truyền.
- Để quá trình phát và thu sóng vô tuyến đạt hiệu quả cao, ta dùng các biện pháp kỹ thuật để sóng điện từ bức xạ ra chỉ tập chung trong miền Fresnel thứ nhất → sử dụng anten có hướng (anten parabol).

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel



Hình 1.19: ý nghĩa của miền Fresnel trong thông tin vô tuyến

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

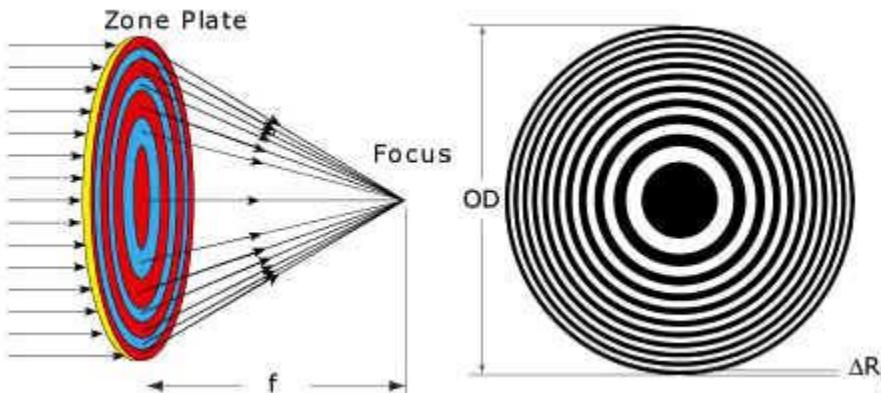


Figure 1.9: Photograph of a focused-beam system designed to make material measurements for frequencies as low as 800 MHz. Image credit: Dr. John Schultz and STL/GTRI.

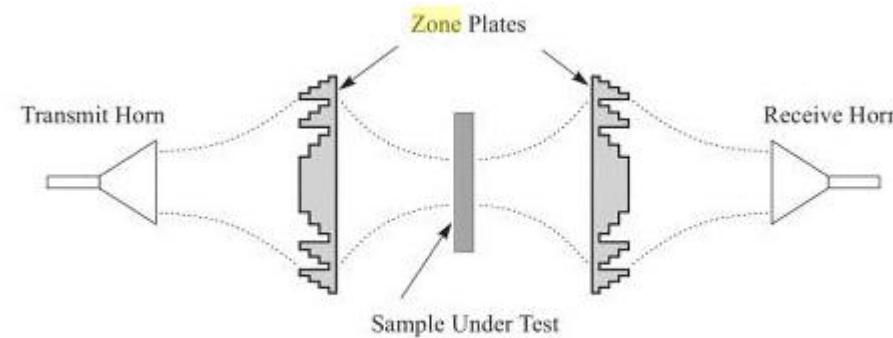


Figure 1.10: Schematic diagram of a focused-beam measurement system using zone plates.

Hình 1.20: Ứng dụng miền Fresnel trong thông tin vô tuyến

1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel



Hình 1.20: Ứng dụng miền Fresnel trong thông tin vô tuyến

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

1.6 - Bài tập

• Bài tập chương 1

6. Mặt trời có công suất bức xạ theo mọi hướng khoảng $3,85 \cdot 10^{20} \text{W}$, khoảng cách nhỏ nhất từ quả đất đến mặt trời là $147.098.090 \text{ km}$ (vào tháng giêng) và lớn nhất là $152.097.650 \text{ km}$.

Tính:

- Mật độ công suất bức xạ cực tiểu và cực đại của mặt trời lên bề mặt quả đất?
- Mật độ công suất bức xạ mặt trời ở khoảng cách trung bình và tỷ lệ phần trăm sai số của bức xạ cực đại và cực tiểu so với giá trị trung bình?

7. Một máy phát có công suất 3 W , anten phát có hệ số khuếch đại là 30 dBi . Ở cự ly 40 km đặt một anten thu có diện tích hiệu dụng là $3,5 \text{ m}^2$, hiệu suất làm việc 100% . Tính công suất sóng mang nhận được ở anten thu.

- (a) $0,064 \cdot 10^{-5} \text{ W}$; (b) $0,104 \cdot 10^{-4} \text{ W}$; (c) $0,052 \cdot 10^{-5} \text{ W}$; (d) $0,154 \cdot 10^{-4} \text{ W}$

8. Xác định công suất máy phát cần thiết để thực hiện truyền thông tin có các điều kiện: cự ly thông tin 50 km , tần số công tác 2 GHz , hệ số khuếch đại của anten thu và anten phát là 30 dBi , công suất anten thu nhận được là 10^{-6} W . Coi hiệu suất của anten thu là 100%
(a) $6,3 \text{ W}$; (b) $4,3 \text{ W}$; (c) $17,5 \text{ W}$; (d) $16,3 \text{ W}$

9. Một máy phát có công suất 50 W . Biểu diễn công suất máy phát sang đơn vị dBm và dBW ?
(a) 15 dBW và 45 dBm ; (b) 16 dBW và 46 dBm ; (c) 17 dBW và 47 dBm ; (d) 18 dBW và 48 dBm

1.6 - Bài tập

• Bài tập chương 1

10. Công suất ở bài 9 được cấp cho anten vô hướng làm việc với sóng mang có tần số 900 MHz, tìm công suất thu (tính theo dBm) tại điểm cách anten phát một khoảng 10 km. Giả sử anten thu có hệ số tính hướng là 20 dBi và sóng truyền trong không gian tự do.

(a) - 44,5 dBm; (b) - 54,5 dBm; (c) - 65,5 dBm; (d) - 74,5 dBm

11. Số liệu như bài 9 và 10, tính biên độ cường độ điện trường hiệu dụng tại điểm đặt anten thu.

(a) 29 mV/m; (b) 39 mV/m; (c) 49 mV/m; (d) 59 mV/m

12. Tính tổn hao khi truyền sóng trong không gian tự do (theo đơn vị dB) biết cự ly truyền sóng 50 km, tần số công tác 2 GHz, với anten vô hướng.

(a) 132,5 dB; (b) 135,5 dB; (c) 142,5 dB; (d) 145,5 dB

13. Số liệu như bài 12, nếu cả hai anten có hệ số tính hướng là 30 dBi thì tổn hao là bao nhiêu?

(a) 72,5 dB; (b) 75,5 dB; (c) 82,5 dB; (d) 85,5 dB

1.6 - Bài tập

• Bài tập chương 1

14. Một nguồn vô hướng có công suất bức xạ 100W. Môi trường truyền sóng là không gian tự do. Hãy xác định:

a, Mật độ công suất tại điểm cách xa nguồn 1000 m.

(a) 6,96 μ W; (b) 6,96 mW; (c) 7,96 μ W; (d) 7,96 mW

b, Mật độ công suất tại điểm cách xa nguồn 20 km.

(a) 19,9 pW ; (b) 19,9 μ W ; (c) 20,9 pW; (d) 20,9 μ W

15. Xác định cường độ điện trường hiệu dụng tại điểm thu với các giả thiết cho trong bài 14.

(a) 44,7 mV/m và 1,74 mV/m; (b) 44,7 mV/m và 2,74 mV/m; (c) 54,7 mV/m và 1,74 mV/m; (d) 54,7 mV/m và 2,74 mV/m

16. Xác định mật độ công suất tại điểm cách anten 30 km của một anten có công suất bức xạ 5 W và hệ số tính hướng của anten là 40 dBi.

(a) 4,42 pW; (b) 4,42 μ W; (c) 5,42 pW; (d) 5,42 μ W

17. Một anten phát có hệ số hướng tính 30 dBi, hiệu suất làm việc 60%. Để có cường độ điện trường hiệu dụng tại điểm thu cách anten phát 100 km bằng 3,46 mV/m thì cần phải đưa vào anten công suất là bao nhiêu? Với điều kiện sóng truyền trong không gian tự do.

(a) 3 W; (b) 3,5W; (c) 4 W; (d) 6,65 W

1.6 - Bài tập

• Bài tập chương 1

18. Giả sử phương truyền sóng trùng với trục z, các phương trình sau
 $E_y = 3\sin\omega t$, $E_x = -5\cos\omega t$

biểu thị phân cực nào dưới đây ?

- (a) Tuyến tính; (b) LHC; (b) RHC



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Email: nvhung_vt1@ptit.edu.vn
Tel: ***
Bộ môn: Vô tuyến
Khoa: Viễn Thông 1
Học kỳ/Năm biên soạn: II/2014

 www.ptit.edu.vn

CHƯƠNG 2:

TRUYỀN LAN SÓNG CỰC NGẮN

2 Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- 2.4 Ảnh hưởng của địa hình
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha đิง và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

3

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- 2.4 Ảnh hưởng của địa hình
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha đิง và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

4

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.1 – Tổng Quát

- **Đặc điểm**

- Bước sóng từ 1mm đến 10m (3MHz đến 300 GHz) – Sóng siêu cao tần
- Không phản xạ ở tầng điện ly (đi xuyên qua)
- Bước sóng ngắn => khả năng nhiễu xạ kém và bị mặt đất hấp thụ

- **Phương pháp truyền**

- **Truyền lan sóng không gian**
 - Tán xạ tầng đối lưu
 - Siêu khúc xạ tầng đối lưu
 - Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp

5

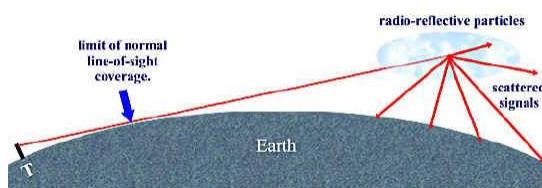
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.1 – Tổng Quát

- **Phương pháp truyền**

- **Tán xạ tầng đối lưu**

- Tồn tại các vùng không gian không đồng nhất trong tầng đối lưu
- Sóng đi vào khoảng giao giữa các vùng không đồng nhất sẽ khuếch tán theo mọi hướng => Lợi dụng để truyền sóng đến điểm thu
- **Đặc điểm:** Không ổn định do các vùng không đồng nhất luôn thay đổi.



Hình 2.1: Tán xạ tầng đối lưu

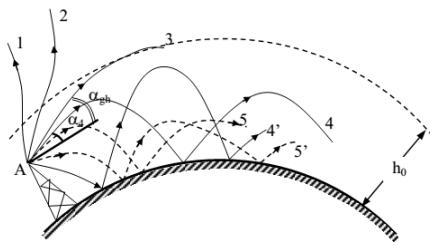
6

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.1 – Tổng Quát

• Phương pháp truyền

- Siêu khúc xạ tầng đối lưu
 - Chiết suất N của không khí giảm theo độ cao
 - Khi tốc độ giảm theo độ cao $\frac{dN}{dh}$ nhỏ hơn $-0,157(\text{m}^{-1}) \Rightarrow$ Tia sóng có bán kính cong lớn hơn bán kính cong trái đất nên quay trở lại mặt đất \Leftrightarrow Siêu khúc xạ
 - Truyền sóng đến điểm thu sau một hoặc nhiều lần phản xạ trên mặt đất
 - **Đặc điểm:** Không ổn định do miền siêu khúc xạ luôn thay đổi và yêu cầu nguồn phát công suất lớn.



Hình 2.2: Tán xạ tầng đối lưu

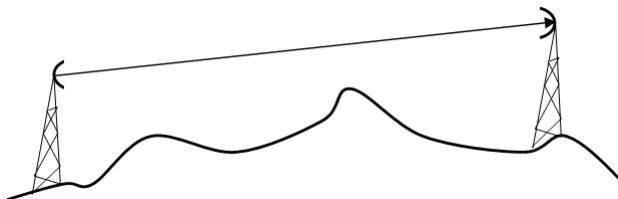
7

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.1 – Tổng Quát

• Phương pháp truyền

- Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp
 - Anten thu và phát đặt cao để tránh vật cản hoặc độ cong của bề mặt trái đất.
 - Sóng truyền trực tiếp trong miền không gian nhìn thấy trực tiếp (Line of Sight - LOS) của hai anten.
 - **Đặc điểm:** Ít chịu ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên \Rightarrow Được sử dụng phổ biến



Hình 2.3: Truyền sóng trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp

8

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

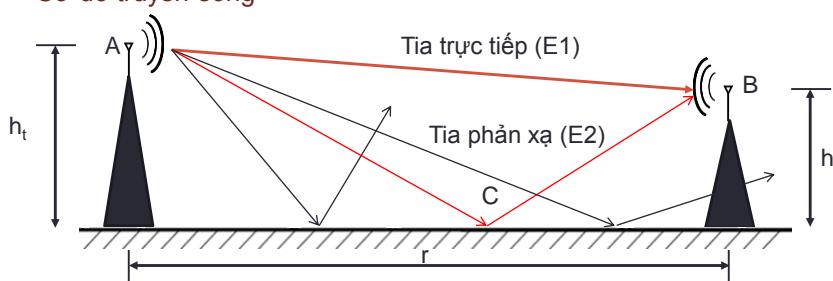
- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- 2.4 Ảnh hưởng của địa hình
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha đิง và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

9

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Sơ đồ truyền thông tin
- Khảo sát quá trình truyền lan sóng với điều kiện lý tưởng
 - Mặt đất phẳng, không có vật cản trên đường truyền
 - Khí quyển đồng nhất, đắng hướng và không hấp thụ
 - Anten đặt cách mặt đất ít nhất vài bước sóng công tác (λ)
- Sơ đồ truyền sóng



Hình 2.4: Truyền sóng trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp

10

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

- Tổng cường độ điện trường của 2 sóng thành phần giao thoa

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (2.1)$$

- Cường độ điện trường do tia trực tiếp:

$$E_1 = \frac{245\sqrt{P_{T(kW)}G_{T1}}}{r_{1(km)}} e^{j\omega t} \quad (mV / m) \quad (2.2)$$

- Cường độ điện trường do tia phản xạ

$$E_2 = \bar{R} \frac{245\sqrt{P_{T(kW)}G_{T2}}}{r_{2(km)}} e^{j(\omega t - k\Delta r)} \quad (mV / m) \quad (2.3)$$

r_1, r_2 : đoạn đường đi của tia trực tiếp và tia phản xạ Δr : hiệu số đường đi của hai tia $\Delta r = |r_1 - r_2|$

G_{T1}, G_{T2} : Hệ số tăng ích của anten phát theo phương trực tiếp và phản xạ

k : hằng số sóng ($k = 2\pi/\lambda$)

\bar{R} : Hệ số phản xạ phức từ mặt đất

$\bar{R} = R \cdot e^{j\theta}$ R : módul, θ : góc sai pha

11

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng

Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

- Do $h_t, h_r \ll r$ nên $G_{T1} = G_{T2} = G_T$ và $r_1 = r_2 = r$
- Trong tính toán pha: $\Delta r = r_2 - r_1 \approx \lambda$ không bỏ qua được

- Cường độ điện trường do tia trực tiếp:

$$E_1 = \frac{245\sqrt{P_{T(kW)}G_T}}{r_{(km)}} e^{j\omega t} \quad (mV / m) \quad (2.4)$$

- Cường độ điện trường do tia phản xạ

$$E_2 = R \frac{245\sqrt{P_{T(kW)}G_T}}{r_{(km)}} e^{j(\omega t - \theta - \Delta r \frac{2\pi}{\lambda})} \quad (mV / m) \quad (2.5)$$

- Điện trường tổng:

$$E = E_1 + E_2 = \frac{245\sqrt{P_{T(kW)}G_T}}{r_{(km)}} \left[1 + Re^{-j(\theta + \Delta r \frac{2\pi}{\lambda})} \right] e^{j\omega t} \quad (mV / m) \quad (2.6)$$

12

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng

Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

 - $\beta = \theta + k \cdot \Delta r$: góc sai pha toàn phần

 - Chuyển sang dạng hàm lượng giác:

$$1 + R \cdot e^{-j\beta} = 1 + R \cdot \cos \beta - jR \sin \beta = \sqrt{1 + 2R \cos \beta + R^2} \cdot e^{-j\varphi} \quad (2.7)$$

$$\tan \varphi = \frac{R \sin \beta}{1 + R \cos \beta}$$

 - Điện trường tổng tại điểm thu:

$$E = \frac{245 \sqrt{P_{T(kW)} G_T}}{r_{(km)}} \cdot \sqrt{1 + 2R \cos \beta + R^2} \cdot e^{j(\omega t - \varphi)} \quad (mV / m) \quad (2.8)$$

 - Điện trường hiệu dụng

$$E_h = \frac{173 \sqrt{P_{T(kW)} G_T}}{r_{(km)}} \cdot \boxed{\sqrt{1 + 2R \cos \beta + R^2}} \quad (mV / m) \quad (2.9)$$

13

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

 - Hệ số suy giảm trong trường hợp mặt đất phẳng

$$F = \sqrt{1 + 2R \cos \beta + R^2} = F(\beta) \quad (1 - R \leq F \leq 1 + R) \quad (2.10)$$

 - Với tần số xác định: $h_t, h_r, \lambda, \theta$ có thể xác định cự ly thông tin r để có hệ số suy giảm đạt cực trị

 - Cực đại tại: $(\theta + k\Delta r) = 2n\pi$ với $n = 1, 2, \dots$

 - Cực tiểu tại: $(\theta + k\Delta r) = (2n + 1)\pi$ với $n = 1, 2, \dots$

14

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu**
 - Hiệu số đường đi giữa hai tia Δr

$r_1^2 = AB^2 = (h_r - h_t)^2 + r^2$

$r_2^2 = (AB')^2 = (h_r + h_t)^2 + r^2$

$r_2^2 - r_1^2 = (r_2 - r_1)(r_2 + r_1) \Rightarrow \Delta r = \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2 + r_1}$

$\Delta r = \frac{2h_t h_r}{r} \quad (m) \quad (2.11)$

Hình 2.5: Hiệu số đường đi của 2 tia

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

15

www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu**
 - Do $r \gg h_t, h_r \rightarrow$ góc tới của tia phản xạ $\approx 90^\circ$, hệ số phản xạ $R \approx 1$, $\theta \approx 180^\circ$

$$F = \sqrt{1 + 2R\cos\beta + R^2}$$

$$F = \sqrt{1 + 2R\cos\left(\theta + \frac{4\pi h_t h_r}{r\lambda}\right) + R^2}$$

$$F = \sqrt{2 - 2\cos\left(\frac{4\pi h_t h_r}{r\lambda}\right)} = 2 \left| \sin\left(\frac{2\pi h_t h_r}{r\lambda}\right) \right| \quad (2.12)$$

- Điện trường tổng hợp - Công thức giao thoa đơn giản**

$$E_h = \frac{346\sqrt{P_{T(kW)} G_T}}{r_{(km)}} \cdot \left| \sin\left(\frac{2\pi h_{t(m)} h_{r(m)}}{r_{(m)} \lambda_{(m)}}\right) \right| \quad (mV / m) \quad (2.13)$$

$$E = \frac{490\sqrt{P_{T(kW)} G_T}}{r_{(km)}} \cdot \left| \sin\left(\frac{2\pi h_{t(m)} h_{r(m)}}{r_{(m)} \lambda_{(m)}}\right) \right| e^{j(\omega t - \varphi)} \quad (mV / m) \quad (2.14)$$

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

- Xác định điểm giao thoa đạt cực trị

- Cực đại:

$$\left| \sin\left(\frac{2\pi h_t h_r}{r\lambda}\right) \right| = 1 \Leftrightarrow \sin\left(\frac{2\pi h_t h_r}{r\lambda}\right) = \pm 1$$

$$\frac{2\pi h_t h_r}{r\lambda} = (2n+1) \cdot \frac{\pi}{2} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$r_{n_{max}} = \frac{4h_t h_r}{(2n+1)\lambda} \quad (m) \quad (2.15)$$

- Cực tiểu:

$$\sin\left(\frac{2\pi h_t h_r}{r\lambda}\right) = 0 \Leftrightarrow \frac{2\pi h_t h_r}{r\lambda} = (n+1) \cdot \pi \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$r_{n_{min}} = \frac{2h_t h_r}{(n+1)\lambda} \quad (m) \quad (2.16)$$

17

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

- Công thức Vvedenski (Vvedenski - USSR)

- Với $\alpha < \frac{\pi}{9}$, $\sin \alpha = \alpha$ (rad) hay $h_t h_r < r \cdot \lambda / 18$ thì

$$\sin \frac{2\pi h_t h_r}{\lambda r} \approx \frac{2\pi h_t h_r}{\lambda r} \quad (2.17)$$

- Ta có:

$$F = \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda r} \quad (2.18)$$

$$E_h = \frac{2,17 \sqrt{P_{T(kW)} G_T} h_{t(m)} h_{r(m)}}{r_{(km)}^2 \lambda_{(m)}} \quad (mV/m) \quad (2.19)$$

Công thức Vvedenski xác định cường độ điện trường hiệu dụng tại cự ly:

$$r > \frac{18h_t h_r}{\lambda}$$

18

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng.

- Cường độ điện trường tại điểm thu

$$E_h = \frac{346\sqrt{P_{T(kW)}G_T}}{r_{(km)}} \cdot \left| \sin\left(\frac{2\pi h_{t(m)}h_{r(m)}}{r_{(m)}\lambda_{(m)}}\right) \right| \quad (mV/m)$$

- Các trường hợp đặc biệt

- a) $\sin \frac{2\pi h_t h_r}{\lambda r} = 0,5 \Rightarrow h_t h_r = \frac{\lambda r}{12}$

Cường độ trường tại điểm thu bằng cường độ trường của tia trực tiếp

- b) $\sin \frac{2\pi h_t h_r}{\lambda r} = 1 \Rightarrow h_t h_r = \frac{\lambda r}{4}$

Cường độ trường tại điểm thu bằng 2 lần cường độ trường của tia trực tiếp

19

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- 2.4 Ảnh hưởng của địa hình
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha định và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

20

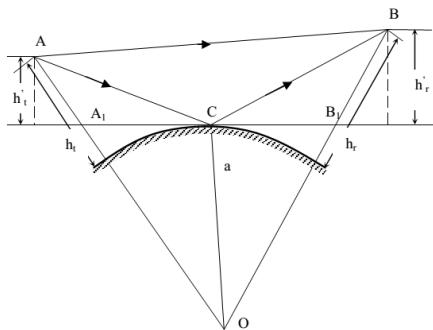
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất

• Ảnh hưởng đến tuyến thông tin

- Hiệu số đường đi của tia trực tiếp và tia phản xạ thay đổi
- Điểm phản xạ lồi nên có tính tán xạ → Hệ số phản xạ nhỏ
- Hạn chế tầm nhìn trực tiếp giữa Anten thu và Anten phát



Hình 2.6: Mô hình truyền sóng trong trường hợp tính đến độ cong của mặt đất

21

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất

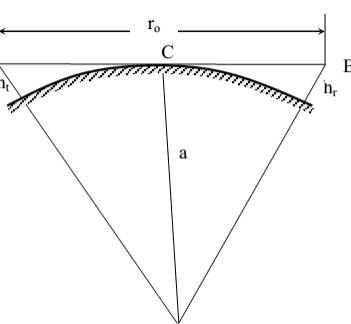
• Cự ly nhìn thấy trực tiếp

- Là cự ly lớn nhất có thể nhìn thấy được với độ cao của anten: h_t, h_r

$$\begin{aligned}
 r_0 &= AC + CB \\
 AC &= \sqrt{(a + h_t)^2 - a^2} = \sqrt{2ah_t + h_t^2} \approx \sqrt{2ah_t} \quad (h_t \ll a) \\
 CB &= \sqrt{(a + h_r)^2 - a^2} \approx \sqrt{2ah_r} \quad (h_r \ll a) \\
 r_0 &= \sqrt{2a} \left(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r} \right) \quad (m)
 \end{aligned} \tag{2.20}$$

- Công thức thực nghiệm $a = 6370$ km

$$r_0 = 3,57 \left(\sqrt{h_{t(m)}} + \sqrt{h_{r(m)}} \right) \quad (km) \tag{2.21}$$



Hình 2.7: Cự ly nhìn thấy trực tiếp

22

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất

- **Cường độ trường tại điểm thu**

- Quá trình truyền sóng ở cự ly nhỏ hơn cự ly nhìn thấy trực tiếp
- Chiều cao của anten xác định bằng chiều cao giả định h'_t và h'_r
- Giá trị chiều cao của anten giả định xác định bằng hệ số bù m (tra theo bảng hoặc đồ thị - phụ thuộc hệ địa lý)

$$h'_t \cdot h'_r = mh_t h_r \quad (2.22)$$

$$\Delta r = \frac{2mh_t h_r}{r} \quad (m) \quad (2.23)$$

$$F = \frac{4\pi m h_t h_r}{\lambda r} \quad (2.24)$$

$$E_h = \frac{2,17 \sqrt{P_{T(kW)} G_T} \cdot mh_{t(m)} h_{r(m)}}{r_{(km)}^2 \lambda_{(m)}} \quad (mV/m) \quad (2.25)$$

23

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- **2.4 Ảnh hưởng của địa hình**
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha đิง và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

24

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.4 Ảnh hưởng của địa hình

- Độ gồ ghề của mặt đất tới tia phản xạ

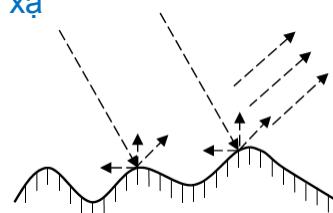
- Hiệu tương tán xạ
- Tiêu chuẩn Rayleigh

$$h < \frac{\lambda}{8 \sin \theta} \quad (m) \quad (2.26)$$

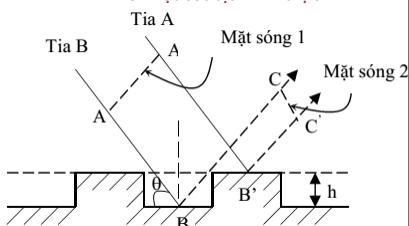
h : độ cao của mặt đất phẳng
giả định so với mặt đất thực
 θ : góc tới tại điểm phản xạ

- Khi tiêu chuẩn Rayleigh được thoả mãn

- Tia phản xạ không bị tán xạ
- Mặt đất được coi là phẳng



Hình 2.8: Mặt cắt địa hình thực



Hình 2.9: Mô hình tiêu chuẩn Rayleigh

25

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- 2.4 Ảnh hưởng của địa hình
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha định và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

26

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

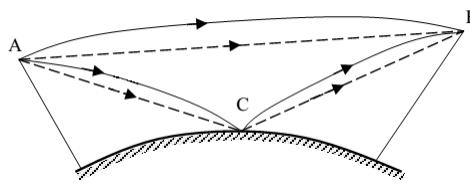
2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- Chiết suất (n) và chỉ số chiết suất (N)

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon} = 1 + \frac{\epsilon - 1}{2}$$

$$N = 10^6(n - 1)$$
(2.27)

- Chiết suất của tầng đối lưu $n \approx 1$ nên trong tính toán để chính xác ta sử dụng chỉ số chiết suất N
- Tầng đối lưu không đồng nhất → chiết suất thay đổi theo không gian và thời gian
- Sự thay đổi của chiết suất theo độ cao ảnh hưởng tới quá trình truyền sóng. Khúc xạ khí quyển → quỹ đạo truyền sóng bị bẻ cong



Hình 2.9: Mô hình tiêu chuẩn Rayleigh

27

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

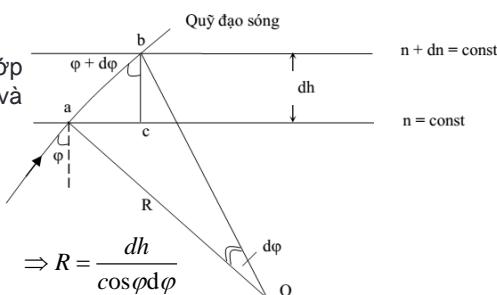
2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- Bán kính cong của sóng

- Chia tầng đối lưu thành từng lớp mỏng đồng nhất với độ dày dh và chiết suất thay đổi một lượng dn

$$R = \frac{ab}{d\varphi}$$

$$ab = \frac{dh}{\cos(\varphi + d\varphi)} \approx \frac{dh}{\cos \varphi} \quad (d\varphi \ll \varphi) \alpha \Rightarrow R = \frac{dh}{\cos \varphi d\varphi}$$



Hình 2.9: Bán kính cong của sóng

$$n \sin \varphi = (n + dn) \cdot \sin(\varphi + d\varphi) \Leftrightarrow \cos \varphi d\varphi = -\frac{\sin \varphi dn}{n}$$

$$\Rightarrow R = \frac{n}{\sin \varphi \left(-\frac{dn}{dh} \right)} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow R = \frac{1}{-\frac{dn}{dh}} = \frac{10^6}{-\frac{dh}{dn}} \quad (2.28)$$

28

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- Bán kính cong của sóng

- $\frac{dN}{dh} > 0 \rightarrow R < 0 \rightarrow$ Cong lén
- $\frac{dN}{dh} < 0 \rightarrow R > 0 \rightarrow$ Cong xuống
- $\frac{dN}{dh} = 0 \rightarrow R = \infty \rightarrow$ Truyền thẳng



29

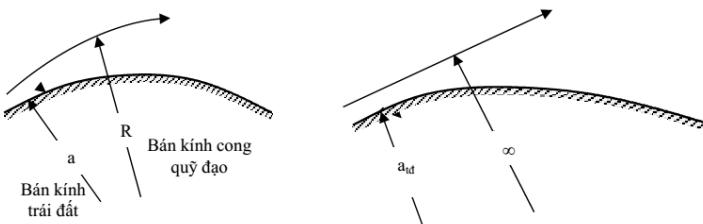
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- Bán kính tương đương của trái đất

- Bán kính thực của trái đất $a = 6370$ km, tia sóng truyền với bán kính cong $R \leftrightarrow$ Sóng truyền thẳng $R = \infty$ với bán kính tương đương a_{td}



Hình 2.9: Bán kính cong quỹ đạo và bán kính trái đất tương ứng

30

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- Bán kính tương đương của trái đất

- Bán kính thực của trái đất $a = 6370$ km, tia sóng truyền với bán kính cong $R \leftrightarrow$ Sóng truyền thẳng $R = \infty$ với bán kính tương đương a_{td}
- Thoả mãn: Độ cong tương đối giữa tia sóng và mặt đất không đổi.

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{R} = \frac{1}{a_{td}} - \frac{1}{\infty} \Leftrightarrow a_{td} = \frac{a}{1 - \frac{a}{R}} = \frac{a}{1 + a \frac{dN}{dh} \cdot 10^{-6}} \quad (2.29)$$

- Ví dụ:

$$\frac{dN}{dh} = -4 \cdot 10^{-2} \left(m^{-1} \right) \Leftrightarrow a_{td} = 8500 \text{ km}$$

31

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- Hệ số cong của tia sóng k

$$k = \frac{a_{td}}{a} = \frac{1}{1 + a \frac{dN}{dh} \cdot 10^{-6}} \quad (2.29)$$

- Cự ly nhìn thấy trực tiếp

$$r_0 = \sqrt{2ka} \left(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r} \right) \quad (m) \quad (2.30)$$

- Độ cao giả của anten

$$\bar{h} = h - \frac{(A_t C)^2}{2ak} \quad (2.32)$$

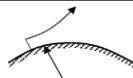
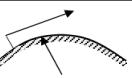
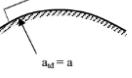
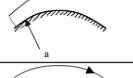
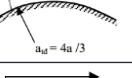
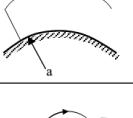
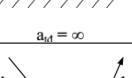
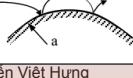
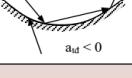
32

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

www.ptit.edu.vn

TRUYỀN SÓNG & ANTEN

2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

Loại khúc xạ	dN/dH (1/m)	R(m)	a_{ld} (m)	Quỹ đạo thực tế	Quỹ đạo tương đương
Khúc xạ âm	> 0	< 0	$<6,378.10^6$		
Không khúc xạ	0	∞	$6,378.10^6$		
Khúc xạ thường	-0,04	$2,5.10^7$	$8,5.10^6$		
Khúc xạ tới hạn	-0,157	$6,37.10^6$	∞		
Siêu khúc xạ	<-0,157	$<6,37.10^6$	<0		

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

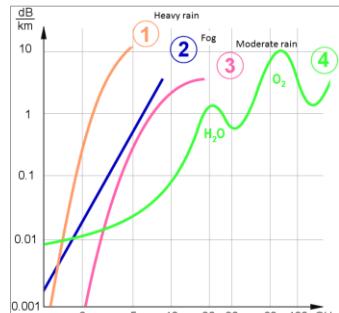
33

www.ptit.edu.vn

TRUYỀN SÓNG & ANTEN

2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

- **Hấp thụ sóng trong tầng đối lưu**
 - Năng lượng SĐT bị hấp thụ bởi không khí, mưa, sương mù
 - Sự hấp thụ phụ thuộc vào tần số và thay đổi theo không gian, thời gian
- **Hấp thụ phân tử:**
 - Chủ yếu do nước và ôxy
 - Phụ thuộc nhiều vào tần số, đặc biệt tăng nhanh với tần số > 10 GHz



Hình 2.10: Hệ số hấp thụ SĐT vs tần số

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

34

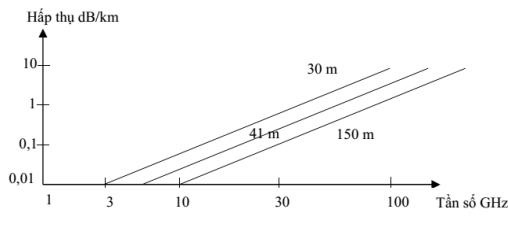


2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

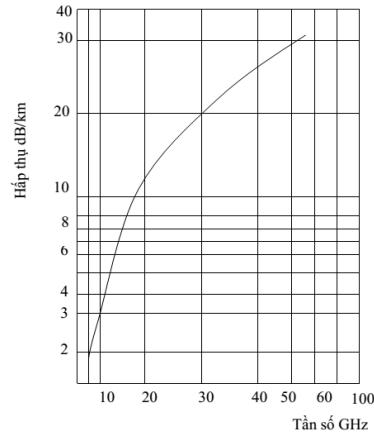
- **Hấp thụ sóng trong tầng đối lưu**

- **Hấp thụ bởi mưa và sương mù**

- Phụ thuộc vào cường độ mưa (mm/h), tần số (tăng nhanh với $F > 6\text{GHz}$)
- Hấp thụ do sương mù phụ thuộc tần số và tầm nhìn xa của anten
- Gây thay đổi phân cực sóng



Hình 2.11: Hệ số hấp thụ vs tần số và tầm nhìn xa



Hình 2.12: Hệ số hấp thụ SĐT vs tần số (cường độ mưa 100 mm/h)

35

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 2.1 Tổng Quát
- 2.2 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp với điều kiện lý tưởng
- 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất
- 2.4 Ảnh hưởng của địa hình
- 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu
- 2.6 Pha định và các biện pháp chống
- 2.7 Câu hỏi và bài tập

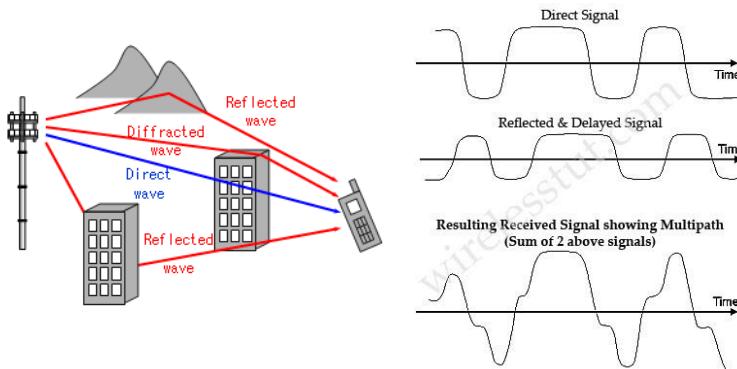
36

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

• Định nghĩa

- phadinh – Fading: Hiện tượng do các nguyên nhân đường truyền mà tín hiệu tại điểm thu sai khác so với tín hiệu phát đi.



Hình 2.13: phadinh

37

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

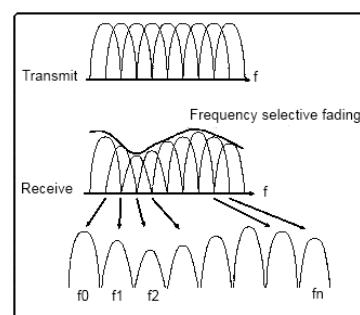
2.6 Phadinh và các biện pháp chống

• Phân loại

• Miền tần số:

- phadinh phẳng: băng sóng ảnh hưởng của kênh truyền lớn hơn băng thông của tín hiệu truyền. Hay nói cách khác là ảnh hưởng của kênh truyền là đồng đều với mọi tần số của tín hiệu truyền. Chủ yếu xuất hiện ở các hệ thống không dây với tốc độ chậm hoặc trung bình do băng thông nhỏ.

- phadinh chọn lọc tần số: băng sóng ảnh hưởng của kênh truyền nhỏ hơn băng thông của tín hiệu truyền → các phần của phổ tần số của tín hiệu bị ảnh hưởng ở những mức khác nhau



Hình 2.14: phadinh chọn lọc tần số

38

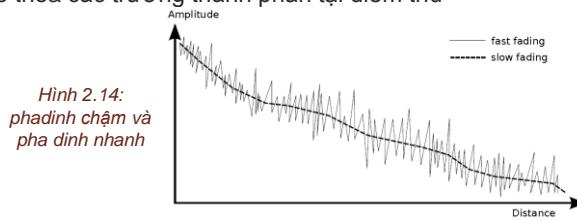
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

• Phân loại

• Miền thời gian:

- phadinh chậm: Sự thay đổi biên độ và pha của tín hiệu bởi ảnh hưởng của kênh truyền có thể coi một cách tương đối là ổn định trong khoảng thời gian sử dụng. phadinh chậm thường được gây ra bởi hiện tượng che tối (Shadowing), do các vật cản lớn như đồi núi, hay các tòa nhà trên đường truyền tín hiệu
- phadinh nhanh: Sự thay đổi của biên độ và pha biến thiên đáng kể trong thời gian sử dụng. Thường được gây ra bởi đa đường dẫn đến giao thoa các trường thành phần tại điểm thu



Hình 2.14:
phadinh chậm và
pha dinh nhanh

39

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

• Các biện pháp chống phadinh

• Thủ động: thiết kế máy thu tự loại trừ các tác động của phadinh

• Chủ động:

- Sử dụng Anten có hướng tính cao
- Đặt Anten tại các độ cao thích hợp
- Sử dụng các biện pháp phân tần anten:
 - Phân tần tần số
 - Phân tần không gian
 - Phân tần thời gian
 - Phân tần phân cực
 - Phân tần góc
 - Kết hợp các biện pháp ...

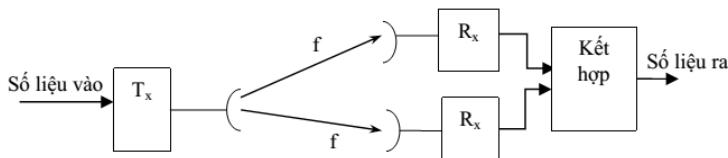
40

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

- **Các biện pháp chống phadinh**

- **Phân tập không gian:** sử dụng hai hay nhiều anten thu hoặc phát đồng thời 1 tín hiệu trên cùng một kênh truyền
 - Khoảng cách giữa 2 anten lớn hơn 5 lần bước sóng để đảm bảo tín hiệu đi trên hai kênh không tương quan nhau
 - Do hai kênh độc lập nên không bị phadinh đồng thời => Kết hợp tín hiệu từ các anten để nhận được tín hiệu tốt
- Là phương pháp sử dụng phổ biến, chống được cả phadinh phẳng và phadinh lựa chọn, thường sử dụng phân tập không gian thu



Hình 2.14: Phân tập không gian

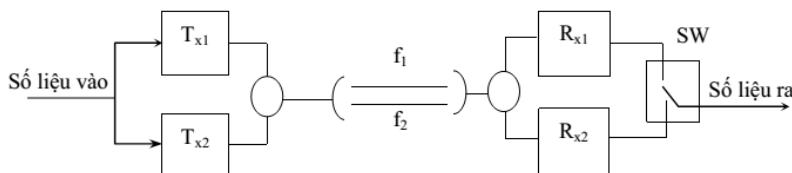
41

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

- **Các biện pháp chống phadinh**

- **Phân tập tần số:** truyền cùng một tín hiệu bằng 2 hay nhiều tần số khác nhau trong cùng một dải tần
 - Các tần số đảm bảo không tương quan phadinh với nhau
 - Tạo nên hai kênh vô tuyến độc lập
 - Do hai kênh độc lập nên không bị phadinh đồng thời => Kết hợp tín hiệu từ các anten để nhận được tín hiệu tốt
- Phương pháp này sử dụng không hiệu quả tần số, phức tạp trong cấu hình, hiệu quả trong chống phadinh lựa chọn tần số



Hình 2.15: Phân tập tần số

42

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

- Các biện pháp chống phadinh

- Phân tập thời gian:
 - Phadinh sâu xảy ra trong thời gian ngắn gây lỗi cụm
- Phân tán thời gian tín hiệu phát để khắc phục lỗi cụm
 - Phân tán các lỗi trong khoảng thời gian rộng hơn => Duy trì chất lượng truyền dẫn trung bình ở giá trị đảm bảo yêu cầu
- Thực hiện bằng kỹ thuật đan xen tín hiệu trước khi phát
- Hiệu quả trong chống lỗi khối, được sử dụng phổ biến

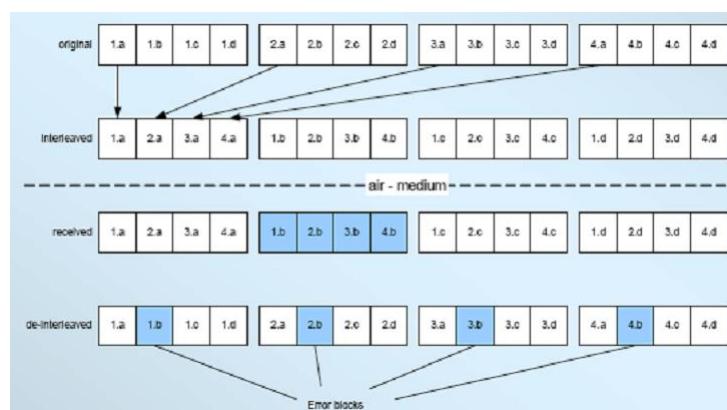
43

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

2.6 Phadinh và các biện pháp chống

- Các biện pháp chống phadinh

- Phân tập thời gian:



Hình 2.15: Phân tập thời gian

44

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.7 Câu hỏi và bài tập

- 9.** Cho đường truyền có các thông số sau: Công suất bức xạ 15 W, bước sóng công tác 35 cm, hệ số hướng tính của anten phát là 100, độ cao của anten phát và anten thu lần lượt là 80 m và 20 m, cự ly đường truyền là 10 km. Với $R = 0,91$ và $\theta = 180^\circ$ khi sóng phân cực ngang và $R = 0,68$; $\theta = 180^\circ$ khi sóng phân cực đứng. Xác định hệ số suy giảm?
 (a) 0,42 và 0,44; (b) 0,52 và 0,54; (c) 0,62 và 0,64; (d) 0,72 và 0,74
- 10.** Số liệu như bài 9, xác định cường độ điện trường hiệu dụng tại điểm thu?
 (a) 10 mV/m và 11,5 mV/m; (b) 11 mV/m và 10,5 mV/m; (c) 11 mV/m và 11,5 mV/m;
 (d) 10,5 mV/m và 11,5 mV/m
- 11.** Số liệu như bài 9, xác định tổn hao truyền sóng biết hệ số hướng tính của anten thu là 100.
 (a) 76,78 dB và 76,45 dB; (b) dB; (c) 76,78 dB và 80,45 dB; (d) 80,78 dB và 80,45 dB
- 12.** Xác định hệ số suy giảm khi đường truyền có các tham số: công suất máy phát 50 W, bước sóng công tác 10 cm, hệ số khuếch đại anten phát 60, độ cao anten phát 25 m, anten thu 10 m, cự ly truyền sóng 10 km, hệ số phản xạ $R = 1$ và $\theta = 180^\circ$
 (a) 1,62 ; (b) 1,72; (c) 1,82; (d) 2
- 13.** Số liệu như bài 12, xác định cường độ điện trường tại điểm thu?
 (a) 115,34 μ V/m; (b) 125,34 μ V/m; (c) 115,34 mV/m; (d) 125,34 mV/m

45

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



2.7 Câu hỏi và bài tập

- 14.** Số liệu như bài 12 nhưng bước sóng công tác là 1m. Hãy xác định cường độ điện trường tại điểm thu?
 (a) 15 mV/m; (b) 16 mV/m; (c) 9.3 mV/m; (d) 18 mV/m
- 15.** Một anten phát được đặt ở độ cao 49m và anten thu được đặt ở độ cao 25m. Khoảng cách tầm nhìn thẳng của hai anten này là giá trị nào dưới đây?
 (a) 35,8 km; (b) 42,8 km; (c) 45,8 km; (d) 50,8 km
- 16.** Một anten phát được đặt ở độ cao 30m và anten thu được đặt ở độ cao 15m. Khoảng cách tầm nhìn thẳng của hai anten này là giá trị nào dưới đây?
 (a) 27,4 km; (b) 30,4 km; (c) 33,4 km; (d) 35,4 km
- 17.** Anten phát vô tuyến truyền hình đặt ở độ cao 64m. Tính độ cao của anten thu tại một điểm đặt cách xa đài phát đó một khoảng 50 km để có thể thu được tín hiệu.
 (a) 2 m; (b) 2,5 m; (c) 3 m; (d) 36 m
- 18.** Xác định bán kính cong của tia sóng khi đi trong tầng đối lưu đối lưu tiêu chuẩn?
 (a) $2 \cdot 10^6$ m; (b) $2,5 \cdot 10^6$ m; (c) $2 \cdot 10^7$ m; (d) $2,5 \cdot 10^7$ m

46

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Email: nvhung_vt1@ptit.edu.vn
Tel: ***
Bộ môn: Vô tuyến
Khoa: Viễn Thông 1
Học kỳ/Năm biên soạn: II/2014

 www.ptit.edu.vn

CHƯƠNG 3:

TRUYỀN LAN SÓNG TRONG THÔNG TIN DI ĐỘNG

2 Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 3.1 Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động
- 3.2 Đặc tính kênh vô tuyến di động
- 3.3 Các loại phadinh phạm vi hẹp
- 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
- 3.5 Các mô hình kênh vô tuyến di động
- 3.6 Câu hỏi và bài tập

3

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 3.1 Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động
- 3.2 Đặc tính kênh vô tuyến di động
- 3.3 Các loại phadinh phạm vi hẹp
- 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
- 3.5 Các mô hình kênh vô tuyến di động
- 3.6 Câu hỏi và bài tập

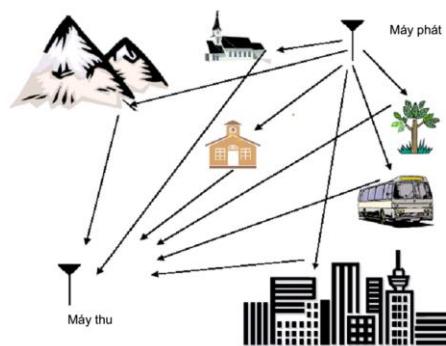
4

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.1 – Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động

• Đặc điểm

- Đặc tính của kênh vô tuyến di động ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng truyền dẫn và dung lượng
 - Phản xạ
 - Nhiều xạ
 - Tán xạ
 - Hiệu ứng Doppler
 - Suy hao phạm vi rộng
 - Ảnh hưởng phạm vi hẹp



Hình 3.1: Truyền sóng vô tuyến

5

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.1 – Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động

• Đặc điểm

- Các yếu tố hạn chế từ môi trường truyền vô tuyến:
 - Suy hao: tăng theo khoảng cách từ 50dB – 150 dB
 - Che tối: Do các vật cản lớn trên đường truyền làm suy giảm tín hiệu
 - Phản xạ đa đường: Tín hiệu trực tiếp, phản xạ, nhiễu xạ, tán xạ, giao thoa với nhau gây méo tín hiệu (thay đổi cường độ tín hiệu) Nhiều giao thoa giữa các ký hiệu ISI, InterSymbol Interference, do phân tán thời gian.
 - Nhieu: Trùng tần số (CCI – CoChannel Interference), kênh lân cận (ACI – Adjacent Channel Interference)

6

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.1 – Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động

• Ảnh hưởng phạm vi rộng

- Suy hao xảy ra do khoảng cách đường truyền (d) và vật cản lớn giữa máy phát và máy thu (shadowing hay phadinh)

$$PL \approx \frac{P_T}{P_R} \quad PL \sim (d)^n \quad (3.1)$$

- n: số mũ suy hao đường truyền
 - Vùng thành phố n: 3,8 – 4,5
 - Vùng nông thôn n: 2,5 – 3
 - Free space n: 2

7

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.1 – Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động

• Ảnh hưởng phạm vi hẹp

- Do ảnh hưởng của phản xạ, tán xạ, nhiễu xạ dẫn đến đa đường dẫn đến các hiệu ứng:
 - Trái trễ (Delay Spread):** Số đo trễ do hiệu độ dài đường truyền của các đường truyền sóng
 - Trái góc (Angle Spread):** Số đo độ dịch góc của các đường truyền không trực tiếp so với đường truyền trực tiếp
 - Trái Doppler (Doppler Spread):** Số đo về tốc độ thay đổi kênh gây ra do sự chuyển động của máy phát và (hoặc) máy thu so với các vật thể tán xạ trong môi trường truyền sóng đa đường.

8

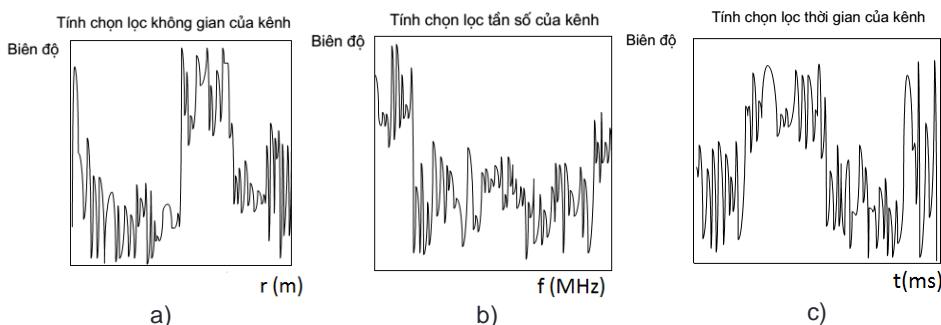
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.1 – Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động

- **Đặc tính ngẫu nhiên của kênh**

- Các kênh vô tuyến mang tính ngẫu nhiên



Hình 3.2: Tính chất kênh trong các miền không gian, tần số và thời gian

9

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 3.1 Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động
- **3.2 Đặc tính kênh vô tuyến di động**
- 3.3 Các loại phadinh phạm vi hẹp
- 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
- 3.5 Các mô hình kênh vô tuyến di động
- 3.6 Câu hỏi và bài tập

10

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

• Miền không gian

- **Tổn hao đường truyền (Path Loss) PL hay L_p**
 - Phụ thuộc khoảng cách: Công suất thu trung bình giảm so với khoảng cách theo hàm logarit

$$PL \sim (d)^n \quad (3.2)$$

- Mô hình tổn hao đường truyền bao gồm nhiều tham số, tại một khoảng cách d xác định thì PL là một quá trình ngẫu nhiên có phân bố log chuẩn quanh giá trị trung bình

$$PL(d)[dB] = \overline{PL(d)} + X_\sigma = \overline{PL(d_0)} + 10n \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma \quad (3.3)$$

$\overline{PL(d)}$: Tổn hao đường truyền trung bình tại khoảng cách d

X_σ : Biến ngẫu nhiên phân bố Gauss, trung bình "0", phương sai σ

d_0 : khoảng cách tham chuẩn thu phát

n : số mũ tổn hao đường truyền

11

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

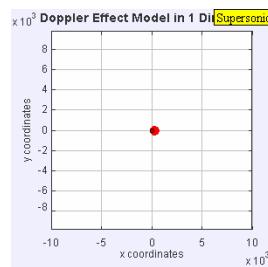
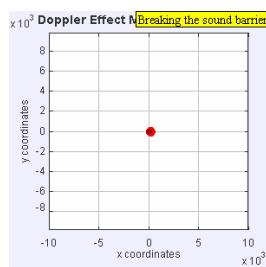
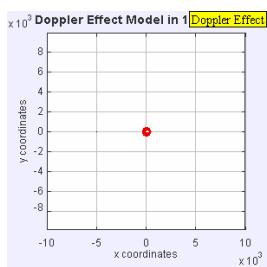
3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

• Miền tần số

- **Hiệu ứng Doppler**

$$f = \left(\frac{c + v_r}{c + v_s} \right) f_0 \quad (3.4) \quad \approx \quad f = (1 + \frac{\Delta v}{c}) f_0 \quad (3.5)$$

c: vận tốc truyền sóng; v_r : vận tốc máy thu; v_s : vận tốc máy phát
f: tần số thu; f_0 : tần số phát; f_d : độ dịch tần số gây ra bởi hiệu ứng Doppler



Hình 3.3: Hiệu ứng Doppler

12

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

- Miền tần số

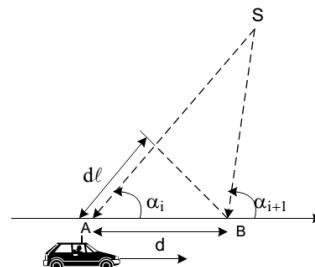
- Hiệu ứng Doppler

$$f_i = f_d \cos \alpha_i \quad (3.6)$$

$$f_{i\max} = f_d \quad \text{Khi } \alpha = 0$$

$$f_{i\min} = -f_d \quad \text{Khi } \alpha = \pi$$

$$f_i = 0 \quad \text{Khi } \alpha = \pi/2$$

Hình 3.4: Hiệu ứng Doppler với góc α

13

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

- Miền tần số

- Điều biến tần số:

- Hiệu ứng Doppler => dịch tần số Doppler f_d

$$f = f_d \cos \alpha = \frac{v}{c} f_0 \cdot \cos \alpha = \frac{v}{\lambda} \cos \alpha \quad (3.6)$$

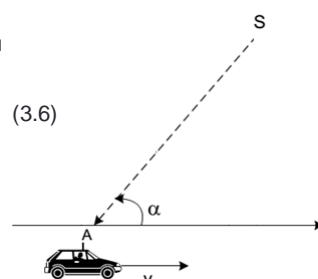
$$f_R = f_0 + f$$

v: vận tốc của máy di động (MS)

c: vận tốc truyền sóng

f_0 : tần số phát

f_R : tần số thu



- Tín hiệu đa đường từ các phương khác nhau làm tăng độ rộng băng tần tín hiệu, gọi là trải phổ doppler

- Chọn lọc tần số:

- Một số đoạn phổ của tín hiệu qua kênh chọn lọc tần số bị ảnh hưởng nhiều hơn

- Pha định chọn lọc tần số

14

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

• Miền tần số

- Điều biến tần số:

 - Hiệu ứng Doppler => dịch tần số Doppler f_d

$$(3.6) \quad f = f_d \cos \alpha = \frac{v}{c} f_0 \cdot \cos \alpha = \frac{v}{\lambda} \cos \alpha$$

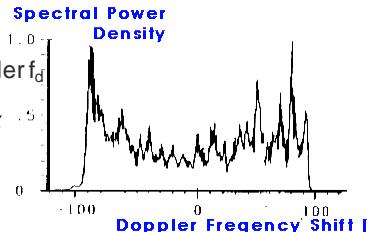
$$f_R = f_0 + f$$

v: vận tốc của máy di động (MS)

c: vận tốc truyền sóng

f_0 : tần số phát

f_R : tần số thu



Hình 3.5: measured Doppler spread at 1800 MHz. Doppler spread = 60.3 Hz

- Tín hiệu đa đường từ các phương khác nhau làm tăng độ rộng băng tần tín hiệu, gọi là trễ phổ doppler

- Chọn lọc tần số:

 - Một số đoạn phổ của tín hiệu qua kênh chọn lọc tần số bị ảnh hưởng nhiều hơn
 - Phadinh chọn lọc tần số

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

• Miền thời gian

- Ảnh hưởng của kênh vô tuyến thay đổi theo thời gian (phadinh chọn lọc thời gian)
- Ảnh hưởng bởi đa đường => phân tán thời gian (tán thời hay trễ trễ)
- Ảnh hưởng nghiêm trọng đến các hệ thống tốc độ cao.
- Biểu diễn tín hiệu thu:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \cdot h(t - \tau) = x(t) * h(t, \tau) \quad (3.7)$$

x(t): tín hiệu phát

τ : trễ đa đường

$h(t - \tau)$: đáp ứng xung với trễ τ

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

- Miền thời gian

- Trải trễ trung bình quân phương, RDS (Root mean square Delay Spread)

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\bar{\tau}^2 - \bar{\tau}^2} \quad (3.8)$$

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (3.9)$$

$$\bar{\tau}^2 = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (3.10)$$

$P(\tau_k)$: Công suất trung bình đa đường với trễ τ_k

$\bar{\tau}$: Trễ trội trung bình

$\bar{\tau}^2$: Moment bậc hai của lý lịch trễ công suất

- RDS biểu thị trễ so với đường đến sớm nhất (LOS – Line of Sight)
- Đánh giá ảnh hưởng của ISI (InterSymbol Interference)

17

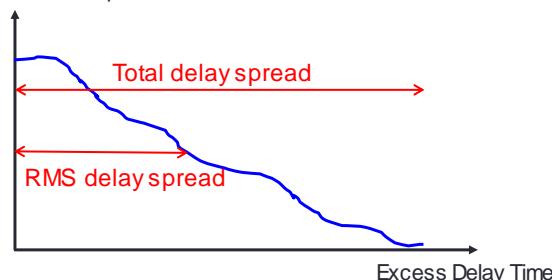
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

- Miền thời gian

- Trải trễ trung bình quân phương, RDS (Root mean square Delay Spread)

Expected Power per Unit of time



Hình 3.6: RMS delay spread

- Tránh được ISI khi chu kỳ tín hiệu dài hơn khoảng 10 lần RDS
- 0,2 μs nồng độ – 3 μs nội thị – 0,5 μs ngoại ô

18

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

- **Miền thời gian**

- **Trễ trội cực đại:**

- Trễ trội cực đại tại, X dB, là trễ thời gian mà ở đó năng lượng đa đường giảm X dB so với năng lượng cực đại.

- **Thời gian nhất quán T_c (Coherence time):**

- Là thời gian mà ở đó kênh có tương quan rất mạnh đến tín hiệu thu
 - T_c : Xác định đặc tính tĩnh của kênh, các tín hiệu truyền qua kênh chịu ảnh hưởng của phadinh như nhau (không phụ thuộc thời gian, kênh phadinh chậm)

19

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.2 – Đặc tính của kênh vô tuyến di động

- **Quan hệ các thông số trong các miền khác nhau**

- **Băng thông nhất quán và trải trễ trung bình quân phương**

- Băng thông nhất quán, Coherence Bandwidth, B_c , là dải tần mà kênh có đặc tính tĩnh theo tần số, tác động của kênh lên các thành phần phổ trong dải tần đều như nhau

- Với hàm tương quan tần số (Frequency correlation function) là 0,5

$$B_{c,50} = \frac{1}{5\sigma_r} \quad (3.11)$$

- Với hàm tương quan tần số là 0,9

$$B_{c,90} = \frac{1}{50\sigma_r} \quad (3.12)$$

- **Thời gian nhất quán và trải Doppler**

$$T_c \approx \frac{1}{f_d} \quad f_d = \frac{v}{\lambda} \quad (3.13)$$

20

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 3.1 Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động
- 3.2 Đặc tính kênh vô tuyến di động
- **3.3 Các loại phadinh phạm vi hẹp**
- 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
- 3.5 Các mô hình kênh vô tuyến di động
- 3.6 Câu hỏi và bài tập

21

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.3 – Các loại phadinh phạm vi hẹp

- **Phân loại phadinh phạm vi hẹp (Small-Scale fading)**
 - **Dựa trên trễ đa đường (Multipath time delay spread)**
 - Là thông số miền thời gian, làm méo tín hiệu do trễ và gây phadinh chọn lọc tần số (ảnh hưởng lên đặc tính kênh miền tần số)
 - **Phadinh phẳng**
 - **Phadinh chọn lọc tần số**
 - **Dựa trên trễ Doppler (Doppler spread)**
 - Là thông số miền tần số, dẫn đến tán tần và phadinh chọn lọc thời gian (ảnh hưởng lên đặc tính kênh miền thời gian)
 - **Phadinh chậm**
 - **Phadinh nhanh**
 - **Phân loại phadinh ngoài phụ thuộc vào trễ đa đường và băng thông nhất quán còn phụ thuộc và đặc điểm của tín hiệu bao gồm chu kỳ tín hiệu và độ rộng băng tần tín hiệu**
- ➡ Lựa chọn tín hiệu phù hợp sẽ cải thiện được hiệu năng truyền dẫn

22

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.3 – Các loại phadinh phạm vi hẹp

- Phân loại phadinh phạm vi hẹp (Small-Scale fading)

Cơ sở phân loại	Điều kiện	Loại Phadinh
Trải trễ đa đường	$B_s \ll B_c \mid T_s > 10\sigma_t$	Phadinh phẳng
	$B_s > B_c \mid T_s < 10\sigma_t$	Phadinh chọn lọc tần số
Trải Doppler	$T_s > T_c \mid B_s < f_d$	Phadinh nhanh
	$T_s \ll T_c \mid B_s \gg f_d$	Phadinh chậm

B_s : Độ rộng băng tần tín hiệu

B_c : Băng thông nhất quán

f_d : Trải Doppler cực đại

T_s : Chu kỳ tín hiệu

σ_t : Trải trễ trung bình quân phương

23

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 3.1 Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động
- 3.2 Đặc tính kênh vô tuyến di động
- 3.3 Các loại phadinh phạm vi hẹp
- 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
- 3.5 Các mô hình kênh vô tuyến di động
- 3.6 Câu hỏi và bài tập

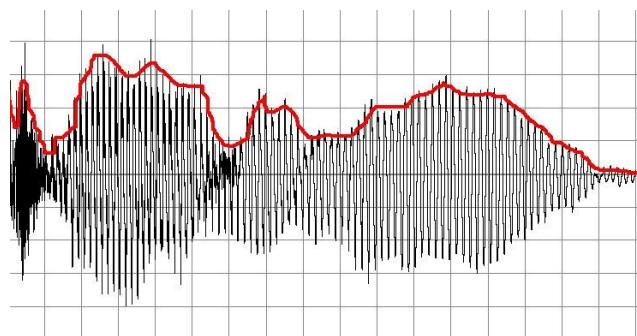
24

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.4 – Các phân bố Rayleigh và Rice

- Đường bao tín hiệu (signal envelope)

Đường nối điện áp đỉnh của các thành phần tín hiệu thu được



Hình 3.8: Đường bao tín hiệu

25

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.4 – Các phân bố Rayleigh và Rice

- Phân bố phadinh Rayleigh

- Là phân bố đường bao đa đường một thành phần tín hiệu đơn lẻ
- Là phân bố đường bao của tổng hai tín hiệu có phân bố Gauss vuông góc
- Hàm mật độ xác suất, PDF

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}, & 0 \leq r \leq \infty \\ 0, & r < 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

r: điện áp đường bao tín hiệu thu

σ : Giá trị trung bình quân phương của từng thành phần của tín hiệu thu

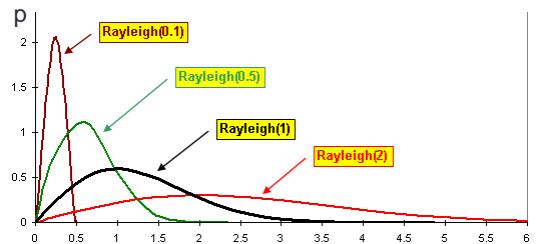
σ^2 : Công suất trung bình theo thời gian của tín hiệu thu

26

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.4 – Các phân bố phadinh Rayleigh và Rice

- Phân bố phadinh Rayleigh

Hình 3.9: Phân bố Rayleigh với các giá trị $\sigma = 0.1 - 2$

- Giá trị trung bình của phân bố Rayleigh

$$r_{ib} = E[r] = \int_0^{\infty} rp(r)dr = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,253\sigma \quad (3.15)$$

- Phương sai (thể hiện thành phần công suất xuay chiều trong đường bao)

$$\sigma_r^2 = E[r^2] - E[r]^2 = \int_0^{\infty} r^2 p(r)dr - \left(\sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}}\right)^2 = \sigma^2 \left(2 - \frac{\pi}{2}\right) = 0,4292\sigma^2 \quad (3.16)$$

27

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.4 – Các phân bố Rayleigh và Rice

- Phân bố phadinh Rice

- Là phân bố đường bao phadinh phạm vi hẹp, nhận được khi tín hiệu thu có thành phần ổn định vượt trội (phản lớn nằm trong LoS)

- Các thành phần đa đường xếp chồng lên tín hiệu vượt trội

- Hàm mật độ xác suất, PDF

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{(r^2+A^2)}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{Ar}{\sigma^2}\right), & A \geq 0, r \geq 0 \\ 0 & r < 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

$$I_0(y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{y \cos t} dt$$

A: biên độ đỉnh của tín hiệu vượt trội

I_0 : Hàm Bessel cải tiến loại một bậc không

28

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

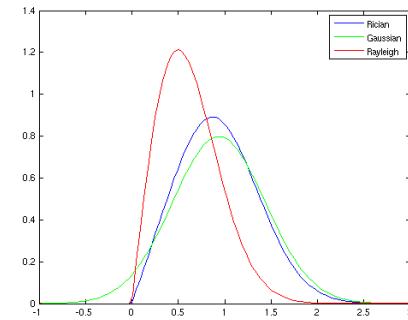
3.4 – Các phân bố Rayleigh và Rice

- Phân bố phadinh Rice

- Phân bố Rice thường được mô tả bằng thửa số K

$$K = \frac{\text{Công suất trong đường vượt trội}}{\text{Công suất trong đường tán xạ}} = \frac{A^2}{2\sigma^2} \quad (3.18)$$

- $A \rightarrow 0, K \rightarrow -\infty$: Kênh suy thoái thành kênh Rayleigh – Thành phần trực tiếp giảm cường độ
- $A \rightarrow \infty, K \rightarrow \infty$: Kênh tiến triển thành kênh Gauss – Chỉ còn thành phần trực tiếp



Hình 3.10: So sánh các phân bố Rice, Rayleigh và Gauss

29

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 3.1 Đặc trưng truyền sóng vô tuyến di động
- 3.2 Đặc tính kênh vô tuyến di động
- 3.3 Các loại phadinh phạm vi hẹp
- 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
- 3.5 Các mô hình kênh vô tuyến di động
- 3.6 Câu hỏi và bài tập

30

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.5 – Mô hình kênh

- Mô hình kênh trong miền thời gian

- Nguyên tắc:**

- Kênh phadinh đa đường: đặc trưng toán học bằng bộ lọc tuyến tính thay đổi theo thời gian (đường trễ)
- Kênh đặc trưng bằng đáp ứng xung kim kênh

$$h(\tau, t) = \sum_{l=0}^{L-1} \beta_l(t) e^{i\theta_l(t)} \delta(\tau - \tau_l(t)), \quad l = 0, 1, \dots, L-1 \quad (3.19)$$

Với $\beta_l(t)$, $\theta_l(t)$, $\tau_l(t)$ biểu thị cho biên độ, pha và trễ đối với xung thứ l (đường truyền l);

τ : Biểu thị cho trễ, t : biểu thị cho sự thay đổi theo thời gian của bản thân cấu trúc xung kim $\delta()$ biểu thị cho hàm Delta Dirac. L : tổng số đường truyền

- Tín hiệu đầu ra tính bằng tích chập tín hiệu đầu vào kênh với đáp ứng xung kim kênh

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t, \tau) d\tau = x(t) * h(t, \tau) \quad (3.20)$$

31

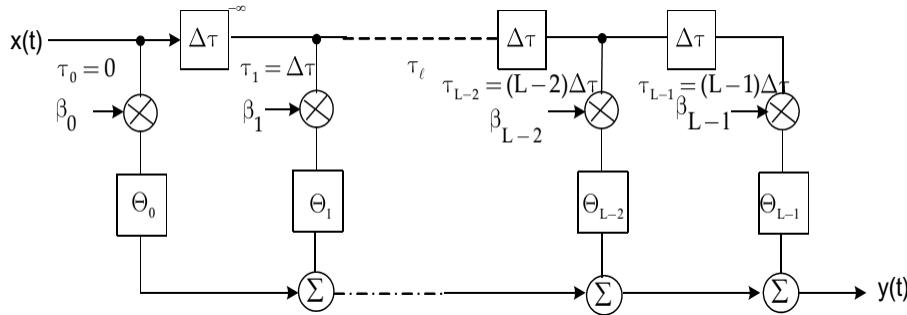
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

3.5 – Mô hình kênh

- Mô hình kênh trong miền thời gian

$$h(\tau, t) = \sum_{l=0}^{L-1} \beta_l(t) e^{i\theta_l(t)} \delta(\tau - \tau_l(t)), \quad l = 0, 1, \dots, L-1$$

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t, \tau) d\tau = x(t) * h(t, \tau)$$



Hình 3.11: Mô hình kênh vô tuyến di động bằng đường trễ đa nhánh

32

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

3.5 – Mô hình kênh

- Mô hình kênh trong miền thời gian
 - Các thông số kênh
 - Lý lịch trễ công suất, Power delay profile (PDP): là một hàm rút ra từ đáp ứng xung kim
$$p(\tau) = \sum_{l=0}^{L-1} p_l^2 \delta(\tau - \tau_l) \quad (3.21)$$
 - Công suất thu chuẩn hóa:
$$p_0 = \sum_l p_l^2$$
- Tỉ số K:
$$K = \frac{p_{l_{\max}}}{p_0 - p_{l_{\max}}}$$

Trải trễ trung bình quân phương

$$\sigma_\tau = \sqrt{\tau^2 - \bar{\tau}^2}$$

Hình 3.12: Biểu đồ lý lịch trễ công suất PDP

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

3.5 – Mô hình kênh

- Mô hình kênh trong miền tần số
 - Nguyên tắc:**
 - Sự thay đổi thời gian trễ τ dẫn đến thay đổi tần số f', nghĩa là tán thời của kênh khiến kênh mang tính chọn lọc tần số
 - Thực hiện biến đổi Fourier đáp ứng xung kim kênh trong miền thời gian

$$H(f', t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau, t) e^{-j2\pi f' \tau} d\tau = \sum_{l=0}^{L-1} \beta_l(t) e^{-j[2\pi f' \tau_l(t) + \theta_l(t)]} \quad (3.22)$$

Với đáp ứng xung kim kênh

$$h(\tau, t) = \sum_{l=0}^{L-1} \beta_l(t) e^{i\theta_l(t)} \delta(\tau - \tau_l(t)), \quad l = 0, 1, \dots, L-1$$

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.6 Câu hỏi và bài tập

18. Xét một máy phát phát xạ sóng mang có tần số 1850 MHz. Máy di động được đặt trên xe ô tô chạy với tốc độ 80 km/giờ. Tính tần số sóng mang tại máy thu khi máy di động tiến thẳng đến máy phát?

(a) 1850,000010 MHz; (b) 1850, 000120 MHz; (c) 1850,000137MHz

19. (Tiếp). Tính tần số sóng mang tại máy thu khi máy di động rời xa máy phát

(a) 1850,000118MHz; (b) 1850,000220MHz; (c) 1849,999863MHz

20. (Tiếp). Tính tần số sóng mang tại máy thu khi máy di động chuyển động vuông góc với phương sóng tới.

(a) 1850,000118MHz; (b) 1850,000220MHz; (c) 1849,999863MHz; (d) 1850 MHz

21. Giả thiết đáp ứng xung kim kêtch được sử dụng để lập mô hình cho các kêtch vô tuyến với trễ trội lớn nhất là $100\mu s$. Nếu số nhánh trễ được cố định là 64. Tìm $\Delta\tau$ của mô hình đường trễ đa nhánh.

(a) $1,3\mu s$; (b) $1,56\mu s$; (c) $1,5625\mu s$; (d) $1,625\mu s$

35

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



3.6 Câu hỏi và bài tập

22. Một đường truyềns có lý lịch trễ công suất sau:

$T_k (\mu s)$	0	1	2	5
$P_k(T_l) (dB)$	-20	-10	-10	0

Tính trễ trội trung bình?

(a) $3,5\mu s$; (b) $4\mu s$; (c) $4,38\mu s$; (d) $5,12\mu s$

23. (tiếp) Tính moment bậc hai của lý lịch trễ công suất.

(a) $18,07\mu s^2$; (b) $19,07\mu s^2$; (c) $20,07\mu s^2$; (d) $21,07\mu s^2$

24. (tiếp). Tính trễ trội trung bình quan phương.

(a) $1,02\mu s$; (b) $1,2\mu s$; (c) $1,27\mu s$; (d) $1,37\mu s$

25. (tiếp). Tính băng thông nhất quan khi tương quan tần số nhỏ nhất là 0,5.

(a) 126KHz; (b) 136KHz; (b) 146KHz; (d) 156 kHz

36

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Posts & Telecommunications Institute of Technology



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên:

Nguyễn Việt Hưng

Email:

nvhung_vt1@ptit.edu.vn

Tel:

Bộ môn:

Vô tuyến

Khoa:

Viễn Thông 1

Học kỳ/Năm biên soạn:

II/2014

CHƯƠNG 4:

LÝ THUYẾT CHUNG VỀ ANTEN

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Lịch sử phát triển

- Anten ra đời từ bao giờ?
- Thí nghiệm của Faraday - 1830s => Chỉ ra được sự liên hệ giữa sự biến đổi của điện trường và từ trường
- Hệ phương trình Maxwell - 1873

Hệ thống không dây đầu tiên
– Heinrich Hertz – 1886



4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Lịch sử phát triển

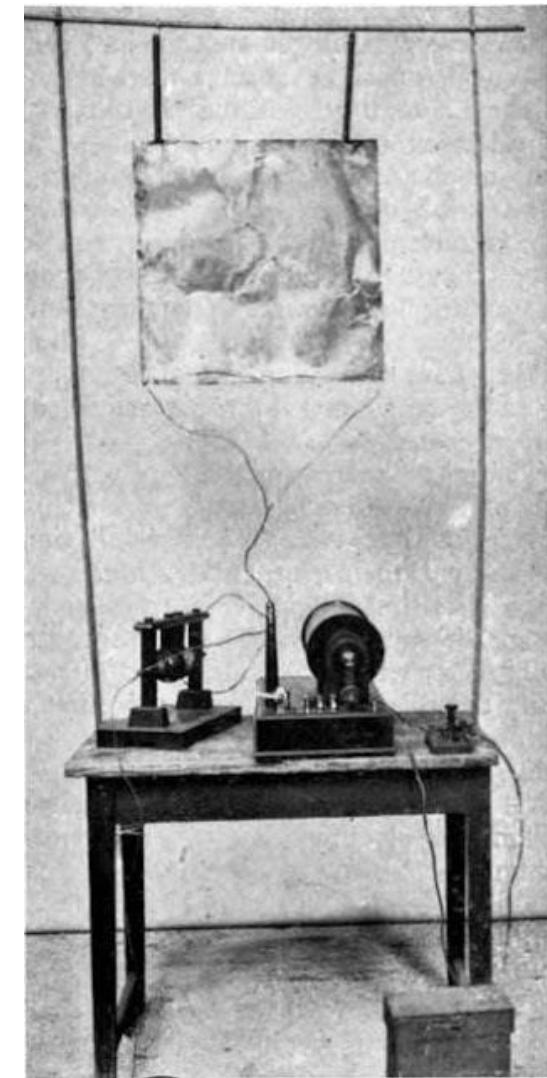
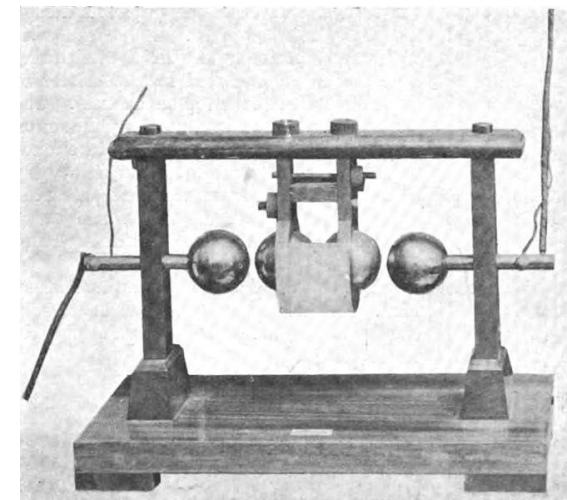
- Anten ra đời từ bao giờ?
- Thí nghiệm của Faraday - 1830s => Chỉ ra được sự liên hệ giữa sự biến đổi của điện trường và từ trường
- Hệ phương trình Maxwell - 1873
- Hệ thống không dây đầu tiên – Heinrich Hertz – 1886
- 1901, Marconi lần đầu tiên gửi tín hiệu qua biển atlantic

4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Lịch sử phát triển

• Marconi story:

- Early experiment in Italy - 1895
- 1897 Marconi's Wireless Telegraph Company Ltd, (Marconi Company in 1900) in England
- On May 13, 1897, he world's first ever wireless communication over open sea. message transversed over the Bristol Channel, a distance of 3.7 miles (6 kms). The message read "Are you ready."

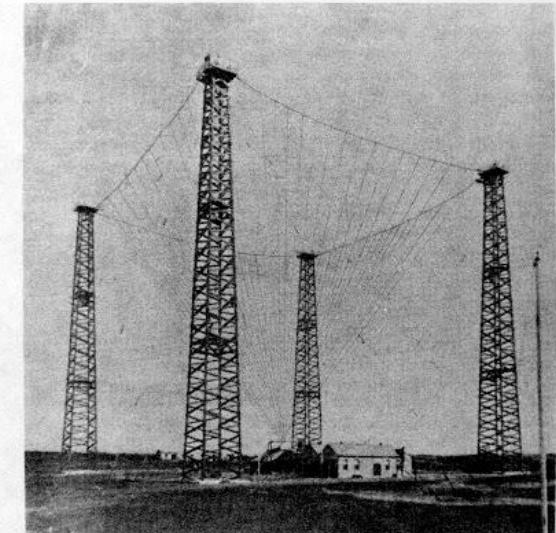
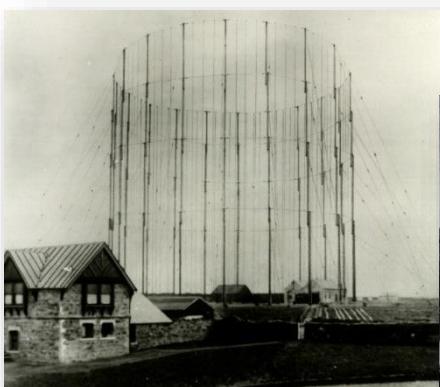


4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Lịch sử phát triển

• Marconi story:

- December 12, 1901, a 164 foot antenna in Poldhu, Cornwall and a receiver in St John's, Newfoundland using the 3 morse dots of "s".



Marconi station at Poldhu, Cornwall, England, about 1905. The four wooden towers support a network of wires which converge to a point just above the transmitting and receiving buildings between the towers.

4.1 – Giới thiệu chung về anten



4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Lịch sử phát triển

- Marconi story:

- December 12, 1901, a 164 foot antenna in Poldhu, Cornwall and a receiver in St John's, Newfoundland using the 3 morse dots of "s".
- Marconi was awarded the Nobel Prize for Physics in 1909 and the IEEE Medal of Honor in 1920, among other awards received during his life.



CQD (-.-/-./...)



4.1 – Giới thiệu chung về anten

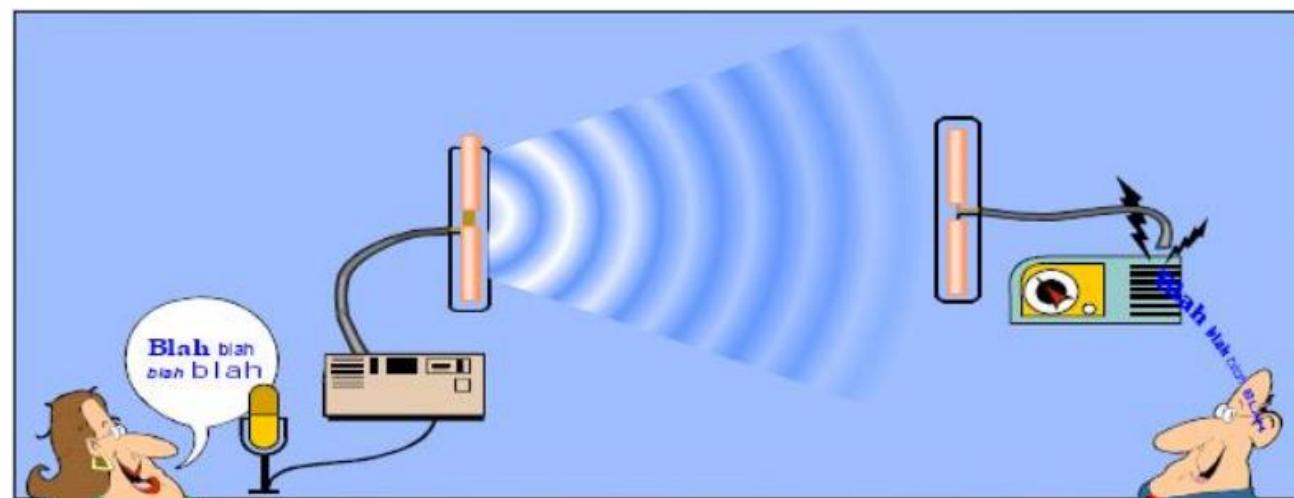
- **Lịch sử phát triển**

- Các loại anten phổ biến:
 - Yagi-Uda Antenna, 1920s
 - Horn antennas, 1939
 - Antenna Arrays, 1940s
 - Parabolic Reflectors, cuối 1940s
 - Patch Antennas, 1970
 - PIFA, 1980s.

4.1 – Giới thiệu chung về anten

- **Vai trò của anten**

- Là thiết bị bức xạ sóng điện từ ra không gian và thu nhận sóng điện từ từ không gian bên ngoài
 - Anten phát: biến đổi tín hiệu điện cao tần từ máy phát thành sóng điện từ tự do lan truyền trong không gian
 - Anten thu: Tập trung năng lượng sóng điện từ trong không gian thành tín hiệu điện cao tần đưa đến máy thu



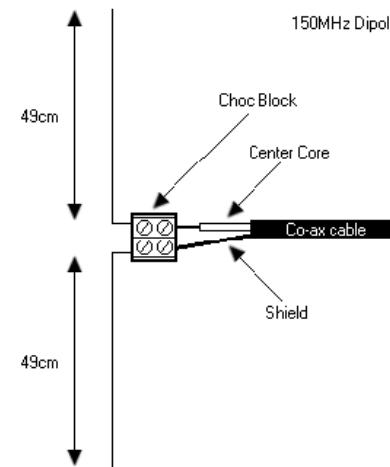
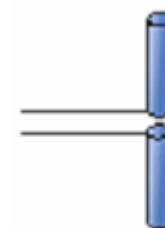
Hình 4.1: Truyền sóng vô tuyến

4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

- Dipole:

a) Dipole



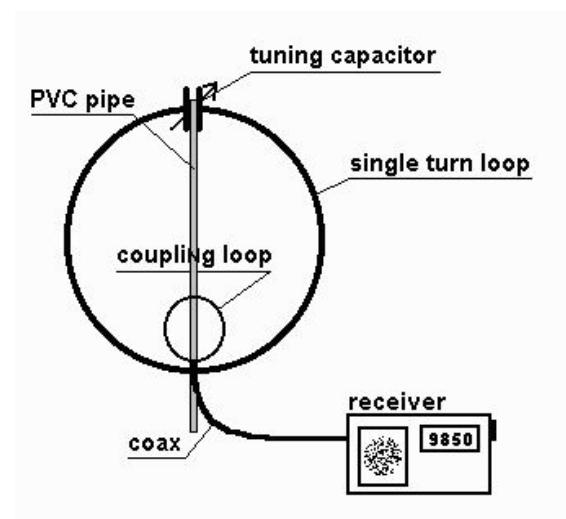
b)
Biconical
Dipole



4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

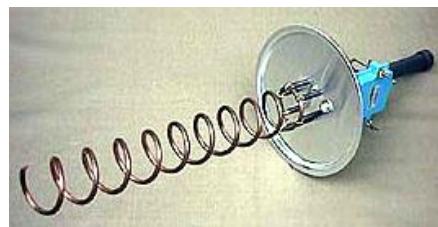
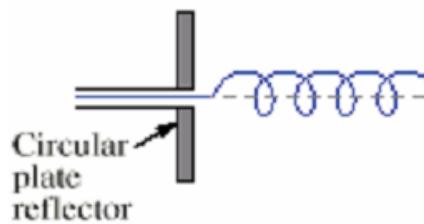
- Loop:



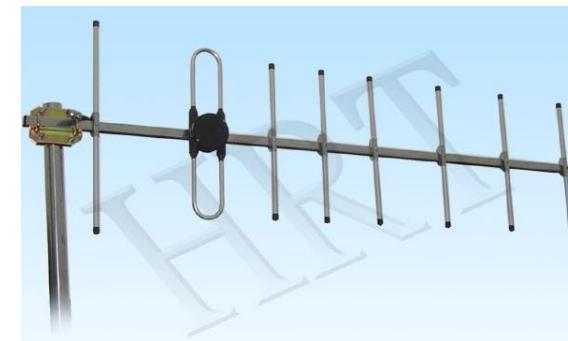
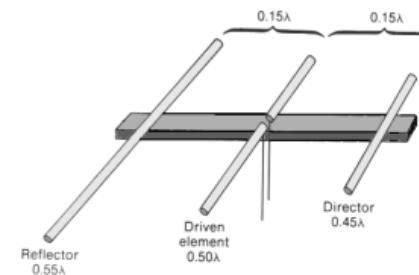
4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

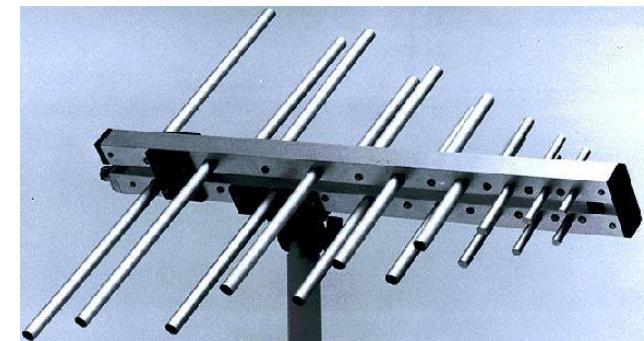
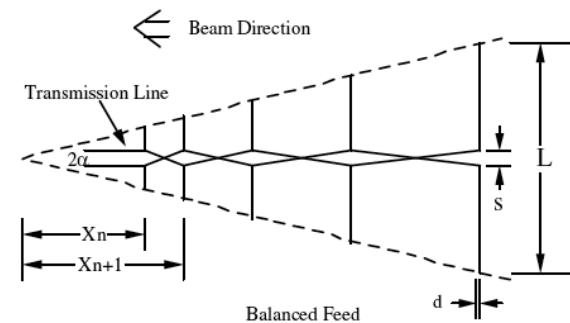
Helix



Yagi



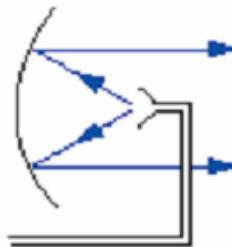
Log-Periodic



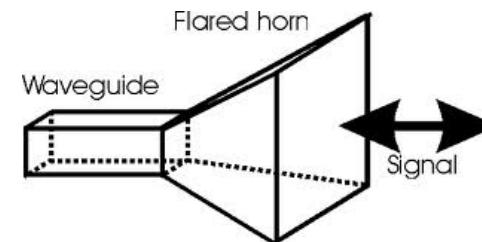
4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

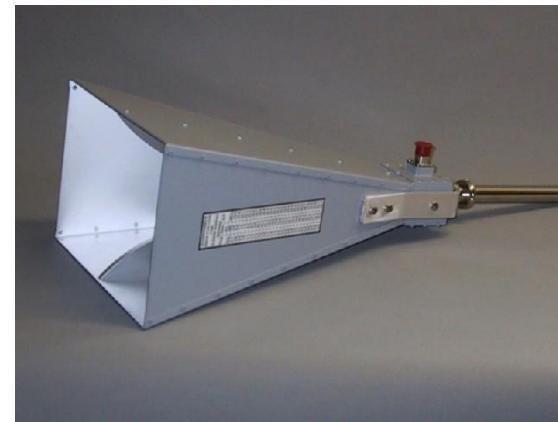
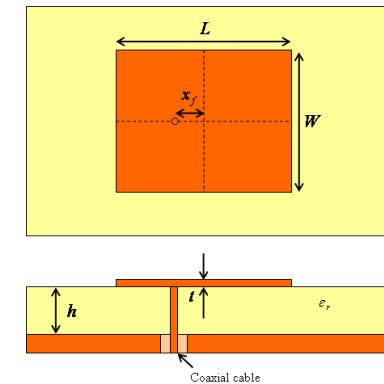
Parabolic



Horn



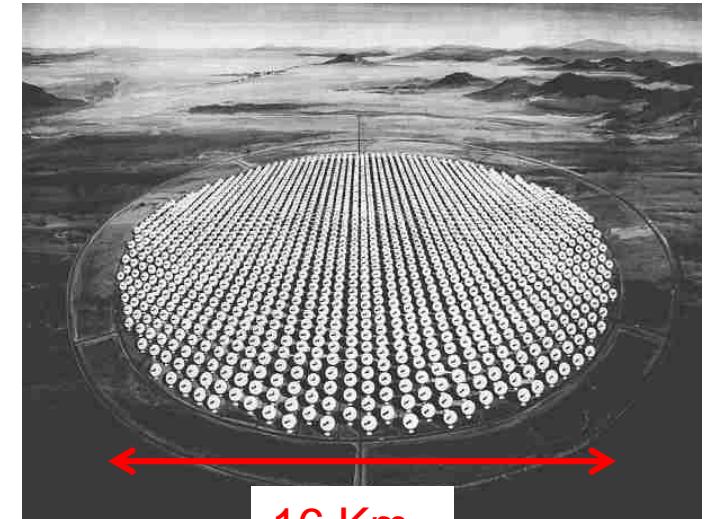
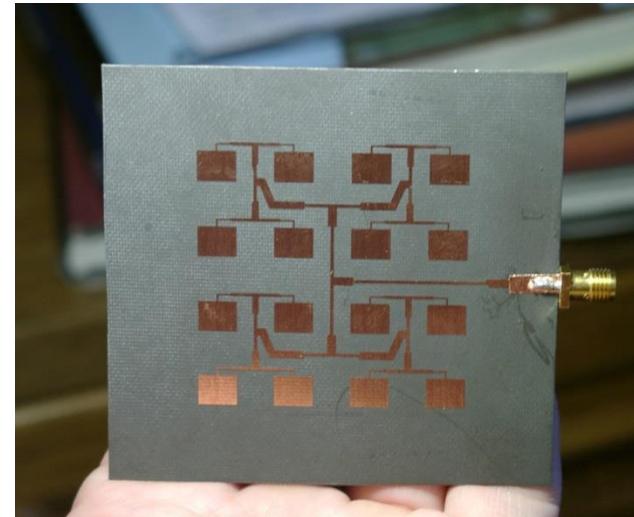
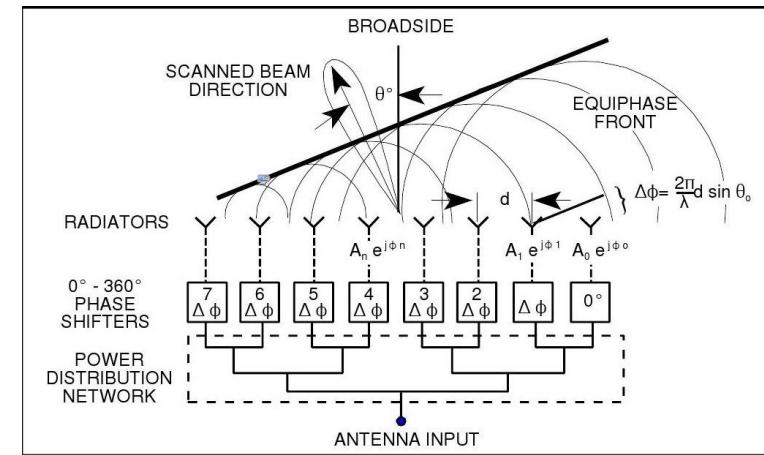
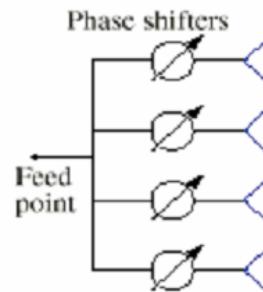
Microstrip



4.1 – Giới thiệu chung về anten

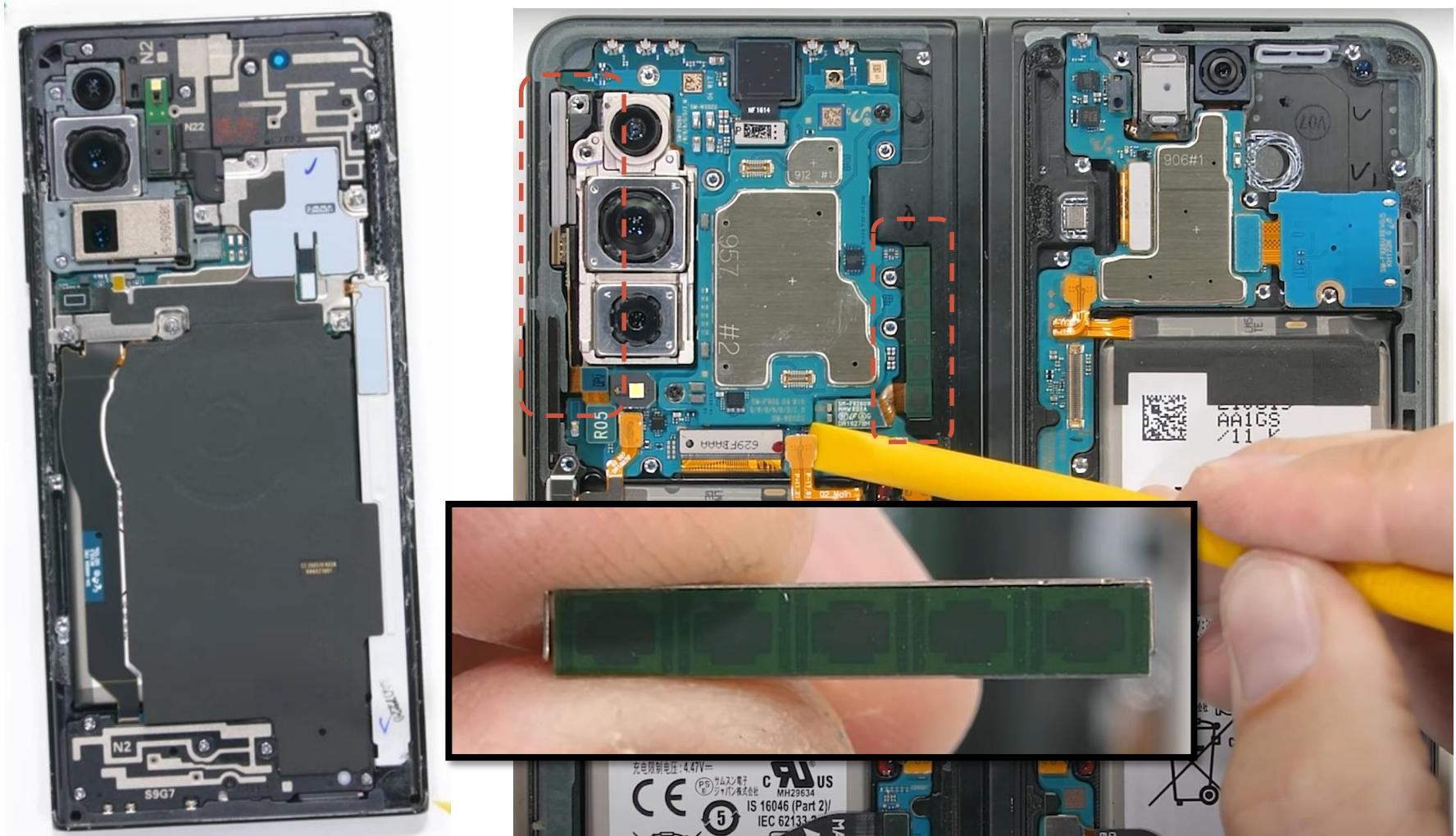
- Các loại anten cơ bản

- Mảng anten



16 Km

4.1 – Giới thiệu chung về anten



Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

4.1 – Giới thiệu chung về anten

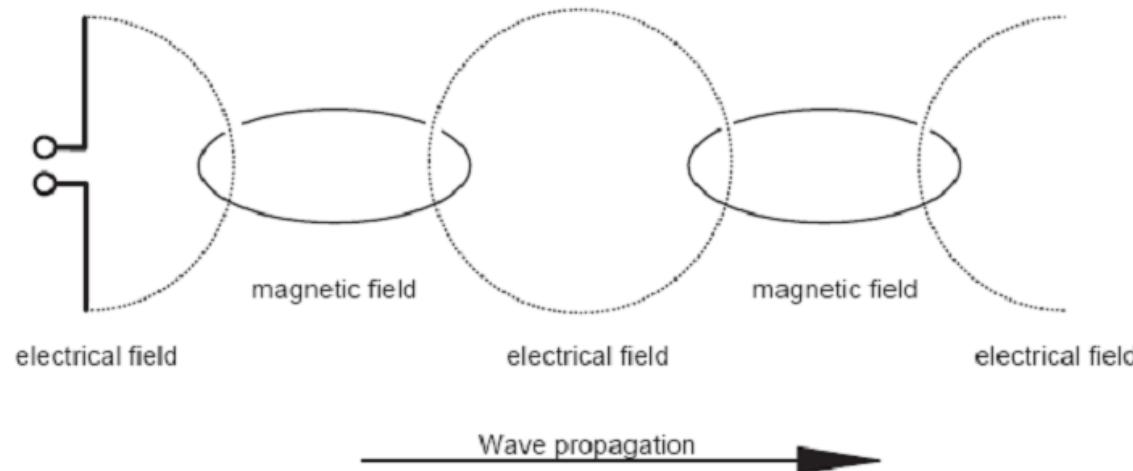
- **Quá trình vật lý bức xạ sóng điện từ**

- **Điện trường xoáy:**

- Là điện trường có các đường sức không bị ràng buộc với các điện tích tạo ra nó mà tự bắn thân chúng khép kín.

- **Điều kiện lan truyền sóng điện từ**

- **Quy luật của điện từ trường biến thiên**, điện trường xoáy biến thiên sẽ sinh ra từ trường biến đổi. Bản thân từ trường biến đổi lại sinh ra một điện trường xoáy mới. Quá trình lặp lại và sóng điện từ được hình thành



Hình 4.2: Quá trình truyền lan sóng điện từ

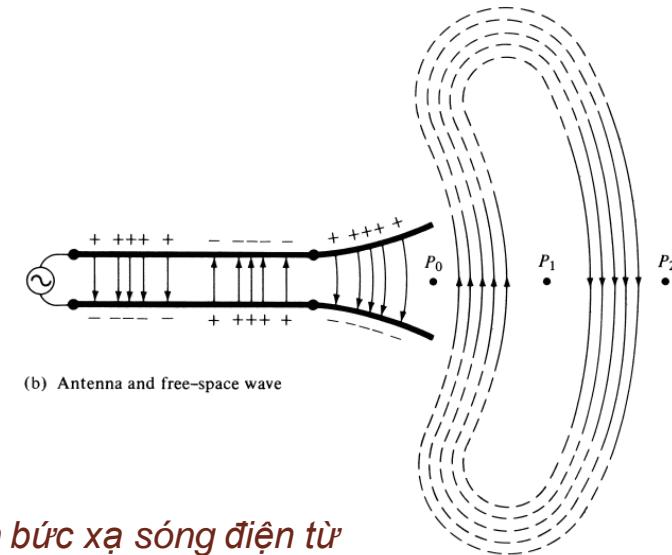
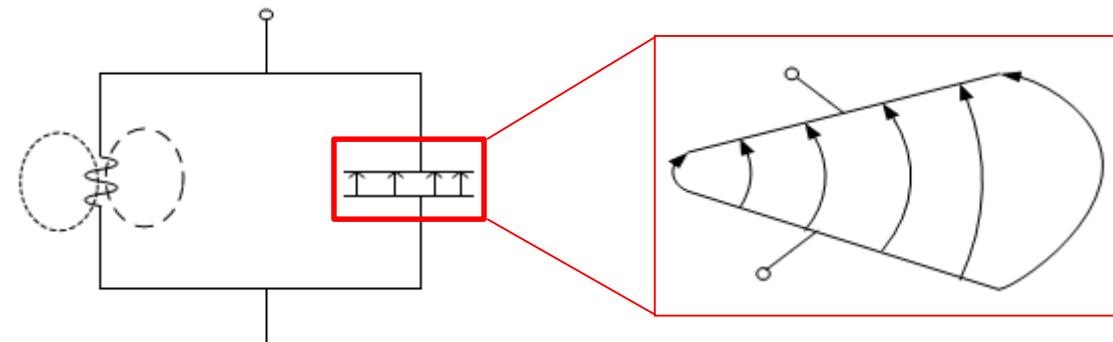
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng

Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Quá trình vật lý bức xạ sóng điện từ

- Mạch dao động L, C
- Điện trường biến thiên ở không gian giữa hai má tụ
- Từ trường biến thiên trong lòng cuộn dây
- Năng lượng hệ thống gần như bảo toàn
- Mở rộng khoảng cách giữa hai má tụ. Điện trường biến thiên với biên độ lớn hơn trong khoảng không gian bên ngoài
- Các đường sức ở xa tự khép kín => điện trường xoáy và lan truyền



Hình 4.3: Quá trình bức xạ sóng điện từ

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- **4.2 Các tham số cơ bản của anten**
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

4.2 – Các tham số cơ bản

- **Hàm tính hướng (Radiation intensity)**

- **Khái niệm:**

- Là hàm số biểu thị sự phụ thuộc của cường độ trường bức xạ bởi anten theo hướng khảo sát khi cự ly khảo sát là không đổi

$$\vec{f}(\theta, \varphi) = f_\theta(\theta, \varphi) \cdot \vec{i}_\theta + f_\varphi(\theta, \varphi) \cdot \vec{i}_\varphi \quad (4.1)$$

θ, φ : Góc bức xạ của anten trong tọa độ cực (Góc ngang và góc phương vị)

- **Hàm tính hướng biên độ:** biểu thị quan hệ của biên độ trường bức xạ theo hướng khảo sát với cự ly khảo sát không đổi

$$|\vec{f}(\theta, \varphi)| = \sqrt{|f_\theta(\theta, \varphi)|^2 + |f_\varphi(\theta, \varphi)|^2} \quad (4.2)$$

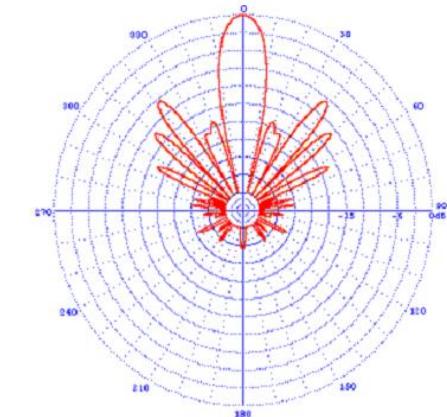
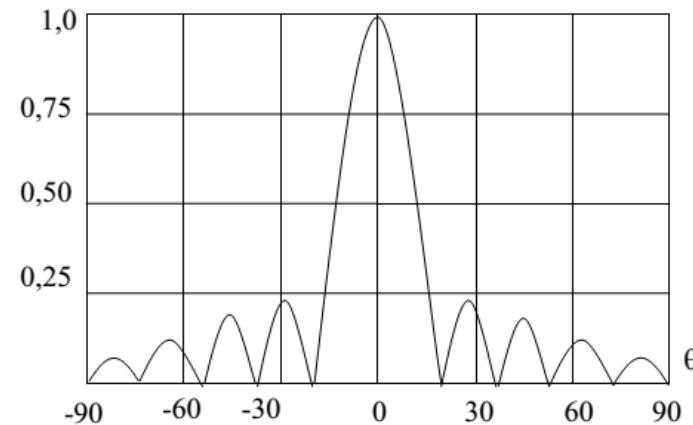
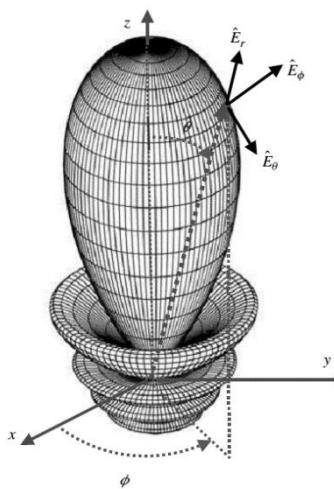
- **Hàm biên độ tương đối (chuẩn hóa)**

$$F(\theta, \varphi) = \frac{|f(\theta, \varphi)|}{|f(\theta, \varphi)|_{max}} \quad F(\theta, \varphi)_{max} = 1 \quad (4.3)$$

4.2 – Các tham số cơ bản

- Đồ thị tính hướng (Radiation pattern)

- Là đồ thị không gian biểu thị sự biến đổi tương đối của biên độ trường bức xạ theo hướng khảo sát khi cự ly khảo sát là không đổi
- Được vẽ từ $F(\theta, \phi)$ trên tọa độ Đè các hoặc tọa độ cực
 - Mặt phẳng chọn vẽ đồ thị là hai mặt phẳng vuông góc đi qua hướng bức xạ cực đại của anten theo (θ, ϕ)
 - Với tọa độ cực, trục chuẩn ban đầu chọn trùng với trục đối xứng của đồ thị, bắt đầu ở hướng cực đại
 - Thang biểu diễn thường theo thang logarit (dB) hoặc theo thang thập phân



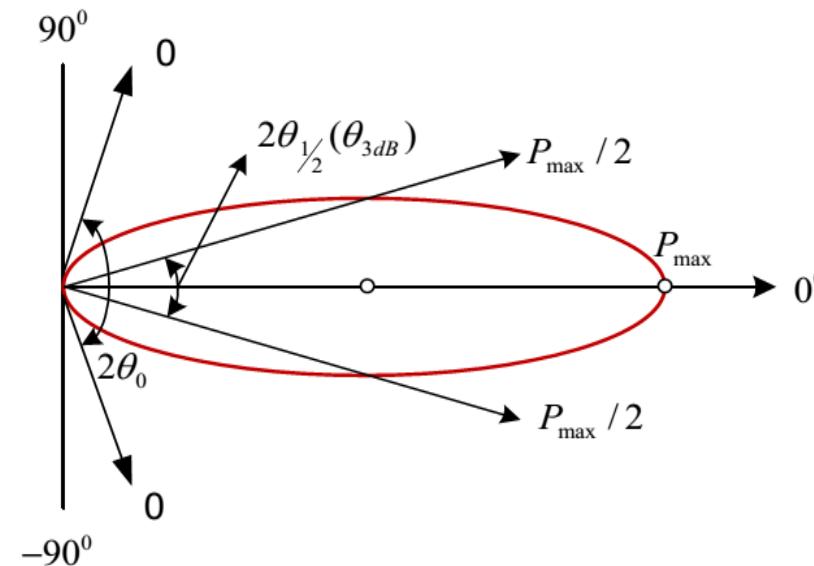
Hình 4.4: Đồ thị tính hướng

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

4.2 – Các tham số cơ bản

• Độ rộng đồ thị tinh hướng (Búp sóng chính)

- Là góc giữa hai hướng mà công suất bức xạ giảm
 - Góc bức xạ không ($2\theta_0$): Công suất bức xạ hướng cực đại giảm đến “0”
 - Góc bức xạ nửa công suất ($2\theta_{1/2}$ hay θ_{3dB}): Công suất bức xạ giảm một nửa so với hướng cực đại
- Thể hiện tính tập trung năng lượng bức xạ theo hướng làm việc



Hình 4.5: Độ rộng của đồ thị tinh hướng

4.2 – Các tham số cơ bản

• Công suất bức xạ, điện trở bức xạ, hiệu suất

- Công suất bức xạ (P_{Σ}): là phần công suất bức xạ thành năng lượng điện tử
- Công suất tổn hao (P_{th}): Công suất bị tiêu tán do nhiệt bởi vật dẫn, trong các lớp điện môi...
- Công suất đưa vào anten $P_T = P_{\Sigma} + P_{th}$
- Hiệu suất anten

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_T} = \frac{1}{1 + \frac{P_{th}}{P_{\Sigma}}} \quad (4.4)$$

- Điện trở bức xạ (Radiation resistance): Là giá trị điện trở tương đương tiêu hao công suất bằng công suất bức xạ khi có dòng điện cao tần với biên độ như trên anten chạy qua

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_m^2 \cdot R_{\Sigma} \quad (4.5)$$

Điện trở bức xạ đặc trưng cho khả năng bức xạ của anten

4.2 – Các tham số cơ bản

- **Hệ số tính hướng, hệ số khuyếch đại**

- **Hệ số tính hướng**

- Là tỉ số giữa mật độ công suất của anten tại một hướng xác định với mật độ công suất của một anten chuẩn khi hai anten đặt cùng vị trí và công suất bức xạ như nhau. Anten chuẩn thường được chọn là anten vô hướng.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} \quad D(\theta, \varphi) = \frac{E^2(\theta, \varphi)}{E_0^2} \quad (4.6)$$

$$|E(\theta, \varphi)| = |E_{max}| \cdot |F(\theta, \varphi)| \quad \Leftrightarrow \quad D(\theta, \varphi) = D_{max} \cdot F^2(\theta, \varphi) \quad (4.7)$$

- **Hệ số khuyếch đại anten (tăng ích)**

- Định nghĩa như hệ số tính hướng nhưng hai anten có công suất đưa vào như nhau và anten chuẩn có hiệu suất bằng 1

$$G(\theta, \varphi) = \eta_a \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} = \eta_a \cdot D(\theta, \varphi) \quad (4.8)$$

Hệ số tăng ích vừa biểu hiện tính hướng, vừa biểu thị tổn hao trên anten

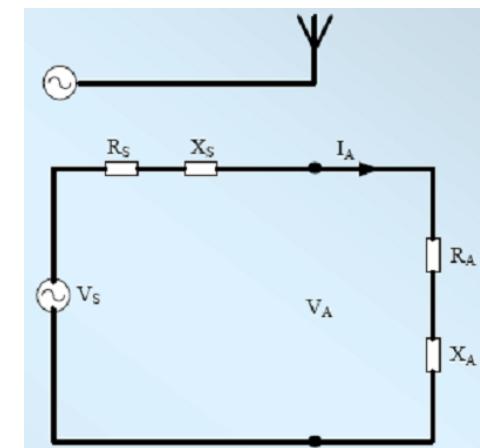
4.2 – Các tham số cơ bản

- Trở kháng vào (Input Impedance)

- Anten là tải của máy phát, trị số tải được đặc trưng bởi trở kháng vào của anten
 - Điện trở thuần R: Đặc trưng cho thành phần năng lượng bức xạ thành sóng điện từ - và phần tổn hao nhiệt
 - Điện kháng X là do phần trường gần, bị ràng buộc với anten (vô công)

$$Z_{in} = \frac{U_a}{I_a} = R_{in} + jX_{in} \quad (4.9)$$

Trở kháng vào ảnh hưởng tới chế độ làm việc của các thiết bị nối tới anten và cả hệ thống



Hình 4.6: Mạch trở kháng tương đương của anten

4.2 – Các tham số cơ bản

- **Chỉ số sóng dừng (VSWR)**

- Tỉ số biên độ của sóng dừng ở điểm bụng và điểm nút trên một đường truyền sóng

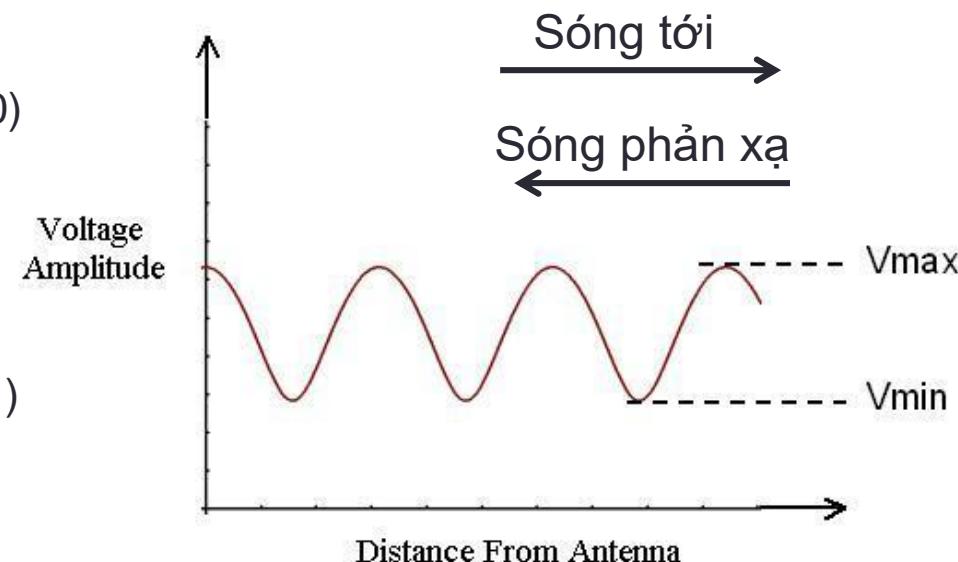
$$\text{VSWR} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} > 1 \quad (4.10)$$

Γ : hệ số phản xạ

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_f} \quad (4.11)$$

V_r : Sóng phản xạ

V_f : Sóng tới



Hình 4.7: Hiệu điện thế của tín hiệu trên đường truyền sóng

$$\frac{P_r}{P_f} = |\Gamma|^2 = \left(\frac{\text{VSWR} - 1}{\text{VSWR} + 1} \right)^2 \quad (4.12)$$

VSWR => 1 thì $P_r => 0$

4.2 – Các tham số cơ bản

- **Băng thông (dải tần hoạt động)**

- Là dải tần số mà anten có thể hoạt động, các thông số thay đổi ở mức cho phép

- Năng lượng sóng điện từ bức xạ (hoặc nhận được) ở mức được chấp nhận
- Thường được định nghĩa kèm theo chỉ số sóng đứng VSWR

- **Phân loại:**

- Dải hẹp (narrow band):

$$\frac{\Delta f}{f_0} < 10\%$$

- Dải rộng (Wide band):

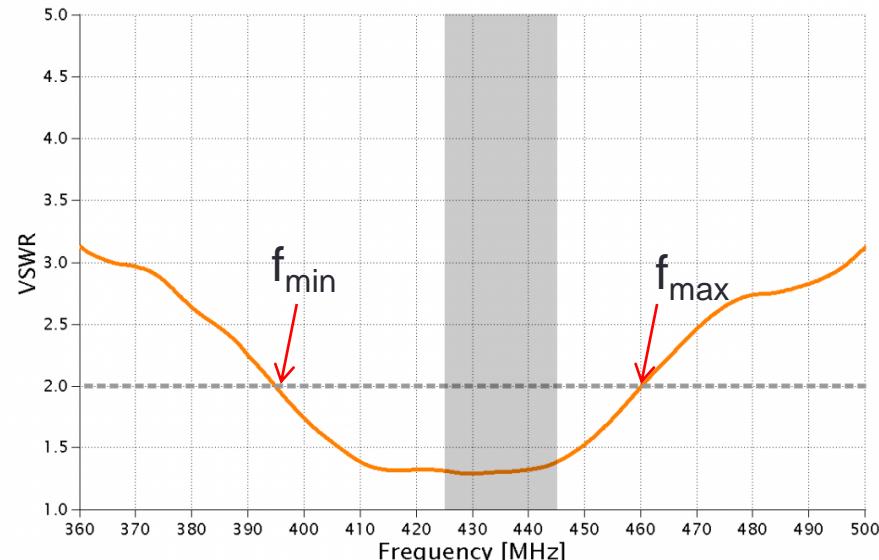
$$10\% < \frac{\Delta f}{f_0} < 20\%$$

- Dải siêu rộng (Ultra Wide band)

$$20\% < \frac{\Delta f}{f_0}$$

$$\Delta f = f_{\min} - f_{\max}$$

$$f_0 = (f_{\min} + f_{\max})/2$$



Hình 4.7: Băng thông hoạt động của anten

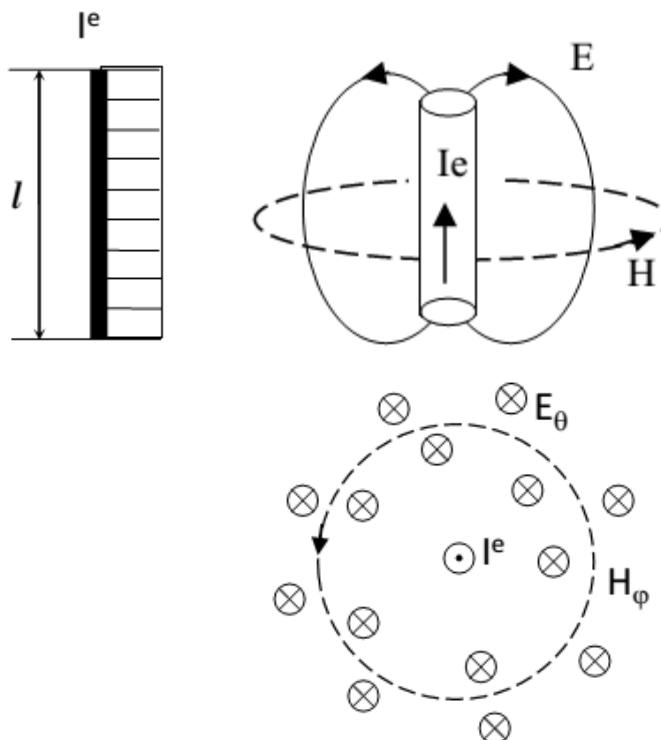
Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

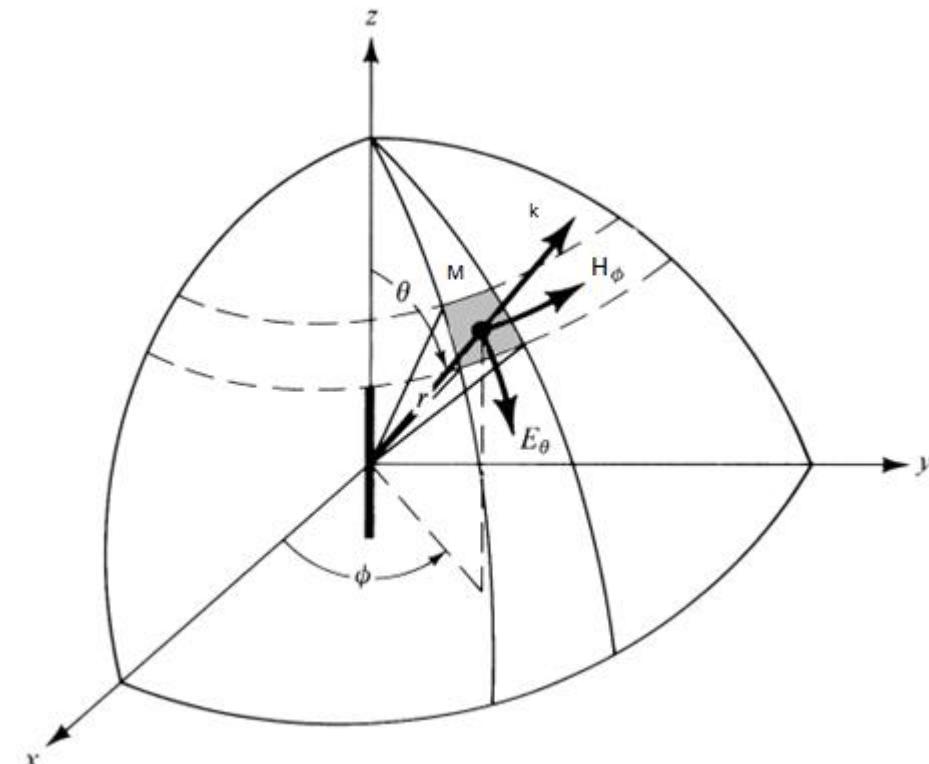
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

- Là phần tử dẫn điện thẳng, rất mảnh, có độ dài l rất nhỏ so với bước sóng. Dòng điện phân bố đều cả về biên độ và pha



Hình 4.8: Phân bố trường và dòng điện của chấn tử



Hình 4.9: Trường bức xạ của chấn tử điện trong không gian tự do

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

 - Khảo sát trường tại điểm M

 - Tồn tại vectơ điện trường trong mặt phẳng điện trường (θ)
 - Tồn tại vectơ từ trường trong mặt phẳng từ trường (ϕ)

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{E_\theta} = \frac{ikZ}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i_\theta} \quad (V/m) \\ \overline{E_\phi} = 0 \\ \overline{H_\theta} = 0 \\ \overline{H_\phi} = \frac{ik}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i_\phi} \quad (A/m) \end{array} \right. \quad \text{Khảo sát tại trường xa (far field kr} \gg 1) \quad (4.10)$$

Trong đó:

- $k = 2\pi/\lambda$: hệ số sóng
- Z : trở kháng sóng của môi trường truyền. Trong không gian tự do $Z = 120\pi$
- I^e : Là dòng điện trong dipol điện
- r : khoảng cách từ tâm O đến điểm khảo sát M
- l : chiều dài của dipol
- θ, ϕ : các góc tọa độ cầu

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

 - Khảo sát trường tại điểm M

 - Tồn tại vectơ điện trường trong mặt phẳng điện trường (θ)
 - Tồn tại vectơ từ trường trong mặt phẳng từ trường (ϕ)

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{E_\theta} = \frac{ikZ}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i_\theta} \quad (V/m) \\ \overline{E_\phi} = 0 \\ \overline{H_\theta} = 0 \\ \overline{H_\phi} = \frac{ik}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i_\phi} \quad (A/m) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Khảo sát tại trường} \\ \text{xa (far field kr} \gg 1) \end{array} \quad (4.10)$$

 - Trường bức xạ của dipol điện là trường phân cực thẳng, điện trường chỉ có thành phần E_θ và từ trường chỉ có thành phần H_ϕ
 - Mặt phẳng E trùng với mặt phẳng kinh tuyến chứa trực chấn tử, mặt phẳng H trùng với mặt phẳng vĩ tuyến vuông với trực chấn tử
 - Tại mỗi điểm vecto E và H có pha giống nhau nên năng lượng bức xạ là năng lượng thực

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

- Khảo sát trường tại điểm M
- Hàm tính hướng

$$\bar{f}(\theta, \varphi) = -Z \cdot I^e l \sin \theta \bar{i}_\theta \quad (4.11)$$

$$|\bar{f}(\theta, \varphi)| = Z \cdot I^e \cdot l |\sin \theta|$$

$$|F(\theta)| = |\sin \theta| \quad (\varphi = \text{const})$$

$$|F(\varphi)| = \text{const} \quad (\theta = \text{const}) \quad (4.12)$$

Trường bức xạ có hướng trong mặt phẳng E, vô hướng trong mặt phẳng H

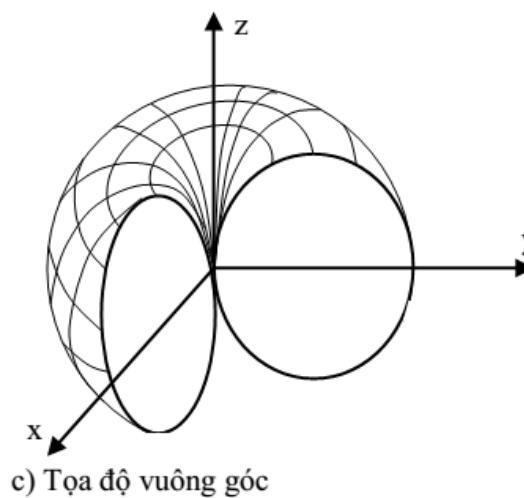
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

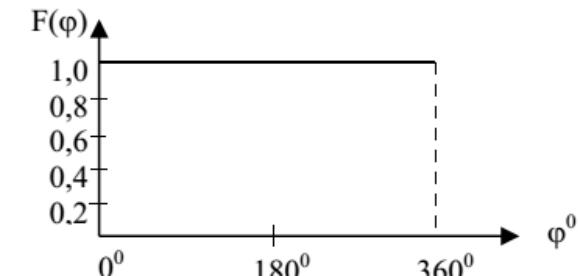
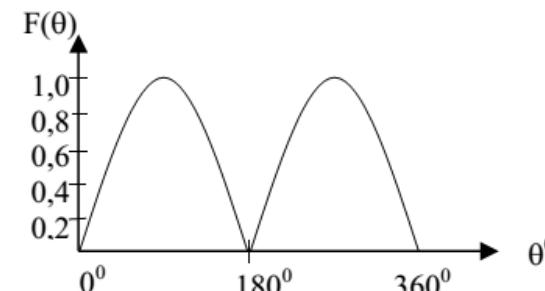
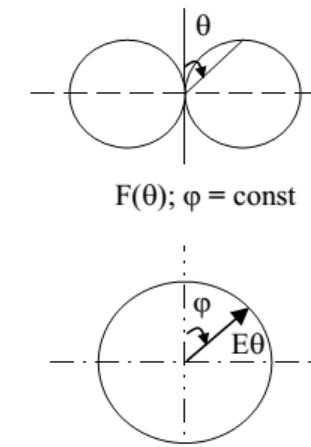
- Khảo sát trường tại điểm M
 - Đồ thị phương hướng

Hình 4.10: Đồ thị phương hướng của dipol điện

a) Trong không gian



b) Tọa độ cực



4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

- Khảo sát trường tại điểm M

- Công suất bức xạ

$$P_{\Sigma}^e = \frac{1}{2} \int_s (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) ds = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \left(\frac{|E_{\theta}|^2}{Z} \right) r^2 \sin \theta d\theta = \frac{\pi Z |I^e|^2 l}{4\lambda} \int_0^{\pi} \sin^3 \theta d\theta$$

$$P_{\Sigma}^e = \frac{\pi Z |I^e|^2}{3} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad (4.13)$$

- Điện trở bức xạ

$$R_{\Sigma}^e = \frac{2\pi Z}{3} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \Omega \quad (4.14)$$

- Hệ số tính hướng

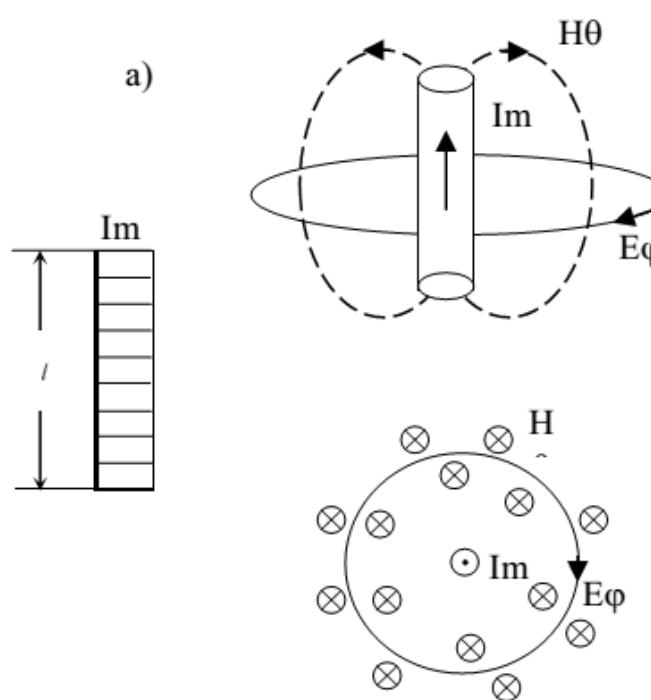
$$D(\theta, \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_h^2(\theta, \varphi) 4\pi r^2}{Z \cdot P_{\Sigma}} = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \quad (4.15)$$

$$D_{\max} = 3/2$$

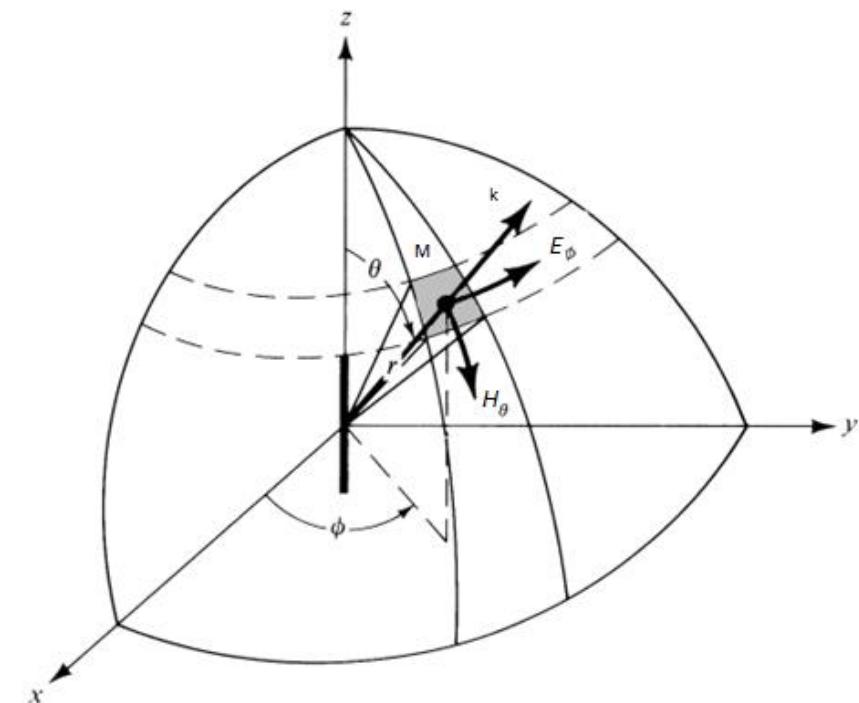
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử từ (dipol từ):

- Là phần tử dẫn từ thẳng, rất mảnh, có độ dài l rất nhỏ so với bước sóng. Dòng từ phân bố đều cả về biên độ và pha



Hình 4.11: Phân bố trường và dòng từ của chấn tử



Hình 4.12: Trường bức xạ của chấn tử từ trong không gian tự do

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử từ (dipol từ):

 - Khảo sát trường tại điểm M

 - Tồn tại vectơ điện trường trong mặt phẳng điện trường (ϕ)
 - Tồn tại vectơ từ trường trong mặt phẳng từ trường (θ)

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{E_\phi} = -\frac{ik}{4\pi} I^m l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i_\phi} \quad (V/m) \\ \overline{E_\theta} = 0 \\ \overline{H_\phi} = 0 \\ \overline{H_\theta} = \frac{ik}{4\pi Z} I^m l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i_\theta} \quad (A/m) \end{array} \right. \quad \text{Khảo sát tại trường xa (far field kr} \gg 1) \quad (4.16)$$

Trong đó:

- $k = 2\pi/\lambda$: hệ số sóng
- Z : trở kháng sóng của môi trường truyền. Trong không gian tự do $Z = 120\pi$
- I^m : Là dòng điện trong dipol điện
- r : khoảng cách từ tâm O đến điểm khảo sát M
- l : chiều dài của dipol
- θ, ϕ : các góc tọa độ cầu

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử từ (dipol từ):

- Khảo sát trường tại điểm M

- Trường bức xạ của dipol từ là trường phân cực thẳng, điện trường chỉ có thành phần E_ϕ và từ trường chỉ có thành phần H_θ
 - Mặt phẳng H trùng với mặt phẳng kinh tuyến chứa trực chấn tử, mặt phẳng H trùng với mặt phẳng vĩ tuyến vuông với trực chấn tử

- Hàm tính hướng

$$\bar{f}(\theta, \varphi) = I^m l \sin \theta \bar{i}_\theta \quad (4.17)$$

$$|\bar{f}(\theta, \varphi)| = I^m \cdot l |\sin \theta|$$

$$|F(\theta)| = |\sin \theta| \quad (\varphi = \text{const}) \quad (4.18)$$

$$|F(\varphi)| = \text{const} \quad (\theta = \text{const})$$

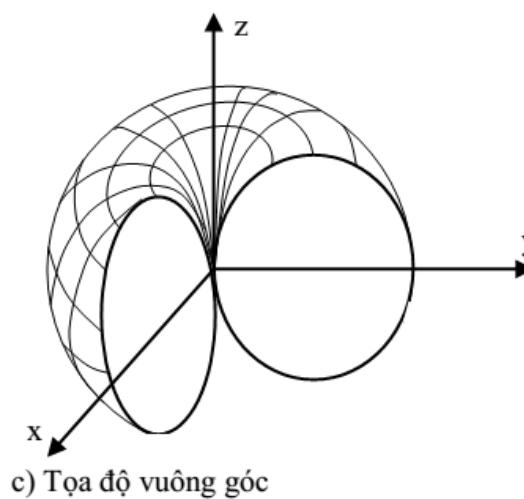
Trường bức xạ có hướng trong mặt phẳng H, vô hướng trong mặt phẳng E

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

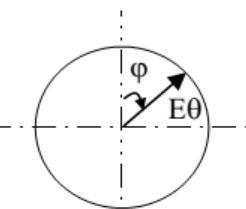
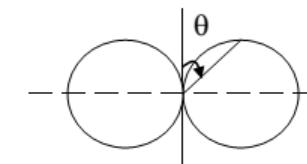
- Chấn tử từ (dipol từ):

- Khảo sát trường tại điểm M
 - Đồ thị phương hướng

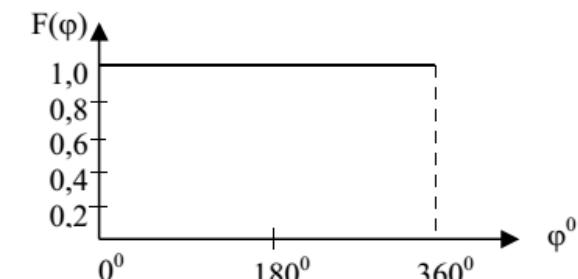
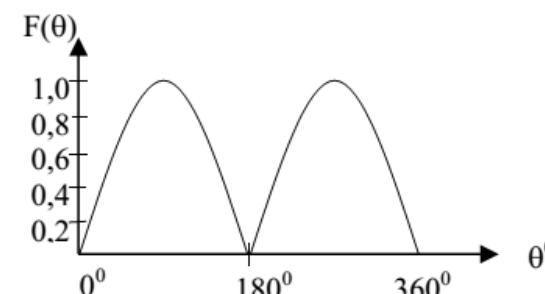
a) Trong không gian



b) Tọa độ cực



Hình 4.13: Đồ thị phương hướng của dipol từ



4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử từ (dipol từ):

- Khảo sát trường tại điểm M
 - Công suất bức xạ

$$I^m = ZI^e \quad (4.19)$$

$$P_{\Sigma}^e = \frac{\pi |I^m|^2}{3Z} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad (4.20)$$

- Điện dẫn bức xạ

$$G_{\Sigma}^e = \frac{2\pi}{3Z} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad (\text{1}/\Omega) \quad (4.21)$$

- Hệ số tính hướng

$$D(\theta, \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_h^2(\theta, \varphi) 4\pi r^2}{Z.P_{\Sigma}} = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \quad (4.22)$$

$$D_{\max} = 3/2$$

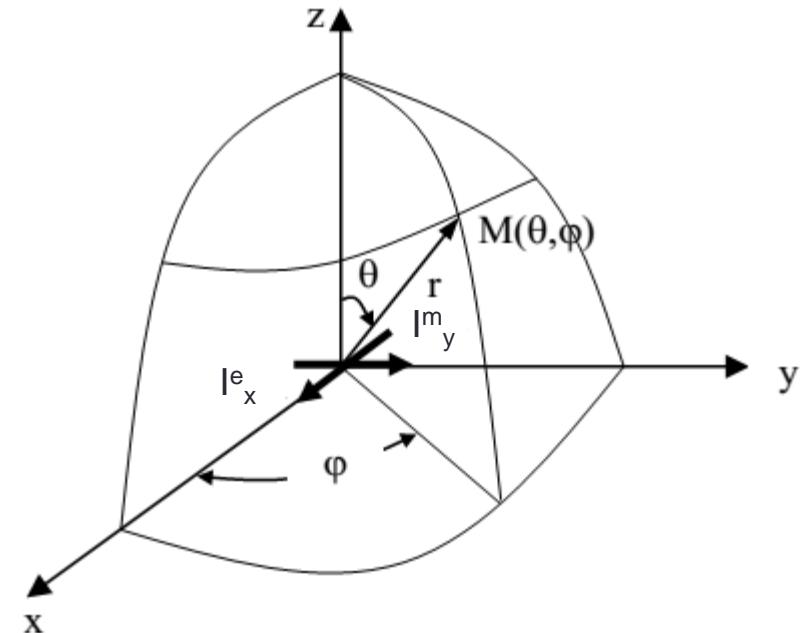
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- **Nguyên tố bức xạ hỗn hợp**

- Cấu tạo: phần tử bức xạ gồm một dipol điện đặt vuông góc với một dipol từ

- Dipol điện đặt theo trục Ox, dòng I_x^e ; Dipol từ đặt theo trục Oy, dòng I_y^m
- Độ dài bằng nhau l
- Quan hệ dòng điện và dòng từ:

$$\frac{I_y^m}{I_x^e} = a.Z \quad (4.23)$$



Hình 4.14: Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- **Nguyên tố bức xạ hỗn hợp**

- Khảo sát trường tại điểm M

- Trường bức xạ gồm đủ 4 thành phần $E_\theta, E_\phi, H_\theta, H_\phi$
 - Trường tài vùng xa (Far field):

$$\begin{aligned}\overline{E_\theta} &= -\frac{ikZ}{4\pi} I_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\theta \\ \overline{E_\phi} &= \frac{ikZ}{4\pi} I_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\phi \\ \overline{H_\theta} &= -\frac{ik}{4\pi} I_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\theta \\ \overline{H_\phi} &= \frac{ik}{4\pi} I_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\phi\end{aligned}\tag{4.24}$$

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- **Nguyên tố bức xạ hỗn hợp**

- Khảo sát trường tại điểm M

- Hàm tính hướng

$$\begin{aligned}\overline{f_\theta}(\theta, \varphi) &= ZI_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \overline{i_\theta} \\ \overline{f_\varphi}(\theta, \varphi) &= -ZI_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \overline{i_\varphi}\end{aligned}\quad (4.25)$$

- Hàm tính hướng biên độ chuẩn hóa

$$|F_\theta(\theta, \varphi)| = \frac{\cos \varphi (\cos \theta + a)}{1 + a} \quad (4.26)$$

$$|F_\varphi(\theta, \varphi)| = \frac{\sin \varphi (1 + a \cos \theta)}{1 + a}$$

Max khi $\theta = 0$; Min khi $\theta = \pi$

- Hệ số tính hướng ($a = 1$)

$$D(\theta, \varphi) = \frac{3(\cos \theta + 1)^2}{4} \quad D(\theta, \varphi)_{\max} = 3 \quad (4.27)$$

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

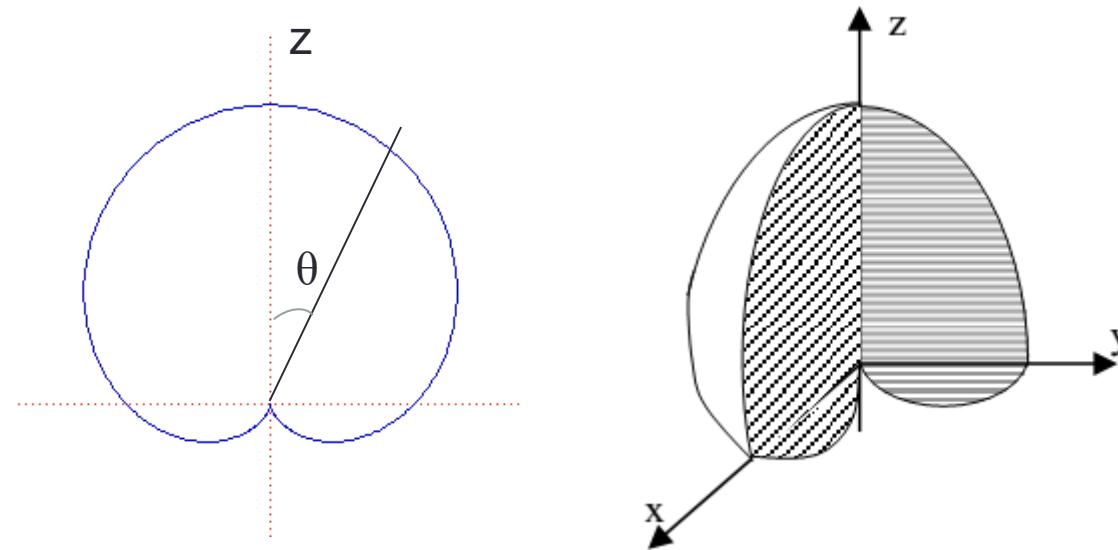
- **Nguyên tố bức xạ hỗn hợp**

- Khảo sát trường tại điểm M

- Đồ thị phương hướng:

- Đồ thị hình Cardioid tròn xoay

- Năng lượng bức xạ cực đại về một hướng, là hướng của tích vecto $(\vec{I}^e \times \vec{I}^m)$



Hình 4.15: Đồ thị phương hướng của nguyên tố bức xạ hỗn hợp

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- **4.4 Nguyên lý anten thu**
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

4.4 – Nguyên lý anten thu

- Khảo sát

- Hai anten đặt cách nhau 1 khoảng cách R trong môi trường đẳng hướng
- Trở kháng tổng là Z_1 và Z_2

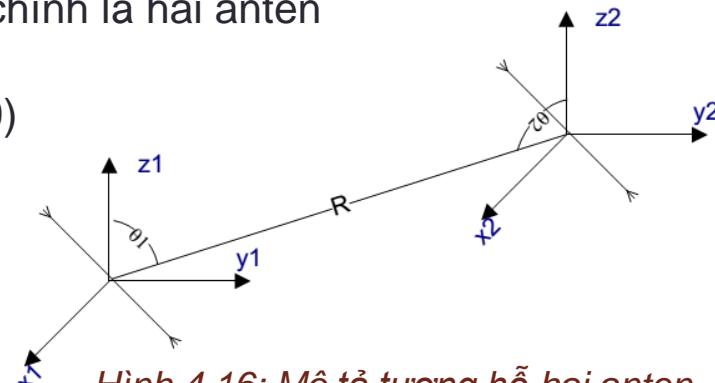
$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_{L1} + Z_{in1} \\ Z_2 &= Z_{L2} + Z_{in2} \end{aligned} \quad (4.28)$$

Với Z_L là trở kháng của tải nối với anten,
 Z_{in} là trở kháng vào của anten

- Nguyên lý tương hỗ:
 - Môi trường là đẳng hướng nên coi hệ hai anten và môi trường giữa chúng như một mạng hai cửa mà đầu vào và ra chính là hai anten

$$\frac{e_1}{I_{2thu}} = \frac{e_2}{I_{1thu}} \quad (4.29)$$

e : Suất điện động của anten phát
 I_{thu} : Dòng thu được trên anten thu



Hình 4.16: Mô tả tương hỗ hai anten

4.4 – Nguyên lý anten thu

- Xác định suất điện động trên anten thu
 - Trường bức xạ của anten 1 tại anten 2 và dòng đầu vào tại anten 2

$$\overline{E_{21}} = \frac{-ik}{4\pi} ZL_{h1} I_{01} \overline{F_1}(\theta_1, \varphi_1) \frac{e^{-ikR}}{R}$$

→ $I_{01} = \frac{\overline{E_{21}} \cdot 4\pi R}{-ikZL_{h1} \overline{F_1}(\theta_1, \varphi_1) e^{-ikR}}$ (4.30)

Với I_{01} dòng điện đầu vào anten 1
 L_{h1} chiều dài hiệu dụng của anten 1
 Z Trở kháng tương đương của môi trường truyền

- Suất điện động trên anten

$$I_{01} = \frac{e_1}{Z_1} \quad \rightarrow \quad e_1 = \frac{\overline{E_{21}} 4\pi R Z_1}{-ikZL_{h1} \overline{F_1}(\theta_1, \varphi_1) e^{-ikR}}$$

$$e_2 = \frac{\overline{E_{12}} 4\pi R Z_2}{-ikZL_{h2} \overline{F_2}(\theta_2, \varphi_2) e^{-ikR}}$$

(4.31)

4.4 – Nguyên lý anten thu

- Xác định dòng trong tải anten

- Tổng quát: Thay (4.31) vào (4.29)

$$\frac{I_{1\text{thu}}(Z_{L1} + Z_{in1})}{\overline{E_{12}}L_{h1}\overline{F_1}(\theta_1, \varphi_1)} = \frac{I_{2\text{thu}}(Z_{L2} + Z_{in2})}{\overline{E_{21}}L_{h2}\overline{F_2}(\theta_2, \varphi_2)} \quad (4.32)$$

- Do các anten là bất kì nên tỉ số (4.32) là hằng số, nên một cách tổng quát ta có:

$$\frac{I_{\text{thu}}(Z_L + Z_{in})}{\overline{E_0}L_h\overline{F}(\theta, \varphi)} = C$$

- Dòng trong tải anten và suất điện động nhận được trên anten thu

$$I_{\text{thu}} = C \frac{\overline{E_0}L_h\overline{F}(\theta, \varphi)}{(Z_L + Z_{in})}$$

$$e_0 = C \overline{E_0}L_h\overline{F}(\theta, \varphi)$$

Với $\overline{E_0}$ Cường độ trường sóng tới tại điểm đặt anten thu

4.6 Câu hỏi và bài tập

10. Xác định hệ số hướng tính (theo dBi) của một anten có tính hướng tạo nên mật độ công suất tại điểm xem xét là 3mW/m^2 khi mà anten vô hướng tạo nên mật độ công suất cũng tại điểm đó là $0,5\mu\text{W/m}^2$.

- (a) 30,8 dBi; (b) 33,8 dBi; (c) 35,8 dBi; (d) 37,8 dBi

11. Xác định hệ số khuếch đại (theo dBi) của anten có hệ số hướng tính là 40 và hiệu suất làm việc 60%.

- (a) 13,8 dBi; (b) 15,8 dBi; (c) 17,8 dBi; (d) 20,8 dBi

12. Xác định công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (theo dBW và dBm) của một anten có hệ số hướng tính 43 dBi, hiệu suất 70% và công suất đầu vào anten là 5 W.

- (a) 45,44 dBW và 75,44 dBm; (b) 48,44 dBW và 78,44 dBm; (c) 45,44 dBW và 78,44 dBm; (d) 48,44 dBW và 75,44 dBm

3.6 Câu hỏi và bài tập

13. Một anten có điện trở bức xạ 20Ω , điện trở tổn hao $0,5 \Omega$ và hệ số hướng tính là 200.

a, Xác định hiệu suất của anten.

- (a) 87,56 %; (b) 90,56 %; (c) 95,56 %; (d) 97,56 %

b, Xác định hệ số khuếch đại.

- (a) 22,4 dBi; (b) 22,6 dBi; (c) 22,8 dBi; (d) 22,9 dBi

14. Một anten có công suất bức xạ 65W, công suất tổn hao 5W và hệ số hướng tính là 500.

a, Xác định hiệu suất của anten.

- (a) 90,86 %; (b) 92,86 %; (c) 95,86 %; (d) 97,86 %

b, Xác định hệ số khuếch đại.

- (a) 26,6 dBi; (b) 26,7 dBi; (c) 26,8 dBi; (d) 26,9 dBi



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Email: nvhung_vt1@ptit.edu.vn
Tel: ***
Bộ môn: Vô tuyến
Khoa: Viễn Thông 1
Học kỳ/Năm biên soạn: II/2014

 www.ptit.edu.vn

CHƯƠNG 5:

ANTEN CHÂN TỬ

2 Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 5.1 Giới thiệu chung
- 5.2 Anten chấn tử đối xứng
- 5.3 Anten chấn tử đơn
- 5.4 Anten nhiều chấn tử
- 5.5 Câu hỏi và bài tập

3

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 5.1 Giới thiệu chung
- 5.2 Anten chấn tử đối xứng
- 5.3 Anten chấn tử đơn
- 5.4 Anten nhiều chấn tử
- 5.5 Câu hỏi và bài tập

4

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.1 – Giới thiệu chung

- Anten chấn tử, còn được gọi là anten dipol (ngẫu cực), sử dụng chấn tử làm phần tử bức xạ sóng điện tử.
- Kết cấu đơn giản, tương tự như đường dây dẫn song song hở mạch ở một đầu.
- Các loại anten chấn tử điển hình:
 - Anten chấn tử đối xứng
 - Anten chấn tử đơn
 - Anten nhiều chấn tử



5

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 5.1 Giới thiệu chung
- 5.2 Anten chấn tử đối xứng
- 5.3 Anten chấn tử đơn
- 5.4 Anten nhiều chấn tử
- 5.5 Câu hỏi và bài tập

6

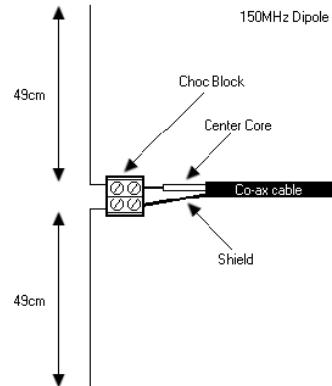
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Khái niệm**

- Là cấu trúc gồm hai vật dẫn hình dạng tuỳ ý:

- Kích thước giống nhau, đặt thẳng hàng trong không gian
- Điểm giữa (đối xứng) nối với nguồn tín hiệu cao tần.
- Có thể kết hợp nhiều chấn tử để tăng tính hướng



Hình 5.1: Anten chấn tử đối xứng

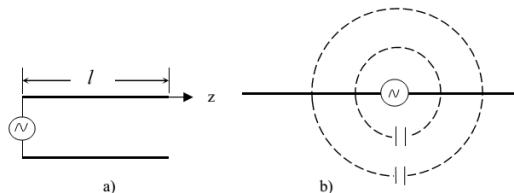
7

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Phân bố dòng điện:**

- Tương quan chấn tử đối xứng và đường dây song hành



Hình 5.2: Tương quan giữa anten chấn tử đối xứng và đường dây song hành

- Với chấn tử mảnh ($d \ll 0,01 \lambda$), điểm khảo sát ở xa ($r \gg \lambda$): Coi là tương quan. Phân bố dòng điện trên chấn tử đối xứng có dạng sóng đứng:

$$I_z(z) = I_b \sin \left\{ k(l - |z|) \right\} \quad (5.1)$$

I_b : Biên độ dòng điện ở điểm bung sóng
 l : độ dài của một nhánh chấn tử

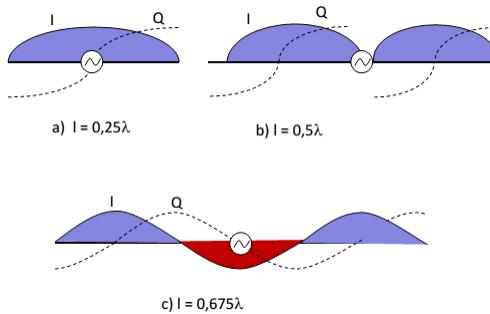
8

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Phân bố điện tích

$$Q = \begin{cases} \frac{kI_b}{i\omega} \cos\{k(l-z)\} & z > 0 \\ -\frac{kI_b}{i\omega} \cos\{k(l+z)\} & z < 0 \end{cases} \quad (5.2)$$



Hình 5.3: Phân bố dòng điện và điện tích trên anten chấn tử đối xứng

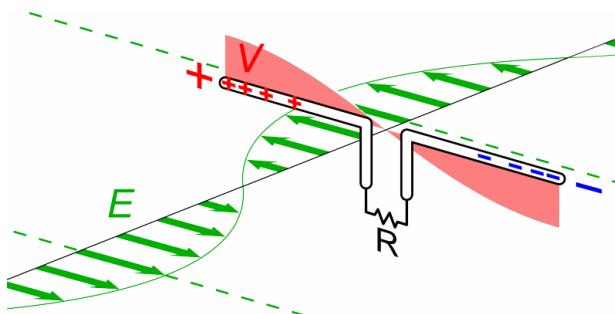
9

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Phân bố điện tích

$$Q = \begin{cases} \frac{kI_b}{i\omega} \cos\{k(l-z)\} & z > 0 \\ -\frac{kI_b}{i\omega} \cos\{k(l+z)\} & z < 0 \end{cases} \quad (5.2)$$



Hình 5.3: Phân bố dòng điện và điện tích trên anten chấn tử đối xứng

10

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Bức xạ của chấn tử đối xứng trong không gian tự do

- Bài toán:**

- Chấn tử đối xứng chiều dài $2l$ đặt trong không gian tự do
- Khảo sát trường tại điểm M cách chấn tử $r_0 \gg \lambda$, tạo với phương của chấn tử một góc θ

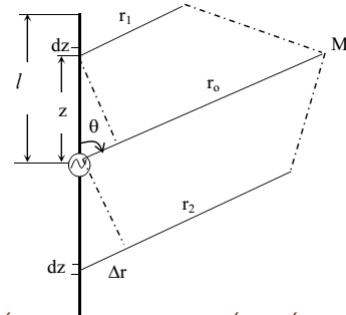
- Xác định cường độ trường:**

- Chia chấn tử thành các phần tử nhỏ $dz \ll \lambda$.
- Mỗi phần tử tương đương với 1 chấn tử điện:
 - Chiều dài dz
 - Khoảng cách r
 - Mật độ dòng không đổi I_z

$$do \quad r \gg \lambda$$

$$r_1 = r_0 - z \cos \theta$$

$$r_2 = r_0 + z \cos \theta$$



Hình 5.4: Các tham số tính trường bức xạ của chấn tử đối xứng

11

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Xác định cường độ trường**

- Trường do phần tử dz tại nhánh 1 và nhánh 2 gây ra:

$$d\bar{E}_1 = i \frac{60\pi I_z dz}{r_1 \lambda} \sin \theta e^{-ikr_1} \bar{i}_\theta \quad (5.2)$$

$$d\bar{E}_2 = i \frac{60\pi I_z dz}{r_2 \lambda} \sin \theta e^{-ikr_2} \bar{i}_\theta$$

- Cường độ trường tổng hợp của 2 phần tử

$$d\bar{E} = d\bar{E}_1 + d\bar{E}_2 \quad I_z = I_b \cdot \sin \{k(l - |z|)\} \quad (5.3)$$

$$d\bar{E} = i \frac{60\pi I_b dz}{r_0 \lambda} \sin \theta \sin \{k(l - z)\} e^{-ikr_0} (e^{ikz \cos \theta} + e^{-ikz \cos \theta}) \bar{i}_\theta$$

$$d\bar{E} = i \frac{60\pi I_b dz}{r_0 \lambda} \sin \theta \sin \{k(l - z)\} e^{-ikr_0} \cdot 2(\cos(kz \cos \theta)) \bar{i}_\theta \quad (5.4)$$

12

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Điện trường do toàn bộ chấn tử gây ra tại M:

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \int_0^l d\vec{E} \\ &= i \frac{60I_b}{r_0} \frac{\cos(kl\cos\theta) - \cos kl}{\sin\theta} e^{-ikr_0} \vec{i}_\theta \\ &= i \frac{60I_b}{r_0} e^{-ikr_0} f(\theta, \varphi) \vec{i}_\theta\end{aligned}\quad (5.5)$$

$$|\vec{E}| = \frac{60I_b}{r_0} |f(\theta, \varphi)| \quad \text{Không phụ thuộc } \varphi \quad (5.6)$$

13

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng
 - Hàm tính hướng và đồ thị tính hướng
 - Hàm tính hướng biên độ:

$$|f(\theta, \varphi)| = |f(\theta)| = \left| \frac{\cos(kl\cos\theta) - \cos(kl)}{\sin\theta} \right| \quad (5.7)$$

Trong mặt phẳng H vuông góc với trục của chấn tử, có θ là hằng số, hàm tính hướng chỉ phụ thuộc vào ' kl ' hay độ dài tương đối (l/λ)

- Trường hợp chấn tử ngắn, $l \ll \lambda$ (hoặc $l < \lambda/4$)

$$(x \text{ nhỏ}) \quad \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2} \implies |f(\theta)| = \frac{(kl)^2}{2} |\sin\theta| \quad (5.8)$$

$$|F(\theta)| = |\sin\theta| \quad (5.9)$$

➡ Tương tự chấn tử điện: có hướng ở mặt phẳng E chứa trục chấn tử, vô hướng ở mặt phẳng H vuông góc với trục chấn tử, cực đại ở hướng vuông với trục

14

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

 - Hàm tính hướng và đồ thị tính hướng

 - Hàm tính hướng biên độ:

 - Chấn tử nửa sóng, $l = \lambda/4$

$$kl = \frac{\pi}{2} \implies |f(\theta)| = \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\sin\theta} \right| = \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta} \right| \quad (5.10)$$

 - Chấn tử toàn sóng, $l = \lambda/2$

$$kl = \pi \implies |f(\theta)| = \left| \frac{\cos(\pi\cos\theta) - \cos(\pi)}{\sin\theta} \right| = \left| \frac{2\cos^2\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta} \right| \quad (5.11)$$

Đồ thị phương hướng hẹp hơn

15

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

 - Hàm tính hướng và đồ thị tính hướng

 - Hàm tính hướng biên độ:

 - Chấn tử dài, $l > \lambda/2$:

 - Trên mỗi nhánh xuất hiện dòng điện ngược pha

 - Tại hướng vuông góc, không có sai pha về đường đi, nhưng do có dòng ngược pha nên cường độ trường tổng giảm (búp chính thu hẹp lại)

 - Tại các hướng khác (có sai pha về đường đi), sai pha được bù trừ bởi sai pha về dòng điện nên xuất hiện các búp sóng phụ. Khi $l = \lambda$, bốn búp phụ trở thành 4 búp sóng chính.

➡ Tính hướng của chấn tử đối xứng phụ thuộc vào chiều dài điện: l/λ

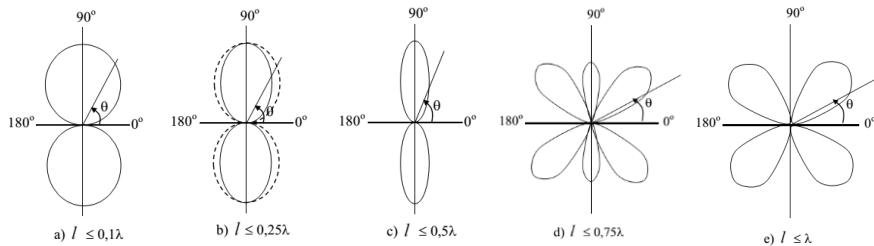
16

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

- Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng trong mặt phẳng E (Vuông góc)



Hình 5.5: Đồ thị phương hướng của chấn tử đối xứng trong mặt phẳng E

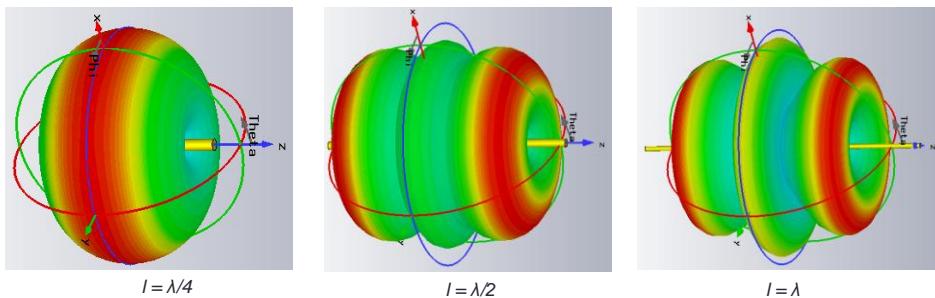
17

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

- Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng



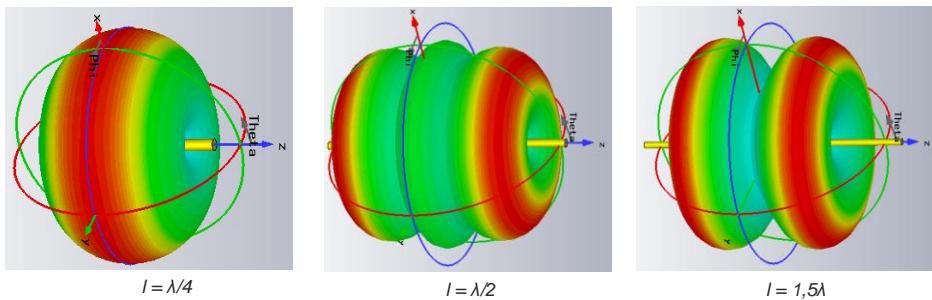
Hình 5.6: Đồ thị phương hướng của chấn tử đối xứng trong không gian 3D

18

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng
 - Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng



Hình 5.6: Đồ thị phương hướng của chấn tử đối xứng trong không gian 3D

19

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

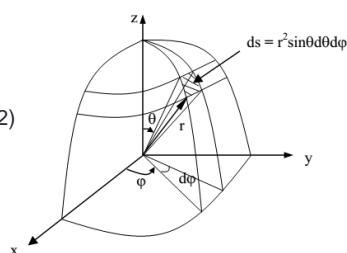
- Công suất bức xạ

- Công suất bức xạ qua diện tích ds

$$dP_{\Sigma} = S_{tb} ds = E_h H_h ds = \frac{E^2}{2Z} ds \quad (5.12)$$

- Công suất bức xạ của chấn tử

Thay E từ (5.5) và $S_{tb} = E_0^2 / 120\pi$



$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= \frac{ZI_b^2}{8\pi^2 r^2} \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} \left[\frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)}{\sin \theta} \right]^2 r^2 \sin \theta d\theta d\phi \\ &= 30 I_b^2 \int_0^{\pi} \left[\frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)}{\sin \theta} \right]^2 d\theta \quad \text{Không phụ thuộc } \phi \end{aligned} \quad (5.13)$$

20

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

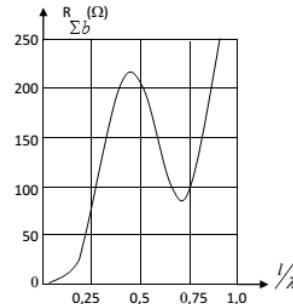
- Tham số của chấn tử đối xứng

 - Điện trở bức xạ

 - Tại điểm bung

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_b^2 R_{\Sigma b}$$

$$R_{\Sigma b} = 60 \int_0^{\pi} \frac{[\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)]^2}{\sin \theta} d\theta \quad (5.14)$$



Hình 5.7: Điện trở bức xạ vs độ dài tương đối

Nhận xét:

- Khi l/λ nhỏ, giống dipol điện, tăng l cho dòng đồng pha tăng \Rightarrow tăng R_{Σ}
- Khi $l > \lambda/2$, xuất hiện dòng ngược pha, \Rightarrow giảm R_{Σ}
- Điện trở bức xạ dao động với cực đại ở độ dài là bội số chẵn của $\lambda/4$ và cực tiểu ở độ dài là bội số lẻ của $\lambda/4$

21

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

 - Hệ số tính hướng

$$D(\theta, \varphi) = \frac{|E(\theta, \varphi)|^2 \cdot 2\pi r^2}{ZP_{\Sigma}}$$

$$D_{\max} = D\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{Z}{\pi R_{\Sigma b}} (1 - \cos(kl))^2 \quad (5.15)$$

Nhận xét:

- Khi $l/\lambda \leq 0,675$: Bức xạ của anten đạt cực đại ở hướng $\theta = \pm \frac{\pi}{2}$,
Tăng $l \Rightarrow D$ tăng
- Khi $l/\lambda > 0,675$: Tăng $l \Rightarrow D$ giảm do búp sóng chính giảm

22

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

 - Trở kháng sóng

 - Trở kháng sóng dây sóng hành

$$Z_A = \frac{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}{C} = 276.1g\left(\frac{D}{r}\right) \quad (\Omega) \quad (5.16)$$

C: điện dung phân bố của đường dây

D: Khoảng cách tâm hai dây dẫn

r: bán kính dây dẫn

 - Chấn tử đối xứng với điện dung phân bố thay đổi:

 - Với $l < \lambda$

$$Z_A = 120 \left[\ln\left(\frac{2l}{r}\right) - 1 \right] \quad (\Omega) \quad (5.17)$$

 - Với $l > \lambda$ (Công thức Kesenich)

$$Z_A = 120 \left[\ln\left(\frac{\lambda}{\pi r}\right) - E \right] \quad (\Omega) \quad \begin{matrix} E: hằng số Euler \\ E \approx 0,577 \end{matrix} \quad (5.18)$$

23

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

 - Trở kháng vào

 - Đường dây sóng hành hở mạch đầu cuối có trở kháng vào:

$$X_{in} = -iZ_A \cot g(kl) \quad (5.19)$$

 - Chấn tử đối xứng năng lượng bức xạ ra không gian sinh công nên có thành phần điện trở bức xạ đầu vào đóng vai trò thuần trở

$$R_{in} = \frac{R_\Sigma}{\sin^2(kl)} \quad (5.20)$$

 - Trở kháng vào của chấn tử:

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} = \frac{R_\Sigma}{\sin^2(kl)} - iZ_A \cot g(kl) \quad (5.21)$$

Với $l < 0,75 \lambda$

24

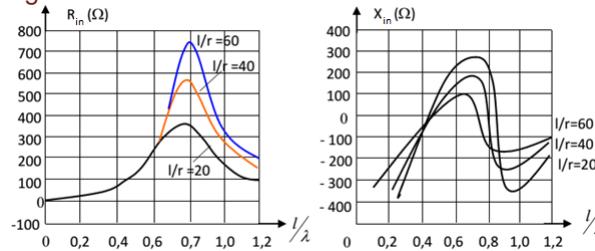
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

- Trở kháng vào

Hình 5.8: Sự phụ thuộc của Z_{in} vào tỉ lệ l/λ

- Nhận xét:

- Chấn tử ngắn ($l < \lambda/4$): $\cot g > 0$ nên $X_{in} < 0$, trở kháng mang tính dung
- Chấn tử nửa sóng ($l = \lambda/4$): $\cot g = 0$, $Z_{in} = R_{in} = 73,1\Omega$, Cộng hưởng nối tiếp
- ($\lambda/4 < l < \lambda/2$): $\cot g < 0$ nên $X_{in} > 0$, trở kháng mang tính cảm
- Chấn tử toàn sóng ($l = \lambda/2$): $\cot g = 0$, $Z_{in} = R_{in} = \infty$, Cộng hưởng song song

25

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng

- Chiều dài hiệu dụng

- Khái niệm: là chiều dài tương đương của một chấn tử có dòng điện phân bố đồng đều và bằng dòng điện đầu vào của chấn tử thật, với diện tích phân bố dòng điện tương đương

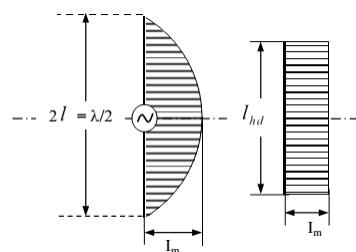
$$l_{hd} = \frac{1}{I_0} \int_{-l}^l I(z) dz$$

$$l_{hd} = \frac{\lambda}{\pi} \frac{1 - \cos(kl)}{\sin(kl)} \quad (5.22)$$

- Nhận xét:
- Chấn tử ngắn $l_{hd} \rightarrow \frac{\lambda}{\pi} \operatorname{tg}\left(\frac{kl}{2}\right) \rightarrow l$

Bằng nửa chiều dài chấn tử thật

- Chấn tử nửa sóng ($2l = \lambda/2 \rightarrow l_{hd} = \lambda/\pi$)



Hình 5.9: Chiều dài thực và chiều dài hiệu dụng của chấn tử đối xứng

26

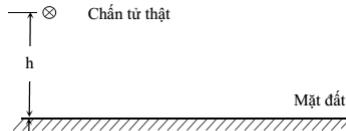
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

• Ảnh hưởng của mặt đất lên bức xạ của chấn tử đối xứng

• Phương pháp ảnh gương

- Bức xạ của chấn tử trong môi trường thực bị ảnh hưởng của các vật dán ở gần
 - Trường bức xạ của anten làm phát sinh sóng thứ cấp → Nguồn bức xạ thứ cấp
 - Cường độ trường tại điểm thu là giao thoa giữa trường sơ cấp và thứ cấp
- Coi ảnh hưởng của nguồn thứ cấp là do chấn tử ảnh



Hình 5.9: Chấn tử thật và chấn tử ảnh

27

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

• Ảnh hưởng của mặt đất lên bức xạ của chấn tử đối xứng

• Phương pháp ảnh gương

- Ảnh hưởng của mặt đất được xác định bằng phương pháp ảnh gương
 - Tác dụng của dòng thứ cấp tương đương với một chấn tử ảo là ảnh của chấn tử thật qua mặt phân cách giữa hai môi trường → chấn tử ảnh
 - Dòng điện trong chấn tử ảnh có biên độ bằng biên độ của dòng điện trong chấn tử thật, pha tùy thuộc phương của chấn tử thật trên mặt đất:
 - Song song => ngược pha; Vuông góc => đồng pha
 - Bức xạ tổng hợp sẽ tương đương với hệ hai chấn tử có khoảng cách $2h$ đặt trong không gian tự do
 - Giải quyết bài toán theo lý thuyết phản xạ sóng phản

Quan hệ dòng điện:

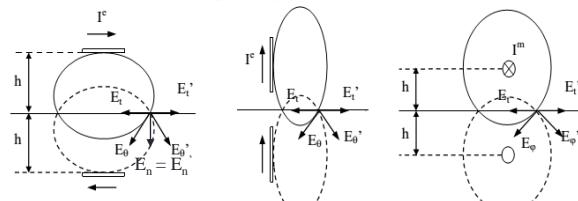
$$I_a = I_t R_{px} e^{i\phi_{px}} \quad (5.23)$$

I_a : dòng điện trên chấn tử ảnh

I_t : dòng điện trên chấn tử thật

R_{px} : Modul của hệ số phản xạ

ϕ_{px} : Góc pha của hệ số phản xạ



Hình 5.10: Nguyên lý ảnh gương

28

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

• Ảnh hưởng của mặt đất lên bức xạ của chấn tử đối xứng

• Bức xạ của chấn tử đối xứng trên mặt đất

- Xem như 2 chấn tử đối xứng
- Cường độ trường tại điểm M tại khoảng cách xa

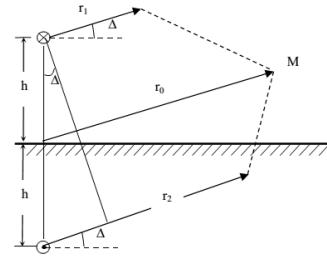
$$F_0(\Delta) = \frac{\cos(kl \sin \Delta) - \cos(kl)}{(1 - \cos(kl)) \cos \Delta} \quad (5.24)$$

$$E_1 = E_0 F_0(\Delta) \quad (5.25)$$

$$E_2 = E_1 R_{px} e^{i(\varphi_{px} - 2kh \sin \Delta)} \quad (5.26)$$

$$E = E_1 + E_2 = E_0 F_0(\Delta) \left[1 + R_{px} e^{i(\varphi_{px} - 2kh \sin \Delta)} \right] \quad (5.27)$$

$$|E| = E_0 F_0(\Delta) \sqrt{1 + R_{px}^2 + 2R_{px} \cos(\varphi_{px} - 2kh \sin \Delta)} \quad (5.28)$$



Hình 5.11: Chấn tử đối xứng đặt nằm ngang so với mặt đất

E_0 : Cường độ trường của chấn tử ở hướng bức xạ cực đại

$F_0(\Delta)$: hàm tính hướng chuẩn hóa của chấn tử trong mặt phẳng khảo sát

E_1 : biên độ cường độ trường của chấn tử đối xứng trong không gian tự do

E_2 : biên độ cường độ trường của chấn tử ảnh

Δ : Hướng khảo sát

29

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

• Ảnh hưởng của mặt đất lên bức xạ của chấn tử đối xứng

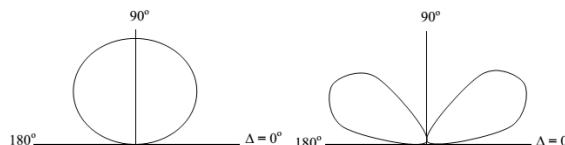
• Bức xạ của chấn tử đối xứng đặt nằm ngang

- Hai chấn tử có dòng điện ngược pha
- Chấn tử đặt nằm ngang nên ở mặt phẳng vuông góc với trục và đi qua tâm chấn tử có $F_0(\Delta) = 1$
- Với mặt đất dẫn điện lý tưởng có $R = 1$ và $\varphi = \pi$

$$|E| = E_0 \sqrt{2[1 + \cos(\pi - 2kh \sin \Delta)]} = 2E_0 F(\Delta) \quad (5.29)$$

$$F(\Delta) = \sin(kh \sin \Delta) \quad (5.30)$$

- $F(\Delta)$ Thể hiện ảnh hưởng của mặt đất thông qua chấn tử ảnh



Hình 5.11: Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng đặt nằm ngang trên mặt đất (mp H)

30

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Ảnh hưởng của mặt đất lên bức xạ của chấn tử đối xứng**

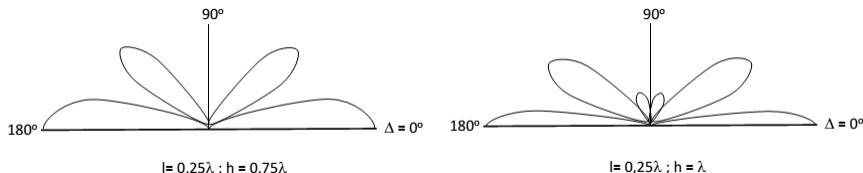
 - **Bức xạ của chấn tử đối xứng đặt thẳng đứng**

 - Hai chấn tử có dòng đồng pha

 - Với mặt đất dẫn điện lý tưởng có $R = 1$ và $\varphi = \pi$

$$F(\Delta) = F_0(\Delta) \cos(kh \sin \Delta) \quad F_0(\Delta) = \frac{\cos(kl \sin \Delta) - \cos(kl)}{(1 - \cos(kl)) \cos \Delta} \quad (5.31)$$

$$E(\Delta) = 2E_0 F(\Delta) \quad (5.32)$$



Hình 5.11: Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng đặt thẳng đứng trên mặt đất (mp E)

31

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

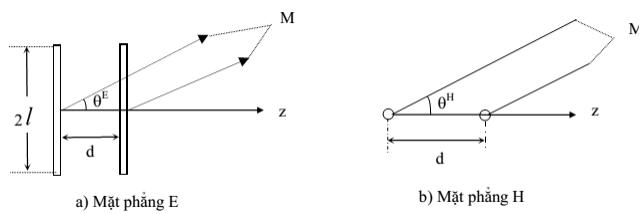
- **Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

 - **Bức xạ của hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

 - Để tạo hệ anten tổng hợp có tính hướng thay đổi

 - Quan hệ dòng trong hai chấn tử

$$\frac{I_2}{I_1} = a_2 e^{i\psi_2} \quad (5.33) \quad \begin{aligned} a_2: & \text{tỷ số biên độ dòng điện của chấn tử 2 và chấn tử 1} \\ \psi_2: & \text{góc sai pha của dòng điện trong chấn tử 2 so với dòng trong} \\ & \text{chấn tử 1} \end{aligned}$$



Hình 5.12: Hệ 2 chấn tử đối xứng đặt song song gần nhau

32

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

- **Bức xạ của hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**
 - Cường độ trường tại điểm khảo sát

$$\begin{aligned}\overrightarrow{E}_M &= \overrightarrow{E}_1 + \overrightarrow{E}_2 \\ E &= -\frac{ik}{4\pi} \frac{e^{-ikr}}{r} f_1(\theta) (1 + a_2 e^{i\psi_2} e^{ikd \cos \theta})\end{aligned}\tag{5.34}$$

- Hàm tính hướng tổng hợp

$$f_k = 1 + a_2 e^{i\psi_2} e^{ikd \cos \theta}\tag{5.35}$$

Phụ thuộc các giá trị khác nhau của d/λ và $a_2 e^{i\psi_2}$

33

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

- **Bức xạ của hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**
 - Trường hợp dòng trong hai chấn tử đồng biên, đồng pha: $a_2=1$ và $\psi_2=0$

$$f_k(\theta) = 1 + e^{ikd \cos \theta} = e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}} \left(e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}} + e^{-\frac{ikd \cos \theta}{2}} \right)\tag{5.36}$$

$$\begin{aligned}f_k(\theta) &= 2 \cos \left[\frac{kd}{2} \cos \theta \right] e^{ikd \cos \theta} \\ |f_k(\theta)| &= 2 \cos \left[\frac{kd}{2} \cos \theta \right]\end{aligned}\tag{5.37}$$

- **Hướng bức xạ cực đại**

$$\begin{aligned}\cos \left[\frac{kd}{2} \cos \theta \right] &= \pm 1 \Leftrightarrow kd \cos \theta_{\max} = 2n\pi \quad n = 0, 1, 2, \dots \\ \cos \theta_{\max} &= \frac{2n\pi}{kd} = \frac{n\lambda}{d} \leq 1 \Leftrightarrow n \leq \frac{d}{\lambda}\end{aligned}\tag{5.38}$$

34

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

- Trưởng hợp dòng trong hai chấn tử đồng biên, ngược pha: $a_2=1$ và $\psi_2=180^\circ$
- Hàm tính hướng

$$f_k(\theta) = 1 + e^{(ikd \cos \theta + \pi)} = -2 \sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta\right) e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}}$$

$$|f_{kn}(\theta)| = 2 \left| \sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta\right) \right| \quad (5.39)$$

- Hướng bức xạ cực đại

$$\sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta\right) = \pm 1 \Leftrightarrow kd \cos \theta_{\max} = (2n+1)\pi \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\cos \theta_{\max} = \frac{(2n+1)\pi}{kd} = \frac{(2n+1)\lambda}{2d} \leq 1 \Leftrightarrow \frac{(2n+1)}{2} \leq \frac{d}{\lambda} \quad (5.40)$$

35

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

- Trưởng hợp dòng trong hai chấn tử đồng biên, ngược pha: $a_2=1$ và $\psi_2=180^\circ$
- Hàm tính hướng

$$f_k(\theta) = 1 + e^{(ikd \cos \theta + \pi)} = -2 \sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta\right) e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}}$$

$$|f_{kn}(\theta)| = 2 \left| \sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta\right) \right| \quad (5.39)$$

- Hướng bức xạ cực tiêu

$$\sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta\right) = 0 \Leftrightarrow kd \cos \theta_{\max} = 2n\pi \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\cos \theta_{\min} = \frac{2n\pi}{kd} = \frac{2n\lambda}{2d} \leq 1 \Leftrightarrow n \leq \frac{d}{\lambda} \quad (5.41)$$

36

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

• Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

- Trường hợp dòng trong hai chấn tử đồng biên, vuông pha: $a_2=1$ và $\psi_2=90^\circ$
- Hàm tính hướng

$$f_k(\theta) = 1 + e^{(ikd \cos \theta + \frac{\pi}{2})} = 2 \cos\left(\frac{kd}{2} \cos \theta + \frac{\pi}{4}\right) e^{i\left(\frac{kd \cos \theta + \pi}{2}\right)}$$

$$|f_{km}(\theta)| = 2 \left| \sin\left(\frac{kd}{2} \cos \theta + \frac{\pi}{4}\right) \right| \quad (5.42)$$

- Khi $d = \lambda/4$

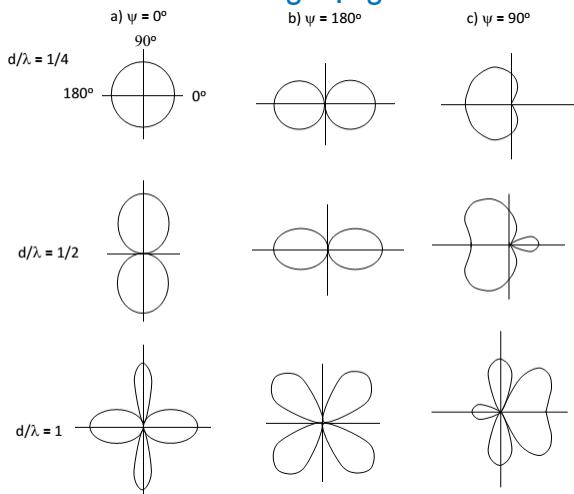
Cực tiêu bằng 0 khi $\theta = 0$, Cực đại bằng 2 khi $\theta = 180^\circ$

37

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

• Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau



Hình 5.13: Đồ thị phương hướng của hệ hai chấn tử song song đặt gần nhau

38

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

 - Trở kháng vào

 - Trở kháng tương hỗ ảnh hưởng tới sđt thực tế đặt lén hai chấn tử

$$e_1 = I_{a1}Z_{11} + I_{a2}Z_{12} \quad (5.43)$$

$e_2 = I_{a2}Z_{22} + I_{a1}Z_{21}$

$$\frac{I_{a2}}{I_{a1}} = ae^{i\psi}$$

e_1, e_2 : Sđt đầu vào hai chấn tử khi xét đến tương hỗ

Z_{11}, Z_{22} : Trở kháng riêng của hai chấn tử

Z_{12}, Z_{21} : Trở kháng tương hỗ hai chấn tử

$$Z_{12} = Z_{21}$$

$$Z_{in1} = \frac{e_1}{I_{a1}} = Z_{11} + ae^{i\psi} Z_{12} \quad Z_{in2} = \frac{e_2}{I_{a2}} = Z_{22} + \frac{1}{a} e^{-i\psi} Z_{12} \quad (5.44)$$

$$Z_{11} = R_{11} + iX_{11} \quad Z_{22} = R_{22} + iX_{22} \quad Z_{12} = R_{12} + iX_{12}$$

$$Z_{in1} = R_{11} + a(R_{12} \cos \psi - X_{12} \sin \psi) + i[X_{11} + a(R_{12} \sin \psi + X_{12} \cos \psi)] \quad (5.45)$$

$$Z_{in2} = R_{22} + a(R_{12} \cos \psi - X_{12} \sin \psi) + i[X_{22} + a(R_{12} \sin \psi + X_{12} \cos \psi)]$$

39

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

 - Điện trở bức xạ

$$P_{bx} = \frac{I^2 R_{bx}}{2} \quad (5.46)$$

$$P_{bx1} = \frac{I_{a1} I_{a1}^*}{2} [R_{11} + a(R_{12} \cos \psi - X_{12} \sin \psi)] \quad (5.47)$$

$$P_{bx2} = \frac{I_{a2} I_{a2}^*}{2} [R_{22} + \frac{1}{a}(R_{12} \cos \psi + X_{12} \sin \psi)]$$

$$P_{bx} = P_{bx1} + P_{bx2} = \frac{I_{a1} I_{a1}^*}{2} [R_{11} + a^2 R_{22} + 2a R_{12} \cos \psi] \quad (5.48)$$

$$R_{bx0} = R_{11} + a^2 R_{22} + 2a R_{12} \cos \psi \quad (5.49)$$

Điện trở bức xạ của hệ không phụ thuộc vào điện kháng riêng và điện kháng tương hỗ của hai chấn tử

40

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

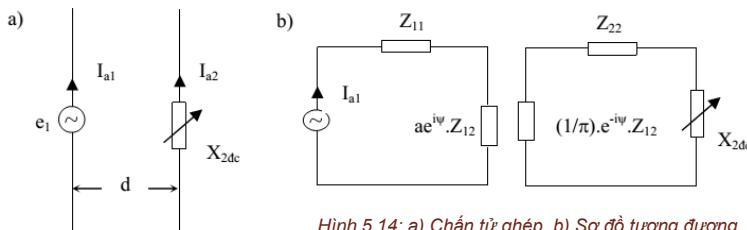
5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

 - Chấn tử chủ động, chấn tử thụ động

 - Chấn tử chủ động: được nối trực tiếp với nguồn và tự bức xạ sóng điện từ
 - Chấn tử thụ động: Không được cấp nguồn, hoạt động dựa trên nguyên tắc cảm ứng điện từ => nguồn bức xạ thứ cấp.

$$\frac{I_{a2}}{I_{a1}} = ae^{i\psi} \quad (5.50)$$



Hình 5.14: a) Chấn tử ghép, b) Sơ đồ tương đương

41

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

 - Chấn tử chủ động, chấn tử thụ động

 - Sức điện động và dòng trong chấn tử:

$$\begin{aligned} e_1 &= I_{a1}Z_{11} + I_{a2}Z_{12} \\ 0 &= I_{a2}(Z_{22} + iX_{2dc}) + I_{a1}Z_{21} \end{aligned} \quad (5.51)$$

$$\rightarrow \frac{I_{a2}}{I_{a1}} = -\frac{Z_{12}}{Z_{22} + iX_{2dc}} = -\frac{R_{12} + iX_{12}}{R_{22} + i(X_{22} + X_{2dc})} \quad (5.52)$$

$$a = \sqrt{\frac{R_{12}^2 + X_{12}^2}{R_{22}^2 + (X_{22} + X_{2dc})^2}} \quad (5.53)$$

$$\psi = \pi + \arctan \frac{X_{12}}{R_{12}} - \arctan \frac{X_{22} + X_{2dc}}{R_{22}}$$

42

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



5.2 – Anten chấn tử đối xứng

- **Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau**

- **Chấn tử chủ động, chấn tử thụ động**

- Trở kháng vào và điện trở bức xạ:

$$Z_{in1} = Z_{11} - \frac{Z_{12}^2}{Z_{22} + iX_{2dc}}; \quad Z_{in2} = 0 \quad (e_2 = 0) \quad (5.54)$$

$$R_{bx0} = R_{11} + a^2 R_{22} - 2aR_{12} \cos\psi$$

$$a = \sqrt{\frac{R_{12}^2 + X_{12}^2}{R_{22}^2 + (X_{22} + X_{2dc})^2}}$$

$$\psi = \pi + \arctan \frac{X_{12}}{R_{12}} - \arctan \frac{X_{22} + X_{2dc}}{R_{22}}$$

43

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 5.1 Giới thiệu chung
- 5.2 Anten chấn tử đối xứng
- **5.3 Anten chấn tử đơn**
- 5.4 Anten nhiều chấn tử
- 5.5 Câu hỏi và bài tập

44

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.3 – Anten chấn tử đơn - Monopole

• Cấu tạo:

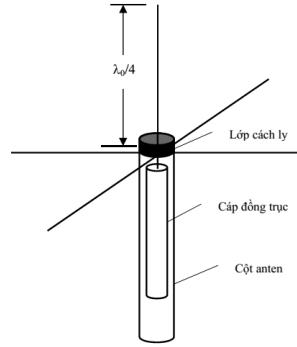
- Gồm một nhánh chấn tử đặt trên một mặt phản xạ (mặt đất), thường có độ dài $\frac{1}{4}$ bước sóng.
- Các thanh chéo tạo nên mặt cơ sở rộng đảm bảo đồ thị bức xạ tốt.

• Đặc điểm

- Điện trở bức xạ: $36,56 \Omega$
- Độ dài thanh chéo khoảng $1/3$ bước sóng.
- Ứng dụng phổ biến trong di động mặt đất.



Hình 5.16: VHF Monopole



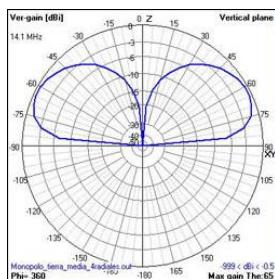
Hình 5.15: Anten chấn tử đơn

45

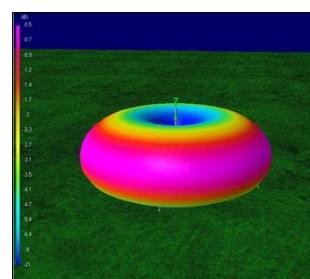
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.3 – Anten chấn tử đơn - Monopole

• Đồ thị phương hướng



a) Mật phẳng E



b) 3D

Hình 5.17: $\frac{1}{4}$ wavelength monopole

- Đồ thị đa hướng (Omnidirectional) nhưng hướng cực đại không nằm trên mặt phẳng nằm ngang
- Hệ số khuyếch đại gấp 2 lần (3dB) so với anten chấn tử đối xứng. Thường 5,19 dB
- Khi mặt phản xạ càng lớn => hướng cực đại càng gần với mặt phẳng nằm ngang
- Độ dài điện của anten càng tăng => hướng cực đại càng xa mặt phẳng nằm ngang

46

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 5.1 Giới thiệu chung
- 5.2 Anten chấn tử đối xứng
- 5.3 Anten chấn tử đơn
- **5.4 Anten nhiều chấn tử**
- 5.5 Câu hỏi và bài tập

47

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

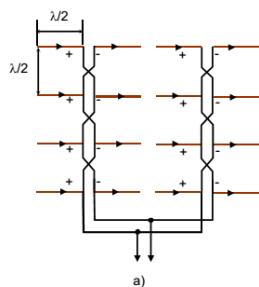
5.4 – Anten nhiều chấn tử

• Dàn chấn tử đồng pha

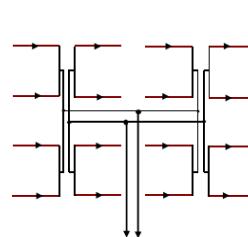
• Cấu tạo:

- Các chấn tử đối xứng toàn sóng: $l = \lambda/2$
- Sắp xếp trên một mặt phẳng theo hàng và cột
- Khoảng cách giữa các chấn tử là $\lambda/2$

• Tiếp điện (Feed): Tiếp điện đồng pha



Kiểu đấu chéo



Kiểu song song

48

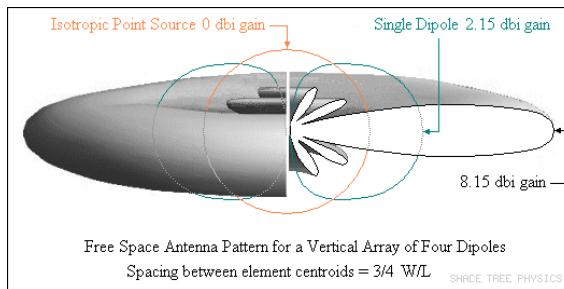
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

• Dàn chấn tử đồng pha

• Đặc điểm làm việc:

- Đồ thị tinh hướng giống chấn tử đối xứng nhưng có tính hướng cao hơn.
- Hướng bức xạ cực đại $\Delta = 0$ và $\Delta = \pi$
- Để bức xạ đơn hướng, kết hợp với mặt phản xạ (Mặt kim loại hoặc lưới dây dẫn), khoảng cách đến dàn chấn tử $d = (0,2 \div 0,25 \lambda)$



Hình 5.16: Đồ thị phương hướng của dàn 4 chấn tử đồng pha đặt thẳng đứng

49

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng

Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

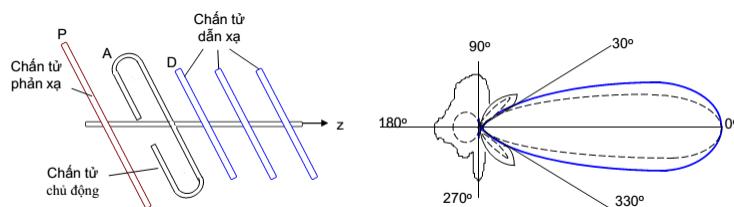
• Anten Yagi

• Cấu tạo

- Một chấn tử chủ động: Anten chấn tử đối xứng nửa sóng (thẳng hoặc vòng dẹt), $l = \lambda/4$, (Với trường hợp vòng dẹt $Z_v = 300 \Omega$)
- Các chấn tử thụ động đóng vai trò phản xạ và dẫn xạ
- Đặt song song với nhau trên một mặt phẳng

• Tiếp điện cho chấn tử chủ động:

- Sử dụng cáp đồng trực hoặc dây song hành



Hình 5.18: Anten Yagi và đồ thị phương hướng

50

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng

Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

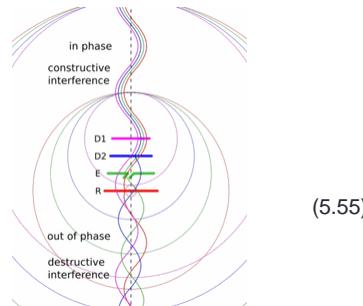
- Anten Yagi

- Nguyên lý hoạt động:

$$\frac{I_2}{I_1} = ae^{i\psi}$$

$$a = \sqrt{\frac{R_{12}^2 + X_{12}^2}{R_{22}^2 + X_{22}^2}}$$

$$\psi = \pi + \arctan \frac{X_{12}}{R_{12}} - \arctan \frac{X_{22}}{R_{22}}$$



- $d = 0,15 \div 0,25 \lambda$
 $2l > \lambda/2: X_{22} < 0$, tính cảm, I_2 sớm pha hơn $I_1 \Rightarrow$ Chấn tử phản xạ
- $d = 0,1 \div 0,35 \lambda$
 $2l < \lambda/2: X_{22} > 0$, tính dung, I_2 chậm pha hơn $I_1 \Rightarrow$ Chấn tử dẫn xạ

51

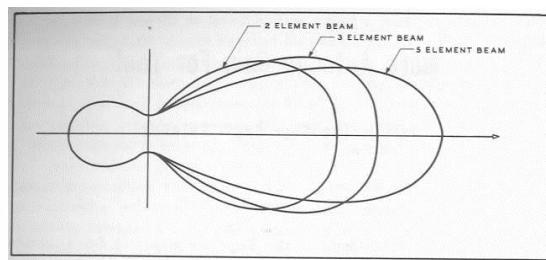
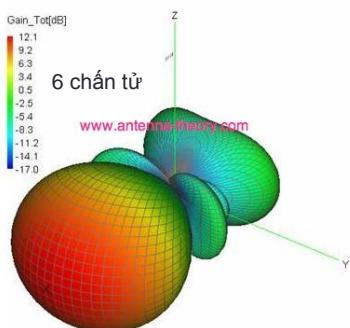
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Yagi

- Đồ thị phương hướng

- Số chấn tử tăng \Rightarrow tính hướng tăng, đồ thị phương hướng hẹp dần
- Hệ số hướng tính từ 5 – 15 dB



Hình 5.19: Đồ thị phương hướng của anten Yagi

52

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

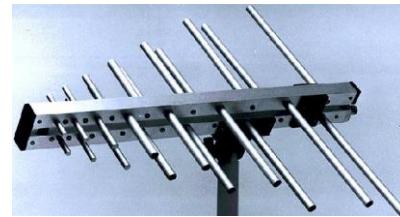
 - Cấu tạo:

 - Nhiều chấn tử có độ dài khác nhau đặt ở các khoảng cách khác nhau.
 - Đặt song song trong một mặt phẳng
 - Kích thước và khoảng cách của các chấn tử thay đổi theo một tỉ lệ nhất định gọi là chu kỳ của anten

$$\tau = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \dots = \frac{d_{n-1}}{d_n} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_2}{l_3} = \dots = \frac{l_{n-1}}{l_n} \quad (5.56)$$

 - Tiếp điện cho các chấn tử:

 - Tiếp điện đồng pha, so le



Hình 5.19: Anten Logarit - Chu kỳ

53

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

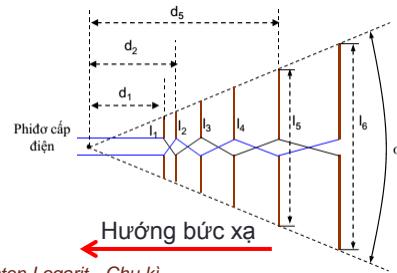
- Hệ số tỉ lệ: $\tau \text{ -- } \tau_{\max} = 0,95$

- Hệ số góc mở: $\alpha \text{ -- } \alpha_{\min} = 10^\circ$

- Hệ số không gian: σ

$$\sigma = \frac{d_{n+1} - d_n}{2l_{n+1}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{1 - \tau}{4\sigma} \right]$$



Hình 5.19: Anten Logarit - Chu kỳ

54

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

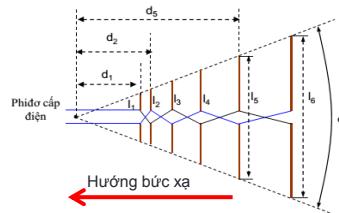
5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

 - Nguyên lý hoạt động

 - Tần số kích thích là f_0 – Chấn tử $l_0 = \lambda/2$ đóng vai trò chấn tử chủ động – cộng hưởng (Trở kháng vào thuần trở $73,1 \Omega$)
 - Các chấn tử khác có giá trị thành phần điện kháng phụ thuộc vào độ dài so với chấn tử chủ động
 - Do qui luật chu kì về chiều dài và khoảng cách + tiếp điện so le (dòng trong 2 chấn tử gần nhau ngược pha 180°) Các chấn tử phía trước ($l < l_0$) thoả mãn điều kiện của chấn tử dẫn xạ, các chấn tử phía sau ($l > l_0$) thoả mãn điều kiện của chấn tử phản xạ

 - Miền bức xạ chủ yếu tạo bởi chấn tử chủ động và một vài chấn tử lân cận



55

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

 - Công thức xác định tần số làm việc:

$$f_n = \tau^{n-1} f_1 \quad (5.57)$$

 - Độ dài của chấn tử cộng hưởng tương ứng

$$l_n = \frac{l_1}{\tau^{n-1}} \quad (5.58)$$

 - Biểu thức logarit chu kì

$$\ln f_n = (n-1) \ln \tau + \ln f_1 \quad (5.59)$$

→ Biến đổi theo chu kì logarit của τ

56

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

- Hệ số tính hướng:

TABLE 11.1 INPUT RESISTANCES (R_{in} IN OHMS) AND DIRECTIVITIES (dB ABOVE ISOTROPIC) FOR LOG-PERIODIC DIPOLE ARRAYS

α	$\tau = 0.81$		$\tau = 0.89$		$\tau = 0.95$	
	R_{in} (ohms)	D_0 (dB)	R_{in} (ohms)	D_0 (dB)	R_{in} (ohms)	D_0 (dB)
10	98	—	82	9.8	77.5	10.7
12.5	—	—	77	—	—	—
15	—	7.2	—	—	—	—
17.5	—	—	76	7.7	62	8.8
20	—	—	74	—	—	—
25	—	—	63	7.2	—	8.0
30	80	—	64	—	54	—
35	—	—	56	6.5	—	—
45	65	5.2	59	6.2	—	—

SOURCE: D. E. Isbell, "Log Periodic Dipole Arrays," *IRE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-8, pp. 260–267, May 1960. © (1960) IEEE.

Hình 5.23: Bảng hệ số tính hướng theo α và τ

57

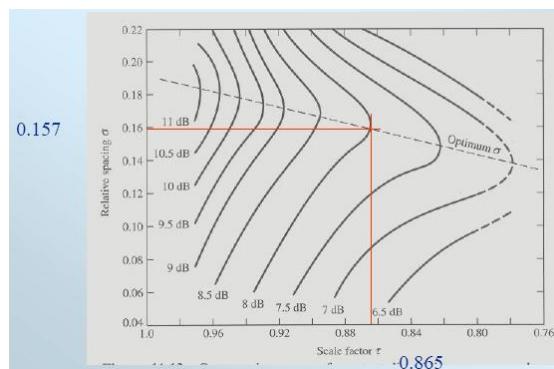
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

- Hệ số tính hướng:



Hình 5.24: Bảng hệ số không gian tối ưu theo hệ số hướng tính

58

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

- Băng thông thiết kế:

$$BW = B \left(1.1 + 7.7 (1 - \tau)^2 \cot \alpha \right) \quad (5.60)$$

$$B = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}$$

- Chiều dài hệ thống:

$$L = \frac{\lambda}{4} \left(1 - \frac{1}{BW} \right) \cot \alpha \quad (5.61)$$

$$\lambda_{\max} = 2L_{\max} = \frac{c}{f_{\min}}$$

- Số anten phần tử

$$N = 1 + \frac{\ln(BW)}{\ln(1/\tau)} \quad (5.62)$$

59

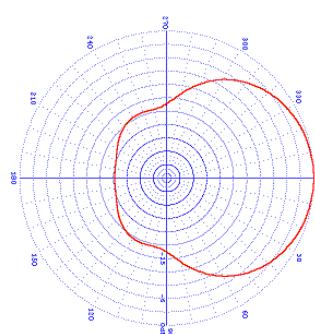
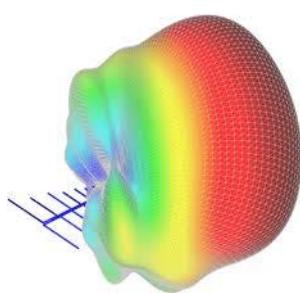
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

5.4 – Anten nhiều chấn tử

- Anten Logarit – Chu kì

- Hệ số tính hướng:

- Từ 6 – 8 dB
- Băng thông rộng



Hình 5.22: Đồ thị phương hướng của anten Logarit - Chu kỳ

60

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



5.5 Câu hỏi và bài tập

14. Một chấn tử đối xứng có chiều dài toàn bộ 50 cm, công tác ở tần số 300 MHz. Xác định chiều dài hiệu dụng của nó?

- (a) 32 cm; (b) 35 cm; (c) 40 cm; (d) 45 cm;

15. Số liệu như bài 14, xác định điện trở bức xạ của chấn tử?

- (a) 70,1 Ω; (b) 73,1 Ω; (c) 80,1 Ω; (d) 83,1 Ω;

16. Số liệu như bài 14, xác định trở kháng vào của chấn tử?

- (a) 65,1 Ω; (b) 70,1 Ω; (c) 73,1 Ω; (d) 80,1 Ω;

17. Điện trở bức xạ của chấn tử vòng dẹt có giá trị bằng bao nhiêu?

18. Anten logarit- chu kì 5 chấn tử. Chấn tử ở giữa có chiều dài tổng cộng 30 cm. Hằng số chu kì $\tau = 0,9$.

Tính độ dài của từng chấn tử và các tần số làm việc tương ứng.



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Email: nvhung_vt1@ptit.edu.vn
Tel: ***
Bộ môn: Vô tuyến
Khoa: Viễn Thông 1
Học kỳ/Năm biên soạn: II/2014

www.ptit.edu.vn

CHƯƠNG 6:

ANTEN GÓC MỞ

2 Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- 6.3 Anten loa
- 6.4 Anten gương phản xạ
- 6.5 Anten khe
- 6.6 Anten vi dải
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

3

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- 6.3 Anten loa
- 6.4 Anten gương phản xạ
- 6.5 Anten khe
- 6.6 Anten vi dải
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

4

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.1 – Giới thiệu chung

• Đặc điểm anten góc mở

- Với anten góc mở, sóng điện từ bức xạ từ góc mở của anten
- Hoạt động của anten góc mở dựa trên nguyên lý bức xạ mặt
- Độ rộng và độ dài của góc mở khoảng vài lần bước sóng công tác
- Hệ số khuyếch đại cao
- Sử dụng chủ yếu cho băng sóng siêu cao tần

5

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- 6.3 Anten loa
- 6.4 Anten gương phản xạ
- 6.5 Anten khe
- 6.6 Anten vi dải
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

6

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

- **Nguyên lý chung**

- Các bề mặt được kích thích bởi trường điện từ bức xạ từ một nguồn sơ cấp
- Trên bề mặt hình thành các thành phần điện từ trường vuông góc
=> bề mặt trở thành nguồn bức xạ thứ cấp
- Khi bề mặt bức xạ phẳng thì mặt phẳng đó được gọi là mặt mỏ (hay khẩu độ của anten)

- **Đặc điểm**

- Sử dụng phổ biến ở dải sóng cực ngắn (cỡ GHz trở lên)
- Tạo anten có tính hướng hẹp
- Các anten điển hình: Anten loa, Anten gương

7

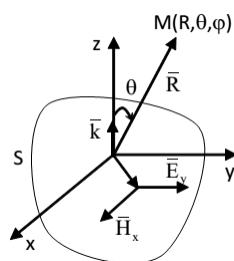
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

- **Bức xạ bề mặt**

- **Bài toán:**

- Anten có diện tích góc mỏ S , trên đó các thành phần trường phân bố theo qui luật xác định
- Chọn hệ toạ độ với trục z trùng với hướng vecto pháp tuyến ngoài của mặt



Hình 6.1: Hệ toạ độ khảo sát bài toán bức xạ mặt

8

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

- **Bức xạ bề mặt**

- **Khảo sát quá trình bức xạ**

- Trường kích thích trên miệng anten là hàm số theo toạ độ của mặt bức xạ:

$$\overline{H}_x = \overline{i}_x H_0 f(x, y) = \overline{i}_x H_0 f_m(x, y) e^{i\psi(x, y)} \quad (6.1)$$

Trong đó:

- H_x là biên độ phức của vectơ cường độ từ trường trên bề mặt bức xạ
- H_0 là biên độ phức của vectơ cường độ từ trường tại gốc toạ độ
- $f(x, y)$ là hàm phân bố phức của trường
- $f_m(x, y)$ là hàm phân bố biên độ
- $\psi(x, y)$ là hàm phân bố pha

- Trở kháng bề mặt:

$$Z_s(x, y) = \frac{E_y}{H_x} \quad (6.2)$$

9

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

- **Bức xạ bề mặt**

- **Khảo sát quá trình bức xạ**

- Áp dụng nguyên lý dòng mặt tương đương để phân tích bức xạ bề mặt
 - Mật độ dòng điện mặt

$$\overline{J}_s^e = (\bar{n} \times \bar{H}_x) = \overline{J}_y^e = \overline{i}_y H_x \quad (6.3)$$

- Mật độ dòng từ mặt

$$\overline{J}_s^m = -(\bar{n} \times \bar{E}_y) = \overline{J}_x^m = \overline{i}_x E_y \quad (6.4)$$

- Mật bức xạ lý tưởng là phẳng, các thành phần tiếp tuyến của trường đồng biên và đồng pha

$$\begin{aligned} f_m(x, y) &= 1 \\ \psi(x, y) &= 0 \end{aligned} \quad (6.5)$$

10

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

- Bức xạ bề mặt

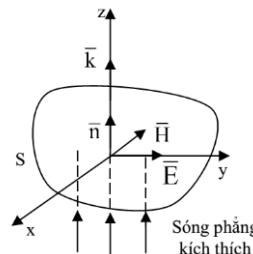
 - Khảo sát quá trình bức xạ

 - Chọn trục z trùng với phương truyền của sóng tới kích thích, với hai thành phần:

$$\begin{aligned}\bar{E} &= \bar{E}_y = i_y E_0 && \text{Vecto } E \text{ theo trục } y \\ \bar{H} &= \bar{H}_x = -i_x H_0 && \text{Vecto } H \text{ theo chiều âm trục } x\end{aligned}\quad (6.6)$$

 - Thay vào (6.1) và (6.2)

$$\begin{aligned}H_x &= -H_0 \\ Z_s &= \frac{E_y}{H_s} = -\frac{E_0}{H_0}\end{aligned}\quad (6.7)$$



11

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

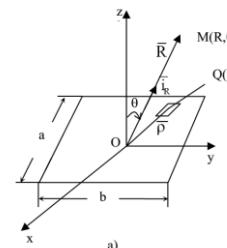
6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

- Bức xạ bề mặt

 - Khảo sát quá trình bức xạ

 - Mặt bức xạ hình chữ nhật

$$H_\theta = \frac{E_\varphi}{Z}; \quad H_\varphi = \frac{E_\theta}{Z}$$



$$E_\theta = \frac{ik}{4\pi} \frac{e^{-ikr}}{r} Z_s H_0 ab \left(1 + \frac{Z}{Z_s} \cos \theta \right) \sin \varphi \frac{\sin \left(\frac{ka}{2} \sin \theta \cos \varphi \right)}{\frac{ka}{2} \sin \theta \cos \varphi} \frac{\sin \left(\frac{kb}{2} \sin \theta \sin \varphi \right)}{\frac{kb}{2} \sin \theta \sin \varphi} \quad (6.8)$$

$$E_\varphi = \frac{ik}{4\pi} \frac{e^{-ikr}}{r} Z_s H_0 ab \left(\frac{Z}{Z_s} + \cos \theta \right) \cos \varphi \frac{\sin \left(\frac{ka}{2} \sin \theta \cos \varphi \right)}{\frac{ka}{2} \sin \theta \cos \varphi} \frac{\sin \left(\frac{kb}{2} \sin \theta \sin \varphi \right)}{\frac{kb}{2} \sin \theta \sin \varphi}$$

12

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

Bức xạ bề mặt

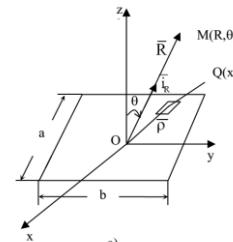
- Khảo sát quá trình bức xạ

 - Mặt bức xạ hình chữ nhật

 - Xét trong mặt phẳng E (mặt phẳng yOz) $\varphi = 90^\circ$

$$E_\theta = \frac{ik}{4\pi} \frac{e^{-ikr}}{r} Z_s H_0 ab \left(1 + \frac{Z}{Z_s} \cos \theta \right) \frac{\sin\left(\frac{kb}{2} \sin \varphi\right)}{\frac{kb}{2} \sin \varphi} \quad (6.9)$$

$$E_\varphi = 0$$



 - Xét trong mặt phẳng H (mặt phẳng xOz) $\varphi = 0^\circ$

$$E_\theta = 0$$

$$E_\varphi = \frac{ik}{4\pi} \frac{e^{-ikr}}{r} Z_s H_0 ab \left(\frac{Z}{Z_s} + \cos \theta \right) \frac{\sin\left(\frac{ka}{2} \sin \theta\right)}{\frac{ka}{2} \sin \theta} \quad (6.10)$$

13

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

Bức xạ bề mặt

- Khảo sát quá trình bức xạ

 - Mặt bức xạ hình chữ nhật

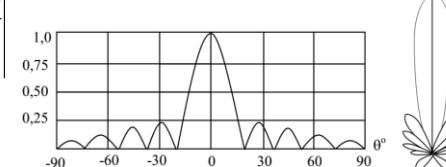
 - Hàm tính hướng

$$|F(\theta^E)| = \left| \frac{1 + \frac{Z}{Z_s} \cos \theta \sin\left(\frac{kb}{2} \sin \theta^E\right)}{1 + \frac{Z}{Z_s}} \frac{\frac{kb}{2} \sin \theta^E}{\frac{kb}{2} \sin \theta^E} \right| \quad (6.11)$$

$$|F(\theta^H)| = \left| \frac{\frac{Z}{Z_s} + \cos \theta \sin\left(\frac{ka}{2} \sin \theta^H\right)}{1 + \frac{Z}{Z_s}} \frac{\frac{ka}{2} \sin \theta^H}{\frac{ka}{2} \sin \theta^H} \right|$$

**Độ rộng búp sóng trong mỗi
mặt phẳng chỉ phụ thuộc kích
thước anten theo mặt phẳng ấy**

Hình 6.2: Độ thị tính hướng với mặt bức xạ hình chữ nhật



14

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.2 – Nguyên lý bức xạ mặt

• Bức xạ bề mặt

- Khảo sát quá trình bức xạ
 - Mặt bức xạ hình tròn
 - Tham khảo bài giảng

15

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- **6.3 Anten loa**
- 6.4 Anten gương phản xạ
- 6.5 Anten khe
- 6.6 Anten vi dải
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

16

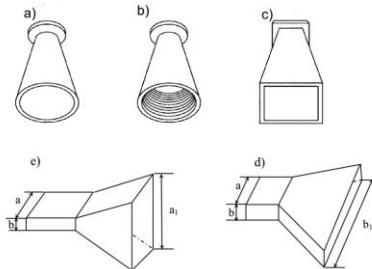
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.3 Anten loa

• Cấu tạo

- Thuộc loại anten bức xạ mặt

- Là đoạn ống dẫn sóng có một đầu mở
- Miệng ống dẫn sóng được mở thon dần để trở kháng sóng biến đổi đều
- Băng thông rộng



Hình 6.3: Các loại anten loa: a) Nón vách nhẵn. b) Nón vách gấp nếp.
c) Loa hình tháp. d) Loa E. e) Loa H

17

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.3 Anten loa

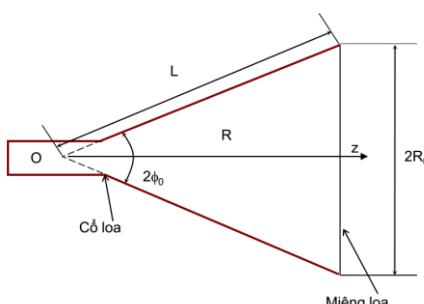
• Nguyên lý hoạt động

- Mô tả loa hình nón

- Sóng cao tần truyền theo ống dẫn sóng dưới dạng sóng phẳng
- Tại cỗ loa, đại bộ phận sóng truyền tiếp theo thân loa dưới dạng sóng phân kì
- Tại miệng loa phần lớn năng lượng được bức xạ ra ngoài

- Khi thiết kế cần lựa chọn góc mở và độ dài R thích hợp để đảm bảo tính hướng đạt được tốt nhất.

$$R \geq \frac{(2R_0)^2}{2,4\lambda} - 0,15\lambda \quad (6.11)$$



Hình 6.4: Mặt cắt dọc anten loa

18

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

6.3 Anten loa

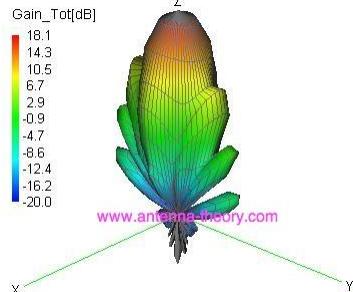
- Đồ thị tinh hướng
- Hệ số hướng tính:

(6.12) $D = \frac{4\pi S v}{\lambda^2}$ S: Diện tích miệng loa
v: Hệ số sử dụng bề mặt miệng loa

- 10 – 20 dB, có thể lên đến 25 dB
- Độ rộng búp sóng chính

$$\begin{aligned} 2\theta_{\frac{1}{2}}^E &= 51^\circ \frac{\lambda}{b_1} & 2\theta_{\frac{1}{2}}^H &= 51^\circ \frac{\lambda}{a_1} \\ 2\theta_0^E &= 115^\circ \frac{\lambda}{b_1} & 2\theta_0^H &= 172^\circ \frac{\lambda}{a_1} \end{aligned} \quad (6.13)$$

Để búp sóng chính trong mặt phẳng E và H bằng nhau thì $a_1 = 1,5 b_1$



www.antenna-theory.com

Hình 6.5: Đồ thị tinh hướng của anten loa

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

19

www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- 6.3 Anten loa
- 6.4 Anten gương phản xạ**
- 6.5 Anten khe
- 6.6 Anten vi dải
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

20

6.4 Anten gương

- **Nguyên lý hoạt động**

- Dựa trên nguyên lý làm việc của gương quang học
- Cấu tạo gồm nguồn bức xạ sơ cấp và mặt gương phản xạ
- Nguồn bức xạ sơ cấp: bức xạ sóng điện từ với mặt sóng và hướng truyền lan xác định
- Mặt phản xạ: biến đổi sóng sơ cấp thành sóng thứ cấp với mặt sóng và hướng truyền lan theo yêu cầu nhờ kết cấu của mặt phản xạ làm việc theo nguyên lý gương quang học
- **Tính hướng cao**
 - Sóng thứ cấp là sóng phẳng, tập trung năng lượng trong một không gian hẹp.

21

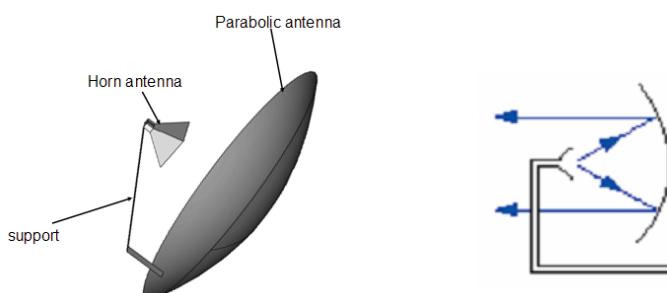
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- **Anten Parabol**

- **Cấu tạo:**

- Bộ bức xạ sơ cấp: sử dụng anten chấn tử đối xứng hoặc anten loa. Đặt tại tiêu điểm của parabol
- Mặt phản xạ: Hình parabol tròn xoay với hệ số phản xạ cao.



Hình 6.6: Anten parabol

22

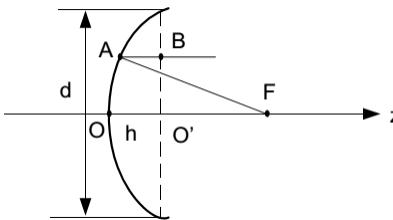
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- Anten parabol

- Nguyên lý hoạt động

- Tính chất quang học của gương parabol
 - $FO + OO' = FA + AB = f + h = \text{Const}$
 - Các tia sau khi phản xạ đi đến miệng gương với quãng đường như nhau, do đó tại miệng gương là sóng phẳng.



Hình 6.7: Tính chất quang học của anten parabol

23

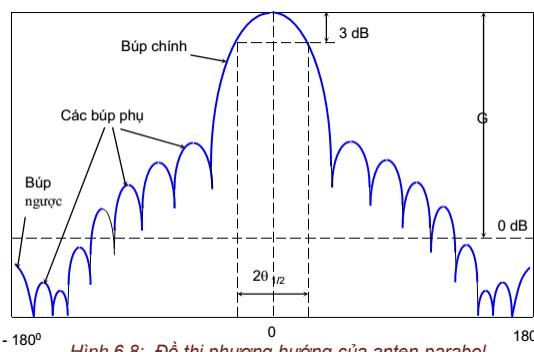
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- Anten parabol

- Đồ thị tính hướng:

$$\theta_{3\text{dB}} = 2\theta_{\frac{1}{2}} = \frac{21}{f_{(\text{GHz})}d} = \frac{70\lambda}{d} \quad (6.14)$$



Hình 6.8: Đồ thị phương hướng của anten parabol

24

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- Anten parabol

- Hệ số tính hướng

$$D = \frac{4\pi S}{\lambda^2} = \left(\frac{\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (6.15)$$

$$D(dBi) = 20\lg d_{(m)} + 20\lg f_{(GHz)} + 20,4$$

- Hệ số khuyếch đại

$$G = \frac{4\pi S \eta}{\lambda^2} = \left(\frac{\pi d}{\lambda} \right)^2 \eta \quad (6.16)$$

$$G(dBi) = 20\lg d_{(m)} + 20\lg f_{(GHz)} + 10\lg \eta + 20,4$$

S: diện tích mặt bức xạ

d: đường kính miệng gương

η : Hiệu suất của anten

25

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- Anten parabol

- Hệ số tính hướng

Gain versus Dish Diameter ($\eta_{eff} = 55\%$)

Diameter:	2 ft (0.6 m)	4 ft (1.2 m)	6 ft (1.8 m)	8 ft (2.4 m)	10 ft (3.0 m)	12 ft (3.7 m)	15 ft (4.5 m)
2 GHz	19.5dB	25.5dB	29.1dB	31.6dB	33.5dB	35.1dB	37dB
4 GHz	25.5dB	31.6dB	35.1dB	37.6dB	39.5dB	41.1dB	43.1dB
6 GHz	29.1dB	35.1dB	38.6dB	41.1dB	43.1dB	44.6dB	46.6dB
8 GHz	31.6dB	37.6dB	41.1dB	43.6dB	45.5dB	47.1dB	49.1dB
11 GHz	34.3dB	40.4dB	43.9dB	46.4dB	48.3dB	49.9dB	51.8dB
15 GHz	37dB	43.1dB	46.6dB	49.1dB	51dB	52.6dB	NA
18 GHz	38.6dB	44.6dB	48.2dB	50.7dB			
22 GHz	40.4dB	46.4dB	49.9dB	NA			
38 GHz	45.1dB	51.1dB	NA	NA			

$$Gain = \eta_{eff} D = \eta_{eff} \left(\frac{4\pi A}{\lambda^2} \right) = \eta_{eff} \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

$$HPBW = \frac{70^\circ \lambda}{D}$$

Half-Power Beamwidth (HPBW)
versus Dish Diameter

Diameter:	1 ft (0.3 m)	2 ft (0.6 m)	4 ft (1.2 m)	6 ft (1.8 m)	8 ft (2.4 m)	10 ft (3.0 m)	12 ft (3.7 m)	15 ft (4.5 m)
2 GHz	35°	17.5°	8.75°	5.83°	4.38°	3.5°	2.84°	2.33°
4 GHz	17.5°	8.75°	4.38°	2.92°	2.19°	1.75°	1.42°	1.17°
6 GHz	11.67°	5.83°	2.92°	1.94°	1.46°	1.17°	0.95°	0.78°
8 GHz	8.75°	4.38°	2.19°	1.46°	1°	0.88°	0.71°	0.58°
11 GHz	6.36°	3.18°	1.59°	1°	0.8°	0.64°	0.52°	0.42°
14 GHz	5°	2.5°	1.25°	0.83°	0.63°	0.5°	0.41°	0.33°
18 GHz	3.89°	1.94°	0.97°	0.65°	0.49°	0.39°	0.32°	0.26°
23 GHz	3°	1.52°	0.76°	0.51°	0.38°	0.3°	0.25°	0.2°
38 GHz	1.84°	0.92°	0.46°	0.31°	0.23°	0.18°	0.15°	0.12°

26

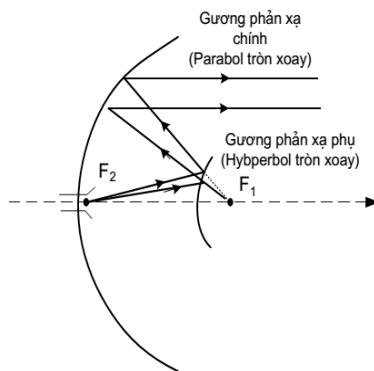
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- Anten parabol cải tiến

- Anten Cassegrain

- Gương chính, một gương phản xạ parabol tròn xoay
 - Gương phụ gương phản xạ hyperbol
 - Góp chiếu xạ dùng anten loa.
 - Bộ chiếu xạ được bố trí sao cho tâm loa nằm ở giữa đỉnh parabol.
 - Gương phụ có hai tiêu điểm: một trùng với tiêu điểm của gương chính và một trùng với tâm pha của bộ chiếu xạ



Hình 6.9: Nguyên lý cấu tạo của anten Cassegrain

27

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- Anten parabol cải tiến

- Anten Cassegrain

Ưu điểm:

- Tính hướng cao, độ rộng búp sóng chính nhỏ
- Cáp điện đơn giản

Nhược điểm:

- Gương phụ tạo miền tối làm giảm tính hướng

Sử dụng cho các trạm mặt đất trong thông tin vệ tinh



Hình 6.10: Anten Cassegrain

28

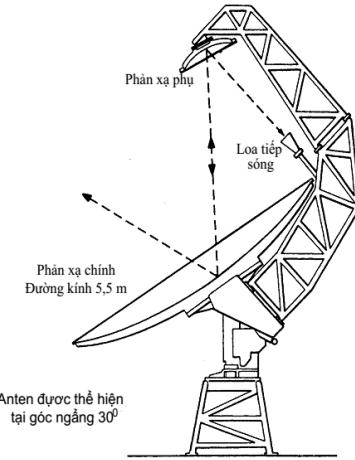
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.4 Anten gương

- **Anten parabol cải tiến**

- **Anten Gregorian**

- Nguyên lý tương tự anten Cassegrain
 - Sử dụng gương phản xạ phụ elip để khắc phục việc tạo miền tối



Hình 6.7: Nguyên lý cấu tạo của anten Cassegrain

29

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- 6.3 Anten loa
- 6.4 Anten gương phản xạ
- **6.5 Anten khe**
- 6.6 Anten vi dải
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

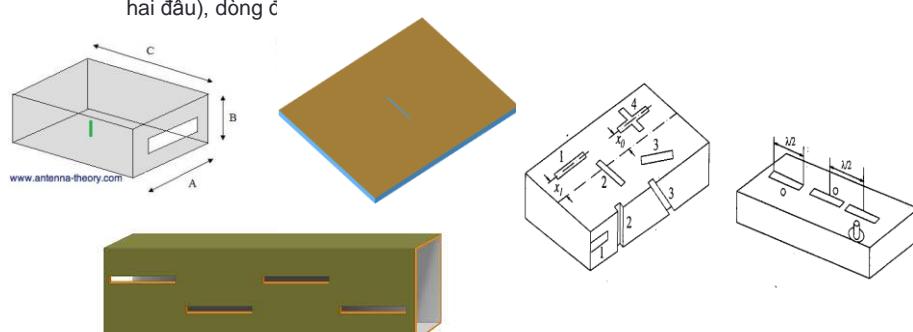
30

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

 www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

6.5 – Anten Khe (Slot antenna)

- Anten khe nửa sóng
- Cấu tạo:
 - Khe hẹp trên thành ống dẫn sóng hốc cộng hưởng hoặc mạch vi dải
 - Chiều dài bằng nửa bước sóng công tác
 - Là phần bù của chấn tử đối xứng (Tương ứng với dây song hành ngắn mạch ở hai đầu), dòng c



Hình 6.8: Anten khe

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

31

 www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

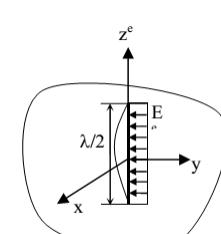
6.5 – Anten Khe (Slot antenna)

- Anten khe nửa sóng
- Hoạt động:
 - Quan hệ dòng áp

$$U_{khe}(z) = U_{bkhe} \sin\left(\frac{l}{2} - |z|\right)$$

$$I_{dây}^m = -2bE_{khe}(z) = -2U_{khe}(z) \quad (6.17)$$

$$= -2U_{bkhe} \sin\left(\frac{l}{2} - |z|\right)$$
- U_{bkhe} : điện áp bụng sóng, khi $l = \lambda/2$ thì là điểm giữa của khe
- Trường bức xạ

$$E_\varphi = i \frac{U_{bkhe}}{\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{kl}{2} \cos\theta\right) - \cos\frac{kl}{2}}{\sin\theta} \right] e^{-ikr} \quad H_\theta = -i \frac{U_{bkhe}}{Z\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{kl}{2} \cos\theta\right) - \cos\frac{kl}{2}}{\sin\theta} \right] e^{-ikr} \quad (6.18)$$


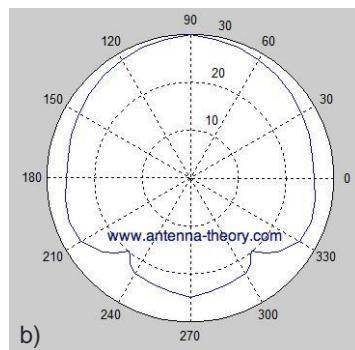
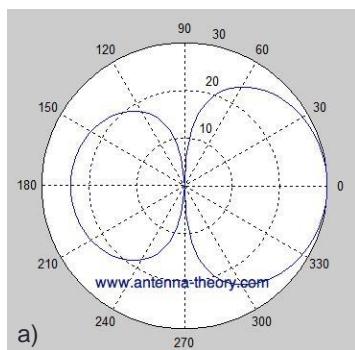
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

32

6.5 – Anten Khe (Slot antenna)

- **Anten khe nửa sóng**

- Đồ thị phương hướng



Hình 6.9: Đồ thị phương hướng của anten khe a) mặt phẳng H, b) mặt phẳng E

33

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 6.1 Giới thiệu chung
- 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
- 6.3 Anten loa
- 6.4 Anten gương phản xạ
- 6.5 Anten khe
- **6.6 Anten vi dải**
- 6.7 Câu hỏi và bài tập

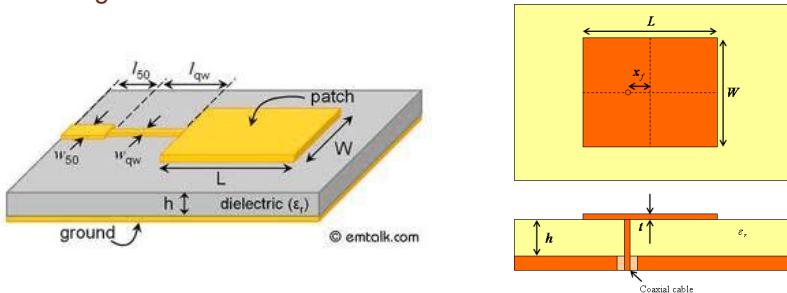
34

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.6 – Anten vi dải (Microstrip antenna)

- **Cấu tạo:**

- Sử dụng công nghệ mạch in tạo hình anten và đường dẫn sóng trên các tấm vật liệu có hằng số dielectric môi xác định
- Điểm cấp nguồn được tính toán vị trí và kích thước để hoà hợp trở kháng tốt



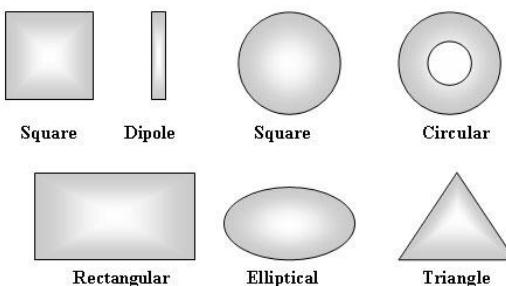
Hình 6.10: Cấu tạo anten vi dải

35

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

6.6 – Anten vi dải (Microstrip antenna)

- **Các loại anten vi dải điển hình**
 - Tuỳ thuộc vào hình dáng của anten



Hình 6.11: Các loại anten vi dải thường gặp

36

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

 www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

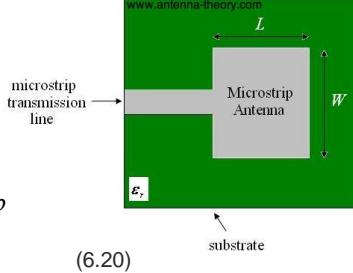
6.6 – Anten vi dải (Microstrip antenna)

- **Hoạt động của anten vi dải hình chữ nhật**
 - **Tần số làm việc:**
$$f = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r \epsilon_o \mu_o}} \quad (6.19)$$
- **Trường bức xạ**

$$E_\theta = \frac{\sin\left(\frac{kW \sin \theta \sin \varphi}{2}\right)}{\frac{kW \sin \theta \sin \varphi}{2}} \cos\left(\frac{kL}{2} \sin \theta \cos \varphi\right) \cos \varphi \quad (6.20)$$

$$E_\varphi = \frac{\sin\left(\frac{kW \sin \theta \sin \varphi}{2}\right)}{\frac{kW \sin \theta \sin \varphi}{2}} \cos\left(\frac{kL}{2} \sin \theta \cos \varphi\right) \cos \theta \sin \varphi$$

- **Hàm tính hướng**

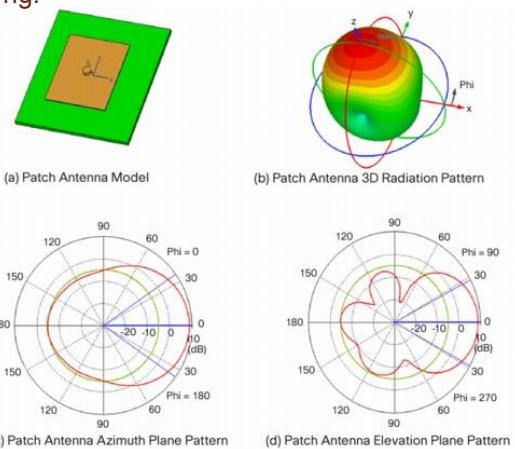
$$f(\theta, \varphi) = \sqrt{E_\theta^2 + E_\varphi^2} \quad (6.21)$$


Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

 www.ptit.edu.vn TRUYỀN SÓNG & ANTEN

6.6 – Anten vi dải (Microstrip antenna)

- **Hoạt động của anten vi dải hình chữ nhật**
 - **Đồ thị tính hướng:**



(a) Patch Antenna Model (b) Patch Antenna 3D Radiation Pattern

(c) Patch Antenna Azimuth Plane Pattern (d) Patch Antenna Elevation Plane Pattern

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.7 Câu hỏi và bài tập

6. Một anten parabol đường kính 5m có hiệu suất làm việc 0,65 làm việc tại tần số 6GHz.

Tính diện tích mặt mờ hiệu dụng của anten

- (a) 12,76 m²; (b) 13,76m²; (c) 14,76m²; (d) 15,75m²

7. Số liệu như bài 6, tìm hệ số khuếch đại của anten.
a) 45,1dBi; (b) 46,1dBi; (c) 47,1dBi; (d) 48,1dBi

8. Số liệu như bài 6, xác định độ rộng búp sóng chính.
a) 0,5°; (b) 0,7°; (c) 1,5°; (d) 1,7°

9. Một anten parabol đường kính 3m có hiệu suất làm việc 0,55 làm việc tại tần số 2GHz.

Tính diện tích mặt mờ hiệu dụng của anten.

- a) 2,9 m²; (b) 3,5 m²; (c) 3,9 m²; (d) 4,5 m²

10. Số liệu như bài 9, tìm hệ số khuếch đại của anten.
a) 33,4dBi; (b) 35,4dBi; (c) 37,4dBi; (d) 39,4dBi

11. Số liệu như bài 9, xác định độ rộng búp sóng chính.
a) 2,5°; (b) 3,0°; (c) 3,5°; (d) 3,7°

39

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.7 Câu hỏi và bài tập

12. Một anten gương parabol có hệ số khuếch đại là 50 dBi, hiệu suất làm việc 60%. Tính góc nửa công suất.

- a) 0,44°; (b) 0,54°; (c) 0,64°; (d) 0,74°

13. Một anten có góc nửa công suất bằng 2°. Xác định hệ số khuếch đại khi biết hiệu suất làm việc của anten là 55%.

- a) 30,2dBi; (b) 35,2dBi; (c) 38,2dBi; (d) 40,2dBi

14. Một anten phát có hệ số khuếch đại là 40 dBi, anten phát phải được cung cấp công suất là bao nhiêu để anten thu gương parabol có đường kính miệng gương 0,9 m; hiệu suất làm việc 0,55 đặt cách anten phát 50 km nhận được công suất – 70 dBW.

Giả thiết sóng truyền trong không gian tự do.
a) 0,5 mW; (b) 0,5 W; (c) 0,9 mW; (d) 0,9W

15. Anten gương parabol có hệ số khuếch đại là 40 dBi, hiệu suất làm việc 60%, làm việc tại tần số 4GHz. Tính đường kính miệng gương.

- a) 3,08 m; (b) 3,28 m; (c) 3,58 m; (d) 3,78 m

16. Số liệu như bài 15, tính độ rộng búp sóng θ_{3dB} .
a) 1,5°; (b) 1,7°; (c) 2,5°; (d) 2,7°

40

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



6.7 Câu hỏi và bài tập

17. Một anten phát có hệ số khuếch đại là 30 dBi, công suất máy phát cấp cho anten là 5W. Ở cự ly 50 km đặt một anten thu gương parabol có đường kính miệng gương 1,5m. Tính công suất anten thu nhận được.
a) 2,8 pW; (b) 0,28 μ W; (c) 1,13 mW ; (d) 1,13 W
18. Số liệu như bài 17, tính tổn hao truyền sóng trong không gian tự do khi truyền từ anten phát đến anten thu biết hiệu suất của anten phát là 80%.
a) 60,45dB; (b) 63,45dB; (c) 65,45dB; (d) 66,45dB
19. Một anten gương parabol có hệ số khuếch đại là 30 dBi, hiệu suất làm việc 60%. Tính góc nửa công suất.
a) $4,38^0$; (b) $5,38^0$; (c) $6,38^0$; (d) $7,38^0$
20. Một anten có góc nửa công suất bằng $1,2^0$. Xác định hệ số khuếch đại khi biết hiệu suất làm việc của anten là 55%.
a) 35,7dBi; (b) 40,7dBi; (c) 42,7dBi; (d) 45,7dBi



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Email: nvhung_vt1@ptit.edu.vn
Tel: ***
Bộ môn: Vô tuyến
Khoa: Viễn Thông 1
Học kỳ/Năm biên soạn: II/2014

 www.ptit.edu.vn

CHƯƠNG 7:

KĨ THUẬT ANTEN

2 Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cáp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

3

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cáp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

4

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



7.1 Giới thiệu chung

- **Hướng bức xạ cực đại**

- Hệ thống anten là tập hợp các phần tử bức xạ sắp xếp theo đường thẳng, mặt phẳng, mặt trụ, mặt cầu ...

- **Hệ thống thẳng:**

$$\cos \theta_M = -\frac{\psi}{kd} \quad (7.1)$$

ψ : Góc lệch pha của dòng trong hai phần tử kề nhau

d: Khoảng cách giữa các phần tử

k: hằng số sóng $k = 2\pi/\lambda$

- Hướng bức xạ cực đại phụ thuộc vào 3 thông số => 3 phương pháp điều khiển đồ thị tham số:

- Thay đổi khoảng cách d => khó thực hiện
- Thay đổi tần số => Anten điều khiển tần số
- Thay đổi phân bố pha => Anten điều khiển pha



Nội dung

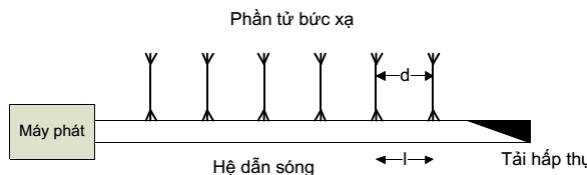
- 7.1 Giới thiệu chung
- **7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng**
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cấp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.8 Kỹ thuật đa anten
- 7.9 Anten tiên tiến trong thông tin di động

7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng

- Phương pháp tần số

 - Sơ đồ hệ thống

 - Hệ bức xạ thẳng tiếp điện liên tiếp



 - Hàm phương hướng tổ hợp

$$(7.2) \quad F_{KN}(\theta) = \frac{\left| \sin \frac{N\alpha}{2} \right|}{N \left| \sin \frac{\alpha}{2} \right|} \quad d \text{ đủ lớn để bù qua tác dụng tương hỗ giữa các phần tử}$$

$$\alpha = kd\cos\theta + \psi \quad \lambda_s: \text{độ dài bước sóng công tác trong hệ dẫn sóng}$$

$$\psi = -\psi_0 - \frac{2\pi}{\lambda_s} l \quad l: \text{Độ dài đoạn fide giữa hai phần tử}$$

7

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng

- Phương pháp tần số

 - Hướng bức xạ cực đại

$$F_{KN}(\theta_M) = 1 \Rightarrow \alpha = 2n\pi$$

$$\cos\theta_M = \frac{\lambda}{d} \left(n + \frac{\psi_0}{2\pi} \right) + \frac{\lambda}{\lambda_s} \frac{l}{d} \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (7.3)$$

 - Nếu sóng bức xạ và trong fide cùng tần số:

$$\frac{2\pi}{\lambda} = k\xi; \quad \frac{\lambda}{\lambda_s} = \xi \quad \text{Với } \xi: \text{hệ số của đường dẫn sóng}$$

$$\Rightarrow \cos\theta_M = \frac{\lambda}{d} \left(n + \frac{\psi_0}{2\pi} \right) + \xi \frac{l}{d} \quad \xi = \frac{c}{v} \quad (7.4)$$

Khi thay đổi tần số máy phát $\Rightarrow \lambda$ và ξ thay đổi
 \Rightarrow thay đổi được hướng cực đại của đồ thị phương hướng.

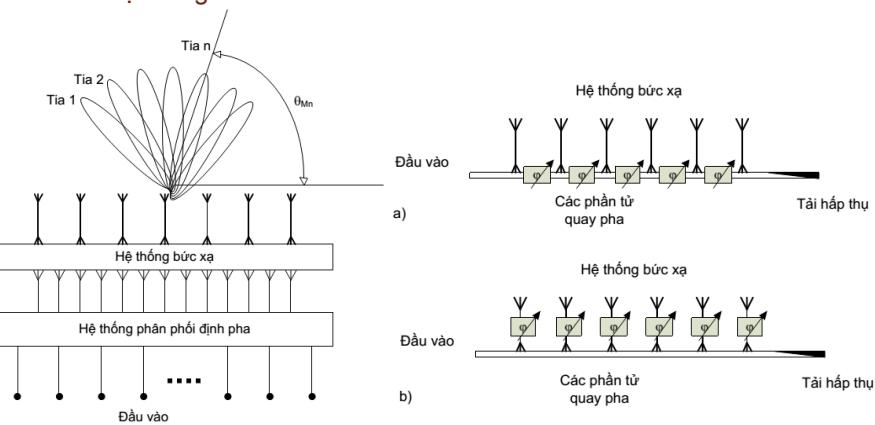
8

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng

- Phương pháp pha

 - Sơ đồ hệ thống



Hình 7.1: Hệ thống phân phối - định pha

9

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- **7.3 Mở rộng dải tần**
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cáp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

10

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

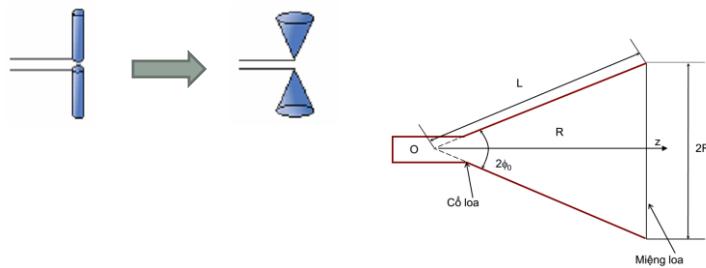
7.3 Mở rộng dải tần

- Phương pháp cơ bản mở rộng dải tần

- Giảm nhỏ trở kháng sóng của chấn tử

$$Q_A = A \cdot \frac{Z_A}{R_\Sigma} \quad Z_A = 120 \left(\ln \frac{l}{a} - 1 \right) \quad (7.5)$$

- Biến đổi dần đều tiết diện của anten



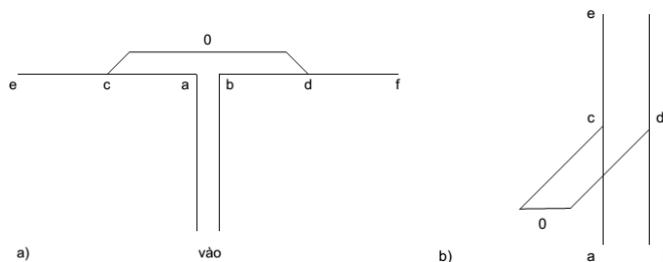
11

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.3 Mở rộng dải tần

- Hiểu chỉnh trở kháng vào trong dải tần

- Mắc các nhánh song song giữa hai chấn tử



12

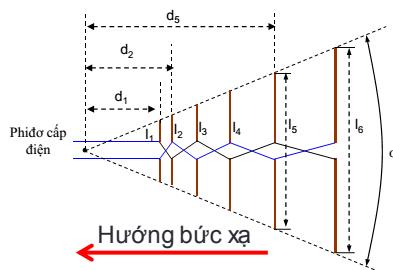
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.3 Mở rộng dải tần

- Phương pháp cơ bản mở rộng dải tần

 - Nguyên lý tương tự

 - Biến đổi đồng thời bước sóng công tác và kích thước anten => đặc tính anten không thay đổi



$$\tau = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \dots = \frac{d_{n-1}}{d_n} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_2}{l_3} = \dots = \frac{l_{n-1}}{l_n} \quad f_n = \tau^{n-1} f_1$$

13

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

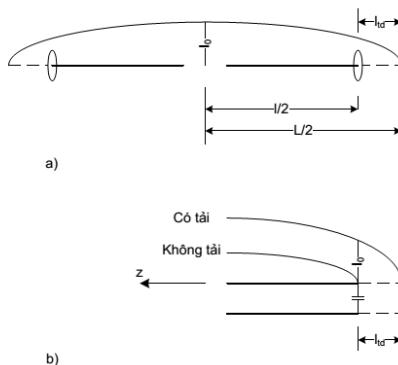
- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cáp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

14

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.4 Giảm nhỏ kích thước anten

- Dùng tải thuần kháng



Hình 7.2: Dùng tải thuần kháng thu nhỏ độ dài chấn tử

15

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.4 Giảm nhỏ kích thước anten

- Sử dụng nguyên lý sóng chậm
- Sử dụng vật liệu có tính điện môi hoặc từ tính

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \quad (7.6)$$

- Kết hợp với các phần tử tích cực
 - Bộ khuếch đại thay đổi phân bố dòng \Rightarrow chiều dài hiệu dụng

16

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- **7.5 Cấp điện và hoà hợp trở kháng**
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

17

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

- Tín hiệu từ máy phát tới anten thông qua đường tiếp điện, gọi là fide (phidoc, feeder)
- Chấn tử sử dụng phô biến là chấn tử nửa sóng

Cấp điện bằng dây song hành

Đặc điểm:

- Trở kháng không phối hợp: $73,1 \Omega$ hoặc 300Ω hoặc 600Ω
- Cần tạo các đường dây song hành trở kháng thấp

$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_r}} \lg \frac{2D}{d} \quad (7.7)$$

D: khoảng cách tâm 2 dây

d: đường kính của dây dẫn

ϵ_r : hằng số điện môi tương đối của môi trường bao quanh dây dẫn

18

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
 Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

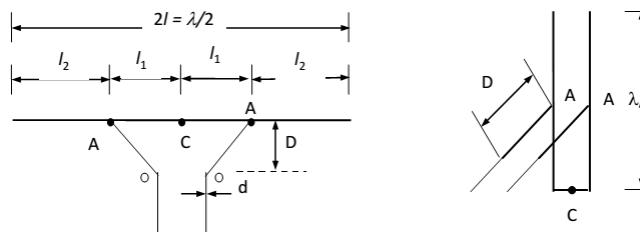
7.5 Cáp điện cho chấn tử đối xứng

- Cáp điện bằng dây song hành (tiếp)

- Chấn tử kiểu Y (Tiếp điện kiểu song song)

- Dây song hành được mắc vào điểm A-A trên hai nhánh chấn tử sao cho phôi hợp trở kháng

$$R_{in} \approx R_{AA} \approx Z_{AA}^2 \frac{\sin^2(kl)}{73,1} \quad \text{Fide } 600 \Omega: \\ 2l_1 \approx 0,12\lambda \\ D \approx 0,15\lambda \quad (7.8)$$



Hình 7.3: Tiếp điện song song kiểu Y và mạch tương đương

19

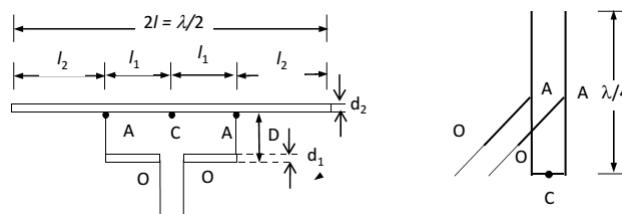
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.5 Cáp điện cho chấn tử đối xứng

- Cáp điện bằng dây song hành (tiếp)

- Chấn tử kiểu T (Tiếp điện kiểu song song)

- Đoạn chuyển tiếp OA song song với chấn tử \Rightarrow Khác biệt trở kháng với fide chính, gây hiệu ứng bức xạ
- Trở kháng vào của chấn tử tính tại AA, biến đổi qua đoạn chuyển tiếp OA
- Trở kháng vào tại OO đạt cực đại khi $l_1 = \lambda/8$, giảm khi l_1 tăng
- Với fide 600Ω : $d_1 = d_2$; $D = (0,01 - 0,02) \lambda$; $l_1 = (0,09 - 0,1) \lambda$



Hình 7.3: Tiếp điện song song kiểu T và mạch tương đương

20

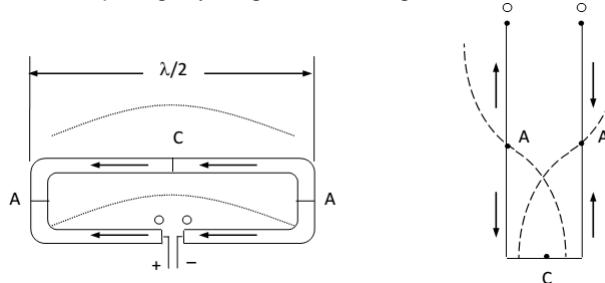
Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

7.5 Cáp điện cho chấn tử đối xứng

- **Cáp điện bằng dây song hành (tiếp)**

- **Chấn tử vòng dẹt**

- Là chấn tử kiểu T với điểm AA ở đầu mút của chấn tử
- Gồm hai chấn tử nửa sóng với đầu mút được nối với nhau, một chấn tử được cấp điện và một chấn tử bị ngắn mạch
- Bức xạ tương tự với hai chấn tử nửa sóng
- Trở kháng là thuần trở $R_{\Sigma d} = 4R_{\Sigma d} = 292 \Omega$
- Cáp điện trực tiếp bằng dây song hành trở kháng 300 Ω



Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

21

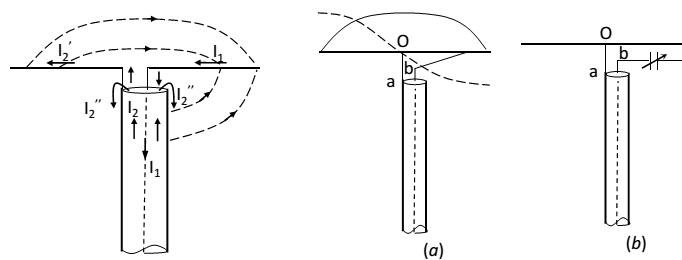
7.5 Cáp điện cho chấn tử đối xứng

- **Cáp điện bằng cáp đồng trực**

- Sử dụng cho băng sóng cực ngắn
- Tín hiệu chạy trong dây lõi và vỏ đồng trực
- Không thể cấp điện đối xứng cho chấn tử

- **Cáp điện phối hợp hình Γ**

- Đảm bảo tính đối xứng tương đối
- Điểm O nối với dây dẫn ngoài
- Dây dẫn trong nối với điểm có trở kháng phù hợp với trở kháng của cáp



Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

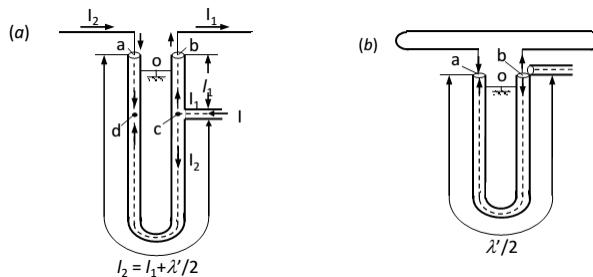
22

7.5 Cáp điện cho chấn tử đối xứng

• Cáp điện bằng cáp đồng trực

- Thiết bị biến đổi đối xứng với đoạn cáp chữ U

- Fide cáp điện nối vào điểm c, với khoảng cách tới hai đầu chấn tử $|l_1 - l_2| = \lambda'/2$
- Trở kháng vào tại đầu cuối ab: $R_{ao} = R_{bo} = R_{ab}/2$
- Dòng cáp vào hai nhánh chấn tử đảm bảo tính đối xứng
- Dòng trong dây dẫn ngoài triệt tiêu
- Trở kháng sóng: Nếu fide cáp điện có trở kháng sóng là 70Ω thì phối hợp trở kháng hoàn toàn



23

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1

Nội dung

- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cáp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten**
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

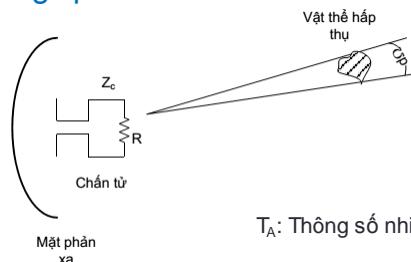
24

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



7.6 Tạp âm anten

- **Tổng quan**



T_A : Thông số nhiệt độ tương đương – Nhiệt tạp âm

- **Công suất tạp âm**

$$P_n = \left(1 - |\Gamma|^2\right) \left(1 - |\Gamma_g|^2\right) \frac{k\Delta f}{L} \left(T_A + T \frac{e^{2\alpha l} - |\Gamma|^2 e^{-2\alpha l}}{1 - |\Gamma|^2} - T \right) \quad (7.9)$$

25

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1



Nội dung

- 7.1 Giới thiệu chung
- 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
- 7.3 Mở rộng dải tần
- 7.4 Thu nhỏ kích thước
- 7.5 Cáp điện và hoà hợp trở kháng
- 7.6 Tạp âm anten
- 7.7 Kỹ thuật đa anten
- 7.8 Anten tiên tiến trong thông tin di động

Tham khảo bài giảng

26

Giảng viên: Nguyễn Việt Hưng
Bộ môn: Vô Tuyến – Khoa Viễn Thông 1